

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل  
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état  
en Sciences de la Mer**

**Option : Biotechnologie Marine**

**Thème**

**Valorisation des déchets issus de la pêche, après transformation  
par voie Biotechnologique**

Présenté par

**Bensaha Chaima**

**Mezai Lynda**

Soutenues le 24/09/2024

Devant la commission du jury suivant

Mr. ZAGHACH A.		ENSSMAL	Président
Mme. KHELIFA N.		ENSSMAL	Examinatrice
Mme. BOUKHAROUBA A.	MAB	ENSSMAL	Promotrice
Mme. GUEROUMI H.	INGENIEURE	ENSSMAL	Co-promotrice

2023/2024

## Dédicace

À ceux qui illuminent ma vie de leur amour, rappelant que chaque jour est une nouvelle opportunité de croire en ses rêves et d'avancer avec espoir.

Je tiens à dédier ce travail à

Dieu, je rends grâce pour Ta guidance infinie et Ta miséricorde constante, qui ont illuminé mon chemin et enrichi chaque étape de ma vie.

À mon père, dont l'amour et la sagesse ont été les piliers de ma vie, et à ma mère, dont la mémoire continue de guider et d'inspirer chacun de mes pas. Votre amour et votre soutien m'ont donné la force d'aller de l'avant et de réaliser mes rêves. Merci pour tout ce que vous avez fait pour moi, et pour toujours être dans mon cœur.

À ma sœur Narimen, Ranya, Cassina et Fayza, ainsi qu'à mes frères Hamza, Mehdi et Billel : votre présence constante et vos paroles réconfortantes ont été des piliers dans mon parcours. Vous avez été une source inestimable d'énergie et d'inspiration, me permettant de garder le cap même dans les moments difficiles. Votre croyance en mes capacités a été une motivation sans faille. Merci pour votre soutien indéfectible et votre amour.

À Lynda, ma binôme et amie précieuse, pour ton soutien constant et ta collaboration inestimable tout au long de ce voyage. Merci d'avoir partagé cette aventure avec moi.

À Ghada, mon amie précieuse, dont le soutien constant et la bienveillance ont illuminé chaque étape de ce projet. Ta présence et ton aide m'ont été inestimables, et je te suis profondément reconnaissante pour tout ce que tu as fait.

À Fatma et Khadija, vos sourires et votre soutien indéfectible ont été mon ancre et ma source de force. Merci d'avoir embelli chaque étape de mon voyage avec votre chaleur et votre affection sincère.

À Tbtissem, merci pour ton soutien constant et ta présence chaleureuse. Ta gentillesse et ton amitié ont été des piliers essentiels tout au long de ce parcours.

À Safa, Anass, Juba et Nesrine : votre amitié et votre soutien ont été des sources de force et de réconfort tout au long de mon parcours. Merci d'avoir toujours été là pour moi.

À Houda et Sherine, mes amis de vie : votre amitié est une source inestimable de réconfort et de joie. Merci d'avoir été à mes côtés à chaque étape, enrichissant ma vie de votre soutien et de votre affection.

Pour Abderrahmane, Ania et Meryem, merci pour votre soutien chaleureux et constant. Votre aide a fait toute la différence dans ce projet.

À mes camarades, merci pour votre soutien indéfectible et votre camaraderie. Votre présence a été essentielle tout au long de ce voyage, rendant chaque défi plus abordable et chaque succès plus joyeux.

À tous mes enseignants, je vous remercie profondément pour votre guidance, votre patience et votre dévouement. Votre influence et vos encouragements ont été déterminants dans mon parcours et ont façonné ma réussite.

Phaima

## Dédicace

*Je dédie ce travail à mes parents, qui m'ont apporté un soutien tant psychologique que financier. Leur patience et leur foi en ma réussite tant scolaire que personnelle ont été inestimables. Leur amour constant et leur dévouement sans faille ont été les fondations sur lesquelles j'ai pu bâtir ce projet. Chaque sacrifice qu'ils ont fait pour moi, chaque mot d'encouragement et chaque geste de soutien ont eu un impact profond sur mon parcours. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que Dieu leur procure bonne santé et longue vie, en reconnaissance de tout ce qu'ils ont fait pour moi.*

*À ma sœur, Meriem, qui a été un pilier constant tout au long de ma vie. Son soutien inébranlable, sa générosité, ses conseils avisés et son encouragement continu ont été essentiels dans toutes mes décisions et réalisations. Sans elle, ce chemin aurait été bien plus difficile. Chaque moment partagé et chaque geste de soutien ont profondément marqué mon parcours.*

*À ma meilleure amie, Salima, dont le soutien a été une lumière constante tout au long de cette année. Toujours présente, offrant son aide sans cesse et me soutenant à chaque étape. Elle a été une force indispensable dans la réalisation de ce projet. Sans elle, surmonter les défis aurait été bien plus difficile. Chaque moment partagé et chaque geste de soutien ont apporté une énergie positive et un réconfort inestimable, illuminant chaque étape du parcours.*

*À celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de ce projet, Nabil, tu as été un pilier de force et de réconfort. Ton écoute attentive, tes encouragements sincères et incessants et ta foi inconditionnelle en moi ont été des piliers sur lesquels j'ai pu m'appuyer. Chaque étape de ce parcours a été marquée par ton dévouement, transformant les défis en opportunités et les doutes en certitudes.*

*À mon binôme et amie très chère, Shaima, qui a partagé toutes les difficultés avec moi tout au long de ce parcours. Sa compréhension constante, sa capacité à éviter les problèmes et son soutien ont été essentiels. J'ai vraiment apprécié sa façon de rester positive jusqu'à la fin, malgré les défis rencontrés.*

*À mon amie précieuse, Ghada, dont le soutien inébranlable a été une véritable source d'inspiration tout au long de ce parcours. Ta présence chaleureuse et ton optimisme contagieux ont transformé les moments difficiles en instants de clarté et de motivation.*

*À mes amies, Meriem, Sonia, Sbtissam... Fasmine qui ont été une source inestimable de rire et de soutien tout au long de ce parcours. Leur présence et leur amitié ont rendu les défis plus légers et ce voyage bien plus agréable.*

*Et enfin, dédié à tous ceux qui, dans l'ombre, ont souhaité mon succès, offert un mot d'encouragement ou simplement cru en moi. C'est avec une profonde gratitude que je partage cette réalisation avec vous.*

*Lynda*

## Remerciements

À l'Éternel Dieu Tout-Puissant, dont la guidance et la sagesse ont été essentielles pour la réalisation de ce travail. Nous remercions le Créateur des cieux et de la terre, dont la présence constante nous a permis de surmonter les défis rencontrés. Nous exprimons également notre profonde gratitude à nos parents, dont les efforts, sacrifices et soutien inconditionnels ont été le fondement de notre réussite.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche, et n'aurait pas vu le jour sans l'aide et l'encadrement de Mme. BOUKHAROUBA Aya. Nous la remercions vivement pour la qualité exceptionnelle de son encadrement, sa patience, sa rigueur et sa disponibilité tout au long de la préparation de ce mémoire. Elle a su apprécier avec justesse nos difficultés et apaiser nos doutes, en proposant des solutions sans jamais imposer. Nous lui en sommes profondément reconnaissants. Travailler à ses côtés a été un véritable plaisir.

Nous exprimons nos plus vifs remerciements à Mme. Gueroumi Houda, pour son soutien inestimable tout au long de notre travail. Son aide pratique, ses encouragements constants et son soutien moral ont été d'une grande valeur. Toujours disponible pour répondre à nos questions et offrir des conseils judicieux, elle a joué un rôle déterminant dans l'avancement de notre projet. Sa contribution, marquée par une véritable disponibilité et un engagement sans faille, a grandement facilité notre parcours.

Nous remercions sincèrement Mr. Henniche Hassan pour son coup de main, son aide précieuse, ses conseils avisés et ses encouragements constants. Son soutien et ses recommandations ont été d'une grande importance pour la réalisation de ce projet, et nous lui en sommes profondément reconnaissants.

Nous remercions Mr. Zeghache Abdelkader, président de notre jury. Votre engagement, vos observations éclairées et votre expertise ont été des atouts majeurs dans l'élaboration et la réussite de notre projet. Votre soutien et vos conseils précieux ont joué un rôle déterminant dans l'aboutissement de notre travail.

Nous adressons nos remerciements les plus sincères à Mme Khelifa Nadjma, pour avoir généreusement accepté d'examiner notre travail en dépit de ses nombreuses responsabilités. Votre volonté d'investir votre temps précieux et votre regard expert ont été essentiels pour la qualité de notre projet. Votre engagement témoigne de votre dévouement à l'excellence académique, et nous sommes profondément honorées par votre contribution.

Nous tenons également à exprimer notre sincère gratitude à tous nos professeurs, pour leur générosité et leur immense patience, malgré leurs lourdes charges académiques et professionnelles. Nous leur sommes profondément reconnaissants pour leur soutien constant. Nous souhaitons également adresser nos plus chaleureux remerciements à toutes les personnes qui nous ont apporté leur aide et leur soutien, qu'ils soient proches ou éloignés.

## Résumé

Ce projet explore la valorisation des déchets de la pêche, notamment les foies de poissons (espadon, merlan, barracuda) ainsi que des déchets végétaux, pour produire une farine de poisson de haute qualité, 100 % biologique, sans produits chimiques ni conservateurs. En s'appuyant sur des procédés biotechnologiques, trois formulations de farine ont été préparées avec des pourcentages de foie différents (10 %, 25 %, 30 %), afin de répondre aux besoins de l'aquaculture en Algérie et réduire la dépendance aux farines importées.

Des analyses biochimiques et microbiologiques ont révélé des taux élevés en protéines et lipides, tout en attestant de la bonne qualité hygiénique du produit. Les essais sur deux espèces de poissons, les cichlidés africains et les tilapias, ont montré des résultats encourageants, dont une amélioration significative de la croissance, et une intensification de la coloration chez les cichlidés grâce aux pigments naturels présents dans la farine.

L'étude démontre qu'une faible quantité de foie suffit à conserver la richesse nutritionnelle de la farine, minimisant ainsi l'utilisation des déchets. Les résultats confirment le potentiel de cette approche pour optimiser la production aquacole locale et apporter une solution durable au secteur.

## Abstract

This project explores the valorization of fishing waste, in particular fish livers (swordfish, whiting, barracuda) and vegetable wastes, to produce a high-quality, 100% organic fishmeal, without chemicals or preservatives. Using biotechnological processes, three fishmeal samples were prepared with different liver percentages (10 %, 25 %, 30 %), to meet the needs of Algerian aquaculture and reduce dependence on imported fishmeal.

Biochemical and microbiological analyses revealed high levels of protein and lipids, while attesting to the product's good hygienic quality. Trials on two fish species, African cichlids and tilapia, showed encouraging results, including a significant improvement in growth, and intensification of coloration in cichlids thanks to the natural pigments, present in the flour.

The study shows that, even a small amount of liver is enough to preserve the nutritional richness of the meal, thus minimizing the use of waste. The results confirm the potential of this approach, to optimize local aquaculture production and provide a sustainable solution for the sector.

## ملخص

يستكشف هذا المشروع استرجاع بقايا الاسماك المصطادة، ولا سيما كبد الأسماك (سمك أبو سيف، سمك البياض والبارا كودا) وبقايا الخضار، لإنتاج مسحوق سمك عضوي عالي الجودة بنسبة 100% بدون مواد كيميائية أو مواد حافظة. وباستخدام العمليات البيو تكنولوجية، تم تحضير ثلاث عينات من مسحوق السمك بنسب مختلفة من الكبد (10%، 25%، 30%) لتلبية احتياجات تربية الأحياء المائية الجزائرية وتقليل الاعتماد على مسحوق السمك المستورد.

كشفت التحاليل البيوكيميائية والمكروبيولوجية عن مستويات عالية من البروتينات والدهون، مع إثبات الجودة الصحية الجيدة للمنتج. أظهرت التجارب على نوعين من الأسماك، البلطي الأفريقي والبلطي، نتائج مشجعة، بما في ذلك تحسن كبير في النمو وتكثيف التلوين في أسماك البلطي بفضل الأصباغ الطبيعية الموجودة في مسحوق السمك. أظهرت الدراسة أن كمية صغيرة من الكبد كافية للحفاظ على الثراء الغذائي للجودة، مما يقلل من استخدام بقايا وتؤكد النتائج قدرة هذا النهج على تحسين إنتاج في تربية الأحياء المائية المحلي وتوفير حل مستدام للقطاع.

## Table des matières

INTRODUCTION	01
ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE	06
CHAPITRE I. Généralités	06
1. Sécurité alimentaire	06
2. L'aquaculture	07
2.1. Définition de l'aquaculture	07
2.2. Les objectifs de l'aquaculture	07
2.3. L'aquaculture dans le monde	07
2.4. Aquaculture et activités halieutiques en Algérie	08
3. Les aliments aquatiques	10
3.1. La nourriture vivante pour poissons	10
3.2. L'alimentation sèche pour les poissons d'eau douce	11
4. La Biotechnologie Marine	12
5. Valorisation des déchets de la pêche par la biotechnologie pour l'alimentation aquacole	12
5.2. Valorisation des coproduits de poissons	13
5.3. Voies de valorisation des coproduits et produits dérivés	16
5.4. Utilisation de coproduits de poisson	16
5.5. Conditions d'utilisation des coproduits de poisson	18
5.6. Importance et valorisation des coproduits	18
5.7. Transformations des sous-produits en huile et en farine de poisson	18
5.8. Le marché de la farine et de l'huile de poisson	19
5.9. Principales caractéristiques analytiques de la farine de poisson	20
5.9. Les facteurs déterminants la qualité de la farine de poisson	20
CHAPITRE II. Biologie des espèces étudiées	23
1. Les cichlidés	23
1.1. Le Tilapia	23
1.2. Les cichlidés africains	26
2. Espadon ( <i>Xiphias gladius</i> )	30
2.1. Distribution géographique	31
2.2. La composition du foie de l'espadon	31
3. Merlan ( <i>Merluccius merluccius</i> )	31
3.1. Distribution géographique	32

3.2. La composition de foie de merlan	32
4. Barracuda ( <i>Sphyraena barracuda</i> )	33
4.1. Distribution géographique	34
4.2. La composition du foie de barracuda	34
MATERIELS ET METHODES	37
1. Objectif de l'étude	37
2. Matériel	37
2.1. Matériel biologique	37
2.2. Matériel non biologique	38
3. Méthodes	40
3.1. Collecte et échantillonnage	40
3.2. Préparation de la farine de poisson	41
4. Analyses biochimiques de la farine de poisson	45
4.1. Détermination de la teneur en eau	45
4.2. Détermination des cendres brutes	47
4.3. Détermination de la teneur en lipides totaux	47
4.4. Détermination des Matières Azotées Totales (MAT)	49
5. Analyses microbiologiques	52
5.1. Protocoles d'analyse	53
6. Stabilité du produit et durée de conservation de l'aliment	60
6.1. Stabilité du produit, sans procédé thermique préalable	60
6.2. Stabilité du produit, après tyndallisation	60
7. Impacte de la farine produite sur le comportement et le développement des poissons	61
7.1. Procédure expérimentale	61
7.2. L'alimentation	63
7.3. Suivi de l'expérimentation	63
RESULTATS ET DISCUSSION	66
1. Résultats des analyses physico-chimique de la farine de poisson	66
1.1. Teneur en humidité	66
1.2. Teneur en cendres	68
1.3. Teneur en protéines	69
1.4. Teneur en matière grasse	70
1.5. Discussion comparative de nos résultats par rapport aux normes littéraires	71

1.6. Caractérisation nutritionnelle et potentiel d'utilisation de farines issues de la bio-revalorisation	72
2. Résultats des Analyses microbiologiques	73
2.1. Flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT)	73
2.2. Levures et moisissures	74
2.3. Coliformes fécaux	75
2.4. <i>Staphylococcus aureus</i>	76
2.5. <i>Salmonella</i>	78
2.6. <i>Clostridium</i> sulfito-réducteur	78
2.7. Les vibrions	79
2.8. <i>Listeria monocytogenes</i>	80
3. Stabilité du produit et durée de conservation de l'aliment	81
4. Adaptation des poissons au nouvel environnement	81
5. L'acceptabilité de l'aliment par les poissons	82
6. Impact des différentes formulations de farine sur la couleur des poissons	82
7. Impact des différentes formulations de farine sur la croissance des poissons	83
7.1. Impact sur la taille des poissons	84
7.2. L'impact sur le poids des poissons	88
8. Analyse des facteurs déterminants de la croissance en poids et en taille des poissons	93
9. Etude statistique : méthode taille-poids	93
DISCUSSION GENERALE	99
CONCLUSION	102
PERSPECTIVES	105
BIBLIOGRAPHIE	108
ANNEXES	113

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.</b> Principales espèces de poissons exploitées en Algérie	10
<b>Tableau II.</b> Sous-produits de poisson par type de transformation	14
<b>Tableau III.</b> Utilisation potentielle des coproduits des poissons	17
<b>Tableau IV.</b> Valeurs indicatives d'une farine de poisson	20
<b>Tableau V.</b> La position systématique de Tilapia du Nil <i>Oreochromis niloticus</i>	25
<b>Tableau VI.</b> La position systématique de <i>Neolamprologus mustax</i> .	27
<b>Tableau VII.</b> La position systématique de <i>Nimbochromis venustus</i> .	29
<b>Tableau VIII.</b> La position systématique de <i>Xiphias gladius</i>	30
<b>Tableau IX.</b> La position systématique de <i>Merluccius merluccius</i>	32
<b>Tableau X.</b> La position systématique de <i>Sphyraena barracuda</i>	34
<b>Tableau XI.</b> Matériel de laboratoire, incluant outils, appareillages et réactifs	38
<b>Tableau XII.</b> Répartition en pourcentage des ingrédients pour la préparation de l'aliment de poisson	44
<b>Tableau XIII.</b> La composition des végétaux 01 et 02 (PATRICK, 2020)	44
<b>Tableau XIV.</b> Résultats de l'identification présomptive sur le milieu TCBS	60
<b>Tableau XV.</b> Résultats des analyses physico-chimiques des 3 compositions de farine	66

## Liste des figures

<b>Figure 1.</b> Production halieutique et aquatique mondiale	09
<b>Figure 2.</b> Marchés potentiels pour les coproduits et leur capacité, ainsi que leur niveau de valeur ajoutée à la matière première	17
<b>Figure 3.</b> Taille du marché de la farine et de l'huile de poisson	20
<b>Figure 4.</b> Photographie de l'espèce ( <i>Neolamprologus mustax</i> ) de cichlidés africains	27
<b>Figure 5.</b> Photographie de l'espèce ( <i>Nimbochromis venustus</i> ) de cichlidés africains	28
<b>Figure 6.</b> Dessin d'un espadon ( <i>Xiphias gladius</i> ) adulte	30
<b>Figure 7.</b> <i>Merluccius merluccius</i>	31
<b>Figure 8.</b> Grand barracuda, <i>Sphyraena barracuda</i>	33
<b>Figure 9.</b> La localisation de la pépinière Garden située à Cheraga	38
<b>Figure 10.</b> Localisation de la poissonnerie BOUBAKRIA à Constantine	41
<b>Figure 11.</b> Localisation de la poissonnerie la diva a Ben Aknoun Alger	41
<b>Figure 12.</b> Photographie de l'étape de nettoyage de foie de poisson	42
<b>Figure 13.</b> Photographie de l'étape de la cuisson	42
<b>Figure 14.</b> Photographie de l'étape de pressage	43
<b>Figure 15.</b> Photographie de l'étape de séchage de matière solide	43
<b>Figure 16.</b> Photographie de l'étape de broyage et stockage	43
<b>Figure 17.</b> Photographie de l'étape de pesage de l'échantillon	45
<b>Figure 18.</b> Photographie de l'étape de séchage de l'échantillon	46
<b>Figure 19.</b> Photographie de l'étape de la mise des creusets dans le dessiccateur	46
<b>Figure 20.</b> Appareil de Soxhlet pour l'extraction des lipides	48
<b>Figure 21.</b> Séchage des ballons dans l'étuve	48
<b>Figure 22.</b> Le rotavapeur	49
<b>Figure 23.</b> Le digesteur (Appareil de minéralisation)	50
<b>Figure 24.</b> Montage de l'appareil de distillation	51
<b>Figure 25.</b> Titration par H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	51
<b>Figure 26.</b> Avant le titrage avec H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	51
<b>Figure 27.</b> Après le titrage avec H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	52
<b>Figure 28.</b> Schéma des étapes de dénombrement de la Flore Mésophile Aérobie Totale	54
<b>Figure 29.</b> Photographie des bassins expérimentaux	63

<b>Figure 30.</b> Prise de taille des poissons	64
<b>Figure 31.</b> Prise de poids des poissons	64
<b>Figure 32.</b> Résultats de la détermination de la teneur en eau (humidité)	67
<b>Figure 33.</b> Résultats de la détermination de la teneur en cendre	68
<b>Figure 34.</b> Taux en protéines des 3 compositions de farine	69
<b>Figure 35.</b> Teneur en matière grasse des différentes 3 compositions de farine	70
<b>Figure 36.</b> Comparaison de la composition des 3 compositions de farine, avec d'autres aliments et des normes de la littérature	71
<b>Figure 37.</b> Dénombrement de la flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT)	74
<b>Figure 38.</b> Dénombrement de levures et moisissures	74
<b>Figure 39.</b> Recherche et dénombrement des coliformes fécaux en milieu liquide	75
<b>Figure 40.</b> Recherche et dénombrement des coliformes fécaux sur milieux solide et liquide	75
<b>Figure 41.</b> Recherche et dénombrement de <i>Staphylocoques aureus</i>	76
<b>Figure 42.</b> Isolement par triple strie	77
<b>Figure 43.</b> Résultat coloration de Gram	77
<b>Figure 44.</b> Résultat de recherche des Salmonella sur la gélose SS et Hektoen	78
<b>Figure 45.</b> Résultat de recherche des spores de <i>Clostridium</i> sulfito-réducteur montrant l'absence de croissance	79
<b>Figure 46.</b> Résultat de recherche des vibrions	79
<b>Figure 47.</b> Isolement sur milieu TCBS	80
<b>Figure 48.</b> Photographies des poissons, montrant les variations de couleur après consommation des différents aliments	83
<b>Figure 49.</b> Évolution de la taille moyenne des poissons de l'aquarium 1	84
<b>Figure 50.</b> Évolution de la taille moyenne des poissons de l'aquarium 2	85
<b>Figure 51.</b> Évolution de la taille moyenne des poissons de l'aquarium 3	86
<b>Figure 52.</b> Analyse comparative de l'évolution de la taille moyenne des poissons entre les 3 aquariums	87
<b>Figure 53.</b> Évolution du poids moyen des poissons de l'aquarium 1	89
<b>Figure 54.</b> Évolution du poids moyen des poissons de l'aquarium 2	90
<b>Figure 55.</b> Évolution du poids moyen des poissons de l'aquarium 3	91
<b>Figure 56.</b> Analyse comparative de l'évolution du poids moyen des poissons entre les 3 aquariums	92

- Figure 57.** Évolution des individus cichlidés africains de l'aquarium N° 1 (*N. mustax*) et (*N. venustus*), en fonction de la taille totale (LT) et le poids totale (PT) 94
- Figure 58.** Évolution des individus cichlidés africains de l'aquarium 02 (*N. mustax*) et (*N. venustus*), en fonction de la taille totale (LT) et du poids totale (PT) 95
- Figure 59.** Évolution des individus de l'aquarium N°3 (*Oreochromis niloticus*), en fonction de la taille totale (LT) et du poids totale (PT) 96

## Liste des abréviations

3R : Réduction, Recyclage, Réutilisation

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie

ALOA : Agar Listeria Oligochaeta Actidione

ASR : Clostridium Sulfito-réducteurs

b : Coefficient d'allométrie

BF : Le Bouillon de Fraser-demi

BLBVB : Le Bouillon Lactosé Bilié au Vert Brillant

CaSO<sub>4</sub> : Sulfate de Calcium

C : Cendre

CE : Communauté Européenne

cm : centimètres

cm<sup>2</sup> : centimètre carré

CO<sub>2</sub> : Dioxyde de Carbone

D : Densité

DHA : Acide Docosahexaénoïque

°C : Degré(s) Celsius

EPT : Eau Peptonée Tamponnée

EPA : Acide Eicosapentaénoïque

ENSSMAL : L'école Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

EPSA : Eau Peptonée Salée Alcaline

FAO : *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture- ONUAA)

FAMT : Flore Aérobie Mésophile Totale

g : grammes

GIEC : Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

GN : Gélose Nutritive

GO : Gélose Oxydée

H : heure

H : Humidité

H<sub>2</sub>O : L'eau

H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> : Peroxyde d'Hydrogène

H<sub>2</sub>S : Sulfures d'Hydrogène

H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : L'acide Sulfurique

H : Hypothèse

Ifremer : L'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer

Kg : Kilogrammes

K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : Sulfate de Potassium

Kcal : Kilocalories

L : Lipide

l : Litre

L'ONU : L'Organisation des Nations Unies

LS : Longueur Standard

Lt : Longueur totale

MAT : Matières Azotées Totales

mg : milligrammes

MG : Matière Grasse

min : Minute

ml : Millilitres

mm : Millimètres

N : L'azote

N : Nord

N : Normalité

NPP : Nombre le Plus Probable

O<sub>2</sub> : Dioxygène

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques

ODD : Objectif du Développement Durable

PALCAM : Polymyxin, Acriflavine, Lithium Chloride, Ceftazidime, and Mannitol

PCA : Plate Count Agar

P : Protéine

Ph : Potentiel d'hydrogène

Pt : Poids total

S : Sud

S.S : Milieu de culture *Salmonella-Shigella*

Se : Sélénium

SFB : Séléniat Fongistatique Bactériologique

SOFI : State of Food Security and Nutrition in the World

T° : Température

TCBS : Milieu Thiosulfate, Citrate, Bile, Saccharose

Théo : T théorique

t : Test de student

Tobs : T observé

TTC : Thiosulfate-Citrate-Bile-Sucrose

UFC : Unités Formant Colonies

V : Volume

VF : Viande Foie

# **INTRODUCTION**

## INTRODUCTION

---

Le rapport annuel de la State of Food Security and Nutrition in the World (SOFI) et de l'Organisation des Nations Unies (ONU) a mis en lumière une alarmante progression du nombre de personnes souffrant de la faim dans le monde depuis 2014, accentuée par la pandémie de Covid- 19 en 2020 qui a porté ce chiffre à 768 millions. En parallèle, 2 milliards de personnes font face à une alimentation déséquilibrée, contribuant à l'obésité et à diverses maladies métaboliques. Ces défis alimentaires sont exacerbés par les projections démographiques, avec une population mondiale attendue à 9.7 milliards en 2050. Face à cela, la recherche s'emploie depuis plusieurs années à comprendre et à transformer les systèmes agricoles et alimentaires, nécessitant des solutions durables et multifactorielles (INRAE, 2023).

L'aquaculture se positionne comme une réponse essentielle aux défis croissants de la sécurité alimentaire mondiale, en produisant de manière contrôlée et durable des poissons, crustacés et mollusques. La production record d'aliments aquatiques en 2021, atteignant 162.5 millions de tonnes, met en évidence son potentiel pour lutter contre l'insécurité alimentaire et la malnutrition (FAO, 2024). Cette production, qui a stimulé la consommation, a presque doublé depuis 1961, avec une consommation annuelle par habitant passant de 9.1 kg à 20.7 kg en 2022 (FAO, 2024).

De cette production totale, 89 % étaient destinés à la consommation humaine directe, démontrant le rôle crucial de la pêche et de l'aquaculture dans le maintien de la sécurité alimentaire mondiale. Les 11 % restants ont été utilisés pour des usages indirects ou non alimentaires, principalement la fabrication de farine et d'huile de poisson (FAO, 2024).

De ce fait, encourager une consommation accrue de sources durables est essentiel pour promouvoir des régimes alimentaires sains et préserver les ressources marines. En effet, les aliments aquatiques fournissent 15 % des protéines animales et 6 % des protéines totales mondiales, ainsi que des nutriments essentiels comme les acides gras oméga 3, les minéraux et les vitamines, contribuant significativement aux disponibilités en protéines par habitant et bénéficiant à 3.2 milliards de personnes en 2021 (FAO, 2024).

Il est vrai que l'aquaculture est confrontée à des défis importants, notamment en ce qui concerne la sécurité alimentaire des poissons. Actuellement, une grande partie de la farine utilisée dans l'alimentation des poissons est importée, ce qui peut poser des problèmes de durabilité et de coût. Cependant, plusieurs perspectives existent pour résoudre ce problème, notamment grâce à des procédés de biotechnologies.

## INTRODUCTION

---

Notre travail vise à valoriser les déchets de la pêche localement pour produire des aliments pour l'aquaculture à moindre coût. Cette approche permet non seulement de réduire la dépendance aux importations, mais contribue aussi à la durabilité environnementale en minimisant les déchets et en préservant les ressources locales en eau. En utilisant des procédés biotechnologiques avancés, nous cherchons à optimiser cette transformation des déchets en une source nutritive pour les poissons, tout en soutenant le développement économique des communautés locales.

Notre initiative de production locale de farine de poisson présente plusieurs avantages significatifs. Tout d'abord, en utilisant des déchets de pêche locaux, nous réduisons considérablement les coûts de production. Cela permet non seulement de rendre notre farine de poisson plus abordable, mais aussi de minimiser l'impact environnemental en réutilisant des ressources locales précédemment considérées comme des déchets.

De plus, en produisant localement, nous améliorons l'accessibilité à la farine de poisson pour les acteurs locaux de l'aquaculture. Cela facilite non seulement l'approvisionnement en une ressource cruciale pour l'alimentation des poissons, mais aussi soutient la sécurité alimentaire dans la région en offrant une source fiable et durable de nutrition pour les élevages aquacoles.

Enfin, notre approche favorise la disponibilité continue de la farine de poisson, renforçant ainsi la résilience des communautés locales face aux fluctuations du marché mondial et aux interruptions potentielles des chaînes d'approvisionnement. Cela contribue à stabiliser et à soutenir économiquement les opérations d'aquaculture locales, tout en promouvant des pratiques durables et éco-responsables.

Ce travail de fin d'étude vise à élaborer de la farine de poisson à partir de foie d'espadon, merlan et de barracuda

Cette étude a comme objectif spécifique :

- Mettre en place un procédé biotechnologique pour la biotransformation et la valorisation des déchets issus de la pêche en farine de poisson.
- Analyser les avantages économiques et environnementaux de cette méthode de biovalorisation.
- Effectuer des analyses microbiologiques et physicochimiques pour évaluer la qualité hygiénique, ainsi que les valeurs nutritives de la farine de poisson produite.

## INTRODUCTION

---

- Comparer les résultats avec les normes de sécurité alimentaire de rigueur.
- Réaliser des essais d'alimentation pour évaluer l'impact de la farine de poisson sur la croissance et la santé des espèces de poissons sélectionnées.
- Surveiller le développement des poissons nourris avec la farine de poisson sur une période de 42 jours, et analyser l'impact de cette dernière sur leur croissance, leur comportement ainsi que leurs performances, par rapport aux farines industrielles.
- Analyser l'efficacité économique de l'utilisation de la farine de poisson dans l'aquaculture par rapport aux méthodes traditionnelles.

**ETUDE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

# **CHAPITRE I**

## **Généralités**

**1. Sécurité alimentaire**

Selon l'ONU, le 13 juillet 2020, dans son rapport annuel SOFI, il a été signalé que le nombre de personnes qui souffrent de la faim dans le monde a repris sa croissance depuis 2014. Cela a entraîné un écart dans la réalisation du deuxième Objectif du Développement Durable (ODD), à savoir « Faim zéro ». Selon le même rapport, en 2021, la pandémie de Covid-19 avait aggravé la situation, entraînant une augmentation du nombre de personnes souffrant de la faim dans le monde (insuffisance énergétique modérée ou sévère) de 650 millions en 2019 à 768 millions en 2020. En plus de ces populations souffrant de sous-alimentation, on compte également actuellement 2 milliards de personnes qui ont une alimentation déséquilibrée, caractérisée par une consommation excessive de calories et de certains nutriments (sel, sucre, matières grasses...), entraînant ainsi une augmentation du poids et de l'obésité, responsables en grande partie de différentes affections métaboliques telles que l'hypertension, le diabète, et certains cancers (INRAE, 2020–2024).

Entre 2015 et 2022, les données montrent une évolution préoccupante de l'insécurité alimentaire grave à travers le monde. En 2022, près d'une personne sur neuf (901 millions de personnes) ont affirmé être touchées par cette situation en 2022, ce qui représente une augmentation importante par rapport aux années précédentes. L'Afrique, où plus d'une personne sur cinq (343 millions) gravement touchée par l'insécurité alimentaire, a été particulièrement affectée par cette crise alimentaire, tout comme l'Asie (457 millions) (Materne Maetz, 2023).

En dépit des avancées réalisées depuis les années 2000, la malnutrition chez les enfants reste un défi majeur pour la santé publique mondiale. En 2022, un taux de retard de croissance de près de 148 millions d'enfants de moins de 5 ans (22 %) était au-dessus de l'objectif fixé pour 2030. En outre, 45 millions d'enfants présentaient une émaciation, ce qui représente le double de l'objectif. Ces informations mettent en évidence l'importance de renforcer les efforts afin d'assurer une alimentation appropriée à tous les enfants (Materne Maetz, 2023).

Bien que ces chiffres puissent susciter de la crainte, alors que les prévisions démographiques prévoient 9.7 milliards d'habitants sur la planète en 2050, la recherche s'engage depuis de nombreuses années à approfondir les connaissances face à un défi qui dépasse largement la question des quantités à produire, afin d'interroger, avec les stratégies géopolitiques, les systèmes agricoles et alimentaires dans leur ensemble. Un défi pour lequel les réponses doivent être élaborées dans le temps et en utilisant de multiples moyens d'action (INRAE, 2020–2024).

Comme de nombreux autres pays du monde, l'Algérie fera face à un défi crucial en matière de sécurité alimentaire d'ici 2050, car elle pourrait compter une population de 60 Millions, une population rurale en baisse à 10.5 millions en 2030 et 8.9 millions en 2050, une augmentation de la température moyenne annuelle  $+0.02$  °C/an dans la partie occidentale du pays et de  $+0.04$  °C/an dans la partie orientale, et dans le même temps une diminution de 0.5 à 1.5 mm/an des précipitations moyennes annuelles dans la partie septentrionale du pays (GIEC), voire ses réserves fossiles s'épuiser, avec un recours à l'importation de l'énergie et son rationnement (Ferroukhi, 2021).

Face à tous ces défis, il est essentiel d'effectuer une transformation profonde et durable du système alimentaire algérien. Le renforcement de la production agricole nationale, l'amélioration de la gestion des ressources en eau, la réduction des pertes et des gaspillages alimentaires, la promotion d'une alimentation saine et équilibrée, l'investissement dans la recherche et le développement, ainsi que le renforcement de la gouvernance et des partenariats doivent être des principes essentiels de cette transformation.

L'agriculture aquatique, l'élevage de poissons et d'autres animaux aquatiques, joue un rôle essentiel dans l'amélioration de la sécurité alimentaire en Algérie. Effectivement, cela favorise une augmentation de la production de protéines animales de qualité supérieure, une diversification des sources alimentaires, la création d'emplois et de revenus, une amélioration de la nutrition et la préservation des ressources naturelles.

## **2. L'aquaculture**

### **2.1. Définition de l'aquaculture**

L'aquaculture est définie comme la production de poissons, de mollusques, de crustacés et d'algues, pratiquée dans des systèmes intensifs ou extensifs. La notion d'aquaculture désigne diverses méthodes de culture de plantes et d'élevage d'animaux dans des eaux continentales, côtières et maritimes, qui permettent l'utilisation et la production d'espèces animales et végétales variées (Benidiri, 2017).

### **2.2. Les objectifs de l'aquaculture**

L'aquaculture a pour objectif principal de produire des aliments riches en protéines à partir d'écosystèmes aquatiques, qu'ils soient naturels ou artificiels, afin de répondre aux besoins alimentaires humains. Elle vise à fournir des protéines animales essentielles, comme les oméga 3 et 6, et à améliorer l'accès à ces ressources dans les régions défavorisées, notamment en Afrique subsaharienne. En plus de créer des millions d'emplois, elle représente une solution

alternative pour les pays touchés par des crises dans le secteur de la pêche, en valorisant les ressources halieutiques. Elle s'intègre dans l'agriculture, favorise l'écotourisme et valorise les sous-produits comme les déchets de production. Les objectifs varient selon les régions : dans les pays développés, elle répond à la demande de produits aquatiques de haute valeur, tandis que dans les pays en développement, elle compense le manque de protéines animales, dû à des problèmes comme la surpopulation ou encore la dégradation des terres (Hafsaoui, 2020).

### 2.3. L'aquaculture dans le monde

En Afrique, en Amériques et en Europe, l'aquaculture représentait 17 à 18 % de la production totale de poisson et 12.8 % en Océanie. La part de l'aquaculture dans la production de poisson en Asie (hors Chine) est passée de 19.3 % en 2000 à 40.6 % en 2016. Durant cette période, 37 pays à travers le monde à l'exception de l'Océanie, élevaient plus de poissons qu'ils n'en capturent, couvrant presque la moitié de la population mondiale. De plus, l'aquaculture assurait de 30 à 50 % de la production nationale de poisson dans 22 autres pays (FAO, 2018).

#### 2.3.1. Production aquacole

En 2016, la production aquacole mondiale (y compris la culture de plantes aquatiques) s'élevait à 110.2 millions de tonnes. La production totale se décomposait comme suit : 80.0 millions de tonnes de poisson de consommation ; 30.1 millions de tonnes de plantes aquatiques et 37 900 tonnes de produits non alimentaires. La contribution de l'aquaculture à la production mondiale cumulée de la pêche de capture et de l'aquaculture n'a cessé d'augmenter ; elle est passée de 25.7 % en 2000 à 46.8 % en 2016. L'essor de l'élevage d'espèces d'animaux aquatiques dont on fournit l'alimentation l'a emporté sur celui des espèces non nourries dans l'aquaculture mondiale. La part des espèces non nourries dans la production totale d'animaux aquatiques a diminué progressivement de 10 points entre 2000 et 2016, pour atteindre 30.5 % (FAO, 2018).

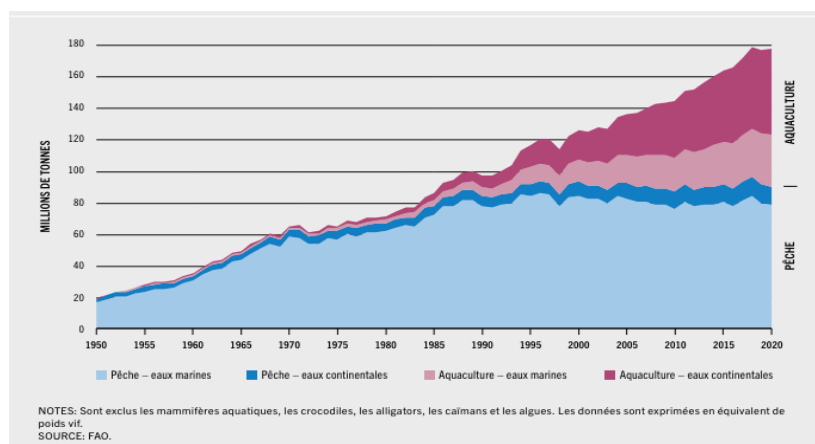


Figure 1. Production halieutique et aquatique mondiale (FAO, 2022)

## 2.4. Aquaculture et activités halieutiques en Algérie

L'aquaculture en Algérie est une activité relativement récente, remontant à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle avec les premières tentatives en 1880 à l'embouchure d'Arzew, d'après le biologiste français Novella (FAO, 2004). Son développement a suivi plusieurs étapes clés : la création de la station d'aquaculture de Bousmail en 1921 pour étudier les sites favorables à la conchyliculture et à la pisciculture, la fondation de stations d'alevinage et d'écloseries dans les décennies suivantes, et la valorisation des infrastructures hydriques par la pisciculture en 1991 (Ministère de la pêche, 2005). En 2000, la création d'un comité national sur l'aquaculture a abouti à l'établissement d'un plan national pour une meilleure exploitation des ressources aquatiques à travers le pays, y compris dans les régions sahariennes (Abed et Beloufa, 2019).

Les activités halieutiques et aquacoles en Algérie connaissent actuellement une forte croissance grâce à divers projets de développement et à l'implication d'opérateurs privés. La production se diversifie avec la pisciculture marine en bassins et cages flottantes, la conchyliculture produisant des moules et huîtres, ainsi que la pêche continentale dans les barrages et retenues collinaires pour des espèces comme la carpe, le sandre et le black bass. L'intégration de la pisciculture dans l'agriculture, notamment avec le Tilapia, est également en plein essor. Dans l'Est du pays, la pêche lagunaire en eau saumâtre et douce permet la capture de diverses espèces, telles que la dorade royale, l'anguille, et la crevette, tout en préservant les zones protégées (Abed et Beloufa, 2019).

**Tableau I.** Principales espèces de poissons exploitées en Algérie (Echikh et Karali, 2004)

Espèce	Nature de milieu	Régime alimentaire	Origine
Carpe commune <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	Eau douce	Omnivore	Chine
Carpe royale	Eau douce	Omnivore	Chine
Carpe herbivore	Eau douce	Herbivore	Chine
Barbeau ( <i>Barbus barbus</i> )	Eau douce	Omnivore	Autochtone
Anguille ( <i>Anguilla anguilla</i> )	Eau saumâtre	Carnivore	Autochtone
Mulet ( <i>Semotilus orpolaris</i> )	Eau saumâtre	Herbivore	Autochtone
Tilapia ( <i>oreochromis niloticus</i> )	Eau douce	Microphage	Nil (Egypte)

Loup ( <i>Anarhichas lupus</i> )	Eau de mer	Carnivore	Autochtone
Truite ( <i>salmo trutta</i> )	Eau douce	Carnivore	Autochtone
Sandre ( <i>Sander lucioperca</i> )	Eau douce	Carnivore	Hongrie
Dorade ( <i>Sparus aurata</i> )	Eau de mer	Carnivore	Autochtone
Gardon ( <i>Rutilus rutilus</i> )	Eau douce	Carnivore	Autochtone
Poisson chat ( <i>ameiurus melas</i> )	Eau douce	Carnassier	Europe
Huître ( <i>Ostrea angasi</i> )	Eau de mer	Eau de mer	Autochtone

**3. Les aliments aquatiques**

**3.1. La nourriture vivante pour poissons**

La nourriture vivante pour poissons est, comme son nom l'indique, une nourriture vivante. Elle offre de multiples avantages ; notamment le fait que ce soit l'un des produits les plus riches en nutriments pour les poissons, en plus se sont ceux qui suscitent le plus l'appétit et l'instinct des poissons. Cependant, ce genre de nourriture a quelques inconvénients, car il est nécessaire de la stocker (ou de la fabriquer), en plus, elle est plus chère que la nourriture sèche.

**3.2. L'alimentation sèche pour les poissons d'eau douce**

**3.2.1. Les aliments en flocons pour les poissons**

La préparation en flocons pour les poissons d'aquarium est très prisée en raison de sa facilité d'utilisation et de sa teneur en nutriments élevée, elle est idéale pour les poissons d'eau douce de surface et de pleine eau.

Facile à transporter, elle renferme tous les éléments indispensables à la croissance des poissons. Aussi, elle est facile à digérer et ne pollue pas l'eau. Disponible dans diverses variétés, elle satisfait les exigences particulières de chaque poisson.

Cependant, elle flotte à la surface et n'est donc pas adaptée aux poissons de fond. Il est essentiel de l'associer à d'autres aliments afin de créer une alimentation diversifiée.

### **3.2.2. La nourriture en granulés pour poissons**

Les granulés de nourriture pour poissons d'eau douce sont plus ou moins semblables aux flocons. C'est une nourriture déshydratée qui apporte tous les nutriments nécessaires aux poissons au quotidien.

Toutefois, les granulés de nourriture ont certaines spécificités pour les poissons. En effet, souvent, quelques granulés se déplacent et d'autres se déversent. Cela encourage la consommation de poissons, mais surtout permet d'accéder à la fois aux poissons de fond et aux poissons de surface. On peut également déterminer s'ils sont constitués de végétaux (vert) ou de matières animales (rouge) en se basant sur la couleur des granulés.

Le granulé de nourriture pour poissons est aussi : à prix abordable, facile à utiliser et offre l'avantage d'être comestible pour une grande variété d'espèces.

Il s'agit d'un aliment qui convient à tous les poissons. Enfin, la taille des granulés sera tout de même à considérer, car il est nécessaire que ces derniers soient adaptés à la taille de la bouche des poissons. De cette façon, ils ne seront pas ingérés en trop grande quantité et ne contamineront pas l'aquarium, ce qui pourrait avoir un impact sur les niveaux d'eau.

### **3.2.3. La nourriture en pastilles pour poissons**

La nourriture en pastilles pour poissons est très similaire aux granulés, du point de vue nutrition. Toutefois, les poissons ne pourront pas consommer la pastille en une seule fois. Ils devront y retourner à plusieurs reprises avant qu'elle se décompose progressivement.

La majorité des pastilles sont parfaitement absorbées par les poissons, ce qui signifie qu'elles ne polluent pas l'eau. En outre, la plupart sont dépourvues de phosphate, ce qui évite d'alimenter les algues en cas de présence de restes. Ainsi, la nourriture en pastille est idéale pour les poissons de fond.

Comme nous l'avons vu, l'alimentation des poissons d'aquarium est un sujet crucial pour leur santé et leur bien-être. Si les flocons, les légumes et les fruits constituent des options populaires, la biotechnologie offre des perspectives innovantes pour améliorer encore la nutrition de ces animaux.

## **4. La biotechnologie marine**

Selon l'OCDE, les biotechnologies se définissent comme « le recours aux sciences et aux techniques sur des organismes vivants afin de modifier les matériaux vivants ou non, dans le but de générer des connaissances, des biens ou des services » (Catherine et al., 2015).

Quant à la biotechnologie marine, elle est qualifiée comme étant « l'utilisation des bioressources marines en tant que cibles ou sources d'applications biotechnologiques ». De nombreux domaines d'application peuvent donc être couverts par la biotechnologie marine, tels que la santé, la nutrition, l'agriculture, la cosmétique, l'énergie, les procédés industriels, l'environnement et l'aquaculture (Catherine et al., 2015).

### **5. Valorisation des déchets de la pêche par la biotechnologie pour l'alimentation aquacole**

La biotechnologie est essentielle dans la mise en valeur des déchets de la pêche afin de produire de la farine de poisson destinée à l'aquaculture. On transforme les déchets de la pêche, tels que les têtes, les arêtes, les viscères (foie) et les écailles, en produits de grande valeur ajoutée à l'aide de procédés biotechnologiques. Par exemple, l'hydrolyse enzymatique décompose les protéines des déchets en peptides et en acides aminés, ce qui donne naissance à des hydrolysats de protéines de poisson très faciles à digérer. De la même manière, la fermentation microbienne permet de dégrader ces déchets, donnant ainsi une biomasse qui contient des protéines et des nutriments indispensables. Ces méthodes permettent de produire une farine de poisson riche en nutriments, ce qui favorise la croissance et la santé des poissons en aquaculture.

La mise en valeur des déchets par ce processus diminue le gaspillage, mais contribue également à la durabilité par son impact positif sur l'environnement.

Bien que les domaines de la biotechnologie et de la valorisation des produits de la mer soient distincts, ils peuvent s'associer pour proposer des solutions novatrices et durables pour l'aquariophilie afin de renforcer l'efficacité économique de l'industrie aquacole.

#### **5.1. Valorisation des coproduit de poissons**

##### **5.1.1. Coproduits halieutiques**

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) définit un sous-produit comme un produit résiduel qui se forme lors de la production ou de la distribution d'un produit final (Idrissbacha, 2023). Il n'est ni intentionnel ni prévisible, mais plutôt accidentel. Il peut être utilisé directement, ou servir d'ingrédient dans un autre processus de production en vue de la création d'un autre produit final (ADEME, 2000).

Ces dernières vingt années, les sociétés de transformation de produits marins ont peu à peu compris que les déchets produits par leurs activités, autrefois perçus comme des dépenses,

pourraient être valorisés et utilisés comme des coproduits de qualité. Ces coproduits se transforment ainsi en une ressource essentielle pour des activités futures, c'est-à-dire « la matière première d'une activité en aval » (Le Floc'h et al., 2011).

Les sous-produits, les captures accessoires, les rejets et les invendus font partie de ces coproduits. Ce sont surtout les parties de poissons ou de crustacés (peau, arêtes, tête, viscères) qui ne sont pas habituellement consommées de façon traditionnelle, mais qui peuvent être récupérées et utilisées après un traitement de transformation. Ces coproduits sont issus de diverses étapes, comme le filetage, l'éviscération, l'étêtage, le pelage, le lavage, la décongélation ou la cuisson des produits bruts. Ils occupent une place significative, représentant entre 30 et 60 % de la masse totale de poisson (Jabri-karaoui, 2018).

L'étude des structures proches de ces matières révèle la présence de nombreuses molécules ou groupes de molécules potentiellement exploitables, telles que des protéines, des fractions lipidiques, des vitamines, des minéraux, ainsi que des composés bioactifs qui présentent des propriétés bénéfiques pour la santé humaine et animale (Shahidi, 2006).

La production de produits de pêche en 2006 s'élevait à 141,6 millions de tonnes, contre 20 millions en 1950, selon la FAO (Idrissbacha, 2023). Ces valeurs augmentent progressivement. Toutefois, environ la moitié de la quantité se transforme en déchets, ce qui entraîne une perte de 70.8 millions de tonnes (Wiggers et al., 2009).

Pendant le parcours des produits de la mer dans la filière, depuis leur capture jusqu'à leur consommation finale, différents sous-produits et déchets sont produits. Il est possible de classer ces éléments en trois catégories différentes, à savoir ; les captures accessoires et les rejets, les produits retirés et invendus, ainsi que les sous-produits produits lors de la transformation.

On peut produire ces diverses matières à bord des navires de pêche, à terre, dans les halles à marée ou chez les transformateurs (Penven, 2014).

**Tableau II.** Sous-produits de poisson par type de transformation (Penven, 2014)

<b>Transformation</b>	<b>Type de sous-produit</b>	<b>Sous-produit</b>
Éviscération	Viscères	Appareil digestif (estomac, glande, digestive intestin, digestive, intestin, ect)
		Cœur
		Foie
		Œufs (gonade femelle)
		Laitance (gonade mâle)
		Vessie natatoire

		Encre de céphalopode
	Coquille interne des mollusques céphalopodes	Os de seiche
		Plume de calmar
Étêtage	Têtes	Branchies
		Collet
		Joues
		Langue et/ou organe palatin
		Os et cartilage
		Tête/tentacule
		Yeux
Filetage/Découpe	Arêtes	Arêtes osseuses
		Cartilages
		Chair adhérente aux arêtes
		Nageoires dorsales et caudales
	Chutes de parage des filets	Chutes de coupe
		Ligaments
		Nageoires ventrales et pectorales
		Ventrèche
Pelage	Peaux	Derme
		Écailles
		Gras et chair sous-cutané
		Mucus

**5.1.2. Coproduits d'origine marine**

Les coproduits sont des sous-produits, des captures accessoires, des rejets, des invendus... dans ces fiches. En général, il s'agit de poissons ou de parties de poissons (crustacés-céphalopodes) qui ne sont pas traditionnellement consommées telles que la peau, l'arête, la tête, ou encore les viscères (le foie), mais qui peuvent être récupérées et utilisées après avoir été traitées.

Les coproduits peuvent donc être définis comme les parties non utilisées, lors des opérations de transformation traditionnelle de produits marins, mais récupérables (Nguyen, 2009). En fonction des espèces et des opérations de transformation, les coproduits peuvent représenter 30 à 60 % de l'animal (Ifremer, 2010).

La définition économique d'un coproduit consisterait à considérer les éléments provenant du processus de transformation du produit marin, dont la valeur totale est inférieure à celle du produit central (Rutman et al., 2002). Il convient de souligner que la distinction entre un coproduit et un déchet est souvent liée à la volonté du producteur de transférer les différences de transformation de son produit vers un autre marché (ADEME, 2000).

**5.1.3. La valorisation des coproduits**

La valorisation consiste à passer d'un déchet produit inévitablement, par la transformation d'un produit marin, à un coproduit qui se définit comme une matière première, dont la valeur totale serait certes inférieure à celle du produit principal, mais dont la vente pourrait améliorer la compétitivité de l'entreprise (Rutman et al., 2002).

La valorisation est également définie comme « la réintégration de matières a priori dépourvues de valeur dans une nouvelle unité de production ». Cependant, il est impossible d'obtenir des ingrédients de qualité à partir de coproduits sans sélectionner, traiter et conserver les matières au niveau alimentaire. C'est là qu'est d'ailleurs tout l'enjeu de la valorisation (Sigurjon et al., 2010). Ainsi la valorisation débute par une manipulation des coproduits dans des conditions contrôlées, sûres et respectueuses des règles d'hygiène (FAO, 2014).

La règle dite des « 3R » élaborée dès 1959, propose une stratégie hiérarchisée pour la gestion des déchets : tout d'abord, réduire, puis réutiliser et recycler avant d'envisager une élimination de ceux-ci (Veissier, 1999). Comme mentionné précédemment, la valorisation était utilisée pour favoriser la réutilisation ou le recyclage de l'écart de transformation des produits marins, en facilitant ainsi un réemploi commercial du résidu (Archer, 2002).

**5.10. Voies de valorisation des coproduits et produits dérivés**

Le produit dérivé désigne le produit économique issu d'un coproduit. Compte tenu de l'importance des coproduits, de nombreux efforts ont été réalisés pour les utiliser dans diverses applications ; l'alimentation animale ou humaine, la diététique, la nutraceutique, la pharmaceutique, le cosmétique et d'autres applications. Un même type de co-produit (tête, viscères, arêtes, peau) peut être utilisé pour produire divers produits dérivés (Balti, 2011).

**5.11. Utilisation de coproduits de poisson**

Environ la moitié des coproduits sont produites chaque année. Les compléments alimentaires comprennent des protéines riches en nutriments, des acides gras insaturés (oméga), des vitamines, des antioxydants, des minéraux, ainsi que des acides aminés essentiels et des peptides avantageux pour le corps. L'amélioration de la valeur ajoutée des coproduits est intéressante afin de garantir une pêche durable et d'améliorer la rentabilité des activités de la filière en améliorant la valorisation des captures (Koudid et Hallal, 2018).

Tableau III. Utilisation potentielle des coproduits des poissons (Ifremer, 2008)

Marchés de valorisation	Applications	Produits dérivés & coproduits
Agriculture	Enrichissement des Sols Lutte Contre les Ravageurs	Engrais (ensilage), Compost, Pesticide
Energie/industrie	Production d'énergie Epuraton des Eaux	Biocarburant Comburant
Alimentation animale	Alimentation Compléments Alimentaire	Farine, Huile Dérivés, Protéinés, Ensilage, Minéraux
Agroalimentaire et alimentation humaine	Alimentation Humaine Directe Produit Alimentaire Intermédiaire	Foie, Œufs, Ventrèche, Huile de Poisson Gélatine

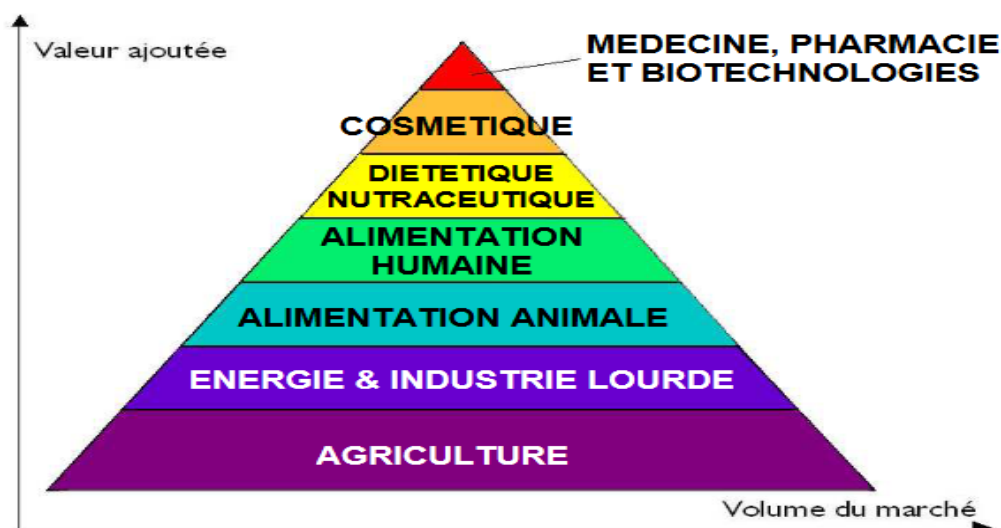


Figure 2. Marchés potentiels pour les coproduits et leur capacité, ainsi que leur niveau de valeur ajoutée à la matière première (Ifremer, 2010)

5.12. Conditions d'utilisation des coproduits de poisson

La transformation des coproduits peut être réalisée de trois manières différentes, à savoir ; la transformation de masse, sans tri des matières premières, pour la production de produits spécifiques tels que la farine de poisson. Aussi, le tri, qui consiste à regrouper les différentes catégories de coproduits en vue d'une extraction de composants spécifiques, comme l'huile de foie et les dérivés protéinés. Ou encore, une combinaison de tri.

Chaque initiative visant à créer un nouveau domaine d'activité doit satisfaire aux critères suivants ; tout d'abord, il est crucial de garantir des volumes réguliers de production, concentrés dans un espace géographique limité, afin de faciliter la gestion et la logistique. Le type et la qualité des coproduits doivent être soigneusement adaptés à leur utilisation prévue, tandis que des infrastructures adéquates doivent être mises en place, pour préserver la qualité des produits et faciliter leur accès aux marchés. Le respect strict des règles sanitaires est également fondamental pour assurer la conformité et la sécurité des opérations. De plus, une capacité financière suffisante est nécessaire, pour investir dans les technologies de valorisation. Enfin, la possibilité d'entreprendre des travaux de recherche et développement est un levier essentiel, pour soutenir et pérenniser les projets innovants dans ce domaine (CPS, 2014).

### **5.13. Importance et valorisation des coproduits**

Les coproduits sont composés de protéines riches en nutriments, ainsi que d'acides gras insaturés (Oméga-3). Il y a des vitamines, des antioxydants minéraux, des acides aminés essentiels et des peptides dont l'organisme bénéficie (Koudid et Hallal, 2018).

L'augmentation de la valeur ajoutée des coproduits est intéressante, afin de garantir une pêche durable et d'améliorer la rentabilité des activités de la filière, en optimisant la valorisation des captures. Différentes formes de coproduits peuvent être employées, tels que la farine et l'huile de poisson, les hydrolysats protéiques, etc.

### **5.14. Transformations des sous-produits en huile et en farine de poisson**

L'huile de poisson est une huile fabriquée à partir des tissus biologiques des poissons gras. Par exemple, l'huile de foie de morue a été employée comme un complément alimentaire et donné comme un fortifiant aux enfants, en particulier en France. Connue pour sa richesse en oméga 3 elle est, de ce fait, utilisée en alimentation humaine, en industrie pharmaceutique, en alimentation des animaux d'élevage, en alimentation des animaux de compagnie, et en aquaculture (Limam, 2017).

Les qualités nutritives de la farine de poisson en font la première source de protéines utilisée pour l'alimentation des animaux d'élevage. Ces farines constituent une part importante des aliments pour l'aquaculture de poissons et de crevettes. La deuxième partie sert à nourrir les poulets et les porcs. En règle générale, les farines renferment entre 65 % et 67 % de protéines et jusqu'à 12 % de lipides. Leur teneur en acides aminés essentiels est élevée, cependant elles sont peu solubles, ont peu de propriétés fonctionnelles et peuvent entraîner des inconvénients en raison de leur teneur élevée en sels minéraux (Denes, 2006).

Actuellement, la production de farine et d'huile de poisson pour la nutrition animale est la principale source de valorisation des sous-produits, car ces deux produits peuvent être utilisés de manière uniforme. Par conséquent, en 2006, environ 20.2 millions de tonnes de poisson et de sous-produits ont été transformés en farine (FAO, 2008).

Selon FAO en 2009, 2.6 millions de tonnes de farine ont été vendues, avec environ 25 % des matières premières utilisées provenant de l'industrie de transformation du poisson. La farine de poisson est principalement produite au Pérou, au Chili, au Danemark et en Norvège (FAO, 2009).

### 5.15. Le marché de la farine et de l'huile de poisson

On prévoit une croissance de 11.93 % sur la période de prévision (2024-2029), pour le marché de la farine et de l'huile de poisson en Amérique du Nord, Europe, Asie-Pacifique, Amérique du Sud, Moyen-Orient et Afrique), qui devrait atteindre 8.28 milliards USD en 2024 et 14.55 milliards USD en 2029.

En 2021, l'Organisation Internationale des Huiles et Farines de poisson (IFFO-*International Fishmeal and Fish Oil Organisation*) a enregistré une augmentation de 2.4 millions de tonnes de farine de poisson par rapport à 2,3 millions de tonnes en 2020, soit une hausse de 3.6 %.

Malgré une augmentation de la production de farine de poisson, la production d'huile de poisson a connu une baisse de 6 %. Comme la tendance à la baisse était liée à la réduction des possibilités d'exportation, les pays ont privilégié les collaborations, afin d'augmenter les opportunités d'exportation (Mordorintelligence, 2024).



Figure 3. Taille du marché de la farine et de l'huile de poisson (Mordorintelligence, 2024)

### 5.16. Principales caractéristiques analytiques de la farine de poisson

Le Tableau IV montre quelque caractéristique nutritionnelle, de la farine de poisson qui est, selon Ifremer (2008), très riche en protéines.

**Tableau IV.** Valeurs indicatives d'une farine de poisson (Ifremer, 2008)

<b>Humidité</b>	<b>&lt;10 %</b>
Protéines brutes	68-70 %
Matière grasse	8-11 %
Cendres	14-16 %

### 5.9. Les facteurs déterminants la qualité de la farine de poisson

#### 5.9.1. L'état de fraîcheur du poisson

Selon Limam (2017), les modifications sensorielles observées dans le poisson frais comprennent des modifications de l'aspect, de l'odeur, de la texture et du goût. Les premiers signes de transformation lors du stockage sous glace sont liés à l'aspect et à la texture du poisson, avec un goût particulier qui se développe au cours des deux premiers jours. Le muscle se détend après la mort, ce qui lui donne une texture élastique et souple.

De ce fait, pour avoir un produit fini qui respecte les normes de qualité hygiénique et nutritionnelle, la matière première à transformer, telle que les viscères, doit être prélevée à partir de poisson présentant des signes de fraîcheur.

#### 5.9.2. La température de séchage

Ce paramètre joue un rôle crucial dans la qualité définitive de la farine de poisson. Selon les industriels, il est recommandé de ne pas chauffer une farine de bonne qualité au-delà de 110 °C. Le produit sera stabilisé grâce à ce séchage, en effet cela diminue l'activité de l'eau libre dans l'aliment, et empêchera la prolifération des microorganismes, ainsi que l'altération de la farine.

# **CHAPITRE II**

## **Biologie des espèces étudiées**

## 1. Les cichlidés

Les cichlidés forment une famille appartenant à l'ordre des *perciformes*, au sein des téléostéens, des actinoptérygiens et des ostéichthyens. Cette famille est très diversifiée, avec près de 2000 espèces, dont beaucoup restent non décrites, et se trouve principalement en eau douce ou saumâtre, mais pas dans les torrents ou les cavernes.

Les cichlidés sont connus pour leur coloration vive, qui peut varier en fonction de l'état émotionnel ou du cycle de vie, et joue un rôle clé dans la communication, notamment lors de la reproduction. De plus, certains cichlidés sont utilisés comme nourriture humaine, et il est suggéré que la parabole de la pêche miraculeuse pourrait faire référence à une espèce de cichlidés présente en Palestine (Bianchi et Sperotti, 1998).

### 1.1. Le Tilapia

Le tilapia est une espèce de poissons d'eau douce de la famille des Cichlidés. Originaires d'Afrique, ils ont été introduits dans de nombreuses régions tropicales, subtropicales et tempérées du monde au cours de la deuxième moitié du 20ème siècle (Charo-Karisa et al., 2006).

Selon le rapport d'analyse du marché 2017, 180 000 tonnes de tilapia (entier et en filet) ont été vendues sur le marché international entre janvier et mars 2017, soit une diminution d'environ 10 % par rapport à l'année précédente. Les États-Unis d'Amérique, le Mexique, la Côte d'Ivoire et l'Iran étaient les principaux pays importateurs de tilapia, tandis que la Chine, la province chinoise de Taiwan, la Thaïlande et l'Indonésie étaient les principaux pays exportateurs (Chowdhury, 2011 ; Daudpota et al., 2014 ; FAO, 2018).

L'élevage des Tilapia a commencé vers 1924 au Kenya, puis en 1937 au Zaïre. Ces poissons sont très favorables à l'élevage, car ils présentent diverses caractéristiques biologiques dont la diversité de leur régime alimentaire, leur tolérance à diverses conditions physicochimiques et leur adaptation aux différents environnements (niveaux de salinité, eaux de qualité moyenne, faible concentration d'oxygène dissous). Aussi, les Tilapia ont la faculté de résister aux maladies, au stress de la capture et aux manipulations, s'adaptent facilement à la captivité, et se reproduisent en élevage, ce qui garantit une disponibilité en alevins. De plus, leur développement rapide permet un rendement en pisciculture qui peut être extrêmement élevé.

### 1.1.1. Culture du tilapia en Algérie

La croissance et la reproduction de l'espèce Tilapia en Algérie sont favorisées par sa résistance aux conditions climatiques, en particulier en zone saharienne, où la température de l'eau et la salinité favorisent sa croissance et sa reproduction (Cherif et Djoumakh, 2015 ; Abed et Beloufa, 2019).

Les espèces introduites comprennent : *Cyprinus carpio*, *Gambusia halbrooki*, *Oncorhynchus mykiss*, *Tinca vulgaris*, *Leuciscus erythrophthalmus*, *Tilapia zillii*, *Micropterus macrochir*, *Crassostrea gigas*, *Mytilus galloprovincialis*, *Aristichthys nobilis*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Ctenopharyngodon idellus*, *Stizostedion lucioperca* et *Silurus glanis*.

L'administration a récemment importé *Hypophthalmichthys molitrix* de Hongrie et *Oreochromis niloticus* d'Égypte pour développer la pêche continentale et l'aquaculture intégrée à l'agriculture (FAO, 2020).

Depuis 2008, de nombreuses fermes d'élevage ont commencé à produire à la fois en milieu marin et en eau douce. Il y en a 8 dans la zone saharienne, dont 4 dans l'aquaculture marine, 2 dans la conchyliculture et 2 dans la pisciculture d'eau douce (FAO, 2020).

Deux sociétés sont spécialisées dans la production de Tilapia et de silure en raceways en aquaculture d'eau douce (FAO, 2020).

Les entrepreneurs privés qui ont bénéficié d'un financement dans le cadre du programme d'aide à la relance économique et dont les projets devraient être mis en œuvre pourront générer 303 emplois (Benammar, 2017).

Grâce à la disponibilité d'eau, aux nombreux bassins et canaux d'irrigation, il a été prévu de créer un pôle d'aquaculture intégrée à l'agriculture pour l'élevage extensif des poissons d'eau douce (principalement de tilapia du Nil et ses hybrides comme le tilapia rouge) en collaboration avec les activités agricoles (FAO, 2018).

### 1.1.2. *Oreochromis niloticus*

*Oreochromis niloticus* est un genre de poissons de la sous-famille des Tilapiinae, dans la famille des Cichlidés et l'ordre des Perciformes. Les tilapias, dont le nom provient du mot africain « thiape », sont élevés depuis plus de 2500 ans (Chapman, 2003). Leur élevage est courant en raison de leur développement rapide, de leur adaptabilité et de leur chair appréciée (FAO, 2018).

La position systématique de Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* adoptée ici est inspirée de (Bailly, 2009).

**Tableau V.** La position systématique de Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus*

<b>Règne</b>	<i>Animalia</i>
<b>Embranchement</b>	<i>Chordata</i>
<b>Sous-embranchement</b>	<i>Vertebrata</i>
<b>Super-classe</b>	<i>Gnathostomata</i>
<b>Classe</b>	<i>Actinopterygii</i>
<b>Ordre</b>	<i>Perciformes</i>
<b>Sous-ordre</b>	<i>Labroidei</i>
<b>Famille</b>	<i>Cichlidae</i>
<b>Sous-Famille</b>	<i>Pseudocrenilabrinae</i>
<b>Genre</b>	<i>Oreochromis</i>
<b>Espèce</b>	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)

*Oreochromis niloticus* est l'espèce la plus courante et peut atteindre jusqu'à 61 cm de longueur totale. Elle se distingue par sa couleur grisâtre avec des flancs rosâtres, et des bandes verticales claires et noires. Cette espèce possède, également, de nombreuses *Branchiospines* et une nageoire dorsale épineuse (Zaatout, 2007).

#### 1.1.2.1. Habitat et distribution

*Oreochromis niloticus*, originaire exclusivement d'Afrique, est présent du Nil jusqu'au lac Tanganyika, incluant les bassins du Sénégal, de la Gambie, de la Volta, du Niger, de la Bénoué et du Tchad (Lévêque et Paugy, 2006). Très valorisée en pisciculture, cette espèce a été introduite dans divers sites aquacoles (Lazard et Levêque, 2009 ; Lazard, 2013). Elle s'échappe fréquemment et apparaît dans de nombreux bassins côtiers d'Afrique de l'Ouest (Adépo-Gourène et Gourène, 2008 ; Amoussou et al., 2016).

#### 1.1.2.2. Régime alimentaire et nutritionnel

*Oreochromis niloticus* se nourrit principalement de phytoplancton dans son habitat naturel, et peut également consommer des sédiments riches en bactéries et en diatomées, notamment à l'étape d'alevin (Lacroix, 2004). En milieu artificiel, l'espèce se nourrit presque exclusivement de déchets agricoles et de certains déchets organiques comme les excréments de porc ou de volailles (Bamba et al., 2015 ; Mikolasek et al., 2009 ; Ipungu et al., 2015). Elle est capable de digérer les cyanophycées grâce à sa forte acidité gastrique (Iga-Iga, 2008), et son adaptabilité alimentaire contribue à son potentiel élevé en pisciculture (Amoussou et al., 2016).

## 1.2. Les cichlidés africains

### 1.2.1. *Neolamprologus mustax*

Il présente une teinte attractive avec des teintes de jaune (Figure 4), de bleu et/ou de noir. Il a le corps ramassé et des nageoires bien développées qui lui donnent une allure élégante. Cette espèce est caractérisée par des taches sombres en forme de moustache, d'où son nom spécifique de *mustax*. Son apparence est accentuée par ces marques qui lui donnent une personnalité singulière parmi les cichlidés. Il peut atteindre une taille de 9 à 10 cm (Fishipedia, 2023).

Pour assurer le bien-être de *Neolamprologus mustax* en captivité, il est crucial de recréer son habitat naturel avec des rochers, des cachettes, et une eau propre et oxygénée. Ce cichlidé d'eau douce permet d'observer un comportement territorial et une reproduction intéressants tout en mettant en valeur son apparence esthétique (Fishipedia, 2023).



**Figure 4.** Photographie de l'espèce (*Neolamprologus mustax*) de cichlidés africains (Fishipedia, 2023)

La position systématique de *Neolamprologus mustax* adoptée ici est inspirée de (Poll, 1978).

**Tableau VI.** La position systématique de *Neolamprologus mustax*.

<b>Règne</b>	<i>Animalia</i>
<b>Embranchement</b>	<i>Chordata</i>
<b>Classe</b>	<i>Actinopterygii</i>
<b>Super-ordre</b>	<i>Ostariophysi</i>
<b>Ordre</b>	<i>Cichliformes</i>
<b>Famille</b>	<i>Cichlidae</i>
<b>Sous-famille</b>	<i>Pseudocrenilabrinae</i>
<b>Genre</b>	<i>Neolamprologus</i>

*Espèce**Neolamprologus  
mustax*

### 1.2.1.1. Distribution géographique

*Neolamprologus mustax* est une espèce endémique du lac Tanganyika en Afrique. Il est présent en Zambie dans la baie de Sumbu et dans d'autres espèces (Fishipedia, 2023).

### 1.2.1.2. Alimentation

Le *Neolamprologus mustax* consomme une alimentation diversifiée, principalement composée de petits crustacés, d'invertébrés et de larves d'insectes. En captivité, il est conseillé d'adopter une alimentation équilibrée comprenant des granulés de qualité, des vers et des crevettes (Fishipedia, 2023).

### 1.2.2. *Nimbochromis venustus*

Le mâle *Nimbochromis venustus* atteint 25 cm de longueur standard (LS) dans son habitat naturel, tandis que les femelles sont légèrement plus petites. Il se distingue par un motif mélanique flou et une bouche inclinée et large. Les femelles sont jaune sable à ivoire avec des taches brun olive, tandis que les mâles ont des flancs allant du curry au jaune citron et une tête très bleue (Figure 5). Les jeunes ressemblent aux femelles (Fortier, 2020).



**Figure 5.** Photographie de l'espèce (*Nimbochromis venustus*) de cichlidés africains (Aquaortail, 2020)

La position systématique de *Nimbochromis venustus* adoptée ici est inspirée de (Boulenger, 1908).

**Tableau VII.** La position systématique de *Nimbochromis venustus*

<b>Embranchement</b>	<i>Chordata</i>
<b>Sous-embranchement</b>	<i>Vertebrata</i>
<b>Super-classe</b>	<i>Osteichthyes</i>
<b>Classe</b>	<i>Actinopterygii</i>
<b>Sous-classe</b>	<i>Neopterygii</i>
<b>Infra-classe</b>	<i>Teleostei</i>
<b>Super ordre</b>	<i>Acanthopterygii</i>
<b>Ordre</b>	<i>Cichliformes</i>
<b>Famille</b>	<i>Cichlidae</i>
<b>Genre</b>	<i>Nimbochromis</i>
<b>Espèce</b>	<i>Nimbochromis venustus</i>

#### 1.2.2.1. Distribution géographique

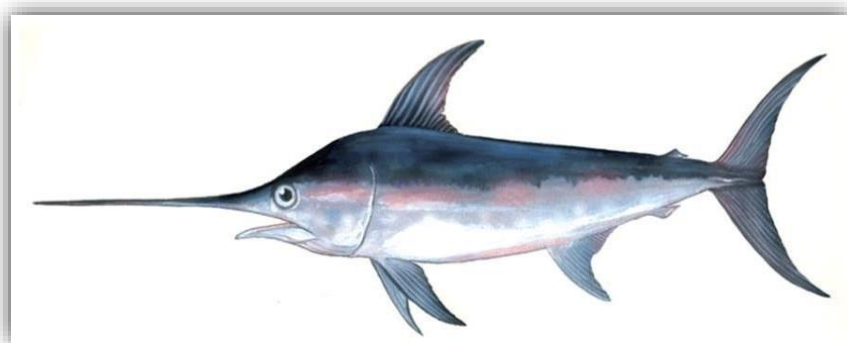
*Nimbochromis venustus* est une espèce de poissons prédominante du lac Malawi en Afrique de l'Est. Il est plutôt répandu dans le lac (Fortier, 2020).

#### 1.2.2.2. Alimentation

*Nimbochromis venustus* est un poisson et un invertébré. Cette alimentation carnivore peut être facilement consommée, mais son comportement de prédateur interdit toute cohabitation avec des poissons trop petits qui seraient perçus comme des proies (Fortier, 2020).

### 2. Espadon (*Xiphias gladius*)

L'espadon peut atteindre une longueur maximale de 455 centimètres (cm) à la fourche, pour un poids total d'environ 537 kilogrammes (kg). Le poids individuel est rarement supérieur à 230 kg en Méditerranée et peut atteindre 320 kg dans l'Atlantique (IGFA, 2001) (Figure 6).



**Figure 6.** Dessin d'un espadon (*Xiphias gladius*) adulte (Abid et Idrissi, 2006)

Selon Abid et Idrissi (2006), l'espadon est classé comme le montre le Tableau VIII.

**Tableau VIII.** La position systématique de *Xiphias gladius*

<b>Embranchement</b>	<i>Vertebrata</i>
<b>Sous-embranchement</b>	<i>Gnathostomes</i>
<b>Classe</b>	<i>Osteichthyens</i>
<b>Sous-classe</b>	<i>Actinopterygiens</i>
<b>Super-ordre</b>	<i>Teleosteens</i>
<b>Ordre</b>	<i>Perciformes</i>
<b>Sous-ordre</b>	<i>Scombroides</i>
<b>Famille</b>	<i>Xiphiidae</i>
<b>Genre</b>	<i>Xiphias</i>
<b>Espèce</b>	<i>Xiphias gladius</i>

### 2.1. Distribution géographique

L'espadon est distribué dans tous les océans entre 45 °N et 45 °S, incluant la Méditerranée, la mer Noire, et la mer de Marmara. En Atlantique, il est trouvé du Canada à l'Argentine et de la Norvège à l'Afrique du Sud (ICCAT, 2003).

### 2.2. La composition du foie de l'espadon :

Le foie de l'espadon est composé de protéines de qualité supérieure, avec une quantité de 25.39 g pour 100 g de poisson. Il renferme toutes les molécules d'acides aminés indispensables et non indispensables à la santé. Pour 100 g, l'espadon apporte 32 % des besoins quotidiens recommandés en phosphore et 5 % en fer. Il apporte également de bonnes quantités de calcium, de magnésium, de potassium, de sodium, de zinc et de sélénium (USDA, 2019).

Même si l'espadon est semi-gras, il ne renferme que 5.14 g de lipides pour 100 g. Toutefois, ces graisses sont de haute qualité, contenant des acides gras Oméga-3 avantageux (USDA, 2019).

Les vitamines B12, B6, PP, A, D, E et K sont également présentes dans l'espadon. Il renferme une faible quantité de glucides et de fibres, et un apport calorique modéré (USDA, 2019).

### 3. Merlan (*Merluccius merluccius*)

*Merluccius merluccius*, ou merlan méditerranéen, est un amphibien à corps mince, allongé et comprimé en arrière. Il a une taille moyenne de 30 à 60 cm et il a enregistré une taille maximale de 140 cm pour un poids maximum d'environ 15 kg (Semcha, 2007) (Figure 7).

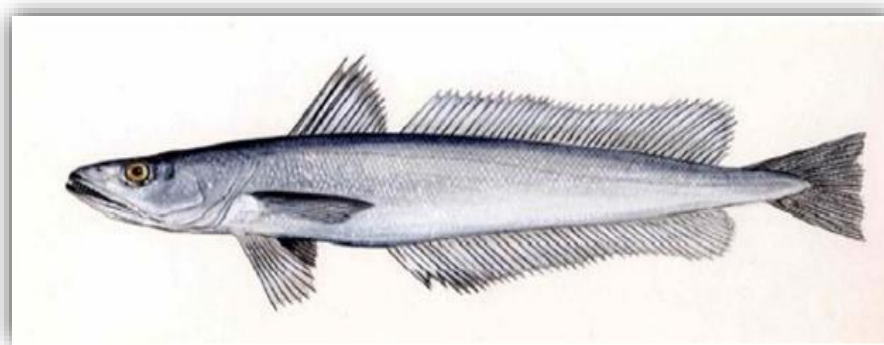


Figure 7. *Merluccius merluccius* (Iceta et Aurizenea, 2006).

Sur le plan systématique, *Merluccius merluccius* occupe la position suivante, selon Semcha (2007).

Tableau IX. La position systématique de *Merluccius merluccius*

Classe	<i>Ostéichtyens</i>
Sous classe	<i>Actinoptérygiens</i>
Super ordre	<i>Téléostéens</i>
Ordre	<i>Gadiformes</i>
Famille	<i>Merlucidae</i>
Genre	<i>Merluccius</i>
Espèce	<i>Merluccius merluccius</i> ; (Linnaeus, 1758 )

#### 3.1. Distribution géographique

*Merluccius merluccius* est présent de la Mauritanie à la Norvège, incluant la Méditerranée et la mer Noire (Lloris et Matallanas, 2003), mais rare dans les mers froides comme la Baltique. Il est très répandu en Méditerranée occidentale, notamment en Algérie, Tunisie et Libye (Morales-Muñiz et al., 2018).

#### 3.2. La composition de foie de merlan

Le foie de merlan est un riche complément alimentaire, renfermant tous les acides aminés essentiels indispensables à l'organisme, et ont un rôle essentiel dans la production des enzymes digestives, des hormones et des tissus. Malgré le fait que le merlan soit un poisson maigre, son foie renferme une concentration élevée d'un type d'huile, riche en vitamines A et D liposolubles, de ce fait, la consommation de cette huile de foie de merlan peut être une excellente source naturelle de genre de vitamines. Dans le même contexte, et pour une portion de 100 g, le foie de merlan offre une excellente source de vitamine B12, qui couvre l'intégralité de l'apport nutritionnel recommandé par jour pour un adulte. Il offre également une quantité considérable de vitamine B3 (PP) et de vitamine D (Feedtables, 2021).

Bien que, le foie soit un organe de stockage des polluants, tels que des substances chimiques, de composés chlorés ou encore de substances per- et polyfluoroalkylées, il contient des quantités significatives de minéraux et d'oligo-éléments, telles que le sélénium, qui a un effet protecteur contre les radicaux libres dans les cellules, ainsi que le phosphore et le magnésium (Feedtables, 2021).

#### 4. Barracuda (*Sphyraena barracuda*)

Les barracudas, pesant entre 10 et 40 kg (Dunaway, 2004) et atteignant 2 m, ont un corps allongé et des dents acérées. Leurs nageoires placées à l'arrière leur permettent de nager rapidement. Leur couleur varie selon l'âge : les adultes sont gris bleuté et argentés, tandis que les juvéniles peuvent changer de teinte pour se camoufler (Nelson, 2007 ; Nandini Seerattan, 2015) (Figure 8).



**Figure 8.** Grand barracuda, *Sphyraena barracuda* (Nandini Seerattan, 2015)

Sur le plan systématique, et selon Nandini Seerattan (2015) *Sphyraena barracuda* occupe la position taxonomique présentée dans le Tableau X.

**Tableau X.** La position systématique de *Sphyraena barracuda*

<b>Embranchement</b>	<i>Chordata</i>
<b>Sous- embranchement</b>	<i>Vertebrata</i>
<b>Super-classe</b>	<i>Gnathostomata</i>
<b>Classe</b>	<i>Actinopterygii</i>
<b>Sous-classe</b>	<i>Neopterygii</i>
<b>Infra-classe</b>	<i>Teleostei</i>
<b>Ordre :</b>	<i>Perciformes</i>
<b>Famille</b>	<i>Sphyraenidae</i>
<b>Genre</b>	<i>Sphyraena</i>
<b>Espèce</b>	<i>Sphyraena barracuda</i>

#### 4.1. Distribution géographique

Les grands barracudas ont leur origine géographique en Trinité-et-Tobago. Elles se retrouvent aussi dans les zones subtropicales des océans Atlantique, Pacifique et Indien, dans la mer des Caraïbes et la mer Rouge (Nandini Seerattan, 2015).

#### 4.2. La composition du foie de barracuda

Le foie de barracuda contient des taux élevés d'acides gras polyinsaturés oméga-3 comme l'EPA et le DHA, reconnus pour leurs bienfaits cardiovasculaires. Il contient aussi diverses autres catégories d'acides gras en quantités non négligeables. C'est aussi une bonne source de fer, essentiel pour le transport de l'oxygène. Il apporte, également, des teneurs intéressantes en sélénium antioxydant, en zinc pour la cicatrisation, en cuivre et en phosphore pour les os. En plus d'être riche en protéines de haute valeur biologique, contenant tous les acides aminés essentiels, le foie de barracuda est une source exceptionnelle de vitamine A sous forme de rétinol, vitale pour la vision, l'immunité et la multiplication cellulaire. Il apporte aussi plusieurs vitamines B comme la B12, B6, B9, impliquées dans la formation des globules rouges et essentielles pour le bon fonctionnement du métabolisme (Fatsecret, 2007).

# **MATERIELS ET METHODES**

# MATERIELS ET METHODES

---

## 1. Objectif de l'étude

L'étude expérimentale a été menée d'avril à juillet 2024, au laboratoire de l'École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL). Notre principal objectif est le développement d'un processus de bio-revalorisation des déchets de poisson (foies), tout en conservant leurs propriétés physico-chimiques et nutritionnelles, pour la fabrication d'une farine, destinée à la consommation animale.

Les déchets en question, représentant la matière première utilisée, étaient particulièrement composés de foie de poissons et les déchets de végétaux. Par ce choix nous visons à créer un régime alimentaire sain, équilibré, enrichi en protéines et en éléments minéraux pour les poissons, afin d'assurer une bonne croissance à ces derniers, en termes de taille et de poids.

Parallèlement, notre travail vise à assurer un produit fini d'une bonne qualité nutritionnelle et hygiénique. De ce fait, des analyses biochimiques et microbiologiques sont effectuées, pour garantir la conformité de la farine en termes de qualité et de sécurité.

Ainsi, les procédés de biotechnologie utilisés dans cette étude, visent à valoriser les ressources disponibles et à promouvoir des pratiques durables dans le domaine de l'alimentation des poissons.

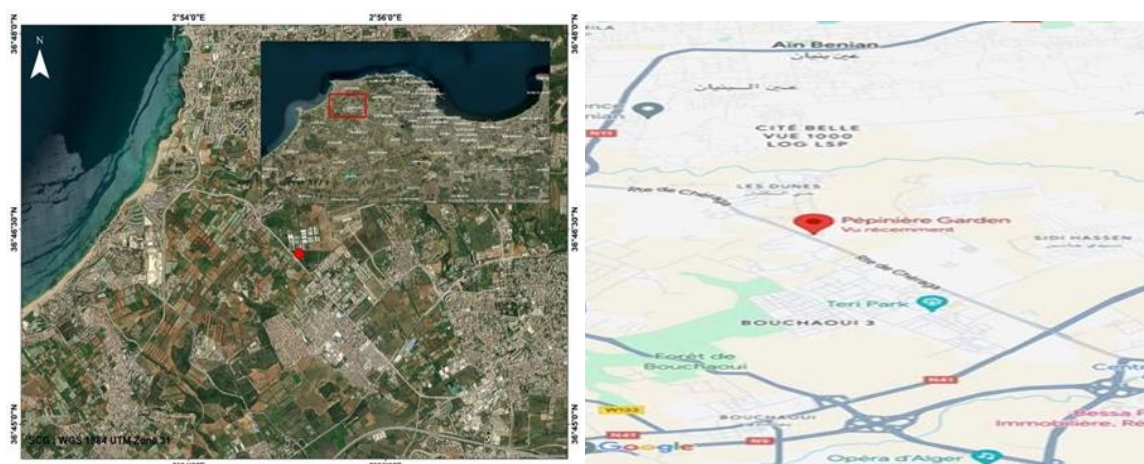
## 2. Matériel

### 2.1. Matériel biologique

Le matériel biologique qui a été nécessaire pour effectuer cette étude comprend des poissons vivants, pour les tests d'acceptabilité et l'évaluation de l'impact de la farine produite. Parmi les espèces sélectionnées ; Juvéniles de tilapia (*Oreochromis niloticus*), Juvéniles de cichlidés africains (*Nimbochromis venustus*) et (*Neolamprologus mustax*).

15 Tilapias rouges et 30 Cichlidés africains, ont été achetés à la pépinière Garden, située à Route des dunes Cheraga, R.P. 16014 Chérage (Figure 9).

Ces poissons ont été, par la suite, placés dans des aquariums à la ferme aquacole de l'ENSSMAL, où le suivi régulier de l'impact de la farine produite, sur leur croissance et leur développement a été possible.



**Figure 9.** La localisation de la pépinière Garden située à Cheraga (Google Maps)

Concernant la production de la farine, le matériel biologique utilisé pour la bio-revalorisation été principalement constitué de déchets de poissons (le foie) : Espadon (*Xiphias gladius*), Merlan (*Merlangius merlangus*), Barracuda (*Sphyraena barracuda*), ainsi que des déchets de végétaux.

## 2.2. Matériel non biologique

Les divers appareillages, instruments, produits et réactifs utilisés dans cette étude, sont répertoriés dans le Tableau XI.

**Tableau XI.** Matériel de laboratoire, incluant outils, appareillages et réactifs

Outils et appareillages	Produits et réactifs
Agitateur magnétique chauffant	Sulfate de potassium
Balance de précision	Catalyseur
Barreaux magnétiques	Acide sulfurique
Bec bunsen	Sélénium
Béchers (25 ml, 50 ml, 100 ml, 2 L)	Hydroxyde sodium
Boîtes de Pétri	Acide borique
Cartouches en cellulose	Solution du titrage (hydroxyde sodium)
Congélateur	Eau distillée
Dessiccateur	Eau du robinet
Four à moufle	Eau peptonnée tamponnée (EPT)
Creusets en porcelaine	Réactif de coloration au cristal violet
Cuves de spectrophotométrie en quartz	Iode ou Lugol

## MATERIELS ET METHODES

Densimètre	Agent décolorant
Dispositif de Soxhlet (huberminichiller)	Colorant safranine
Etuve (MEMMERT UM 600)	L'huile à immersion
Éprouvettes graduées (50 ml, 500 ml)	
Fioles jaugés (1L)	L'huile de paraffine
Flacons ambrés (250 ml)	Peroxyde d'hydrogène
Flacons en verre stériles (500 ml)	Sulfite de sodium
Membranes de filtration (0.45µm)	Alun de fer
Micropipettes	Milieux de culture (voir annexes)
Mortier	
Papier absorbant	
Passoire	
Pipettes Pasteur	
Tamis	
Tubes à essais stériles	
Lame et lamelle	
Microscope	
Burette	
Ballon a minéralisation	
Appareil distillatoire	
Appareil titrage	
Entonnoir	

### 3. Méthodes

#### 3.1. Collecte et échantillonnage

La collecte des échantillons destinés à la production de la farine de poisson comprend le foie de plusieurs espèces, selon la disponibilité dans les points de ventes concernés, telles que l'espadon, le merlan et le barracuda.

Le foie d'espadon a été collecté à la poissonnerie BOUBAKRIA, située à 8HJJ+G27, Constantine (Figure 10). De même, le foie de merlan et de barracuda a été récupéré à la poissonnerie LA DIVA située à Rue Toumi, Ben Aknoun, Alger (Figure 11).

Il a été préalablement convenu, avec le personnel de ces poissonneries, de nous réserver le foie, juste après éviscération, le temps de le récupérer frais de ces établissements.

Après collecte, les échantillons frais ont directement été conservés à -4 °C, jusqu'à leur utilisation pour la préparation de l'aliment.



**Figure 10.** Localisation de la poissonnerie BOUBAKRIA à Constantine (Google Maps)



**Figure 11.** Localisation de la poissonnerie la diva a ben aknoun Alger (Google Maps)

### 3.2. Préparation de la farine de poisson

La préparation de l'aliment s'est déroulée au laboratoire de microbiologie de ENSSMAL, les étapes de préparation se résument comme suit :

#### 3.2.1. Biotransformation des déchets en poudres

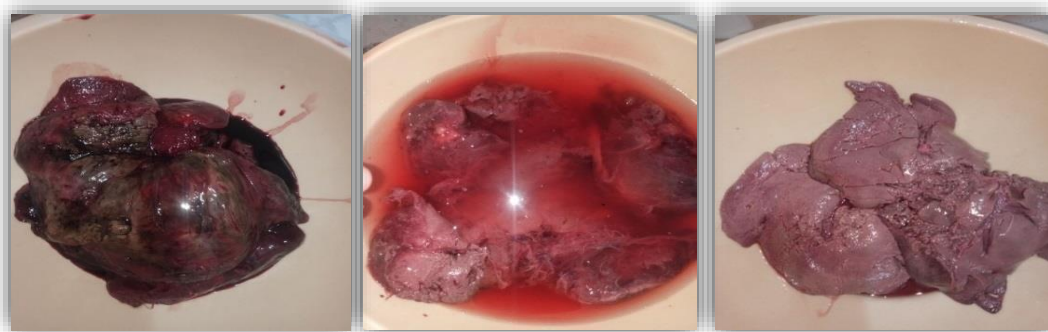
##### 3.2.1.1. Poudre issue des déchets de foie de poisson

Le processus commence par le mélange des foies d'espadon, de merlan et de barracuda, suivi d'un nettoyage minutieux (Figure 12), avant leur cuisson dans un déshydrateur alimentaire (Figure 13). Après cuisson, les déchets de foie sont pesés, avec un total de 800 g récupérés. La matière coagulée est ensuite pressée à l'aide d'un tissu de tulle, pour éliminer l'excès de graisse et d'eau, ne laissant que la matière solide sans huile (Figure 14). Cette dernière est mise à sécher

## MATERIELS ET METHODES

---

dans une étuve sur du papier cuisson pendant 24 h à 60 °C (Figure 15). Une fois refroidie, la pâte déshydratée est finement broyée à l'aide d'une moulinette à café électrique, jusqu'à l'obtention d'une poudre fine et homogène (Figure 16), qui est ensuite stockée et conservée au réfrigérateur à 4 °C (Figure 17).



**Figure 12.** Photographie de l'étape de nettoyage de foie de poisson (Photo originale, 2024)



**Figure 13.** Photographie de l'étape de la cuisson (Photo originale, 2024)



**Figure 14.** Photographie de l'étape de pressage (Photo originale, 2024)



**Figure 15.** Photographie de l'étape de séchage de matière solide (Photo originale, 2024)



**Figure 16.** Photographie de l'étape de broyage et stockage (Photo originale, 2024)

### 3.2.1.2. Poudre issue de déchets de végétaux 1 et 2

Le processus commence par un nettoyage minutieux des déchets du végétal 1 et végétal 2, suivie de leur cuisson. Une fois nettoyés, les déchets sont pesés pour noter le poids total. Ensuite, la quantité déterminée est mise à sécher dans une étuve, sur des papiers cuisson pendant 72 h à température ambiante, soit 37 °C. Après le séchage et le refroidissement, le produit est broyé aussi finement que possible, à l'aide d'une moulinette à café électrique, afin d'obtenir une poudre fine et homogène. Cette farine est ensuite stockée et conservée au réfrigérateur à 4 °C.

### 3.2.2. Formulation de l'aliment et mise en forme des granulés

Dans le cadre de la préparation de notre farine pour poisson, nous avons élaboré trois recettes distinctes (Tableau XII) en utilisant les mêmes ingrédients, en variant les pourcentages de ces derniers afin de voir l'impact de chaque composition sur la croissance, la couleur, le poids et la taille et l'acceptabilité de l'aliment par espèces de poissons étudiés.

Les granulés de poisson secs sont une nourriture courante et économique pour divers poissons, y compris les cichlides. Lors du choix d'un aliment sec, privilégiez ceux contenant des viandes, des légumes, et enrichis en acides gras omega-3 et en vitamine C pour soutenir la

## MATERIELS ET METHODES

---

croissance et la santé. De nombreux aliments secs incluent également des colorants pour accentuer les couleurs des poissons. Cependant, comme ces aliments ne contiennent pas toujours tous les nutriments nécessaires, il est essentiel de varier les types de nourriture (Aqua-Fish.Net, 2005).

Afin de lier les 2 farines, animale et végétale préalablement préparées, et d'assurer la flottabilité de l'aliment, une matière grasse d'origine naturelle a été incorporée avant le séchage final des granulés.

**Tableau XII.** Répartition en pourcentage des ingrédients pour la préparation de l'aliment de poisson

<b>Aliment 01 (100 g)</b>	<b>Aliment 02 (100 g)</b>	<b>Aliment 03 (100 g)</b>
25 g (25 %) de foie	10 g (10 %) de foie	30 g (30 %) de foie
37.5 g (37.5 %) de végétal 01	30 g (30 %) de végétal 01	60 g (60 %) de végétal 01
37.5 g (37.5 %) de végétal 02	60 g (60 %) de végétal 02	10 g (10 %) de végétal 02

**Tableau XIII.** La composition des végétaux 01 et 02 (PATRICK, 2020)

<b>Composition</b>	<b>Végétal 01</b>	<b>Végétal 02</b>
Calories	41 kcal	34.5 kcal
Protéines	0.93 g	2.7 g
Glucides	9.58 g	3.2 g
Dont sucres	4.7 g	0.53 g
Lipides	0.24 g	0.2 g
Fibres	2.4 g	2.7 g
Vitamine A (équivalent rétinol)	8285 µg	469 µg
Vitamine C	7.6 mg	28.1 mg
Vitamine K	13.2 µg	482.9 µg
Calcium	30 mg	99 mg
Fer	0.24 mg	2.71 mg
Potassium	320 mg	558 mg

## MATERIELS ET METHODES

---

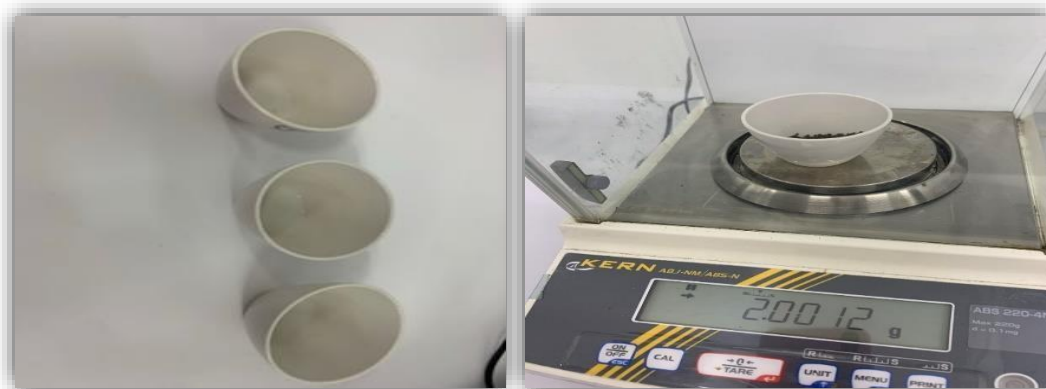
### 4. Analyses biochimiques de la farine de poisson

#### 4.1. Détermination de la teneur en eau

L'humidité, également connue sous le nom de teneur en eau, correspond à la quantité d'eau perdue par une substance lorsqu'elle est ramenée à un équilibre vrai avec une pression de vapeur nulle (humidité relative égale à 0 %). L'eau d'un échantillon d'aliment est exprimée en pourcentage de la masse d'eau rapportée, que ce soit en fonction de la masse de matière sèche présente dans l'échantillon, ou de la masse totale de matière humide de l'échantillon (Fasquel et al., 2000). Le protocole repose sur le fait de sécher le produit à une température de 105 °C pendant 24 heures, jusqu'à ce qu'il atteigne un point constant.

- **Mode opératoire**

Les échantillons sont déshydratés à l'étuve à une température de 105 °C ± 2 °C en suivant le procédé suivant : le thermostat de l'étuve a été ajusté à 105 °C, les creusets vides ont été pesés sans l'échantillon, puis 2 g de l'échantillon ont été pesés dans chaque creuset (Figure 17), ensuite le placer dans l'étuve (Figure 18), Après 24 heures, on retire le creuset, on le place dans le dessiccateur pendant une heure (Figure 19), puis on effectue la pesée (P2).



**Figure 17.** Photographie de l'étape de pesage de l'échantillon (Photo originale, 2024)



**Figure 18.** Photographie de l'étape de séchage de l'échantillon (Photo originale, 2024)



**Figure 19.** Photographie de l'étape de la mise des creusets dans le dessiccateur (Photo originale, 2024)

- **Mode de calcul**

Le taux l'humidité est calculé selon la formule suivante :

$$H\% = \frac{M_1 - M_0}{M_1 - M_2} * 100$$

Avec les variables suivantes :

H % : Le taux d'humidité

M0 : Le poids initial du creuset vide

M1 : Le poids du creuset avec l'échantillon avant étuvage à 105 °C

M2 : Le poids du creuset avec l'échantillon après étuvage à 105 °C

#### **4.2. Détermination des cendres brutes**

La détermination de la teneur en cendres en centre a pour objectif de fournir des informations sur la quantité de minéraux essentiels présents, tels que le calcium, le fer et le

## MATERIELS ET METHODES

---

magnésium. Elle est déterminée après incinération des échantillons à analyser dans un four à 600 °C, pendant 3 h.

- **Mode opératoire**

Le creuset vide est d'abord pesé, puis 2 g de la prise d'essai y sont ajoutés. Le creuset est ensuite placé dans un four à moufle préalablement chauffé à 600 °C, où l'échantillon est incinéré jusqu'à ce que les cendres deviennent blanches ou gris clair (au moins 3 h). Une fois l'incinération terminée, le creuset est retiré du four à moufle et placé dans un dessiccateur à température ambiante, avant d'être pesé.

La teneur en cendre de l'échantillon est calculée selon la formule suivante :

$$C\% = \frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1} * 100$$

C : La teneur en cendre %

P1 : Masse du creuset vide (g)

P2 : Masse du creuset et de l'échantillon, avant incinération (g)

P3 : Masse du creuset après incinération (g).

### 4.3. Détermination de la teneur en lipides totaux

La méthode Soxhlet est une méthode gravimétrique, employée afin de mesurer les lipides présents dans des produits solides déshydratés. La méthode consiste à peser le produit sec, puis à le placer dans une cartouche de cellulose et à l'introduire dans une chambre d'extraction. L'extraction se fait en continu à l'aide d'éther éthylique à 35 °C, ce qui permet de dissoudre les graisses de manière graduelle. Les écoulements successifs du solvant chargé en lipides dans le ballon sont provoqués par un effet de siphon dans le coude latéral. Les graisses s'accumulent dans le ballon jusqu'à ce que l'extraction soit terminée, car seul le solvant peut s'évaporer à nouveau. Suite à l'extraction, on évapore l'éther et on mesure la quantité de lipides présente dans l'échantillon par pesée (Sahoré et Abouattier, 2016).

- **Mode opératoire**

Après avoir mis en marche le réfrigérant à 2 °C, le ballon vide a été pesé avant l'extraction, ensuite, 2 g de farine ont été placés dans la cartouche en cellulose, de la chambre d'extraction. Un blanc contenant uniquement le solvant, pour vérifier l'absence de composés lipidiques a été prévu. Après cela, 160 ml d'éther éthylique ont été ajoutés, puis le ballon a été préchauffé à 100

## MATERIELS ET METHODES

---

°C pour amener le solvant à ébullition (Figure 21). Par la suite, la température a été réduite à 60 °C, et laissée pour se solidifier durant 4 h. Une fois le temps écoulé, le ballon a été placé dans un rotavapeur à 60 °C (Figure 22), afin de concentrer les lipides obtenus et éliminer le solvant. Enfin, le ballon a été pesé une fois l'extraction terminée.



**Figure 20.** Appareil de Soxhlet pour l'extraction des lipides (Photo originale, 2024)



**Figure 21.** Sechage des ballons dans l'étuve (Photo originale, 2024)



**Figure 22.** Le rotavapeur (Photo originale, 2024)

- **Calcul**

La teneur en lipides est calculée selon la formule suivante :

$$L\% = \frac{(B_2 - B_1) * 100}{M * M_s}$$

L% : Représente la teneur en lipides dans l'échantillon de farine,

M : Masse de l'échantillon de la farine

Ms : Masse de la matière séchée

B1 : La masse de ballon après le séchage à l'étuve

B2 : La masse de ballon après l'extraction

#### **4.4. Détermination des matières azotées totales (MAT)**

La quantité de protéines brutes présentes dans les fourrages est calculée à partir de la quantité d'azote total, mesurée selon la méthode Kjeldahl. En présence d'un catalyseur, l'échantillon est minéralisé à l'aide d'acide sulfurique concentré. L'azote organique est ensuite converti en ammoniac (NH<sub>3</sub>) par une solution de soude (NaOH). Le gaz ammoniac est capturé dans une solution d'acide borique, puis titrée avec une solution d'acide sulfurique de normalité connue (N/50), en présence d'un indicateur.

- **Mode opératoire**

Cette méthode est divisée en plusieurs étapes successives à savoir ; la minéralisation, la distillation et le titrage.

## MATERIELS ET METHODES

---

En premier lieu l'étape de la minéralisation (Figure 23) se résumait en ; Opérer sur une prise d'essai de 0.5-2 g de substance. Placer l'échantillon d'essai dans un récipient de 250 ml. Incorporer environ 2 g de catalyseur (250 g de  $K_2SO_4$ , 250 g de  $CaSO_4$ , 5 g de Se), ainsi que, 20 ml d'acide sulfurique . Placer le matras sur la surface d'attaque et continuer à chauffer, jusqu'à ce que le liquide se décolore et obtient une coloration verte constante. Laisser refroidir, puis ajouter peu à peu, avec précaution, 200 ml d'eau distillée en agitant, tout en refroidissant sous un courant d'eau, sous la hotte (pour éviter une réaction violente et des éclaboussures dangereuses). Rincer l'agitateur et laisser refroidir avant de compléter au trait de jauge.

En second lieu, l'étape de distillation consistait en ; Transvaser 10-50 ml du contenu du matras (selon l'importance de l'azote dans l'échantillon), dans l'appareil distillatoire "Buchi" (Figure 24). Ajouter lentement dans le ballon de l'appareil distillatoire 50 ml de lessive de soude ( $d=1.33$ ). Dans un bécher destiné à recueillir le distillat, introduire 20 ml de l'indicateur composé de : pour 1 L de solution, 20 g d'acide borique, 200 ml d'éthanol absolu, et 10 ml d'indicateur contenant : 1/4 de rouge de méthyle à 0.2 % dans de l'alcool à 95 ° et 3/4 de vert de bromocrésol à 0.1 % dans l'alcool à 95°. Mettre l'appareil en position de marche. Laisser l'attaque se faire, jusqu'à obtention d'un volume de distillat de 100 ml au moins (l'extrémité inférieure de la colonne réfrigérante de l'appareil distillatoire doit plonger dans la solution d'acide borique, pour éviter les pertes).

Enfin, l'étape de Titration (Figure 25) se résumait en ; titrer avec de l'acide sulfurique N/20 ou N/50 jusqu'à la rétention de la couleur initiale de l'indicateur (Figure 27).



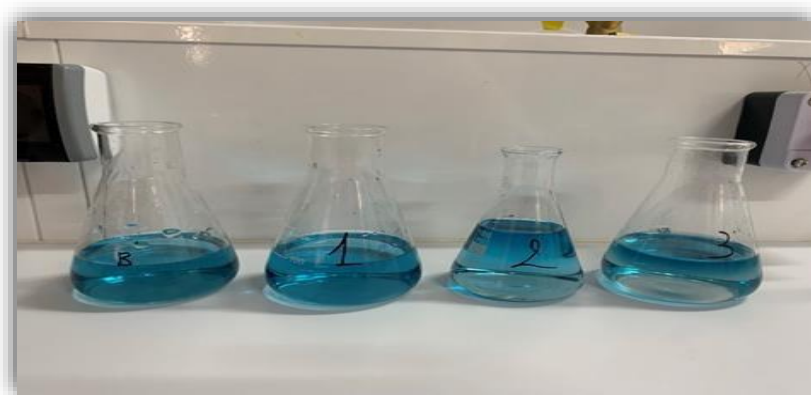
**Figure 23.** Le digesteur (Appareil de minéralisation) (Photo originale, 2024)



**Figure 24.** Montage de l'appareil de distillation (Photo originales, 2024)



**Figure 25.** Titrage par  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Photo originale, 2024)



**Figure 26.** Avant le titrage avec  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Photo originale, 2024)



**Figure 27.** Après le titrage avec  $H_2SO_4$  (Photo originale, 2024)

- **Calcul**

1 ml d' $H_2SO_4$  1 N  $\rightarrow$  0.014 g d'azote.

1 ml N/ 50  $\rightarrow$  0.014 /50 = 0.00028 g d'azote

$$N(g) = V_1 * 0.00028 * \frac{100}{V} * \frac{250}{V_0}$$

$N(g)$  : Quantité totale d'azote (en g) dans l'échantillon.

$V_1$  : Descente de burette (ml) : (Volume de l'acide sulfurique N/50).

0,00028 : Masse d'azote en grammes pour 1 ml d'acide sulfurique N/50.

$V_0$  : Volume de la prise d'essai.

$$\text{Teneur en MAT } M_s \% = \frac{N_g * 6.25}{M_s}$$

$M_s$  : La masse de l'échantillon analysé (en grammes).

Le facteur 6,25 dans la méthode Kjeldahl permet de convertir l'azote mesuré en protéines, en supposant que les protéines contiennent en moyenne 16 % d'azote.

### 5. Analyses microbiologiques

Ces analyses ont pour but de contrôler la qualité hygiénique du produit fini, la détection d'éventuels dangers sanitaires liés à ce dernier, la conformité aux normes ainsi que l'évaluation des conditions de production appliquées, lors de la biotransformation des déchets en farine de poisson.

De ce fait les germes recherchés dans cette étude sont :

- Flores Mésophile Aérobie Totale (FMAT)

## MATERIELS ET METHODES

---

- Flore fongique (levures et moisissures)
- Coliformes fécaux (*Escherichia coli*)
- *Staphylococcus aureus* à coagulase positive
- Salmonelles
- *Shigella*
- *Clostridium* sulfito-réducteurs (ASR).
- Les vibrions

### 5.1. Protocoles d'analyse

#### 5.1.1. Préparation de la Solution mère et des dilutions décimales

La préparation de la solution mère consiste à incorporer 25 g du produit final à analyser, qui a été aseptiquement pesé au préalable, à l'aide d'une balance de précision, dans 225 ml d'Eau Peptonée Tamponnée (EPT). Après homogénéisation, cette solution mère  $10^{-1}$  sera soumise à une série de dilution décimale.

A partir de la solution mère  $10^{-1}$ , les dilutions décimales successives ont été obtenues en introduisant 1 ml de la solution la plus concentrées, à l'aide d'une pipette stérile, dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau physiologique stérile à 0.85 % NaCl, afin de garantir l'intégrité des cellules microbiennes potentiellement présentes, et les protéger des chocs osmotiques.

L'opération a été poursuivie jusqu'à l'obtention de la dilution  $10^{-8}$ , et avant ensemencement, chaque dilution a été bien homogénéisée à l'aide d'un vortex.

#### 5.1.2. Dénombrement de la Flores Mésophile Aérobie Totale (FTAM)

Le dénombrement est réalisé selon les normes NF V 08- 011 N et NF V 08-51, par la méthode d'ensemencement en surfusion sur gélose Plate Count Agar (PCA) sur Gélose Nutritive (GN).

- **Mode Opératoire**

1 ml de chaque dilution est, stérilement, déposé dans des boîtes de Pétri à l'aide d'une pipette graduée stérile de 1 ml, ensuite 15 ml du milieu GN en surfusion refroidi (à environ 45 °C), sont additionnés à chaque boîte de Pétri. L'inoculum est soigneusement homogénéisé avec le milieu de culture par des mouvements circulaires de « va-et-vient » ou en forme de « 8 », puis laissé sur une surface fraîche et horizontale. Après solidification, les boîtes sont incubées

## MATERIELS ET METHODES

---

à 30 °C pendant 72 h. Les dénombrements sont exprimés en Unité Formant Colonie par gramme d'échantillon (UFC/g) (Delarras, 2007) (Figure 28).

- **Lecture**

Les germes totaux se présentent sous forme de colonies lenticulaires poussant en masse. La lecture ne prend en considération que les boîtes, contenant entre 15 et 300 colonies (ZEKKAR et HENNA, 2020). Le nombre de micro-organismes par gramme de produit est calculé selon la formule suivante :

$$N = \frac{\Sigma C}{v(n_1 + 0.1n_2) \times d}$$

N : Nombre de germes par gramme de produit

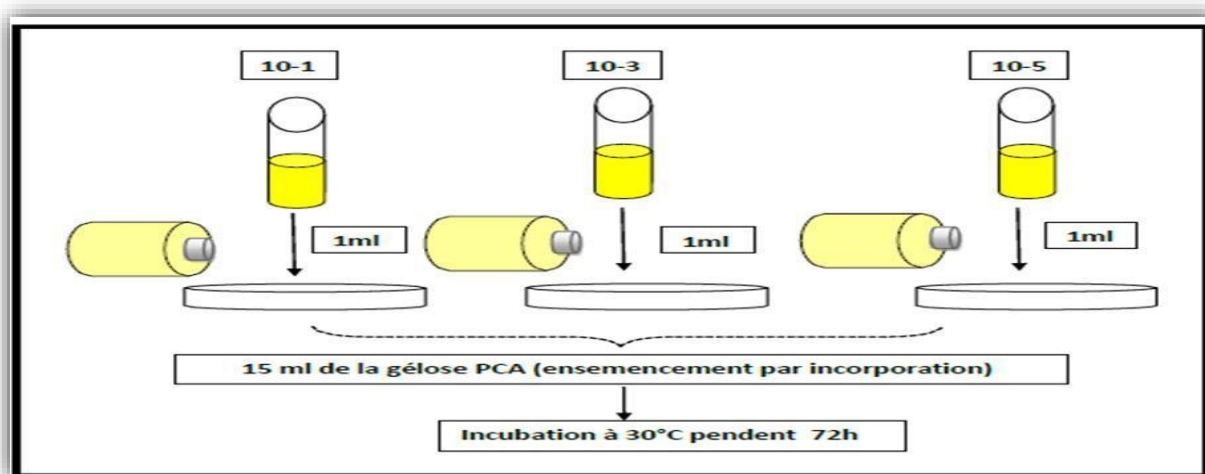
$\Sigma C$  : Somme des colonies caractéristiques sur les deux boîtes retenues

V : Volume de l'inoculum appliqué à chaque boîte (en ml)

D : Taux de dilution correspondant à la première dilution retenue

n1 : Nombre de boîtes lu à la 1ère dilution

n2 : Nombre de boîte lu à la 2ème dilution



**Figure 28.** Schéma des étapes de dénombrement de la flore mésophile aérobie totale (FMAT) (Zekkar et Henna, 2020)

## MATERIELS ET METHODES

---

### 5.1.3. Dénombrement des levures et moisissures

Des boîtes de Pétri préparées en utilisant un milieu gélosé sélectif sont inoculées, par un ensemencement en surface.

- **Mode opératoire**

Des aliquotes de 0.1 ml de et de chaque dilution ont été ensemencées en surface, sur la gélose Sabouraud au Gentamycine initialement coulée et solidifiée dans les boîtes de Pétri.

- **Lecture**

Le dénombrement des colonies blanches ou colorées, lisses et crémeuses de levures et des moisissures sous forme poudreuse, qui pourront être aperçu après 5 jours d'incubation à 25 °C, sera effectué sous les mêmes conditions citées auparavant (DEGNON et al., 2013).

### 5.1.4. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux

Les coliformes se présentent sous forme de bacilles à Gram négatif, non sporogènes, oxydase négative, aéro-anaérobie facultatifs, capables de croître en présence de sels biliaires, et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz, à 37 °C.

Dans notre travail, la recherche et le dénombrement des coliformes fécaux ont été effectués selon deux méthode :

- En milieux liquides ; méthode du Nombre le Plus Probable (NPP)
- Sur milieu solide ; ensemencement en surface sur milieu gélosé sélectif (gélose lactosée au TTC et au Tergitol 7).

#### 5.1.4.1. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux, en milieu liquide

- **Mode opératoire**

1 ml de chaque dilution, préalablement préparée, a été introduit aseptiquement dans un tube du milieu sélectif Bouillon Lactosé Bilié au Vert Brillant (BLBVB) simple concentration, avec cloche de Durham, à raison de 3 tubes pour chaque dilution, puis, les tubes ensemencés ont été incubés à 44 °C, pendant 24-48 h.

- **Lecture**

## MATERIELS ET METHODES

---

Un tube de BLBVB, incubé à 44 °C, n'est considéré positif à la présence de coliformes fécaux, que s'il présente les 3 caractéristiques suivantes, à savoir : la présence de trouble, qui est signe de développement bactérien, la présence de gaz dans la cloche de Durham (> 1/10 de volume), et le virage de la couleur du milieu (du vert au jaune), signe d'acidification due à la fermentation du lactose.

Le résultat est exprimé en NPP, en se référant à la table de Mac Grady (Voir annexes).

Afin que le produit soit conforme, le taux de coliformes fécaux doit être de  $10^{-2}$  UFC/g.

### 5.1.4.2. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux, sur milieu solide

- **Mode opératoire**

0.1 ml de chaque dilution, préalablement préparée, a étéensemencé en surface sur le milieu solide TTC-Tergitol, à raison de 2 boîtes par dilution, puis les boîtesensemencées ont été incubées à 44 °C pendant 24-48 h.

- **Lecture**

Les coliformes fécaux apparaissent sous forme de colonies rouges ou bordeaux avec un halo jaune (lactose +).

### 5.1.4.3. Recherche d'*Escherichia coli*

- **Mode opératoire**

1 ml a été prélevé des tubes positifs (BLBVB), résultant du dénombrement positif, des coliformes fécaux et repiqué dans des tubes contenant le milieu Eau Peptonée Exempte d'Indole, puis incubé à 44 °C pendant 24 h. Après incubation, le test MacKenzie a été effectué par l'ajout de quelques gouttes du réactif de Kovac, où la présence d'*E. coli* est confirmée par l'apparition d'un anneau rouge à la surface, signe de la production d'indole à partir de la Tryptophane.

### 5.1.5. Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*

- **Mode opératoire**

Des boîtes de milieu Chapman pré-coulées ont été inoculées par 0.1 ml de chaque dilution, à raison de 2 boîtes par dilution, puis incubées à 37 °C pendant 24-48 h. Après incubation, les colonies caractéristiques de *S. aureus* devraient être jaunes dorées, signe de la dégradation du Mannitol.

## MATERIELS ET METHODES

---

Dans le cas d'apparition de colonies caractéristiques après incubation, quelques colonies seront repiquées en triple stries sur GN, puis les cultures pures obtenues devront être utilisées pour une coloration de Gram, un test Catalase et un Test Oxydase.

- **Lecture**

Les colonies caractéristiques ayant une forme cellulaire Cocci en grappe de raisin, de couleur violette (Gram positif), Oxydase négative et Catalase positive, pourront être potentiellement considérées comme des *S. aureus*, en attendant la confirmation par la galerie Api Staph.

- **La coloration de Gram**

La coloration de Gram est la coloration différentielle, qui permet de différencier les bactéries selon leur forme et leur affinité pour les colorants. Cette technique permet de classer les bactéries en 2 groupes, Gram positif ou Gram négatif. Elle permet aussi de distinguer entre les différentes formes et agencements des cellules bactériennes (coccobacille, bacille, cocci, en amas, en chaînette, ...).

Pour préparer et colorer un frottis bactérien, une colonie isolée a été étalée en couche mince sur une lame propre avec une goutte d'eau distillée, puis séchée à l'air libre, jusqu'à obtenir un aspect mat. Après séchage, la fixation du frottis est effectuée par le passage de la lame dans la flamme avant de la laisser refroidir. Ensuite, la coloration différentielle est réalisée en inondant le frottis fixé avec du cristal violet pendant 1 min, suivi du mordant (iode ou Lugol) qui est appliqué pendant 1 min. Après chaque étape, la lame doit être rincée à l'eau pendant 2 secondes. L'agent décolorant est appliqué pendant 15 sec, puis le contre-colorant (safranine) est appliqué de 30 sec à 1 min et rincé juste après. Enfin, le frottis est observé au microscope avec huile à immersion, où les bactéries à Gram négatif apparaîtront en rose/rouge et celles à Gram positif en bleu/violet.

- **Test de la catalase**

La catalase est une enzyme qui dégrade le peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène moléculaire (Harvey et al., 2007). Les organismes catalase-positifs, en contact direct avec le peroxyde d'hydrogène, produisent rapidement des bulles d'air.

Pour ce test, une petite quantité a été prélevée, à partir d'une culture pure cultivée sur GN ou PCA, et a ensuite été étalée sur une lame propre, puis quelques gouttes de peroxyde

## MATERIELS ET METHODES

---

d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ont été ajoutées. L'effervescence qui en résulterait indique la présence de catalase (réaction positive).

- **Test d'oxydase**

Ce test met en évidence la capacité de la bactérie à oxyder un réactif incolore (NN-diméthyl-paraphénylène diamine), en un dérivé rose violacé.

Un disque non imprégné a été placé sur une lame propre, avec une pince flambée, puis une goutte de réactif a été ajoutée sur ce disque. La colonie à tester, issue d'une culture pure a ensuite été déposée sur le disque. L'apparition d'une couleur rose violacé, après 30 sec environ, est le signe d'une réaction positive.

### 5.1.6. Recherche et dénombrement de *salmonella*

La recherche des Salmonelles est effectuée en trois étapes successives : Pré-enrichissement sélectif, enrichissement sélectif et isolement, à fin d'augmenter les chances de détection, car selon la grande majorité des normes, la présence de 1 UFC dans 25 g suffit à rendre le produit impropre à la consommation (Guiraud et Rosec, 2004).

- **Mode opératoire**

Pour le pré-enrichissement, 25 g de farine sont pesés et 225 ml de bouillon au sélénite (SFB) ainsi que 4 disques SFB sont ajoutés dans des flacons stériles de 500 ml. Après agitation pendant 2 minutes, les flacons sont incubés à 37 °C pendant 24 heures, et un changement de couleur jaune-orange indique un résultat positif. Ensuite, l'enrichissement sélectif est réalisé en inoculant aseptiquement 0.1 ml de la solution pré-incubée dans des tubes contenant 10 ml de bouillon de sélénite cystine, suivie d'une incubation à 37 °C pendant 18-24 h. Pour l'isolement, le bouillon d'enrichissement est ensemencé par la méthode de stries sur des milieux sélectifs solides SS et Hektoen, puis incubé à 37 °C pendant 18 à 48 h.

- **Lecture**

La lecture des résultats montre que sur la gélose SS, les salmonelles apparaissent sous forme de colonies incolores transparentes avec ou sans centre noir, les shigelles comme des colonies incolores, et les coliformes en colonies rouges ou roses. Sur la gélose Hektoen, les salmonelles forment des colonies vertes avec ou sans centre noir, tandis que les shigelles apparaissent incolores.

## MATERIELS ET METHODES

---

### 5.1.7. Recherche et dénombrement des *Clostridium* sulfito-réductrices

- **Mode opératoire**

La recherche et le dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs sont effectués dans des tubes, contenant des milieux composés de Sulfite de Sodium et de l'Alun de Fer, car ces bactéries réduisent le Sulfite de Sodium et produisent une coloration noire en présence d'ions de Fer.

Avant d'utiliser le milieu Viande Foies (VF), 0.5 ml de Sulfite de Sodium et quelques gouttes d'Alun de Fer ont été aseptiquement ajoutés, dans un flacon contenant la gélose VF fondue et refroidie, pour être homogénéisés par agitation.

5 ml de chaque dilution ont été placés dans des tubes vides stériles, à raison de 3 tubes par dilution, puis ont été mis dans un bain-marie à 80 °C pendant 10 min, pour être juste, après refroidir rapidement sous un robinet (choc thermique), afin de détruire les formes végétatives et casser les spores éventuellement présentes.

La gélose VF en surfusion refroidie, précédemment préparée, a été aseptiquement ajoutée, en 2 étapes, dans les tubes vides stériles contenant les suspensions, puis de l'huile de vaseline stérile a été ajoutée pour garantir une culture en anaérobiose.

- **Lecture**

Après 24 h d'incubation à 37 °C, la germination des spores des *Clostridium* sulfito-réducteurs apparaît sous forme de colonies noires. La première lecture doit se faire après 16 h, pour éviter que les colonies envahissantes rendent l'interprétation difficile. Un tube est considéré positif, s'il contient des colonies rondes noires, de diamètre supérieur à 0.5 mm, et le calcul se fera selon la méthode NPP.

### 5.1.8. Recherche des vibrions

La recherche des Vibrions a été effectuée en deux étapes successives : un enrichissement sélectif et un isolement. Pour l'enrichissement sélectif, 25 g de l'aliment ont été pesés puis 225 ml du milieu Eau Peptonée Salée Alcaline (EPSA) ont été ajoutés, après homogénéisation, le flacon a été incubé à 41 °C pendant 24 h.

Pour l'isolement et l'identification présomptive, 0.1 ml du bouillon d'enrichissement incubé a été l'ensemencé sur une gélose Thiosulfate Citrate Bile Salt (TCBS), puis les boîtes ont été incubées à 37 °C pendant 24 h. Les colonies saccharose positives, apparaissent jaunes en raison

## MATERIELS ET METHODES

---

de l'acidification du milieu, due à la dégradation du saccharose. La présence de thiosulfate et de citrate de fer III, permet également d'observer la production d'H<sub>2</sub>S, avec des colonies à centre noir indiquant H<sub>2</sub>S positif et des colonies sans centre noir indiquant H<sub>2</sub>S négatif.

**Tableau XIV.** Résultats de l'identification présomptive sur le milieu TCBS

Colonies jaunes	Colonies vertes	Petites colonies jaunes	Petites colonies vertes
Vibrions saccharose + <i>V. cholerae</i> <i>V. alginolyticus</i> <i>V. fluvialis</i> <i>V. furnissii</i> <i>V. metschnikovii</i>	Vibrions saccharose – <i>V. vulnificus</i> <i>V. parahaemolyticus</i> <i>V. mimicus</i>	<i>Escherichia coli</i> <i>Klebsiella</i> <i>Shigella</i> <i>P. aeruginosa</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>

Pour la confirmation des Vibrions : Après incubation et dans le cas d'obtention de colonies caractéristiques suspectes, ces derniers devront être repiqués par triple strie sur le même milieu sélectif (TCBS), afin d'avoir des colonies bien isolées. Les colonies isolées obtenues seront, ensuite, repiquées sur GN, et les cultures pures obtenues après incubation seront soumises à des observations à l'état frais, une coloration de Gram et d'éventuels tests biochimiques (catalase, oxydase, ...).

### 6. Stabilité du produit et durée de conservation de l'aliment

Afin d'évaluer la stabilité du produit et sa durée de conservation, nous avons effectué un test de stabilité, l'un sans procédé thermique préalable et l'autre après traitement thermique (tyndallisation) en se basant sur l'évaluation, des caractéristiques organoleptiques du produit (aspect, texture, odeur et couleur).

#### 6.1. Stabilité du produit, sans procédé thermique préalable

Nous avons placé le produit dans des bocaux stériles fermés, où la température a varié selon les conditions climatiques naturelles pendant les 42 jours d'expérience.

#### 6.2. Stabilité du produit, après tyndallisation

- **Principe de la méthode**

La tyndallisation consiste en une série de trois chauffages de 1 heure à 70-80 °C, séparées par un intervalle de 24 h à température ambiante, ce qui permet la germination et la destruction des spores sans l'emploi d'une température excessive. Cette méthode est utilisée pour les milieux fragiles et thermosensibles, qui ne peuvent être stérilisés à de hautes températures (Guiraud, 2003).

## MATERIELS ET METHODES

---

- **Mode opératoire**

La farine à tester a été placée dans un bocal stérilisé, puis chauffée dans l'étuve à 60 °C pendant 30 minutes. Après cela, le bocal a été laissé à l'air libre pendant 24 h. Ensuite, ce dernier a été replacé dans l'étuve pendant 30 min. Ainsi, ce processus a été répété pendant 3 jours. Par la suite, la farine a été laissée dans un bocal fermé sur la paillasse, en attendant la vérification de ses caractéristiques après 2 mois. L'objectif est de vérifier, après cette période, si des changements se produiront dans les caractéristiques organoleptiques du produit ; aspect, texture, odeur et couleur.

### **7. Impacte de la farine produite sur le comportement et le développement des poissons**

#### **7.1. Procédure expérimentale**

Les espèces choisies sont les cichlidés africains (*Neolamprologus mustax*) et (*Nimbochromis venustus*) et le tilapia rouge (*Oreochromis niloticus*).

Ils ont été acquis auprès d'une ferme privée aquacole, ensuite ramenés à l'ENSSMAL le 10 mai 2024.

Étant donné que nous disposons de trois compositions de farines différentes, nous avons réparti les poissons dans trois aquariums (Figure 29) de même taille, tous avec la même qualité d'eau et les mêmes conditions physico-chimiques. L'unique variable entre les 3 aquariums était la composition de la farine, où les poissons de chaque aquarium étaient nourris avec l'une des trois compositions de farine produite.

Le nombre total de poissons ayant fait l'objet de la présente expérimentation était de 45 individus juvéniles, dont 15 individus de tilapia présents dans l'aquarium 3. Les 30 autres cichlidés africains ont été répartis de manière équitable entre l'aquarium 1 et 2 (15 individus dans chacun des deux aquariums). En fonction de l'objectif visé, les cichlidés africains de l'aquarium 1 ont été nourris avec la composition 3, ceux de l'aquarium 2 avec la composition 2, et les tilapias de l'aquarium 3 avec la composition 1.

Le poids des poissons sélectionnés était entre 3 et 6 g, et la taille était entre 3 et 4 centimètres, en début d'étude.

Chaque aquarium est équipé d'une pompe à air pour l'oxygénation de l'eau, d'un tuyau pour le siphonage et d'un thermostat pour maintenir la température de l'eau à des niveaux appropriés.

## MATERIELS ET METHODES

---

Afin de maintenir un environnement propre et sain pour les poissons, nous avons mis en place une procédure de siphonage régulière. Toutes les 48 h, une heure avant l'introduction de l'aliment, le fond de chaque aquarium est soigneusement siphonné. Cette opération permet de retirer les restes alimentaires et les débris organiques, limitant ainsi le risque de développement microbien et assurant une meilleure qualité de l'eau.

En plus de cette routine de nettoyage, divers équipements ont été utilisés pour surveiller et maintenir les conditions de l'eau. Un salinomètre a été utilisé pour mesurer les paramètres physicochimiques du milieu tels que la température et le pH. Une balance a été utilisée pour peser les poissons et l'aliment, tandis qu'un ichtyomètre a été employé pour mesurer la taille des poissons. Enfin, une épuisette a été utilisée pour manipuler les poissons en toute sécurité.

Cette procédure a été mise au point afin d'offrir un environnement optimal pour nos poissons, et d'assurer les mêmes conditions de croissance pour l'intégralité des individus. De ce fait, l'impact de la composition la farine utilisée, cette dernière étant la seule variable entre les différents bassins, sur les individus de cette étude, sera plus clair en comparant le comportement (acceptabilité de l'aliment et agilité) et la croissance (taille et poids) des poissons issus des 3 bassins différents, ainsi que des individus considérés comme témoins positifs.

Les individus considérés comme témoins positifs n'ont pas pu être acheminés à l'école, et ont été, de ce fait, mesurés directement à la ferme d'où proviennent originellement les individus utilisés dans notre étude. À la ferme, ils ont été nourris selon un régime standard à base de farine industrielle.



**Figure 29.** Photographie des bassins expérimentaux (Photo originale, 2024)

## MATERIELS ET METHODES

---

### 7.2. L'alimentation

Les poissons des 3 bassins ont été nourris manuellement, en répandant l'aliment à la surface de chaque aquarium, au même rythme, sur une base de 3 fois par jour 7/7 j, pendant une période de 42 jours.

Du début de l'expérimentation jusqu'à la fin, la quantité d'aliment distribué par aquarium était de 2 % du poids moyen du poisson, le tilapia hybride rouge élevé dans des cages flottantes et nourri trois ou quatre fois par jour avec un régime contenant 25 pour cent de protéines grandit mieux et présente un meilleur rapport de conversion alimentaire que s'il est nourri seulement deux fois par jour (FAO, 2001).

### 7.3. Suivi de l'expérimentation

La maîtrise de l'élevage passe par le contrôle d'hygiène de l'élevage (nettoyage et siphonnage des aquariums ; nettoyage et rinçage du matériel après chaque utilisation ; nettoyage de la zone de travail afin d'éviter toute accumulation de déchets), et des paramètres physicochimiques de l'eau, mais aussi à des pesées et mensurations des poissons tous les 21 jours durant toute la période de l'essai qui s'est étalée sur 42 jours.

#### 7.3.1. Contrôle des paramètres zootechniques

##### 7.3.2.1. Croissance linéaire

Pour évaluer la croissance linéaire des poissons, les mesures ont été prises à l'aide d'un Ichtyomètre, tous les 21 jours (Figure 30).



**Figure 30.** Prise de taille des poissons (Photo originale, 2024)

## MATERIELS ET METHODES

---

### 7.3.2.2. Croissance pondérale

La biométrie des poids est effectuée à l'aide d'une balance, tous les 21 jours (Figure 31) .



**Figure 31.** Prise de poids des poissons (Photo originale, 2024)

# **RESULTATS ET DISCUSSION**

# RESULTATS ET DISCUSSION

## 1. Résultats des analyses physico-chimique de la farine de poisson

Pour notre projet de recherche sur la mise en valeur des déchets de la pêche, nous avons examiné les possibilités d'utilisation des foies de poissons, moins courants pour la fabrication de farine de de haute qualité. Nous avons préparé trois échantillons expérimentaux (ECH1, ECH2 et ECH3), à partir de foies d'espardon, de merlan et de barracuda. Les conclusions obtenues montrent des profils nutritionnels particulièrement encourageants, comparables à ceux des farines provenant de déchets de pêche (SKIPJAK, thon, sardine) et des farines commerciales classiques. La représentation graphique illustre les différences entre ces profils nutritionnels, avec des niveaux de protéines généralement élevés pour tous les échantillons.

Le Tableau XV ci-dessous présente les résultats de l'analyse physico-chimique des divers échantillons, réalisés avec des pourcentages de foie différents.

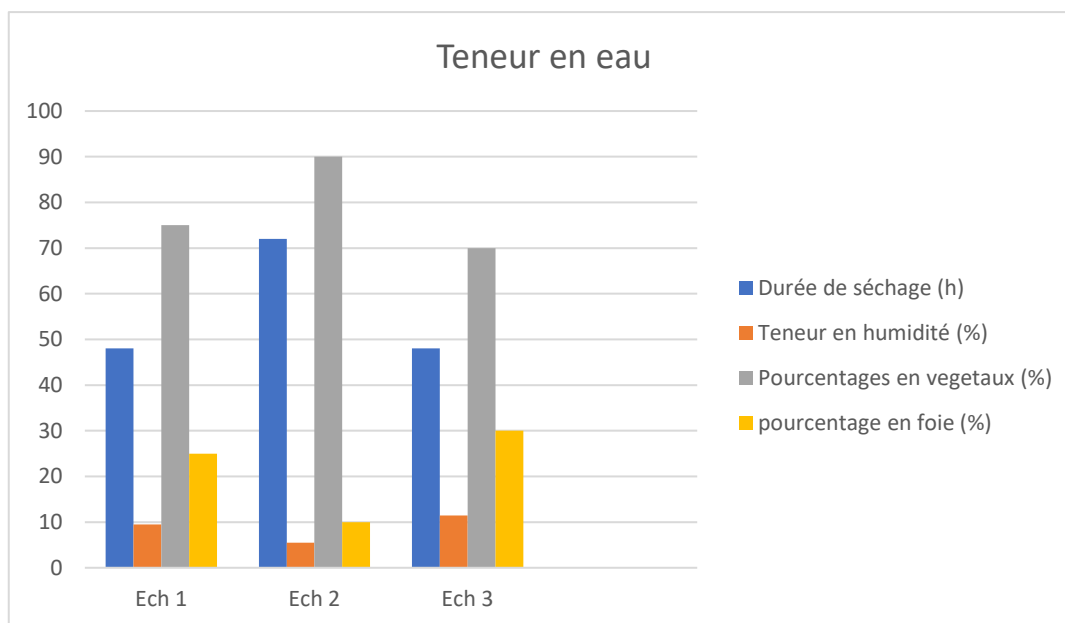
**Tableau XV.** Résultats des analyses physico-chimiques des 3 compositions de farine

Echantillon	Teneur en humidité (%)	Teneur en protéine (%)	Teneur en matière grasse (%)	Teneur en cendre (%)
Echantillon 1 25 % de foie	9.48	71.15	10.19	7.30
Echantillon 2 10 % de foie	5.49	62.36	5.35	7.60
Echantillon 3 30 % de foie	11.46	89.23	10.19	6

### 1.1. Teneur en humidité

Pour qu'un produit soit de qualité, il est nécessaire que la quantité d'eau soit comprise entre 10-14 % au maximum (Ülivari, 1933 et Iferme, 2008). En examinant nos résultats, on peut observer que le premier échantillon et le second, ainsi que le troisième respectent cette norme de qualité (Figure 32).

## RESULTATS ET DISCUSSION



**Figure 32.** Résultats de la détermination de la teneur en eau (humidité)

L'analyse de nos échantillons révèle une corrélation inverse entre la durée de séchage et la teneur en humidité, influencée par la composition en végétaux et la proportion de foie dans la farine.

En effet, plus la proportion de végétaux est élevée, plus la durée de séchage nécessaire augmente, en raison de leur capacité à retenir l'eau. L'échantillon avec la plus haute teneur en foie (Ech 3), présente le taux d'humidité le plus élevé, suggérant que le foie retient davantage d'eau.

Ainsi, pour obtenir une farine la plus sèche et la plus stable possible, il est crucial d'ajuster la durée de séchage en fonction de la composition de ses ingrédients, notamment lorsque la proportion de végétaux est importante.

Selon les recherches de Benateur et al. (2005), qui ont étudié les niveaux d'humidité dans différentes parties du poisson (8 % pour la sardine entière et 12 % pour les têtes et viscères), il est évident que la composition de la matière première influence directement le taux d'humidité final, particulièrement en présence de végétaux. De plus, la teneur en foie affecte la teneur en humidité, impactant ainsi la conservation du produit.

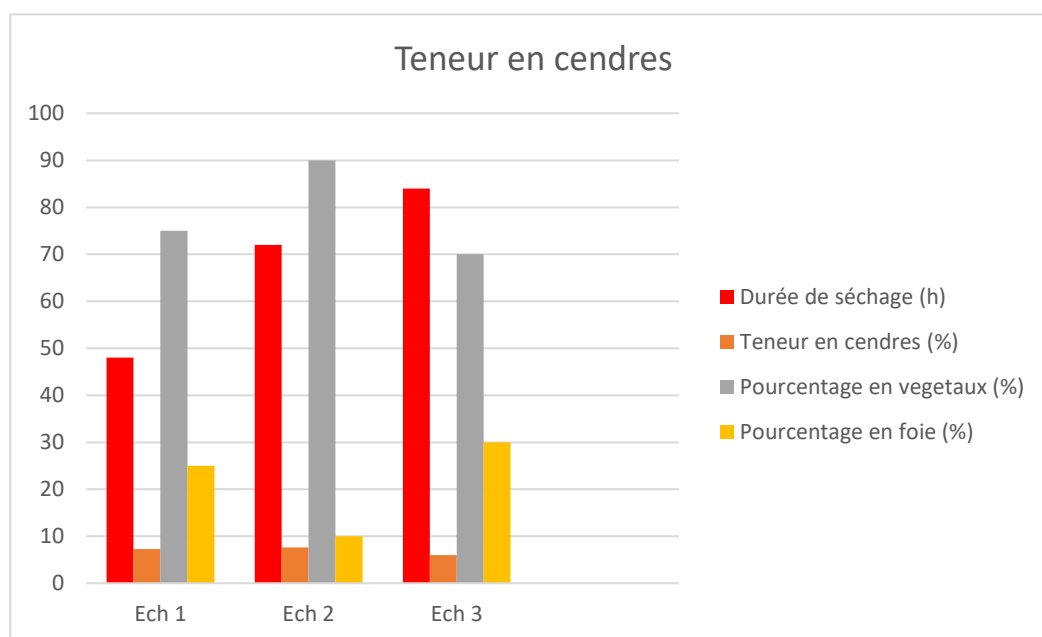
Dans nos échantillons (ECH1, ECH2 et ECH3), les niveaux d'humidité observés, compris entre 5 et 10 %, sont relativement faibles, ce qui permet une conservation optimale et une stabilité microbiologique accrue. Cependant, une farine très sèche peut entraîner des difficultés

## RESULTATS ET DISCUSSION

de manipulation, telles que la poussière ou le colmatage, soulignant l'importance d'un équilibre entre faible humidité et maniabilité du produit.

### 1.2. Teneur en cendres

La Figure 40 présente les résultats de notre analyse. Selon les résultats de l'analyse, les échantillons 1 et 2 ont des taux élevés de matières minérales, avec des valeurs respectives de 7.30 % et 7.60 %. Par contre, le taux du troisième échantillon est de 6 % (Figure 33). Ces informations sont cruciales, car elles révèlent la présence de matières minérales dans les déchets (foie) analysés.



**Figure 33.** Résultats de la détermination de la teneur en cendre

Notre analyse des échantillons de farine de poisson (ECH1, ECH2 et ECH3) a révélé une variabilité marquée dans les teneurs en cendres, allant d'au moins 5 % à plus de 20 %. Cette variation est probablement due à la composition minérale hétérogène, des différentes sortes de foie de poisson utilisées, ainsi qu'aux variations dans le procédé de préparation.

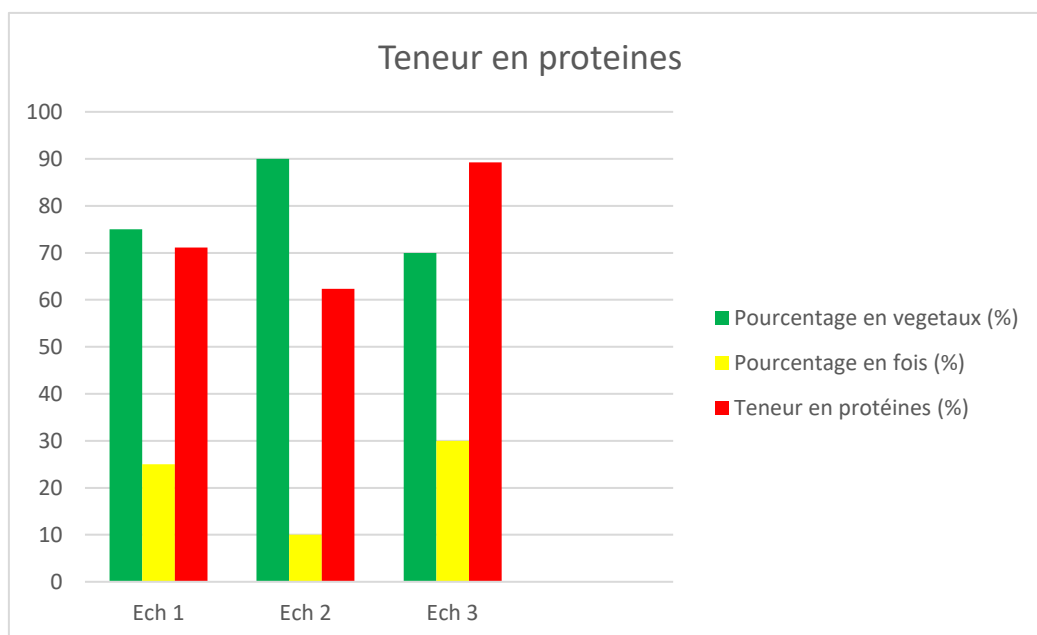
En comparant nos résultats aux farines commerciales comme celles de Skipjack, qui présentent des teneurs en cendres plus élevées, il est clair que les foies, utilisés dans nos échantillons, ont une concentration en minéraux relativement plus faible. Ce taux relativement faible en minéraux est corroboré par les faibles taux de cendres, que nous avons observés. En particulier, l'échantillon ECH2, qui contient une proportion plus élevée en végétaux, montre une teneur en cendres plus importante, ce qui pourrait être dû à la présence accrue de minéraux dans les déchets végétaux.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Ce contraste souligne la spécificité des foies comme matière première à faible teneur en minéraux, et met en évidence l'impact de la composition des ingrédients et du procédé de préparation sur les caractéristiques finales des farines.

### 1.3. Teneur en protéines

La figure 41 illustre les résultats obtenus. On constate que les deux échantillons 1 et 3 ont un pourcentage de foie 25 % et 30 %, respectivement, présentent des taux élevés en protéines, avec respectivement 71.15 % et 89.23 %, ce qui témoigne de leur qualité nutritionnelle élevée. De plus, on observe que le second échantillon présente un taux moins élevé 62.36 % mais dans les normes, ce qui s'explique par la différence de pourcentage de foie et la durée appliquée lors du séchage, à savoir 25 % foie pendant 48 h heures pour le premier échantillon, et 30 % en foie pendant 48 h pour le troisième et 10 % en foie pendant 72 h pour le second échantillon (Figure 34).



**Figure 34.** Taux en protéines des 3 compositions de farine

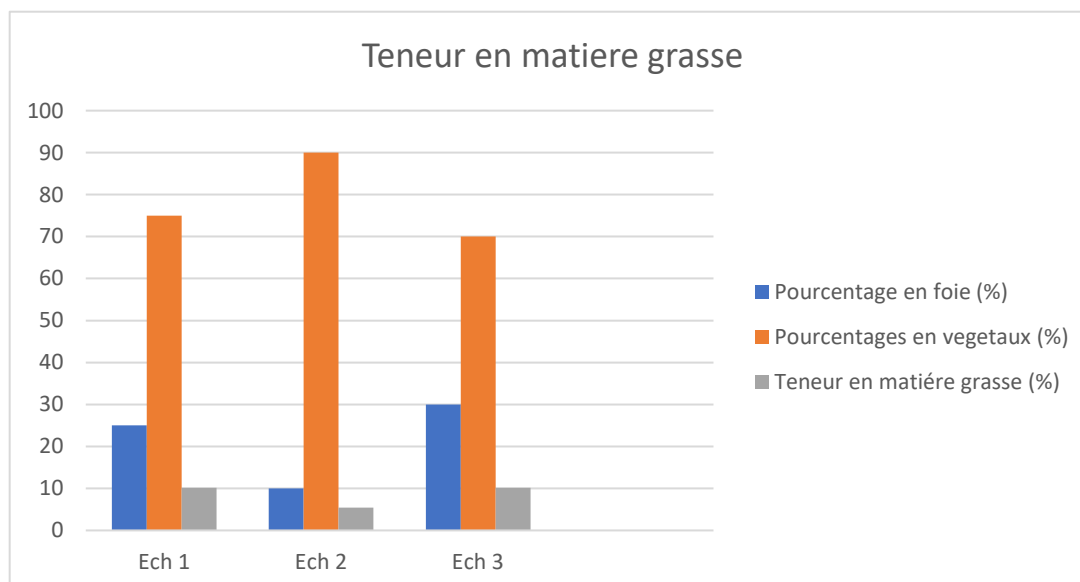
L'analyse de la teneur en protéines des farines de poisson (ECH1, ECH2 et ECH3), élaborées à partir des foies de barracuda, d'espadon et de merlan, révèlent des résultats particulièrement positifs. Les teneurs en protéines, comprises entre 70 et 90 %, sont remarquablement élevées, et surpassent même celles rapportées par Benateur et al. (2005) pour la sardine (68-80 %) et Khemache et al. (2016) pour le thon (70 %). Cette uniformité dans les résultats suggère une qualité constante de nos matières premières, et une efficacité similaire dans notre procédé de fabrication.

## RESULTATS ET DISCUSSION

La forte concentration en protéines, suggérant un probable équilibre en acides aminés essentiels, promet un potentiel nutritionnel élevé de nos farines, ce qui les rend particulièrement intéressantes pour l'alimentation animale. De plus, l'utilisation des foies, souvent considérés comme des sous-produits, permet de valoriser ces ressources et de diversifier les sources de protéines disponibles.

### 1.4. Teneur en matière grasse

La figure 42 présente les différents taux obtenus lors de notre analyse. On peut observer que la teneur la plus faible en matière grasse est enregistrée pour le deuxième échantillon, avec une valeur de 5,4 %. D'après l'Ifremer (2010), la quantité de lipides dans la farine de poisson ne doit pas dépasser 12 % (Figure 35), ce qui signifie que notre résultat est conforme aux normes. Ces taux diffèrent selon le type de coproduit et les espèces employées.



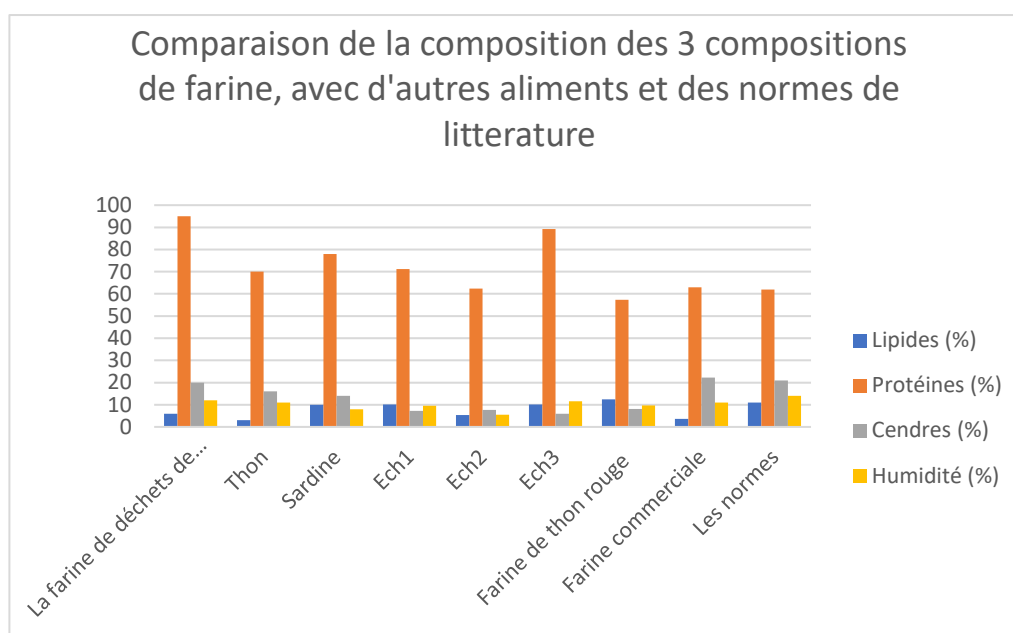
**Figure 35.** Teneur en matière grasse des différentes 3 compositions de farine

Après avoir analysé les teneurs en matières grasses de nos trois échantillons de farine de poisson (ECH1, ECH2, et ECH3), les résultats ont montré une grande variabilité dans la teneur en matières grasses entre les échantillons. L'échantillon ECH1 affiche une teneur de 10,19 %, ECH2 présente la teneur la plus faible avec 5,35 %, et ECH3 atteint également 10,19 %. Cette variabilité pourrait être due à la concentration en tissus adipeux des foies ou aux différences dans les procédés de fabrication. Contrairement aux farines standard, qui ont des taux inférieurs à 15 %, comme recommandé pour une bonne conservation, nos échantillons présentent des taux plus élevés, typiques des foies riches en lipides. Cela suggère un apport énergétique important et une richesse en acides gras essentiels, mais nécessite une attention particulière pour éviter

## RESULTATS ET DISCUSSION

l'oxydation durant la conservation. Ces observations sont en accord avec les recherches de Benateur et al. (2005) et Khemache et al. (2016), qui indiquent des taux d'environ 11 % pour la sardine crue et le thon, soulignant la nécessité de gérer cette variabilité pour optimiser les procédés de fabrication et assurer une qualité constante des farines.

### 1.5. Discussion comparative de nos résultats par rapport aux normes littéraires



**Figure 36.** Comparaison de la composition des 3 compositions de farine, avec d'autres aliments et des normes de la littérature

En comparaison avec les normes, la majorité des farines, y compris celles provenant de déchets, vont au-delà des normes en termes de protéines. Elles ont majoritairement le même taux que les normes, concernant le taux de lipides, à l'exception des échantillons de foie qui sont inférieurs. Leur taux en cendres vari, mais reste dans les limites acceptables.

L'analyse comparative des farines ECH1, ECH2 et ECH3 met en évidence plusieurs points clés. Ces farines présentent des taux de protéines nettement supérieurs à ceux de la farine de thon, de sardine, ainsi que ceux des farines commerciales, rivalisant même avec la farine de déchets de SKIPJAK, reconnue pour sa richesse en protéines.

Cette caractéristique souligne leur potentiel nutritionnel élevé, notamment en acides aminés essentiels. En termes de teneur en lipides, ces farines se situent généralement au-dessus de celles de la farine de thon et de la sardine, mais légèrement en dessous de la farine de déchets de SKIPJAK et des farines commerciales.

## RESULTATS ET DISCUSSION

---

Cet apport lipidique contribue à fournir une source d'énergie concentrée, et à améliorer la palatabilité des aliments. Les teneurs en cendres sont comparables aux autres échantillons, suggérant un équilibre minéral satisfaisant, essentiel pour la santé de l'animal. Enfin, les taux d'humidité, similaires ou légèrement inférieurs à ceux des autres échantillons, sont favorables pour la conservation, et la limitation de la prolifération bactérienne.

### **1.6. Caractérisation nutritionnelle et potentiel d'utilisation de farines issues de la bio-revalorisation**

Cette initiative de bio-revalorisation des déchets de poissons (foies d'espadon, de merlan et de barracuda), ainsi que les déchets végétaux, par des procédés biotechnologiques, afin de produire une farine pour poisson, constitue une approche innovante du point de vue valorisation des sous-produits de la pêche. Notamment, en visant des espèces de poissons moins fréquemment utilisées mais dont la composition est très riche, telles l'espadon et le barracuda, ce qui apporte une valeur nutritionnelle particulière à cette farine.

Les caractéristiques nutritionnelles particulières de la farine produite, qui se distinguent par une forte concentration en protéines et en lipides, offrent des opportunités intéressantes pour des applications spécifiques en nutrition animale, tout en faisant un geste éco-responsable, en donnant une seconde vie à des déchets organiques, difficilement exploitables d'ordinaire.

Notre travail met aussi l'accent sur la possibilité de valorisation d'organes spécifiques, plus précisément le foie, et ce, afin d'assurer dès le départ une qualité microbiologique de la matière première de base, contrairement à l'utilisation de la carcasse entière avec les branchies, ou encore les intestins qui ont naturellement une charge microbienne trop élevée.

Ajouter à cela la possibilité d'utilisation des déchets d'espaces disponibles, et pas nécessairement et uniquement les espèces couramment utilisées dans le secteur de la production de farine, tout cela élargit le champ des ressources utilisables pour la fabrication de farines de poisson de haute qualité.

L'analyse des échantillons ECH1, ECH2 et ECH3, qui contiennent respectivement 25 %, 10 % et 30 % de foie, et des déchets végétaux pour le reste de la composition, révèle des relations intéressantes entre le pourcentage de foie, et la teneur en protéines ainsi qu'en lipides. Les résultats montrent que même avec des variations du pourcentage de foie, la farine produite reste riche en protéines et en lipides. Cela indique que même une petite quantité de foie, en grammes, suffit à préserver la richesse nutritionnelle de la farine. Ainsi, il n'est pas nécessaire de formuler une farine avec un taux de foie très élevé.

## RESULTATS ET DISCUSSION

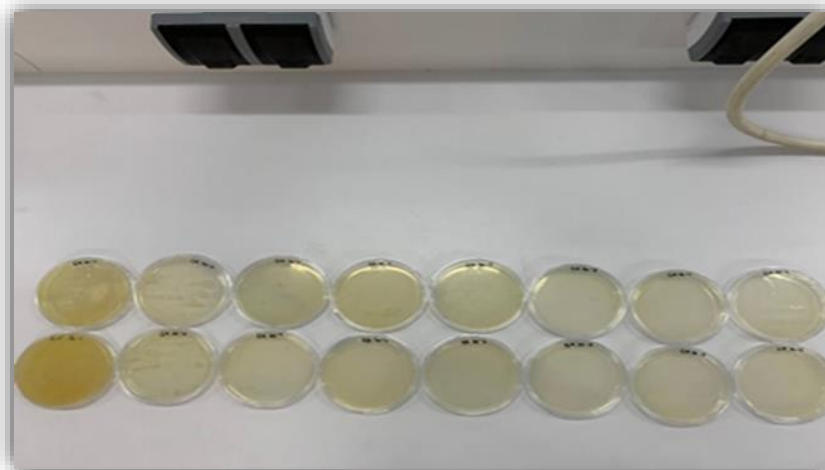
---

De ce fait, valoriser les déchets pour produire un aliment riche, avec des teneurs aussi élevées en lipides et en protéines, pouvant être utilisé dans des applications spécifiques en aquaculture ou en alimentation animale, est un processus particulièrement avantageux économiquement et écologiquement, car cela favorise, à moindre coût, un usage plus exhaustif et durable des captures de pêche, en mettant en valeur des parties du poisson souvent négligées.

### 2. Résultats des Analyses microbiologiques

#### 2.1. Flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT)

Concernant l'examen microbiologique de la FAMT sur milieu GN, après incubation de 24-48 h à 30 °C, l'examen des boîtes de Pétri n'a révélé qu'une croissance en nappe correspondant à la solution mère  $10^{-1}$ , ce qui rend le dénombrement impossible. De ce fait, la concentration initiale en FAMT est bien au-dessus de la première dilution. Par conséquent, la concentration initiale de l'échantillon ne peut être qu'estimée approximativement, bien au-delà de 10 UFC (Figure 37).



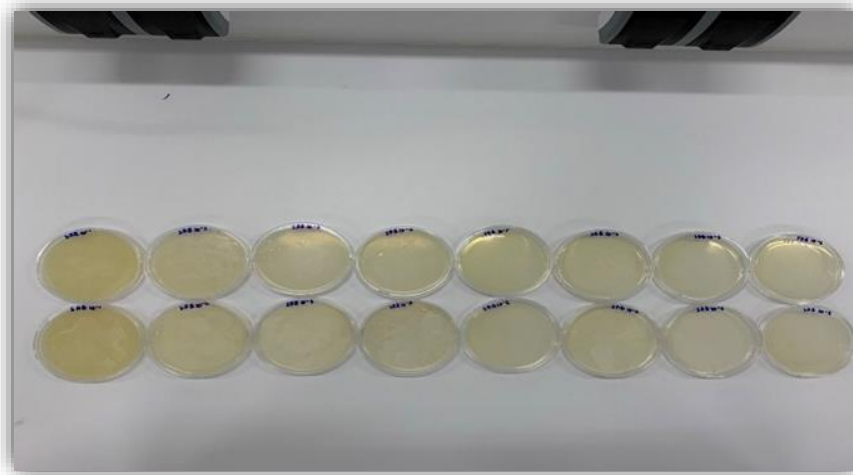
**Figure 37.** Dénombrement de la flore Aérobie Mésophile Totale (FAMT) (photo original, 2024)

#### 2.2. Levures et moisissures

Après incubation à 25 °C sur le milieu Sabouraud, l'examen des boîtes de Pétri n'a révélé qu'une croissance en nappe correspondant à la solution mère  $10^{-1}$ , ce qui rend le dénombrement impossible. Par conséquent, la concentration initiale de l'échantillon ne peut être qu'estimée approximativement, bien au-delà de 10 UFC (Figure 38).

## RESULTATS ET DISCUSSION

---

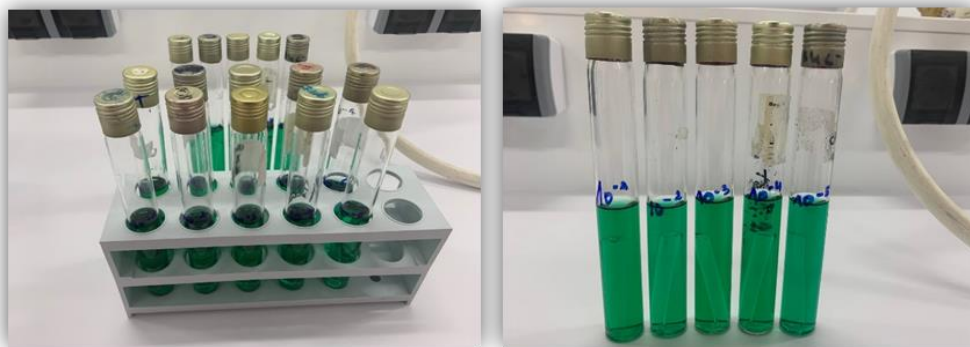


**Figure 38.** Dénombrement de levures et moisissures (photo originale, 2024)

### 2.3. Coliformes fécaux

- **En milieu liquide « méthode NPP »**

Après incubation des tubes de BLBVB à 44 °C pendant 24-48 h, aucun des critères pour un résultat positif n'a été observé. Il n'y a eu ni trouble dans le milieu, ce qui indique l'absence de développement bactérien, ni production de gaz dans les cloches de Durham, ce qui élimine la possibilité de fermentation du lactose, et aucun virage de couleur au jaune dans les milieux de culture, confirmant ainsi qu'il n'y a pas eu de fermentation du lactose à 44 °C (Figure 39).



**Figure 39.** Recherche et dénombrement des coliformes fécaux en milieu liquide (Photo originale, 2024)

## RESULTATS ET DISCUSSION

---

- **En milieu solide**

Après incubation des boîtes de milieu TTC-Tergitolensemencées, à 44 °C, aucune croissance n'a été remarquée sur les boîtes, ni colonies présentant une coloration rouge/bordeaux, ni halo jaune n'ont été observés. L'absence de ces signes (Figure 40), indique l'absence de coliformes fécaux dans l'échantillon.



**Figure 40.** Recherche et dénombrement des coliformes fécaux sur milieux solide et liquide  
(Photo originale, 2024)

En conséquence, les résultats des 2 analyses (en milieu liquide NPP et en milieu solide), pour la recherche et le dénombrement des coliformes fécaux ont été négatifs, confirmant l'absence de coliformes fécaux dans l'échantillon analysé. Notre résultat est similaire avec les résultats obtenus par Limam (2017), qui a analysé la farine de poisson préparée à partir des sous-produits, issus des unités de transformation de poissons, et qui a eu aussi un résultat négatif pour ce test.

### 2.3.1. *Escherichia coli*

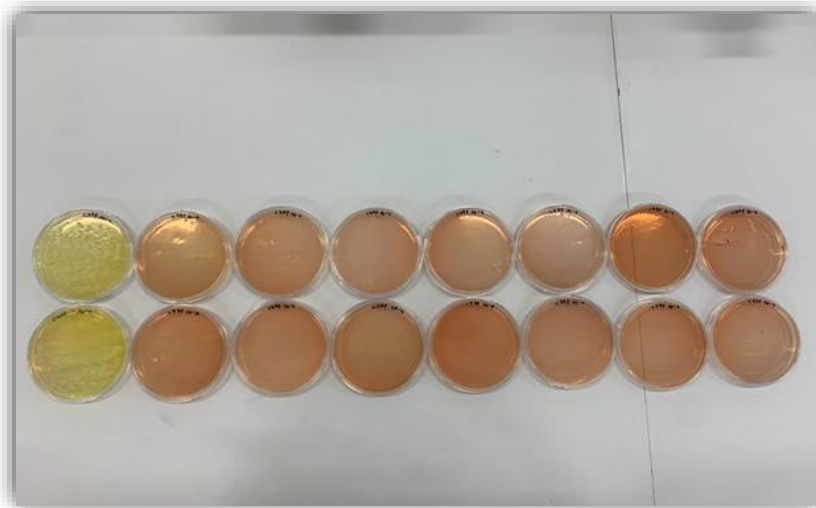
Etant donné que, les analyses pour la recherche et le dénombrement des coliformes fécaux ont été négatives, par conséquent, il en résulte l'absence de *Escherichia coli* dans l'échantillon analysé.

### 2.4. *Staphylococcus aureus*

Après incubation des boîtes du milieu Chapmanensemencées, à 37 °C pendant 48 h, une croissance n'a été observée (Figure 41), avec un virage du milieu du rouge au jaune, indiquant une acidification du milieu, dû à la dégradation du Mannitol. Bien que les colonies retrouvées ne soient pas caractéristiques de *Staphylocoque aureus*, des tests complémentaires ont été effectués, afin de confirmer de la présence ou l'absence de cette bactérie.

## RESULTATS ET DISCUSSION

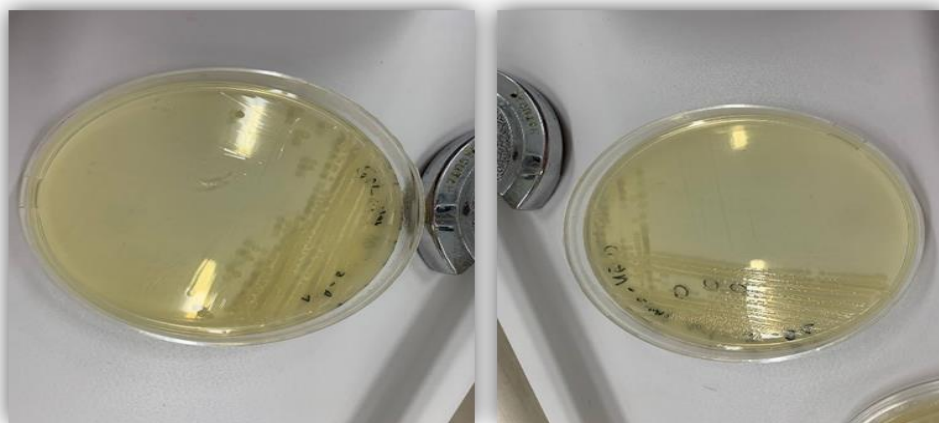
---



**Figure 41.** Recherche et dénombrement de *Staphylocoques aureus* (Photo originale, 2024)

- **Confirmation de la présence ou absence de *Staphylocoques aureus* à coagulase positive**

Les colonies suspectes ont, d'abord, été isolées par méthode de triple strie, sur milieu GN (Figure 42), puis à partir de colonies bien isolées, des cultures pures ont été initiées toujours sur le milieu GN. Les cultures pures obtenue ont été soumises à un test de Catalase et un test d'Oxydase, puis à une coloration de Gram.

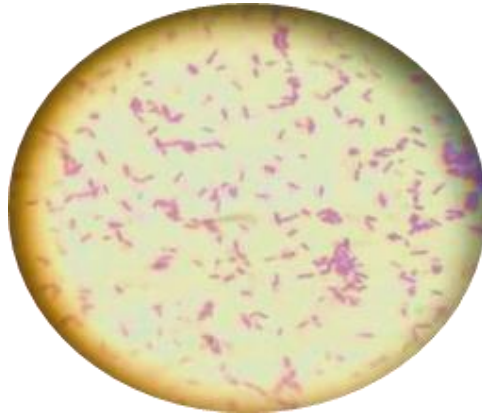


**Figure 42.** Isolement par triple strie (photo originale, 2024)

L'observation microscopique, après coloration de Gram, a démontré des formes bacille à Gram négatif (Figure 43). Concernant les tests biochimiques effectués, les tests Catalase et oxydase se sont révélés négatifs.

## RESULTATS ET DISCUSSION

---



**Figure 43.** Résultat coloration de Gram (photo originale, 2024)

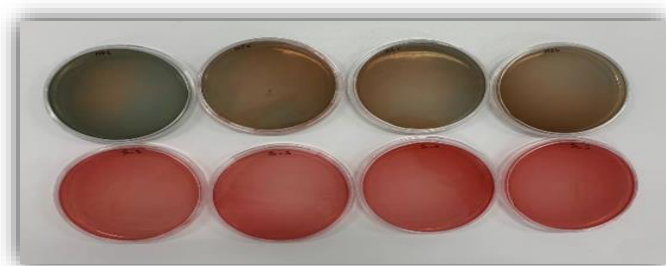
Bien que le milieu Chapman ait montré un virage de couleur au jaune, les caractéristiques des colonies observées ne correspondaient pas à celles de *Staphylococcus aureus*, et les tests de confirmation ont révélé un bacille Gram négatif à Catalase négative, alors que la bactérie en question est un Cocci Gram positif, Catalase positive. En conclusion, les résultats indiquent l'absence de *Staphylococcus aureus* à coagulase positive dans l'échantillon.

Ce résultat n'est pas comparable à celui obtenu par Limam (2017), qui a analysé la farine de poisson préparée à partir des sous-produits issus des unités de transformation de poissons, et qui a eu un résultat positif pour *Staphylococcus aureus*.

### 2.5. *Salmonella*

Après avoir effectué une étape d'enrichissement non sélective initial dans l'EPT, suivie d'un enrichissement sélectif en milieu SFB, afin de favoriser la croissance de *Salmonella* tout en inhibant les autres microorganismes, aucune croissance bactérienne n'a été observée, après l'isolement effectué sur les milieux sélectifs Hektoen et SS (Figure 44).

Ces résultats indiquent l'absence de *Salmonella* dans 25 g d'échantillon de farine analysé, un résultat en concordance avec ceux obtenus par Limam (2017), qui a analysé la farine de poisson, préparée à partir des sous-produits issus des unités de transformation de poissons.



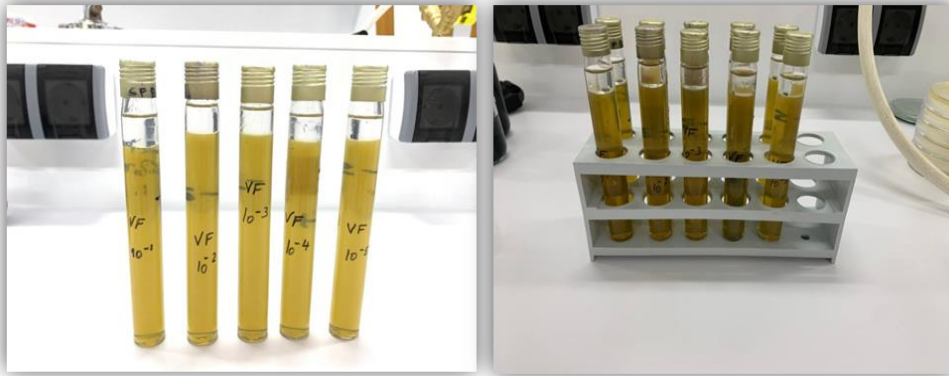
**Figure 44.** Résultat de recherche des *Salmonella* sur la gélose SS et Hektoen (photo originale, 2024)

## RESULTATS ET DISCUSSION

---

### 2.6. *Clostridium* sulfito-réducteur

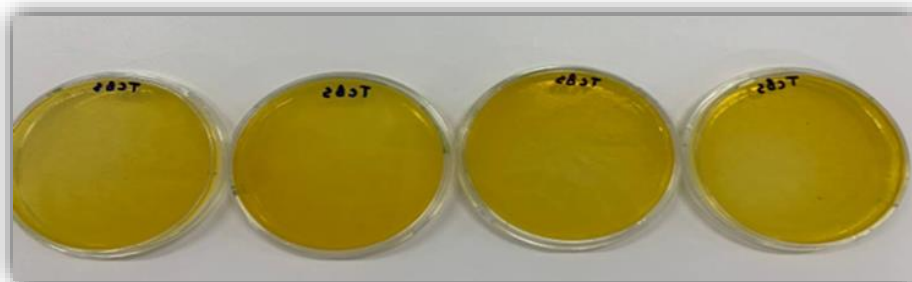
Après 48 h d'incubation à 37 °C, aucune croissance bactérienne n'a été observée dans les tubes de milieu VF ensemencés. Aucun noircissement dans les tubes n'a été constaté, indiquant l'absence de bactéries capables de réduire les sulfites en sulfures noirs (Figure 45). Par conséquent absence de *Clostridium* sulfito-réducteur dans l'échantillon analysé.



**Figure 45.** Résultat de recherche des spores de *Clostridium* sulfito-réducteur montrant l'absence de croissance (Photo originale, 2024)

### 2.7. Les vibrions

Après 24 h d'incubation à 41 °C, des boîtes de TCBS ensemencées, des colonies ont été observées avec un virage du milieu vers le jaune noirs (Figure 46), indiquant la fermentation du saccharose. Cependant, les colonies ne correspondaient pas au profil typique des colonies caractéristiques des vibrions.



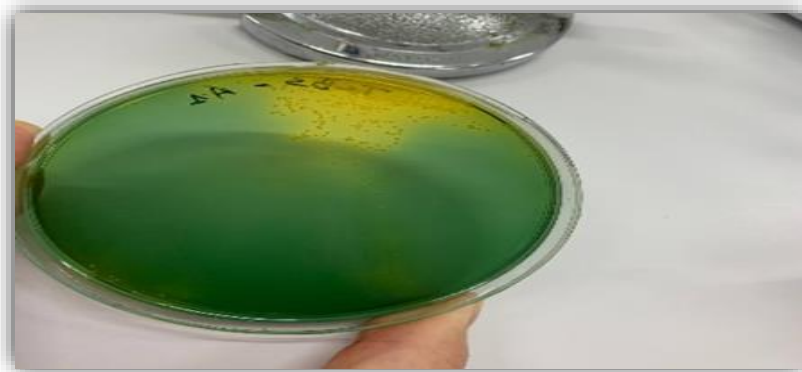
**Figure 46.** Résultat de recherche des vibrions (virage de couleur au jaune) (photo originale, 2024)

## RESULTATS ET DISCUSSION

---

- **Confirmation de la présence ou absence des vibrions**

Pour confirmer l'identité des colonies après avoir eu un virage du milieu au jaune, signe de fermentation du saccharose, plusieurs colonies ont été isolées en utilisant la méthode de triple strie sur milieu TCBS (Figure 47), puis à partir de colonies bien isolées, des cultures pures ont été initiées sur GN. Les cultures pures obtenues ont été soumises à un test de Catalase et un test d'Oxydase, à une observation à l'état frais, pour voir la mobilité et, enfin, une coloration de Gram pour définir la forme et le Gram.



**Figure 47.** Isolement sur milieu TCBS (photo originale, 2024)

L'observation microscopique à l'état frais, n'a révélée aucune mobilité, et celle effectuée après coloration de Gram, a permis de mettre en évidence une forme de Cocci, Gram-positifs en chaînettes. Concernant les tests Catalase et Oxydase, les résultats se sont révélés négatifs. Ce qui est incompatible avec le profil des vibrions. De ce fait, absence de Vibrions dans l'échantillon analysés, et ces résultats sont comparables à ceux obtenus par Limam (2017).

### **2.8. *Listeria monocytogenes***

Bien que la recherche de *Listeria monocytogenes* soit une nécessité, car cette bactérie peut être très dangereuse, cette analyse n'a pas pu être effectuée, en raison de l'absence des milieux de cultures nécessaires à cela, comme les milieux FRASER, PALCAM ou encore ALOA, en laboratoire.

## **RESULTATS ET DISCUSSION**

---

### **3. Stabilité du produit et durée de conservation de l'aliment**

- **Sans procédé thermique**

Même après avoir laissé l'aliment à l'air libre, exposé à la lumière et aux variations de température pendant 42 jours, il n'a présenté aucun changement organoleptique. De plus, l'aliment n'a montré aucun signe d'altération après cette période.

- **Avec procédé thermique (Tyndallisation)**

Après avoir appliqué la méthode de tyndallisation sur l'aliment pour poissons, les résultats montrent une stabilité remarquable du produit. Au terme des trois jours de traitement, qui comprenaient trois cycles de chauffage à 60 °C pendant 30 min chacun, suivis d'une incubation à température ambiante de 24 h entre chaque cycle, le produit n'a présenté aucun changement organoleptique notable. Ce maintien des caractéristiques telles que l'aspect, la couleur et l'odeur démontre que la tyndallisation a efficacement préserver la qualité du produit. De plus, après un stockage prolongé de deux mois, aucune altération ou dégradation n'a été observée.

De ce fait, que l'on utilise ou non la tyndallisation, le produit reste stable, car la matière première a été sélectionnée fraîche, et une d'une partie ciblée des déchets (foie), dont la charge microbienne est initialement faible. Puis, au cours du processus de revalorisation, la flore microbienne originelle de l'aliment a été en constante diminution, comme par exemple l'étape de la cuisson, qui a contribué à réduire la charge microbienne initiale, ou encore la diminution de l'activité de l'eau libre de l'aliment lors du séchage. Aussi le processus de valorisation a été effectué dans des conditions d'hygiène irréprochable.

Cependant, bien que le produit soit stable, la tyndallisation pourrait être un grand atout pour diminuer la charge fongique et le taux de la FMAT du produit fini.

### **4. Adaptation des poissons au nouvel environnement**

Au début de l'expérimentation, nous avons perdu 7 poissons, principalement en raison de difficultés d'adaptation aux paramètres physico-chimiques de l'eau et à l'environnement, en relation directe avec leur transfert de la ferme d'origine à celle de l'école ; et non en raison du mode de nutrition.

Initialement, nous avons remplacé toute l'eau lors du nettoyage des aquariums. Cependant, nous avons constaté qu'il était plus bénéfique de conserver environ 25 % de l'eau déjà présente, car cette dernière contenait un microbiote aquatique, auquel les poissons se sont adaptés,

## **RESULTATS ET DISCUSSION**

---

notamment le phytoplancton photosynthétique, et autres microorganismes bénéfiques pour les poissons.

De plus, l'eau des aquariums contenait du chlore au début de l'expérimentation. Nous avons, de ce fait, dû modifier notre procédure en laissant l'eau reposer dans des récipients pendant plus de 24 h avant de l'utiliser, afin de laisser le temps au chlore de s'évaporer.

### **5. L'acceptabilité de l'aliment par les poissons**

Au début de leur arrivée à l'école, les poissons ont pris entre 5-7 jours pour s'adapter à leur nouvel environnement sans consommer d'alimentation. Par la suite, nous avons noté une évolution dans leur comportement ; ils ont commencé à réagir plus rapidement, et à suivre la nourriture dès qu'elle était introduite dans l'aquarium.

### **6. Impact des différentes formulations de farine sur la couleur des poissons**

Dans notre étude, nous avons évalué l'impact de différentes compositions de farine sur les poissons. Pour les cichlidés africains, nous avons ciblé à la fois la couleur et le poids, en raison de leur grande valeur ornementale et commerciale. Les compositions N° 2 et N° 3 ont été sélectionnées pour ajuster les pigments alimentaires et accentuer les couleurs vives, en mettant particulièrement l'accent sur les végétaux riches en bêta-carotène, ce qui est crucial pour la coloration des cichlidés. Ce choix est motivé par la demande du marché pour des poissons aux couleurs éclatantes et la valeur esthétique qu'ils apportent, tout en veillant également à ce que les cichlidés atteignent un poids optimal.

Après 42 jours d'expérimentation, les cichlidés africains ont présenté des couleurs vives et éclatantes, comme le montrent la Figure 48. Les poissons nourris avec les compositions N° 2 et N° 3, riches en pigments et en bêta-carotène, ont montré une intensification remarquable de leurs teintes. Ces résultats sont confirmés par les observations visuelles qui montrent une accentuation significative des couleurs, comme prévu par notre approche nutritionnelle.

Les résultats obtenus confirment l'efficacité des formulations alimentaires sur la pigmentation des cichlidés africains. Les couleurs améliorées des poissons ornementaux témoignent du succès de notre stratégie de nutrition, où l'ajustement des pourcentages de végétaux riches en pigments a permis de maximiser l'intensité des couleurs. Les photos illustrent clairement que les poissons ont bénéficié d'une alimentation bien ciblée (Figure 48), optimisant leur apparence visuelle et répondant ainsi à notre objectif de valoriser leur coloration.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Ces résultats montrent que notre approche nutritionnelle a été efficace pour obtenir des couleurs vibrantes chez les cichlidés, ce qui confirme que les conditions et les formulations choisies ont été adaptées aux besoins spécifiques des poissons ornementaux.



**Figure 48.** Photographies des poissons, montrant les variations de couleur après consommation des différents aliments (Photo originale, 2024)

### 7. Impact des différentes formulations de farine sur la croissance des poissons

Comme mentionné précédemment, les cichlidés africains ont été nourris avec les compositions N° 2 et N° 3. En revanche, pour les tilapias, l'objectif principal était d'optimiser leur croissance plutôt que leur coloration, et ont de ce fait, été nourris avec la composition N° 1, l'une des formulations les plus riches en protéines, afin de soutenir un développement rapide et efficace. Pour le tilapia, on a porté un intérêt à la croissance plutôt qu'à la coloration, étant donné l'importance économique de sa production en aquaculture, où la taille et le poids influencent directement la rentabilité.

## RESULTATS ET DISCUSSION

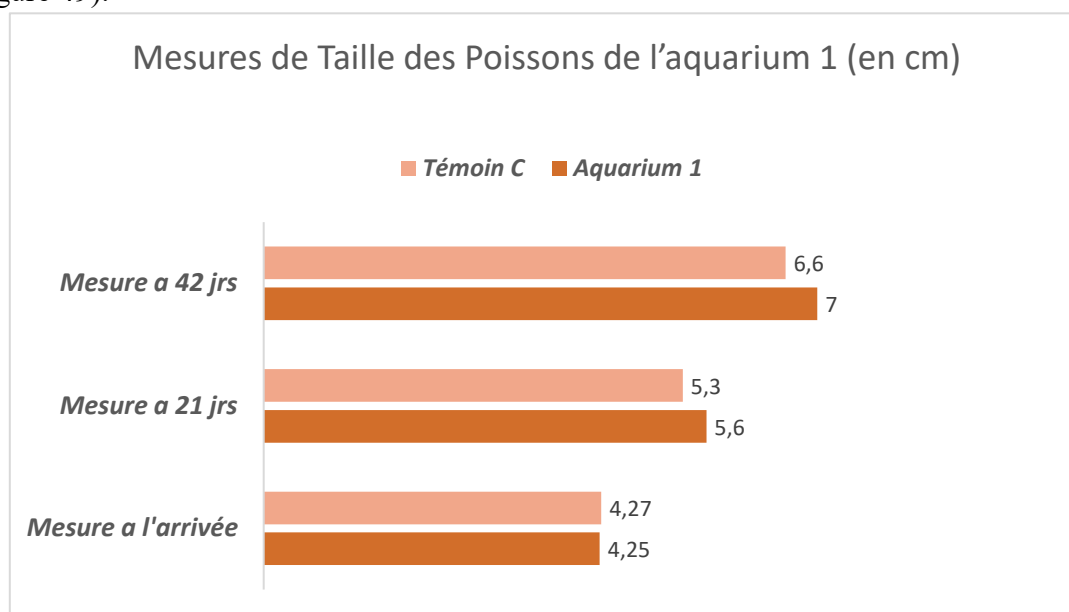
Par conséquent, notre approche visait à améliorer la pigmentation et le poids des cichlidés africains, en adaptant les formulations alimentaires aux exigences esthétiques du marché, tout en favorisant une croissance optimale des tilapias, pour répondre aux besoins de l'industrie aquacole.

### 7.1. Impact sur la taille des poissons

Les observations concernant la taille des poissons, au cours des 42 jours, montrent une croissance notable. Une comparaison de la taille des poissons nourris avec les 3 compositions de farine, à celle des témoins nourris avec de la farine industrielle, a été effectuée.

- **Aquarium N° 1 (composition N° 03)**

Des données sur la taille moyenne des poissons de l'aquarium (01) sont présentées en un graphe, avec des mesures effectuées à l'arrivée des poissons, puis à 21 jours et à 42 jours, (Figure 49).



**Figure 49.** Évolution de la taille moyenne des poissons de l'aquarium 1

Concernant les poissons de l'aquarium 1, nourris avec la composition N° 03 de la farine produite, leurs tailles initiales étaient, dès le départ, légèrement inférieures (4.25 cm) à celle du Témoin de cichlides (C) (4.27 cm). Cet écart initial, bien que minime, sert de point de référence pour évaluer l'évolution de la croissance.

Après 21 jours, la taille moyenne des poissons de l'aquarium 1 a atteint 5.6 cm, tandis que celle du groupe Témoin C, était de 5.3 cm (Figure 49). À ce stade, les poissons de l'aquarium 1 ont dépassé en taille ceux du groupe témoin.

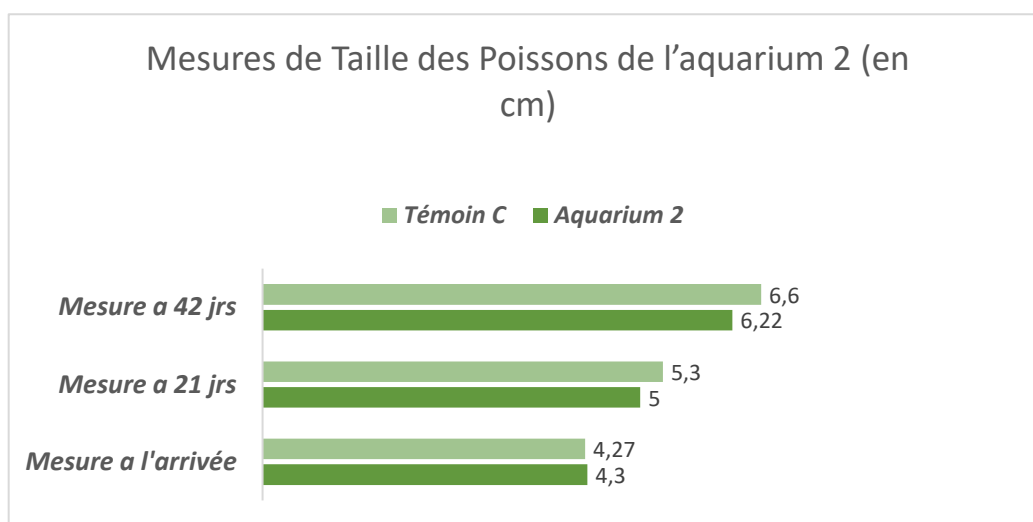
## RESULTATS ET DISCUSSION

Après 42 jours, les poissons de l'aquarium 1 ont atteint une taille moyenne de 7 cm, alors que ceux du groupe Témoin C ont atteint 6.6 cm. Cette différence de taille s'est donc accentuée au fil du temps, montrant une croissance plus importante pour les poissons de l'aquarium 1.

Ces résultats suggèrent que la composition N° 03 utilisée dans l'aquarium 1 a permis une croissance plus rapide des poissons par rapport à l'alimentation du groupe Témoin C, malgré une taille initiale légèrement inférieure. L'écart de taille en faveur de l'aquarium 1 s'est progressivement creusé tout au long de l'expérience.

- **Aquarium N° 2 (composition N° 02)**

Des données sur la taille moyenne des poissons de l'aquarium (02) sont présentées en un graphe, avec des mesures effectuées à l'arrivée des poissons, puis à 21 jours et à 42 jours (Figure 51).



**Figure 50.** Évolution de la taille moyenne des poissons de l'aquarium 2

Concernant les poissons de l'Aquarium 2, nourris avec la composition N° 2 de la farine produite, leur taille initiale était légèrement supérieure (4.3 cm) à celle du Témoin C (4.27 cm). Cette différence initiale, bien que minime, sert de point de référence pour évaluer l'évolution de la croissance.

Après 21 jours, la taille moyenne des poissons de l'Aquarium 2 a atteint 5 cm, tandis que celle du groupe Témoin C, était de 5.3 cm (Figure 50). À ce stade, les poissons du groupe Témoin C ont dépassé en taille ceux de l'Aquarium 2, inversant la tendance initiale.

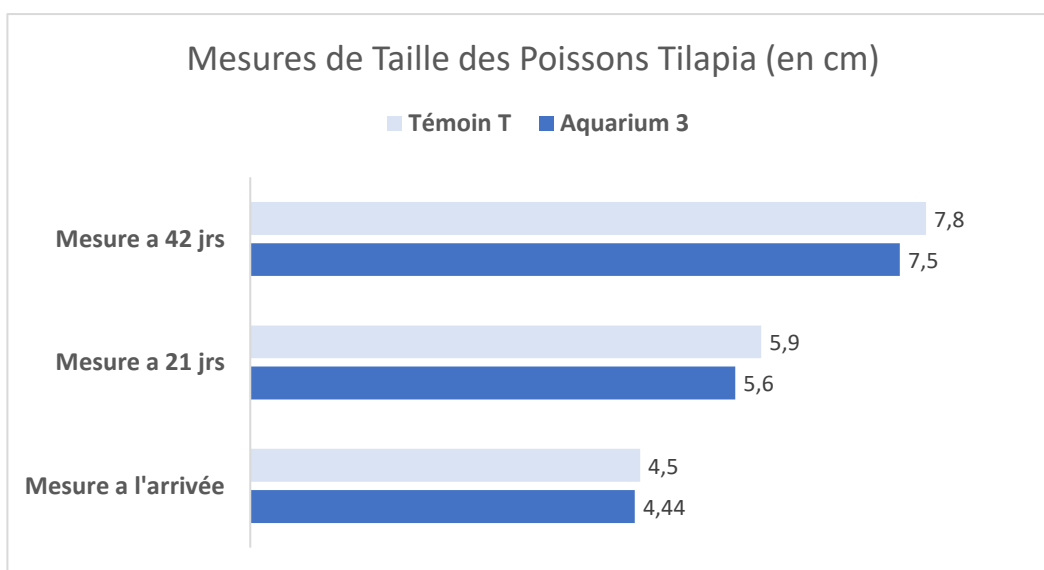
## RESULTATS ET DISCUSSION

Après 42 jours, les poissons de l'Aquarium 2 ont atteint une taille moyenne de 6.22 cm, alors que ceux du groupe Témoin C ont atteint 6.6 cm. L'écart de taille en faveur du groupe Témoin C s'est donc maintenu et même légèrement accentué.

Malgré cette différence de croissance en faveur du groupe Témoin C, il est important de noter que les écarts observés restent modestes. Cela suggère que l'aliment de composition N° 2 utilisé dans l'Aquarium 2 est également efficace pour la croissance des poissons, même s'il présente des performances légèrement inférieures à celles de l'alimentation témoin sur la période étudiée.

- **Aquarium N° 3 (composition N° 01)**

Des données sur la taille moyenne des poissons de l'aquarium (03) sont présentées en un graphe, avec des mesures effectuées à l'arrivée des poissons, puis à 21 jours et à 42 jours (Figure 53).



**Figure 51.** Évolution de la taille moyenne des poissons de l'aquarium 3

Concernant les poissons Tilapia de l'Aquarium 3, nourris avec la composition N° 1 de la farine produite, leur taille initiale était légèrement inférieure (4.44 cm) à celle des poissons du groupe Témoin T (4.5 cm). Cette différence initiale, bien que minime, sert de point de référence pour évaluer l'évolution de la croissance.

Après 21 jours (Figure 51), la taille moyenne des poissons de l'Aquarium 3 a atteint 5.6 cm, tandis que celle du groupe Témoin T était de 5.9 cm. À ce stade, l'écart entre les deux groupes s'est légèrement creusé en faveur du groupe Témoin T.

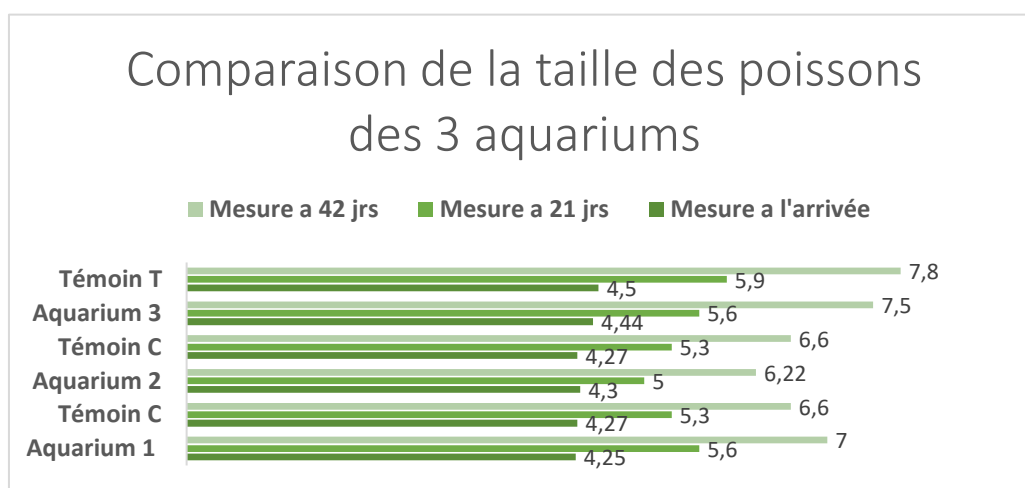
## RESULTATS ET DISCUSSION

Après 42 jours, les poissons de l'Aquarium 3 ont atteint une taille moyenne de 7.5 cm, alors que ceux du groupe Témoin T ont atteint 7.8 cm. L'écart de taille en faveur du groupe Témoin T s'est maintenu, mais reste relativement modeste.

Malgré cette différence de croissance en faveur du groupe Témoin T, il est important de noter que les écarts observés demeurent modérés. Cela suggère que l'aliment de composition N° 1 utilisé dans l'Aquarium 3 est également efficace pour la croissance des poissons Tilapia, même s'il présente des performances légèrement inférieures à celles de l'alimentation témoin sur la période étudiée. La composition N° 1 semble donc être une alternative viable à l'alimentation commerciale, offrant des résultats de croissance comparables.

- **Comparaison entre les poissons des 3 aquariums**

Une comparaison du poids des poissons a été effectuée, entre les 3 aquariums ainsi qu'avec les témoins (Figure 52).



**Figure 52.** Analyse comparative de l'évolution de la taille moyenne des poissons entre les 3 aquariums

La comparaison des tailles des poissons dans les différents aquariums révèle des tendances distinctes (Figure 52). Les poissons de l'Aquarium 1, destinés aux cichlidés africains (*Neolamprologus mustax*, *Nimbochromis venustus*), présentent une taille finale supérieure à celle des témoins, atteignant 7 cm après 42 jours, comparativement à 5.6 cm après 21 jours. L'Aquarium 2, également destiné aux cichlidés africains, affiche une taille finale de 6.22 cm après 42 jours, inférieure à celle de l'Aquarium 1 et du Témoin C (Figure 52). Quant à l'Aquarium 3, destiné aux tilapias (*Oreochromis sp*) et nourri avec une farine, contenant 25 % de foie, les poissons atteignent une taille finale de 7.5 cm après 42 jours, légèrement inférieure à celle du Témoin T, qui atteint 7.8 cm.

## RESULTATS ET DISCUSSION

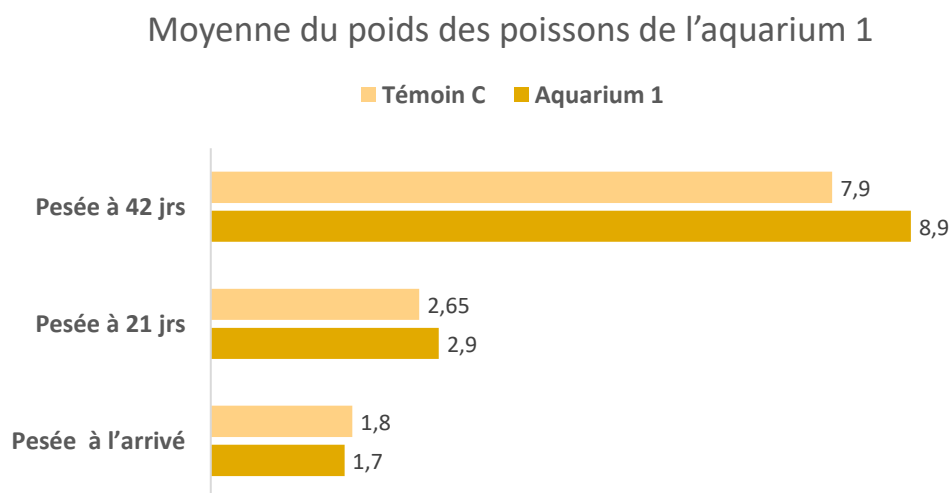
Cette comparaison montre que la formulation alimentaire des farines influence les tailles finales des poissons. L'Aquarium 1, avec sa formulation riche en foie, a obtenu les meilleures tailles finales, soulignant l'impact positif d'une telle alimentation sur la taille des poissons. L'Aquarium 2 présente des tailles finales inférieures par rapport à l'Aquarium 1 et au Témoin C, suggérant que l'aliment commercial du Témoin C est plus efficace pour atteindre une taille plus importante. Enfin, bien que les tilapias de l'Aquarium 3 aient atteint une taille impressionnante, leur taille finale est légèrement inférieure à celle du Témoin T, ce qui pourrait être dû à leur potentiel de taille adulte plus grand.

### 7.2. L'impact sur le poids des poissons

Les données sur le poids des poissons au cours des 42 jours révèlent une croissance significative. Le poids des poissons, nourris avec les trois formulations de farine, a été comparé aux témoins qui ont été alimentés avec de la farine industrielle.

- **Aquarium N° 1 (composition N° 03)**

Le graphique (Figure 53) regroupe le poids moyen des poissons de l'aquarium N° 1, nourris avec la composition N° 03. Ces mesures ont été prises au début, après 21 jours, et après 42 jours.



**Figure 53.** Évolution du poids moyen des poissons de l'aquarium 1

En ce qui concerne les poissons de l'Aquarium 1, nourris avec la composition N° 3 de la farine produite, leur poids moyen au début de l'expérience était de 1.7 g, légèrement inférieur

## RESULTATS ET DISCUSSION

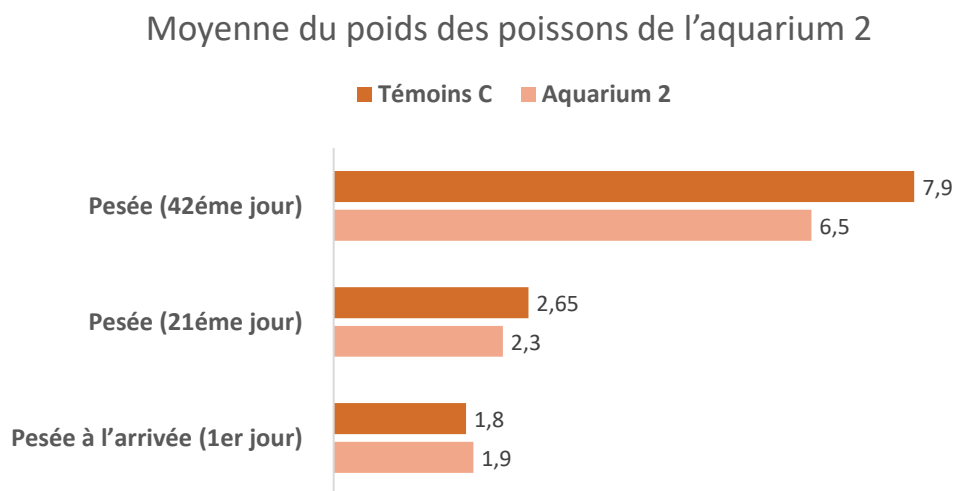
à celui des poissons du Témoin C, qui pesaient 1.8 g. Cette variation initiale est négligeable et ne devrait pas influencer de manière significative l'analyse des résultats de croissance.

Après 21 jours (Figure 53), les poissons de l'Aquarium 1 ont enregistré une augmentation notable de leur poids moyen, atteignant 2.9 g, contre 2.65 g pour ceux du Témoin C. Après 42 jours, les poissons de l'Aquarium 1 ont atteint un poids moyen de 8.9 g, comparativement à 7.9 g pour les poissons du Témoin C.

Cette différence significative montre l'efficacité à long terme de l'aliment utilisé dans l'Aquarium 1, qui soutient une croissance plus rapide et plus marquée. De ce fait, bien que les poissons du Témoin C aient également montré une croissance importante, les résultats de l'Aquarium 1 demeurent supérieurs tant à court terme (21 jours) qu'à long terme (42 jours).

- **Aquarium N° 2 (composition N° 2)**

Le graphique (Figure 54) regroupe le poids moyen des poissons de l'aquarium N° 2, nourri avec la composition N° 2. Ces mesures ont été prises au début, après 21 jours, et après 42 jours.



**Figure 54.** Évolution du poids moyen des poissons de l'aquarium 2

En ce qui concerne les poissons de l'Aquarium 2, nourris avec la composition N° 2 de la farine produite, leur poids initial était pratiquement identique à celui des poissons du groupe Témoin C, avec une moyenne respective de 1.9 g et 1.8 g. Étant donné la similitude de ces poids initiaux, cette variation est négligeable et ne devrait pas influencer les observations relatives à la croissance future.

Après 21 jours (Figure 54), les poissons de l'Aquarium 2 ont affiché une progression modérée, atteignant un poids moyen de 2.3 g. En revanche, les poissons du Témoin C ont atteint

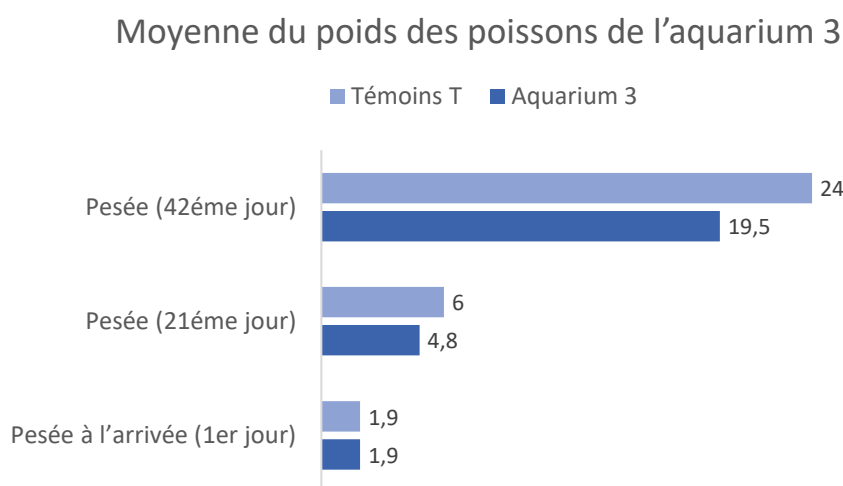
## RESULTATS ET DISCUSSION

un poids moyen de 2.65 g (Figure 54). Au bout de 42 jours, les poissons de l'Aquarium 2 ont atteint un poids moyen de 6,5 g, tandis que les poissons du Témoin C ont progressé jusqu'à 7.9 g.

Ces données révèlent que, sur la durée de l'étude, les poissons de l'Aquarium 2 présentent une croissance pondérale inférieure à celle des poissons du groupe témoin.

- **Aquarium N° 3 (composition N° 1)**

Le graphique (Figure 55) regroupe le poids moyen des poissons de l'aquarium N° 3, nourris avec la composition N° 1. Ces mesures ont été prises au début, après 21 jours, et après 42 jours.



**Figure 55.** Évolution du poids moyen des poissons de l'aquarium 3

En ce qui concerne les poissons de l'Aquarium 3, nourris avec la composition N° 1 de la farine produite et dont le poids initial moyen était identique à celui des poissons du Témoin T (1.9 g contre 1.9g), cette absence de différence initiale est négligeable et n'a pas d'impact notable sur l'évaluation des croissances futures.

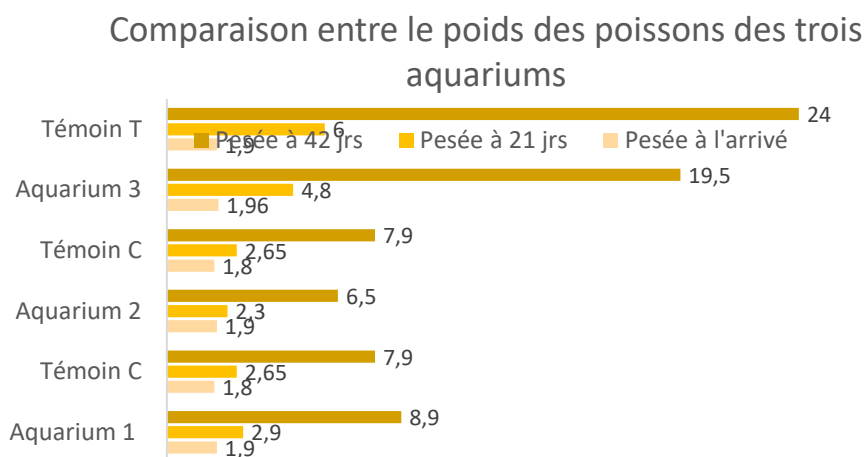
Après 21 jours (Figure 55), les poissons de l'Aquarium 3 ont atteint un poids moyen de 4.8 g, tandis que ceux du Témoin T ont progressé jusqu'à 6 g. Après 42 jours, les poissons de l'Aquarium 3 ont atteint un poids moyen impressionnant de 19.5 g, contre 24 g pour ceux du Témoin T.

Les poissons de l'Aquarium 3 ont démontré une solide progression en termes de taille finale. Bien que leur poids final soit légèrement inférieur à celui du groupe témoin, les résultats restent très positifs et illustrent une performance compétitive de l'aliment testé.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### • Comparaison entre les poissons des 3 aquariums

Une comparaison du poids des poissons a été effectuée, entre les 3 aquariums ainsi qu'avec les témoins (Figure 56).



**Figure 56.** Analyse comparative de l'évolution du poids moyen des poissons entre les 3 aquariums

La comparaison des tailles des poissons dans les différents aquariums révèle des tendances distinctes (Figure 56). Les poissons de l'Aquarium 1, destinés aux cichlidés africains (*Neolamprologus mustax*, *Nimbochromis venustus*), montrent une taille plus importante que les témoins, atteignant 8.9 g après 42 jours, surpassant le Témoin C.

En revanche, l'Aquarium 2, également destiné aux cichlidés africains, avec une composition de farine contenant 10 % de foie, affiche un poids final inférieur à celui de l'Aquarium 1 et du Témoin C, avec un poids de 6.5 g après 42 jours.

L'Aquarium 3, destiné aux tilapias (*Oreochromis* sp.) et nourri avec une farine, contenant 25 % de foie, atteint un poids final de 19.5 g, légèrement inférieur à celui du Témoin T, qui a atteint 24 g.

Il est important de noter que les tilapias, en raison de leur potentiel de taille adulte plus grand, atteignent un poids final plus élevé par rapport aux cichlidés africains, qui sont généralement de plus petites tailles. La formulation alimentaire joue un rôle crucial dans la taille des poissons. L'Aquarium 1, avec sa formulation riche en foie, a obtenu les meilleures tailles finales, soulignant un effet positif sur la croissance. L'Aquarium 2 présente des tailles finales inférieures à celles de l'Aquarium 1 et du Témoin C, indiquant que l'aliment commercial

## **RESULTATS ET DISCUSSION**

---

standard du Témoin C est plus efficace pour atteindre une taille plus importante. Quant à l' Aquarium 3, bien que les tilapias aient montré une taille finale impressionnante, leur taille est légèrement inférieure à celle du Témoin T, probablement en raison de leur potentiel de taille adulte plus grand. Néanmoins, la composition alimentaire semble soutenir une taille significative et compétitive.

### **8. Analyse des facteurs déterminants de la croissance en poids et en taille des poissons**

L'évaluation des taux de croissance des poissons révèle que la formulation de la farine est un facteur déterminant pour leur développement, mais les conditions d'élevage, notamment l'espace des bassins, jouent également un rôle crucial. Les poissons des aquariums expérimentaux ont montré des résultats hétérogènes, en fonction de la composition de leur alimentation et de l'espace disponible.

Les différences observées entre les poissons des aquariums expérimentaux et les témoins positifs peuvent aussi être attribuées à la nourriture utilisée ; les témoins positifs étaient nourris avec de la farine industrielle, ce qui peut expliquer en partie leurs performances distinctes par rapport aux poissons expérimentaux. De plus, les poissons des aquariums expérimentaux ont été logés dans des bassins plus petits en raison des contraintes de disponibilité des bassins, ce qui a pu induire une densité plus élevée et un stress environnemental accru. Ce manque d'espace peut avoir limité leur développement en augmentant la compétition pour les ressources et réduisant leur bien-être général. D'autre part, les témoins positifs avaient accès à des bassins plus spacieux, offrant un meilleur environnement pour leur croissance.

Les conditions physico-chimiques de l'eau étant restées identiques, il est clair que, bien que la formulation alimentaire soit cruciale, l'espace et les conditions d'élevage sont également des facteurs essentiels, influençant la croissance et le développement des poissons.

### **9. Etude statistique : méthode taille-poids**

Pour soutenir efficacement notre objectif concernant la formulation de l'aliment, nous avons réalisé une analyse statistique approfondie, en examinant la relation entre la taille totale et le poids total des poissons.

Cette analyse visait à évaluer comment la taille évolue en fonction du poids, en utilisant le coefficient d'allométrie ( $b$ ). Ce coefficient permet de déterminer la nature de la relation entre les deux variables, à savoir ;

Si  $b > 3$  : cela indique une allométrie majorante, où la taille croît plus rapidement que le poids.

## RESULTATS ET DISCUSSION

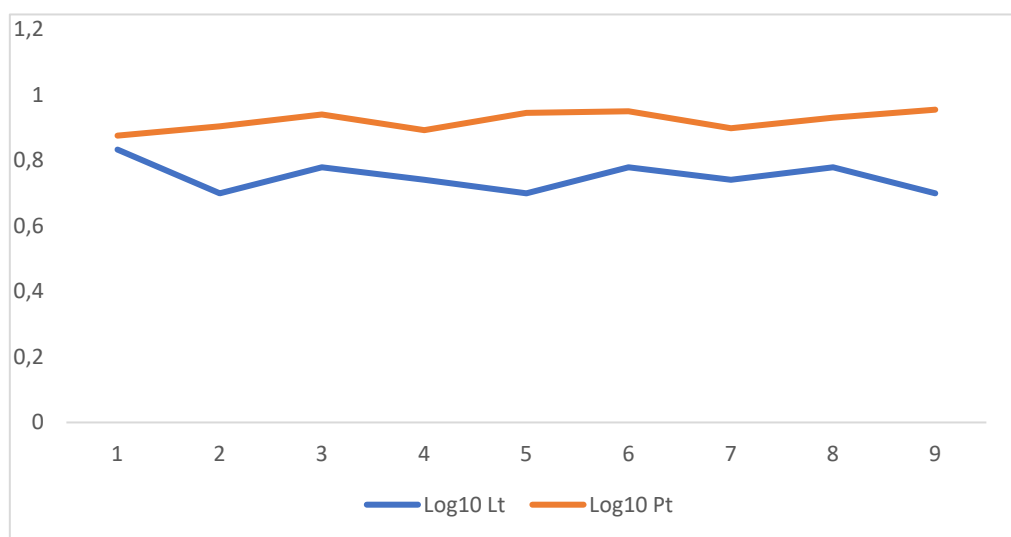
Si  $b < 3$  : cela traduit une allométrie minorante, où la taille croît moins rapidement que le poids.

Si  $b = 3$  : il s'agit d'une isométrie, signifiant que la taille et le poids croissent à un rythme proportionnellement équivalent (voir annexes).

Pour valider ces relations, nous avons employé le test t de Student. Ce test statistique a permis de vérifier si les différences observées étaient significatives, fournissant ainsi des informations précises sur la nature de la croissance en fonction de la formulation alimentaire utilisée (Voir annexes).

Des graphiques ont été réalisés pour chaque aquarium, afin d'étudier la relation poids-taille spécifique à chaque environnement, permettant ainsi, une analyse plus détaillée des effets de la formulation de l'aliment dans différents contextes.

- **Aquarium N° 1 (composition N° 03)**



**Figure 57.** Évolution des individus cichlidés africains de l'aquarium N° 1 (*N. mustax*) et (*N. venustus*), en fonction de la taille totale (LT) et le poids totale (PT)

### Test d'hypothèse

Sachant que  $b$  est le coefficient d'allométrie (relation taille-poids)

- Hypothèse  $H_0$  :  $b = 3$
- Hypothèse  $H_1$  :  $b \neq 3$  On a  $H_0 \neq H_1 \neq 3$

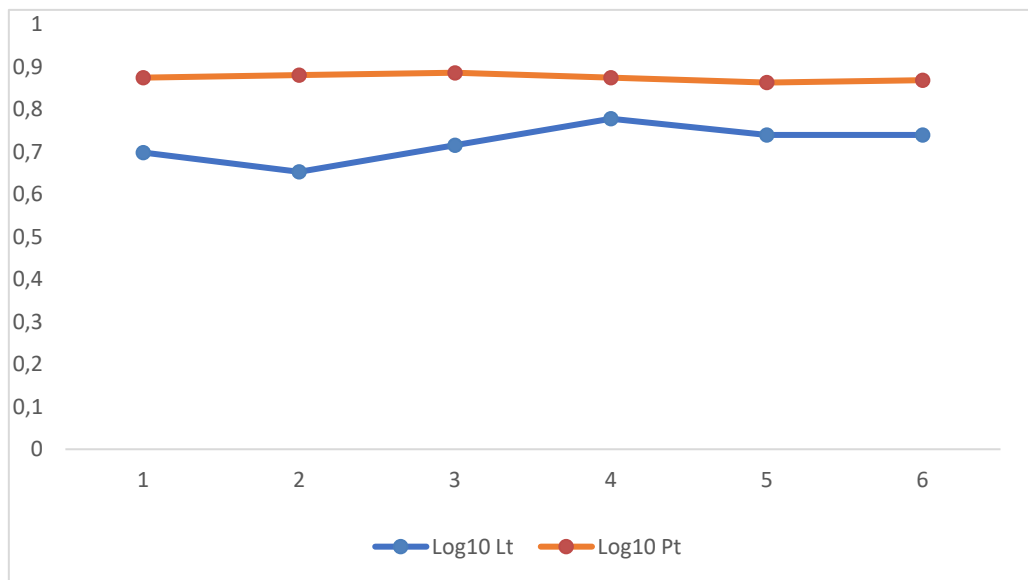
Donc l'hypothèse  $H_0$  est rejetée ;  $H_1$  est acceptée.

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Conclusion du test

T observé (Tobs) est largement inférieur à T théorique (Tthéo), ce qui signifie qu'il y a une relation majorante entre la longueur totale du poisson et son poids total, donc le poids total (Pt) croît plus vite que la longueur totale (Lt).

- **Aquarium N° 2 (composition N° 02)**



**Figure 58.** Évolution des individus cichlidés africains de l'aquarium 02 (*N. mustax*) et (*N. venustus*), en fonction de la taille totale (LT) et du poids totale (PT).

### Test d'hypothèse

Sachant que  $b$  est le coefficient d'allométrie (relation taille-poids)

- Hypothèse  $H_0 : b = 3$
- Hypothèse  $H_1 : b \neq 3$  On a  $H_0 \neq H_1 \neq 3$

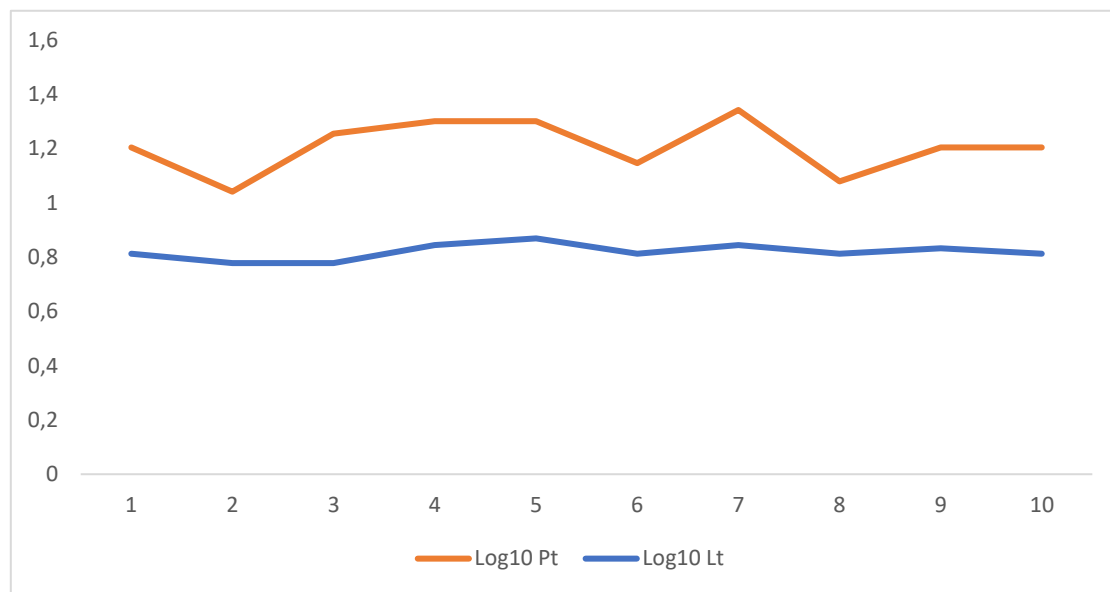
Donc l'hypothèse  $H_0$  est rejetée ;  $H_1$  est acceptée.

### Conclusion du test

Tobs est inférieur à Tthéo, ce qui signifie qu'il y a une relation majorante entre la longueur totale du poisson et son poids total, donc Pt croît plus vite que la Lt.

## RESULTATS ET DISCUSSION

- Aquarium N° 3 (composition N° 01)



**Figure 59.** Évolution des individus de l'aquarium N°3 (*Oreochromis niloticus*), en fonction de la taille totale (LT) et du poids totale (PT).

### Test d'hypothèse

Sachant que  $b$  est le coefficient d'allométrie (relation taille-poids)

- Hypothèse  $H_0$  :  $b = b_0 = 3$
- Hypothèse  $H_1$  :  $b \neq b_0 \neq 3$  On a  $H_0 \neq H_1 \neq 3$

Donc l'hypothèse  $H_0$  est rejetée ;  $H_1$  est acceptée.

### Conclusion du test

Tobs est largement inférieur à Tthéo, ce qui signifie qu'il y a une relation majorante entre la longueur totale du poisson et son poids total, donc le poids total (Pt) croît plus vite que la longueur totale (Lt).

### **9.1. Synthèse**

Dans cette étude, nous avons évalué l'efficacité de la farine de poisson enrichie en foie, avec des formulations spécifiques (25 %, 10 % et 30 % de foie), testées sur trois aquariums abritant différentes espèces de poissons. Les aquariums N°1 et N°2 contenaient deux espèces de cichlidés africains, *Neolamprologus mustax* et *Nimbochromis venustus*, nourries simultanément avec des régimes adaptés à leurs besoins nutritionnels. L'aliment contenant 30 % de foie a été testé dans l'aquarium N°1, tandis que celui avec 10 % de foie a été distribué

## **RESULTATS ET DISCUSSION**

---

dans l'aquarium N°2. Les cichlidés, espèces ornementales nécessitant une alimentation équilibrée et des conditions proches de leur environnement naturel, ont tous deux présenté une croissance plus rapide en poids qu'en taille.

Parallèlement, le troisième aquarium, contenant des tilapias (*Oreochromis niloticus*), a reçu un aliment avec 25 % de foie. Contrairement aux cichlidés, les tilapias, bien que destinés à l'alimentation humaine, ont également montré une croissance où le poids augmentait plus rapidement que la taille.

Pour analyser ces résultats, une méthode statistique basée sur l'étude de la relation taille-poids des poissons a été utilisée. Elle a permis de déterminer l'impact du régime alimentaire sur le développement des paramètres biologiques. Ainsi, cette étude confirme que, pour toutes les espèces étudiées, le régime enrichi en foie favorise une augmentation du poids plus rapide que celle de la taille, démontrant l'importance de l'adaptation des formulations alimentaires aux besoins spécifiques des espèces élevées pour optimiser les pratiques en aquaculture.

# **DISCUSSION GENERALE**

## DISCUSSION GENERALE

---

L'objectif principal de cette étude était de développer une farine de poisson, en utilisant des outils biotechnologiques pour valoriser les déchets de la pêche, en se concentrant sur le foie, afin de garantir au minimum la qualité hygiénique initiale de la matière première. Nous avons évité les intestins et les branchies, car ces derniers sont des réservoirs naturels de charge microbienne originelle importante, et de ce fait, pour obtenir une farine de haute qualité.

Les analyses biochimiques et microbiologiques ont confirmé des résultats prometteurs, que ce soit du point de vue hygiénique, ou encore du point de vue de la composition du produit fini, malgré l'utilisation de méthodes de production relativement simples.

Un aspect crucial de notre recherche a été l'absence d'odeur désagréable associée à notre farine de poisson, que ce soit lors de la préparation, ou pour le produit fini, ce qui est un atout majeur pour son adoption potentielle dans l'industrie aquacole.

Notre expérimentation a produit une farine de bonne qualité hygiénique, 100 % biologique, grâce à la sélection ciblée des déchets, ainsi qu'à des processus tels que le séchage, la cuisson, et la tyndallisation, visant à réduire la charge microbienne et fongique originelle, évitant ainsi l'ajout de produit conservateur.

L'ajout de composants végétaux dans la formulation a été motivé par la nécessité de diversifier l'alimentation, car la disponibilité des déchets végétaux est supérieure à celle des déchets animaux, et pour offrir une alimentation plus équilibrée aux poissons.

Pour un début et une période d'essai relativement courte, les résultats ont montré une évolution significative du poids et de la taille des poissons nourris avec notre farine, indiquant une assimilation efficace des nutriments essentiels.

Bien que quelques pertes aient été enregistrées initialement, en raison des défis d'adaptation au nouvel environnement, la grande majorité des poissons ont, non seulement survécu, mais ont également montré une amélioration continue de leur état de santé, jusqu'à la fin de l'étude.

Les cichlidés africains, nourris avec des formulations axées sur les pigments, ont présenté une intensification remarquable de leur coloration, validant l'efficacité de notre approche pour améliorer la pigmentation des poissons ornementaux. En revanche, les tilapias, nourris avec une composition riche en protéines, ont montré une augmentation notable de leur taille et de leur poids. Ces résultats illustrent que notre stratégie nutritionnelle a été adaptée avec succès aux besoins spécifiques de chaque espèce, atteignant les objectifs visés.

## **DISCUSSION GENERALE**

---

Enfin, bien que les résultats soient prometteurs, la formule de la farine nécessite encore une optimisation pour maximiser les bénéfices de cette innovation biotechnologique, dans le domaine de l'alimentation aquacole. Des ajustements supplémentaires sont nécessaires pour améliorer la flottabilité de la farine, et garantir une performance optimale dans l'alimentation des poissons.

# **CONCLUSION**

## CONCLUSION

Le présent travail s'inscrit dans une démarche innovante, visant à valoriser les déchets de pêche et des déchets végétaux, pour la production de farines de poisson de haute qualité, en mettant l'accent sur l'enrichissement en foie, une source nutritive souvent sous-exploitée. Cette approche intégrée et multidisciplinaire, alliant la transformation biotechnologique, l'optimisation des formulations alimentaires et l'évaluation biologique, a permis de développer des produits adaptés à des besoins spécifiques en aquaculture, tout en contribuant à une meilleure gestion des ressources marines.

Le travail réalisé a permis de développer une farine de poisson innovante, valorisant les déchets de pêche ainsi que les déchets de végétaux, afin d'améliorer l'alimentation aquacole. Les résultats obtenus montrent des points positifs, notamment une croissance améliorée des tilapias et une intensification des couleurs des cichlidés africains, confirmant l'efficacité de notre approche.

Cependant, certains défis ont été identifiés, notamment des difficultés dans la collecte des déchets de poisson, plus aisée dans l'est que dans le centre du pays. Ces aspects, ainsi que d'autres points à améliorer, seront pris en compte pour optimiser la formulation de la farine.

Cette étude démontre le potentiel des farines de poisson enrichies en foie, issues de la valorisation des déchets de pêche, pour répondre aux besoins nutritionnels spécifiques de diverses espèces de poissons en aquaculture. Les résultats montrent que ces farines impactent favorablement les performances biologiques des poissons, selon les objectifs visés. Pour les tilapias, destinés à la consommation, une croissance plus rapide en taille que celle en poids a été observée, répondant ainsi aux attentes en pisciculture commerciale ; où la taille et la rapidité de croissance sont des critères déterminants. Quant aux cichlidés d'ornement, ces derniers ont montré une croissance pondérale plus rapide que celle en taille, un aspect clé pour améliorer leur aspect esthétique et accentuer leurs couleurs, caractéristiques recherchées en aquariophilie.

L'approche méthodologique, combinant des analyses nutritionnelles approfondies et une étude statistique de la relation taille-poids, met en lumière l'importance d'adapter les formulations alimentaires en fonction des besoins spécifiques et des objectifs d'élevage. Ce travail ouvre ainsi des perspectives prometteuses pour l'optimisation des pratiques aquacoles, tout en contribuant à une gestion durable des ressources marines.

Cependant, ce travail n'a pas été exempt de défis. La collecte des déchets de poisson a notamment révélé des difficultés logistiques et des disparités régionales, les ressources étant plus facilement accessibles dans certaines zones géographiques. Ces contraintes devront être

## CONCLUSION

surmontées pour assurer une production continue et rentable. De plus, les formulations devront être ajustées pour maximiser les bénéfices nutritionnels tout en minimisant les coûts de production, notamment pour les éleveurs à petite échelle.

Enfin, les résultats obtenus dans cette étude sont prometteurs et ouvrent la voie à des applications pratiques en aquaculture. Ils soulignent l'importance de valoriser les coproduits marins de manière durable et rentable. Les perspectives futures se concentreront sur l'optimisation des processus de collecte et de transformation des matières premières, ainsi que sur le développement de régimes alimentaires encore plus adaptés aux différentes espèces aquacoles, tout en tenant compte des contraintes environnementales et économiques. Ce travail, en contribuant à l'amélioration de l'alimentation des poissons tout en réduisant le gaspillage des ressources marines, s'inscrit pleinement dans les objectifs de durabilité et d'innovation de l'industrie aquacole moderne.

# **PERSPECTIVES**

# PERSPECTIVES

---

- Généralement, les tests pour l'évaluation du taux des métaux lourds sont effectués, pour la chair qui est destinée à la consommation humaine. Cependant on peut ajouter, dans notre cas, une analyse de la matière première (le foie), avant d'entamer la valorisation des déchets, car il est crucial de surveiller et de limiter l'exposition aux métaux lourds tels que ; le mercure, le plomb et le cadmium, présents dans les poissons prédateurs comme l'espadon, en raison des risques potentiels pour la santé humaine, notamment sur le système nerveux, le système reproducteur et le développement, particulièrement chez les enfants.
- Il est essentiel d'intégrer des tests microbiologiques à chaque étape du processus, à commencer par les matières premières animales (le foie) et végétales, après l'étape de séchage et d'emballage. Ces tests doivent être effectués séparément pour les matières animales et végétales afin d'assurer un contrôle de qualité rigoureux. En cas de détection de microorganismes pathogènes lors de ces tests, il est impératif de procéder à l'élimination immédiate de la quantité concernée, avant de poursuivre avec la préparation de l'aliment, garantissant ainsi la sécurité sanitaire des produits finaux. Il est également crucial de respecter les Procédures Opérationnelles Standard (SOP), des documents détaillant les étapes spécifiques à suivre pour assurer la cohérence, la sécurité et l'efficacité des processus au sein de l'organisation. De plus, le respect des Bonnes Pratiques de Fabrication (BPF), qui régissent la fabrication, le conditionnement, le stockage et la distribution des produits.
- Pour améliorer la stabilité et la durée de conservation des aliments pour poissons, l'intégration d'une étape de stérilisation pourrait s'avérer bénéfique. En utilisant des méthodes telles que la tyndallisation ou la stérilisation par UV, il est possible de prolonger la durée de conservation du produit, en diminuant la charge microbienne initiale (FAMT, levures, moisissures et champignons), sans altérer ses propriétés organoleptiques et nutritionnelles, évitant ainsi de recourir à l'utilisation des conservateurs et autres produits chimiques.
- Il est impératif que les fournisseurs (poissonneries, ports, restaurants, industries aquacoles), soient coopérants et nous approvisionnent de déchets, nécessaires à la préparation de notre aliment pour poissons, car actuellement, ces structures refusent de le faire, en raison de la vente clandestine du foie, sans suivre aucune norme ou loi établie, par exemple. De ce fait, il est crucial d'établir une collaboration avec les poissonneries, restaurants, cantines, usines

## PERSPECTIVES

---

de transformation, cités universitaires, pour garantir un approvisionnement sûr et durable des matières premières, nécessaires à notre processus de production.

- Pour améliorer l'efficacité des aliments destinés à la croissance des poissons, il est essentiel d'optimiser la formule des rations. Cette optimisation vise non seulement à maximiser les performances de croissance des poissons, mais aussi à garantir une meilleure absorption des nutriments et une réduction des déchets. En fin de compte, cette approche contribue à une production aquacole plus durable et rentable.
- En optimisant la formule de notre aliment pour poissons, nous visons à améliorer non seulement l'efficacité de la croissance des poissons, mais aussi la possibilité d'adapter cette recette à d'autres usages. En affinant les composants et les proportions, notre aliment pourrait également être transformé en croquettes pour chats, offrant ainsi une solution polyvalente pour divers besoins nutritionnels.
- La lyophilisation de la farine de poisson consiste à congeler le produit, puis à éliminer l'eau par sublimation sous vide. Ce procédé préserve la qualité nutritionnelle, améliore la flottabilité et prolonge la durée de conservation de la farine, tout en réduisant son poids et en facilitant son utilisation dans l'alimentation aquacole.

# **BIBLIOGRAPHIE**

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Abed, F., Beloufa, F. (2019). Qualité nutritionnelle du Tilapia rouge (*Oreochromis* sp.) nourri par deux aliments expérimentaux. Mémoire de master, Université Abdelhamid Ibn Badis- Mostaganem.
- Allgayer, R. (2023, 11 12). *Neolamprologus mustax*. <https://www.fishipedia.fr/fr/poissons/neolamprologus-mustax>
- Amoussou, T., Chikou, A. (2016). Caractéristiques biologiques et zootechniques des tilapias africains *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) et *Sarotherodon melanotheron* Ruppell, 1852 : une revue.
- Ansah, Y. (2014). *Genetically-improved tilapia strains in africa: potential benefits and negative impacts*.
- Avit, J., Bony, K. (2012). Conditions écologiques de production de fingerlings de *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) en association avec le riz WITA 12 en étang. *Journal of Applied Biosciences*.
- Azaza, M., Mensi, F. (2006). Effets de l'incorporation de la farine de tomate dans l'alimentation du tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus* L, 1758) en élevage dans les eaux géothermales du sud Tunisien. Bulletin de l'Institut National des sciences et technologies de la mer de Salammbo.
- Balde, J. (2002). *Étude de la qualité microbiologique des repas servis à l'hôpital principal de Dakar*. [Thèse de doctorat].
- Balti, R. (2011). Valorisation des produits et coproduits de la seiche commune (*Sepia officinalis*) pour l'obtention de biomolécules à haute valeur ajoutée à usage alimentaire et nutraceutique. Thèse de doctorat non publiée, Ecole polytech Lille, France.
- Bamba, Y., Doumbia, L. (2015). Effet de l'incorporation de sous-produits de cacao et d'arachide dans l'alimentation du tilapia (*Oreochromis niloticus* L. 1758) élevé en bassin. *Afrique journal*, 11.
- Barnabé, G. (1991). Variation in the absorption of macromolecular proteins in larvae of the sea bass *Dicentrarchus labrax* during transition to the exotrophic phase.
- Bauer, G. (2024, 01 24). *Neolamprologus mustax*. <https://www.destin-tanganyika.com/neolamprologus-mustax/>
- Benammar, I. (2017). *Suivie de la croissance du loup de mer et la daurade d'élevage (cas de la ferme aquacole d'ain turk) Wilaya de Oran*. Mémoire de master, Université de Tlemcen.
- Benidiri, R. (2017). *Création d'un projet piscicole*. Mémoire de Master, Université Abou bekr Belkaid– Tlemcen.
- Bianchi, P. M., Sperotti, A. (1998). *Les cichlides l'achat, le bassin, l'alimentation, le comportement, la reproduction, les différentes variétés et la cohabitation avec les autres espèces, la prévention et le soin des maladies*. (N. Turrini, Trad.) Paris : éditions de Vecchi S.A. - Paris.
- BLE. (2011). *Utilisation des farines végétales dans l'alimentation des poissons d'élevage en milieu tropical. Fiches techniques et documents de vulgarisation*.
- Bouhania, R., Hammia, I. (2020). *Contribution à l'étude de l'intégration de l'aquaculture*. Mémoire de Master, Université El Chahid Hamma Lakhder El-oued.
- Chapman, A. (2003). *Culture of hybrid Tilapia : reference profile*. University of Florida.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Chancollon, O., Pusineri, C. (2006). Food and feeding ecology of northeast atlantic swordfish (*Xiphias gladius*) off the Bay of Biscay.
- Charo, H. (2006). Heritability estimates and response to selection on growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in low-input earthen ponds.
- Chebboub, S., Chibana, N. (2022). Effet de l'incorporation de la farine de poisson dans l'alimentation sur la croissance de Tilapia et la qualité d'eau. Mémoire d'ingénieur non publié, Université SADDAHLAB.
- Chowdhury, D. (2011). *Optimal feeding rate for Nile tilapia (Oreochromis niloticus)*. [Department of animal and aquacultural sciences, Norwegian University of life sciences].
- Daudpota, A., Kalhor, I. (2014). Effect of stocking density on growth, production and survival rate of red tilapia in hapas and fish hatchery Chilya Thatta. Pakistan.
- Degnon, R., Agossou, V. (2013). Evaluation de la qualité microbiologique du chinchard (*Trachurus*) au cours du processus de fumage traditionnel. *Journal of applied Biosciences* 67.
- Delarras, C. (2007). *Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire*. P463.
- FAO. (2002). Aquaculture.
- FAO. (2004). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture.
- FAO. (2018). LA SITUATION MONDIALE DES PÊCHES ET DE L'AQUACULTURE.
- FAO. (2020). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture.
- FAO. (2022). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture.
- FAO. (2024). Système d'information sur les ressources alimentaires et d'énergie en aquaculture.
- Fasquel. (2000). *Activité technologique en biochimie-tome les méthodes d'analyse*, 2ème Ed.
- Fortier, J. (2020, 09 30). *Nimbochromis venustus*. <https://www.aquaportail.com/fiche-poisson-3812-nimbochromis-venustus.html>
- Françoise, M., Sadasivam, K. (2009). Les sources protéiques dans les aliments pour les poissons d'élevage. *Cahiers Aquacultures*. Vol. 12 n°2-3.
- Gourene, A., Gourene, G. (2008). Différenciation morphologique des populations naturelles d'une sous espèce de tilapia *sarotherdon melanotheron Ruppell, 1852 (Teleostei; Cichlidae)* de Côte d'Ivoire.
- Guiraud, J. (2003). *Microbiologie alimentaire*. Paris, Dunod.
- Guiraud, J., Rosec, J. (2004). *Pratique des normes en microbiologie alimentaire*. (E. AFNOR, Éd.) P110.
- Hafsaoui, I. (2020). Cours Aquaculture générale.
- Hannah, J. (2006). Bonnes pratiques de culture en pépinière forestière. Directives pratiques pour les pépinières de recherche. Manuel Technique n°3. 2006 World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Harvey, R., Champe, P. (2007). *Microbiology 2ème édition*. Lippincott Williams et Wilkins. P432.
- Houlihan, D., Boujard, T. (2001). Food intake in fish. Blackwell science Ltd :Oxford.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- Idrissbacha, A. (2023). Optimisation de la valorisation des déchets de poissons : Farine et l'huile de poisson comme solutions durables. Mémoire d'ingénieur non publié, Université Abdelhamide Ibn Badis, Mostaganem Faculté des sciences de la nature et de vie.
- INARE. (2023). *Comment nourrir la planète en 2050*. <https://www.inrae.fr/dossiers/alimentation-saine-durable/comment-nourrir-planete-2050>
- Ipungu, L., Banze, K. (2015). L'étude de la croissance de *Oreochromis niloticus* par la fertilisation des étangs : Le cas de la ferme Naviundu Lubumbashi. *Journal Applied Biosciences*
- Karali, A., Echikh, F. (s. d.). *L'aquaculture en Algérie*. Institut des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral.
- Kestemont, P., Baras, E. (2001). Environmental factors and feed intake : Mechanisms and interactions. In food intake in fish houlihan D Boujard T Jobling M(ed). Blackwell science Ltd : Oxford .
- Korsak, N., Clinquart, A. (2004). Salmonella spp dans les denrées alimentaires d'origines animales : un réel problème de santé publique. P351.
- Koudid, A., Hallal, A. (2018). Valorisation des produits de thon rouge thunnus thynnus, linnalus 1758) : Caractérisation des produits et optimisation du procédé. Mémoire d'ingénieur non publié, Université Abdelhamide Ibn Badis, Mostaganem Faculté des sciences de la nature et de vie.
- Lacroix, E. (2004). *Pisciculture en zone tropicale*. GTZ&GFA Terra systems, Ed.. Hamburg Allemagne.
- Lazard, J. (2007). *Aquaculture et espèces introduites : Exemples de la domestication ex situ des tilapias*. cahiers agriculture.
- Lazard, J. (2009). *La pisciculture des tilapias*. Cahiers Agricultures.
- Lebres, E. (2002). Cours national d'hygiène et de microbiologie des aliments "Microbiologie des eaux, des boissons et des produits de la mer ". Institut Pasteur d'Algérie.
- Lévêque, C., Paugy, D. (2006). *Les poissons des eaux continentales africaines : Diversité, écologie, utilisation par l'homme*.
- Limam, F. (2017). *Valorisation des sous produits issus des unités de transformation de poissons (cas du thon Skipjacke, Katsuwones peianis)*.
- Losagne. (2009). Poisson de mer (6e). Artémis.
- Mashai, N., Rajabipour, F. (2016). Reproduction of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* in Brackish water. Journal of applied aquaculture.
- Marterne., Maetz. (2023). Des chiffres et des faits sur l'insécurité alimentaire et la malnutrition dans le monde. <http://www.lafaimexpliquee.org/>
- Nandini, S. (2015, 03 7). *Sphyraena barracuda* (great barracuda).
- Nelson, J. (2007). Fishes of the world. 3ème édition.
- Ouattara, N. (2009). *Adaptation écophysiological des branchies à l'hypersalinité chez le tilapia Sarotherodon melanotherom*. [PhD thesis, Université Montpellier 2].
- Ouedraogo, S. (2000). *Biologie de reproduction du tilapia : Oreochromis niloticus du lac de barrage de la Comoé*. [Mémoire d'Ingénieur du développement Rural, Université polytechnique de Bobo-Dioulasso, Bobo-Dioulasso].
- Patrick, W. (2020, 06 04). *Les légumes*. <https://www.fitadium.com/conseils/legumes/>

## BIBLIOGRAPHIE

---

- René, G., Renée, M. (s. d.). Vitamines A et substances apparentées chez les poecilothermes.
- Sahoré, A., Abouattier, J. (2016). Quelques méthodes d'analyse biochimique de produits alimentaires.
- Semcha, Z. (2007). Etude expérimentale de la biologie de reproduction du merlu (*Merlucciusmerluccius* L.1758) femelle dans le milieu naturel : Dynamique des lipides et des protéines en fonction du stade de développement ovocytaire.
- Stillwell, C., Kohler, N. (1993). Food habits of the sandbar shark *Carcharhinus plumbeus* off the US northeast coast, with estimates of daily ration. *Fishery Bulletin*.
- Tabti, A. (2022). *État de stock de quelques espèces halieutiques des ports de la wilaya de Tlemcen*. Mémoire de Master, Université ABOUBEKR BELKAID -Tlemcen.
- Zaatout, R. (2007). *Effet du régime alimentaire sur la croissance des alevins de Tilapia nilotica*.
- Zekkar, D., Henna, H. (2020). *Évaluation de la qualité microbiologique des Mini donuts commercialisés au centre de la Wilaya de Biskra*. Mémoire de Master, Université Mohamed Khider de Biskra.
- (2007,0821). *Barracuda*. <https://www.fatsecret.fr/calories-nutrition/g%C3%A9n%C3%A9rique/generic/barracuda-cooked>.
- (2008). *La farine de poisson et autres produits d'origine aquatique*. <https://aquaculture.ifremer.fr/Fiches-d-information/Filiere-Poissons/La-farine-de-poisson-et-autres-produits-d-origine-aquatique>
- (2017-2021). *Huile de foie de morue*. <https://feedtables.com/fr/content/huile-de-foie-de-morue>
- (2024). *Les différents types de nourritures pour poissons*. <https://materiel-aquatique.com/tutos-et-astuces/les-differents-types-de-nourriture-pour-poissons-daquarium/>
- (s. d.). *Espadon*. <https://www.aquaportail.com/fiche-poisson-3812-nimbochromis-venustus.html>
- (s.d.). *Fooddatacentral*. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/12345/nutrients>

# **ANNEXES**

# ANNEXES

---

## La composition de milieux de culture utilisés

### 1. Milieu Gélosé PCA (Plate Count Agar)

Composition	Quantité (g/L)
Peptone de caséine	5.00
Extrait de levure	2.50
Glucose	1.00
Agar	15.00

### 2. le milieu GN (Gélosé Nutritive)

Composition	Quantité (g/L)
Peptone	5.00
Extrait de viande de bœuf	3.00
Chlorure de sodium	5.00
Agar	15.00

### 3. Gélose Sabouraud

Composition	Quantité (g/L)
Peptone de caséine	5.00
Peptone de viande	5.00
Glucose monohydraté	40.00
Chloramphénicol	0.50
Agar	15.00

### 4. Gélose lactosée au TTC-Tergitol

Composition	Quantité (g/L)	Composition	Quantité (g/L)
Peptone pancréatique	10.0	Tergitol 7	0.1
Extrait de viande	5.0	Bleu de bromothymol	50.0
Extrait autolytique de levure	6.0	Chlorure de 2,3,5 triphényltétrazolium	25.0
Lactose	20.0	Agar agar bactériologique	10.0

## ANNEXES

---

### 5. Bouillon Lactosé Bilié au Vert Brillant (BLBVB)

Composition	Quantité (g/L)
Peptone	10.00
Bile	20.00
Lactose	10.00
Vert brillant	0.013

### 6. Gélose Chapman

Composition	Quantité (g/L)
Peptones	10.00
Extrait de viande de bœuf	1.00
D-mannitol	10.00
Chlorure de sodium	75.00
Rouge de phénol	0.025
Agar	15.00

### 7. Gélose S.S (*Salmonella -Shigella*)

Composition	Quantité (g/L)	Composition	Quantité (g/L)
Protéose peptone	5.00	Citrate ferrique ammoniacal	1.00
Extrait de viande de bœuf	5.00	Thiosulfate de sodium	8.50
Lactose	10.00	Rouge neutre	0.025
Sels biliaires N°3	8.50	Vert brillant	0.00033
Citrate de sodium	8.50	Agar	13.50

### 8. Gélose Hektoen

Composition	Quantité (g/L)	Composition	Quantité (g/L)
Peptone	12.00	Chlorure de sodium	5.00
Extrait de levure	3.00	Thiosulfate de sodium	5.00
Sels biliaires N°3	9.00	Citrate ferrique ammoniacal	1.50
Lactose	12.00	Bleu de bromothymol	0.065
Saccharose	12.00	Fuchsine acide	0.10
Salicine	2.00	Agar	14.00

## ANNEXES

---

### 9. Gélose VF (Viande Foie)

Composition	Quantité (g/L)
Peptone viande-foie	30.00
Glucose	2.00
Amidon soluble	2.00
Sulfite de sodium	2.50
Citrate ferrique ammoniacal	0.50
Agar	11.00

### 10. Gélose TCBS (Thiosulfate, Citrate, Bile, Saccharose)

Composition	Quantité (g/L)	Composition	Quantité (g/L)
Protéose peptone	10.000	Chlorure de sodium	10.000
Extrait de levures	5.000	Ferric citrate	1.000
Sodium citrate	10.000	Thymol blue	0.040
Sodium thiosulfate	10.000	Bromothymol blue	0.040
Ox bile	8.000	Agar	14.000
Sucrose	20.000		

## ANNEXES

---

**Table de Mac Grady (Méthode NPP)**

<b>Nombre de tubes positifs au niveau des 3 taux de dilution retenus</b>	<b>NPP</b>	<b>Nombre de tubes positifs au niveau des 3 taux de dilution retenus</b>	<b>NPP</b>
000	<0.3	230	2.9
001	0.3	300	2.3
010	0.3	301	4
020	0.6	302	6
100	0.4	310	4
101	0.7	311	7
110	0.7	322	12
111	1.1	320	9
120	1.1	321	15
121	1.5	322	21
200	0.9	323	29
201	1.4	330	20
210	1.5	331	50
211	2.0	332	110
220	2.1	333	110
221	2.8		

## ANNEXES

---

Distribution de la fréquence des tailles et des poids des individus présents dans l'aquarium 01

Num	Lt	Pt	Log10 Lt	Log10 Pt
1	6,8	7,5	0,83250891	0,87506126
2	5	8	0,69897	0,90308999
3	6	8,7	0,77815125	0,93951925
4	5,5	7,8	0,74036269	0,8920946
5	5	8,8	0,69897	0,94448267
6	6	8,9	0,77815125	0,94939001
7	5,5	7,9	0,74036269	0,89762709
8	6	8,5	0,77815125	0,92941893
9	5	9	0,69897	0,95424251

r	-0,35146179
pente	-0,21607574
ord	1,08247448
Tobs	-0,41570901
Ttheo	2,447

Distribution de la fréquence des tailles et des poids des individus présents dans l'aquarium 02

Num	Lt	Pt	Log10 Lt	Log10 Pt
1	5	7,5	0,69897	0,87506126
2	4,5	7,6	0,65321251	0,88081359
3	5,2	7,7	0,71600334	0,88649073
4	6	7,5	0,77815125	0,87506126
5	5,5	7,3	0,74036269	0,86332286
6	5,5	7,4	0,74036269	0,86923172

r	-0,44234465
pente	-2,34637265
ord	2,77424589
Tobs	1,6745606
Ttheo	2,776

## ANNEXES

---

Distribution de la fréquence des tailles et des poids des individus présents dans l'aquarium 03

Num	Lt	Pt	Log10 Lt	Log10 Pt
1	6,5	16	0,81291336	1,20411998
2	6	11	0,77815125	1,04139269
3	6	18	0,77815125	1,25527251
4	7	20	0,84509804	1,30103
5	7,4	20	0,86923172	1,30103
6	6,5	14	0,81291336	1,14612804
7	7	22	0,84509804	1,34242268
8	6,5	12	0,81291336	1,07918125
9	6,8	16	0,83250891	1,20411998
10	6,5	16	0,81291336	1,20411998

r	0,66997501
pente	2,20591138
ord	-0,60094194
Tobs	2,45489123
Ttheo	2,306

# ANNEXES

---

## **Introduction**

Aujourd'hui, alors que nos océans regorgent de vie et de ressources, une question cruciale se pose : comment transformer les défis de la durabilité en opportunités pour les générations futures ? C'est dans cet esprit que notre startup, incubée au sein de l'Incubateur Bleu de l'École Nationale Supérieure de Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral, a vu le jour.

Face à l'abondance des coproduits issus de la pêche et de l'aquaculture, souvent sous-exploités et laissés pour compte, nous avons identifié une voie innovante. Plutôt que de considérer ces coproduits comme des déchets, nous les voyons comme une ressource précieuse, capable de révolutionner l'industrie de l'alimentation aquacole.

Notre mission est simple, mais audacieuse : valoriser ces coproduits pour créer un aliment pour poissons d'une efficacité inégalée. Ce projet, qui n'est pas seulement une solution écologique, mais aussi une réponse économique viable, s'inscrit dans un cadre plus large de préservation des écosystèmes marins tout en assurant la prospérité de l'industrie aquacole.

Pour donner vie à cette vision, nous nous appuyons sur un outil stratégique essentiel : le Business Model Canvas (BMC). Le BMC nous permet de structurer et d'affiner notre modèle économique en neuf blocs, chacun représentant une composante clé de notre entreprise. De la définition de nos segments de clients à l'identification de nos ressources et partenaires clés, en passant par les flux de revenus et la structure des coûts, ce canevas nous offre une vue d'ensemble claire et cohérente de notre projet.

Ce BMC est le fruit d'une réflexion stratégique qui met en avant non seulement l'innovation, mais aussi la durabilité et la résilience. En combinant la science, la technologie et une vision claire de l'avenir, nous visons à transformer une industrie clé, tout en contribuant à un océan plus sain et à une économie plus durable.

### **1. Le premier axe : Présentation du projet**

#### **L'idée de projet**

BioFeed Algérie vise à valoriser les déchets issus de la pêche, de l'aquaculture et de l'agriculture pour créer une gamme d'aliments pour poissons, locaux et écologiques. Cette solution permet de réduire les déchets tout en fournissant une alternative économique et durable pour l'aquaculture algérienne.

# ANNEXES

---

## Les valeurs suggérées

- Soutien à l'économie locale : Promotion d'une production nationale d'aliments pour poissons, réduisant la dépendance aux importations.
- Développement durable : Valorisation des déchets organiques pour minimiser leur impact environnemental.
- Engagement écologique : Réduction des pollutions liées aux déchets de la pêche et de l'agriculture.
- Approche "gagnant-gagnant" : La solution profite à la fois à l'équipe (BioFeed Algérie), à l'État (réduction des importations, création d'emplois) et à l'environnement (réduction des déchets et des émissions de CO2).

## L'équipe

L'équipe est constituée de

**MEZAI Lynda** : Responsable de la gestion de projet, supervision des opérations et partenariats stratégiques.

**BENSAHA Chaima** : Responsable de la recherche et développement, formulation des aliments pour poissons et gestion de la qualité.

## Les objectifs du projet

Objectif principal : Développer une entreprise durable, créant une synergie entre l'équipe, l'État et l'environnement, en fournissant des solutions alimentaires pour l'aquaculture à partir de déchets valorisés.

## Objectifs spécifiques :

- ✓ Réduire les coûts de production des aliments pour poissons en utilisant des ressources locales.
- ✓ Contribuer à la réduction des déchets dans les secteurs de la pêche, de l'aquaculture et de l'agriculture.
- ✓ Créer un modèle d'économie circulaire qui profite aux producteurs locaux, aux aquaculteurs et à l'environnement.

## 2. Deuxième axe : Aspects innovants

### La nature des innovations

Le projet BioFeed Algérie se distingue par son approche novatrice dans la valorisation des déchets organiques issus de la pêche, de l'aquaculture et de l'agriculture. L'innovation réside dans la transformation de ces matières premières sous-exploitées en une ressource précieuse pour l'aquaculture. Cette approche combine plusieurs dimensions :

- **Économie circulaire** : La mise en place d'un modèle d'économie circulaire permet de réutiliser des sous-produits souvent considérés comme inutiles ou nuisibles, réduisant ainsi l'empreinte écologique tout en créant de la valeur.
- **Approche locale et durable** : Contrairement aux alternatives importées, BioFeed Algérie propose une solution locale, adaptée aux réalités du marché algérien, tout en limitant les impacts environnementaux liés au transport des matières premières.

### Les domaines d'innovation de ce projet

L'innovation de BioFeed Algérie se manifeste dans plusieurs domaines clés :

- **Agronomie et agro-industrie** : Le projet introduit une nouvelle approche dans le secteur de l'agriculture et de la pêche, en intégrant des pratiques de recyclage des déchets organiques. Cette valorisation permet d'améliorer la durabilité des filières agroalimentaires tout en assurant une utilisation optimale des ressources disponibles.
- **Technologie alimentaire** : BioFeed Algérie innove en matière de formulation d'aliments pour poissons, en développant des mélanges nutritionnels équilibrés et performants à partir de déchets organiques. Cette innovation repose sur une recherche poussée en matière de biotechnologie et d'ingénierie alimentaire pour maximiser l'efficacité de ces aliments.
- **Écologie industrielle** : Le projet s'inscrit pleinement dans la logique de l'écologie industrielle, où les déchets d'un secteur deviennent les matières premières d'un autre. Cette approche permet non seulement de réduire les volumes de déchets mais également de stimuler l'activité économique locale.
- **Responsabilité sociale et environnementale** : BioFeed Algérie propose une solution qui allie développement économique, préservation de l'environnement et promotion de

# ANNEXES

---

pratiques responsables. En intégrant des acteurs locaux et en réduisant les déchets organiques, ce projet contribue à une meilleure gestion des ressources naturelles et participe à la lutte contre la pollution des sols et des eaux.

## 3. Troisième axe : Analyse stratégique du marché

### Le segment du marché

Le projet BioFeed Algérie se concentre sur deux segments de marché principaux, qui jouent un rôle clé dans la distribution et l'adoption des aliments pour poissons innovants :

**Les fermes aquacoles** : Ce segment est fondamental car il constitue le principal débouché pour les produits alimentaires destinés à la pisciculture à grande échelle. Les fermes aquacoles recherchent des produits capables d'améliorer la rentabilité de leurs exploitations tout en maintenant des standards élevés de qualité nutritionnelle pour les poissons. Le recours à des aliments durables et locaux comme ceux proposés par BioFeed Algérie peut représenter un avantage compétitif pour ces exploitants en réduisant les coûts d'approvisionnement et en contribuant à la durabilité environnementale de leurs activités.

**Les boutiques de matériel dédié aux animaux** : Ce second segment cible les magasins spécialisés dans la vente d'équipements et de produits pour animaux, y compris les poissons d'aquarium. Ces points de vente servent de relais commercial essentiel pour toucher les petits éleveurs ainsi que les aquariophiles amateurs, élargissant ainsi la clientèle potentielle. Ce canal de distribution est stratégique pour atteindre des niches du marché, notamment les petits exploitants qui recherchent des solutions d'alimentation spécifiques, mais à des échelles plus modestes.

### La mesure de l'intensité de la concurrence

L'intensité concurrentielle dans le secteur des aliments pour poissons en Algérie est influencée par plusieurs facteurs :

**La concurrence locale** : Actuellement, seul **Garden** propose des produits fabriqués localement.

**Les produits importés** : Le marché algérien est largement dominé par des produits importés, souvent coûteux et non spécifiquement adaptés aux besoins locaux. Ces produits bénéficient d'une reconnaissance de marque et d'une distribution bien établie, mais leur coût élevé représente un frein pour les petites exploitations aquacoles.

# ANNEXES

---

**Innovation comme levier** : L'approche innovante de BioFeed Algérie, basée sur la valorisation des déchets organiques, confère à l'entreprise un avantage concurrentiel distinct. En mettant en avant l'aspect écologique et économique de ses produits, l'entreprise peut se positionner comme un acteur de choix dans le contexte de la demande croissante pour des produits durables.

## **La stratégie marketing**

La stratégie marketing de BioFeed Algérie repose sur plusieurs axes visant à toucher efficacement les segments de marché identifiés :

- Positionnement écologique et local : BioFeed Algérie sera positionné comme un produit local, écologique et économique. L'accent sera mis sur l'impact environnemental réduit grâce à l'utilisation de déchets valorisés, ainsi que sur le soutien à l'économie nationale par la réduction de la dépendance aux importations.
- Partenariats stratégiques : Le développement de partenariats avec des fermes aquacoles telles que Cultmare Garden permettra de créer une base de clients fidèles et de démontrer l'efficacité des produits sur une grande échelle. Ces partenariats serviront également de plateforme pour des études de cas et des témoignages, renforçant ainsi la crédibilité du produit.
- Distribution multicanale : Outre les fermes aquacoles, l'entreprise s'appuiera sur les boutiques spécialisées dans le matériel animalier, telles que Cazanimo, pour atteindre les petits éleveurs et les aquariophiles. Ce canal permettra d'étendre la portée de BioFeed Algérie à un marché plus large tout en renforçant la présence locale.
- Marketing digital et sensibilisation : La promotion en ligne, notamment à travers des campagnes de sensibilisation aux enjeux environnementaux, sera un volet essentiel de la stratégie marketing. Des contenus éducatifs sur la valorisation des déchets et les avantages économiques et écologiques du produit seront diffusés pour attirer à la fois les grands exploitants et les petits éleveurs.

## **4. Quatrième axe : Plan de production et organisation**

### **Le processus de production**

Le processus de production de BioFeed Algérie repose sur plusieurs étapes clés, visant à transformer les déchets organiques en aliments pour poissons de haute qualité :

## ANNEXES

---

**Collecte des matières premières** : Les matières premières sont récupérées auprès des pêcheries, des fermes aquacoles et des producteurs agricoles. Cela inclut les résidus de poissons, les coquilles, ainsi que les sous-produits agricoles comme les fibres végétales et les résidus de céréales.

**Préparation et traitement** : Les matières premières subissent un processus de nettoyage, de tri et de traitement initial pour éliminer toute impureté. Ces matières sont ensuite séchées et broyées pour être transformées en une base homogène prête à être formulée.

**Formulation et mélange** : Les ingrédients sont mélangés selon une formule spécifique, mise au point par l'équipe de R&D, pour garantir un équilibre optimal en protéines, lipides et autres nutriments essentiels à la croissance des poissons.

**Conditionnement** : Une fois le produit finalisé, il est conditionné dans des emballages spécifiques fournis par Alimentaire Plast, garantissant une bonne conservation et protection pendant le transport.

**Contrôle de qualité** : Chaque lot d'aliments est soumis à des tests rigoureux réalisés en interne ainsi qu'en partenariat avec Wanylab pour s'assurer que les normes de sécurité et de qualité sont respectées avant la mise sur le marché.

### **L'approvisionnement**

L'approvisionnement en matières premières est un élément clé du succès de BioFeed Algérie. Il s'appuie sur des partenariats avec des fournisseurs locaux qui garantissent un flux constant et diversifié de ressources :

**Pêcheries** : Les déchets de la pêche, tels que les arêtes et résidus de poissons, constituent la base de la formulation des aliments. Les partenariats avec des pêcheries locales assurent un approvisionnement régulier.

**Usines de transformation, cantine et cité universitaire** : Ces fournisseurs complètent l'approvisionnement en offrant des matières premières supplémentaires, comme les résidus de légumes et autres sous-produits agricoles.

Cette stratégie d'approvisionnement diversifié permet de minimiser les interruptions de production tout en optimisant les coûts et en utilisant des ressources locales.

# ANNEXES

---

## La main d'œuvre

La main-d'œuvre de BioFeed Algérie sera constituée de plusieurs catégories de personnel :

Équipe de gestion : Comprenant Bensaha Chaima et Mezai Lynda, qui supervisent respectivement la gestion du projet et le développement des produits.

Opérateurs de production : Ils seront chargés du traitement, du mélange et de la mise en conditionnement des matières premières. Un personnel qualifié sera recruté pour assurer une production continue et efficace.

Techniciens de laboratoire : Spécialistes en contrôle de qualité, ces techniciens effectueront des tests réguliers sur les matières premières et les produits finis, garantissant ainsi la conformité aux normes alimentaires en vigueur.

## Les principaux partenaires

Le succès de BioFeed Algérie repose sur des partenariats stratégiques avec les acteurs suivants :

**Alimentaire Plast** : Fournisseur des emballages et étiquettes pour les produits finis. Leur proximité géographique et leurs prix compétitifs réduisent les coûts logistiques.

**KS Scientifique et Bioanalyse** : Ces partenaires fournissent les équipements de laboratoire nécessaires au développement et au contrôle qualité des produits, garantissant la précision des analyses.

**Belhaj Emballage** : Responsable de la fourniture des cartons utilisés pour l'emballage final des produits, garantissant la protection lors du transport.

**Pêcheries** : Partenaires clés pour l'approvisionnement en matières premières. Ces conventions avec les pêcheries locales permettent de sécuriser un flux régulier de coproduits.

**Usines de transformation et boutiques de légumes** : Elles diversifient les sources d'approvisionnement, assurant une continuité dans la production.

**Wanylab** : Chargé des tests de contrôle qualité pour garantir la conformité aux standards de sécurité alimentaire avant la commercialisation.

**Cimtech** : Responsable de la gestion des déchets contaminés générés lors de la production, garantissant une approche respectueuse de l'environnement.

**GS1** : Partenaires de codification à barre des produits BioFeed.

# ANNEXES

## 5. Cinquième axe : Plan financier

### Les coûts et charges

Le plan financier de BioFeed Algérie repose sur une analyse détaillée des coûts et des charges liés au démarrage et au fonctionnement de la startup. Voici les principales catégories :

#### A. Coûts d'investissement initial

Les investissements pour les équipements essentiels à la production sont estimés comme suit :

Tableau : Charges des équipements essentiels à la production.

<i>N</i>	<i>Désignation</i>	<i>Quantité</i>	<i>Prix unitaire</i>	<i>Total HT</i>
1	<i>Congélateur 500L</i>	<i>3,00</i>	<i>30 700,00</i>	<i>92 100,00</i>
2	<i>Balance électrique</i>	<i>3,00</i>	<i>7 990,00</i>	<i>23 970,00</i>
3	<i>Etuve</i>	<i>2,00</i>	<i>1 147 968,00</i>	<i>2 295 936,00</i>
4	<i>Grand déshydrateur alimentaire</i>	<i>2,00</i>	<i>85 000,00</i>	<i>170 000,00</i>
5	<i>Hachoir</i>	<i>3,00</i>	<i>7 900,00</i>	<i>23 700,00</i>
6	<i>Hachoir a viande</i>	<i>2,00</i>	<i>15 100,00</i>	<i>30 200,00</i>
7	<i>Autoclave</i>	<i>1,00</i>	<i>320 000,00</i>	<i>320 000,00</i>
8	<i>frigidaire</i>	<i>1,00</i>	<i>80 000,00</i>	<i>80 000,00</i>
9	<i>Etuve microbiologie</i>	<i>2,00</i>	<i>202 176,00</i>	<i>404 352,00</i>
10	<i>Microscope</i>	<i>1,00</i>	<i>63 800,00</i>	<i>63 800,00</i>
11	<i>Bec benzen</i>	<i>3,00</i>	<i>300,00</i>	<i>900,00</i>
12	<i>Verrerie</i>	<i>1,00</i>	<i>350 000,00</i>	<i>350 000,00</i>
	<b><i>Total HT</i></b>			<b><i>3 854 958,00</i></b>

## ANNEXES

### B. Coûts de fonctionnement annuel

Le tableau ci-dessous présente les coûts de fonctionnement sur une année, incluant les amortissements, le loyer, la rémunération du personnel et les autres charges.

**Tableau : Cout de fonctionnement annuel.**

		<i>Prix unitaire / ans</i>	<i>Quantité</i>	<i>Total général</i>
<i>Amortissement Equipement</i>	/	385 495,80	1,00	385 495,80
<i>Loyer</i>	/	25 000,00	12,00	300 000,00
<i>Charge de personnel</i>	Rémunération personnel	207 790,00	12,00	2 493 480,00
	Total irg	5 198,90	12,00	62 386,80
	Total CNAS	25 080,00	12,00	300 960,00
<i>Electricité</i>	Sonelgaz	30 000,00	4,00	120 000,00
<i>ADE / Trimestre</i>	ADE	20 000,00	4,00	80 000,00
<i>Partenariat</i>	Poissonnerie	30 000,00	5,00	150 000,00
	Boite de communication Pixcel concept	300 000,00	1,00	300 000,00
	Déchets dangereux	20 000,00	1,00	20 000,00
<i>Fournisseur</i>	Alimentaire plast	50,00	1 920,00	96 000,00
	GS1	24 000,00	1,00	24 000,00
<b>TOTAL</b>				<b>4 332 322,60</b>

## ANNEXES

Le tableau ci-dessous présente les coûts liés au personnel sur une année, incluant l'ensemble des charges associées

Tableau : Coûts liés au personnel et charges associées

N	Qualité	Salaire de base	IEP	PRI	I NUIS	Salaire de poste	Retenu SS	Prime de panier	Prime de transport	Salaire Imposable	Ret IRG	Net a payer
1	Ingénieur de laboratoire	35 000,00	0,00	3 000,00	3 000,00	36 000,00	3 240,00	4 400,00	2 200,00	40 609,30	3 449,30	37 160,00
2	Collecteur de matière première	30 000,00	0,00	3 000,00	3 000,00	24 000,00	2 160,00	4 400,00	2 200,00	27 989,60	1 749,60	26 240,00
3	Femme de soutien 1	20 000,00	0,00	2 000,00	2 000,00	24 000,00	2 160,00	4 400,00	2 200,00	26 240,00	0,00	26 240,00
4	Femme de soutien 2	20 000,00	0,00	2 000,00	2 000,00	125 000,00	11 250,00	4 400,00	2 200,00	118 150,00	0,00	118 150,00
<b>TOTAL</b>		<b>105 000,00</b>	<b>0,00</b>	<b>10 000,00</b>	<b>10 000,00</b>	<b>209 000,00</b>	<b>18 810,00</b>	<b>17 600,00</b>	<b>8 800,00</b>	<b>212 988,90</b>	<b>5 198,90</b>	<b>207 790,00</b>

<b>Total à payer</b>	207 790,00
<b>Total IRG</b>	5 198,90
<b>SS Part ouvrier</b>	18 810,00
<b>SS part patronale</b>	6270
<b>Total général</b>	<b>238 068,90</b>

## ANNEXES

---

### C. Estimation des coûts de production

Pour une production annuelle de 1 920 kg d'aliments pour poissons, les coûts de production sont estimés comme suit :

<b>Production (kg)</b>	1 920,00
<b>Estimation totale des couts</b>	4 032 322,60
<b>Estimation cout de reviens</b>	2 100,17
<b>Marge bénéficiaire 40 %</b>	1 612 929,04
<b>Chiffre d'affaires</b>	5 645 251,64
<b>Autre charge non liée à la production</b>	300 000,00
<b>Rentabilité brute</b>	1 312 929,04

Estimation totale des coûts : 4 032 322,60 DA

Estimation du coût de revient par kg : 2 100,17 DA

### Modes et sources d'obtention de financement

Le plan financier de BioFeed Algérie repose sur un financement par autofinancement, ce qui signifie que les fondateurs du projet couvriront l'intégralité des coûts et investissements initiaux grâce à leurs propres ressources. Voici une analyse des principaux coûts et charges :

### Rentabilité et prévisions financières

**Chiffre d'affaires estimé** : 5 645 251,64 DA (avec une marge bénéficiaire de 40 %).

**Marge brute** : 1 312 929,04 DA

### Rentabilité brute

Après déduction des charges non liées à la production (300 000 DA), la rentabilité brute est de 1 012 929,04 DA, ce qui garantit la viabilité financière du projet.

Ce plan de financement par autofinancement garantit une rentabilité nette positive dès la première année, permettant ainsi une croissance durable et maîtrisée de la startup.

## ANNEXES

---

### Stratégie de gestion des excédents

Les excédents financiers générés seront réinvestis dans le projet pour :

- **Amélioration de la capacité de production** : Achat de nouveaux équipements pour augmenter la production.
- **Recherche et développement** : Améliorer les formules et la qualité des aliments.
- **Expansion du marché** : Diversifier les clients et élargir la portée du produit sur le marché algérien.
- **Sixième axe : Prototype**

Nous avons réussi à développer un aliment pour poissons d'une grande efficacité, testé de manière approfondie, présenté dans la figure ci-dessous.



## ANNEXES

Partenaire clés	Activités clés	Proposition de valeur	Relation clients	Segments du marché
Poissonnerie	Recherche et Développement	Valorisation des ressources locales	Support Technique et Accompagnement Personnalisé	Ferme aquacole Garden
Cité universitaire	Collecte de matière première	Aliment hautement efficace	Proximité et Réactivité	Ferme aquacole Cultmare
Usine de transformation de légumes	Prétraitement de la matière première	Soutien au développement de l'aquaculture en Algérie	Formation et Information	Ferme aquacole Orca Marino
AZ Group	Production de farine	Impact environnemental positif	Service Client Dédié	Ferme aquacole Castiglione
Cheraton	Contrôle de Qualité			Quzanimmo
Alimentaire plast	<b>Ressources clés</b>			El alif
Belhaj emballage	<b>Ressources humaines</b> Ingénieur de laboratoire + Collecteur matière première + 2 femmes de soutien			Animalerie Pet&Co
Pixel concept				Chatterie Z Animal
CIMTECH	<b>Ressources matérielles</b> Congélateur 500L + Balance électrique, Etuve + Grand déshydrateur alimentaire+ Hachoir, Hachoir a viande +Etuve microbiologie, Autoclave+ Microscope, Bec bunsen, Verrerie + frigidaire			
Wanylab			<b>Canaux de distribution</b>	Ministère de commerce
GS1	<b>Ressources financière</b> Besoin de financement 4 154 958,00		Vente Directe aux Fermes Aquacoles	
	<b>Ressources intellectuelles</b> Nom commercial BioFeed		Partenariats avec les animaleries Plateformes de Vente en Ligne	
<b>Structure des couts</b>			<b>Flux de revenu</b>	
<b>Besoin de financement</b>	4 154 958,00		<b>Chiffre d'affaires</b>	5 645 251,64
<b>Cout de production</b>	4 032 322,60			
<b>Marketing</b>	300 000,00			
<b>Charge du personnel</b>	8 487 280,60			
<b>Font de roulement</b>	3 646 826,80			