

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGÉNIEUR ET DE MASTER EN SCIENCES DE LA MER**

SPECIALITE : AQUACULTURE

THEME :

**Contribution à l'élaboration d'un aliment composé destiné à l'élevage du
loup de mer *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758)**

Présenté par : **MESSIKH Selma**

Soutenu le **23/12/2020** devant le jury suivant :

M. MEZOUAR K.	Maître de conférences A (ENSSMAL)	Président
Mme BENTCHIKOU L.	Maître assistante A (ENSSMAL)	Examinatrice
M. LOURGUIOUI H.	Maître de conférences B (ENSSMAL)	Examineur
Mme AISSOU-AKROUR C.	Maître de conférences B (ENSSMAL)	Promotrice
Mme ALLIOUCHE F.	Maître de recherche B (CNRDPA)	Co-promotrice

Promotion : 2019/2020

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je tiens à remercier avant tout, Dieu le tout puissant pour m'avoir donné la force, la santé, le courage et la patience pour terminer ce travail.

En second lieu, je tiens à remercier infiniment mes chers parents qui ont été toujours à mes côtés, je remercie ma chère sœur pour son soutien et pour son encouragement.

Je remercie mes encadrateurs Mme AISSOU qui a acceptée de m'encadrer, je la remercie pour sa patience et ses conseils et Mme ALLIOUCHE je la remercie pour son aide et de m'avoir permis de travailler au sein du CNRDPA.

Je remercie les enseignants qui ont acceptés de faire part de mon jury, je remercie M.LOURGUIOUI et Mme BENTCHIKOU d'avoir accepté d'examiner mon travail, M. MEZOUAR pour m'avoir honoré d'accepter de présider le jury.

J'adresse également mes remerciements, à l'ingénieur de laboratoire de l'ENSSMAL Mme GUERROUMI H, je la remercie pour son aide.

Merci à toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements.....	I
Tables des matières.....	II
Liste des tableaux.....	IV
Liste des figures.....	V
Liste des abréviations.....	VI
INTRODUCTION	1
Chapitre I : Généralités	
I.1 L'aliment aquacole.....	3
I.1.1 Formulation des aliments en aquaculture	3
I.1.2 Principe générale de la formulation.....	3
I.1.3 Méthode de formulation.....	5
I.2 Description générale de l'espèce à étudier.....	5
I.3 Besoins nutritionnels du bar commun.....	5
I.4 Les matières premières.....	7
I.4.1 Sélection des matières premières.....	8
I.4.2 Présentation des matières premières utilisées.....	9
I.4.3 Valeur nutritive des matières premières utilisées.....	10
I.5 Méthode de fabrication de l'aliment.....	10
I.6 Méthodes d'analyses des matières premières et de l'aliment.....	12
Chapitre II : Matériel et méthodes	
II.1 Formulation et fabrication de l'aliment.....	16
II.1.1 Formulation de l'aliment.....	16
II.1.2 Composition de l'aliment formulé	16
II.1.3 Composition biochimique de l'aliment formulé.....	17
II.1.4 Préparation de la farine de poisson.....	18
II.1.5 Procédé de fabrication de l'aliment.....	21
II.1.6 Caractérisation de l'aliment.....	22
II.2 Analyses biochimiques des matières premières.....	23
II.3 Analyse de la valeur nutritive de l'aliment fabriqué.....	26
Chapitre III : Résultats et discussion	
III.1 Caractérisation de l'aliment.....	29
III.2 Analyses biochimiques des matières premières et de l'aliment.....	29
Conclusion.....	36

Bibliographie.....	39
Annexe	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1 : Les besoins nutritionnels minimaux en vitamines recommandés par le NRC....	7
Tableau I.2 : Présentation des matières premières utilisées.....	9
Tableaux I.3 : Composition chimique théorique des matières premières	10
Tableaux I.4 : Séquence des différents aliments utilisés pour différents groupes de taille de bar européen et leur composition approximative moyenne.....	11
Tableaux II.1 : composition biochimique globale de l'aliment formulé.....	17
Tableaux II.2 : Composition de l'aliment en acides gras essentiels.....	18
Tableaux II.3 : Composition de l'aliment en acides aminés essentiels.....	18
Tableau III.1 : Caractéristiques de l'aliment fabriqué.....	29
Tableaux III.2 Les différents poids obtenus après chaque pesée... ..	29
Tableau III.3 : Pourcentages du taux d'humidité pour chaque échantillon	30
Tableau III.4 : Teneur en protéine dans chaque échantillon.....	30
Tableau III.5 : Résultats des poids des ballons et des prises d'essai.....	31
Tableau III.6 : Pourcentage des lipides totaux dans 100g de l'échantillon.....	32
Tableau III.7 : Concentrations et absorbances des solutions standards.....	32
Tableau III.8 : Concentration en carotène correspondantes aux différentes absorbances.....	33

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Schéma globale de la formulation d'un aliment.....	4
Figure II.1 : Pourcentages des matières premières d'après la formule utilisées.....	17
Figure II.2 : Diagramme de fabrication de la farine de poisson.....	19
Figure II.3 : Les étapes de fabrication de la farine de poisson.....	20
Figure II.4 : Schéma descriptif des différentes étapes de la fabrication de l'aliment.....	21
Figure II.5 : Minéralisation des échantillons dans un minéralisateur.....	24
Figure II.6 : Distillation de l'ammoniac.....	24
Figure II.7 : Titrage de l'ammoniac	25
Figure II.8 : Extraction des lipides dans l'appareil de soxhlet.....	26
Figure III.1 : Taux d'humidité des différents échantillons.....	30
Figure III.2 : Taux de protéine de différents échantillons.....	31
Figure III.3 : Taux de lipides des différents échantillons.....	32
Figure III.4 : Courbe d'étalonnage de bichromate de potassium.....	33

LISTE DES ABREVIATIONS

AA : acide aminé

AAE : acide aminé essentiels

AAI : acide aminé indispensable

AG : acide gras

AGE : acide gras essentiel

AGPI-LC : acide gras polyinsaturé à longue chaîne

ARA : Acide arachidonique

CMV : complément minéral et vitaminé

DHA : acide docosahexaénoïque

EB : énergie brute

ED : énergie digestible

EPA : acide eicosapentanoïque

LOA : acide linoléique

LNA : acide linoléique

N : azote

P : Phosphore

PD : Protéine digestible

INTRODUCTION

INTRODDUCTION

L'élevage d'animaux aquatiques en 2018 était dominé par les poissons (54,3 millions de tonnes). L'aquaculture avec alimentation d'appoint (57 millions de tonnes) a dépassé celle pratiquée sans apport de nourriture (FAO, 2020).

La question de l'alimentation des animaux élevés est souvent considérée comme une limite importante à la croissance de la production aquacole dans de nombreux pays en développement. En Algérie, dans le cadre du plan national de développement de l'aquaculture, plusieurs fermes aquacoles pratiquant un système de production intensif, l'aliment est l'intrant majeur de ces systèmes de production piscicole.

L'alimentation représente environ 70 % du coût de production, dans les pays développés (Calvez, 2013).

A la fin des années 1960, l'utilisation d'aliments composés, plus faciles à utiliser que les premiers aliments frais, s'est généralisée dans l'élevage des salmonidés puis des poissons marins (Guillaume et al., 1999).

La formulation de ce type d'aliments est fondée sur l'identification des besoins nutritionnels de l'espèce. Or, la connaissance de ces besoins s'est améliorée progressivement à cette période, d'abord grâce à l'étude du régime alimentaire dans le milieu naturel. Puis l'analyse de la composition corporelle et les expérimentations de nutrition ont affiné ces connaissances.

La formulation doit également tenir compte des conditions d'élevage (environnement, température, conditions de nourrissage), des rejets, du comportement alimentaire de l'espèce, de la qualité du produit fini et des interactions existant entre ces nombreux paramètres. Enfin, la formulation est une étape exigeante, tant en raison de la disponibilité des matières premières utilisées que des technologies de fabrication. Ces deux facteurs façonnent le coût de production et le prix de l'aliment.

La fabrication d'un aliment composé consiste en une série d'opérations dans le but est d'associer plusieurs matières premières (d'origine animale et végétale) dans des proportions fixées à l'avance pour un objectif nutritionnel précis.

L'objectif global de cette étude est de formuler et fabriquer un aliment composé qui répond aux besoins nutritionnels de loup de mer, à partir des ressources d'origine locales et analyser la valeur nutritive de l'aliment fabriqué.

Le présent travail comporte trois parties, une partie bibliographique traitant des généralités, une partie expérimentale présentant la méthodologie et une troisième partie présentant les résultats et discussion.

Chapitre I : Généralités

Chapitre I : Généralités

I.1 L'aliment aquacole

Un aliment aquacole complet est composé de plusieurs ingrédients, mélangés dans des proportions déterminées pour se compléter les uns les autres et former un régime alimentaire nutritionnellement complet. Différentes contraintes doivent être prises en compte autant à l'étape de la formulation qu'à celle de la fabrication.

La formulation des aliments aquacoles est fondée en premier lieu sur l'apport des nutriments nécessaires à l'animal. Ils contiennent une source de protéines (farines de poisson et/ou d'origine végétale et/ou d'origine animale), une source de lipides (huiles de poisson et/ou d'origine végétale et/ou d'origine animale) une source de glucides ainsi que des mélanges de vitamines et de minéraux. Outre ces ingrédients principaux, les aliments aquacoles contiennent des additifs visant à compléter le profil nutritionnel, à améliorer l'appétence de l'aliment, à assurer sa stabilité et à améliorer sa texture. On trouve notamment des agents attractants (acides aminés L. glycine-bétaine, nucléoside...), des agents antioxydants (acide ascorbique) ou des agents liants (alginate, pectine...). La texture de l'aliment, déterminant son comportement dans l'eau est également un critère important lors de sa fabrication (**Robert M, 2014**).

I.1.1 Formulation des aliments en aquaculture

La formulation des aliments en aquaculture représente un enjeu majeur pour la rentabilité de l'élevage aquacole, elle désigne les taux d'incorporation de différentes matières premières. Il existe une infinité de combinaison correspondant à des formules d'aliment utilisables, en alimentation aquacole, la principale technique utilisée de nos jours est la « formulation linéaire à moindre coût » qui permet de sélectionner la solution la plus économique satisfaisant la totalité des contraintes imposées par le formulateur (taux de nutriments ou proportions de matières premières). L'objectif de formulation est de combler les besoins nutritionnels des espèces tout en intégrant les contextes techniques et économiques propres aux filières aquacoles.

I.1.2 Principe générale de la formulation

La formulation d'un aliment à moindre coût est basée sur les différents interrelations existants entre les contraintes relatives à l'animal, aux matières premières et au milieu ainsi que l'implication des diverses étapes de la formulation et de l'utilisation de l'aliment (Figure I.4).

Parmi les caractéristiques liées à l'animal : ses besoins en nutriments, son comportement, son aptitude à digérer tel ou tel type de poisson et ses caractéristiques métaboliques découlant de l'espèce et du stade physiologique.

Pour les caractéristiques liées aux aliments (matières premières) il faut prendre en considération : la valeur nutritive, la présence ou l'absence des antinutriments, les facteurs d'appétibilité et ses propriétés physiques.

Parmi les caractéristiques du milieu, il est nécessaire de prendre en compte les répercussions de l'élevage sur la teneur du milieu en : oxygène, minéraux, en matières organiques et les matières en suspension. Toutefois, le milieu a des répercussions sur la physiologie et les besoins et, en retour, chacun des facteurs exerce une influence sur le milieu. Il est donc nécessaire de prendre en compte les rétroactions et les interactions diverses qui en résultant (**Guillaume et al., 1999**).

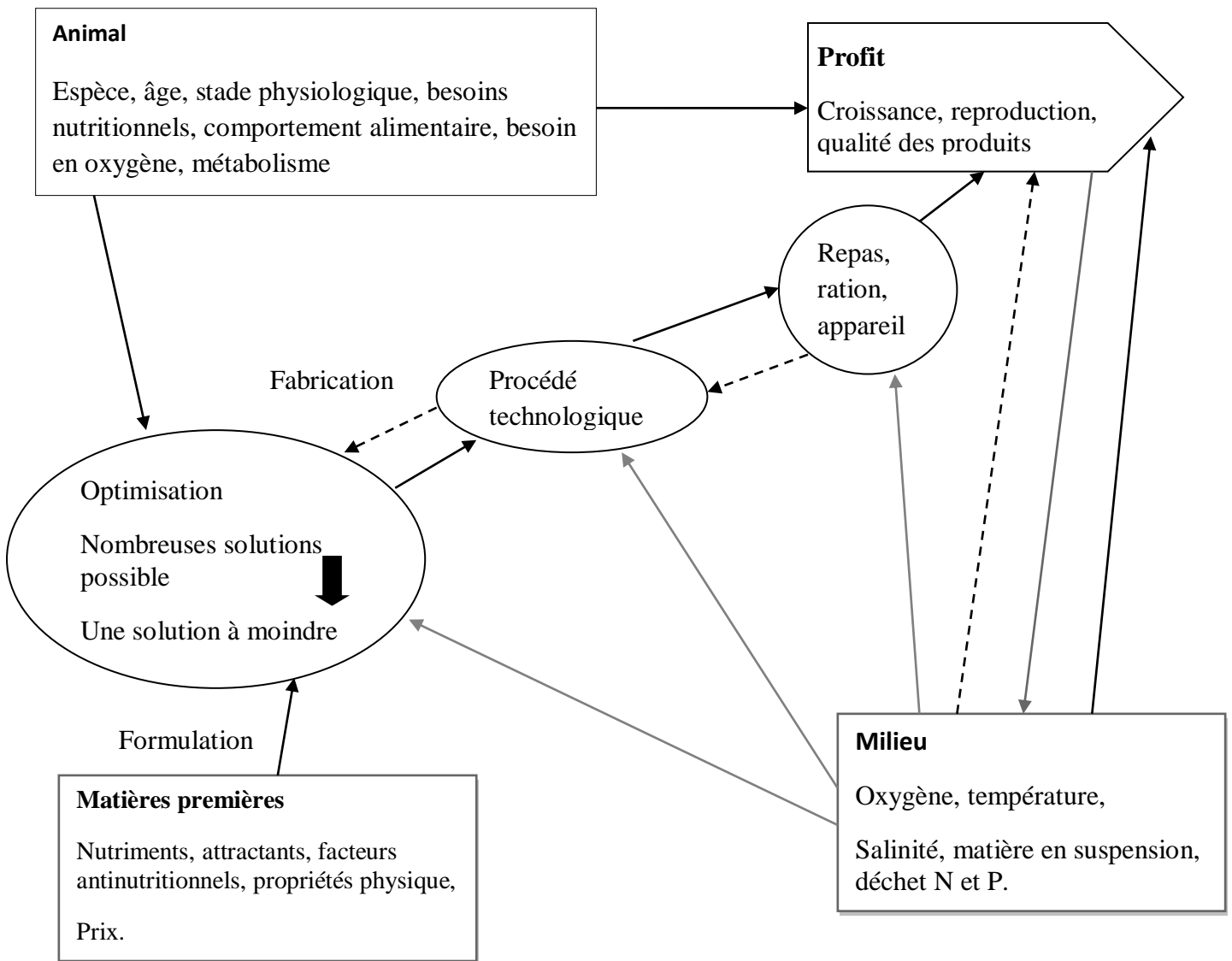


Figure I.1 : Schéma globale de la formulation d'un aliment (**Guillaume et al., 1999**).

I.1.3 Méthode de formulation de l'aliment

La formule utilisée dans cette étude est élaborée par la méthode linéaire à moindre coût, le principe de cette méthode est basé sur des opérations de règle de trois, en combinant entre les différentes matières premières à utiliser de telle façon à aboutir aux besoins du poisson et qu'elles soient à moindre coût. Cette méthode est facilement utilisable sur Excel.

I.2 Description générale de l'espèce à étudier

Le loup de mer *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) est un téléostéen marin qui appartient à la famille des Moronidae. C'est un poisson élancé et fuselé, son corps est recouvert de fortes écailles argentées, il a deux nageoires dorsales et la première est hérissée de rayons épineux, son dos est plus foncé que son ventre (Figure 1, annexe I).

C'est un poisson carnassier. Il habite dans toutes les eaux côtières de la Norvège au Maroc, ainsi qu'en Méditerranée (**Louisy P, 2015**).

Le bar commun était historiquement élevé dans les lagunes côtières et les réservoirs de marée, il n'est donc pas surprenant que cette espèce de poisson ait été l'un des premiers poissons marins à être élevé en Europe en utilisant des techniques d'aquaculture modernes. En fait, en Italie, le bar et la dorade sont les espèces de poissons les plus consommées. Avec le déclin des pêcheries, l'aquaculture du bar européen devient de plus en plus importante pour fournir un produit de haute qualité aux consommateurs. La production aquacole du bar est en hausse depuis le début des années 90, atteignant plus de 130000 tonnes par an ces dernières années, tandis que les prises de pêche restent empilées autour de 10 000 tonnes par an (**Javier F et al., 2015**).

I.3 Besoins nutritionnels du bar commun

La détermination des besoins nutritionnels optimaux est importantes non seulement pour promouvoir une meilleure croissance et une meilleure efficacité alimentaire, mais aussi pour limiter les effets sur l'environnement dû à l'excès de nourrissage dans les élevages (**NG et al., 2000 ; Mihelakakis et al., 2002 ; Webster et al., 2002**).

Malgré l'importance du bar européen pour la production de poissons marins méditerranéens, les études sur les besoins en nutriments sont plutôt limitées (**FAO, 2020**).

Les premières études sur les juvéniles ont signalé des besoins en protéines très élevés allant de 52 à 60% (**Alliot et al., 1974 ; Metailler et al., 1981**).

Depuis de nombreux ajustements ont été apportés pour montrer que les niveaux de protéines brutes alimentaires peuvent être réduits entre 42 et 48% de l'alimentation (**FAO, 2020**).

Les besoins qualitatifs en acides aminés essentiels (AAE) se sont révélés être les mêmes que pour les salmonidés (arginine, phénylalanine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, méthionine, thréonine, tryptophane et valine) (**Metailler et al., 1973**).

Des données quantitatives sur les besoins en acides aminés basées sur des études dose réponse sont disponibles pour l'arginine, 3,9 g / 16 g N (**Tibaldi et al., 1994**), la lysine, 4,8 g / 16 g N (**Tibaldi et Lanari, 1991**), la méthionine, 2 g / 16 g N (**Thebault et al., 1985**), tryptophane, 0,5 g / 16 g N (**Tibaldi et al., 1993**) et thréonine, 2,3-2,6 g / 16 g N (**Tibaldi et Tulli, 1999**).

Bien qu'il n'y ait pas de données quantitatives pour les autres AAE, des estimations indirectes des besoins ont été faites par la méthode des protéines idéales, sur la base des besoins en lysine déterminés et du profil d'AAE du corps entier (**Kaushik, 1998**). Ainsi, pour l'histidine, la valeur estimée était de 1,6 g / 16 g N, pour l'isoleucine 2,6 g / 16 g N, pour la leucine 4,3 g / 16 g N, pour la valine 2,9 g / 16 g N et pour la phénylalanine + tyrosine 2,6 g / 16 g N (**in Couto A, 2013**).

Une augmentation de l'efficacité de l'utilisation des protéines a été observée avec l'augmentation des niveaux de graisses alimentaires jusqu'à 18-20%, bien que des niveaux de graisses beaucoup plus élevés (30% du régime sec) semblent conduire à une dépression de croissance.

En ce qui concerne les acides gras essentiels (AGE), les acides gras polyinsaturés à longue chaîne (AGPI-LC) de la série w3 (acide eicosapentaénoïque (AEP) et acide docosahexaénoïque (ADH) sont essentiels pour le bar européen, et les estimations actuelles suggèrent une exigence d'environ 1% d'AGPI w-3 (**Coutteau et al., 1996**) (**in FAO, 2020**).

Le bar européen ne semble pas utiliser efficacement les glucides, car il a une capacité limitée à digérer et à métaboliser les glucides (**Oliva-Teles, 2000**).

L'incorporation d'hydrates de carbone digestibles dans les régimes alimentaires pour le bar devrait être limitée à 20%, car des niveaux élevés d'amidon (> 30%) semblent réduire la croissance et l'utilisation alimentaire du bar (**Enes et al., 2011**).

Les données sur les besoins en vitamines quantitatives du bar européen sont extrêmement rares. Le **NRC (2011)** a estimé les apports alimentaires de vitamines A et C pour le bar commun (tableau I.1).

Tableau I.1 : Les besoins nutritionnels minimaux en vitamines recommandés par le NRC et établis par des études dose-réponse pour le bar. Source : Mazurais *et al.* (2009) ; Darias *et al.* (2010, 2011); NRC (1993, 2011).

Vitamine	NRC (2011)	Dose-Réponse
Vitamine A	31 mg/kg	5-31 mg/kg
Vitamine D ₃	–	27600 IU/kg
Acide ascorbique	20 mg/kg	15 mg/kg

Bien qu'aucune donnée quantitative sur les besoins en vitamines liposolubles ne soit disponible, un apport alimentaire en vitamine E à des niveaux de 500 mg / kg de régime a été recommandé comme mesure de défense contre les dommages peroxydants et pour améliorer la durée de conservation des filets. Au cours du développement larvaire précoce, un apport de niveaux optimaux de vitamine A est considéré comme essentiel, en particulier en ce qui concerne le développement du squelette et les déformations (**FAO, 2020**).

Les minéraux se divisent en deux groupes : les macroéléments et les oligo-éléments. Pour les poissons, les besoins en macroéléments sont très importants. Ces derniers comprennent le calcium, le phosphore, le magnésium, le sodium, le potassium, le chlore et le soufre.

Les besoins en oligo-éléments des poissons sont plutôt faibles mais nécessaires notamment en fer, cuivre, zinc, manganèse, sélénium, et iode... Il faut noter que les poissons sont capables d'absorber le calcium, le phosphore et beaucoup d'autres éléments dissous dans l'eau de mer (**Guillaume et al., 1999**).

L'énergie digestible (ED) recommandée pour le bar pour 1 kg de gain de poids est de **17 à 20 MJ.kg-1** et les protéines digestibles (PD) de 40 à 48 % (**Dominique et al., 2006**).

I.4 Les matières premières

Les matières premières utilisées en aquaculture peuvent être d'origine animale ou d'origine végétale.

En ce qui concerne la couverture des besoins en acides aminés indispensables, la farine de poisson correspond le mieux comme ingrédient de référence. En effet, des analyses avaient démontré depuis de longue date qu'il existe une corrélation très étroite entre le profil en acides aminés des poissons entiers et le profil des besoins en AAI. La majorité des farines de poisson sont produites à partir de poissons entiers, présentant, en principe, un faible intérêt pour le

marché de consommation humaine (pêche minotière : poissons de petite taille, présence d'arêtes). Les procédés industriels de cuisson, de pressage, d'ajout de solubles et de séchage, permettent de préserver la valeur biologique de la farine de poisson pour l'alimentation animale, mais il faut quatre à cinq tonnes de poisson frais entier pour produire une tonne de farine de poisson. La qualité des farines de poissons peut varier de façon importante selon l'espèce, l'origine et les procédés mis en œuvre dans sa fabrication. Les meilleures farines de poisson contiennent de 66 à 72 % de protéines hautement digestibles. Elles peuvent aussi contenir jusqu'à 12 % d'huile riche en acides gras longs polyinsaturés (AGPI) de la série oméga 3, ainsi que des minéraux et oligo-éléments. Son contenu énergétique élevé (20-22 kJ/g MS) et l'absence de facteurs antinutritionnels sont d'autres atouts en faveur de cet ingrédient **(Burel C, 2017)**.

Certaines études ont également montré que parmi les sources de protéines animales, il y a également, les sous-produits animaux terrestres, notamment les farines de sous-produits avicoles, les farines de sang, les farines de plumes hydrolysées et les farines de viande et d'os. Cependant, malgré leur teneur élevée en protéines, ces ingrédients peuvent être déficients en un ou plusieurs AAE, dont les plus limitants sont principalement la lysine, l'isoleucine et la méthionine **(Tshinyama A, 2018)**.

L'intérêt de l'utilisation principale des matières premières d'origine végétale, outre leur moindre coût par rapport à celles d'origine animale et leur impact positif sur la pêche fourrage, réside dans leur apport en vitamine B. Néanmoins, leur teneur en Acides Gras Polyinsaturés à Longue Chaîne (AGPILC) est infime et elles présentent une moins bonne appétence que les matières premières d'origine animale. Par ailleurs, elles apportent de l'amidon, mal digéré par les poissons. En revanche, un traitement thermique le rend plus digestible et lui offre des qualités liantes **(Audic, 2006 in François P et al., 2015)**.

I.4.1 Sélection des matières premières

Couvrir les besoins nutritionnels des espèces est la première des conditions, cependant, la formulation des aliments aquacoles sera un compromis entre de nombreux autres principes de base.

Les matières premières de l'aliment fabriqué dans cette étude ont été choisies selon :

- ✓ Les besoins nutritionnels de l'espèce ciblée ;
- ✓ Leurs valeurs nutritives;
- ✓ La disponibilité, généralement on cherche les matières premières locales ;
- ✓ Le prix ;
- ✓ La digestibilité ;

- ✓ La présence/ absence des facteurs antinutritionnels ;
- ✓ Les propriétés liantes.

I.4.2 Présentation des matières premières utilisées

Les matières premières utilisées sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau I.2 : Présentation des matières premières utilisées.

Matière première	Principales propriétés
Farine de poisson	Elle constitue une source de protéine bien adaptée au poisson car riche ou très riche en acides aminés indispensables (AAI) dont le profil correspond remarquablement aux besoins de ces derniers. Cette matière première est également une très bonne source de minéraux essentiels (calcium, phosphore, magnésium et oligo-éléments) et de vitamine (à l'exception de l'acide ascorbique).
Tourteau de soja	Il s'agit du sous-produit de l'extraction de l'huile des graines oléagineuses du soja. C'est une matière première pauvre en matières grasses. C'est une matière protéique (42 à 48%), mais elle contient des facteurs antinutritionnels de diverses natures.
Son de blé	Très riche en fibres alimentaires. Contient les vitamines B et E. Relativement riche en matières azotés.
Maïs	Pauvre en protéines. Riche en amidon (l'amidon est mieux digestible par l'action de pressage et possède une action liante bénéfique).
Gluten de maïs	Riche en protéines 60%
Huile végétale	Carencées en vitamines A et D, astaxanthine et AGPLI. Riches en acide linoléique et linolénique. Peuvent modifier le profil en acides gras du poisson.

I.4.3 Valeur nutritive théorique des matières premières

Les valeurs nutritives théoriques des matières utilisées sont représentées dans le (tableau I.3).

Tableau I.3 : Composition chimique théorique des matières premières (Guillaume *et al.*, 1999).

Caractéristique (p.100 de produit brute)	Farine de poisson	Tourteau de soja	Maïs	Gluten de maïs	Son de blé	Huile végétale
Matière sèche	92	88	86	90	88	99
Extractif non azoté	-	28,5	69	37.7	53	-
Amidon (hydrolyse acide)	-	3.4	60.5	-	53	-
Amidon (hydrolyse enzymatique)	-	-	-	-	19	-
Sucre	-	8.7	2.1	-	-	-
Cellulose	-	3.4	2.2	4.0	10	-
Protéine brute	64.6	48.0	9.0	60	15,6	-
Lysine	5.4	3.05	0.25	0.77	0,65	-
Méthionine	1.84	0.66	0.19	1.02	0,25	-
Tryptophane	0.65	0.65	0.06	0.21	0,19	-
Thréonine	2.73	1.88	0.32	1.48	0,54	-
Leucine	4.81	3.68	1.13	7.20	0,99	-
Isoleucine	3.04	2.42	0.35	2.12	0,53	-
Valine	3.55	2.46	0.46	2.22	0,73	-
Histidine	1.88	1.19	0.26	1.01	0,38	-
Arginine	3.71	3.59	0.43	1.41	1,04	-
Matière grasse	5.5	1.9	4.20	2.8	6,5	98.7
AG saturé	1.19	0.24	0.46	0.31	-	-
AG monosaturé	3.07	0.35	0.98	0.62	-	-
AGPLn-3	0.26	0	-	-	0	-
AGPLn-6	0.11	0.90	2.11	1.41	-	-
Cendre brute	21.4	6.2	1.6	2.8	-	-
Energie brute	4600	4200	3860	4540	4000	9450
Energie digestible (Kcal /Kg)	3730	3230	3590	4210	3700	-

I.5 Méthode de fabrication de l'aliment

Le choix du procédé de fabrication à utiliser dépend de comportement alimentaires du poisson à nourrir (alimentation benthique, pélagique ou de surface; alimentation visuelle ou olfactive; alimentation humide ou sèche; alimentation rapide ou lente) et les exigences physiques de l'aliment (taille de l'aliment, la flottabilité, la texture, l'appétence et la stabilité souhaitée dans

l'eau) pour toutes les étapes du cycle de culture. Ces facteurs techniques devront à leur tour être mis en évidence (Govind P et al., 2013).

Comme il est nécessaire de couvrir les besoins alimentaires des espèces élevées, il est également essentiel de distribuer des particules alimentaires de taille standard adaptée aux dimensions de la bouche de l'animal au cours du cycle de production. Ces tailles de particules varient d'une centaine de microns à une dizaine de millimètres.

Pour le bar européen, les aliments transformés industriellement sont produits soit par un simple procédé de granulation, soit le plus souvent par un procédé d'extrusion. Le diamètre des granulés peut varier de 60 à 80 µm à plus de 9 à 10 mm (Tableau I.4), selon la taille du poisson. La plupart des aliments utilisés sont des granulés coulants, sauf dans de rares cas où des granulés flottants sont utilisés spécialement à des fins de contrôle de la gestion des aliments (FAO.2020).

Tableau I.4 : Séquence des différents aliments utilisés pour différents groupes de taille de bar européen et leur composition approximative moyenne. **Source:** différents graphiques des entreprises d'alimentation (Biomar, Le Guessant, Skretting), 2020.

Diamètre	BW (g)	CP,%	CF,%	ENF,%	Cendre, %	Fibre, %	P,%	DE, (Kj/g)	DP / DE (g / kJ)
90–200– 400 µm	Co- alimentation	62–72	8-12	15	<12	<0,5	1,6	17–19	30–34
80 à 300 µm	Sevrage	62–66	11	15	<13	<0,7	1,7	18–19	30–31
0,5	0,3–0,5	58	15	dix	<11	<0,5	1,6	18–19	28-29
0,8	0,5–1,0	56	18	9,5	11	<0,5	1,6	19	28-29
1.1	1,0–3	56	18	9,5	dix	<0,5	1,6	19	28-29
1,5 à 1,8	2–7	50-53	16-18	11	dix	1	1,6	18–19	24-26
2,2 mm	7–30	50-53	16-17	12-15	<11	<1,5	1,5 à 1,6	18–19	23–24
3,2 mm	25–50	45–48	17-18	12-15	<11	<2	1,3 à 1,4	18–19	23–24
4 mm	50 à 150	43–47	13 à 20	12-16	<10	<2	1,3 à 1,4	17–19	20–21
5,5 à 6 mm	150 à 400	43–47	13 à 20	12-17	<10	<2	1,3 à 1,4	17–19	20–21
6 à 8 mm	400 à 800	43–47	13 à 20	15-17	<10	<2	1,3 à 1,4	17–19	20–21
8–9 mm	800 à 1 200	46–50	13–19	15-17	<10	<2	1,3 à 1,5	17–19	21–22
9 à 10 mm	> 1200	46–50	13–19	15-17	<10	<2	1,3 à 1,5	17–19	21–22

BW = poids corporel; CP = protéine brute; CF = graisse brute; NFE = extrait sans azote;

P = phosphore; DE = énergie digestible; DP = protéine digestible; kJ = kilo joules

Dans cette étude, la fabrication de l'aliment composé a été effectuée par la technique d'agglomération (granulation) de farine sèche par compression à travers une filière circulaire perforée de trous calibrés de 4,5 mm de diamètre. Ce procédé aboutit à des granulés secs, coulants, destinés aux individus du bar ayant une taille comprise entre 50 et 150 g.

I.6 Méthodes d'analyse des matières premières et de l'aliment fabriqué

Les analyses des matières premières ont porté sur le dosage des protéines et des lipides.

L'analyse de l'aliment fabriqué a porté sur le dosage des protéines, le dosage des lipides et l'analyse quantitative des pigments (caroténoïdes) pour déterminer sa valeur nutritive.

La détermination du taux d'humidité a été effectuée (afin de déterminer la masse réelle de chaque échantillon).

a) Détermination du taux d'humidité

Le taux d'humidité a été déterminé suivant la méthode (AOAC, 1980).

C'est une méthode thermogravimétrique, basée sur le pesage-séchage, où les échantillons sont séchés à l'étuve jusqu'ils atteignent un poids stable. La perte de masse est interprétée comme humidité libérée.

L'expression des résultats est déterminée selon la formule suivante :

$$(\%) \text{ d'humidité } \% \text{ Humidité} = \frac{(P1-P2)}{P1-P0} \times 100$$

P0 : poids de capsule vide séchée

P1 : poids de l'ensemble (capsule + échantillon) avant séchage

P2 : poids de l'ensemble (capsule + échantillon) après séchage.

b) Dosage des protéines

L'extraction et le dosage des protéines ont été effectués selon la méthode de référence « Kjeldahl, 1883 ».

Selon Kjeldahl, l'analyse des protéines brutes dans les denrées alimentaires consiste à doser l'azote total et multiplier la teneur en azote par un facteur conventionnel (N total x 6.25).

L'analyse se fait en trois étapes : la minéralisation de l'échantillon, la distillation de l'ammoniac et le titrage de l'ammoniac.

La matière organique est détruite par oxydation, sous l'effet combiné de l'acide sulfurique, de catalyseurs et éventuellement de substances destinées à élever le point d'ébullition du mélange.

Dans ces conditions l'azote des groupes amino, amido et imino est transformé en sel d'ammonium.

L'ammoniac libéré de ce sel en milieu basique est entraîné par distillation et recueilli dans une solution acide de titre connu.

Le calcul de la teneur en protéines brutes par multiplication de la teneur en azote trouvée par un facteur de conversion (qui correspond à l'inverse de la teneur en azote dans la protéine). Comme la teneur en azote est variable (fonction des acides aminés présents et de leur proportions), un facteur de conversion différent devrait être utilisé pour chaque sorte de protéine.

Toutefois, lorsque la nature exacte de la protéine n'est pas connue ou si l'on a affaire à une denrée alimentaire contenant plusieurs sortes de protéines, on adopte le facteur conventionnel de 6,25 (correspondant à un taux moyen d'azote de 16 %).

Exemples de facteurs de conversion: « F= 6,38 pour l'albumine du lait (lait et produits laitiers) ; F= 5,55 pour la gélatine ; F= 5,70 pour les céréales (blé); F= 5,30 pour les graines oléagineuses ».

Le taux de protéine est calculé par l'équation suivante :

$$\% \text{ Protéines} = X \times F = \frac{2.803 * V * 100}{1000 * m} \times F$$

X : quantité d'azote dans 100g de la chair.

F : facteur dépendant du type d'aliment analysé

(F : protéine animale = 6,25 ; Céréales = 5,70 ; graines oléagineux =5,30).

V : volume d'HCl

m : le poids de l'échantillon en (g).

c) Dosage des lipides :

Les lipides sont extraits selon la méthode de Soxhlet pour déterminer la quantité de la matière grasse dans les aliments. C'est une méthode gravimétrique, puisqu'on pèse l'échantillon au début et la matière grasse à la fin de l'extraction.

L'appareil d'extraction expérimentale Soxhlet se compose d'un ballon de distillation, d'un porte-échantillon (tube adducteur), d'un siphon et d'un condensateur.

Tout d'abord, l'échantillon de matériau est emballé dans une cartouche et placé dans l'extracteur. Ensuite, les vapeurs du solvant produit dans un ballon de distillation, traversent le tube adducteur contenant la matière à extraire et se condensent dans le condensateur. Lorsque le liquide atteint

le sommet du tube adducteur, un siphon aspire la solution et le liquide retombe dans le ballon de distillation, transportant les solutés extraits dans le liquide en vrac. La séparation du soluté du solvant a lieu dans le ballon de distillation. Ensuite, le soluté est laissé dans le ballon et les vapeurs de solvant fraîches repassent dans le lit solide de matériau échantillon. L'opération est répétée jusqu'à ce que l'extraction complète soit obtenue (**Zygler M, 2012**).

L'expression des résultats est déterminée selon la formule suivante :

$$\% \text{ lipides} = \frac{M}{m} \times 100$$

M : la quantité des lipides (P-P0) en (g).

m : poids de l'échantillon

d) Détermination de la teneur en caroténoïdes

L'extraction des caroténoïdes se fait selon la méthode de Victor et col (1995), cette méthode se base sur la filtration sous vide jusqu'à la décoloration du résidu. La solution obtenue est évaporée à sec, puis le résidu est récupéré avec le solvant d'extraction.

Les caroténoïdes sont sensibles à la lumière, à la chaleur, à l'oxygène, aux acides et aux bases alcalines.

La détermination de la concentration en caroténoïdes se fait par spectrophotomètre ultraviolet-visible (UV) à partir de la courbe d'étalonnage.

Chapitre II : Matériel et méthodes

Chapitre II : Matériel et méthodes

II.1 Formulation et fabrication de l'aliment

La formulation et la fabrication de l'aliment ont été effectués au niveau du CNRDPA « Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'aquaculture ».

II.1.1 La formulation de l'aliment

Selon l'équipe de formulation et de fabrication de l'aliment, le programme utilisé pour la formulation est un programme élaboré sur Excel par la méthode de quadra Person, ce programme nous a permis de calculer le pourcentage des différents ingrédients, en se basant sur les besoins nutritionnelles de l'espèce ciblée et la composition nutritionnelle des matières premières.

La formulation à moindre coût qui a été réalisée à l'aide de logiciel de programmation linéaire contient :

- ✓ La composition nutritionnelle des ingrédients disponibles.
- ✓ Le prix actuels des ingrédients.
- ✓ Le niveau minimal et/ ou maximal des nutriments requis dans l'aliment
- ✓ Les contraintes d'utilisation des ingrédients.

II.1.2 Composition de l'aliment formulé

Les pourcentages des matières premières utilisées (44% Farine de poisson, 15% tourteau de soja, 14% son de blé, 8% maïs, 8% gluten de maïs, 7%huile végétale, 2%complexe multi vitaminique « CMV », eau 1% et 1% sel « NaCl ») sont représentées dans la figure suivante :

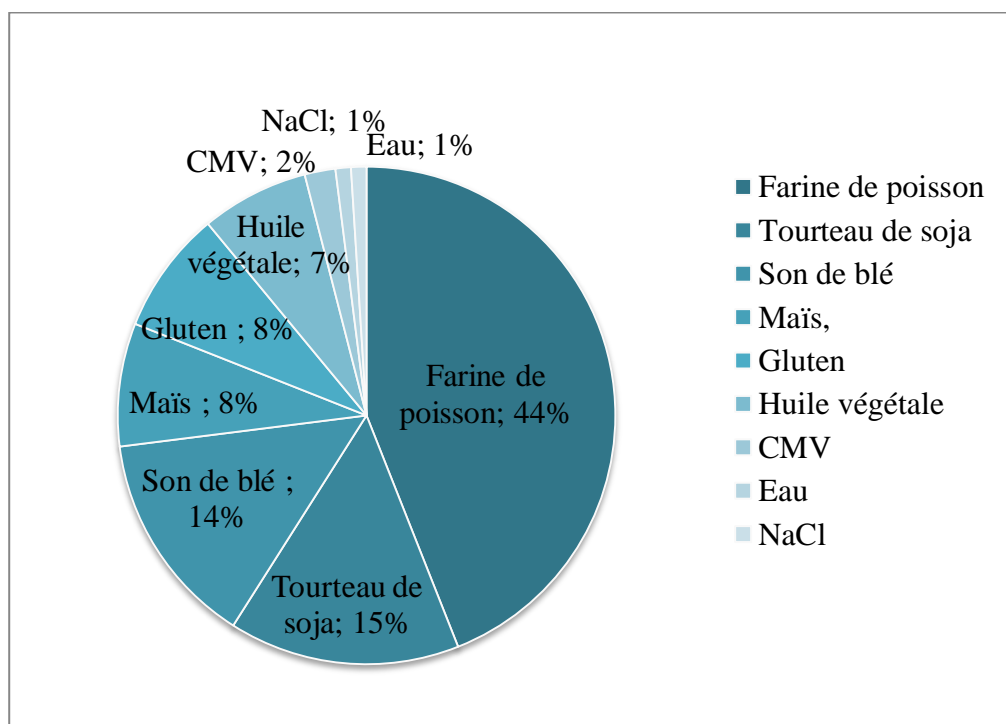


Figure II.1: Pourcentages des matières premières d'après la formule utilisée.

II.1.3 Composition biochimique de l'aliment formulé

La composition biochimique de l'aliment élaborée à partir du programme (le même programme utilisé pour la formulation) est représentée dans le tableau II.1, tableau II.2 et le tableau II.3.

Tableau II.1 : Composition biochimique globale de l'aliment formulé.

Matière sèche %	90,08
Cendre %	11,32
Energie brute MJ/kg	21,39
Energie digestible MJ/kg	17,3
Protéine digestible %	42,42
Lipide %	16,66
Fibre%	2,29

Tableau II.2 : Composition de l'aliment en acides gras essentiels

AG	Pourcentage %
LOA (18:2n-6)	2,45%
LNA (18:3n-3)	0,22%
ARA (20:4n-6)	0,06%
EPA (20:5n-3)	0,17%
DHA (22:6n-3)	0,59%
Total n-3	0,98%
Total n-6	2,51%
n3 :n6 (W3 : W6)	0,39%

Tableau II.3 : Composition de l'aliment en acides aminés essentiels

AA	Pourcentage %
Arginine	2,56%
Histidine	1,05%
Isoleucine	2,03%
Leucine	3,88%
Lysine	2,82%
Méthionine	1,12%
Phénylalanine	2,04%
Thréonine	1,76%
Tryptophane	0,48%
Valine	2,23%

II.1.4 Préparation de la farine de poisson

La préparation de la farine de poisson a été effectuée au niveau de CNRDPA. Le principe général consiste à séparer l'eau et l'huile de la matière sèche. Cette opération comprend quatre

grandes étapes essentielles : la cuisson, le pressage, le séchage et le broyage. Le schéma général de la fabrication de la farine de poisson est présenté sur la figure II.2.

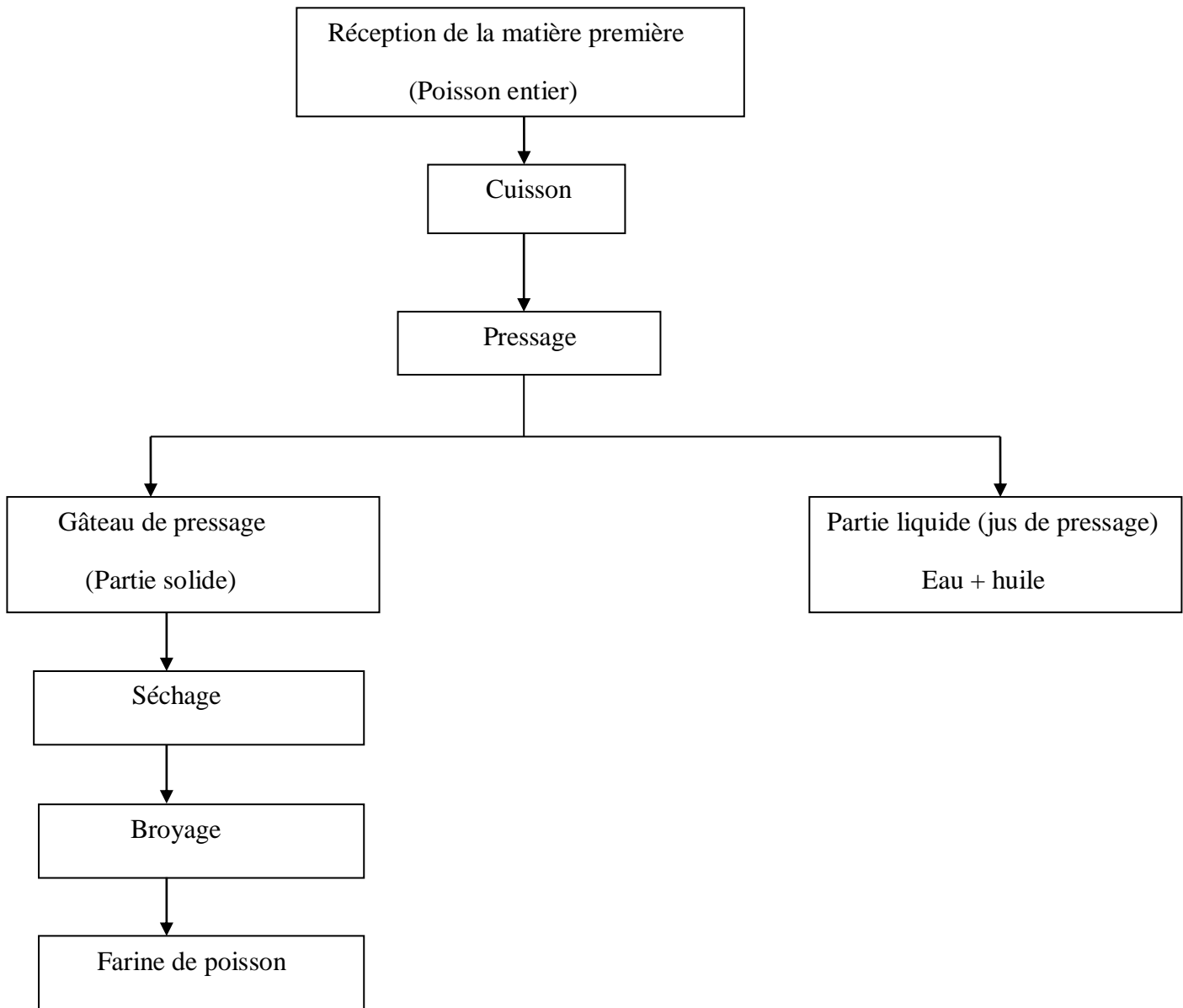


Figure II.2 : Diagramme de fabrication de la farine de poisson (Guillaume et al., 1999).

a) La cuisson

Après la réception des poissons chat et les déchets de poisson, les poissons sont étêtés et ensuite cuits dans un cuiseur à vapeur à 45°C pendant 22 heures. Cette opération en coagulant les protéines, libère une partie de l'eau et de la matière grasse.

b) Le pressage

Le produit est ensuite pressé mécaniquement, l'eau et la matière grasse (appelées jus de presse) sont séparées de la phase solide par un tamis, cette séparation aboutit à un gâteau (la phase solide) avec des teneurs en eau et l'huile réduites.

c) Le séchage

L'opération de séchage doit être exécutée le plus rapidement possible, elle est réalisée au moyen d'un séchoir ventilé. Cette étape constitue un facteur essentiel qui conditionne la qualité du produit final. Le séchage était à 45°C pendant 10 heures.

d) Le broyage et stockage

Le gâteau issu est broyé avec un mortier puis avec un mixeur électrique, la farine est stockée dans des boîtes en verre hermétiquement fermée.



Figure II.3 : Les étapes de fabrication de la farine de poisson
(a) cuisson ; (b) pressage ; (c) séchage ; (d) broyage ; (e) stockage.

II.1.5 Procédé de fabrication de l'aliment

Après la sélection des matières premières et l'élaboration de la formule à moindre coût, une série d'opérations a été effectuée pendant fabrication de l'aliment. La figure II.4 résume les différentes étapes de la fabrication :

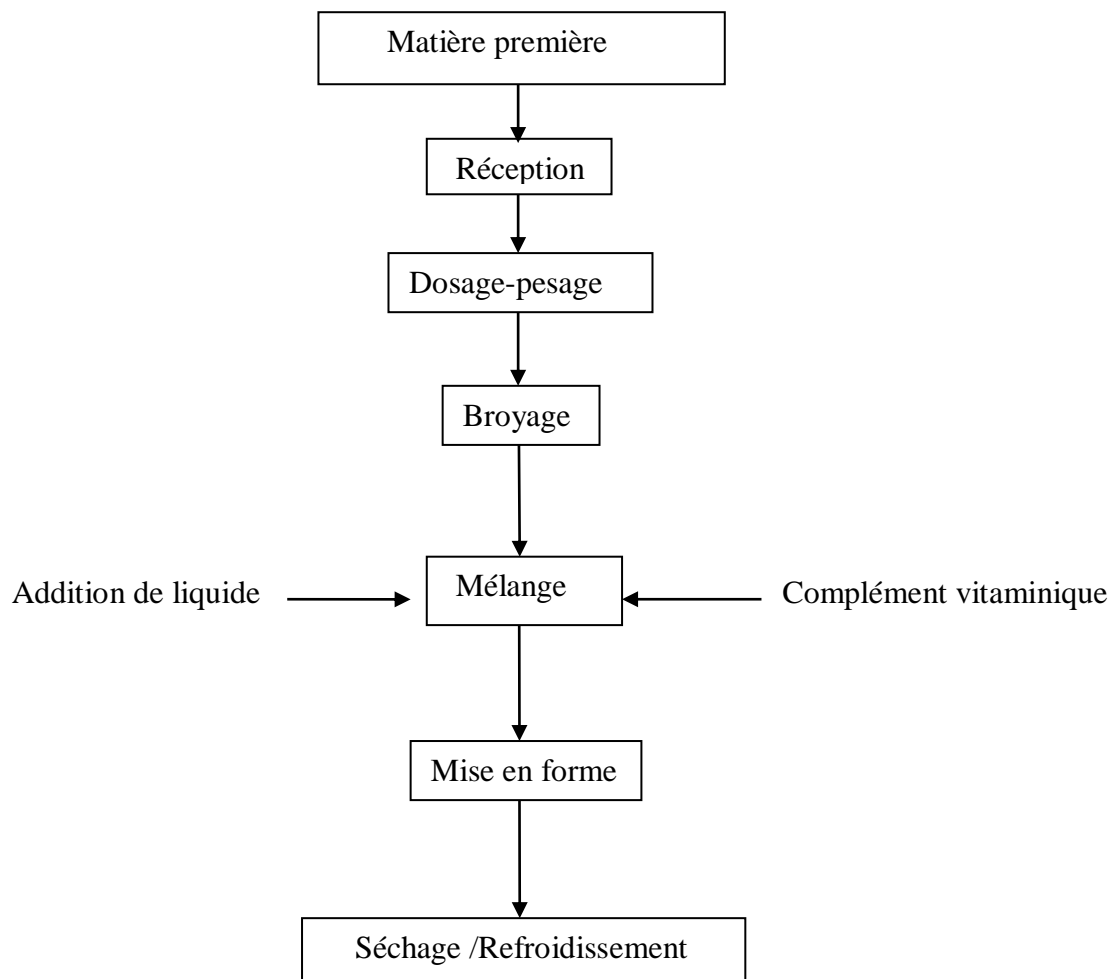


Figure II.4 : Schéma descriptif des différentes étapes de la fabrication de l'aliment.

a) Dosage (pesage) :

Le dosage de chaque ingrédient est calculé à partir des proportions bien définies dans la formule, la précision du dosage est primordial (pour éviter tout excès ou insuffisance des éléments). On utilise une balance électrique pour les matières solides et une éprouvette gradué pour les matières liquides (Figure 2, annexe I).

b) Broyage :

Après leur pesage, les produits secs sont broyés afin d'obtenir des particules plus fines de manière à homogénéiser le mélange et le rendre plus stable et avoir une mise en forme régulière.

c) Mélange ou homogénéisation :

Cette étape consiste à associer les matières premières broyées et dosées en les répartissant de manière homogène dans la masse du mélange (Figure 4, annexe I).

d) Mise en forme de l'aliment (pressage / agglomération) :

Le mélange sous forme de farine est forcé par un rouleau à travers un hachoir, il ressort de la presse sous forme de spaghetti avec un diamètre de 4.5 mm (Figure 5, annexe I).

e) Séchage et refroidissement :

Un flux d'air traversant une couche de granulés immobiles ou sur un tapis en mouvement. Humidité ramenée de 15-16% à 9-10%, induit la formation d'une coque autour des granulés qui contribue à l'élaboration des caractéristiques mécaniques (Figure 6, annexe I).

II.1.6 Caractérisation de l'aliment

• Stabilité dans l'eau (résistance au délitement) :

La résistance au délitement revêt une importance fondamentale pour les aliments destinés aux prédateurs à l'affût ou à comportement brouteur ou détritivore (**Guillaume et al., 1999**). L'évaluation de la stabilité a été effectuée par test visuel, une quantité d'aliment a été plongée dans un verre d'eau pendant 15 à 20 min (Figure 8, annexe I).

• Résistance à l'abrasion (durabilité) :

La friabilité est évaluée par taux de particules fines arrachées à l'aliment ayant subi une succession de chocs et de frottement dans un appareil à caissons tournants (norme ASAE S 269) ou dans un appareil à circulation pneumatique (méthode Holmen) (**Guillaume et al.,**

1999). Dans notre cas, une quantité d'aliment a été plongée dans un verre d'eau pendant 2 heures afin d'évaluer la durabilité de ce dernier (Figure 9, annexe I).

II.2 Analyses biochimique des matières premières

Les analyses biochimiques des matières premières ont été réalisées au laboratoire de biochimie de l'ENSSMAL « Ecole National Supérieur des Science de la Mer et de l'Aménagement du Littoral ».

a) Détermination du taux d'humidité

Le taux d'humidité des matières premières sèches (farine de poisson, tourteau de soja, maïs, gluten de maïs et le son de blé) a été déterminé.

Mode opératoire : (Protocole Travaux pratiques Nutrition- alimentation, 4ème année aquaculture. Dr Akrou – Aissou, 2020)

Les capsules vides ont été séchées à l'étuve à 105°C pendant 10-20 minutes, après refroidissement, ils ont été mis dans un dessiccateur, ils ont été pesés sans couvercle (soit P0 ce poids), 2g de chaque échantillon a été pesé dans la capsule (soit P1 ce poids), les capsules avec l'échantillon fermé ont été mis dans l'étuve pendant 40 minutes et ensuite refroidies dans le dessiccateur pendant 20 minutes (sans couvercle), après refroidissement les capsules avec l'échantillon ont été pesées (soit P2 ce poids). L'opération a été répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (Figure 1, Annexe II).

b) Dosage des protéines

Trois échantillons ont été dosés (la farine de poisson, le tourteau de soja et le gluten de maïs) ceux qui sont les plus riches en protéines.

Mode opératoire : (Protocole Travaux pratiques Nutrition-alimentation, 4ème année aquaculture. Dr Akrou -Aissou, 2020).

Minéralisation de l'échantillon :

Dans un matras de « Kjeldahl » y sont introduits 2g de chaque échantillon, 7g de sulfate de sodium, 5mg de sélénium, et 1ml de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) à 60%, 10ml de l'acide sulfurique (H₂SO₄) et 2-3 petits morceaux de pierre de ponce ; après agitation, les matras sont placés dans le dispositif de minéralisation (figure II.5). Le chauffage se fait progressivement à

100°C jusqu'à l'obtention des fumées noires, puis diminué à 80°C et prolongé quelques heures jusqu'à l'obtention d'une couleur limpide.



Figure II.5 : Minéralisation des échantillons dans un minéralisateur.

Après refroidissement des matras, chaque minéralisât est filtré dans un erlenmeyer (de 100 ml) à bouchon, les matras ont été lavés et l'eau de rinçage a été filtrée aussi, le volume a été ajusté à 100 ml avec l'eau distillée (Figure 2, annexe II).

A la fin les minéralisât ont été étiquetés et conservés au réfrigérateur à 4°C.

Distillation de l'ammoniac :

20 ml de chaque minéralisât filtré et dilué est ajouté ans un matras de Kjeldahl, puis placé dans l'appareil de distillation « Ber Labor technik » ensuite, 40 ml de soude (NaOH) à 40% est ajouté dans le matras. Après distillation, le distillât est recueilli dans un erlenmeyer de collecte contenant 20ml d'acide borique à 4%, dont le pH est préalablement déterminé. La distillation est continuée jusqu'à l'obtention de 100ml de solution (acide borique + ammoniac entraîné à la vapeur).



Figure II .6 : Distillation de l'ammoniac.

Titration de l'ammoniac :

10 gouttes de l'indicateur « tashiro » ont été rajoutées au distillat obtenu, le pH de la solution est ensuite mesuré par un pH-mètre. La solution obtenue est directement titrée par une solution chlorhydrique HCl à 0,2N, jusqu'à l'obtention du pH initial de la solution de l'acide borique.

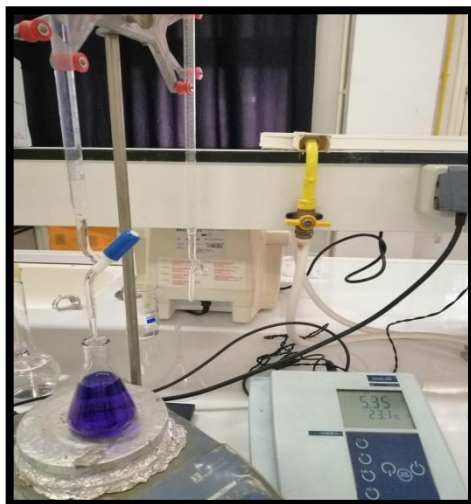


Figure II.7 : Titration de l'ammoniac avec l'acide chlorhydrique.

c) Dosage des lipides

L'extraction des lipides totaux est réalisée par la méthode de « soxhlet ». Trois échantillons ont été dosés (Son de blé, farine de poisson, maïs) ceux les plus riches en lipides selon la littérature.

Mode opératoire : (Protocole Travaux pratiques Nutrition-alimentation, 4^{ème} année aquaculture. Dr Akrou -Aissou, 2020)

Le ballon vide a été pesé, soit P0 ce poids, après 2g de chaque échantillon a été pesé dans une cartouche tarée, soit m ce poids. Les ballons ont été placés dans l'appareil de soxhlet (sur une plaque chauffante), les cartouches sont déposées dans les matras. 160ml d'éther éthylique est ajouté dans chaque matras jusqu'à ce qu'il se déverse dans le ballon, l'appareil est allumé à une température de 100°C jusqu'à l'ébullition, ensuite on réduit la température de sorte à maintenir l'ébullition stable. Le même rythme est gardé pendant 4 heures afin de dissoudre tous les lipides présents dans chaque échantillon.



Figure II.8 : Extraction des lipides dans l'appareil de Soxhlet.

L'appareil est éteint et les ballons sont laissés refroidir, après les échantillons de lipides contenus dans les ballons sont mis dans un rota-vapeur, à 40°C et à une vitesse de rotation de 6 à 7 tours/ min ; pour récupérer le solvant (Figure 3, annexe II).

Ensuite, les ballons ont été séchés dans l'étuve à 37°C, puis refroidis dans un dessiccateur. A la fin le ballon est pesé soit P ce poids (Figure 4, annexe II).

II.3 Analyse de la valeur nutritive de l'aliment fabriqué

Les analyses biochimiques ont porté sur le dosage des protéines, des lipides, la détermination de la teneur en caroténoïdes.

La qualité nutritionnelle d'un aliment est basée tout particulièrement sur son profil lipido-protéique.

a) Détermination du taux d'humidité

La détermination du taux d'humidité a été effectuée par la même méthode utilisée précédemment.

b) Dosage des protéines

Le dosage des protéines a été effectué selon la méthode de « Kjeldahl », indiquée précédemment.

c) Dosages des lipides totaux

L'extraction et le dosage des lipides totaux a été réalisé par la méthode de « soxhlet ». (La même méthode utilisée pour le dosage des matières premières).

d) Extraction et détermination de la teneur en caroténoïdes

Mode opératoire : (Protocole Travaux pratiques Nutrition-alimentation, 4^{ème} année aquaculture. Dr Akrou -Aissou, 2020).

Filtration sous vide :

10g de la poudre de l'échantillon a été pesée, cette prise d'essai a été filtrée dans un Buchner sous vide avec 40ml d'Hexane - Ethanol (1:1), le mélange a été maintenu pendant quelques minutes. La filtration a été continuée jusqu'à la décoloration du résidu (l'échantillon est épuisé 3 à 4 fois). Soit V1 ce volume.

Saponification

Un volume égal de KOH méthanique 10% a été ajouté à la solution obtenue. Le mélange a été chauffé pendant 10 minutes dans un bain marie puis refroidis rapidement dans un bac de glace.

Lavage

Le mélange a été transvasé dans une ampoule à décanter et additionné par 25 ml d'Hexane et 20 ml d'eau distillée, (une simple agitation a été procédée). Après décantation, deux phases ont été obtenues : phase aqueuse et phase organique. La phase aqueuse est extraite 2 à 3 fois par 40ml de solvant Ethanol – Hexane (1 :1), chaque fois la phase organique obtenue est rajoutée à la première phase organique. Cette dernière a été filtrée en présence de Na₂ SO₄ qui est additionné au filtre pour éliminer l'humidité.

La solution obtenue a été évaporée dans un rotavapeur à 40°C pour récupérer l'Hexane. Après l'évaporation du solvant, le volume a été ajusté à 25ml avec le l'Hexane. Voir (Figure 5, annexe II).

La solution de l'extrait obtenu a été transvasée dans une fiole colorée en brun et conservée au frais (4°C).

Lecture au spectromètre

La teneur en caroténoïdes a été déterminée par spectrophotométrie UV, dont $\lambda = 450$ nm.

Chapitre III : Résultats et discussion

Chapitre III : Résultats et discussion

III.1 Caractérisation de l'aliment

Le tableau suivant indique les caractéristiques de l'aliment fabriqué qu'on a pu apprécier.

Tableau III.1 : Caractéristiques de l'aliment fabriqué

Test	Stabilité	Durabilité
Résultat	L'aliment ne se dégrade pas après 20min.	L'aliment ne s'effrite qu'après 3 jours

III.2 Analyses des matières premières et de l'aliment

a) Taux d'humidité

Les poids obtenus de chaque échantillon : poids des capsules vides (P0), poids des capsules + échantillon (P1) et poids finaux constants (P2) sont représentés dans le tableau suivant :

Tableaux III.2 : Les différents poids obtenus après chaque pesée.

Echantillon	P0 (g)	P1 (g)	P2 (g)
Aliment	49,34460	51,01236	50,83546
Tourteau de soja	50,24989	52,00783	51,81384
Farine de poisson	46,58296	48,00825	47,90211
Gluten de maïs	62,43491	64,09747	63,93362
Son de blé	64,21674	66,03824	65,83053
Maïs	65,44599	67,09714	66,92143

Tableau III.3 : Pourcentage du taux d’humidité pour chaque échantillon

Echantillon	Aliment	Tourteau de soja	Farine de poisson	Gluten de maïs	Son de blé	Maïs
% Humidité	10,60	11,03	7,44	9,85	11,40	10,64

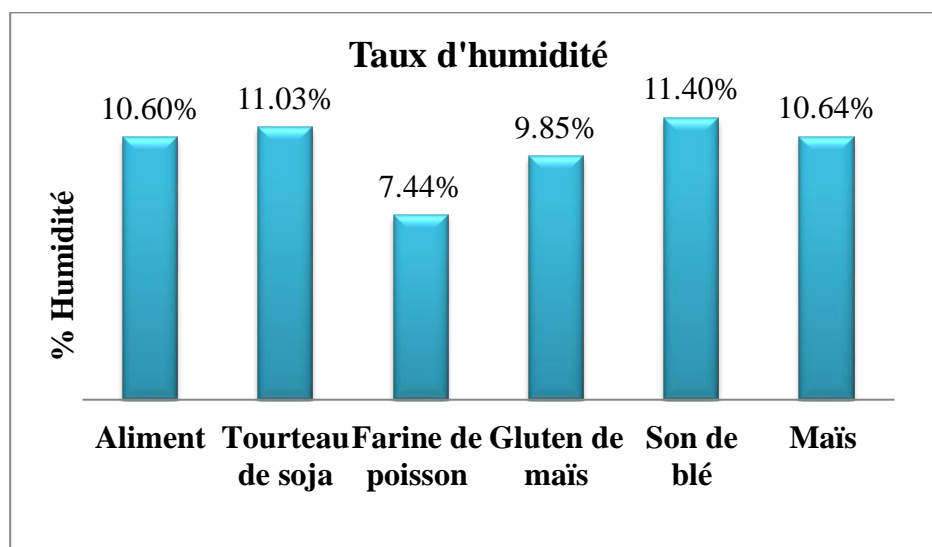


Figure III.1 : Taux d’humidité des différents échantillons

b) Dosage des protéines

Le dosage des protéines a été réalisé par la méthode de « kjeldahl », les taux des protéines totaux sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III.4 : Teneur en protéines dans chaque échantillon.

Echantillon	Aliment	Farine de poisson	Gluten de maïs	Tourteau de soja
% Protéine	31	21,39	15,24	14,42

Les pourcentages de protéines sont représentés dans la figure suivante :

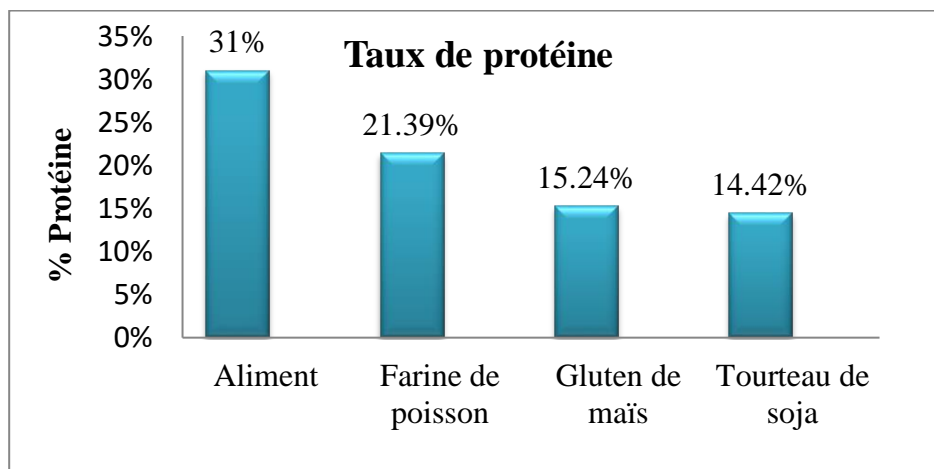


Figure III.2 : Taux des protéines des différents échantillons

c) Dosage des lipides totaux :

Les valeurs des poids des prises d'essai, des matières premières dosées et de l'aliment fabriqué ainsi que les valeurs des ballons vides et des ballons renfermant l'extrait des lipides sont résumés dans le tableau suivant :

Tableaux III.5 : Résultats des poids des ballons (vides et remplis) et des prises d'essai.

Echantillon	Poids de la prise d'essai (m) (g)	Poids du ballon vide (P0) (g)	Poids du ballon rempli (P) (g)
Farine de poisson	2,01897	99,9691	100,0785
Son de blé	2,0246	129,9515	130,0750
Maïs	2,01370	129,0972	129,1999
Aliment	2,00887	137,4569	137,7763

Les résultats des lipides totaux obtenus pour chaque échantillon, sont résumés dans le tableau suivant :

Tableaux III.6 : Pourcentage des lipides totaux dans 100g de l'échantillon

Echantillon	Farine de poisson	Son de blé	Maïs	Aliment
% lipide	5,41	6	5,05	15,89

Les pourcentages des lipides sont représentés dans la figure suivante :

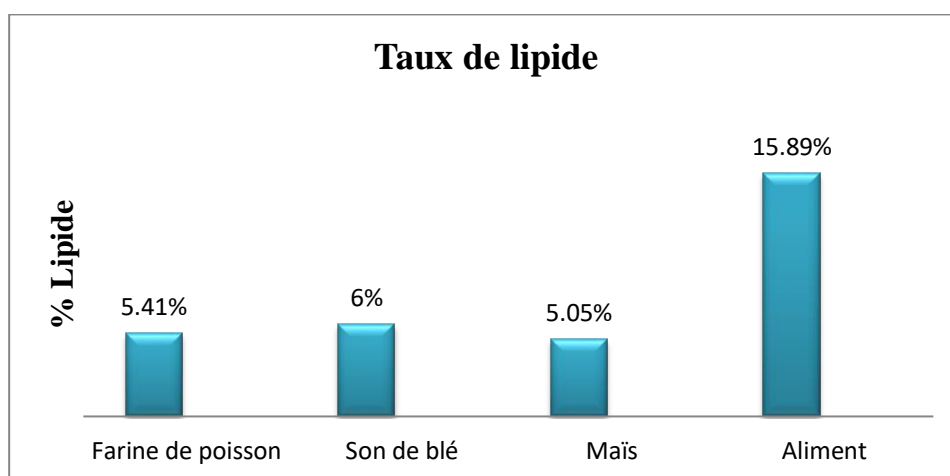


Figure III.3 : Taux de lipide des différents échantillons.

d) Dosage des caroténoïdes dans l'aliment :

Tableau III.7 : Concentrations et absorbances des solutions standards

Solutions	Concentrations (mg/L)	Absorbances
Le blanc (eau distillée)	0	0,0
S1	1	0,050
S2	2	0,060
S3	5	0,112
S4	10	0,212
S5	15	0,298

A partir de tableau III.7, on trace la courbe d'étalonnage (Figure III.4)

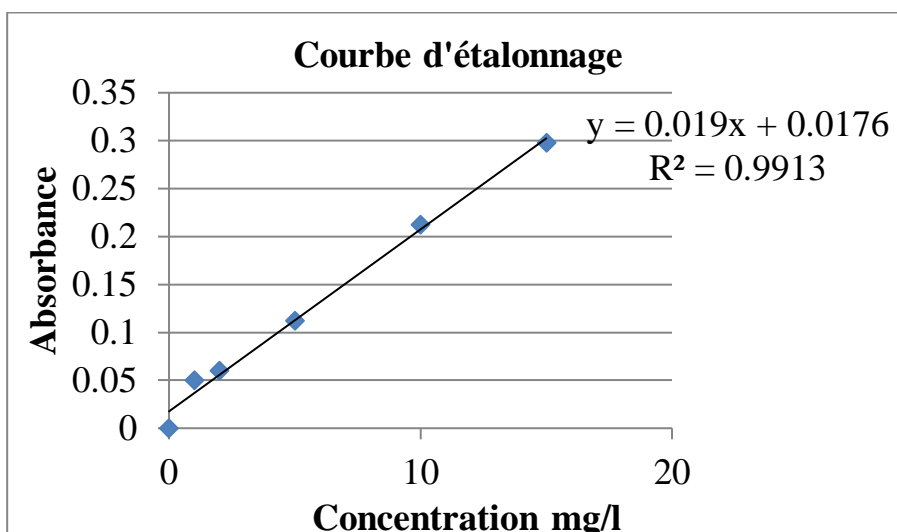


Figure III.4 : Courbe d'étalonnage de bichromate de potassium (standard)

A partir de la courbe d'étalonnage, les différentes concentrations (trois répliques) de l'aliment analysé ont été calculées et représentées dans le tableau suivant :

Tableau III.8 : Concentration en carotène des trois essais et leur absorbances

Echantillon	Absorbance (450 nm)	Concentration (mg /l)
Essai 1	0,064	13,4
Essai 2	0,063	13,16
Essai 3	0,067	14

[C] moyenne en caroténoïdes = **13,52 mg/L.**

Discussion des résultats :

III.1 Caractérisation de l'aliment

L'aliment fabriqué a présenté une bonne stabilité dans l'eau, et une bonne durabilité. Ces critères sont liés au comportement alimentaire du poisson.

III.2 Analyses des matières premières et de l'aliment

a) Détermination du taux d'humidité

La teneur en eau de matières premières sèches a été effectuée par la méthode thermogravimétrique, afin de déterminer la masse réelle de chaque échantillon.

La détermination de la teneur en eau est importante, puisque elle conditionne la précision des divers résultats analytiques rapportés à la matière sèche.

Le taux d'humidité des matières premières est compris entre 7 et 11%, ces résultats sont acceptables.

L'humidité ne doit pas être supérieure à 15% pour les farines (Farine de poisson, farine de blé, farine de soja ...).

Les variations des humidités proviendraient du lieu de culture, des conditions de stockage.

Pour l'aliment, le taux d'humidité est de 10,60%, cette valeur est acceptable et favorable à son conditionnement (l'humidité maximale est fixée à 10% pour la stabilité du produit).

b) Dosage des protéines

Selon les résultats obtenus, le taux de protéines des matières premières et de l'aliment, représente des valeurs inférieures à celles présentées en théorie. Cela est peut être dû aux erreurs de la manipulation pendant l'extraction, ou bien à cause de la mauvaise conservation des échantillons avant le dosage, ou peut être cela est lié à la qualité des matières premières elles même.

c) Dosages des lipides totaux

Le dosage des lipides des matières premières et de l'aliment (Tableau III.5), donnent des taux de lipides assez satisfaisants et proches des valeurs théoriques pour les matières premières (tableau I.4) et même pour l'aliment (15,89% \approx 16%), l'apport en lipides dans l'alimentation des poissons est considéré comme indispensable.

d) Détermination de la teneur en caroténoïdes

Les carotènes ont un caractère hautement oxydable en fait des antioxydants qui désactivent les radicaux libres, ils sont utilisés comme complément alimentaire pour améliorer l'apparence de la chair.

Le dosage quantitatif par spectrophotométrie des caroténoïdes représentés par le β -carotène, a révélé que notre aliment renferme une teneur en caroténoïdes qui est égale à 13,52 (mg/L).

L'instabilité des pigments caroténoïdes pose le problème de leur conservation dans les matières premières et les aliments fabriqués. Les conditions et la durée de conservation peuvent apporter de modifications sensibles difficilement prévisibles étant donné la variété des formules alimentaires, les conditions de fabrication (**Mainguy et Rouques, 1965**).

Ces remarques ne sont pas limitées aux seuls pigments caroténoïdes, mais s'étendent aux autres constituants de la ration alimentaire tels que les lipides, les protéines, ou les vitamines.

Conclusion

CONCLUSION

Dans le contexte du développement de la fabrication d'aliment pour poisson et afin de développer les élevages piscicoles dans notre pays, ce travail consiste en une contribution à l'élaboration d'un aliment composé à partir des ressources disponibles localement.

Ceci nécessite une étude sur la technique d'élaboration des aliments composés, qui comprend la formulation (conception des formules) et la technologie des aliments (procédure de fabrication).

La première étape consiste à s'informer sur les besoins nutritionnels de l'espèce ciblée, par la suite, sélectionner les matières premières locaux en tenant compte des caractéristiques nutritionnelles, de leur coût et de leur disponibilité et analyser la composition chimique des matières premières sélectionnées pour déterminer les valeurs cibles à fixer, et en dernier, combiner les matières premières sélectionnées en procédant à une technologie de fabrication qui est conditionné elle même par la compréhension du comportement alimentaire de notre espèce et la spécificité de l'élevage.

Ce travail a permis de mettre en place un protocole de formulation et de fabrication d'un aliment composé via le procédé d'agglomération (la granulation) qui a abouti à un aliment granulé (pressé) destiné à l'élevage de loup de mer.

De nombreux facteurs peuvent influencer la qualité nutritionnelle de l'aliment, car chaque ingrédient inclus dans la formulation a ses propres caractéristiques, il faut prendre en considération qu'une matière première ait une composition connue, les pourcentages des composants en question changent d'une récolte à une autre.

Rappelons que, en étant dans l'intervalle d'exigence de l'espèce, le pourcentage exact en matières premières diffère d'un pays à un autre puisque pour formuler au moindre coût, on tiendra compte des matières premières existantes dans le pays ainsi que de leur prix.

Or, pour l'aquaculture, la meilleure façon de mesurer la qualité de l'aliment, est la mesure des performances des poissons, compte tenu des nombreux facteurs qui peuvent influencer les besoins nutritionnels des poissons, tels que le sexe, la phase de croissance, l'état physiologique et les paramètres de l'élevage.

A l'issue de cette étude, quelques recommandations peuvent être suggérées :

- Evaluation de la valeur de l'aliment, sur les paramètres zootechniques des poissons ;
- Mesurer la quantité de l'aliment ingéré, cela permet d'évaluer plus précisément l'efficacité alimentaire ;
- Etudier l'influence de chaque paramètre d'élevage sur la croissance et la prise alimentaire.
- Effectuer une étude de viabilité économique de la fabrication d'aliment avec les produits et sous-produits locaux ;

- Etudier l'effet des facteurs antinutritionnels sur la croissance des poissons et le taux de destruction de ceux-ci par le pressage ;
- Amélioration de la stabilité de l'aliment par l'encapsulation permettrait de stabiliser ses ingrédients quand il est mis en contact avec l'eau et éviter son changement d'aspect et variations des concentrations des ions (nitrites et nitrates), de plus durant la période de stockage de l'aliment, cette technique permettrait de mieux le conserver en évitant l'évaporation et sa dégradation.
- Former des nutritionnistes spécialisés dans l'alimentation des animaux aquatiques, le nutritionniste doit connaître les valeurs alimentaires d'incorporation, les interactions possibles entre les matières premières, le comportement alimentaire du poisson, le taux de conversion, et surtout les interactions de l'aliment avec le milieu d'élevage.

Bibliographie

Références bibliographiques

ALLIOTE., FEBVRE A., METAILLER R., PASTOUREAUD A., (1974). Besoins nutritifs du bar (*Dicentrarchuslabrax*L.). Etude du taux de protéine et du taux de lipide dans le régime. Actes de Colloque CNEXO.

AOAC., (1980). Official methods of analysis. Association of official analytical chemists, washington DC, 1094 p.

AUDIC M., (2006). Etude de la nutrition des saumons et contribution à la création d'une filière de production de saumons label rouge. Thèse de doctorat. France : Toulouse : Médvet, 152 p.

BUREL C., (2017). Bases de la nutrition et formulation en aquaculture. Durabilité des aliments pour le poisson en aquaculture : réflexions et recommandations sur les aspects technologiques, économiques, sociaux et environnementaux, UICN - Union Internationale pour la Conservation de la Nature; Comité Français de l'UICN, 296 p, 9782831718316. hal-01607152.

CALVEZ S., (2013). Elevage de la truite arc en ciel, alimentation et milieu. Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Unité pédagogique d'Aquaculture.

COUTTEAU P., VAN STAPPEN G., SORGELOOS P., (1996). A standard experimental diet for the study of fatty acid requirements of weaning and first on-growing stages of the European sea bass *Dicentrarchuslabrax* L.: comparison of extruded and extruded/coated diets. Archiv fur Tierernahrung, 49: pp 49–59.

COUTO A., (2013). Effect of antinutrients in European sea bass (*Dicentrarchuslabrax*) and gilthead sea bream (*Sparusaurata*) juveniles and on-growing fish .Thèse de doctorat. Portugal : Porto : Faculté de CIENCIAS da Universidade do Porto, pp 40-42.

CROOK W-W., SIMPSON W-E., (1971). Determination of ammonium in Kjeldahl digests of crops by an automated procedure .journal of the science of food and agriculture: pp 27- 1256.

DOMINIQUE CORLAY, SYLVIN DELORD, YANN MARCHAND., (2006). Le concept d'énergie dans l'alimentation des poissons. Le journal d'information technique Guessant Aquaculture. [en ligne]. [consulté le 23 11 2020]. Disponible sur le web : http://www.nievre.gouv.fr/IMG/pdf/gross_standard_table_ratio.pdf

ENES P., PANSEERAT S., KAUSHIK S., OLIVA-TELES A., (2011). Dietary Carbohydrate Utilization by European Sea Bass (*Dicentrarchuslabrax*L.) and Gilthead Sea Bream (*Sparusaurata*L.) juveniles. Reviews in Fisheries Science. 19, pp 201-215.

EUMOFA., (2019). Observatoire européen des marchés des produits de la pêche et de l'aquaculture – Le bar dans l'UE : 5 p.

FAO (2020). La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2020. La durabilité en action. Rome. [en ligne]. [Consulté le 25/12/2020]. Disponible sur le web : <https://doi.org/10.4060/ca9229fr>

FAO (2020). European seabass - Nutritional requirements. [en ligne]. Rome FAO. [Consulté le 12 /9 /2020]. Disponible sur le web : <http://www.fao.org/contact-us/terms/en>

FAO (2020). European seabass -Feed production. [en ligne]. Rome FAO. [Consulté le 5 /11 /2020]. Disponible sur le web : <http://www.fao.org/fishery/afris/species-profiles/european-seabass/feed-production/en/>

FRANÇOIS P., JEAN., DUCATTEAU E., (2015). Pisciculture : Bilan sur les modes d'élevage et perspectives en matière de durabilité environnementale. Exemple du saumon atlantique en Norvège. ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE D'ALFORT : France, pp : 30-31.

GALLET F., CAZAUBON E., (1998). Le bar commun (*Dicentrarchus labrax*) et son exploitation dans le Golfe de Gascogne en 1996. France: Observatoire des pêches et des cultures marines du golfe de Gascogne : 25 p.

GOVIND P., (2013). Feed formulation and feeding technology for fishes. International research journal of pharmac. ISSN 2230–8407. www.irjponline.com

GUILLAUME J., KAUSHIK S., BERGOT P., et al., (1999). Nutrition et Alimentation des Poissons et Crustacés. France : INRA, pp 213- 227p.

GUILLAUME J., KAUSHIK S., BERGOT P. et al., (1999). Nutrition et Alimentation des Poissons et Crustacés. France : INRA, pp 379-381.

JAVIER F., VÁZQUEZ S., JOSÉ A., MUÑOZ-CUETO., (2015). Thèse de doctorat. Biology of European Sea Bass. Department of Biology University of Cadiz. Spain: Cadiz, 46 p.

KAUSHIK S., J., (1998). Whole body amino acid composition of European seabas (*Dicentrarchus labrax*), gilthead seabream (*Sparus aurata*) and turbot (*Psetta maxima*) with an estimation of their IAA requirement profiles. Aquat. Living Resour. 11, pp 355-358.

KAUSHIK S., J., (2009) Nutrition et alimentation des poissons: éléments pour un nouveau développement. *Cah. Agric.* 18, pp 100-102.

LOUISY P., (2015). Guide d'identification des poissons marins, Europe et Méditerranée, éd 2015. ISBN : 9782841386512.

MAINGAY P, ROUQUES A, (1965). Le Jaune de l'œuf I. Etude générale de sa couleur. *Bull.Soc .Sient. Hyg. Aliment*, 58 (4-5-6), pp: 83-116.

METAILLER R., ALDRIN J., Messager J-L., Mevel G., Stephan G., (1981). Feeding of European sea bass *Dicentrarchus labrax*: role of protein and energy source. *J. World Maricul. Soc.* 12, pp 117-118.

METAILLER R., FÉBYRE., A., ALLIOT E., (1973). Note préliminaire sur les acides aminés essentiels du loup ou bar *Dicentrarchus labrax* Linnée. *Étud. Rev. CGPH* 52, pp 91-96.

- MIHELAKAKIS A., TSOLKAS C., YOSHIMATSU T., (2002).** Optimisation of feeding rate of hatchery-produced juvenile gilthead sea bream *Sparus aurata*. *World aquatic society*. N°33, pp: 169-175
- NG WK., LU KS., HASHIM R et al., (2000).** Effects of feeding rate on growth, feed utilization and body composition of a tropical bagrid catfish. *Aquatic interactions*. N°8, pp: 19-29.
- NRC (National Research Council), (1993).** Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. The National Academy Press. Washington D.C.
- NRC (National Research Council), (2011).** Nutrition Requirements of Fish, Washington D.C., USA, National Academy Press, 373p.
- OLIVA -TELES A., (2000).** Recent advances in European sea bass and gilthead sea bream nutrition. *Aquaculture International*. 8, 477-492 p.
- ROBERT M., (2014).** Développement d'hydrolysats pour l'alimentation des animaux d'aquaculture : Caractérisation moléculaire et fonctionnelle. Thèse de doctorat. France : Caen : Université de Caen Basse-Normandie, pp 19-20.
- TSHINYAMA NTUMBA A., (2018).** Thèse de doctorat. Contribution à la promotion de la pisciculture intégrée de tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758) par la valorisation des sous-produits agro-industriels et l'utilisation rationnelle des fertilisants animaux en République Démocratique du Congo. Doctorat en Sciences Animales Philosophiae Doctor (Ph.D.), Canada : Québec, pp : 18-19.
- TIBALDI E., TULLI F., LANAR D., (1994).** Arginine Requirement and Effect of Different Dietary Arginine and Lysine Levels for Fingerling Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 127, pp 207-218.
- TIBALDI E., LANARI D., (1991).** Optimal dietary lysine levels for growth and protein utilisation of fingerling sea bass (*Dicentrarchus labrax*L.) fed semipurified diets. *Aquaculture* 95, pp 297-304.
- TIBALDI E., TULLI F., LANARI D., PINOASA M., (1993).** Quantitative tryptophan requirement of sea bass fingerlings. *EAS sp. publ.*
- THEBAULT H., ALLIOT E., PASTOUREAUD A., (1985).** Quantitative methionine requirement of juvenile sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 50, pp 75-87.
- TIBALDI E., TULLI F., (1999).** Dietary threonine requirement of juvenile european sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*. pp: 175, 155-166.
- WEBSTER C-D., THOMPSON K-R., MUZINIC L., (2002).** Feeding fish and how feeding frequency affects sunshine bass. *World aquatic*. N°33 : pp 20- 24.
- ZYGLER A., SLOMINSKA M., NAMIESNIKJ., (2012).** Soxhlet Extraction and New Developments Such as Soxtec. *Comprehensive Sampling and Sample Preparation Analytical Techniques for Scientists*. Volume 2, 2012, pp : 65-82. [en ligne]. [Consulté le 10/11/2020]. Disponible sur le web : <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381373-2.00037-5>.

ANNEXE

Annexe I

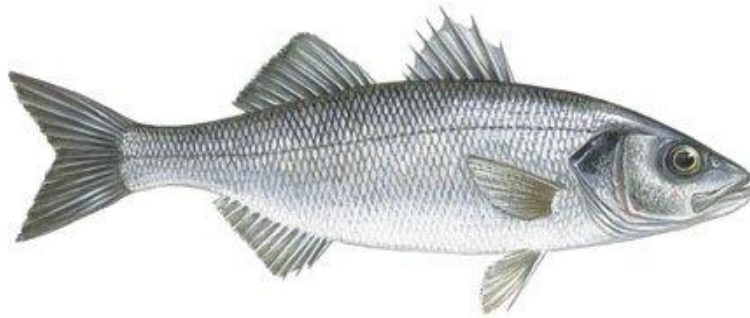


Figure 1 : Morphologie externe du bar commun *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758)

¹ https://i.skyrock.net/2404/61082404/pics/2812077046_1_5_jH8C1HzT.jpg

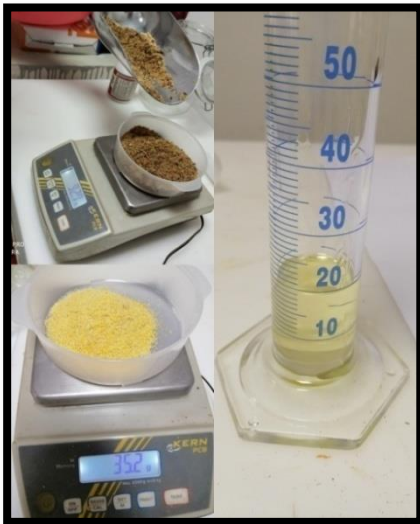


Figure 2 : Dosage des matières premières



Figure 3 : Broyage des matières premières.



Figure 4 : Mélange des matières premières.



Figure 5 : Agglomération de l'aliment.



Figure 6 : Séchage de l'aliment



Figure 7 : Conditionnement de l'aliment



Figure 8 : Stabilité de l'aliment dans l'eau (après 20 min)



Figure 9 : Résistance à l'abrasion

Tableau 1 : Composition du CMV

Composition	Unité	Quantité
Vitamine A	I.U	2500
Vitamine D2	I.U	200
Calcium	mg	71,56
Vitamine C	mg	60
Phosphore	mg	55,36
Lecithine	mg	50
Ginseng blanc	mg	40
Magnésium	mg	40
Vitamine B3	mg	16
Fer	mg	14
Vitamine E	mg	12
Vitamine B5	mg	6
Extrait d'aloé vera	mg	5
Zinc	mg	4
Vitamine B2	mg	1,4
Vitamine B6	mg	1,4
Vitamine B1	mg	1,1
Cuivre	mg	1
Manganèse	mg	1
Vitamine B12	µg	2,5

Annexe II

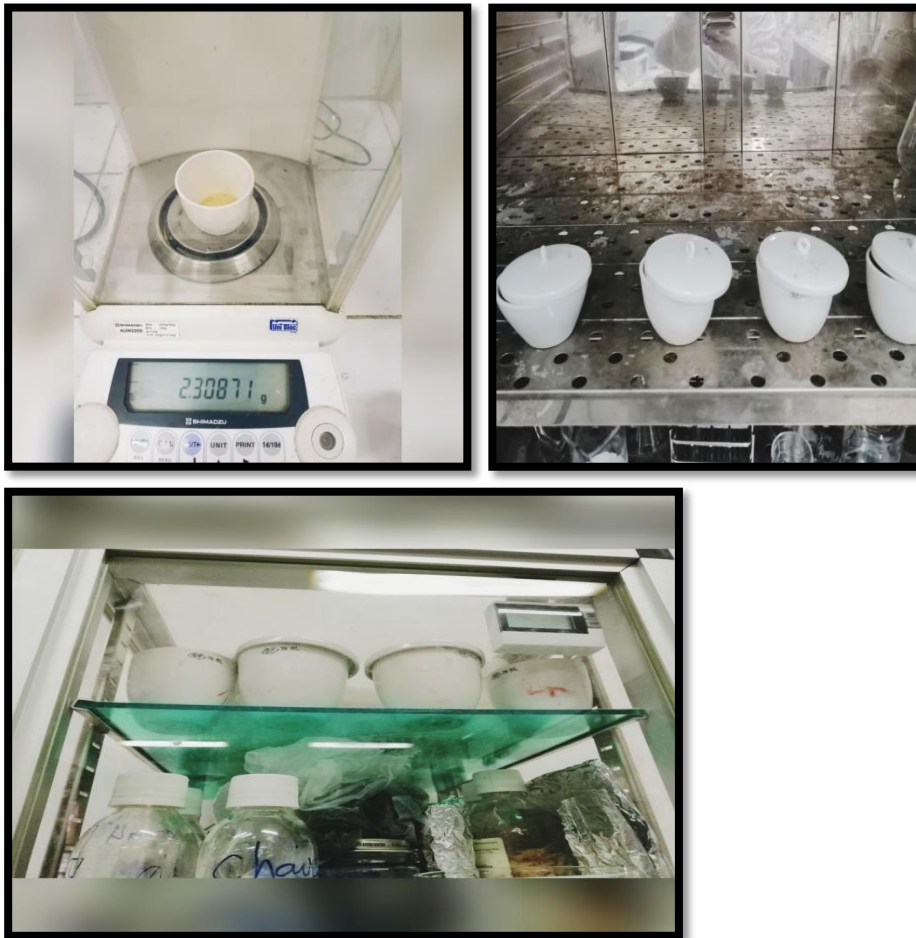


Figure 1 : Les étapes de la détermination du taux d'humidité.

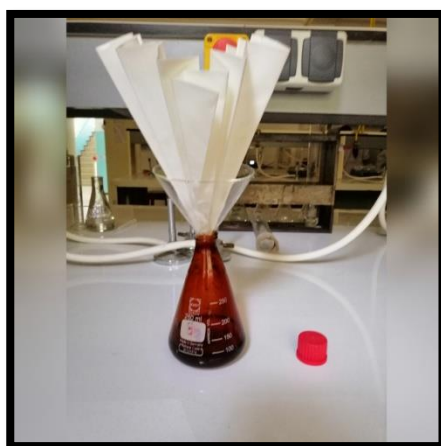


Figure 2 : Filtration et dilution de minéralisât.



Figure 3: Récupération du solvant



Figure 4 : Pesée du ballon après l'extraction.

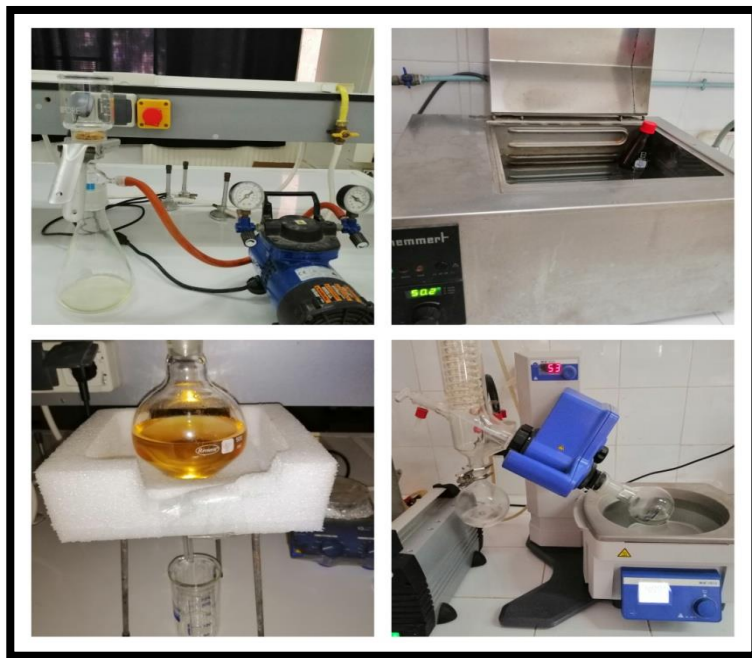


Figure 5 : Les différentes étapes de l'extraction des caroténoïdes.

Résumé

RÉSUMÉ

Ce travail a été réalisé pour produire et développer un aliment artificiel (granulé) à moindre coût destiné à l'alimentation du loup de mer *Dicentrarchus labrax*, la formulation est basée essentiellement sur la connaissance des besoins nutritionnels de l'espèce, son stade physiologique, les conditions de l'élevage, et la composition des matières premières locales d'origine animale et végétale et leur disponibilité. La technologie fabrication est en fonction du comportement alimentaire de l'espèce et la spécificité de son élevage.

Mots clés :

Aliment, granulé, formulation, fabrication, matière première, besoins nutritionnels.

Abstract

This work was carried out to produce and develop an artificial feed (granulated) at a lower cost intended to feed the sea bass *Dicentrarchus labrax*, the formulation is based essentially on the knowledge of the nutritional needs of the species, its physiological stage, the conditions of breeding, and the composition of local raw materials of animal and plant origin and their availability. The manufacturing technology depends on the feeding behavior of the species and the specificity of its breeding.

Key words:

Food, granulate, formulation, manufacture, raw material, nutritional requirements.

ملخص

تم تنفيذ هذا العمل لإنتاج وتطوير علف اصطناعي (محبب) بتكلفة منخفضة مخصصة لتغذية سمك القاروص ، وتستند التركيبة أساساً التربية ، وتركيب المواد الخام المحلية من أصل حيواني . إلى معرفة الاحتياجات الغذائية للأنواع ، ومرحلتها الفسيولوجية ، والظروف . تعتمد تقنية التصنيع على السلوك الغذائي للأنواع وخصوصية تكاثرها . ونباتي ومدى توافرها

الكلمات المفتاحية

الأعلاف ، الحبيبات ، التركيبات ، التصنيع ، المواد الخام ، المتطلبات الغذائية