REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET

DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES



MÉMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de master

En Ecologie et environnement

Spécialité: ECOLOGIE

Présenté et par:

Melle BRAHMI CHAIMA & Melle MEKID IKRAM

Contribution à l'étude de l'effet d'un aliment de poisson préparé à base des abats de poulet et de spiruline sur la croissance d'Oreochromis sp au niveau de la ferme -TITERI AQUACOLE - Médéa

Soutenue publiquement le: 02/07/2025

Devant le jury composé de :

résidente	**Mme Nabi F**	M.C.A	UYF-Medea
Examinateur	**Mr Chaouadi M**	M.C.B	UYF-Medea
Promoteur	**Mr Boudjebbour A**	M.C.B	UYF-Medea
Co-promoteur	**Mr Belhadj H**	M.C.B	UYF-Medea
Invité	**Mr Benkortbi A**	Propriétaire de la ferme TA Médéa	

Année universitaire: 2024-2025



﴿ وَهُوَ ٱلَّذِى سَخَّرَ ٱلْبَحْرَ لِتَأْكُلُوا۟ مِنْهُ لَحْمًا طَرِيًّا وَتَسْتَخْرِجُوا۟ مِنْهُ حِلْيَةً تَلْبَسُونَهَا ۖ وَتَرَى ٱلْفُلْكَ مَوَاخِرَ فِيهِ وَلِتَبْتَغُوا۟ مِن فَضْلِهِۦ وَلَعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ ﴿١٤﴾ ﴾

[سُورَةُ النَّحْلِ:١٤]

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous adressons notre gratitude à ALLAH, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux, pour nous avoir accordé la force, la patience et la persévérance nécessaires à l'aboutissement de ce travail.

Ce mémoire n'aurait jamais vu le jour sans le concours précieux de nombreuses personnes à qui nous exprimons notre profonde reconnaissance et nos sincères remerciements.

Nous tenons à exprimer nos remerciements les plus chaleureux ainsi que notre profonde considération à notre promoteur, **Monsieur Boudjebbour Abdelmadjid**, pour avoir accepté de nous encadrer. Sa disponibilité, ses orientations pertinentes, sa patience et la rigueur de ses corrections ont grandement contribué à la réalisation de ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de notre plus profond respect.

Nos remerciements vont également à notre co-promoteur, **Monsieur Belhadj Hichem**, dont l'accompagnement, les conseils avisés et le soutien constant ont été d'un apport inestimable. Ce travail n'aurait pas eu la même richesse sans sa précieuse contribution.

Nous remercions vivement les membres du jury, **Madame Nabi F et Monsieur Chaouadi M,** qui nous ont fait l'honneur d'accepter d'évaluer ce travail. Leur bienveillance et leurs observations constructives nous sont très précieuses.

Nos sincères remerciements vont aussi à l'ensemble du corps enseignant du **Département des Sciences de la Nature et de la Vie**, pour la qualité de l'enseignement dispensé, leur dévouement et leur constant souci d'excellence. Nous leur témoignons notre profond respect et notre gratitude.

Nous adressons également nos remerciements les plus sincères à **Monsieur Benkortbi Amine**, Directeur de la ferme TITTERI-AQUACOLE, pour sa générosité et sa confiance en nous ouvrant les portes de sa ferme afin de mener à bien ce travail. Nos remerciements s'étendent à l'ensemble du personnel de la ferme pour leur accueil chaleureux, leur aide et leur coopération.

Enfin, nous remercions du fond du cœur toutes les personnes, de près ou de loin, ayant contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de ce mémoire. Que chacun trouve ici l'expression de notre reconnaissance la plus sincère.



Dédicaces :

J'adresse d'abord mes remerciements à Dieu Tout-Puissant, qui m'a permis d'atteindre ce stade, m'a ouvert la voie pour y arriver et m'a donné force et patience.

وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا" (طه: 114)

*Chère **maman** merci d'être le phare de ma vie. Votre force et votre compassion inébranlables ont sculpté la personne que je suis aujourd'hui. Vous avez toujours été là à bras ouverts et à l'écoute, m'apportant des conseils et un amour inconditionnel, ce qui m'a aidé à surmonter les défi,s avec résilience.*

*A mon très cher **père**, Tu as toujours été pour moi un exemple du père respectueux, honnête, de la personne méticuleuse, je tiens à honorer l'homme que tu es. Malgré les adversités, votre confiance inébranlable en moi m'a permis de persévérer et d'en sortir plus fort. Votre sacrifice et votre amour ont été les pierres angulaires de mon rétablissemen.*

"وَاجْعَل لِّي مِن لَّدُنكَ وَلِيًّا

*À mon **frère Elyes**,pilier discret, mais ô combien essentiel dans mon parcours. Ta présence silencieuse fut pour moi un refuge,ton soutien une force constante dans les moments d'incertitude.Tu as su, sans jamais en dire trop, m'entourer de ta loyauté, de ta patience et de ta sagesse. Qu'Allâh te bénisse et te récompense pour ta bonté,qu'Il te comble de Sa lumière, et qu'Il t'élève parmi les hommes de cœur et d'honneur. les croyants ne sont que des frères. Et toi, tu es bien plus qu'un frère :tu es un exemple, un repère, et une bénédiction dans ma vie.*

*À **Nour et Bouchra** ,mes deux étoiles, les battements les plus doux de mon cœur,vous êtes la lumière constante dans mes jours d'ombre,le soutien silencieux qui m'a portée à chaque chute.Vos sourires ont été le baume de mes blessures,vos mots, une chaleur rassurante dans les froids du doute.Vous êtes mon refuge, ma joie, ma fierté,et je mesure chaque jour la bénédiction d'avoir grandi à vos côtés.Je vous dédie ce travail avec tout l'amour sincère et la gratitude infinie que je vous porte.Je prie qu'Allâh vous protège, vous comble de bonheur,et que nos cœurs restent liés au-delà des mots, au-delà du temps.*

"رَبِّ ارْحَمْهُمَا كَمَا رَبَّيَانِي صَغِيرًا

*Une pensée douce et éternelle pour ma chère **grand-mère**, qu'Allâh lui accorde Sa vaste miséricorde et l'élève parmi Ses bien-aimés.*

*À **Meriem**, amie précieuse et bienveillante, que Dieu te protège. Ta présence a semé espoir et sérénité dans mon cœur.*

"وَتَعَاوَنُوا عَلَى الْبِرِّ وَالتَّقْوَى

*À ma partenaire de mémoire, **Ikram,** ton sérieux, ta patience et ta solidarité m'ont été d'un précieux soutien.*

*À mes amies fidèles **Asmaa , Imen, Manar,Bochra ,Soumia et Asya** : votre bienveillance a illuminé mes journées et adouci mes efforts.*

Je vous dédie ce mémoire avec tout l'amour, la reconnaissance et l'estime que je vous porte. Puisse Allâh faire de ce travail un pas vers ce qui Lui est agréable, "وَمَا تَوْفِيقِي إِلَّا بِاللَّهِ

Thaima Brahmi

Dédicace

Je remercie tout d'abord Allah, le Tout-Puissant, de m'avoir accordé la force, la volonté et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.

Je dédie ce mémoire.

À Ma Mère

Affable, honorable, aimable, tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement.
Tu n'as jamais cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.
Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour ses enfants, en me guidant sur le bon chemin dans ma vie et mes études.Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour.

À Mon Père

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eus pour toi.
Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien-être.
Ce travail est le fruit des sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.

À Ma Famille

À mes frères Mohemad, Hicham, Kemal, Achraf et à mes sœurs nabila, nour, qui m'ont toujours soutenu et cru en moi, qui m'ont toujours soutenu et cru en moi. Aux petits-enfants de la famille Siradje, Darinne,Yazane, Haitham À la nouvelle arrivée dans ma famille, la fille de ma sœur, Dania Layane.

À l'âme pure, à un oiseau parmi les oiseaux du paradis, mon neveu Oussayd et À mes cousines maternelles et mes cousines paternelle

À Mes amies

À toutes mes amies qui ont été avec moi tout au long de ce parcours scolaire,
à celles qui ont partagé ce travail avec moi,
à Chaima,
et à Bouhra, qui a été comme une sœur pour moi.

Ikram Mekid

Résumé

Afin d'évaluer l'effet d'un aliment expérimental sur les performances de croissance du tilapia rouge (*Oreochromis sp*.), un essai a été mené sur 60 mâles répartis dans deux bassins plastiques d'une capacité de 1000 L chacun, au sein de la ferme piscicole "Titteri Aquacole" située à Benchicao, dans la wilaya de Médéa. Les poissons ont été nourris à raison de 12 % de leur poids corporel total pendant une durée de cinq mois.

L'objectif principal de cette étude est de comparer l'efficacité d'un aliment formulé à base de protéines animales (gésiers de poulet, spiruline et une quantité d'ail) – utilisé dans le bassin expérimental (BE) – à celle d'un aliment témoin élaboré essentiellement à partir de farine de poisson et de farine de maïs – utilisé dans le bassin témoin (BF).

Les résultats physico-chimiques ont révélé que les autres paramètres mesurés, tels que la température, le pH, la conductivité électrique et la salinité étaient globalement favorables à l'élevage du tilapia rouge.

Par ailleurs, les données zootechniques ont montré que les poids initiaux totaux étaient de 41,75 g pour le bassin BF et de 49,27 g pour le bassin BE, atteignant respectivement 559,05 g et 673,02 g en fin d'expérimentation.

Enfin, les analyses ont mis en évidence des performances de croissance comparables entre les deux lots en ce qui concerne le poids final moyen, le gain de poids, le gain moyen quotidien, le taux de croissance spécifique et le facteur de conversion alimentaire. Ces résultats suggèrent que l'aliment expérimental peut constituer une alternative efficace à la farine de poisson, en particulier en cas de pénurie ou de coût élevé de cette dernière.

Mots-clés: Tilapia rouge (*Oreochromis sp*), paramètres physico-chimiques de l'eau, aliments, paramètres zootechniques, indices de croissance, Titteri aquacole– Médéa

ملخص

من أجل تقييم تأثير علف تجريبي على أداء النمو لدى أسماك البلطي الأحمر (أوريوكروميس سب) تم إجراء تجربة على 60 ذكرًا تم توزيعهم على حوضين بلاستيكيين بسعة 1000 لتر لكل منهما، داخل المزرعة السمكية "تتري أكواكول" الواقعة في بن شكاو، بولاية المدية. تم تغذية الأسماك بنسبة 12٪ من وزنها الكلي على مدار خمسة أشهر.

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو مقارنة فعالية علف مكوَّن من بروتينات حيوانية (معد من قوانص الدجاج، ، مع فعالية علف شاهد يعتمد أساسًا على دقيق السمك والسبيرولينا، وكمية من الثوم) والمستخدم في الحوض التجريبي ودقيق الذرة، والمستخدم في الحوض الشاهد...

وقد كشفت النتائج الفيزيائية-الكيميائية أن باقي المعايير المقاسة، مثل درجة الحرارة، ودرجة الحموضة (..) التوصيلية الكهربائية، والملوحة، كانت ملائمة بوجه عام لتربية البلطي الأحمر.

من جهة أخرى، أظهرت البيانات الزوتقنية أن الأوزان الأولية الإجمالية بلغت 41.75 غرامًا في الحوض (..)و49.27 غرامًا في الحوض(..)لتصل على التوالي إلى 559.05 غرامًا و673.02 غرامًا في نهاية التجربة.

وأخيرًا، أظهرت التحاليل أن أداء النمو كان متقاربًا بين المجموعتين من حيث الوزن النهائي المتوسط، وكسب الوزن، والكسب اليومي المتوسط، ومعدل النمو النوعي، ومعامل التحويل الغذائي. وتشير هذه النتائج إلى أن العلف التجريبي يمكن أن يشكل بديلًا فعالًا لدقيق السمك، خصوصًا في حال ندرته أو ارتفاع تكلفته.

الكلمات المفتاحية : البلطي الأحمر (أوريوكروميس سب) ، المعايير الفيزيائية و الكيميائية للمياه ، الغذاء ، المعايير الحيوانية ، مؤشرات النمو ، مزرعة " تيتيري أكواكول "- مدية .

Absract

To evaluate the effect of an experimental feed on the growth performance of red tilapia (Oreochromis sp.), a trial was conducted on 60 males distributed between two plastic tanks, each with a capacity of 1,000 liters, at the "Titteri Aquacole" fish farm located in Benchicao, in the Médéa province. The fish were fed at a rate of 12% of their total body weight for a period of five months.

The main objective of this study was to compare the effectiveness of a feed formulated with animal proteins (chicken gizzards, spirulina, and a small amount of garlic) used in the experimental tank (BE) to that of a control feed composed mainly of fish meal and cornmeal used in the control tank (BF).

The physicochemical results revealed that the measured parameters such as temperature, pH, electrical conductivity, and salinity were generally favorable for red tilapia farming.

Furthermore, zootechnical data showed that the initial total weights were 41.75 g for tank BF and 49.27 g for tank BE, reaching 559.05 g and 673.02 g, respectively, at the end of the experiment.

Finally, the analyses indicated comparable growth performance between the two groups in terms of final average weight, weight gain, average daily gain, specific growth rate, and feed conversion ratio. These results suggest that the experimental feed could serve as an effective alternative to fish meal, particularly in cases of scarcity or high cost of the latter.

Keywords: Red Tilapia (Oreochromis sp), physico-chemical parameters of water, food, zootechnical parameters, growth indices, Titteri aquaculture- Media.

Table des matières

REMERCIEMENTS

Dédicaces

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction *1*

Chapitre I : Synthèse Bibliographique

1.Généralités sur le Tilapia rouge (*Oreochromis sp*) *6*

1 .1. Biologie du Tilapia rouge: 6

1 .1. 1. Systématique du tilapia rouge *(Oreochromis sp)* 6

1.1.2. Morphologie 7

1.1.3. La reproduction du Tilapia rouge 7

1.1.4. La croissance du Tilapia rouge 9

1.1.5. L'anatomie du Tilapia 10

1.1.7. L'appareil circulatoire 12

1.1.8. L'appareil excréteur 12

1.1.9. Les modes d'élevage 12

1.2. Écologie du Tilapia rouge : 14

1.2.1. L'Habitat et la répartition du Tilapia rouge 14

1.2.2. Les composés azotés 16

1.2.3. La photopériode 16

1.3. Régime alimentaire du Tilapia rouge 17

2. L'alimentation du Tilapia *22*

2.1. Le gésier de poulet 22

2.2 La farine de maïs 23

2.3 La farine de poisson 24

2.4 La spiruline 26

2.3.1Classification Scientifique de la spiruline (Taxonomie) : 27

2.3.2Composition chimique de la spiruline : 27

2.5 L'ail..... 28

3. Risques pathologiques *31*

4. Composition chimique globale et valeur nutritionnelle de la chair du Tilapia *32*

5. Intérêt économique *34*

Chapitre II : présentation de la zone étude

1.Présentation de la zone d'étude..... *37*

1.1 La Présentation de la wilaya de Médéa 37

1.1.1 Localisation géographique de la wilaya de Médéa 37

1.1.2 Synthèse climatique de la région..... 38

2. La Présentation de la commune de BENCHICAO..... *38*

2.1. La Situation géographique 38

2.1.1. La Délimitation..... 38

2.1.2 Consistance et composition territoriale 39

2.2 Synthèse climatique de la commune de Benchicao..... 40

3.Description de la ferme piscicole « TITTERI AQUACOLE » *42*

4.Objectifs du projet *42*

5.Problèmes et contraintes naturelles *43*

6.Description de l'investissement *43*

7.Installations auxiliaires *48*

8.Caractéristiques des aquariums *48*

Chapitre III : Matériel et méthodes

1. Objectif..... *50*

2. Matériel..... *50*

3. Méthode de travail..... *51*

3.1. Préparation des bassins d'alevinage *51*

3.2. Mesure des paramètres physicochimiques de l'eau..... 52

3.2.1. Le pH 52

3.2.2. La turbidité 52

3.2.3. La Conductivité, Temperature, Salinité 52

3.3. Préparation de l'aliment 53

3.3.1. Préparation de l'aliment témoin (BF) 53

3.4. Alimentation de Poisson 56

4.Les paramètres de qualité de l'aliment distribué : ***56***

5.1. Détermination de la teneur en protéines brutes- METHODE DE KJELDAHL 56

5.2. Dosage des lipides : 57

5.4. Dosage de phosphore total : 58

4.3. Dosage de calcium et magnesium: 59

6.Les paramètres de qualité de la chair du tilapia rouge ***59***

6.1. Teneur en eau : 59

6.2. Teneur en cendre totaux 59

6.3. La teneur protéines brutes - METHODE DE KJELDAHL 60

6.4. Dosage des lipides : 61

6.5. Dosage de calcium ,fer et zinc : 61

1.1. Contrôle de la croissance 62

4.Analyse statistique ***63***

4.1 Vérification de la normalité des données 63

4.2 Vérification de l'homogénéité des variances 63

4.3 Comparaison des moyennes entre groupes 63

4.4Analyse des corrélations 63

4.5 Régressions linéaires simples 64

7.Calcul des paramètres zootechniques ***64***

Chapitre IV: Resultats et Interpritations

1. Evolution par rapport aux Bassin ***67***

1.1. Evolution des paramètres physico-chimiques 67

a) **La température de l'eau :** 68

b) Le pH 68

c)La conductivité électrique 68

d) La salinité 69

1.2 Evolution de l'aliment distribué 69

1.2.1 Résultats des paramètres de qualité de l'aliment distribué 70

1.2.2 Résultats des paramètres de qualité de la chair du tilapia rouge 73

1.3 Evolution des paramètres zootechniques dans les bassins d'élevage de Tilapia 79

2. Les analyses statistique *81*

3. Evolution temporelle *82*

3.1 Evolution temporelle de quantité d'aliment distribué 82

3.2 Evolution temporelle des paramètres zootechniques 83

4.Corrélations *85*

5. La régression *86*

2. Les indices de croissance de poissons *87*

Discussion *93*

Conclusion *100*

Références

ANNEXES

Liste des tableaux

Titre	page
Limites de tolérance et références des paramètres physico -chimiques pour *O.niloticus*	16
Besoins quantitatifs en AA indispensables de Tilapia	18
Besoins en protéines en eau douce	19
Résumé des besoins alimentaires en protéines, lipides et glucides chez les Tilapia	20
Besoins théoriques en glucides et en fibres chez *O.niloticus*	21
Besoins vitaminiques *d'Orechromis* sp en mg/kg d'aliment	22
Besoins nutritionnels en macro minéraux (%de la matière sèche et en Oligo-éléments(ppm)	23
Composition de portion de 3 g d'ail	33
Les principales maladies affectant le tilapia du Nil sont citées dans le tableau ci-dessous	35
Composition chimique et la valeur nutritionnelle de la chair du Tilapia (*Oreochromis niloticus*), parties analysée filet congelé, origine Chine	37
Les installations existantes.	47
Les caractéristiques du Hangar d'élevage de tilapia	47
Caractéristique de hangar c levage de clarias	49
Caractéristique de hangar D levage de clarias	51
Composition des ingrédients utilisés pour la formulation 1,5 kg de l'aliment expémenté	56
Résultats des analyses physicochimiques de fourrage Ben chikao	69

Liste des figures

Titre	**page**
Les Caractéristiques morphologiques du Tilapia	7
Dimorphisme sexuel du tilapia, des males A, des femelles B	8
La reproduction chez tilapia sp	9
Le squelette du Tilapia	11
Le système respiratoire de Tilapia	12
Les principaux composants d'une cage d'élevage	13
L'élevage à terre en bassins.	14
Les principaux pays producteurs du Tilapia	15
Le gésier de poulet	23
La farine de mais	24
La Farine de poisson	25
La spiruline **(***Spiruline arthrospira platensi**)***	27
L'ail *(Allium sativum)*	29
Production de Tilapias et *Cichlideés*	35
La wilaya dans son contexte régional	37
Situation La commune de Benchicao	38
Situation de la commune par rapport à la wilaya de Médéa	39
La ferme piscicole « TITTERI AQUACOLE »	40
Bassins pour le grossissement du Tilapia	41
Bassins pour le grossissement du Clarias	42
Bassins pour le grossissement du Carpe	43
Bassins pour le grossissement du Sandre	44
Les bassins d'élevage de tilapia de cette étude	45
Aliment fabriqué localement à la ferme (témoin)	46
L'aliment testé	47
Photographie de pesage	51
Photographie de Mélange et homogénéisation	51
Photographie de mise en forme de l'aliment	53

Photographie de séchage	54
Photographe de la pesée de l'aliment	54
Photographie du suivi de la croissance	55
Evolution de la quantité moyenne d'aliment distribué pour les poissons au niveau des deux bassins de l'expérimentation	56
Résultats du dosage des protéines totaux dans les deux aliments	56
Résultats du dosage des lipides totaux dans les deux aliments	62
Résultats de la teneur en glucides dans les deux aliments	69
Résultats de la teneur en calcium dans les deux aliments	70
Résultats de la teneur en magnésium les deux aliments	71
Résultats de la teneur en phosphore dans les deux aliments	71
Résultats de la teneur en eau	72
Résultats de La teneur en matière sèche	72
Résultats de La teneur en les Protéines totaux	73
Résultats de La teneur les lipides totaux	74
Résultats de La teneur en Le Calcium	75
Résultats de La teneur en Le fer	75
Résultats de La teneur en Le zenc	76
Evolution de la taille moyenne des poissons au niveau des deux bassins de l'expérimentation	77
Evolution de poids total moyen des poissons au niveau des deux bassins de l'expérimentation	78
Evolution de la moyenne de survie au niveau des deux bassins de l'expérimentation	79
Evolution de moyenne de mortalité au niveau des deux bassins de l'expérimentation	80
Évolution d'aliment distribué au niveau des deux bassins de l'expérimentation	80
Évolution de taille des poissons au niveau des deux bassins de l'expérimentation	81
Évolution des valeurs de poids totaux des poissons au niveau des deux bassins de l'expérimentation	81
Évolution de taux de survie au niveau des deux bassins de l'expérimentation	82
Évolution de mortalité au niveau des deux bassins de l'expérimentation	83
Les valeurs de poids moyen initial au niveau des deux bassins de l'expérimentation	84
Les valeurs de poids moyen final au niveau des deux bassins de l'expérimentation	85
Les valeurs Gain moyen quotidien (GMQ) au niveau des deux bassins de	86

l'expérimentation	
Les valeurs de gain de poids au niveau des deux bassins de l'expérimentation	89
Les valeurs de Taux de survie (TS) au niveau des deux bassins de l'expérimentation	89
Les valeurs Taux de croissance spécifique (TCS**)** au niveau des deux bassins de l'expérimentation	90
Les valeurs de Taux de conversion alimentaire (TCA) au niveau des deux bassins de l'expérimentation	91
Les valeurs de Ingéré volontaire (IV) au niveau des deux bassins de l'expérimentation	91
Les valeurs de les taux de mortalité au niveau des deux bassins de l'expérimentation	92

Liste des abréviations

%: Pour mille.
µS/cm : Microsiemens par centimètre.
CNRDPA : centre national de recherche et de documentation pour la pêche et l'aquaculture.
D.E Direction de l'environnement de la wilaya de Médéa.
FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations.
g : grammes.
GMQ : Gain moyen quotidien.
GP : Gain de poids.
IC : indice de conversion Alimentaire.
MPRH : Ministère de la pêche et des ressources halieutiques.
NO2 - : Nitrites.
NO3 : Nitrates.
O.sp : *Oreochromis sp.*
pH : Potentiel Hydrogène.
Pmf : poids moyen final.
Pmi : poids moyen initial.
Ppm : partie par million.
TCS : Taux de croissance spécifique.
T°C : Température en degré Celsiu



Introduction



Introduction

Selon les données de l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) en 2018, les dernières statistiques sur l'aquaculture mondiale révèlent que la production aquacole a atteint un niveau record, avec 114,5 millions de tonnes, dont 82,1 millions de tonnes d'animaux aquatiques. Le poisson occupait une place prédominante dans cet élevage, représentant 54,3 millions de tonnes. La Chine demeure le premier pays producteur dans le secteur aquacole, avec une production moyenne de 13,8 millions de tonnes par an entre 2015 et 2017. En 2018, cette production a légèrement diminué pour atteindre 12,7 millions de tonnes **(FAO, 2020).**

Après les Cyprinidés et les Salmonidés, les tilapias constituent le troisième groupe de et à une amélioration globale des performances de production **(Nya & Austin, 2009).**Par ailleurs, l'ail peut également influencer positivement la pigmentation du tilapia rouge. Certaines recherches suggèrent que les composés bioactifs contenus dans l'ail favorisent l'absorption et l'utilisation des caroténoïdes présents dans l'aliment, ce qui intensifie la coloration rouge de la peau et des nageoires. Cette amélioration de la pigmentation poissons les plus élevés dans le monde **(Al Dilaimi, 2009)**. La production mondiale de tilapia a connu une évolution remarquable : elle a été multipliée par 15 en l'espace de trente ans et a plus que doublé au cours de la dernière décennie, atteignant 3,5 millions de tonnes en 2008, contre 830 000 tonnes en 1990 **(FAO, 2010).** En Afrique, la production de tilapia destinée aux marchés nationaux a doublé entre 2000 et 2008, pour atteindre environ 430 000 tonnes **(FAO, 2010).**

En Algérie, des études ont été menées sur la composition alimentaire des poissons d'élevage : **Alliouche (2010), Dergal (2015), Soumaa et Mansour (2021), Achab et al. (2022).**

Notre étude s'inscrit dans la continuité d'autres travaux qui l'ont précédée. Parmi ces recherches antérieures, on peut citer, par exemple, les travaux de **Acheb et Dairi (2022), Hatchane et Rais (2023), Bensalah et Zaoudi (2024), Ferdi et Loudjedi (2024).**

La continuité de l'essor de l'aquaculture (+8,8 % entre 1980 et 2010) a accru la demande en aliments et, par conséquent, en matières premières, lesquelles sont limitées par les ressources halieutiques non destinées à l'alimentation humaine. Au cours des trente dernières années, 25 millions de tonnes de poisson ont été transformées annuellement en 5 à 6 millions de tonnes de farine de poisson et 1 à 1,4 million de tonnes d'huile de poisson. Pour répondre à cette demande, il a fallu recourir à des matières premières alternatives. Le coût élevé des matières premières d'origine halieutique a favorisé l'orientation vers des régimes contenant des ingrédients d'origine végétale **(Naylor et al., 2009).** Parmi ces ingrédients figurent également des protéines d'origine animale comme la farine de poisson, les déchets de volaille, et des protéines d'origine végétale comme la spiruline, qui se distingue par une teneur élevée en protéines (entre 55 % et 70 %) et une composition complète en acides aminés essentiels, la rendant apte à remplacer partiellement les protéines animales dans les aliments traditionnels **(Olvera-Novoa et al., 1998).**

Des études ont montré que le remplacement partiel de la farine de poisson par de la spiruline (à des niveaux de 5 % à 10 %) dans les rations alimentaires du tilapia rouge n'affecte pas négativement le taux de croissance ni l'efficacité de conversion alimentaire. Au contraire, cela peut améliorer les performances de production et la qualité de la chair, tout en apportant des bénéfices immunitaires et sanitaires **(Abdel-Tawwab et al., 2020).**

L'incorporation de l'ail (*Allium sativum*) dans l'alimentation du tilapia rouge améliore significativement la croissance, la conversion alimentaire et la résistance aux maladies. Des études ont montré qu'un taux d'inclusion de 1 à 3 g/kg de poudre d'ail dans la ration alimentaire stimule l'appétit, renforce le système immunitaire et réduit la mortalité face à des infections bactériennes telles que *Aeromonas hydrophila* **(Shalaby et al., 2006).** De plus, l'allicine, principal composé actif de l'ail, possède des propriétés antimicrobiennes et antioxydantes qui contribuent à une meilleure santé intestinale est liée à une meilleure santé hépatique et à une réduction du stress oxydatif, deux facteurs jouant un rôle clé dans l'expression des couleurs chez les poissons **(Metwally, 2009).**

Notre travail vise à améliorer l'alimentation du tilapia rouge en utilisant des sources protéiques alternatives, riches en nutriments et économiquement viables, afin de réduire la dépendance à la farine de poisson. Plus particulièrement, l'impact des déchets de poulet, de la spiruline et de l'ail sur la croissance du tilapia sera évalué. Un aliment local sera préparé pour répondre aux besoins spécifiques de cette espèce, puis comparé à un aliment prêt à l'emploi utilisé au niveau de la ferme, afin d'en mesurer l'efficacité. Enfin, les paramètres de croissance du tilapia, tels que le poids, les mesures morphométriques et divers indices, seront déterminés pour évaluer les effets des différentes formulations alimentaires.

Ce mémoire est structuré en quatre chapitres :

➢ **Chapitre I :** présente des données bibliographiques sur l'aquaculture, la pisciculture et le tilapia rouge, notamment sa répartition géographique, sa morphologie et son anatomie, sa reproduction et ses besoins nutritionnels.

➢ **Chapitre II** : décrit la ferme aquacole (zone d'étude) en fournissant des informations détaillées sur cet environnement spécifique.

➢ **Chapitre III** : expose brièvement le matériel utilisé et la méthodologie adoptée pour la réalisation de ce travail.

➢ **Chapitre IV** : présente et discute les résultats portant sur l'évaluation des indices zootechniques et l'efficacité de chaque aliment sur la croissance du tilapia rouge.

Enfin, une conclusion générale récapitule l'ensemble des résultats de cette étude.



Chapitre I : Synthèse Bibliographique



1.Généralités sur le Tilapia rouge (*Oreochromis sp*)

1 .1. Biologie du Tilapia:

Le Tilapia rouge est un hybride fertile issu du croisement entre *Oreochromis niloticus* (Tilapia du Nil) et *O. mossambicus* (Tilapia du Mozambique) **(El-Garhy et al., 2024).** Très utilisé en aquaculture, il est apprécié pour sa croissance rapide, sa résistance à diverses conditions environnementales et sa capacité de reproduction élevée **(Gao et al., 2024).**

Biologiquement, le tilapia rouge est omnivore, il se nourrit de phytoplancton, de zooplancton et de matières organiques**.** Il est euryhalin, capable de vivre en eau douce comme en eau saumâtre, ce qui le rend adaptable à de nombreux environnements aquatiques **(Gao et al., 2024).** Il atteint la maturité sexuelle en quelques mois et pratique une reproduction par incubation buccale, où la femelle protège les œufs dans sa bouche jusqu'à l'éclosion **(El-Garhy et al., 2024).**

1 .1. 1. Systématique du tilapia rouge *(Oreochromis sp)*

Les tilapias constituent la sous famille des Tilapiinae**,** appartenant à la famille des Cichlidés et à l'ordre des Perciformes dont la particularité la plus apparente est une ligne latérale discontinue. Cette famille comprend quatre genres, regroupés sous le nom courant de tilapia **(Trewavas, 1983)** :

- ✓ Le genre Tilapia, constitué de pondeurs sur substrat.
- ✓ Le genre *Sarotherodon*, constitué d'incubateurs buccaux chez lesquels la garde de la progéniture est assurée par les deux ou un seul des parents. Le dimorphisme sexuel de croissance est peu marqué.
- ✓ Le genre *Oreochromis*, composé d'incubateurs buccaux chez lesquels la cellule familiale est maternelle. Le dimorphisme sexuel de croissance est très marqué, la femelle étant plus petite que le mâle.
- ✓ Le genre *Danakila*, qui est un genre monospécifique de faible importance économique.

Selon **Günther (1889),** la systématique du poisson Tilapia est comme suite :

Super classe	Poissons
Classe	Ostéichtyens
Sous classe	Téléostéens
Ordre	Perciformes
Famille	Cichlidés
Sous famille	Tilapinés

Genre	*Oreochromis* Sp

1.1.2. Morphologie

La morphologie générale de Tilapia rouge comprend un corps comprimé latéralement, une tête relativement petite pour sa taille **(FAO 2019; Wu et al.; 2020),** une bouche allongée pouvant se projeter vers l'avant, de longues nageoires dorsale et anale et des nageoires pelviennes continues, généralement dotées de bords rouge, d'où le nom commun Tilapia rouge **(Charo-Karisa et al., 2019; Abdel-Tawwab et al ., 2021; Ansari et al., 2023)**

La couleur de Tilapia peut varier du rouge au brun, parfois avec des taches ou des bandes sombres, selon son âge, son alimentation et son environnement, qui peuvent être plus prononcées dans certaines souches génétiques, ou en raison de l'alimentation.

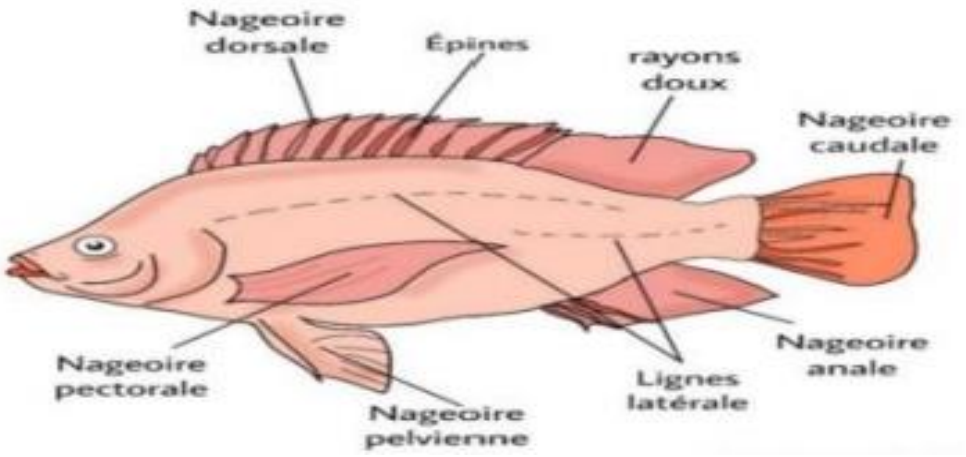


Figure n°01 : Caractéristiques morphologiques du Tilapia**(Kachou, 2022)**

1.1.3. La reproduction du Tilapia rouge

Les Tilapias sont des poissons ovipares qui se reproduisent en pondant des œufs. Ils sont connus pour leur capacité à se reproduire rapidement et en grand nombre. Ce processus est intéressant, c'est pourquoi ils sont souvent utilisés en aquaculture **(El-Sayed, 2020).**

- ✓ **Dimorphisme sexuel :** La reproduction des Cichlidés présentant un dimorphisme sexuel est décrite ci-après. En règle générale, ces espèces se caractérisent par des différences morphologiques entre les mâles et les femelles. Chez certaines d'entre elles, ces distinctions se manifestent par des couleurs plus éclatantes et des nageoires plus longues chez les mâles par rapport aux femelles **(FAO, 2019 ; Van-Doan et al., 2021).**

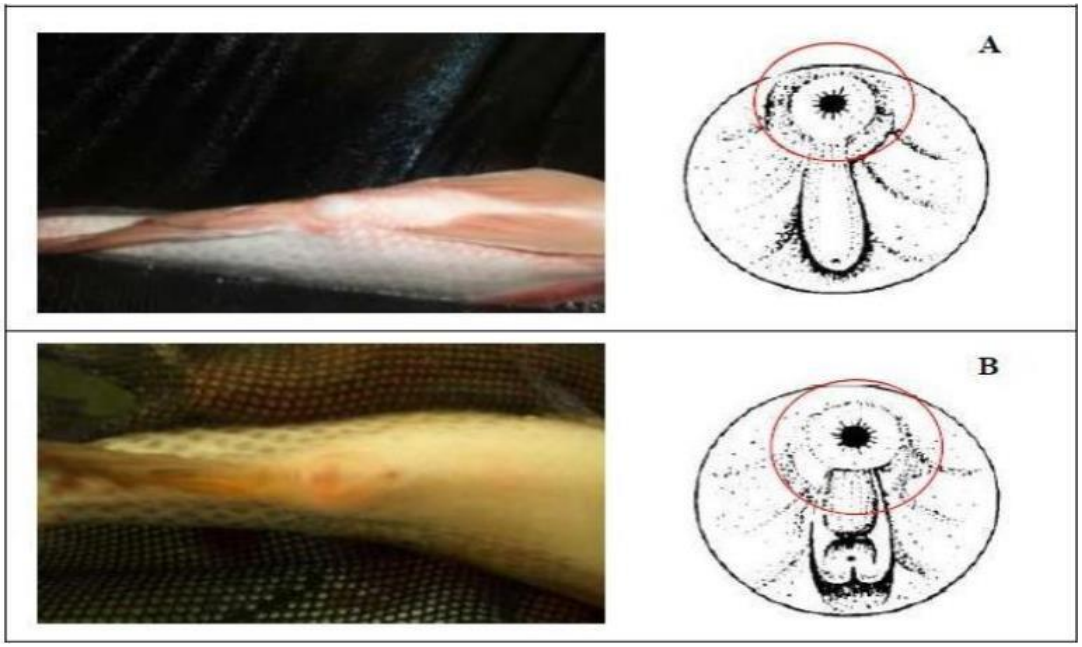
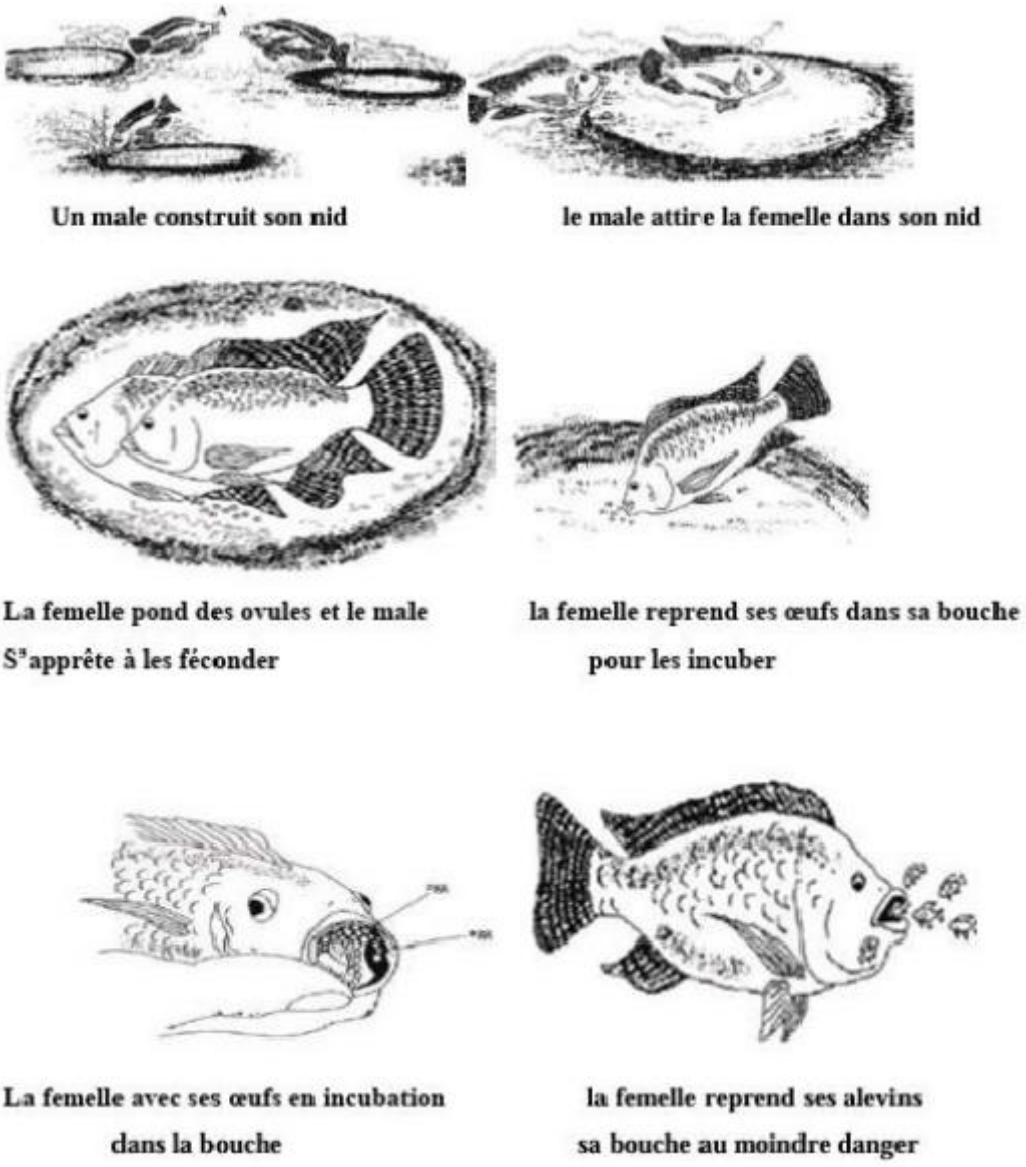


Figure n°2 : Dimorphisme sexuel du tilapia, des males A, des femelles B

(Adjanke 2011)

- ✓ **Formation des couples:** Les *Cichlidés* forment des couples ou des harems avant la reproduction (le mâle dominant s'accouple avec plusieurs femelles). Chez certaines espèces, les mâles construisent des nids pour le frai en utilisant des matériaux disponibles dans leur environnement, tels que des rochers ou des plantes aquatiques. **(Francis et al., 2021).**
- ✓ **Le frai :** Le frai du Tilapia ne se produit que lorsque la température de l'eau et les conditions environnementales sont favorables. Les femelles pondent des œufs dans des nids construits par les mâles, et ces derniers fécondent les œufs en y libérant leur sperme. Une fois les œufs fécondés, les mâles les protègent souvent jusqu'à leur éclosion **(El-Sayed, 2020).**
- ✓ **Incubation des œufs :** L'incubation des œufs a lieu dans le nid et l'éclosion prend généralement de quelques jours à une semaine, en fonction des conditions disponibles (température de l'eau favorable). Les géniteurs, surtout les mâles, protègent les œufs et les alevins des prédateurs potentiels **(Francis et al., 2021).**
- ✓ **Croissance des alevins :** Après l'éclosion, les alevins du Tilapia se nourrissent du sac vitellin pendant quelques jours jusqu'à ce qu'ils commencent à nager et à chercher leur nourriture. Les géniteurs continuent à protéger les alevins pendant un certain temps, jusqu'à ce qu'ils se dispersent dans l'environnement **(El-Sayed, 2020).**

- ✓ **Cycle de reproduction :** Le Tilapia se reproduit plusieurs fois par an dans des conditions optimales, ce qui permet une reproduction rapide et le maintien d'un grand nombre de poissons, notamment en aquaculture **(FAO, 2019; Ponzoni et al., 2019).**



é

Figure n°03 : La reproduction chez tilapia sp **(Baroiller et Jalabert, 1989)**

1.1.4. La croissance du Tilapia rouge

Le Tilapia grandit rapidement et il est un poisson d'élevage populaire. Leur taux de croissance dépend de facteurs tels que l'approvisionnement alimentaire, la température de l'eau et la qualité de l'environnement. **(Ponzoni et al., 2019).**

- ✓ **La croissance rapide:** Les Tilapias sont connus pour leur croissance rapide, ce qui en fait une espèce prisée pour l'aquaculture commerciale. En général, ils atteignent une taille commercialement viable en six à neuf mois, selon les conditions d'élevage **(Lacerda et al.. 2019).**

- ✓ **La température de l'eau:** La croissance des Tilapias est fortement influencée par la température de l'eau. Ils prospèrent dans des eaux chaudes, entre 25°C et 30°C, bien que certaines espèces puissent tolérer des températures plus extrêmes dans des conditions spécifiques **(El-Sayed, 2020)**
- ✓ **La densité de population:** La densité de population dans les étangs ou les enclos aquacoles peut également affecter la croissance des tilapias. Une surpopulation peut entraîner une compétition accrue pour la nourriture et l'espace, ralentissant ainsi la croissance des poissons **(El-Sayed, 2020).**
- ✓ **La qualité de l'eau:** Une bonne qualité de l'eau est essentielle pour la croissance des Tilapias. Des paramètres tels que le pH, la teneur en oxygène dissous, la dureté de l'eau et la concentration en ammoniac doivent être maintenus à des niveaux appropriés pour éviter tout stress pouvant entraver la croissance des poissons **(Francis et al., 2021).**
- ✓ **La génétique:** Certaines souches ou variétés de Tilapia peuvent croître plus rapidement que d'autres en raison de différences génétiques. Les programmes de sélection sélective sont parfois utilisés pour améliorer les caractéristiques de croissance des Tilapias en aquaculture **(Hulata, 2001).**

1.1.5. L'anatomie du Tilapia

L'anatomie d'*Oreochromis sp* est adaptée au comportement alimentaire. D'une manière générale, la taille du tube digestive *d'Oreochromis* sp est adaptée à la prise alimentaire de petits repas et avec une grande fréquence **(FAO, 2008).** Selon **Arrignon (1993),** l'anatomie de la plupart des tilapias est la suivante:

- ➢ **Le squelette**

Charpente du corps, le squelette du Tilapia est osseux. Le squelette de la tête comprend les os du crane 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 petit os, supports des nageoires, elles-mêmes constituées de rayon osseux ou cartilagineux

(Fig. 05). Les os du tronc comprennent la colonne vertébrale et des petits os, supports des nageoires, elles-mêmes constituées de rayons osseux ou cartilagineux **(Romand et al., 1992).**



Figure n°03: Le squelette du Tilapia **(Grant Museum of Zoology, University College London**).

- **Les muscles**

On distingue une masse musculaire composée de deux « filets » dorsaux, épais et de deux flancs moins épais, en étroite relation avec les arêtes. Ces masses musculaires assurent la propulsion du poisson. D'autres muscles, plus petites, font fonctionner les mâchoires, le pharynx, les opercules, les nageoires.

- **L'appareil digestif**

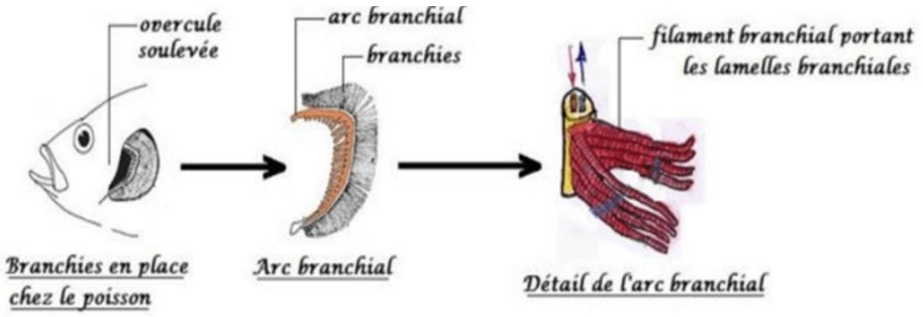
De l'avant vers l'arrière, l'appareil digestif, qui permet au Tilapia de se nourrir, comprend :

- **La bouche :** La bouche est plus ou moins proéminente suivant que les Tilapia sont ou non des suceurs
- **Les dents :** Les dents sont fonctionnelles : fines dents pharyngiennes en forme de crochets chez les poissons planctophages tels que le Tilapia nilotica, fortes dents râpeuses chez les tilapias herbivores.
- **Le pharynx :** Le pharynx est une sorte de carrefour où s'ouvrent les branchies.
- **L'œsophage et l'estomac :** 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 gout de certains Tilapia herbivores quand on ne les vide pas avant cuisson .
- **L'intestin :** Est le plus long chez les Tilapia herbivores que chez les autres, est le passage sang des éléments nutritifs résultant de la digestion.
- **Le foie :** Le foie est une grosse glande brune placée en arrière du cœur
- **L'anus :** Elle débouche en avant de l'orifice génito-urinaire et de premier rayon de la nageoire anale
-

1.1.6. Appareil respiratoire :

Le Tilapia rouge respire à l'aide de branchies, au nombre de quatre paires, situées de chaque côté du corps. Chaque branchie est constituée d'un arc branchial osseux supportant des lamelles très fines, riches en capillaires sanguins. C'est à ce niveau que s'effectue l'échange gazeux : l'oxygène dissous dans l'eau traverse les parois des lamelles pour rejoindre la circulation sanguine du poisson.

Les branchies sont protégées par un opercule (ouïe) mobile qui permet le passage constant de l'eau. Le mouvement d'ouverture et de fermeture de la bouche du Tilapia rouge, observable à l'œil nu, assure ce flux d'eau nécessaire à la respiration **(El-Sayed, 2006).**



Figures n°04 : le système respiratoire de Tilapia

1.1.7. L'appareil circulatoire

L'appareil circulatoire du Tilapia rouge forme un circuit fermé. Il comprend le cœur, situé en arrière des branchies, qui agit comme une pompe. Le sang riche en dioxyde de carbone est envoyé vers les branchies pour être oxygéné, puis il est distribué à travers le corps via les artères, les capillaires, et revient au cœur par les veines **(El-Sayed, 2006).**

1.1.8. L'appareil excréteur

Chez le Tilapia rouge, l'appareil excréteur est principalement composé de deux reins allongés, de couleur brunâtre, situés le long de la cavité dorsale. Ces organes filtrent les déchets azotés du sang pour produire l'urine. L'urine est ensuite évacuée par deux uretères qui débouchent au niveau de l'orifice excréteur **(El-Sayed, 2006).**

1.1.9. Les modes d'élevage

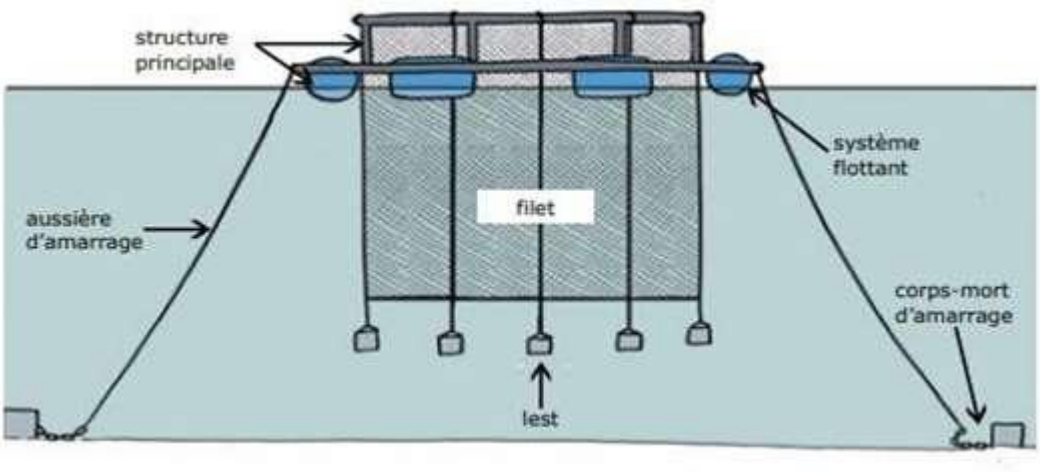
Les systèmes et les technologies utilisées en aquaculture ont connu une évolution rapide au cours des cinquante dernières années. Il en existe toute une gamme, allant de systèmes très rudimentaires - comme les étangs exploités par les familles pour leur propre consommation dans les pays tropicaux - jusqu'aux systèmes à haute technologie (comme les systèmes intensifs clos, dont la production est axée sur l'exportation) **(FAO, 2020).**

Une grande partie des techniques utilisées en aquaculture sont relativement simples et s'appuient sur de petites modifications qui améliorent la croissance et le taux de survie des espèces ciblées, par exemple en améliorant les apports en aliments, les niveaux de semences, les concentrations d'oxygène et la protection des stocks de prédateurs. Les systèmes simples que sont les petits étangs d'eau douce, utilisés pour l'élevage de poissons herbivores et filtreurs, fournissent près de la moitié de la production aquacole mondiale **(FAO, 2020).**

Les technologies de production piscicole les plus courantes sont l'élevage en cages flottantes en zones côtières, et l'élevage terrestre (en bassins) en circuit ouvert ou fermé.

- **L'élevage en cages flottantes**

La cage d'élevage qualifie une unité d'élevage dont le fond et les côtés sont fermés par un écran ajouré en bois ou en filet ou en tube. Dans le cadre de l'aquaculture, la cage d'élevage permet un échange naturel d'eau latéralement et, dans la plupart des cas, par le dessous de la cage **(Lavenant et Paquotte, 1995) (Anonyme)**



Figuren°5: Les principaux composants d'une cage d'élevage

(Piccolotti, 2014)

Les principaux intrants sont : Les alevins se sont les petits poissons stockés dans les cages pour démarrer l'élevage.

Ils peuvent être produits dans une écloserie, l'endroit où se pratique la production artificielle des juvéniles de poissons. Ils peuvent aussi être capturés dans leur environnement naturel à l'aide de différents instruments de pêche (filet, nasses, pièges à poisson, etc.) **(Piccolotti, 2014).**

- **L'élevage en bassin à terre**

Les poissons grandissent dans des bassins d'élevage (remplis d'eau douce ou d'eau de mer selon l'espèce).

- ✓ En eau douce : anguille (grossissement), truite, esturgeon, tilapia, pangasius, saumon juvénile…
- ✓ En eau de mer : bar, daurade royale, turbot… Les bassins d'élevage sont généralement soit Raceways, soit des bacs circulaires ou sub-carrés.

Les bassins circulaires ou sub-carrés répondront mieux au principe de circuit fermé que des bassins au long pour des raisons de fonctionnement hydraulique : (rotation de la masse d'eau et élimination par le centre du bassin des déchets solides) **(Lavenant et Paquotte, 1995)**

Les dimensions des bassins doivent respecter des proportions (hauteur/diamètre) permettant une bonne hydraulique des bassins **(Lavenant et Paquotte, 1995)**



Figure n°06 : L'élevage à terre en bassins.

Certains élevages sont équipés d'un système à écoulement dans lequel l'eau n'est utilisée qu'une seule fois (circuit ouvert) alors que d'autres disposent d'un système qui recycle l'eau ; l'eau est filtrée, purifiée et réoxygénée en continu (circuit fermé ou système recirculé, selon la quantité d'eau neuve ajoutée dans le système) **(Lavenant et Paquotte, 1995).**

1.2. Écologie du Tilapia rouge :

1.2.1. L'Habitat et la répartition du Tilapia rouge

Le Tilapia rouge est une variété de tilapia, une espèce de poisson originaire d'Afrique, qui peut être élevée dans diverses régions du monde pour l'aquaculture commerciale. Cependant, elle peut également être trouvée dans des environnements naturels dans certaines

parties de l'Afrique et d'autres régions où elle a été introduite. Voici un aperçu de son habitat et de sa répartition :

- **La répartition géographique**

Les Tilapias sont originaires d'Afrique, où ils sont présents dans de nombreuses régions du continent, notamment dans les lacs et les systèmes fluviaux Les Tilapias, adaptables et populaires en aquaculture, se sont répandus en Asie, Amérique centrale et du Sud, Océanie et même en Europe. Le Tilapia rouge, élevé dans des étangs artificiels pour la consommation, peut perturber les écosystèmes locaux s'il s'échappe dans la nature. Son introduction dans ces régions, bien que bénéfique pour l'aquaculture, soulève des préoccupations écologiques pour les espèces indigènes. **(FAO, 2019; Fitzsimmons , 2020).**



Figure n° 07: Les principaux pays producteurs du Tilapia

(FAO, 2005).

- **L'habitat**

Les tilapias sont des poissons d'eau douce ou saumâtre, originaires d'Afrique ainsi que du Proche et du Moyen-Orient. On les rencontre souvent dans les estuaires, mais aussi dans les eaux chaudes. Toutefois, bon nombre de facteurs écologiques sont connus pour avoir une influence sur la reproduction des poissons dont celle *dOreochromis Sp*. Ce sont notamment, le niveau d'eau et les paramètres physicochimiques de l'eau d'élevage *d'Oreochromis Sp*. qui sont les plus importants certains paramètres sont représentées dans le tableau ci-dessous:

Tableau n°1 : Limites de tolérance et références des paramètres physico -chimiques pour *O.niloticus* **(FAO, 2002).**

Paramètres	Limites de tolérance	Remarques	Références
T (°C)	6.7 - 42	Valeurs extrêmes lors d'acclimatation progressive	DENZER, 1967 LEE, 1979
	21 - 30	Température requise pour le développement des caractères sexuels secondaires et la reproduction. Température de croissance	HUET, 1970 FRYER et ILES, 1972 LIETAR, 1984
O_2 (mg/l)	0.1	Survie quelques heures en spiromètre	MAGID et BABIKER, 1975
	2-4	Survie des alevins	WELCOMME, 1967
	< 25% de saturation	Réduction dans la vitesse de croissance	RAPPAPORT et al, 1976
Salinité (‰)	< 29	Reproduction possible en eaux naturelles concentration létale	KIRK, 1972
	12.5	déterminée expérimentalement	PUKUSHO, 1969
Ph	5 - 11	Limites de tolérance	CHERVINSKI, 1982
	7 – 8	Valeurs recommandées pour l'élevage.	HUET, 1970
Alcalinité (mg/l $CaCO_3$)	< 175	Action indirecte via la productivité de l'étang	HUET, 1970

1.2.2. Les composés azotés

La concentration des déchets azotés excrétés par les branchies et l'urine est en fonction de la température, taille des poissons, concentration de l'ammoniaque dans le milieu et la qualité de l'aliment, et doit être maintenue inférieure au seuil critique de tolérance d'O. sp (inférieur à 5 mg/l pour les nitrates à 500 mg/l pour les nitrites, à 15 mg/l pour l'ammoniaque total et à 200 mg/l pour les M.E.S)

1.2.3. La photopériode

L'action de la lumière, bien qu'étroitement liée à la température, agit sur la croissance via le système endocrinien. En effet, **Mélard et al., (1986)** expliquent qu'une photopériode optimale (18 h) stimule la sécrétion de l'hormone de croissance (GH) chez O.*niloticus*. Par ailleurs, les larves sont plus sensibles à la photopériode que les alevins et les juvéniles **(El Sayed et Mamdouh, 2004).** Expérimentalement, les larves qui sont exposées à une longue période

d'éclairement (18-24h) ont une meilleure croissance et une efficience alimentaire significativement plus importante que celles exposées à une période courte ou intermédiaire entre 6-12h **(El Sayed et Mamdouh, 2004).**

1.3. Régime alimentaire du Tilapia rouge

Le Tilapia est omnivore et se nourrit d'une variété d'aliments, notamment d'algues, de plantes aquatiques, d'insectes et de petits organismes aquatiques. En aquaculture, les aliments. commerciaux sont généralement donnés pour répondre à leurs besoins nutritionnels **(FAO, 2019 ; Lu et al., 2022).** Le régime alimentaire des Tilapias évolue au fil de leur croissance, s'adaptant à leurs besoins nutritionnels et à leur environnement **(El-Sayed, 2020).**

Au stade larvaire (0-30 jours), on privilégie des microédites riches en protéines (45-55%), complétées par des aliments vivants et des probiotiques pour booster leur survie et leur croissance **(Amisah et al., 2021)**

Les alevins (1-3 mois) nécessitent un peu moins de protéines (40-45%). On enrichit leur alimentation avec des acides aminés et des additifs végétaux pour optimiser leur développement **(Haidar et al., 2018).**

A partir du stade juvénile, les Tilapias deviennent de vrais omnivores. En milieu naturel, ils se régalent de plantes aquatiques, d'algues **(El-Sayed. 2020; Lu et al., 2022),** mais aussi d'insectes et de petits crustacés **(Froese et Pauly, 2021: Zhou et al., 2023).** Cette diversité leur apporte tous les nutriments nécessaires. Ils jouent même les éboueurs en consommant des déchets organiques, contribuant ainsi à la qualité de l'eau **(Papoutsoglou et al., 2021; Francis et al., 2021)**

En aquaculture, on leur propose des granulés spécialement formulés, contenant 30-35% de protéines et un cocktail équilibré de nutriments. On y intègre de plus en plus de protéines végétales, dont la digestibilité est améliorée grâce à des enzymes **(Beveridge et al., 2019; Papoutsoglou et al., 2021).**

Pour les géniteurs, l'accent est mis sur les acides gras et l'astaxanthine pour booster la reproduction **(Boonanuntanasarn et al., 2019 ; Pongchongmit et al., 2020).**

Récemment, les Copépodes ont fait leur entrée dans le menu des Tilapias. Riches en protéines et en acides gras essentiels, ils stimulent la croissance et renforcent l'immunité **(Rasdi & Qin ;2018 Øie et al., 2017 ; Shields et al., 2019).** Bien que prometteurs, leur production à grande échelle reste un défi **(Abate et al., 2016).** Cette flexibilité alimentaire fait du Tilapia un champion de l'adaptation, expliquant son succès tant dans la nature qu'en élevage.

- **Les Protéines**

Les protéines sont constituées d'unités de base, les donnes relatives à l'alimentation du tilapia sont rares et concernent essentiellement l'apport azoté les besoins quantitatifs en protéines apparaissent proches de 35% de la ration et sont homogènes avec ceux connus pour les autres espèces. Les besoins en protéines des stades juvéniles des tilapias sont 35-36% quelque soient l'espèce et son comportement alimentaires **(Lazard, 1990).**

Tableau n°2 : Besoins quantitatifs en AA indispensables de Tilapia

(Médale et Guillaume, 1999)

Acides aminés essentiels	Quantité
Arginine	4 ,1
Histidine	1,7
Isoleucine	3 ,1
Leucine	3.4
Lysine	4 ,6
Méthionine +cystine	3,2
Thréonine	3,8
Tryptophane	1,0

Selon **(Lazard, 1990).** Les besoins en protéines varient selon la taille du poisson et le stade physiologique :

Tableau n°3 : Besoins en protéines en eau douce **(FAO, 2022)**

Stade de développement	poids (g)	Besoin(%)
Larves (premier alimentation)		45-50
alevins	0,02-1 ,0	40
figerlings	1 ,0-10,0	35-40
juvéniles	1 0,0-25,0	30-35
adultes	25-200	30-32
	>200	28-30
Stock de géniteur		40-45

- **Les lipides**

L'apport de lipides dans l'alimentation des poissons, est d'abord indispensable pour satisfaire les besoins en acide gras essentiels. La teneur optimale d'incorporation de matières grasses de tilapia < 10 %. D'après **Hanle (2000),** les besoins nutritifs en lipides des Tilapias se situent entre 6% et 12% de la ration alimentaire. Les lipides constituent avec les protéines une source d'énergie particulièrement bien adaptée à la physiologie et au métabolisme des poissons ; ils sont de plus en plus employés pour fabriquer des aliments très efficaces **(Médale et Guillaume, 1999).**

Tableau n°04 : Lipides bruts, acides gras essentiels et énergie **(FAO, 2022).**

Lipides bruts, % min Acides gras essentiels, % min		10-15
	18 :2n-6	0 ,5-1,0d
	20 :4n-6	d1% 20
	18 :3n-3	
	20 :5n-3	1,0d
	22 :6n-3	
Glucides % max		40
Fibre brutes, %max		8-10
Rapport protéines –énergie (mg /kca) :4n-6 ou 0,5-1% 18:2n-6,		110f 120g

L'utilisation des glucides présents dans le régime alimentaire semble baisser avec la diminution de la taille des poissons. f protéines en mg par rapport à l'énergie brute en kcal ; g protéines en mg par rapport à l'énergie digestible en kcal. Les lipides constituent la première source d'énergie. Le contenu énergétique d'un gramme de lipide (9.1 kcal d'énergie brute) et deux fois plus élevé que celui d'un gramme de Protéine (5.5 kcal) ou un gramme d'hydrate de carbone (4.1 kcal) **(K. Jauncey et Ross, 1982)**, mais il semblerait toutefois que les Tilapias n'utilisent pas des taux élevés en lipides.

Tableau n°05 : Résumé des besoins alimentaires en protéines, lipides et glucides chez les Tilapia (**K. Jauncey et Ross, 1982).**

Nutriment **Poids**	**> 0.5**	**0.5-10 g**	**10-35 g**	**35 g-taille Marchande**	**Géniteurs**
Protéines	50%	35%-40%	30%-35%	25%-30%	30%

brutes					
Lipides bruts	10%	10%	6-10%	6%	8%
Glucides	25%	25%	25%	25%	25%

- **Énergie**

Chez les poissons, ce sont les protéines et les lipides alimentaires qui leur permettent de couvrir leurs besoins énergétiques en raison de capacités limitées à utiliser efficacement l'énergie des glucides alimentaires **(F. Médale et Guillaume, 1999).** L'énergie est nécessaire pour maintenir le métabolisme de base et une croissance adéquate (rapport protéines digestibles/ énergie) actuellement recommandés pour la croissance **(F. Médale et Guillaume, 1999).**

Proteines Digestibles (mg/gMs)	**Energie Digestible (KJ/gMs)**	**PrD/ED (mg/kJ)**
300	12 ,1	25

- **Glucides (les hydrates carbones)**

Les besoins en glucides exacte des espèces de tilapia ne sont pas connus. Les glucides sont inclus dans les aliments de tilapia pour fournir une source d'énergie bon marché et pour améliorer les propriétés de liaison à la granulette. Tilapia peut utiliser efficacement jusqu'à 35 à 40% de glucides digestibles. L'utilisation des glucides de tilapia est affectée par un certain nombre de facteurs, notamment la source des glucides, d'autres ingrédients alimentaires **(FAO, 2022).**

Tableau n°6 : Besoins théoriques en glucides et en fibres chez O.niloticus **(Barnabé, 1991).**

Glucides digestibles	25%
Fibres	8 % pour les alevins de 10g 8 à 10 % pour les poissons de 10g à la taille marchande

- **Les vitamines**

Tableau n° 06 : Besoins vitaminiques *d'Orechromis* sp en mg/kg d'aliment

Vitamines	Besoins (mg/kg d'aliment)	Signes de déficience	référence
Cyanocobalamine (vitamine B 12)	Non nécessaire		(Lovell et Limsuwan, 1982)
Acide ascorbique (vitamine C)	1250	Scoliose, lordose, croissance réduite, Diminution de l'efficacité de réparation des blessures, hémorragie, exophtalmie, anémie.	(Soliman et al., 1994)
Vitamine E	50-100	Anorexie, croissance réduite, faible efficacité d'ingestion, hémorragie de la peau et des nageoires, dégénération musculaire, mortalités élevés.	(Nanba & Satoh, 1987)

- **Minéraux**

Les poissons ont besoins de minéraux qui sont des constituants de certains tissus ou de certaines molécules, équilibre ionique, régulation des fonctions endocrines **(F. Médale et Guillaume, 1999)**.

Les minéraux sont des nutriments inorganiques requis en quantités variables, selon leurs rôles physiologique et métabolique **(Campbell, 1985).**

Tableau n°07: besoins nutritionnels en macro minéraux (%de la matière sèche et en Oligo-éléments (ppm)

Macro-minéraux/oligo-éléments	Besoins
P	0,9
Ca	0,65*
Mg	0,06
Zn	10
Mn	12
Cu	3,5

2. L'alimentation du Tilapia

Les régimes alimentaires sont l'une des principales variables de coût pour la plupart espèces aquacoles, représentant jusqu'à 70% du total coût de production **(Tacon & Metian, 2015)**. La farine de poisson est utilisée comme protéine majeure et considérée comme ingrédient protéique animal souhaitable dans l'alimentation des poissons car de sa teneur élevée en protéines, de ses profils équilibrés en acides aminés, acides gras essentiels, haute digestibilité et appétence, attractifs et de ses nombreux facteurs de croissance **(Médale & Kaushik, 2009)**. En raison du coût élevé de la farine de poisson, il limite la disponibilité et d'autres considérations, il y a un intérêt pour le remplacement partiel ou total de cet ingrédient par des farines protéinées animales et végétales moins chères, sans affectant négativement la croissance et la santé des cultures des espèces **(Hardy, 1996).**

Il est par conséquent essentiel d'introduire des sources alternatives de protéines, pour garantir la croissance prospective de ce secteur. La substitution efficace de farine de poisson par des alternatives protéiques minimiserait à la fois la dépendance totale à la farine de poisson comme matière première et son coût. Plusieurs chercheurs ont rapporté l'utilisation de plantes par produits comme source de protéines alimentaires, seules ou en complément. La combinaison avec d'autres ingrédients alimentaires dans la formulation les régimes de poisson. Les sources de sous-produits végétaux ont été largement étudiés comme farine de poisson partielle ou totale remplacements dans les aliments pour poissons. Un inconvénient majeur dans l'utilisation des protéines végétales est la présence d'éléments anti-nutritionnels facteurs dans la pisciculture **(Gatlin et al., 2007).** Ils sont déficients en un ou plusieurs acides aminés essentiels **(NRC, 1993).** Cependant, l'utilisation de certains produits de transformation des aliments les techniques réduisent l'effet des facteurs anti-nutritifs **(Fapohunda, 2012).** Cependant, les compositions de sources alternatives de protéines pour le poisson sont généralement pas comparables à celle de la farine de poisson. **(Agbo et coll., 2015).** De plus, pour la plupart des animaux isolés, les ingrédients étaient insuffisants pour remplacer totalement la farine de poisson **(Tacon et Jackson, 1985).** Ainsi, en combinant différents sources alternatives de protéines qui possèdent différents acides aminés qui pourraient se compléter les uns les autres a été fortement recommandé pour pallier ces inconvénients **(Luo et coll., 2011).**

2.1. Le gésier de poulet

Les sous-produits avicoles tels que les gésiers de poulet sont riches en protéines et peuvent constituer une alternative intéressante dans les régimes alimentaires des poissons

d'élevage, notamment le tilapia rouge *(Oreochromis sp).* Ces sous-produits, lorsqu'ils sont bien traités (cuisson, séchage, dégraissage), peuvent partiellement ou totalement remplacer les farines de poisson dans les régimes sans compromettre la croissance ou la santé des poissons **(El-Sayed, 1998).**

- **Avantages**

Les gésiers de poulet présentent une bonne teneur en protéines brutes (environ 60–70 % selon les méthodes de traitement), ce qui les rend attractifs pour les formulations de rations piscicoles. Leur coût est généralement inférieur à celui de la farine de poisson, ce qui contribue à réduire les coûts de production tout en diminuant la pression sur les stocks halieutiques **(FAO, 2011).**

- **Inconvénients**

Cependant, ces sous-produits peuvent être moins digestibles s'ils ne sont pas bien traités. Ils peuvent contenir des graisses animales ou des tissus conjonctifs difficiles à digérer, nécessitant parfois l'ajout d'enzymes digestives ou de compléments en acides aminés (notamment la lysine ou la méthionine) pour atteindre un équilibre nutritionnel adéquat **(Olvera-Novoa et al., 2002).**



Figure n° 08 : Le gésier de poulet **(Majed, 2014)**

2.2 La farine de maïs

La farine de maïs, riche en énergie et largement disponible dans de nombreuses régions tropicales et subtropicales, est de plus en plus étudiée comme substitut partiel ou total à la farine de poisson. Selon **El-Sayed (1999),** la farine de maïs peut être intégrée efficacement dans les régimes alimentaires du tilapia en tant que source alternative de protéines et d'énergie. De même, **Liti et al. (2005)** ont démontré que l'incorporation de farine de maïs, en combinaison avec d'autres ingrédients locaux, permet de réduire les coûts d'alimentation tout

en maintenant des performances de croissance acceptables chez le tilapia du Nil, ce qui suggère un potentiel similaire chez le tilapia rouge.

- ✓ Composition nutritionnelle et rôle de la farine de maïs

Glucides : La farine de maïs est riche en glucides, qui sont essentiels pour fournir de l'énergie à l'organisme du tilapia.

Fibres : Elle contient également une certaine quantité de fibres, ce qui peut aider à améliorer la santé digestive des poissons **(limafeedpelletizer.com, 2023)**

- ✓ Complémentation de la farine de maïs dans l'aliment

Bien que la farine de maïs soit une bonne source d'énergie, elle est pauvre en protéines essentielles, notamment le lycine**,** un acide aminé indispensable à la croissance et au développement musculaire du tilapia. Il est donc crucial de compléter l'aliment avec des sources de protéines de haute qualité comme la farine de poisson ou la farine de soja pour un équilibre nutritionnel optimal **(FAO, 2022)**

- ✓ Équilibre dans l'aliment

La quantité de farine de maïs dans l'aliment doit être modérée. Un excès de l'amidon peut entraîner des problèmes digestifs chez le tilapia et nuire à l'absorption des autres nutriments (**FAO, 2022)**, la farine de maïs dans l'aliment ne devrait pas dépasser 30 à 40 **%** de la composition totale pour assurer une croissance optimale et un bon rendement alimentaire.



Figure n°09: La farine de mais

(Purwani ,2021)

2.3 La farine de poisson

Les farines de poissons ont été longtemps considérées comme les principales sources de protéines, d'acides aminés et d'acide gras essentiels comme les oméga-3 chez les poissons carnivores **(Huang et al., 2019).** Les pourcentages d'inclusion de farine de poisson dans les

régimes pour la carpe et le tilapia peuvent être de 5-7%, peuvent varier entre 40% à 55% pour la truite, le saumon et certains poissons marins **(Cahu, 2004).** Pour d'autres espèces, il reste encore 10 à 15 % de farines de poissons dans les régimes alimentaires malgré de nombreux efforts consentis ces dernières années pour la recherche d'ingrédients alternatifs. **(Burel et Médale, 2014).** La farine de poisson est généralement ajoutée à l'aliment de certains animaux d'élevage (volaille, poissons) pour accroitre l'efficacité alimentaire et le taux de croissance grâce à leur bonne appétence; elle permet également une bonne digestion et absorption des nutriments **(Miles et Chapman, 2006).** Les régimes typiques pour la plupart des poissons peuvent contenir de 32% à 45% de protéines totales en poids **(Miles et Chapman, 2006).** Les farines de poisson proviennent de la pêche de poissons pélagiques dont 30% des prises sont utilisées pour nourrir des animaux, ce qui constitue un détournement d'aliments qui pourraient être consommés directement par les humains **(FAO, 2016).**

Depuis quelques années, on assiste à une augmentation du prix des farines et des huiles de poisson, qui est due à la raréfaction de la ressource halieutique et d'une demande croissante en farine de poissons **(Merino et al., 2012; FAO, 2016).** Du fait de la croissance exponentielle de la production aquacole, l'utilisation de farines de poissons ne peut plus être considérée comme durable. Les recherches sur de potentielles sources de protéines alternatives pour l'alimentation des poissons au cours des dernières décennies se sont focalisées sur le remplacement partiel ou complet de la farine de poisson **(Adam, 2020).** De nombreuses sources d'aliments alternatifs sont actuellement à l'étude.



Figure n°10: Farine de poisson

(Kabir et al, 2022)

- ✓ **Avantages**
  - ➢ Très bonne source protéique;
  - ➢ Très bonne source de minéraux essentiels (calcium, magnésium et oligo-éléments) et de vitamines (à l'exception de l'acide ascorbique)
  - ➢ Riche en acides gras essentiels
  - ➢ Absence de composants cellulosiques.
- ✓ **Inconvénients**
  - ➢ Risque de contamination bactérienne si le produit est mal conservé ou non stérilisé.
  - ➢ Durée de conservation limitée.
  - ➢ Onéreux.

2.4 La spiruline

Spirulina platensis, est une cyanobactérie filamenteuse, possède diverses significations biologiques et nutritionnelles. Il a le potentiel de produire un grand nombre de substances antimicrobiennes; par conséquent, il est considéré comme un candidat approprié pour exploitation comme agent de biocontrôle contre les micro-organismes pathogènes (**Ozdemir et al., 2004)**. En aquaculture, différentes formes de *Spirulina platensis* ont été testées sur diverses espèces de poissons et de crustacés **(Ungsethaphand et al., 2010).**

L'optimisation de la concentration entière de S. platensis sous forme séchée dans l'alimentation des poissons est encore discutable, en ce qui concerne sa concentration optimale nécessaire pour atteindre les effets souhaités sur les performances de croissance, l'utilisation des aliments, le système immunitaire réponses et la résistance des tilapias aux infections *Spirulina platensis* est bien connue pour ses propriétés antioxydantes et anticancéreuses. Un extrait d'eau chaude de SP a été administré par voie orale administré aux patients et prouvé comme agent anticancéreux. La SP entrave la croissance du cancer de la bouche chez le hamster syrien joue **(Grawish, 2008).** Un tel effet inhibiteur peut être attribué à la réparation de l'ADN endommagé par un cancérigène, dans le même temps, la SP a été suggérée comme un piégeur de radicaux efficace **(Romay et al., 1998).** Plusieurs études ont rapporté le rôle unique des polysaccharides SP dans l'amélioration de l'activité enzymatique du noyau cellulaire et du processus de réparation de l'ADN **(Kaji et al., 2002).**

Par conséquent, les objectifs généraux de la présente étude sont d'étudier la concentration alimentaire optimale et durée de S. platensis séchée nécessaire pour exercer ses

effets potentiels sur les performances de croissance, immunomodulateur, agent chimioprotecteur, en plus de la résistance des groupes supplémentés *d'O. niloticus* à Pseudomonas infections fluorescentes.



Figure n°11: La spiruline **(***Spiruline arthrospira platensi)* **(Google image , 2025)**

2.3.1Classification Scientifique de la spiruline (Taxonomie) : (fox ,1999)

Règne : Monera ou Bacteria

Sous-règne : Prokaryota

Phylum ou Division : Cyanophyta ou Cyanobacteria

Classe : Cyanophyceae

Ordre : Oscillatoriales

Famille : Oscillatoriaceae

Genre : *Arthrospira*

Espèce : A platensis

2.3.2Composition chimique de la spiruline :

- ✓ **Les protéines**

La biomasse de la Spiruline contient une teneur en protéines élevée. Elle représente 10 à 11% de la masse humide, soit 60 à 70% de sa matière sèche **(Clément,1975)**

- ✓ **Les glucides**

Les glucides constituent globalement 15 à 25% de la matière sèche des spirulines. L'essentiel des glucides assimilables est constitué de polymères tels que des glucosannes aminés (1.9% du poids sec) et des rhamnosannes aminés (9.7%) ou encore de glycogène (0.5%) **(Ciferri,1983)**

- ✓ **Les lipides**

La composition en lipides totaux se caractérise par un bon équilibre entre acides gras saturés et acides gras polyinsaturés La composition des principaux acides gras révèle la présence d'une forte concentration en acides gras essentiels, incluant des omega-3 et des oméga-6 qui préviendraient l'accumulation de cholesterol dans l'organisme **(Hug ,2011)**

- ✓ **Les vitamines**

La Spiruline est une algue vitaminée. Elle est la deuxième source de vitamine B1 après la levure de bière. Elle contient aussi une concentration relativement élevée en provitamine A, vitamine B 12 et ß-carotène (**cruchot ,2008)**

- ✓ **Les minéraux et Oligoéléments**

Les minéraux les plus intéressants chez la Spiruline sont le calcium, le magnésium, le phosphore et le potassium. Les trois premiers minéraux cités sont présents dans la Spiruline à des teneurs comparables à celles trouvées dans le lait. Les oligo-éléments présentant le plus d'intérêts dans la Spiruline sont le fer, zinc et le sélénium **(Cruchot ,2008)**

- ✓ **Les pigments**

La spiruline est riche en pigments responsables de sa couleur, principalement la phycocyanine et la chlorophylle. La phycocyanine représente plus de 15% du poids frais et plus de 20% du poids sec de l'algue [47-48]. La chlorophylle est présente en proportion de 9-15 g/kg (**Romay ,1998)**

2.5 L'ail

Connu pour ses divers bienfaits pour la santé, l'ail *(Allium sativum*) présente propriétés prometteuses grâce à ses composants actifs tels que les composés organosulfurés et les antioxydants. Composés actifs tels que l'allicine et les composés soufrés présents dans l'ail contribueraient à ses effets protecteurs **(Shang et al., 2019).**

L'ail a toujours été utilisé dans plusieurs cultures pour lutter contre les parasites, les champignons, les bactéries et infections virales **(Dikel, 2015).**

Les humains donnent de l'ail aux animaux depuis des millénaires et l'utilisent pour traiter de nombreuses maladies animales (**Shalaby et al., 2006).**

Bien qu'il existe peu de recherches portant spécifiquement sur les effets combinés d'huile d'ail et de cyperméthrine dans le tilapia du Nil, études sur l'ail et d'autres espèces de poissons donnent un aperçu de son potentiel préventif propriétés. La présente étude s'efforce d'étudier le rôle protecteur effets de l'huile d'ail alimentaire sur les performances de croissance, les facteurs hémato-biochimiques et l'histopathologie du tilapia du Nil exposé à cyperméthrine**.**



Figure n°12: l'ail *(Allium sativum)*

➢ Classification hiérarchique de Cronquist (1981) :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division :Magnoliophyta

Classe : Liliopsida

Sous-classe : Liliidae

Ordre : Liliales

Famille :Liliaceae

Genre : *Allium*

➢ Classification phylogénétique :

Ordre : Asparagales

Famille :Alliaceae

Tableau n°8: composition de portion de 3 g d'ail :

Que vaut une « portion » d'ail?	
Poids/volume	**Ail cru, 3 g / 1 gousse**
Calories	4
Protéines	0,2 g
Glucides	1,0 g
Lipides	0,0 g
Fibres alimentaires	0,1 g

Les plantes médicinales telles que l'ail se caractérisent par une action préventive et efficace dans différents organismes, c'est pourquoi les études ont été intensifiées pour élargir les connaissances sur ses propriétés et son utilisation dans les poissons d'élevage **(Schelkle et al.,2013 ; Militz et coll., 2013, 2014 ; Bulfon et al., 2015).**

L'ail *(Allium sativum*), appartenant à la famille des Liliacées, est une plante médicinale originaire d'Asie centrale. Le bulbe est composé de 65% d'eau, 28% glucides sous forme de fructanes, 2,3% composés organosulfurés, 2% protéines, 1,2 % d'acides aminés libres et 1,5 % de fibres **(Santhosha et al., 2013).**

La caractéristique remarquable de cette plante est la concentration de composés organosoufrés, la teneur en soufre est quatre fois supérieure à celle des autres produits comme le brocoli, l'oignon, le chou-fleur et les abricots **(Lawson, 1996)**.

Les composés organosulfurés les plus abondants dans l'ail entier sont la ɣ-glutamyl-Salkylcystéine et le S-alkylcystéine sulfoxyde, ce dernier groupe comprenant l'aline (allylcystéine sulfoxyde) **(Lawson, 1996 ; Lanzotti, 2006)**.

Aline n'a pas d'odeur et est la composé soufré le plus abondant dans l'ail (6- 14 mg/g d'ail frais) et est un précurseur de composés auxquels sont attribués des effets bénéfiques sur la santé **(Lawson, 1996;Prati et al., 2014)**.

L'aline est présente dans l'ail intact, mais sa concentration diminue lorsque le bulbe est fracturé Cela est dû à l'allinase, enzyme C-S lyase contenue dans les vacuoles,qui entre en contact avec l'aline libre dans le cytoplasme, générant des acides sulféniques des intermédiaires très réactifs, qui par condensation se transforment en allicine (principal thiosulfinate) **(Lanzotti, 2006 ; Corzo-Martínez et al., 2007 ; Díaz et Jiménez, 2008 ; Prati et al.al., 2014**) .

L'allicine (ester S-2-propényle de l'acide 2-propénol-1-sulfinothiotique) est la plus abondant dans l'ail, il représente entre 60 à 90 % des produits soufrés formés à de la réaction qui se produit après avoir coupé l'ail **(Lawson, 1998).**

C'est un produit très instable, selon le solvant avec lequel il est mélangé, la température et la concentration.L'odeur de l'ail frais est due à l'allicine, mais après 30 minutes elle est due au produits générés par la décomposition de l'allicine tels que le diallyl disulfure **(Lawson, 1996)**. d'ail et l'extrait vieilli. La poudre d'ail, qui est soumise à une température de déshydratation de 50-60 °C, présente une diminution de 5 à 15% de la concentration d'allicine, ce qui le rend plus semblable à l'ail frais qu'à d'autres présentations **(Lawson,1998)**. Les composés organosulfurés dérivés de l'alline, tels que l'allicine, sont attribuer plusieurs

effets bénéfiques sur la santé des humains et des animaux, puisqu'il agit comme antimicrobien, antioxydant, immunostimulant, hépatoprotecteur et anti fibrinolytique, **(Sahu et al, 2007 ; Iciek et al, 2009 ; Lee et Gao, 2012 ; Bulfon et al, 2015)**.

L'ail a été utilisé en aquaculture sous différentes présentations, comme extrait aqueux, en poudre et frais macérés, administrés par voie orale ou intrapéritonéale et en bains immersion. Ce phytobiotique a été utilisé chez Oreochromis niloticus (**Shalaby et al.,2006 ; Aly et coll., 2008 ; Aly et Mohamed, 2010 ; Aly et coll., 2010 ; Omima, 2010), Labeo rohitaSahu et al., 2007)** et Oncorhynchus mykiss **(Nya et Austin, 2009, 2011)** pour évaluer leur effet sur les défis bactériens avec Aeromona hydrophila et Pseudomonas fluorescens. Dans ces expériences, des résultats variables ont été obtenus (augmentation ou diminution) du hématocrite, numération totale des leucocytes et des érythrocytes et numération différentielle leucocytes, ainsi qu'une diminution notable de la mortalité chez les organismes qui Ils ont reçu le traitement à l'ail. Parmi les résultats obtenus après administration orale d'ail, il a été s'avère avoir des effets à la fois préventifs et correctifs contre les parasites monogène de la peau chez L. calcarifer **(Militz et al., 2013)**, des branchies chez Piaractus mesopotamicus **(Martins et al., 2002)** et les branchies et la peau de P. reticulata **(Fridman etal., 2014)**.

De plus, des résultats favorables ont été observés en matière de prise de poids, facteur de conversion et indice de condition, en paramètres hématologiques et biochimiques, ainsi que dans la réponse immunitaire non spécifique **(Shalaby et al., 2006 ; Ndong et Fall, 2007 ;Sahu et coll., 2007 ; Aly et coll., 2008 ; Nya et Austin, 2009, 2011 ; Aly et Mohamed, 2010 ;Fazlolahzadeh et al., 2011).**

3. Risques pathologiques

Comme toutes les espèces aquatiques, le Tilapia du Nil peut être sensible à une série de maladies résultant de la prolifération de certains organismes pathogènes. Généralement, les maladies d'ordre bactériologique demeurent les plus rencontrées, à savoir la Septicémie à Aeromonas mobiles et Vibrioses, résultant principalement du stress et de la mauvaise qualité de l'eau. Les poissons affectés se manifestent par des brûlures au niveau de la peau et des nageoires et une perte d'équilibre liée à un comportement anormal (**FAO, 2005)**.

D'autre part, des résultats obtenus d'une étude faite au niveau des fermes de tilapia au Ghana (**Mary, 2006**), ont révélé trois types d'ectoparasites, à savoir : Trichodinasp, des Monogènes et Tetrahymenasp, dont les deux premiers étaient fréquents dans la plupart des fermes, mais qui ne posent pas des véritables problèmes.

Tableau n°9 : Les principales maladies affectant le tilapia du Nilsont citées dans le tableau ci-dessous **(FAO, 2005)**

Maladie	Agent	Type
Septicémie à Aeromonas mobiles (MAS)	Aeromonas hydrophila & espèces voisines	Bactérie
Vibrioses	Vibrio anguillarum & autres espèces	Bactérie
Columnaris	Flavobacterium columnare	Bactérie
Edwardsiellose	Edwardsiella tarda	Bactérie
Streptococcies	Streptococcus iniae & Enterococcus sp.	Bactérie
Saprolégniose	Saprolegnia parasitica	Champignon
Ciliés	Ichthyophthirius multifiliis; Trichodina & autres	Parasite protozoaire
Trématode monogénétique	Dactylogyrus spp.; Gyrodactylus spp	Parasite protozoaire

Les bactéries responsables de pathologies sur Tilapia sp sont des Gram négatif. Il y a Aeromanas hydrophila, Pseudomonas sp, Yersinia spp et Vibrio spp. Ces bactéries se retrouvent de façon normale sur le corps du poisson, dans le tube digestif et dans l'eau. Elles ne deviennent pathogènes que lorsque le système immunitaire du poisson s'affaiblit pour causes de stress ou de mauvaises manipulations (**Eissa et al., 2008 ; Mishra, 2010**). Les poissons atteints ne présentent pas de signes cliniques pathognomoniques. Les cas d'infection virale de O. niloticus sont rares. Des cas de septicémie hémorragique virale (SHV) isolée ont été indiqués sur ce poisson.

4. Composition chimique globale et valeur nutritionnelle de la chair du Tilapia

Le poisson est un produit carné dont la qualité nutritionnelle est proche de celle de la viande. La chair du poisson contient en moyenne 70 à 80% d'eau, 16 à 22% de protéines, et des lipides en quantité très variable allant de 0,5 à 20% selon les espèces et leur alimentation **(Médale, 2005).**

La chair est très pauvre en glucides, sous forme de glycogène, sa teneur est généralement inférieure à 1%. La teneur en collagène est faible, habituellement inférieure à 3% **(Regost, 2001).**

De plus, la chair des poissons se distingue de celle des autres animaux producteurs de viande à la fois par l'organisation structurale des muscles et par ses composants **(Médale, 2009).**

Chez le tilapia produit localement une importante proportion de protéines. Elle est de l'ordre de 17,3%. La proportion lipidique du tilapia algérien est très faible, elle est inférieur à 0,5%. La majeure proportion du tilapia est marquée par le taux élevé de l'humidité (> 80%). L'activité de l'eau, facteur déterminant pour la croissance bactérienne, est de l'ordre de 0,99 dans l'*Oreochromis niloticus* algérien **(Degral, 2015).**

Tableau n°10: Composition chimique et la valeur nutritionnelle de la chair du Tilapia (*Oreochromis niloticus*), parties analysée filet congelé, origine Chine

		Moyenne	Min	Max
Valeur nutritionnelle	Valeur calorique en Kcal / 100g	93	84	98
	Valeur calorique en Kj / 100g	392	355	413
	Humidité en g / 100g	78,5	77,9	80,0
	Cendres en g / 100g	0,8	0,6	0,9
	Protides en g / 100g	18,1	17,4	19,4
	Glucides par différence en g / 100g	0,5	0,1	1,6
	Lipides totaux en g / 100g	2,1	1,5	2,7
	Cholestérol en mg / 100g	39,5	32,5	43,5
		Moyenne	**Min**	**Max**
Acides gras	AG saturés (mg/100g)	565	387	751
	AG monoinsaturés (mg/100g)	643	456	809
	AG polyinsaturés (mg/100g)	440	356	561
	Dont oméga 6 (mg/100g)	278	157	485
	Dont oméga 3 (mg/100g)	158	75	271
	Dont EPA (mg/100g)	11	2	26
	Dont DHA (mg/100g)	71	26	116
		Moyenne	**Min**	**Max**
Vitamines	Vitamine A (rétinol) µg / 100g	<2	-	-
	Vitamine E (dl-alpha tocophérol) en mg / 100g	0,93	0,73	1,16
	Vitamine D en µg / 100g	15,61	<0,5	53,60
	Vitamine B1 (Thiamine monochlorhydrate) en mg / 100g	<0,04	-	-
	Vitamine B2 (riboflavine) en mg / 100g	0,05	0,04	0,07
	Vitamine B5 (acide pantothénique) en mg / 100g	0,68	0,41	26
	Vitamine B6 (pyridoxine + -al + -amine HCl) en mg / 100g	0,23	0,18	0,30
	Vitamine PP (amide nicotinique) en mg / 100g	3,28	2,78	3,77
	Vitamine B12 (cyanocobalamine) en µg / 100g	1,07	0,13	1,77
	Caroténoïdes totaux (mg / 100g)	-	-	-

Minéraux et oligoéléments	Sodium en mg / 100g	28,3	23,9	29,8
	Calcium en mg / 100g	8,2	7,5	9,1
	Potassium en mg / 100g	282	229	331
	Magnésium en mg / 100g	25,4	23,8	27,2
	Fer en mg / 100g	0,27	0,21	0,32
	Cuivre en mg / 100g	<0,1	-	-
	Zinc en mg / 100g	0,32	0,28	0,35
	Manganèse en mg / 100g	<0,1	-	-
	Phosphore en mg / 100g	131	118	148
	Iode en µg/100g	6	3	13
	Sélénium en µg / 100g	18	12	23
	Chlorures en mg / 100g	-	-	-

5. Intérêt économique

• *Oreochromis niloticus* il est le poisson le plus vendu sur la planète.

• *Oreochromis niloticus* sont des poissons exotiques consommés en abondance partout dans le monde.

•La dénomination tilapia s'applique en réalité à différents poissons blancs appartenant à la famille des *Cichlideés*, et notamment *Oreochromis niloticus*.

• Le Tilapia est le poisson d'élevage par excellence: c'est une des principales espèces d'aquaculture en Asie, en Afrique et en Amérique du sud. Il est le 2ème poisson d'élevage au niveau mondial, après la carpe. C'est un poisson très rentable. **(FAO, 2018)**

• En 2009 le Tilapia était élevé dans plus de 75 pays. • Les pays plus grands producteurs étant la Chine, la Thaïlande, les Philippines, l'Indonésie,
Taïwan, l'Égypte, la Colombie, Cuba, le Mexique**.**

• 40% à 50% de la production mondiale de tilapia proviendraient de Chine. Ce qui ne va pas sans poser de problèmes vu le nombre de fraudes dans cette filière piscicole. Les fermes d'élevage assurent à elles seules la moitié de la production mondiale.

• Une part d'autant plus remarquable que le tilapia, originaire d'Afrique, n'a été introduite qu'en 1978 en Chine, dans la province centrale du Hubei **(FAO, 2018).**

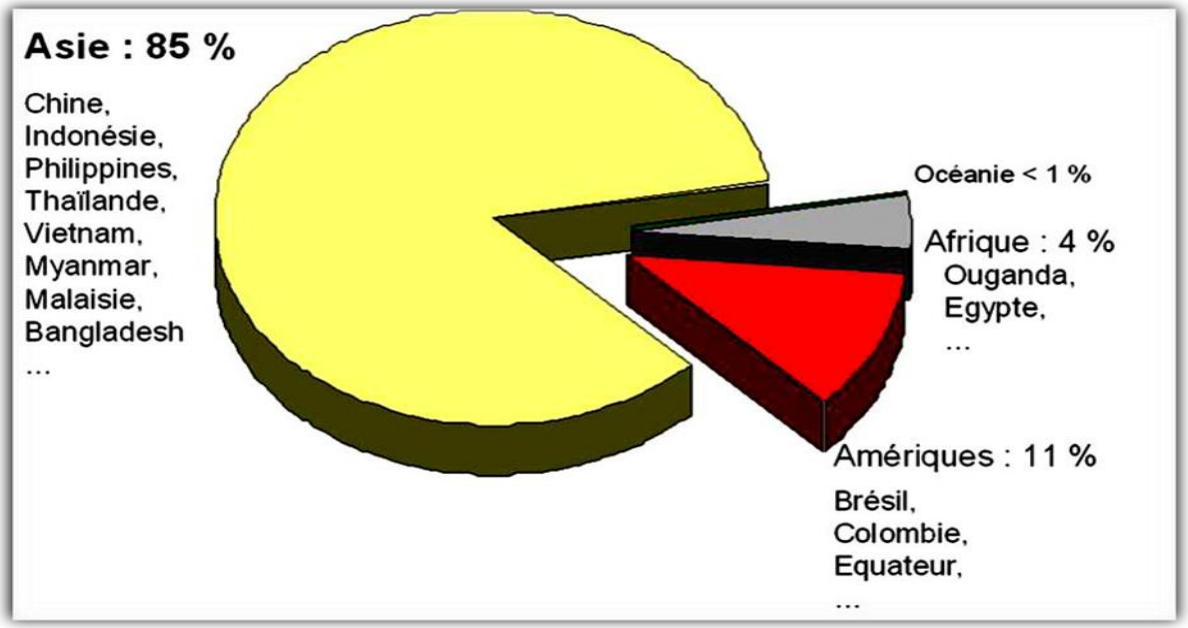


Figure n°13: Production de Tilapias et *Cichlideés* **(FAO,2018)**



Chapitre II :

présentation de la zone étude



1.Présentation de la zone d'étude

1.1 La Présentation de la wilaya de Médéa

1.1.1 Localisation géographique de la wilaya de Médéa

Médéa, capitale du Titteri, est une wilaya située au cœur de l'Atlas Tellien, caractérisée par une altitude élevée 981 m au niveau de la mer (et un relief mouvementé enserrant quelques plaines assez fertiles pour s'estomper ensuite aux confins des hautes plaines steppiques, en une série de collines ondulées. Une telle position stratégique a fait de Médéa une zone de transit principale et un trait d'union entre le Tel et le Sahara, d'une part, et entre les Hauts Plateaux de l'Est et ceux de l'Ouest, d'autre part. La wilaya de Médéa est située à 88 km à l'Ouest de la capitale, Alger. Elle s'étend sur une superficie de 8.775,65 Km². La population totale de la wilaya est estimée à 861 204 habitants soit une densité de 99 habitants par Km² **(D.E-Médéa, 2024).**

- **Les limites géographiques**

La wilaya est située Au Nord de l'Algérie. Elle est limitée par les wilayas suivantes:

- La Wilaya de Blida au Nord.
- La wilaya de Djelfa au Sud.
- Les wilayas d'Ain Defla ; Tissemsilt et Tiaret à l'Ouest
- Les Wilaya de M'sila et Bouira à l'Est.

- **La géomorphologie**

Enserrée entre les longitudes 2°10′ et 3°20′ Est et les latitudes 35°26′ et 36°30′ Nord, la wilaya de Médéa se situe au centre géographique de l'Algérie du Nord et occupe la partie centrale du Tell qui s'étend de des monts de Bouira à l'Est à ceux de l'Ouarsenis à l'Ouest et allant des versants sud de l'Atlas Blidéen au Nord jusqu'aux premiers contacts des monts du Titteri avec les Hautes-plaines au Sud. Un relief contrasté, constitué de montagnes de l'Atlas tellien, du plateau de Médéa et de la plaine des Béni Slimane **(D.E-Médéa, 2022).**

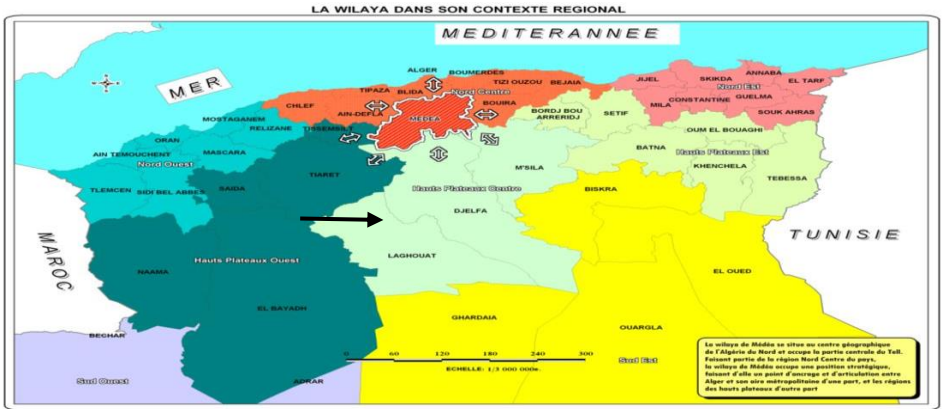


Figure n°11: La wilaya dans sons contexte régionale **(PDAU,2015)**

1.1.2 Synthèse climatique de la région

- Les facteurs de disposition du climat
- L'altitude qui atteint 1240 m au-dessus du niveau de la mer (sommet de Benchicao).
- La position sur les monts de l'Atlas tellien.
- L'exposition aux vents et aux vagues de courants venant de l'Ouest **(D.E-Médéa, 2022).**

La wilaya de Médéa est caractérisée par un climat méditerranéen semi-continental, froid et humide en hiver, tempéré au printemps, chaud et sec en été, avec une moyenne de pluviométrie élevée. La pluviométrie est caractérisée par son intensité et son irrégularité avec une moyenne annuelle des précipitations de 800mm, particulièrement en mois Décembre, Janvier et Février. La neige quant à elle, recouvre régulièrement les hauteurs de Benchicao, situées à une altitude de 1240 m, Taguenssa commune d'Ouled Hellal et Ain Diss à la commune d'Ain Boucif **(Boulesnam et Boufatah, 2015).** La neige, le gel sont des agents climatiques qui caractérisent le climat de la région.

Ils ont parfois des effets néfastes sur l'agriculture, la mécanique des sols et les infrastructures. La moyenne des températures entre les mois les plus froids et les mois les plus chauds varient entre 6,45°C et 24,6°C. **(D.E Médéa, 2022)**.

2. La Présentation de la commune de BENCHICAO

2.1. La Situation géographique

2.1.1. La Délimitation

Situé dans le département du grand Titterie, Benchicao a été établi comme centre de colonisation dans les années 1880. En 1984, Benchicao a été reconnu comme une commune à part entière, après avoir été auparavant une agglomération secondaire rattachée à Ouzera, qui est aujourd'hui le chef-lieu de la Daira. **(PDAU, 2024).**La commune se trouve dans le tell central algérien, entre les montagnes de l'Atlas tellien et l'Atlas blidéen. Elle est située à environ 88 km au sud-ouest d'Alger, à 12 km au sud de Médéa, à 40 km au sud-ouest de Blida, à 8 km au nord de Berrouaghia.

Elle est délimitée comme suit :

- Au Nord par la commune de Ouzera .
- A l'Est par les communes de Berrouaghia et Ouled brahim.
- Au Sud par les communes de Berrouaghia et Zoubiria.
- A L'Ouest par les communes de Si mahdjoub et Tizi mahdi.

Les caractéristiques physiques de la région, telles que le climat, le relief et le sol, ont

favorisé le développement de l'agriculture, en particulier de la vigne qui était auparavant une culture privilégiée destinée principalement à l'exportation. **(PDAU, 2024).** Avec la transition progressive de la vigne destinée à la vinification vers des variétés de table, l'arboriculture gagne également en importance, notamment dans la lutte contre l'érosion hydrique.

Concernant les infrastructures routières, Benchicao est reliée à plusieurs autres communes :

➢Médéa et Berrouaghia via la route nationale 1(nouvelle autoroute Nord –Sud).

➢Ouled Brahim et El Omaria via le chemin wilaya CW23.

➢Si Mahdjoub et Tizi Mahdi via le chemin wilaya CW138. **(PDAU, 2024).**

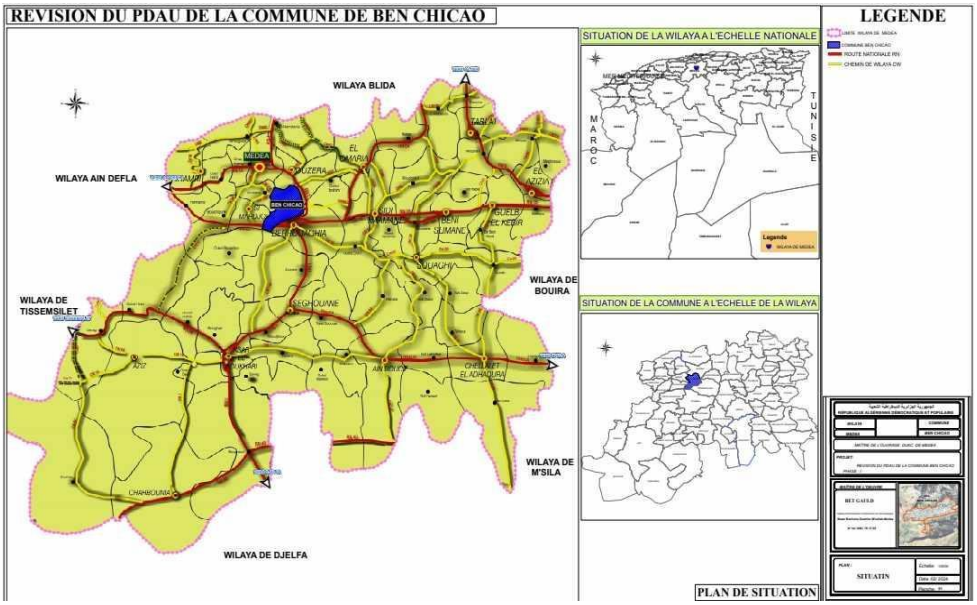


Figure n°12: Situation La commune de Benchicao **(PDAU, 2024).**

2.1.2 Consistance et composition territoriale

Le territoire communal de Ben Chicao regroupe les localités suivantes :

Agglomération chef lieu : Ben Chicao

Districts de la zone éparse :

- ✓ Bassour et maison d'enfant.
- ✓ Zaouia et Masconi.
- ✓ Mekhatiche.
- ✓ Ouled Larbi.
- ✓ Ouled Omrane.
- ✓ Ain Aissa .**(PDAU, 2024).**

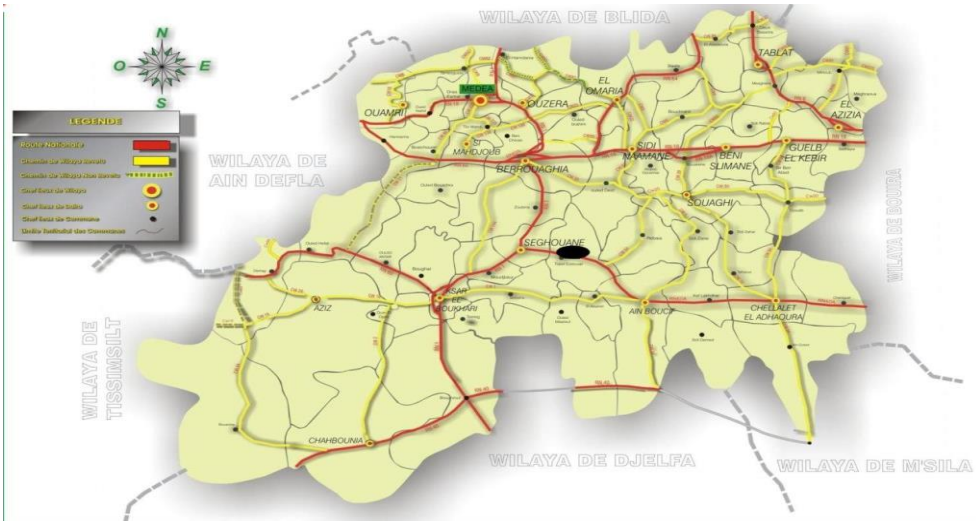


Figure n°13 : Situation de la commune par rapport à la wilaya de Médéa **(PDAU, 2024).**

2.2 Synthèse climatique de la commune de Benchicao

La commune de Benchicao se situe dans la zone climatique sub-humide, marquée par des Hivers froids et des Etés chauds. Malgré sa proximité avec la mer, l'influence continentale se fait sentir dans la région. Les précipitations, d'une moyenne annuelle de 800mm, sont caractérisées par leur intensité et leur irrégularité. La présence de neige et de gel est fréquente et peut avoir des conséquences néfastes sur l'agriculture, les sols et les infrastructures. Les écarts de température entre les mois les plus froids et les mois les plus chauds varient de 4.6° à 24.6°.**(PDAU, 2024).**

a) Pluviométrie

Pour ce qui est de la pluviométrie, il est relevé une concentration des pluies en hiver, alors qu'en été, la pluviométrie est très aléatoire. Les pluies printanières qui sont les plus bénéfiques pour la production agricole et particulièrement la céréaliculture, enregistrent des quantités assez appréciables. **(PDAU, 2024).**Il faut noter que les précipitations semblent suffisantes mais, leurs mauvaises répartitions dans l'année agricole ainsi que leur violence diminuent de leur efficacité.

(PDAU, 2024).

b) Les orages

Leur fréquence décroit du mois de Novembre à Février et croit en Mars et Avril.

Le maximum du nombre moyen d'orage est enregistré les mois de Mai et Septembre.

Le nombre total d'orages durant toute l'année atteint 16,3 jours pour la **(PDAU, 2024).**

c) Le grêle

Le nombre de jours de grêle est faible en général avec 6,5 enregistrés à la station de référence. **(PDAU, 2024).**

d) La neige

La moyenne altimétrique de notre zone d'étude étant de 950 mètres , la moyenne de présence de neige au niveau de toute l'étendue de la commune est de 22.6 jours par an. **(PDAU, 2024).**

e) La gelée blanche

Elle est relativement importante. Elle est de 20,3 jours **(PDAU, 2024).**

f) Températures

Benchicao se démarque des autres zones, l'altitude joue ici un rôle alternant les températures augment à partir du mois dé Février pour atteindre le maximum en juillet 25,6° et régressent à partir du mois de Décembre pour atteindre le minimum 4,6° aumois de janvier. **(PDAU, 2024).**

f) Les vents

Les plus dominant sont Ouest et Nord-ouest en hiver et Nord et Nord-est en été. Le paysage végétal de Benchicao se développe principalement dans les zones montagneuses qui ne sont pas propices à l'agriculture, à l'exception de quelques maquis convertis en terres agricoles. Le territoire communal peut être divisé en trois zones en fonction de la géomorphologie du sol :**(PDAU, 2024).**

- ✓ La partie Nord et Centrale de la commune. On y trouve une forêt dense composée de cèdres, chênes verts, pins d'alpée, etc. Ces espèces sont principalement situées dans le nord extrême et sur les versants septentrionaux. Des projets de valorisation sont mis en place pour développer ces zones à travers des projets de plantation d'arbres fruitiers, d'amandiers, de figuiers, ainsi que des projets d'élevage. **(PDAU, 2024).**
- ✓ La partie Sud et une partie Centrale de la commune. Cette zone est caractérisée par un maquis dense d'arbustes et de broussailles. Il couvre une grande partie de la commune. **(PDAU, 2024)**
- ✓ Les sols nus. Ces sols, en général, se trouvent sur des pentes marneuses ou schisteuses avecune forte érosion due au ruissellement des eaux de pluie.

Il est donc essentiel de prévoir des programmes de reboisement à l'échelle régionale, en particulier dans la partie Est, ainsi que des mesures de conservation du sol pour prévenir l'érosion. La superficie totale de forêt est de 1893.20 ha, ce qui représente 33.8 % de la surface communale, répartie entre 1593.200 ha de forêts publiques et 300 ha de forêts privées.

Dans la partie Est de la commune, au col de Benchicao, se trouve un point géodésique avec une altitude maximale de 1323 mètres. **(PDAU, 2024).**

3.Description de la ferme piscicole « TITTERI AQUACOLE »

Notre étude est effectuée au niveau de la ferme aquacole qui se situe à Benchicao (Wilaya de Médéa). L'étude du projet montre que cette ferme piscicole est conçue pour une capacité de production de 300 tonnes/an destinés à la consommation dont le Tilapia, le Clarias ainsi que des poissons d'ornement en élevage intensif dans des bassins spécialement conçus pour la pisciculture. Ce projet rentre dans le cadre du développement des activités d'élevage aquacole.

Ce projet permet de créer de l'emploi de façon permanente et par conséquent va avoir des retombées économiques et sociales bénéfiques au niveau de la région car la ferme **«TITERI AQUACOLE»** a bénéficiée d'une formation pour 22 stagiaires de la région (agents piscicoles) au niveau du centre de formation professionnel de Berrouaghia en collaboration avec le DPRH de Médéa et Ain Defla.



Figure n°14 : La ferme piscicole « TITTERI AQUACOLE » **(Originale, 2025).**

4.Objectifs du projet

Ce projet prévoit la mise en place d'une ferme aquacole d'une capacité de 300 tonnes par an Cette exploitation est installée dans un site composé de 4 hangars équipés par des bassins de plusieurs tailles. Les installations existantes:

4 Hangars

1 local technique

1 local pour l'aquariophilie

- **Espèces produites :** Tilapia, Clarias, Sandre et Carpe et poissons d'ornements.
- **Production annuelle :** 300 tonnes

- **Surface totale de la concession :** 6400 m2

- **Site :** Benchicao Centre

Identité du demandeur

Promoteur : Sarl TITTERI AQUACOLE

Siège social : Benchicao

Situation : Wilaya de Médéa sur la route nationale n°1 entre Médéa et Berrouaghia qui relie Alger à Djelfa.

5.Problèmes et contraintes naturelles

Notre station d'étude, la ferme, se trouve à une altitude de 900 mètres.qui nécessite une installation d'un système de chauffage d'eau pour l'élevage de certains types d'espèces prévues. A cet effet, la technologie envisagée pour l'élevage du Tilapia, Clarias, Sandre et Carpe est une installation en circuit fermé chauffée par des chaudières à gaz.

Tableau n° 11: Les caractéristiques du bassin d'élevage de tilapia dans la ferme**.**

Hangar N°1 –A– (Fiche technique Sarl TITTERI AQUACOLE ,2014)

Longueur(m)	**3**
Largeur(m)	**3**
Hauteur(m)	**3**
Nombre de bassins	**12**
Contenance	**27M3**
Phase d'élevage	**Grossissement**
Charge / m3	**30 kg**

Il est prévu un local de 50 m² pour l'aquariophilie de divers espèces dans des aquariums de dimension**:** Longueur **(0,8 m)** Largeur **(0,4 m)** Hauteur **(0,4 m).**

6.Description de l'investissement

Infrastructures primaires

Les dimensions des structures de production sont calculées en fonction des bassins existants par mètre cube, comme indiqué dans les tableaux suivants :

Tableau n°12: Les caractéristiques du bassin d'élevage de tilapia dans la ferme Hangars N° 1 Locale «A» Elevage de Tilapia . (**Fiche technique de l'entreprise TITTERI AQUACOLE, 2014).**

1- Hangars N° 1 Locale « A » Elevage de Tilapia

Référence locale	Type d'espèces	Nombre de bassins	Contenance	Phase d'élevage	Charge/ m3
Hangar N°1 - A-	TILAPIA	12	27 M3	Grossissement	30 kg

A.1Unité grossissement

Pendant la phase de grossissement, l'objectif visé est de produire des poissons de 250g (taille marchande de tilapia). Le grossissement est réalisé dans des bassins.

A.2 Caractéristiques des Bassins

Longueur : 3 m

Largeur : 3 m

Hauteur : 3 m

Nombre de Bassin

La ferme prévoit d'élevage en phase de croissance dans des bassins, comme illustré dans la figure n°15:



Figure n°15 : Bassins pour le grossissement du Tilapia

Tableau n°13 : Les caractéristiques du bassin d'élevage de clarias dans la ferme Hangars N° 2

Locale «B» Elevage de Clarias. **(Fiche technique Sarl TITTERI AQUACOLE, 2014).**

2 - Hangars N° 2 Locale « B » Elevage de Clarias

Référence locale	Type d'espèces	Nombre de bassins	Contenance	Phase d'élevage	Charge/m3
Hangar N°1 - B	Clarias	14	27 M3	Grossissement	50 kg

B.1Unité grossissement

Pendant la phase de grossissement, l'objectif visé est de produire des poissons de 300g (taille marchande de Clarias). Le grossissement est réalisé dans des bassins.

B.2 Caractéristiques des Bassin

Longueur : 3 m

Largeur : 3 m

Hauteur : 3 m

Nombre de Bassin

La ferme envisage l'élevage en phase de grossissement dans des bassins figure n°16 :



Figure n°16: Bassins pour le grossissement du Clarias

Tableau n°14: Les caractéristiques du bassin d'élevage de carpe dans la ferme Hangars N° 1 Locale «C» Elevage de Carpe **(Fiche technique Sarl TITTERI AQUACOLE, 2014).**

3 - Hangars N° 1 Locale « C » Elevage de Carpe

Référence locale	Type d'espèces	Nombre de bassins	Contenance	Phase d'élevage	Charge/m
Hangar N°1 - C -	CARPE	10	27 M3	Grossissement	30 kg

C.1Unité grossissement

Pendant la phase de grossissement, l'objectif visé est de produire des poissons de 300g (taille marchande de carpe). Le grossissement est réalisé dans des bassins.

C.2Caractéristiques des Bassin

Longueur : 3 m

Largeur : 3 m

Hauteur : 3 m

Nombre de Bassin

La ferme prévoit d'élevage en phase de croissance dans des bassins, comme illustré dans la figure n°17 :



Figure n°17: Bassins pour le grossissement du Carpe

Tableau n°15: Les caractéristiques du bassin d'élevage de Sandre dans la ferme Hangars N°1 Locale <D> Elevage de Sandre **(Fiche technique Sarl TITTERI AQUACOLE, 2014).**

4- Hangars N° 1 Locale « D » Elevage de Sandre

Référence locale	Type d'espèces	Nombre de bassins	Contenance	Phase d'élevage	Charge /m3
Hangar N°1 - D -	Sandre	38	36 M3	Grossissement	30 kg

D.1Unité grossissement

Pendant la phase de grossissement, l'objectif visé est de produire des poissons de 300g (taille marchande de Sandre). Le grossissement est réalisé dans des bassins.

D.2Caractéristiques des Bassin

Longueur : 3 m

Largeur : 3 m

Hauteur : 4 m

Nombre de Bassin

La ferme envisage l'élevage en phase de grossissement dans des bassins Figure n°18:



Figure n°18: Bassins pour le grossissement du Sandre

7. Installations auxiliaires

Il est prévu un locale de 50 m2 pour l'aquariophilie de divers espéces dans des aquariums de dimension

8. Caractéristiques des aquariums

Longueur : 0.8 m

Largeur : 0.4 m

Hauteur : 0.4 m

Nombre d'aquarium **: 100**

a) Bureaux administratifs

C'est une partie du bâtiment d'exploitation aménagée en bureaux administratifs.

b) Chambre froide

Pour conserver les poissons produits avant la commercialisation, il est prévu la réalisation de d'une chambre froide, d'une capacité d'environ **300 m3**

c)poste de transformation et groupe électrogène

Dans le but d'éviter les mortalités massives dues aux manques d'oxygène provoqués par une panne de l'électricité ; il est prévu un groupe électrogène suffisamment puissant pour faire fonctionner tous les appareils de l'exploitation nécessitant de l'énergie électrique.

Bâtiment technique

Pour la protection des installations électriques, nous proposons l'aménagement d'un bâtiment électrique de 10 m2 en dur avec une dalle en béton armé en pente pour l'évacuation des eaux de pluie et qui comprend :

- Un tableau général de basse tension
- Un transformateur
- Un groupe électrogène **(Fiche technique Sarl TITTERI AQUACOLE, 2014).**

Hangar de stockage

Nous proposons l'aménagement de l'hangar de l'extérieur pour le stockage d'aliment artificiel d'une surface de 300m2 . Il est à noter que la réception de l'aliment en sac se fait tous les trois mois, donc la capacité de stockage de l'hangar est de 300t ce qui constitue les besoins pour le fonctionnement de la ferme durant trois mois.

Atelier de stockage de matériels

Cet espace de 100 m2 est prévu pour le stockage du matériel divers nécessaire au fonctionnement de la ferme, la réparation et la maintenance de l'ensemble des infrastructures et des engins de travail. **(Fiche technique Sarl TITTERI AQUACOLE, 2014).**



Chapitre III : Matériel et méthodes



1. Objectif

- L'utilisation de sources protéiques alternatives, riches en nutriments et à faible coût, dans l'alimentation du tilapia rouge
- Effet de la spiruline sur la croissance du tilapia
- Fabrication d'un aliment local répondant aux les besoins du tilapia rouge
- Une comparaison entre aliment préparé et un aliment local
- Déterminer les paramètres de croissance de tilapia rouge comme: Le poids; la morphométrie (la taille)
- La réduction de l'utilisation de la farine de poisson dans l'alimentation du tilapia rouge.

2. Matériel

Durant notre étude nous avons utilisé un réservoir de 1000 litres d'eau pour élever les alevins de poissons de Tilapia, chacun d'eux muni d'un tuyau, diffuseur et thermostat pour réguler la température de l'eau.

Afin de maintenir un certain niveau de propreté dans le circuit d'élevage et d'éviter le développement de bactéries sur les restes alimentaires et les fèces, chaque 24 heures, une heure avant le premier nourrissage, le fond des aquariums est siphonné, les bords sont nettoyés et bien rincés de manière à limiter le dépôt de toute matière grasse laissée par l'aliment. Le matériel utilisé pendant l'expérimentation est le suivant:

- **Matériel biologique**

Cette expérience a été réalisée sur 60 juvéniles de tilapia rouge dont chaque aquarium contenant 30 individus.

- **Matériel physique**

Deux aquariums sont utilisés, chaque aquarium possède :

- Une pompe à air pour l'oxygénation de l'eau
- Un thermostat qui permet de régler la température de l'eau et de la garder constante
- Un filtre qui sert à débarrasser l'eau des déchets métaboliques des poissons.
- Un tuyau pour siphonage et une épuisette pour la pêche des géniteurs

Pour le suivi de l'expérience, nous sommes servis du matériel suivant :

- Balance électronique: pour mesurer le poids du Tilapia hybride ou bien la quantité d'aliment distribué chaque dix jours.
- une règle graduée: pour mesurer la longueur de poissons tous les 10 jours.



Figure n°19 : Matériel physique (Balance électrique, Règle)**(Originale,2025)**

3. Méthode de travail

3.1. Préparation des bassins d'alevinage

- ✓ Deux bassins de 1 000 litres ont été aménagés : l'un destiné à l'alimentation de la ferme (bassin BF), l'autre pour l'aliment expérimental (bassin BE).
- ✓ Les bassins ont été remplis avec de l'eau provenant du forage de la ferme.
- ✓ Des tuyaux chauffants, reliés à une chaudière à gaz, ont été installés pour maintenir une température optimale.
- ✓ Une pompe à oxygène a été installée afin d'assurer une oxygénation suffisante de l'eau.
- ✓ L'ensemble des conduites et équipements nécessaires au bon fonctionnement du système a été mis en place.



Figure n°20: les bassins d'élevage de tilapia de cette étude

(Photo Originale, 2025)

3.2. Mesure des paramètres physicochimiques de l'eau

La mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau provenant du forage de la ferme est effectué au niveau du laboratoire de l'algérienne des eaux (ADE) Médéa. Cette mesure est essentielle pour assurer un environnement favorable à l'élevage du tilapia rouge. Elle permet de surveiller des facteurs tels que le pH, la température ou encore l'oxygène dissous, afin de garantir la santé et une croissance optimale des poissons. Les paramètres mesurés sont comme suit:

3.2.1. Le pH

Pour cette détermination, nous utilisons une méthode électrométrie avec électrode combinée dans un pH mètre.

- **Mode opératoire**

Il est préférable de mettre l'appareil en marche environ demi -heure et rincé l'électrode avec l'eau distillée avant de commencer la mesure ensuite on plonge l'électrode dans l'eau à analyser à une profondeur minimum de 4cm et puis attendre que la valeur soit stable avant la lecture.

3.2.2. La turbidité

- **Mode opératoire**

1) Bien agiter l'échantillon à analyser, puis verser quelques millilitres dans une cuvette préalablement rincée à l'eau distillée, jusqu'au repère indiqué (la flèche).
2) Fermer soigneusement la cuvette, l'essuyer correctement, puis l'insérer dans le compartiment prévu à cet effet dans le turbidimètre. Refermer le capot de l'appareil.
3) Lire la première valeur qui s'affiche à l'écran.
4) Les résultats sont exprimés en **NTU** (Unités Néphalométriques de Turbidité).
5) La lecture des résultats s'effectue à l'aide du turbidimètre

3.2.3. La Conductivité, Temperature, Salinité

- **Préparation de l'appareil**

- Allumer le conductivimètre ou la sonde multiparamètres.
- Vérifier que l'appareil est bien étalonné selon les instructions du fabricant (étalonnage avec une solution standard de conductivité connue, si nécessaire).

- **Préparation de l'échantillon**

- Prélever l'eau à analyser dans un récipient propre et rincé.

- Si la mesure se fait in situ (dans l'ADE), immerger directement la sonde dans l'eau.

- **Mesure**

- Plonger la sonde dans l'échantillon en s'assurant que les électrodes soient complètement immergées.
- Attendre quelques secondes pour permettre la stabilisation des lectures.
- Lire les valeurs affichées à l'écran :
    - ✓ Conductivité (µS/cm)
    - ✓ Température (°C)
    - ✓ Salinité (ppt ou g/L selon l'appareil)

3.3. Préparation de l'aliment

3.3.1. Préparation de l'aliment témoin (BF)

- 50% Poissons de la carpe (farine de poisson).
- 50% Farine de mais



Figure n°21: Aliment fabriqué localement à la ferme (témoin)

(Originale, 2025)

3.3.2. Préparation de l'aliment testé (BE)

La composition de l'aliment expérimenté a été proposée après avoir effectué une recherche bibliographique sur les exigences alimentaires de ce poisson (protéines, glucides, sucres totaux, amidon, lipides. etc) du tilapia rouge.



Figure n°22 : l'aliment testé **(Original, 2025)**

Tableau n°16: composition des ingrédients utilisés
pour la formulation 1,5 kg de l'aliment expémenté

Ingrédients	**Pourcentage (%)**
Les abats de poulet (gésier)	40
La farine de maïs	30
La farine de poisson	15
L'ail	3
La spiruline	2
Sel alimentaire	0 ,6
huile	0,4

- **Fabrication d'aliment**

L'aliment est fabriqué selon les étapes suivantes:

- **Pesage**

Les ingrédients, tels que présenté dans le tableau n , ont été pesés à l'aide d'une balance Électrique



Figure n°23 : Photographie de pesage **(originale, 2025)**

- **Le Broyage**

Le broyage consiste à réduire les matières premières en particules plus fines. Il permet par la suite un mélange plus homogène et plus stable et une mise en forme plus régulière, dans cette étape nous broyons les abats de poulet en fines particules.

- **Mélange et homogénéisation**

Cette étape consiste à mélanger les différentes matières premières pesées en un mélange homogène pour obtenir une pate homogène et stable.



Figure n°23: Photographie de Mélange et homogénéisation**(Original, 2025)**

- **Mise en forme de l'aliment**

On à utilisé un hachoir pour façonner l'aliment, qui sera fragmenté à des morceaux en fonction de la taille de la bouche de poisson (flocons de spaghetti)



Figure n°24 : Photographie de mise en forme de l'aliment **(Originale; 2025)**

- **Séchage**

Le séchage des aliments se fait à l'aide de papier filtre et par exposition à l'air libre durant quelques jours au laboratoire.

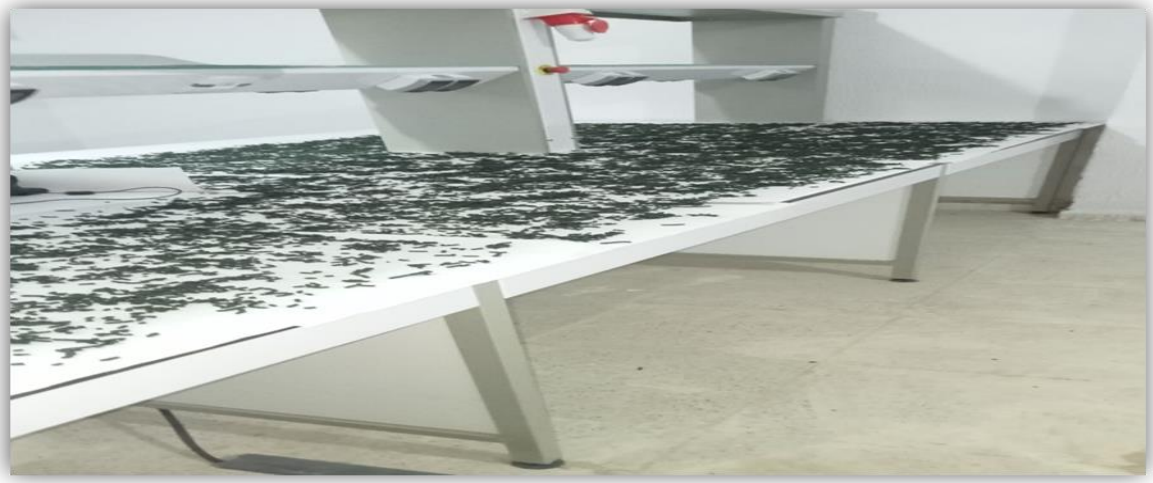


Figure n°25 : Photographie de séchage **(Originale ; 2025)**

3.4. Alimentation de Poisson

Les poissons sont nourris manuellement à 12% de leur poids total trois fois par jour à 8h, 12h, et à 16 h.

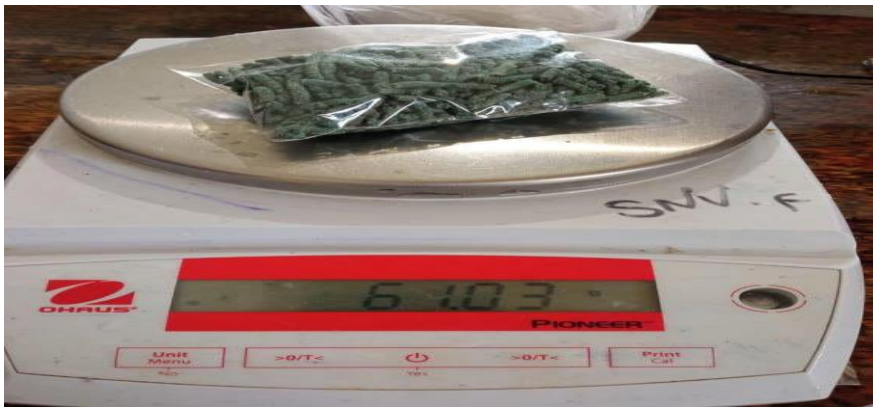


Figure n°26 : Photographe de la pesée de l'aliment **(Originale; 2025)**

4. Les paramètres de qualité de l'aliment distribué :

5.1. Détermination de la teneur en protéines brutes- METHODE DE KJELDAHL

- **Matériaux**

- Balance analytique
- Appareil de digestion (bloc Kjeldahl)
- Appareil de distillation
- Système de titration (manuel ou automatique)
-

➢ **Réactifs principaux**

- Sulfate de potassium (K_2SO_4)
- Catalyseur : oxyde ou sulfate de cuivre(II)
- Acide sulfurique concentré (18 mol/L)
- Hydroxyde de sodium (NaOH) 33 %
- Acide borique (40 g/L)
- Solutions titrantes : NaOH 0,1 ou 0,25 mol/L – H_2SO_4 0,05 ou 0,125 mol/L
- Indicateur mixte (rouge de méthyle + bleu de méthylène)
- Étalons : acétanilide ou tryptophane

5.2. Dosage des lipides : (NF ISO 6492)

➢ **Matériel et Réactifs**

- Appareil de Soxhlet (ballon, cartouche, condenseur)
- Balance analytique (précision 0,001 g)
- Étuve (105°C), dessiccateur
- Solvant : hexane ou éther de pétrole (40–60°C, qualité analytique)
- Papier filtre sans cendres (type Whatman)
- Bain-marie ou évaporateur rotatif

➢ **Protocole simplifié**

a) Préparation de l'échantillon

- Broyer finement l'échantillon (granulés, farine de poisson…).
- Peser précisément **2 à 5 g** d'échantillon **sec** dans une cartouche en cellulose.

b) Extraction par Soxhlet

- Placer la cartouche dans l'extracteur.
- Ajouter **150–200 mL** de solvant dans le ballon.
- Chauffer à **60–70°C** ; extraction pendant **6–8 h** (15–20 cycles/h).

c) Récupération des lipides

- **Évaporation :** Retirer le solvant avec un évaporateur rotatif ou bain-marie.
- **Séchage** : Placer le ballon à **105°C pendant 1 h**, puis refroidir dans un dessiccateur.
- **Pesée** :
  - Peser le ballon sec contenant les lipides.
  - Soustraire la masse du ballon vide.

5.3. Dosage des glucides :

➢ **Étapes de la méthode**

✓ **Hydrolyse des glucides complexes**

- Chauffer l'échantillon avec de l'**acide chlorhydrique 1 N à 100°C pendant 1 h**.
- Refroidir puis **neutraliser à pH 7**.

➢ **Réaction colorimétrique**

- Prélever une portion de l'extrait hydrolysé.
- Ajouter :
  - **1 mL de phénol à 5 %**
  - **5 mL d'acide sulfurique concentré**
- Laisser réagir **10 à 20 min**.

➢ **Mesure spectrophotométrique**

- Lire l'**absorbance à 490 nm**.

➢ **Étalonnage**

- Réaliser une **courbe étalon** avec des solutions de **glucose** (standard).
- La concentration est exprimée en **mg équivalent glucose/g de matière sèche**.

5.4. Dosage de phosphore total :

➢ **Étapes de la méthode**

a/ Minéralisation

- Peser **1 g** d'échantillon (sec et broyé).
- Ajouter **10 mL d'acide sulfurique concentré**.
- Chauffer doucement jusqu'à destruction complète de la matière organique **(solution claire).**
- Ajouter du **peroxyde d'hydrogène** si nécessaire.
- Refroidir et compléter à **100 mL** avec de l'eau distillée.

b/ Coloration

- Prélever **5 mL** du filtrat.
- Ajouter :
  - **2 mL de molybdate d'ammonium**
  - **1 mL de métavanadate d'ammonium**
- Laisser réagir **10 min à température ambiante**.
- Mesurer l'**absorbance à 430 nm** contre un blanc.

c/ Étalonnage

- Préparer une **courbe étalon** avec des solutions de phosphate (0 à 5 mg/L).
- Utiliser cette courbe pour déterminer **C**, la concentration en phosphore dans l'échantillon.

4.3. Dosage de calcium et magnesium:

➢ **Étapes de la méthode**

a/ Préparation / Minéralisation

- Sécher et broyer finement l'échantillon.
- Peser puis digérer à chaud avec de l'**acide chlorhydrique concentré**.
- Refroidir, filtrer, et compléter à un volume connu (ex : 100 mL).

b/ Dosage du Calcium seul

- Prélever un aliquot.
- Ajuster le pH à **12.**
- Ajouter l'indicateur **murexide.**
- Titrer avec **EDTA :** virage du **rose → violet** à l'équivalence.

c/ **Dosage du Calcium + Magnésium**

- Prélever un autre aliquot.
- Ajuster le pH à **10**.
- Ajouter l'indicateur **noir ériochrome T.**
- Titrer avec **EDTA** : virage du **rouge-violet → bleu pur.**
-

6 Les paramètres de qualité de la chair du tilapia rouge

6.1. Teneur en eau :

✓ **Procédure**

- Peser une capsule propre et sèche **(m_0).**
- Ajouter une quantité connue de **chair de poisson hachée**, puis peser (**m_1**).
- Placer la capsule dans une **étuve à 105 °C** pendant **4 à 6 heures**, jusqu'à **constance de masse.**
- Refroidir la capsule dans un **dessiccateur,** puis la **repeser (m_2).**

6.2. Teneur en cendre totaux

➢ **Procédure**

- Peser **2 g** d'échantillon sec dans un **creuset propre et taré (m_0).**
- Chauffer progressivement dans un **four à moufle à 550 °C pendant 6 heures.**

- Une fois les **cendres blanches ou grises** et **constantes,** refroidir dans un **dessiccateur**.
- Peser le creuset contenant les cendres **(m_2).**
- Comparer à la masse initiale de l'échantillon dans le creuset **(m_1).**

6.3. La teneur protéines brutes - METHODE DE KJELDAHL

➢ **Matériel**

- Balance analytique
- Ballon de digestion Kjeldahl (≈800 mL)
- Appareil de distillation Kjeldahl
- Équipement de titrage

➢ **Réactifs principaux**

- Acide sulfurique (H_2SO_4) concentré (18 mol/L)
- Sulfate de potassium (K_2SO_4)
- Catalyseur : CuO ou $CuSO_4 \cdot 5H_2O$
- Solution d'hydroxyde de sodium (NaOH 33 %)
- Acide borique (40 g/L) ou acide sulfurique dilué
- Indicateur mixte (rouge de méthyle + bleu de méthylène)
- Solutions titrantes : H_2SO_4 (0,05 à 0,125 mol/L) ou NaOH (0,1 à 0,25 mol/L)

Étapes de la méthode

✓ **Pesée**

- Portion de test entre 1–2 g (échantillons secs homogènes), ou 2,5–5 g (humides/hétérogènes)

✓ **Digestion**

- Ajouter 15 g de K_2SO_4 + catalyseur (CuO ou $CuSO_4$)
- Ajouter H_2SO_4 : 25 mL/g de MS pour le 1er g, puis 6–12 mL/g pour les suivants
- Chauffer jusqu'à obtention d'une solution claire (vert-bleu clair), puis poursuivre 2 h

✓ **Distillation**

- Diluer avec 250–350 mL d'eau
- Ajouter NaOH (33 %) pour rendre la solution alcaline
- Distiller l'ammoniac dans :
  - Soit **acide borique** (avec indicateur)
  - Soit **acide sulfurique** (quantité connue)

✓ **Titrage**

- Si acide sulfurique : titrer avec **NaOH** (0,1 ou 0,25 mol/L)

- Si acide borique : titrer avec **H_2SO_4** (0,05 ou 0,125 mol/L)
- Point final : virage de couleur ou pH-mètre

✓ **Blanc**

- Réaliser un **test blanc** (mêmes réactifs, sans échantillon)

6.4. Dosage des lipides : (NF ISO 6492)

➢ **Matériel et Réactifs**

- Appareil de **Soxhlet** (ballon, cartouche, condenseur)
- **Hexane** ou **éther de pétrole 40–60°C**
- Balance analytique (± 0,001 g)
- Étuve à **105 °C, dessiccateur**
- Bain-marie ou **évaporateur rotatif**
- **Papier filtre sans cendres** (type Whatman)

➢ **Protocole**

a/ **Préparation de l'échantillon**

- Broyer finement l'échantillon (granulés, farine…)
- Peser précisément **2 à 5 g** dans une **cartouche en cellulose**

b/ **Extraction Soxhlet**

- Monter l'appareil : cartouche dans l'extracteur, ballon avec **150–200 mL** de solvant
- Chauffer à **60–70 °C**
- Extraction pendant **6 à 8 h** (~15–20 cycles/h)

c/ Récupération des lipides

- **Évaporation** du solvant (bain-marie ou évaporateur rotatif)
- **Séchage** du ballon à **105 °C pendant 1 h**
- Refroidir dans un **dessiccateur**
- **Peser** le ballon contenant les lipides

6.5. Dosage de calcium ,fer et zinc :

Étapes de la méthode

a/ Préparation de l'échantillon

- Lyophilisation complète du poisson
- Pesée précise de **2,0000 g** (± 0,0001 g)

b/ **Digestion acide**

- Ajout de **HNO_3 concentré (65%) + 2 mL de H_2O_2**
- Chauffage sur plaque jusqu'à **clarification complète**

- Refroidissement puis ajustement du volume à **100 mL** avec de l'eau distillée

c/ Dosage colorimétrique

Tableau n°17: Réactifs et longueurs d'onde pour le dosage colorimétrique du Fe, Ca et Zn

Élément	**Réactif colorant**	**Couleur**	**Longueur d'onde (nm)**
Fer (Fe^{2+}/Fe^{3+})	Orthophénanthroline ou thiocyanate	Rouge-orangé	510 nm
Calcium (Ca^{2+})	Murexide	Violet-rose	580 nm
Zinc (Zn^{2+})	Réactif au zircon	Bleu/violet	620 nm

- **Lecture de l'absorbance** au spectrophotomètre
- Détermination par comparaison à une **courbe d'étalonnage**

1.1. Contrôle de la croissance

Le contrôle de la croissance des alevins était réalisé à un intervalle de dix jours. Cette opération consistait à mesurer la taille moyenne et à peser le poids de l'ensemble des poissons de chaque bassin, à l'aide d'une balance électronique, dotée d'une précision de 0,01 g, ainsi que d'un ichtyomètre gradué en centimètres. Ce contrôle permettait de suivre l'évolution de la biomasse. Une fois les mesures terminées, les poissons étaient replacés dans les bassins, après nettoyage complet de ces derniers et renouvellement de 10 à 20% du volume total de l'eau de chaque bassin.



Figure n°27 : Photographie du suivi de la croissance **(Originale; 2025)**

4.Analyse statistique

L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé à l'aide du logiciel IBM SPSS Statistics, version 20, dans le but d'évaluer l'effet des régimes alimentaires expérimentaux sur les performances de croissance du tilapia rouge, mesurées en termes de taille moyenne, de poids moyen et de quantité d'aliment consommée.

Avant d'appliquer les tests comparatifs, il a été nécessaire de vérifier si les conditions préalables à leur validité étaient respectées. Ainsi, les étapes suivantes ont été suivies :

4.1 Vérification de la normalité des données

Afin d'évaluer si les variables suivaient une distribution normale, deux tests de normalité ont été appliqués :

- ✓ Le test de Kolmogorov-Smirnov,
- ✓ Le test de Shapiro-Wilk (particulièrement recommandé pour les petits échantillons, n < 50).

Ces tests ont été utilisés pour chaque variable étudiée (taille, poids, quantité d'aliment) dans les deux groupes alimentaires (BE et BF).

4.2 Vérification de l'homogénéité des variances

La condition d'égalité des variances a été vérifiée à l'aide du test de Levene. Ce test permet de s'assurer que les variances des deux groupes sont comparables pour chaque variable analysée, ce qui est une condition nécessaire à l'application du test t de Student.

4.3 Comparaison des moyennes entre groupes

Une fois les conditions de normalité et d'homogénéité des variances confirmées, la comparaison des moyennes entre les deux groupes de traitement (BE et BF) a été réalisée à l'aide du test t de Student pour échantillons indépendants. Ce test a permis de déterminer s'il existait des différences significatives entre les groupes en ce qui concerne les variables de croissance étudiées.

4.4Analyse des corrélations

Des analyses de corrélation ont été menées afin d'examiner l'existence de relations statistiques entre :

- ✓ La taille moyenne et le poids moyen,
- ✓ La taille moyenne et la quantité d'aliment,
- ✓ Le poids moyen et la quantité d'aliment.

Lorsque les distributions des variables respectaient la normalité, le coefficient de corrélation de Pearson a été utilisé. Dans le cas contraire, c'est le coefficient de corrélation de Spearman, plus robuste face aux distributions non normales, qui a été privilégié.

4.5 Régressions linéaires simples

Enfin, des modélisations par régression linéaire simple ont été réalisées pour étudier la relation entre :

- ✓ La quantité d'aliment distribuée (variable explicative) et le poids moyen (variable dépendante),
- ✓ La quantité d'aliment distribuée et la taille moyenne.

Ces modèles permettent de quantifier l'effet direct de l'apport alimentaire sur les performances de croissance, et d'évaluer la proportion de la variance expliquée par cette variable.

Les seuils de signification retenus pour l'interprétation des résultats ont été de $p < 0,05$ (significatif) et $p < 0,01$ (hautement significatif)

7.Calcul des paramètres zootechniques

Pour estimer la croissance des poissons au cours de l'expérimentation et caractériser l'efficacité alimentaire mise en essai, différents paramètres zootechniques et indices ont été calculés. Selon **(Diogo et al, 2018)** et **(Khwuanjai et Pornchai 1997; Kanangire 2001; Bamba et al. 2007).**

a) Le poids moyen initial (Pmi)

Pmi (g) = Biomasse initiale (g) / Nombre initial de poisson

b) Le poids moyen final (Pmf)

Pmf (g) = Biomasse finale (g) / Nombre final de poisson

c) Le Gain moyen quotidien

Le gain moyen quotidien (GMQ) ou taux de croissance journalier (TCJ) représente le gain moyen de poids quotidien obtenu durant la durée de l'élevage.

GMQ (g/j) = (Poids moyen final – Poids moyen initial) / Durée de l'expérimentation

d) Le Gain de poids (GP)

$$Gp(g) = Pf - Pi$$

Gp: gain de poids (g)

Pf: Poids corporel final (g)

Pi: Poids corporel initial (g)

e) Taux de survie (TS)

Ce taux a permis de connaître l'effet de la substitution sur la suivie des poissons.

TS en % = (Nombre d'individu en fin d'expérimentation / Nombre d'individu initial) x 100.

f) Le Taux de croissance spécifique (TCS)

Le TCS donne la vitesse instantanée de croissance des poissons. Il s'exprime par la formule suivante :

TCS en % / j = [Ln (Pmf (g) - Ln (Pmi (g)) x 100 / Durée d'expérimentation]

g) Le Taux de conversion alimentaire (TCA)

Ce coefficient permet d'évaluer l'efficacité des aliments utilisés pour la croissance des poissons.

TCA = Quantité d'aliment distribuée (g) / Gain de poids (g).

h) Le coefficient d'efficacité protéique (CEP)

Pour apprécier l'efficacité d'utilisation des protéines contenues dans l'aliment.

CEP = Gain de masse corporelle (g) / Protéines ingérées (g).



Chapitre IV: Résultats et Interprétations



1. Evolution par rapport aux Bassin

1.1. Evolution des paramètres physico-chimiques

Tableau n°18: Résultats des analyses physicochimiques de fourrage Ben chikao

Paramètre	**Fourrage BENCHKAO**	**Normes Tilapia rouge**
Température de l'eau °C	20	25–30
pH	7,5	6,5–8,5
Conductivité µS/cm	1184	500–2000
Salinité g/L	0,5	0–2
Nitrites mg/L	0,042	< 0,1
Nitrates mg/L	35,04	< 50
Potassium mg /L	16 ,08	5_20
Sodium mg/L	30	20 – 100
RS (mg/L)	72	/
MO (mg/L en O2)	1,6	/
Calcium (mg/L)	160, 32	/
Fer (mg/L)	0.017	/
Ammonium (mg /L)	**0.024**	/
Chlorures (mg/L)	159.04	/
Sulfates (mg/L)	**2.71**	/
TAC	232 ,5	/
Magnésium (mg/L)	36.45	/
Aluminium (mg /L)	0	/
Hydrogénocarbonate (mg /L)	283.65	/
NTV	1.70	/
TH	550	/

La qualité de l'eau évaluée présente globalement des conditions favorables à l'élevage du tilapia rouge. Les paramètres physico-chimiques mesurés indiquent un environnement aquatique stable, où la plupart des facteurs essentiels et substances azotées restent dans des plages compatibles avec le bon développement des poissons, Cependant, certains paramètres peuvent s'écarter des conditions idéales recommandées pour cette espèce.

La qualité de l'eau, dans l'ensemble, assure un cadre adéquat pour la santé et la croissance du tilapia rouge, à condition que les facteurs limitants soient surveillés et corrigés pour garantir des conditions optimales d'élevage.

Cependant, nous nous concentrons sur les paramètres principaux suivants :

a) **La température de l'eau :**

Selon le tableau n° 18 la température mesurée dans l'eau d'élevage d'Oreochromis sp est 20°C et la température de croissance du tilapia rouge entre 25 à 30 C° alors la valeur mesurée inférieure à la température optimale de la croissance.

Selon les études la température optimale de la croissance du tilapia rouge est située entre 27 à 30 C°, avec une performance acceptable entre 24 et 32 C° **(EI-Sayeb, 2006 ; FAO, 2024)**

En dessous de 19 à 20 C° Le métabolisme ralentit, la prise alimentaire diminue et la croissance devient très faible voire nulle à 20 C° comme dans le cas de l'échantillon.

b) Le pH

Le pH est parmi les paramètres physico-chimiques les plus importants en milieu aquatique. La croissance des poissons d'eau douce est meilleure en eau neutre ou alcaline qu'en eau acide **(Brusler et al., 2004).**

D'après le tableau 4 n°1 Le pH mesuré de 7,5 dans l'eau de Fourrage BENCHKAO d'élevage *d'Oreochromis sp* bien dans la plage optimale recommandée pour le tilapia rouge, qui est généralement comprise entre 6,5 et 8,5 **(Boyd, 1990; El-Sayed, 2006; FAO, 2006).** À ce niveau de pH, l'eau est considérée comme neutre à légèrement alcaline, ce qui favorise une bonne croissance et un métabolisme efficace chez le poisson. De plus, cette valeur limite la toxicité de l'ammoniac libre (NH_3), qui augmente significativement à des pH supérieurs à 8,5, pouvant entraîner un stress physiologique **(Rakocy et al., 2006).** Par conséquent, un pH de 7,5 est idéal pour maintenir la santé et la productivité du tilapia rouge. Le pH de l'eau est adéquat pour une croissance saine du tilapia rouge

c)La conductivité électrique

La conductivité électrique mesurée à 1184 µS/cm dans l'eau de Fourrage BENCHKAO d'élevage d'Oreochromis sp se trouve dans la plage optimale recommandée pour l'élevage du tilapia rouge, comprise entre 500 et 2000 µS/cm **(Boyd, 1990; El-Sayed, 2006).**

Cette conductivité indique une concentration équilibrée d'ions essentiels tels que le sodium, le potassium et le calcium, qui jouent un rôle clé dans la régulation osmotique et les fonctions métaboliques du poisson. Un niveau adéquat de conductivité favorise un environnement stable où le tilapia peut maintenir une bonne homéostasie, ce qui est crucial pour optimiser sa croissance.

En effet, une conductivité appropriée améliore l'efficacité des processus physiologiques, réduisant le stress osmotique qui peut autrement ralentir la croissance et affecter la santé générale du poisson **(Bhatnagar & Devi, 2013).**

Par conséquent, la conductivité mesurée dans ce cas soutient des conditions aquatiques favorables à une croissance rapide et saine du tilapia rouge

d) La salinité

Selon le tableau la salinité mesurée à 0,5 g/L dans l'eau de Fourrage BENCHKAO d'élevage d'Oreochromis sp se situe dans la plage optimale pour l'élevage du tilapia rouge, généralement comprise entre 0 et 2 g/L **(El-Sayed, 2006 ; Boyd, 1990**).

Le tilapia rouge est une espèce tolérante à une faible salinité, et cette concentration modérée en sels dissous assure un environnement favorable à son métabolisme et à sa croissance. Une salinité trop élevée peut engendrer un stress osmotique, perturbant l'équilibre hydrique et ionique du poisson, tandis qu'une salinité trop faible peut entraîner des carences minérales **(Bhatnagar & Devi, 2013).** Ainsi, la valeur de 0,5 g/L garantit une stabilité osmotique propice au bien-être et à la bonne croissance du tilapia rouge.

1.2 Evolution de l'aliment distribué

a) La Quantité d'aliment distribué

Selon la figure n°28 on constate que la quantité d'aliment distribué était à peu près la même, variant légèrement entre les deux bassins BE et BF respectivement de 32,47±21,37g et 32,22±21,67g.

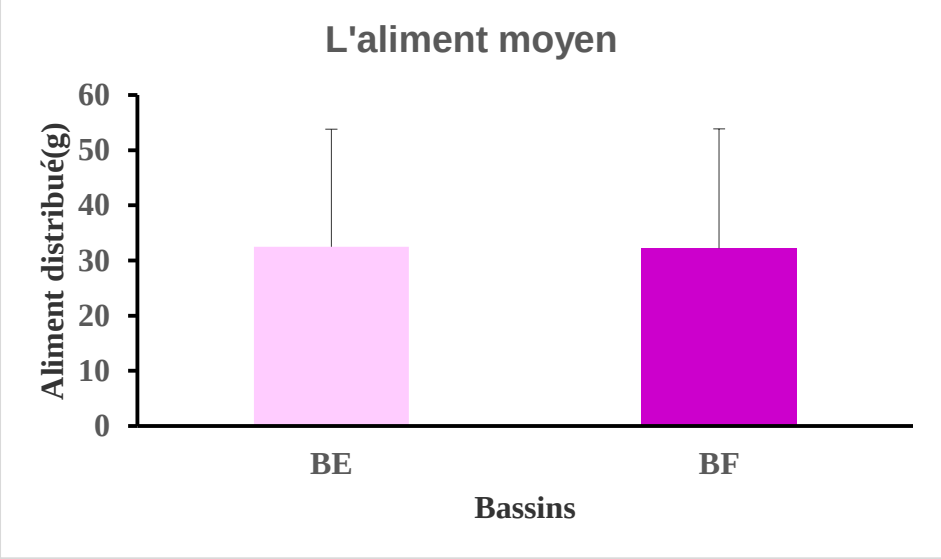


Figure n°28 : Evolution de la quantité moyenne d'aliment distribué pour les poissonsau niveau des deux bassins de l'expérimentation (déc2024_mai2025).

1.2.1 Résultats des paramètres de qualité de l'aliment distribué

Après avoir effectué des analyses pour déterminer les composants chimiques des deux aliments, ces derniers ont porté sur le dosage des Protéine totaux ainsi que les lipides totaux et la teneur en Glucides en plus de la teneur en certains minéraux comme le calcium le phosphore et le magnésium. Les résultats suivants ont été obtenus :

- **Les protéines totales**

La figure n°29 montre une différence importante dans la teneur en protéines entre les deux aliments testés 9,63 % pour le lot BF contre 42 % pour le lot BE. Cette variation est cruciale pour le tilapia rouge en phase pré-engraissement, car une teneur en protéines élevée (entre 30 et 40 %) est nécessaire pour une croissance optimale **(El-Sayed, 2006).** L'aliment du lot BE, avec 42 % de protéines, est donc mieux adapté à cette étape que celui du lot BF, dont la teneur insuffisante pourrait freiner la croissance et affecter la santé des poissons **(Gatlin et al., 2007)**

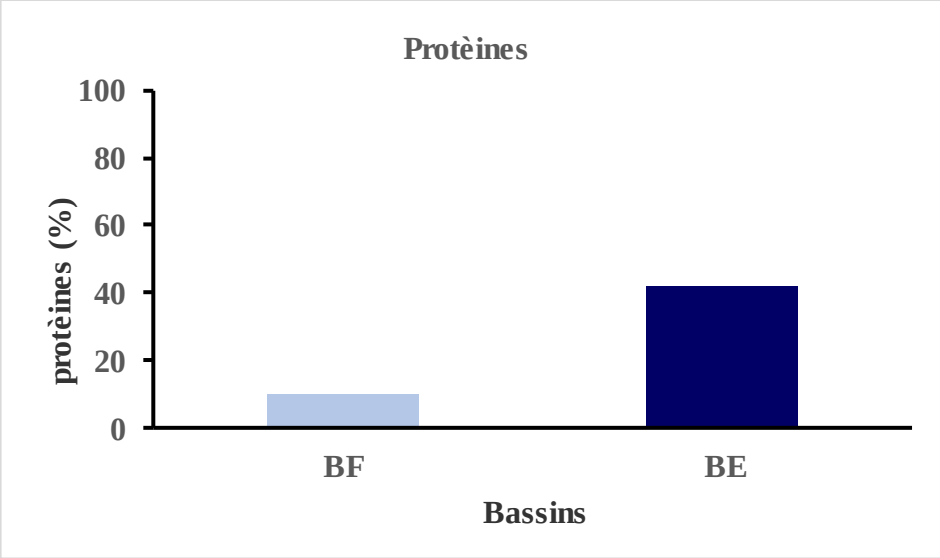


Figure n°29 : Résultats du dosage des protéines totaux dans les deux aliments (déc2024_mai2025)

- **Les lipides totaux**

Selon la figure n°30, les teneurs en lipides totaux diffèrent significativement entre les deux aliments testés : 1,93 % pour BF et 12,88 % pour BE. Ces écarts sont dus à des formulations différentes, notamment en sources lipidiques. Pour le tilapia rouge un apport lipidique compris entre 6 % et 8 % est recommandé pour assurer une croissance optimale et une bonne santé **(El-Sayed, 2006 ; FAO, 2016**). BF présente un taux trop bas, risquant un déficit énergétique, tandis que BE dépasse largement la norme, pouvant entraîner une accumulation excessive de graisses et des problèmes de santé

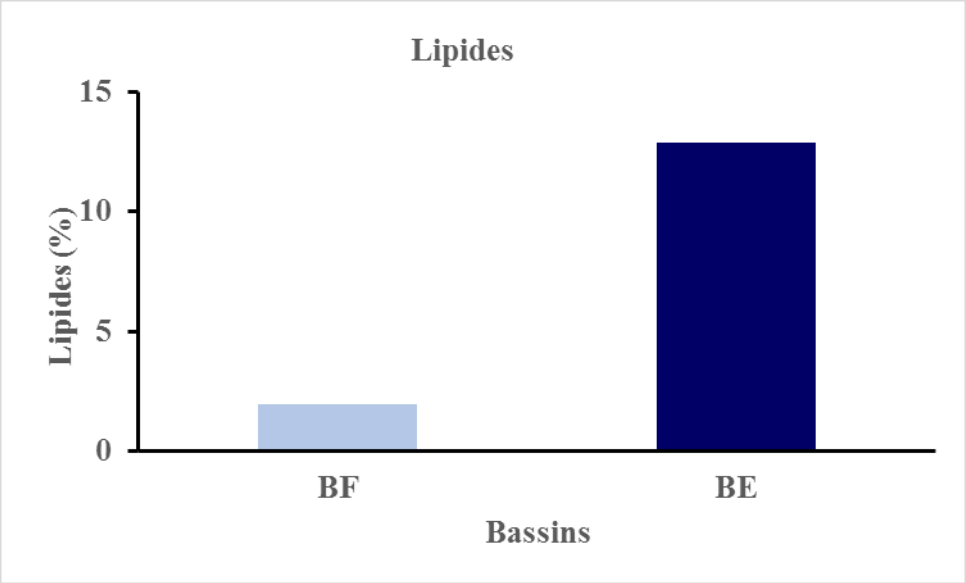


Figure n°30 : Résultats du dosage des lipides totaux dans les deux aliments (**déc2024_mai2025)**

- **Les glucides**

L'analyse de la figure n°31, qui présente les résultats relatifs à la teneur en glucides des deux types d'aliments utilisés au cours de la période expérimentale (déc2024_mai2025), révèle une différence significative entre les deux formulations. En effet, l'aliment destiné au lot **BF** affiche une teneur élevée en glucides, atteignant **50,73 %**, tandis que l'aliment destiné au lot **BE** présente une teneur nettement inférieure, de l'ordre de **23,05 %**.

Cette variation dans la répartition des glucides pourrait avoir un impact direct sur les performances zootechniques du tilapia rouge en phase de pré-engraissement, notamment en influençant son métabolisme énergétique et son rythme de croissance

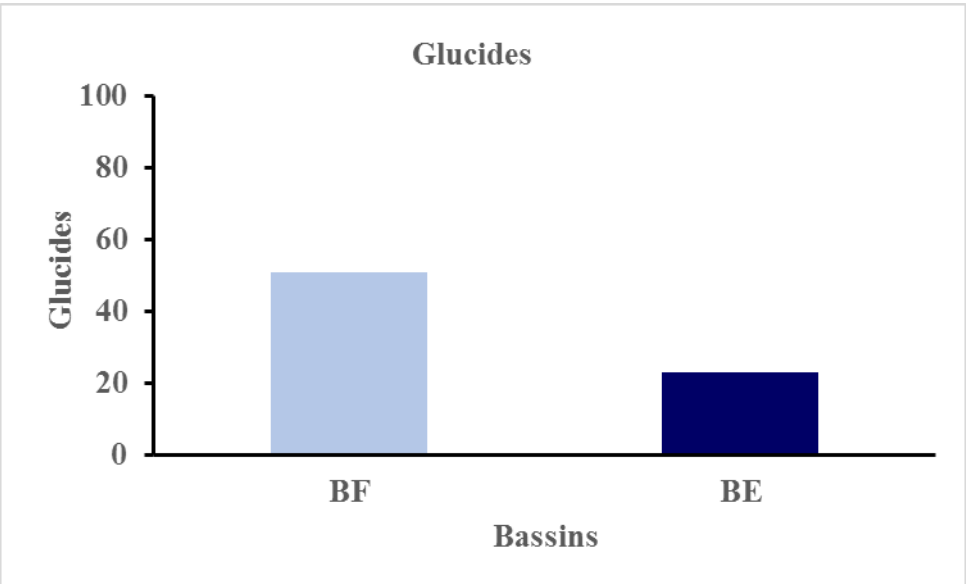


Figure n°31 : Résultats de la teneur en glucides dans les deux aliments**(déc2024_mai2025)**

- **Le calcium**

La figure n°32 montre que le calcium est plus élevé dans le lot BE (475 mg/100 g) que dans le lot BF (319 mg/100 g). Ce minéral est essentiel à la formation osseuse du tilapia rouge en phase pré-engraissement **(NRC, 2011).** Toutefois, son efficacité dépend du bon équilibre avec le phosphore. Un excès sans équilibre peut nuire à l'absorption et au métabolisme **(Santiago et al, 1982 ; Lall, 2002 ; El-Sayed, 2006).**

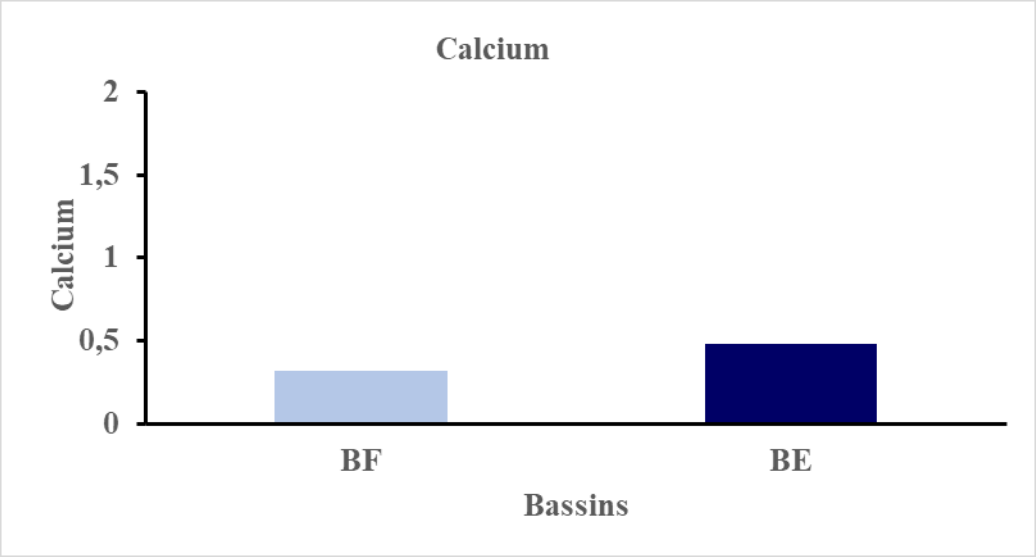


Figure n°32 : Résultats de la teneur en calcium dans les deux aliments **(déc2024_mai2025)**

- **Le magnésium**

La figure n°33 révèle que le lot BE contient plus de magnésium (1023 mg/100 g) que le lot BF (720 mg/100 g). Le magnésium est essentiel pour la croissance et le métabolisme du tilapia rouge en phase pré-engraissement **(Lall, 2002 ; NRC, 2011).** Cette teneur plus élevée dans le lot BE peut favoriser de meilleures performances, à condition que l'équilibre minéral soit respecté **(El-Sayed, 2006)**

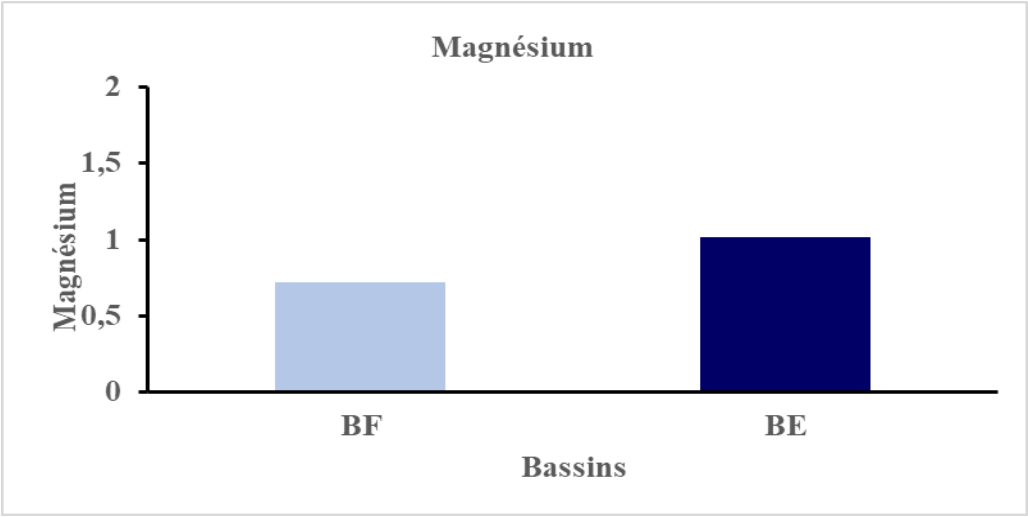


Figure n°33 : Résultats de la teneur en magnésium les deux aliments **(déc2024_mai2025)**

- **Le phosphore**

La figure n°34 montre que le lot BE contient légèrement plus de phosphore (258 mg/100 g) que le lot BF (225 mg/100 g). Le phosphore est crucial pour la croissance osseuse et le métabolisme du tilapia rouge en phase pré-engraissement **(NRC, 2011 ; Lall, 2002).** Un bon équilibre avec le calcium est nécessaire pour optimiser l'absorption et l'efficacité des minéraux **(Santiago et al, 1982 ; El-Sayed, 2006**).

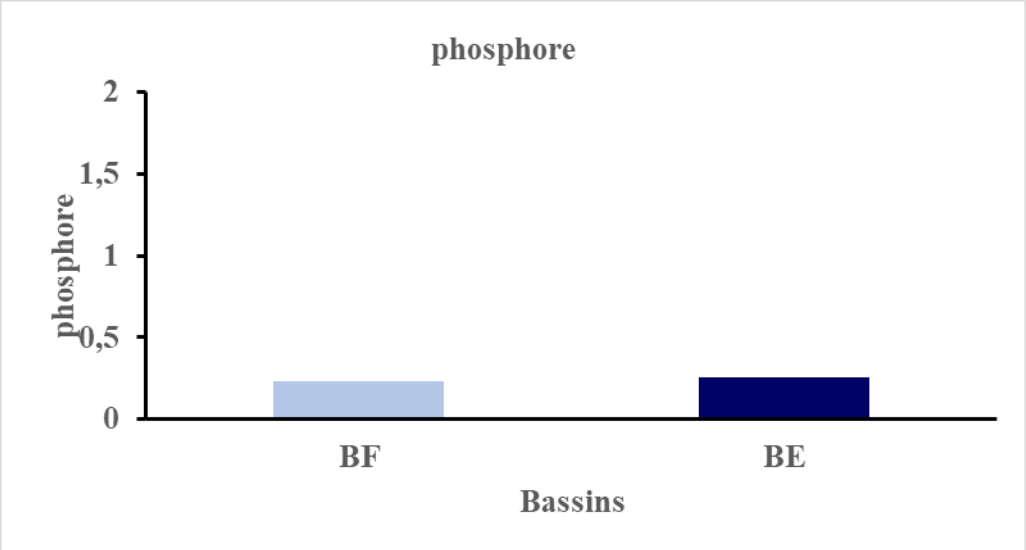


Figure n°34 : Résultats de la teneur en phosphore dans les deux aliments**(déc2024_mai2025)**

1.2.2 Résultats des paramètres de qualité de la chair du tilapia rouge

Après avoir effectué des analyses pour déterminer les composants chimiques des deux types de chair de tilapia, celles-ci ont porté sur les paramètres suivants : la teneur en eau, la teneur en matière sèche, le dosage des protéines totales, des lipides totaux, ainsi que la teneur en cendres totales. De plus, la concentration de certains minéraux tels que le calcium, le fer et le zinc a également été évaluée. Les résultats suivants ont été obtenus :

- **La teneur en eau**

Les résultats présentés dans la figure n°35 montrent une légère différence dans la teneur en eau de la chair du tilapia rouge entre les deux bassins d'élevage. En effet, la teneur en eau dans la chair des poissons provenant du **(BF)** est d'environ **4,68 %**, tandis que celle des poissons du **(BE)** est légèrement inférieure, à **4,21 %**. Cette faible différence peut s'expliquer par des variations fines au niveau de la microstructure musculaire, telles que des différences dans la densité des fibres musculaires et la composition en protéines, qui influencent la capacité des tissus à retenir l'eau **(FAO, 2016**). En général, une teneur en eau plus élevée est associée à une structure musculaire moins dense et à une moindre concentration en protéines myofibrillaires, ce qui semble être le cas pour les échantillons BF

(Rasmussen & Morrissey, 2007). De plus, la gestion de l'eau dans les bassins peut également jouer un rôle dans la physiologie des poissons ; dans cette étude, les conditions étaient similaires, ce qui explique les différences minimes observées dans la teneur en eau **(Zhou et al, 2020).** Ces variations sont importantes car elles affectent directement la texture de la chair ainsi que sa qualité lors de la conservation et de la transformation **(Krzynowek & Murphy, 1987**).

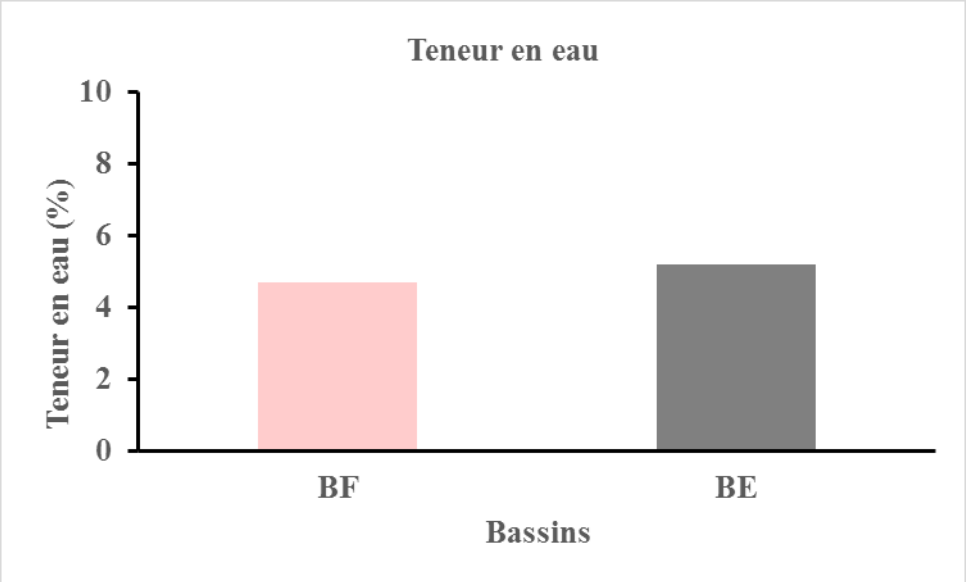


Figure n° 35: Résultats de la teneur en eau **(déc2024_mai2025)**

- **La teneur en matière sèche**

Selon les résultats de la figure n° 36, la teneur en matière sèche dans la chair du tilapia rouge varie en fonction du type de bassin d'élevage. Dans (BF), la matière sèche atteint 95,32 %, ce qui signifie une teneur en eau relativement faible. À l'inverse, dans (BE), la matière sèche est plus faible, avec une valeur de 96,79 % d'eau, ce qui indique une teneur en matière sèche d'environ 3,21 %. Cette différence suggère que les conditions d'élevage, telles que la densité de population, la qualité de l'alimentation ou les paramètres physico-chimiques de l'eau, pourraient influencer la composition corporelle du poisson. En effet, une teneur plus élevée en matière sèche est souvent associée à une meilleure qualité nutritionnelle et une texture plus ferme de la chair **(Fagbenro et Jauncey, 1995 ; Hepher, 1988**). Ces résultats sont conformes aux observations de plusieurs auteurs qui ont montré que l'environnement d'élevage peut moduler les caractéristiques biochimiques des poissons, notamment la répartition entre matière sèche et eau **(Ali et al, 2005)**

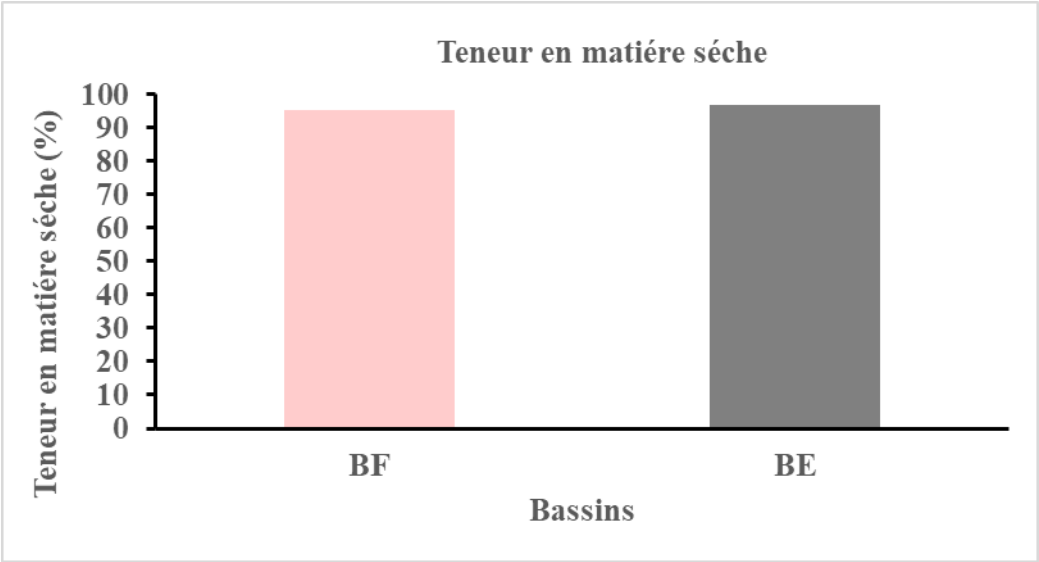


Figure n°36 : Résultats de la teneur en matière sèche **(déc2024_mai2025)**

- **Les Protéines totaux**

Les résultats de la figure n°37 concernant la teneur en protéines totales dans la chair du tilapia rouge montrent une légère différence entre les deux bassins. Dans le bassin de la ferme (BF), la teneur en protéines est de 64,32 %, tandis qu'elle atteint 65,15 % dans le bassin expérimental (BE). Bien que cet écart soit modeste, il peut s'expliquer par la différence de nature des aliments utilisés dans chaque système d'élevage. En effet, la composition nutritionnelle de l'aliment, notamment sa richesse en protéines, joue un rôle déterminant dans l'accumulation des protéines dans les tissus musculaires du poisson. Plusieurs études ont montré que la qualité des régimes alimentaires influence directement la croissance et la composition corporelle des poissons **(Lovell, 1989 ; El-Sayed, 2006).** Ainsi, la teneur légèrement plus élevée en protéines dans le BE pourrait être le reflet d'un aliment plus riche ou mieux équilibré, ce qui améliore la qualité nutritionnelle de la chair **(FAO, 2018 ; Santiago & Lovell, 1988).**

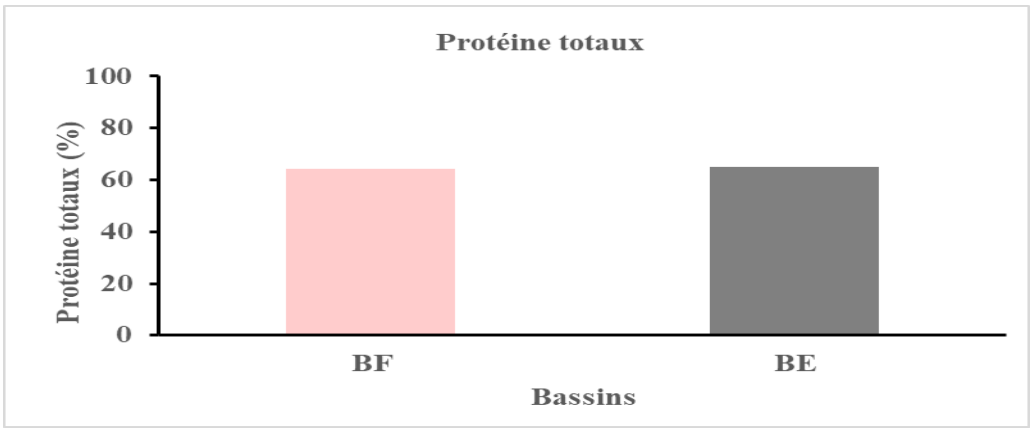


Figure n°37 : Résultats de la teneur en les Protéines totaux **(déc2024_mai2025)**

- **Les lipides totaux**

Les résultats présentés dans la figure n°38 concernant la teneur en lipides totaux dans la chair du tilapia rouge montrent une très faible différence entre les deux bassins. La chair des poissons issus du bassin de la ferme (BF) contient 6,498 % de lipides, contre 6,483 % dans celle du bassin expérimental (BE). Étant donné que les deux groupes ont été élevés dans des conditions environnementales identiques (température de l'eau, densité d'élevage, qualité de l'eau...), cette légère variation ne peut pas être attribuée aux facteurs environnementaux. Elle est donc probablement liée à la composition différente des aliments administrés. En effet, la proportion de lipides dans l'aliment influence directement la teneur en graisses dans la chair des poissons **(Weatherup & McCracken, 1999).** Ce faible écart indique également une capacité d'adaptation métabolique du tilapia rouge, qui parvient à réguler le dépôt de lipides dans sa chair, malgré des différences dans la formulation alimentaire, ce qui reflète une bonne efficacité physiologique dans un contexte d'élevage standardisé.

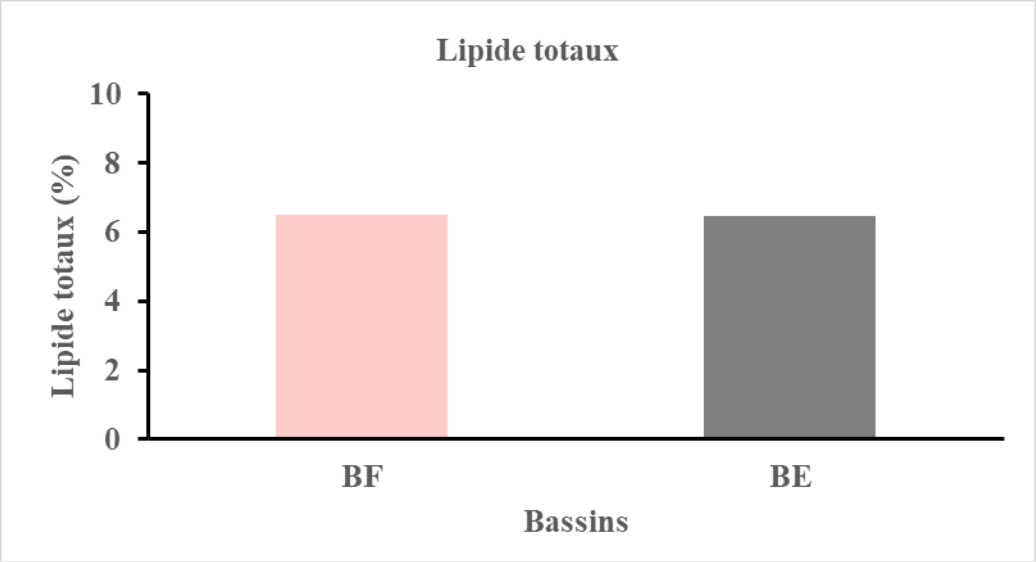


Figure n°38 : Résultats de la teneur les lipides totaux **(déc2024_mai2025)**

- **Cendre totales**

Selon les résultats présentés dans la figure n°39 concernant la teneur en cendres totales dans la chair du tilapia rouge, on observe une très légère différence entre les deux types de bassins. La teneur en cendres dans la chair des poissons du (BF) est de 6,498 %, tandis qu'elle atteint 6,483 % dans celle du (BE). Cette variation minime, dans un contexte où les conditions d'élevage sont identiques (qualité de l'eau, température, densité), laisse penser que ce léger écart est probablement dû à la composition différente des aliments distribués. La teneur en cendres reflète la fraction minérale des tissus (calcium, phosphore, potassium, magnésium...), qui est étroitement liée à la qualité du régime alimentaire et à la biodisponibilité des minéraux

dans l'aliment **(Furukawa & Tsukahara, 1966 ; Satia, 1974).** Plusieurs études ont démontré que les teneurs en minéraux dans les tissus peuvent légèrement fluctuer selon le type d'aliment sans provoquer de différences significatives si les apports sont globalement équilibrés **(Viola et al, 1981 ; Tacon, 1990).** Ainsi, la stabilité observée dans la teneur en cendres suggère une assimilation minérale efficace et homogène chez le tilapia rouge, indépendamment de la formulation aliment utilisé.

- **Le Calcium**

Les résultats présentés dans la figure n°40 montrent une légère différence dans la teneur en calcium de la chair du tilapia rouge entre les deux bassins étudiés. La concentration en calcium est de 23,01 mg/100 g dans le bassin de la ferme (BF), contre 24,35 mg/100 g dans le bassin expérimental (BE). Ce faible écart peut être attribué à des différences dans la composition ou la qualité des aliments distribués, étant donné que les conditions environnementales (température, oxygène, pH, etc.) étaient similaires dans les deux systèmes d'élevage.Le calcium est un élément minéral essentiel chez les poissons, impliqué dans la formation du squelette, la contraction musculaire et la transmission de l'influx nerveux, et il peut être absorbé aussi bien par voie alimentaire que directement à partir de l'eau (Flik et al., 1995). La biodisponibilité du calcium dans les aliments constitue un facteur clé dans sa rétention dans les tissus **(Knudsen et al, 2009)**. Certaines études ont en effet montré qu'un apport alimentaire riche en calcium bien assimilable peut entraîner une concentration plus élevée dans la chair **(Hossain & Jauncey, 1989).** Ainsi, la teneur légèrement plus élevée observée dans le bassin expérimental suggère une meilleure assimilation ou disponibilité du calcium dans l'aliment utilisé dans ce système.

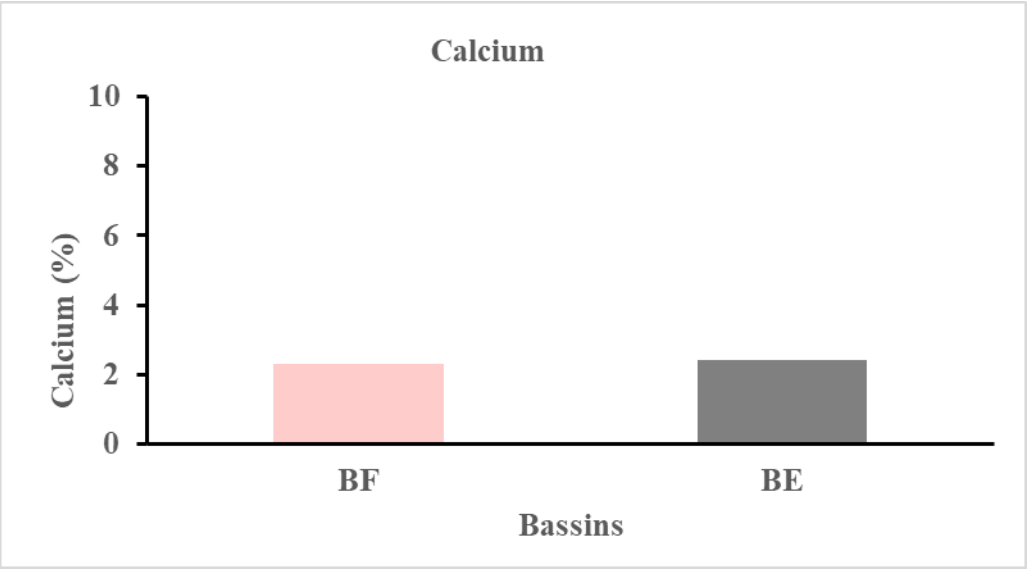


Figure n°40 : Résultats de La teneur en Calcium **(déc2024_mai2025)**

- **Tenneur le fer**

Selon les résultats présentés dans la figure n°41, la teneur en fer dans la chair du tilapia rouge varie légèrement entre les deux bassins étudiés. Dans le bassin de la ferme (BF), elle est de 0,819 mg/100 g**,** tandis qu'elle atteint 0,903 mg/100 **g** dans le bassin expérimental (BE). Bien que cette différence soit modeste, elle pourrait être attribuée à une variation dans la qualité ou la composition minérale de l'aliment distribué, les conditions environnementales étant similaires dans les deux cas. Le fer est un oligo-élément essentiel, impliqué notamment dans le transport de l'oxygène via l'hémoglobine, ainsi que dans de nombreuses réactions enzymatiques liées au métabolisme énergétique **(Lall, 2002).** La biodisponibilité et l'absorption du fer dépendent en grande partie de sa forme chimique dans l'alimentation ainsi que de la physiologie digestive de l'espèce **(Hardy, 2010).** Il a également été démontré que l'enrichissement du régime alimentaire en fer permet d'augmenter sa concentration dans les tissus musculaires, ce qui contribue à améliorer la valeur nutritionnelle du poisson **(Bureau & Hua, 2010)**. Ainsi, la teneur plus élevée en fer observée dans le bassin expérimental (BE) pourrait refléter une meilleure assimilation ou disponibilité du fer dans le régime alimentaire utilisé **(Gatlin et al., 2007).**

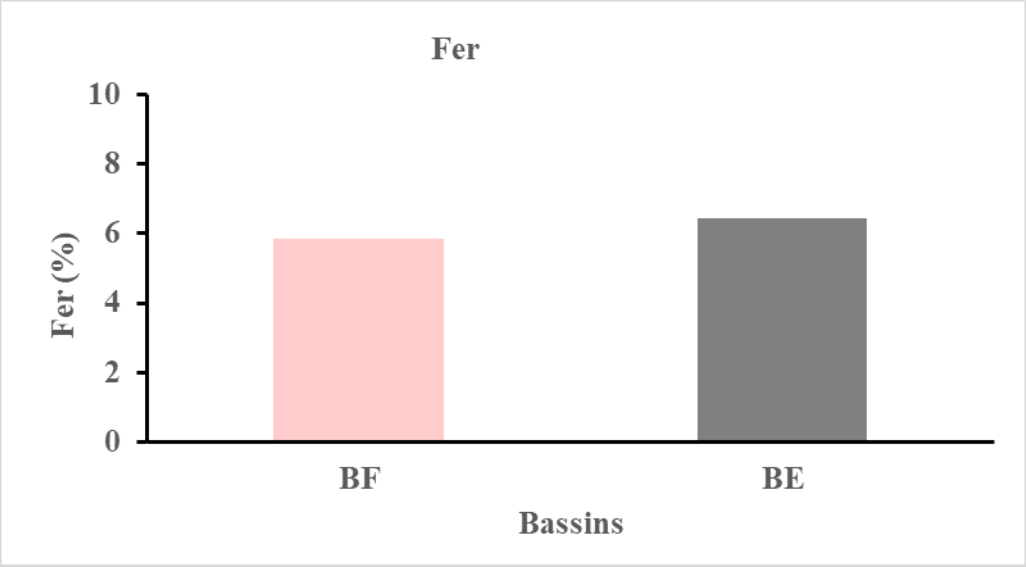


Figure n°41 : Résultats de la teneur en le fer **(déc2024_mai2025)**

- **Le zinc**

Les résultats présentés dans la figure n°42 indiquent une légère différence de la teneur en zinc dans la chair du tilapia rouge entre les deux bassins étudiés. La concentration mesurée dans le bassin de la ferme (BF) est de 1,331 mg/100 g, tandis qu'elle atteint 1,381 mg/100 g dans le bassin expérimental (BE). Bien que cet écart soit modeste, il pourrait être lié à la nature différente des aliments fournis, puisque les conditions environnementales (température,

qualité de l'eau, densité de peuplement, etc.) étaient équivalentes dans les deux systèmes.Le zinc est un micronutriment essentiel chez les poissons, jouant un rôle central dans de nombreuses fonctions biologiques telles que la croissance, la réparation des tissus, l'immunité et l'activation enzymatique **(Lall & Lewis-McCrea, 2007).** Sa rétention dans les tissus musculaires dépend non seulement de l'apport global, mais également de sa forme chimique, qui influence sa biodisponibilité **(Dabrowska et al, 2006).** En effet, il a été démontré que les sources organiques de zinc, comme les chélates, sont plus facilement absorbées que les formes inorganiques, ce qui pourrait expliquer la concentration légèrement plus élevée observée dans le BE **(Zhao et al, 2011).**

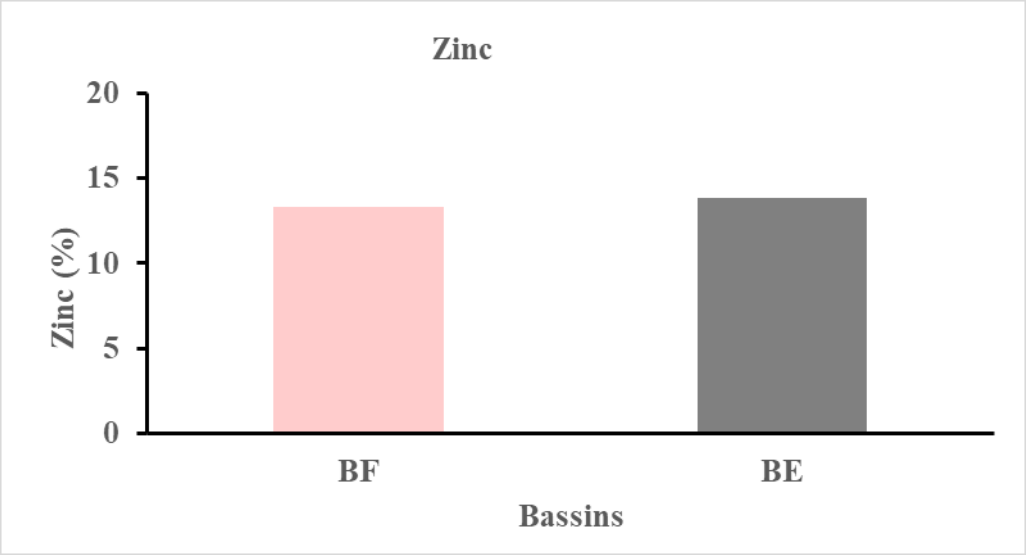


Figure n°42 : Résultats de la teneur en Le zinc **(déc2024_mai2025)**

1.3 Evolution des paramètres zootechniques dans les bassins d'élevage de Tilapia

- **La taille moyenne**

D'après la figure n°43 illustrant les tailles moyennes des Tilapias rouges étudiés on remarque que les tailles moyennes au niveau du bassin BE sont de l'ordre de 7,67±1,87cm alors que les tailles moyennes du bassin BF sont de l'ordre de 7,59±1,97cm sachant que les tailles moyennes initiales des deux bassins étaient de 4,87cm et 4,19cm respectivement pour le bassin BE et le bassin BF.

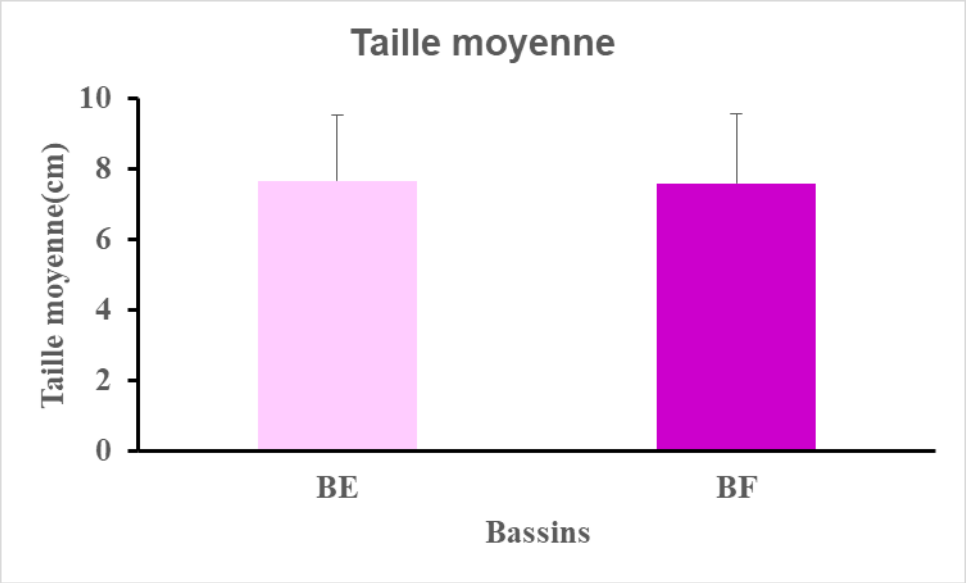


Figure n°43 : Evolution de la taille moyenne des poissons.au niveau des deux bassins de l'expérimentation **(déc2024_mai2025)**

- **Le poids total**

D'après la figure n°44 comparant le poids total moyen des poissons des deux bassins de Tilapia rouge on note que le poids total moyen du premier bassin BE est de 270,81±178,10g celui-ci est supérieur à celui du deuxième bassin F qui est de 268,52 ±180,61g sachant que le poids total initial était de 49,75g et 41,27g respectivement pour BE et BF.

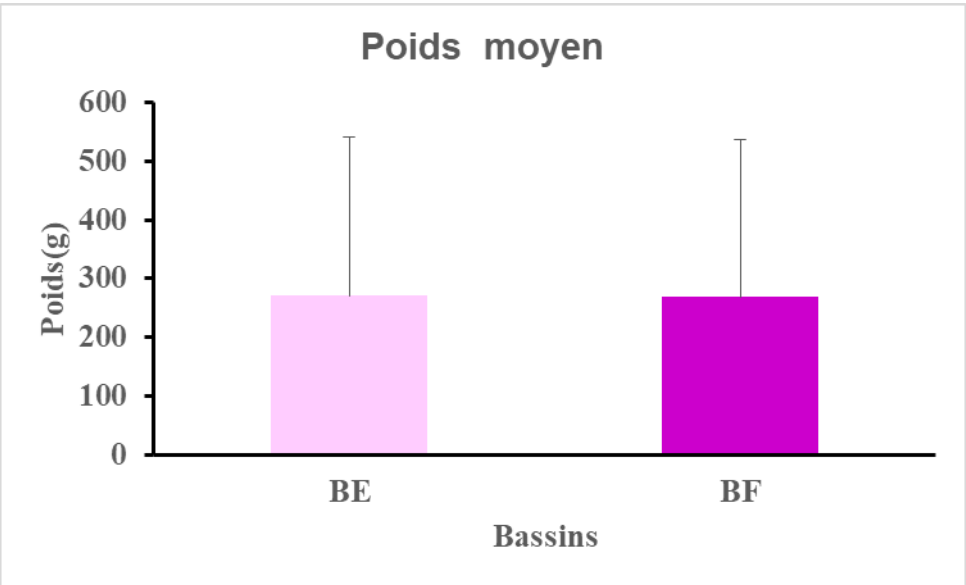


Figure n°44 : Evolution de poids total moyen des poissonsau niveau des deux bassins de l'expérimentation **(déc2024_mai2025).**

- **Taux de survie**

Selon la figure n°45 on note que la moyenne de survie pour le bassin E était de 29,44±0,89 individu par ailleurs 29,56±1,09 a été enregistré dans le deuxième bassin F.

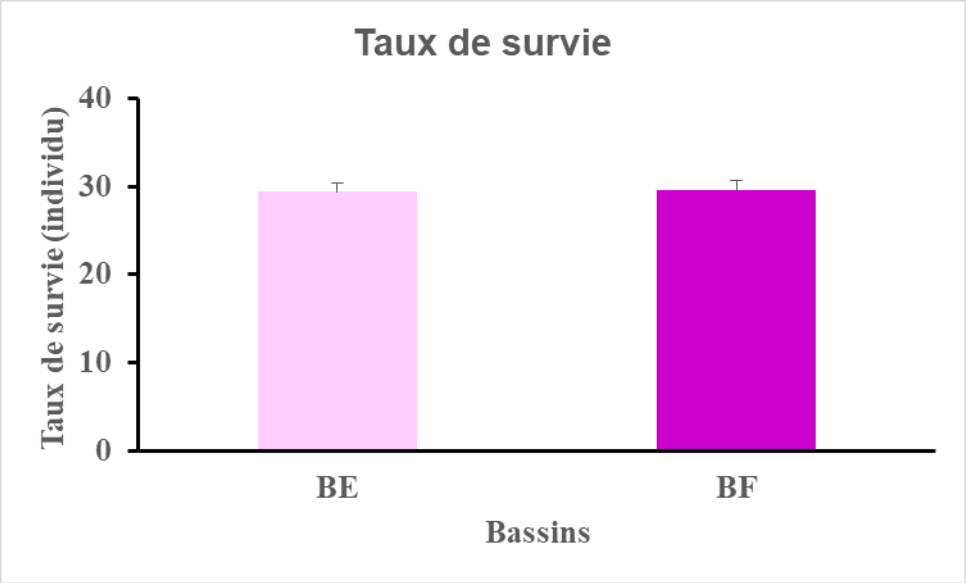


Figure n° 45 : Evolution de la moyenne de survie au niveau des deux bassins de l'expérimentation **(déc2024_mai2025)**

- **La mortalité**

D'après la figure n°46 il s'avère que la moyenne de la mortalité pour le bassin E était de 0,56±0,89 individu tandis que pour le bassin F était de 0,44±1,09individu. Ces résultats sont probablement dus aux mauvaises manipulations du poisson

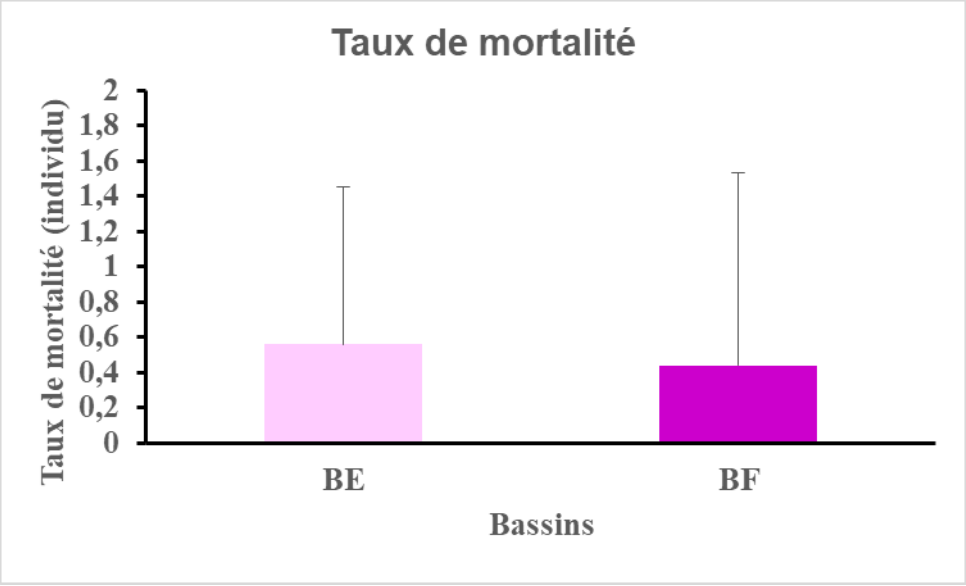


Figure n° 46 : Evolution de moyenne de mortalité (au niveaudes deux bassins de l'expérimentation (**déc2024_mai2025)**

2. Les analyses statistique

Des analyses statistiques ont été réalisées dans le but d'évaluer l'impact de deux types d'aliments BE (aliment formulé expérimentalement) et BF (aliment industriel) sur les performances de croissance du tilapia rouge. Ces performances ont été mesurées à travers

trois paramètres : la taille, le poids, et la quantité d'aliment consommée, dans les conditions d'élevage de la ferme aquacole de Titteri (Médéa).

La vérification des prérequis pour l'application du test t de Student a confirmé que les données étaient distribuées normalement (tests de Kolmogorov-Smirnov et de Shapiro-Wilk, $p > 0,05$) et que l'homogénéité des variances entre les groupes était respectée (test de Levene, $p > 0,05$).

Les résultats obtenus via le test t pour échantillons indépendants n'ont montré aucune différence statistiquement significative entre les deux groupes, avec des valeurs de p s'élevant à 0,910 pour la taille, 0,971 pour le poids, et 0,974 pour la consommation d'aliment.

Ces résultats suggèrent que les deux régimes alimentaires testés n'ont pas eu d'effet significatif sur les paramètres de croissance du tilapia rouge. Par conséquent, l'aliment expérimental (BE) peut être considéré comme une alternative valable à l'aliment industriel (BF) en termes d'efficacité zootechnique.

3. Evolution temporelle

3.1 Evolution temporelle de quantité d'aliment distribué

- **La quantité d'aliment distribué**

Selon la figure n° 47 on constate que la quantité d'aliment distribué augmente pour les deux bassins en fonction du temps. Les plus faibles quantités d'aliment distribué au niveau des deux lots sont enregistrées au début de cette étude respectivement pour BE et BF (5,97 et 4,95g) alors que les quantités d'aliment distribué les plus élevés sont notés à la fin de cette étude (80,76 et 67,08g)

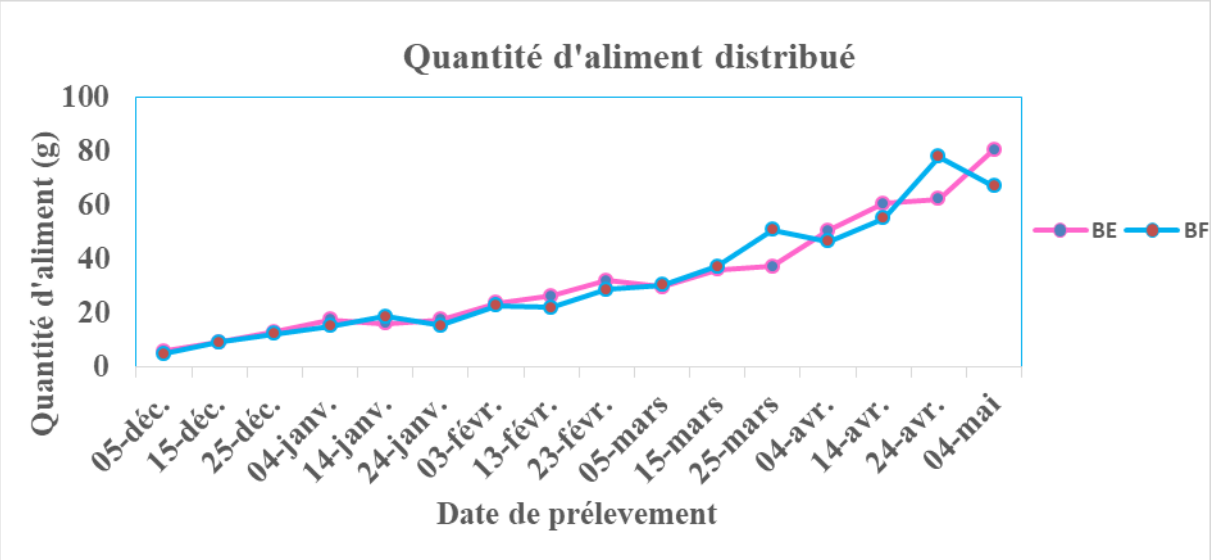


Figure n°47 : Évolution d'aliment distribué au niveauDes deux bassins de l'expérimentation **(déc2024_mai2025)**

3.2 Evolution temporelle des paramètres zootechniques

a) Taille moyenne

La figure n°48 affiche l'évolution de la taille moyenne des poissons. D'après ces résultats il s'avère que les poissons des deux bassins BE et BF ont enregistrées des tailles croissantes et

presque similaires enfin d'expérimentation (11,29 et 10,5cm) respectivement, sachant qu'elles étaient au début de l'étude respectivement de 4,87 et 4,19cm.

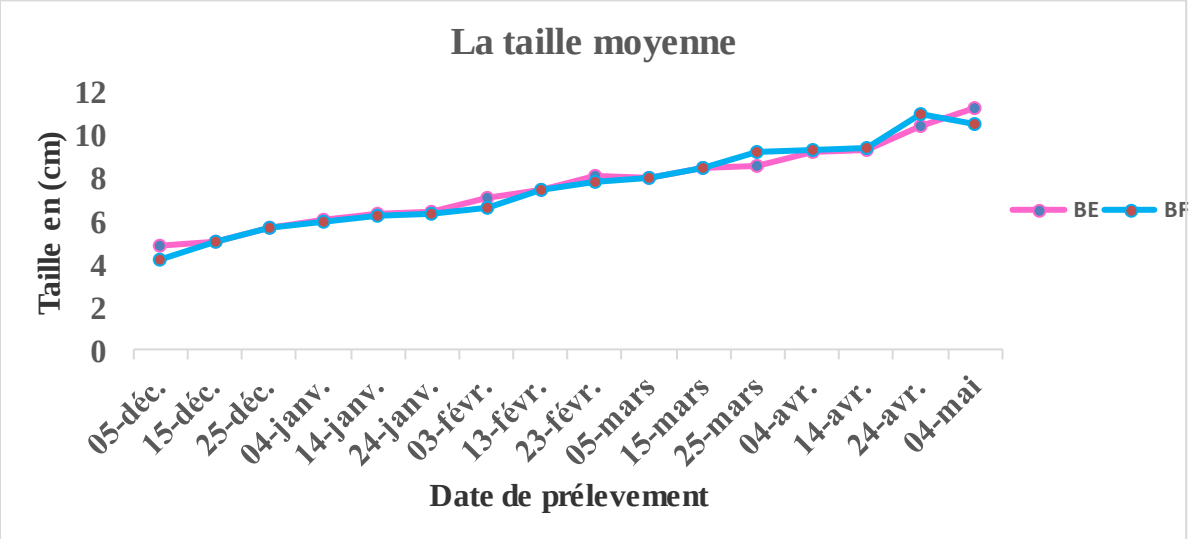


Figure n° 48 : Évolution de taille des poissons au niveau des deux bassins de l'expérimentation **(déc2024_mai2025).**

b) Poids total

La figure n° 49 représentant l'évolution des poids totaux de Tilapia rouge sur une période de 05 mois celle-ci montre une amélioration remarquable du poids total de chaque population de poissons selon le temps. Au fait, le poids total (30 alevins) était au début de cette étude de 49 ,75g et 41,27g respectivement pour BE et BF, celui-ci atteint un poids final de 673,02 g et 559,05g respectivement.

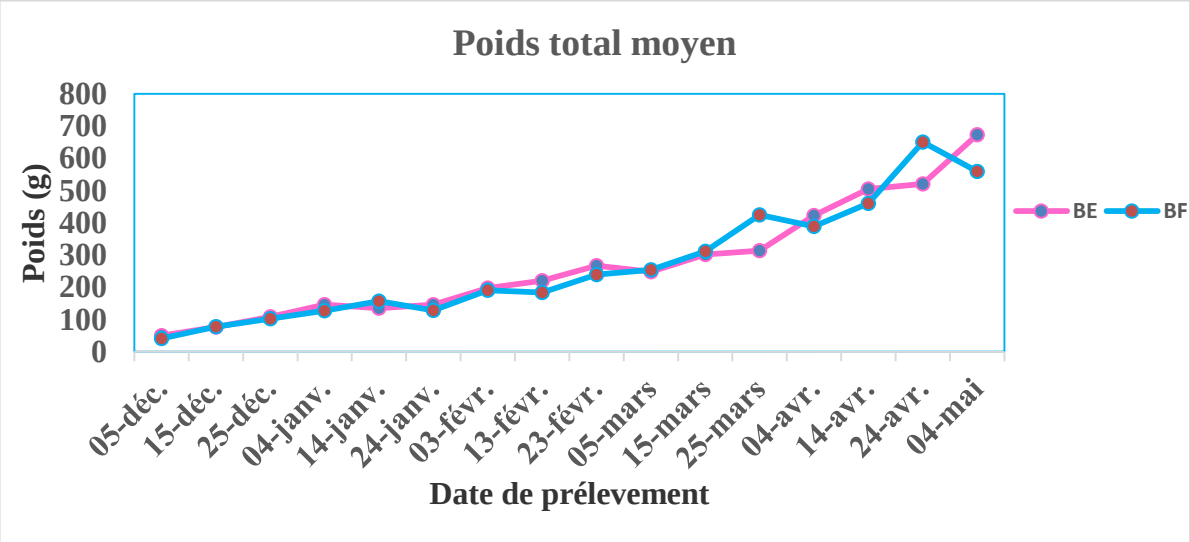


Figure n°49: Évolution des valeurs de poids totaux des poissons au niveau des deux bassins de l'expérimentation (déc2024_mai2025)

c)Taux de Survie

Au regard de la figure n°50on remarque que le taux de survie enregistré pour le BE est de 98% où le nombre total de mortalité est de 2% durant toute la durée d'expérimentation, alors que le taux de survie est de 99% pour BF avec 1% de mortalité sont enregistrés pour ce bassin.

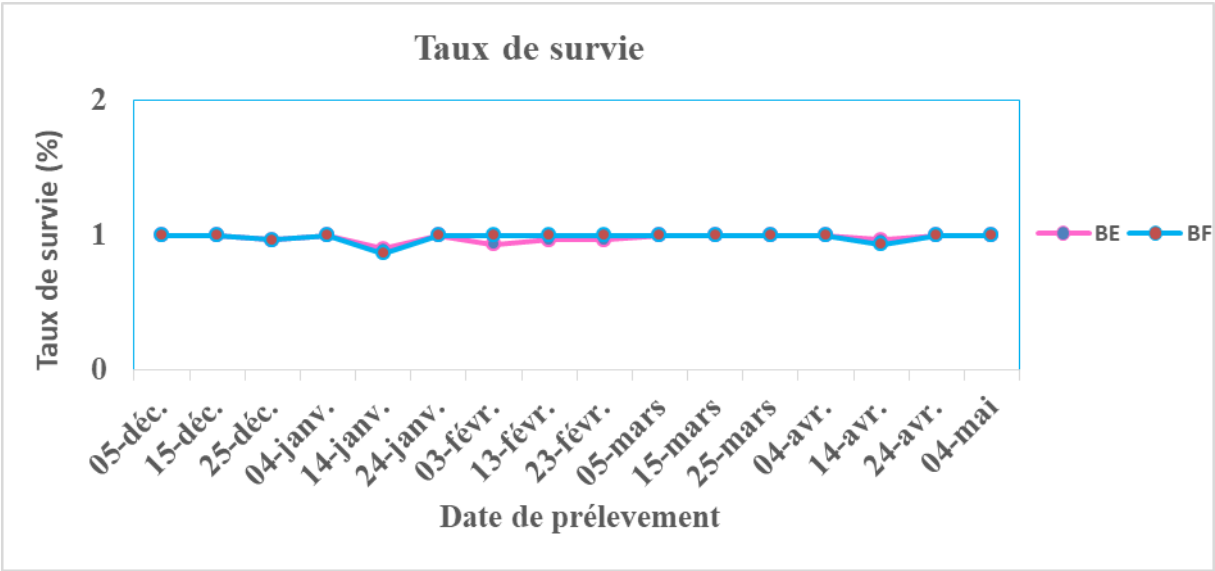


Figure n°50 : Évolution de taux de survie au niveaudes deux bassins de l'expérimentation **(déc2024_mai2025).**

d) La mortalité

D'après la figure n°51 on remarque que le taux de mortalité enregistré pour le BE est de 2% durant toute la durée d'expérimentation, tandis que le taux de mortalité est de 1% pour BF durant toute la durée d'expérimentation

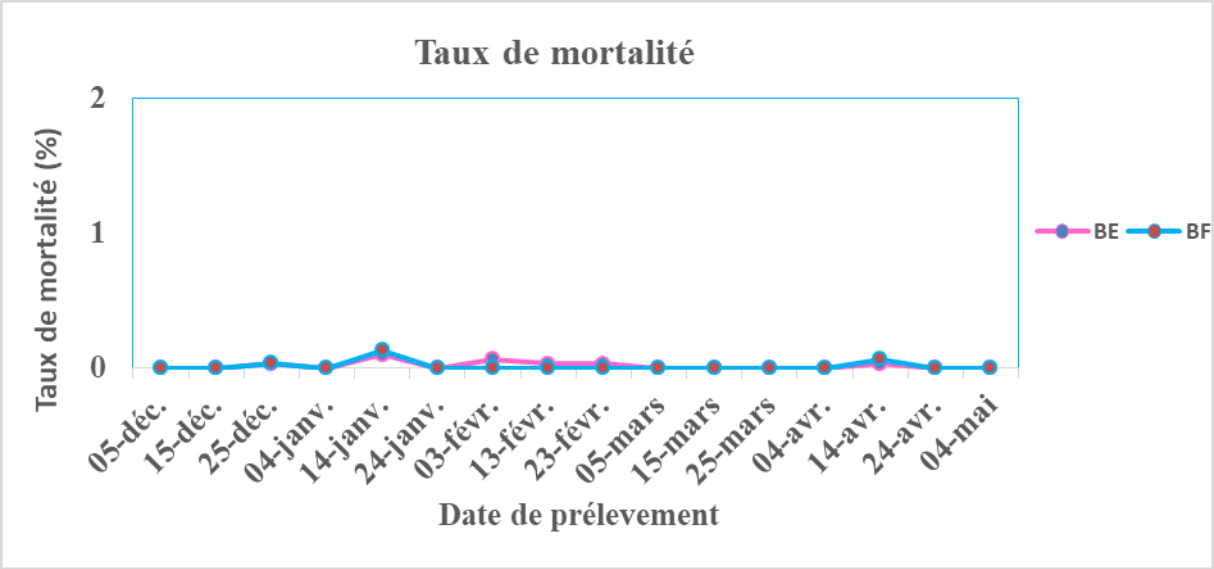


Figure n°51 : Évolution de mortalité au niveau des deux bassins de l'expérimentation **(déc2024_mai2025).**

4.Corrélations

Dans le cadre de cette étude, l'analyse statistique a été conduite afin d'examiner l'existence de relations significatives entre trois variables clés : le poids moyen, la taille moyenne et la quantité d'aliment administrée aux tilapias rouges. L'objectif était de vérifier l'existence de corrélations significatives entre chaque paire de variables, et d'identifier les relations susceptibles d'expliquer la dynamique de croissance du tilapia rouge.

Avant d'effectuer les tests de corrélation, la normalité des distributions a été évaluée à l'aide des tests de Kolmogorov-Smirnov et de Shapiro-Wilk. Les résultats ont indiqué que seule la variable "taille moyenne" suit une distribution normale **($p > 0,05$)**, tandis que les variables "poids moyen" et "quantité d'aliment" ne satisfont pas cette condition **($p < 0,05$)**. Compte tenu de la taille relativement réduite de l'échantillon **($n = 32$)**, le test de Shapiro-Wilk a été considéré comme le plus pertinent. Ainsi, l'analyse des corrélations s'est appuyée principalement sur le coefficient de Spearman, plus adapté aux données ne respectant pas l'hypothèse de normalité.

Les résultats des corrélations de Spearman ont mis en évidence des relations très fortement positives et hautement significatives entre les variables étudiées. Le coefficient de corrélation entre la taille moyenne et le poids moyen est de **$\rho = 0,989$ ($p < 0,001$)**, indiquant une liaison presque parfaite entre ces deux paramètres. Une corrélation de même intensité **($\rho = 0,989$; $p < 0,001$)** a été observée entre la taille moyenne et la quantité d'aliment consommée. Enfin, la corrélation entre le poids moyen et la quantité d'aliment atteint **$\rho =$**

1,000 (p < 0,001), suggérant une relation parfaitement monotone, ce qui est exceptionnel en analyse biologique.

Ces résultats permettent de rejeter l'hypothèse nulle d'absence de corrélation, et confirment que les variables évoluent dans le même sens : plus la quantité d'aliment distribuée augmente, plus les tilapias gagnent à la fois en poids et en taille. La croissance observée semble ainsi répondre à une dynamique très régulière, dans laquelle l'augmentation de la taille est systématiquement accompagnée d'un accroissement du poids.

Les analyses de corrélation révèlent des liens quasi parfaits entre les paramètres de croissance et l'alimentation, ce qui souligne le rôle fondamental de la ration alimentaire dans le développement pondéral et linéaire du tilapia rouge dans les conditions expérimentales observées.

5. La régression

Afin de mieux comprendre l'impact de la quantité d'aliment administrée sur les performances de croissance du tilapia rouge, deux modèles de régression linéaire simple ont été élaborés. Le premier modèle explore la relation entre la quantité d'aliment (variable explicative) et le poids moyen (variable dépendante), tandis que le second s'intéresse à la relation entre la même variable explicative et la taille moyenne des poissons.

Concernant la relation entre la quantité d'aliment et le poids moyen, les résultats révèlent un ajustement parfait du modèle aux données observées. Le coefficient de détermination R^2 est égal à 1,000, ce qui signifie que 100 % de la variance du poids moyen est expliquée par la quantité d'aliment administrée (R^2 = 1,000 ; R^2 ajusté = 1,000).Le modèle obtenu est le suivant :

Poids moyen prédit = 0,121 + 8,334 × (quantité d'aliment)

La valeur de la constante (interception) est estimée à 0,121, tandis que le coefficient associé à la quantité d'aliment est de 8,334. Cette valeur indique qu'une augmentation d'une unité de la quantité d'aliment entraîne une hausse moyenne de 8,334 grammes du poids des poissons. Le test de significativité associé à ce coefficient (p < 0,001) confirme l'effet très significatif de la quantité d'aliment sur le poids moyen. L'erreur standard de l'estimation est relativement faible (0,45232), ce qui témoigne de la précision du modèle. En ce qui concerne la relation entre la quantité d'aliment et la taille moyenne, le modèle de régression linéaire simple présente également un très bon ajustement, bien que légèrement moins parfait que le précédent. Le coefficient de corrélation R est de 0,971, indiquant une très forte relation linéaire entre les deux variables. La proportion de variance expliquée par le modèle est de

94,3 % (R^2 = 0,943 ; R^2 ajusté = 0,941), ce qui reste très élevé. L'équation du modèle est la suivante :

Taille moyenne prédite = 4,826 + 0,087 × (quantité d'aliment)

La constante (4,826) représente la taille moyenne attendue en l'absence d'alimentation, tandis que le coefficient de 0,087 indique qu'une augmentation d'une unité de la quantité d'aliment se traduit par une augmentation moyenne de 0,087 cm de la taille des poissons. Ce coefficient est également statistiquement très significatif ($p < 0,001$). L'erreur standard de l'estimation, égale à 0,45879, reste faible et montre une bonne précision prédictive du modèle.

Ces deux analyses de régression confirment l'existence d'une relation linéaire significative et positive entre la quantité d'aliment administrée et les paramètres de croissance étudiés (poids et taille). Elles soulignent le rôle déterminant de la nutrition dans le développement morphométrique du tilapia rouge, avec une prédictibilité particulièrement forte du poids à partir de la ration alimentaire.

2. Les indices de croissance de poissons

a) Le poids moyen initial (PMI)

La figure n°52 montre que le poids moyen initial d'*Oreochromis sp* était différent au démarrage de cette étude le 5 décembre dans les deux bassins bassin BE (1,6 g) et bassin BF (1,3 g) on observe que les poissons du bassin BE avaient un poids moyen initial plus élevé que ceux du bassin BF.

Un poids moyen initial (PMI) peut avoir une influence directe sur la croissance ultérieure des poissons. Selon **El-Sayed (2006),** un poids initial plus élevé peut améliorer la capacité d'adaptation à l'environnement et l'efficacité alimentaire et la vitesse de croissance, Cela est dû au fait que les poissons les plus gros ont une meilleure capacité à capter les aliments et à convertir l'énergie en masse corporelle.

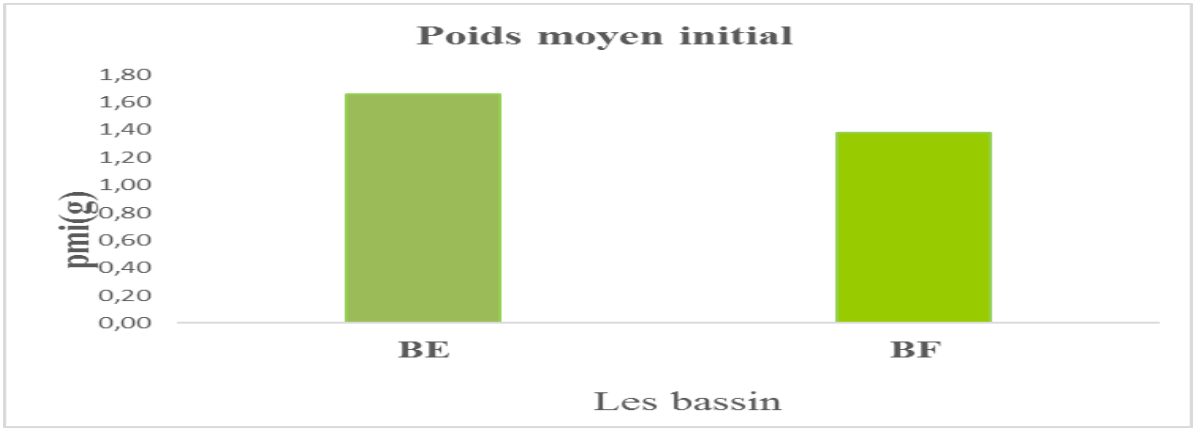


Figure n°52 : Les valeurs de poids moyen initial au niveau des deux bassins de l'expérimentation (**décembre 2025 _ mai 2025**)

b) Poids moyen final (Pmf)

La figure n°53 montre une comparaison entre le poids moyen final d'*Oreochromis sp* après 151 jours d'élevage (5 décembre24 _ 4 mai25). Celui-ci dans les deux bassins étaient différent (BE et BF), le bassin BE affiche un poids moyen final d'environ 22 g , tandis que le bassin BF présente un poids inférieur à 18 g.

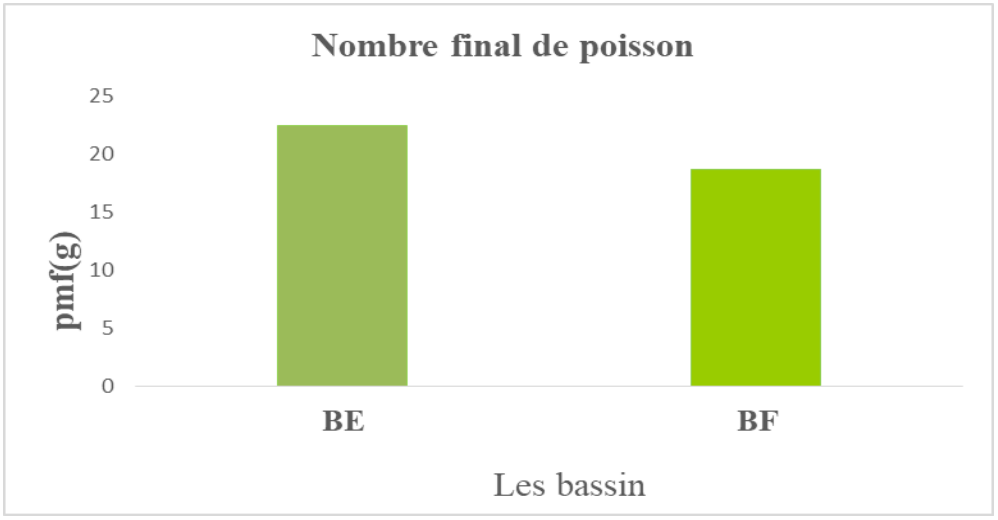


Figure n°53 : Les valeurs de poids moyen final au niveau des deux bassins de l'expérimentation **(décembre 2025 _ mai 2025)**

c) Gain moyen quotidien (GMQ)

La figure n°54 représente le Gain moyen quotidien (GMQ) des individus dans les deux bassins BE et BF, on observe que le GMQ est plus élevé dans le bassin BE environ 0,13 comparé au bassin BF qui est environ de 0,10.

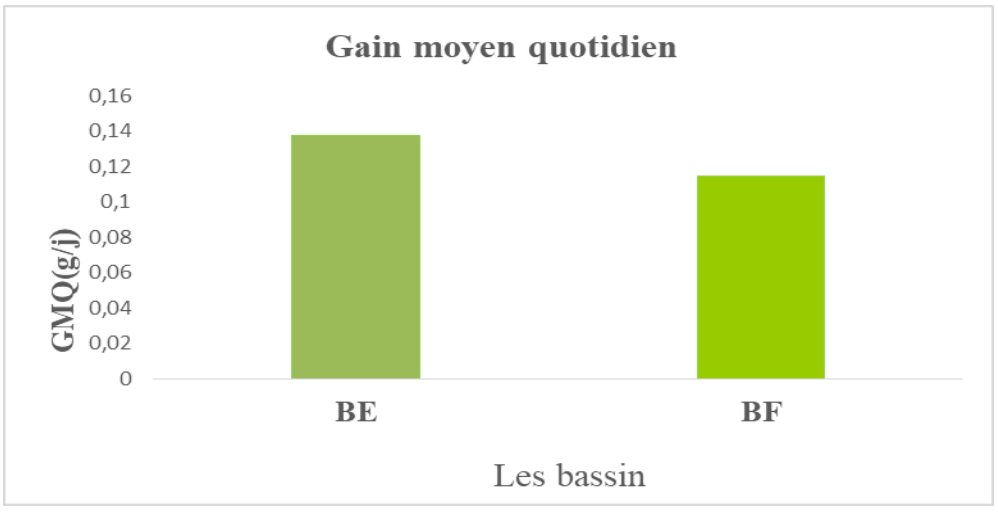


Figure n°54 : Gain moyen quotidien (GMQ) au niveau des deux bassins de l'expérimentation **(décembre 2024_ mai 2025)**

d) Gain de poids (GP)

La figure n°55 illustre une différence de gain de poids entre les bassins BE et BF bien que les conditions expérimentales aient été identiques, les sujets du bassin BE ont enregistré le GP environ 623g comparés aux sujets du bassin BF d'environ 517g.

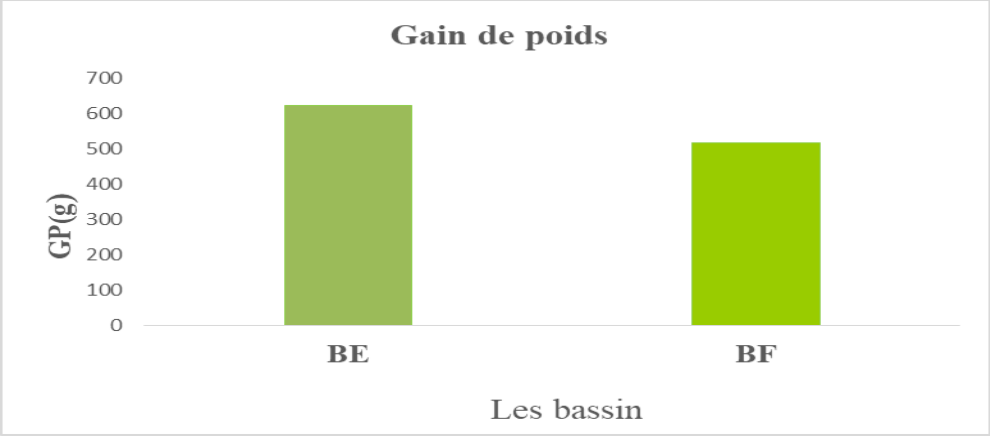


Figure n°55 : Les valeurs de gain de poids au niveau des deux bassins de l'expérimentation **(décembre 2025 _ mai 2025)**

e)Taux de survie (TS)

La figure n°56, qui présente les résultats relatifs au taux de survie des poissons, indique que ce paramètre était relativement similaire dans les deux bassins, avec un taux de 98 % pour le lot BE et de 99 % pour le lot BF. Par ailleurs, les taux de survie observés dans cette étude s'inscrivent dans l'intervalle de 75 à 100 %, couramment rapporté dans la littérature pour cette espèce, notamment par Bamba et al. **(2008), Makori et al. (2017) et Sissao et al. (2019).**

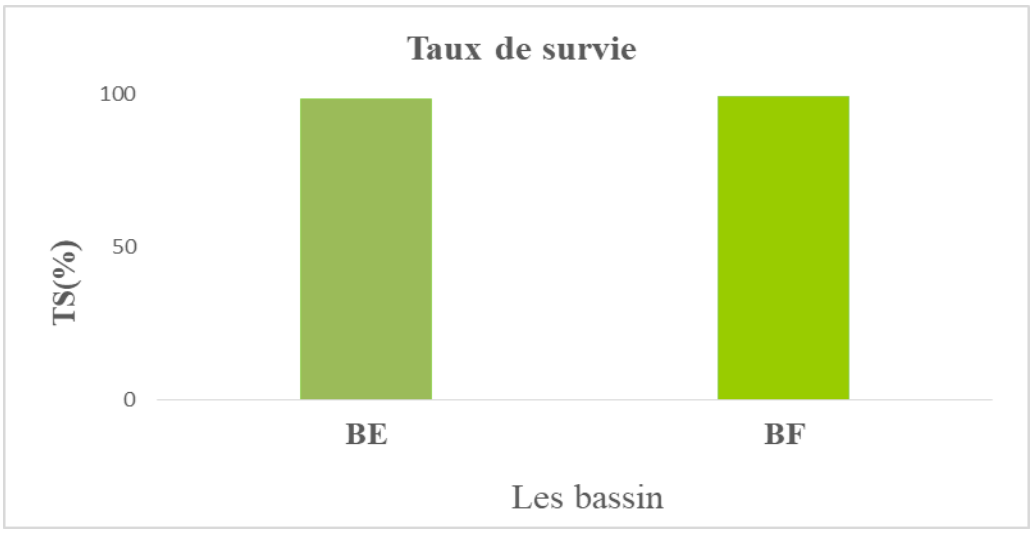


Figure n°56 : Les valeurs de Taux de survie (TS) au niveau des deux bassins de l'expérimentation **(décembre 2025 _ mai 2025)**

f) Taux de croissance spécifique (TCS)

Selon les résultats de la figure n°57, l'indice observé est de 2,01 % pour le lot **BE** et de 1,89 pour le lot **BF**, indiquant une légère amélioration de la performance chez BE. Bien que ces valeurs soient légèrement inférieures à celles rapportées par **Azaza et al. (2006)** et **Dibala et al. (2018)**, qui varient entre **2,43 % et 2,46 %,** elles restent dans une plage acceptable, notamment en fonction des conditions d'élevage spécifiques à cette étude.

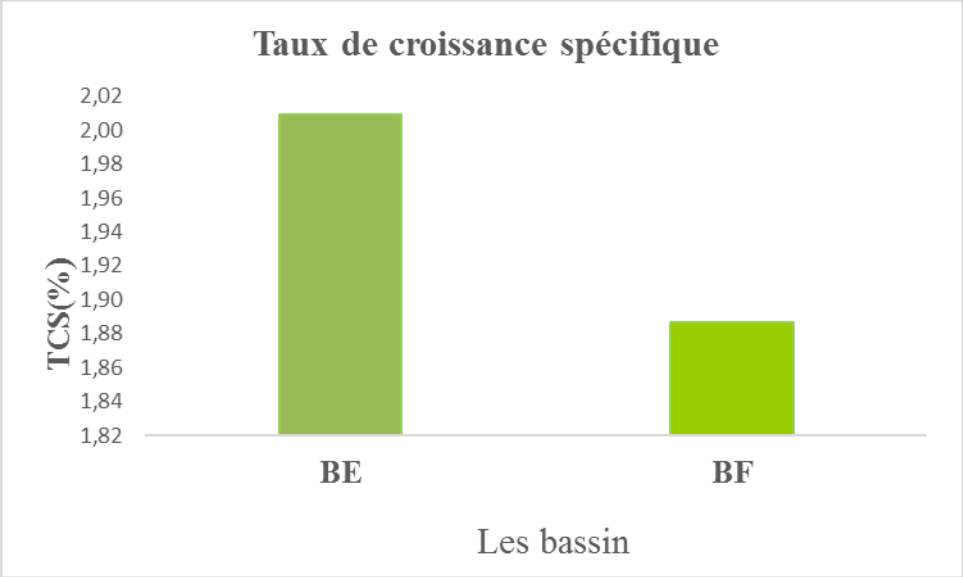


Figure n°57 : Les valeurs Taux de croissance spécifique (TCS**)** au niveau des deux bassins de l'expérimentation **(décembre 2024 _ mai 2025)**

g) Indice de conversion alimentaire (ICA)

L'indice de conversion alimentaire (ICA) sert à mesurer l'efficacité avec laquelle les poissons convertissent l'aliment ingéré en croissance corporelle. Comme illustré dans la figure n°58, une différence a été constatée entre les deux bassins : 0,05 pour le bassin **BE** et 0,06 pour le bassin **BF**. Selon **Brett (1979)**, l'augmentation de la température entraîne une hausse de la croissance, de la consommation volontaire d'aliments, ainsi que de l'ICA. Toutefois, d'après **Philippart et al. (1979)** et **O'Connor et al. (1985)**, plus l'ICA est faible, plus l'aliment est efficacement utilisé et transformé en biomasse.

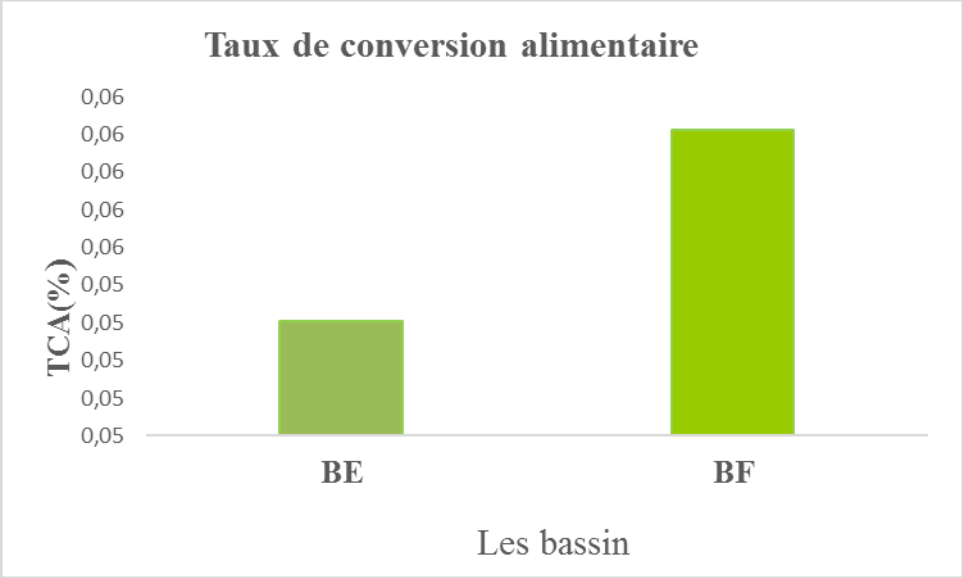


Figure n°58 : Les valeurs de Taux de conversion alimentaire (TCA) au niveau des deux bassins de l'expérimentation **(décembre 2025 _ mai 2025)**

h) Ingéré volontaire (IV)

L'indice volontaire (IV) est un paramètre utilisé pour mesurer l'appétit et la quantité d'aliment consommée spontanément par les poissons. Les données présentées dans la figure n°59 montrent qu'après 151 jours d'élevage, les valeurs de l'IV étaient de 0,059**%/jour** pour le lot **BE** et de 0,071**%/jour** pour le lot **BF**. Un IV plus élevé traduit une consommation alimentaire plus importante par unité de poids corporel, reflétant un appétit plus marqué. Toutefois, pour une interprétation fiable de cet indice, il convient de tenir compte de plusieurs facteurs tels que la qualité de l'eau, la température, l'état de santé des poissons et la composition de l'aliment. En tant qu'indicateur de la quantité de nourriture ingérée volontairement dans un environnement donné, l'IV est un outil essentiel pour améliorer les pratiques d'alimentation en aquaculture (**Jobling, 1994**)

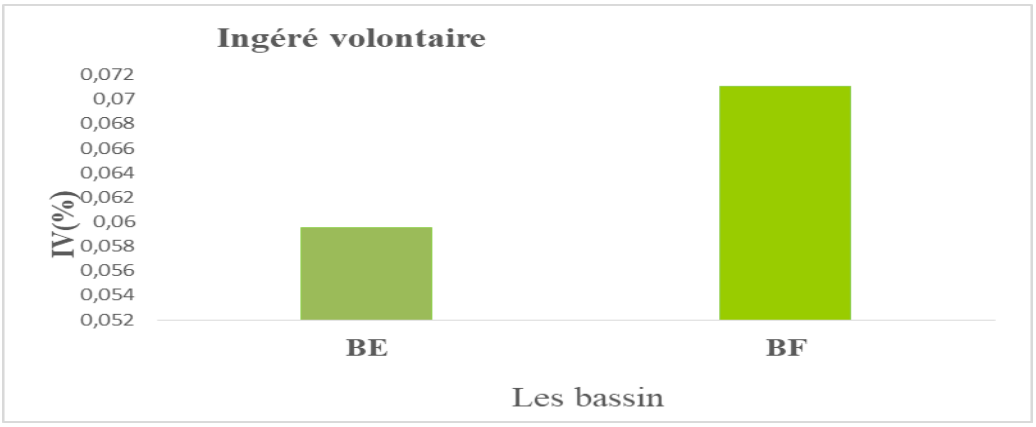


Figure n°59 : Les valeurs de Ingéré volontaire (IV) au niveau des deux bassins de l'expérimentation **(décembre 2025 _ mai 2025)**

i) Taux de mortalité :

La figure n°60 révèle que les taux de mortalité enregistrés dans les deux bassins sont relativement proches, avec **2 %** pour le lot **BE** et **1 %** pour le lot **BF**.

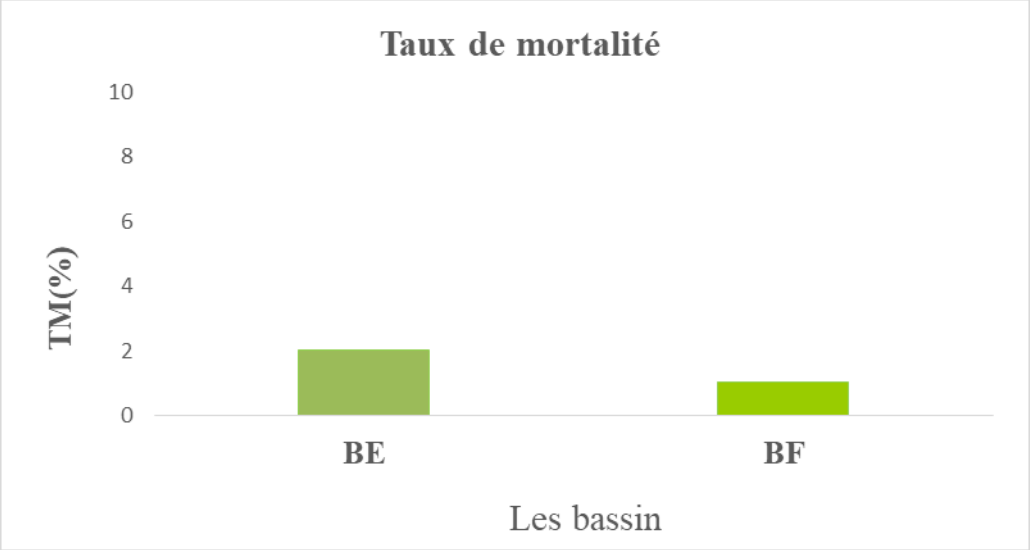


Figure n°60 : Les valeurs de les taux de mortalité au niveau des deux bassins de l'expérimentation **(décembre 2025 _ mai 2025)**



Discussion



Discussion

Dans le cadre de cette étude, un aliment enrichi en protéines d'origine animale a été formulé, principalement à partir du gésier de poulet et de farine de poisson en le comparant. Cette formulation a été complétée par l'ajout d'une quantité de spiruline et d'ail en poudre.

L'efficacité de cet aliment sur les performances de croissance du Tilapia rouge a été évaluée en la comparant à un aliment témoin (BF), également à base de farine de poisson, préparé à la ferme Titteri aquacole. L'expérimentation s'est déroulée du 5 décembre 2024 au 4 mai 2025. Trente alevins de Tilapia rouge (taille individuelle : 3 à 5 cm ; poids individuel : 1,5 à 2 g), provenant de la ferme piscicole « Titteri Aquacole» , ont été utilisés. Les poissons ont été répartis équitablement dans deux bassins : les alevins du premier bassin ont été nourris avec l'aliment expérimental, tandis que ceux du second ont reçu l'aliment témoin. Dans les deux cas, la ration journalière a été fixée à 12 % du poids total des 30 poissons.

Le Tilapia rouge est considéré comme l'une des espèces les plus prometteuses pour l'aquaculture mondiale en raison de sa tolérance aux conditions environnementales variées, de sa croissance rapide et de son efficacité à convertir une alimentation diversifiée en protéines de haute qualité **(El-Sayed, 2020).** Ces atouts en font une espèce adaptée aux systèmes d'élevage aussi bien intensifs qu'extensifs.

La qualité physico-chimique de l'eau est un facteur déterminant pour la réussite de l'élevage piscicole. Selon **Timmons et Ebeling (2013)**, des paramètres comme la température, le pH, la salinité et l'oxygène dissous influencent directement la physiologie et le métabolisme des poissons. **Boyd et Tucker (2012)** soulignent également que des variations même légères de ces facteurs peuvent avoir un impact significatif sur la santé des poissons et leurs performances de croissance. Dans le cadre de cette étude, les analyses de la qualité de l'eau ont révélé un environnement globalement favorable à la culture du Tilapia rouge, avec des conditions physico-chimiques stables et conformes aux seuils recommandés. Une température moyenne de 20 °C a été enregistrée, ce qui reste inférieur à la plage optimale recommandée, mais des chauffages sont installés dans les bassins afin d'atteindre les températures nécessaires (entre 25 et 30 °C) selon la **FAO (2018).** Il est bien établi que le tilapia réduit sa consommation alimentaire en dessous de 20 °C, cesse de s'alimenter en dessous de 16 °C, et la mortalité survient lorsque la température descend sous les 12 °C **(Chervinski, 1982 ; Philippart & Ruwet, 1982).** Salinité la valeur observée de 0,5 g/L est conforme aux seuils de tolérance de l'espèce **(Kestemont et al., 1969 ; Kirk, 1972 ; Lawson**

& Anetekhai, 2011), et proche des résultats d'autres études locales (**Hatchan & Rais, 2023 ; Zaouidi & Ben Salah, 2024** . Le pH mesuré à 7,53 est bien situé dans l'intervalle optimal de 6,7 à 8,6 selon **Carballo et al. (2008),** ce qui indique une eau propice à la croissance du Tilapia. Conductivité électrique elle a atteint 1184 µS/cm, sans dépasser les seuils critiques, bien qu'aucune référence comparative directe ne soit précisée.Enfin, des températures inférieures à l'optimum ralentissent le métabolisme et la croissance, notamment en période hivernale **(Satarupa Ghosh et al., 2019),** soulignant l'importance d'un suivi saisonnier rigoureux.

La nutrition joue un rôle déterminant dans la réussite des projets d'aquaculture, car elle influence directement la croissance, la santé des poissons et la qualité des produits. Le développement de formulations alimentaires efficaces est un levier essentiel pour améliorer les performances en systèmes intensifs.

Les ingrédients alternatifs comme les sous-produits animaux (ex. : déchets de poulet) offrent une alternative économique à la farine de poisson, avec des résultats satisfaisants sur la croissance et la santé des poissons **(El-Sayed, 2014).** Cependant, certaines sources comme la farine de plumes, bien que riches en protéines, présentent une faible digestibilité due à leur teneur en kératine et leur carence en acides aminés essentiels (**Krogdahl et al., 2005).**

L'ajout de compléments naturels tels que la spiruline améliore la conversion alimentaire, stimule l'immunité et rehausse la coloration des poissons **(El-Sayed, 2014 ; Abdel-Tawwab et Ahmad, 2009).** Cette microalgue est une source précieuse de protéines, acides gras essentiels, vitamines et pigments antioxydants **(Takeuchi et al., 2002 ; Güroy et al., 2011).** Toutefois, son coût élevé limite son usage, et ses déchets ont montré une efficacité moindre, notamment chez le Tilapia nilotica **(Alofa et al., 2020).** L'intégration de sources locales de protéines, comme les tourteaux végétaux, les microalgues, les insectes ou les sous-produits animaux, permet de réduire les coûts et d'améliorer la durabilité en valorisant les déchets agro-industriels **(Henry et al., 2015).** De nombreuses études ont prouvé que des mélanges d'ingrédients protéiques végétaux et animaux peuvent remplacer efficacement la farine de poisson sans compromettre la croissance des poissons **(Guo et al., 2007 ; Adewolu et al., 2010 ; El-Sayed, 1998).**

Enfin, les préoccupations liées à l'usage excessif d'antibiotiques ont renforcé l'intérêt pour les alternatives naturelles comme les extraits de plantes et de spiruline aux propriétés immunostimulantes et antimicrobiennes **(Awad & Awaad, 2017).**

L'analyse de la qualité nutritionnelle des aliments utilisés dans cette étude révèle une supériorité notable de l'aliment testé par rapport à l'aliment témoin de la ferme. Celui-ci présente des teneurs plus élevées en protéines (42 %), lipides (12,88 %) et minéraux, traduisant un potentiel nutritionnel favorable à une croissance optimisée du Tilapia rouge.

Les besoins protéiques du tilapia varient selon l'âge : les larves nécessitent entre 45 et 50 % de protéines, les juvéniles entre 30 et 40 %, et les adultes 20 à 30 % **(Santiago & Lovell, 1988)**. Une alimentation enrichie en protéines permet un développement musculaire plus efficace, notamment chez les jeunes poissons **(Jauncey, 1998).**

Les lipides représentent une source énergétique concentrée et apportent des acides gras essentiels à la croissance, à la reproduction et à l'immunité. Des teneurs de 6 à 12 % sont recommandées, avec un seuil optimal autour de 10 % pour éviter les excès de graisses corporelles **(Hanley, 2000)**. L'intégration de sources alternatives comme la spiruline ou les abats de volaille permet de maintenir des performances zootechniques tout en réduisant les coûts **(Tacon & Metian, 2008).**

Chez le tilapia, les glucides constituent une source d'énergie économique, permettant de préserver les protéines pour la croissance. L'espèce digère bien les glucides **(Shiau, 2002)**, bien qu'un excès (>35 %) puisse altérer la croissance et la santé hépatique **(Wang et al., 2010).**

Du côté des minéraux, le calcium est essentiel à la structure osseuse et aux fonctions métaboliques. Bien que les poissons puissent l'absorber par voie directe dans l'eau, une supplémentation alimentaire est nécessaire en systèmes fermés **(Lall, 2002).** Le magnésium est un cofacteur enzymatique critique, et sa carence peut provoquer des troubles neuromusculaires **(Satoh et al., 1987).** Quant au phosphore, indispensable à la minéralisation osseuse, il doit être apporté sous forme biodisponible, car celui issu des végétaux est peu assimilable **(Cho & Bureau, 2001).**

Pour une formulation alimentaire efficace, il est donc essentiel de veiller à l'équilibre entre les macronutriments (protéines, lipides, glucides) et les micronutriments (minéraux), en tenant compte des besoins physiologiques du tilapia selon son stade de développement et son système d'élevage.

Quant aux résultats de la chaire de poisson, nous trouvons la teneur en eau de la chaire du Tilapia rouge nourri avec l'aliment industriel (BF) est légèrement inférieure (4,68 %) à celle du groupe nourri avec l'aliment expérimental (BE), qui atteint 5,21 %. Inversement, la matière sèche suit une tendance opposée : elle est plus élevée dans le groupe BE (96,79 %) contre 95,32 % dans le groupe BF. Une faible teneur en eau est généralement associée à une

meilleure conservation et une densité nutritionnelle plus élevée **(Ochang, A., & Fagbenro, O., 2011)**. Cette différence peut être attribuée à la formulation et aux propriétés physiques des deux types d'aliments. Le taux de protéines totales est légèrement plus élevé dans le groupe BE (65,15 %) comparé à BF (64,32 %). Cette richesse en protéines reflète une meilleure qualité nutritionnelle de la chaire, contribuant directement à la croissance musculaire du poisson. Selon **El-Sayed (2006)**, les protéines sont le principal constituant structurel de la chaire de poisson, et leur taux dépend fortement de la qualité des ingrédients alimentaires utilisés. Les lipides totaux sont quasi identiques entre les deux groupes : 6,498 % (BF) et 6,483 % (BE). Ces niveaux restent dans la fourchette optimale pour le Tilapia, qui est entre 6 % et 12 %, comme l'ont indiqué **Hanley (2000).** Une teneur équilibrée en lipides permet de fournir l'énergie nécessaire tout en contribuant à la saveur et à la texture de la chaire.

La teneur en cendres, indicatrice de la fraction minérale globale, est plus élevée dans la chaire des poissons du groupe BE (25,44 %) que dans celle du groupe BF (24,17 %). Une forte teneur en cendres reflète un apport accru en minéraux essentiels, ce qui peut améliorer le métabolisme osseux et immunitaire chez le poisson **(Lall, 2002).** Le calcium est légèrement plus abondant dans le groupe BE (2,435 %) par rapport au groupe BF (2,301 %). Cet élément joue un rôle essentiel dans la minéralisation des os et la régulation neuromusculaire. Le niveau observé est en ligne avec les besoins recommandés pour le Tilapia, qui varient entre 0,5 % et 3 % selon la forme alimentaire **(NRC, 2011).** Le fer atteint 6,45 % dans le groupe BE, contre 5,85 % dans le groupe BF. Cet oligo-élément est indispensable pour la formation de l'hémoglobine et le transport de l'oxygène. Une teneur accrue peut améliorer l'efficacité métabolique, comme l'ont noté **Satoh et al. (2003**). Enfin, le zinc, vital pour la croissance cellulaire et l'immunité, est présent à hauteur de 13,81 % dans le groupe BE et de 13,31 % dans le groupe BF. Les aliments enrichis en zinc organique sont généralement mieux assimilés, ce qui expliquerait la concentration plus importante chez le groupe BE **(Watanabe et al., 1997).**

Cette étude visait à comparer les performances zootechniques de deux types d'aliments utilisés dans l'élevage du Tilapia rouge : un aliment témoin (BF), composé de farine de poisson et de farine de maïs, et un aliment expérimental (BE), formulé à base de gésiers de poulet, de spiruline et de farine de maïs.

L'aliment témoin bénéficie d'un bon profil nutritionnel grâce à la farine de poisson, riche en protéines digestibles et acides aminés essentiels **(Tacon & Hasan, 2006).** Quant à l'aliment expérimental, il intègre des ingrédients alternatifs durables, tels que les sous-

produits de volaille et la spiruline, dont l'efficacité sur la croissance des poissons a été démontrée **(Güroy et al., 2012).**

Les poissons ont été nourris trois fois par jour pendant cinq mois, selon les recommandations de la FAO et d'autres études qui soulignent l'impact positif de la fréquence de nourrissage sur la croissance et l'indice de conversion alimentaire **(Daudpota et al., 2016 ; El-Sayed, 2002).**

Les résultats montrent une croissance pondérale supérieure dans le bassin BE, avec un poids final de 673,02 g (vs. 559,05 g pour BF), et une augmentation de la taille de 4,87 cm à 11,29 cm (vs. 4,19 cm à 10,5 cm pour BF). Malgré des poids initiaux différents, les performances du groupe BE suggèrent une meilleure valorisation de l'aliment enrichi.

Ces résultats sont cohérents avec les travaux de **Furuya et al. (2004)**, qui ont démontré que la substitution de la farine de poisson par des sources alternatives enrichies permet de maintenir une croissance optimale chez les alevins *d'Oreochromis*.

Enfin, l'état sanitaire général des poissons en fin d'expérience était satisfaisant pour les deux groupes (taux de survie de 98 à 99 %), les décès observés étant dus à des erreurs de manipulation. Les conditions physico-chimiques de l'eau étaient globalement favorables à l'élevage du tilapia rouge, à l'exception du taux d'oxygène dissous, qui n'a pu être mesuré**.**

Les résultats de croissance montrent une évolution proportionnelle entre le gain de poids et l'augmentation de la taille des poissons dans les deux bassins. À la fin de l'expérimentation, les longueurs moyennes atteintes étaient de 11,29 cm pour le bassin expérimental (BE) et 10,5 cm pour le bassin témoin (BF), positionnant le BE en tête en termes de croissance globale.

Les indicateurs zootechniques tels que le gain moyen quotidien (GMQ) et le taux de croissance spécifique (TCS) sont essentiels pour évaluer l'efficacité des régimes alimentaires. Le GMQ enregistré était de 0,14 g/j pour BE et 0,11 g/j pour BF, des valeurs supérieures à celles de **Zaouidi & Ben Salah (2024),** mais inférieures à celles rapportées par **Hatchan & Rais (2023).** Le TCS, quant à lui, était de 2,01 %/j pour BE et 1,89 %/j pour BF, ce qui reste proche des valeurs de référence obtenues dans d'autres études **(Hatchan & Rais, 2023 ; Zaouidi & Ben Salah, 2024)**, mais inférieur aux niveaux optimaux (> 3 %/j) rapportés avec des régimes alimentaires plus équilibrés **(El-Sayed, 2006).**

La survie élevée des poissons (98–99 %) indique une bonne adaptation des alevins *d'Oreochromis sp*. aux régimes proposés. La performance relativement inférieure observée pourrait être liée à une digestibilité réduite ou à une valeur biologique moindre des sous-produits agricoles utilisés **(Hardy, 2010).** Ces résultats soulignent l'importance de suivre

régulièrement les indicateurs de performance pour optimiser la croissance, ajuster les régimes alimentaires, et améliorer la rentabilité des systèmes aquacoles **(Tacon & Metian, 2008 ; Cho & Bureau, 2001 ; Craig, 2017).** L'indice de conversion alimentaire, un facteur qui renseignent sur la qualité de l'aliment et sa digestibilité par les poissons. Nous remarquons dans la présente étude que la valeur de conversion alimentaire chez les alevins *d'Oreochromis sp* est de l'ordre de 0,06 pour (BF) et 0,05 pour (BE) et c'est inférieur par rapport aux valeurs enregistrées par **Hatchan et Rais (2023)** (1,93-5,49), des résultats similaires sont enregistrés par **Zaouidi et Ben salah (2024) (**1,03 et 1,8). D'après les travaux de **Melard (1999),** les coefficients de digestibilité des protéines végétales varient selon leur source. Chez le tilapia du genre *Oreochromis*, ceux du soja et du maïs sont respectivement de 96 % et 85 %, contre 87 % pour la farine de poisson.

Pour les valeurs de l'indice d'ingéré volontaire (IV) enregistrées étaient de 0,07 %/jour pour le bassin BF et de 0,06 %/jour pour le bassin BE. L'indice d'ingéré volontaire est un paramètre important en aquaculture, car il permet d'évaluer plusieurs aspects de la performance des poissons, notamment l'efficacité alimentaire, l'état de santé et la croissance. Une hausse de cet indice peut refléter une alimentation adéquate, une bonne assimilation des nutriments et une croissance optimale des poissons **(Jobling, 1994).**

En ce qui concerne la relation entre l'indice de conversion alimentaire (ICA) et l'indice d'ingéré volontaire, les résultats montrent que l'ICA était plus favorable dans le bassin BE, avec une valeur de 0,05. En effet, une valeur plus faible de l'ICA traduit une meilleure efficacité de conversion de l'aliment. Toutefois, l'indice d'ingéré volontaire était plus élevé dans le bassin BF que dans le bassin BE. Cette différence s'explique probablement par une quantité d'aliment distribuée plus importante dans le bassin BF par rapport au bassin BE, ce qui est en cohérence avec les fluctuations de poids observées durant toute la période expérimentale.

En effet, plusieurs études ont montré que la ration alimentaire quotidienne et la croissance journalière augmentent généralement avec la taille corporelle des poissons, car leurs besoins énergétiques absolus s'accroissent (**Jobling, 1994).** Cependant, le taux de croissance spécifique (SGR) diminue souvent à mesure que la taille des animaux augmente, ce qui s'explique par une réduction relative du métabolisme basal (**Brett, 1979).** De la même manière, la conversion alimentaire tend à se détériorer avec l'augmentation de la taille, car les poissons plus gros sont moins efficaces pour convertir la nourriture en masse corporelle (**Cho & Kaushik, 1990).**



Conclusion



CONCLUSION

Cette étude, menée à la ferme "Titteri aquacole" (Benchicao. Médéa), a évalué l'efficacité d'un aliment expérimental à base de gésiers de poulet, spiruline et ail, comparé à un aliment témoin à base de farine de poisson pour le tilapia rouge *(Oreochromis sp.)*. Sur une période de 5 mois, 60 poissons ont répartis dans deux bassins. Les résultats montrent que l'aliment expérimental a permis une meilleure croissance poids final moyen de 673.02 g contre 559,05 g pour le témoin, avec des indices zootechniques plus favorables (GMQ: 0.14 vs 0.11 g/jour; TCS: 2,01% vs 1,89%). La composition de la chair est restée globalement similaire, bien que légèrement plus riche en minéraux dans le lot expérimental. La régression linéaire confirme une forte influence positive de la quantité d'aliment sur le poids et la taille. L'aliment expérimental constitue une alternative efficace et durable à la farine de poisson, e valorisant les sous-produits avicoles.

Références

Abate, A., et al. (2016). Challenges in mass production of copepods for aquaculture feed. Aquaculture Engineering.

Abdel-Tawwab, M., Ahmad, M. H., Khattab, Y. A. E., & Shalaby, A. M. E. (2020). Spirulina platensis in fish diets: A review. Reviews in Aquaculture, 12(1), 1–19. https://doi.org/10.1111/raq.12331

Abdel-Tawwab, M., et al. (2021). Recent advances in red tilapia morphology and growth performance. Aquaculture Reviews, 15(2).

Agbo, N.W., Madalla, N. & Jauncey, K. (2015). Mixtures of oilseed meals as dietary protein sources in diets of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.), *Journal of Science and Technology*, 35 (3).

Al Dilaimi, A. A. (2009). Aquaculture in the Near East and North Africa: Status and development challenges. FAO Regional Office for the Near East and North Africa.

Amisah, S., et al. (2021). Nutritional requirements of tilapia larvae: High-protein microdiets, live feeds, and probiotic supplementation. Aquaculture Nutrition, 27(5).

Ansari, A., et al. (2023). Color variation and morphological traits in red tilapia strains. Journal of Fish Biology, 103(5).

Arrignon, J. (1993). Anatomy of tilapia species with reference to feeding adaptations. In: Tilapia in Aquaculture. Une étude sur le squelette et les nageoires des Tilapia.

Awad, E., & Awaad, A. (2017). Role of medicinal plants on growth performance and immune status in fish. Fish & Shellfish Immunology, 67. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.05.034

Beveridge, M., et al. (2019). Enzyme-enhanced plant protein diets in tilapia aquaculture. International Aquafeed, 22(6).

Boonanuntanasarn, T., et al. (2019). Fatty acid and astaxanthin supplementation in broodstock tilapia diets to enhance reproduction. Journal of Aquaculture Research & Development, 10(5).

Boyd, C. E., & Tucker, C. S. (2012). Pond Aquaculture Water Quality Management. Springer Science & Business Media

Brett, J. R. (1979). Environmental factors and growth. In W. S. Hoar, D. J. Randall & J. R. Brett (Eds.), Fish Physiology (Vol. 8, pp. 599–675). Academic Press.

Références

Campbell, P. (1985). Mineral nutrition in fish: roles in physiology and metabolism. Journal of Fish Biology, 27(4).

Charo-Karisa, H., et al. (2019). Morphological characterization of red tilapia: compressed body, small head, elongated mouth, long dorsal/anale fins and red-edged pelvic fins.

Cho, C. Y., & Bureau, D. P. (2001). A review of diet formulation strategies and feeding systems to reduce excretory and feed wastes in aquaculture. Aquaculture Research, 32(S1), .. https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00027.x

Cho, C. Y., & Kaushik, S. J. (1990). Nutritional energetics in fish: Energy and protein utilization in rainbow trout (Salmo gairdneri). World Review of Nutrition and Dietetics, 61.

Ciferri, **O**. Spirulina, the edible microorganism. Microbiol. Rev. 1983 Vol. 47, nº 4.

Clément, **G.** Spirulina, a protein-richfoodalga, conférence du Caire avril 1975. Institut français du Pétrole, division Applications, 1975b.

Craig, S. (2017). Understanding fish nutrition, feeds, and feeding. Virginia Cooperative Extension.

Cruchot, H. La spiruline, bilan et perspectives, Thèse de doctorat, faculté de médecine et de **D.E-Médéa**, (**2021)**. Direction de l'environnement.

Daudpota, A. M., Shah, S. Z. H., Kalhoro, I. B., Kalhoro, H., & Baloch, W. A. (2016). Effect of feeding frequency on growth, feed utilization and body composition of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) reared in tanks. International Journal of Agriculture and Biology, 18(2), 365–370. https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0103

Diégane Ndong, (**2007**). The effect of garlic (*Allium sativum*) on growth and immune
Edited by Editorial Offices: 9600 Garsington Road, Oxford OX4 2DQ, UK 2004. [en ligne]02/08/2017, Consulté sur le site sulonlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9780470995280.../pdf

El-Garhy, H. A., et al. (2024). Hybrid red tilapia (Oreochromis niloticus × O. mossambicus): Reproductive biology and early maturity by maternal mouthbrooding. Aquaculture Research.

El-Sayed, A. F. M. (2006). Tilapia culture. CABI Publishing.

El-Sayed, A.-F. M. (2002). Effects of feeding frequency on growth and feed efficiency of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) fry. Aquaculture International, 10(4.) https://doi.org/10.1023/A:1021297929569

El-Sayed, A.-F. M. (2014). Tilapia Culture (1st ed.). Academic Press.

Références

El-Sayed, A.-F. M. (2020). Tilapia Culture (2nd ed.). Academic Press.

El-Sayed, A.-F. M., & Kawanna, M. (2004). Effects of photoperiod on the performance of farmed Nile tilapia (Oreochromis niloticus): I. Growth, feed utilization efficiency and survival of fry and fingerlings. Aquaculture, 231(1–4).

El-Sayed,(1998). Total replacement of fish meal with animal protein sources in Nile tilapia, Oreochromis niloticus (L.) feeds. Aquaculture Research, 29(4).

Fagbenro, O. A., & Jauncey, K. (1995). Growth and protein utilization by juvenile catfish (Clarias gariepinus) fed dry diets containing cow offal. Bioresource Technology, 51(3), 229–234. https://doi.org/10.1016/0960-8524(94)00121-I

FAO, (2011). Use of fishery resources as feed inputs for aquaculture development: trends and policy implications. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 518. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO, (**2018)**. Culture aquatic species information program: Oreochromis niloticus

FAO, 2018. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. résumé.CA0191FR /1

FAO. (2008). Species identification and biological characteristics: Oreochromis spp.. FAO fiches d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

FAO. (2010). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2010. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. https://www.fao.org/3/i1820f/i1820f00.htm

FAO. (2019). Species identification and biological characteristics: Oreochromis niloticus. FAO fiches d'identification des espèces pour les besoins de la pêche.

FAO. (2019). Species identification and biological characteristics: Oreochromis niloticus
.
FAO. (2019). Species identification and biological characteristics: Oreochromis niloticus. Fiches d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

FAO. (2019). Species identification and biological characteristics: Oreochromis niloticus (Tilapia du Nil). FAO fiches d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

Références

FAO. (2020). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2020. Assurer une durabilité dans la pêche et l'aquaculture. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. https://doi.org/10.4060/ca9229fr

FAO. (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020: Sustainability in action. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://doi.org/10.4060/ca9229en

FAO. (2022). Aquafeeds and feed additives. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Guidelines.

Fapohunda, O.O. (2012). Evaluation of processed soybean meal in the feeding of *Clarias gariepinus* fingerlings. *Journal of animal science advances*, 2(2), Fiches d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. FAO

Fitzsimmons, K. M. (2000). Tilapia: the most important aquaculture species of the 21st century.

Fox, R-D. Spiruline, Technique pratique et promesse. Aix en Provence, 13090 AIX-ENROVENCE France.: Edisud, 1999.

Francis, D., et al. (2021). Feed formulations for omnivorous fish: inclusion of plant proteins with enzyme supplementation. Aquaculture Feed Science, 36(2).

Francis, D., Smith, A. B., & Clark, R. E. (2021). Mating systems and nest-building behaviours in cichlid fishes: formation of pairs and harems, and male nest construction. Journal of Fish Ethology, 15(3).

Francis, D., Smith, A. B., & Clark, R. E. (2021). Stocking density effects on growth and welfare of tilapia in aquaculture. Aquaculture Research, 52(4).

Froese, R., & Pauly, D. (2021). FishBase. In FishBase database. Retrieval of feeding habits: insectivory and detritivory in juvenile tilapia.

Gao, X., et al. (2024). Biological traits of red tilapia hybrids (O. mossambicus × O. niloticus): Growth rate, omnivory, euryhalinity, and environmental resilience. Fish Biology and Ecology.

Gatlin, D.M., Barrows F.T., Brown, P.K., Dabrowski, T.G., Gaylord, R.W., Hardy, E., … Wurtele, E. (2007). Expanding the utilization ofsustainable plant products in aquafeeds : a review. *Aquaculture Research*, 38, 551-579. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01704.

Grawish, M. E,(2008). Effects of Spirulina platensis extract on Syrian hamster cheek pouch mucosa painted with 7,12-dimethylbenz[a] anthracene. *Oral Oncol*, *44*.

Références

Güroy, D., Sahin, I., Manturç, T., & Kayalı, S. (2012). Spirulina as a natural feed supplement for common carp (Cyprinus carpio) fingerlings. Journal of Animal and Veterinary Advances, 11(8), 1128–1131. https://doi.org/10.3923/javaa.2012.1128.1131

Haidar, A., et al. (2018). Amino acid enriched diets in tilapia alevins (30–90 days): Effects on growth and development. Journal of Fish Nutrition, 24(2).

Hanley, F. (1991). Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia. Aquaculture, 143.

Hardy, R. (1996). Alternate protein sources for salmon and trout diets. *Animal Feed Science and Technology*, 59 (1), . https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00888-8

Hardy, R. W. (2010). Utilization of plant proteins in fish diets: Effects of global demand and supplies of fishmeal. Aquaculture Research, 41(5), https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02349.x

Hardy, R. W. (2010). Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. Aquaculture Research, 41(5), https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02349.x

Hatchane et Rais . (2023). Contribution à une étude comparative à l'efficacité de trois aliments (fabriqué et commercialisés) sur le pré-grossissement de Tilapia rouge (Oreochromis sp) au niveau de la ferme piscicole «Titteri Aquacole»- Médea

Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., & Fountoulaki, E. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. Animal Feed Science and Technology, 203. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.03.001
http://dx.doi.org/10.1016/j.oraloncology.2007.11.014

https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1998.00156.x
https://doi.org/10.1684/agr.2009.0279

Hulata, G. (2001). Genetic manipulations in aquaculture: A review of stock improvement by classical and modern technologies. Genetica, 111(1–3)..

Kaji, T., Fujiwara, Y., & Inomata, Y,(2002). Repair of wounded monolayers of cultured bovine aortic endothelial cells is inhibited by calcium spirulan, a novel sulfated polysaccharide isolated from Spirulina platensis. *Life Sci., 70*. http://dx.doi.org/10.1016/S0024-3205(01)01555-7

Krogdahl, Å., Hemre, G.-I., & Mommsen, T. P. (2005). Carbohydrates in fish nutrition: Digestion and absorption in postlarval stages. Aquaculture Nutrition, 11(2).https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2004.00327.x

Références

Lacerda, L., dos Santos, V. B., & Mareco, E. A. (2019). Growth curves and performance of Nile tilapia strains cultivated at different temperatures. Acta Scientiarum. Animal Sciences, 41, e42825. https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.

Lazard, J., & Legendre, M. (1990). Nitrogen utilization and protein requirements in juvenile tilapia (Oreochromis spp.). Aquaculture Nutrition, 4(2).

Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., & Klesius, P. H. (2009). Lipid and fatty acid requirements of tilapias. Global Aquaculture Advocate, Nov–Dec.

Luo, Z., Li, X.D., Wang, W.M., Tan, X.Y. & Liu, X. (2011). Partial replacement of fish meal by a mixture of soybean meal and rapeseed meal in practical diets for juvenile Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* : effects on growth performance and in vivo digestibility. *Aquaculture Research*, 42, 1615-1622. https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2010.02751.x

Martins, C. I. M., Eding, E. H., Verdegem, M. C. J., Heinsbroek, L. T. N., Schneider, O., Blancheton, J. P., Roque d'Orbcastel, E., & Verreth, J. A. J. (2012). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. Aquacultural Engineering, 53,. https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.11.010

Médale, F., & Guillaume, J. (1999). Use of lipids in aquaculture feeds [Chapitre]. Dans M. de la Higuera (Éd.), Nutrition and Feed Technology for Fish Production.

Mélard, C. (1999). Production contrôlée de tilapia en Europe : Situation actuelle et perspectives. Cahiers Options Méditerranéennes, 47.

Mélard, C., Le Bail, P., & Fostier, A. (1986). Photoperiod and growth hormone secretion in Oreochromis niloticus. Journal of Fish Biology,.

Metwally, M. A. A. (2009). Effects of garlic (Allium sativum) on some antioxidant activities and growth of Oreochromis niloticus (Linnaeus). World Journal of Fish and Marine Sciences, 1(1), 56–64. https://www.idosi.org/wjfms/wjfms1(1)09/10.pdf

Naylor, R. L., Hardy, R. W., Bureau, D. P., Chiu, A., Elliott, M., Farrell, A. P., Forster, I., Gatlin, D. M., Goldburg, R. J., Hua, K., & Nichols, P. D. (2009). Feeding aquaculture in an era of finite resources. Proceedings of the National Academy of Sciences, 106(36.) https://doi.org/10.1073/pnas.0905235106

NRC (National Research Council,(1993). Nutrient requirements of fish. Washington, D.C: National Academy Press.

Nya, E. J., & Austin, B. (2009). Use of garlic (Allium sativum) to control Aeromonas hydrophila infections in rainbow trout, Oncorhynchus mykiss (Walbaum). Journal of Fish Diseases, 32(11). https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2009.01100.x

Références

Olvera-Novoa, M. A., Domínguez-Cen, L. J., Olivera-Castillo, L., & Martínez-Palacios, C. A. (1998). Effect of the use of the microalga Spirulina maxima as fish meal replacement in diets for tilapia, Oreochromis mossambicus (Peters), fry. Aquaculture Research, 29(10). https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1998.00176.x

Olvera-Novoa, M. A., Martínez-Palacios, C. A., & Olivera-Castillo, L. (2002). Utilization of animal by-product meals in the diets of tilapia, *Oreochromis* mossambicus (Peters): growth performance and digestibility. Aquaculture Research, 33(3), . https://doi.org/10.1046/j.1355-557x.2001.00054.x

Ozdemir, G., Karabay, N. U., Dalay, M., & Pazarbasi, B , (2004). Antibacterial activity of volatile component and various extracts of *Spirulina Platensis*. *Phytother-Res.*, *18*, 754-757. http://dx.doi.org/10.1002/ptr.1541

Papoutsoglou, S., et al. (2021). The ec
ological role of tilapia as detritivores in pond systems. Aquatic Ecosystem Health & Management, 24(3), 222–230.

Pongchongmit, S., et al. (2020). Astaxanthin-enriched diets improve reproductive traits in broodstock red tilapia. Aquaculture Reports, 17, 100328.

Ponzoni, R. W., Nguyen, N. H., & Khaw, H. L. (2019). Reproductive traits of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) in different genetic groups under culture conditions. Aquaculture Genetics, 22(1),.

Ponzoni, R. W., Nguyen, N. H., Khaw, H. L., Hamzah, A., & Yee, H. Y. (2011). Genetic improvement of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) with special reference to the work conducted by the WorldFish Center with the GIFT strain. Reviews in Aquaculture, 3(1.

Rasdi, N. W. M., & Qin, J. G. (2018**).** Copepods as feed for fish larvae: a review. Reviews in Aquaculture, 10(3).

Richmond, Amos. Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phyco. logy
Romand, R., et al. (1992). Skeletal support and fin-ray structure in Oreochromis: morphology and function. Journal of Fish Biology, 40(1).

Romay C., Armesto J., Remirez D., Gonzalez R., Ledon N. and Garcia I. Antioxidantand antiinflammatory properties of C-phycocyanin from blue-green algae. Inflammation Research,
Romay, C., Armesto, J., & Remirez, D, (1998). Antioxidant and anti-inflammatory properties of C-phycocyanin from blue-green algae. *Inflamm Res.*, *47*. http://dx.doi.org/10.1007/s000110050256

Shalaby, A. M., Khattab, Y. A., & Abdel Rahman, A. M. (2006). Effects of garlic (Allium sativum) and chloramphenicol on growth performance, physiological parameters and survival of Nile tilapia (Oreochromis niloticus). Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases, 12(2).

.

Shields, R. J., et al. (2019). Immune benefits of copepod supplementation in early life stage tilapia. Fish & Shellfish Immunology, 95.

Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. Aquaculture, 285(1–4), 146–158. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015

Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2008). Global overview on the use of fishmeal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. Aquaculture, 285(1–4), 14. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015

Tacon, A. G. J., & Metian, M. (2008). Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. Aquaculture, 285(1–4). https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015

Tacon, A. G. J., Hasan, M. R., & Subasinghe, R. P. (2006). Use of fishery resources as feed inputs for aquaculture development: Trends and policy implications. FAO Fisheries Circular No. 1018. FAO, Rome

Tacon, A.G.J. & Jackson, AJ.(1985). Utilisation of conventional and unconventional protein sources in practical fi sh feeds. In: Nutrition and Feeding in Fish (eds C.B. Cowey, A.M. Mackie & J.G. Bell). Academic Press, London.

Tacon, A.G.J., & Metian, M. (2015) Feed Matters : Satisfying

tchoumou, A. (2014). Lipid utilization, protein sparing effects and carbohydrate utilization in aquaculture species. Aquaculture Reports.
the Feed Demand of Aquaculture, *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 23 (1).

Timmons, M. B., & Ebeling, J. M. (2013). Recirculating Aquaculture (2nd ed.). Cayuga Aqua Ventures.

Trewavas, E. (1983). Tilapiine fishes of the genera Tilapia, Sarotherodon, Oreochromis and Danakilia. British Museum (Natural History).

Troell, M. (2000). Integrated aquaculture in tropical regions: Research needs and challenges for the future. Hydrobiologia, 426(1).. https://doi.org/10.1023/A:1003920230887

Références

Ungsethaphand, T., Peerapornpisal, Y., Whangchai, N., & Sardsud, U, (2010). Effect of feeding *Spirulina platensis* on growth and carcass composition of hybrid red tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *O.niloticus*). *Maejo Int. J. Sci. Technol., 4*.

Van-Doan, T., et al. (2021). Sexual dimorphism in Cichlidae: coloration and fin morphology differences between male and female tilapia. Journal of Aquatic Biology, 35(2).

Wu, X., et al. (2020). Morphological characteristics of red tilapia: body form, mouth position and fin structure. Aquaculture Morphology Journal.

Zaouidi et ben salah (2024). Contribution à l'evaluation des effets de alimants sur les indices de croissance chez le tilapia rouge (Oreochromis sp) dans la ferme «Titteri Aquacole»- Médea

Zhou, X., et al. (2023). Role of insects and crustaceans in the diet of juvenile tilapia in natural vs. aquaculture environments. Environmental Aquaculture Research, 48(1).

ANNEXES

Les tableaux statistique

Tableau n° 01 : Tests de normalité

Tests de normalité

	Qualité d'aliment	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
		Statistique	ddl	Signification	Statistique	ddl	Signification
Taille	BE	,118	16	**,200***	,972	16	**,868**
	BF	,119	16	**,200***	,974	16	**,900**
Poids	BE	,155	16	**,200***	,920	16	**,169**
	BF	,166	16	**,200***	,924	16	**,195**
Quantité d'aliment	BE	,160	16	**,200***	,920	16	**,166**
	BF	,166	16	**,200***	,924	16	**,195**

*. Il s'agit d'une borne inférieure de la signification réelle.

a. Correction de signification de Lilliefors

Tableau n°02 : Résultats du test de le vene pour l'homogénéité des variances des variables taille poids et quantité

Test d'homogénéité de la variance

		Statistique de Levene	ddl1	ddl2	Signification
Taille	Basé sur la moyenne	,078	1	30	**,782**
	Basé sur la médiane	,078	1	30	,782
	Basé sur la médiane et avec ddl ajusté	,078	1	29,990	,782
	Basé sur la moyenne tronquée	,078	1	30	,782
Poids	Basé sur la moyenne	,061	1	30	**,807**
	Basé sur la médiane	,026	1	30	,874
	Basé sur la médiane et avec ddl ajusté	,026	1	29,988	,874
	Basé sur la moyenne tronquée	,052	1	30	,822
Quantité d'aliment	Basé sur la moyenne	,063	1	30	**,803**
	Basé sur la médiane	,027	1	30	,872

	Basé sur la médiane et avec ddl ajusté	,027	1	29,989	,872
	Basé sur la moyenne tronquée	,053	1	30	,819

Tableau n° 03: Résultats du test pour échantillons indépendants convernant les variables taille ,poids et quantité d'aliment

Test d'échantillons indépendants

		Test de Levene sur l'égalité des variances		Test-t pour égalité des moyennes					
		F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatérale)	Différence moyenne	Différence écart-type	Intervalle de c de la diff Inférieure
	Hypothèse de variances égales	,078	**,782**	,114	30	**,910**	,07750	,67940	-1,31003
	Hypothèse de variances inégales			,114	29,922	,910	,07750	,67940	-1,31018
	Hypothèse de variances égales	,061	**,807**	,036	30	**,971**	2,29625	63,41336	-127,21111
	Hypothèse de variances inégales			,036	29,994	,971	2,29625	63,41336	-127,21217
	Hypothèse de variances égales	,063	**,803**	,033	30	**,974**	,25375	7,60944	-15,28679
ment	Hypothèse de variances inégales			,033	29,994	,974	,25375	7,60944	-15,28692

Tableau n°04 : Corrélations de spearman entre la taille, le poids et la quantité d'aliment chez le tilapia rouge

Corrélations

			Taille	Poids	Quantité d'aliment
Rho de Spearman	Taille	Coefficient de corrélation	1,000	**,989****	**,989****
		Sig. (bilatérale)	.	**,000**	**,000**
		N	32	32	32
	Poids	Coefficient de corrélation	,989**	1,000	**1,000****
		Sig. (bilatérale)	,000	.	**.**
		N	32	32	32
	Quantité d'aliment	Coefficient de corrélation	,989**	1,000**	1,000
		Sig. (bilatérale)	,000	.	.
		N	32	32	32



.•°✧فإن وُفِقنا، فلنا أجران: أجرُ الاجتهاد وأجرُ التوفيق،

وإن أخطأنا، فلنا أجرُ الاجتهاد، واللهُ وليُّ التوفيق✧°•.

