

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République algérienne démocratique et populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب  
Université–Ain Temouchent – Belhadj Bouchaib Faculté science et technologie  
Département science de la nature et de vie



Projet de Fin d'Etudes  
**Dans le cadre de l'arrêté ministériel 1275**  
**«Un diplôme, une startup ou brevet d'invention»**  
Pour l'obtention du diplôme de Master  
Filière : Science biologiques  
Spécialité : Biochimie - Master 2

Thème

**Valorisation des produits et co-produits marins de la région  
d'aintemouchent pour l'obtention de biomolécules à usage  
alimentaire et/ou cosmétique.**

Soutenu le 16/06/2025

**Présenté Par :**

Melle. BENYETTOU Nour el Houda

**Devant le jury composé de :**

Mr. BENNABI FARID	MCA	U. Ain Témouchent	Président
Mr. BENYAMINA SOFIANE	MCB	U. Ain Témouchent	Examinateur
Mme. BENHABIB OUASSILA	MCA	U. Ain Témouchent	Encadrante
Mr. HANDAOUI MAHFOUD		U. Ain Témouchent	Co-Encadrant
Pr. BOUZIANE RAHMANI HADJER		U. Ain Témouchent	Représentant de l'incubateur
Mme. HASCAR FERIEL			Partenaire socioéconomique

*Année Universitaire 2024/2025*

# *Remerciements*

Avant tout, nous remercier **ALLAH** tout puissant qui nous a donné la force, le courage et la patience pour bien faire ce travail.

Un grand merci à *mes chers parents* qui m'ont accompagné tout au long de ma vie.

A ma maître et directrice de mémoire **Mme Benhabib Ouassila** maitre de conférences A, à l'université d'Ain Temouchent.

Cher maître, je suis très touché par la gentillesse avec laquelle vous m'avez toujours reçu, vos conseils et la clarté de vos enseignements. Veuillez croire cher maître, en l'expression de ma profonde gratitude. Je vous remercie pour la confiance que vous me faites en ma confiant ce travail. J'ai pu apprécier pendant cette période dans votre service, vos conseils, votre simplicité, je vous prie d'accepter l'expression de ma profonde gratitude.

A mon maître et président du jury, **Mr BENNABI Farid**

Cher maître, c'est un grand honneur que vous me faite en acceptant la présidence de ce jury. J'ai pu apprécier la qualité de vos enseignements et vos qualités intellectuelles font de vous un maître exemplaire. Veuillez accepter cher maître toute ma reconnaissance.

A mon maître et examinateur du jury, **Mr BENYAMINA Sofiane**

Cher maître, j'ai été très séduite par votre amabilité. Vos qualités intellectuelles et vos capacités pédagogiques sûres font de vous un modèle de maître souhaité par tout étudiant. En témoignage de ma reconnaissance infinie, je vous prie d'accepter l'expression de ma gratitude.

A mon maître et mon co-encadrant, **Mr HANDAOUI Mahfoud**

Cher maître, je vous remercie profondément pour votre extrême gentillesse, vos conseils et votre accueil, pour vos formations honorables. Veuillez accepter cher maître toute ma reconnaissance.

Enfin, je tenant à remercier toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire de fin d'étude, je vous dis : **MERCI**

## Résumé

Les coproduits issus de la pêche, encore largement sous-exploités, représentent une source précieuse de biomolécules notamment le collagène. Parmi ces coproduits, les cartilages et les arêtes se distinguent par leur richesse en collagène, une protéine utilisée dans les domaines de la santé, de la cosmétique et de l'agroalimentaire. Cette étude s'inscrit dans une démarche de valorisation durable des déchets organiques issus des poissonneries de la région d'AïnTémouchent (Algérie), en ciblant particulièrement l'extraction de collagène marin à partir du cartilage de raie bouclée (*Raja clavata*).

L'extraction a été réalisée par une méthode combinant un traitement acide et une hydrolyse enzymatique à la pepsine. Les échantillons obtenus ont été caractérisés par des analyses physico-chimiques comme la viscosité, le taux d'humidité et le pH, puis soumis à une lyophilisation. Par ailleurs, des tests microbiologiques ont été effectués pour évaluer l'activité antibactérienne et antifongique des hydrolysats de collagène.

Le collagène obtenu présentait une humidité résiduelle faible de 6,2 % et un pH de 5, ainsi qu'une viscosité comparables à ceux rapportés dans la littérature pour des collagènes marins de bonne qualité.

Les résultats ont révélé une activité antifongique contre *Candida albicans*, tandis que l'effet antibactérien contre *Staphylococcus aureus* est faible en comparaison avec un collagène commercial utilisé. Ces résultats confirment le potentiel du cartilage de *Raja clavata* comme source efficace de collagène marin.

Ce travail ouvre des perspectives concrètes pour le développement d'une startup axée sur la valorisation des déchets de poissonnerie.

**Mots clés :** Co-produits marins, *Raja clavata*, Valorisation, Extraction, Hydrolyse enzymatique, Biotechnologie bleue.

## Abstract

Fish co-products, still largely underutilized, represent a valuable source of biomolecules, particularly collagen. Among these by-products, cartilage and bones stand out for their high collagen content a protein widely used in healthcare, cosmetics, and the food industry. This study is part of a sustainable approach to valorizing organic waste from fish markets in the AïnTémouchent region (Algeria), with a specific focus on extracting marine collagen from the cartilage of the thornback ray (*Raja clavata*).

The extraction was carried out using a method combining acid treatment and enzymatic hydrolysis with pepsin. The resulting samples were characterized through physicochemical analyses, including viscosity, moisture content, and pH, and then underwent lyophilization. In addition, microbiological tests were conducted to evaluate the antibacterial and antifungal activity of the collagen hydrolysates.

The extracted collagen exhibited a low residual moisture content of 6.2%, a pH of 5, and a viscosity level comparable to those reported in the literature for high-quality marine collagens.

The results revealed significant antifungal activity against *Candida albicans*, while the antibacterial effect against *Staphylococcus aureus* was weak compared to that of a commercial collagen reference. These findings highlight the potential of *Raja clavata* cartilage as an effective raw material for marine collagen production.

This work opens practical perspectives for the development of a startup dedicated to the valorization of fishery waste.

**Keywords :** Marine co-products, *Raja clavata*, Valorization, Extraction, Enzymatic hydrolysis, Blue biotechnology.

## ملخص

تمثل المنتجات الثانوية الناتجة عن صيد الأسماك، والتي لا تزال غير مستغلة إلى حد كبير، مصدرًا قيمًا للجزيئات الحيوية بما في ذلك الكولاجين. ومن بين هذه المنتجات الثانوية، تتميز الغضاريف والعظام بترائها بالكولاجين، وهو بروتين يستخدم في مجالات الصحة ومستحضرات التجميل والأغذية الزراعية. تعد هذه الدراسة جزءًا من عملية التثمين المستدام للنفايات العضوية الناتجة عن محلات الأسماك في منطقة عين تموشنت (الجزائر)، والتي تستهدف بشكل خاص استخراج الكولاجين البحري من غضروف الشعاع المجعد (راجا كلافاتا).

تم إجراء الاستخلاص بطريقة تجمع بين المعالجة الحمضية والتحلل الأنزيمي للبيبين. وتم تشخيص العينات التي تم الحصول عليها بالتحليلات الفيزيائية والكيميائية مثل اللزوجة ومحتوى الرطوبة ودرجة الحموضة، ثم تم إخضاعها للتجفيف بالتجميد. علاوة على ذلك، تم إجراء اختبارات ميكروبيولوجية لتقييم النشاط المضاد للبكتيريا والفطريات لهيدروليبسات الكولاجين.

يحتوي الكولاجين الذي تم الحصول عليه على رطوبة متبقية منخفضة تبلغ 6.2% ودرجة حموضة تبلغ 5، بالإضافة إلى لزوجة متوافقة مع المتطلبات الصناعية. وكشفت النتائج عن نشاط مضاد للفطريات كبير ضد المبيضات البيضاء، في حين أن التأثير المضاد للبكتيريا ضد المكورات العنقودية الذهبية منخفض مقارنة بالكولاجين التجاري المستخدم. وتؤكد هذه النتائج إمكانات غضروف راجا كلافاتا كمصدر فعال للكولاجين البحري. يفتح هذا العمل آفاقًا ملموسة لتطوير شركة ناشئة تركز على تثمين نفايات الأسماك.

## الكلمات المفتاحية

المنتجات البحرية الثانوية، راجا كلافاتا، التثمين، الاستخلاص، التحلل الأنزيمي، التكنولوجيا الحيوية الزرقاء.

## Liste des abréviations

**FAO** : Food Agriculture Organisation.

**UPN** : Utilisation protéique Nette.

**CEE** : Communauté Economique Européenne.

**CNRDPA** : Centre National de Développement de la Pêche et Aquaculture.

*S.aureus* : *Staphylococcus aureus*.

*E.coli* : *Escherichia coli*.

**%** : Pourcentage.

**UV** : Ultraviolet.

**°C** : Degré Celsius.

**Å** : Angström.

**A** : Absorbance.

**$\alpha$**  : alpha.

**mPa·s** : Millipascal Second.

**p/v** : Pression / Volume.

**g** : force centrifuge relative.

**$\lambda$**  : lambda.

**tr/min** : tours par minute.

**h** : heure.

**min** : minute.

**M** : Molarité.

**Kg** : kilogramme.

**g** : gramme.

**Mg** : milligramme.

**µg** : microgramme.

**Cm** : Centimètre.

**Mm** : millimètre.

**Nm** : nanomètre.

**mL** : Millilitre.

**µL** : Microlitre.

**TCAC** : Taux de Croissance Annuel Composé.

## Liste des figures

Figure 1 : Raie brunette ( <i>Raja undulata</i> ).....	4
Figure 2 : Raie bouclée ( <i>Raja clavata</i> ).....	5
Figure 3 : Productions des coproduits par activité .....	8
Figure 4 : Principaux coproduits issus de poisson .....	9
Figure 5 : Proportions des différentes voies de valorisation des coproduits d'origine marine	11
Figure 6 : Structure hiérarchique du tendon .....	12
Figure 7 : Synthèse du collagène .....	13
Figure 8 : Structure du collagène .....	14
Figure 9 : Hydrolyse et dénaturation du collagène en gélatine.....	16
Figure 10 : Cartilage traité par hydrolyse acide .....	25

## Liste des tableaux

TABLEAU I : Utilisation de la production mondiale de poisson (En millions de tonnes).....	6
TABLEAU II : Utilisation potentielle des coproduits de poissons.....	10

# Sommaire

## Liste des abréviations

## Liste des figures

## Liste des tableaux

Introduction .....	1
--------------------	---

### Synthèse Bibliographique

1. Aquaculture en Algérie .....	3
2. Généralités sur la Raie .....	4
2.1. Raie brunette ( <i>Raja undulata</i> ).....	4
2.2. Raie bouclée ( <i>Raja clavata</i> ).....	5
3. Utilisation et transformation du poisson .....	6
4. Composition nutritionnelle du poisson .....	6
4.1. Protéines .....	7
4.2. Lipides .....	7
4.3. Minéraux et vitamines .....	7
5. Coproduits marins .....	7
6. Valorisation des coproduits marins .....	9
7. Voies de valorisation des coproduits marins .....	11
8. Produits dérivés et leurs usages .....	11
8.1. Collagène.....	12
8.2. Formation du collagène et sa biosynthèse.....	12
8.3. Structure chimique du collagène.....	14
8.4. Différents types du collagène.....	15
9. Collagène marin.....	15
9.1. Différentes formes de collagène marin.....	16
9.2. Rôle du collagène dans l'organisme, <i>in vivo</i> .....	17
9.3. Autres effets du collagène .....	17

### Matériel et Méthodes

1. Cadre réglementaire .....	19
2. Collecte conservation des échantillons .....	19
3. Extraction du collagène .....	19
3.1. Prétraitement .....	19
3.2. Déminéralisation .....	20
3.3. Extraction acide.....	20

3.4. Extraction mécanique .....	20
3.5. Extraction enzymatique (Pepsine) .....	20
4. Viscosité.....	21
5. Lyophilisation et stabilisation du collagène.....	21
6. Humidité.....	21
7. Valorisation des activités antimicrobiennes d'hydrolysats de collagène .....	21
7.1. Activité antibactérienne.....	22
7.2. Activité antifongique .....	22
7.3. Technique de diffusion sur gélose .....	22

### **Résultats et Discussion**

1. Extraction du collagène à partir des coproduits marins .....	24
1.1. Hydrolyse enzymatique du collagène.....	25
2. Viscosité.....	26
3. Caractéristiques organoleptiques et pH.....	27
4. Humidité.....	27
5. Valorisation des activités antimicrobiennes d'hydrolysats de collagène .....	28
Conclusion .....	30
Références Bibliographiques.....	33
Annexes .....	41

# **Introduction**

La mer Méditerranée est reconnue par le programme international « Census of Marine Life » comme l'un des foyers majeurs de la biodiversité marine mondiale (**Collet et al., 2010**). Bien qu'elle ne représente que 0,8 % de la surface totale des océans, elle abrite entre 8 et 9 % de la biodiversité spécifique marine. Ce bassin semi-fermé compte à lui seul environ 650 espèces de poissons, dont 570 sont des poissons osseux à l'exclusion des requins et des raies, ce qui constitue près de 5 % de la diversité ichthyologique mondiale (**Bianchi, 2000**).

Cette richesse biologique est particulièrement concentrée dans les zones côtières et sur le plateau continental, où les écosystèmes marins présentent une productivité écologique élevée. Ces milieux jouent un rôle fondamental dans le renouvellement des ressources halieutiques (**Boudouresque, 2004**).

Selon la **FAO (2018)**, la production mondiale de poissons, incluant les captures sauvages et l'aquaculture, s'élève à environ 171 millions de tonnes. Toutefois, les étapes de transformation industrielle, telles que le filetage, l'éviscération ou le pelage génèrent un volume considérable de coproduits, représentant jusqu'à 50 % du poids total de la production. Ces résidus, constitués notamment de cartilages, d'arêtes, de têtes, de peaux et de viscères, sont aujourd'hui faiblement valorisés.

La revalorisation de ces coproduits constitue un défi important dans l'économie durable. Bien que traditionnellement orientée vers la fabrication de farines de poisson, d'huiles ou de gélatine, cette ressource présente un potentiel accru pour la production de composés bioactifs à haute valeur ajoutée. Parmi eux, le collagène marin émerge comme un ingrédient fonctionnel, utilisé dans les secteurs de la nutrition humaine et animale, de la cosmétique et de la santé (**FAO, 2009**).

Le collagène est une protéine structurale abondante dans l'organisme, essentiel au maintien de la structure et la fermeté cutanée. Cependant, son taux de synthèse décline avec l'âge, l'exposition aux UV ou aux polluants, entraînant un vieillissement de la peau ainsi qu'une fragilisation des cartilages conduisant à des douleurs articulaires (**Ricard-BlumS, 2011**).

C'est dans ce contexte que nous avons réalisé ce travail dans le but de lancer une start-up innovante visant à valoriser les déchets organiques des poissonneries d'Ain Témouchent principalement le cartilage, les peaux et arêtes, en les transformant en collagène marin et peptides bioactifs à forte valeur ajoutée, destinés aux industries cosmétique, pharmaceutique et alimentaire.

# **Synthèse Bibliographique**

### 1. Aquaculture en Algérie

L'aquaculture connaît un développement notable en Algérie depuis la création, en 2000, du Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques (**Babouri, 2013; FAO, 2023**). Divers programmes et plans d'action ont permis l'émergence de nombreux projets privés dans différentes branches du secteur (**Ministère de la Pêche, 2000–2019**).

Actuellement, la production aquacole nationale repose sur plusieurs types d'activités :

- La pisciculture marine, pratiquée en bassins ou en cages flottantes, assurée essentiellement par des acteurs privés (**Babouri, 2013**).
- La conchyliculture, assurée par des exploitants privés qui produisent plusieurs dizaines de tonnes de moules méditerranéennes et d'huîtres creuses (**FAO, 2023**).
- La pêche continentale, pratiquée dans les barrages et retenues collinaires par des concessionnaires privés. Les espèces élevées incluent la carpe commune, les carpes chinoises, le sandre, le black bass et le barbeau (**Dabbadie&Mikolasek, 2017**).
- La pisciculture intégrée à l'agriculture, développée au sein des exploitations agricoles, principalement autour du tilapia (**Condom, 2016**).
- La pêche lagunaire, réalisée dans les zones saumâtres et douces de l'est du pays par des concessionnaires, dans le respect d'un cahier des charges spécifique à ces écosystèmes sensibles. Elle cible diverses espèces telles que la dorade royale, le mullet, l'anguille, la sole, le bar européen, le sar, les palourdes, les huîtres, le marbré, la crevette caramote, et plusieurs types de carpes (**Tügen, 2024**).

Depuis 2004, où la production annuelle était d'environ 641 tonnes, celle-ci n'a cessé d'augmenter pour dépasser les 2 600 tonnes en 2012. Près de 90 % de cette production est constituée de poissons d'eau douce, grâce aux campagnes régulières d'empoissonnement initiées par l'administration dans les barrages et retenues, en utilisant notamment des alevins de carpe commune, de carpes chinoises importées et de mullet à grosse tête (**FAO, 2023**).

Depuis 2007, les importations d'alevins ont cessé grâce à la maîtrise de la reproduction artificielle par le Centre de Recherche, à travers deux écloséries pilotes établies à l'est et à l'ouest du pays (**Babouri, 2013**).

Un programme national de développement de l'aquaculture a été mis en place pour la période de 2015 à 2019, visant à appuyer les projets publics et privés. Les initiatives publiques jouent un rôle de démonstration, tandis que les projets privés visent une production commerciale de

grande valeur. L'accent est mis sur l'aquaculture marine en mer ouverte (*offshore*), qui présente l'avantage d'être plus accessible administrativement et de démarrer rapidement la production (Lacirignola, 2018).

## 2. Généralités sur la Raie

### 2.1. Raie brunette (*Raja undulata*)

La raie brunette (*Raja undulata*), espèce marine benthique, évolue principalement entre 10 et 380 mètres de profondeur, avec une fréquence notable autour de 40 mètres (Serena et al., 2010). Elle est largement répartie dans l'Atlantique Est, depuis les côtes de la Norvège jusqu'au Maroc, ainsi que dans tout le bassin méditerranéen (Ellis et al., 2005).

Elle se distingue par un corps losangique pouvant atteindre jusqu'à 120 cm de longueur, avec des ailes anguleuses bien développées. Sa face dorsale présente une coloration brunâtre ponctuée de taches claires et sombres, tandis que la face ventrale est uniformément blanche, assurant un excellent camouflage sur les fonds marins (Figure 1) (Dulvy et al., 2000).

Cette espèce est carnivore, se nourrissant principalement de crustacés, de mollusques benthiques, et de petits poissons démersaux, ce qui lui confère un rôle écologique notable dans la chaîne alimentaire marine. La reproduction est ovipare, avec une période de ponte s'étendant de février à août. Les femelles pondent des œufs protégés par une capsule cornée caractéristique.

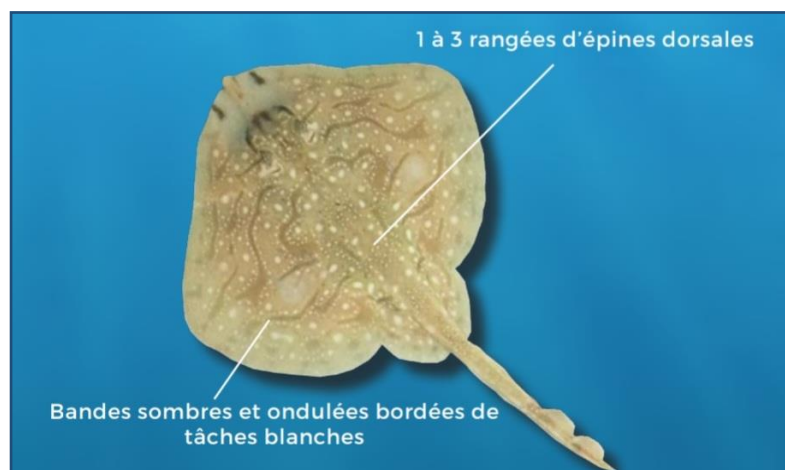


Figure 1 : Raie brunette (*Raja undulata*) (Web 01).

## 2.2. Raie bouclée (*Raja clavata*)

La raie bouclée (*Raja clavata*), également connue sous le nom de thornback ray, est une espèce benthique largement répandue dans l'Atlantique Nord, Est, de la Norvège jusqu'au Congo et à l'Afrique du Sud, incluant les mers Méditerranée (Serena et al., 2010). Elle évolue généralement entre 20 et 300 mètres de profondeur, mais peut atteindre jusqu'à 577 mètres, notamment en Méditerranée.

Elle possède un corps losangique pouvant atteindre 120cm, avec un museau court et des ailes anguleuses. Le dos est couvert d'épines, et les adultes développent des tubercules épineux appelés "boucles" (Figure 2). Sa coloration varie du brun au verdâtre avec des marbrures et ocelles, tandis que le ventre est blanc à bords gris, favorisant le camouflage.

Carnivore, elle chasse à l'affût et se nourrit de poissons benthiques, crustacés et mollusques. Les juvéniles préfèrent les vers et petits crustacés. Elle est ovipare, avec une période de reproduction entre janvier et mars, durant laquelle elle pond des œufs protégés par des capsules cornées (Serena et al., 2010).

La raie bouclée fréquente les fonds sableux, vaseux ou graveleux, souvent proches des côtes. Elle secamoufle en s'enfouissant partiellement dans le substrat, pour échapper aux prédateurs et surprendre ses proies (Serena et al., 2010).

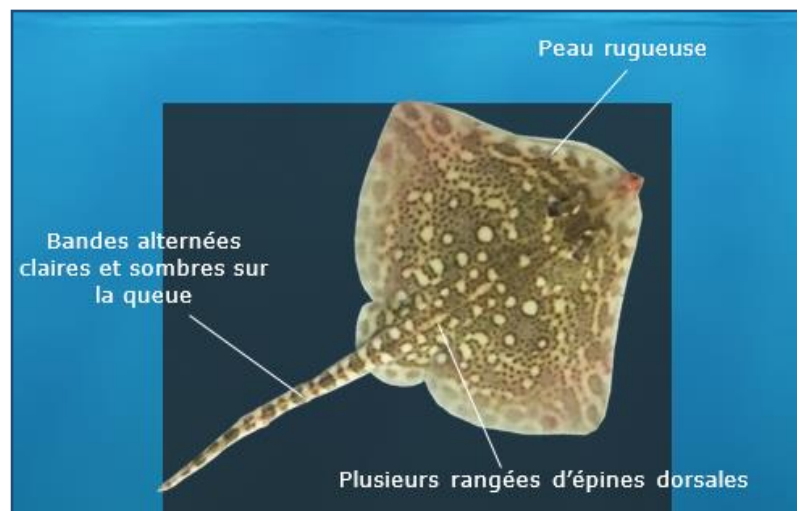


Figure 2 : Raie bouclée (*Raja clavata*) (Web 01).

### 3. Utilisation et transformation du poisson

Ces dernières années, la consommation de produits de la mer à des fins alimentaires a connu une forte croissance. En 2016, plus de 88,47 % de la production mondiale de poissons a été destinée à la consommation humaine directe. Le reste (11,52 %) a été utilisé à d'autres fins : production de farine et d'huile de poisson, usages pharmaceutiques, ou comme matière première pour l'alimentation animale (poissons d'élevage, bétail, animaux à fourrure, etc.).

Les poissons destinés à l'alimentation humaine sont majoritairement commercialisés frais ou vivants (45 %), réfrigérés (31 %), en conserve ou préparés (12 %), ou encore séchés, salés, fumés ou fermentés (12 %) (FAO, 2018).

**Tableau I : Utilisation de la production mondiale de poisson (En millions de tonnes)  
(FAO,2018).**

Années	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Consommation humaine</b>	130	136,4	140,1	144,8	148,4	151,2
<b>Usage non alimentaire</b>	24	19,6	20,6	20	20,3	19,7
<b>Consommation par habitant(Kg)</b>	18,5	19,2	19,5	19,9	20,2	20,3

### 4. Composition nutritionnelle du poisson

Les produits de la mer représentent une source majeure de nutriments essentiels, notamment de protéines, de lipides et de micronutriments indispensables à une alimentation équilibrée (Weichselbaum *et al.*, 2013).

#### 4.1. Protéines

Le poisson est particulièrement riche en protéines de haute qualité, renfermant tous les acides aminés essentiels. Leur valeur nutritionnelle est très élevée, avec un indice d'utilisation protéique nette (UPN) supérieur à celui de la viande bovine. Selon la **FAO (2014)**, une portion de 150 g peut couvrir entre 50 % et 60 % des besoins quotidiens en protéines d'un adulte. En 2010, le poisson représentait 16,7 % des apports mondiaux en protéines animales.

En plus de leur rôle nutritif, les protéines et peptides issus du poisson présentent des propriétés bioactives bénéfiques pour la santé, notamment après digestion.

#### 4.2. Lipides

Les poissons, en particulier les espèces grasses comme la sardine, le maquereau ou le saumon, sont une source importante d'acides gras essentiels. La teneur en lipides varie selon les espèces, les saisons, l'alimentation et l'habitat des poissons (**Dumay, 2003**). Chez les espèces semi-grasses comme le rouget ou l'anchois, les lipides sont concentrés dans les tissus sous-cutanés, autour des viscères, dans le foie et parfois dans le muscle blanc.

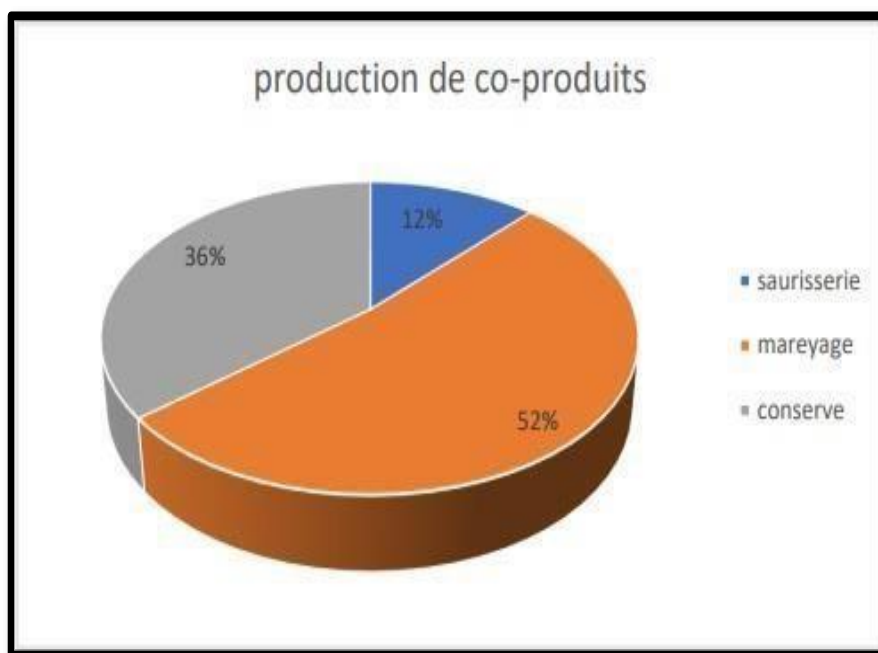
#### 4.3. Minéraux et vitamines

Les produits marins fournissent aussi des micronutriments essentiels. Les poissons gras sont particulièrement riches en vitamines D et A. Leur teneur en sodium est relativement faible (70 à 100 mg/100 g), tandis qu'ils sont riches en phosphore ( $\geq 250$  mg/100 g), calcium, magnésium (20 à 30 mg/100 g), fluor et iode (environ 100  $\mu$ g/100 g). Le fer est présent en faible quantité (environ 1 mg/100 g), mais peut atteindre 4 mg dans les muscles rouges des poissons pélagiques (**Bernstein et al., 2010**).

### 5. Coproduits marins

Les coproduits marins correspondent aux parties des poissons qui ne sont pas utilisées dans les circuits classiques de transformation, mais qui peuvent être récupérées et valorisées. Ils représentent généralement entre 30 % et 60 % du poids total d'un poisson (**Dumay, 2006 ; Shahidi, 2006**). On distingue trois principales catégories d'acteurs produisant ces coproduits (**Figure 3**) :

- Les mareyeurs
- Les saleurs, saurisseurs
- Les conserveurs



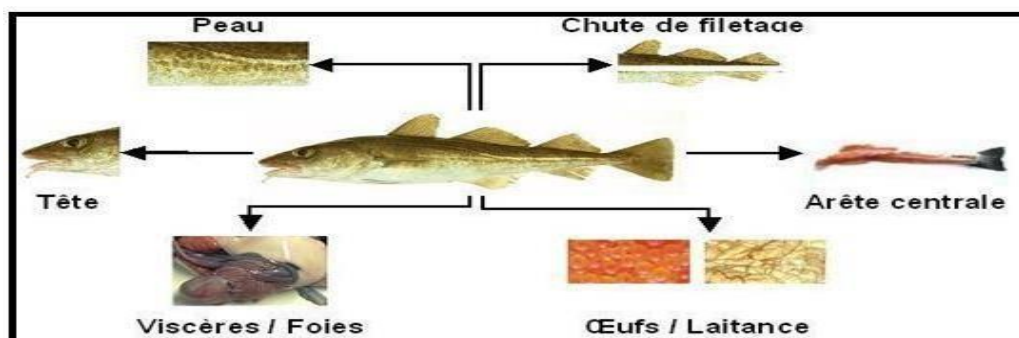
**Figure 3 : Productions des coproduits par activité (IFREMER, 2010).**

Face à la quantité importante de ces résidus, de nombreux efforts ont été entrepris pour leur donner une seconde vie dans divers secteurs : alimentation humaine et animale, diététique, cosmétique, pharmaceutique, nutraceutique, et autres domaines industriels (**Kim & Mendis, 2008**). A partir d'un seul type de coproduit, qu'il s'agisse de têtes, de viscères, d'arêtes ou de peaux, il est possible d'obtenir une grande variété de produits transformés.

Ces résidus sont en réalité riches en molécules à forte valeur ajoutée :

- protéines (**Henaux, 2019**)
- lipides (**Ghaly et al., 2013**),
- minéraux et vitamines (**Heux et al., 2003**)
- divers composés bioactifs aux bienfaits prouvés pour la santé humaine et animale (**Kim & Mendis, 2008**).

La **figure 4** représente les principales parties d'un poisson pouvant être valorisées (**Ifremer, 2010**).



**Figure 4 : Principaux coproduits issus de poisson (Ifremer, 2010).**

La majorité des déchets issus du secteur halieutique provient des activités de mareyage, où les professionnels achètent, conditionnent puis revendent les poissons. Ces sous-produits représentent une source précieuse de nutriments comme les acides gras insaturés, les vitamines, les minéraux, mais aussi de composants à haute valeur industrielle tels que les enzymes, le collagène, ou encore les protéines. (Ghaly *et al.*, 2013).

## 6. Valorisation des coproduits marins

Chaque année, environ 50 % des captures de poissons deviennent des coproduits. Ces derniers contiennent des protéines de haute valeur nutritionnelle, des acides gras oméga-3, des vitamines, des antioxydants, des minéraux, ainsi que des acides aminés essentiels et des peptides bénéfiques pour la santé.

Mieux valoriser ces coproduits permettrait d'améliorer la durabilité de la pêche, d'augmenter la rentabilité du secteur et de produire des ingrédients utiles dans l'alimentation, la cosmétique ou la médecine (Nguyen, 2009).

D'après Addou (2009), la valorisation des déchets regroupe toutes les méthodes qui permettent de réutiliser les déchets pour en tirer des matériaux utiles ou de l'énergie. La directive européenne 75/442/CEE du 15 juillet 1997, précise que l'objectif est de remplacer d'autres matières premières afin de préserver les ressources naturelles. On distingue trois types de valorisation :

- Valorisation matière : réutilisation des composants du déchet dans l'économie.
- Valorisation biologique : production de compost ou d'engrais.
- Valorisation énergétique : transformation des déchets en chaleur ou en électricité.

Par ailleurs, les entreprises générant d'importantes quantités de coproduits optent généralement pour l'un des traitements suivants :

La vente sur les marchés locaux, où ces produits constituent une source abordable de protéines, la transformation en produits à faible valeur ajoutée, comme la farine ou l'huile de poisson, ou simplement l'élimination de ces déchets.

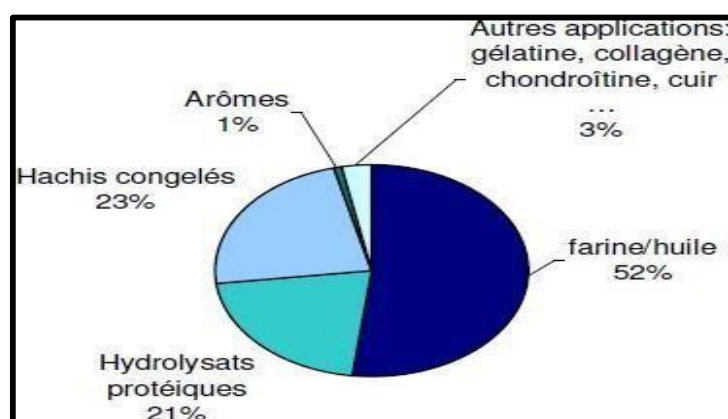
Cependant, l'introduction de technologies simples et adaptées aux petites structures permettrait de mieux exploiter les quantités modestes de coproduits issus de la pêche artisanale et des usages domestiques (**Henaux, 2019**). Parmi les pistes de valorisation envisageables, la fabrication d'engrais. Le **tableau II** représente différentes opportunités de valorisation selon les marchés potentiels.

**Tableau II : Utilisation potentielle des coproduits de poissons**

<b>Marchés de Valorisation</b>	<b>Produits dérivés</b>	<b>Utilisation</b>
Agriculture	Engrais (ensilage), compost, pesticide	– Enrichissement des sols – Lutte contre les ravageurs
Énergie	Biocarburant, comburant	– Production d'énergie
Alimentation animale	Farines, huiles, dérivés protéinés, ensilage, minéraux	– Alimentation – Compléments alimentaires
Nutrition (compléments alimentaires)	Huiles, dérivés protéinés, minéraux, acides aminés	– Compléments alimentaires – Nutrition sportive
Alimentation Humaine	Utilisation entière ou partielle du poisson, hachis, pulpe alimentaire, gélatine, bouillon et sauce à base de poisson, huile de foie	– Produits non transformés – Produits transformés
Industrie pharmaceutique	Oméga 3, calcium, sulfate de chondroïtine, collagène, peptides bioactifs	– Nutraceutique – Cosmétique – Biotechnologie

## 7. Voies de valorisation des coproduits marins

Un coproduit peut être transformé en plusieurs produits dérivés : Par exemple, la tête d'un poisson peut être utilisée pour produire de la farine, de l'huile ou des arômes. La peau peut servir à fabriquer du cuir, de la gélatine ou de la farine (**Figure 5**). Les viscères peuvent fournir de l'huile, des farines et des vitamines (**Guérard et al., 2004**). Ces produits sont dits "intermédiaires" car ils servent d'ingrédients dans la nutrition humaine et animal, la diététique, la nutraceutique et la cosmétique (**Péron et al., 2010**).



**Figure 5 : Proportions des différentes voies de valorisation des coproduits d'origine marine (Andrieux, 2004).**

## 8. Produits dérivés et leurs usages

Les coproduits issus de la transformation des poissons offrent une variété d'usages, notamment dans les domaines alimentaire, pharmaceutique et cosmétique. Le collagène, extrait principalement de la peau, des arêtes et des nageoires, est valorisé pour ses effets bénéfiques sur la peau et les articulations, notamment sous forme de collagène hydrolysé. La gélatine, obtenue des mêmes sources, est quant à elle très utilisée dans l'industrie agroalimentaire comme agent gélifiant, stabilisant ou texturant (**Potier, 2016**).

Par ailleurs, l'hydrolyse enzymatique de la chair de poisson permet d'obtenir des peptides bioactifs aux propriétés antioxydantes et antihypertensives, largement utilisés dans les produits nutraceutiques et en médecine (**Kim, 2008**). Les farines de poisson, riches en protéines, sont destinées principalement à l'alimentation animale.

Les huiles raffinées, extraites des coproduits après un processus de purification, sont particulièrement riches en oméga-3, ainsi qu'en vitamines liposolubles. Ces huiles sont très recherchées pour la fabrication de compléments alimentaires. Les hydrolysats protéiques, obtenus principalement à partir des têtes et des arêtes, sont des ingrédients de choix pour l'alimentation animale et aquacole, grâce à leur haute digestibilité et leur richesse en protéines solubles (Shahidi, 2006).

### 8.1.Collagène

Le collagène est la protéine la plus abondante dans l'organisme humain. Il joue un rôle fondamental dans la structure des tissus en formant des fibres visibles au microscope, contribuant ainsi à leur organisation. Sa structure est composée de trois chaînes d'acides aminés, dont la glycine, la proline et la lysine, qui lui confèrent une grande résistance mécanique et assurent la cohésion du tissu conjonctif. Ce sont les fibroblastes, des cellules spécialisées, qui synthétisent le collagène et orientent sa disposition selon les besoins : dense et parallèle dans les tendons pour maximiser la résistance (Figure 6), ou plus lâche et entrecroisée dans les organes internes (Sorushanova et al., 2019).

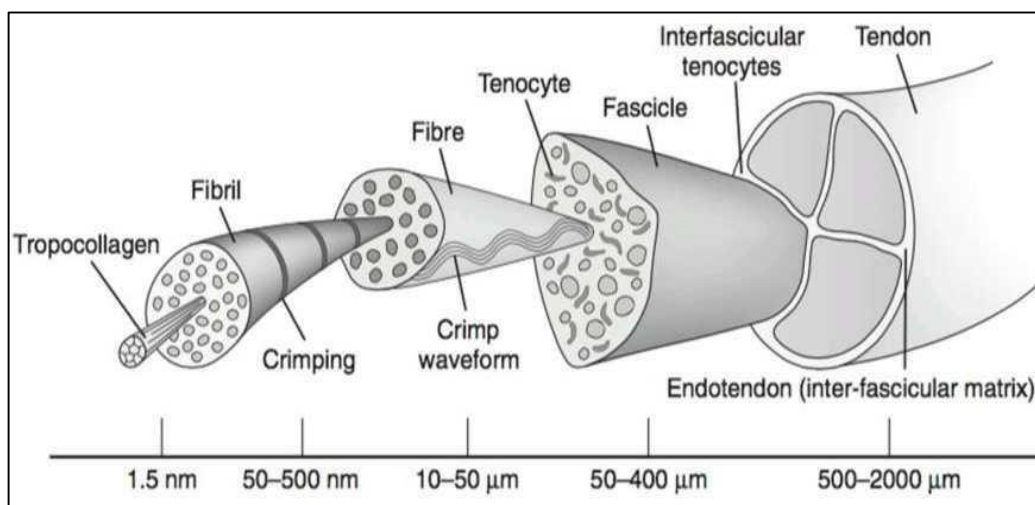


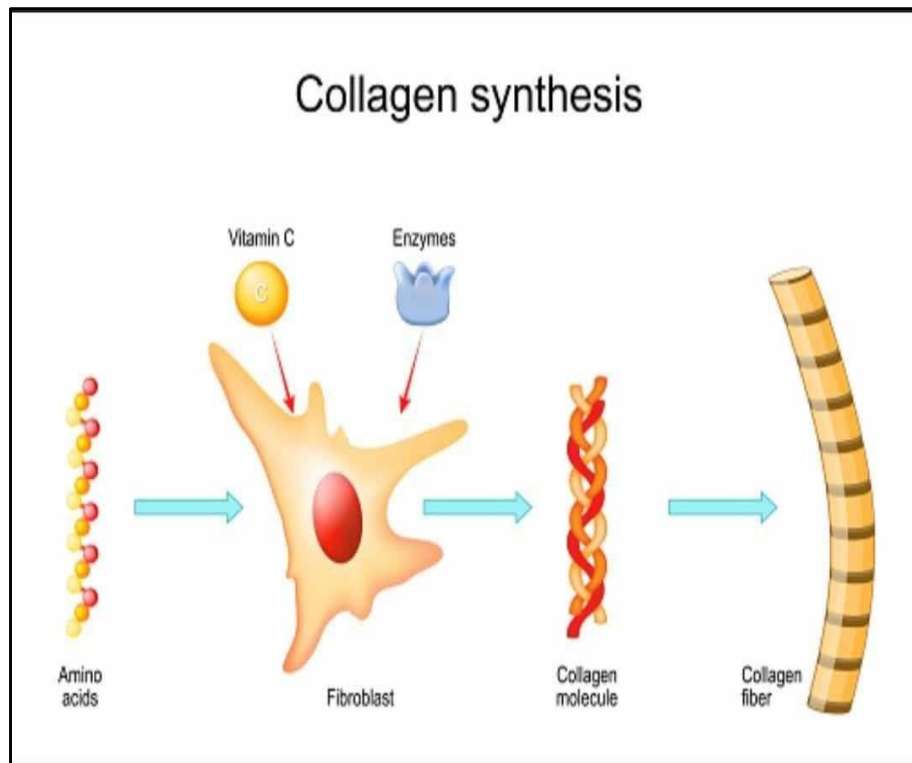
Figure 6 : Structure hiérarchique du tendon (Web 02).

### 8.2.Formation du collagène et sa biosynthèse

La production du collagène se fait au sein des fibroblastes par synthèse cellulaire. Ces cellules sécrètent des précurseurs de collagène, appelés procollagène, dans l'espace entre les cellules. Les chaînes alpha du collagène commencent sous forme de pré-procollagène et subissent ensuite des modifications post, transcriptionnelles, incluant l'hydroxylation des résidus

d'acides aminés proline et lysine. Ces chaînes alpha s'assemblent dans l'espace extracellulaire pour former la triple hélice de tropocollagène.

Ensuite, les tropocollagènes subissent des processus de maturation et d'assemblage pour former des fibrilles de collagène (**Lehninger, 1985**) (**Figure 7**).



**Figure 7 : Synthèse du collagène (Web 03).**

La synthèse du collagène commence à l'intérieur des cellules conjonctives, telles que les fibroblastes, par la production de chaînes alpha. Ces chaînes présentent à leurs extrémités des propeptides, qui ne seront pas intégrés à la molécule finale de collagène. Ces propeptides jouent un rôle crucial en empêchant la juxtaposition intracellulaire des molécules, évitant ainsi la précipitation prématurée des fibrilles (**Kadler et al., 1996**). Trois chaînes alpha s'associent pour former une triple hélice appelée procollagène, une structure hélicoïdale stabilisée par des liaisons hydrogène entre la glycine et la proline (**Shoulders& Raines, 2009**). Une fois formé, le procollagène est sécrété dans la matrice extracellulaire, où des peptidases clivent les extrémités propeptidiques, le transformant en tropocollagène (**Prockop&Kivirikko, 1995**). C'est à ce stade que les molécules s'associent extracellulairement pour former les fibrilles de collagène, dont la dimension et l'orientation varient selon les tissus (**Ricard- Blum, 2011**). Ces fibres sont relativement extensibles et confèrent au tissu résistance mécanique et solidité (**Fratzl, 2008**).

### 8.3. Structure chimique du collagène

Le tropocollagène est l'unité moléculaire fondamentale du collagène de poids moléculaire de 300.000, sa longueur est de 2800 à 3000 Å et de largeur de 14 Å.

Le collagène est constitué de trois chaînes polypeptidiques appelées chaînes alpha ( $\alpha$ ), enroulées les unes autour des autres pour former une triple hélice, auxquelles sont fixés des glucides comme le glucose et le galactose. La composition en acides aminés de ces chaînes est très spécifique : environ un tiers est constitué de glycine, un autre tiers de proline et d'hydroxyproline, tandis que le reste comprend la majorité des autres acides aminés, à l'exception du tryptophane et de la cystéine. Les glucides sont principalement fixés grâce à la présence d'hydroxylysine. La cohésion entre les chaînes alpha est assurée par des liaisons hydrogène, notamment entre la glycine et la proline. Chaque chaîne présente également un groupement carboxylique terminal (COOH) et un groupement amine terminal (NH<sub>2</sub>), caractéristiques des protéines (Buscaglia, 2022).

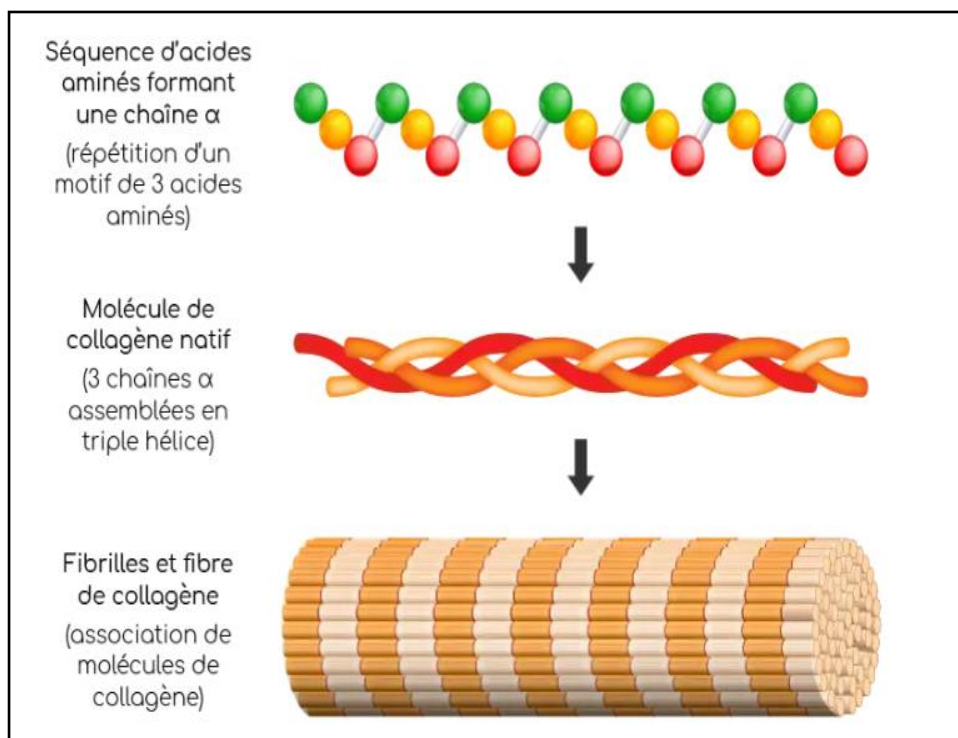


Figure 8 : Structure du collagène (Web 04).

#### 8.4. Différents types de collagène

Tous les collagènes ont cependant la même spécificité structurale : leur chaîne d'acides aminés est constituée d'une répétition d'un même motif constitué d'une glycine et de deux autres acides aminés variables fréquemment une proline et une hydroxyproline (**Gaillard, 2000**).

La répétition de ce motif d'acides aminés forme une chaîne peptidique de plus de 1000 acides aminés, appelée chaîne  $\alpha$ . Plusieurs chaînes  $\alpha$  peuvent s'associer entre elles pour former une structure typique en forme de triple hélice. Cette combinaison de 3 chaînes  $\alpha$  peut se faire de différentes manières de sorte que chaque collagène a sa propre structure, lui conférant des propriétés particulières et expliquant ainsi la réparation tissulaire différente selon le type de collagène (**Miller, 2018**).

**Le collagène de type I** : représente 90% du collagène chez l'homme. Il est omniprésent et constitue essentiellement les tissus conjonctifs des os, de la peau, des tendons, de la cornée et des organes internes.

**Le collagène de type II** : est le collagène par excellence des cartilages. Il y forme, avec d'autres types de collagène, de fines fibrilles à l'origine de la haute résistance à la traction des cartilages.

**Le collagène de type III** : est très présent dans les muscles squelettiques et la paroi des vaisseaux sanguins. C'est ainsi une protéine essentielle du système cardiovasculaire. Le collagène de type III est également un acteur majeur dans la formation des fibres de réticuline très abondantes dans les tissus hématopoïétiques.

Parmi tous ces types de collagène, on distingue également les collagènes fibrillaires et les collagènes non fibrillaires. Comme leur nom l'indique, les collagènes fibrillaires sont capables de s'associer entre eux pour former des fibrilles. Ces dernières forment un réseau à l'origine des propriétés mécanique et morphologique des tissus (**Shahrajabian & Sun 2024**).

#### 9. Collagène marin

Le collagène marin est une forme spécifique de collagène extraite des sous-produits de poissons, notamment la peau, les arêtes et les écailles (**Zhuang et al., 2009**). Sa structure moléculaire en triple hélice de tropocollagène, comparable à celle du collagène humain, explique sa forte biodisponibilité et son excellente compatibilité avec les tissus biologiques humains (**Kim et al., 2012**). Cette similitude structurelle favorise son assimilation rapide dans

les tissus cutanés, articulaires et osseux (Sionkowska, 2011). Par ailleurs, en comparaison avec le collagène d'origine bovine ou porcine, le collagène marin présente un risque allergique plus faible, tout en offrant une absorption plus efficace et des résultats plus rapides, notamment en cosmétique et en supplémentation nutritionnelle (Senadheera et al., 2020). Cette efficacité est en grande partie attribuée à son faible poids moléculaire et à sa teneur élevée en hydroxyproline, acide aminé clé dans la stabilité du collagène (Gómez-Guillén et al., 2011).

### 9.1. Différentes formes de collagène marin

Le collagène est un ingrédient naturel qui existe sous plusieurs formes.

- a. **La gélatine** : C'est une protéine obtenue par la dégradation du collagène contenu dans la peau et les os, après une longue cuisson dans l'eau à haute température, notamment en autoclave. Il s'agit d'une forme partiellement décomposée du collagène, résultant d'un processus appelé hydrolyse (Kucinska et al., 2014) (voir Figure 9). Grâce à la longueur de ses chaînes moléculaires, la gélatine conserve une certaine viscosité. Toutefois, elle reste moins performante que le collagène hydrolysé. C'est pourquoi les compléments alimentaires privilégient généralement les peptides de collagène pour favoriser la santé de la peau et des articulations. La principale distinction entre le collagène et la gélatine réside dans leur méthode d'extraction : la gélatine est issue d'un traitement acide, ce qui réduit son efficacité par rapport aux peptides de collagène. Néanmoins, la qualité du produit joue un rôle essentiel dans sa solubilité, son absorption et sa facilité de digestion (Ichikawa et al., 2010).

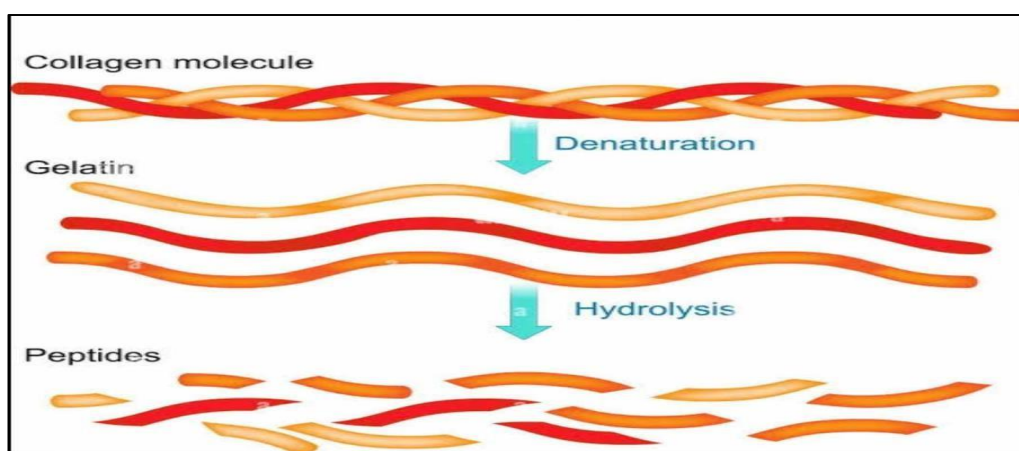


Figure 9 : Hydrolyse et dénaturation du collagène en gélatine (Web 05).

- b. Collagène hydrolysé :** Le collagène hydrolysé est une protéine nutritionnelle obtenue à partir de matières premières naturelles riches en collagène. Sa fabrication repose sur un procédé d'extraction suivi d'une hydrolyse. Ce type de collagène est particulièrement recherché dans les secteurs de la médecine, de la nutrition et de l'agroalimentaire (**Borumand&Sibilla, 2014**).

Contrairement au collagène non hydrolysé, qui présente une faible solubilité et une tendance à s'agglutiner à cause de la taille importante de ses molécules, le collagène hydrolysé se distingue par sa meilleure intégration dans divers produits. Il est donc plus adapté pour des applications commerciales variées : compléments alimentaires, produits cosmétiques, préparations alimentaires ou encore pharmaceutiques. Grâce à sa solubilité élevée, sa bonne digestibilité et son assimilation rapide par l'organisme, il offre une efficacité optimale (**Watanabe- Kamiyama et al., 2010**).

### **9.2.Rôle du collagène dans l'organisme, *in vivo***

Le collagène est une protéine structurale fondamentale présente dans de nombreux tissus conjonctifs de l'organisme, comme la peau, les tendons, les os, les poumons, les vaisseaux sanguins ou encore le cartilage. Il joue un rôle crucial dans le maintien de la cohésion, de l'élasticité et de la résistance de ces structures. Sa capacité à former différentes architectures à partir d'une seule molécule explique sa présence étendue dans le corps humain. Avec l'âge, la production de collagène diminue naturellement, entraînant une dégradation progressive de la qualité des tissus (**Potier, 2016**).

Les peptides de collagène, notamment ceux commercialisés sous le nom de Peptan, ont montré des effets bénéfiques mesurables sur la santé de la peau, des os et des articulations. Ils renforcent la densité et l'hydratation de la peau, retardant les signes du vieillissement cutané. Dans le tissu osseux, ils participent activement à la régénération, améliorant la solidité et la densité minérale des os. Enfin, au niveau articulaire, ils stimulent la régénération du cartilage en favorisant la synthèse de ses composants structuraux, contribuant ainsi à préserver la mobilité et à réduire les douleurs liées à l'usure (**Jiang et al., 2012**).

### **9.3.Autres effets du collagène**

Le collagène présente de nombreux effets bénéfiques au-delà de la peau, des os et des articulations. Il intervient dans la santé des cheveux et des ongles, car ses peptides, une fois absorbés, fournissent les acides aminés nécessaires à la production de kératine, composant

principal de ces structures (**Guillerminet et al., 2012**). Chez les sportifs, les peptides de collagène favorisent également la régénération musculaire post-effort en soutenant la synthèse protéique et en facilitant la récupération (**Daneault et al., 2014**).

Dans le domaine cosmétique, le collagène est utilisé pour ses propriétés hydratantes et protectrices. Intégré dans des crèmes ou soins capillaires, il forme un film hydrophile sur la peau et les cheveux, réduisant la perte en eau et améliorant leur résistance (**Asserin, 2015**). En médecine esthétique, il est injecté pour combler les rides et améliorer la fermeté cutanée, tout en stimulant la production naturelle de collagène. Il est aussi appliqué dans les traitements des lésions musculaires et tendineuses (**Lin et al., 2019**), ainsi que dans la fabrication de dispositifs médicaux comme les implants, membranes ou systèmes d'administration de médicaments. Enfin, l'industrie agroalimentaire exploite ses propriétés texturantes pour améliorer la qualité de nombreux produits transformés, notamment les charcuteries et les confitures (**Lafarga & Hayes, 2014**).

# **Matériel et Méthodes**

Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire de biochimie de l'Université d'Ain Témouchent, Belhadj Bouchaib et à la station expérimentale de BeniSaf (Aquarium) du Centre National de Développement de la Pêche et Aquaculture (CNRDPA).

Notre étude porte sur l'extraction de collagène marin à partir du cartilage de la raie bouclée (*Raja clavata*), une ressource encore sous-exploitée mais riche en collagène, essentiel en ingénierie tissulaire et cosmétique pour ses propriétés anti-âge et sa bonne biocompatibilité.

### 1. Cadre réglementaire

Le terme "déchet" désigne ici des sous-produits non valorisés par les poissonniers : invendus, restes organiques, et coproduits issus de la préparation (**Code de l'environnement, article R. 541-8**).

### 2. Collecte conservation des échantillons

Les déchets de poissons ont été collectés dans les poissonneries de la wilaya d'Aïn Témouchent (Algérie). Les échantillons comprenaient des arêtes, peaux, et cartilages jetés. Tandis que les queues, coquilles et nageoires ont été exclues. Après la collecte, le matériel a été lavé à l'eau distillée et maintenu au réfrigérateur à une température de 4°C jusqu'à l'extraction du collagène.

### 3. Extraction du collagène

L'extraction du collagène à partir du cartilage de la raie a été réalisée selon **Nagai& Suzuki (2000)** ; **Duan et al. (2009)** et **Mo et al. (2023)**. Nous avons volontairement simplifié le procédé d'extraction, en adaptant chaque étape afin de le rendre plus reproductible à grande échelle. Cette démarche vise à faciliter l'implémentation du processus dans un cadre industriel de startup.

#### 3.1. Prétraitement

Les échantillons de cartilage sont nettoyés pour éliminer les tissus non cartilagineux, puis lavés à l'eau distillée afin d'éliminer les impuretés hydrosolubles. Ensuite, les échantillons sont immergés dans une solution de NaOH à 0,1 M pendant 24 heures, ce qui permet d'éliminer efficacement les protéines non collagéniques (**Nagai&Suzuki , 2000**).

### 3.2. Déminéralisation

Une déminéralisation est réalisée avec une solution d'EDTA à 0,5 M, ajustée à un pH de 7,4 durant 48 heures selon **Nagai et Suzuki (2000)**. Ce traitement permet de retirer les composants minéraux de la matrice cartilagineuse (**Juhari et al.,2025**).

### 3.3. Extraction acide

L'extraction du collagène consiste à incuber les tissus dans de l'acide acétique  $\text{CH}_3\text{COOH}$  à 0,5 M pendant une durée de 48 à 72 heures (**Duan et al., 2009**). Cette étape permet d'obtenir du collagène acido-soluble (**Lu et al., 2023**).

### 3.4. Extraction mécanique

Les fragments de cartilage ont été mixés en pâte à l'aide d'un mélangeur (mixeur), en ajoutant 10mL d'eau distillée pour faciliter le broyage. Cette opération a permis d'obtenir une pâte homogène. Cette dernière a ensuite été filtrée à travers une bande à gaze stérile dans le but d'isoler la phase liquide riche en composants solubles, dont le collagène.

### 3.5. Extraction enzymatique

L'extraction enzymatique a été réalisée sur le filtrat acide contenant le collagène pré-solubilisé. Une solution de protéase à une activité enzymatique de  $\geq 2500$  U/mg a été préparée en dissolvant 10 mg de pepsine dans 10 mL d'acide acétique à 0,5 M, afin d'atteindre une concentration finale de 1 mg/mL. Le pH du mélange a été contrôlé à  $\text{pH} = 2$  à l'aide d'un pH-mètre calibré, condition optimale pour l'activité de la protéase. La digestion enzymatique a été effectuée à  $4^\circ\text{C}$  pendant 24 heures afin de solubiliser du collagène (**Duan et al., 2009**).

La solution ainsi obtenue a été centrifugée à  $10\,000\text{ g}$  pendant 20 minutes à  $4^\circ\text{C}$ . Le surnageant, contenant le collagène soluble dans la protéase a été recueilli pour l'étape de précipitation. La précipitation du collagène a été induite par l'ajout de NaCl jusqu'à une concentration de 1,5 M. Le mélange a ensuite été maintenu à  $4^\circ\text{C}$  pendant 24 heures afin de permettre une précipitation complète des protéines. Le précipité obtenu a été récupéré par centrifugation et lavé à l'eau distillée froide (**Mo et al.,2023**).

#### **4. Viscosité**

La viscosité des échantillons de collagène marin sous forme liquide a été déterminée à l'aide d'un viscosimètre rotatif de type FUNGILAB. Les mesures ont été réalisées à une température constante de 25 °C, en utilisant une vitesse de rotation fixée à 5 tours par minute (tr/min).

L'échantillon a été transféré dans un bécher propre, puis la sonde du viscosimètre a été insérée au centre du produit jusqu'au repère indiqué sur la tige, de manière à garantir une immersion correcte et homogène du rotor.

Trois mesures successives ont été effectuées pour chaque échantillon, afin d'assurer la reproductibilité des résultats. La valeur finale de la viscosité correspond à la moyenne des trois lectures. Cette méthode a permis de caractériser la résistance à l'écoulement du collagène liquide.

#### **5. Lyophilisation et stabilisation du collagène**

Une fois l'extraction terminée, la solution du collagène a été soumise à lyophilisation à l'aide d'un lyophilisateur. Notre échantillon a été séché sous vide par congélation à - 80 °C pendant 24 h, ce qui permet d'obtenir une poudre stable et prête pour une conservation prolongée.

#### **6. Humidité**

Afin de vérifier que l'efficacité de lyophilisation et que l'humidité résiduelle est faible pour garantir la stabilité du collagène obtenu, 1 à 2 g d'échantillon ont été prélevés et pesés dans une coupelle de poids. La coupelle est placée 24 h dans une étuve à 105 °C, ensuite pesée après 30 min de refroidissement.

#### **7. Valorisation des activités antimicrobiennes d'hydrolysats de collagène**

Dans le but de valoriser l'activité antimicrobienne, à savoir bactérienne et fongique, nous avons réalisé des tests sur l'hydrolysats obtenu après extraction avec la pepsine.

### 7.1. Activité antibactérienne

La technique repose sur la diffusion des extraits contenus dans les disques imprégnés, permettant de révéler leur activité bactérienne. Une suspension bactérienne âgée de 18 à 24 heures est préparée dans un bouillon nutritif, ajustée à une turbidité équivalente à celle de l'étalon de McFarland 0,5, correspondant à une densité bactérienne de  $1 \text{ à } 2 \times 10^8$  cellules/mL ( $A = 0,08 \text{ à } 0,1$  ;  $\lambda = 625 \text{ nm}$ ). Les cultures sont ensuite diluées dans du bouillon Mueller-Hinton afin d'atteindre les densités optiques nécessaires à chaque essai (Guzmí et al., 2018).

Des boîtes de Pétri contenant la gélose Mueller-Hinton sontensemencées en stries serrées à l'aide d'un écouvillon stérile trempé dans la suspension bactérienne de *Staphylococcus aureus*. Après incubation à 37 °C pendant 24 à 48 heures, l'activité antibactérienne est évaluée par la mesure du diamètre des zones d'inhibition autour des disques. L'apparition d'une auréole claire autour du disque indique une action inhibitrice. L'hydrolysate de collagène est considéré comme actif si le diamètre de la zone d'inhibition dépasse 8 mm.

### 7.2. Activité antifongique

Pour l'évaluation de l'activité antifongique, nous avons testé une souche de référence, il s'agit de *Candida albicans* 10231. Cette souche a été maintenue par repiquages successifs sur gélose Sabouraud et conservées à 4°C. *Candida albicans* fait partie la flore transitoire cutanée habituelle.

### 7.3. Technique de diffusion sur gélose

Le principe de la méthode des disques repose sur la diffusion de l'hydrolysate à tester dans des puits creusés dans la gélose. Des boîtes de Pétri contenant du milieu Sabouraud Dextrose Agar, supplémenté de 2 % de glucose, sontensemencées de manière aseptique avec une suspension de levures à une concentration de  $10^6$  cellules/mL, préparée à partir d'une culture jeune. Des puits de 6 mm de diamètre sont pratiqués dans la géloseensemencée, puis remplis avec 10 µL de l'hydrolysate. Les boîtes sont ensuite incubées à 30 °C pendant 24 à 48 heures.

Les activités antibactériennes et antifongiques sont évaluées par la mesure du diamètre des zones d'inhibition formées autour des puits.

L'action inhibitrice se manifeste par la formation d'une auréole autour des puits. La lecture des résultats s'effectue par mesure des diamètres des zones d'inhibitions. Un produit est considéré comme actif, si le diamètre de la zone d'inhibition est supérieur à 8 mm.

Selon la littérature, une souche est dite résistante pour un produit, si les diamètres moins de 8mm ; sensible (+) pour des diamètres de 8 à 14 mm ; très sensible (++) pour des diamètres de 15 à 19 mm et extrêmement sensible (+++) pour les diamètres plus de 20mm (**Hsounaet al, 2017**).

# **Résultats et Discussion**

En moyenne, près de 50 % du poids des matières premières marines est constitué de coproduits. Ces derniers regroupent les parties poissons qui ne sont pas directement consommées par l'homme, comme les têtes, les arêtes, le cartilage, la peau, les coquilles et autres parties non comestibles (**Penven et al., 2017**). Ces sous-produits présentent un fort potentiel valorisable en raison de leur richesse en protéines, lipides, en minéraux, ainsi qu'en composés bioactifs d'intérêt tels que le collagène, les peptides et les acides gras (**Delannoy & Coquelle, 2017**).

C'est dans cette perspective que s'inscrit le présent travail, dont l'objectif est de développer un projet innovant qui vise la valorisation des déchets organiques issus des poissonneries, généralement non valorisés pour produire du collagène marin ainsi que des peptides bioactifs à haute valeur ajoutée qui seront destinés aux secteurs cosmétique, pharmaceutique et agroalimentaire.

### 1. Extraction du collagène à partir des coproduits marins

Le cartilage de raie bouclée *Raja clavata* a été utilisé comme matière première. Nous avons réalisé un protocole qui a permis d'extraire le collagène marin à partir du cartilage de raie bouclée et qui repose sur l'utilisation d'une solution d'acide acétique à 0,5 M à pH = 3 (**Figure 10**).

D'après les travaux de **Matinong et collaborateurs (2022)**, le traitement acide a pour objectif de rompre les liaisons covalentes reliant les molécules de collagène entre elles. Cette technique est généralement plus efficace pour rompre les ponts de réticulation du collagène ce qui favorise une meilleure extraction.

La solution d'extraction acide est habituellement préparée avec une concentration allant de 0,5 à 1 M, ce qui permet de dissoudre les liaisons intra- et intermoléculaires tout en préservant l'intégrité de la structure des chaînes de collagène (**Juhari et al., 2025**).



**Figure 10 : Cartilage traité par hydrolyse acide**

Par la suite, le collagène a été extrait mécaniquement dont il se présente sous une forme liquide. Cette forme liquide indique qu'il est en suspension ou dissous prêt à être purifié. Ce qui le rend particulièrement adapté à des applications ultérieures telles que la gélification, l'encapsulation de principes actifs, ou encore la formulation de produits biomédicaux comme les hydrogels, les pansements bioactifs, ou les matrices d'ingénierie tissulaire (**Sarwan et al., 2024**)

### **1.1.Hydrolyse enzymatique du collagène**

Le cartilage de raie, riche en collagène, constitue une biomasse marine sous-valorisée mais prometteuse pour l'obtention de bioactifs. Par hydrolyse enzymatique avec des protéases, nous avons obtenu un hydrolysate liquide contenant des peptides bioactifs solubles.

L'hydrolyse enzymatique offre une meilleure sélectivité de réaction. Elle a le potentiel de maximiser le rendement en collagène et la pureté du produit extrait (**Matinong et al., 2022**). Les enzymes protéolytiques sont utilisées dans l'extraction du collagène.

La protéase d'origine animale est la plus largement utilisée dans l'extraction du collagène (**Matinong et al., 2022**). Les protéases agissent uniquement sur la partie non hélicoïdale de la chaîne peptidique du collagène (les extrémités) et laissent intacte la partie hélicoïdale structurellement importante (**Yang & Shu , 2014**). De plus, le traitement à la protéase augmente également la solubilité acide du collagène, ce qui augmente l'efficacité de l'extraction s'il est utilisé en combinaison avec une extraction acide (**Matinong et al., 2022**).

Dans ce contexte, différentes méthodes ont été brevetées pour extraire le collagène sous forme liquide. Elles incluent notamment la découpe, le broyage suivi d'une digestion enzymatique (Tang, 2016), un prétraitement avec des liquides ioniques (Li et al., 2018), une extraction acide combinée à une précipitation saline (Yang et al., 2015). Toutes ces techniques permettent d'obtenir une solution aqueuse contenant du collagène utilisable dans les industries biomédicales, cosmétiques et alimentaires.

Après à la digestion enzymatique dans une solution d'acide acétique contenant de la protéase, nous avons effectué une centrifugation qui a permis de séparer la fraction soluble majoritairement composée de collagène. Le surnageant obtenu a été récupéré en vue de la phase de précipitation.

Cette étape présente des similarités avec les travaux de Zhang et al., (2020) concernant l'extraction du collagène à partir de matrices cartilagineuses, en utilisant la protéase dans de l'acide acétique, suivie d'une centrifugation pour récupérer le surnageant riche en collagène, lequel est ensuite précipité par ajout de NaCl et purifié par dialyse.

### 2. Viscosité

La viscosité d'une solution de collagène est un paramètre physico-chimique important, influencé par l'origine biologique, la méthode d'extraction, la concentration, le pH et la vitesse de cisaillement. Dans notre étude, la solution aqueuse de collagène marin extraite du cartilage de raie, préparée à 1 % (p/v) et mesurée à 25 °C sous une vitesse de cisaillement de 5 tr/min, présente une viscosité apparente de 28 mPa·s.

Selon Kittiphattanabawon et al., (2005), avec du collagène de peau de raie (*Raja kenoei*), ont observé une viscosité de 34 à 38 mPa·s pour des solutions à 1 %, également dans un solvant acide. Ces résultats n'indiquent pas toujours les mêmes conditions expérimentales (solvant, pH, agitation). En revanche, Jongjareonrak et al., (2005), étudiant le collagène de peau de barbue (*Psettodeserumei*), ont mesuré une viscosité d'environ 25 à 40 mPa·s pour une solution à 1 % en acide acétique (0,5 M) à température ambiante. De plus, le collagène de poisson comme le mérrou, à environ 0,6 % et à 25 °C, présente des viscosités allant de 15 à 28 mPa·s (Shao et al., 2021).

### 3. Caractéristiques organoleptiques et pH

Les caractéristiques organoleptiques du collagène extrait sont comme suit :

<b>Forme</b>	Poudre
<b>Goût</b>	Neutre
<b>Couleur</b>	Blanc
<b>Ph</b>	5

Le collagène obtenu sous forme de poudre est le résultat du processus de lyophilisation. Cette forme est particulièrement recherchée pour sa facilité de stockage et de reconstitution en solution. D'après **Kittiphattanabawon et al., (2005)**, le collagène extrait de peau de raie (*Raja kenoei*) se présente également sous forme de poudre blanche à légèrement crème après lyophilisation.

La blancheur du collagène traduit l'absence de pigments oxydés, de lipides ou de contaminants hématiques. **Jongjareonrak et al., (2005)** ont obtenu un collagène de peau de poisson tropical (*Priacanthustayenus*) de teinte blanc-crème, tandis que **Shao et al., (2021)** décrivent des collagènes de peau de plusieurs espèces de poissons tropicaux comme étant d'apparence blanche, condition indispensable pour des usages pharmaceutiques et cosmétiques. La couleur observée dans cette étude suggère donc une extraction efficace et une faible dégradation thermique ou enzymatique.

Concernant le goût obtenu est neutre. Selon **Nagai et Suzuki (2000)** le collagène extrait de poisson en milieu acide suivi d'un bon lavage, ne présente ni goût fort ni odeur.

Un autre paramètre a été vérifié, le pH. Notre échantillon présente un pH de 5 en solution aqueuse à 1 %. Ce résultat concorde avec la littérature dont le pH varie de 4,8 à 5,3 pour des collagènes de poisson extraits en milieu acide (**Liu et al., 2015**). De même, **Kittiphattanabawon et al., (2005)**, confirment la concordance de nos résultats et qui ont noté un pH de 5,1 pour un collagène de raie.

### 4. Humidité

La teneur en humidité du collagène extrait du cartilage de raie mesurée par dessiccation à 105 °C a été estimée à 6,2 %. Ce taux d'humidité est faible et montre que notre échantillon a bien été déshydraté lors du processus de lyophilisation.

Une faible teneur en eau résiduelle est essentielle pour assurer une bonne conservation du collagène pendant le stockage et résistance à la dégradation microbienne.

**Kittiphattanabawon et al., (2005)** ont rapporté des teneurs en humidité comprises entre 5,6 % et 7,3 % pour des collagènes issus de peaux de raie et de requin. De plus, **Shao et al., (2021)** indiquent que les collagènes marins correctement lyophilisés présentent généralement des taux d'humidité inférieurs à 8 % assurant un séchage efficace et d'une bonne stabilité du produit final.

### 5. Valorisation des activités antimicrobiennes d'hydrolysate de collagène

Dans le but de valoriser l'activité antimicrobienne, à savoir bactérienne et fongique, nous avons réalisé des tests sur l'hydrolysate obtenu après extraction avec la protéase. La méthode de diffusion en puits et sur gélose, deux techniques de criblage largement utilisées pour évaluer le potentiel antimicrobien des produits naturels (**Santos Filipe et al., 2024**).

Le disque A et A' contient du collagène hydrolysé et le disque B contient du collagène commercial (contrôle).

Les résultats concernant l'activité antibactérienne se présentent comme suit :

- ✓ Zone d'inhibition A est de 8,6 mm, le diamètre < 9 mm : la souche est résistante.
- ✓ Zone d'inhibition A' est de 6,9 mm, le diamètre < 8 mm : la souche résistante.
- ✓ Zone d'inhibition B est de 24,4 mm, le diamètre > 20 mm : la souche est extrêmement sensible (+++).

Les résultats obtenus présentent une résistance significative de la souche *Staphylococcus aureus* vis-à-vis du collagène en hydrolysate. En revanche, cette dernière est extrêmement sensible au collagène pur commercialisé (vendu en pharmacie).

Les résultats concernant l'activité antifongique se présentent comme suit :

- ✓ Zone d'inhibition A est de 41,7 mm, le diamètre > 20 mm : la souche est la souche est extrêmement sensible (+++).
- ✓ Zone d'inhibition A' est de 43 mm, le diamètre > 20 mm : la souche est la souche est extrêmement sensible (+++).
- ✓ Zone d'inhibition B est de 19,3 mm, le diamètre entre 15 et 19 mm : la souche est très sensible (++)

Concernant l'activité antifongique, une grande sensibilité de *Candida albicans* de référence vis-à-vis les deux échantillons testés à savoir l'hydrolysate de collagène (A, A') et collagène commercial pur vendu en pharmacie (B).

L'équipe de **Hernández-Ruiz et al., (2023)** ont étudié les effets inhibiteurs de diverses préparations de collagène d'écaillés de tilapia, collagène pré-hydrolysé, collagène hydrolysé sur la croissance d' *E. coli* et de *S. aureus* d'origine clinique. Toutes les formes de collagène testées ont démontré une activité antimicrobienne significative contre *E. coli* et *S. aureus*, mesurée par des tests de diffusion sur gélose.

Le collagène hydrolysé agit par perturbation de la membrane bactérienne et interférence dans l'adhésion cellulaire, contribuant à une inhibition de la croissance microbienne (**Homaeigohar & Boccaccini, 2020**).

Selon **León-López et al., (2019)**, les conditions d'hydrolyse (tels que le pH, température, durée, type d'agent hydrolysant) ont une influence déterminante sur l'activité antimicrobienne du produit final. Par exemple, une hydrolyse trop agressive peut altérer la structure du collagène et réduire sa capacité à interférer avec la membrane bactérienne. À l'inverse, un traitement trop doux pourrait ne pas libérer suffisamment de fragments pour exercer une action antimicrobienne significative.

# Conclusion

Les coproduits de la pêche offrent un fort potentiel de valorisation pour leurs richesses en composés bioactifs tels que le collagène. La présente étude s'inscrit dans une démarche de valorisation durable de ces coproduits, en mettant l'accent sur le cartilage de *Raja clavata*, une espèce encore peu exploitée en Méditerranée. Grâce à une méthode d'extraction combinant traitement acide et hydrolyse enzymatique nous avons isolé du collagène marin. Ce dernier présente des propriétés physico-chimiques adaptées aux exigences industrielles. Sa faible teneur en humidité, sa viscosité appropriée et son pH acide lui confèrent une bonne stabilité ciblant les industries cosmétique, pharmaceutique et agroalimentaire.

Les tests microbiologiques ont mis en évidence une activité antifongique marquée contre *Candida albicans* ATCC 10231 (souche de référence). Des tests quantitatifs comme la concentration minimale inhibitrice (CMI), seraient nécessaires pour confirmer une efficacité réelle et envisager une application industrielle. Par ailleurs, l'activité antibactérienne vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* reste faible.

Ce résultat met en évidence un effet potentiel, mais reste préliminaire

Ces résultats ouvrent la voie à la création d'un projet entrepreneurial local, visant à transformer les déchets de la pêche en molécules utiles pour les industries, dans une démarche respectueuse de l'environnement.

# **Références Bibliographiques**

- **ADDOU A, (2009)**. Développement durable: traitement des déchets "valorisation et élimination". 380 pages.
- **Alnadari F; Cheng G ; Wang R ; Chen C ; Nasiru M.M ; Baldi S ;Abdin M, (2025)**. Development, Characterization, and Anti-Aging Potential of Fish Collagen Peptide-Based Beverages with Bovine Colostrum. *Iran. J. Chem. Chem. Eng.(IJCCE)* Vol, 44(04).
- **Andrieux G, (2004)**. Rapport sur la filière française des coproduit de la pêche et de l'aquaculture : état des lieux et analyse, OFIMER, Paris.
- **Asserin, J ; Elian Lati ; Toshiaki Shioya ;JannePrawitt, (2015)**. The effect of oral collagen peptide supplementation on skin and the dermal collagen , *Journal of Cosmetic Dermatology*, doi: 10.1111/jocd.12174
- **Babouri K, (2013)**. Utilisation des indicateurs trophiques pour l'évaluation de l'impact de la pêche sur un écosystème exploité. Application sur les pêcheries algériennes [Thèse de doctorat, Université d'Alicante].
- **Bianchi C. N ; Morri C , (2000)**. Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: Situation, problems and prospects for future research. *Marine Pollution Bulletin*, 40, 367–376. [sealifebase.se](http://sealifebase.se).
- **Borumand M ; Sibilla S, (2014)**. Daily consumption of the collagen supplement Pure Gold Collagen (®) reduces visible signs of aging. *Clinical Interventions in Aging*, 9, 1747–1758. Doi : 10.2147/CIA.S65939.
- **Boudouresque, C.-F. (2004)**. Marine biodiversity in the Mediterranean: Status of species, populations and communities. *Scientific Reports of Port-Cros National Park*, 20, 97–146.
- **Chapter : 2** Editors: Raphaëla le Gouvello, François Simard
- **Collet C, (2010)**. Guillot A., Petit C. Phoning while driving I: a review of epidemiological, psychological, behavioural and physiological studies. *Ergonomics*, , 53, 589-601.
- **Condom N ; Declercq R, (2016)**. Réutilisation des eaux usées pour l'irrigation agricole en zone périurbaine de pays en développement : défis et solutions. CIRAD – Ecofilae.
- **Costanza R ; d'Arge R ; de Groot R ; Farber S ; Grasso M ; Hannon B. ; Limburg K ; Naem S ; O'Neill R.V ; Paruelo J ; Raskin R.G ; Sutton P ; Van**

- den Belt M , (1997).** The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253-260.
- **Dabbadie L ; Mikolasek O , (2017).** Rice-fish farming in the Malagasy Highlands, twenty years after the FAO Projects. CIRAD.
  - **Daneault A et al ., (2014).** Hydrolyzed collagen contributes to osteoblast differentiation in vitro and subsequent bone health in vivo. *Osteoarthritis and Cartilage* 22: S131.
  - **Delannoy C ; Coquelle M, (2017).** Valorisation des coproduits marins. *Techniques de l'Ingénieur*, BIO9150 v1. <https://doi.org/10.51257/a-v1-bio9150>.
  - **Delgado L.M ; Shologu N ; Fuller K ; Zeugolis D.I, (2017).** Acetic acid and pepsin result in high yield, high purity and low macrophage response collagen for biomedical applications. *Biomedical Materials*, 12(6), 065009.
  - **Dulvy, N. K., Fowler, S. L., Musick, J. A., et al., (2000).** Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *ArXiv*.
  - **Dumay J, (2003).** Extraction de lipides en voie aqueuse par bioreacteur enzymatique combiné à l'ultrafiltration: Application à la valorisation des coproduits de poisson (*Sardina pilchardus*). *Thèse de doctorat de l'Université de Nantes*. 305 pp.
  - **Dumay J, (2006).** Valorisation des coproduits de poisson : procédés innovants pour l'extraction de composés bioactifs. INRA/Ifremer.
  - **FAO, (2009).** Climate change and food security: a framework document. 110pp.
  - **FAO, (2014).** A quarterly update on world seafood markets. *Globefish Highlights*, FIAM/FAO, 72p.
  - **FAO, (2018).** La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture. résumé. CA0191FR/1/07.18.
  - **FAO, (2023).** Conférence sur le développement de la pêche artisanale et de l'aquaculture. FAO Repository.
  - [Fao.org/fishery/en/countrysector/dz/fr](http://Fao.org/fishery/en/countrysector/dz/fr)
  - [Fr.filorga.com/blogs/magazine/collagene-tous-les-bienfaits-de-l-atout-fermete-de-la-peau](http://Fr.filorga.com/blogs/magazine/collagene-tous-les-bienfaits-de-l-atout-fermete-de-la-peau)
  - **FRATZL P, (2008).** Collagen: Structure and Mechanics, an Introduction. In: FRATZL P. (dir.). *Collagen – Structure and Mechanics*. New York: Springer US, 2008, chapitre 1, p.1-13. ISBN:978-0-387-73905-2)

- **Ghaly, A.E ; Ramakrishnan V.V ; Brooks M.S ; Budge S.M ; Dave D, (2013).** Fish processing wastes as a potential source of proteins, amino acids and oils: A critical review. *Journal of Microbial&BiochemicalTechnology*, 5(4), 107–129.  
<https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000110>.
- **Gómez-Guillén, M. C., et al., (2011).** Marine collagen: *Purification, properties and applications*. (Article non précisément localisé — titre générique)
- **Guérard F ; Guimas L ; Binet A, (2004).** Production of tuna waste hydrolysates by a commercial neutral protease preparation. *J Mol Catal B-Enzym.*, 19(20): 489-98.
- **Guillerminet F ; Fabien-Soulé V ; EvenP.C ; Tomé D ; Benhamou C.L ;Roux C ; Blais A, (2012).**Hydrolyzed collagen improves bone status and prevents bone loss in ovariectomized C3H/HeN mice. *Osteoporosis International* 23 (7): 1909- 1919.
- **Henaux L, (2019).** Fractionnement d'un hydrolysat de protéines de saumon par électrodialyse avec membranes d'ultrafiltration [Thèse de doctorat, Université Laval].
- **Heux L ; Rouilly A ; al.,(2003).** Potentiel nutritionnel et fonctionnel des coproduits de poisson. *Industries AlimentairesetAgricoles*, 120(6), 29–37.
- **HomaeigoharS ; Boccaccini A.R, (2020).** Antibacterial biohybridnanofibers for wound dressings. *Actabiomaterialia*, 107, 25-49.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106175>
- **ICHIKAWA S ; Morifuji M ; Ohara H ; Matsumoto H ; Takeuchi Y ; Sato K, (2010).** Hydroxyproline\_ containing dipeptides and tripeptides quantified at high concentration in human blood after oral administration of gelatin hydrolysate. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 52\_ 60.
- **Ifremer, (2010).** Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer. Professionnels de la mer.
- **Ifremer, (2010).** La valorisation des coproduits de poisson [Rapport technique].
- **In book :** Durabilité des aliments pour le poisson en aquaculture.
- **Jiang, Z.-N., Bo, J.-Q., Zheng, Q.-X., et al. ; (2012).** Extraction of collagen from fish scales with papain under ultrasonic pretreatment. *Advanced Materials Research*, 366, 421–428.

- **Jongjareonrak A ; Benjakul S ; Visessanguan W ; Tanaka M, (2005).** Isolation and characterization of collagen from bigeye snapper (*Priacanthustayenus*) skin. *Food Chemistry*, 93(3), 475–484. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.026>
- **Juhari N ; Mustafa E.M ; Karim, N.U, (2025).** *Harnessing marine invertebrates: The extraction techniques of collagen. Planetary Sustainability.*  
<https://doi.org/10.46754/ps.2025.01.003>.
- **Kadler K.E ; Holmes D.F ; Trotter J ; Chapman J.A, (1996).** Collagen fibril formation. *Biochemical Journal*, 316(1), 1–11. <https://doi.org/10.1042/bj3160001>.
- **Kim S.-K ; Mendis E, (2008).** Bioactive compounds from marine processing byproducts: A review. *Food Research International*, 41(1), 1–9.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.10.005>.
- **Kim S.K ; Rajapakse N ; Shahidi F, (2012).** Production of bioactive chitosan oligosaccharides and their potential use as nutraceuticals. In: C.S. Barrow, F (Ed.) *Marine nutraceuticals and functional foods. Nutraceutical Science and Technology*, New York, pp. 183- 196.
- **Kim, S.-K., et al., (2012).** Extraction of collagen from fish scales with papain under ultrasonic pretreatment. *Advanced Materials Research*, 366, 421–428.
- **Kittiphattanabawon P ; Benjakul S ; Visessanguan W ; Shahidi F, (2005).** Comparative study on characteristics of gelatin from the skin of brown banded bamboo shark and blacktip shark. *Food Hydrocolloids*, 19(6), 1009–1016.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.08.005>
- **Kucinska-Lipka J ; Gubanska I ; Janik H, (2014).** Polyurethanes modified with natural polymers for medical application. Part II. Polyurethane/gelatin, polyurethane/starch, polyurethane/cellulose. *Polimery*, 59(3), 197-200.
- **Laasri I ; Bakkali M ; Mejias L ; Laglaoui A, (2023).** Marine collagen: Unveiling the blue resource—extraction techniques and multifaceted applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 127253.
- **Lacirignola C, (2018).** Crises et conflits en Méditerranée: l'agriculture comme résilience. Torrossa.
- **Lafarga T., & Hayes M, (2014).** *Marine collagen: Properties, structural features and applications in food.*
- **LEHNINGER A, (1985).** *Principes de biochimie* Paris Flammarion.

- **León-López A ; Morales-Peñaloza, A ; Martínez-Juárez V.M ; Vargas-Torres A ; Zeugolis D; Aguirre-Álvarez, G, (2019).**Hydrolyzed collagen—sources and applications. *Molecules*, 24(22), 4031.
- **Li J ; Wang L ; Zhang H, (2018).** *Prétraitement du collagène avec liquide ionique* (Brev. EP 3 456 789 A1). Office européen des brevets (OEB).
- **Lin K ; Zhang D ; Macedo M.H ; Cui W ; Sarmiento B ; Shen G, (2019).**Advanced Collagen-Based Biomaterials for regenerative Biomedicine. <https://doi.org/10.1002/adfm.201804943>. *Advanced Functional Materials* 29.
- **Liu D ; Liang L ; Regenstein J.M ; Zhou P, (2015).**Extraction and characterization of pepsin-solubilized collagen from fins, scales, skins, bones and swim bladders of bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*). *Food Hydrocolloids*, 45, 845–854. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.12.020>.
- **Lu W.-C ; Chiu C ; Chan Y.-J ; Mulio A.T ; Li P.-H, (2023).** *Characterization and biological properties of marine by-product collagen through ultrasound-assisted extraction.* *Aquaculture Reports*, 30, 101514. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2023.101514>
- **Matinong, A. M. E ; Chisti Y ; Pickering K. L ; Haverkamp R.G, (2022).**Collagen extraction from animal skin. *Biology*, 11(6), 905.
- **Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques (Algérie), (2000–2019).** Rapports de suivi du développement aquacole [Données institutionnelles non publiées].
- **Nagai T ; Suzuki N, (2000).** Isolation of collagen from fish waste material — skin, bone and fins. *Food Chemistry*, 68(3), 277–281. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(99\)00188-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(99)00188-0)
- **Nguyen H.T ; Hilmarsdóttir G.S ; Tómasson T ; Arason S ; Gudjónsdóttir M, (2009).**Changes in Protein and Non-Protein Nitrogen Compounds during Fishmeal Processing—Identification of Unoptimized Processing Steps. *Processes* 2022. 10, 621
- **Penven A ; Baron R ; Etienne M ; Delannoy C ; Berge J.P, (2017).** Utilisation des sous-produits de la pêche et de l'aquaculture pour l'alimentation en aquaculture. [10.2305/IUCN.CH.2017.02.fr](https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.02.fr).

- **Péron G ; Mittaine J.F ; Le-Gallic B, (2010).** Where do fishmeal and fish oil products come from? An analysis of the conversion ratios in the global fishmeal industry. *Marine Policy*, 34 : 815-820.
- **Potier F, (2016).** *Biomatériaux collagène/gélatine : des phases cristal-liquides aux matériaux hybrides* (Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie–Paris VI).
- **Prockop D.J ; Kivirikko K.I, (1995).** Collagens: Molecular biology, diseases, and potentials for therapy. *Annual Review of Biochemistry*, 64, 403–434.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.bi.64.070195.002155>.
- **Quignard, J.-P., & Tomasini, J.-A, (2000).** Mediterranean fish biodiversity. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(3), 1–66.
- **Ricard-Blum S, (2011).** The collagen family. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 3(1), a004978. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a004978>
- **Santos Filipe M ; André R ; Ferreira M ; Diaz-Lanza A.M ; André V ; Alves M.M ; Rijo P, (2024).** Valorizing sardine scales: a circular approach to sustainable collagen for cosmetics and nutrition applications. *Frontiers in Pharmacology*, 15, 1443358.
- **Sarwan J ; Narang J ; Kumari A ; Devi, M ; Uddin, N ; Sharma S ; Jagadeesh Chandra ; Bose K, (2024).** Biomedical Applications of Collagen/Gelatin. *Biopolymers for Biomedical Applications*, 287-313.
- **Semenycheva L.L ; Egorikhina M.N ; Chasova V.O ; Valetova N.B ; Podguzkova M.V ; Astanina M.V ; Kuznetsova Y.L, (2020).** Enzymatic hydrolysis of collagen by pancreatin and thrombin as a step in the formation of scaffolds. *Russian Chemical Bulletin*, 69, 164-168.
- **Senadheera, R., et al., (2020).** [Titre complet non trouvé]. Étude comparant collagène marin et bovin/porcin sur le risque allergique et biodisponibilité. (À compléter)
- **Serena, F., Mancusi, C., & Barone, M. (Eds.), (2010).** *Field identification guide to the skates (Rajidae) of the Mediterranean Sea: Guidelines for data collection and analysis*. *Biologia Marina Mediterranea*, Suppl. 2.
- **Shahidi F, (2006).** Maximising the value of marine by-products. CRC Press.
- **Shahrajabian, M. H., & Sun, W, (2024).** Pharmacological uses and health benefits of ginger. *Notulae Scientia Biologicae*, 11, 309–319.

- **Shaik M.I ; Abdul Rahman S.H ; Yusri A.S ; Ismail-Fitry M.R ; Sampath Kumar N ; MhdSarbonN, (2024).** *A review on the processing technique, physicochemical, and bioactive properties of marine collagen.* Journal of Food Science, 89(9), 5205–5229. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17273ift.onlinelibrary.wiley.com>.
- **Shao J ; Chen Y ; Wei Y ; Yang C ; Yang M ; Zhang H ; Pan Y, (2021).** Structural and rheological properties of collagens from the skin of different marine species. *Marine Drugs*, 19(2), 92. <https://doi.org/10.3390/md19020092>.
- **Shao P ; Zhao L ; Feng J ; Sun P ; Cui B, (2021).** Characterization of type I collagen from skin of tilapia (*Oreochromis niloticus*) and its application in emulsion stabilization. *Food Hydrocolloids*, 111, 106175.
- **Shoulders M.D ; Raines R.T, (2009).** Collagen structure and stability. *Annual Review of Biochemistry*, 78, 929–958.
- **Sibilla S ; Godfrey M ; Brewer S ; Budh-Raja A ; Genovese L, (2015).** An overview of the beneficial effects of hydrolysed collagen as a nutraceutical on skin properties: Scientific background and clinical studies. *The Open Nutraceuticals Journal*, 8. doi: 10.2174/1876396001508010029.
- **Sionkowska A, (2011).** *Fibrous proteins and peptides as scaffolds in tissue engineering.* Application in collagen biomaterials. (Titre exact non précisé – besoin du journal)
- **Tang X, (2016).** *Méthode d'extraction du collagène par découpe, broyage et enzymolyse* (Brev. FR n° 3 012 345). Institut national de la propriété industrielle (INPI).
- **Tügen A, (2024).** Les Cahiers du CEDIMES – 50e anniversaire. CEDIMES.
- **Watanabe-Kamiyama M ; Shimizu M ; Kamiyama S ; Taguchi Y ; Sone H ; Morimatsu F ; Shirakawa H ; Furukawa Y ; Komai M, (2010).** Absorption and effectiveness of orally administered collagen hydrolysates evaluated by the vascularly perfused rat intestine and liver in situ. *Biomedical Research*, 39(1), 1–11. <https://doi.org/10.2220/biomedres.39.1>.
- **Yang H ; Shu Z, (2014).** The extraction of collagen protein from pigskin. *J. Chem. Pharm. Res*, 6(2), 683-687.
- **Yang P ; Liu Q ; Zhao R, (2015).** *Extraction acide du collagène suivie de salting-out et dialyse* (Brev. US 9,123,456 B2). United States Patent and Trademark Office

(USPTO).

- **Zhang Y; HerlingM ; Chenoweth D.M, (2016).** General solution for stabilizing triple helical collagen. Journal of the American Chemical Society, 138(31), 9751-9754.
- **Zhuang, Q ; et al., (2009).** *[Titre exact non précisé]*. Étude sur la structure triple hélice du tropocollagène marin.  
*(Titre précis manquant — à compléter)*

### Webographie :

**Web 01 :** [https://sumaris-project.com/wp-content/uploads/2020/09/3\\_Grand-Public-guideidentification-fr-min.pdf](https://sumaris-project.com/wp-content/uploads/2020/09/3_Grand-Public-guideidentification-fr-min.pdf)

**Web 02 :** Tendon anatomy. In : Physiopédia (en ligne). Consulté le 11/09/16.  
Disponible à l'adresse : [http://www.physio-pedia.com/Tendon\\_Anatomy](http://www.physio-pedia.com/Tendon_Anatomy)

**Web 03 :** <https://images.app.goo.gl/JCbWX3NTdYxTvfs36>

**Web 04 :** <https://images.app.goo.gl/t43cr5oG4A1EqBvs7>

**Web 05 :** <https://images.app.goo.gl/6mp5jWUXdsq5N91S9>

# **Annexes**



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب

حاضنة الأعمال عين تموشنت



ملحق نموذج العمل التجاري

**Fiche technique du projet****البطاقة التقنية للمشروع**

BENYETTOU Nour el Houda	الاسم و اللقب Votre prénom et nom Your first and last Name
CopMarin <sup>+</sup>	الاسم التجاري للمشروع Intitulé de votre projet Title of your Project
07-99-87-82-65	رقم الهاتف Votre numéro de téléphone Your phone number
benyettounourelhouda12@gmail.com	البريد الالكتروني Votre adresse e-mail Your email address
Wilaya d'Ain Temouchent	مقر مزاولة النشاط ( الولاية- البلدية) Votre ville ou commune d'activité Your city or municipality of activity

**Nature de projet** طبيعة المشروع

المنتوج ذو طابع إنتاجي أو خدماتي

**Vente de marchandises ou de services****Sale of goods or services**

Le projet s'inscrit dans le cadre de la production du collagène marin composé d'ingrédients naturels des coproduits marins dans le but de réduction des rides, de rajeunissement de la peau, voire même d'inversion du vieillissement de la peau, et permet de lutter contre les douleurs articulaires.

## المشكلة المراد حلها وتكون مدعمة بالبيانات (إحصائيات إن وجدت)

Le collagène marin, en raison de sa similitude avec le collagène humain et de sa haute biodisponibilité, est souvent considéré comme un complément alimentaire sûr et bénéfique pour la santé. En particulier, il est reconnu pour son effet sur la peau, les articulations et le métabolisme.

Bienfaits du collagène marin :

### ➤ **Peau :**

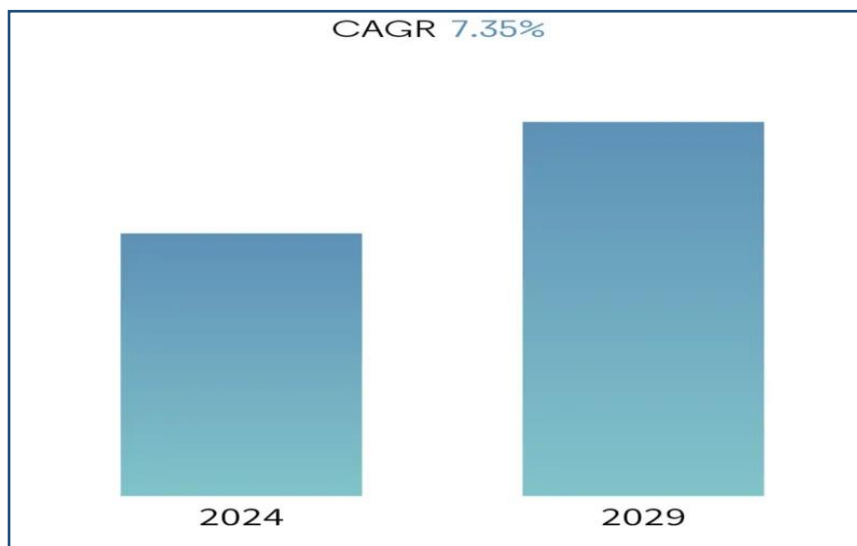
Il améliore l'élasticité, l'hydratation et la qualité globale de la peau, réduisant l'apparence des rides et des ridules.

### ➤ **Articulations :**

Il contribue à renforcer le cartilage, à réduire les douleurs articulaires et à améliorer la mobilité, notamment chez les personnes atteintes d'arthrose.

### ➤ **Métabolisme :**

Il peut aider à améliorer le métabolisme des lipides et à réduire le cholestérol LDL (mauvais cholestérol).



Le marché mondial du collagène marin devrait croître à un TCAC de 7,35 % au cours de la période de prévision (2024-2029) (Source : Mordor Intelligence, 2024).

- La demande de collagène marin s'accélère parmi une large base de consommateurs, soutenue par un revenu disponible élevé dans les pays développés, où les produits à base de collagène se vendent en raison de leurs avantages.
- Le collagène a une forte demande dans le secteur de la nutrition sportive et étant donné que les gens du monde entier sont de plus en plus soucieux de leur santé et optent pour des suppléments pour combler leurs carences nutritionnelles, le marché des suppléments de collagène marin est susceptible de présager un avenir solide au cours de la période de prévision le secteur particulier.
- Les capacités de fabrication haut de gamme et la polyvalence des applications contribuent également facilement au progrès du marché du collagène marin.

### 1-Valueproposition



### 1- القيمة المقترحة

القيمة التي نقدمها للزبون هي:

- ✓ القيمة المبتكرة والجديدة
- ✓ القيمة بالتخصيص والتميز
- ✓ القيمة بالأداء العالي
- ✓ القيمة بالخدمة والمخاطر
- ✓ القيمة بالسعر

### 1/1- القيمة التي نقدمها للعميل

- ❖ Notre le collagène marin riche en peptides bioactifs, reconnu pour ses propriétés anti-âge et sa capacité à améliorer la stabilité et la biodisponibilité des ingrédients actifs, est largement utilisé dans les industries cosmétique, pharmaceutique et alimentaire.
- ❖ Les consommateurs sont intéressés par les produits fabriqués avec des ingrédients naturels et durables, donc le point d'avantage de ce produit l'extraction de notre collagène marin optimisé, sans solvant chimique nocif.
- ❖ Mettre notre collagène marin à la disposition des clients qui se préoccupent de soulager les douleurs articulaires et lutter contre le vieillissement de la peau.

## 2/1- ما هي المشاريع الأخرى التي استهدفت نفس المشكلة والتي جرى تنفيذها

Notre produit (**CopMarin<sup>+</sup>**) est le premier collagène marin : 100% Naturel, 100% Algérien (HALAL).

Bien qu'au niveau national il existe d'autres types de collagène marin sous forme de capsules.

## 2- Customer segments



## 2- شرائح العملاء

## - عملاؤنا ولمن نوجه القيمة

Le marché potentiel est vaste et englobe divers segments de consommateurs. Il comprend les individus souffrant d'allergies aux composés chimiques et synthétiques présents dans les autres produits. De plus il inclut les consommateurs recherchant des produits naturels, respectueux de l'environnement et éthiques. Ce marché potentiel est en expansion, stimulé par une prise de conscience croissante des consommateurs et une demande croissante de produits de santé naturels.

Le marché cible pour ce projet comprend principalement les consommateurs conscients de l'importance des ingrédients naturels dans leur corps. Cela inclut les individus qui ont dépassé l'âge de 25 ans (**granions-collagènebrochure**), qui accordent une priorité à leur santé de leur beauté. En outre, il comprend les adeptes des produits locaux et ainsi que les consommateurs souhaitant soutenir les initiatives entrepreneuriales locales.

## 3-Customer Relationships



## 3- العلاقات مع العملاء

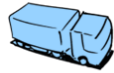
Communication sur les avantages naturels : Mettre en avant les propriétés bénéfiques des ingrédients naturels utilisés dans le collagène marin, tels que leurs propriétés antimicrobiennes et leur effet sur la peau, les os et les articulations. Cette communication doit être soutenue par des preuves scientifiques et des témoignages de clients.

Valorisation de la provenance locale : Communiquer sur l'origine des ingrédients provenant de la région. Souligner le caractère «Made in Bladi» du produit pour renforcer le sentiment de fierté nationale et l'engagement envers les produits locaux.

Éducation et sensibilisation : Développer des campagnes éducatives pour informer les consommateurs sur les risques des ingrédients synthétiques présents dans les autres produits. Mettre en évidence les avantages des produits naturels pour la peau et les articulations et souligner l'importance de faire des choix éclairés pour sa santé.

Création d'une identité de marque forte : Développer une identité de marque distincte et mémorable, axée sur les valeurs de transparence, d'authenticité et d'engagement envers la santé et l'environnement. Utiliser des plateformes de médias sociaux et des partenariats avec des influenceurs pour renforcer la notoriété de la marque et engager la communauté.

4-Channels



-4 القنوات

#### 1/4- الآليات والطرق لإعلام بمنتجاتنا أو خدمتنا

Pour faire la promotion de notre entreprise, il est nécessaire de suivre un processus en deux étapes : la première consiste à se positionner en tête dans l'esprit des clients potentiels, tandis que la deuxième consiste à la maintenir dans le temps.

Les réseaux sociaux sont considérés comme les canaux les plus performants car ils fournissent une excellente opportunité d'atteindre gratuitement un grand nombre de clients.

#### 2/4- قنوات التوزيع التي يفضلها العملاء

Établir des partenariats avec des détaillants locaux, des parapharmacies, des pharmacies pour distribuer le produit. Envisager également la vente en ligne à travers une plateforme e-commerce dédiée, offrant ainsi un accès facile aux consommateurs dans tout le pays.

5-**Key partners**

## 5- الشركات الرئيسية

## 1/5- الشركاء الرئيسيون الذين يمكن مساعدتنا

- Direction de la santé
- Direction de l'environnement
- Direction Algérienne des eaux
- Les fournisseurs
- Les incubateurs
- Les clients
- Les banques et autres institutions financières
- Les distributeurs

## 2/5-الموردين الرئيسيين

- Fournisseurs : comme les fournisseurs de matières premières, d'équipements, de logiciels ou de logistique.

6-**Key activities**

## 6- الأنشطة الرئيسية

## 1/6- المراحل الرئيسية

- Préparation de la matière première : cartilage, peau...
- Prétraitement acide.
- Extraction mécanique et filtration.
- Extraction enzymatique.
- Précipitation et purification du collagène marin.

## 2/6 – الأنشطة الثانوية

- Caractéristiques organoleptiques et pH.
- Humidité
- Viscosité
- Activités antimicrobiennes d'hydrolysat de collagène

## 7-KeyResources



## 7 – الموارد الرئيسية

## 1/7 – الموارد المادية

الموارد المادية التي تستعملها مؤسستنا بغرض المساهمة في عملية الإنتاج متمثلة في الجدول التالي:

المورد fournisseur	مصدر محلي أو أجنبي	الموارد Ressources
Les poissonneries de la wilaya d'AïnTémouchent (Algérie)	مصدر محلي	Les déchets de poisons, coproduits marins : cartilage, la peau, l'arête...

## 2/7 – الموارد البشرية

مشروعنا يتضمن كموارد بشرية أشخاص مختصين في تطوير المنتج.

العدد	صنف المورد البشري
1	Laborantine

## 8-Cost Structure



## 8- هيكل التكاليف

■ 1/8-هيكل التكاليف structure Costs  
هيكل التكاليف بالسنة :

150000,00 DA	تكاليف التعريف بالمنتج أو المؤسسة Frais d'établissement
Compteur d'eau 5000,00 DA Compteur d'électricité 220v 8000,00 DA Compteur d'électricité 380v 20000,00 DA Compteur de gaz 20000,00 DA	تكاليف الحصول على العدادات ( الماء- الكهرباء ..... ) Frais d'ouverture de compteurs (eaux-gaz-....)
/	تكاليف (التكوين- برامج الاعلام الالي المختصة) Logiciels, formations
/	Dépôt marque, brevet, modèle تكاليف براءة الاختراع و الحماية الصناعية و التجارية
/	Droits d'entrée تكاليف الحصول على تكنولوجيا او ترخيص استعمالها
/	Achat fonds de commerce ou parts شراء الأصول التجارية أو الأسهم
420000,00 DA	Droit au bail الحق في الإيجار
/	Caution ou dépôt de garantie وديعة أو وديعة تأمين
45000,00 DA	Frais de dossier رسوم إيداع الملفات
50000,00 DA	Frais de notaire ou d'avocat تكاليف الموثق-المحامي-.....
/	Enseigne et éléments de communication تكاليف التعريف بالعلامة و تكاليف قنوات الاتصال
/	Achat immobilier شراء العقارات
200000,00 DA	Travaux et aménagements الأعمال والتحسينات الأماكن
4100000,00 DA	Matériel الألات- المركبات- الأجهزة
120000,00 DA	Matériel de bureau تجهيزات المكتب
150000,00 DA	Stock de matières et produits تكاليف التخزين
/	trésorerie de départ التدفق النقدي ( الصندوق) الذي تحتاجه في بداية المشروع.

المجموع = 5288000,00 DA

2/8- نفقاتنا أو التكاليف الثابتة الخاصة بمشروعنا بالسنة

200000,00 DA	<b>Assurances</b> التأمينات
10000,00 DA	<b>Téléphone, internet</b> الهاتف و الانترنت
/	<b>Autres abonnements</b> اشتراكات أخرى
100000,00 DA	<b>Carburant, transports</b> الوقود و تكاليف النقل
/	<b>Frais de déplacement et hébergement</b> تكاليف التنقل و المبيت
50000,00 DA 50000,00 DA	<b>Eau, électricité, gaz</b> فواتير الماء - الكهرباء - الغاز
/	<b>Mutuelle</b> التعاضدية الاجتماعية
20000,00 DA	<b>Fournitures diverses</b> لوازم متنوعة
30000,00 DA	<b>Entretien matériel et vêtements</b> صيانة المعدات والملابس
10000,00 DA	<b>Nettoyage des locaux</b> تنظيف المباني
100000,00 DA	<b>Budget publicité et communication</b> ميزانية الإعلان والاتصالات

**المجموع = 570000,00 DA**

3/8- رواتب الموظفين و مسؤولين الشركة

Techniciens	30000,00 DA	<b>رواتب الموظفين</b> <b>Salaires employés</b>
Responsable de marketing	30000,00 DA	
Ouvriers	20000,00 DA	
Femme de ménage	20000,00 DA	
Sécurité	20000,00 DA	
Directeur générale	50000,00 DA	<b>صافي أجور المسؤولين</b> <b>Rémunération nette</b> <b>dirigeant</b>
Laborantins	35000,00 DA	
Contrôleurs Qualité	35000,00 DA	

## 9- RevenueStreams



## 9- مصادر الإيرادات

يعد استكشاف و تنفيذ مصادر إيرادات متعددة امرا ضروريا لشركتنا الناشئة حيث يقوم العملاء بشراء منتوجنا مقابل سعر محدد و من ثم تصبح الإيرادات الناتجة عن البيع هي مصدر الدخل الخاص بنا.

## 1/9- الإيرادات الاجمالية

البيان	القيمة
عدد الوحدات المنتجة	150 pharmacies de la wilaya (5 flacons pour chacune) 100 parapharmacies de la wilaya (5 flacons pour chacune) 300 flacons vendus en ligne
سعر البيع	2800 DA
سعر البيع × عدد الوحدات المنتجة = الإيرادات الاجمالية	4340000 DA

## 2/9- مصادر الدخل

يتمثل مصدر دخلنا في البيع الذي يعتبر مصدر دخل سهل الفهم ونموذج دخل سليم اذ يجعل فكرة مشروعنا تستمر على المدى الطويل.

## 3/9- النسبة المئوية للزيادة في حجم الأعمال بين كل شهر لسنة الأولى ثم لسنة الثانية ثم لسنة الثالثة

Durant la première année, nous restreindrions nos ventes dans la wilaya d'Ain Témouchent afin de promouvoir notre produit et de le livrer dans d'autres wilayas, ce qui nous permettra d'accroître notre clientèle. La deuxième année vise à étendre la portée à toutes les 58 wilayas du pays au niveau national.

السنوات	النسبة المئوية %	الزيادة في حجم الاعمال
السنة الاولى	4340000 × 70	303800000 DA
السنة الثانية	4340000 × 80	347200000 DA
السنة الثالثة	4340000 × 90	390600000 DA