



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie
Département des sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences biologiques

Référence / 2025

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Parasitologie

Présenté et soutenu par :
Mouaki dadi Safa et Hicher Meriem

Le : [Click here to enter a date.](#)

Préparation d'un aliment pour le tilapia rouge (*Oreochromis spp.*) élevé en pisciculture dans la région de Biskra

Jury :

Dr.	Nacer BELOUCIF	MCA	Université de Biskra	Président
Dr.	Naouel BENHARZALLAH	MCA	Université de Biskra	Rapporteur
Dr	Rnda GAOUAOUI	MCA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2024/2025

Remerciements

Louange à Dieu, par la grâce duquel les bonnes œuvres s’accomplissent et les objectifs sont atteints. Louange à Dieu qui nous a permis de mener à bien ce travail et d’alléger les difficultés rencontrées.

Nous exprimons notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à Madame **Naouel Benharzallah**, encadrante de ce projet, pour la qualité de son encadrement scientifique, ses conseils précieux, sa patience et son accompagnement constant tout au long de cette recherche. Que Dieu la récompense abondamment.

J’adresse également ma reconnaissance aux ingénieurs du laboratoire, pour leur disponibilité, leur assistance généreuse et leurs orientations pertinentes lors des travaux pratiques. Leur soutien nous a été d’une aide précieuse durant les différentes phases expérimentales.

Mes remerciements vont aussi à Madame **Asma Boucif** pour son aide bienveillante et son soutien apprécié.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude aux membres du jury pour le temps qu’ils ont consacré à évaluer notre travail, ainsi que pour leurs commentaires pertinents et enrichissants qui ont grandement contribué à l’amélioration du travail.

Enfin, je tiens à remercier chaleureusement les responsables du Laboratoire de la biodiversité des écosystèmes et des systèmes de production agricole en régions arides, pour nous avoir permis d’y réaliser certaines analyses, et pour avoir mis à notre disposition les ressources et les installations nécessaires à la concrétisation de ce travail.

Dédicaces

اهداء

قال الله تعالى " يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ "
 اللهم لك الحمد حتى ترضى ولك الحمد إذا رضيت ولك الحمد بعد الرضا

اهدي تخرّجي إلى حبيبة قلبي ... جنّتي في الدنيا، امي
 وإلى سندي، أبي الغالي.

أهديه إلى كل إخوتي، ضلعي الثابت
 عبد الصمد، أروى، ألاء، حفصة
 أهدي تخرّجي إلى من شاركتني الحلم والتعب إلى رفيقة درب صفاء.

أهديه إلى حبيبة الروح، إلى من كانت الحنان كله عبيسي أسماء
 وإلى أفراد عائلتي الكريمة، ولكل من احبني وساندني بموقف بكلمة دمتم سندا.

أهدي تخرّجي إلى صديقتي العزيزات، كلُّ باسمها ولقبها،
 كنتنّ لي أكثر من زميلات... بل أخوات في دربٍ واحد،
 لهنّ جميعاً، أهدي هذا العمل البسيط... بامتنانٍ لا يُقدَّر
 دمتم.



مريم

اهداء

"اللهم لك الحمد والشكر لجلال وجهك وعظيم سلطانك"

اهدي هذا العمل الى من دعمني حتى اشتد عودي امي الحمد لله على تمام وحسن الختام

حبيبتي الغالية وابي سندي حفظها الله واطال في عمرهما

أقدم الشكر الجزيل لأمي الثانية خالتي **رحمونة** التي كانت بوصلة طريقي وداعمتي

بالنصائح القيمة حفظها الله ورزقها الجنة

اشكر شريكة هذا العمل وزميلة مقاعد الدراسة طوال الخمس سنوات وما قبلها صديقتي

ورفيقتي العزيزة التي وهبها الله خلقا وخلقاً طيباً **مريم هيشر**

اشكر كل من ساعدني وساندني في انجاز هذا العمل كل باسمه لكم كامل التقدير وفائق الاحترام



صفاء

Sommaire

Liste des tableaux.....	6
Liste des figures.....	6
Liste des abréviations.....	6
Introduction.....	1

Première partie : Synthèse bibliographique

Chapitre 01 : Nutrition et alimentation des poisson

1. Digestibilité des nutriments chez les poissons.....	3
2. Coefficient d'utilisation digestive.....	3
2.1. Protéines	4
2.2. Lipides	4
2.3. Glucides.....	4
3. Besoins nutritionnels des poissons.....	5
3.1. Protéines	5
3.1.1. Métabolisme des protéines.....	5
3.2. Lipides	6
3.2.1. Métabolisme de lipides	6
3.3. Glucides.....	6
3.4. Vitamines.....	7
3.5. Minéraux.....	7
4. Alimentation des poissons.....	8
4.1. Principales matières premières d'origine animale.....	8
4.2. Principales matière premières d'origine végétale	8
4.2.1. Le pois	8
4.2.2. Le tournesol	9
4.2.3. Le maïs	9
4.2.4. L'orge	9
5. Fabrication de farine de poisson	9

Chapitre 02 : Généralité sur les poissons

1. Classification	11
2. Description morphologique	12
3. Alimentation de tilapia	12
4. Distribution géographique.....	13
5. Reproduction	14
6. Croissance	14

Deuxième partie : Partie expérimentale

Chapitre 03 : Matériel et méthode

1. Fabrication de la farine de poisson	16
1.1. Cuisson	16
1.2. Pressage	16
1.3. Extraction de matière grasse	17
1.4. Séchage.....	18
1.5. Broyage.....	18
2. Dosage des protéines par la méthode Kjeldahl	19
2.1. Principe.....	19
2.2. Mode opératoire	20
2.2.1. Minéralisation	20
2.2.2. Distillation	20
2.2.3. Titration	21
3. Dosage de lipides par la méthode de Soxhlet	21
3.1. Mode opératoire	22
3.2. Teneur en lipide	23
4. Dosage des Fibres Brutes (Cellulose Brute) par la Méthode de Weende	24
4.1. Principe.....	24
4.2. Mode opératoire	24
5. Humidité.....	26
6. Fabrication de l'aliment de poisson	27
6.1. Détermination de la quantité des ingrédients	27
6.2. Préparation des ingrédients	27
6.2.1. Triage.....	28
6.2.2. Lavage	28
6.2.3. Séchage.....	28
6.2.4. Décorticage	28
6.2.5. Broyage.....	28
4.3. Mixage.....	28
6.4. Pressage	29
6.5. Séchage et stockage.....	29

Chapitre 04 : Résultats et discussion

1. Farine de poisson	31
1.1. Rendement de farine de poisson	31
1.2. Analyses organoleptiques	32
1.2.1 Aspect	32
1.2.2. Couleur	32
1.2.3. Odeur	33

1.3. Analyse biochimique de la farine de poisson.....	33
1.3.1. Protéine.....	33
1.3.2. Lipides	34
1.3.3. Humidité.....	35
1.3.4. Cendre.....	35
1.3.5. Fibres	36
2. Analyses biochimiques des ingrédients.....	36
2.1. Maïs.....	36
2.2. Tournesol	37
2.3. L'orge	39
2.4. Pois.....	40
Conclusion.....	42
Résumé.....	43
Références bibliographiques.....	44

Liste des tableaux

Tableau 01 : Classification du tilapia.....	11
Tableau 02 : Le pourcentage nécessaire de protéines et de lipides pour la croissance du tilapia	13
Tableau 03 : Rendement de la farine de poisson.....	31
Tableau 04 : Paramètres organoleptique de la farine de poisson.....	32
Tableau 05 : Paramètres biochimiques de la farine de poisson.....	33
Tableau 06 : Résultats des tests biochimiques de maïs.....	37
Tableau 07 : Résultats des tests biochimiques de tournesol.....	38
Tableau 08 : Résultats des tests biochimiques de l'orge	39
Tableau 09 : Résultats des tests biochimiques de pois.....	40

Liste des figures

Figure 01 : Variation schématique du CUD de différents glucides en fonction de niveau d'icorporation.....	5
Figure 02 : Diagramme de fabrication d'une farine de poisson.....	10
Figure 03 : Morphologie du tilapia Rouge.....	12
Figure 04 : Principaux pays producteurs du tilapia du Nil.....	14
Figure 05 : l'étape de cuisson de poisson	15
Figure 06 : La matière liquide obtenu.....	17
Figure 07 : l'étape de l'extraction de matière grasse.....	17
Figure 08 : l'étape de séchage de poisson.....	18
Figure09 : l'étape de broyage.....	18
Figure 10 : Schéma explicatif de la méthode Kjeldahl.....	19
Figure11 : Le processus de peser 20g de la farine de poisson.....	22
Figure12 : La méthode de soxhlet.....	23
Figure13 : l'étape d'ébullition et filtration dans la méthode de Weende.....	25
Figure14 : l'étape de séchage les échantillons dans l'étuve.....	26
Figure15 : l'étape de mixage.....	28
Figure16 : l'étape de pressage.....	28
Figure 17 : l'étape de séchage.....	29
Figure18 : Le produit finale.....	29

Liste des abréviations

AA : acide aminé

CUD : Coefficient d'utilisation digestive

HDL: low-density lipoprotein

LDL: High-density liposoluble

MF : masse finale

MI : masse initiale

TG: triglycérides

Vit: vitamines

VLDL: very low-density lipoprotein

Introduction

La science de la nutrition des poissons est une discipline relativement récente. Jusqu'au milieu du XXe siècle, les recherches portaient principalement sur l'anatomie digestive et l'alimentation naturelle des poissons. Cependant, avec le développement de l'élevage piscicole d'espèces carnivores à la fin du XIXe siècle, l'alimentation artificielle a pris une importance croissante. Les premiers aliments composés, appelés "granulés humides de l'Oregon", ont été mis au point dans les années 1950, suivis des granulés secs dans les années 1960. Ces avancées ont favorisé l'étude des besoins nutritionnels des poissons. Malgré les progrès réalisés, les connaissances restent limitées face à la grande diversité des espèces. La recherche dans ce domaine doit relever des défis spécifiques, liés aux caractéristiques de l'environnement aquatique et aux besoins nutritionnels particuliers des poissons **(Jean et al., 1999)**.

La production aquacole a atteint (+8.5%/ans) **(FAO, 2006)**, le développement et l'expansion de cette production nécessitent une augmentation correspondante de la consommation d'aliments. Ce qui représente un défi majeur pour le secteur aquacole.

La farine de poisson est la principale source de protéines dans le régime alimentaire de poissons en particulier pour les espèces de poissons carnivores **(Ljubojević et al., 2015)**. Les protéines représentent entre 30% et 50% de la ration alimentaire des poissons **(Médale et Kaushik, 2009)**.

La farine de poisson, est confortée à une hausse de prix en raison d'une demande accrue **(Kwikiriza et al. , 2016)**. Ce défi a suscité un réorientement des travaux de recherche vers l'identification et la valorisation de sources protéiques locales alternatives, dans l'optique de contribuer à la résolution d'un enjeu économique majeur **(Khan et al., 2013)**.

Les produits végétaux sont moins chers et leur approvisionnement est plus durable **(Hardy, 2010)**, ce qui en fait des alternatives adaptées à la gestion piscicole. Pour cette raison Les chercheurs rivalisent désormais pour identifier et tester des sources alternatives de protéines végétales susceptibles de remplacer partiellement ou totalement la farine de poisson.

Ces alternatives doivent répondre à des critères clés des systèmes d'alimentation aquacole, notamment la digestibilité, une teneur en protéines adéquate et l'appétence du poisson en termes de goût et d'odeur **(El-Sayed et al. , 2024)**.

À la lumière de ce qui précède, ce travail vise à sélectionner et tester des sources végétales locales pour la production d'aliment pour poissons de haute qualité répondant aux normes nutritionnelles, dans le but d'améliorer la production locale et de réduire la dépendance aux importations.

Ainsi, ce mémoire s'articule autour de deux grandes parties. La première partie est une synthèse bibliographique composée de deux chapitres : le premier est consacré à la nutrition et à l'alimentation des poissons, tandis que le second présente des généralités sur les poissons, avec un intérêt particulier pour le tilapia rouge. La seconde partie est expérimentale ; elle comprend un chapitre dédié au matériel et à méthodes utilisées pour la préparation et l'évaluation de l'aliment étudié, suivi d'un chapitre de présentation, d'analyse et de discussion des résultats obtenus.

Ce travail vise à contribuer à l'amélioration de l'alimentation du tilapia rouge à travers la formulation d'un aliment équilibré, économiquement viable et adapté aux besoins nutritionnels de cette espèce.

Première Partie

Synthèse bibliographique

Chapitre 1

Nutrition et alimentation de poisson

La science de la nutrition est une branche de physiologie ayant pour objet l'ensemble des processus assurant la fourniture à l'organisme de l'énergie et des nutriments nécessaires aux processus vitaux.

Il faut noter que la nutrition comprend plusieurs étapes : comportement et prise alimentaire, digestion et absorption (phase digestive), métabolisme des nutriments (phase métabolique), excrétion et élimination des déchets.

1. Digestibilité des nutriments chez les poissons

La digestibilité regroupe l'ensemble des processus conduisant à l'absorption intestinale des nutriments issus du bol alimentaire. Toutefois, une partie de ces nutriments ne parvient pas à traverser la muqueuse intestinale pour diverses raisons et est ainsi éliminée dans les fèces, accompagnée de déchets métaboliques tels que (le mucus, les cellules desquamées et les sécrétions enzymatiques), ainsi que de résidus issus de la flore bactérienne. Par conséquent, la valeur nutritive d'un aliment ne dépend pas uniquement de sa teneur en nutriments, mais aussi de la capacité de l'animal à les digérer et les absorber. La digestibilité reflète donc le bilan digestif des nutriments consommés et assimilés par l'organisme (Yeo et al., 2017).

En aquaculture, l'étude de la digestibilité poursuit trois objectifs majeurs : mieux comprendre l'utilisation des nutriments par les poissons, améliorer la qualité des aliments qui leur sont destinés et réduire les rejets alimentaires afin de préserver l'environnement, notamment la qualité de l'eau (Mohamed et al ; 2021).

2. Coefficient d'utilisation digestive

Le coefficient d'utilisation digestive (CUD), également appelé coefficient d'absorption digestive. Permet de quantifier la digestibilité, représentent la proportion d'un nutriment ingéré qui est réellement absorbée au niveau de l'intestin après digestion. Ils sont généralement exprimés en pourcentage et varient en fonction de plusieurs facteurs, tels que la nature du nutriment, la digestibilité des aliments et les caractéristiques de l'organisme qui les consomme (Choubert, 1999).

$$\text{CUD}(\%) = \frac{(\text{quantité de nutriment ingérée} - \text{quantité de nutriment excrétée dans les fèces})}{\text{quantité de nutriment ingérée}} \times 100$$

2.1. Protéines

De façon générale les protéines sont des aliments indispensables à la nutrition des poissons car ils ont un CUD très élevé qui est supérieur à 90%, bien que la digestibilité des protéines reste plus ou moins stable chez les différentes espèces de poissons et augmente légèrement et parallèle avec leurs tailles(**Furuya et al., 2023**)

Aussi la digestibilité est indépendante des autres conditions tel que la température et la quantité d'ingestion. Le paramètre le plus incriminé dans la variation de la digestibilité reste la nature des protéines elles même, on note que les protéines animales ont un CUD plus élevés par rapport aux protéines végétales, ainsi que le traitement des différentes protéines par le moyen technologique moderne permet une augmentation du CUD (**Otchoumou et al. , 2012**) .

2.2. Lipides

Concernant les lipides quel que soit végétales ou animales plusieurs facteurs permettent d'influencer le degré de la digestibilité. Commencent par le degré de saturation plus le degré de saturation augmente plus la digestibilité est moindre et plus que la chaîne des acides gras est longue la digestibilité est plus faible. Aussi la température joue un rôle important dans la digestibilité des lipides, plus la T° est élevée plus la digestibilité est augmenté. Et finalement le phénomène d'oxydation peut perturber de la digestibilité lipidique des poissons et diminuer le CUD de façon significative (**Choubert ,1999**).

2.3. Glucides

La digestibilité des sucres dépend notamment du type du sucre simple ou complexe, pour les oses simples elle est très élevée, pour le glucose par exemple elle est proche de 100 %, alors que les oses complexe tel que l'amidon elle est médiocre parfois estimé à 50% et même elle est influencée par la température de l'eau, plus la température est élevée plus le CUD est augmenté et il se varie en fonction de l'activité enzymatique de l'amylase qui est propre pour chaque espèce (**Choubert ,1999**).

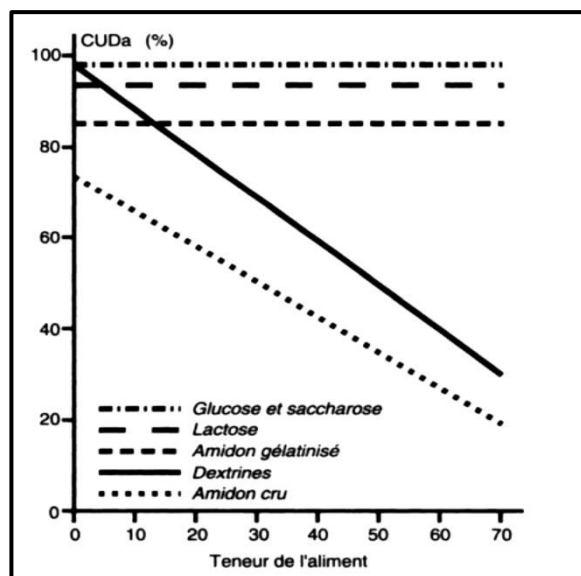


Figure 01: Variation schématique du CUD des différents glucides en fonction du niveau d'incorporation (Jean *et al.*, 1999).

3. Besoins nutritionnels des poissons

3.1. Protéines

La nutrition protéines en aquaculture reste la plus cruciale et la plus étudiée dans le domaine d'élevage des poissons à cause de ces différents bénéfices d'où l'intérêt de bien connaître les voies métaboliques protéidiques des poissons et leurs implications dans les voies énergétiques (Médale et Kaushik, 2009; Burel et Médale, 2014).

Les besoins en protéines des poissons diminuent avec l'âge, ce qui entraîne de faibles besoins énergétiques (National research council, 2011; Molina-Poveda, 2016).

3.1.1. Métabolisme des protéines

Les produits nutritionnels des protéines après leurs hydrolyses sont représentés par les acides aminés (AA). On note trois origines pour les AA soit on obtient les acides aminés après l'hydrolyse des protéines alimentaires ou bien la synthèse ou par interconversion, ou finalement par l'hydrolyse des protéines constitutionnelles des poissons elles-mêmes (CY, 1985; Kaushik et Seilliez, 2010).

Comme chez les vertèbres les poissons sont incapables de synthétiser certains acides aminés dits acides aminés essentiels ou indispensables (AAI) tel que la leucine, méthionine, la lysine ...etc., dont leur carence provoque un arrêt de développement et de maturation des

poissons. Alors que les autres acides aminés banales dite non indispensables qui peuvent être fabriquer par les voies métaboliques de poisson leurs carence ne provoque pas beaucoup de dégâts (**Roques et al., 2020**)

3.2. Lipides

Plusieurs lipides sont également utilisés dans l'élevage des poissons comme par exemple les stéroles libres, les cerides et les phospholipides mais on concentre surtout sur les triglycérides qui sont constitués de l'association d'une molécule de glycérol et de trois acides gras. Les triglycérides (TG) sont uniformément utiliser en aquaculture car ils forment une grande source d'énergie pour les poissons et même sont indispensables pour l'absorption de certains vitamines et de micro aliments dit liposoluble, et même sont aussi la base structurale des membranes plasmatiques des cellules d'où l'intérêt de supplémentation lipidique pour avoir un rendement suffisant sur la composition corporelle des poissons et la qualité des produits (**Burel, 2017**)

3.2.1. Métabolisme de lipides

Une fois les lipides être absorbé par les enterocytes une partie doit être stockée sous forme de filaments lipides (lipides étalés) temporairement et l'autre partie doit traverser les membranes basales et passer dans la circulation sanguine pour atteindre le foie ou d'être de nouveau synthétiser pour être métabolisés a des molécules similaires au molécules lipidiques des mammifères, les chylomicrons et VLDL (very low density lipoprotein) (**Tocher, 2003**)

Au niveau du foie les chylomicrons et les VLDL sont couplés à d'autres molécules complexes pour former les lipoprotéines.

Puis en fin le cholestérol et les lipides sont manipulés entre les différents tissus et le foie par deux transporteurs essentiels qui sont les lipoprotéines de haut poids moléculaire (HDL) et les lipoprotéines de bas poids moléculaire (LDL).

3.3. Glucides

Les glucides ou bien les hydrates de carbone sont aussi parmi les nutriments les plus utilisés dans la pisciculture et se présenteront généralement par la formule suivante $(CH_2O)_n$.

Pas tous les types des sucres montrant leurs efficacités sur le plan nutritionnel des poissons voire certains sucres sont considérées néfastes avec un effet négatif sur le développement des poissons.

Les oses qui sont largement utilisés sont à l'ordre de deux types essentiels : les oses simples ou bien les monosaccharides (une seule molécule de glucose) et les disaccharides (former par l'association de deux molécules glucidique), et parfois quels que oligosaccharides peuvent également être efficace c'est le cas de l'amidon (**National research council ,2011**).

3.4. Vitamines

Aujourd'hui les vitamines sont vastement utilisées comme produits nutritionnelles en aquaculture et généralement on les devise en deux groupes :

Les vitamines liposoluble (vit : A, D, E, K) qui sont solubles dans les huiles et les vitamines hydrosoluble comme la vitamine C et la Choline (**National research council ,2011**).

Les vitamines sont donc indispensables, car ils ont un effet bénéfique sur différents plans tels que la bonne croissance des poissons, le renforcement du système immunitaire et surtout la prévention des carences et l'amélioration de la reproduction, et même entrent dans plusieurs réactions métaboliques et énergétiques comme cofacteurs, d'où l'importance de la supplémentation vitaminique en pisciculture (**Burel, 2017**).

3.5. Minéraux

La nutrition minérale chez les poissons, comme chez tous les animaux les sels minéraux sont aussi essentiels pour la minéralisation squelettique , la dentition et l'écaillement (**Kaushik, 2005**).surtout participent à l'homéostasie électrolytique intra et extra-cellulaire et donc permettent la régulation du Ph pour assurer le bon fonctionnement des différents systèmes du poisson, mais la capacité d'absorption est très variable par apport du type minérale et le sel absorbé d'un côté et l'autre côté par apport au type d'espèce du poisson d'élevage concerné (**Lall et Kaushik, 2021**).

Plusieurs éléments sont importants au développement des poissons (Fe,zn,cu...), au système immunitaire et au différentes réactions enzymatiques d'où l'intérêt de bien maintenir un milieu bien précis d'un ensemble types de minéraux, car l'insuffisance en apport minérale peut provoquer un ralentissement de croissance, une faiblesse et de malformations, mais toujours il faut être vigilant a l'utilisation parce que la supplémentation a des taux élevé aussi devient néfaste et toxique pour les poissons

L'absorption des minéraux chez les poissons se fait de trois manières : soit par les branchies par une cellule spécialisée, soit par le système digestif. Lorsque les poissons se nourrissent, la nourriture est digérée dans l'estomac et les cellules intestinales absorbent son

contenu minéral. Troisièmement, l'absorption peut se produire à travers la peau, ce qui se produit généralement chez les jeunes poissons avant que les branchies ne soient matures (Dawodu et al.,2012).

4. Alimentation des poissons

4.1. Principales matières premières d'origine animale

Les protéines représentent un faible pourcentage de l'alimentation des animaux terrestres, contrairement aux animaux marins, représentent 50 % de leur régime alimentaire.

Les protéines animales sont considérées comme meilleures que les protéines végétales, en particulier les protéines marines, en termes de digestibilité, de richesse en acides aminés essentiels, de goût, elles sont également riches en vitamines A, en facteurs de croissance et en acides gras essentiels (El-Sayed et al. , 2024).

Cependant, il présente plusieurs inconvénients : notamment la possibilité d'une contamination bactérienne si le produit n'est pas correctement stérilisé et stocké, Sa durée de conservation est également limitée, il contient un pourcentage très élevé d'acides gras saturés dans la poudre de viande et présente un risque potentiel de peroxydation des acides gras insaturés dans les produits marins.

4.2. Principales matière premières d'origine végétale

Il existe de nombreuses matières premières d'origine végétale. Ils sont étudiés par les fabricants d'aliments pour animaux pour être utilisés comme alternative aux produits d'origine animale en raison de leur disponibilité et de leur faible coût (Hardy, 2010)

Cependant, il présente de nombreux inconvénients, notamment la présence de matières non digestibles (glucides membranaires complexes comme la cellulose) et il est moins appétissant pour les poissons. De plus, l'amidon est la principale source d'énergie et ne convient pas toujours aux poissons. (Burel et Medale . , 2014).

Parmi les matières végétales utilisées dans l'alimentation des poissons, les suivantes

4.2.1. Le pois

Est utilisé comme composant végétal dans l'alimentation des poissons, notamment dans l'alimentation durable. Il se caractérise par sa teneur importante en protéines et sa bonne

digestibilité, ce qui en fait un substitut partiel à la farine de poisson. Cependant, il manque de certains acides aminés essentiels, comme la méthionine, et est donc utilisé en association avec d'autres sources de protéines pour obtenir un équilibre nutritionnel idéal (Millar, *et al.*, 2019).

4.2.2. Le tournesol

Peut être utilisé comme ingrédient dans l'alimentation des poissons car il est une bonne source de protéines, de graisses, d'acides gras essentiels et est riche en fibres. Il est particulièrement bénéfique pour les espèces de poissons herbivores. Cette utilisation contribue économiquement à la durabilité de la pisciculture en réduisant la dépendance aux ingrédients marins traditionnels tels que la farine de poisson. Cependant, l'utilisation du tournesol dans l'alimentation des poissons pose des défis, car sa teneur élevée en fibres limite la digestibilité de certaines espèces de poissons (Aishwarya et Anisha, 2014).

4.2.3. Le maïs

Et aussi utilisé comme ingrédient dans l'alimentation des poissons en raison de sa teneur en glucides, qui est une source d'énergie. L'inclusion du maïs dans les formulations d'aliments pour poissons réduit les coûts tout en fournissant une source d'énergie principale pour l'activité des poissons. Il est également facilement digestible et agit comme un agent liant qui maintient l'intégrité de l'aliment dans l'eau (Breitenbach *et al.*, 2016).

4.2.4. L'orge

Est considérée comme un composant mineur des formulations d'aliments pour poissons, utilisée en quantités limitées en raison de sa faible teneur en protéines et de sa forte teneur en fibres, ce qui peut affecter la digestibilité. Malgré sa disponibilité et son faible prix, elle n'est pas considérée comme une source de protéines principale, notamment pour l'alimentation des poissons carnivores. Cependant, elle peut être incorporée aux aliments comme complément énergétique et contribue à améliorer la consistance des granulés, à condition d'être intégrée à une formulation alimentaire équilibrée contenant des sources de protéines de haute qualité (Bell *et al.*, 2016).

5. Fabrication de farine de poisson

Le principe général est de séparer l'eau et l'huile de la matière sèche. À l'aide d'un système thermique (pendant 20 minutes à 90 degrés), une première séparation se produit entre la phase

solide (protéines coagulées et fragments d'os) et la phase liquide (eau et huiles) de la matière première.

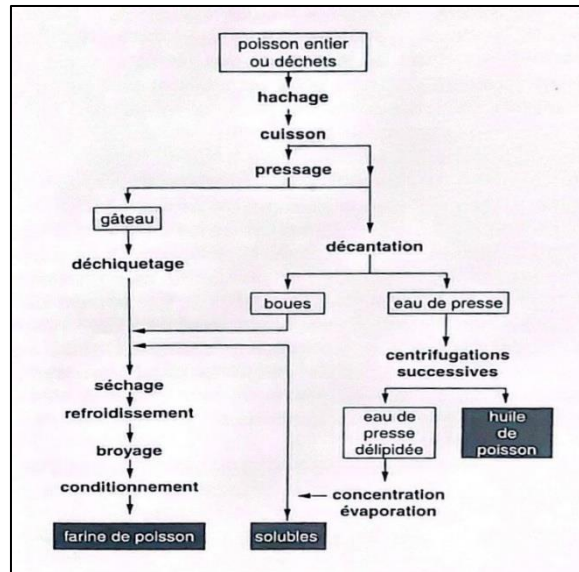


Figure 02: Diagramme de fabrication d'une farine de poisson (Jean et al., 1999).

Les différentes catégories de la farine de poisson sont :

- Farine de crevette : fabriquée à partir des têtes (Céphalothorax) de crevette, elle est riche en calcium et relativement pauvre en phosphore
- Farine de calmar : riche en protéine et pauvre en minéraux
- Farine de viande : est fabriquée à base de déchets d'abattoir et de boucherie, elle contient de 45% à 60% de protéines d'assez bonne valeur biologique
- Farine de plumes hydrolysée : une farine issue des abattoirs de volaille, est riche en kératine, ce protéine indigeste à l'état naturel. Leur valeur biologique est faible à cause de manque en acides aminés essentiels.
- Farine de déchets de volaille : fabriqué à base de déchets comprenant sang et viscères
- Farine de sang : obtenue par déshydratation du sang d'abattoir. Il a un niveau protéique élevé (85%) mais est de faible valeur biologique (Jean et al., 1999)

Chapitre 2

Généralités sur les poissons

1. Classification

Le tilapia est l'espèce de poisson la plus répandue et la plus importante en aquaculture après la carpe, devenant l'un des poissons de consommation les plus productifs et les plus commercialisés au monde (**Gupta et Acosta ,2004**). Cela est en partie dû à ses qualités telles que la capacité à résister à la mauvaise qualité de l'eau et a une large gamme d'aliments et sa richesse en protéines et d'autres d'éléments nutritionnels essentiels (**Ikpeme et al . ,2017**).

La sous-famille des tilapias (Tilapiines) appartient à la famille des Cichlides et comprend une centaine d'espèces regroupées en 3 genres : Oreochromis, Sarotherodon et Tilapia qui se différencient notamment par leur comportement reproducteur et leur régime alimentaire (**Lazard, 2009**).

Le genre Tilapia regroupe des espèces qui pondent leurs œufs sur des surfaces spécifiques.

Le genre Sarotherodon comprend des espèces qui pratiquent l'incubation buccale, avec une protection des jeunes assurée soit par un seul parent, soit par les deux. Le dimorphisme sexuel en termes de croissance y est peu prononcé.

Le genre Oreochromis est constitué d'espèces incubatrices buccales, où la responsabilité parentale revient principalement à la mère. On y observe un fort dimorphisme sexuel de croissance, le mâle étant nettement plus grand que la femelle (**Fao, 1980 ; kpelly, 2022**)

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

Tableau 01 : classification du tilapia.

Régne	Animalia
Embranchement	Chordate
Super classe	Poissons
Classe	Actinopteryii
Order	Perciformes
Famille	Cichlidae
Sous famille	Tilapiines
Genre	Oreochromis, Sarotherodon , Tilapia

2. Description morphologique

Généralement le tilapia rouge (*Oreochromis spp.*) a une couleur de corps rouge à rose. Ils sont facilement identifiables grâce à leur ligne latérale brisée, caractéristique de la famille des cichlidés.

Le corps est comprimé latéralement et profondément avec de longues nageoires dorsales. La partie antérieure de la nageoire dorsale est très épineuse. Des épines se trouvent également sur les nageoires pelviennes et anales (**Webster et Lim, 2024**).

La tête est de taille moyenne et contient une bouche terminale et des dents coniques disposées sur plusieurs rangées. L'opercule et la nageoire présentent souvent des teintes rouges ou orange, en particulier chez les mâles pendant la saison de reproduction. Des différences sont notées entre les mâles et les femelles, les mâles présentant des couleurs plus vives et une papille génitale plus pointue que les femelles (**Popma et Masser, 1999**).



Figure 03 : Morphologie du Tilapia Rouge *Oreochromis sp* (FAO ,2022)

3. Alimentation de tilapia

Dans des conditions normales : les tilapias sont classés comme carnivores et herbivores, car ils se nourrissent d'une large gamme de sources de nourriture, notamment de zooplancton, de phytoplancton, de larves de poissons et de déchets organiques.

En aquaculture : La nutrition du tilapia est basée sur des régimes commerciaux complets à base de sources de protéines animales et végétales (**Mjoun et al. ,2010**). La farine de poisson, etc., est donc considérée comme une source de protéines animales, qui sont considérées comme la meilleure source de protéines et répondent à de nombreux besoins nutritionnels (acides

aminés). Quant aux protéines végétales, elles sont apportées par les plantes terrestres telles que (le blé, le maïs, le riz, etc.) (Ng et Romano, 2013).

Tableau 02 : Les proportions nécessaires de protéines et de lipides pour la croissance du tilapia (Lim et Webster ,2024).

	jeunes poissons et stade d'éclosion	Alevins et stade de croissance
Protéine %	30 – 40	20 – 30
Lipide %	5 – 12	

4. Distribution géographique

En général, l'Afrique et le Moyen-Orient (Jordanie) sont considérés comme le berceau du tilapia (monde) (Gupta et Acosta, 2004). Cet environnement peut contribuer à sa culture, en dehors de la région d'origine dans de petits étangs, de sorte que ce poisson est élevé dans environ 85 pays du monde, au Ghana, au Kenya (ferme Baobab à Mombasa), au Nigéria, etc. Mais ces introductions ne se limitent pas à l'Afrique, il prospère dans les lacs, les rivières et les fermes piscicoles d'Amérique centrale (Guatemala, Mexique, Nicaragua, Honduras, Costa Rica, Panama), d'Amérique du Sud (Brésil), d'Amérique du Nord (Auburn, etc.) et d'autres en Asie (Sri Lanka, Thaïlande, Bangladesh, Vietnam, Chine, Hong Kong, Indonésie, Japon, Philippines), qui a une véritable distribution dans les régions tropicales et subtropicales. Cette espèce commence également à être cultivée en eau chaude artificielle dans les zones climatiques. C'est le cas en Europe (FAO, 2002).



Figure 04 : Principaux pays producteurs du tilapia du Nil (FAO, 2006)

5. Reproduction

Les tilapias se reproduisent rapidement et sont très agressifs pendant cette période (**Medeiros et al ., 2007**), Car ils sont considérés comme des poissons qui couvent leurs œufs dans leur bouche. Le mâle construit et garde un nid souterrain. Il essaie d'attirer une femelle en émettant des sons attrayants pour la reproduction. S'il y parvient, la femelle pond des œufs dans le nid et le mâle les féconde. La femelle recueille ensuite les œufs dans sa bouche et les couve jusqu'à leur éclosion, pendant une dizaine de jours.

Après l'éclosion, la mère prend soin de ses petits, leur offrant un abri dans sa bouche jusqu'à ce qu'ils aient environ deux à trois semaines (pendant cette période, la mère ne mange pas).

Le cycle de reproduction de l'*Oreochromis spp* comporte trois phases successives. La première phase correspond à la maturation gonadique. La deuxième phase est la maturation finale et la ponte. La troisième étape est la régression des gonades (**Brummett, 1995**).

6. Croissance

Le tilapia est un poisson d'eau douce largement cultivé, dont la croissance suit un processus biologique complexe influencé par de multiples facteurs internes et externes. Cette croissance peut être divisée en plusieurs stades distincts : larvaire, juvénile et adulte. Au stade larvaire (0 à 15 jours après l'éclosion), un développement morphologique rapide se produit, marqué par la différenciation des organes et l'absorption du sac vitellin (**Meurer et al. ,2025**). Ensuite, la phase juvénile, qui s'étend généralement de 15 jours à environ 3 mois, est caractérisée par une augmentation significative de la croissance squelettique et de la masse musculaire. Le stade adulte, quant à lui, se distingue par l'atteinte de la maturité sexuelle et une croissance somatique plus lente mais régulière (**Mommsen, 2001**).

Les performances de croissance du tilapia sont fortement influencées par divers facteurs environnementaux. Parmi ceux-ci figurent la température de l'eau, l'oxygène dissous, le pH et la photopériode. Les apports nutritionnels jouent également un rôle crucial, notamment les niveaux de protéines, la composition du régime alimentaire et la fréquence d'alimentation. Par ailleurs, la densité de peuplement et le système d'élevage (comme les réservoirs ou les cages) peuvent affecter la croissance en influençant le comportement des poissons, les niveaux de stress et l'accès aux ressources.

Enfin, les facteurs génétiques interviennent de manière déterminante dans la croissance du tilapia, avec des programmes de sélection visant à améliorer des caractéristiques comme le taux de croissance ou l'efficacité alimentaire. À un niveau plus fondamental, la régulation hormonale assure le contrôle cellulaire de la croissance, en particulier via l'axe somatotrope impliquant l'hormone de croissance (GH) et les facteurs de croissance analogues à l'insuline (IGF) (**Abd El-Hack et al ., 2022**).

Deuxième partie

Partie expérimentale

Chapitre 3

Matériel et méthode

1. Fabrication de la farine de poisson

Afin d'obtenir une farine de poisson de bonne qualité, nous avons choisi les sardines fraîches achetées du marché locale de la ville de Biskra. La sardine entière a été utilisée (Jackson, 2006).

Pour préparer la farine de poissons à partir de sardine fraîche nous avons suivi ces étapes :

1.1. Cuisson

Une quantité de 4 kilos de sardine entière a été cuite à la vapeur pendant 20 minutes à une température de 90 °C afin de coaguler les protéines des sardines.



Figure 05 : l'étape cuisson de poisson (Originale 2025)

1.2. Pressage

Les sardines cuites ont été pressées pour obtenir deux composants :

Premièrement la matière liquide, qui contient l'huile de poisson, et deuxièmement le gâteau, qui se transformera plus tard en farine de poisson.



Figure 06 : La matière liquide obtenue (Originale 2025)

1.3. Extraction de matière grasse

Le liquide obtenu a été centrifugé pendant 10 minutes à 3000 tr/min, afin de séparer l'huile de poisson.



Figure 07 : l'étape de l'extraction de la matière grasse (originale 2025)

1.4. Séchage

Le gâteau a été séché dans une étuve à 50°C.



Figure 08 : l'étape de séchage de poisson (Originale 2025)

1.5. Broyage

Après déshydratation, Le contenu a été broyé en utilisant un moulin à café pour obtenir une farine de poisson qui sera conservée par la suite dans un réfrigérateur.

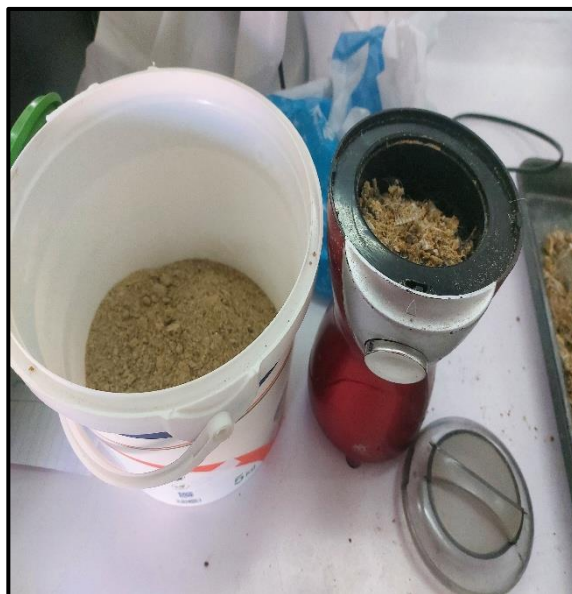


Figure 09 : l'étape de broyage (originale 2025)

2. Dosage des protéines par la méthode Kjeldahl

La méthode de Kjeldahl est une technique permettant de déterminer la quantité d'azote dans un échantillon tel qu'un aliment, des matières premières, etc. Elle comporte trois étapes : Minéralisation. Distillation, Titrage (Sáez-Plaza *et al*, 2013)

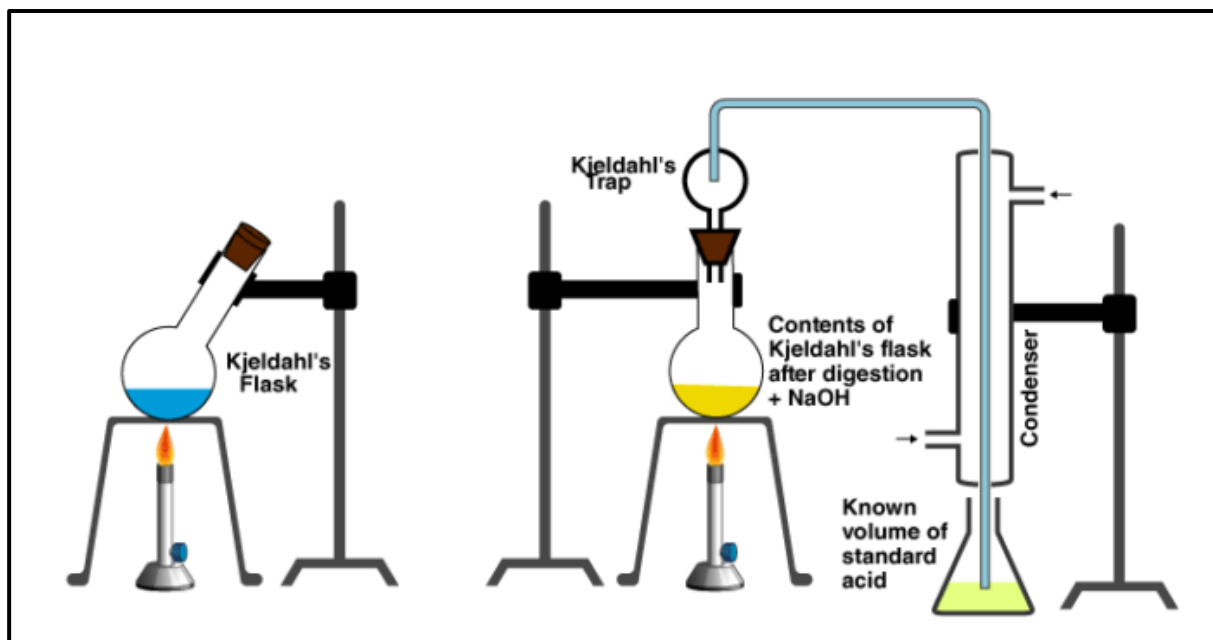


Figure 10 : Schéma explicatif de la méthode Kjeldahl (Anonyme, 2025)

2.1. Principe

Le procédé de Kjeldahl repose sur la conversion de l'azote organique en ions ammonium par minéralisation, puis sur sa libération sous forme d'ammoniac par distillation, sa collecte dans une solution acide et son titrage pour déterminer son volume (Goyal *et al* ., 2022).

Le dosage des protéines a été réalisé pour 5 échantillons à savoir la farine de poissons, la farine de tournesol, les pois secs, la farine d'orge, la farine de maïs. L'expérience a été menée au niveau du laboratoire de Biodiversité, Écosystèmes et Dynamique (Systèmes de Production Agricole en Zones Sèches), sous l'autorisation du Professeur Guimer selon le protocole de Singh *et al* (2022).

Afin de réaliser ce protocole expérimental, nous avons utilisé les réactifs suivants :

Le H₂SO₄ concentré (95%), le NaOH à 40% et le HCl 0,1N. Nous avons utilisé également un Catalyseur (80g de sulfate de potassium +20g sulfate de cuivre) et une solution réceptrice. 1 litre de cette solution contient 40 g d'acide borique dissout dans un peu d'eau distillée puis on ajoute 10 ml de solution de colorant RB (ce colorant se prepare en ajoutant 200 mg de bleu de méthylène et 100 mg de rouge de méthyle à 100 ml d'alcool à 95 °).

2.2. Mode opératoire

2.2.1. Minéralisation

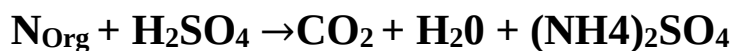
Nous avons Pesé en utilisant une balance de précision de 500 mg tous échantillons (farine de poisson, farine de maïs, farine de tournesol, farine de pois, farine d'orge) sur papier d'aluminium et introduit dans les matras et ajouter 20 g du catalyseur.

Après nous avons ajoute très lentement et en agitant 20ml de H₂SO₄ concentré. Cette opération doit être absolument effectuée avec précaution.

Les matras sont ensuite mis sur rampe de minéralisation chauffée à 420 - 450°C. Le système d'aspiration des vapeurs est démarré.

Après environ 6 heures, on arrête la rampe minéralisation lorsque la solution devienne limpide (vert pâle) et on laisse refroidir environ 15 à 20 minutes

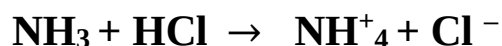
Pour préparer la distillation, on ajoute lentement et en agitant 150 ml d'eau distillée (en cas de formation d'un précipité, il faut agiter vivement le matras pour le dissoudre).



2.2.2. Distillation

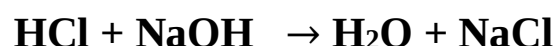
Une fois l'étape de digestion terminée, on met dans l'erien 50 ml de solution de réception et on le place au-dessous de l'unité de distillation. La fiole est placée sur l'unité de distillation tout en fixant convenablement le bouchon puis on ajoute 70 ml de soude NAOH.

On met en marche la distillation jusqu'à l'obtention de 200 ml de solution verdâtre dans l'elent (ne pas oublier de mettre en marche le system de réfrigération)



2.2.3. Titration

On titre le contenu de l'Erlen (solution contenu l'ammoniac) avec une solution de HCl 0,1 N jusqu'à ce que la couleur passe du vert au gris sale pour déterminer la teneur de l'azote dans échantillon.



Pour calculer la teneur en azote d'un échantillon, nous appliquons l'équation suivante :

$$\text{N \%} = ((V - V_0) \times N \times 14,01) / m \times 100$$

Alors calculer la teneur de protéine à l'équation suivante :

$$\text{MAT\%} = \text{N\%} \times 6,25$$

V : nombre de ml d'HCl utilisé pour la titration de l'échantillon.

V₀ : nombre moyen de ml d'HCl utilisé pour la titration des blancs.

N : normalité de l'HCl utilisé (%).

14,01 : facteur d'équivalence, 1 ml d'HCl 1N titre 14,01 mg d'azote.

m : prise d'essai (mg).

MAT : matière azote totale (%).

3. Dosage de lipides par la méthode de Soxhlet

La technique Soxhlet est l'une des plus anciennes techniques utilisées pour extraire des substances solubles, telles que les graisses, à partir de substance solide telle que la poudre végétale à l'aide d'un solvant organique. Cette technique est très rentable car elle consomme une petite quantité de solvant (Ghulam, 2023).

Au niveau du laboratoire universitaire (DEPS PAZA), nous avons extrait des lipides de cinq composants en utilisant la technique Soxhlet. Il faut noter que l'hexane est le solvant utilisé, une quantité de 150 ml est utilisée pour chaque échantillon.

Les échantillons sont : la farine de maïs, la farine de tournesol, la farine d'orge, la farine de pois et la farine de poisson (10 mg de chaque composant).

3.1. Mode opératoire

-On pèse 10g de chaque farine



Figure 11 : Le processus de peser 20g de la farine de poisson (Originale 2025)

-On Introduit l'échantillon dans un papier filtre qui est perméable au solvant, puis on met le papier dans l'appareil extracteur de "SOXHLET". Ce dernier est muni d'un réfrigérant par là-haut, d'un ballon et d'un chauffe ballon par le bas.

-On verse 150ml d'hexane.

- Le solvant va s'évaporer et s'accumule dans le condenseur puis le réfrigérateur. Le liquide tombe sur l'échantillon d'une façon que le papier soit immergé. Lorsque la partie intermédiaire est suffisamment remplie de solvant, le siphon s'amorce et le solvant contenant la substance extraite (l'huile) retourne dans le ballon.

-Après la durée nécessaire (6 heures), on récupère le papier d'une part et le ballon d'autre part.

-Le ballon contenant le solvant plus l'huile est passée dans le Rota Vapeur pour l'évaporation de la majeure partie du solvant ce qui permet de récupérer l'huile seul (la température d'ébullition des lipides est plus élevée que celle de l'hexane qui s'évapore le premier).

-Les dernières traces du solvant seront éliminés en chauffant le ballon pendant 20 min à 105°C afin d'obtenir la matière grasse brute.

-Enfin on pèse le ballon.

-Nous répétons le processus pour chaque farine.

3.2. Teneur en lipide

Selon Gondimo et al (2024), Nous avons calculé le pourcentage de graisse en utilisant l'équation suivante:

$$\text{MG (\%)} = (\text{Pe} - \text{Po}) / \text{Mo} \times 100$$

MG : représentait la matière grasse en pourcentage.

Pe : poids du ballon après passage à l'étuve.

Po : poids du ballon vide.

Mo : poids du l'échantillon.

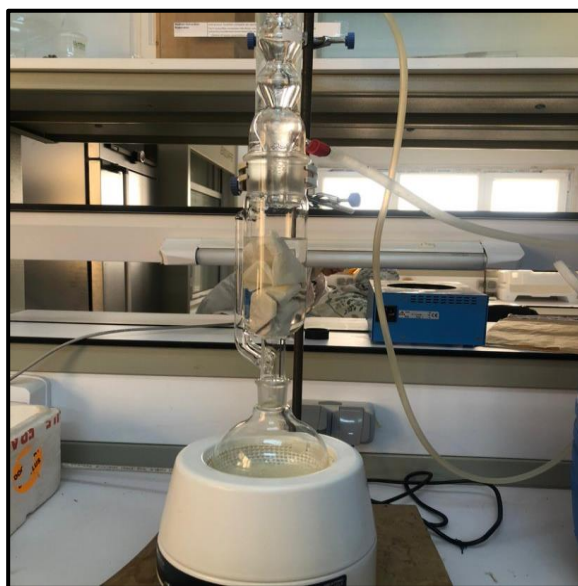


Figure 12 : La méthode de Soxhlet (**originale 2025**).

4. Dosage des Fibres Brutes (Cellulose Brute) par la Méthode de Weende

Afin de déterminer la teneur en fibres brutes dans un échantillon donné, nous appliquons la méthode de Weende.

4.1. Principe

La méthode de Weende repose sur une double hydrolyse : d'abord acide à l'aide d'acide sulfurique, puis basique à l'aide d'hydroxyde de potassium. Le résidu obtenu est principalement composé de cellulose, accompagnée d'une partie de lignine et d'une petite quantité d'hémicelluloses (DJOUZA, 2022).

4.2. Mode opératoire

4.2.1. Préparation de l'échantillon

On pèse exactement 4 g de chaque échantillon et les place dans un bécher.

4.2.2. Hydrolyse acide

-On ajoute 150 ml d'acide sulfurique dilué à chaque bécher.

-On prépare de l'acide sulfurique dilué, en mélangeant, pour chaque litre de solution, 6,8 ml d'acide sulfurique concentré avec de l'eau distillée. Puis on complète à 1 litre avec de l'eau distillée.

-On place les béchers sur une plaque chauffante avec agitation et on porte à ébullition. On laisse le mélange bouillir pendant 30 minutes.

4.2.3. Filtration et lavage (après hydrolyse acide)

-On filtre la solution et on lave soigneusement le résidu avec de l'eau distillée chaude jusqu'à élimination complète de l'acide.

4.2.4. Hydrolyse basique

-On transfère le résidu dans un nouveau bécher et on ajoute 150 ml d'une solution diluée d'hydroxyde de potassium et on fait bouillir pendant 30 minutes.

4.2.5. Filtration et lavage (après hydrolyse basique)

On filtre à nouveau et on lave abondamment le résidu avec de l'eau distillée.

4.2.6. Séchage

-On place le résidu dans une étuve et on le sèche-le à **105°C** jusqu'à obtention d'un poids constant (généralement 2 à 4 heures).

-On pèse le résidu sec en notant le poids (P1).

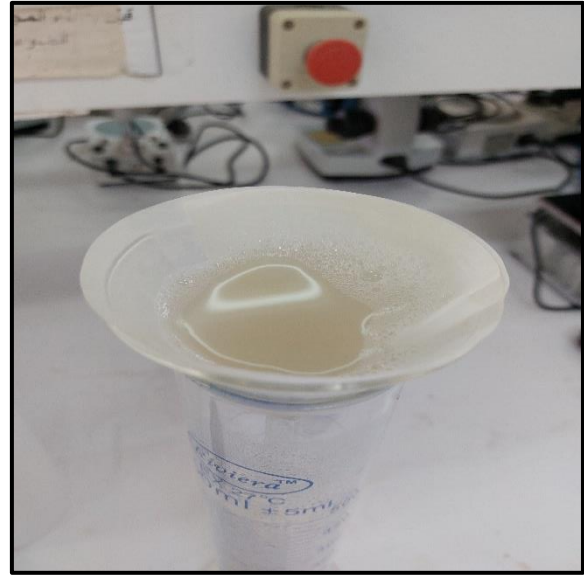
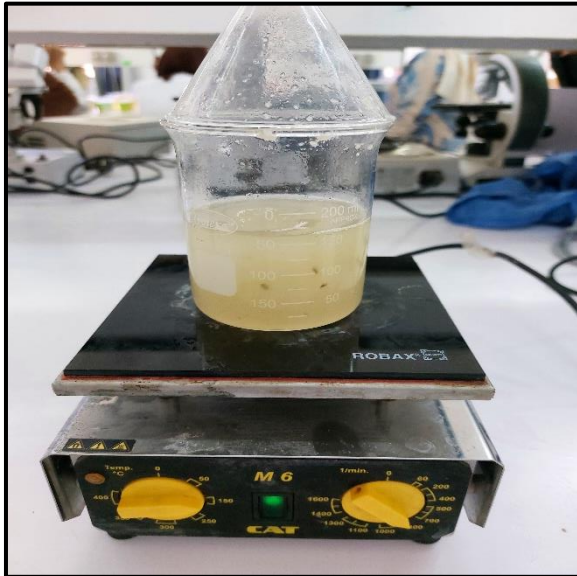


Figure 13 : l'étape d'ébullition et de filtration dans la méthode Weende (Originale, 2025)

4.2.7. Calcination

Dans un premier temps, on met le résidu sec dans un creuset préalablement taré. Puis on place le creuset dans un four à moufle pour l'incinérer à une température de 550°C pendant 5 heures pour brûler la matière organique.

4.2.8. Poids final

On laisse refroidir le creuset dans un dessiccateur et le pèse à nouveau. Il faut bien noter le poids (P2). De sorte que la quantité de fibres est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$\text{FB \%} = (P2 - P3) \times 100 / P1$$

FB : Pourcentage fibre brute (%).

P1 : poids échantillon (en gramme).

P2 : poids creuset et résidu après séchage (en gramme).

P3 : poids creuset et résidu après incinération (en gramme)

5. Humidité

Le dosage de l'humidité vise à déterminer la quantité d'eau présente dans un échantillon. C'est un paramètre crucial qui influence la stabilité, la durée de conservation, le poids et la qualité de nombreux produits

Afin de déterminer l'humidité des échantillons, nous avons appliqué la méthode de séchage à l'étuve (étuvage). Pour appliquer cette méthode, nous avons besoin de cinq échantillons (farine de poisson, farine de maïs, farine de tournesol, farine de pois et la farine d'orge).

Nous pesons les échantillons avec précision, puis nous les séchons à l'étuve à une température de 105 °C. Nous pesons l'échantillon régulièrement jusqu'à ce que son poids soit stable plusieurs fois (**Khan et al .,2013**).

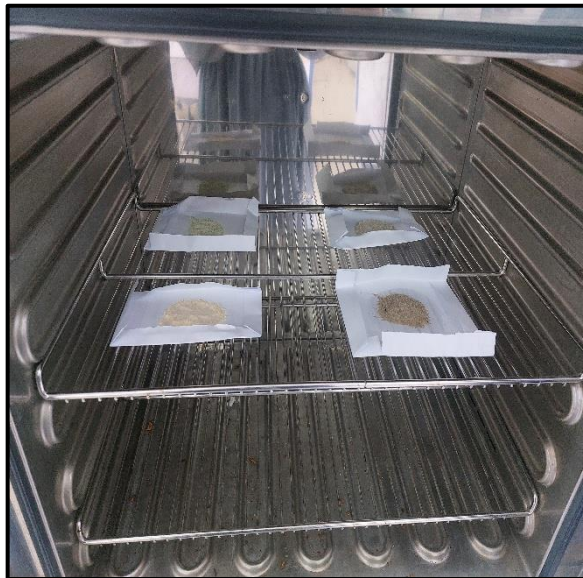


Figure 14 : Etape de séchage des échantillons dans l'étuve (**originale 2025**).

Pour calculer l'humidité, nous appliquons la formule suivante :

$$H\% = \frac{(E - P)}{E} \times 100$$

H : pourcentage d'humidité (%).

P : poids de l'échantillon après séchage (g).

E : poids initial de l'échantillon (g).

6. Fabrication de l'aliment de poisson

6.1. Détermination de la quantité des ingrédients

Afin de préparer notre aliment nous avons utilisé la méthode d'équation simultanée (Méthode algébrique) d'Augustine Cauchy (**Cauchy, 1847**).

Cette méthode consiste à établir un système d'équations basé sur : Les contraintes nutritionnelles et les quantités totales.

Nous avons fixé certaines variables à l'avance afin de réduire le nombre d'inconnues et de faciliter la résolution du système d'équations.

Pour calculer la masse totale, nous appliquons la méthode suivante :

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 100$$

Pour déterminer la teneur en protéines :

$$44X_1 + 14X_2 + 11X_3 + 10.5X_4 + 7X_5 = 3200$$

(32% de 100kg = 3200g de protéines)

Fixer certaines variables comme

$$X_2 = 15 \text{ (tournesol)}$$

$$X_3 = 10 \text{ (maïs)}$$

$$X_4 = 5 \text{ (Ogre)}$$

Ensuite, nous substituons dans l'équation

$$X_1 + X_5 = 70$$

$X_5 = 70 - X_1$

En remplaçant la valeur de X_5 dans l'équation pour obtenir X_1 puis on trouve la valeur de X_5 .

6.2. Préparation des ingrédients

Nous avons préparé l'huile et la farine de tournesol à partir des étapes suivantes :

6.2.1. Triage

C'est une opération préliminaire qui a pour but d'éliminer les graines non conformes et tous les corps étrangers

6.2.2. Lavage

Étape importante pour désinfecter les graines. Elle se fait par l'eau et quelques gouttes de l'eau de javel.

6.2.3. Séchage

Les graines ont été séchées dans une étuve à une température de 70°C pendant 6 heures.

6.2.4. Décortilage

Les graines sèches obtenues sont décortiquées manuellement

6.2.5. Broyage

A l'aide d'un broyeur électrique (machine à presse à froid pour l'huile) nous obtenons deux composants : l'huile et la farine de tournesol.

Afin d'obtenir les restes ingrédients (farine de pois, farine de maïs, farine d'orge), nous apportons des graines sèches du marché local et les broyons à l'aide d'un moulin à café électrique.

Nous avons pesé la quantité requise de chaque ingrédient et avons terminé le processus selon les étapes suivantes :

4.2.2. Mixage

On mélange tous les ingrédients secs jusqu'à ce qu'ils soient homogènes, puis ajouter l'huile de tournesol et pétrir avec de l'eau pour obtenir une pâte.



Figure 15 : l'étape de mixage (originale ,2025)

6.2.3. Pressage

Nous utilisons un hachoir à viande manuel pour presser la pâte.



Figure 16 : l'étape de pressage (originale2025)

6.2.4. Séchage et stockage

Les filaments obtenus sont séchés à étuve pendant 10 heures, et stockés dans des boîtes.



Figure 17 : l'étape de séchage (originale, 2025)



Figure 18 : Le produit final (originale, 2025)

Chapitre 4

Résultats et discussion

1. Farine de poisson

1.1. Rendement de farine de poisson

Le tableau ci-dessous présente le rendement de farine de poisson obtenu à partir de la sardine. Nous rappelons que nous avons adopté une méthode de cuisson à vapeur en gardant une température à 90°C pour les sardines entières. Cette cuisson a duré 20 min.

Tableau 03 : Rendement de la farine de poisson

Espèce	MI	MF	Rendement (%)
la sardine	4 kg	1 kg	20

Dans le cadre de cette étude, le choix de la sardine comme matière première pour la fabrication de la farine de poisson repose sur plusieurs critères nutritionnels, économiques et technologiques. D'un point de vue nutritionnel, la sardine se distingue par une composition riche et équilibrée en protéines de haute qualité Isaacs (2016). Ces protéines renferment tous les acides aminés essentiels nécessaires à l'organisme humain et animal, ce qui en fait une source protéique complète et très digestible. Selon Ambasankar et Balakrishnan (2005), la farine de sardine présente une composition supérieure en acides aminés, avec un indice élevé en acides aminés essentiels, ce qui la rend particulièrement adaptée pour l'alimentation animale, notamment dans les régimes aquacoles.

En plus de sa teneur élevée en protéines, la sardine est une excellente source d'acides gras polyinsaturés, notamment les oméga-3, reconnus pour leurs effets bénéfiques sur la santé cardiovasculaire et le développement cérébral (Cardoso et al. ,2018). Ces qualités nutritionnelles font de la sardine un ingrédient de choix pour la production de farine de poisson à haute valeur ajoutée. De plus, selon (Hannachi et al. , 2019), la sardine est l'espèce de poisson la plus couramment utilisée à cette fin, en raison de sa disponibilité, de son coût relativement faible et de son bon rendement en matière de transformation.

Sur le plan pratique, les données expérimentales montrent qu'à partir d'une masse initiale (MI) de 4 kg de sardines fraîches, on obtient une masse finale (MF) de 1 kg de farine, soit un rendement de 20 %. Ce taux, bien que modeste, s'explique principalement par les pertes importantes en eau, lipides et autres composés volatils au cours des étapes de cuisson et de séchage. Ces pertes sont inhérentes aux procédés thermiques, qui, bien qu'ils améliorent la digestibilité des protéines en décomposant leurs structures complexes, peuvent également

entraîner la dégradation ou l'évaporation de certains nutriments sensibles à la chaleur, comme certaines vitamines et acides gras. Ce constat souligne l'importance cruciale du choix des techniques de transformation utilisées. En effet, une optimisation des paramètres de cuisson et de séchage permettrait d'améliorer le rendement global tout en préservant au mieux les qualités nutritionnelles du produit final, ce qui est essentiel pour garantir la compétitivité et la qualité de la farine de poisson sur le marché.

1.2. Analyses organoleptiques

Le tableau 04 présente les résultats des analyses sensorielles d'un échantillon de farine de poisson, qui sont des indicateurs essentiels pour évaluer sa qualité.

Tableau 04 : Paramètres organoleptiques de la farine de poisson

Parameters organoleptique	Resultants
Aspect	Poudre
Couleur	Marron
Odeur	Odeur de Poisson

Ces tests constituent une évaluation visuelle initiale rapide de la qualité de la farine de poisson. Ce sont des indicateurs directs des processus chimique qui se sont produits pendant la fabrication et le stockage (Zakhia ,1992) .

1.2.1 Aspect

Cette farine est sous la forme d'une poudre, qui est la forme nécessaire au processus de fabrication d'aliments pour poissons car elle est facile à mélanger et à pétrir avec d'autres ingrédients pour devenir homogène.

1.2.2. Couleur

La qualité de la farine de poisson peut être évaluée par sa couleur, qui est un indicateur de la qualité du traitement thermique. Le brun clair indique une qualité idéale selon la FAO (2001). Tandis que le brun foncé indique que la poudre a été exposée à une chaleur excessive (Cheriot, 2007), qui réduit la valeur nutritionnelle de la protéine.

1.2.3. Odeur

L'odeur du poisson est souhaitée. Ceci est assuré dans notre échantillon. L'odeur désagréable de pourriture est un signe d'oxydation des graisses due à un stockage inapproprié, qui fait que la lumière atteint les aliments et que les températures sont élevées, provoquant ainsi la décomposition des graisses (FAO , 2001) .

1.3. Analyse biochimique de la farine de poisson

Le tableau 05 présente les résultats des analyses chimiques de notre échantillon de farine de poisson, pour évaluer leurs valeurs nutritionnelles et son adéquation à l'alimentation de poisson.

Tableau 05 : Paramètres biochimiques de la farine de poisson

Paramètres Biochimique	Résultats
La teneur en protéine (%)	44
La teneur en matière grasse (%)	10
La teneur en humidité (%)	11 ,67
La teneur en cendre (%)	17,55
La teneur en fibre (%)	1,29

Les Paramètres biochimiques sont parmi les critères les plus importants qui doivent être étudiés pour déterminer la faisabilité du produit à travers sa valeur nutritionnelle et sa teneur en nutriments, sur la base desquels le produit est sélectionné.

1.3.1. Protéine

C'est le critère le plus important pour la farine de poisson. Il détermine la capacité du produit à fournir les acides aminés nécessaires à la croissance et au développement des tissus et des muscles des animaux (Fares , 2024).

D'après le tableau 05, la teneur en protéines de notre farine de poisson fabriquée à base de sardine est de 44%. Cette valeur est supérieure à celle obtenue par (CHAIB, 2023) où la teneur en protéines n'était que de 27 %, probablement en raison de l'utilisation de déchets de sardines, contrairement à notre procédé qui repose sur l'utilisation de sardines entières. Dans cette étude, un taux de 44 % de protéines dans la farine obtenue peut conclure que cette méthode

reste efficace pour la conservation de la valeur protéique du poisson. Cependant cette valeur reste inférieure à celle citée par **(Soto-Rodríguez ,2023)** qui a obtenue 66% et celle de **(Hannachi et al., 2019)** qui a obtenue 55 %. Nous pensons que Bien que la cuisson à la vapeur soit une méthode douce, une exposition prolongée à la chaleur peut entraîner une légère dégradation des protéines.

Ceci peut être expliqué par le fait que La valeur nutritive du poisson peut être affectée par les méthodes de cuisson **(Bognar, 1998)**.

Le traitement par la chaleur est supposé augmenter la digestibilité des aliments en décomposant les protéines et les glucides complexes. Cependant, malgré cela, des vitamines, des minéraux, certains acides aminés essentiels et d'autres nutriments bénéfiques sont perdus **(Mirnezami et al .,2002)**.

Contrairement à la cuisson à la vapeur, l'ensilage de sardine permet de mieux préserver les protéines, notamment grâce à l'absence de chaleur excessive. Ce procédé conserve davantage la qualité nutritionnelle, en particulier les acides aminés essentiels, ce qui en fait une alternative intéressante pour la valorisation des résidus de poisson. Ceci est confirmé par l'étude de **Goddard et Al-Yahyai (2001)** que l'ensilage de sardine, séché dans une étuve solaire, pouvait être préparé en 4 à 5 jours. Dans ce cas Les acides aminés essentiels étaient présents à des niveaux dépassant les besoins nutritionnels du tilapia.

1.3.2. Lipides

Les lipides sont une riche source d'énergie, fournissant plus d'énergie que les protéines ou les glucides **(Ahmed et al., 2022)**.

D'après le tableau 05, la teneur en matière grasse de notre farine de poisson fabriquée à base de sardine est de 10%. Ce qui est un pourcentage équilibré selon la FAO **(1986)**, qui indique que la teneur en matières grasses est comprise entre 6 et 12 %.

Dans une autre étude menée par **Tenyang et al (2020)**, des carpes ont été séchées au soleil. Après avoir effectué des tests biochimiques, les auteurs ont constaté que le pourcentage de graisse était de 35,10 %, une valeur très élevée par rapport à la normale. Cette grande différence peut être due à la méthode de séchage ou au type de poisson utilisé.

Albitar (2010) a déclaré que la méthode de séchage joue un rôle dans la préservation de la teneur en matières grasses de la farine de poisson. Le séchage au soleil permet de conserver la teneur en graisse, tandis que le séchage thermique entraîne sa fonte et son écoulement hors

des tissus, provoquant en même temps l'oxydation des acides gras insaturés (**Wood et al. ,2008**).

Dans une étude de **Kwikiriza (2016)**, des lépismes argentés ont été utilisés et séchés de la même manière que dans notre travail. Le pourcentage de matières grasses brutes s'est avéré être de 7,66 %. Cette différence peut être attribuée au type de poisson utilisé. Les sardines sont des poissons gras riches en oméga-3, tandis que les lépismes argentés sont classés comme des poissons blancs, faibles en matières grasses.

Enfin, dans une étude réalisée par **Khan et Zamal (2013)** ou la farine de poisson commerciale a été utilisée sans donner d'informations sur le type de poisson ou la méthode de séchage, Le pourcentage de graisse était de 4,8 %, ce qui est très faible comparé aux 10 % obtenus dans notre étude. Étant donné qu'il s'agit de farine de poisson commerciale, celle-ci est probablement traitée mécaniquement. Cela suggère que la méthode traditionnelle manuelle permet de conserver un pourcentage de graisse plus élevé que la méthode mécanique, qui utilise des machines à pression plus efficaces pour séparer la graisse du poisson (**Hilmarsdottir et al., 2020**).

1.3.3. Humidité

La farine de poisson présente un taux d'humidité de 11%, ce qui se situe dans l'intervalle acceptable selon les directives de la **FAO (1986)**. Ces dernières spécifient que le pourcentage normal ne doit pas excéder 12 % pour prévenir toute activité bactérienne ou parasitaire et pour garantir le maintien de la qualité durant l'entreposage.

Selon **Masoum et al (2012)**, la teneur en humidité est un critère important dans la farine de poisson car elle joue un rôle majeur dans sa durée de conservation et sa période de stockage. Une faible teneur en humidité entraîne une durée de conservation accrue et une réduction de la détérioration.

1.3.4. Cendre

La cendre est associée à la détection des minéraux ; elle est considérée comme la méthode la plus fiable pour évaluer la teneur en minéraux d'un échantillon, car elle représente la teneur inorganique totale ou la teneur en minéraux de l'échantillon (**Ahme et al. ,2022**).

D'après le tableau 05 et après analyse, nous avons constaté que la teneur en cendres de la farine de poisson préparée à partir de sardines entières atteignait 17,55 %. Ce pourcentage se situe dans la plage de référence acceptable pour la farine de poisson, selon la **FAO (s.d.)**, qui

l'estime généralement entre 16 % et 23 %. Par conséquent, le pourcentage enregistré dans cette étude reflète une qualité acceptable et indique une concentration modérée de sels et de minéraux dans la farine de poisson.

Selon **Miles et Chapman (2006)**, une teneur élevée en cendres indique une concentration plus importante en minéraux, notamment en calcium et en phosphore, présents dans les os et la tête du poisson.

Nous avons obtenu un taux de cendres de 17,55 % dans la farine de poisson préparée avec des sardines entières, comparé à celui obtenu par **Baktaoui (2018)**, qui a rapporté un taux de 98,26 % dans la farine de sardines préparée à partir de restes. Cet écart peut s'expliquer par l'utilisation, dans son étude, de restes de sardines, contrairement à notre méthode basée sur l'utilisation du poisson entier (**Toppe et al . ,2007**) ont indiqué que les arêtes de poisson sont riches en minéraux tels que le calcium et le phosphore.

1.3.5. Fibres

L'analyse de la teneur en fibres de la farine de poisson est essentielle, compte tenu de son impact sur la digestion, l'absorption des nutriments et le maintien de la santé intestinale.

La teneur en fibres brutes est l'un des paramètres étroitement surveillés par les fabricants d'aliments, car une teneur élevée en protéines associée à une faible teneur en fibres brutes confère à la farine de poisson une qualité supérieure et une valeur économique importante (**Davies ,2019**).

D'après le tableau ci-dessus, le teneur en fibres est 1,29 ce qui représente un faible pourcentage. Cela reflète la bonne qualité de notre farine de poisson, traditionnellement fabriquée à partir de sardines.

2. Analyses biochimiques des ingrédients

2.1. Maïs

Le maïs a été choisi comme ingrédient dans l'alimentation des poissons car il est facilement disponible sur les marchés algériens à faible coût. C'est également une source d'énergie riche et peu coûteuse, fournissant les glucides nécessaires à l'activité vitale des poissons. Le maïs contient également une quantité importante de protéines et d'acides gras essentiels, et contribue à améliorer la texture des granulés alimentaires, les rendant ainsi plus faciles à consommer par les poissons (**Hardy, 2010**) .

Les tests biochimiques de la farine de maïs provenant du marché local, nous ont permis d'obtenir les valeurs présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 06 : Résultats des tests biochimiques du maïs

Ingredient	Protéine (%)	Lipide (%)	Fiber (%)	Cendre (%)	Humidité (%)
Maïs	11	3	2,77	1,5	10

Après les analyses biochimiques de l'échantillon de maïs utilisé dans notre étude, la teneur en protéines a été déterminée à 11 % et la teneur en matières grasses à 3 %. Ces résultats indiquent que les valeurs enregistrées se situent dans les normes acceptées, car (**Ai et Jane (2016)**) ont rapporté que la teneur en protéines du maïs se situe généralement entre 6% et 12%, tandis que la teneur en matières grasses se situe entre 3% et 6%. Par conséquent, les composants du maïs utilisés peuvent être considérés comme de qualités alimentaires et conformes aux normes industrielles connues.

Nous avons enregistré une teneur en fibres de 2,77 et une teneur en cendres de 1,5. Par rapport à **Dawdo (2012)**, les résultats se sont avérés légèrement inférieurs, avec une teneur en cendres de 2 et une teneur en cendres de 1,9. Cette différence peut être due à des facteurs géographiques, car le maïs de notre étude était local, tandis que l'autre étude était en Inde.

2.2. Tournesol

La sélection du tournesol comme matière première pour l'alimentation des poissons est le résultat d'une combinaison de critères nutritionnels, économiques et technologiques. D'un point de vue nutritionnel, les graines de tournesol sont remarquablement riches en protéines, en fibres alimentaires et en acides gras insaturés, dont l'acide linoléique, un acide gras essentiel de la famille des oméga-6 (**Aishwarya et Anisha, 2014**).

De plus, le tourteau de tournesol est largement utilisé dans l'alimentation animale en raison de son excellente teneur en protéines, qui contribue de manière significative à l'augmentation de la biomasse (**Petraru et al. ,2021**).

Outre ses propriétés nutritionnelles, le tournesol se caractérise par sa facilité de culture, son adaptabilité à différents climats et sa teneur élevée en huile, caractéristiques qui en font une plante oléagineuse très attractive économiquement (**Debaeke et al. ,2017**).

Ces caractéristiques font du tournesol une ressource stratégique dans les industries agricoles, alimentaires et agro-industrielles, que ce soit pour l'extraction d'huile ou pour la production de farines ou de gâteaux à haute valeur ajoutée.

Le tableau ci-dessous présente les valeurs nutritives de tournesol après les analyses biochimiques.

Tableau 07 : Résultats des tests biochimique du tournesol

Ingrédient	Protéine (%)	Lipide (%)	Fibre (%)	Cendre (%)	Humidité (%)
Tournesol	14	55,28	23	7,28	12

Le tableau 07 ci-dessus montre que la teneur en protéines était de 14 %, la teneur en lipides de 55,28 % et la teneur en cendres de 4,28 %. Contrairement aux travaux précédents (**Aishwarya et Anisha (2014)**), les valeurs protéiques des graines de tournesol dans la présente étude étaient inférieures à leurs résultats (14 % contre 19,69 %), tandis que des valeurs légèrement supérieures ont été observées pour les matières grasses (55,28 % contre 53 %) et les cendres (4,28 % contre 4,49 %). Cette divergence dans les résultats peut être attribuée à la culture, à la fertilisation, aux pesticides ou à des facteurs naturels liés à la terre et au sol, selon **Saad et al (2021)**.

En ce qui concerne la teneur en humidité et la quantité de fibres, nos résultats actuels diffèrent fortement de ceux (**reportés par Aishwarya et Anisha (2014)**) ou la teneur en fibres était de 23,2 % contre 0,69 %, et la teneur en humidité de 8,3 % contre 3,10 %. Ceci qui peut être dû à la préparation des échantillons ou à la différence des méthodes utilisées ainsi qu'à la nature du sol cultivé (**Saad et al ., 2021**).

Petraru et al (2021) ont également confirmé que le processus d'élimination de la peau réduit la teneur en fibres et augmente la teneur en protéines.

2.3. L'orge

Le choix de l'orge comme ingrédient dans l'alimentation des poissons découle d'un certain nombre de critères, notamment le fait que la protéine d'orge est une riche source d'acides aminés essentiels tels que la lysine, la thréonine, la méthionine et le tryptophane, ce qui en fait un choix nutritionnel important. L'importance de l'orge dans le soutien des systèmes alimentaires est évidente grâce à sa haute valeur nutritionnelle et à la possibilité de l'utiliser dans l'industrie alimentaire sans affecter négativement ses propriétés fonctionnelles ou biologiques (**Alu'datt et al., 2012**).

L'orge contient également des composés bioactifs tels que des phénols, des tocolytes et des stérols, ainsi qu'une teneur élevée en fibres solubles, ce qui lui confère des propriétés bénéfiques pour la santé. Des produits tels que la farine d'orge enrichie de ces composés sont des ingrédients alimentaires attrayants qui peuvent être facilement incorporés dans des aliments fonctionnels pour améliorer la valeur santé des produits (**Rico et al., 2020**).

L'orge surpasse les autres céréales sous divers stress environnementaux en raison de sa rusticité hivernale, de sa résistance à la sécheresse et de sa maturation précoce et est donc généralement plus économique à cultiver (**Idehen et al., 2017**).

Le tableau 08 présente les résultats des analyses réalisées sur la farine d'orge.

Tableau 08 : Résultats des tests biochimique de l'orge

Ingrédient	Protéine (%)	Lipide (%)	Fibre (%)	Cendre (%)	Humidité (%)
L'orge	10 ,5	1,85	5,48	2,34	10

D'après le tableau 08 les teneurs en protéines et en cendres étaient plus faibles dans nos résultats (10,5 % contre 11,84 % pour les protéines et 2,34 % contre 3,6 % pour les cendres), tandis que les niveaux de matières grasses étaient relativement similaires (1,85 % contre 1,73 % pour les matières grasses) Comparé à (**Adhikari et al., 2016**).

Selon (**Narwal et al., 2020**) a souligné que les conditions de traitement, telles que le temps et la température, les conditions de stockage et la composition du produit, affectent considérablement le niveau de vitamines dans les produits alimentaires. Il a également mentionné que la respiration et le métabolisme se poursuivent pendant le stockage et que les nutriments stockés dans le grain sont utilisés pour produire de l'énergie et maintenir le

métabolisme. La qualité du grain pendant le stockage est affectée par des facteurs physiques (température, humidité), biologiques (microflore, arthropodes, vertébrés) et technologiques (conditions de stockage, méthodes, durée), qui entraînent des changements physiques, chimiques et sensoriels qui à leur tour entraînent des pertes qualitatives et quantitatives importantes.

D'autre part, les analyses ont révélé que la teneur en humidité de l'orge était de 10 % ce qui est inférieur à celui de l'étude **de Adhikari et al (2016)** Qui a enregistré un taux de 12,2% Le pourcentage de fibres dans notre étude était de 5,4 % contre 1,03 % pour eux. Cette différence est probablement due à des différences dans les méthodes de préparation et de traitement.

Selon **Jimoh et al (2023)** Il a été souligné que le séchage de l'orge à haute température pendant une longue période lui fait également perdre sa valeur nutritionnelle.

2.4. Pois

Les pois secs sont choisis comme ingrédient dans les aliments pour poissons en raison de leur haute valeur nutritionnelle et de leurs propriétés bénéfiques pour la formulation de régimes alimentaires équilibrés (**Øverland et al. ,2009**).

Ils contiennent un pourcentage élevé de protéines végétales, allant de 18 à 31 %, ainsi que des fibres et des glucides facilement digestibles. De plus, les pois renferment des acides aminés essentiels tels que la lysine, la thréonine et le tryptophane, ainsi que des vitamines et des minéraux. Ils ont également une bonne capacité à fixer l'azote dans le sol, ce qui en fait une ressource clé dans la rotation des cultures (**León, 2024**).

Le tableau 09 présente les résultats des analyses réalisées sur la farine du pois sec.

Tableau 09 : Résultats des tests biochimique de pois

Ingrédient	Protéine (%)	Lipide (%)	Fibre (%)	Cendre (%)	Humidité (%)
Pois	7	1	5,03	2,57	14

Nous avons trouvé une teneur en protéines de 7 % dans la farine de pois, ce qui est inférieur à celle rapportée par (**Millar et al .,2019**), qui était de 27,99 %. Cette différence peut être due au type de semences et à la zone de culture. Cependant, la teneur en matières grasses était comparable, enregistrant 1,00 % contre 1,57 %. La teneur en fibres de notre échantillon a

été mesurée à 5,03 %, ce qui est également inférieur à celle trouvée par (Millar *et al.* , 2019), qui était de 9,07 %. Cette différence peut s'expliquer par l'absence d'enveloppes dans nos graines. Quant à la teneur en cendres, elle atteignait 2,57 %, contre 3,40 %, et la teneur en humidité était de 12,30 %, contre 14,00 % chez (Millar *et al.* , 2019). Ces variations peuvent être attribuées aux conditions de stockage ou de séchage.

Selon Igbasan *et al* (1997), des facteurs tels que l'emplacement, la variété et les conditions de croissance influencent la composition et la qualité nutritionnelle des pois. Ils ont également souligné que les conditions agricoles, les variétés de semences, le type de sol et l'application d'azote affectent la composition chimique et, en particulier, la teneur en protéines. Par ailleurs, les méthodes analytiques et le pelage peuvent réduire la teneur en fibres.

Conclusion

En conclusion, nous avons abordé le sujet de la production d'aliments pour tilapias rouges en préparant de la farine de sardine de manière traditionnelle, car il s'agit d'un ingrédient de base riche en protéines utilisé dans la formulation d'aliments pour poissons. Nous avons réalisé une série d'analyses chimiques sur cette poudre, ainsi que sur un groupe de plantes, afin d'évaluer leurs valeurs nutritionnelles et leur aptitude à l'alimentation des poissons.

Les analyses comprenaient la détermination de la teneur en humidité, en protéines, en matières grasses, en fibres et en cendres à l'aide de méthodes scientifiques approuvées, notamment : la méthode Kjeldahl pour déterminer les protéines, la méthode Soxhlet pour extraire les matières grasses, la méthode Weende pour mesurer les fibres, la méthode de séchage pour déterminer l'humidité et la méthode de combustion au four pour calculer les cendres.

Nous avons obtenu une farine de poisson avec des standards organoleptique élevés et un bon pourcentage de protéines. Le tournesol était l'un des autres ingrédients ayant la plus élevée teneur en protéines Parmi les plantes, mais il y avait des variations dans les autres composants, reflétant l'influence de la qualité de la matière première et de la méthode de préparation sur la composition chimique finale de l'aliment. Cette recherche nous a permis de mieux comprendre les facteurs qui influencent la qualité des ingrédients des aliments pour animaux et a souligné l'importance de respecter les normes scientifiques dans le processus de fabrication.

Malgré les défis auxquels nous avons été confrontés en termes de capacités, cette expérience a été enrichissante d'un point de vue théorique et pratique. Nous espérons que cela constituera la base du développement d'aliments pour poissons locaux de haute qualité qui serviront le secteur de l'aquaculture et soutiendront la sécurité alimentaire nationale.

Résumé

Notre étude vise à produire des aliments pour tilapias rouges hybrides d'élevage, en utilisant des ingrédients locaux (Sardines, maïs, tournesol, orge et pois secs) pour remplacer les protéines animales par des protéines végétales dans le but d'augmenter la valeur nutritionnelle et de réduire la dépendance à la farine de poisson importée.

Une poudre a été préparée à partir de sardines selon la méthode traditionnelle, puis une série d'analyses chimiques a été effectuée pour déterminer la teneur en protéines, en matières grasses, en fibres, en cendres et en humidité.

Nous avons utilisé un ensemble de méthodes approuvées dans les analyses, notamment : la méthode Kjeldahl pour déterminer les protéines, la méthode Soxhlet pour extraire les graisses, la méthode Weende pour mesurer le pourcentage de fibres, la méthode de combustion pour déterminer les cendres, en plus de la méthode de séchage pour estimer l'humidité.

Les analyses ont révélé que la farine de poisson contient 44 % de protéines et 10 % de matières grasses, tandis que les valeurs d'humidité, de cendres et de fibres étaient respectivement de 67,11 %, 17,55 % et 1,29 %. Le tournesol a enregistré les pourcentages les plus élevés en valeurs nutritionnelles, tandis que le reste des matières présentait des variations dans leurs contenus. Ces résultats indiquent la possibilité de produire des aliments de haute qualité à partir de ressources locales, ce qui stimule le développement de l'aquaculture et élimine la dépendance vis-à-vis des sources étrangères.

Mots-clés : pisciculture, farine de poisson, tilapia, aliment de poisson, protéine végétale, plantes locales.

Abstract

Our study aims to produce feed for farmed hybrid red tilapia using local ingredients (sardines, corn, sunflower, barley, and dried peas) to replace animal protein with plant protein, with the goal of increasing nutritional value and reducing reliance on imported fishmeal.

Meat was prepared from sardines using the traditional method, and then subjected to a series of chemical analyses to determine the protein, fat, fiber, ash, and moisture content.

We relied on a number of established methods for the analyses, including the Kjeldahl method for protein determination, the Soxhlet method for lipid extraction, the Wendy method for measuring fiber content, the burning method for ash determination, and the drying method for moisture estimation. The analyses revealed that fishmeal contains 44% protein and 10% fat, while the moisture, ash and fiber values were 67.11%, 17.55% and 1.29%, respectively. Sunflower recorded the highest percentages in nutritional values, while the rest of the materials had variations in their contents. These results indicate the possibility of producing high-quality feed based on local resources, which stimulates the development of aquaculture and eliminates dependence on foreign sources.

Keywords: fish farming, fishmeal, tilapia, fish feed, vegetable protein, local plants.

الملخص

تهدف دراستنا الى صناعة علف لأسماك البلطي الاحمر الهجين المستزرع، باستخدام مكونات محلية مثل (السردين الذرة ودوار الشمس والشعير والبازلاء الجافة) لتعويض البروتين الحيواني بالبروتين النباتي بهدف رفع القيمة الغذائية وتقليل الاعتماد على مسحوق السمك المستورد.

تم تحضير مسحوق انطلاقاً من سمك السردين بالطريقة التقليدية، ثم أجريت عليهم مجموعة من التحاليل كيميائية لتحديد محتوى البروتين، الدهون، الألياف، الرماد، الرطوبة.

اعتمدنا في التحاليل على مجموعة من الطرق المعتمدة، منها: طريقة كيلدال (méthode kjeldahl) لتحديد البروتين، طريقة سوكلت (soxhlet) لاستخراج الدهون، طريقة ويندي لقياس نسبة الألياف، وطريقة الحرق لتحديد الرماد بالإضافة إلى طريقة التجفيف لتقدير الرطوبة.

كشفت التحاليل ان مسحوق السمك يحتوي على 44 % من البروتين و 10% من الدهون في حين كانت قيم الرطوبة والالياف على التوالي 67, 11, 17,55 % و 1,29%، في حين سجلت دوار الشمس اعلى نسب في قيمها الغذائية اما باقي المواد كان هناك تباين في محتوياتها حيث ان هذه النتائج تدل على امكانية صناعة اعلاف ذات جودة عالية اعتمادا على الموارد المحلية مما يحفز على تنمية الاستزراع المائي ويخلص من تبعية للخارج.

الكلمات المفتاحية: تربية الأسماك، غذاء السمك، سمك البلطي، مسحوق السمك، البروتين النباتي، النباتات المحلية.

Références bibliographiques

A

- Abd El-Hack, M. E., El-Saadony, M. T., Nader, M. M., Salem, H. M., El-Tahan, A. M., Soliman, S. M., & Khafaga, A. F. (2022).** Effect of environmental factors on growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Biometeorology*, 66(11), 2183-2194
- Adhikari, B. M., Bajracharya, A., et Shrestha, A. K. (2016).** Comparaison des propriétés nutritionnelles de la farine d'ortie (*Urtica dioica*) avec les farines de blé et d'orge. *Sciences de l'alimentation et nutrition*, 4(1), 119-124
- Ahmed, I., Jan, K., Fatma, S., & Dawood, M. A. (2022).** Muscle proximate composition of various food fish species and their nutritional significance: A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 106(3), 690-719.
- Aishwarya, S., & Anisha, V. (2014).** Nutritional composition of sunflower seeds flour and nutritive value of products prepared by incorporating sunflower seeds flour. *International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences*, 3(3), 45-49.).
- Alu'datt, M. H., Rababah, T., Ereifej, K., Alli, I., Alrababah, M. A., Almajwal, A., ... & Alhamad, M. N. (2012).** Effects of barley flour and barley protein isolate on chemical, functional, nutritional and biological properties of Pita bread. *Food Hydrocolloids*, 26(1), 135-143.).

Ambasankar K and Balakrishnan V. 2005. Nutritional potency of sardine fish meal for ruminants. *Indian Journal of Animal Nutrition* 22 (3): 201–03

B

Bell, J. G., Strachan, F., Roy, W. J., Matthew, C., McDonald, P., Barrows, F. T., & Sprague, M. (2016). Evaluation of barley protein concentrate and fish protein concentrate, made from trimmings, as sustainable ingredients in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) feeds. *Aquaculture Nutrition*, 22(2), 326-334

Bognar, A., 1998. Comparative study of frying to other cooking techniques influence on the nutritive value. *Grasas Aceites*, 49: 250-260. 5. Mirnezami, Z.S.H., S.Z. Hamidi and M. Faez, 2002. What you know about microwave? Teheran Agricultural Sciences Press, Teheran, IR, pp: 78-79.

Breitenbach, J., Nogueira, M., Farré, G., Zhu, C., Capell, T., Christou, P., ... & Sandmann, G. (2016). Engineered maize as a source of astaxanthin: processing and application as fish feed. *Transgenic research*, 25, 785-793.

Brummett, R. E. (1995). Environmental regulation of sexual maturation and reproduction in tilapia. *Reviews in Fisheries Science*, 3(3), 231-248.

Burel, C. (2017). Bases de la nutrition et formulation en aquaculture. *Durabilité des aliments pour le poisson en aquaculture: réflexions et recommandations sur les aspects technologiques, économiques, sociaux et environnementaux*, 296-p.

Burel, C., & Médale, F. (2014). Quid de l'utilisation des protéines d'origine végétale en aquaculture?. *OCL*, 21(4), D406.

C

Cardoso, C., Bernardo, I., Bandarra, N., Martins, L.L., Afonso, C., 2018. Portuguese preschool children: benefit (EPA+ DHA and Se) and risk (MeHg) assessment through the c

CHAIB , H. (2023). Production d'aliment de poissons "Dorade et Loup de Mer" à partir d'une farine animale (Mémoire de Mester , Université Abou Bekr Belkaid –Tlemcen)

Choubert, G. (1999). La digestibilité des nutriments chez les poissons: Aspects de méthodologie. *Cybiurn*, 23(1), 113-125.

CY, C. (1985). Effects of protein intake on metabolisable and net energy values of fish diets. *Nutrition and feeding of fish*, 95-117.

d'Adhikari, B. M., Bajracharya, A. et Shrestha, A. K. (2016). Comparaison des propriétés nutritionnelles de la farine d'ortie (*Urtica dioica*) avec les farines de blé et d'orge. *Sciences de l'alimentation et nutrition*, 4(1), 119-124.

D

Dawodu, M. O., Olutona, G. O., Ajani, F., & Bello-Olusoji, O. A. (2012). Determination of mineral trace element and proximate analysis of fish feed. *Global Science Books, Food*, 6(1), 76-81.

Debaeke, P., Casadebaig, P., Flenet, F., & Langlade, N. (2017). Sunflower crop and climate change: vulnerability, adaptation, and mitigation potential from case-studies in Europe. *OCL Oilseeds and fats crops and lipids*, 24(1), 15-p.).

DJOUZA, L. (2022). TP Formulation et technologie de la fabrication des aliments “analyse fourragère” Spécialité: Production animale Niveau: 3 ème année licence.

E

El-Sayed, H. S., Ghanem, S. F., & Barakat, K. M. (2024). Role of recent feeding protocols, rearing water systems and microbial trends in improving marine larviculture: insights into water quality and larval performance. *International Aquatic Research*, 16(3).

F

FAO (1986). Fish Feed Technology. FAO Fisheries Technical Paper No. 142. Rome

FAO(s.d.). Normes ch. Division des pêches et de l'aquaculture de la FAO. Consulté le 8 juin 2025, à l'adresse: <https://www.fao.org/fishery/affris/feed-and-feed-ingredient-standards/china-fee>

FAO. (1980). Fish feed technology: Lectures presented at the FAO/UNDP training course in Fish Feed Technology, College of Fisheries, University of Washington, 9 October–15 December 1978 (ADCP/REP/80/11). FAO. <https://www.fao.org/4/x5738e/x5738e0a.htm>

FAO. (s.d.). *Biologie de Tilapia nilotica*. Dans *Les méthodes de production d'alevins de Tilapia nilotica* (Section 1.3). Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Consulté le 9 juin 2025, à l'adresse : <https://www.fao.org/4/t8655f/t8655f03.htm>

FAO. State of world aquaculture 2006. FAO Fisheries Technical paper, vol. 500. Rome : FAO, 2006

Furuya, W. M., Cruz, T. P. D., & Gatlin III, D. M. (2023). Amino acid requirements for Nile tilapia: An update. *Animals*, 13(5), 900.

G

Gewaily, M. S., Abdo, S. E., Moustafa, E. M., & Abdel-Kader, M. F. (2021). Dietary synbiotics can help relieve the impacts of deltamethrin toxicity of Nile tilapia reared at low temperatures. *Animals*, 11(6), 1790. MDPI

Goddard, J. S., & Al-Yahyai, D. S. S. (2001). Chemical and Nutritional Characteristics of Dried Sardine Silage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 10(4), 39–50

Goyal, K., Singh, N., Jindal, S., Kaur, R., Goyal, A., & Awasthi, R. (2022). Kjeldahl method. *Adv. Tech. Anal. Chem*, 1, 105

H

Hanachi, P., Karbalaei, S., Walker, T. R., Cole, M., & Hosseini, S. V. (2019). Abundance and properties of microplastics found in commercial fish meal and cultured common carp (*Cyprinus carpio*). *Environmental Science and Pollution Research*, 26, 23777-23787.

Hardy, R. W. (2010). Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture research*, 41(5), 770-776.

<https://www.fao.org/4/x5738e/x5738e0a.htm#TopOfPage>

I

Idehen, E., Tang, Y., & Sang, S. (2017). Bioactive phytochemicals in barley. *Journal of food and drug analysis*, 25(1), 148-161.

Igbasan, F. A., Guenter, W., & Slominski, B. A. (1997). Field peas: Chemical composition and energy and amino acid availabilities for poultry. *Canadian Journal of Animal Science*, 77(2), 293-300.

Ikpeme, E. V., Ekerette, E. E., Udensi, O. U., & Ozoje, M. O. (2017). Assessment of morphological variation in wild and cultured populations of tilapia fish (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 13(2), 1-10.

Isaacs, M. (2016). The humble sardine (small pelagics): fish as food or fodder. *Agriculture & Food Security*, 5, 1-14.

J

Jean, G., Kaushik, S., & Bergot, P. (1999). Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. Editions Quae.

Jimoh, K. A., Hashim, N., Shamsudin, R., Man, H. C., Jahari, M., et Onwude, D. I. (2023). Progrès récents dans le processus de séchage des céréales. *Revue d'ingénierie alimentaire*, 15(3), 548-576

K

Kaushik, S. J. (2005). Besoins et apport en phosphore chez les poissons. *INRAE Productions Animales*, 18(3), 203-208.

Kaushik, S. J., & Seiliez, I. (2010). Protein and amino acid nutrition and metabolism in fish: current knowledge and future needs. *Aquaculture research*, 41(3), 322-332.

KPELLEY, E. D., BLAY, J., & YANKSON, K. (2022). The biological characteristics of the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in the Weija Reservoir, Ghana. *International Journal of Bonorowo Wetlands*, 12(1).

Kwikiriza, G., Tibenda, V. N., Wadunde, A. O., Abaho, I., & Ondhoro, C. C. (2016). Proximate nutrient composition and cost of the selected potential fish feed ingredients in Lake Victoria basin, Uganda. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4(3), 611-615.

L

Lall, S. P., & Kaushik, S. J. (2021). Nutrition and metabolism of minerals in fish. *Animals*, 11(09), 2711.

Lazard, J. (2009). La pisciculture des tilapias.

Lim, C. E., & Webster, C. D. (2024). Nutrient requirements. In *Tilapia* (pp. 469-501). CRC Press.

Ljubojević, D., Radosavljević, V., Puvača, N., Baloš, M. Ž., Đorđević, V., Jovanović, R., & Ćirković, M. (2015). Interactive effects of dietary protein level and oil source on proximate composition and fatty acid composition in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 37, 44-50

M

Masoum, S., Alishahi, A. R., Farahmand, H., Shekarchi, M., & Prieto, N. (2012). Determination of protein and moisture in fishmeal by near-infrared reflectance spectroscopy and multivariate regression based on partial least squares)

Médale, F. & S. Kaushik, 2009. Les sources protéiques dans les aliments pour les poissons d'élevage. *Cah. Agric.*, 18 : 103-111

- Medeiros, A. P. T., Chellappa, S., & Yamamoto, M. E. (2007).** Agonistic and reproductive behaviors in males of red hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) x *O. mossambicus* (Peters, 1852)(Osteichthyes: Cichlidae). *Brazilian Journal of Biology*, 67, 701-706.
- Meurer, F., Novodworski, J., & Bombardelli, R. A. (2025).** Protein requirements in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) during production and reproduction phases. *Aquaculture and Fisheries*, 10(2), 171-182.
- Miles, R. D., & Chapman, F. A. (2006).** Les avantages de la farine de poisson dans les régimes alimentaires aquacoles : FA122/FA122, 5/2006. *Edis*, 2006(12).
- Millar, K. A., Gallagher, E., Burke, R., McCarthy, S., & Barry-Ryan, C. (2019).** Proximate composition and anti-nutritional factors of fava-bean (*Vicia faba*), green-pea and yellow-pea (*Pisum sativum*) flour. *Journal of Food Composition and Analysis*, 82, 103233.
- Mirnezami, Z.S.H., S.Z. Hamidi and M. Faez, 2002.** What you know about microwave? Teheran Agricultural Sciences Press, Teheran, IR, pp: 78-79.
- Mjoun, K., Rosentrater, K., & Brown, M. L. (2010).** Tilapia: environmental biology and nutritional requirements.
- Mlle BAKHTAOUI ,Y .(2018) .**Contribution à la formulation d'aliments pour poissons chats africains *Clarias gariepinus* (mémoire de master ,U niversité saad dahlab Blida 1)
- Modadugu, V. G., & Acosta, B. (2004).** A review of global tilapia farming practices. *Aquaculture Asia*, 9(1), 1-16.
- Mohamad, S. N., Noordin, W. N. M., Ismail, N. F., & Hamzah, A. Z. H. A. R. (2021).** Red hybrid tilapia (*Oreochromis* spp.) broodstock development programme in Malaysia: Status, challenges and prospects for future development. *Asian Fish. Sci*, 34, 73-81.

Mommsen, T. P. (2001). Paradigms of growth in fish. *Comparative biochemistry and physiology part B: Biochemistry and molecular biology*, 129(2-3), 207-219.

N

Narwal, S., Gupta, OP, Pandey, V., Kumar, D. et Ram, S. (2020). Effet des conditions de stockage et de transformation sur la composition nutritionnelle du blé et de l'orge. Dans Biofortification des grains de blé et d'orge (pp. 229-256). (Woodhead Publishing.)

National Research Council, Division on Earth, Life Studies, Committee on the Nutrient Requirements of Fish, & Shrimp. (2011). *Nutrient requirements of fish and shrimp*. National academies press.

Ng, W. K., & Romano, N. (2013). A review of the nutrition and feeding management of farmed tilapia throughout the culture cycle. *Reviews in Aquaculture*, 5(4), 220-254

O

Otchoumou Ak, Blé MC, Yao LA, Adingra AA, Corraze G, Niamké S et al. Apparent protein and energy digestibility of selected carbohydrate-rich feed ingredients for African catfish *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840). *Agronomie Africaine*. 2012; 24(1):49-58.

Øverland, M., Sørensen, M., Storebakken, T., Penn, M., Krogdahl, Å., & Skrede, A. (2009). Pea protein concentrate substituting fish meal or soybean meal in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*)—Effect on growth performance, nutrient digestibility, carcass composition, gut health, and physical feed quality. *Aquaculture*, 288(3-4), 305-311.

P

Petraru, A., Ursachi, F., & Amariei, S. (2021). Nutritional characteristics assessment of sunflower seeds, oil and cake. Perspective of using sunflower oilcakes as a functional ingredient. *Plants*, 10(11), 2487.,

Popma, T., & Masser, M. (1999). *Tilapia: Life history and biology* (SRAC Publication No. 283). Southern Regional Aquaculture Center

R

Rico, D., Peñas, E., García, M. D. C., Martínez-Villaluenga, C., Rai, D. K., Birsan, R. I., ... & Martín-Diana, A. B. (2020). Sprouted barley flour as a nutritious and functional ingredient. *Foods*, 9(3), 296

Roques, S., Deborde, C., Richard, N., Skiba-Cassy, S., Moing, A., & Fauconneau, B. (2020). Metabolomics and fish nutrition: a review in the context of sustainable feed development. *Reviews in Aquaculture*, 12(1), 261-282.

S

Saad, S.S., Elmabsout, A.A., Alshukri, A., El-mani, S., Al Mesmary, E., Alkuwafi, I., Almabrouk, O., & Buhagar, S.A. (2021)). Analyse de la composition approximative et des valeurs nutritionnelles de différentes variétés de graines comestibles. *Journal asiatique des sciences médicales*

- Sáez-Plaza, P., Michałowski, T., Navas, M. J., Asuero, A. G., & Wybraniec, S. (2013).** An overview of the Kjeldahl method of nitrogen determination. Part I. Early history, chemistry of the procedure, and titrimetric finish. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 43(4), 178-223.
- Serrano León, G. (2024).** Impact des hautes pressions hydrostatiques sur les interactions entre les protéines de pois et des micelles de caséine.
- Shepherd CJ, Pike IH, Barlow SM. Sustainable feed resources of marine origin. Eur Aquac Soc 2005 ; 35 : 59-66.**
- Soto-Rodríguez, D. L., Gómez-Aldapa, C. A., Cabrera-Canales, Z. E., Díaz-Batalla, L., Tellez-Jurado, A., & Cadena-Ramírez, A. (2023).** Development and optimization of an extruded aquafeed formulated with moringa flour as a partial substitute for sardine meal. *CyTA-Journal of Food*, 21(1), 735-744.

T

- Tacon, A. G. J. (1994).** Feed ingredients for carnivorous fish species: alternatives to fishmeal and other fishery resources. FAO Fisheries Circular No. 881. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from <https://www.fao.org/4/x5738e/x5738e0a.htm>
- Tocher, D. R. (2003).** Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in fisheries science*, 11(2), 107-184.
- Toppe, J., Albrektsen, S., Hope, B., & Aksnes, A. (2007).** Chemical composition, mineral content, amino acid, and lipid profiles in bones from various fish species. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 146(3), 395-401.)

W

Woodward, Arthur Smith. *Catalogue of the Fossil Fishes in the British Museum (Natural History).* Vol. 1. Taylor & Francis, 1889.

Webster, C. D., & Lim, C. (Eds.). (2024). *Tilapia: biology, culture, and nutrition.* CRC Press.

Y

Yeo, G. M., Blé, M. C., Otchoumou, K. A., Dabonne, S., Yao, L. A., & Etchian, A. O. (2017).

Digestibility and growth performance in fingerlings of tilapia *Oreochromis niloticus* fed with diet containing high-carbohydrate ingredients. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 5(4), 171-175



Déclaration de correction de mémoire de master 2025

Référence du mémoire N°: / 2025	PV de soutenance N°: / 2025
Nom et prénom(en majuscule) de l'étudiant (e) : M. OUAKELOU ADI SAFA Hicber Meriem	L'Intitulé de mémoire: Préparation d'un aliment de Tilapia rouge élevé en Pisciculture dans la région de Biskra.
La mention : Note (sur 20) :	

Déclaration et décision de l'enseignant promoteur : تصريح وقرار الأستاذ المشرف :

Déclaration :
Je soussigné (e),
(grade) à l'université
de avoir examiné intégralement ce
mémoire après les modifications apportées par l'étudiant.
J'atteste que :
* le document a été corrigé et il est conforme au model de
la forme du département SNV
* toutes les corrections ont été faites strictement aux
recommandations du jury.
* d'autres anomalies ont été corrigées

تصريح:
أنا الممضي (ة) أسفله
(الرتبة)
أصرح بأنني راجعت محتوى هذه المذكرة كليا مراجعة دقيقة
وهذا بعد التصحيحات التي أجراها الطالب بعد المناقشة، وعليه
أشهد بأن :
* المذكرة تتوافق بشكلها الحالي مع النموذج المعتمد لقسم علوم
الطبيعة والحياة.
* المذكرة صحت وفقا لكل توصيات لجنة المناقشة
* تم تدارك الكثير من الإختلالات المكتشفة بعد المناقشة

Décision :
Sur la base du contenu scientifique, de degré de conformité
et de pourcentage des fautes linguistiques, Je décide que
ce mémoire doit être classé sous la catégorie

قرار :
اعتمادا على درجة مطابقتها للنموذج ، على نسبة الأخطاء اللغوية
وعلى المحتوى العلمي أقرر أن تصنف هذه المذكرة في الدرجة
:

acceptable مقبول	ordinaire عادي	bien حسن	très bien جيد جدا	excellent ممتاز	exceptionnel متميز
E	D	C	B	A	A+



الأستاذ المشرف

[Signature]

التاريخ
2025 / 06 / 23

NB : Cette fiche doit être collée d'une façon permanente derrière la page de garde sur les copies de mémoire déposées au niveau de la bibliothèque universitaire