

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد ابن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DÉPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES

MÉMOIRES DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

Mlle. IDRISBACHA Asmae

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES

Spécialité : agroalimentaire et contrôle de Qualité

Thème

*Optimisation de la valorisation des déchets de
poisson : Farine et huile de poisson comme
solutions durables*

Soutenue publiquement le 13/07/2023

Devant le Jury

Président	M. GHELAMALLAH Amine	MCA	U.Mostaganem
Examineur	M. BENBOUZIANE Bouasria	MCA	U.Mostaganem
Encadreur	M. BENABDELMOUMENE Djilali	MCA	U.Mostaganem

Le travail a été réalisé au niveau du laboratoire de physiologie animale appliquée Université - Mostaganem

Projet soutenu dans le cadre de l'arrêté 1275

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Avant tout, je tiens à remercier Dieu le Tout-Puissant qui m'a donné l'envie, la force et le courage pour mener à bien ce travail.

Au terme de ce projet,

*j'exprime ma gratitude à mon encadrant, Ms **BENABDELMOUENE Djilali**, maître de Conférences à l'Université de Mostaganem.*

Mes respects et mes remerciements vont également aux membres du jury,

*Ms **GHELAMALLAH Amine** , maîtres de Conférences à l'Université de Mostaganem*

*Ms **BENBOUZIANE Bouasria** , Maître de Conférences à l'Université de Mostaganem.*

*Je souhaite exprimer ma reconnaissance à Ms **MEDJAHED Mostefa**, Responsable de l'incubateur de Mostaganem.*

*Je remercie également Ms **FODIL Mustapha Kamel** et Ms **BENGUENNOUNA Nouredine** pour leur aide et leurs conseils précieux.*

Une attention toute particulière va aux membres du département des sciences alimentaires.

Merci à tous pour votre contribution à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

À ma chère maman et mon cher père,

Cette dédicace est une expression de mon amour profond et de ma gratitude infinie envers vous. Votre amour inconditionnel et votre soutien constant m'ont donné la force de poursuivre mes rêves et de réaliser ce mémoire. Je ne pourrais jamais vous remercier assez pour tout ce que vous avez fait. Je vous dédie ce mémoire en signe de gratitude et d'amour éternels.

À l'âme de mon grand-père,

Je dédie une pensée spéciale à ton esprit qui veille sur moi.

À toute ma famille,

Je suis profondément reconnaissante d'avoir une famille aussi aimante et solidaire. Votre soutien inconditionnel et vos encouragements constants ont été essentiels dans la réalisation de ce mémoire.

À mon encadreur,

Votre appui indéfectible, vos conseils et votre expertise m'ont été d'une valeur inestimable tout au long de cette aventure académique. Votre patience et votre bienveillance ont été d'une grande aide dans les moments de doute et de difficulté. Je dédie ce mémoire à vous, en témoignage de ma reconnaissance pour votre encadrement exceptionnel.

À mes amies,

Votre amitié sincère et votre soutien indéfectible ont été un cadeau précieux tout au long de ce parcours. Je suis reconnaissante pour votre influence positive et votre impact dans ma vie.

Résumé

L'objectif de cette étude était d'évaluer la valorisation des déchets de poisson en farine et huile de poisson, avec une attention particulière portée à leur composition nutritionnelle et à leur impact environnemental. Les analyses ont révélé une teneur en eau de $72,4 \pm 0,7\%$, une matière minérale de $3,7 \pm 0,1\%$, une matière grasse de $4,57 \pm 1,2\%$ et une teneur en protéines de $19,07 \pm 0,2\%$ dans les déchets de poisson. La farine de poisson produite a présenté une teneur en matière minérale de $20,33 \pm 1,1\%$, une matière grasse de $9,75 \pm 1,9\%$ et une teneur en protéines de $68,02 \pm 4,2\%$.

Pour améliorer la conservation de la farine de poisson, la plante *Malva parviflora* a été incorporée à différentes concentrations. Les analyses chimiques ont révélé une concentration élevée de composés phénoliques ($579,61 \pm 18 \mu\text{g/ml}$) et de flavonoïdes ($497,09 \pm 33,6 \mu\text{g/ml}$), indiquant une forte activité antioxydante avec un IC50 de $16,25 \mu\text{g/ml}$. Cette supplémentation a permis de réduire la peroxydation lipidique de la farine de poisson de $1,5 \text{ mg eq MDA/kg}$ à $0,44 \text{ mg eq MDA/kg}$.

Enfin, l'effet de la farine de poisson sur la mouche soldat noire a été évalué. Les larves ont montré une augmentation significative de la teneur en protéines ($46,05 \pm 3,2\%$), un poids de $0,208 \pm 0,02\text{g}$ et une taille maximale de $1,92 \pm 0,03\text{cm}$. Ces résultats soulignent le potentiel de valorisation des déchets de poisson et ouvrent de nouvelles perspectives pour l'utilisation de la farine de poisson dans l'alimentation animale.

Mots clés: Déchets de poisson, Farine et huile de poisson, Valorisation, *Malva parviflora*, Mouche soldats noire, Alimentation animale.

ملخص

كان الهدف من هذه الدراسة هو تقييم استعادة نفايات الأسماك إلى دقيق الأسماك وزيت السمك، مع الاهتمام بشكل خاص بتكوينها الغذائي وتأثيرها البيئي. كشفت التحليلات عن محتوى مائي بنسبة 72.4 %، ومواد معدنية بنسبة 3.7 %، ومحتوى دهني بنسبة 4.57 % ومحتوى بروتين قدره 19.07 جرام في نفايات الأسماك. كان محتوى وجبة السمك المنتجة من المعادن 20.33 %، ومحتوى الدهون 9.75 1.9 جرام ومحتوى البروتين 68.02. جرام

تم دمج نبات الخبيز بتركيزات مختلفة لتحسين الحفاظ على وجبات الأسماك كشفت التحليلات الكيميائية عن ، مما يشير إلى نشاط عالي (497,09 g/ml) والفلافونويد (579,6 g/ml) نتركيز مرتفع للمركبات الفينولية وقللت هذه المكملات من زيادة أكسدة الدهون في الوجبات. 16 g/ml من IC50 25. لمضادات الأكسدة مع /كيلوغرام إلى 0.44 ميلغرام مكعب/كغ السمكية من 1.5 غيغاواط

أخيراً، تم تقييم تأثير دقيق السمك على ذبابة الجندي الأسود. أظهرت اليرقات زيادة كبيرة في محتوى البروتين (46.05 جرام)، ووزن 0.208 جرام وحجم أقصى 1.92 0 سم. تسلط هذه النتائج الضوء على إمكانية استعادة نفايات الأسماك وتفتح آفاقاً جديدة لاستخدام وجبات الأسماك في علف الحيوانات

الكلمات المفتاحية

دقيق السمك, زيت السمك, نبات الخبيز , علف الحيوانات, تئمين, نفايات السمك, ذبابة الجندي الاسود

Abstract

The aim of this study was to evaluate the valorisation of fish waste into fish meal and fish oil, with particular focus on their nutritional composition and environmental impact. Analyses revealed a moisture content of $72.4\pm 0.7\%$, mineral matters of $3.7\pm 0.1\%$, fat content of $4.57\pm 1.2\%$, and protein content of 19.07 ± 0.2 g in the fish waste. The produced fish meal showed a mineral matter content of $20.33\pm 1.1\%$, fat content of 9.75 ± 1.9 g, and protein content of 68.02 ± 4.2 g.

To enhance the preservation of the fish meal, *Malva parviflora* plant was incorporated at different concentrations. Chemical analyses revealed a high concentration of phenolic compounds ($579.61\pm 18,8\mu\text{g/ml}$) and flavonoids ($497.09\pm 33.6\mu\text{g/ml}$), indicating strong antioxidant activity with an IC₅₀ of $16.25\mu\text{g/ml}$.

This supplementation resulted in a reduction of lipid peroxidation in the fish meal from 1.5mgeqMDA/kg to 0.44 mg eq MDA/kg . Lastly, the effect of fish meal on the black soldier fly larvae was evaluated. The larvae showed a significant increase in protein content (46.05 ± 3.2 g), a weight of 0.208 ± 0.02 g, and a maximum size of 1.92 ± 0.03 cm. These findings highlight the potential of fish waste valorisation and offer new perspectives for the use of fish meal in animal feeding.

Keywords: Fish waste, fishmeal and fish oil, Valorisation, *Malva parviflora*, Black soldier fly, Animal feed.

Liste des abréviations

Abs: absorbance
BLMT: bouillon lactosé mannitol tamponné
BSA: sérum d'albumine bovin
C: concentration
CPP: concentré de protéine de poisson
DHA: acide docosahexaénoïque
DNA: acide désoxyribonucléique
DO: densité optique
DPPH: 2,2-diphényl 1-picrylhydrazyle
EPA: acide eicosapentaénoïque
FAO: Food and agriculture organisation
FCR: réactif de Folin ciocalteu
GNAB: gélose nutritive alcaline biliée
HCL: chlorure d'hydrogène
IC: concentration inhibitrice
IFFO: international fishmeal and fish oil organisation
LAP: larve nourrie à la farine de poisson
LDM: larve nourrie aux déchets ménagers
LFP: larves nourries à l'aliment de poussin
MDA: aldéhyde malonique
MG: matière grasse
MM: matière minérale
MO: matière organique
MS: matière sèche
MSN: mouche soldat noire
MSNL: larve de mouche soldat noire
NPK: azote, phosphore et potassium
PCA: plate count agar
PP: polyphénol
TBA: acide thiobarbiturique
TBARS: thiobarbituric acid reactive substance assay
TCA: acide trichloracétique
TCs: tannins condensés
TSE: Tryptone sel eau
VRBL: milieu lactosé bilié au cristal violet et au rouge neutre

Liste des figures

Figure	Titre	page
01	Sous-produits de poisson et leurs applications	05
02	Filière des produits de la mer et génération de sous-produits	05
03	Production mondiale de farine et huile de poisson de 2001 à 2020	09
04	Composition de farine de poisson en protéines, lipides et phosphore de différentes origines	09
05	<i>Malva parviflora</i>	20
06	Aspect morphologique de la plante <i>Malva parviflora</i> L	22
07	Œufs d' <i>Hermetia illucens</i> , échelle 1 mm	27
08	Œufs et larves d' <i>Hermetia illucens</i> en cours de développement	27
09	Organes génitaux féminins MSN (à gauche) et organes génitaux masculins MSN (à droite)	28
10	Cycle de vie du MSN	29
11	L'autorécolte des larves d' <i>Hermetia illucens</i>	33
12	Gestion des déchets par les larves des mouches soldats noires	36
13	Déchets de poisson triés	37
14	Les déchets de poisson séché et le jus de presse	38
15	Protocole expérimental de fabrication de la farine et de l'huile de poisson.	39
16	Feuille de <i>Malva parviflora</i> avant et après séchage	42
17	Les volières d'élevage de la mouche soldat noir	48
18	La ponte et la récupération des œufs de MSN	49
19	Produit fini de la farine et d'huile de poisson	55
20	Évolution de la capacité antioxydante de la farine de poisson conservé par l'extrait de <i>Malva parviflora</i> à différente concentration	66
21	Évolution du taux des TBARS dans la farine de poisson à différentes concentrations d'extrait de <i>Malva parviflora</i>	67

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
01	Sous-produits de poisson par type de transformation	06
02	Barème de cotation de la fraîcheur du poisson	13
03	Enzymes obtenus à partir des déchets de poisson et leur application	19
04	Classement botanique de la <i>Malva parviflora</i> L	21
05	Taxonomie de la mouche soldat noire	26
06	Compositions chimiques moyennes (% , base sèche), minimales et maximales (entre parenthèses) des larves d' <i>Hermetia illucens</i> répertoriées dans la littérature	34
07	Rendement final de la farine de poisson	55
08	Résultats d'analyse physico-chimiques des déchets de poisson	56
09	Résultats d'analyse physico-chimiques de la farine de poisson.	58
10	Composition moyenne en éléments nutritifs des trois types de farines de poisson définis en fonction de leur taux en protéines brutes	60
11	Résultats d'analyse physico-chimique de la planta <i>Malva parviflora</i> .	61
12	Résultats des analyses phytochimiques de <i>Malva parviflora</i>	63
13	Résultats d'analyse physico-chimiques des MSNL dans les trois différents régimes	68
14	Résultats de la matière sèche des MSNL dans les trois différents régimes	68
15	Résultats de la teneur en eau des MSNL dans les trois différents régimes	69
16	Résultats de la matière minérale des MSNL dans les trois différents régimes	69
17	Résultats de la matière grasse des MSNL dans les trois différents régimes	70

18	Résultats de la teneur en protéine des MSNL dans les trois différents régimes	71
19	Résultats d'analyse des performances de MSNL dans les trois différents régimes	72

Table de matière

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Liste des Abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale 1

PREMIÈRE PARTIE : Rappel bibliographique

Chapitre 01: Coproduits halieutiques

I. Coproduits halieutiques	4
II. Définition de valorisation	6
III. Farine et huile de poisson	7
III.1. Production mondiale	7
III.2. Composition de la farine et huile de poisson	9
III.3. Fabrication de la farine et de l'huile de poisson	10
III.3.1. Matière première	10
III.3.2. Cuisson	10
III.3.3. Pressage	11
III.3.4. Décantation et centrifugation	11
III.3.5. Broyage et séchage	11
III.3.6. Stockage et conservation	11
III.3.7. Stérilisations	12
III.4. Facteurs déterminant la qualité de la farine de poisson.....	12
III.4.1. État de fraîcheur du poisson	12
III.4.2. Température de séchage	14
III.5. Utilisation de la farine et l'huile de poisson	15
III.5.1. Aviculture	15
III.5.2. Pisciculture.....	16
IV. Nouvelles voies de valorisation des déchets de poisson	16

IV.1. Concentré de protéines de poisson.....	16
IV.2. Hydrolysât de protéines de poisson	17
IV.3. Collagène et gélatine	17
IV.4. Chitine	18
IV.5. Enzyme	18

Chapitre 02: *Malva parviflora* L

I. Généralités sur la plante	20
II. Classement botanique	21
III. Description botanique.....	21
IV. Répartition géographique de la plante	22
V. Exigences climatique et pédologique de la <i>Malva parviflora</i> L.....	23
VI. Composition chimique.....	23
VII. Utilisation de la plante	24
VIII. Activités biologiques de <i>Malva parviflora</i> L.....	25
VIII.1. Activité antioxydante.....	25
VIII.2. Activité anti-inflammatoire.....	25
VIII.3. Activité antibactérienne et antifongique	25

Chapitre 03: Présentation des mouches soldats noires (*Hermetia illucens*)

I. Taxonomie	26
II. Anatomie	26
III. Cycle de vie	28
IV. Besoins d' <i>Hermetia illucens</i>	29
IV.1. Température	29
IV.2. Humidité	30
IV.3. Substrat	30
IV.4. Éclairage	31
V. Élevage d' <i>Hermetia illucens</i>	31
VI. Propriétés nutritives des mouches soldat noires	33
VII. Utilisation de la mouche soldat noire	34

VII.1. Aliment pour animaux	34
VII.2. Biodiesel.....	34
VII.3. Chitine	35
VII.4. Fertilisant organique	35

DEUXIÈME PARTIE : Partie méthodologique

I. Valorisation des coproduits de poisson	37
I.1. Objectif de l'étude.....	37
I.2. Échantillonnage	37
I.3. Protocole expérimental de production de la farine et l'huile de poisson	38
I.4. Analyse microbiologique de la farine de poisson	39
I.4.1. Objectif d'analyse	39
I.4.2. Méthode d'isolement des germes	39
II. Conservation de la farine de poisson	42
II.1. Préparation de matériel végétal (Lavage et séchage, broyage, tamisage).	42
II.2. Étude phytochimique de la plante	42
II.2.1. Extraction et préparation des extraits méthanolique.....	42
A. Principe	42
B. Protocole.....	43
C. Rendement	43
II.2.2. Screening phytochimique	43
II.2.2.1. Dosage des polyphénols totaux par Folin Ciocalteu	43
A. Principe	43
B. Protocole.....	44
II.2.2.2. Dosage des flavonoïdes par la méthode de trichlorure d'aluminium AlCl ₃	44
A. Principe	44
B. Protocole.....	44
II.2.2.3. Dosage des sucres totaux.....	44
A. Principe	44
B. Protocole.....	45

II.2.2.4. Dosage des tanins condensés par la méthode à la vanilline avec l'HCl	45
A. Principe	45
B. Protocole	45
II.3. Étude d'activité biologique	46
II.3.1. Détermination de l'activité antioxydante	46
II.3.1.1. Teste de piégeage du radical DPPH	46
A. Principe	46
B. Protocole	46
II.3.2. Estimation du degré d'oxydation des lipides du poisson (TBA) (Genot, 1996)	47
A. Principe	47
B. Protocole	47
III. Élevage de la mouche soldats noire	48
III.1. Préparation de site d'élevage	48
III.1.2 Élevage des MSNL	49
III.1.3. Étapes d'élevage	49
III.1.4. Préparation de farine de MSNL	50
III.2. Analyses physicochimiques	50
III.2.1. Détermination de la teneur en matière sèche et en eau (AFNOR, 1985)	50
III.2.2. Détermination de la teneur en matière minérale (AFNOR, 1985)	51
III.2.3. Détermination de la teneur en protéines (Lowry; 1951)	52
A. Principe	52
B. Protocole	52
III.2.4. Détermination de la teneur en matière grasse (ISO, 1999)	53
A. Protocole	53
B. Principe	53

TROISIÈME PARTIE : Résultats et discussion

I. Valorisation des coproduits de poisson	55
I.1. Production de la farine et l'huile de poisson	55
I.2. Analyses physico-chimiques	55

I.2.1. Déchets de poisson	55
I.2.1.1. Teneur en matière sèche	56
I.2.1.2. Teneur en eau	56
I.2.1.3. Teneur en matière minérale	56
I.2.1.4. Teneur en matière grasse	57
I.2.1.5. Teneur en protéine	57
I.2.2. Farine de poisson	58
I.2.2.1. Teneur en matière sèche	58
I.2.2.2. Teneur en eau	58
I.2.2.3. Teneur en matière minérale	59
I.2.2.4. Teneur en matière grasse	59
I.2.2.5. Teneur en protéine	60
I.3. Analyse microbiologique	60
II. Conservation de la farine de poisson	61
II.1. Analyses physico-chimiques de <i>Malva parviflora</i>	61
II.1.1. Teneur en matière sèche	61
II.1.2. Teneur en eau	61
II.1.3. Teneur en matière minérale	62
II.1.4. Teneur en matière grasse	62
II.1.5. Teneur en protéine	62
II.2. Étude phytochimique	63
II.2.1. Rendement d'extraction des feuilles de <i>Malva parviflora</i>	63
II.2.2. Screening phytochimique	63
II.2.2.1. Teneur en polyphénol	64
II.2.2.2. Teneur en flavonoïde	64
II.2.2.3. Teneur en sucre	64
II.2.2.4. Teneur en tanins	64
II.3. Étude phytochimique	65
II.3.1. Activité de piégeage des radicaux libres (DPPH)	65
II.3.1.1. La capacité antioxydante de <i>Malva parviflora</i>	65

II.3.1.2. Évaluation de degré d'oxydation lipidique de la farine de poisson.....	65
II.3.2. Détermination de la peroxydation des lipides.....	66
III. Élevage de mouche soldats noir	68
III.1. Analyse physico-chimique	68
III.1.1. Teneur en matière sèche	68
III.1.2. Teneur en eau	69
III.1.3. Teneur en matière minérale.....	69
III.1.4. Teneur en matière grasse	70
III.1.5. Teneur en protéine.....	71
III.2. Analyse de performance des MSNL(poids et taille).....	72
Conclusion générale	74

Références bibliographiques

Annexes

Introduction générale

La production halieutique comprend l'exploitation des ressources vivantes aquatiques, regroupant ainsi différentes méthodes d'exploitation et de gestion des espèces végétales et animales dans tous les environnements aquatiques, qu'ils soient marins ou d'eau douce (**insee**, 2020). Toutefois, La pêche et l'aquaculture continuent d'être des activités d'une importance vitale pour des centaines de millions de personnes à travers le monde. Elles assurent la sécurité alimentaire, la nutrition et représentent une source de revenus essentiels pour les moyens de subsistance (**FAO**, 2016).

Selon les données de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) de 2018, la grande majorité, soit environ 88 %, de la production totale de poisson, qui s'élevait à 179 millions de tonnes, était destinée à la consommation humaine directe. Les 12 % restants étaient utilisés à des fins non alimentaires (**FAO**, 2020). Jusqu'à récemment, la plupart des sous-produits issus de la transformation du poisson, représentant jusqu'à 75 % de la matière première, étaient soit rejetés, soit utilisés directement comme aliments pour animaux, en ensilage ou en tant qu'engrais (**Rustad et al.**, 2011). Ces déchets de pêches sont des poissons non ciblé ou des espèces accessoires demandées ayant peu ou pas de valeur commerciale, des poissons de taille insuffisante ou endommagée appartenant à des espèces commerciales, ainsi que des tissus de poissons inutilisés tels que les nageoires, les têtes, la peau et les viscères (**WRAP**, 2012 ; **Caruso**, 2016). Cependant, on observe actuellement une tendance croissante à utiliser ces sous-produits pour produire de la farine de poisson et de l'huile de poisson (représentant actuellement environ 25 à 35 % de la production totale) (**FAO**, 2020). Et conformément à l'économie circulaire et aux concepts de zéro déchet (**Caruso et al.**, 2020), il est souhaitable d'obtenir plusieurs dérivés à partir des déchets de poisson, car tous les sous-produits du processus peuvent transformés en produits valorisés : fraction protéique comme aliment pour animaux et sources d'enzymes et de peptides bioactifs, glycérols pour la production de produits chimiques précieux, acides gras insaturés(AG) à chaîne courte comme biocarburant liquide, arêtes de poisson comme source de minéraux, de

collagène et de gélatine(Lopes *et al.*, 2015;Zhou *et al.*, 2008)

Selon les informations les plus récentes de la FAO, la gestion des déchets de poisson en Algérie peut jouer un rôle crucial dans le soutien à la durabilité de l'industrie de la pêche et de l'aquaculture. Cette pratique est particulièrement pertinente pour répondre à la demande croissante de protéines, en particulier dans le secteur de l'alimentation animale. La FAO souligne que la production de farine et d'huile de poisson à partir de ces déchets est actuellement la forme de valorisation la plus importante, car tous les co-produits peuvent être utilisés sans distinction (FAO, 2018)

La conservation de la farine dans le cadre de la valorisation des déchets est une phase cruciale, en raison de sa propension à se dégrader et à s'oxyder, ce qui est dû à sa teneur en protéines et en lipides. Comme l'a souligné Jackson (2007), la farine de poisson contient généralement entre 65 et 67% de protéines, 12% de lipides et environ 10% d'eau au maximum pour assurer sa stabilité. Il est donc indispensable de trouver des méthodes efficaces pour prolonger sa durée de conservation sans nuire à sa qualité nutritionnelle. C'est ici que la plante *Malva parviflora* intervient. Elle possède de nombreuses propriétés pharmacologiques, y compris des propriétés antibactériennes, antifongiques, antioxydantes et anti-inflammatoires (Azab, 2017). Ces propriétés marquées sont principalement dues à sa richesse en métabolites secondaires, tels que les flavonoïdes et les acides phénoliques (Farhan *et al.*, 2012). Cette plante a donc le potentiel de prévenir la croissance de micro-organismes indésirables et de réduire l'oxydation de la farine.

Cette étude vise à valoriser les ressources disponibles en combinant la production de farine de poisson à partir des déchets de poisson avec l'utilisation de la plante *Malva parviflora*. Cette approche novatrice permet de créer une méthode prometteuse pour la conservation de la farine de poisson et d'autres sous-produits.

Parallèlement, on essaye d'explorer diverses méthodes de valorisation des déchets de poisson en les intégrant dans le régime alimentaire des mouches soldats noires ou MSN. Ces derniers, qui sont largement reconnus pour leur rôle essentiel dans la résolution des problèmes associés aux quantités importantes de déchets

Introduction générale

organiques qui sont générées à travers le monde. Ils sont de plus en plus utilisés dans le traitement des déchets biologiques en raison de leur caractère respectueux de l'environnement et de leur faible coût (**Kim *et al.*, 2021; Singh et Kumari, 2019**).

Notre objectif est de valoriser les déchets de poisson en introduisant de la farine de poisson dans le régime alimentaire des mouches soldats noires. Cette étude vise à déterminer l'efficacité de la farine de poisson pour augmenter la valeur nutritionnelle des mouches soldats, tout en comparant ses performances avec d'autres régimes tels que les déchets ménagers et les aliments pour poussins. Les résultats de cette étude nous permettront de mieux comprendre les avantages potentiels de l'utilisation de la farine de poisson dans l'alimentation animale, en tant que moyen efficace de valoriser les déchets de poisson et d'optimiser leur valeur nutritionnelle.

PREMIERE PARTIE
Rappel bibliographique

Chapitre 01

Coproduits halieutiques

I. Coproduits halieutiques

Selon la définition de l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie), un sous-produit est un produit résiduel qui émerge pendant le processus de fabrication ou de distribution d'un produit final. Il n'est ni intentionnel ni prévisible, mais plutôt accidentel. Il peut être utilisé directement ou servir d'ingrédient dans un autre processus de production en vue de la création d'un autre produit final (ADEME, 2000).

Au cours des deux dernières décennies, les entreprises de transformation de produits marins ont progressivement réalisé que les résidus générés par leurs activités, autrefois considérés comme des coûts, pourraient être valorisés et utilisés comme des coproduits de qualité. Ces coproduits deviennent ainsi une matière première importante pour des activités ultérieures, c'est-à-dire « la matière première d'une activité en aval » (Le Floch *et al.*, 2011). Ces coproduits comprennent les sous-produits, les captures accessoires, les rejets et les invendus. Il s'agit principalement des parties de poissons ou de crustacés (comme la peau, les arêtes, la tête, les viscères) qui ne sont généralement pas consommées de manière traditionnelle, mais qui peuvent être récupérées et utilisées après un traitement de transformation. Ces coproduits proviennent des différentes étapes, telles que le filetage, l'éviscération, l'étêtage, le pelage, le lavage, la décongélation ou la cuisson des produits bruts. Ils représentent une part importante, allant de 30 à 60% de la masse totale de poisson (Jabri-karaoui, 2018). L'analyse des compositions proximales de ces matières fait ressortir l'existence de très nombreuses molécules ou groupes de molécules potentiellement valorisables notamment des protéines, des fractions lipidiques, des vitamines, des minéraux, mais aussi des composés bioactifs qui ont des propriétés bénéfiques pour la santé humaine et animale (Shahidi, 2006).

Selon la FAO, la production des produits de pêche en 2006 était de 141,6 millions de tonnes contre 20 millions en 1950. Ces valeurs sont en augmentation progressive. Cependant, environ 50% de la quantité se transforme en déchets représentant ainsi 70.8 millions de tonnes de pertes (Wiggers *et al.*, 2009).

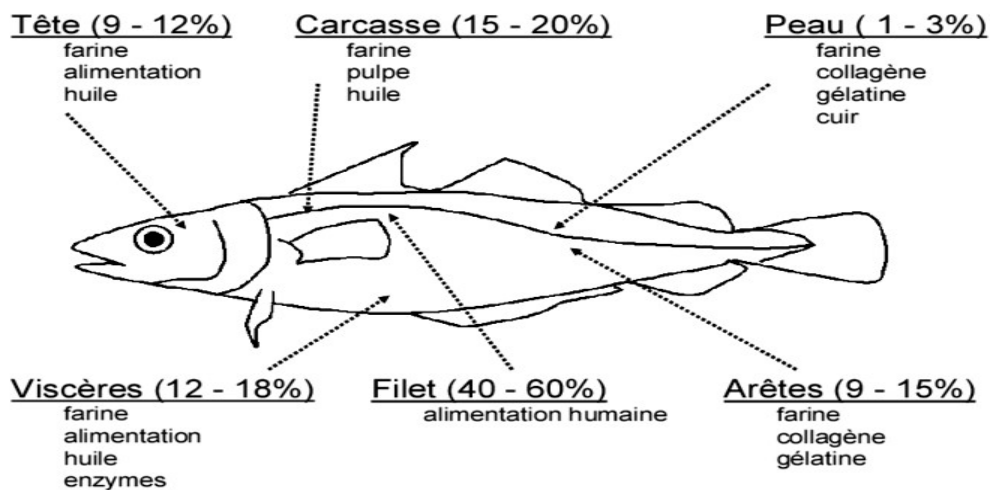


Figure 01: sous-produits de poisson et leurs applications(Guérard, 2009).

Au cours du trajet des produits de la mer au sein de la filière, depuis leur capture jusqu'à leur consommation finale, divers sous-produits et déchets sont générés. Ces éléments peuvent être classifiés en trois catégories distinctes :

- ✧ les captures accessoires et les rejets,
- ✧ les produits retirés et invendus,
- ✧ les sous-produits résultant du processus de transformation,

Ces différentes matières sont générées soit à bord des navires de pêche, soit à terre, dans les halles à marée ou chez les transformateurs (Penven, 2014).

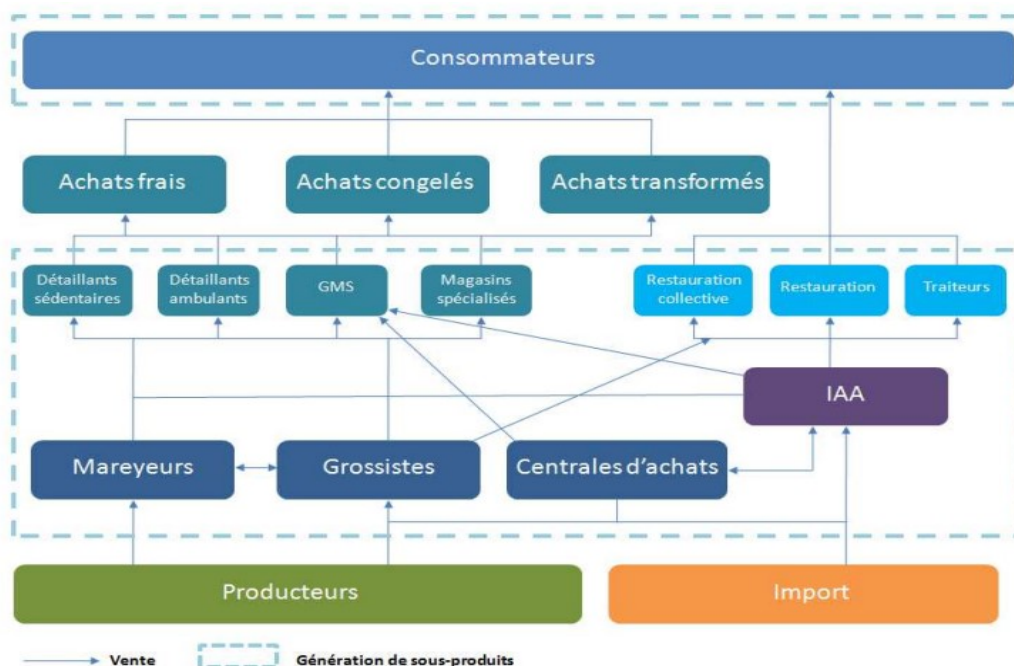


Figure02: Filière des produits de la mer et génération de sous-produits(Penven, 2014)

Tableau01: Sous-produits de poisson par type de transformation (Penven, 2014)

Transformation	Type de sous-produit	Sous-produit
Éviscération	Viscères	Appareil digestif (estomac, glande digestive, intestin, etc...)
		Cœur
		Foie
		Œufs (gonade femelle)
		Laitance (gonade mâle)
		Vessie natatoire
	Encre de céphalopode	
	Coquille interne des mollusques céphalopodes	Os de seiche
	Plume de calmar	
Étêtage	Têtes	Branchies
		Collet
		Joues
		Langue et/ou organe palatin
		Os et cartilage
		Tête/tentacules
	Yeux	
Filetage/ Découpe	Arêtes	Arêtes osseuses
		Cartilages
		Chair adhérente aux arêtes
		Nageoires dorsales et caudales
	Chutes de parage des filets	Chutes de coupe
		Ligaments
		Nageoires ventrales et pectorales
	Ventrèche	
Pelage	Peaux	Derme
		Écailles
		Gras et chair sous-cutanée
		Mucus

II. Définition de valorisation

Selon **Addou** (2009), la valorisation des déchets se réfère à un processus de traitement qui englobe le réemploi, le recyclage ou toute autre action visant à obtenir des matériaux réutilisables ou de l'énergie à partir des déchets. Et d'après **la directive européenne 75/442/CEE** du conseil du 15 juillet **1997** la caractéristique essentielle de l'opération de valorisation consiste à faire remplir aux déchets une fonction utile. Ils se substituent pour cela à l'usage d'autres matériaux qui auraient dû être utilisés pour

remplir cette fonction, afin de préserver les ressources naturelles. La valorisation se décline en :

- ✧ valorisation de la matière qui permet de réutiliser les éléments constitutifs du déchet en les intégrant dans le circuit économique;
- ✧ valorisation biologique permettant la production d'engrais et de compost;
- ✧ valorisation énergétique (production de chaleur et d'électricité).

III. Farine et huile de poisson

La farine de poisson est une poudre obtenue après cuisson, pressage, séchage et broyage de poisson cru frais et/ou des parures de poisson(**Ingi-Einarsson et al.**, 2019). En général elle est constituée des rejets issus de la chaîne de filetage, mais parfois aussi des captures excédentaires, ou de poisson non commercialisable suite à des accidents de stockage (glaçage ou température inadéquats), de manutention (poisson écrasé ou abîmé) ou bien possédant des anomalies de présentation. Cette source protéique était jusqu'alors incinérée. Pour la valoriser, il a été décidé de transformer les déchets en farine(**Guerreiro et Retiere**, 1992). Actuellement, la part la plus importante des farines de poissons provient de fabrications obtenues à partir de poissons osseux pélagiques de petite taille qui, en général, ne sont pas destinés à l'alimentation humaine : anchois pour la plus grosse part, hareng, menhaden, etc. ces poissons s'ajoutent les déchets de filèterie, de conserverie ou de surgélation, en proportion croissante, qui contribuent à une augmentation significative de la production, mais difficile à estimer globalement (**Moletta**, 2009).

L'huile de poisson est produite chaque fois que le poisson gras est transformé en farine. C'est une huile 100% marine à haute teneur en acides gras oméga-3. L'huile de poisson est principalement utilisée pour produire des aliments pour les poissons d'élevage et de l'huile de poisson raffinée pour la consommation humaine(**EUMOFA**, 2021).

III.1. Production mondiale

La production de farine et d'huile de poisson joue un rôle important dans les pays nordiques. Cependant, La production a été statique au cours de la dernière décennie, tandis que la demande mondiale de protéines et d'huile a augmenté,

parallèlement à la demande croissante du public pour une durabilité améliorée et une utilisation accrue de sous-produits animaux marins et terrestres (**Ingi-Einarsson et al.**, 2019).

Selon **FAO** (2000), la production de la farine de poisson en 1999 a été évaluée à 5,7 millions de tonnes en progression par rapport au faible niveau de 4.8 millions de tonnes en 1998. La normalisation des captures péruviennes et la production de farine de poisson sont à l'origine de l'accroissement de la production. Les exportations de farine de poisson par les cinq principaux pays exportateurs (Chili, Pérou, Danemark, Norvège, Islande) ont augmenté de 0,7 million de tonnes au cours de neuf premiers mois de 1999 atteignant 2,1 millions de tonnes. Pour l'an 2000 indiquent un niveau semblable à celui de 1999, les prix sont augmentés en 2000 avec la reprise de la demande en Asie et l'accroissement du niveau des prix des produits concurrents. En 2002 **Hardy et Tacon** ont déclaré que la production annuelle de farine de poisson a été plus ou moins constante au cours des 15 dernières années à environ 6,2 millions de tonnes (**Hardy et Tacon**, 2002). En 2009 six pays, Chili, Pérou, Danemark, Norvège, Islande et Équateur, se partagent la moitié des 6,5 millions de tonnes de farines de poisson et des 1,2 million tonnes d'huiles produites annuellement (**Moletta**, 2009).

En 2018, la production mondiale de farine de poisson a atteint son plus haut niveau depuis 2011 à 5,8 millions de tonnes, soit une augmentation de 20 % par rapport à 2017. La production d'huile de poisson a atteint près de 1,3 million de tonnes, le niveau le plus élevé enregistré au cours des 20 dernières années. L'augmentation de la production est le résultat de captures élevées d'anchois du Pérou. La production mondiale en 2019 et 2020 est estimée bien inférieure, avec respectivement 4,9 et 5 millions de tonnes de farine de poisson, et 1,17 et 1,25 million de tonnes d'huile de poisson. La baisse est à nouveau principalement causée par la baisse des captures au Pérou (**EUMOFA**, 2021).

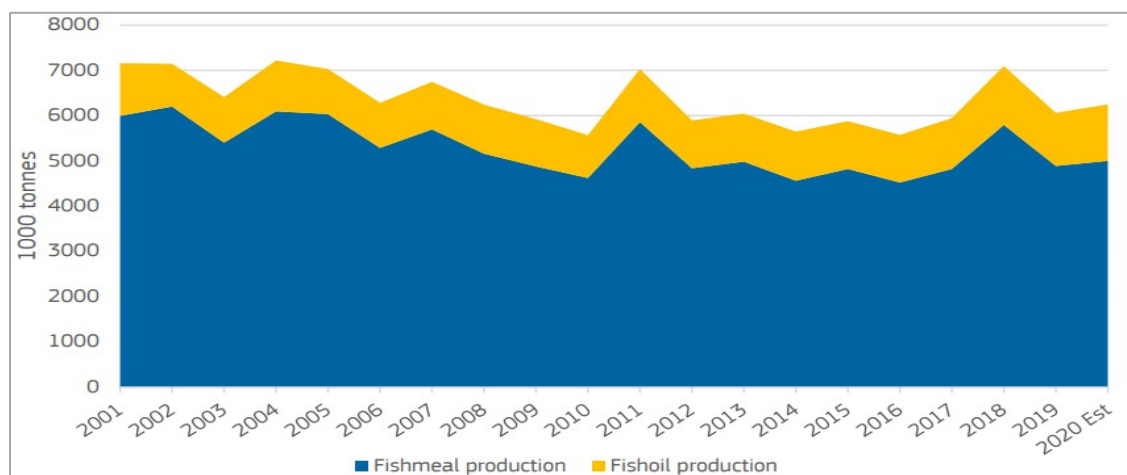


Figure03 : Production mondiale de farine et huile de poisson de 2001 à 2020 (IFFO,2019)

III.2. Composition de la farine et huile de poisson

La farine de poisson est un produit relativement sec composé principalement de protéines (70%), de minéraux (10%), de matières grasses (9%) et d'eau (8%) ; il peut avoir différentes qualités, en termes de profil d'acides aminés, de digestibilité et d'appétence, selon la matière première utilisée pour sa production et le type de procédé utilisé pour obtenir la farine (FAO, 1986). Selon Guerrero et Retière (1992), cette farine animale produite à partir de poissons, elle est riche en protéines animales (lysine, méthionine) faciles à digérer pour de nombreux mammifères et oiseaux.

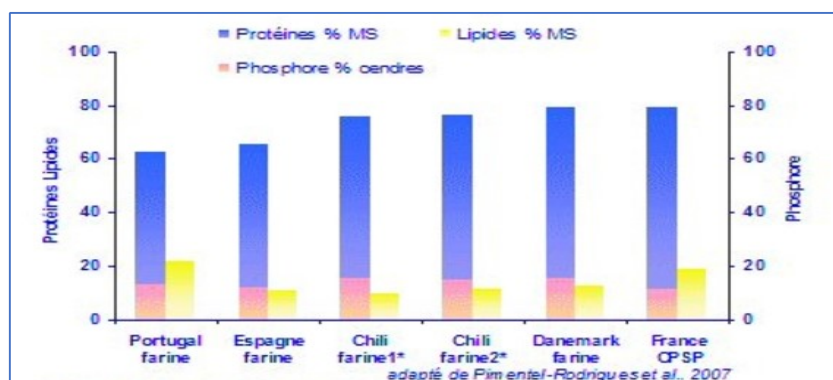


Figure04 : Composition de farine de poisson en protéines, lipides et phosphore de différentes origines(Pimentel-Rodrigues *et al.*, 2007)

Tous les poissons marins dépendent des acides gras oméga-3 marins à des degrés et à une composition variable. Les micronutriments contenus dans la farine et huile de poisson, notamment les acides aminés, les vitamines et les minéraux, favorisent la

croissance et fonction physiologique optimale des animaux et des poissons d'élevage. Cela rend la farine de poisson et l'huile de poisson des ingrédients alimentaires indispensables par un teneur élevée en protéines de 62 à >70% , en acides gras oméga-3 à longue chaîne EPA (acide eicosapentaénoïque) et DHA (acide docosahexaénoïque), contient des minéraux; calcium, phosphore, magnésium, potassium et sélénium et des vitamines; B1, B2, B6 et B12(**Ingi- Einarsson et al.**, 2019).

III.3. Fabrication de la farine et de l'huile de poisson

Selon leur origine et leur composition, les poissons ou les déchets peuvent être traités de différentes manières. La première précaution est de les traiter rapidement ou, dans l'attente de pouvoir le faire, de les conserver au froid pour éviter tout développement d'amines biogènes, histamine en particulier. Tout traitement commence par un trempage, puis un tamisage et une décantation. Les déchets ou les poissons pauvres en lipides sont soumis à une cuisson suivie d'un pressage, puis d'un séchage et d'un broyage. Les poissons gras, après la décantation, produisent un lait de poisson, ou soluble de poisson, qui est centrifugé avec les retours du tamisage afin d'extraire l'huile de poisson (**Moletta**, 2009).

III.3.1. Matière première

Le maintien d'une qualité optimale de la matière première est fondamental pour garantir une farine et une huile de poisson de bonne qualité, qui fourniront une valeur nutritionnelle optimale et obtiendront les prix les plus élevés. Les matières premières du poisson sont instables et très périssables. La détérioration, le développement d'arômes et d'odeurs indésirables doivent être évités en contrôlant la dégradation des protéines et l'oxydation des lipides (**Thorkelsson et al.**, 2009).

III.3.2. Cuisson

La première étape du processus de fabrication de la farine de poisson consiste à chauffer le poisson et/ou les déchets de poisson à 95-100°C, ce qui dénature la protéine et facilite la séparation de l'huile et du liquide des solides(**Bechtel**, 2007).Selon **Nygaard** (2010), la durée minimale requise dans les cuiseurs est d'au moins 20 minutes à des températures supérieures à 70 °C pour le poisson haché

sauvage. Cela garantit que les virus, les bactéries et les parasites seront inactivés avec succès après cette période. Cela indique que la procédure de chauffage doit être effectuée autour de 75 °C pendant 20 minutes pour des résultats optimaux. Et théoriquement, il ne devrait y avoir aucune raison de chauffer davantage le matériau, ce qui a été fait pendant des siècles, et/ou 100 °C a été la cible (FAO, 1986).

III.3.3. Pressage

Après le processus de cuisson, le gâteau de presse humide est introduit dans une presse qui comprime le reste des liquides hors du matériau. Le gâteau de presse est alors prêt à sécher pendant que la liqueur est pressée va dans un traitement ultérieur(Ingi-Einarsson *et al.*, 2019).Le but de la presse est d'extraire autant de liquides que possible de la phase solide. Cela permet d'accélérer le processus de séchage. Ceci est également important pour améliorer la qualité de la farine et pour y réduire la teneur en humidité(FAO, 1986).

III.3.4. Décantation et centrifugation

Les décanteurs et les centrifuges sont utilisés pour éliminer les particules solides de la liqueur de presse. Ils ont à attirer une attention accrue en remplacement de la presse à vis principale dans les petites farines de poisson-plantes (Gíslason *et al.*, 2014).

III.3.5. Broyage et séchage

Le but du processus de séchage est de convertir le mélange humide et instable de tourteau de presse et de concentration en une farine de poisson sèche et stable. Ce séchage s'est fait par chauffage jusqu'à la température où la vitesse d'évaporation de l'eau est jugée satisfaisante. L'augmentation de la température accélérera le processus de séchage. La température de séchage de la présente expérience était en moyenne d'environ 28°C dans des conditions naturelles(FAO, 1986). Après le séchage le tourteau va subir un broyage qui consiste à faciliter une incorporation uniforme dans les aliments pour animaux. Une farine correctement moulue a un aspect attrayant et se mélange facilement aux rations alimentaires qui nécessitent un mélange homogène. La taille de la farine était un tamis de 10 mailles (FAO, 1986).

III.3.6. Stockage et conservation

La farine est stockée et transportée dans des sacs. La capacité des sacs de farine

de poisson utilisés était normalement de 50 kg. Dans les régions tropicales, les sacs sont souvent en toile de jute. Ces matériaux à structure ouverte permettent le passage de la vapeur d'eau et de l'oxygène. Dans des conditions humides, la farine hygroscopique peut absorber de l'humidité. Si la teneur en humidité dépasse 15 %, les moisissures et les bactéries peuvent devenir actives et la farine peut se compacter en une masse solide au fond du sac (FAO, 1986). Et selon **Guerreiro et Retiere** (1992), en cas d'entreposage prolongé de la farine de poisson, il se produit des modifications qui risquent d'en altérer la qualité nutritive. Ces modifications n'ont que peu d'importance dans le cas de farine produite à partir de matière première pauvre en matière grasse. Une partie des lipides s'oxyde et forme des peroxydes, qui à leur tour se transforment en composés plus stables, mais peu énergétiques. Les peroxydes réagissent avec les protéines pour en altérer la valeur biologique. Au début de l'oxydation, les réactions sont lentes, car les radicaux libres sont peu nombreux, c'est la période d'induction. Si aucune action n'est entreprise, le taux d'oxydation marque une progression exponentielle. La température au cœur du sac de farine à l'entreposage ne doit pas dépasser 37.7°C

III.3.7. Stérilisations

Pour tout le produit, **la législation européenne** a imposée à partir du 1 avril 1997 (décision 99/534/CE) un traitement par chauffage :

- A au moins 133 c à cœur pendant 20 min.
- A une pression interviennent dans le cadre de la lutte contre les maladies

III.4. Facteurs qui déterminent la qualité de la farine de poisson.

III.4.1. État de fraîcheur du poisson

Les divers caractères qui viennent d'être définis ne sont pas immuables ; pour un poisson frais ou pour un poisson altéré, ils peuvent comporter des fluctuations qui dépendent de l'espèce, de la taille des individus, du monde de pêche, des conditions de manutention et du transport. Certains caractères du poisson fraîchement pêché sont susceptibles de se modifier avant qu'il y ait une altération véritable de la chair (**Boury**, 1985). D'une manière générale, les changements et la dégradation des produits de la pêche sont sous l'action conjuguée des enzymes et des bactéries. Ceci se traduit par

de complexes réactions de détériorations intrinsèques (autolyse, protéolyse et lipolyse) et extrinsèques (bactéries) (Oumansour, 2001).

Tableau02: barème de cotation de la fraîcheur du poisson préconisé par le RÈGLEMENT (CEE) N° 2455/70 DU CONSEIL du 30 novembre 1970.

Objet d'examen	Critères			
	Codes d'appréciation			
	3	2	1	0
	Aspect			
Peau	Pigmentation vive et chatoyante, pas de décoloration: mucus aqueux, transparent.	Pigmentation vive, mais sans lustre. Mucus légèrement trouble	Pigmentation en voie de décoloration et ternie. Mucus opaque.	Pigmentation terne. Mucus laiteux.
Œil	Convexe (bombé). Cornée transparente. Pupille noire, brillante.	Convexe et légèrement. Affaissé. Cornée légèrement opalescente. Pupille noire et ternie	Plat. Cornée opalescente. Pupille opaque	Concave au centre. Cornée laiteuse. Pupille grise.
Branchies	Couleur brillante, pas de mucus. Généralement rouge vermillon.	Moins colorées. Traces légères de mucus clair	Se décolorant. Mucus opaque	Jaunâtres. Mucus laiteux.
Chair (coupure dans l'abdomen)	Bleuâtre ou blanche selon les poissons, translucide, lisse, brillante, sans changement de coloration originale	veloutée, cireuse, feutrée. Couleur légèrement modifiée	Légèrement Opaque	Opaque.
Couleur le long de la	Pas de coloration	Légèrement rose.	Rose	Rouge.

colonne vertébrale				
Organes	Reins et résidus d'autres organes rouge brillant, comme le sang à l'intérieur de l'aorte. Reins,	Reins et résidus d'autres organes rouge mat. Sang se décolorant.	Reins, résidus d'autres organes et sang rouge pâle.	résidus d'autres organes et sang brunâtre
État				
Chair	Ferme et élastique. Surface lisse.	Légèrement molle (flasque), élasticité diminuée, surface cireuse (veloutée) et ternie.	Élasticité diminuée	Molle (flasque). Écaille se détachant facilement de la peau, surface granuleuse
Colonne vertébrale	Se brise au lieu de se détacher.	Adhérente	Peu Adhérente	Non adhérente.
Péritoine	Adhérent totalement à la chair	Adhérente	Peu Adhérente	Non adhérente.
Odeur				
Branchies, peau, cavité abdomen	Aigue-marine	Ni d'algue, ni mauvaise.	Légèrement aigre	Aigre.
0 : non admis 1 : stade d'altération plus avancé. 2 : bonne fraîcheur. 3 : extra fraîcheur.				

III.4.2. Température de séchage

L'étape de séchage est primordiale pour la qualité du produit final, c'est d'elle que dépend la teneur en eau de la farine. De plus, elle peut diminuer l'efficacité des étapes ultérieures : une cuisson trop poussée détériore la matière première par rupture du tissu conjonctif et des chaînes protéiques. Au pressage, le gâteau devient trop mou et le jus de presse est chargé de solides en suspension (**Guerreiro et Retiere, 1992**). Pour qu'un séchage soit efficace, il faut toujours tenir compte des caractéristiques de l'air et du poisson. En effet, certains poissons, tels que les petits poissons maigres,

sont mieux adaptés que d'autres à ce procédé, et atteignent dans de bonnes conditions une faible teneur en eau de 25%, il est d'ailleurs déconseillé de diminuer davantage cette teneur en eau, car ils deviennent cassants et d'un stockage difficile. Selon l'hygrométrie de l'air, on peut obtenir un séchage plus ou moins fort (Gret, 1993).

Il y a une relation entre l'humidité relative de l'air et la teneur minimale en eau que l'on peut atteindre dans le poisson :

- ✧ pour 20 % d'humidité, la teneur minimale en eau est de 7 %;
- ✧ pour 60 % d'humidité, elle est de 15 %;
- ✧ pour 80 % d'humidité, elle est de 24 % (Gret, 1993).

III.5. Utilisation de la farine et l'huile de poisson

L'expansion de la transformation du poisson a entraîné une augmentation des quantités de sous-produits, qui peuvent représenter jusqu'à 70 pour cent du poisson transformé. Historiquement, les sous-produits du poisson étaient souvent : jetés comme déchets; utilisé directement comme aliment pour l'aquaculture, le bétail, les animaux de compagnie ou les animaux élevés pour la production de fourrure; ou utilisé dans l'ensilage et les engrais. Cependant, d'autres utilisations des sous-produits de poisson ont attiré l'attention au cours des deux dernières décennies, car ils peuvent représenter une source importante de nutrition et peuvent désormais être utilisés plus efficacement grâce à l'amélioration des technologies de transformation (Al Khawli *et al.*, 2019).

III.5.1. Aviculture

La farine de poisson est également donnée aux animaux de ferme non seulement pour améliorer la productivité, mais aussi pour protéger la santé et le bien-être et réduire la dépendance aux antibiotiques et autres médicaments (Pike, 1999; Anonyme, 2002). Dans la plupart des pays en développement, la farine de poisson est la source conventionnelle de protéines animales la plus importante pour la volaille. Son approvisionnement dépend principalement de l'offre extérieure. En conséquence, le coût de la farine de poisson est très élevé et son niveau d'inclusion dans l'alimentation se traduit par une production de volaille moins rentable (karimi, 2006). Gonzalez-Esquerria et Leeson (2000), ont démontré que pour augmenter la teneur en oméga-3

de la viande de poulet, il suffit de nourrir la farine de poisson ou l'huile de poisson pendant sept jours avant l'abattage. Ils ont également montré que l'enrichissement en oméga-3 était plus élevé dans la viande brune, indiquant que les différentes portions accumulent les oméga-3 différemment.

II.5.2. Pisciculture

La farine de poisson et les huiles de poisson sont considérées comme les ingrédients les plus nutritifs et les plus digestes pour les poissons d'élevage et sont de plus en plus utilisées à des étapes de production spécifiques de l'aquaculture (FAO, 2020). et selon **Bechtel** (2007), La farine de poisson est un bon ingrédient alimentaire pour l'aquaculture, car il s'agit d'une protéine de haute qualité et complète la plupart des protéines végétales dans les formulations d'aliments. En outre, les farines de poisson ont généralement une teneur élevée en acides gras oméga-3 à longue chaîne et en minéraux, et ont de bonnes caractéristiques d'appétence.

En 2009, la part de farine de poisson utilisée dans le secteur de l'aquaculture était de 63 %. La part est restée stable autour de 70 % de 2010 à 2017-2019, date à laquelle elle est passée à 78 %. En 2019, environ 25 % de la farine de poisson destinée à l'aquaculture était utilisée pour nourrir les crustacés, 15 % pour nourrir le saumon et la truite, 17 % pour nourrir les poissons marins et 21 % pour nourrir les espèces d'eau douce. Le reste était réparti entre les tilapias, les cyprinidés et les anguilles(EUMOFA, 2021).

IV. Nouvelles voies de valorisation des déchets de poisson

IV.1. Concentré de protéines de poisson

La fabrication de farines n'est pas la seule manière de traiter les poissons et leurs déchets (**Moletta**, 2009). Le CPP est produit à partir de restes de poisson et d'abats provenant du filetage, de l'éviscération et d'autres traitements du poisson. opérations. La matière première est hachée puis additionnée d'acide formique pour réduire le pH à inférieure à 4. Cela donne des conditions optimales pour l'hydrolyse des protéines par la pepsine de poisson et est stabilisation de l'activité microbiologique. L'ensilage de poisson brut hydrolysé est chauffé et transformé sur

une centrifugeuse décanteuse à 3 phases pour éliminer l'huile et les particules avant de les concentrer pour un CPP avec une matière sèche typique de 40-50% (Sikorski *et al.*, 1995).

selon FAO (1986), il existe trois grands types de concentrés de protéines de poisson

- ✧ Type A: une poudre pratiquement inodore et insipide ayant une teneur maximale en matières grasses totales
- ✧ Type B: une poudre n'ayant pas de limites spécifiques quant à l'odeur ou à la saveur, mais définitivement ayant une saveur de poisson et une teneur maximale en matières grasses de 3%.
- ✧ Type C: farine de poisson normale produite dans des conditions d'hygiène satisfaisantes.

IV.2. Hydrolysât de protéines de poisson

Les hétérolysats sont des produits obtenus par l'action d'une enzyme ou d'un mélange d'enzymes additionné au milieu. Ce type d'hydrolyse enzymatique permet d'obtenir des produits protéiques solubles dotés de bonnes propriétés fonctionnelles et susceptibles d'être utilisés en alimentation humaine ou animale. Plusieurs paramètres influencent cette hydrolyse notamment la température, le pH, le ratio enzyme/substrat et le temps d'hydrolyse (Liaset *et al.*, 2000).

IV.3. Collagène et gélatine

Le collagène est une protéine structurale complexe et abondante, présente uniquement dans les métazoaires et regroupant environ 20 à 30 % des protéines animales (Stenzel, 1974; Müller, 2003). Le marché du collagène marin atteindra 983,84 millions USD d'ici 2025, cette augmentation est due à l'utilisation du collagène dans l'industrie cosmétique, alimentaire et des boissons (Saranya, 2020), et les déchets de poisson représentent une source énorme et bon marché de collagène pour l'industrie (Jafari, 2020). Selon Gómez-Guillén *et al* (2009) La gélatine est obtenue par hydrolyse du collagène contenu dans les arêtes et la peau. La source, l'âge de l'animal, le type de collagène et la technique d'extraction sont des facteurs influents sur les propriétés et les caractéristiques des gélatines. Deux types de gélatine sont obtenus. Elles sont commercialement connues sous des appellations de type gélatine A

(obtenue par un prétraitement en milieu acide) et gélatine B (obtenue par un prétraitement en milieu alcalin).

IV.4. Chitine

la chitine est un polysaccharide aminé à longue chaîne inodore et insipide de couleur blanche ou blanc cassé à l'état pur . Il est considéré comme le deuxième biopolymère naturel à poids moléculaire élevé le plus abondant après la cellulose, à laquelle sa structure est fortement similaire. Et contrairement à la plupart des polysaccharides naturels qui sont de nature neutre ou acide, la chitine et la chitosane sont hautement basiques(Copolla *et al.*, 2021). Le chitosane est utilisée en grande quantité dans la production de plusieurs produits de consommation, à savoir les antiseptiques, les produits alimentaires, les cosmétiques, les médicaments et les textiles, et est très attractive pour ses nombreuses propriétés biologiques et comme agent thérapeutique en raison de ses propriétés antibactériennes et antifongiques. Caractéristiques. Il a été rapporté que la production annuelle de chitosane représentait 2 000 tonnes, les principales sources étant les résidus de crevettes et de carapaces de crabe(Cheba, 2011). Récemment, les déchets de poisson ont également acquis une grande attention en tant que sources potentielles de chitine et de dérivés, avec une attention particulière pour les écailles de poisson, mais l'utilisation de ces types de sources est moins étudiée. Compte tenu du fait que les ressources les plus couramment utilisées pour l'extraction de la chitine et de la chitosane sont les crustacés, de nombreuses approches axées sur l'utilisation des déchets de poisson ont utilisé la même procédure générale, avec de légères variations dans certains cas. Les nombreux efforts déployés pour isoler la chitine et le chitosane des crustacés rapportent généralement un rendement final en chitine pour une quantité allant de 14% à 25%, mais l'utilisation d'écailles de poisson semble tout aussi prometteuse(Copolla *et al.*, 2021).

IV.5. Enzyme

les méthodes enzymatiques jouent un rôle clé dans les processus utilisés par les industries modernes pour produire une large gamme de produits destinés à la consommation humaine. Les protéases sont l'un des groupes les plus intéressants

d'enzymes industrielles, largement utilisées pour plusieurs applications, notamment dans l'industrie alimentaire et comme composants des détergents à lessive (Li *et al.*, 2013; Jabali *et al.*, 2014), environ 60% du marché total des enzymes implique l'utilisation de protéases (Sawant *et al.*, 2014).

Tableau03: Enzymes obtenus à partir des déchets de poisson et leur application (Copolla *et al.*, 2021).

Composé	Sous-produits	Source	Application	Référence
pepsine	estomac	morue franche	production de caviar	Gildberg <i>et al.</i> , 1990
pepsine	viscères	morue	production d'ensilage	Xu <i>et al.</i> , 1996
pepsine	estomac	hoplostète orange	production de caviar	Xu <i>et al.</i> , 1996
protéase	pylorique aveugle	saumon atlantique	hydrolysats de poisson	Kristinsson <i>et al.</i> , 2000
trypsine	cæcum pylorique de l'intestin	licorne en cuir	hydrolysats de poisson	Zamani <i>et al.</i> , 2016
protéase	intestine	Thon rouge	hydrolysats de poisson	Jung <i>et al.</i> 2005
protéase	estomac	thon germon	extraction PSC	Benjakul <i>et al.</i> ,2010
protéase	estomac	thon albacore	extraction ISC	Benjakul <i>et al.</i> ,2010
uracil-DNA glycosylase	foie	morue franche	biologie moléculaire	Lanes <i>et al.</i> , 2000
lipase	intestin	morue franche	synthèse des lipides	Lie <i>et al.</i> ,1985
lipase	foie	bar	dégraissage de peau de poisson	Sae-Leaw <i>et al.</i> , 2018

Chapitre 02

Malva parviflora L

I. Généralités sur la plante

La plante *Malva parviflora* ou herbe à fromage est une plante herbacée annuelle et vivace qui appartient à la famille des Malvaceae et a une large distribution en Afrique du Nord, en Europe, en Eurasie et en Australie (Zoufan *et al.*, 2020). Communément appelée mauve. En Algérie on l'appelle; Khoubeiz ou Amedjir. Il est très populaire partout dans le monde. C'est une plante spontanée que l'on trouve sur les terrains incultes, les haies, près des habitations ou le long des routes.(Abdallah et Yousef, 2016). *Malva parviflora* est réputée pour ses propriétés médicinales. Elle est utilisée traditionnellement pour soulager les maux de tête, la somnolence, la rétention d'urine et les affections rénales. En application externe, les racines ou les feuilles écrasées sont utilisées pour traiter diverses inflammations cutanées (Beloued, 2001). En raison de ses propriétés anti-inflammatoires, antiasthmatiques, spasmolytiques, cicatrisantes, toniques, antidiarrhéiques, antispasmodiques et antidiabétiques, cette plante possède des applications variées (Benhamza, 2008).



Figure05 : *Malva parviflora* (Ododo, 2016).

II. Classement botanique

La *Malva parviflora* est une espèce végétale faisant partie de la famille des Malvaceae et du genre *Malva*. Le tableau 6 présente le classement exhaustif de cette plante.

Tableau 04: classement botanique de la *Malva parviflora* L (Coleman et al.,2019)

Embranchement	Spermatophytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
Sous-classe	Dialypétales
Ordre	Malvales
Genre	<i>Malva</i>
Famille	Malvacées
Espèce	<i>Malva parviflora</i>

III. Description botanique

La *Malva parviflora* est une plante herbacée annuelle à longues tiges droites ou étalées sur le sol, mesurant entre 20 et 30 cm de long. Elle possède un système racinaire pivotant profond et solide. Les feuilles de cette plante sont longuement pétiolées, de couleur vert foncé, et ont un contour généralement circulaire. Elles sont également très profondément disséquées jusqu'à la base du limbe, avec 5 à 7 lobes arrondis et dentelés. Les fleurs roses poussent à l'aisselle des feuilles. La *Malva parviflora* est communément appelée herbe à fromage. En termes de taille, elle peut atteindre jusqu'à 40 pouces (Chehema, 2006; Afolayan, 2008).

Les jeunes plants de *Malva parviflora* commencent sous forme de rosettes basses, puis se transforment en plantes ligneuses à croissance érigée atteignant jusqu'à 3 pieds de hauteur à maturité. Les feuilles sont disposées de manière alternée le long de la tige et présentent 5 à 7 lobes peu profonds aux bords ondulés, avec une tache rouge à la

base. Les fleurs, regroupées en grappes à la base de chaque feuille sur les tiges florifères, sont petites et peuvent être blanches, rose pâle ou pourpres, avec 5 pétales. Les fruits sont ronds, légèrement aplatis, de couleur vert pâle ou jaunâtre, et ressemblent à des roues de fromage divisées en 5 sections en forme de coin. Ils sont souvent recouverts de restes des parties florales. Chaque section du fruit contient une graine brun rougeâtre en forme de rein. Les semis développent un système racinaire pivotant solide qui rend leur élimination difficile (Singh et Navneet, 2017).



Figure06 : Aspect morphologique de la plante *Malva parviflora* L (Jauzein, 1995).

IV. Répartition géographique de la plante

La *Malva parviflora* est une plante qui est originaire d'Europe et d'Afrique du Nord, mais elle s'est depuis dirigée dans le monde entier. Elle se trouve maintenant

dans de nombreux pays, y compris les États-Unis, le Canada, le Mexique, l'Amérique centrale, l'Amérique du Sud, l'Australie et la Nouvelle-Zélande(USDA, 2016).

La *Malva parviflora* est présente en Algérie, notamment dans les régions du nord et de l'ouest du pays. Elle pousse dans les champs, les bords de routes et les terrains vagues. La *Malva parviflora* est considérée comme une plante envahissante en Algérie, car elle a la capacité de se propager rapidement et de coloniser de vastes zones, ce qui peut nuire aux cultures locales et à la biodiversité (Boudjelal *et al.*, 2012).

V. Exigences climatique et pédologique de la *Malva parviflora* L

La *Malva parviflora* est une plante qui s'adapte bien à différents types de climats et de sols. Elle peut pousser dans des régions chaudes et sèches, mais aussi dans des régions plus fraîches et humides. En termes de température, la *Malva parviflora* peut tolérer des températures allant de 0°C à 40°C. Elle est capable de supporter de courtes périodes de gelées légères, mais elle ne peut pas survivre à des gelées prolongées ou à des températures inférieures à -5°C. En ce qui concerne les sols, la *Malva parviflora* peut pousser dans une large gamme de types de sols, du sable à l'argile. Elle préfère les sols bien drainés et riches en nutriments, mais elle peut également se développer sur des sols plus pauvres en nutriments. La plante est également tolérante au pH du sol, poussant dans des sols acides à alcalins. En général, la *Malva parviflora* est une plante qui est capable de s'adapter à une grande variété de conditions climatiques et pédologiques, ce qui explique en partie sa large répartition géographique dans le monde (Nemeth *et al.*, 2002; Thakur *et al.*, 2013)

VI. Composition chimique

La composition chimique de *Malva parviflora* peut varier en fonction de facteurs tels que l'environnement de croissance, les conditions climatiques, les méthodes de culture, etc. Cependant, les études de Huang *et al.*, 2014 et Chen *et al.*, 2017 ont identifié plusieurs composants chimiques présents dans la plante,

notamment :

Flavonoïdes : Les flavonoïdes sont des composés phénoliques qui contiennent comme des antioxydants. Les flavonoïdes trouvés dans *Malva parviflora* contiennent la quercétine, le kaempférol, la lutéoline et leurs glycosides.

Acides organiques : Les acides organiques sont des composés présents dans les plantes qui contribuent à leur saveur et à leur acidité. Les acides organiques trouvés dans *Malva parviflora* comprennent l'acide citrique, l'acide malique et l'acide oxalique.

Alcaloïdes : Les alcaloïdes sont des composés organiques azotés qui peuvent avoir des effets pharmacologiques sur le corps. Les alcaloïdes trouvés dans *Malva parviflora* comprennent la malvacine, la malvaline et la malvidine.

Polysaccharides : Les polysaccharides sont des complexes de glucides qui peuvent jouer un rôle dans la régulation de la glycémie et de la fonction immunitaire. Les polysaccharides trouvés dans *Malva parviflora* contiennent le rhamnose, l'arabinose, le galactose et le glucose.

Autres composés : D'autres composés ont été identifiés dans *Malva parviflora*, notamment des phytostérols, des acides gras et des tanins.

VII. Utilisation de la plante

Malva parviflora a été utilisée depuis longtemps en médecine traditionnelle pour traiter diverses affections. Voici quelques utilisations courantes de *Malva parviflora*:

Traitement des inflammations : En raison de ses propriétés anti-inflammatoires, *Malva parviflora* est utilisée pour traiter les inflammations de la bouche, de la gorge et du système digestif (**Al-Snafi**, 2014).

Soulagement de la toux : *Malva parviflora* est utilisée pour traiter la toux et les problèmes respiratoires. Ses propriétés expectorantes permettent de soulager les symptômes de l'asthme, de la bronchite et de la toux chronique (**Garg et al.**, 2014).

Laxatif doux : *Malva parviflora* est souvent utilisé comme laxatif doux pour traiter la constipation. Elle peut également être utilisée pour soulager les douleurs abdominales et l'inconfort associé à la constipation (**Salehi et al.**, 2018).

Soin de la peau : Les extraits de *Malva parviflora* ont des propriétés apaisantes et

hydratantes pour la peau. Elle est utilisée pour traiter les irritations cutanées, les brûlures et les éruptions cutanées (**Haniadka et al.**, 2017).

Traitement des infections : *Malva parviflora* est également utilisée pour traiter les infections bactériennes et virales en raison de ses propriétés antimicrobiennes (**Shabani et al.**, 2014).

VIII. activités biologiques de *Malva parviflora* L

VIII.1. Activité antioxydante

Une étude publiée dans la revue "Food and Chemical Toxicology" a montré que les extraits de *Malva parviflora* avaient des propriétés antioxydantes significatives. Les chercheurs ont constaté que les extraits étaient capables de réduire les dommages oxydatifs causés aux cellules, ce qui suggérait qu'ils pourraient être utiles pour prévenir les maladies liées au stress oxydatif (**Tundis et al.**, 2012).

VIII.2. Activité anti-inflammatoire

Une étude publiée dans la revue "Pharmaceutical Biology" a montré que les extraits de *Malva parviflora* avaient des propriétés anti-inflammatoires significatives. Les chercheurs ont observé une réduction de l'œdème et de l'infiltration cellulaire chez les souris ayant reçu des extraits de la plante (**Atta-ur-Rahman et al.**, 2000).

VIII.3. Activité antibactérienne et antifongique

Une étude publiée dans la revue "Natural Product Research" a montré que les extraits de *Malva parviflora* avaient des propriétés antimicrobiennes significatives. Les chercheurs ont observé que les extraits inhibaient la croissance de plusieurs souches bactériennes, ce qui suggérait que la plante pourrait être utile dans le traitement des infections bactériennes (**Kazemi et al.**, 2012).

Chapitre 03

Présentation des mouches soldats
noirs(*Hermetia illucens*)

I. Taxonomie

Les mouches soldats noires, des insectes saprophages, ont la capacité de recycler les déchets organiques. Elles produisent des larves riches en protéines, qui peuvent être utilisées comme alimentation pour les animaux d'élevage tels que les poissons, les poules et les porcs. Par ailleurs, ces insectes génèrent également des biomasses riches en nutriments, qui peuvent être utilisées comme fertilisants organiques et en fonction des substrats utilisés, la teneur en protéines des larves varie de 42,1 % à 50 % (**Diener et al., 2009; Tanga et al., 2017**).

Les données taxonomiques de la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*) selon **Martinez** (1986) et **Maddison&Schluz** (2007) sont présentées dans le tableau05 suivant.

Tableau05 : taxonomie de la mouche soldat noire (**Martinez,1986; Maddison&Schluz 2007**)

Règne	animal
Phylum	arthropode
subphylum	hexapode
Classe	insectes
Sous-classe	ptérygot
Ordre	diptère
Famille	stratiomyidée
Genre	Hermetia
Espèce	Hermetia illucens

II. Anatomie

La mouche soldat noire (MSN) est un insecte holométabole, ce qui signifie que sa transition du stade larvaire au stade adulte passe par un stade nymphal distinct. Cette transformation est complète, les larves et les adultes présentant des différences morphologiques et des comportements contrastés. Les larves sont saprophages et ont une aversion pour la lumière (**Everest Canary, 2009**).



figure07: Œufs d'*Hermetia illucens*, échelle 1 mm (**Barros et al.**, 2019).

La capsule céphalique des larves est séparée de leur corps, et leurs puissantes pièces buccales leur servent à se nourrir ainsi qu'à se déplacer. Leur corps larvaire est composé de 11 segments recouverts de poils et de soies. Au départ, il présente une couleur beige ou brun clair, qui vire au brun foncé après la nymphose. Les larves peuvent atteindre une longueur allant jusqu'à 20 mm et une largeur d'environ 6 mm. Il convient de noter que les différences chromatiques jusqu'au 17^e jour dans la Figure 08 sont un artefact photographique. À partir du jour 17, la couleur des larves passe du beige au brun foncé (**Caruso et al.**, 2013).



Figure08: Œufs et larves d'*Hermetia illucens* en cours de développement(**Purkayashita et Arkansas**, 2021)

Les adultes mesurent de 13 à 20 mm de long et possèdent deux longues antennes, une paire d'ailes bien développées (qui sont repliées l'une sur l'autre au repos), de minuscules ailes postérieures (hâteres, caractéristique des diptères) et trois paires de pattes avec des tarsi blancs/jaunes (**Caruso et al.**, 2013). Les mâles sont généralement plus petits que les femelles, et une différence anatomique notable réside dans le dernier segment abdominal, permettant de distinguer les sexes. Les femelles possèdent un oviducte tubulaire rétractile, tandis que les mâles ont un édéage (organe reproducteur mâle) et une paire de crochets qui leur permettent de saisir l'organe génital femelle pendant la copulation (**Caruso et al.**, 2013).



Figure09: Organes génitaux féminins MSN (à gauche) et organes génitaux masculins MSN (à droite)(Caruso *et al.*, 2013)

III. Cycle de vie

La mouche soldat noire traverse cinq stades distincts lors de son cycle de vie : œuf, larve, prépupal, nymphal et adulte (Silva et Hesselberg, 2019). Les stades larvaire et nymphal sont les plus longs, tandis que les stades œuf et adulte sont relativement courts (Agus *et al.*, 2020). Le stade œuf commence environ deux jours après l'accouplement des adultes femelles. Chaque femelle peut pondre jusqu'à 500 œufs au cours de sa vie (Diclaro et Kaufman, 2009). Après une incubation de quatre jours, les œufs éclosent et entrent dans le stade larvaire (Caruso *et al.*, 2013). Pendant le stade larvaire, les larves de MSN se nourrissent de diverses matières organiques, telles que le fumier animal, les fruits et légumes en décomposition, et les déchets alimentaires. Ce stade dure généralement de deux à trois semaines dans des conditions optimales (Tanga *et al.*, 2017). Les larves passent ensuite au stade prépupal, où elles cessent de s'alimenter et se déplacent vers un endroit propre et sec à l'écart de la source de nourriture. À partir de là, les larves entrent dans le stade nymphal, au cours duquel elles subissent une métamorphose et se transforment en nymphes. Après une période de sept à douze jours, les nymphes se transforment finalement en mouches adultes (Tanga *et al.*, 2017).

Les adultes de MSN émergent des pupes et ont une durée de vie moyenne d'environ huit à vingt jours (Tomberlin *et al.*, 2009 ;De Smet *et al.*, 2018). Les mâles déploient un comportement de parade nuptiale basé sur des signaux acoustiques produits par leurs ailes battantes pour attirer les femelles (Giunti *et al.*, 2018). Les femelles, quant à elles, préfèrent les sites secs pour pondre leurs œufs, ce processus prenant généralement de 20 à 30 minutes. Chaque grappe d'œufs contient en moyenne de 324

à 998 œufs, avec un poids individuel d'environ $0,028 + 0,001$ mg (Booth et Sheppard, 1984; Chia *et al.*, 2018). Les œufs fécondés éclosent habituellement après quatre jours (Booth et Sheppard, 1984 ; Zhang *et al.*, 2010). Pendant leur vie adulte, les MSN ne se nourrissent que d'eau et dépendent des réserves de graisse accumulées pendant le stade larvaire (Cuncheng *et al.*, 2019). Contrairement à d'autres insectes nuisibles, les MSN ne causent pas de dommages aux cultures, ne polluent pas l'environnement, ne transmettent pas de maladies et ne sont pas une nuisance pour les habitations ou les restaurants. Ils préfèrent vivre à distance des zones habitées, se reproduisant principalement dans des endroits ombragés (Silva et Hesselberg, 2019).

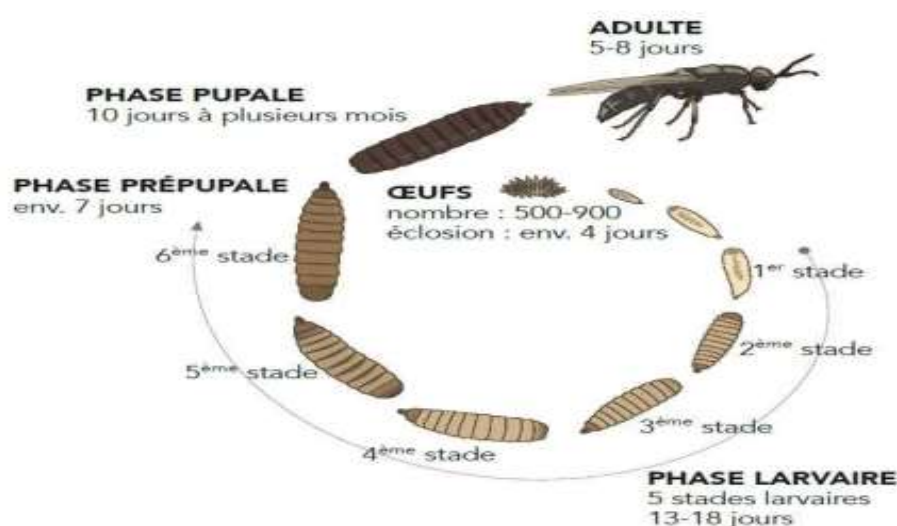


Figure10: Cycle de vie du MSN (De Smet *et al.*, 2018).

IV. Besoins d'*Hermetia illucens*

IV.1. Température

Le développement des mouches soldats noires est favorisé par des températures situées entre 25°C et 30°C. Les températures plus basses peuvent ralentir leur développement, tandis que les températures plus élevées peuvent réduire leur durée de vie. Des températures supérieures à 35°C peuvent entraîner une

mortalité élevée. Ainsi, maintenir une température constante et appropriée est crucial pour favoriser la croissance des larves (**Sheppard et al.**, 2002).

IV.2. Humidité

Un environnement humide est essentiel au développement des mouches soldats noires. Une humidité relative de 70% à 80% est recommandée pour leur élevage. Un manque d'humidité peut entraîner une mortalité accrue des larves, tandis qu'une humidité excessive peut favoriser la croissance de moisissures et de bactéries nocives. Il est important de maintenir une humidité constante en ajoutant de l'eau ou en utilisant des substrats à haute capacité de rétention d'eau (**Holmes et al.**, 2013).

IV.3. Substrat

Les mouches soldats noires se nourrissent de matières organiques en décomposition telles que les déchets alimentaires et les fumiers. Le substrat utilisé pour leur élevage doit être riche en nutriments et suffisamment humide pour permettre aux larves de se nourrir. Les substrats couramment utilisés incluent les déchets alimentaires, le fumier de volaille, le marc de café, les drêches de brasserie, etc. Il est essentiel que les substrats soient exempts de contaminants tels que les métaux lourds ou les résidus de pesticides, qui pourraient nuire à la croissance et à la santé des larves (**Nguyen et al.**, 2015). Les larves des mouches soldats noires possèdent de remarquables adaptations qui leur permettent de prospérer dans un large éventail de matières organiques en décomposition. Leur succès est attribuable à plusieurs facteurs, tels que leurs grandes et puissantes pièces buccales à mâcher, leur riche microbiote intestinal, leur système immunitaire puissant et leur activité enzymatique élevée (**Almeida et al.**, 2020). Ces caractéristiques leur permettent de métaboliser efficacement différentes molécules, y compris les amidons, les protéines et les lipides, présents dans les déchets organiques (**Almeida et al.**, 2020). Par conséquent, les larves des mouches soldats noires sont capables de transformer ces déchets plus rapidement que les vers utilisés dans le lombricompostage (**Rindhe et al.**, 2019). Elles ont une capacité impressionnante de consommation, chaque larve étant capable de

consommer jusqu'à 200 mg de déchets alimentaires par jour (**Almeida et al., 2020**). De plus, la composition chimique du substrat joue un rôle essentiel dans la croissance des larves. Des études ont montré que des valeurs de pH du substrat comprises entre 6 et 10 favorisent une meilleure croissance des larves et des poids plus élevés (**Meneguz et Tomberlin, 2018**). Cependant, il convient de noter que les larves des mouches soldats noires sont capables de tolérer des milieux acides et qu'elles sont capables d'augmenter le pH de leur substrat. Cette capacité est dépendante de la densité des larves, c'est-à-dire que plus elles sont nombreuses, plus cette modification sera rapide (**Alattar, 2012 ; Caruso et al., 2014 ; Meneguz et Tomberlin, 2018**). Par ailleurs, les larves ont également la capacité d'accumuler et d'éliminer certaines substances toxiques présentes dans le compost, contribuant ainsi à la dégradation des contaminants (**Francis et al., 2019**).

IV.4. Éclairage

Un cycle régulier jour-nuit est nécessaire au développement des mouches soldats noires. Un éclairage artificiel peut être utilisé pour maintenir un cycle de 12 heures jour-nuit. De plus, la lumière peut être utilisée pour attirer les adultes vers des pièges à mouches ou les orienter vers des sites de ponte (**Sheppard et al., 2002**).

V. Élevage d'*Hermetia illucens*

Les élevages d'*H. illucens* doivent répondre aux besoins de l'insecte tout au long de son développement. C'est pourquoi les élevages sont généralement divisés en différentes étapes (reproduction des adultes, nurserie des œufs et jeunes larves et grossissement des larves). Ces étapes permettent de fournir l'environnement optimal au bon développement de l'insecte et d'exploiter au mieux les services rendus par ce dernier (**Florent, 2020**).

Les mouches adultes s'accouplent en plein vol (**Caruso et al., 2013**), c'est pourquoi les mouches sont maintenues dans des volières. La production des œufs nécessaires au maintien de la population de l'élevage est influencée par la densité

d'adultes (individu au mètre cube) : plus cette dernière est élevée, plus la quantité d'œufs sera importante (**Hoc et al.**, 2019; **Park**, 2016). Un attractant olfactif composé de matières organiques en décomposition attire les femelles qui pondent naturellement à proximité de la future nourriture de leurs larves. Des pondoirs disposés proches de l'attractant offrent des interstices favorisant l'oviposition et facilitant la récolte des œufs. Ces derniers sont ensuite incubés sur un substrat riche (composé de farines et de houblon) afin de favoriser le développement des premiers stades larvaires. Les larves âgées de cinq jours sont ensuite transférées dans des bacs de grossissement jusqu'à leur récolte (**Florent**, 2020).

Il existe deux méthodes couramment utilisées pour élever les larves d'*H. illucens* dans les élevages. Les larves sont élevées directement dans leur nourriture dans les deux cas, mais la principale différence réside dans la façon dont cette nourriture est fournie (**van Huis et Tomberlin**, 2018).

Le premier système implique un élevage en bac continu qui ressemble à une ligne de production de grande longueur (90 mètres de long sur 1-2 mètre de large). Les larves sont alimentées quotidiennement en surface avec de la nourriture directe (**van Huis et Tomberlin**, 2018). Lorsqu'elles atteignent le stade de pré-pupes, les larves migrent naturellement hors du substrat en suivant une pente de 30 degrés et sont collectées dans un système de collecte des larves, souvent sous forme de gouttière (**Diener et al.**, 2011).

Le deuxième système consiste en des bacs dans lesquels une quantité déterminée de substrat nutritif est en contact avec les larves pendant toute leur phase de développement. Une fois le temps de croissance des larves écoulé, celles-ci sont récoltées. La récolte est réalisée en tamisant le substrat pour séparer les larves. Ce deuxième système, composé de petits bacs, est plus répandu, car il présente plusieurs avantages. Tout d'abord, il permet une gestion plus précise du développement des larves au sein de chaque bac, car elles sont du même âge et peuvent être récoltées simultanément. De plus, les bacs sont standardisés, ce qui facilite leur palettisation et

leur gestion mécanisée. Le nettoyage des bacs entre deux cycles d'élevage est également plus facile, réduisant ainsi le risque de parasitage ou de transmission de maladies potentielles (Florent, 2020).



Figure11 : l'auto-récolte des larves d'*Hermetia illucens* (Purkayashta et Sarkar , 2021)

VI. Propriétés nutritives des mouches soldat noires

Les larves de MSN sont une source alimentaire de grande valeur nutritionnelle, étant très riches en protéines et en lipides . Cependant, la quantité de lipides et de protéines varie en fonction du régime alimentaire. La teneur en cendres est également relativement élevée, allant de 6 à 18% en base sèche . De plus, elles sont riches en calcium et en phosphore(Arango Gutiérrez *et al.*, 2004; St-Hilaire *et al.*, 2007; Yu *et al.*, 2009). Les larves de MSN contiennent différents acides aminés, la lysine étant celle qui est présente en plus grande proportion, avec 6 à 8% . En raison de son profil nutritionnel diversifié et riche, *Hermetia illucens* (MSN) est un insecte prometteur pour une utilisation dans l'alimentation animale (Barragán-Fonseca *et al.*, 2018; Gold *et al.*, 2018).

Zhang *et al* (2018), ont constaté que l'alimentation des larves avec des déchets alimentaires riches en protéines, tels que les résidus de poisson, a entraîné une augmentation significative de la teneur en protéines et en matières grasses des larves. De plus, la composition physico-chimique des larves dépend non seulement du régime

alimentaire, mais aussi des stades de développement, et des conditions d'élevage. (Oonincx *et al.*, 2015; Tschirner et Simon, 2015; Jucker *et al.*, 2017).

Tableau06: Compositions chimiques moyennes (% , base sèche), minimales et maximales (entre parenthèses) des larves d'*Hermetia illucens* répertoriées dans la littérature1 (St-Hilaire *et al.*, 2007; Makkar *et al.*, 2014; Cheng *et al.*, 2017; BarraganFonseca *et al.*, 2017; Gold *et al.*, 2018.)

Protéines brutes	Fibres brutes	Lipides bruts	Cendres	Énergie brute (MJ / kg MS)
42,1 ± 1,0 (32,1 - 58,6)	8,0 ± 4,0 (7,1- 14,3)	26,0 ± 8,3 (15,0 - 39,8)	10,6 ± 6,0 (6,4 - 18,4)	22,1 ± 3,1 (20,1 - 30,4)

VII. Utilisation des mouches soldats noirs

Le traitement des déchets biodégradables à l'aide de larves de mouches soldats noires (MSNL) est une technologie émergente de traitement des déchets qui attire des activités entrepreneuriales dans le monde entier, principalement parce que les larves cultivées sur les déchets ont le potentiel de devenir la matière première de plusieurs produits commerciaux tels que les animaux. aliments pour animaux, biodiesel, chitine comme biopolymère et engrais pour le sol. (Purkayashta et Sarkar, 2021).

VII.1. Aliment pour animaux

Selon les recherches de Tomberlin *et al* (2009), les larves de MSN ont une valeur nutritionnelle élevée pour les animaux, car elles contiennent une grande quantité de protéines, de matières grasses et de minéraux. De plus, ces larves ont une excellente digestibilité et leur profil en acides aminés est comparable à celui de la caséine(une protéine de haute qualité utilisée dans l'alimentation animale).

VII.2. Biodiesel

Selon Abdul *et al* (2018), l'huile extraite des larves de MSN peut être utilisée pour produire du biodiesel de qualité supérieure. Les résultats de leur étude ont montré que l'huile de MSN présentait une teneur élevée en acides gras insaturés, ce

qui en fait une source de biodiesel de haute qualité. De plus, l'huile de MSN a une faible viscosité, ce qui la rend facile à transformer en biodiesel et selon **Yang et al** (2018), les larves de MSN peuvent produire jusqu'à 41 % de leur poids sec en lipides. Ces lipides peuvent être extraits et transformés en biodiesel par un processus de transestérification. Les résultats de leur étude ont montré que la qualité du produit de biodiesel à partir des lipides de MSN était comparable à celle du produit de biodiesel à partir d'autres sources, telles que le soja et le colza.

VII.3. Chitine

La chitine forme une partie importante de la masse corporelle MSNL, en particulier l'exosquelette. La teneur en chitine du MSN change au cours de ses différents stades de vie - larves (3,6%), prénymphe (3,1%), pupes (14,1%) et adultes (2,9%) (**Wang et al.**, 2020). La chitine, qui peut être extraite et récupérée (**Caligiani et al.**, 2018; **D'Hondt et al.**, 2020), peut trouver diverses applications pratiques (**Rinaudo**, 2006 ; **Bhatnagar et Sillanpää**, 2009), tandis que la biomasse restante du MSN peut être utilisée pour autres applications. D'autre part, les MSN adultes morts et les exuvies de pupes, qui génèrent autrement une quantité importante de déchets, sont également une source potentielle de chitine (**Wasko et al.**, 2016 ; **Purkayastha et Sarkar**, 2020). Les imagos mortes et les exuvies de pupes de MSN ont une teneur en chitine de 23 et 9 %, respectivement. MSN a une forme de chitine, qui peut trouver une large application dans l'ingénierie tissulaire, l'industrie textile et l'adsorbant dans la technologie de traitement des eaux usées. Tous ces domaines émergent et nécessitent une étude approfondie en termes de commercialisation et de viabilité économique (**Purkayashta et Sarkar**, 2021).

VII.4. Fertilisant organique

L'engrais organique est un sous-produit lors de l'utilisation du MSNL pour le traitement des déchets biodégradables. Il y a eu peu d'études sur l'application d'engrais à base de MSNL sur les plantes. Le compostage assisté par MSNL fournit un engrais organique de meilleure qualité que le compostage traditionnel concernant les valeurs

d'azote, de phosphore, de potassium (NPK) et d'indice de germination, mais la qualité varie en fonction des caractéristiques du flux de déchets (Cai *et al.*, 2019 ; Liu *et al.*, 2019).

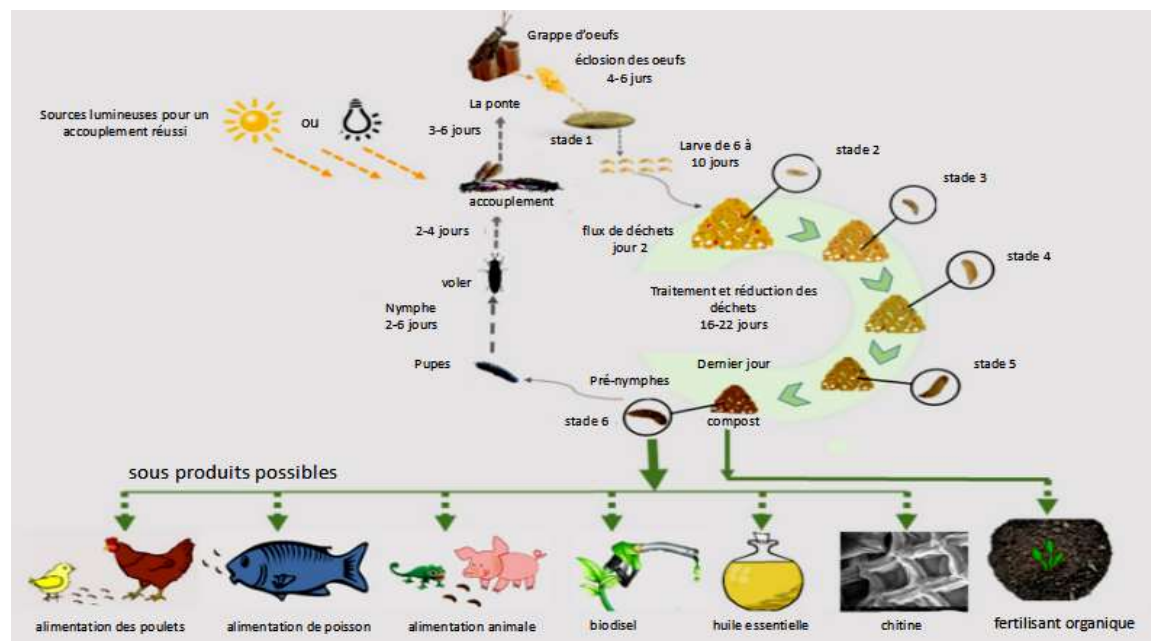


Figure12: gestion des déchets par les larves des mouches soldats noires (Purkayashtha et Sarkar , 2021)

DEUXIÈME PARTIE

Partie méthodologique

I. Valorisation des coproduits de poisson

I.1. Objectif de l'étude

L'étude expérimentale a été réalisée de mars à mai 2023 au laboratoire de physiologie animale appliquée (LPAA). Notre objectif central dans cette recherche était de produire une farine à partir des déchets de poisson, en y intégrant une plante naturelle afin de préserver leurs propriétés physico-chimiques et nutritionnelles. Nous cherchions également à développer une alimentation riche en protéines et en éléments minéraux pour le bétail. Cette étude vise ainsi à valoriser les ressources disponibles et à promouvoir des méthodes durables dans le domaine de l'alimentation animale.

I.2. Échantillonnage

Les échantillons utilisés pour la fabrication de la farine et de l'huile de poisson étaient constitués de coproduits provenant de différentes espèces de poissons, tels que le thon rouge, le poisson-chat, la sardine et des poissons avariés. Ces coproduits, comprenant notamment les têtes et les arêtes...etc, ont été récupérés auprès des pêcheries, des poissonneries et du port de pêche de Mostaganem. Par la suite, ils ont été transportés vers le laboratoire pour le traitement. Certains échantillons ont été conservés au congélateur en vue d'une utilisation ultérieure.

Avant de procéder au traitement, une étape préliminaire de triage a été réalisée sur les échantillons. Les coproduits de poisson, tels que les têtes et les arêtes, ont été minutieusement examinés afin de séparer les petits poissons des grands et d'éliminer tout matériau indésirable, tel que les débris, les contaminants ou les poissons présentant des signes de détérioration(figure13).

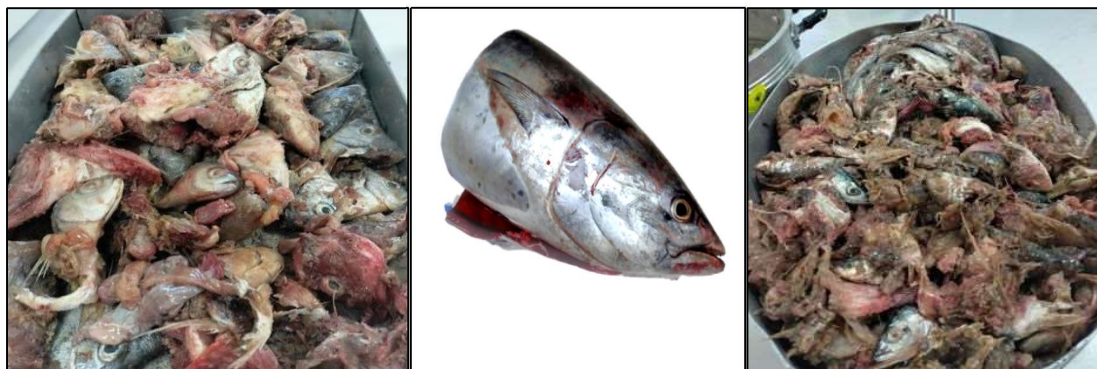


Figure 13 : Déchets de poisson triés (image originale).

I.3. Protocole expérimental de production de la farine et l'huile de poisson

- ✧ Les échantillons triés sont placés dans une étuve préchauffée à une température de 70 °C pendant 20 minutes pour assurer une cuisson adéquate.
- ✧ Après la cuisson, les échantillons sont retirés de l'étuve et placés dans un récipient adapté. La partie liquide est séparée de la partie solide par un pressage manuel.
- ✧ Les solides récupérés sont transférés dans un récipient propre et étalés sur des plaques de séchage. Les plaques ou plateaux sont ensuite placés dans un séchoir ou un four à une température de 35 °C (la durée de séchage variera en fonction du type de déchets de poisson utilisés) afin de déshydrater les solides et obtenir une farine de poisson. Le processus de séchage est surveillé pour éviter une surcuisson et obtenir une farine de consistance appropriée.
- ✧ Après le séchage complet des déchets de poisson, la farine de poisson est obtenue en broyant les déchets de poisson jusqu'à obtenir une consistance fine et homogène. Il est veillé à ce que la farine de poisson obtenue soit suffisamment fine pour assurer une bonne digestibilité et une facilité d'incorporation dans les aliments. La farine de poisson obtenue est stérilisée à 133°C pendant 20min puis collectée dans un récipient propre et hermétique.
- ✧ Le liquide extrait est transféré dans un récipient propre et filtré à l'aide d'un tissu de coton propre pour éliminer les particules solides restantes. La séparation de l'huile de poisson des autres composants liquides est réalisée par décantation et centrifugation.



Figure 14: les déchets de poisson séché et le jus de presse (image originale).

Méthodologie

Le protocole complet est présenté dans le schéma ci-dessous;

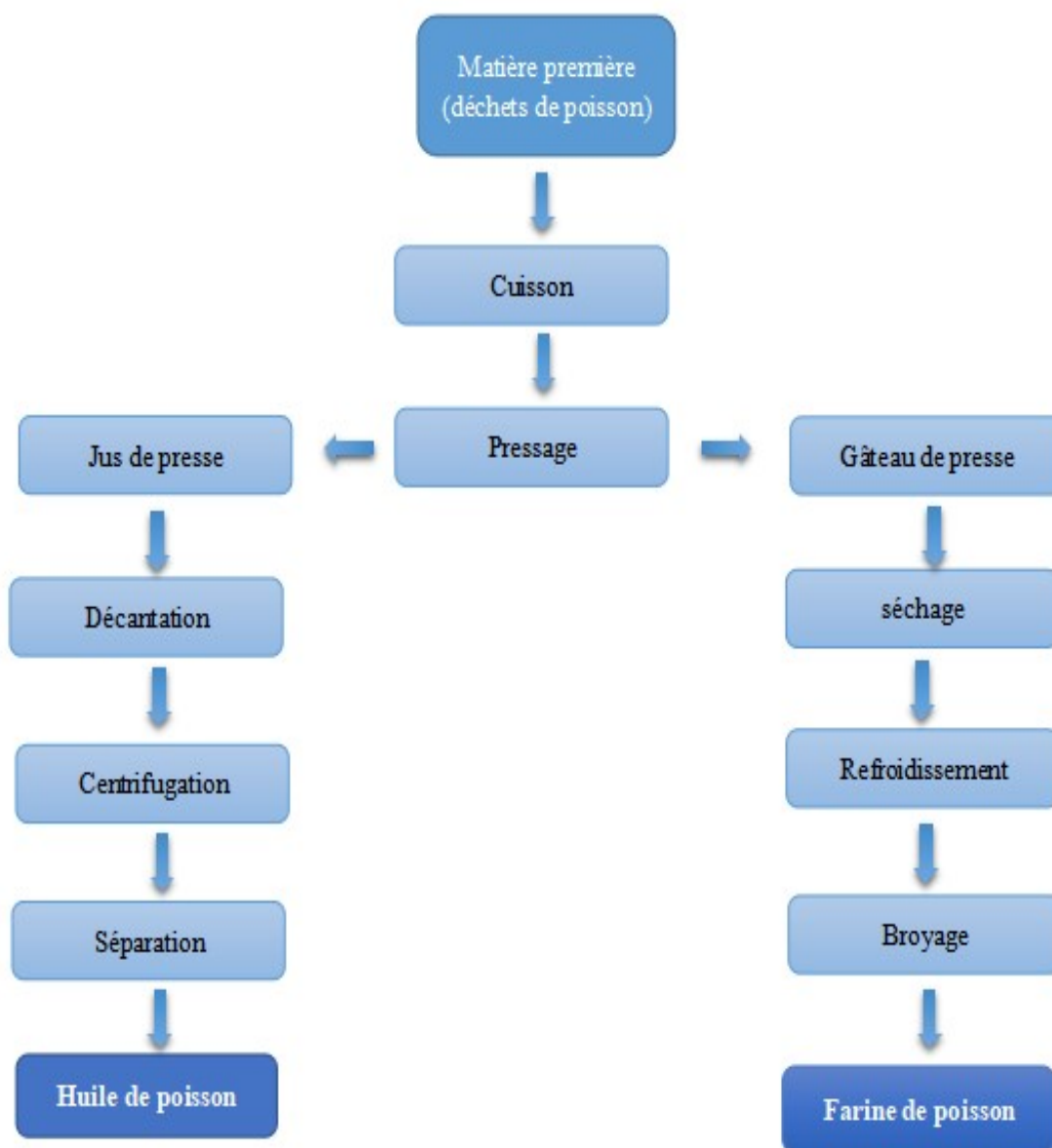


Figure 15: protocole expérimental de fabrication de la farine et de l'huile de poisson.

I.4. Analyse microbiologique de la farine de poisson

I.4.1. Objectif d'analyse

L'analyse microbiologique permet de détecter d'éventuelles contaminations et de s'assurer que la farine de poisson respecte les normes microbiologiques établies. Les résultats orientent les décisions en matière de qualité et de sécurité du produit.

Méthodologie

I.4.2. Méthode d'isolement des germes

◆ Préparation des dilutions

Peser 25 g de farine de poisson dans un flacon contenant 225 ml de TSE (Tryptone Sel Eau) pour obtenir une solution mère (MS) de dilution 1/10 (10^{-1}). Réaliser ensuite différentes dilutions.

Pour la dilution 1/100 (10^{-2}), prélever aseptiquement 1 ml de la dilution 10^{-1} (MS) à l'aide d'une pipette en verre graduée et stérile, puis le placer dans un tube à vis stérile contenant 9 ml de TSE.

◆ Recherche de la flore aérobique mésophile totale :

Préparer des dilutions de farine de poisson dans un milieu Tryptone Sel Eau (TSE) pour obtenir différentes dilutions, puis prélever des échantillons des dilutions et les étaler sur des boîtes de Petri contenant de la gélose PCA. Incuber les boîtes à 30°C pendant 72 heures et effectuer des lectures à 24, 48 et 72 heures pour détecter et dénombrer la flore aérobique mésophile totale.

◆ Recherche et dénombrement des coliformes totaux :

Prélever des échantillons des dilutions préparées précédemment et les étaler sur des boîtes de Pétri contenant du milieu VRBL, puis incuber les boîtes à 37°C pendant 24 heures et compter les colonies de coliformes totaux.

◆ Recherche et dénombrement des coliformes fécaux :

Prélever des échantillons de la dilution appropriée et les étaler sur des boîtes de Pétri contenant du milieu VRBL, puis incuber les boîtes à 37°C pendant 24 à 48 heures et compter les colonies de coliformes fécaux.

◆ Recherche et dénombrement des staphylocoques pathogènes :

Prélever des échantillons de la dilution appropriée et les étaler sur des boîtes de Pétri contenant de la gélose Chapman, puis incuber les boîtes à 37°C pendant 24 à 48 heures et rechercher les colonies de staphylocoques pathogènes.

◆ Recherche et dénombrement des Clostridium sulfio-réducteurs :

Prélever des échantillons de la dilution appropriée et les ensemercer dans des tubes contenant de la gélose de viande de foie, puis ajouter des agents réducteurs appropriés et incuber les tubes à 37°C pendant 16 à 48 heures, et observer les colonies de

Méthodologie

Clostridium sulfio-réducteurs qui deviennent noires et envahissantes.

◆ Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Préparer des boîtes de Pétri contenant de la gélose Slanetz, puis prélever des échantillons de la dilution appropriée et les étaler sur les boîtes de gélose et incubé les boîtes à 37°C pendant 24 heures et rechercher les colonies caractéristiques de streptocoques fécaux.

◆ Recherche des vibrios :

Réaliser un enrichissement des échantillons dans un milieu d'eau peptone alcalin pendant 24 heures. Prélever des échantillons de l'enrichissement et les étaler sur des boîtes de Pétri contenant du milieu GNAB, puis incubé les boîtes à 37°C pendant 24 heures et observer les colonies en forme de gouttelettes d'eau pour détecter les vibrios.

◆ Recherche de Salmonelle :

Effectuer un pré-enrichissement des échantillons dans un bouillon BLMT pendant 24 heures. Transférer une partie du pré-enrichissement dans des tubes contenant du milieu sélectif Sélénite Cystéine SFB, puis incubé les tubes à 37°C pendant 24 heures. Ensemencer des boîtes de Pétri contenant de la gélose Hektoen avec des échantillons du bouillon d'enrichissement sélectif et incubé les boîtes à 37°C pendant 24 à 48 heures et rechercher les colonies caractéristiques de Salmonella.

II. Conservation de la farine de poisson

La plante *Malva parviflora* L. est riche en flavonoïdes et en composés phénoliques aux capacités hépatoprotectrices, antimicrobiennes, antidiabétiques, antioxydantes, anti-inflammatoires, neuroprotectrices et cicatrisantes (**Ramirez Serrano** *et al.*, 2019). Par conséquent, la présente étude visait à évaluer les impacts de l'ajout de quatre niveaux (0,5%; 1%; 1,5%; 2%) de poudre de feuilles *Malva parviflora* sur les propriétés antioxydantes de la farine de poisson.

II.1. Préparation de matériel végétal (Lavage et séchage, broyage, tamisage)

Les feuilles de *Malva parviflora* L. ont été récoltées au cours des mois de mars et d'avril 2023 dans la région de Hassi Mameche, dans la Wilaya de Mostaganem. Après la récolte, les feuilles ont été triées, lavées à l'eau, puis séchées à l'air libre pendant environ 10 jours jusqu'à ce qu'elles atteignent un poids sec constant. Ensuite, les feuilles ont été broyées en une poudre fine à l'aide d'un broyeur électrique puis tamisées. La poudre de *Malva parviflora* a été conservée dans des sacs opaques, à l'abri de la lumière et de l'humidité, jusqu'à son utilisation ultérieure.



Figure16: feuille de *Malva parviflora* avant et après séchage (image originale).

II.2. Étude phytochimique de la plante

II.2.1. Extraction et préparation des extraits méthanolique

A. principe

Le principe de l'extraction selon **Handas** (2008), consiste à séparer les parties actives des tissus végétaux ou animaux des composants inactifs ou inertes à l'aide de solvants sélectifs tels que l'eau, les huiles végétales ou les graisses animales. Dans cette étude, nous avons utilisé la méthode d'extraction par macération par le méthanol

Méthodologie

comme solvant, pour obtenir des extraits contenant une concentration plus élevée de molécules d'intérêt, notamment des composés phénoliques.

B. Protocole

50 g des feuilles de *Malva parviflora* broyées est macéré dans 500 ml de solution hydroalcoolique (méthanol-eau : 80/20), en considérant que le matériel végétal devait être entièrement submergé par la quantité suffisante de méthanol. Après 24 h le mélange a été séparé par filtration sur papier filtre. La solution méthanolique est évaporée à sec sous pression réduite dans un évaporateur rotatif type Buchi R-210 à 60°C et repris dans 4ml de méthanol. L'extrait ainsi obtenu est conservé au réfrigérateur à 4°C jusqu'à l'utilisation. Cette opération a été répétée trois fois (Lahmar *et al.*, 2017).

C. Calcul de rendement

Le rendement en pourcentage (%), est défini comme étant le rapport entre la masse d'extrait et celle de la plante sèche en poudre. Il est calculé par la formule suivante :

$$\text{Rdt (\%)} = (\text{PB} / \text{PA}) \times 100$$

PB : poids d'extrait brut.

PA : poids de la plante sèche en poudre

II.2.2. Screening phytochimique

II.2.2.1. Dosage des polyphénols totaux par Folin Ciocalteu □

A. principe

La quantité totale des composés phénoliques est généralement mesurée par colorimétrie à l'aide d'un spectrophotomètre en utilisant la méthode de Folin-Ciocalteu. Les composés phénoliques réagissent avec le réactif de Folin-Ciocalteu, provoquant la réduction d'un mélange d'acide phosphotungstique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}$). Cette réaction d'oxydation des polyphénols produit un mélange d'oxyde bleu de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}). La coloration résultante est proportionnelle à la quantité de polyphénols présents dans les extraits végétaux (Boizot et Charpentier, 2006). L'absorbance est

Méthodologie

mesurée à 765nm. La courbe d'étalonnage est effectuée par l'acide gallique à différentes concentrations (0 - 1mg/ml), dans les mêmes conditions et les mêmes étapes du dosage. Les résultats sont ainsi exprimés en mg d'équivalent d'acide gallique par 1g de l'extrait (mg EC/g).

B. Protocole

Les polyphénols (PP) ont été déterminés par spectrophotométrie, suivant le protocole appliqué en 2007 par **Li et ses collaborateurs**. 100µl d'extrait végétal dilué est mélangé avec 500 µl de réactif de Folin Ciocalteu (FCR) dilué 10 fois dans de l'eau distillée. Après 10 minutes, 400 µl de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à concentration de 7,5 g/l sont ajoutés. Après une incubation du mélange réactionnel pendant 2 heures à température ambiante et à l'obscurité, L'absorbance est mesurée à 765nm.

II.2.2.2. Dosage des flavonoïdes par la méthode de trichlorure d'aluminium AlCl_3

A. Principe

Le dosage des flavonoïdes totaux est basé sur un test colorimétrique utilisant le trichlorure d'aluminium AlCl_3 avec lequel ils forment des complexes acides stables soit avec le carbonyle ($\text{C}=\text{O}$) en position C-4, soit avec le groupe hydroxyle en C-3 ou C-5 des flavones et des flavonols. Par ailleurs, AlCl_3 peut également former des complexes acides labiles avec les groupements orthodihydroxyles éventuellement présents sur le noyau A et/ou B des flavonoïdes (**Chang et al.**, 2002). l'absorbance est lue à 415nm. La concentration des flavonoïdes est déduite à partir d'une gamme d'étalonnage établie avec la quercétine et est exprimée en mg d'équivalent de quercétine par 1g d'extrait (mg EQ/g d'extrait).

B. protocole

Dans des tubes à essai, on mélange 500 µl d'extrait dilué avec 500 µl de solution d' AlCl_3 (2%). Après 10 min d'incubation à température ambiante et à l'abri de la lumière, la lecture des absorbance est faite à 430 nm.

II.2.2.3. Dosage des sucres totaux par la méthode au phénol

A. principe

Les sucres solubles totaux, comprenant le saccharose, le glucose, le fructose, leurs dérivés méthyles et les polysaccharides, sont quantifiés en utilisant la méthode

Méthodologie

au phénol de **Dubois et al** (1956). Le processus consiste à prendre 100 mg de matière fraîche et à les placer dans des tubes à essai. Ensuite, on ajoute 3 ml d'éthanol à 80% pour extraire les sucres. Les tubes sont laissés à température ambiante, à l'obscurité, pendant 48 heures. Au moment du dosage, les tubes sont placés dans une étuve à 80°C pour évaporer l'alcool. Dans chaque tube, on ajoute 20 ml d'eau distillée à l'extrait, ce qui donne la solution à analyser.

B. protocole

Dans des tubes à essai propres, on prépare un mélange en ajoutant 2 ml de la solution à analyser, 1 ml de phénol à 5% (le phénol étant dilué dans de l'eau distillée) et 5 ml d'acide sulfurique concentré à 96%, tout en évitant de verser l'acide contre les parois du tube. Cette étape produit une solution jaune orangé à la surface, qui est ensuite homogénéisée en utilisant un vortex. Les tubes sont laissés pendant 10 minutes, puis placés dans un bain-marie pendant 10 à 20 minutes à une température de 30°C (la couleur de la réaction reste stable pendant plusieurs heures). Les mesures d'absorbance sont effectuées à une longueur d'onde de 485 nm. Les teneurs sont déterminées en référence à une gamme étalon de glucose.

II.2.2.4. Dosage des tanins condensés par la méthode à la vanilline avec l'HCl

A. principe

Nous avons adopté la méthode à la vanilline avec l'HCl. Cette méthode dépend de la réaction de la vanilline avec le groupement flavonoïde terminal des TCs et la formation de complexes rouges, cela s'explique par la propriété des tanins à se transformer en anthocyanidols de couleur rouge par réaction avec la vanilline. La teneur en tanins condensés a été déterminée par la méthode de vanilline décrite par **Julkunen-Titto**(1985). L'absorbance est mesurée à 550nm contre un blanc. Une gamme de concentration entre 0 et 2000µg/ml de catéchine a été préparée pour tracer la courbe d'étalonnage qui permet d'exprimer la teneur des tanins condensés en mg équivalent de catéchine par gramme d'extrait(mg EC/g d'extrait)(**Ali-Rachedi et al., 2018**).

B. Protocole

Le dosage des tanins condensés dans les extraits de *Malva parviflora* est effectué

Méthodologie

selon la méthode de **Schofield et al** (2001). A 400 μ L de l'échantillon ou standard, on ajoute 3 ml d'une solution de vanilline (4% dans le méthanol), et 1,5 ml de HCl concentré. Le mélange est incubé durant 15 min et l'absorbance est lue à 500 nm.

II.3. Étude d'activité biologique

II.3.1. Détermination de l'activité antioxydante

La détermination du pouvoir antioxydant de notre extrait méthanolique a été réalisée à l'aide de deux techniques, la première est une technique colorimétrique utilisant un spectrophotomètre UV-Visible. La technique consiste à mesurer l'efficacité des composés de l'extrait à piéger le radical libre DPPH ou à se transformer en composé plus stable. La deuxième est une méthode utilisée pour évaluer le niveau de peroxydation lipidique dans un échantillon ou le test de TBARS. Il mesure la concentration de substances réactives à l'acide thiobarbiturique, qui sont des produits de dégradation des lipides oxydés.

Dans le cadre de notre recherche, nous avons étudié l'activité antioxydante de la plante *Malva parviflora*. Par la suite, nous l'avons incorporée dans la farine de poisson à différentes concentrations afin d'évaluer sa capacité antioxydante.

II.3.1.1. Test de piégeage du radical DPPH

A. principe

Le test DPPH, qui utilise une réaction d'oxydoréduction avec le 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl radical, a été utilisé pour déterminer la capacité antioxydante des extraits. Le radical a une couleur violette en raison de l'électron non apparié d'azote et après réaction avec l'atome d'oxygène d'un piègeur de radicaux de la réduction de DPPH-H (2,2- diphényl-1- picrylhydrazin) est formé, qui est jaune (**Villano et al., 2007**). Le changement de couleur peut être suivi par spectrophotométrie à 517nm et de cette façon le potentiel antioxydant d'une substance ou un extrait de plante peut être déterminé (**Popovici, 2009 ; Molyneux, 2004**).

B. Protocole

Dans notre étude, nous avons suivi le protocole décrit par **Parejo et al.** (2003). Nous avons mélangé 0,75 ml d'une solution méthanolique de l'extrait à différentes concentrations avec 1,5 ml d'une solution méthanolique de DPPH (20 mg/L).

Méthodologie

L'absorbance a été mesurée à une longueur d'onde de 517 nm après 20 minutes de réaction.

L'activité antiradicalaire est estimée selon l'équation suivante :

$$\text{Activité antiradicalaire \%} = [(\text{Abs contrôle} - \text{Abs échantillon}) / \text{Abs contrôle}] \times 100$$

La réalisation de la cinétique de cette activité a permis de déterminer les concentrations qui correspondent à 50 % d'inhibition (IC50); la valeur d'IC50 la plus faible correspond à l'efficacité de l'extrait la plus élevée. La valeur d'IC50 est exprimée en mg/ml.

II.3.2. Estimation du degré d'oxydation des lipides du poisson (TBA) (Genot, 1996)

A. principe

L'indice TBA ou TBARS est une méthode spectrophotométrie qui dose le malonaldéhyde (MDA), ce dernier étant le produit secondaire de l'oxydation des acides gras polyinsaturés, l'acide thiobarbiturique (TBA) réagit avec le malonaldéhyde (MDA) pour former un complexe de couleur rose et/ou jaune possédant un maximum d'absorption à une longueur d'onde de 532 nm

B. Protocole

Pour mesurer l'indice « TBA » nous avons utilisé la méthode adaptée par (Genot, 1996). Un échantillon de chair de poisson de 2 gr est placé dans un tube de 25 ml contenant 16 ml d'acide trichloracétique à 5% (p/v) et éventuellement 100 µl de vitamine C. Le mélange est homogénéisé 3 fois pendant 15 secondes à l'aide d'un homogénéisateur (Ultra-Turrax) à une vitesse d'environ 20 000 tpm. Le broyat est passé à travers un papier filtre afin d'obtenir un filtrat. Puis de ce filtrat 2 ml d'acide thiobarbiturique. Les tubes fermés vont être plongés dans un bain-marie à 70°C pendant 30 minutes et placés dans un bain d'eau froide. La dernière étape consiste à lire à l'aide d'un spectrophotomètre.

l'absorbance du mélange réactionnel à 532 nm et les résultats sont exprimés en mg équivalent MDA (malonaldéhyde) / Kg. c)

Méthodologie

Les résultats dégagés au cours de ces expériences sont obtenus par la formule suivante :

$$\text{Mg équivalent MDA /Kg} = (0,72/ 1,56) \times (A532 \text{ cor} \times V \text{ solvant} \times V_f) / \text{PE}$$

Avec :

A532 cor : l'absorbance.

V solvant : volume de solution de dilution TCA en ml.

PE : prise d'essai en gramme.

Vf : volume du filtrat prélevé.

0,72/1,56 : correspond à la prise en compte du coefficient d'extinction moléculaire du complexe TBA-MDA à la valeur de : $1,56 \times 10^5 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ et au poids moléculaire du MDA d'une valeur de $72 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

III. Élevage de la mouche soldats noir

Les mouches soldat noires proviennent d'Oued Rhiau. Elles ont ensuite été placées dans des volières d'élevage spécialement aménagées pour créer un environnement favorable à leur reproduction et à leur développement.



Figure17: les volières d'élevage de la mouche soldat noir (image originale).

III.1. Préparation de site d'élevage

Pour attirer les mouches soldat noires et faciliter leur reproduction, plusieurs mesures ont été mises en place, notamment :

- ✧ Fourniture d'eau: des récipients d'eau propre ont été placés dans les cages d'élevage pour assurer une source d'eau accessible aux mouches soldat noires.

Méthodologie

- ✧ Mise en place de sites de ponte: des matériaux tels que du carton organique ont été utilisés pour fournir des surfaces de ponte adéquates et des substrats d'aliment(les substrats ont été régulièrement vérifiés et renouvelés pour assurer la disponibilité de sites de ponte frais).



Figure18: la ponte et la récupération des œufs de MSN (image originale)

III.2. Élevage des MSNL

Dans le cadre de cette étude, nous avons mis en place trois régimes alimentaires distincts afin de comparer et d'étudier l'effet de différents régimes sur les performances des mouches soldat noires. Ces régimes alimentaires ont été soigneusement conçus pour fournir des sources nutritionnelles variées et représenter différentes conditions alimentaires auxquelles les mouches soldat noires pourraient être exposées dans leur environnement naturel.

Le premier régime alimentaire consistait en l'utilisation de farine de poisson comme principale source de nutriments

Le deuxième régime alimentaire était composé de déchets ménagers

le troisième régime alimentaire était basé sur une alimentation standard pour poussins.

III.2.1. Étapes d'élevage

- ✧ Alimentation : Les larves de la mouche soldat noir ont été introduites dans des bacs, en veillant à ce qu'elles soient réparties de manière égale.
- ✧ Suivi de l'élevage et des performances des larves : Les conditions d'élevage, telles que la température, l'humidité et la luminosité ont été maintenues de manière

Méthodologie

constante pour favoriser la croissance optimale des larves.

- ✧ Des observations régulières ont été effectuées pour évaluer la survie, la croissance et le développement des larves dans chaque groupe d'alimentation.
- ✧ Collecte des larves : À intervalles réguliers, les compartiments contenant les larves récoltées ont été retirés des dispositifs d'autorécolte au stade nymphal. Les larves ont été soigneusement collectées et pesées pour déterminer la production de biomasse.

III.2.2. Préparation de farine de MSNL

Après la récolte des MSNL on a suivi les étapes suivantes pour produire la farine de MSNL pour effectuer les analyses nécessaires

- ✧ Trempage dans de l'eau chaude à 84 °C pendant 8 à 10 minutes: Les larves prénymphe sont plongées dans de l'eau chaude maintenue à une température de 84 °C pendant une durée de 8 à 10 minutes. Cela vise à éliminer les impuretés et les macro-organismes potentiellement présents à la surface des larves.
- ✧ Séchage dans une étuve à 120 °C pendant 2 heures et 30 minutes: Après le trempage, les larves sont placées dans une étuve préchauffée à 120 °C pendant une période de 2 heures et 30 minutes. Cette étape de séchage vise à réduire l'humidité des larves et à faciliter leur broyage ultérieur.
- ✧ Broyage avec un mortier: Une fois les larves prénymphe séchées, elles sont broyées à l'aide d'un mortier. Le broyage permet de réduire les larves en une poudre fine.

IV. Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées à la fois sur les échantillons de déchets de poisson, la farine de poisson et sur les MSNL ainsi que la plante *Malva parviflora*, pour évaluer leurs propriétés nutritionnelles, identifier les changements dus à la transformation des déchets en farine et pour comparer les pertes de cuisson.

IV.1. Détermination de la teneur en matière sèche et en eau (AFNOR, 1985)

La teneur en matière sèche est déterminée conventionnellement par le poids d'une prise d'essai après dessiccation à $103^{\circ} \pm 2$ °C dans une étuve pendant 16h.

Méthodologie

- ✧ Le pourcentage de la matière sèche (MS) de l'échantillon est calculé par l'expression suivante

$$\text{MS}(\%) : \text{masse MS}(\text{g}) / \text{masse d'échantillons}(\text{g}) \times 100.$$

- ✧ Le pourcentage de la teneur en eau est calculé en appliquant le modèle mathématique suivant

$$\text{T H}_2\text{O}(\%) : 100\% - \text{MS}(\%).$$

IV.2. Détermination de la teneur en matière minérale (AFNOR, 1985)

Les cendres sont les résidus de composés minéraux qui restent après l'incinération d'un échantillon contenant des substances organiques d'origine animale, végétale ou synthétique. La teneur en cendres des échantillons est conventionnellement le résidu de la substance après destruction de la matière organique par incinération à 550°C dans un four à moufle pendant 2 à 6 heures.

Le pourcentage de la matière minérale (MM) de l'échantillon est calculé par l'expression suivante

$$\text{MM}(\%) : \text{masse MM}(\text{g}) / \text{masse d'échantillons}(\text{g}) \times 100$$

La teneur en matière organique s'obtient en soustrayant de la matière sèche les cendres (ou matière minérale totale) selon l'expression suivante:

$$\text{Mo} = \text{Ms} - \text{Mm} \text{ (en \% de MS)}$$

IV.5. Détermination de la teneur en protéines (Lowry; 1951)

A. principe

Les protéines des échantillons sont dosées par la méthode de Lowry (1951). Les protéines réagissent avec le réactif de Lowry, qui contient des ions cuivre et des réactifs alcalins. Cette réaction entraîne la réduction des ions cuivre, formant ainsi un précipité de couleur. Puis avec le réactif de Folin-Ciocalteu, contenant du phosphomolybdate et du phosphotungstate, est ajouté à l'échantillon contenant les protéines réduites. Ce réactif réagit avec les groupes aminés des protéines, formant un complexe coloré mesurable. L'intensité de la coloration dépend de la quantité d'acides aminés aromatiques présents et varie selon les protéines. Les densités optiques sont

Méthodologie

mesurées à 600 nm, pour témoin une solution contenant tous les réactifs excepté les protéines.

B. Protocole

La gamme d'étalonnage est réalisée à partir de la solution de sérum albumine bovine (SAB) étalon mère (0,025g de BSA dans 100 ml d'eau distillée). Les étalons filles sont ainsi obtenus par dilution de la solution mère comme si dessous;

- ✧ 1er tube: 0,1 ml de la solution BSA + 0,9 ml d'eau physiologique.
- ✧ 2e tube: 0,2 ml de la solution BSA + 0,8 ml d'eau physiologique.
- ✧ 3e tube: 0,3 ml de la solution BSA + 0,7 ml d'eau physiologique.
- ✧ 4e tube: 0,4 ml de la solution BSA + 0,6 ml d'eau physiologique.
- ✧ 5e tube: 0,5 ml de la solution BSA + 0,5 ml d'eau physiologique.
- ✧ 6e tube: 0,6 ml de la solution BSA + 0,4 ml d'eau physiologique.
- ✧ Et un autre tube à essai (témoin) de quelques millilitres d'eau distillée.

Le réactif de Lowry est préparé en mélangeant deux solutions (A, B).

- La solution A, composée de 1 gramme de soude (NaOH) mélangée à 5 grammes de carbonate de sodium (NaCO_3) dans 250 ml d'eau distillée, est préparée.
- La solution B, un mélange de 0,125 gramme de sulfate de cuivre (CuSO_4) et de 0,25 gramme de tartrate double sodium-potassium dans 25 ml d'eau distillée, est également préparée.
- Le réactif de Lowry est composé de 50 ml de la solution A et de 5 ml de la solution B.

Les tubes à essai contenant la BSA et l'échantillon à doser sont additionnés de 5 ml du réactif de Lowry. Après une période de repos de 10 minutes, 0,5 ml de Folin Ciocalteu dilué à moitié est ajouté à chaque tube. Les tubes sont agités et laissés en repos pendant 30 minutes dans l'obscurité du réfrigérateur.

La lecture de la densité optique (DO) est effectuée au spectrophotomètre, en utilisant une longueur d'onde de 600 nm. La densité optique obtenue est ensuite convertie en pourcentage de protéines en utilisant une droite d'étalonnage préparée au préalable.

Méthodologie

La concentration de l'échantillon est déterminée à partir de la droite d'étalonnage et de la densité optique (DO) mesurée, en utilisant la formule 1

$$Y=a*x$$

Avec :

Y: Densité optique x : Concentration de l'échantillon a: Constante

Calculer la teneur en protéines exprimées en pourcentage par la formule 2:

$$C=(x*25*100)/\text{poids de l'échantillon}$$

Avec :

C: Concentration en protéines

x: Concentration de l'échantillon en abscisse

IV.6. Détermination de la teneur en matière grasse (ISO, 1999)

A. principe

La détermination des matières grasses dans le produit a été réalisée par une extraction à l'oxyde diéthylique, une technique largement utilisée pour cette analyse (ISO, 1999). Le principe de cette méthode repose sur l'extraction en reflux d'un échantillon avec l'oxyde diéthylique, suivi de l'élimination du solvant par distillation, dessiccation et pesée des résidus.

B. protocole

Le mode opératoire de l'extraction comprend les étapes suivantes : peser 10 g d'échantillon, peser le ballon vide, placer l'échantillon dans la cartouche en cellulose, introduire environ 150 ml d'éther diéthylique dans le ballon, mettre la cartouche dans le panier d'extraction, accrocher le panier dans la pièce de support et le connecter au ballon taré (B1), puis le relier au réfrigérant. Ensuite, ouvrir le courant d'eau et allumer le chauffage à une température de 40°C. Après 6 heures, fermer le robinet du réfrigérant. Une fois que tout l'éther a été collecté, couper le chauffage et retirer l'ensemble ballon et porte-panier. Le ballon est ensuite rincé à l'éther pendant 30 minutes, refroidi dans un dessiccateur et pesé (B2).

Méthodologie

Le pourcentage de la matière grasse de l'échantillon est calculé par l'expression suivante :

$$\text{MG(\%)} = (B2 - B1) / \text{masse d'échantillons (g)} \times 100$$

Avec:

M : masse de l'échantillon de la farine.

Ms : la masse de la matière sèche.

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

B2 : la masse de ballon après l'extraction.

Analyses statistiques

des résultats Les résultats ont subi une comparaison de moyenne suivie d'une étude statistique par le logiciel Statbox 6.04.

TROISIÈME PARTIE
Résultats et discussion

Conclusion générale

Conclusion

La valorisation des déchets de poisson est un procédé cruciale pour la préservation de l'environnement et la durabilité des ressources marines, évitant ainsi le gaspillage et la détérioration de l'écosystème marin. La transformation de ces déchets en farine de poisson et en huile de poisson permet de maximiser leur utilisation et offre des ressources précieuses et nutritives.

La farine de poisson, un ingrédient essentiel dans l'alimentation animale, en particulier dans l'aquaculture, répond aux besoins nutritionnels spécifiques des animaux, contribuant ainsi à une production plus efficace et durable. Par ailleurs, l'huile de poisson, recherchée pour ses acides gras oméga-3 bénéfiques pour la santé humaine, trouve une utilisation dans l'alimentation, les suppléments nutritionnels et l'industrie pharmaceutique, offrant d'importants avantages cardiovasculaires et cognitifs.

Dans cette optique, la *Malva parviflora* offre une alternative naturelle pour la conservation de la farine de poisson en raison de ses propriétés conservatrices et antioxydantes. Les composés bioactifs présents dans cette plante, tels que les phénols et les flavonoïdes, possèdent une activité antioxydante qui prévient l'oxydation des lipides, prolongeant ainsi la durée de conservation de la farine de poisson.

Par ailleurs, l'élevage de la mouche soldat noir présente de nombreux avantages, notamment sa capacité à se nourrir de déchets organiques et sa reproduction rapide. L'ajout de farine de poisson à l'alimentation de ces insectes a démontré une augmentation significative de leur valeur nutritionnelle et de leurs performances, tels que la croissance plus rapide, l'augmentation de la taille corporelle et une meilleure conversion alimentaire.

L'utilisation de la farine de poisson dans l'alimentation animale, y compris pour les insectes, ouvre des perspectives intéressantes en offrant une source alternative et durable de protéines de haute qualité. Cela permet de répondre aux besoins croissants en alimentation animale tout en réduisant l'impact environnemental

Conclusion

associé à l'utilisation de protéines conventionnelles, favorisant ainsi une agriculture plus durable et des systèmes alimentaires plus résilients.

Références bibliographiques

Abd El-SalamE.Morsy N. 2019. Optimization of the extraction of polyphenols and antioxidant activity from *Malva parviflora* L. leaves using Box-Behnken design. *Prep. Biochem. Biotechnol.* 49: 876-883.

AbdallaM., Attia M, YousefM, Abd el-Aal, M. 2016. "Effect of cooking on nutritive value of jew's mallow (*Corchorus olitorius* L.) and mallow (*Malva parviflora* L.) leaves", *Alex. J. Fd. Sci. and Technol*, Vol. 13 No. 2, pp. 1-10.

Aberoumand A.2011.Chemical composition and quality of some fish meals in Iran.*Trade Science Inc.NPAIJ*, 7(3):110-113,0974 - 7508

ADDOU A. 2009. Développement durable: traitement des déchets "valorisation et élimination".380p édition ellipses

ADEME.2000. Les co-produits d'origine végétale des industries agroalimentaire ademe édition paris 76P

ADEME .2000. Les co-produits d'origine végétale des industries agroalimentaire ademe édition paris 76P

Adrian, J., Polus, J et Frange, R. 2003. Lascience alimentaire de A à Z,(3emeédition), Lavoisier. Paris P : 409.

Agence nationale d'édition et de publicité,2022, commentaire: envie de poison, ouali mouterfi

Agus Dana Perma; Ucu Julita ; Lulu Lusianti F; Ramadhani Eka Putra.2020 Succès d'accouplement et comportement reproducteur de la mouche soldat noire *Hermetia illucens* L. (Diptera, Stratiomyidae) sous les tropiques. *Journal d'entomologie*, 17, 117-127.

Ahmed S,Ibrahim D.2016.Effect of dietary mallow(*Malva parviflora* L.) leaves powder on physiological traits and productive performance of Japanese quail. *Journal of Veterinary Science and Technology*,1(9):12,1999-6527

Al Khawli, F., Pateiro, M., Domínguez, R., Lorenzo, J.M., Gullón, P.,Kousoulaki,K., Ferrer, E., Berrada, H. & Barba, F.J. 2019. Innovative green echnologies of intensification for valorization of seafood and theirby-products. *Marine Drugs*, 17: 689

Alattar, Manar Arica. 2012. 'Biological treatment of leachates of microaerobic

fermentation', Dissertations and Theses, p. 78.

Alibas I.2007. Energy consumption and colour characteristics of nettle leaves during microwave, vacuum and convective drying. *Bioproc Biosyst Eng* 96: 495-502. doi.org/10.1016/j. biosystemseng.2006.12.011

Al-Snafi AE. 2014. La pharmacologie de *Malva sylvestris* et *Malva parviflora* - une revue. *Int J Pharm Sci Rev Res.*26(2):225-231.

Annathai, A., Shakila, R, SA, S. 2014. Proximate and major mineral composition of 23 medium sized marine fin fishes landed in the Thoothukudi Coast of India. *Nutrition & Food Sciences.* 4(1) 1-7.

Anonymous. 2002. Fishmeal facts and figures. Fishmeal Information Network (FIN). International fishmeal and oil manufacturers association, 2 College Yard, Lower Dagnall Street, St. Albans, Herts, AL3 4PA, U.K

Atta-ur-Rahman, MN Ashraf, M. Ahmad. 2000."Etudes sur l'activité anti-inflammatoire de *Malva parviflora*." *Biologie pharmaceutique* 38, no. 4: 287-290.

AyssiwedeS.B., Chrysostome C., Ossebi W., DIENG A., Hopernick J.L. et MISSOHOU A.(2010). Utilisation digestive et métabolique et valeur nutritionnelle de la farine de feuilles de *Cassia tora* (Linn) incorporé dans la ration alimentaire des poulets indigènes du Sénégal. *Revue Med. Vet.* 161 (12): 549-558.

Azab A. 2017. *Malva* : Alimentation, médecine et chimie. *EUR. Chim. Taureau.*6 : 295–320. doi : 10.17628/ecb.2017.6.295-320

Azab A. *Malva* : Alimentation, médecine et chimie. *EUR. Chim. Taureau.* 2017 ; 6 : 295–320.

Barros, L. M. et al. (2019). 'Morphological description of the immature stages of *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae)', *Microscopy Research and Technique*, 82(3), pp. 178–189. doi: 10.1002/jemt.23127.

Barroso. F. G.. M. J. Sánchez-Muros. M.A. Rincon M. Rodriguez-Rodriguez. D Fabrikov. E Morote. and J. L. Guil-Guerrero. 2019. Production of n-3-rich insects by bioaer- ulation of fishery waste. *J. Food Compos. Anal* 82:103237.

- Bechtel, P.J.** 2007. By-products from seafood processing for aquaculture and animal feeds. Maximizing the value of marine by-products. In: Shahidi, F. (Ed.). CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 435–449
- Belco latifou A, Imorou tokoI, Abdel-Rahamane B ; Dépia M; Francesca G, Djibril L, Polycarpe Ubald T, Virgile A.**2019. Changements Post Mortem et Evaluation de la Qualité du Poisson Destiné à la Consommation Humaine : Revue de la Littérature. International Journal of Progressive Sciences and Technologies, [S.l.], v. 17, n. 1, p. 111-141. ISSN 2509-0119.
- BOUAMAMA M, CHAMKHA I .**2022. Contribution à l'étude de l'effet biologique de l'espèce *Malva parviflora* de la région de Ghardaïa sur la croissance végétale de la tomate. mémoire en sciences biologiques. Université de Ghardaïa. 58P
- Boudjelal, A., Siracusa, L., Henchiri, C., Sarri, M., Abderrahim, F., & Baali, F.** (2012). Activité antioxydante et contenu phénolique des extraits de fleurs et de feuilles de *Malva parviflora* L.. Journal africain de pharmacie et de pharmacologie, 6(38), 2683-2689.
- Boury,** 1985. L'altération du poisson Rév, Trav, Ins, Peche, Marie. 8(3), 31, p : 282-332
- BRIK L, Gurriche A.** La valorisation des déchets. 2021. Mémoire Microbiologie Sciences de la Nature et de la Vie Filière : Écologie et Environnement Spécialité : Écologie microbienne 60P Université des Frères Mentouri Constantine
- Caparros Megido, R., Haubruge, E., & Francis, F.** (2015). Rôle de trois stades de vie de la mouche soldat noire (Diptera : Stratiomyidae) dans le compostage des déchets organiques. Journal d'entomologie économique, 108(2), 817-827.
- Caruso D, Devic E, Subamia I.W., Talamond P, Baras E.** (2014). Technical handbook of domestication and production of Diptera Black Soldier Fly (BSF), *Hermetia illucens*, Stratiomyidae. Bogor (IDN) ; Marseille : IPB Press ; IRD, 141 p.
- Caruso, G.** (2016). Fishery wastes and by-products: a resource to be valorised. J. Fish. Sci. 10, 12–15.
- Chen, Y., Zhao, Y., Zhang, X., Wang, X. et Fan, X.** (2017). Caractérisation et activité immunostimulante des polysaccharides dérivés de *Malva parviflora*.

Polymères glucidiques, 157, 1883-1891.

Cheng, V., L.-A. Huber, A. K. Shoveller, and E. G. Kiarie. 2022. Comparative protein quality in black soldier fly larvae meal vs. soybean meal and fish meal using classical protein efficiency ratio (PER) chick growth assay model coronavirus [e-pub ahead of print]. *Poult. Sci.* 102.

Chéret, R. (2005). Effet des hautes pressions sur les indicateurs de maturation de la viande et d'altération du muscle de poisson. Thèse de doctorat, université de Nantes. P: 44, 53, 54, 77.

Chiamaka Linda Mgbechidinma¹ , Gang Zheng² , Elnalee Buyagao Baguya¹, Hanghai Zhou¹, Samuel Ukpong Okon^{3,4}, Chunfang Zhang.2023.Fatty acid composition and nutritional analysis of waste crude fish oil obtained by optimized milder extraction methods.*Environ. Eng. Res.* 2023. 28(2): 220034

Choubert G. 2010. Procédé de conservation/transformation et qualité sensorielle du poisson. 13ème journée Sciences des Muscles et Technologies des Viandes, Clermont Ferrand, 19- 20 Octobre. p. 91-98.

Cíntia A, Patricia R, Catarina R. Composés bioactifs des larves d'*Hermetia Illucens* en tant qu'ingrédients naturels pour une application cosmétique. *Biomolécules.* 2020. 10, 976, 10.3390/biom10070976.

COTHENET G., BASTIANELLI D. et RUDEAUX F. (2003). Les matières premières et l'alimentation. In ITAVI (eds).La production de poulets de chair en climat chaud. Paris, ITAVI, p. 60-76.

Cowey CB. 1993. Some effects of nutrition on flesh quality of cultured fish. . Ln: S.1. Kaushik et P. Luquet (Eds.), *Fish Nutrition in Practice*, Biarritz, France, INRA Editions. Les Colloques. 061 : p. 228-236.

Cuncheng Liu; Cuwen Wang; Huaiying Yao. 2019. Utilisation complète des ressources de déchets à l'aide de la mouche soldat noire (*Hermetia illucens* (L.)) (Diptera : Stratiomyidae). *Animaux.* 349p.

De Smet, J., Wynants, E., Cos, P. and Van Campenhout, L. 2018. Microbial community dynamics during rearing of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) and impact on exploitation potential. *Applied and Environmental Microbiology* 84: 1-

17.

Décision n°99/534/CE concernant les mesures applicables au traitement de certains déchets animaux aux fins de la protection contre les encéphalopathies spongiformes transmissibles, et modifiant la décision 97/735/CE de la Commission. 1999.

Diener, S. et al. (2011). 'Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae', *Waste and Biomass Valorization*, 2(4), pp. 357–363. doi: 10.1007/s12649-011-9079-1

Direction départementale de la protection des populations du Finistère. (2010). Note d'information relative aux co-produits et aux sous-produits de la pêche.

Directive Cadre (75/442/CEE) du 15 juillet 1975 (Art. L.541-1)

Directive Cadre (75/442/CEE). du 15 juillet 1975. (Art. L.541-1)

Dumay, J. (2006). Extraction des lipides en voie aqueuse par bioréacteur enzymatique combine à l'ultrafiltration : Application à la valorisation de co-produits de poisson (*Sardina pilchardus*). Thèse de doctorat. Université de Nantes : 305 p.

Einarsson, M.I.; Jokumsen, A.; Bæk, A.; Jacobsen, C.; Pedersen, S.A.; Samuelsen, T.A.; Pálsson, J.; Eliassen, O.; Flesland, O. 2019. Nordic Centre of Excellence Network in Fishmeal and Fish Oil, 1670–7192; Mátis Ohf/Matis—Food Research, Innovation & Safety: Reykjavik, Iceland

ESR International. 2008. Bioconversion of Food Waste: Black Soldier Fly.

EstabraqN, Lamyaa M, Rawaa A. 2022. Phytochemical Constituents and Pharmacological Activity of *Malva parviflora* plant. *SCIENTIFIC JOURNAL OF MEDICAL RESEARCH*.2;6(23):35-44,2520-5234

EUMOFA . 2021. FISHMEAL AND FISH OIL: PRODUCTION AND TRADE FLOWS IN THE EU.

Everest Canary G. (2009). Diseño y gestion de un proceso para reciclar desechos organicos con la larva *Hermetia illucens* para producir harina de larva. Tesis de Maestria, Facultad de ingeniera Chia, Universidad de la Sabana, 106pp.

Eymard S. 2003. - Mise en évidence et suivi de l'oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation du chinchard (*Trachurus trachurus*) : choix des procédés. Thèse de Doctorat. Université de Nantes, 143 -217p

- FAO** (2016): Agreement on Port State Measures to Prevent, Deter and Eliminate Illegal, Unreported and Unregulated Fishing. Rome/Roma. 100 p
- FAO** (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in Action. Rome: FAO
- FAO**, 1986. The production of fish meal and oil. FAO Fisheries Technical Paper No.142, Rome, Italy.
- FAO**. 2011. The state of World Fisheries and Aquaculture. Food and Aquaculture Organization, Rome, Italy.
- FAO**. 1986. The production of fishmeal and oil. FAO Fisheries Technical Paper, 142. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. ISBN 92-5-102464-2.
- FAO**. 1986. Aquaculture production (1984-1986). FAO Fisheries Circular, 815, FIDI/C815: 106 p.
- FAO**. 1991. Sources de protéine animale pour les populations rurales et urbaines du Ghana.
- FAO**. 2000. département de pêche de la FAO. Profil de pêche par pays. Morocco 1-6p.
- FAO**. 2020. *La Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture*
- FAO**. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in Action Food and Agriculture Organization of the United Nations,
- FAO**. The Production of Fishmeal and Oil; FAO: Rome, Italy, 1986.
- Farhan H., Rammal H., Hijazi A., Badran B.** Criblage phytochimique préliminaire et extraction de polyphénols à partir de tiges et de feuilles d'une plante libanaise *Malva parviflora* L. *Int. J. Curr. Pharm. Rés.* 2012 ; 4 : 55–59.
- Farhan H., Rammal H., Hijazi A., Badran B.** 2012. Criblage phytochimique préliminaire et extraction de polyphénols à partir de tiges et de feuilles d'une plante libanaise *Malva parviflora* L. *Int. J. Curr. Pharm. Rés.* ; 4 : 55–59.
- Florent L.** 2020. OPTIMISATION DU MAINTIEN DES CONDITIONS ABIOTIQUES DANS LES ELEVAGES D'HERMETIA ILLUCENS PAR UN SYSTEME DE BRASSAGE ET DE SUIVI AUTOMATISE, Master en bioingénieur : sciences et technologies de l'environnement, à finalité spécialisée, université de

Gembloux Agro-Bio Tech, liège

Francis K. Attiogbe ; Nana Yaa K. Ayim; Josué Martey ; Efficacité des larves de mouches soldats noires dans le compostage des déchets organiques contaminés par le mercure. *Scientifique Africain*. 2019. 6,

Frankel, E.N. 1998. Lipid oxidation. The Oily Press (vol. 10). Dundee, Scotland. 1

Garg S, Bisht S, Sharma S, et al. Malva parviflora L. : Une revue. Int J Pharm Sci Res. 2014. 5(11):4476-4484.

Gíslason, MV, Pálsson, G., Ólafsson, SF, Bergsson, AB, Margeirsson, B., Arason, S., & Karlsdottir, MG. (2014). Protéagineux Hedinn et oléagineux Hedinn (n° 2002-2081).

Gonzalez-Esquerra et S. Leeson. 2000. Effets de l'huile de menhaden et des graines de lin dans les régimes alimentaires des poulets de chair sur la composition sensorielle et lipidique de la viande de volaille. *British Poultry Science* 41: 481–488.

Gret. 1993. le point sur : conserver et transformer le poisson, guide technique et méthodologique, édition GRET, 288p

GUÉRARD F. 2009. « Valorisation des biomasses : l'or des coproduits », *Biofutur*, n°301, pp. 39-41.

GUÉRARD F., 2009, « Valorisation des biomasses : l'or des coproduits », *Biofutur*, n°301, pp. 39-41.

Guiraud. M. 1998. Microbiologie alimentaire. Technique et ingénierie. Agro-alimentaire . paris . vol1.614p:2-10-003666-1

Haard NF. 1992. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International*. 25: p. 289-307.

Haniadka R, Shripathi V, Fayad R, et al. Utilisations traditionnelles, phytochimie et pharmacologie de la mauve sauvage (*Malva parviflora* Linn.) : une revue. *J Ethnopharmacol*. 2017. 206:97-108.

Hardy R W and Tacon A G J. 2002. 'Fish meal : historical uses, production trends and future outlook for sustainable supplies', in Stickney R R and McVey J P, *Responsible Marine Aquaculture*, CABI Publishing Co., Oxford.

Hoc, B. et al. 2019. 'Optimization of black soldier fly (*Hermetia illucens*) artificial

reproduction', PLoS ONE, 14(4), pp. 1–13. doi: 10.1371/journal.pone.0216160.

Holmes, L.A., Vanlaerhoven, S.L., Tomberlin, J.K. 2013. Substrate effects on pupation and adult emergence of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Environmental Entomology*, 42(2): 370-374.

Huang, L., Yu, R., Zhao, M., Ma, J. et Chen, X. 2014. Composition chimique des huiles essentielles de *Malva parviflora* L. et leur activité antimicrobienne. *Recherche sur les produits naturels*, 28(10), 752-755.

Hughes, R.B. & Jones, N.R. 1966. - Measurement of hypoxantine concentration in canned herring as an index of the freshness of the raw material, with a comment on the flavor relations. *J. Sea. Food Agree.*17: 434-436.

Huss HH. 1988. Le poisson frais : qualité et altérations de la qualité. Manuel de formation préparé pour le Programme FAO/DANIDA sur la technologie du poisson et le contrôle de qualité. Collection FAO, Pêches n°29. 138p.

Huss HH. 1999. La qualité et son évolution dans le poisson frais. FAO Doc. Tech. sur les Pêches 196.

Huss, H.H. 1995. Qualité et son évolution dans le poisson frais. Document Technique sur les Pêches-348 FAO.L'Organisation des Nations Unies pour L'Alimentation et L'Agriculture, Rome.206p

IFFO anualearbook. 2019.

Ikhtiyar A et Bahram, F.2023. Détermination de la qualité des aliments pour animaux et des résidus organiques de mauve, *CR Acad. Bulg. Sci.* , vol. 76, non. 5, p. 803–809

Ingabire H et autres , Caractérisation et analyse des déchets de poisson comme matière première pour la production de biogaz, *International Journal of Low-Carbon Technologies* , Volume 18, 2023, Pages 212–217

Insee .2020 .definition des produits halieutiques.

Insee .2020. definition des produits halieutiques.

Jabri karaoui I ,Abderrzbba M ,Marzouk B , valorisation des sous produits des industries agroalimentaire. 2018. 47p édition universitaires européennes

Jabri karaoui I ,Abderrzbba M ,Marzouk B , valorisation des sous produits

- des industries agroalimentaire 2018 47p édition universitaires européennes
- Jackson, A.** 2007. Challenges and opportunities for the fishmeal and fish oil industry. Feed technology update (FTU) solution for the global feed industry.2,4-12.
- Jacobsen, C.** 1999. Sensory impact of lipid oxidation in a complex food systems. Fett/Lipid 101 484-492.
- Janbakhsh S, Hosseini P, Shamsaie M.** (2018). Valeur nutritionnelle et teneur en métaux lourds de la farine de poisson du sud-ouest de la mer Caspienne. Caspienne J Environ Sci 16(4):307–317
- Jiang S.T.** 1998. - Contribution of muscle proteinases to meat tenderization. Proceeding of the National Science Council, ROC Part B: Life Science, 22, 97-107
- Journal officiel des Communautés européennes, RÈGLEMENT (CEE) N° 2455/70 DU CONSEIL** du 30 novembre. 1970. barème de cotation de la fraîcheur du poisson préconisé
- Jouve. J. L.** 1996. La qualité microbiologique des aliments. CNERA. 2ème édition, ISBN, 2-84054-040-1, Paris, p: 563.
- Karimi A.** 2006. the effects of varying fishmeal inclusion levels(%) on performance of broiler chicks, poultry science 5(3):255-258
- Kaur, R., Kapoor, K. et Kaur, H.** (2011). Malva parviflora Linn. : Aspects phytochimiques et pharmacologiques. Journal de recherche sur les plantes médicinales, 5(20), 5031-5037
- Kazemi M, Davoud A .Alireza A.** Évaluation de l'activité antibactérienne de Malva parviflora L. Recherche sur les produits naturels 26, non. 16 (2012): 1529-1534.
- Kim, C.H., Ryu, J., Lee, J., Ko, K., Lee, J.Y., Park, K.Y., Chung, H.,** 2021. Use of black soldier fly larvae for food waste treatment and energy production in Asian countries: a review. Processes 9, 161
- König, C.** 2012. Classification des poissons, Zoologie, Poisson ; Eau Douce.
- L .ZEGHICHI.** «Valorisation des déchets industriels» chapitre 1 page 9 thèse de magister université de Biskra 2006.
- Le Floc'h, P., Bourseau, P., Daurès, F., Guérard, F., Le Grel, L., Meunier, M., & Tuncel, M.** (2011). Valorisation des coproduits de la mer et territoire: enjeux

territoriaux. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*(1), 213-225.

Leduc, F. 2011. Evaluation de la qualité des poissons frais par des approches chimiques. Thèse de Doctorat, Université Lille 1, 182p.

Lefèvre F, Bugeon J. 2015. Quelles exigences de qualités pour les poissons d'élevage et issus de la pêche ? INRA Productions Animales, INRA Editions. 28(2): p. 119-124.

Lefèvre, F. Cos, I. et Bugeon, J. 2008. Déterminisme biologique de la qualité des poissons. Poster 12ème JSMTV.

Leveque C et D.Paugy. 2006. - Les poissons des continentales africaine : Diversité, écologie , utilisation par l'homme. Institut de recherche pour le développement. Paris. p 8-30 ; 45-104.

Li, H.B., Cheng, K.W., Wong, C.C., Fan, K.W., Chen, F. & Tian, Y. 2007. Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fraction of selected microalgae. *Food Chemistry*, 102, 771-776.

Liaset B., Lied E., Espe M. 2000. - Enzymatic hydrolysis of by-products from the fish-filleting industry; chemical characterisation and nutritional evaluation. *J. Sci Food Agric.*, 80: 581-9.

Love RM. 1980. *The Chemical Biology of Fishes (Volume 2)*. Academic Press London

Maktoof, A.A.; Elherarlla, R.J.; Ethaib, S. Identifying the Nutritional Composition of Fish Waste, Bones, Scales, and Fins. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 2020. 871, 12013

Malcorps W, Newton RW, Sprague M, Glencross BD & Little DC. 2021. Caractérisation nutritionnelle des sous-produits de transformation de l'aquaculture européenne pour faciliter l'utilisation stratégique. *Frontières des systèmes alimentaires durables* , 5, art. N° : 720595.

MANIYANGAMAGE K, CHATHURANGA P, CHAMINDA N, MANOHARAN N, MANJULA P, HETTIPALA A. 2020. Substitution of Fishmeal with Black Soldier Fly *Hermetia illucens* Linnaeus, 1758 Larvae in Finfish Aquaculture. *Asian Fisheries Society*.vol. 34, no. 2, p. 114,

Marthe GUERREIRO et Laurence RETIERE. etude de la farine de

poisson :Analyse de la variation de la composition de la farine élaborée à usine de transformation du poisson, Interpêche 1992. édition IFREMER/ 1 INTERPECHE 35P.

Marvin Ingi Einarsson Alfred Jokumsen charlotte Jacobsen Søren. Anker Pedersen Nordic Centre of Excellence Network in Fishmeal and Fish oil. 2019. édition Matis ltd 119P.

Maystre L Y. 1994. Déchets urbains : nature et caractérisation, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires Romandes, 219 p.

Médale, F. 2004. Caractéristiques nutritionnelles des poissons et facteurs de variations Aquaculture.79 : 87-93.

Médale, F., Leblanc J-C., Philippe G. 2008. Le poisson: quels enjeux pour sa consommation ? Institut Français pour la Nutrition. N°130.

Meneguz, M., Gasco, L. and Tomberlin, J. K. 2018. '4A Impact of pH and feeding system on BSF larval development', PLoS ONE, 13(8), pp. 1–15.

Ministère de la pêche et des produits halieutiques. 2022. production halieutique national.

Moerkerk, M. and Barnett, A. G. 1998. 'More crop weeds'. (R.G. and F.J. Richardson, Melbourne, Victoria).

Mohammed, Akram & El-Anany, Ayman & Althwab, Sami A. & Alhomaid, Raghad & Alharbi, Hend & Algheshairy, Reham & Ali, Rehab. 2023. Nutritional and quality attributes of bread fortified with cheeseweed mallow leaves powder. Nutrition & Food Science. .

Montassier. C. 1998. Les poisson et le milieu marin. Arti. Paris, p : 8.

Murray C.K et Burt. 1969. An investigation of the method of determination TMA in fish muscle extract by the formation of its picrate salts. ED. technol. ; 1972,7,35-46.

MUUS B-J., NIELSEN J-G., DAHLSTROM P. et OLSEN NYSTROM B. 2014. - Poissons de mer et de pêche Europe occidentale. Paris .GRUND. P07.

Nemeth, E., Bernath, J. et Horvath, G. (2002). Plantes médicinales et aromatiques du Moyen-Orient. Dans I Symposium international sur les plantes médicinales et

aromatiques dans les pays du Moyen Age (Vol. 650, pp. 177-186).

Neurat. 2001. Poisson coquillage et crustacés, Article de santé 1-4p. Nord du golfe de Gascogne : reproducteurs ; larves et Université de Bretagne occidentale (UBO), 177p. juvéniles. Thèse de 3ème cycle. Brest, Université de Bretagne Occidentale (UBO).

Newton, L., Sheppard, C., Watson, D. W., Burtle, G., & Dove, R. (2019). Using adult black soldier fly, *Hermetia illucens*, to provide a sustainable approach to managing organic waste: optimizing substrate conversion and assessing nutrient composition. *PloS one*, 14(2), e0209695

Nguyen TTX, Tomberlin JK, Vanlaerhoven S. Capacité des larves de la mouche soldat noire (Diptera : Stratiomyidae) à recycler les déchets alimentaires. *Environ Entomol.* 2015. 44(2):406-410.

Nguyen, H.T.; Hilmarsdóttir, G.S.; Tómasson, T.; Arason, S.; Gudjónsdóttir, M. Changes in Protein and Non-Protein Nitrogen Compounds during Fishmeal Processing—Identification of Unoptimized Processing Steps. *Processes* 2022. 10, 621

Nygaard, H. (2010). Standard Norwegian fishmeal- and fishoil process Heat treatment requirements (No. 20799). Fyllingsdalen.

OCDE. (2014). « Utilisation des ressources halieutiques », dans *Environment at a Glance 2013 : OECD Indicators*, Éditions OCDE, Paris

OECD. 2021. perspective agricole de l'OECD et de FAO de 2021-2030.

Oumansour, Y, F. (2001). Etude de l'altération des huiles de poissons après décongélation. Effet microondes. Diplôme de Magister. Université de M'hammed Bougerra, 95p.

Palekar, Transformation of fish waste into silage using Lactic Acid Bacteria. Submitted to Dr. B.S.K.K.V. Dapoli. 1-115 (2009).

Palkar, N.D., Koli, J.M., Gund, D.P., Patange, S.B., Shrangdher, S.T., Sadawarte, R.K., et al.: Preparation of co-dried fish silage by using fish market waste and its comparative study. *Int. J. Pure Appl. Biosci.* 6(2), 1567–1577 (2018).

Park, et al. (2016). *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), pp. 1689–1699. Vo, V. (2020) 'Development of insect production automation: Automated processes for the production of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*)'.

- Penven A**, 2014, La gestion des ressources et des territoires : Application à la mise en œuvre de projets de valorisation de sous-produits de poisson thèse de doctorat, université de nantes, 395p
- Penven A.** 2014. La gestion des ressources et des territoires : Application à la mise en œuvre de projets de valorisation de sous-produits de poisson thèse de doctorat, université de nantes, 395p
- PIB Da Silva ; T Hesselberg;** Un examen de l'utilisation des larves de mouches soldats noires, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), pour composter les déchets organiques dans les régions tropicales. *Entomologie néotropicale*. 2019.49, 151-162, 10.1007/s13744-019-00719-z.
- Pike, I.H.**, 1999. Health benefits from feeding fish oil and fish meal: The role of long chain omega-3 polyunsaturated fatty acids in animal feeding. International fishmeal and oil manufacturers association, 2 College Yard, Lower Dagnall Street, St. Albans, Herts, AL3 4PA, U.K. Technical Bulletin No:28.
- Pimentel-Rodrigues A,Oliva-Teles A.**2007.Phosphorus availability of inorganic phosphates and fish meals in European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) juveniles *Aquaculture* 267. 300–307
- Ponce, LE, et AG Gernat.** 2002. L'effet de l'utilisation de différents niveaux de farine de sous-produits de tilapia dans l'alimentation des poulets de chair. *Sciences de la volaille* 81: 1045–1049.
- Ramirez-Serranoa, C.E., Jimenez-Ferrerb, E., Herrera-Ruizb, M., Zamilpab, A., Vargas-Villab, G., Jair RamirezCarretoc, R., Chavarriac, A., Tortoriellob, J., Pedraza-Alvaa, G. and Perez-Martinez, L.** (2019., “A malva parvifloras fraction prevents the deleterious effects resulting from neuroinflammation”, *Biomedicine and Pharmacotherapy*, Vol. 118, p. 109349.
- Regost C.** 2001. Effets des lipides sur la qualité nutritionnelle, physique et organoleptique de la chair de la Truite Fario (*Salmo trutta*) et du turbot (*Psetta maxima*). Thèse de doctorat de l'Université de Rennes 1 de l'Ecole Doctorale Vie-Agronomie- Santé p. 222.
- René moletta le traitement des déchets.** 2009. chapitre7 264 266P édition tec et

doc.

Roskov Y., Abucay L., Orrell T., Nicolson D., Bailly N., Kirk PM, Bourgoïn T., DeWalt RE, Decock W., De Wever A., Nieukerken E. van, Zarucchi J., Penev L., éd. (2019). Species 2000 & ITIS Catalog of Life, Liste de contrôle annuelle 2019.spèce 2000 : Naturalis, Leiden, Pays-Bas. ISSN 2405-884X.

Rudovica1 V et al. 2021. Valorisation des Déchets Marins : Utilisation des Sous-Produits Industriels et des Faveurs de Plage vers la Production de Produits à Haute Valeur Ajoutée. *frontiers in marine science*.8(39)

Rustad, T., Storrø, I., and Slizyte, R. (2011). Possibilities for the utilisation of marine by-products. *Int. J. Food Sci. Technol.* 46, 2001–2014.

Salehi B, Mishra AP, Nigam M, et al. **Espèces de Malva** : un examen des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes. *Phytother Res.* 2018. 32(5):897-906.

Samuel A., Boyer J., Carbonneau M-É., Coulombe F., Coulombe N., Desbiens M., Leclerc L., Martin C. & Morin R. 2000. - Guide Élevage des Salmonidés, Fascicule 12, Transformation. Ministère de l'agriculture Québec, des pêcheries et de l'alimentation, , 133 p.

Sandoval-Gallegos, E. M., José, A.-R., Socorro, C.-C. N. del, Deyanira, R.-O., Yadira, Z.-R. Q., Juan, H.-Á., & Esther, R.-M. (2021). Effect of boiling on nutritional, antioxidant and physicochemical properties of edible plants (*Malva parviflora* and *Myrtillocactus geometrizans*). *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 510.

SAUVANT D., PEREZ J. M. et TRAN G. (2004). Farines et solubles de poisson. In: INRA (eds): Table de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage. Paris In: INRA (eds), p. 272-277.

Schofield, P., Mbugua, D.M. & Pell, A.N. (2001). Analysis of condensed tannins: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 91, 21-40.

Seidel V. (2005). Initial and Bulk Extraction. In: natural products isolation. Sarker S D, Latif Z, Gray A I. Eds, Humana Press (Totowa), pp: 27-37.

Shabani L, Ashoori M, Ardestani A, Propriétés anti-bactériennes et anti-oxydantes in vitro des extraits de *Malva parviflora* L. *Iran J Microbiol.* 2014. ;6(3):164-170.

- Shahidi F.** (2006) - Maximising the value of marine by-products. Memorial University of New foundland, Canada, 560 pp
- Shahidi F.** (2006). - Maximising the value of marine by-products. Memorial University of New foundland, Canada, 560 pp
- Sheppard, D.C., Tomberlin, J.K., Joyce, J.A., Kiser, B.C., Sumner, S.M.** (2002). Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Journal of Medical Entomology*, 39(4): 695-698.
- Shewan JM.** 1962. The bacteriology of fresh and spoiling fish and some related chemical changes. In *Recent advances in food science*, vol. 1: 167-193, éd J. Hawthorn and J. Muil Leitch. Londres, Butterworths.
- Sikorski, ZE, Gildberg, A., Ruiter A.** 1995. Produits de la pêche. Dans: *Poissons et produits de la pêche, Composition, propriétés nutritives et stabilité* (Ruiter, A. éd.), p. 315-345. TAXI International, Wallingford, Royaume-Un
- Singh, A., Kumari, K.,** 2019. An inclusive approach for organic waste treatment and valorisation using black soldier fly larvae: a review. *J. Environ. Manag.* 251
- SN Rindhe ; Manish Kumar Chatli; RV Wagh ; AmanPreet Kaur ; Nitin Mehta ; Pavan Kumar; OP Malav.** Black Soldier Fly : Une nouvelle perspective pour la gestion des déchets et l'alimentation animale. *Journal international de microbiologie et de sciences appliquées actuelles* 2019. 8, 1329-1342, 10.20546/ijcmas.2019.801.142.
- Southgate DA et Greenfield.** 2007. *Food composition data. Production, Managements and Use.* Second. Fao, Rome.
- Stansby ME.** (1962). Proximate composition of fish. *Fish in nutrition*, Fishing News Books Ltd., pp. 55–61. Heen, E. & Kreuzer, R, Londres.
- Sun, Q.; Senecal, A.; Chinachoti, P.; Faustman, C.** Effect of water activity on lipid oxidation and protein solubility in freeze-dried beef during storage. *J. Food Sci.* 2002. 67, 2512–2516.
- Tenyang N., Womeni H.M., Linder M., Tiencheu B., Villeneuve P., Tchouanguép Mbiapo F.** 2014. The chemical composition, fatty acid, amino acid profiles and

mineral content of six fish species commercialized on the Wouri river coast in Cameroon. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, 91 : p. 129-138.

Thakur, AK, Chatterjee, SS, Kumar, V. et Sahu, PK. (2013). Une revue sur l'ethnobotanique, la phytochimie et la pharmacologie du genre végétal *Malva*. *Journal des sciences pharmaceutiques appliquées*, 3(7), 144-149.

Thorkelsson, G., Slizyte, R., Gildberg, A., & Kristinsson, H. G. (2009). Fish proteins and peptide products: processing methods, quality and functional properties. In J. B. Luten (Ed.), *Marine functional food* (pp. 115–133). Wageningen Academic Publishers.

Toppe, J., Albrektsen, S., Hope, B., Aksnes, A. 2007. Chemical composition mineral content and amino acid and lipid profiles in bones from various fish species. *Comp. Biochem. Physiol. B Biochem. Mol. Biol.* 146 (3), 395-401.

Tundis Rosa, Francesca Menichini et Maria Inés Loizzo. "Étude comparative sur la capacité antioxydante et l'activité inhibitrice de la cholinestérase des huiles essentielles de *Citrus aurantifolia* Swingle, *C. aurantium* L. et *C.* *Toxicologie alimentaire et chimique* 50, no. 10. (2012). : 3475-3481.

USDA, NRCS. 2016. La base de données PLANTS. Équipe nationale des données sur les plantes, Greensboro, NC 27401-4901 États-Unis.

V.R. Wiggers, A. Wisniewski Jr., L.A.S. Madureira, A.A. Chivanga Barros, H.F. Meier, Biofuels from waste fish oil pyrolysis: Continuous production in a pilot plant», *Fuel*, vol88, Pages 2135-2141, 2009.

Van Huis, A. and Tomberlin, J. K. (eds) (2018). *INSECTS AS FOOD AND FEED : FROM PRODUCTION TO CONSUMPTION*. Wageningen Academic Publishers. doi: 10.3920/978-90-8686-849-0.

Vasco, C., J. Ruales and A. Kamal-Eldin. 2008. Total phenolic compounds and antioxidant capacities of major fruits from Ecuador. *Food Chem.* 111: 816-823

Ween Ola , Janne K. Stangeland, Turid S. Fylling, Grete Hansen Aas. (2017). Nutritional and functional properties of fishmeal produced from fresh by-products of cod (*Gadus morhua* L.) and saithe (*Pollachius virens*). *Heliyon* (3):17P

- WRAP** (2012). Sector Guidance Note: Preventing Waste in the Fish Processing Supply Chain. Banbury: Waste and Resources Action Programme (WRAP).
- Wu, YC, RO Kellems, ZA Holmes et HS Nakaue.** 1984. L'effet de l'alimentation de quatre repas d'hydrolysate de poisson sur les performances des poulets de chair et les caractéristiques sensorielles de la carcasse. *Sciences de la volaille* 63: 2414–2418.
- Zhang, J., Wan, X., Li, B., Li, Y., & Li, D.** (2018). Nutrient compositions of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae reared on different organic waste substrates. *Animal Feed Science and Technology*, 235, 33-40.
- Zoufan, P., Azad, Z., Ghahfarokhie, A.R. and Kolahi, M.** (2020). “Modification of oxidative stress through changes in some indicators related to phenolic metabolism in *Malva parviflora* exposed to cadmium”, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol. 187 No. 2020, p. 109811
- Zozo, B.; Wicht, M.M.; Mshayisa, V.V.; van Wyk, J.** The Nutritional Quality and Structural Analysis of Black Soldier Fly Larvae Flour before and after Defatting. *Insects* 2022. 13, 168.

Annexe

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'éducation et de la recherche scientifique

Université Abdelhamid Ibn Badiss Mostaganem

Incubateur de Mostaganem



Annexe sur le modèle économique

Fiche technique du projet

Nom et prénom : Asma Idriss Bacha

Nom commercial de projet : AQUAVAL:production de la Farine et huile de poisson

Numéro de téléphone : 0783195875

E-mail : AquaVal.dz@gmail.com

Commune d'activité : Mostaganem

Nature de projet : Vente de marchandises

*Ce projet est supervisé par **DJILALI BENABDELMOUMENE** maître de conférences au département d'agronomie de l'université de Mostaganem.*

Numéro de téléphone: 0555523518

E-mail: benabdelmoumenedjilali@hotmail.com

1. Problématique

Notre société moderne fait face chaque année à d'énormes quantités de déchets de poisson, représentant une part significative du volume total de poissons traités. La gestion de ces déchets constitue un défi majeur pour les industries de la pêche et de la

transformation du poisson. Ces industries génèrent un taux élevé de déchets, tels que les têtes, les arêtes, les viscères, les peaux, ainsi que des sous-produits de transformation tels que les écailles et les nageoires.

Malheureusement, la surpêche aggrave encore cette situation en entraînant la perte de

poissons entiers, qu'ils soient frais ou avariés, qui pourraient pourtant être valorisés.

Ces déchets de poisson ont une valeur importante, mais ils sont souvent simplement envoyés en décharge sans aucun traitement approprié, ce qui pose des défis considérables sur les plans environnemental et économique. Il est essentiel de changer notre perspective à leur égard et de les considérer comme des ressources précieuses plutôt que de simples déchets.





2. Proposition de valeur

- Solution complète : Nous fournissons une solution complète de transformation des déchets de poisson en farine et en huile, permettant ainsi à nos clients de résoudre le défi majeur de gestion de ces déchets.
- Maximisation de la valeur économique : En transformant les déchets de poisson en farine et en huile, nous créons de nouvelles opportunités commerciales pour nos clients. La farine de poisson est une source riche en protéines utilisée dans l'alimentation animale, tandis que l'huile de poisson est recherchée pour ses acides gras oméga-3 bénéfiques pour la santé humaine.
- Durabilité environnementale : En valorisant les déchets de poisson, notre projet contribue à réduire la quantité de déchets envoyés en décharge, réduisant ainsi l'impact environnemental. Nous favorisons également une utilisation plus efficace des ressources marines en exploitant pleinement le potentiel des poissons traités.
- Économie circulaire : En adoptant une approche d'économie circulaire, nous participons à la création d'un système durable où les déchets de poisson sont réutilisés pour produire des ingrédients précieux tels que la farine et l'huile, contribuant ainsi à une utilisation plus efficace des ressources.
- Amélioration de la sécurité alimentaire : Notre projet soutient l'amélioration de la sécurité alimentaire en fournissant une source de farine de poisson de haute qualité pour l'alimentation animale, contribuant ainsi à la production d'aliments nutritifs pour le bétail et les animaux de compagnie.
- Nature de la solution : La nature de notre solution est à la fois qualitative et quantitative. Nous offrons une solution complète et intégrée pour la valorisation des déchets de poisson, ce qui se traduit par des résultats tangibles et mesurables. La farine de poisson et l'huile de poisson sont des produits de haute qualité, ce qui apporte une valeur qualitative en termes de nutrition animale et humaine. En même temps, notre projet offre des avantages économiques mesurables, tels que la création de revenus supplémentaires grâce à la vente de farine et d'huile de poisson, ce qui se traduit par des résultats quantitatifs tangibles.

- Plusieurs projets ciblant le problème de valorisation des déchets de poisson ont été mis en place pour répondre aux enjeux environnementaux et économiques liés à cette question. Voici quelques exemples de projets existants :

la production d'engrais : Certains projets se concentrent sur la transformation des déchets de poisson en engrais organiques. Les déchets de poisson sont compostés ou traités pour produire des fertilisants naturels riches en nutriments, qui peuvent ensuite être utilisés dans l'agriculture.

production de biodiesel à partir d'huile de poisson : L'huile de poisson peut être transformée en biodiesel, offrant ainsi une alternative renouvelable aux carburants fossiles. Ces projets visent à valoriser l'huile de poisson issue des déchets de poisson pour la production de carburant propre et durable.

production de collagène à partir de peaux de poisson : Les peaux de poisson contiennent du collagène, une protéine utilisée dans diverses applications industrielles et cosmétiques. Certains projets se concentrent sur l'extraction du collagène des peaux de poisson, offrant ainsi une valeur ajoutée à ces déchets.

production de biomatériaux à partir de déchets de poisson : Certains projets cherchent à valoriser les déchets de poisson en les transformant en biomatériaux utilisés dans l'industrie textile, la fabrication de plastiques biodégradables ou la production de matériaux de construction durables.

production des produits bioactifs: les déchets de poisson peuvent contenir des peptides bioactifs, des acides gras oméga-3, des antioxydants, des vitamines et d'autres composés bénéfiques pour la santé. Certains projets visent à extraire et à purifier ces produits bioactifs à partir des déchets de poisson, afin de les utiliser dans des formulations pharmaceutiques, des compléments alimentaires ou des produits cosmétiques.



3. Les segments de clientèle

- **Industries de l'alimentation animale** : Les fabricants d'aliments pour animaux peuvent être un segment de clientèle important. La farine de poisson est une source riche en protéines et en nutriments, et elle est largement utilisée dans l'alimentation animale, en particulier pour les poissons d'élevage, les animaux de compagnie et le bétail. Les entreprises qui produisent des aliments pour animaux pourraient être intéressées par l'approvisionnement en farine de poisson de haute qualité provenant de la valorisation des déchets de poisson.
- **Industries de la transformation alimentaire** : Les entreprises de transformation alimentaire qui utilisent des ingrédients à base de poisson peuvent constituer un segment de clientèle important. L'huile de poisson peut être utilisée comme ingrédient dans la production de divers produits alimentaires tels que les conserves de poisson, les sauces, les compléments alimentaires, etc. Ces entreprises pourraient être intéressées par l'approvisionnement en huile de poisson de qualité provenant de la valorisation des déchets de poisson.
- **Industrie pharmaceutique et cosmétique** : Les entreprises du secteur pharmaceutique et cosmétique peuvent être des clients potentiels pour les produits bioactifs extraits des déchets de poisson. Les enzymes et les composés bioactifs présents dans les déchets de poisson peuvent être utilisés dans la formulation de médicaments, de produits de soins de la peau, de compléments alimentaires et d'autres produits de santé et de bien-être.
- **Entreprises de production d'engrais et d'amendements du sol** : Les déchets de poisson peuvent également être transformés en engrais organiques ou en amendements du sol riches en nutriments. Les entreprises spécialisées dans la production et la distribution d'engrais peuvent être intéressées par l'approvisionnement en ces produits dérivés de la valorisation des déchets de poisson.
- **Entreprises de recherche et développement** : Les entreprises de recherche et développement dans les domaines de l'agriculture, de l'alimentation, de la santé et de l'environnement peuvent être intéressées par les produits dérivés de la valorisation des déchets de poisson. Elles peuvent chercher à développer de nouvelles formulations, à étudier les effets bénéfiques sur la santé, à améliorer les procédés de transformation, ou à explorer de nouvelles applications potentielles pour les produits issus de la valorisation des déchets de poisson.



4. Relations client

- Pour attirer l'attention des clients sur nos produits de farine et d'huile de poisson issus de la valorisation des déchets, nous utilisons les méthodes suivantes :

Marketing numérique : les stratégies de marketing en ligne notamment la publicité ciblée sur les réseaux sociaux, le référencement, les campagnes par e-mail et la création de contenu attrayant attirent les clients potentiels vers notre site Web ou nos canaux de vente en ligne.

Marketing de contenu : un contenu informatif et attrayant, tels que des articles de blog, des vidéos et des infographies, peut éduquer les clients sur les avantages de nos produits, leur utilisation et leurs valeurs nutritives.

Partenariats : la collaboration avec des les createurs de contenu sur les réseaux sociaux, des nutritionnistes ou d'autres acteurs influents de l'industrie alimentaire pour promouvoir nos produits. Ils peuvent recommander nos produits à leurs clients ou les inclure dans leurs recettes.

Participation à des événements : la participation à des salons professionnels, des foires alimentaires ou des événements communautaires pour présenter nos produits, faire des démonstrations culinaires et interagir directement avec les clients.

- Pour inciter un client à acheter notre produit de farine et d'huile de poisson, nous mettons en avant les points suivants :

Qualité et sécurité : Nous soulignons la qualité supérieure de nos produits, obtenue grâce à des processus de transformation soigneusement contrôlés et à des normes de sécurité alimentaire strictes.

Valeur nutritive : Nous mettons en évidence les avantages pour la santé de nos produits en soulignant leur teneur élevée en protéines, en acides gras oméga-3 et en autres nutriments essentiels.

Durabilité : Nous soulignons l'aspect environnemental de notre production en mettant en avant notre engagement envers la valorisation des déchets de poisson et la réduction de l'impact environnemental.

Utilisations polyvalentes : Nous présentons les multiples façons d'utiliser nos produits de farine et d'huile de poisson dans diverses industries, telles que l'alimentation animale, l'industrie alimentaire, la cosmétique et l'agriculture, offrant ainsi une large gamme de possibilités aux clients.

- Le client peut profiter de notre produit de farine et d'huile de poisson de plusieurs manières :

Utilisation dans l'alimentation animale : Notre farine de poisson est un ingrédient de haute qualité utilisé dans l'alimentation des animaux d'élevage, améliorant leur croissance, leur santé et leur bien-être.

Amélioration des produits alimentaires : Nos produits peuvent être utilisés dans l'industrie alimentaire pour enrichir les produits finis tels que les soupes, les sauces, les snacks et les produits de boulangerie, en augmentant leur valeur nutritionnelle et leur profil aromatique.

Applications cosmétiques : L'huile de poisson peut être utilisée dans la fabrication de produits cosmétiques tels que les crèmes, les lotions et les sérums pour ses bienfaits nourrissants, anti-âge et anti-inflammatoires.

Agriculture : Notre farine de poisson peut être utilisée comme fertilisant organique, améliorant la fertilité des sols et favorisant la croissance des plantes.

- Pour assurer un service après-vente de qualité, nous utilisons les méthodes suivantes :

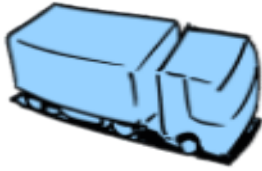
Support client : Nous offrons un support client réactif par le biais de canaux tels que le téléphone, l'e-mail et les réseaux sociaux. Nous répondons rapidement aux questions, préoccupations ou demandes d'assistance des clients.

Retours et remboursements : Nous avons une politique de retour flexible et équitable en cas de problèmes de qualité ou de satisfaction du client. Nous traitons les retours de manière efficace et offrons des remboursements ou des remplacements lorsque cela est nécessaire.

Suivi de la satisfaction client : Nous envoyons des enquêtes de satisfaction après l'achat pour recueillir les commentaires des clients et améliorer continuellement nos produits et services en fonction de leurs besoins.

Informations supplémentaires : Nous fournissons des informations détaillées sur l'utilisation optimale de nos produits, des conseils de stockage et des recettes pour aider les clients à profiter pleinement de leur expérience d'utilisation.

Programme de fidélité : Nous proposons un programme de fidélité pour récompenser les clients réguliers, offrant des avantages exclusifs tels que des remises spéciales, des promotions anticipées ou des échantillons gratuits.



5. canaux de distribution

Vente en ligne : Nous proposons une plate-forme de vente en ligne conviviale où les clients peuvent passer leurs commandes et se faire livrer nos produits directement à leur domicile ou à leur entreprise.

Partenariats avec des détaillants : Nous avons établi des partenariats avec des détaillants et des supermarchés locaux pour rendre nos produits disponibles dans leurs rayons, offrant ainsi aux clients la possibilité de les découvrir et de les acheter lors de leurs achats réguliers.

Canaux B2B : Nous pouvons développer des canaux de distribution dédiés aux entreprises et aux industries qui utilisent notre farine et notre huile de poisson comme ingrédients pour leurs propres produits. Nous établissons des relations commerciales solides avec ces clients B2B pour répondre à leurs besoins spécifiques.

Site Web professionnel : un site Web attractif où nous présentons en détail nos produits, leurs avantages, leurs utilisations et leurs spécifications techniques. Les clients peuvent accéder à notre site Web pour obtenir des informations complètes sur notre entreprise et nos produits.

Réseaux sociaux : es plate-forme de médias sociaux populaires tels que Facebook, Instagram, Twitter et LinkedIn pouvant promouvoir notre produit. Nous pouvons partager régulièrement du contenu intéressant, des mises à jour sur nos produits, des témoignages de clients et des promotions spéciales pour attirer l'attention des clients potentiels.

Marketing par e-mail : l'utilisation d'une base de données de clients et de prospects pour envoyer des newsletters régulières, des offres spéciales et des informations sur nos produits par e-mail. Cela nous permet de communiquer directement avec nos clients et de les tenir informés des nouveautés et des opportunités.

Service après-vente : Nous pouvons offrir un support client réactif via différents canaux tels que le téléphone, l'e-mail et les réseaux sociaux. Nous avons également une politique de retour flexible et équitable, ce qui permet aux clients de nous contacter facilement en cas de problème ou d'insatisfaction.



6. Les partenaires clés

Entreprises de conservation et transformation de déchets de poisson : Ce sont des entreprises spécialisées dans la conservation et la transformation du poisson. Elles jouent un rôle essentiel en fournissant les déchets de poisson nécessaires pour notre processus de valorisation. Nous travaillons en partenariat avec ces entreprises pour obtenir un approvisionnement régulier en déchets de poisson de haute qualité.

Ports de pêche ou pêcheurs locaux : Les ports de pêche et les pêcheurs locaux peuvent être des partenaires clés dans l'approvisionnement en déchets de poisson. Nous établissons des relations avec ces acteurs pour obtenir des déchets de poisson frais directement des bateaux de pêche. Cela nous permet d'avoir accès à des déchets de poisson de qualité et d'établir une collaboration durable avec la communauté de pêche locale.

Entreprises de technologie et d'équipement : Ces partenaires fournissent les technologies et les équipements nécessaires pour le traitement des déchets de poisson en farine et huile. Ils peuvent proposer des machines de broyage, des séparateurs de graisse, des équipements de séchage, etc. Nous collaborons avec ces entreprises pour acquérir les technologies et équipements les plus efficaces et adaptés à notre processus de valorisation.

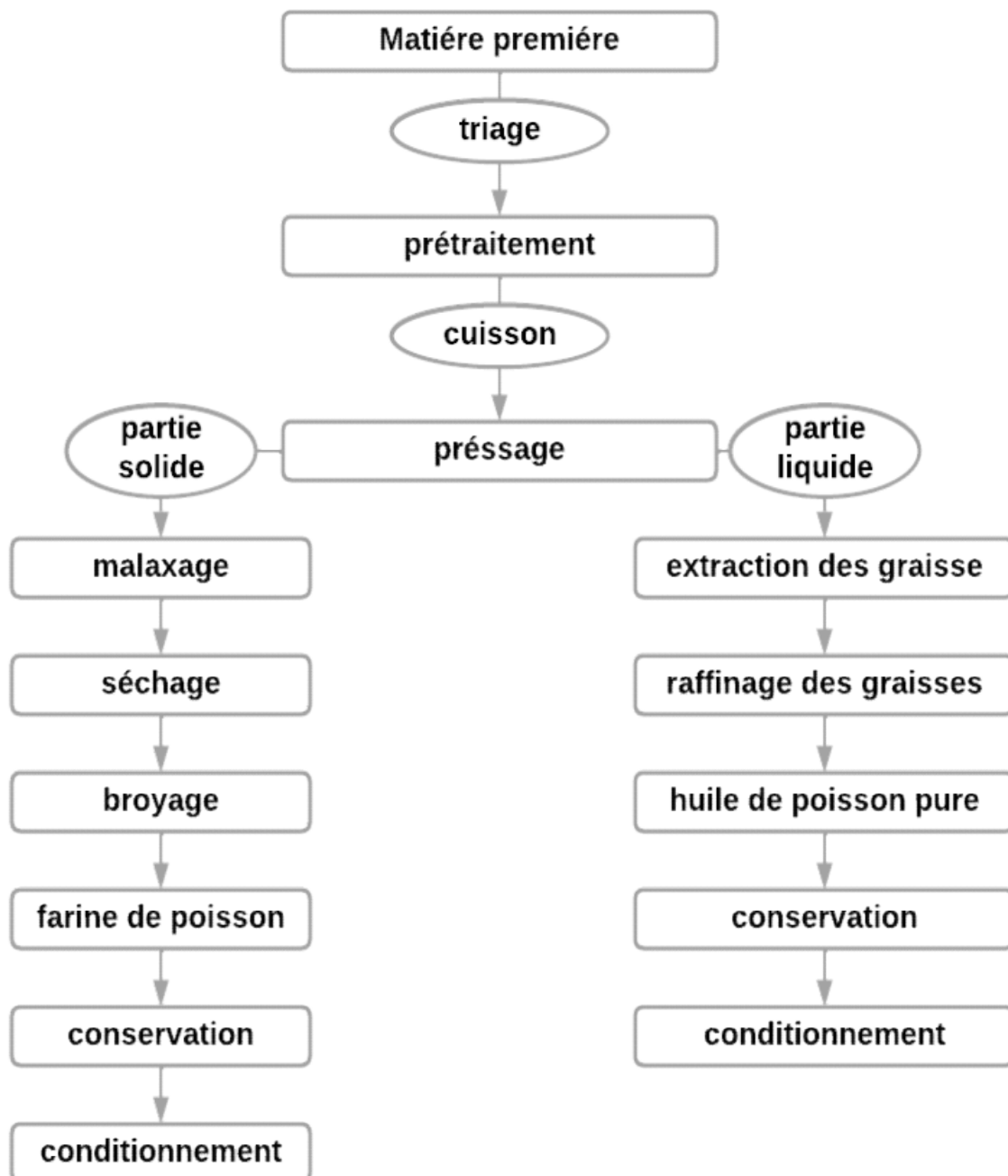
Entreprises de transport : Les entreprises de transport jouent un rôle important dans la logistique de notre projet. Ils assurent le transport efficace des déchets de poisson depuis les entreprises de conservation et de transformation jusqu'à notre site de valorisation. Nous travaillons en étroite collaboration avec ces partenaires pour assurer la fluidité et la ponctualité de la livraison des déchets de poisson.



7. Activités clé

- **Activités principales**

Les activités principales sont la fabrication de la farine et l'huile de poisson, l'ensemble des processus de fabrication sont illustré dans le schéma si-dessous:



- **Activités secondaires**

Contrôle qualité : Des contrôles de qualité réguliers doivent être effectués tout au long du processus de transformation pour garantir la conformité aux normes et assurer la production de produits finaux de haute qualité.

Gestion de la logistique : Cela comprend la gestion de la chaîne d'approvisionnement, la coordination des activités de transport des déchets de poisson vers le site de valorisation et la distribution des produits finaux aux clients.

Marketing et vente : Il est important de promouvoir les produits de farine et d'huile de poisson auprès des clients potentiels, de mettre en place des stratégies de marketing efficaces, de développer des canaux de vente et de conclure des accords commerciaux pour assurer la vente et la distribution des produits.

Recherche et développement : La recherche continue et le développement de nouvelles méthodes, technologies et produits sont des activités clés pour rester à la pointe de l'innovation dans le domaine de la valorisation des déchets de poisson.



8. Ressources clés

- Ressources matérielles

ressources	Sources(locale/importation)	fournisseurs
Déchets de poisson	locale	Pecheries , unités de transformation et conservation de poisson
Poisson avariée	locale	Port de pêche

- Ressources humaines

Classe ressources humaines	nombre
directeur	01
Administratif	02
financier	01
commercial	01
technicien	04
ouvrier	10

- Ressources financiers

Ressources financiers	Besoin
Eau/électricité/gaz	1 20 000,00
Location	1 500 000,00
Équipement industriel	17 000 000,00
Équipement informatique	600 000,00
logiciel	200 000,00
Chariot élévateur et transpalettes	3 500 000,00
Matériel utilitaire de transport	4 500 000,00
Emballage	1 500 000,00

--	--



9. Structure des coûts

- **Coûts variée**

Frais d'établissement	25 000,00
Frais d'ouverture de compteurs (eaux-gaz-....)	100 000,00
formations	100 000,00
Dépôt marque, brevet, modèle	10 000,00
Droits d'entrée	15 000,00
Achat fonds de commerce ou parts	/
Droit au bail	1 500,00
Caution ou dépôt de garantie	100 000,00
Frais de dossier	29 000,00
Frais de notaire ou d'avocat	35 000,00
Enseigne et éléments de communication	250 000,00
Achat immobilier	/
Travaux et aménagements	800 000,00
Matériel	150 000,00
Matériel de bureau	1 000 000,00
Stock de matières et produit	1 000 000,00
trésorerie de départ	2 400 000,00
Total	6 000 000,00

● **Coûts fixes**

Assurance	200 000,00
Téléphone/internet	40 000,00
Transport	150 000,00
Eau/gaz/électricité	1 000 000,00
Fourniture divers	50 000,00
Entretien matériel et vêtement	450 000,00
Nettoyage des locaux	45 000,00
Budget publicité et communication	150 000,00
TOTAL	2 000 000,00

● **Salaires des employés et des dirigeants de l'entreprise**

Salaires des employés	700 000,00
Rémunération nette dirigeant	300 000,00



10. Structure des revenus

- **Recettes totales**

Billan	Valeur	
	Farine de poisson	Huile de poisson
Le nombre d'unités produites	500kg/J	75l/J
Prix de vente	228,00DA/kg	760,00DA/l
Total des revenue=Le nombre d'unités produites*Prix de vente	114 000,00 DA	57 000,00 DA

- **Le pourcentage d'augmentation du volume d'affaires**

année	1	2	3	4	5
volume d'affaires(%)	0	3,42	3,85	4,28	4,71