

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل  
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 diplôme  
D'Ingénieur et de Master en Science de la Mer  
Option : Biotechnologie Marine

Thème :

Contribution à la valorisation des coproduits des  
espèces d'holothurie « concombre de mer »  
pêchées dans la côte algérienne.

Présenté par : KADRI Yasmine et MEKHELDI Bochra

Soutenue le : 24 / 09 / 2024, devant le jury composé de :

M <sup>me</sup> . MOKRANE.Z.	MCA	(ENSSMAL)	Promotrice
M <sup>me</sup> . KORD. A.	MRB	(CNRDPA)	Co-Promotrice
M <sup>me</sup> . BAHBAH.L.	MCB	(ENSSMAL)	Présidente
M <sup>me</sup> . KHELIFA.N.	MCA	(ENSSMAL)	Examinatrice

Année universitaire : 2023- 2024

## Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah, le Tout-Puissant, pour nous avoir donné la force et la volonté de mener à bien ce travail. Sa guidance nous a éclairés tout au long de ce parcours.

### Membres du Jury

Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude à Monsieur le Professeur ---, président du jury, et à Madame le Docteur ----, pour avoir accepté d'évaluer ce mémoire. Leur expertise et leurs remarques précieuses enrichiront la suite de notre parcours.

### Notre Promotrice

Nous exprimons notre profonde gratitude à Madame **MOKRANE Zakia** pour son soutien indéfectible, son enthousiasme, et sa présence constante tout au long de ce travail. Sa bienveillance et son encadrement exceptionnel ont été essentiels à la réalisation de ce mémoire.

### Notre Co-Promotrice

Nous remercions sincèrement Madame **KORD Afaf** pour son soutien inestimable, sa vaste connaissance scientifique, et sa disponibilité. Ses conseils précieux et sa patience ont grandement contribué à la réussite de la partie pratique de ce mémoire.

### L'Équipe des Ingénieurs de Laboratoire de l'Enssmal

Nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude à l'ensemble de l'équipe des ingénieurs de laboratoire. Un grand merci à Mme **Houda**, ingénieure en biochimie, pour ses conseils avisés tout au long du parcours pratique. Sa vaste connaissance scientifique et sa disponibilité constante ont été essentielles. Nous remercions également **M. Nordine**, **M. Mohamed**, **M. Malik**, et **M. Youcef** pour leur expertise et leur disponibilité, toujours prêts à nous fournir le matériel nécessaire avec un sourire encourageant. Grâce à eux, nous avons ressenti un véritable esprit de famille, faisant de cette expérience une seconde maison.

Nous remercions également les pêcheurs de Tipaza pour les échantillons de concombre de mer ainsi que le **CNRDPA** pour leur accueil, **M. BOUDJELAL**, et toute l'équipe du **CRAPC**.

Nous sommes très reconnaissants envers toute l'équipe de l'ENSSMAL, notamment M. Hassan et Mme **MOZALI** pour leurs encouragements bienveillants, ainsi que Mme **AMROUCHE**. Nous tenons également à remercier le personnel de la bibliothèque.

Enfin, nous exprimons notre gratitude à toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, à l'aboutissement de ce travail à nos familles, en particulier à nos parents, les familles **MEKHELDI** et **KADRI** et nos amis, pour leur amour indéfectible et leur soutien constant qui ont largement contribué à la réussite de ce travail.

## Dédicace

*Je dédie ce travail à toutes les personnes qui ont fait de ce rêve une réalité.*

*À mes **chers parents**, qui ont été mon ancre et ma lumière tout au long de ce voyage. Votre amour inconditionnel et votre soutien indéfectible ont été la source de ma force. Chaque pas que j'ai fait, je l'ai fait en sachant que vous étiez là, me portant par vos prières et vos encouragements.*

*À mon frère **Mohamed**, dont la sagesse et la bienveillance ont illuminé mes moments les plus sombres. Tu as toujours été là pour me guider avec patience et générosité, et pour cela, je te serai éternellement reconnaissante.*

*À ma sœur **Kheira**, pour ton amour protecteur et ta présence rassurante. Ta foi en moi m'a donné des ailes quand j'avais besoin de m'envoler, et ton soutien a été une boussole précieuse dans les moments de doute.*

*À mes sœurs et frères, qui ont été mes compagnons de cœur et d'âme, me procurant réconfort et joie, et m'aidant à trouver le courage de continuer.*

*À mes amies **Hinda, Ines, Rosa, Malak, et Hadil**, ma joie de vivre. Vous avez été les rayons de soleil qui ont éclairé ce parcours, partageant rires et larmes, triomphes et défis. Merci d'avoir rendu ces années inoubliables par votre amitié sincère et votre présence constante.*

*À mes nièces et neveux, qui sont les petites étoiles de ma vie. Vous avez été ma motivation, et votre innocence et votre joie de vivre ont été un rappel constant de l'importance de suivre mes rêves.*

*À mes camarades de classe et à toutes les personnes qui m'ont soutenue au cours de ces cinq années d'études. Chacun de vous a laissé une empreinte indélébile sur ce voyage, et je vous en suis profondément reconnaissante.*

*Merci à vous tous, de tout cœur, pour avoir fait de ce rêve une réalité.*

**BOCHARA**

## Dédicace

À mon *cher père* et ma *chère mère*, Les mots ne suffisent pas pour exprimer l'amour et la reconnaissance que je vous porte. Vous avez été mon soutien infailible à chaque étape de mon parcours. Grâce à vos sacrifices, votre encouragement constant et votre amour inconditionnel, j'ai pu surmonter chaque obstacle. Que Dieu vous accorde santé et longue vie. Ce travail est le fruit de votre confiance et de vos prières.

À mes sœurs, *Houda et Chourouk*. Vous êtes mes piliers et mes confidentes. Votre amour, votre soutien et vos conseils ont été d'une aide précieuse. Je vous dédie ce travail avec toute mon affection.

À mon amie et sœur de cœur, *Roumaïssa*. Tu as été une source d'inspiration et de soutien constant. Nos moments partagés, tes encouragements et ton amitié ont rendu ce chemin bien plus agréable. Merci d'être toujours là pour moi.

À mes frères, *Adel et Walid*. Votre présence et votre soutien ont toujours été une force pour moi. Que ce travail soit un témoignage de mon affection pour vous.

À mes chères amies, *Sara et Ines*. Votre amitié a été un véritable soutien tout au long de ce parcours. Merci pour votre écoute, vos encouragements et vos précieux conseils.

*WASMI*

**Résumé :**

Les coproduits marins sont des ressources potentielles pour diverses applications industrielles, particulièrement dans le domaine de la nutrition et des biotechnologies. Ce mémoire explore la valorisation des coproduits des concombres de mer sur le littoral d'Alger, en mettant l'accent sur l'extraction et la caractérisation de plusieurs produits de valeur : farine, gélatine, et hydrolysate protéique.

La farine obtenue à partir des concombres de mer présente une teneur élevée en protéines, atteignant 70,45 %, avec un rendement de 8,93 %. Ce résultat se situe parmi les meilleures valeurs pour la farine de poisson en termes de qualité nutritionnelle. La gélatine extraite montre un rendement de 0,54 % et une teneur en protéines de 69,27 %, tandis que l'hydrolysate protéique affiche un rendement de 7,51 %, avec une teneur en protéines de 15,16 %. Ces résultats confirment l'efficacité des méthodes d'extraction utilisées pour concentrer les protéines et obtenir des produits de haute qualité.

L'étude révèle que les méthodes d'extraction appliquées permettent non seulement de valoriser les coproduits marins de manière efficace mais aussi d'améliorer la qualité des produits finaux. Les résultats obtenus indiquent que les coproduits de concombre de mer peuvent jouer un rôle important dans le développement de produits alimentaires et nutraceutiques, contribuant ainsi à une meilleure utilisation des ressources maritimes locales.

**Mots clés :** Concombre de mer, Farine, Gélatine, Hydrolysate protéique, Valorisation, Coproduits, Côte algérienne.

**Abstract:**

Marine by-products represent valuable resources for various industrial applications, particularly in the fields of nutrition and biotechnology. This thesis explores the valorization of sea cucumber by-products on the Algerian coast, focusing on the extraction and characterization of several valuable products: meal, gelatin, and protein hydrolysate.

The sea cucumber meal obtained has a high protein content of 70.45% with a yield of 8.93%. This result falls within the upper range of values recommended for fish meal, highlighting excellent nutritional quality. The extracted gelatin shows a yield of 0.54% and a protein content of 69.27%, while the protein hydrolysate has a yield of 7.51% with a protein content of 15.16%. These results demonstrate the effectiveness of the extraction methods used in concentrating proteins and producing high-quality products.

The flour obtained from sea cucumbers exhibits a high protein content, reaching 70.45%, with a yield of 8.93%. This result ranks among the best values for fishmeal in terms of nutritional quality. The extracted gelatin shows a yield of 0.54% and a protein content of 69.27%, while the protein hydrolysate yields 7.51% with a protein content of 15.16%. These results confirm the effectiveness of the extraction methods used to concentrate proteins and obtain high-quality products.

The study reveals that the applied extraction methods not only effectively valorize marine by-products but also optimize the quality of the final products. The findings indicate that sea cucumber by-products can play a significant role in the development of food and nutraceutical products, thus contributing to better utilization of local marine resources.

**Keywords:** Sea cucumber, Meal, Gelatin, Protein hydrolysate, By-product, valorization, Algerian coast.

## المخلص:

تُمثل المنتجات الثانوية البحرية موارد ذات قيمة للتطبيقات الصناعية المختلفة، وخاصة في مجالات التغذية والتكنولوجيا الحيوية. يستكشف هذا البحث تقييم القيمة المضافة للمنتجات الثانوية من خيار البحر على الساحل الجزائري، مع التركيز على استخراج وتوصيف عدة منتجات ذات قيمة: الدقيق، الجيلاتين، والهيدروليبيلات البروتين.

الدقيق المستخرج من خيار البحر يحتوي على نسبة عالية من البروتين تصل إلى 70.45% مع عائد قدره 8.93%. هذه النتيجة تقع ضمن النطاق العلوي للقيم الموصى بها لدقيق السمك، مما يبرز جودته الغذائية الممتازة. الجيلاتين المستخرج يظهر عائدًا قدره 0.54% ونسبة بروتين تصل إلى 69.27%، في حين أن الهيدروليبيلات البروتيني يحتوي على عائد قدره 7.51% ونسبة بروتين تصل إلى 15.16%. تُظهر هذه النتائج فعالية طرق الاستخراج المستخدمة في تركيز البروتينات وإنتاج منتجات عالية الجودة.

يكشف البحث أن طرق الاستخراج المطبقة لا تقوم فقط بتقييم القيمة المضافة للمنتجات الثانوية البحرية بشكل فعال ولكنها أيضًا تحسن جودة المنتجات النهائية. تشير النتائج إلى أن المنتجات الثانوية من خيار البحر يمكن أن تلعب دورًا مهمًا في تطوير المنتجات الغذائية والتغذية، مما يساهم في استخدام أفضل للموارد البحرية المحلية.

**الكلمات المفتاحية:** خيار البحر، دقيق، جيلاتين، محلول بروتيني متحلل، المنتجات الثانوية، التثمين، الساحل الجزائري.

# Table de matières

Liste des figures : .....	I
Liste des tableaux .....	II
Liste des abréviations .....	III
Introduction .....	1
Chapitre I : Généralités sur les holothuries .....	4
I.1 Échinodermes.....	4
I.2 Généralités sur les concombres de mer.....	4
I.2.1 Classification des concombres de mer .....	4
I.2.2 Répartition géographique .....	5
I.2.3 Morphologie générale .....	5
I.2.3.1 Morphologie externe .....	5
I.2.3.2 Morphologie interne.....	6
A. La paroi corporelle .....	6
B. Endosquelette .....	7
C. Système digestif et cavité cœlomique .....	7
D. Système respiratoire et circulatoire .....	8
I.2.4 Écologie et biologie des holothuries .....	8
I.2.4.1 Habitat .....	8
I.2.4.2 Alimentation.....	8
I.2.4.3 Mécanismes de défense.....	8
A. Les toxines.....	8
B. L'éviscération .....	9
C. Tube de cuvier .....	9
I.2.4.4 Rôle écologique et biologique.....	10
I.2.5 Le cycle de reproduction des holothuries.....	10
I.2.5.1 Reproduction sexuée .....	10
I.2.5.2 Reproduction asexuée .....	11
I.3 La transformation des holothuries .....	11
I.4 Le marché de bêche de mer .....	12
I.5 Le prix des holothuries.....	13
I.6 Règlementation algérienne de la pêche d'holothuries .....	13
I.7 Utilisation et importance économique des holothuries.....	13
I.7.1 Alimentation humaine et valeur nutritionnelle.....	13
I.7.2 Utilisations pharmaceutiques et thérapeutiques .....	13
I.7.3 Pêche et commercialisation (Bêche-de-mer).....	14
I.7.4 Aquaculture et holothuriculture .....	14

I.7.5	Autres utilisations.....	14
II	Chapitre II : Valorisation des coproduits de la mer .....	15
II.1	Définition de la valorisation des coproduits de la mer .....	15
II.2	Les produits dérivés de concombre de mer .....	15
II.2.1	La farine de concombre de mer.....	15
II.2.1.1	Définition .....	15
II.2.1.2	Composition de la farine .....	16
II.2.1.3	Propriété de la farine .....	16
II.2.1.4	Utilisation .....	16
II.2.2	L'huile de poisson .....	16
II.2.2.1	Définition .....	16
II.2.2.2	Composition .....	16
II.2.2.3	Utilisation.....	16
II.2.3	Collagène.....	17
II.2.3.1	Définition .....	17
II.2.3.2	Structure et composition de collagène .....	17
II.2.3.3	Propriété de collagène .....	17
II.2.3.4	Utilisation.....	17
II.2.4	Gélatine .....	18
II.2.4.1	Définition .....	18
II.2.4.2	Structure et composition de la gélatine .....	18
II.2.4.3	Propriétés technologiques et caractéristiques de la gélatine .....	18
II.2.4.4	Applications de la gélatine .....	19
II.2.5	Hydrolysats protéique .....	20
II.2.5.1	Définition .....	20
II.2.5.2	Composition des hydrolysats .....	20
II.2.5.3	Propriétés fonctionnelles des hydrolysats protéiques.....	20
II.2.5.4	Utilisation .....	21
III	Chapitre III : Matériels et Méthodes .....	24
III.1	Collecte des échantillons.....	24
III.2	La farine de concombre de mer.....	24
III.2.1	Fabrication de la farine de concombre de mer .....	24
III.2.2	Le rendement (R) de farine de concombre de concombre .....	26
III.2.3	Contrôle de qualité .....	26
III.2.3.1	Contrôle organoleptique.....	26
III.2.3.2	Analyses biochimiques de la farine.....	26
III.2.3.3	Analyses microbiologiques de la farine de concombre de mer.....	28
III.3	Extraction de l'huile brute de concombre de mer .....	33
III.4	Gélatine et collagène .....	33
III.4.1	Procédure d'extraction de collagène .....	33

III.4.2	Procédure d'extraction de la gélatine .....	33
III.4.2.1	Contrôle de qualité des extraits .....	34
A.	Le rendement.....	34
B.	Test de mise en évidence des protéines .....	35
C.	Mesure de la viscosité .....	35
D.	Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FT-IR) .....	35
III.5	Hydrolysats Protéiques.....	36
III.5.1	Préparation des hydrolysats protéiques .....	36
III.5.2	Analyse des hydrolysats protéiques .....	37
A.	Rendement.....	37
B.	Détermination du Degré d'Hydrolyse.....	37
C.	Dosage de protéines des extraits .....	38
IV	Résultats et discussion .....	41
IV.1	La farine de concombre de mer .....	41
IV.1.1	Le rendement de la farine de concombre de mer.....	41
IV.1.2	Analyse organoleptique.....	41
IV.1.3	Qualité biochimique .....	42
IV.1.4	La qualité microbiologique .....	43
IV.2	L'huile de concombre de mer .....	48
IV.3	Le collagène.....	48
IV.4	La gélatine .....	48
IV.4.1	Détermination du Rendement.....	48
IV.4.2	Test de Biuret .....	49
IV.4.3	Détermination de la teneur en protéine .....	49
IV.4.4	Viscosité .....	50
IV.4.5	Analyse infrarouge .....	50
IV.5	Hydrolysats protéiques .....	51
IV.5.1	Le rendement.....	51
IV.5.2	Détermination de la teneur en protéine .....	51
IV.5.3	Le degré d'hydrolyse (DH).....	52
Conclusion	.....	53
Références bibliographiques	.....	56
ANNEXES	.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

# Liste des figures :

<b>Figure 1:</b> Distribution mondiale des espèces de "concombres de mer" .....	5
<b>Figure 2:</b> Morphologie externe d'une holothurie du genre <i>Holothuria</i> (Samyn et al., 2006) ...	6
<b>Figure 3 :</b> Types fondamentaux de tentacules (Purcell et al., 2023) .....	6
<b>Figure 4 :</b> Types de base des ossicules (Purcell et al., 2023) .....	7
<b>Figure 5 :</b> schéma montre le système digestif des holothuries (conand 1940).....	7
<b>Figure 6 :</b> Phénomène d'éviscération d' <i>Holothuria poli</i> (Dave Cowles,2010).....	9
<b>Figure 7 :</b> <i>Holothuria sactori</i> projetant ses tubes de Cuvier (Harry van Goor, 2016) .....	9
<b>Figure 8 :</b> Reproduction sexuée chez <i>Holothuriatubulosa</i> (Andrade et al., 2008). .....	10
<b>Figure 9 :</b> Reproduction asexuée chez les holothuries. ....	11
<b>Figure 10 :</b> les méthodes de transformation des holothuries.....	12
<b>Figure 11 :</b> Proportions des différentes voies de valorisation des co-produits .....	15
<b>Figure 12 :</b> structure chimique de gélatine (Viro F,1992) .....	18
<b>Figure 13:</b> Échantillons de concombres de mer collectés à Ain-Tagourait, Tipaza .....	24
<b>Figure 14 :</b> Diagramme de fabrication de la farine de concombre de mer.....	25
<b>Figure 15:</b> Fabrication de la farine de concombre de mer.....	26
<b>Figure 16:</b> Refroidissement au dessiccateur après étuvage.....	27
<b>Figure 17:</b> A) Incinération à four à moufle B) Cendres obtenus.....	27
<b>Figure 18 :</b> Procédure d'extraction de gélatine à partir de concombres de mer .....	34
<b>Figure 19 :</b> Préparation de l'hydrolysate protéique.....	36
<b>Figure 20 :</b> Coloration verdâtre (stable).....	39
<b>Figure 21 :</b> Distillation du mélange réactionnel .....	39
<b>Figure 22 :</b> Titrage colorimétrique de l'ion ammonium .....	39
<b>Figure 23 :</b> Farine de concombre.....	41
<b>Figure 24:</b> les tubes positifs et négatifs des coliformes totaux.....	45
<b>Figure 25:</b> les tubes positifs et négatifs des coliformes fécaux. ....	45
<b>Figure 26 :</b> les tubes positifs des <i>Streptocoques Fécaux</i> .....	46
<b>Figure 27:</b> Les colonies de <i>Staphylococcus aureus</i> . ....	46
<b>Figure 28 :</b> les tubes négatifs de <i>clostridium Sulfito-réductrices</i> .....	47
<b>Figure 29 :</b> 1 <sup>er</sup> et 2 <sup>ème</sup> enrichissement des salmonelles. ....	47
<b>Figure 30 :</b> Visualisation de la présence de protéines dans la gélatine par le test de Biuret. ..	49
<b>Figure 31:</b> Résultat de spectroscopie infrarouge ATR sur la gélatine extraite. ....	51
<b>Figure 33 :</b> Courbe d'étalonnage du BSA pour le Degré d'Hydrolyse.....	52

# Liste des tableaux

<b>Tableau 1:</b> Qualité organoleptique de la farine de concombre.....	41
<b>Tableau 2 :</b> Composition globale d'échantillons de farine du concombre.....	42
<b>Tableau 3:</b> Résultats Microbiologiques de la Farine de Concombre de Mer par la Méthode NPP (Nombre le Plus Probable) : .....	43
<b>Tableau 4:</b> Résultats du dénombrement des germes pathogènes dans la farine de concombre de mer. ....	44
<b>Tableau 5 :</b> Profil Microbiologique Global de la Farine de Concombre de Mer.....	44

# Liste des abréviations

**BCPL** : Bouillon Lactosé au Pourpre de Bromcrésol.

**BEA** : Bille Eculine Azide.

**BHIB** : Bouillon cœur-cervelle.

**BLBVB** : Bouillon Lactosé Bilié au Vert Brillant.

**C+**: catalase positif.

**CF** : Coliformes fécaux.

**CSR** : Clostridiuimsulfito-réducteurs

**CT** : Coliformes totaux.

**E** : Escherichia coli

**éch** : Echantillon.

**EDS** : Eau Distillée Stérile.

**EPI** : Eau Peptonée

**IND** : Nombre Indéterminé.

**IRTF** : Spectroscopie infrarouge à transformé de Fourier.

**NH<sub>3</sub>** : Ammoniac.

**NPP** : Nombre le Plus Probable.

**pH** : potentiel d'Hydrogène.

**SF** : Streptocoques Fécaux.

**SFB**: Selenite F Browth.

**S-S**: la gélose Salmonella Shigella.

**TCI** : Triple Sugar Iron.

**Tr/min** : Tour par minute.

**TTC** : TriphenylTetrazolium Chloride.

**UFC** : Unité Formant Colonie.

**UFG** : Unité Formant Germe.VF : gélose Viande-Foie.

**cP** : centipose

# Introduction

La surexploitation des ressources halieutiques, combinée à l'adoption de mesures pour protéger les stocks, incite à « valoriser mieux tout en pêchant moins ». Dans cette perspective, le terme « déchets » devrait progressivement être remplacé par celui de « coproduits ». À l'échelle mondiale, la production de produits marins, incluant la pêche et l'aquaculture, est estimée à environ 150 millions de tonnes par an (FAO, 2012), dont 86% sont destinés à l'alimentation humaine. Selon les espèces, la transformation des produits marins pour l'alimentation humaine engendre des pertes allant de 20 à 60% par rapport au poids frais (Ferraro *et al.*, 2010). La majeure partie de ces pertes est actuellement valorisée sous forme d'huile et de farine, des produits à faible valeur ajoutée. D'autres applications, telles que l'alimentation humaine, la nutraceutique, la cosmétique, et la pharmaceutique, bien qu'elles ne représentent qu'une petite part de marché, offrent des perspectives de croissance significatives en raison de la demande croissante dans ces domaines. Les holothuries, également connues sous le nom de "concombres de mer", sont des invertébrés marins appartenant à la classe des Holothuroidea, au sein de l'embranchement des Echinodermata. Ces organismes marins, présents à toutes les profondeurs océaniques, possèdent une riche histoire évolutive remontant au début du Paléozoïque. Comme les étoiles de mer et les oursins, les holothuries sont exclusivement marines, et leur forme allongée caractéristique a valu leur appellation courante. Avec environ 1 250 espèces répertoriées à travers le monde, les holothuries présentent une grande diversité morphologique et écologique, jouant un rôle essentiel dans les écosystèmes marins (Afkhami *et al.*, 2012).

Ces dernières décennies, l'exploitation commerciale des holothuries et d'autres invertébrés marins a considérablement augmenté, en raison de leur importance à la fois pour l'alimentation et la santé humaine. Les produits dérivés de la mer sont devenus l'une des denrées alimentaires les plus échangées mondialement, en raison de leurs nombreux bienfaits pour la santé, tels que la réduction des risques de maladies chroniques (Shahidi, 2009 ; Bordbar *et al.*, 2011 ; Shahidi et Ambigaipalan, 2015). En parallèle, les holothuries ont gagné en popularité tant auprès des scientifiques que des consommateurs, en raison de leur profil nutritionnel exceptionnel et de la richesse de leurs composés bioactifs, qui incluent des antioxydants, des antihypertenseurs, des anti-inflammatoires, des anticancéreux, et bien d'autres encore (Hamed *et al.*, 2015 ; Janakiram *et al.*, 2015).

L'intérêt croissant pour les holothuries ne se limite pas à leur valeur nutritionnelle. En effet, ces organismes jouent un rôle crucial dans la dynamique des écosystèmes marins, notamment par leurs actions de pâturage, de prédation et de bioturbation, contribuant ainsi à l'équilibre des

zones benthiques et des océans profonds (Sun *et al.*, 2020). Toutefois, cette exploitation intensive pose des défis importants en matière de durabilité, car les populations naturelles de certaines espèces d'holothuries sont menacées par la surpêche et la dégradation de leurs habitats (Purcell, 2010 ; Marquet *et al.*, 2017).

Face à ces enjeux, la valorisation des coproduits de holothuries offre une voie prometteuse pour une exploitation plus durable de ces ressources marines. Les propriétés fonctionnelles et technologiques des holothuries ont été largement étudiées, révélant un fort potentiel pour le développement de nouveaux aliments et applications biomédicales (Karim et Bhat, 2009 ; Gomez-Guillen *et al.*, 2011 ; Pal et Suresh, 2016). Parmi les composés bioactifs les plus précieux des coproduits marins, le concombre de mer contient des proportions importantes de la gélatine, le collagène et les hydrolysats protéiques, en raison de leurs nombreuses applications possibles dans les domaines de la santé et de la cosmétique (Saito *et al.*, 2002 ; Shi *et al.*, 2016 ; Silchenko *et al.*, 2017).

Le principal objectif de ce travail est de contribuer à la valorisation des coproduits issus des holothuries, également connues sous le nom de concombres de mer, récoltées sur la côte algérienne. Bien que cette espèce ne soit pas particulièrement prisée par les consommateurs algériens, elle a été sélectionnée comme un coproduit prometteur pour la valorisation par transformation, afin de lui conférer une plus-value

Cette sélection est basée sur une enquête effectuée dans le cadre d'un projet de fin d'études (PFE) réalisé par Boudjellal et Hafidi (2022). Ce travail constitue une continuité de cette recherche antérieure, visant à exploiter le potentiel des concombres de mer de manière plus approfondie.

Pour atteindre cet objectif, nous avons utilisé des méthodes de transformation afin de maximiser la valeur ajoutée de ces ressources maritimes sous-exploitées. Dans cette optique, notre mémoire se divise en trois chapitres :

- **Chapitre I et II**, qui présentent les aspects biologiques, écologiques, et anatomiques des holothuries, ainsi que leur rôle dans les écosystèmes marins. Ensuite, nous avons traité de la valorisation de leurs coproduits, comme la gélatine, la farine, le collagène, et l'hydrolysat, en présentant leurs définitions, propriétés, et principales utilisations.
- **Chapitre III**, qui décrit le matériel utilisé et la méthodologie adoptée pour l'extraction de la gélatine, la production de farine, et l'obtention d'hydrolysats protéiques à partir des holothuries.
- **Chapitre IV**, qui expose les résultats obtenus, suivis d'une discussion approfondie.

Enfin, notre travail se conclut par une synthèse des résultats, accompagnée de perspectives pour de futures recherches.

# **Etude bibliographique**

# Chapitre I : Généralités sur les holothuries

## I.1 Échinodermes

Le terme "échinoderme" vient du grec signifiant "peau épineuse", en référence aux structures calcaires souvent épineuses qui les recouvrent.

Ce phylum marin comprend des métazoaires avec une symétrie pentalatérale, un squelette calcaire interne, et un système ambulacraire essentiel pour leur mouvement et nutrition (Lambert, 1997). Leur tissu conjonctif, comme le collagène, peut modifier ses propriétés mécaniques rapidement sous contrôle nerveux (Wilkie, 2005). Les échinodermes sont une source potentielle de composés bioactifs avec des activités antibactériennes, anticoagulantes, antifongiques, et autres (Amemiya *et al.*, 2005).

Les principales classes d'échinodermes selon (Massin et Vanden Spiegel, 2006) sont : les Asteroidea (étoiles de mer), les Ophiuroidea (ophiures), les Echinoidea (oursins), les Crinoidea (lys de mer, incluant les comatules en milieu récifal), et les Holothuroidea (concombres de mer).

## I.2 Généralités sur les concombres de mer

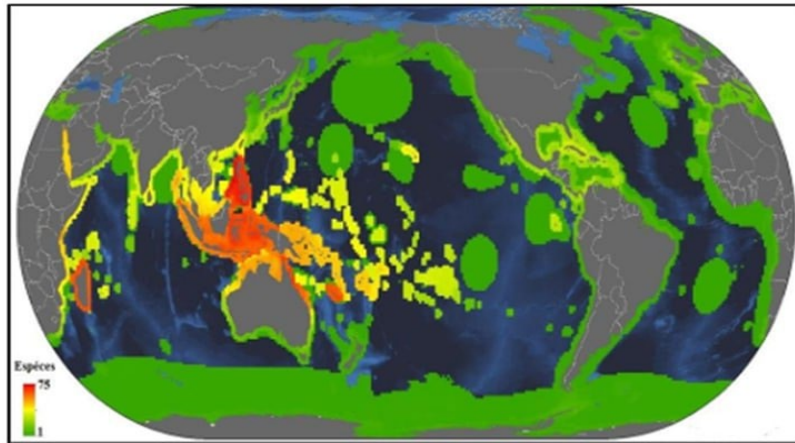
Les holothuries, ou concombres de mer, appartiennent à la classe des Holothuroidea, avec plus de 1 250 espèces réparties en six ordres. Elles sont des organismes benthiques présents dans divers environnements marins, des littoraux aux grandes profondeurs, pouvant représenter jusqu'à 90 % de la biomasse des fonds marins (Hendler *et al.*, 1995). Leur rôle dans la bioturbation des sédiments contribue à l'équilibre des écosystèmes (Uthicke, 1999a). Connues dans la médecine traditionnelle chinoise et malaisienne, elles sont utilisées pour traiter diverses affections (Weici, 1987). De plus, elles jouent un rôle clé dans la chaîne alimentaire marine, contribuant à la régulation des parasites et organismes pathogènes (Alain *et al.*, 1986).

### I.2.1 Classification des concombres de mer

Les holothuries constituent la deuxième classe la plus diversifiée des échinodermes, avec plus de 1 400 espèces réparties en 160 genres (Smiley, 1994). Elles sont divisées en trois sous-classes : Apodacea, Aspidochirotea, et Dendrochirotea, regroupant six ordres : Apodida, Molpadiida, Aspidochirotida, Elasipodia, Dendrochirotida, et Dactylochirotida. Leur classification repose sur des critères morphologiques tels que la forme des tentacules buccaux et la configuration des pieds ambulacraires. D'autres traits comme la présence de muscles rétracteurs oraux et d'arbres respiratoires sont également utilisés pour les distinguer (Hendler *et al.*, 1995).

## I.2.2 Répartition géographique

Les holothuries sont présentes dans les milieux marins du monde entier, des zones intertidales peu profondes aux profondeurs de plus de 5 000 mètres. Elles sont principalement benthiques, vivant sur le fond marin, bien que certaines espèces soient pélagiques. Les densités les plus élevées se trouvent dans l'océan Indien et l'ouest du Pacifique. En Méditerranée, 37 espèces réparties en 9 familles et 5 ordres sont recensées (Conand, 1994).



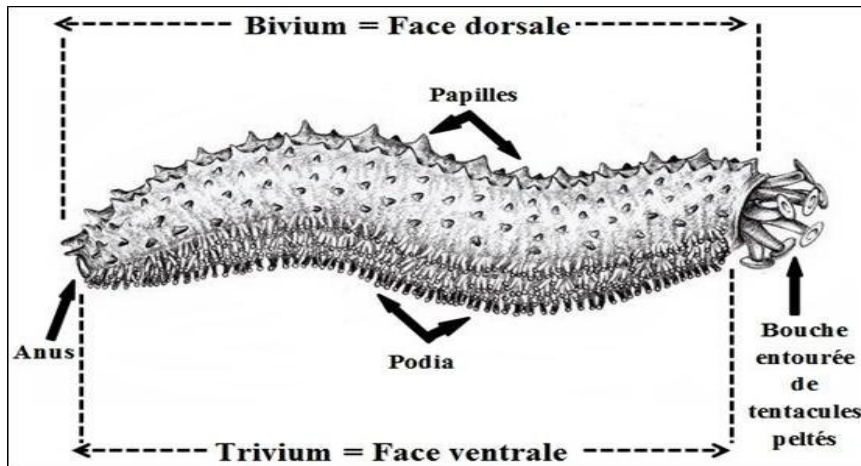
**Figure 1:** Distribution mondiale des espèces de "concombres de mer" (Jenkins et Van Houtan, 2016). Le nombre d'espèce par région varie entre 1 (couleur verte) à 75 (couleur orange) espèces, avec une grande diversité dans l'océan Indopacifique.

## I.2.3 Morphologie générale

### I.2.3.1 Morphologie externe

Les holothuries présentent un corps souple, non segmenté, et allongé selon l'axe antéro-postérieur, dont la forme varie entre cylindrique, prismatique, déprimé, ovoïde ou vermiforme selon leur contraction ou relâchement, avec un tégument épais et dur (Tortonese et Vadon, 1987). Leur taille varie grandement, allant de quelques millimètres à plus de trois mètres, certaines espèces atteignant 50 cm et un poids moyen d'environ 250 g (Flammang et Conand, 2004).

Elles présentent une symétrie bilatérale masquée par une symétrie radiaire pentamérique, visible le long de cinq rayons où se trouvent des podia locomotrices. La surface ventrale, ou trivium, est en contact direct avec le substrat marin, tandis que la surface dorsale, ou bivium, est souvent couverte de papilles (Figure 02)(Massin et Van Den Spiegel, 1990). La bouche, située à l'avant, est entourée de tentacules rétractables, et l'anus, situé à l'extrémité postérieure, peut être entouré de petites papilles ou de dents anales calcifiées (Purcell et al., 2023).

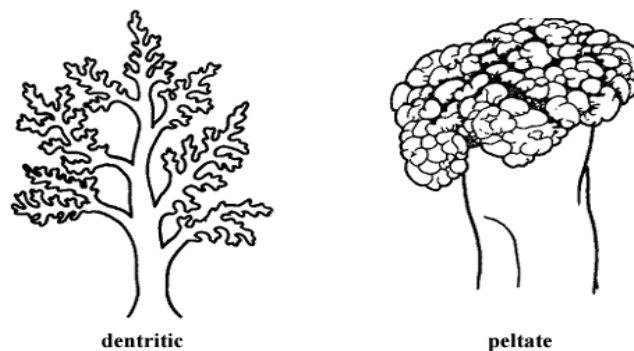


**Figure 2:** Morphologie externe d'une holothurie du genre *Holothuria* (Samyn et al., 2006)

### I.2.3.2 Morphologie interne

#### A. La paroi corporelle

Les concombres de mer possèdent entre 10 et 30 tentacules à l'extrémité antérieure, utilisés pour capturer des particules organiques. Leur forme varie selon les espèces : les *Aspidochirotida* ont des tentacules peltés, tandis que les *Dendrochirotida* présentent des tentacules ramifiés (Figure.3). La paroi corporelle comprend une cuticule externe, un épiderme et un derme épais contenant des spicules calcaires, essentiels pour l'identification des espèces. Des muscles cylindriques soutiennent la structure interne, assurant solidité et mobilité (Samyn et al., 2006 ; Purcell et al., 2023).



**Figure 3 :** Types fondamentaux de tentacules (Purcell et al., 2023)

## B. Endosquelette

Les holothuries se distinguent des autres échinodermes par l'absence de squelette dur (Figure.4), à l'exception d'une couronne calcaire péripharyngienne, (Koehler, 1921). Les spicules, se trouvent dans le tégument, les papilles, les podia, et les tentacules. Ils conservent leur forme et leur taille qu'ils soient à l'état frais ou séché ainsi qu'ils ont l'importance cruciale pour l'identification et la classification des espèces (Toral-Granda, 2005).

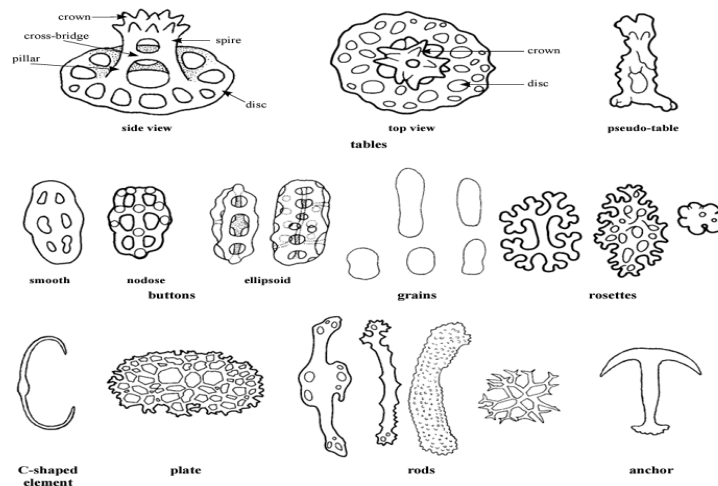


Figure 4 : Types de base des ossicules (Purcell et al., 2023)

## C. Système digestif et cavité cœlomique

Le corps des holothuries contient une cavité cœlomique remplie de liquide semblable à l'eau de mer, abritant des cœlomocytes. Cette cavité entoure la plupart des organes, y compris un tube digestif volumineux et contourné, composé d'un pharynx, d'un œsophage, d'un estomac court, et d'un long intestin divisé en trois sections. L'intestin se termine par un cloaque qui participe à l'élimination des déchets et à la respiration (Figure.5) (Purcell et al., 2023).

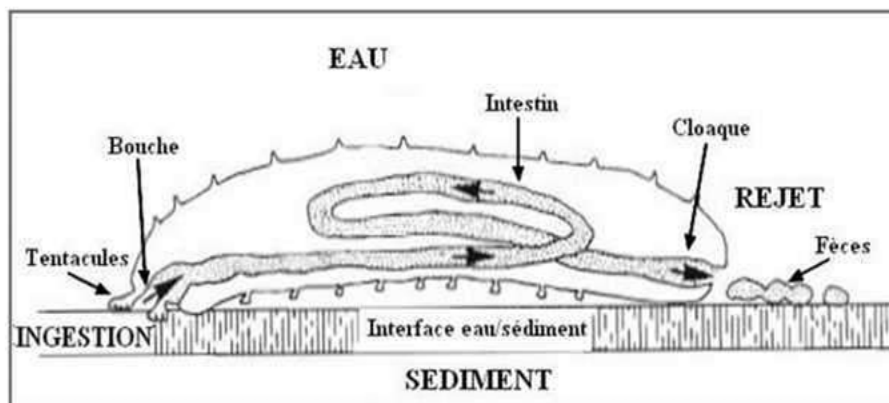


Figure 5 : schéma montre le système digestif des holothuries (conand 1940)

## **D. Système respiratoire et circulatoire**

Chez certaines holothuries, les arbres respiratoires, reliés au cloaque, permettent l'oxygénation via le système hémal, qui comprend des vaisseaux le long du tube digestif ainsi que des sinus et des lacunes (Tortonese et Vadon, 1987). Ce réseau, appelé rete mirabile, est associé à l'arbre respiratoire gauche et joue un rôle dans le transfert des nutriments et des gaz (Ferguson, 1982). Les tubules de Cuvier, structures défensives adhésives attachées aux arbres respiratoires, peuvent être expulsés par le cloaque en réponse à une irritation, notamment chez certaines espèces de *Holothuria* et *Bohadschia* (Purcell et al., 2023).

### **I.2.4 Écologie et biologie des holothuries**

#### **I.2.4.1 Habitat**

Les holothuries occupent divers habitats littoraux, tels que les rochers, fonds sableux, vaseux, et prairies sous-marines, comme celles de *Posidonia oceanica* (Woodby et al., 2000). Les petits spécimens se cachent dans les fissures rocheuses, tandis que les plus grands se déplacent sur des surfaces rocheuses et adoptent souvent un comportement nocturne (Mezali, 1998). Certaines espèces préfèrent les récifs coralliens ou s'associent aux algues et invertébrés, tandis que dans les sédiments meubles, elles peuvent s'enfouir partiellement (Belbachir, 2012). La répartition des holothuries dépend de facteurs comme la profondeur, la nature du substrat, la disponibilité alimentaire, l'intensité lumineuse, les fluctuations de température et de salinité, ainsi que la pression des prédateurs (Woodby et al., 2000).

#### **I.2.4.2 Alimentation**

Les holothuries se nourrissent principalement de deux façons : elles sont soit suspensivores, soit dépositivores. Les suspensivores utilisent leurs tentacules pour capturer des particules en suspension, telles que le phytoplancton, le zooplancton et la matière organique (Massin, 1982). En revanche, la majorité des holothuries sont dépositivores, ingérant des sédiments riches en débris organiques et inorganiques. Elles sélectionnent les particules alimentaires en fonction de leur taille et de leur composition chimique, assurant une assimilation efficace de la matière organique (Massin, 1982 ; Conand, 1990).

#### **I.2.4.3 Mécanismes de défense**

##### **A. Les toxines**

Les holothuries possèdent une caractéristique unique : elles libèrent en permanence des toxines appelées saponines. Ces substances sont à la fois cytotoxiques et hémolytiques, ce qui les rend dangereuses, voire mortelles, pour la plupart des espèces de poissons. En conséquence, les holothuries adultes sont généralement à l'abri des prédateurs (Mezali et al., 2016).

## B. L'éviscération

Les holothuries peuvent éviscérer une partie de leurs organes internes en réponse à une menace. Ce mécanisme de défense (Figure.6), observé principalement chez les ordres Dendrochirotida (partie antérieure) et Aspidochirotida (partie postérieure ou cloacale), leur permet de poursuivre leurs fonctions respiratoires en faisant circuler l'eau de mer dans leur cavité corporelle. La régénération des organes, qui prend de 7 à 145 jours selon les espèces et les conditions, entraîne un ralentissement temporaire des fonctions de l'organisme (Okada et Kondo, 2019)



**Figure 6 :** Phénomène d'éviscération d'*Holothuria poli* (Dave Cowles,2010)

## C. Tube de cuvier

Les tubes de Cuvier sont un autre mécanisme de défense chez les holothuries, projetés vers l'extérieur par l'anus (Figure.7). Sous l'effet de la pression de l'eau injectée, ces tubes s'allongent de manière significative, formant un réseau extrêmement résistant et collant autour de l'agresseur (Samyn Y. et al, 2006, Massinet Vanden Spiegel, 2006).



**Figure 7 :** *Holothuria sactori* projetant ses tubes de Cuvier (Harry van Goor, 2016)

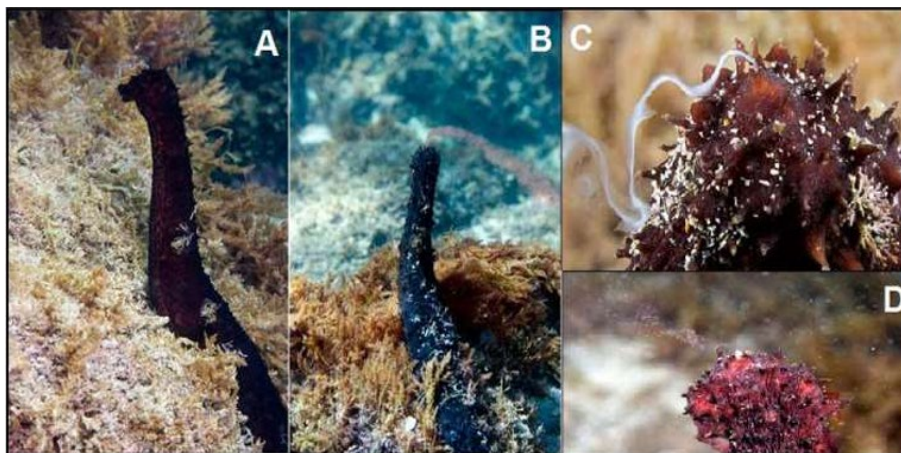
#### I.2.4.4 Rôle écologique et biologique

Les holothuries jouent un rôle clé dans les écosystèmes marins grâce à plusieurs fonctions écologiques. Elles contribuent à la bioturbation en remuant les sédiments, ce qui améliore la réoxygénation, la perméabilité des sédiments et stimule la production primaire et la biodiversité endo faunique (Solan et *al.*, 2004). Leur activité de broyage de matière organique aide à nettoyer les sédiments et à faciliter leur décomposition par les bactéries. Les espèces détritivores favorisent le recyclage des nutriments en sécrétant de l'ammonium, ce qui enrichit les herbiers marins et améliore la productivité des écosystèmes (Uthicke et Klumpp, 1997 ; Uthicke, 2001). De plus, les holothuries influencent la chimie locale de l'eau en augmentant son alcalinité à travers leurs processus digestifs. Cette augmentation favorise la calcification des coraux et des algues calcaires, et les rejets d'ammoniac fournissent des nutriments essentiels aux zooxanthelles symbiotiques, stimulant ainsi la croissance des coraux. Toutefois, cet impact chimique est généralement limité à des échelles locales et dépend des espèces et des conditions environnementales (Purcell et *al.*, 2016).

#### I.2.5 Le cycle de reproduction des holothuries

##### I.2.5.1 Reproduction sexuée

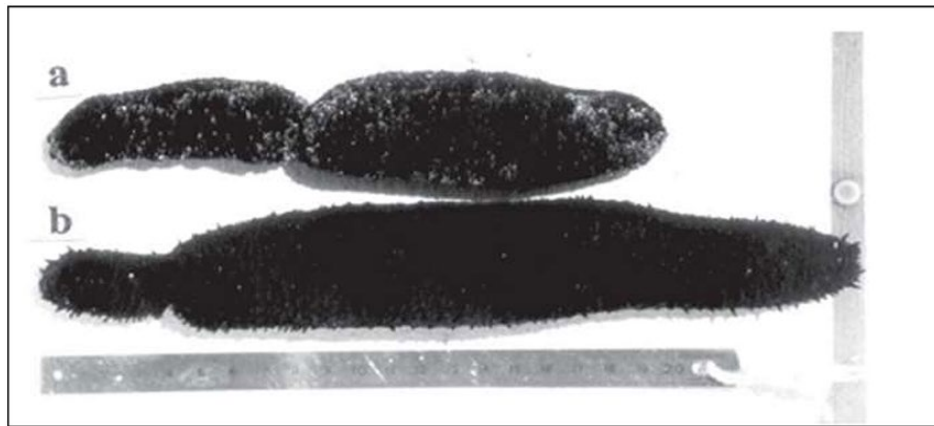
La reproduction sexuée des holothuries se fait par libération des gamètes dans l'eau (Figure.8), où la fécondation externe a lieu. Les œufs se développent en larves planctoniques avant de se fixer au fond marin et de devenir adultes. La réussite de ce processus dépend de la densité des individus, des courants marins, ainsi que de la température, la photopériode, et la disponibilité alimentaire (Toral-Granda, 2006a).



**Figure 8 :** Reproduction sexuée chez *Holothuriatubulosa* (Andrade et *al.*, 2008). (A) : Spécimen mâle de *H. tubulosa* en train d'émettre des gamètes ; (B) : Femelle de *H. tubulosa* en train d'émettre des œufs ; (C) : émission de sperme par un spécimen mâle de *H. tubulosa* ; (D) : émission d'œufs par une femelle de *H. tubulosa*.

### I.2.5.2 Reproduction asexuée

La reproduction asexuée chez les holothuries se fait principalement par fission, où l'animal se divise en deux parties (Figure.9), chacune régénérant pour former un nouvel individu complet. Ce processus, observé chez les ordres Holothuriida et Dendrochirotida, se déroule en trois étapes : fixation au substrat, déplacement des extrémités en directions opposées, et scission du corps (Giese et *al.*, 1991).



**Figure 9** : Reproduction asexuée chez les holothuries. (a) : *Holothuria atra* et (b) *Holothuria leucospilota* (Conand et Muthiga, 2007).

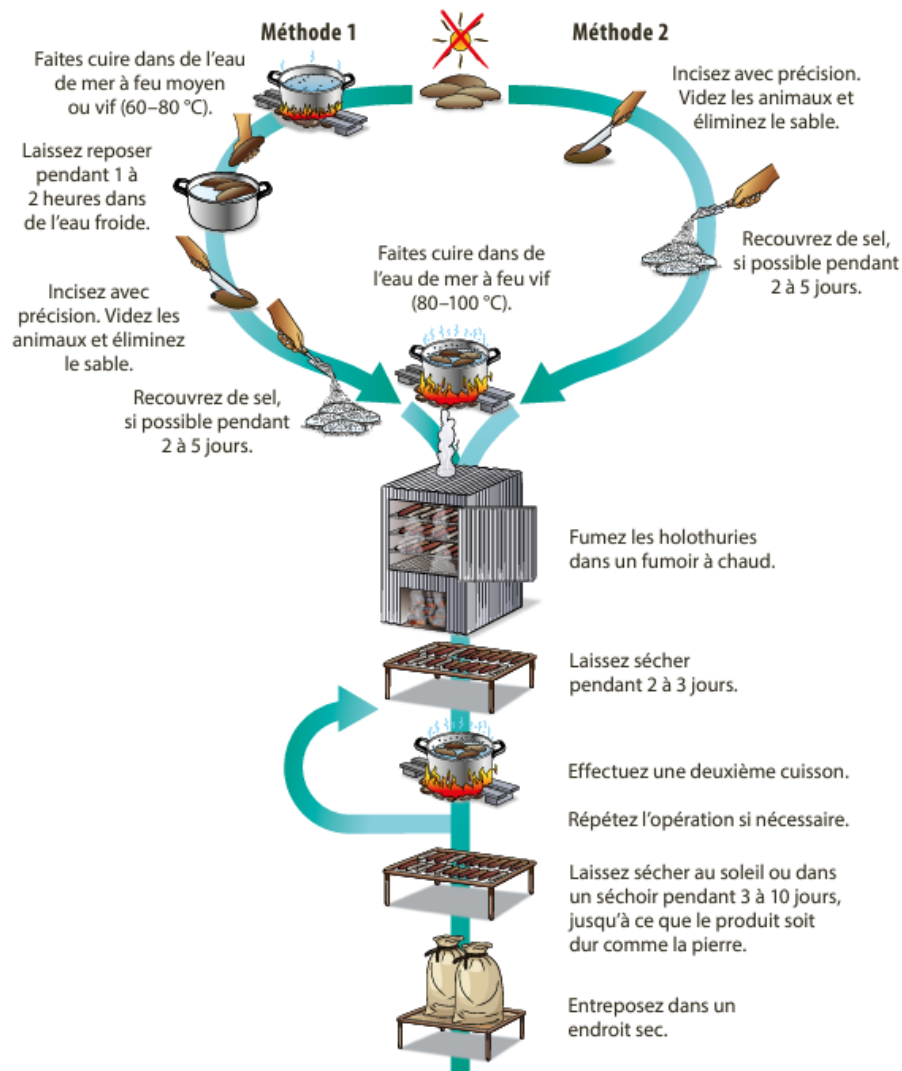
### I.3 La transformation des holothuries

Depuis 1997, les techniques de transformation des holothuries à Toliara, au Sud de Madagascar, ont été optimisées pour améliorer l'efficacité tout en réduisant les pertes de poids et de longueur, et en simplifiant les procédés afin de diminuer la main-d'œuvre requise. Les principes de base de ces méthodes restent similaires à ceux établis il y a dix ans, malgré quelques variations régionales (Rasolofonirina, 1997).

En Algérie, la pêche des concombres de mer se fait principalement par plongeurs et glaneurs le long de la côte, surtout en eau peu profonde (Mezali et Slimane Tamacha, 2020). Une enquête récente a révélé que certains pêcheurs de la région centrale transforment eux-mêmes les concombres de mer en "bêche-de-mer" . En 2022, une étude menée par Belkacem et Mezali (2022) a exploré l'intégration des concombres de mer dans la gastronomie algérienne en utilisant des méthodes traditionnelles simples (Purcell, 2017).

La transformation des holothuries en "bêche-de-mer" comprend quatre étapes principales. Tout d'abord, les holothuries sont soigneusement nettoyées. Ensuite, elles sont salées pour favoriser la conservation. La cuisson suit, avec deux méthodes possibles : soit les holothuries sont cuites à 60–80 °C, refroidies, incisées, vidées, et laissées à saler pendant 2 à 5 jours ; soit elles sont incisées, vidées, nettoyées, salées, cuites à 80–100 °C, puis fumées et séchées pendant 2 à 3

jours avant une éventuelle recuisson (Figure.10). Enfin, le séchage final est réalisé au soleil ou en séchoir pendant 3 à 10 jours, jusqu'à obtenir une consistance dure, avant que les produits ne soient stockés dans un endroit sec (Purcell, 2017).



**Figure 10 :** les méthodes de transformation des holothuries

#### I.4 Le marché de bêche de mer

Les holothuries transformées, appelées "bêche-de-mer" ou "trépang", sont principalement exportées vers la Chine et Hong Kong, où elles sont vendues à des prix élevés sur les marchés de fruits de mer de luxe. Une partie de ces produits est également envoyée vers la Chine continentale, Taïwan, la Corée et les États-Unis. Les consommateurs asiatiques recherchent des bêches-de-mer séchées avec des critères spécifiques tels qu'une forme droite, une peau intacte, une coloration foncée pour les espèces pigmentées, un arôme subtil et sans résidus de sel, ces facteurs influençant le prix (Purcell, 2017). En Chine, ces produits sont valorisés pour leurs

supposées vertus médicinales et aphrodisiaques. Au Japon et en Corée, les holothuries sont souvent consommées crues ou avec des préparations simples (Conand, 1990).

### **I.5 Le prix des holothuries**

En Algérie, le prix de vente des holothuries varie entre 200 et 700 DA par kilogramme pour les spécimens frais ou éviscérés, et entre 4800 et 12000 DA pour les holothuries séchées selon la région et la méthode de transformation. Ces variations de prix sont influencées par la demande, la disponibilité et la destination des holothuries (Slimane Tamacha, 2019), par contre l'holothurie royale, *Parastichopusregalis*, peut atteindre jusqu'à 130 € par kilogramme en poids frais (Maggi et González Wangüemert, 2015)

### **I.6 Règlementation algérienne de la pêche d'holothuries**

L'Algérie a mis en place des réglementations pour la pêche d'holothuries, notamment l'arrêté du 29 Ramadhan 1440 (3 juin 2019), qui fixe une période de fermeture de la pêche du concombre de mer dans les eaux sous juridiction nationale, du 1er août au 15 septembre chaque année. Toutefois, les concombres de mer ne sont pas spécifiquement inclus dans les règlements sur les tailles minimales des ressources marines commerciales. Pour protéger les stocks naturels, l'Algérie pourrait s'inspirer du modèle turc, qui limite la pêche aux régions nord de la Méditerranée et utilise un système de zonage par rotation, permettant une récupération tous les quatre ans (Slimane Tamacha, 2019).

### **I.7 Utilisation et importance économique des holothuries**

#### **I.7.1 Alimentation humaine et valeur nutritionnelle**

Les holothuries sont largement consommées en Asie, où elles sont prisées pour leur valeur nutritionnelle, étant riches en protéines et en vitamines, pauvres en lipides, elles contiennent également des acides aminés essentiels et des oligo-éléments, offrant une valeur nutritive élevée (Bordbar et al., 2011). Elles sont particulièrement populaires en Chine, au Japon, et en Corée, où elles sont consommées sous différentes formes, notamment comme "bêche-de-mer" séchée pour ses prétendues propriétés aphrodisiaques et médicinales (Conand, 1990).

#### **I.7.2 Utilisations pharmaceutiques et thérapeutiques**

Les holothuries sont utilisées en médecine traditionnelle asiatique pour traiter divers troubles, grâce à leurs composés bioactifs. Ces derniers ont démontré des propriétés antibactériennes, anti-inflammatoires, et antivirales, et sont étudiés pour leur potentiel dans la prévention des maladies cardiovasculaires et la cicatrisation des plaies (Blunt et al., 2018).

### **I.7.3 Pêche et commercialisation (Bêche-de-mer)**

La pêche des holothuries est une activité économique majeure dans de nombreuses régions du monde, notamment en Asie et en Océanie. Les holothuries sont transformées en "trévang" ou "bêche-de-mer" pour être vendues sur les marchés asiatiques, où elles peuvent atteindre des prix élevés selon l'espèce (Toral-Granda *et al.*, 2009).

### **I.7.4 Aquaculture et holothuriculture**

L'holothuriculture, ou l'élevage des holothuries, est une pratique ancienne qui s'est industrialisée en Chine dans les années 1980. Elle joue aujourd'hui un rôle clé dans l'aquaculture mondiale, permettant de soutenir les stocks naturels et de répondre à la demande croissante tout en contribuant à la conservation des ressources maritimes (Purcell, 2004).

### **I.7.5 Autres utilisations**

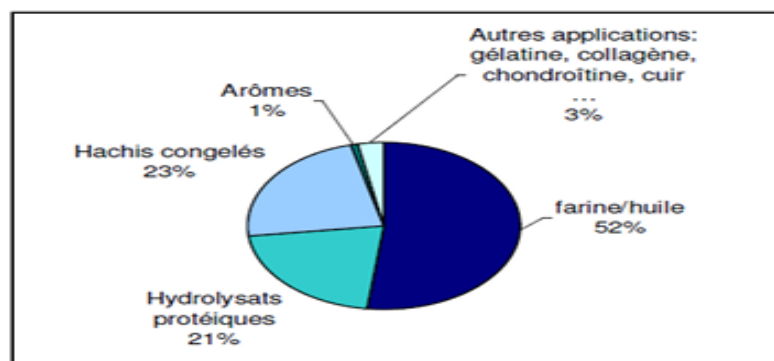
En plus de leur utilisation alimentaire et médicinale, les holothuries sont intégrées dans divers produits cosmétiques et sont utilisées en polyculture en aquaculture pour améliorer la qualité de l'environnement des bassins (James *et al.*, 2003).

## Chapitre II : Valorisation des coproduits de la mer

### II.1 Définition de la valorisation des coproduits de la mer

Les coproduits sont définis comme les parties non utilisées mais récupérables lors des opérations traditionnelles de production, telles que le filetage, l'éviscération, l'étêtage, et d'autres processus similaires (Ifremer, 2010). Ces coproduits peuvent représenter entre 30 à 60 % des produits marins entiers (Dumay, 2004). Ces coproduits comprennent des éléments tels que la peau, les arêtes, les viscères, et la tête, qui après traitement, peuvent être utilisés dans diverses applications, notamment dans l'alimentation animale et humaine, la diététique, la nutraceutique, la pharmaceutique, et la cosmétique (Dumay, 2006).

La valorisation des coproduits marins est un processus essentiel qui consiste à réutiliser ou recycler ces matériaux pour obtenir des produits réutilisables ou de l'énergie. Cette valorisation permet non seulement de réduire le gaspillage, mais aussi de maximiser les bénéfices économiques et environnementaux en exploitant les protéines, lipides, minéraux, vitamines, et autres composés bioactifs présents dans ces coproduits, qui sont bénéfiques pour la santé humaine et animale (Dumay *et al.*, 2006). Les différentes voies de valorisation des coproduits marins sont réparties en plusieurs catégories comme le montre la figure suivante :



**Figure 11** : Proportions des différentes voies de valorisation des co-produits d'origine marine (Andrieux, 2004).

### II.2 Les produits dérivés de concombre de mer

#### II.2.1 La farine de concombre de mer

##### II.2.1.1 Définition

La farine de poisson est une poudre obtenue par la cuisson, le pressage et le broyage de poissons. Elle est utilisée principalement en aquaculture pour nourrir les poissons, comme les tilapias, en raison de sa haute teneur. Elle se présente sous forme de poudre, allant du jaune au brun foncé. (NRC, 1993 ; FAO, 2002).

### **II.2.1.2 Composition de la farine**

La farine de poisson est un produit relativement sec, constitué principalement de protéines (70 %), de minéraux (10 %), de matières grasses (9 %) et d'eau (8 %). Sa qualité peut varier en fonction du profil en acides aminés, de la digestibilité et de l'appétence, selon les matières premières utilisées et les méthodes de production (FAO, 1986).

### **II.2.1.3 Propriété de la farine**

Les propriétés essentielles d'une farine de poisson de qualité alimentaire, selon (Olivari.,1933), comprennent plusieurs critères importants. Tout d'abord, elle doit être produite à partir de matières premières fraîches, c'est-à-dire de poissons entiers ou de sous-produits très frais. Après séchage, il est généralement difficile de détecter la présence de déchets avariés sans analyse microbienne. Ensuite, le contrôle de l'humidité est crucial, avec un taux ne dépassant pas 12 à 14 %. Enfin, la farine doit contenir une faible teneur en huile, ce qui est typique des poissons maigres. Ces caractéristiques assurent la qualité et la sécurité de la farine de poisson pour les usages alimentaires.

### **II.2.1.4 Utilisation**

La farine de poisson est principalement employée dans l'alimentation animale en raison de ses excellentes qualités nutritionnelles. Une part significative de cette farine est destinée à la formulation d'aliments pour l'aquaculture, incluant la nutrition des poissons et des crevettes, tandis qu'une autre portion est utilisée pour nourrir les volailles et les porcs (Guillaume et al, 1999).

## **II.2.2 L'huile de poisson**

### **II.2.2.1 Définition**

L'huile de poisson est un produit lipidique dérivé des tissus de poissons gras, principalement riche en acides gras polyinsaturés tels que les oméga-3 (EPA et DHA) et les oméga-6. Ce type d'huile est prisé pour ses propriétés nutritionnelles bénéfiques, notamment pour la santé cardiovasculaire et cérébrale. (Denes, 2006).

### **II.2.2.2 Composition**

L'huile de poisson est riche en acides gras polyinsaturés, principalement les oméga-3 (EPA et DHA) et les oméga-6. Elle contient également des vitamines A et D. La qualité varie selon les espèces de poissons et les méthodes de traitement (Linder et al., 2006).

### **II.2.2.3 Utilisation**

L'huile de poisson a diverses applications, notamment dans l'alimentation humaine en tant que complément nutritionnel, et dans l'industrie pharmaceutique pour la fabrication de produits de santé. Elle est également essentielle dans l'alimentation animale, surtout pour l'aquaculture

(Sila, 2015). Purifiée, elle est utilisée dans l'industrie pour le tannage et la savonnerie. Toutefois, la production a fluctué en raison de la concurrence avec les huiles végétales et de la forte demande, entraînant une hausse des prix (FAO, 2002).

## **II.2.3 Collagène**

### **II.2.3.1 Définition**

Le collagène est une glycoprotéine fibreuse insoluble qui joue un rôle essentiel parmi les macromolécules structurales de la matrice extracellulaire et des tissus conjonctifs (Ifremer, 2011). On le trouve principalement dans la peau, les os, et les tendons, où il confère résistance et élasticité aux tissus. Malheureusement, la production de collagène diminue avec l'âge, ce qui contribue au vieillissement de la peau, à l'apparition des rides, et au relâchement des tissus. Sur le marché, le collagène marin est rarement disponible sous forme de poudre. Il se présente plutôt sous forme de crèmes, compléments alimentaires, gélules, comprimés, sticks à diluer, ou encore sous forme liquide (Dubeau, 2020).

### **II.2.3.2 Structure et composition de collagène**

Le collagène, une protéine structurale essentielle, est composé de tropocollagène, une triple hélice formée de trois chaînes polypeptidiques  $\alpha$ . Bien que la composition chimique du collagène varie selon l'origine, les similitudes structurales à travers les espèces lui confèrent son rôle crucial de tissu conjonctif, assurant la stabilité de sa structure tridimensionnelle et sa résistance mécanique. (Farris et *al.*, 2009)

### **II.2.3.3 Propriété de collagène**

Le collagène de type I est un polyélectrolyte amphotère, composé d'environ 15 % d'acides aminés ionisables, répartis de manière égale entre résidus basiques et acides. Sa charge nette varie en fonction du pH, de la force ionique et de la concentration, influençant ainsi sa conformation. À un pH acide, les chaînes  $\alpha$  adoptent une structure en hélice gauche, stabilisée par l'association en triple hélice. Cette conformation évolue avec l'augmentation du pH, modifiant notamment la structure des résidus proline et hydroxyproline. La formation des fibrilles de collagène, ou fibrillogenèse, se produit généralement entre un pH de 6 et 10, coïncidant avec une faible charge nette du collagène (Jones, 1987).

### **II.2.3.4 Utilisation**

- Cosmétique : Prévention de la déshydratation cutanée, effet lissant, et lutte contre les signes de vieillissement.
- Biomédical : Fabrication de peaux artificielles et matériaux de reconstruction osseuse.
- Alimentaire et nutraceutique : Création de capsules pour la protection des actifs et l'amélioration de leur biodisponibilité (Ifremer, 2011).

## II.2.4 Gélatine

### II.2.4.1 Définition

La gélatine est une protéine obtenue par hydrolyse partielle du collagène, qui est une protéine structurale des tissus conjonctifs des animaux. Elle est recherchée pour ses propriétés épaississantes, gélifiantes et stabilisantes dans l'industrie alimentaire (Mariod et Adam, 2013). Sa production peut se faire par hydrolyse acide (type A) ou alcaline (type B), ou par un mélange des deux (Brodsky et Persikov, 2005). L'utilisation de la gélatine marine comme alternative à la gélatine bovine présente des avantages, notamment en ce qui concerne la diversité des sources et le respect des contraintes religieuses (Kim et Mendis, 2006).

### II.2.4.2 Structure et composition de la gélatine

La gélatine a une structure primaire proche de celle du collagène, Composée principalement d'acides aminés tels que la glycine (26,4 à 30,5 %), la proline (14,8 à 18 %), et l'hydroxyproline (13,3 à 14,5 %) (Figure.12). Sa nature amphiphile, due à la présence d'acides aminés hydrophiles et hydrophobes, influence les propriétés mécaniques des films de gélatine (Rosenbloom, 1973).

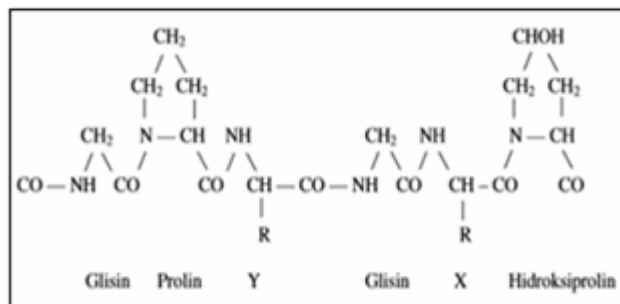


Figure 12 : structure chimique de gélatine (Viro F,1992)

### II.2.4.3 Propriétés technologiques et caractéristiques de la gélatine

Les propriétés technologiques de gélatine sont largement influencées par sa composition en acides aminés, sa structure moléculaire, et les conditions environnementales (pH, force ionique, interactions avec d'autres composés) (Hulmes et *al.*, 2008). Voici un aperçu structuré de ses principales propriétés :

#### A. Propriétés de gélification

La gélatine possède des propriétés gélifiantes qui incluent la formation de gels, la texturation et l'effet épaississant. Ces propriétés dépendent de la viscosité, de la structure, de la masse moléculaire et de la température du système (Karim et Bhat, 2009). En refroidissant une solution de gélatine, un gel réversible est formé, ce qui permet de contrôler la consistance du produit final.

### **B. Propriétés de surface**

Les chaînes latérales de la gélatine, comportant des groupes d'acides aminés hydrophiles et hydrophobes, tendent à migrer vers la surface en solution. Cela réduit la tension superficielle, ce qui est exploité dans la stabilisation des mousses et des émulsions (Ward, 1977). Ces propriétés sont essentielles pour la production et la stabilisation des émulsions et des mousses.

### **C. Pouvoir épaississant**

La gélatine agit comme un agent épaississant en augmentant la viscosité des solutions dans lesquelles elle est dispersée. Elle forme des structures stabilisées par des liaisons hydrogène et des forces de Van der Waals, qui ralentissent la mobilité des liquides (Martini et Seiller, 2000). Cette propriété est efficace à des concentrations inférieures à 0,8 %.

### **D. Pouvoir filmogène**

La gélatine peut former un film lorsqu'une solution est étalée et gélifiée sur une surface. Cette propriété est utilisée dans la fabrication de capsules et la micro-encapsulation des principes actifs (Ward, 1977).

### **E. Pouvoir émulsifiant**

La gélatine favorise la stabilité des émulsions huile/eau en s'adsorbant à l'interface des gouttelettes d'huile. Cette stabilisation est renforcée par sa capacité à gélifier à l'interface (Surh et Decker, 2006).

### **F. Pouvoir foisonnant**

La gélatine peut augmenter le volume des mélanges contenant de l'eau en capturant et en stabilisant les bulles d'air, ce qui est utile pour la création de mousses (Ward, 1977).

### **G. Pouvoir stabilisant**

La capacité de la gélatine à se gélifier aide à stabiliser et protéger les solutions colloïdales et les émulsions, souvent plus efficacement que d'autres polymères naturels (Chène, 2000)

#### **II.2.4.4 Applications de la gélatine**

La gélatine est largement utilisée dans les industries pharmaceutiques, alimentaire et photographique. En pharmaceutique, elle sert à la fabrication de gélules et capsules, qui protègent les médicaments et influencent la libération des principes actifs. En alimentaire, elle est utilisée pour lier l'eau, former des gels, et offrir une texture fondante, notamment dans les confiseries et produits allégés. Dans l'industrie photographique, elle joue un rôle essentiel dans la sensibilité et la qualité d'impression des images en servant de liant pour les sels d'argent (Gomez-Guillen et *al.*, 2009).

## **II.2.5 Hydrolysats protéique**

### **II.2.5.1 Définition**

Les hydrolysats sont des produits obtenus par la digestion partielle des protéines, grâce à un processus d'hydrolyse protéolytique. Ils se caractérisent par une bonne digestibilité et une haute qualité nutritive. Cette hydrolyse peut être réalisée de deux manières :

- **Autolyse** : Cela implique l'utilisation d'enzymes endogènes présentes dans les poissons ou leurs co-produits (Dumay, 2006).
- **Hétérolyse** : Cette méthode nécessite l'ajout d'enzymes exogènes pour décomposer les protéines (Dumay, 2006).

Les hydrolysats résultent en fractions protéiques élevées et, après séchage, présentent une apparence similaire à celle des farines. Ce processus est essentiel pour valoriser les co-produits de l'industrie de transformation du poisson, où une grande quantité de matériel protéique est souvent sous-exploité (Abdelhedi, 2016).

### **II.2.5.2 Composition des hydrolysats**

- **Fraction protéique**

Les hydrolysats issus de co-produits aquatiques sont majoritairement composés de protéines, avec une teneur variante généralement entre 60 et 90%, ce qui les rend plus concentrés en protéines que les farines de poisson. La concentration protéique dépend des organes traités ; par exemple, la peau est particulièrement riche en peptides de collagène et en gélatine (Choi et al., 2009).

- **Autres fractions**

Les hydrolysats contiennent généralement moins de 5% de lipides, mais certains peuvent en contenir jusqu'à 50%. Ils comprennent également une fraction azotée non protéique, incluant des acides aminés libres, des nucléotides, et d'autres composés comme la créatinine. La fraction minérale varie de 0,45 à 26% (Yin et al., 2010).

### **II.2.5.3 Propriétés fonctionnelles des hydrolysats protéiques**

Les propriétés fonctionnelles des hydrolysats peptidiques sont essentielles pour déterminer leur qualité et leur utilisation dans divers produits alimentaires.

#### **A. Solubilité**

La solubilité des protéines et de leurs hydrolysats est essentielle pour leurs propriétés fonctionnelles, telles que l'émulsification et la mousse (Witono et al., 2016). Elle est mesurée par l'indice de solubilité de l'azote, qui représente le pourcentage d'azote soluble après centrifugation. La solubilité est influencée par les interactions hydrophobes, les interactions

ioniques, la taille des peptides et le pH. Les protéines non hydrolysées, comme celles du poisson, montrent une solubilité réduite à différents pH (Islam et *al.*, 2021). L'hydrolyse enzymatique améliore la solubilité en produisant des peptides plus petits et plus hydrophiles, comme observé dans les hydrolysats de muscle de sardine, et permet une meilleure solubilité sur une large gamme de pH (Leni et *al.*, 2020).

#### **B. Propriétés émulsifiantes**

Les hydrolysats de protéines sont efficaces pour stabiliser les émulsions en réduisant la tension interfaciale entre les phases aqueuses et lipidiques. Ils contiennent des groupes hydrophiles et hydrophobes qui aident à disperser les phases, mais une hydrolyse excessive peut diminuer leur capacité émulsifiante en perturbant leur structure. La capacité émulsifiante varie également en fonction de la charge et de la masse moléculaire des peptides (Gao et *al.*, 2019).

#### **C. Propriétés moussantes**

Les hydrolysats peptidiques sont efficaces pour former des mousses en stabilisant les bulles de gaz dans une phase liquide ou semi-solide. Leur structure amphiphile aide à créer des films protecteurs autour des bulles, améliorant la stabilité de la mousse. Les peptides plus longs favorisent une meilleure stabilité, tandis que les peptides plus petits, issus d'une hydrolyse prolongée, peuvent la diminuer (Klompong et *al.*, 2007).

#### **D. Capacité de rétention d'eau**

La capacité de rétention d'eau améliore la texture des aliments en maintenant l'eau dans la matrice protéique. Cette propriété est mesurée par la perte d'eau après congélation et décongélation. Les groupes polaires dans les hydrolysats augmentent l'hydratation, mais les protéines non hydrolysées peuvent avoir une meilleure rétention d'eau en raison de leurs chaînes latérales hydrophiles (Tiktak et *al.*, 2021).

#### **E. Capacité de rétention d'huile**

La capacité de rétention d'huile des hydrolysats peptidiques est influencée par les interactions hydrophobes entre lipides et protéines. Les hydrolysats, en particulier à un degré d'hydrolyse (DH) spécifique, comme 5% pour les hydrolysats de seiche, absorbent plus d'huile que les protéines non digérées (Balti et *al.*, 2010).

#### **II.2.5.4 Utilisation**

Les hydrolysats de protéines aquatiques offrent divers avantages dans plusieurs domaines. En alimentation humaine, ils sont valorisés pour leur digestibilité, ce qui est bénéfique pour les personnes souffrant de troubles digestifs, bien que leur goût amer soit un inconvénient. Dans le secteur agroalimentaire, ils sont utilisés pour la nutrition animale, remplaçant partiellement la farine de poisson en aquaculture, et comme ingrédients pour milieux de culture bactérienne.

Enfin, les peptides issus des hydrolysats présentent un potentiel important dans les domaines nutraceutique et pharmaceutique en raison de leurs propriétés bioactives, telles que les effets antihypertenseurs, antioxydants et antimicrobiens, utiles dans le traitement de pathologies comme les maladies cardiovasculaires et le diabète.

# **Matériels et méthodes**

## **Chapitre III : Matériels et Méthodes**

### **III.1 Collecte des échantillons**

Dans le cadre de cette étude, portant sur le genre *Holothuria*, nous avons effectué quatre sorties de collecte le long de la côte de Tipaza, à Ain Tagourait, avec l'aide des plongeurs de la ferme marine CULTMAR. Lors de chaque sortie, environ 2 kg d'individus vivants de concombres de mer ont été récupérés et immédiatement transférés au laboratoire de l'ENSSMAL pour analyse (Figure 13). Ce processus de collecte du matériel biologique a permis de garantir la fraîcheur et la qualité des échantillons tout au long des différentes étapes expérimentales.

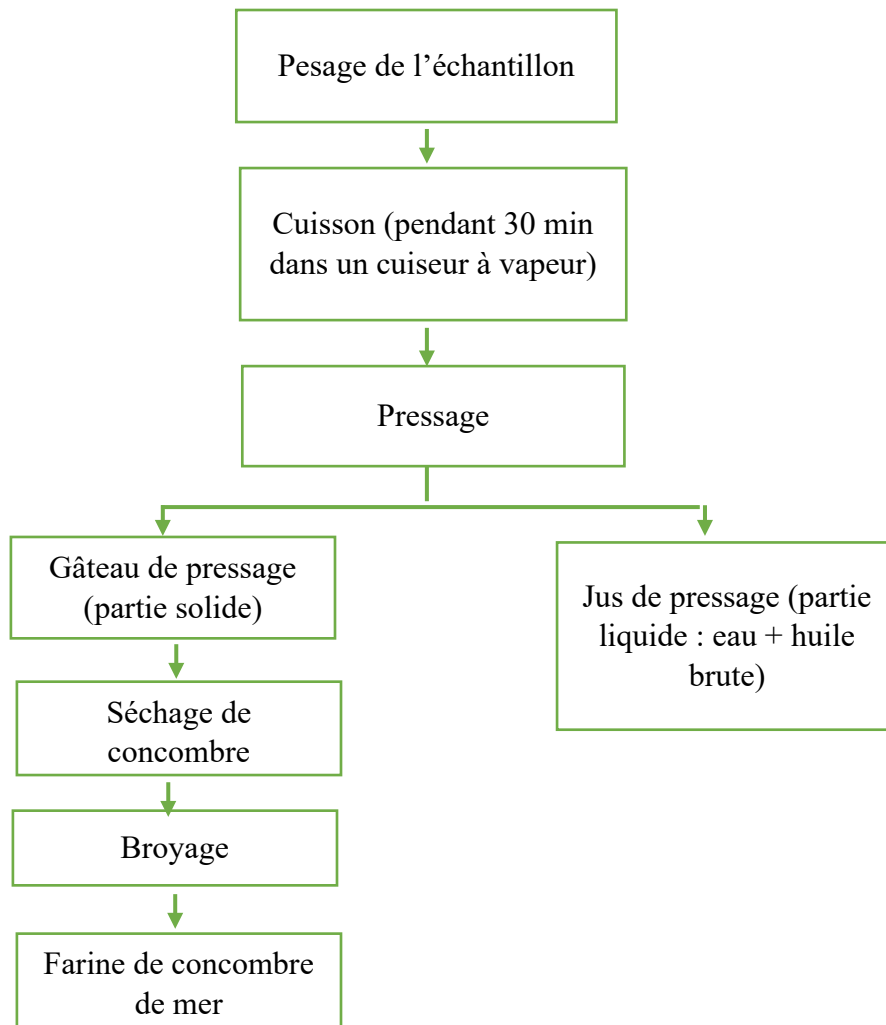


**Figure 13:** Échantillons de concombres de mer collectés à Ain-Tagourait, Tipaza

### **III.2 La farine de concombre de mer**

#### **III.2.1 Fabrication de la farine de concombre de mer**

La farine de concombre de mer est obtenue par un procédé méthodique selon (Pigott et Tucker, 2003) qui comprend plusieurs étapes essentielles pour garantir une qualité optimale du produit final mentionnées dans la figure suivante :



**Figure 14 :** Diagramme de fabrication de la farine de concombre de mer.

Après congélation et décongélation, les concombres de mer sont pesés avec précision à l'aide d'une balance. Ils sont ensuite cuits à la vapeur pendant 30 minutes, un processus qui permet de préserver les protéines tout en facilitant l'extraction des composants solides. Une fois cuits, les concombres de mer sont pressés manuellement afin d'extraire le liquide, comprenant l'eau et l'huile brute, laissant ainsi un gâteau de pressage solide. Ce dernier est ensuite séché dans un séchoir ventilé à 45°C pendant 22 heures, une étape cruciale pour éliminer l'humidité et prévenir toute contamination. Une fois le gâteau sec, il est broyé d'abord manuellement à l'aide d'un mortier, puis à l'aide d'un broyeur électrique afin d'obtenir une poudre fine et homogène. Enfin, la poudre est stockée dans des bocaux en verre hermétiquement fermés et conservés dans un dessiccateur, garantissant ainsi la qualité et la fraîcheur du produit final (Figure.17).



**Figure 15:** Fabrication de la farine de concombre de mer : A. Pesage ; B. Cuisson ; C. Broyage.

### III.2.2 Le rendement (R) de farine de concombre de concombre

Le rendement est calculé comme suit :

$$R = \frac{\text{masse finale}}{\text{masse initiale}} \times 100 \quad (1)$$

Où :

**Masse initiale :** masse de concombre de mer avant cuisson.

**Masse finale :** masse de gâteau de presse après séchage.

### III.2.3 Contrôle de qualité

#### III.2.3.1 Contrôle organoleptique

La qualité organoleptique est évaluée en examinant les critères suivants : la couleur, l'odeur et l'aspect du produit.

#### III.2.3.2 Analyses biochimiques de la farine

La valeur nutritive de la farine de concombre de mer est déterminée par l'analyse de sa composition finale, incluant la teneur en eau, en matières minérales, en lipides et en protéines

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

La teneur en eau d'un échantillon est déterminée en mesurant la perte de masse après séchage à 105°C pendant 5 heures. Le processus consiste à pré-sécher les creusets à 105°C, les peser à vide (M0), puis y ajouter 10g de l'échantillon et peser l'ensemble (M1). Après séchage, les creusets sont refroidis dans un dessiccateur et pesés de nouveau (Figure.17) (M2), permettant ainsi de calculer le pourcentage d'humidité en fonction de la masse d'eau perdue.



**Figure 16:** Refroidissement au dessiccateur après étuvage

La teneur en eau est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$T(H_2O)\% = \frac{(M1 - M2)}{(M1 - M0)} \times 100 \quad (2)$$

Où :

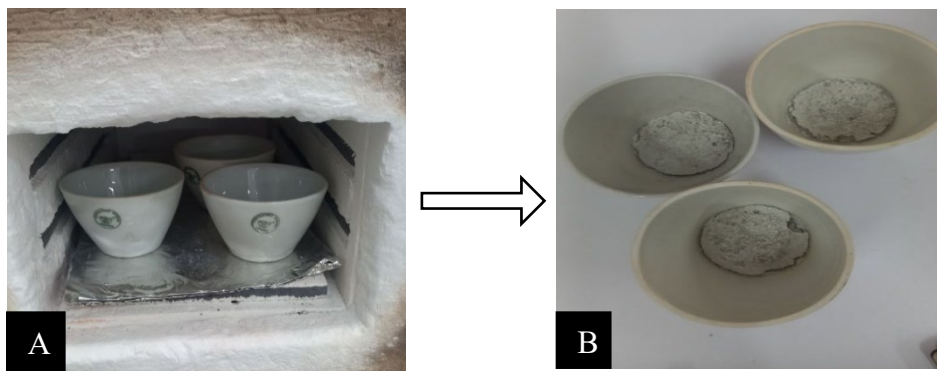
**M0** : Masse du creuset après séchage (g).

**M1** : Masse du creuset et de l'échantillon avant séchage (g).

**M2** : Masse du creuset et de l'échantillon après séchage (g).

### B. Dosage des cendres

La méthode d'incinération à 550°C (Guerreiro et Retiere, 1991/1992) permet de déterminer la teneur en matière minérale d'un échantillon. Elle consiste à d'abord sécher les creusets à 105°C pendant 30 minutes, les refroidir dans un dessiccateur, puis les peser à vide (**M0**). Ensuite, 2g d'échantillon sont ajoutés et l'ensemble est pesé (**M1**). Les creusets sont chauffés à 105°C pendant 1 heure, puis transférés dans un four à moufle à 600°C pour incinération, jusqu'à l'obtention de cendres blanches ou gris clair après 4 à 5 heures (Figure.17). Enfin, les creusets refroidis sont pesés à nouveau (**M2**).



**Figure 17:** A) Incinération à four à moufle B) Cendres obtenus

La teneur en matière minérale est déterminée en utilisant la formule suivante :

$$T(\text{MM})\% = \frac{(M2 - M0)}{(M1 - M0)} \times 100 \quad (3)$$

Où :

**M<sub>0</sub>** : Masse du creuset après séchage (g).

**M<sub>1</sub>** : Masse du creuset et de l'échantillon avant incinération (g).

**M<sub>2</sub>** : Masse du creuset et de l'échantillon après incinération (g).

### C. Dosage des lipides

L'extraction et la quantification des lipides dans la farine de concombre de mer ont été réalisées en suivant la méthode de Folch (1957), qui exploite la solubilité des lipides dans des solvants organiques. On a ajouté 20 ml de chloroforme et 10 ml de méthanol à 1 g d'échantillon, puis agité vigoureusement le mélange pendant 60 minutes à l'aide d'un agitateur magnétique. Le mélange a été filtré à travers un Büchner avec un papier Wattman, et le résidu a été lavé avec un mélange de chloroforme-méthanol. Le filtrat a été transféré dans une ampoule à décanter, et une solution de KCl à 0,8 % a été ajoutée à hauteur de 20 % du volume total du filtrat. Après 30 minutes de décantation, le ballon vide a été pesé (M<sub>1</sub>), puis la phase organique contenant les lipides a été récupérée et placée dans un évaporateur rotatif pour éliminer le solvant sous pression réduite. Enfin, le ballon avec les lipides a été pesé (M<sub>2</sub>).

#### Calcul :

La teneur en lipides est déterminée comme suit :

$$L\% = \frac{(M2 - M1)}{M0} \times 100 \quad (4)$$

Où : **M<sub>0</sub>** : Masse de l'échantillon (g).

**M<sub>1</sub>** : Masse du ballon vide (g).

**M<sub>2</sub>** : Masse du ballon contenant les lipides (g).

### III.2.3.3 Analyses microbiologiques de la farine de concombre de mer

Pour le contrôle bactériologique, toutes les manipulations ont été réalisées devant un bec benzène sur une paillasse préalablement désinfectée avec de l'eau de Javel. Il est essentiel que tout le matériel utilisé soit stérile afin de garantir que les résultats obtenus ne soient pas influencés par les micro-organismes présents dans l'environnement.

#### 1. Préparation des suspensions mères

L'analyse microbiologique des échantillons a été effectuée à partir d'une suspension mère, préparée à partir de l'échantillon de farine comme suit :

- Un gramme (1g) de l'échantillon a été mélangé à 9 ml d'eau distillée stérile, puis la solution a été homogénéisée avec un vortex pendant 10 minutes jusqu'à obtention d'une solution homogène.

## **2. Préparation des dilutions décimales**

Pour les milieux avec une forte concentration de microorganismes, des dilutions décimales sont réalisées pour faciliter le dénombrement. Le diluant utilisé est de l'eau distillée stérile, selon Bonnefoy et al. (2002). La suspension mère, préparée précédemment, est considérée comme la dilution  $10^{-1}$ . Pour obtenir les dilutions  $10^{-2}$  et  $10^{-3}$ , 9 ml de diluant sont ajoutés dans des tubes à essais. 1 ml de la suspension mère est transféré aseptiquement dans le tube de dilution  $10^{-2}$ , en évitant tout contact entre la pipette et le diluant. Ensuite, 1 ml de la dilution  $10^{-2}$  est transféré dans un tube contenant 9 ml de diluant pour préparer la dilution  $10^{-3}$ . Pour garantir un volume uniforme, 1 ml de la dernière dilution est éliminé.

### **A. Détection et dénombrement des coliformes totaux et fécaux**

Les coliformes, des bacilles Gram négatif, non sporogènes, oxydase négative, aéro-anaérobies facultatifs, fermentent le lactose produisant acide et gaz en 24 à 48 heures à 37°C. Leur détection et dénombrement se font par une méthode en milieu liquide, comprenant deux tests successifs : un test présomptif avec un milieu BCPL pour identifier les coliformes totaux et un test confirmatif avec un bouillon BLBVB pour spécifier les coliformes fécaux.

La méthode du Nombre le Plus Probable (NPP) nécessite la préparation d'une série de 9 tubes pour chaque échantillon, chacun contenant le milieu de culture et une cloche de Durham.

#### **❖ Test de présomption :**

Le test de présomption pour détecter les coliformes se déroule en plusieurs étapes : introduire 1 ml de la suspension mère à différentes dilutions ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ) dans trois tubes par série. Après avoir expulsé le gaz des cloches de Durham et bien mélangé le milieu et l'inoculum, incubé les tubes à 37°C pendant 24 à 48 heures. Un tube est considéré comme positif s'il montre un trouble microbien, un changement de couleur vers le jaune, et la présence de gaz dans la cloche de Durham, avec un volume de gaz supérieur à 1/10 du volume de la cloche.

#### **❖ Test de confirmation :**

Le test de confirmation suit un procédé similaire au test de présomption, mais les tubes sont incubés à 44°C pendant 24 heures. Un tube est considéré comme positif s'il montre un trouble microbien et la présence de gaz dans la cloche de Durham, avec un volume de gaz supérieur à 1/10 du volume de la cloche.

## **B. Recherche d'*Escherichia. coli* :**

À l'aide d'une pipette Pasteur, prélever 1 ml des tubes positifs pour le dénombrement des coliformes fécaux et les transférer dans des tubes contenant le milieu Schubert, munis d'une cloche de Durham pour recueillir les gaz produits pendant l'incubation. Expulser le gaz, mélanger le milieu et l'inoculum, puis incuber à 44°C pendant 24 heures. Un tube sera positif s'il présente un trouble microbien et la présence de gaz.

### **❖ Test de Mackenzie :**

La présence d'*E. coli* est confirmée par la formation d'un anneau rouge à la surface après l'ajout de quelques gouttes de réactif de Kovacs, ce qui indique la formation d'indole à partir du tryptophane. La lecture finale est réalisée selon les indications de la table de Mac Grady.

- Regrouper les chiffres obtenus par série de 3, en commençant par la plus faible dilution.
- Choisir le groupe avec la plus grande valeur possible, idéalement inférieure à 330 pour une meilleure répartition des dilutions.
- Lire la valeur correspondante dans la table de Mac Grady.
- Calculer le nombre de germes par gramme de farine de poisson selon la formule :

$$UFC = N / (V \cdot F) \quad (5)$$

Où :

**N** : est le nombre de colonies correspondant,

**V** : est le volume de l'inoculum (1 ml),

**F** : est le facteur de dilution ( $F = 1/d$ , où  $d$  est la première dilution présentant 3 tubes positifs).

## **C. Détection et dénombrement des streptocoques fécaux**

La détection et le dénombrement des streptocoques fécaux s'effectuent par la méthode du Nombre le Plus Probable (NPP) en deux étapes. Le test présomptif utilise le milieu Rothe pour détecter les streptocoques fécaux, tandis que le test confirmatif valide les résultats en repiquant les tubes positifs sur le milieu Eva-Litsky.

### **❖ Test présomptif :**

Pour la détection des streptocoques fécaux, préparer une série de tubes contenant le milieu Rothe, en utilisant trois tubes pour chaque dilution ( $10^{-1}$  à  $10^{-3}$ ). Aseptiquement, transférer 1 ml de chaque dilution dans les tubes correspondants, puis bien mélanger le milieu avec l'inoculum. Incuber les tubes à 37°C pendant 24 à 48 heures. Un tube est considéré comme positif s'il montre un trouble microbien.

#### ❖ **Test confirmatif :**

Pour identifier les bactéries, chaque tube de Rothe positif est transféré dans un tube contenant le milieu Eva-Litsky. Après avoir mélangé soigneusement le milieu et l'inoculum, l'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures. La lecture est effectuée en considérant qu'un tube est positif s'il présente un trouble microbien et une pastille blanchâtre ou violette au fond du tube. La lecture finale est basée sur les indications de la table de Mac Grady, en ne prenant en compte que les tubes positifs ou négatifs du milieu Eva-Litsky.

#### **D. Recherche et Dénombrement des *Staphylococcus aureus***

Pour identifier *Staphylococcus aureus*, le milieu de culture spécifique Baird Parker est utilisé. *Staphylococcus aureus*, un coccus Gram positif, facultatif anaérobie, se distingue par sa capacité à produire la coagulase et à fermenter le glucose (FAO, 1988). Le milieu Baird Parker est préparé et versé dans des boîtes de Pétri. Les dilutions de l'échantillon ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ) sont ajoutées sur la surface du milieu, étalées avec un écouvillon stérile, puis incubées à 37°C pendant 24 à 48 heures. Les colonies caractéristiques, noires et rondes avec une zone d'éclaircissement, permettent de confirmer la présence de *Staphylococcus aureus*.

#### **E. Tests de Confirmation pour *Staphylococcus aureus* :**

##### ❖ **Coloration de Gram :**

La coloration de Gram est une méthode permettant d'identifier les bactéries selon leur paroi cellulaire. Les bactéries Gram positives, ayant une paroi épaisse en peptidoglycane, retiennent le cristal violet, tandis que les bactéries Gram négatives, avec une paroi riche en lipides, ne le retiennent pas. Pour effectuer cette coloration, un frottis fin est préparé sur une lame propre, séché et fixé à la chaleur. Le frottis est ensuite inondé de cristal violet pendant 1 minute, rincé à l'eau, puis l'iode est ajouté comme mordant et laissé pendant 1 minute avant de rincer. L'agent décolorant est appliqué pendant 15 secondes, suivi d'un rinçage à l'eau. La contre-coloration est réalisée avec de la safranine pendant 30 secondes à 1 minute, après quoi la lame est rincée et séchée. Sous un microscope avec l'objectif x100, les bactéries Gram positives apparaissent en bleu/violet, tandis que les Gram négatives apparaissent en rose/rouge.

##### ❖ **Test de Catalase :**

La catalase est une enzyme qui décompose le peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène. Pour effectuer le test de catalase, prélever une colonie isolée sur le milieu Baird Parker avec une anse stérile. Ajouter 1 ou 2 gouttes de peroxyde d'hydrogène à 3 % sur une lame de verre, puis ajouter la colonie aux gouttes. La formation de bulles indique une réaction catalase positive.

#### ❖ Test de Coagulase :

La coagulase est une enzyme responsable de la coagulation du plasma, permettant de distinguer *Staphylococcus aureus* (coagulase positive) des autres staphylocoques. Le protocole consiste à émulsifier une ou deux colonies noires issues de la gélose Baird Parker dans 5 ml de bouillon nutritif BHIB, puis à incuber à 37°C pendant 24 heures. Ensuite, 0,1 ml de cette suspension est mélangé à 0,3 ml de plasma de lapin et incubé à nouveau à 37°C pendant 24 heures. Si un caillot se forme lors de l'inclinaison douce du tube, cela indique une réaction positive pour la coagulase.

#### ❖ Calcul du Nombre de Colonies :

Le nombre de colonies sur les boîtes de Pétri est calculé selon la formule suivante :

$$N(\text{UFC/ml}) = \sum [C / (V \cdot 1 \cdot 1 \cdot d)] \quad (6)$$

N : Nombre de colonies par ml.

C : Nombre de colonies sur les boîtes sélectionnées.

V : Volume de l'inoculum (0,1 ml).

d : Dilution de la première boîte retenue.

#### F. Recherche et dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs

Les *Clostridium* sulfito-réducteurs sont des bacilles Gram positifs, catalase négative, strictement anaérobies et capables de sporuler. Ils réduisent le sulfite de sodium en présence de fer, formant du sulfure qui donne une coloration noire aux colonies (Guiraud & Rosec, 2004). Le protocole pour leur détection commence par la préparation d'un milieu de culture en ajoutant du sulfite de sodium et de l'alun de fer à de la gélose VF fondue, puis en homogénéisant. Ensuite, la suspension des échantillons est traitée thermiquement en les chauffant à 80°C pendant 10 minutes pour éliminer les formes végétatives, suivie d'un refroidissement rapide. Enfin, les échantillons sont inoculés dans la gélose VF sous une atmosphère anaérobie, homogénéisés et incubés à 37°C pendant 24 heures pour observer la formation des colonies noires.

**Lecture des résultats :** Les *Clostridium* sulfito-réducteurs se manifestent sous forme de colonies noires. Il est essentiel de procéder à une première lecture après 16 heures d'incubation, car les colonies peuvent devenir envahissantes, compliquant ainsi l'interprétation. Il convient de compter les colonies noires dont le diamètre dépasse 0,5 mm, puis de calculer le Nombre le Plus Probable (NPP) en fonction des tubes positifs.

#### G. Recherche et dénombrement des Salmonelles

Les Salmonelles sont des bacilles à Gram négatif, mobiles, aéro-anaérobies facultatifs, catalase positive et oxydase négatif, comprenant environ 2000 sérotypes pathogènes pour l'homme et les animaux (Huss, 1988). Le processus de détection commence par un enrichissement en

pesant 25 g de farine, auxquels on ajoute 225 ml de bouillon au Sélénite et des disques SFB, suivi d'une incubation à 37°C pendant 24 heures. Les flacons positifs présentent un virage jaune-orange. Ensuite, 1 ml du bouillon est transféré dans un nouveau tube contenant du SFB pour une seconde incubation. L'isolement se fait en repiquant sur gélose S-S, avec incubation à 37°C. Les colonies suspectes sont incolores, avec ou sans centre noir. Les colonies sont réisolées pour purification.

Une série de tests biochimiques confirme la présence des Salmonelles, incluant la coloration de Gram, la catalase (positive), l'oxydase (négative), la mobilité sur gélose Mannitol, le test TSI, ainsi que des tests supplémentaires comme l'uréase, l'indole, et la galerie API20E pour une identification précise.

### **III.3 Extraction de l'huile brute de concombre de mer**

L'huile brute de concombre de mer est extraite à partir du liquide obtenu lors du traitement des échantillons. Ce liquide est recueilli après la cuisson des tissus de concombre de mer, puis transvasé dans des ampoules à décanter. Après décantation, la phase supérieure contenant l'huile est récupérée et soumise à une centrifugation à 1500 tr/min pendant 15 minutes, permettant ainsi d'obtenir l'huile brute.

### **III.4 Gélatine et collagène**

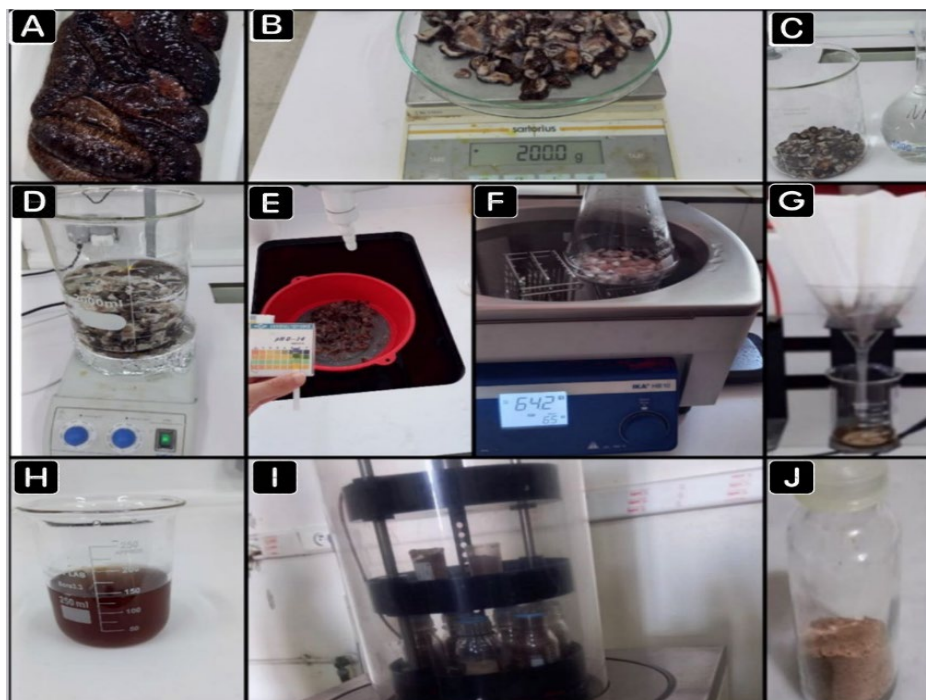
#### **III.4.1 Procédure d'extraction de collagène**

Le collagène est extrait en suivant une méthode adaptée de (Nagai et Suzuki.,2000). D'abord, les morceaux de peau sont pesés, découpés, puis agités dans de l'eau distillée pendant 5 minutes. Ils sont ensuite immergés dans une solution de NaOH (0,2 M) à un ratio de 1 :10 (poids/volume) et laissés à 4°C pendant 24 heures pour la déprotéinisation. Après ce processus, les échantillons sont filtrés et rincés à l'eau distillée jusqu'à neutralisation du pH. Pour la déminéralisation, les échantillons sont placés dans une solution d'EDTA (0,2 M) au même ratio et conservés au réfrigérateur pendant 48 heures, suivis d'un rinçage à l'eau distillée. Le collagène est ensuite pré-extrait dans une solution d'acide acétique (0,5 M) pendant 4 jours à 4°C, puis la solution est centrifugée à 14 000 tr/min pendant 30 minutes. Le surnageant est récupéré et le collagène est précipité en ajoutant successivement une solution de NaCl (2,4 M) et d'acide acétique (0,5 M). Enfin, la solution est dialysée contre de l'eau distillée pendant 48 heures, avant d'être lyophilisée et broyée pour obtenir une poudre de collagène.

#### **III.4.2 Procédure d'extraction de la gélatine**

L'extraction de la gélatine à partir des coproduits de l'holothurie suit un protocole rigoureux. Tout d'abord, les coproduit sont soigneusement lavées, découpées en petits morceaux, puis pesées. Ces fragments sont ensuite placés dans une solution de NaCl à 0,75 M dans une

proportion de 1 :5 (S/H<sub>2</sub>O) et soumis à une agitation pendant 20 minutes. Après cette étape, les morceaux sont lavés à l'eau distillée jusqu'à ce que tout le NaCl soit complètement éliminé, ce qui est vérifié par un test utilisant AgNO<sub>3</sub>. Ensuite, les fragments sont immergés dans une solution d'acide citrique à 0,1 % dans une proportion similaire de 1 :5 (S/H<sub>2</sub>O) et agités pendant 20 minutes supplémentaires. Une fois cette étape accomplie, les morceaux sont de nouveau lavés à l'eau distillée pour neutraliser le pH. Les morceaux neutralisés sont alors placés dans un bain-marie à 65 °C pendant une heure. Enfin, le mélange est filtré à l'aide d'un papier filtre ordinaire, et le filtrat obtenu est lyophilisé pour produire la gélatine (Figure.18) (Rosemary, 1999).



**Figure 18** : Procédure d'extraction de gélatine à partir de concombres de mer

**A.** Échantillon de concombre de mer avant traitement **B.** Découpe du concombre de mer et pesée **C.** Ajout de NaCl aux morceaux de concombre de mer **D.** Agitation avec de l'acide citrique, **E.** Lavage et mesure du pH, **F.** Placement dans un bain-marie, **G.** Filtration du mélange, **H.** le Filtrat, **I.** lyophilisation, **J.** Poudre de gélatine obtenue.

#### III.4.2.1 Contrôle de qualité des extraits

##### A. Le rendement

Le rendement est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$R = \frac{\text{Masse finale} \times 100}{\text{Masse initiale}} \quad (7)$$

Où :

**Masse initiale** : représente la masse des coproduits utilisés au départ.

**Masse finale** : correspond à la masse de la gélatine lyophilisée obtenue.

## **B. Test de mise en évidence des protéines**

### **• Test de Biuret**

Le test de Biuret est utilisé pour détecter les liaisons peptidiques présentes dans les protéines. Il repose sur la réaction entre les ions cuivre ( $\text{Cu}^{2+}$ ) et les groupes carbonyles situés à proximité des liaisons peptidiques dans un milieu basique. Lors de cette réaction, un complexe violet ou pourpre se forme, dont l'intensité de la couleur est proportionnelle au nombre de liaisons peptidiques présentes dans l'échantillon (Gornall *et al.*, 1949).

**Tube 1** : Contient de l'albumine bovine, du NaOH et du  $\text{CuSO}_4$ , servant de contrôle positif.

**Tube 2** : Contient de l'eau distillée, du NaOH et du  $\text{CuSO}_4$ , servant de contrôle négatif.

**Tube 3** : Contient l'échantillon de gélatine ou collagène, du NaOH et du  $\text{CuSO}_4$ .

## **C. Mesure de la viscosité**

La viscosité est une propriété physique clé de la gélatine qui influence la formation de gel et les points de fusion. Une gélatine à haute viscosité entraîne généralement un taux de fusion plus élevé et une meilleure formation de gel par rapport à une gélatine à faible viscosité (Ward et Courts, 1977). La viscosité est liée au poids moléculaire moyen et à la distribution moléculaire de la gélatine. Des poids moléculaires plus élevés et des chaînes d'acides aminés plus longues conduisent généralement à une viscosité accrue (Gudmundsson et Hafsteinsson 1997). Les facteurs influençant la viscosité comprennent les interactions hydrodynamiques entre les molécules de gélatine, la température, le pH, et la concentration (Sandeep *et al.*, 2017).

### **Mode opératoire :**

La viscosité de la solution de gélatine a été mesurée en centipoises (cP) à l'aide d'un viscosimètre rotatif (Brookfield DV-I+ et BOHLIN Instruments Ltd., Gloucestershire, UK). Pour préparer la solution, 6,67 % de gélatine ont été dissous dans de l'eau distillée à 60°C. Les mesures de viscosité ont été effectuées à des températures allant de 40 à 50°C (Poppe, 1992). La viscosité est mesurée directement en centipoises (cP) sur l'écran de l'appareil

## **D. Les analyses infrarouge (FT-IR)**

Pour évaluer la qualité de la gélatine extraite, une analyse spectroscopique FTIR a été réalisée sur des échantillons de gélatine commerciale et extraite à l'aide de la spectroscopie FT-IR (BrukerOptikGmbH, Allemagne) (BrukerOptikGmbH, n.d.). L'analyse a été effectuée avec un spectromètre Cary FTIR 630 (Agilent). La spectroscopie FTIR est une technique physico-chimique qui identifie les groupes fonctionnels présents dans les molécules en mesurant l'absorption de la lumière infrarouge. Le spectre infrarouge est représenté sous forme de graphique avec la transmission (T, l'inverse de l'absorption :  $T = \ln(1/A)$ ) tracée en fonction du

nombre d'ondes (l'inverse de la longueur d'onde). Les spectres FTIR des échantillons de gélatine commerciale et extraite ont été enregistrés dans la gamme de 4000 à 400  $\text{cm}^{-1}$  avec une résolution de 4  $\text{cm}^{-1}$ .

### III.5 Hydrolysat Protéique

#### III.5.1 Préparation des hydrolysats protéiques

L'hydrolyse des protéines par voie enzymatique est une méthode largement reconnue pour produire des hydrolysats protéiques présentant des propriétés bioactives significatives (Zamora-Sillero et *al.*, 2018). Cette méthode repose sur l'utilisation d'enzymes protéases pour décomposer les protéines en peptides plus petits, ce qui améliore leurs propriétés fonctionnelles et biologiques. L'efficacité de ce procédé dépend de l'optimisation des conditions enzymatiques, notamment le pH et la température, qui sont essentielles pour garantir une hydrolyse optimale des protéines et la formation d'hydrolysats de haute qualité.

- **Mode opératoire :**

Pour cette étude, les coproduits de concombre de mer ont été utilisés selon la méthode décrite par (Muzaifa et *al.* 2012). Les échantillons ont d'abord été broyés et mélangés avec de l'eau pendant 2 à 3 minutes. Le mélange a ensuite été ajusté à un pH de 6,8 et maintenu à une température de 54°C, conditions optimales pour l'activité de l'enzyme protéase. Cette enzyme a été ajoutée à une concentration de 1 % par rapport à la quantité totale de l'échantillon. L'hydrolyse enzymatique s'est déroulée dans un bain-marie pendant 2 heures, avec un contrôle constant du pH et de la température pour assurer une dégradation optimale des protéines. Après cette période, l'enzyme a été désactivée en augmentant la température du mélange à 90°C pendant 15 minutes. Le mélange hydrolysé a été ensuite filtré, puis centrifugé à 20,000 g pendant 30 minutes à 4°C pour séparer les particules solides des composés solubles (Figure.19). Le filtrat a été lyophilisé à -60°C et, enfin, le produit lyophilisé a été broyé pour obtenir une poudre fine d'hydrolysats protéiques.



**Figure 19 :** Préparation de l'hydrolysat protéique.

### III.5.2 Analyse des hydrolysats protéiques Rendement

Le rendement de l'extraction des hydrolysats protéiques représente la proportion de protéines extraites par rapport à la quantité initiale de matière première utilisée. Ce paramètre est crucial pour évaluer l'efficacité du processus d'hydrolyse enzymatique. Dans cette étude, le rendement a été calculé selon la formule suivante :

$$R = \frac{\text{Masse finale} \times 100}{\text{Masse initiale}} \quad (8)$$

Où :

**Masse initiale** : représente la masse des coproduits utilisés au départ.

**Masse finale** : correspond à la masse de la gélatine lyophilisée obtenue.

#### B. Détermination du Degré d'Hydrolyse

Le degré d'hydrolyse (DH) est un indicateur clé pour évaluer la protéolyse des protéines hydrolysées. Il est défini comme le pourcentage des liaisons peptidiques rompues par rapport à la quantité totale de liaisons peptidiques présentes dans la protéine originale (Zamora-Sillero *et al.*, 2018). La méthode employée repose sur la mesure de la concentration de protéines avant et après traitement avec de l'acide trichloracétique (TCA). Ce traitement provoque la coagulation des protéines non hydrolysées, permettant ainsi de déterminer le rapport entre les liaisons peptidiques clivées et celles initialement présentes dans la protéine. Le degré d'hydrolyse est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{DH (\%)} = \left( \frac{PS}{PT} \right) \times 100 \quad (9)$$

Où :

**PS** : les protéines solubles dans le TCA.

**PT** : les protéines totales.

##### • Mode opératoire

Après hydrolyse, prélevez 20 ml de l'échantillon d'hydrolysats protéique et ajoutez-y 20 ml de solution d'acide trichloracétique (TCA) à 20 % (m/v). Centrifugez le mélange à 6000 rpm pendant 30 minutes pour précipiter les protéines non hydrolysées. Ensuite, retirez le surnageant et mesurez la concentration des protéines hydrolysées par dosage spectroscopique en suivant la méthode de (Lowry *et al.* 1951).

✓ **Préparation des réactifs pour le dosage :**

- Solution A : Préparez une solution de carbonate de sodium (2%) dans NaOH (0.1 N).
- Solution B : Préparez une solution de sulfate de cuivre (0.5%) dans un mélange de tartrate double de sodium et potassium (1%).
- Solution C : Mélangez les solutions A et B dans un rapport de 50 :1.
- Solution D : Diluez le réactif de Folin au 1/2.
- **Analyse :**

Pour préparer l'échantillon, mélangez 1 ml de celui-ci avec 5 ml de la solution C. Agitez le mélange et laissez-le reposer à température ambiante pendant 10 minutes. Ajoutez ensuite 0,5 ml de réactif de Folin et agitez à nouveau. Incubez le mélange à l'obscurité pendant 30 minutes, puis laissez la réaction colorée se développer à l'obscurité pendant 30 minutes supplémentaires. Enfin, mesurez l'absorbance à 650 nm. Une courbe d'étalonnage est créée à partir d'une solution de sérum albumine bovine (BSA) avec des concentrations allant de 0 à 500 µg/ml.

**C. Dosage de protéines des extraits**

La teneur en protéines totales a été déterminée en mesurant l'azote total selon la méthode de Kjeldahl, comme décrite par les normes (Afnor ,1985). L'essai a été répété trois fois avec un seul blanc.

Le protocole commence par la minéralisation de l'échantillon. Pour ce faire, 0,5 g de l'échantillon (farine, gélatine, hydrolysate protéique) est introduit dans un matras de 250 ml, auquel on ajoute 2 g d'un mélange catalyseur (25 g de sulfate de potassium, 25 g de sulfate de calcium et 0,5 g de sélénium) et 20 ml d'acide sulfurique pur. Le matras est ensuite placé sur un support chauffant et chauffé jusqu'à ce que le liquide devienne clair avec une coloration verte stable, indiquant la fin de la minéralisation. Après refroidissement, environ 200 ml d'eau distillée sont ajoutés lentement, tout en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau, pour diluer le mélange. L'agitateur est rincé, et le volume est ajusté au trait de jauge avec de l'eau distillée.

Pour la distillation, 50 ml du contenu du matras sont transférés dans un appareil de distillation. On y ajoute lentement 50 ml de lessive de soude (densité 1,33) dans le ballon de l'appareil. Dans un bécher destiné à recueillir le distillat, on introduit 20 ml d'une solution indicatrice composée de 2 g d'acide borique, 20 ml d'éthanol absolu et 1 ml d'un mélange d'indicateurs colorés. L'appareil est mis en marche, et la distillation est poursuivie jusqu'à obtenir 100 ml de distillat, en s'assurant que l'extrémité inférieure de la colonne réfrigérante est immergée dans la solution d'acide borique pour éviter les pertes.

Enfin, le distillat est titré avec de l'acide sulfurique N/50 jusqu'à rétablir la couleur initiale de l'indicateur, passant du bleu clair à l'orange

1ml d' $H_2SO_4$  1 N  $\longrightarrow$  0,014g d'azote.

1 ml N/50  $\longrightarrow$   $0,014/50 = 0,00028$ g d'azote.

$$N(g) = V_1 \times 0,00028 \times (100/Y) (250/V_0) \quad (10)$$

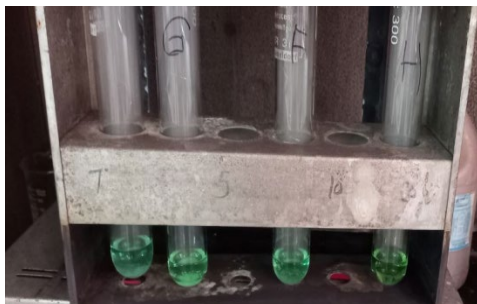
Où :

**V<sub>1</sub>** : Volume de lecture de la burette (ml) : (Volume d'acide sulfurique N/50).

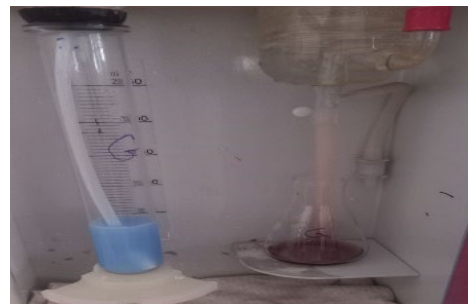
**Y** : poids de l'échantillon de départ.

**V<sub>0</sub>** : Volume de l'échantillon de test.

- **Teneur totale en azote (% MS) =  $N(g) \times 6,25 / MS$**



**Figure 20** : Coloration verdâtre (stable)



**Figure 21** : Distillation du mélange réactionnel



**Figure 22** : Titrage colorimétrique de l'ion ammonium donnant changement de couleur indiquant le point d'équivalence.

## **Résultats et discussion**

## IV Résultats et discussion

### IV.1 La farine de concombre de mer

#### IV.1.1 Le rendement de la farine de concombre de mer

Le rendement de la farine de concombre de mer obtenu dans notre étude est de 8,93 %.

Ce résultat est inférieur à celui rapporté par (Gianto *et al.*, 2017), qui ont obtenu un rendement de 13,46 % à partir de concombres de mer. Cette variation peut être due à des différences dans les méthodes de traitement ou aux caractéristiques des échantillons. (Guerreiro et Retiere, 1992) ont noté que la perte en poids lors du processus de fabrication est principalement due à l'élimination de l'eau, qui constitue environ 75 % du produit initial.

#### IV.1.2 Analyse organoleptique



**Figure 23 :** Farine de concombre

Le tableau suivant montre la qualité organoleptique de la farine de concombre :

**Tableau 1:** Qualité organoleptique de la farine de concombre

Paramètre organoleptique	Farine
Aspect	Légèrement granuleux
Couleur	Marron foncé
Odeur	Odeur de poisson

Pour évaluer la qualité de la farine de concombre de mer, une analyse organoleptique a montré que la farine est de couleur Marron foncé (Figure.23) , avec une odeur marine. Cette teinte brune de la farine de peau de concombre diffère de celle de la peau fraîche. Selon (Winarno.,2004), le brunissement non enzymatique, résultant de la réaction entre glucides et protéines lors du chauffage, explique cette coloration.

### IV.1.3 Qualité biochimique

La composition de la farine du concombre de mer est exposée dans le tableau suivant :

**Tableau 2 :** Composition globale d'échantillons de farine du concombre.

Paramètre	Pourcentage
Teneur en eau	7,65% ± 1,17 %,
Cendre	33 % ± 0,33 %,
Lipide	2,41 % ± 0,99 %,
Protéine	70,45 % ± 1,25 %,

- **Teneur en eau :**

L'analyse réalisée sur la farine a révélé une teneur en eau de 7,65 %. Selon (Guerreiro et Retiere, 1992), la teneur en eau de la farine ne doit pas dépasser 10 à 12 %. Ainsi, la farine produite présente une teneur en eau acceptable, ce qui indique que les conditions opératoires, notamment la température et la durée de séchage, ont été correctement ajustées.

- **Les cendres :**

Le dosage des cendres de la farine de concombre de mer a révélé une teneur de 33 %. Ce pourcentage de cendres indique une concentration minérale élevée, similaire à celle observée dans d'autres espèces de concombres de mer, telles que *Paracaudina australis*, avec une teneur de 32,85 % selon (Elisa, 2018).

(Bilgin et İzci, 2016) ont rapporté que la teneur en cendres était plus élevée dans les concombres de mer séchés au four, ils ont constaté que la valeur des cendres augmentait de manière significative dans *H. forskali* séché (de 0,736 % à 27,34 %).

Cette teneur élevée en cendres suggère que la farine de concombre de mer étudiée est riche en minéraux, ce qui renforce ses propriétés nutritionnelles.

- **Les lipides :**

La faible teneur en lipides de 2,41 % dans notre farine de concombre de mer est cohérente avec les valeurs typiques pour ce type de produit. En comparaison, (Elisa, 2018) rapporte que les concombres de mer présentent généralement une faible teneur en graisses, ce qui suggère que les différences de traitement et les caractéristiques des espèces influencent la composition lipidique finale.

- **Les protéines :**

La farine de concombre de mer que nous avons analysée affiche une teneur en protéines de 70,45 %, un résultat qui se situe dans la plage supérieure des valeurs couramment observées pour les farines de poisson, qui varient de 55 % à 71 % (Guerreiro et Retiere, 2022). Ce

pourcentage élevé de protéines indique une qualité nutritionnelle remarquable, reflétant l'efficacité de notre méthode de traitement. En comparaison, (Gianto et al. 2017) ont trouvé une teneur de 65,55 % dans la farine de viande de concombre de mer. Cela pourrait indiquer que notre processus de traitement permet de mieux préserver ou concentrer les protéines.

#### IV.1.4 La qualité microbiologique

Dans le cadre de la microbiologie alimentaire, la compréhension des risques microbiologiques est essentielle pour garantir la sécurité des produits destinés à la consommation humaine et animal. L'évolution des approches en microbiologie alimentaire, comme le souligne la révision récente des ouvrages de (Bourgeois et al., 1996), a conduit à une focalisation accrue sur les dangers microbiologiques majeurs tels que les microorganismes infectieux et les toxines d'origine microbienne. Les risques associés à ces agents pathogènes, incluant les bactéries comme *Staphylococcus aureus* et les entérotoxines, sont critiques pour la santé publique. Les maladies alimentaires, bien que souvent peu mortelles, peuvent avoir des impacts significatifs sur la santé publique et l'économie, avec des incidents de toxi-infections alimentaires collectives (TIAC) et des épidémies notables, telles que l'intoxication au Japon en 2000 (Ikeda et al., 2005). Cette réévaluation des risques et des méthodologies de détection, comme celles proposées par les normes de microbiologie alimentaire, est cruciale pour évaluer et minimiser les impacts des contaminations alimentaires, illustrant l'importance d'une surveillance rigoureuse pour la sécurité alimentaire.

Les résultats se présentent dans les tableaux suivants :

**Tableau 3:** Résultats Microbiologiques de la Farine de Concombre de Mer par la Méthode NPP (Nombre le Plus Probable) :

Les dilutions	10 <sup>-1</sup>			10 <sup>-2</sup>			10 <sup>-3</sup>			Nbr résultat (+)	NPP	UFC/ml
<b>Coliformes totaux</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3.3.3	>110	>1,1 .10 <sup>3</sup>
<b>Coliformes fécaux</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3.3.3	>110	>1,1 .10 <sup>3</sup>
<b>Streptococcus (Présomptif)</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3.3.3	>110	>1,1 .10 <sup>3</sup>
<b>Streptococcus (Confirmatif)</b>	-	-	-	-	-	+	-	-	-	0.1.0	0,3	3

**Tableau 4:** Résultats du dénombrement des germes pathogènes dans la farine de concombre de mer.

Les dilutions	10 <sup>-1</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>
<b>Staphylocoque</b>	IND	6,5.10 <sup>6</sup> UFC/g	5,9 .10 <sup>5</sup> UFC/g
<b>Clostridium sulfuto-reductrices</b>	0	0	0
<i>E. coli</i>	0	0	0
<i>Salmonelle</i>	0	0	0

**Tableau 5 :** Profil Microbiologique Global de la Farine de Concombre de Mer.

Les germes recherchés	Nombre de germes (UFC/g)	Intervalle de Tolérance (UFC/g)	Conformité
Coliforme totaux	>1,1 .10 <sup>3</sup>	3.10 <sup>6</sup>	Conforme
Coliforme fécaux	>1,1 .10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup> à 10 <sup>3</sup>	Non conforme
Streptocoque fécaux	3	10 <sup>2</sup>	Conforme
Staphylococcus aureus	5,9 .10 <sup>5</sup>	10 <sup>2</sup>	Non conforme
Clostridium sulfito-réductrices	0	10	Conforme
<i>E. coli</i>	0	10	Conforme
Salmonelle	Absence	Absence dans 25g	Conforme

#### A. Coliformes Totaux et Coliformes Fécaux

Les coliformes totaux (figure 24) sont des indicateurs clés de la qualité hygiénique des aliments. Selon les normes générales de sécurité alimentaire, le nombre acceptable de coliformes totaux est inférieur à  $3 \times 10^3$  UFC/g. (Belaiour et Chachoua.,2016). La concentration mesurée de coliformes totaux est supérieure à  $1,1 \times 10^3$  UFC/g, ce qui est proche du seuil acceptable. Bien

que cette valeur puisse être considérée comme tolérable dans certains contextes, une valeur plus élevée peut signaler une contamination récente ou des conditions d'hygiène insuffisantes. Les coliformes fécaux (figure 25), provenant d'une contamination fécale animale ou humaine, devraient idéalement être en dessous de  $10^2$  UFC/g. Les résultats indiquent des niveaux supérieurs à  $1,1 \times 10^3$  UFC/g, dépassant largement les limites normales. Cette situation suggère des problèmes potentiels d'hygiène durant la transformation, en accord avec les résultats précédemment observés où les valeurs étaient également au-dessus des seuils recommandés.



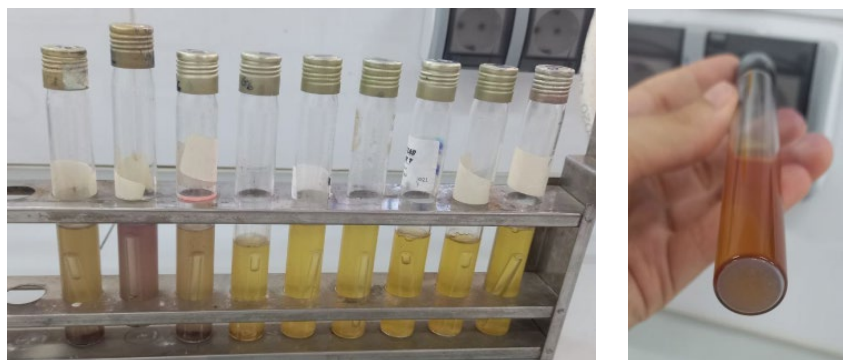
**Figure 24:** les tubes positifs et négatifs des coliformes totaux



**Figure 25:** les tubes positifs et négatifs des coliformes fécaux.

### **B. Streptocoques Fécaux**

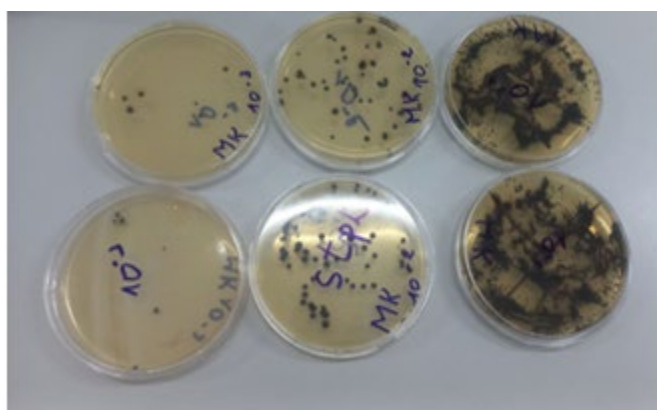
La présence de 3 streptocoques fécaux est relativement faible (figure 26). Cependant, même des niveaux faibles peuvent indiquer une contamination fécale selon certaines normes de sécurité alimentaire. Bien que les valeurs spécifiques pour cette catégorie ne soient pas détaillées dans l'exemple fourni, il est crucial de maintenir ces niveaux aussi bas que possible pour garantir la sécurité alimentaire.



**Figure 26 :** les tubes positifs des Streptocoques Fécaux

### C. *Staphylococcus aureus*

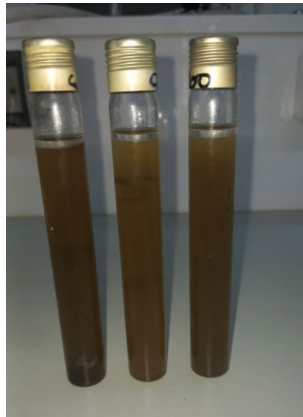
La concentration de *Staphylococcus aureus* est mesurée à  $5,9 \times 10^5$  UFC/g (figure 27) . Les normes de sécurité alimentaire recommandent des niveaux en dessous de  $10^3$  UFC/g pour éviter les risques de toxi-infections alimentaires (ONAB, 2021). La concentration élevée observée est préoccupante et suggère un potentiel problème de manipulation ou de contrôle sanitaire.



**Figure 27:** Les colonies de *Staphylococcus aureus*.

### D. *Clostridium* Sulfito-réductrices

L'absence de *Clostridium* sulfito-réductrices est un résultat positif. Ces bactéries sont souvent utilisées comme indicateurs de contamination fécale et de processus non contrôlés. Les normes de sécurité alimentaire recommandent une absence de ces bactéries dans les produits alimentaires. Cette absence dans les échantillons confirme une bonne maîtrise de ce paramètre spécifique, en accord avec l'exemple fourni où l'absence de CSR était également considérée comme un signe positif.



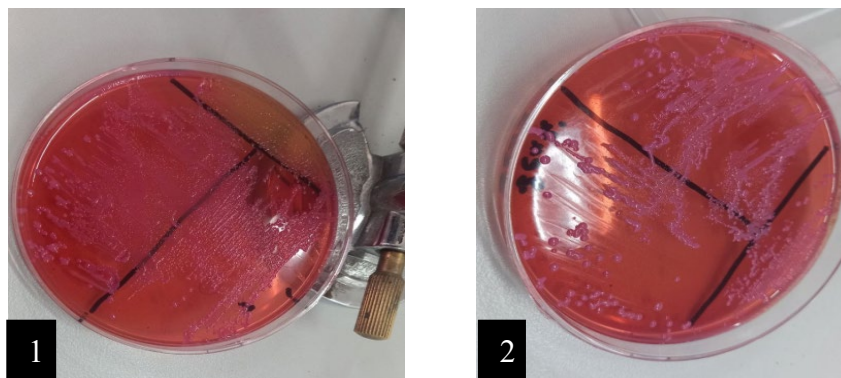
**Figure 28** : les tubes négatifs de clostridium Sulfite-réductrices

### ***E. Echerchia coli***

L'absence d'*E. coli* est un bon indicateur de l'absence de contamination fécale. Les normes de sécurité alimentaire stipulent que *E. coli* devrait être absent des produits alimentaires, surtout ceux destinés à la consommation humaine. La conformité des échantillons avec cette norme est rassurante, en ligne avec l'exemple où l'absence d'*E. coli* était également un signe de respect des bonnes pratiques d'hygiène.

### **F. Salmonelles**

L'absence de *Salmonella* est très positive (figure 29). Les normes alimentaires exigent que *Salmonella* soit absente des produits alimentaires pour éviter les gastro-entérites aiguës. La présence nulle de *Salmonella* indique une bonne gestion des règles d'hygiène, confirmant que les pratiques sont adéquates, comme mentionné dans l'exemple où l'absence de *Salmonelles* était également un résultat favorable.



**Figure 29** : 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> enrichissement des salmonelles.

On conclusion les résultats montrent que les échantillons de farine respectent certaines normes de sécurité alimentaire, notamment pour *Salmonella*, *Clostridium sulfito-réductrices* et *E. coli*. Cependant, les niveaux élevés de *Staphylococcus aureus* et de coliformes fécaux suggèrent des déviations par rapport aux normes de sécurité alimentaire, qui recommandent des niveaux bien inférieurs pour ces micro-organismes. Ces résultats indiquent que la farine ne respecte pas pleinement les normes, principalement en raison des méthodes de préparation manuelle en laboratoire. Cette approche peut introduire des risques accrus de contamination et nécessite une amélioration des pratiques d'hygiène et de contrôle de qualité pour garantir la conformité aux normes de sécurité alimentaire.

## **IV.2 L'huile de concombre de mer**

Dans nos tentatives d'extraction des huiles à partir du concombre de mer, aucun rendement visible n'a été obtenu. Malgré l'application rigoureuse du protocole, aucune trace d'huile n'a pu être isolée.

Les résultats obtenus sont conformes à ceux d'études antérieures qui rapportent que la teneur en matières grasses dans de nombreuses espèces de concombres de mer est souvent inférieure à 2 %, rendant l'extraction d'huile difficile. Cela pourrait expliquer l'absence de rendement observée dans notre étude (Wen et al., 2010).

## **IV.3 Le collagène**

Malgré l'application de trois protocoles différents pour l'extraction du collagène, aucun collagène visible n'a été obtenu. L'ajout d'acide acétique n'a pas permis de produire le collagène attendu, et les ajustements réalisés, tels que les variations du pH et de la concentration d'acide acétique, n'ont pas donné les résultats escomptés.

En comparaison, l'étude de (Fawzya et al. 2022) a réussi à extraire du collagène de haute qualité, avec un rendement de 16,70 % de collagène brut et 7,20 % de collagène dialysé (% base humide). Les différences dans les résultats peuvent être attribuées à des ajustements insuffisants dans nos conditions expérimentales, notamment le pH et la concentration d'acide acétique, ainsi qu'à un prétraitement potentiellement inefficace pour éliminer les graisses et les impuretés.

## **IV.4 La gélatine**

### **IV.4.1 Détermination du Rendement**

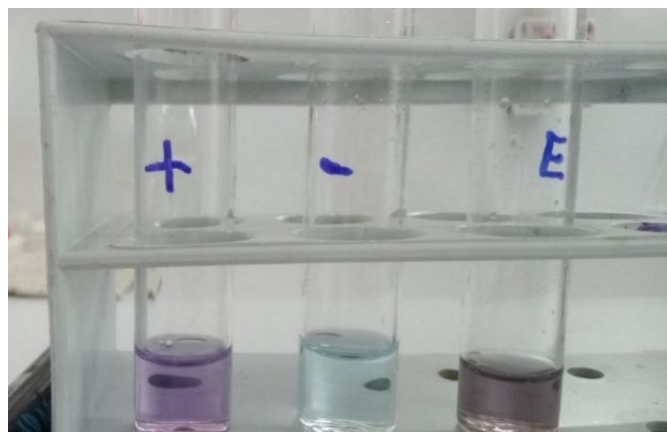
Le rendement en gélatine obtenu après extraction des concombres de mer a été de 0,54 %. Ce résultat est nettement inférieur à celui observé pour d'autres sources de gélatine marines, comme le tilapia du Nil, dont le rendement atteint 3,80 % (Gómez-Guillén et Montero, 2001).

Cependant, ce rendement est en accord avec les variations habituelles observées parmi les différentes espèces marines.

La faible extraction peut être attribuée à plusieurs facteurs : la diversité des molécules de collagène dans les concombres de mer, les méthodes d'extraction utilisées, la qualité du matériel de départ, et les traitements préliminaires. Selon (Tabarestani et *al.* 2010), ces éléments influencent significativement le rendement de la gélatine. De plus (Matsumura et *al.* 1972) ont rapporté un rendement de 37 % pour une autre espèce de concombre de mer, soulignant les variations possibles au sein des holothuries.

#### IV.4.2 Test de Biuret

Le test de Biuret a donné un résultat positif pour la gélatine extraite, indiquant la présence de liaisons peptidiques et confirmant la nature protéique de l'échantillon. La couleur violette observée correspond aux propriétés de la gélatine, validant ainsi la réussite de l'extraction et la qualité de la gélatine (Figure.30).



**Figure 30 :** Visualisation de la présence de protéines dans la gélatine par le test de Biuret.

#### IV.4.3 Détermination de la teneur en protéine

La teneur en protéines de la gélatine extraite est de  $69,27 \% \pm 1,25 \%$ , calculée à l'aide de la méthode de Kjeldahl avec un facteur de conversion de 6,25. Ce résultat est supérieur à ceux rapportés dans d'autres études, comme celles de (Jing Wen et *al.* 2010), où la teneur en protéines des gélatines extraites à partir de différentes espèces de concombres de mer varie entre 40,7 % et 63,3 %. La faible variabilité observée, comme en témoigne l'écart-type de 1,25 %, indique une bonne reproductibilité des essais. Cependant, cette teneur peut être influencée par les méthodes d'extraction et les conditions environnementales (Drazen et *al.*, 2008).

#### IV.4.4 Viscosité :

La viscosité de la gélatine extraite a été mesurée en utilisant un viscosimètre adapté aux conditions expérimentales. Les valeurs obtenues montrent que la gélatine présente une viscosité variante entre 3 et 7 cP (centipoise), en fonction de la concentration et de la température. Ces résultats sont en accord avec les valeurs typiques pour des solutions de gélatine, généralement situées dans cette plage pour des concentrations de 6 à 10 % et à une température de 60°C.

#### IV.4.5 Analyse du spectre ATR-FTIR

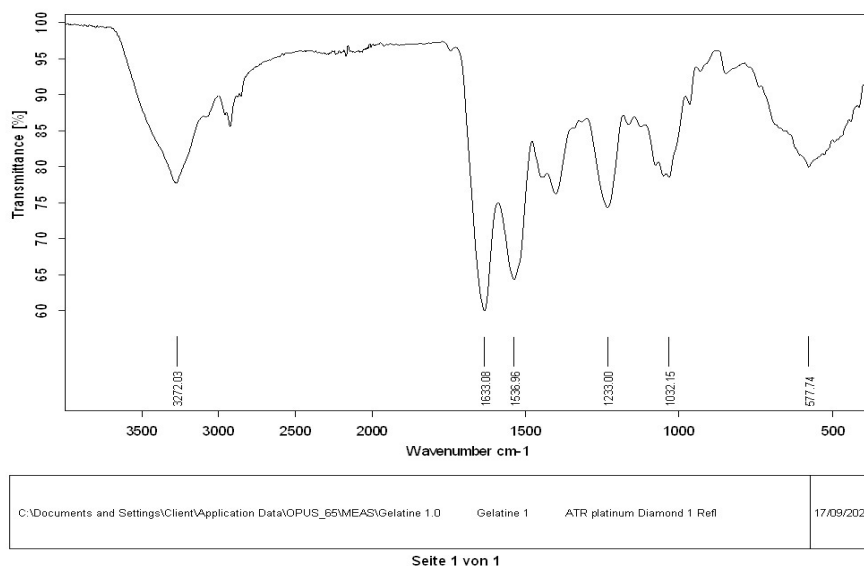
La courbe ci-dessous présente quatre bandes caractéristiques :

1. 3272  $\text{cm}^{-1}$  : Bande d'absorption liée aux vibrations d'élongation O-H et N-H, correspondant aux liaisons hydrogène et groupes amines présents dans les acides aminés du collagène.
2. 1630  $\text{cm}^{-1}$  (bande Amide I) : Caractéristique des vibrations de liaison C=O des groupements peptidiques dans la structure protéique. Elle est associée à la structure secondaire du collagène.
3. 1530  $\text{cm}^{-1}$  (bande Amide II) : Due aux vibrations de déformation N-H et aux vibrations C-N, indiquant la présence de liaisons peptidiques.
4. 1230  $\text{cm}^{-1}$  (bande Amide III) : Associée aux interactions C-N et N-H du squelette peptidique, liée à la structure hélicoïdale du collagène.

Après les quatre bandes caractéristiques des polypeptides ont été identifiées :

- **Bande A** : Observée à 3272  $\text{cm}^{-1}$ , elle correspond à la vibration d'élongation des liaisons N-H. Normalement, les liaisons N-H libres vibrent entre 3400 et 3440  $\text{cm}^{-1}$ , mais l'engagement de ce groupe dans des liaisons hydrogène entraîne une diminution de la fréquence.
- **Amide I** : Une bande significative apparaît à 1633  $\text{cm}^{-1}$ , due principalement aux vibrations d'élongation des groupes carbonyle C=O, souvent couplées avec les liaisons C-N. Cette bande est typiquement associée à la structure secondaire des protéines.
- **Amide II** : Elle est détectée à 1539  $\text{cm}^{-1}$ , représentant l'étirement des liaisons N-H combiné à l'élongation des liaisons C-N. Cette bande est également un marqueur important de la structure des protéines.
- **Amide III** : Observée autour de 1233  $\text{cm}^{-1}$ , elle résulte des vibrations mixtes d'élongation des liaisons C-N et N-H. Cette bande est exclusivement retrouvée dans la gélatine, confirmant la présence de motifs polypeptidiques spécifiques.

Les autres pics observés dans la région entre 1000 et 500  $\text{cm}^{-1}$  peuvent être attribués aux vibrations des chaînes latérales des acides aminés et à d'autres interactions intramoléculaires au sein de la gélatine.



**Figure 31:** Résultat de spectroscopie infrarouge ATR sur la gélatine extraite.

## IV.5 Hydrolysat protéique

### IV.5.1 Le rendement

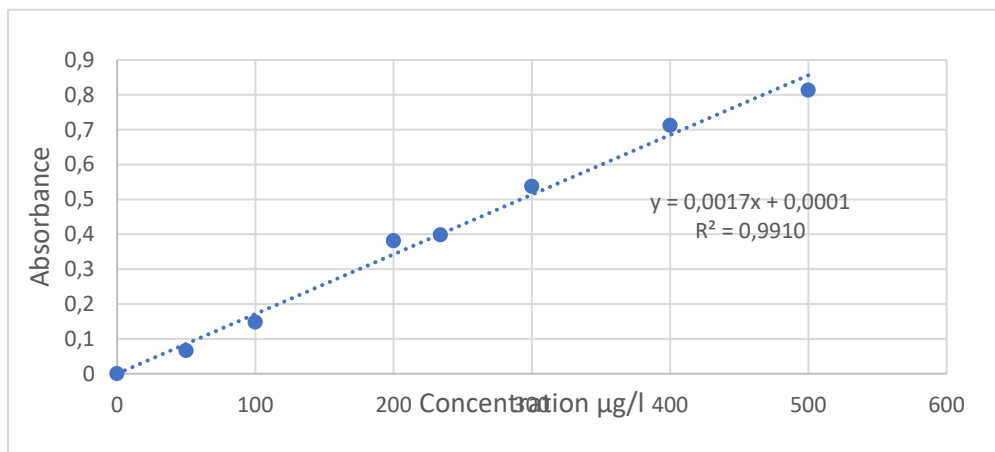
Le rendement en hydrolysat protéique obtenu avec l'enzyme protéase dans notre étude est de 7,51 %, ce rendement est inférieur à ceux observés dans d'autres études, où les rendements variaient de 7 à 14% pour *Holothuria scabra* avec différentes enzymes (Doungapai et al., 2022). Le rendement en hydrolysat augmente avec le temps d'hydrolyse et la concentration en enzyme, comme observé dans les recherches sur les hydrolysats de concombre de mer indonésien (Dewi et al., 2020). Il est donc probable que des ajustements dans les paramètres d'hydrolyse puissent améliorer le rendement dans notre étude.

### IV.5.2 Détermination de la teneur en protéine

On calcule la moyenne pour déterminer la teneur totale en protéines dans l'hydrolysat protéique extraite, qui s'élève à 15,60 %  $\pm$  0,90 %.

Ce résultat est légèrement inférieur à ceux rapportés par (Zhang et al. 2020), qui ont trouvé des teneurs allant de 17,79 % à 18,83 %. Ces différences peuvent être dues aux variations dans les méthodes d'hydrolyse ou aux caractéristiques des échantillons.

### IV.5.3 Le degré d'hydrolyse (DH)



**Figure 32** : Courbe d'étalonnage du BSA pour le Degré d'Hydrolyse.

Le degré d'hydrolyse (DH) de notre hydrolysate est d'environ 6,03 %. Ce résultat est relativement proche de celui obtenu avec Alcalase, qui a produit un DH de 8,14 %, mais reste inférieur à celui obtenu avec Savinase, où le DH atteignait 15,42 % (Karoud et *al.*, 2019 ; Bougatef et *al.*, 2020).

Ces écarts peuvent s'expliquer par les conditions spécifiques d'hydrolyse et les propriétés des enzymes utilisées.

# Conclusion

## Conclusion

Cette étude a mis en évidence le potentiel significatif de la valorisation des coproduits de concombres de mer récoltés sur le littoral algérien. En explorant des processus d'extraction et de caractérisation, nous avons réussi à transformer et valoriser ces coproduits en ingrédients de haute qualité, tels que la farine, la gélatine et les hydrolysats protéiques, qui présentent des caractéristiques nutritionnelles et fonctionnelles remarquables.

L'analyse approfondie des processus d'extraction et de caractérisation des produits dérivés, a permis de mettre en lumière des propriétés nutritionnelles et fonctionnelles de grande valeur. En particulier, la farine de concombre de mer obtenue présente un rendement de 8,93 %, inférieur aux 13,46 % rapportés dans d'autres études (Gianto et *al.*, 2017), probablement en raison de divergences dans les méthodes de traitement et les caractéristiques des échantillons étudiés.

Sur le plan biochimique, la farine a montré une composition protéique élevée, atteignant 70,45 %, ce qui est dans la fourchette supérieure des standards établis pour les farines de poisson (55 % à 71 %), (Guerreiro et Retiere, 2022). Ce niveau de protéines est également supérieur à celui de la farine de *Paracaudina australis* 48,78 % (Karnila., 2012) et de la farine de concombre de mer 65,55 % (Gianto et *al.*, 2017), indiquant une méthode de traitement efficace pour préserver les protéines. La faible teneur en lipides 2,41 % est également conforme aux caractéristiques typiques des produits issus des concombres de mer, avec des comparaisons similaires aux travaux de (Nurjanah.,2008) et (Elisa.,2018), confirmant que les concombres de mer sont une source naturellement faible en graisses.

La forte teneur en cendres 33 % dans la farine est un indicateur de la richesse minérale du produit, comparable à celle d'autres espèces marine. Cette concentration minérale élevée confère à la farine des atouts nutritionnels intéressants, particulièrement en termes d'apports en éléments minéraux essentiels.

D'un point de vue microbiologique, les résultats montrent une conformité partielle aux normes de sécurité alimentaire, avec des niveaux acceptables pour *Salmonella*, *Clostridium sulfitoréductrices*, et *Escherichia coli*, mais des dépassements pour les coliformes fécaux et *Staphylococcus aureus*, qui signalent des pratiques d'hygiène nécessitant des améliorations. Ces résultats soulignent l'importance d'un contrôle rigoureux lors des processus de transformation afin de garantir la sécurité sanitaire des produits.

Malgré l'absence de rendement significatif dans l'extraction d'huile et de collagène, les résultats obtenus sont en accord avec la littérature. En effet, plusieurs études rapportent une faible teneur

en matières grasses dans les concombres de mer, rendant difficile l'extraction d'huile. De plus, les échecs observés dans l'extraction de collagène pourraient être attribués à des ajustements insuffisants dans les conditions d'acidité et de prétraitement, éléments clés pour une extraction efficace de cette molécule complexe.

Le rendement en gélatine, quant à lui, bien que faible 0,54 %, s'inscrit dans la variabilité habituelle observée parmi les espèces marines. Les différences interspécifiques dans la structure du collagène influencent le rendement en gélatine.

Ainsi, cette étude souligne le potentiel des coproduits de concombres de mer en tant qu'ingrédients à haute valeur ajoutée, ouvrant des perspectives économiques intéressantes pour les industries alimentaire, nutraceutique, cosmétique et pharmaceutique. En valorisant des matières premières marines souvent considérées comme des déchets, nous contribuons non seulement à l'optimisation des ressources naturelles, mais également à la promotion d'une gestion durable et responsable des écosystèmes marins. Les résultats obtenus incitent à poursuivre les efforts de recherche, afin d'améliorer les méthodes d'extraction et d'élargir les applications de ces coproduits dans un contexte de rareté croissante des ressources halieutiques.

### **Perspectives**

L'application de méthodes d'optimisation, telles que le plan d'expérience, constitue une voie prometteuse pour maximiser les rendements d'extraction des produits dérivés des holothuries. En ajustant et en évaluant divers paramètres expérimentaux, il sera possible d'améliorer l'efficacité des procédés d'extraction et d'obtenir des rendements plus élevés.

Une autre direction intéressante serait la caractérisation plus approfondie des produits dérivés à l'aide de techniques spectrométriques avancées, telles que la Résonance Magnétique Nucléaire (RMN) et la spectroscopie de masse. Ces méthodes permettront de déterminer avec précision les structures chimiques des composés extraits, offrant ainsi une meilleure compréhension de leurs propriétés et de leurs applications potentielles.

Par ailleurs, la séparation et l'analyse des protéines présentes dans les extraits pourront être réalisées en utilisant la méthode SDS-PAGE (Polyacrylamide Gel Electrophorèses). Cette technique permettra de décrire la composition protéique des produits dérivés et d'évaluer leur qualité, ce qui est essentiel pour les applications industrielles et biotechnologiques.

Enfin, il serait bénéfique d'explorer d'autres techniques d'extraction du collagène, en se basant sur les recherches antérieures effectuées sur les holothuries. L'évaluation de nouvelles méthodes pourrait conduire à des procédés plus efficaces ou plus économiquement viables, augmentant ainsi la rentabilité et l'efficacité des extraits de collagène.

## **Références bibliographiques**

- Abdelhedi, R. (2016).** Techniques de production des peptides bioactifs.
- Alain, G., Pierre, L., & Jean, L.M. (1986).** Guide des étoiles de mer, oursins et autres échinodermes du lagon de Nouvelle-Calédonie. Paris: ORSTOM, p. 244.
- Amemiya, C.T., Miyake, T., & Rast, J.P. (2005).** Echinoderms. *Current Biology*, 15(23).
- Andrade, Á.A., Machado, L.F., & et al. (2008).** In situ observation of sexual reproduction of *Holothuria tubulosa* Gmelin 1788 (Echinodermata: Holothuroidea) in the Azores (NE Atlantic). p.p 5- 43.
- Andrieux, G. (2004).** Rapport sur la filière française des coproduits de la pêche et de l'aquaculture : état des lieux et analyse. Paris: OFIMER.
- Aydin, M., Sevgili, H., & et al. (2011).** Proximate composition and fatty acid profile of three different fresh and dried commercial sea cucumbers from Turkey. *International Journal of Food Science and Technology*, p.p. 500–508.
- Battaglione, S.C. (1999).** Culture of tropical sea cucumbers for stock restoration and enhancement. *Naga*, 22, p.p. 4–11.
- Belaïour, K., & Chachoua, R. (2016).** Aquaculture in Algeria: Current Status and Perspectives. *Journal of Water and Land Development*, 31(1), p.p. 3-12.
- Belbachir, N. (2012).** Contribution to the ecological study of *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813) seagrass on the coastal fringe of Mostaganem, state of health and relationship between plant and echinoderm. Magister Thesis, Mostaganem: Abdelhamid Ibn Badis University.
- Bilgin, Ş., & İzci, L. (2016).** The effects of drying & boiling process on nutritional components of *Holothuria forskali* (Delle Chiaje, 1823). *Journal of Food and Health Science*, 2(1), p.p.1–8.
- Blunt, J., Carroll, A., & et al. (2018).** Marine natural products. *Natural Product Reports*, 35(1), pp. 8–53.
- Bonnefoy, C., Guillet, F., & Leyral, G. (2002).** *Microbiologie et qualité dans les industries agroalimentaires*. 7ème édition. Rueil-Malmaison, Bordeaux: Doin Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.
- Bordbar, S., Anwar, F., & Saari, N. (2011).** High-value components and bioactives from sea cucumbers for functional foods—A review. *Marine Drugs*, 9, p.p. 1761–1805.
- Bougatef, H., Krichen, F., & et al. (2020).** Physicochemical and biological properties of eel by-products protein hydrolysates: Potential application to meat product preservation. *Waste and Biomass Valorization*, 11(3), p.p.931–942.
- Bourgeois, C. M., J. F. Mescle and J. Zucca. (1996).** *Microbiologie alimentaire : Aspects Microbiologiques de la sécurité et de la qualité des aliments*. Paris: Lavoisier, p.p. 241-251.

- Brodsky, B., & Persikov, A.V. (2005).** Molecular structure of the collagen triple helix. *Advances in Protein Chemistry*, 70, p.p.301-339.
- Cao, N., Fu, Y., & He, J. (2007).** Preparation and Physical Properties of Soy Protein Isolate and Gelatin Composite Films.
- Chène, Y. (2000).** Stabilization and protection of colloidal solutions and emulsions by gelatin. *Food Research International*, 33(8), p.p.629-634.
- Conand, C. (1990).** The fishery resources of Pacific island countries. Part 2: Holothurians. Rome: FAO, p.p. 2-272.
- Conand, C. (1991).** Long-term movements and mortality of some tropical sea cucumbers monitored by tagging and recapture. In: Yanagisawa, Yasumasu, Oguro, Suzuki & Motokawa (eds.) *Biology of Echinodermata*. Rotterdam: Balkema, p.p. 169-175.
- Conand, C. (1994).** Les holothuries : ressource halieutique des lagons. *Rapport Scientifique et Technique, Biologie Marine*, 65, p.p. 1-86.
- Cowles, D. (2010).** Diel and Seasonal Cycles of Movement, Metabolism, and Nutrient Excretion by the Temperate Holothurian *Parastichopus californicus*. [En ligne]. [Consulté le 9 mai 2024]. Disponible à: <https://sicb.org/abstracts/diel-cycles-of-activity-metabolism-and-nutrient-excretion-in-the-temperate-sea-cucumber-parastichopus-californicus/>.
- D.S. (2004).** Extinction and ecosystem function in the marine benthos. *Science*, 306, p.p. 1177–1180.
- Denes (2006).** Etude comparée de l'effet de deux protéines sur la production d'hydrolysats dotés d'activités antioxydantes et antiradicalaire. Mémoire de l'École Pratique des Hautes Études.
- Dewi, A. S., Patantis, G., & et al. (2020).** Angiotensin-converting enzyme (ACE) inhibitory activities of protein hydrolysates from Indonesian sea cucumbers. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 26, p.p.2485-2493
- Doungapai, W., Prodpran, T., & et al. (2022).** Bioactivity and functional properties of hydrolysates from sea cucumber (*Holothuria scabra*): Influence of enzymatic hydrolysis conditions. *Journal of Food Biochemistry*, 46(7), p.p.14-217.
- Drazen, J.C., Phleger, C.F., & et al. (2008).** Lipid, sterols, and fatty acid composition of abyssal holothurians and ophiuroids from the North-East Pacific Ocean: Food web implications. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 151B(1), p.p.79–87.
- Dumay, J. (2006).** Extraction de lipides en voie aqueuse par bioreacteur enzymatique combiné à l'ultrafiltration : Application à la valorisation de co-produits de poisson (*Sardina pilchardus*). Thèse de doctorat, Université de Nantes. p.305.

- Eeckhaut, I., Parmentier, E., & et al. (2004).** Parasites and biotic diseases in field and cultivated sea cucumbers. In: *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management*, p.p. 311-325.
- Elisa, I. (2018).** Use of Different Acids in Extraction of Mineral Content of Rivet Sea Cucumber (*Holothuria atra*). Mémoire de Master, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro.
- FAO (1988).** Le poisson frais. Qualité du poisson et altération de la qualité. Rome, FAO, p. 142.
- FAO (1988).** Le Poisson frais: qualité et altérations de la qualité, manuel de formation préparé pour le Programme de perfectionnement FAO/DANIDA sur la technologie du poisson et le contrôle de qualité. Rome: FAO, N°29.
- FAO (2000).** Projet FIDA. Dans le cadre du suivi biologique des ressources halieutiques. Centre national d'étude et documentation pour la pêche et l'aquaculture service d'étude (CNDPA), p.40
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) (2002).** The State of World Fisheries and Aquaculture 2002. Rome: FAO.
- Farris, S., Schaich, K.M., & et al. (2009).** Effect of plasticizer type and concentration on physical properties of biodegradable films based on sugar palm (*Arenga pinnata*) starch for food packaging. *Journal of Food Science*, 74(7), pp. 73–82.
- Fawzya, Y.N., Putra, N.A., & et al. (2020).** Golden sea cucumber: Identification and the antioxidant activity of its collagen hydrolysates. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 15(3), p.p.121–130. <https://doi.org/10.15578/squalen.v15i3.511>.
- Ferguson, J.C. (1982).** Nutrient translocation. In: Jangoux, M. & Lawrence, J.M. (Eds.), *Echinoderm Nutrition*, Balkema, Rotterdam. pp. 373–394
- Flammang, P. & Conand, C. (2004).** Functional morphology of the tentacles in the apodid holothuroid *Synapta maculata*. In: *Echinoderms: München (Proceedings of the 11th International Echinoderm Conference, München, Germany)*, p.p. 327-333.
- Folch, J. (1957).** A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *Journal of Biological Chemistry*, 226, p.p. 497-509.
- Gao, F., Li, F., & et al. (2014).** Bacterial community composition in the gut content and ambient sediment of sea cucumber *Apostichopus japonicus* revealed by 16S rRNA gene pyrosequencing. *PLoS ONE*, 9, e100092

- Gianto, M.S. & Putri, R.M.S. (2017).** Total Amino Acids and Protein Concentrate of Sea Cucumber (*Stichopus vastus*) From Natuna Waters, Riau Islands. *Fishtech – Jurnal Teknologi Hasil Perikanan*, 6(2), p.p. 186-192.
- Gomez Estaca, J., et al. (2009).** Gelatin Applications in Food Industry. *Food Hydrocolloids*, 23(3), p.p. 1019-1026.
- Gómez-Guillén, M.C. & Montero, P. (2001).** Extraction of gelatin from fish skins by high pressure treatment. *Food Hydrocolloids*, 15(3), p.p. 323-329.
- Gornall G., Charles J. Bardawill, Maxima M. David,** DETERMINATION OF SERUM PROTEINS BY MEANS OF THE BIURET REACTION, *Journal of Biological Chemistry*, vol 177, Issue 2, 1949, p.p.751-766, [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)57021-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)57021-6).
- Gudmundsson, M., & Hafsteinsson, H. (1997).** Gelatin from cod skins as affected by chemical treatments. *Journal of Food science*, 62(1), p.p.37-39.
- Guerrero, M. & Retiere, L. (1992).** Etude de la farine de poisson. France : Ifremer/ Inter Pêche.
- Guiraud, J.-P. & Rosec, J.-P. (2004).** Pratique des normes en microbiologie alimentaire. France: AFNOR.
- Hampton, I. (1958).** Chemical Analysis of Holothurian sclerites. *Nature*, London, p.181.
- Harry van Goor (2016).** Catalogue of the marine life of the Canary Islands: Determination of marine life. Canary Islands: Marine Institute Publishing, p.256
- Harvey, R.A. (2007).** Lippincott's Illustrated Reviews: Microbiology. Baltimore, USA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Hu, L., Ying, J., & et al. (2018).** Antitumor potential of marine natural products: A mechanistic investigation. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*, 18(5), p.p.702-718.
- Hulmes, D.I., Taylor, T.H. & Davies, J.C. (2008).** Influence of amino acid composition, molecular structure, and environmental conditions on gelatin properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 43(3), p.p. 209-215.
- Huss, H. (1988).** Qualité du poisson frais et changements de qualité. FAO/DANIDA, p. 132.
- Ifremer (2011).** Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer. Professionnels de la mer. Rapport annuel. Ifremer, France.
- Ifremer (August 2010).** Fabrication de la farine et huile de poisson. France: Ifremer.
- ISO 5509 (2000).** Animal and vegetable fats and oils: Preparation of methyl esters of fatty acids. Geneva: International Organization for Standardization.
- Ivanova-Kazas, O.M. (1977).** Asexual Reproduction of Animals. LGU, Leningrad, Russia.

**Jing Wen, W., Huimin, Y., Xiaoqin, W., Qingqing, Z. & Yongkang, L. (2010).** Processing and functional properties of protein hydrolysates from sea cucumber (*Stichopus japonicus*). *Food and Bioprocess Technology*, 3(1), p.p. 97-100.

**Karim, A.A. & Bhat, R. (2009).** Gelatin: Properties, manufacturing, and applications. *Food Hydrocolloids*, 23(3), p.p. 687-700.

**Karnila (2012).** Hypoglycemic power of hydrolyzate, concentrate, isolate protein of sea cucumber (*Holothuria scabra*) in experimental mice. Dissertation, Indonesia :Institut Pertanian Bogor,.

**Karoud, W., Sila, A., & et al. (2019).** Characterization, surface properties, and biological activities of protein hydrolysates obtained from hake (*Merluccius merluccius*) heads. *Waste and Biomass Valorization*, 10(2), p.p. 287–297.

**Khan, M.I., Haider, S. & Khan, M.T. (2020).** Gelatin: The versatile biopolymer. *Journal of Polymers and the Environment*, 28(7), p.p. 1765–1782.

**Kim, S.K. & Mendis, E. (2006).** Bioactive compounds from marine organisms and their potential in therapeutic applications. *Advances in Food and Nutrition Research*, 51, p.p. 277–318.

**Koehler, R. (1921).** Faune de France : Échinodermes. R. Koehler, Lechevalier: Fédération Française des Sociétés de Science Naturelles. Office Central de Faunistique.

**Lambert, P. (1997).** Sea cucumbers of British Columbia, Southeast Alaska and Puget Sound. UBC Press, Vancouver.

**Lowry OH, Rosebrough N J, Farr A Let Randall R J., (1951).** "Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent." *Journal of Biological Chemistry*, 193: p.p.265-75.

**Mariod, A. & Adam, A. (2013).** Gelatin: Properties and Applications. *Food Chemistry*, 141(1), p.p. 357–366.

**Martini, S. & Seiller, N. (2000).** Thickening properties of gelatin in aqueous solutions. *Journal of Food Science and Technology*, 37(4), p.p. 368–375.

**Massin, C. & Van den Spiegel, D. (1990).** Observations écologiques sur *Holothuria tubulosa*, *H. poli* et *H. forskali* et comportement alimentaire de *Holothuria tubulosa*. *Cahiers de Biologie Marine*, 17, pp. 45–59.

**Matsumura, Y., Sakakibara, T. & Imamura, K. (1972).** Studies on the gelatin extraction from sea cucumber. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 38(12), p.p. 1249–1252.

**Mezali, K. (1998).** Contribution à la systématique, biologie, l'écologie et la dynamique de cinq espèces d'holothuries *Holothuria* (*Lessonothuria*) *aspidochirotes poli*, *Holothuria*

(Holothuria) stellati, tubulosa, Holothuria (Panningothuria) forskali et Holothuria (Platyperana) sanctori de l'herbier à Posidonia oceanica (L) Dellile de K Presqu'île de Sidi Fredj. Mémoire de Magister. Alger : ISMAL, p.238.

**Mezali, K. (2008).** Phylogénie, Systématique, dynamique des populations et nutrition de quelques espèces d'holothuries aspidochirotés (Holothuroidea: Echinodermata) inféodées aux herbiers de Posidonies de la côte algéroise. Thèse de Doctorat d'État. Alger : Institut des Sciences Biologiques/USTHB, p.208.

**Muzaifa Murna, Safriani Novi, and Zakaria Fahrizal., (2012),** "Production of Protein Hydrolysates from Fish Byproduct Prepared by Enzymatic Hydrolysis." AACL Bioflux Society 5(1), p.p.36-39.

**Nagai T. et Suzuki N., (2000).** "Isolation of Collagen from Fish Waste Material - Skin, Bone and Fins." Food Chemistry 68, p.p.277-281.

**Nurjanah, S. (2008).** Identification of steroids of sand sea cucumber (Holothura scabra) and bioassay of sea cucumber products as a source of natural aphrodisiacs in an effort to increase the added value of sea cucumbers. Dissertation. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

**Okada, A. & Kondo, K. (2000).** Sea Cucumber, An Underutilized Marine Resource. Aquatic Living Resources, 13(4), p.p. 239–247

**Pigott, G. M., & Tucker, B. W. (2003).** *Seafood: Effects of Technology on Nutrition* (1st ed.). Boca Raton: CRC Press, p.p.17-20. <https://doi.org/10.1201/9780203740118>

**Poppe, H. (1992).** Overloading and interaction phenomena in electrophoretic separations. Analytical Chemistry, 64(17), p.p.1908-1919.

**Rasolofonirina, R., Vaïtilingon, D., & et al. (2005).** Reproductive cycle of edible echinoderms from the south-western Indian Ocean II: the sandfish Holothuria scabra (Jaëger, 1833). Western Indian Ocean Journal Marine Science, 4(1), p.p. 61–75.

**Rosemary A., (1999).** "Preparation of Gelatin from Fish Skin by an Enzyme Aided Process." A Thesis of the Requirements for the Degree of Master of Science, Mc Gill University Montreal, Canada

**Rosenbloom, J. (1973).** Études sur la composition de la gélatine. Mémoire de Master. Université de Paris, Paris.

**Samyn, Y., Van den Spiegel, D. & Massin, C. (2006).** Taxonomie des holothuries des Comores. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen.

**Sandeep, C., Kishore, K. K., & et al. (2017).** Evaluation of influence of bone quality on onset of action and the volume of anesthetic solution required: An original research. International journal of health sciences, 6(S4), p.p.9387-9392.

- Schneider, K., Silverman, J., & et al. (2011).** Potential influence of sea cucumbers on coral reef CaCO<sub>3</sub> budget: A case study at One Tree Reef. *Journal of Geophysical Research*, p.116.
- Shahidi, F. (2002).** Nutraceuticals and bioactives from seafood byproducts. In: *Advances in Seafood Byproducts, 2002 Conference Proceedings*. Edited by Bechtel, P.J. University of Alaska, Fairbanks: Alaska Sea Grant Program, p.p. 247–263.
- Shi, Y.H., Zhu, Y., & et al. (2016).** Antioxidant and anti-inflammatory activities of sea cucumber polysaccharides. *Journal of Functional Foods*, 23, p.p. 78–89.
- Spiegel, D.V. & Jangoux, M. (2007).** Inhibition of calcification in echinoderms. *Marine Ecology Progress Series*, 239, pp. 75–85.
- Surh, J. & Decker, E.A. (2006).** Emulsifying properties of gelatin. *Food Science and Technology*, 11(2), p.p. 115–124.
- Tabarestani, H.S., Maghsoudlou, Y., & et al. (2010).** Optimization of physico-chemical properties of gelatin extracted from fish skin of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Bioresource Technology*, 101(15), p.p. 6207–6214.
- Toral-Granda, M.V. (2006a).** Fact sheets and identification guide for commercial sea cucumber species. *SPC Bêche-de-mer Information Bulletin*, 24, p.p. 49–52.
- Toral-Granda, V., Lovatelli, A. & Vasconcellos, M. (2008).** *Sea Cucumbers. A Global Review on Fishery and Trade*. FAO Fisheries Technical Paper No. 516. Rome:FAO.
- Toral-Granda, V., Lovatelli, A. & Vasconcellos, M. (2009).** Etat des stocks et commerce mondial des holothuries. *Bulletin de la CPS La bêche-de-mer*, 28, p.p. 4–6.
- Tortonese, E. & Vadon, C. (1987).** Oursin et Holothuries (Echinodermes) in fiche FAO nomenclature des espèces pour les besoins de pêche Révision I. Méditerranée, Mer Noire zone de pêche, 37, p.p. 715–739.
- Uthicke, S. (1999).** Sediment bioturbation and impact of feeding activity of *Holothuria* (*Halodeima*) *atra* and *Stichopus chloronotus*, two sediment feeding holothurians, at Lizard Island, Great Barrier Reef. *Bulletin of Marine Science*, 64, p.p. 129–141.
- Uthicke, S. (2001c).** Interactions between sediment-feeders and microalgae on coral reefs: Grazing losses versus production enhancement. *Marine Ecology Progress Series*, 210, p.p. 125–138.
- Ward, A.G. (1977).** Gelatin and its properties. *Journal of Food Science*, 42(5), p.p. 1202–1208.
- Wen, J., Hua, C. & Fan, S. (2010).** Chemical composition and nutritional quality of sea cucumbers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(14), p.p. 2469–2474.

**Wilkie, I.C. (2005).** Mutable collagenous tissue: overview and perspectives. In: Matranga, V. (ed.) Echinodermata. Progress in molecular and subcellular biology. Marine molecular biotechnology, vol 5. Springer, Berlin, p.p. 221–250.

**Winarno, F.G. (2004).** Food Chemistry and Nutrition. Fourth print. Jakarta: Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama.

**Woodby, D., Smiley, S. & Larson, R. (2000).** Depth and habitat distribution of *Parastichopus californicus* near Sitka, Alaska. Alaska Fishery Research Bulletin, 7, p.p. 22–32.

**Yamanouchi, T. (1939).** Ecological and physiological studies on the holothurians in the coral reefs of Palao Islands. Studies on Palao Tropical Biology, 4, p.p. 603–636.

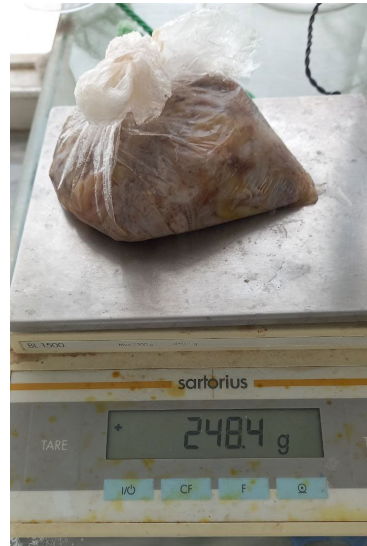
**Yin, H., Huang, S., & et al. (2019).** Sea cucumber polysaccharides: Extraction, bioactivities, and industrial applications. Marine Drugs, 17(6), p.328

**Zamora-Sillero Juan. Mateus Tavares. & et al. (2018).** Effect of Dietary Common Carp by Product Protein Hydrolysates on Antioxidant Status in Different Organs of Zebrafish (*Danio Rerio*). p.p.1-9.

# **ANNEXES**



**Figure 1** : pesage de la chair + peaux



**figure 2** : pesage de viscères



**Figure 3** : éviscération de concombre de mer



**Figure 4** : Symbiose entre le concombre de mer et le poisson-perle (*Carapidae*), découvert par coïncidence lors de l'éviscération du concombre de mer.

Le BMC :

## Carte d'information

### 1. Equipe de travail :

L'équipe de travail est constituée de :

➤ **MOKRANE Zakia**

- ✓ Enseignante/ Chercheur
- ✓ spécialité : océanographie
- ✓ A encadrer et suivi les étudiantes dans la réalisation de l'idée de projet

➤ **KORD Affaf**

- ✓ Chercheur
- ✓ spécialité : Biologie
- ✓ A encadrer et suivi les étudiantes dans la réalisation de l'idée de projet

➤ **MEKHELDI Bochra :**

- ✓ Etudiante en 3ème année 2ème cycle
- ✓ Spécialité Biotechnologie Marine
- ✓ A suivi la formation sur l'entrepreneuriat et création d'entreprise dans l'incubateur BlueStart de l'ENSSMAL

➤ **KADRI Yasmine :**

- ✓ Etudiante en 3ème année 2ème cycle
- ✓ Spécialité Biotechnologie Marine
- ✓ A suivi la formation sur l'entrepreneuriat et création d'entreprise dans l'incubateur BlueStart de l'ENSSMAL

### 2. Description du Projet :

Notre projet consiste à établir une ferme marine spécialisée dans l'élevage de concombres de mer, avec pour objectif principal la production de **TreponGo**, une marque de bêche-de-mer (trepan) de haute qualité, destinée aux marchés asiatiques tels que la Chine, Hong Kong, et le Japon. L'élevage se déroulera en milieu marin, sans infrastructures lourdes, en utilisant des filets à petites mailles pour contenir les juvéniles, qui deviendront des adultes pesant environ

350 g. Après séchage, chaque individu perd environ 90 % de sa masse pour devenir un produit de qualité exportable sous la marque **TreponGo**.

En plus de son usage culinaire, **TreponGo** est reconnu pour ses propriétés nutritionnelles exceptionnelles, étant riche en protéines, en antioxydants, et en nutriments bénéfiques pour la santé. Ces qualités attirent l'intérêt de l'industrie pharmaceutique, cosmétique, et agroalimentaire, qui voient dans **TreponGo** un ingrédient aux multiples applications.

Le projet vise à produire **300 kg de TreponGo** par cycle afin de répondre à la demande croissante à l'international, tout en explorant les opportunités sur le marché local. En parallèle, nous développons des partenariats clés pour assurer un approvisionnement durable en juvéniles, ainsi que pour optimiser la chaîne logistique et de distribution, garantissant ainsi la qualité et la traçabilité de **TreponGo**.

**Domaine d'activité** : l'agriculture aquatique et la biotechnologie marine.

**Statut juridique** : SARL

**Nom commercial** : TreponGo

### **3. L'objectif de notre projet**

L'objectif de notre projet est de maximiser la valeur des coproduits de concombre de mer en développant des procédés innovants pour extraire et transformer des produits de haute valeur tels que la gélatine, les hydrolysats protéiques, et la farine. En parallèle, le projet vise à établir une production durable de bêche-de-mer (trepang) pour l'exportation et le marché local. Ce projet aspire également à explorer de nouveaux marchés internationaux, notamment en Asie, tout en contribuant à la durabilité de l'aquaculture et en renforçant l'impact économique local à travers des pratiques responsables et des opportunités économiques.

### **4. L'importance du projet et la valeur nutritionnelle de la bêche de mer :**

La bêche-de-mer est un produit hautement recherché sur les marchés internationaux, notamment en Asie, où elle est utilisée comme ingrédient clé dans la cuisine gastronomique et dans la médecine traditionnelle. Notre projet répond à une demande croissante pour ce produit en raison de ses propriétés nutritionnelles et médicinales exceptionnelles. En effet, la bêche-de-mer contient une teneur élevée en protéines (jusqu'à 70 % de son poids sec), faisant d'elle une source protéique de haute qualité. Elle est également riche en minéraux essentiels, tels que le calcium, le magnésium, le zinc et le fer, qui contribuent au bon fonctionnement du corps humain.

En plus de sa valeur nutritive, la bêche-de-mer est appréciée pour ses propriétés antioxydantes, qui jouent un rôle important dans la prévention du vieillissement cellulaire et des maladies inflammatoires. Ces qualités font de la bêche-de-mer un ingrédient attractif non seulement pour

le secteur alimentaire, mais également pour les industries pharmaceutiques et cosmétiques, qui cherchent à l'exploiter pour des produits de santé, de suppléments nutritionnels et de soins de la peau.

Notre projet se positionne ainsi à la croisée de plusieurs marchés en pleine expansion, tout en contribuant à la valorisation des ressources marines locales, un enjeu majeur pour le développement durable et l'économie bleue.



Figure : bêche de mer commercialisé

## 5. Origine et Signification du Nom TreponGo

Nous avons choisi de nommer notre produit TreponGo pour refléter à la fois sa nature et sa vocation internationale. Trepon fait référence à "trepang", le terme couramment utilisé pour la bêche-de-mer séchée, très prisée sur les marchés asiatiques. Le suffixe Go symbolise le mouvement et l'exportation, soulignant que notre produit est destiné à voyager vers des marchés internationaux, notamment la Chine, Hong Kong et le Japon. De plus, la prononciation de TreponGo est simple et proche des langues de nos marchés cibles, facilitant ainsi son adoption et sa reconnaissance dans ces régions.

## 6. Logo et emballage de produit :



## 7. Code d'activité :

Le code d'activité de notre projet est 701101 comme il apparaît dans la figure suivante depuis le site CNRC :

### Résultat de la Recherche

- Les activités règlementées sont représentées en couleur verte
- les activités non autorisées à l'inscription au registre du commerce sont représentées en couleur rouge.

1 activité (s) trouvée (s).

Code	Libellé	Détail
701101	EXPORTATION DES PRODUITS AGROALIMENTAIRES.	

## 8. Le planning de réalisation du projet

Les tâches / Mois	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
Etude préalable : préparation des documents nécessaires	×										
Commande des équipements	×										
Construction d'un siège de production		×									
Installation des équipements		×									
Achat de matières premières			×								
Réalisation du projet et la production				×	×	×	×	×	×	×	
Vendre le produit											×

## 9. L'intensité de la concurrence

À l'échelle internationale, le marché de la bêche de mer est fortement dominé par des producteurs asiatiques, notamment en Chine et Indonésie, ce qui crée une forte concurrence en termes de prix et de qualité. Toutefois, les barrières à l'entrée, comme la maîtrise de l'aquaculture marine et l'accès à des fournisseurs de juvéniles, peuvent limiter l'arrivée de nouveaux acteurs.

Par ailleurs, la demande croissante pour les produits marins de haute qualité, notamment en Asie, réduit l'intensité de la concurrence face à une offre encore limitée. Une stratégie de différenciation, axée sur la qualité ou des pratiques durables, permettrait de se démarquer et de

cibler des marchés spécifiques. Sur le plan local, la concurrence est relativement faible, ce qui laisse de la place à de nouveaux acteurs pour s'imposer dans le secteur.

## **10.Segments de clients:**

Restaurants Spécialisés dans les Fruits de Mer :

Ciblent des établissements gastronomiques de haute gamme, recherchant des produits marins de luxe pour enrichir leurs menus.

### ➤ **Distributeurs de Produits de Mer :**

Incluent les marchés et entreprises spécialisés dans la distribution en gros de produits de mer, qui fournissent aux détaillants et restaurants.

### ➤ **Consommateurs Locaux :**

Comprend les marchés alimentaires et épiceries fines dans les villes côtières algériennes, intéressés par des produits locaux et de qualité.

### ➤ **Importateurs Asiatiques :**

Regroupe les entreprises et associations responsables de l'importation de produits de mer en Chine, Hong Kong, et au Japon.

### ➤ **Secteur Pharmaceutique :**

Inclut les laboratoires qui explorent les propriétés thérapeutiques des produits marins pour les intégrer dans des compléments alimentaires ou médicaments.

### ➤ **Secteur Cosmétique :**

Englobe les entreprises cosmétiques utilisant des ingrédients marins pour créer des produits anti-âge et hydratants.

### ➤ **Secteur Agroalimentaire :**

Comprend les grandes entreprises agroalimentaires intéressées par l'intégration de bêche-de-mer dans des produits alimentaires enrichis ou des compléments nutritionnels.

## **11.Proposition de valeur**

### ➤ **Valeur Nutritionnelle Élevée :**

La bêche-de-mer est riche en protéines de haute qualité, offrant une excellente source de nutriments essentiels. Il contient également des antioxydants naturels qui contribuent à la protection contre les radicaux libres, ainsi que des minéraux et des vitamines bénéfiques pour la santé. Ce profil nutritionnel fait du bêche-de-mer un ajout précieux à une alimentation équilibrée et saine.

### ➤ **Produits de haute qualité :**

Offre du bêche-de-mer (trepang) de haute qualité, soigneusement élevé et transformé. Le processus de production inclut des étapes rigoureuses de nettoyage, blanchiment, et séchage pour garantir un produit pur et premium.

➤ **Durabilité et éthique :**

Adoption de pratiques d'élevage durable en milieu marin, minimisant l'impact écologique et favorisant des méthodes responsables. L'engagement envers des pratiques éthiques assure la pérennité de l'environnement marin.

➤ **Fraîcheur et authenticité :**

Produit localement avec un contrôle rigoureux de la qualité pour garantir la fraîcheur et l'authenticité. La bêche-de-mer est emballée de manière à conserver ses qualités organoleptiques et nutritives.

➤ **Valorisation des ressources locales :**

Soutien à l'économie locale en utilisant des ressources régionales et en créant des emplois. Le projet contribue au développement économique de la région côtière par une activité aquacole innovante.

➤ **Adaptation aux marchés internationaux :**

Répond aux besoins spécifiques des marchés asiatiques (chine, hong kong, japon) avec des produits conformes aux normes et préférences locales. Offre des produits compétitifs qui se distinguent par leur qualité.

➤ **Réponse aux besoins locaux :**

Fournit des produits adaptés au marché local, incluant des restaurants spécialisés dans les fruits de mer et d'autres consommateurs locaux. La proximité permet des livraisons plus rapides et un meilleur service client.

**12. Canaux de distribution :**

Cette composante concerne les différents canaux par lesquels ton entreprise communiquera avec ses clients et leur fournira ses produits ou services. Les moyens de distribution des services proposés par notre entreprise incluent :

1. Participer à des conférences et salons professionnels pour promouvoir nos services.
2. Utiliser un site web informatif.
3. Utiliser des plateformes comme Amazon, eBay, etc., pour atteindre une audience plus large.
4. Vendre via des boutiques intégrées sur Facebook, Instagram, etc.
5. Collaborer avec des professionnels de la santé qui peuvent recommander vos produits à leurs patients (Médecins, nutritionnistes et Pharmacies)

6. Travailler avec des influenceurs pour promouvoir les produits sur les réseaux sociaux et autres plateformes.

7. Proposer les produits dans des établissements de soins et de bien-être.

### **13. Relations Clients**

#### **▪ Support Client Personnalisé :**

Fournir une assistance personnalisée pour les commandes, des conseils sur l'utilisation du produit, et un support après-vente pour les clients locaux et internationaux.

#### **▪ Service Client Attentionné :**

Offrir un service attentif pour répondre aux besoins spécifiques de chaque client, avec des conseils sur l'utilisation et la préparation de la bêche-de-mer.

#### **▪ Support Technique et Consultatif :**

Proposer une assistance technique aux restaurants spécialisés pour optimiser l'utilisation de la bêche-de-mer dans leurs plats et garantir une qualité élevée.

#### **▪ Communication Continue :**

Maintenir une communication régulière à travers divers canaux (emails, téléphone, visites) pour informer les clients des nouvelles offres, promotions, et changements éventuels.

#### **▪ Programmes de Fidélité et Avantages :**

Mettre en place des programmes de fidélité pour récompenser les clients réguliers avec des réductions, des promotions exclusives ou des échantillons gratuits, favorisant ainsi une fidélité à long terme.

#### **▪ Gestion des Retours et Réclamations :**

Établir un processus efficace pour gérer les retours et les réclamations, en répondant rapidement aux préoccupations des clients pour garantir leur satisfaction et leur confiance.

#### **▪ Feedback et Amélioration Continue :**

Encourager les clients à fournir des retours pour améliorer la qualité du produit et le service client, en ajustant les offres en fonction des besoins et attentes des clients.

#### **▪ Éducation et Sensibilisation :**

Organiser des ateliers ou des séances d'information pour éduquer les clients sur les bienfaits nutritionnels de la bêche-de-mer et sur les pratiques d'élevage durable.

### **14. Flux de revenus :**

**Vente directe de trévang :** vente du produit principal, le trévang, à des clients locaux et internationaux.

**Paiement en espèces :** adapte aux clients qui préfèrent payer directement en espèces, en particulier lors d'achats locaux.

**Paiement en ligne** : option de paiement via un site web e-commerce pour les clients ayant la possibilité de payer en ligne, facilitant ainsi les transactions à distance.

**Paiement par chèque** : spécifiquement pour les pharmacies et épiceries qui préfèrent ce mode de paiement traditionnel.

**Paiement échelonné** : option de facilités de paiement pour les commandes importantes effectuées via le site web, permettant aux clients de régler en plusieurs fois.

**Revenus issus du recyclage des déchets** : valorisation des viscères et autres déchets issus du processus de transformation, en les vendant pour des usages industriels ou autres.

## **15. Ressources Clés**

### **❖ Ressources Humaines**

- Personnel Qualifié : Biologistes marins, techniciens en aquaculture, et personnel de gestion expérimenté dans l'élevage et la transformation des concombres de mer.

- Équipe de Support : Personnel pour le service client, le support technique, et la gestion des relations clients.

### **❖ Ressources Matérielles**

- Équipements d'Élevage : Filets à petites mailles pour contenir les juvéniles, outils pour le suivi de la santé des concombres de mer, et dispositifs pour l'entretien des enclos marins.

- Installations de Transformation : Équipements pour le séchage et le conditionnement de la bêche-de-mer, ainsi que pour le stockage avant expédition.

### **❖ Ressources Financières**

- Capital d'Investissement : Fonds nécessaires pour la mise en place de l'infrastructure, l'achat de matériels, et le démarrage des opérations.

- Financement Familial et Subventions : Soutien financier de la famille et éventuelles subventions ou aides gouvernementales pour les projets d'aquaculture durable.

### **Ressources Technologiques**

- Technologies de Suivi : Systèmes de surveillance pour contrôler les conditions de l'élevage (température, salinité, etc.).

- Technologie de Transformation : Équipements spécialisés pour le séchage et la transformation de la bêche-de-mer.

### **❖ Ressources Naturelles**

- Accès à l'Espace Marin : Zones côtières appropriées pour l'élevage des concombres de mer.

- Qualité de l'Eau : Conditions maritimes adaptées pour garantir la santé et la croissance optimale des concombres de mer.

## ❖ **Ressources Relationnelles**

- Partenariats : Relations avec les fournisseurs de juvéniles, les distributeurs, et les clients potentiels dans les marchés locaux et internationaux.

- Réseau de Distribution : Canaux pour la distribution de la bêche-de-mer, y compris les contacts avec les restaurants spécialisés et les importateurs.

## **16. Activités Clés**

### ▪ **Installation des Structures d'Élevage :**

Mise en place des filets à petites mailles et des systèmes de fixation dans le milieu marin. Assurer que les structures sont sécurisées et adaptées aux conditions maritimes.

### ▪ **Acquisition et Transport des Juvéniles :**

Obtention des juvéniles de concombres de mer, organisation de leur transport et introduction dans les enclos marins.

### ▪ **Surveillance et Gestion de l'Environnement Marin :**

Surveillance régulière des paramètres de l'eau (température, salinité, oxygène dissous) et gestion des conditions environnementales pour assurer le bien-être des concombres de mer.

### ▪ **Alimentation et Soins des Concombres de Mer :**

Fourniture d'une alimentation adéquate et surveillance de la santé des concombres de mer. Réalisation des interventions nécessaires en cas de besoins spécifiques ou de problèmes de santé.

### ▪ **Maintenance des Équipements :**

Entretien des filets, des matériaux de fixation et de tout autre équipement utilisé dans l'élevage pour garantir leur bon fonctionnement.

### ▪ **Récolte des Concombres de Mer :**

Collecte des concombres de mer lorsqu'ils ont atteint une taille et une maturité appropriées.

### ▪ **Production de Bêche-de-Mer (Trepang) :**

Traitement des concombres de mer pour produire de la bêche-de-mer. Ce processus inclut le lavage, le blanchiment, le séchage et l'emballage. Il peut nécessiter des installations spécifiques pour le séchage et la conservation.

### ▪ **Emballage :**

Choix des matériaux d'emballage appropriés pour préserver la qualité du produit, étiquetage conforme aux normes de sécurité alimentaire, et préparation pour le transport.

Suivi et Évaluation :

Évaluation continue des performances du système d'élevage, y compris le taux de croissance des concombres de mer et l'efficacité des pratiques de production. Ajustements et améliorations en fonction des résultats observés.

▪ **Commercialisation et Vente :**

Développement de stratégies de commercialisation et de vente des produits (bêche de mer) aux clients cibles, y compris les restaurants spécialisés et les marchés internationaux.

**17. Partenaire clés :**

**Indian ocean trepang (IOT)**

Est effectivement un fournisseur bien établi dans le domaine de l'aquaculture des concombres de mer. Basée à Madagascar, cette entreprise est spécialisée dans l'élevage et la production de trepang, en mettant l'accent sur des espèces comme *holothuria scabra* (concombre de mer sable). IOT pourrait être un excellent partenaire pour fournir des juvéniles et t'aider à mettre en place ton projet d'élevage, étant donné leur expertise dans ce domaine.

**Le CNRDPA**

Peut être un partenaire clé en offrant un soutien technique et scientifique précieux. Leur expertise en aquaculture et leurs infrastructures de recherche peuvent t'aider à optimiser les méthodes d'élevage et à développer ton projet de manière durable, même s'ils ne fournissent pas de juvéniles eux-mêmes.

**L'ENSSMAL**

(École nationale supérieure des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral).

En tant qu'institution académique, elle peut offrir un soutien scientifique, des ressources de recherche, et une expertise technique en biotechnologie marine. De plus, l'ENSSMAL peut fournir des opportunités de collaboration avec des chercheurs et des étudiants, ainsi que des équipements de laboratoire pour le développement et l'optimisation de ton projet d'élevage de concombres de mer.

**Financement familial**

En particulier les contributions des parents, joue un rôle crucial en tant que partenaire dans le projet d'élevage de concombres de mer. Ce soutien financier permet de couvrir les coûts initiaux liés à l'achat des équipements, des matériaux et à la mise en place du système d'élevage en milieu marin. En tant que partenaire, la famille contribue non seulement aux aspects financiers, mais offre également un soutien moral et stratégique, renforçant la base du projet et facilitant sa réalisation.

**Société Algérienne des Matériaux de Pêche (SAMP)**

Propose des équipements divers pour la pêche et l'aquaculture, incluant des filets et autres accessoires pour l'élevage marin.

Partenaires clés	Activités Clés	Propositions de valeur	Relation Client	Segments clients
<p><b>1. Indian Ocean Trepang (IOT) :</b> Fournisseur des juvéniles de concombres de mer, spécialisé dans l'aquaculture de l'espèce <i>Holothuria scabra</i>.</p> <p><b>2. CNRDPA :</b> Apporte un soutien technique et scientifique pour optimiser les méthodes d'élevage en Algérie.</p> <p><b>3. ENSSMAL :</b> Fournit un soutien académique et scientifique, des ressources en recherche et des collaborations avec des experts en biotechnologie marine.</p> <p><b>4. Financement familial :</b> Crucial pour couvrir les coûts initiaux du projet, avec un soutien financier et moral.</p> <p><b>5. Société Algérienne des Matériaux de Pêche (SAMP) :</b> Fournisseur d'équipements pour l'aquaculture, notamment des filets et accessoires pour l'élevage en mer.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Installation des Structures d'Élevage</li> <li>2. Acquisition et Transport des Juvéniles</li> <li>3. Surveillance et Gestion de l'Environnement Marin</li> <li>4. Alimentation et Soins des Concombres de Mer</li> <li>5. Maintenance des Équipements</li> <li>6. Récolte des Concombres de Mer</li> <li>7. Production de Bêche-de-Mer (Trepang)</li> <li>8. Emballage</li> <li>9. Suivi et Évaluation des performances du système d'élevage</li> <li>10. Commercialisation et Vente</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La bêche-de-mer offre une <b>valeur nutritionnelle élevée</b> riche en protéines, antioxydants, vitamines et minéraux.</li> <li>2. Produits de <b>haute qualité</b> avec un processus de production rigoureux.</li> <li>3. <b>Durabilité</b> à travers des pratiques d'élevage respectueuses de l'environnement.</li> <li>4. <b>Adaptation aux marchés internationaux</b> asiatiques et réponse aux besoins locaux.</li> <li>5. Produit <b>local, frais et authentique</b> avec un contrôle rigoureux de la qualité.</li> <li>6. <b>Valorisation des ressources locales</b> et création d'emplois régionaux.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Support Client Personnalisé</li> <li>2. Service Client Attentionné</li> <li>3. Support Technique et Consultatif</li> <li>4. Communication Continue</li> <li>5. Programmes de Fidélité et Avantages</li> <li>6. Gestion des Retours et Réclamations</li> <li>7. Feedback et Amélioration Continue</li> <li>8. Éducation et Sensibilisation</li> </ol>	<p><b>1. Restaurants spécialisés dans les fruits de mer</b> recherchant des produits de luxe comme la bêche-de-mer.</p> <p><b>2. Distributeurs de produits de mer</b> vendant en gros aux détaillants et restaurants.</p> <p><b>3. Consommateurs locaux</b> via marchés alimentaires et épiceries fines.</p> <p><b>4. Importateurs asiatiques</b> en Chine, Hong Kong, Japon.</p> <p><b>5. Secteurs pharmaceutique, cosmétique, et agro-alimentaire</b> intégrant la bêche-de-mer dans leurs produits.</p>
	<p><b>Ressources clés :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Personnel Qualifié :</b> Biologistes marins, techniciens en aquaculture, et personnel de gestion, le service client, le support technique, et la gestion des relations clients.</li> <li>2. Équipements d'Élevage et de transformation</li> <li>3. Capital d'Investissement</li> <li>4. <b>Ressources Technologiques</b> de Suivi et de Transformation</li> <li>5. Accès à l'Espace Marin</li> <li>6. <b>Ressources Relationnelles</b></li> <li>7. Réseau de Distribution</li> </ol>		<p><b>Canaux de distribution :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Participer à des conférences et salons professionnels.</li> <li>2. Utiliser un site web et plateformes comme Amazon, eBay, etc.</li> <li>3. des boutiques intégrées dans les réseaux sociaux</li> <li>5. Collaborer avec des professionnels de la santé</li> <li>6. Travailler avec des influenceurs.</li> <li>7. Proposer les produits dans des établissements de soins et de bien-être.</li> </ol>	

Structure de couts	Flux de revenus
<p><b>Coûts récurrents (par mois) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Location de l'espace marin : 60 000 DZD</li> <li>• Surveillance et gestion de l'environnement marin : 120 000 DZD</li> <li>• Alimentation et soins : 150 000 DZD</li> <li>• Maintenance des équipements : 25 000 DZD</li> <li>• Récolte : 16 667 DZD</li> <li>• Production de bêche-de-mer : 40 000 DZD</li> <li>• Emballage : 40 000 DZD</li> <li>• Marketing et vente : 40 000 DZD</li> <li>• Coûts financiers : 25 000 DZD</li> <li>• Coûts de gestion : 50 000 DZD</li> <li>• Électricité : 10 000 DZD</li> </ul> <p><b>Total des coûts récurrents mensuels : 576 667 DZD</b></p> <p><b>Coûts non récurrents (ajoutés au premier mois) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Installation des structures d'élevage : 1 500 000 DZD</li> <li>• Acquisition et transport des juvéniles : 428 550 DZD</li> <li>• Achat du four de séchage : 1 500 000 DZD</li> </ul> <p><b>Total des coûts non récurrents : 3 428 550 DZD</b></p> <p><b>Total des coûts :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Premier mois (avec coûts non récurrents) :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Coûts récurrents : 576 667 DZD</li> <li>○ Coûts non récurrents : 3 428 550 DZD</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Total premier mois : 4 005 217 DZD</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mois suivants (seulement avec coûts récurrents) : 576 667 DZD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Vente directe</b> de trévang aux clients locaux et internationaux.</li> <li>- Paiement <b>en espèces</b> pour les clients locaux préférant ce mode.</li> <li>- Paiement en ligne via un <b>site e-commerce</b> pour faciliter les transactions à distance.</li> <li>- Paiement <b>par chèque</b> pour les pharmacies et épiceries utilisant ce mode traditionnel.</li> <li>- Paiement <b>échelonné</b> pour les grosses commandes, avec règlement en plusieurs fois.</li> <li>- <b>Revenus supplémentaires</b> grâce à la valorisation des déchets (viscères, etc.) pour des usages industriels.</li> </ul>

