

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE DE TLEMCEM ABOU-BEKR BELKAÏD

FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES
DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS



Département d'Ecologie et Environnement

**Laboratoire : Valorisation des actions de l'homme
pour la protection de l'environnement
et application en santé publique**



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

Melle. BASRI IMANE & Melle. KRIM HADJER

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

EN

Filière

HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE

Spécialité

SCIENCES DE LA MER

Thème :

**Synthèse bibliographique : bienfaits médicinaux et richesse
économique du concombre de mer**

Soutenu le 26 Juin 2023, devant le jury composé de :

Président: Mr SMAHI Djamel-Eddine Grade: M.A.A. Université de Tlemcen

Encadreur: Mr. BENDIMERAD Med. El Amine Grade: M.C.A. Université de Tlemcen

Examineur : Mr ZETTAM Amin Grade : M.C.B. Université de Tlemcen

Année universitaire: 2022/2023

Remerciements

Les travaux présentés dans ce document ont été effectués dans le cadre de notre projet de fin d'étude de Master au Département d'Ecologie et Environnement de la faculté des sciences de la nature et de la vie et science de la terre de L'Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen

Tout d'abord, nous tenons particulièrement à remercier Allah le tout puissant de nous avoir donné la santé, la volonté, le courage et la patience pour accomplir ce modeste travail

Nous tenons à remercier nos parents de leurs sacrifices et patience tout au long de notre parcours.

Nous exprimons nos sincères gratitude à notre encadreur **Mr. BENDIMERAD Mohammed. El Amine** qui pour leur disponibilité, leur gentillesse, ses conseils judicieux et ses remarques objectives que nous ont permis de mener à bien ce mémoire. Merci pour tout ce que vous avez pu nous apporter. C'est grâce à vous que le travail a pris cette forme.

Nos remerciements les plus vifs s'adressent à **Mr SMAHI Djamel-Eddine** , d'avoir accepté de présider ce travail, ainsi que **Mr ZETTAM Amin**d'avoir bien voulu d'examiner ce travail.

Nous profitons de cette opportunité pour exprimer notre gratitude à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation

Enfin, nos remerciements à tous ceux qui nous ont encouragent de près ou de loin pour la réalisation de ce projet de fin d'étude.

Dédicaces

A l'aide de Dieu tout puissant, qui m'a tracé le chemin de ma vie, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie à Mes grands pèrespaix à son âme El hadj Rabah et Belarouci fatna.

A Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, et tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie.

A Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit

A mes sœurs « farah et assia », A mon frère « youcef hicham » Ainsi qu'à ma famille : Mes tantes (saliha , samira , latifa, sabah) mes oncles (abdelmadjid et abdelkader) et bien sûr à mes cousins(weissam et sa petit famille , ines , hanae ,abir, ikram , fatima, nessrine) et mes cousines du plus grand au plus petit et aussi les femmes des mes oncle « fatima et yamna » et ma grand-mère « Belarouci zinab »

Je tiens également à remercier mes très chères amis proches : Meroua, Wassila, Rajae, et je ne peux oublier, mes belles sœurs : Amira,Siham,Rahma,Amina, chaimae, Imane, Aicha et ma binôme Basri Imane.

A toutes les personnes qui occupent une place dans mon cœur.

Sans oublier tous mes professeurs qui m'ont suivi durant toutes ces années.

Krim Hadjer

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes **chers parents**, qui ont consacré leur existence à bâtir la mienne, pour leur soutien, leur patience et soucis de tendresse et d'affection pour tout ce qui ils ont fait pour que je puisse arriver à ce stade.

A ma mère qui m'a encouragée durant toutes mes études, et qui sans elle, ma réussite n'aura pas eu lieu. Qu'elle trouve ici l'expression de mon amour et mon affection.

A mon père, qui est toujours disponible pour nous, et prêt à nous aider, je lui confirme mon attachement et mon profond respect.

A ma grande mère

A mon grand père et mon oncle, que dieu lui fasse miséricorde

A mes chers frères : **Habib et Ibrahim**

A mes sœurs : **Aya et Djamila**

A ma chère sœur : **Rokaia**

A ma cher amie : **Samia**

Et finalement ; A tous ceux qui me connaissent de près ou de loin.

Basri Imane

ملخص

يعد خيار البحر حيوانًا بحريًا تم استخدامه لعدة قرون في الطبخ الآسيوي التقليدي والطب لعلاج الأمراض المختلفة. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الخصائص الدوائية لخيار البحر وتقييم إمكاناته العلاجية. للقيام بذلك، قمنا بإجراء مراجعة منهجية للأدبيات العلمية حول هذا الموضوع، واختيار 4 دراسات. قمنا بتجميع البيانات الخاصة بالتركيب الكيميائي والتأثيرات البيولوجية والتطبيقات السريرية لخيار البحر، وأظهرت النتائج أن خيار البحر يحتوي على مواد فعالة لها مضادات الأكسدة، ومضادة للالتهابات، ومضادة للبكتيريا، ومضادة للأورام، ومضادة للفطريات. لذلك يمكن استخدام خيار البحر كمكمل غذائي أو دواء طبيعي للوقاية من الأمراض المختلفة أو علاجها. ومع ذلك، هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات لتأكيد فعالية وسلامة خيار البحر لدى البشر، كما أنه مصدر للثروة الاقتصادية للبلدان التي تصطاده أو تزرعه. لديها طلب كبير في السوق الدولية، وخاصة في الصين، ويمكن أن تؤكل طازجة أو مجففة أو مخللة أو مقلية.

تساهم هذه الدراسة في إثراء المعرفة حول خيار البحر وزيادة الوعي بضرورة الحفاظ عليه واستغلاله الطبي والاقتصادي الرشيد

الكلمات المفتاحية: خيار البحر - الفوائد الطبية - الثروة الاقتصادية

Summary:

The sea cucumber is a marine animal that has been used for centuries in traditional Asian cooking and medicine to treat various diseases. This study aims to analyze the pharmacological properties of sea cucumber and to assess its therapeutic potential. To do this, we carried out a systematic review of the scientific literature on the subject, selecting 4 studies. We synthesized the data on the chemical composition, biological effects and clinical applications of sea cucumber. The results show that sea cucumber contains active substances which have antioxidant, anti-inflammatory, antibacterial, antitumor, antifungal effects, cardioprotectors, immunomodulators. Sea cucumber could therefore be used as a food supplement or natural medicine to prevent or treat various pathologies. However, further studies are needed to confirm the efficacy and safety of sea cucumber in humans, it is also a source of economic wealth for the countries that fish or cultivate it. It has a high demand in the international market, especially in China, can be eaten fresh, dried, pickled or fried.

This study contributes to enriching knowledge on the sea cucumber and to raising awareness of its preservation and its rational medicinal and economic exploitation.

Key words: Sea cucumber - Medicinal benefits - Economic wealth

Résumé

Le concombre de mer est un animal marin qui est utilisé depuis des siècles dans la cuisine et la médecine traditionnelle asiatique pour traiter diverses maladies. Cette étude vise à analyser les propriétés pharmacologiques du concombre de mer et à évaluer son potentiel thérapeutique. Pour ce faire, nous avons effectué une revue systématique de la littérature scientifique sur le sujet, en sélectionnant 4 études. Nous avons synthétisé les données sur la composition chimique, les effets biologiques et les applications cliniques du concombre de mer. Les résultats montrent que le concombre de mer contient des substances actives qui ont des effets antioxydants, anti-inflammatoires, antibactériens, anti tumoraux, antifongique, cardioprotecteurs, immunomodulateurs. Le concombre de mer pourrait donc être utilisé comme un complément alimentaire ou un médicament naturel pour prévenir ou traiter diverses pathologies. Cependant, des études supplémentaires sont nécessaires pour confirmer l'efficacité et l'innocuité du concombre de mer chez l'homme, il est également une source de richesse économique pour les pays qui le pêchent ou le cultivent. Il a une forte demande sur le marché international, surtout en Chine, peut être consommé frais, séché, mariné ou frit.

Cette étude contribue à enrichir les connaissances sur le concombre de mer et à sensibiliser à sa préservation et à son exploitation rationnelle médicinale et économique

Mots clé : Holothurie - Bienfaits médicaux - Richesses économique.

Liste des figures:

Figure 01 : Phylogénie des Échinodermes. Modifié d'après (O'hara <i>et al.</i> , 2014)....	4
Figure 02 : Morphologie externe d'une holothurie du genre <i>Holothuria</i> (Samynet <i>al.</i> , 2006).....	7
Figure 03 : Anatomie interne d'une holothurie du genre <i>Holothuri</i> (Samynet <i>al.</i> , 2006)	7
Figure 04 : Partie antérieure d' <i>Holothuriatubulos</i> abouche, entourée de tentacules (Tahri, 2014)	8
Figure 5 : Gonades matures d' <i>H. poli</i> . (A) : femelle et (B) : mâle (Tolon et Engin, 2019)	11
Figure 6 : Schéma montrant le transit digestif d'une holothurie (Conand, 1994).....	11
Figure 07 : Commensalisme chez les holothuries. A : <i>Carapusbermudensis</i> ; B : <i>Holothuriamexicana</i> (Rogers <i>et al.</i> , 2018).....	12
Figure 08 : Phénomène d'éviscération chez <i>Holothuria (R.) poli</i> (Slimane-Tamacha, <i>et al.</i> , 2019).....	13
Figure 09 : <i>Holothuria (P.) forskali</i> projetant ses tubes de Cuvier. Photo prise en Italie par Roberto Pillon Mai, 2011.....	14
Figure 10 : Morphologie externe de <i>Holothuria (Holothuria) tubulosa</i> . A : face ventrale, B: face dorsale (Slimane Tamacha, 2017).....	16
Figure 11 : Morphologie externe de <i>Holothuria (Roweothuria) poli</i> . A : face dorsale B : face ventrale (Slimane Tamacha, 2017).....	16
Figure 12 : Dans une pharmacie « chinoise » au Japon. (in Purcell, 2010 ; Purcell, 2014a).....	19
Figure 13 : Activités biologiques des composés bioactifs dérivés des "concombres de mer" (Pangestuti et Arifin, 2018).....	21
Figure 14 : Holothuries séchées et conservées en bocal, utilisées à des fins médicinales par la médecine chinoise (in Purcell, 2010 ; Purcell, 2014a).....	27
Figure 15 : Situation mondiale actuelle des pêcheries d'holothuries (Nombre de pêcheries = 69) D'après Purcell <i>et al.</i> (2013).....	32
Figure 16 a et b : Collecte à pieds des holothuries à marée basse sur le Grand récif de Tuléar (Photos :T. Lavitra , 2006).....	33
Figure 17 : production aquacole mondiale d'animaux aquatiques et algues 1990-2018 (source : FAO).....	35

Figure 18 :Holothuriculture. (À gauche) Bassin utilisé pour la polyculture d’holothuries de sable, d’huîtres perlières et de mérours. (À droite) Holothuries de sable fraîches pêchées dans les bassins de polyculture de Chine méridionale (Purcell et Wu, 2017).....	37
Figure 19 : Spécimens d' <i>Holothuriatubulosatransformés</i> en bêche de mer avant d'être vendus à des acheteurs chinois locaux. A) Produit séché ; B) sélection de produits de qualité ; C) ensachage à vendre. (Neghli et Mezali, 2019).....	38
Figure 20 : Marchés asiatiques d'holothuries en chine (inPurcell, 2010 ; Purcell, 2014a).....	41
Figure 21 : Plat à base de bêche de mer (inPurcellet al., 2010).....	41
Photo 22 : Coffrets cadeaux de 350 g contenant (apparemment) des <i>Stichopusnaso</i> séchées dans une épicerie du quartier chinois de Sydney (Australie). Prix de détail : 88 dollars australiens (80 USD) par boîte.....	43
Photo 23 : Holothuries de sable (<i>Holothuriascabra</i>) de calibre moyen séchées, conditionnées dans des coffrets cadeaux de 1 kg et vendues dans une épicerie de Haymarket, à Sydney. Prix de détail : 450 dollars australiens (410 USD) par boîte.....	43
Photo 24 : <i>Actinopygaspinea</i> congelées et conditionnées dans des sacs, présentés dans le rayon poissonnerie surgelée d’un supermarché de Guangzhou (Canton), en Chine. Les animaux ont probablement été éviscérés et cuits une fois, puis emballés sous vide.....	43
Photo25 : <i>Parastichopuscalifornicuséviscérées</i> , congelées, en vrac dans une poissonnerie de Beijing, en Chine. À l’aide d’une petite pelle, le client verse la quantité désirée dans un sachet et paie au poids.....	44
Photo 26 : Eau de gamat. On lui prête de nombreuses propriétés : cicatrisation des plaies, réduction des œdèmes, stimulation de l’appétit, amélioration de la circulation sanguine et allié santé. Cette eau est obtenue en faisant cuire à feu doux des holothuries entières du genre <i>Stichopus</i> pendant trois jours. Ce liquide pur est ensuite dilué dans de l’eau et commercialisé.....	44
Photo 27 : Gelée de gamat. Elle est réputée améliorer l’état de santé général. Il est conseillé d’ajouter cette gelée à des jus de fruit ou à de l’eau froide ou chaude. Ces gelées contiennent 3,48 g de <i>Stichopusherrmanni</i>	44
Photo 28 : Deux pains de savon à base d’holothurie vendus dans un magasin de Kota Kinabalu, à Sabah, en Malaisie orientale. Chaque pain est fabriqué en Malaisie, il	

pèse environ 70 g et est vendu 4 dollars des États-Unis. L'étiquette indique que le produit contient des extraits de <i>Stichopus horrens</i>	44
Figure 29 : Le déroulement de la transformation des concombres de mer en bûches de mers séchées.....	46
Figure 30 : La transformation et la commercialisation des holothuries à Toliara (de leur récolte en milieu naturel à leur exportation).....	47
Figure 31 : Schématiquement, la conception expérimentale du traitement dans le groupe de protection. (Source : Bio Med Research International).....	61
Figure 32 : Schématiquement, la conception expérimentale du traitement dans le groupe curatif. (Source : Bio Med Research International).....	61

Liste des tableaux :

Tableau 01 : Quantité estimée des captures d'holothuries dans le monde (FAO, 2008)	32
Tableau 2 : Taux de concombres de mer capturés rapporté par FAO au tonnage mondial total (inBordbaret al., 2011 ; FAO, 2020).....	41
Tableau 3 : Prix de quelques espèces d'holothuries à Madagascar (Jaotombo A, 2009).....	45

Liste des abréviations

FCS : Le fucosylate de chondroïtine sulfate

GAG : Les glycosaminoglycanes

TNF : facteur de nécrose tumorale

HPLC : la chromatographie liquide à haute performance

PE : la phillinopside E

NMR : Nuclear magnetic resonance

ESIMS : electrospray ionization mass spectrometry

FCS : fucosylate de chondroïtine sulfate

AINS : anti-inflammatoires non stéroïdiens

AAE et TAA : acides aminés

FAO: Food and Agriculture Organisation of United Nation (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'Agriculture)

°C: Degré Celsius , g: Gramme

Kg/an: Kilogramme par année

WHO: World Health Organizations (Organisation mondiale de la santé)

AGPI : acides gras polyinsaturés

EPA : l'acide eicosapentaénoïque

ARA : l'acide arachidonique

ALA : l'acide α -linoléinique

DHA : l'acide docosahexaénoïque

IUCN : Union internationale pour la conservation de la nature

Cr : Le chrome, **Mn** : le manganèse, **Zn** : le zinc ; **Fe** : le fer, **Ni** : le nickel, **Co** : le cobalt, **Cu** : le cuivre

MDA-MB-231 : Human breast cancer

Cd : le Cadmium, **Pb** : le plomb

USD : dollars australiens

CPS N°34 : pacific community

TAC :total admissible des captures

TMC : les tailles minimales de capture

NaOCl :Hypochlorite de sodium

PDA : gélose dextrose de pomme de terre

MH : Müller-Hinton

C : Chloramphénicol**CIP** : ciprofloxacine

GC-MS :chromatographie en phase gazeuse- spectrométrie de masse

CLHP :Chromatographie en phase liquide à haute performance

GM :gentamicine, **CF** :céfalotine ,**FCZ** :fluconazole , **DO** :densité optique

CMI : Concentrations minimales inhibitrices

MFC :concentration fongicide minimale

FBS :Le sérum fœtal bovin

ESI-MS :la spectrométrie de masse par ionisation par électropulvérisation

FTIR : Thermo Fisher Scientific

DMSO-d6 : diméthylsulfoxyde-d6

CDCl3 :chloroforme deutéré

PBS :saline tamponnée de phosphate

EDTA :acide éthylène diamine tétra-acétique

DMSO-d6 :Diméthylsulfoxyde deutéré

KBR :delivers science

MCF-7 : la lignée de cellules tumorales mammaires

HepG2 :une lignée cellulaire provenant du tissu hépatique d'un patient présentant un carcinome hépatocellulaire

RPMILe : Roswell Park Memorial Institute medium

ACEA : The European Automobile Manufacturers' Association (ACEA)

SPSS : un logiciel utilisé pour l'analyse statistique

IBM :International Business Machines Corporation, connue sous le sigle

IACUC :le Comité institutionnel de protection et d'utilisation des animaux

CNRC :Centre national de recherche

HaE :*Holothuriaatraextract*

L'OCDE : méthode à dose fixe

DMBA :Le 7,12-diméthylbenz[a]anthracène

HAP :hydrocarbures aromatiques polycycliques

GST :La glutathion-S-transférase

SOD : les superoxydes dismutases

GSH : glutathion

ROS :robot operating system

CUFS :Cambridge Unsteady Flow Symposium

DPPH : mesure l'activité antioxydante des composés capables de transférer des atomes d'hydrogène

MeOH : le méthanol (encore appelé alcool méthylique)

Table des matières

Remerciements

Dédicaces

sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction.....2

Chapitre 01 :La Biologie de Concombre de mer

I. Échinodermes.....	4
II. Généralités sur les concombres de mer :.....	4
II .1. Classification des concombres de mer	5
II.1.1 Systématique des concombres de mer	6
II.2. Répartition géographique des concombres de mer	6
II.3. Morphologie générale.....	6
II.3.1. Morphologie externe.....	6
II.3.2. Morphologie interne	7
II.3.2.1. Le système nerveux	8
II.3.2.2. Système digestif.....	8
II.3.2.3. L'appareil ambulacraire.....	8
II.3.2.4. Les tentacules.....	8
II.3.2.5. L'appareil respiratoire.....	9
II.3.2.6. Organes reproducteurs	9
II.3.2.7. Endosquelette.....	9
II.3.2 .8. Les organes de Cuvier.....	10
II.3.2.9. La cavité cœlomique	10
II.3.2.10. L'anneau calcaire	10
II.3.2.11. Le tégument	10
II.3.2.12. La bouche.....	10
II.4. Ecologie et comportement	10
II.4.1. Habitat.....	10
II.4.2. Déplacement	11
II.4.3. Reproduction des holothuries	11
II.4.4. Régimes alimentaires des holothuries.....	12
II.4.5. Les prédateurs des holothuries.....	12
II.4.5.1. Symbioses et commensalismes : (Relation des holothuries avec d'autres animaux) .	13
II.4.6. Mécanisme (moyens) de défense des holothuries	13
II.4.6.1. Les toxines	13
II.4.6.2. Eviscération ou autotomie	13
II.4.6.3. Tubes de cuvier	14
II.4.7. Ecologie	15
II.4.7.1. Place des holothuries dans les écosystèmes benthiques	15
II.4.7.2. <i>Holothuriatubulosa</i> et <i>Holothuriapolii</i> , espèces méditerranéennes caractéristiques	15
II.4.7 .3. Rôle écologique des holothuries	17

Chapitre 02 :Les Bienfaits médicinaux de concombre de mer

I. Des noms communs :	18
II. Les bienfaits généraux de concombre de mer :.....	18
II.1. Les molécules bioactives :.....	19
II.2. Activités biologiques du concombre de mer :.....	22
III. Les propriétés médicinales	26
III.1. Les effets secondaires possibles :	28

III.2. Suppléments de concombre de mer :	28
IV. Bienfait nutritionnelle des holothuries :	29

Chapitre 03 : Richesses économique de concombre de mer

I. Situation de la pêche au niveau mondial	31
II. L'aquaculture.....	33
II.1. Définition	33
II.2. Objectifs de l'aquaculture	34
II.3. Les études technico-économiques en aquaculture.....	34
II.4. Aquaculture mondiale	35
II.5. Aquaculture en Algérie	36
II.6. Holothuriculture :	36
III. Commerce :	37
III.1. Situation commerciale(Techniques de prélèvement) :	37
III.2. Commercialisation des concombres de mer :	38
III.3. Marchés et modes de consommation de concombre de mer :	39
IV. Valeur économique des holothuries	51

CHAPITRE 4 : Matériel et méthodes des travaux antérieures

I. Matériel et méthodes	53
I.1. Échantillonnage et identification des concombres de mer	53
I.2. Préparation des extraits.....	53
I.3. Souches microbiennes et conditions de croissance	54
I.4. Essai de diffusion en milieu gélosé	54
I.5. Analyse turbidimétrique	54
II. Matériel et méthodes.....	55
II.1. Préparation des échantillons	55
II.2. Extractions des échantillons	55
II.3. Dosage antifongique.....	55
II.4. Analyses statistiques	56
III. Matériel et méthodes :	56
III.1. Matériels	56
III.2. Extraction de saponine de <i>H. nobilis</i> Selenka	57
III.3. Détermination de la structure	57
III.4. xCELLigence Real-Time Cell Analysis (RTCA)	58
III.5. Test d'apoptose	58
III.6. Analyse statistique	59
IV. Matériels et méthodes :	59
IV.1. Prélèvement d'échantillons.....	59
IV.2. Préparation de l'extrait d' <i>Holothuria atra</i> (HaE)	59
IV.3. Analyse par chromatographie liquide à haute performance	59
IV.4. Activités de balayage des radicaux libres	60
IV.5. Considérations éthiques	60
IV.6. Animaux de laboratoire	60
IV.7. Étude de toxicité (OCDE 420).....	61
IV.8. Plan expérimental	62
IV.9. Manipulation des animaux.....	63
IV.10. Préparation des échantillons	63
IV.11. Préparation histopathologique	63
IV.12. Évaluation biochimique	63
IV.13. Analyse statistique	64

CHAPITRE 5 : Résultats et discussions des travaux antérieures

I. Résultats obtenus de l'expérimentation 01 :	65
II. Résultats obtenus de l'expérimentation 02 :	65
III. Résultats obtenus de l'expérimentation 03 :	66

IV. Résultats obtenus de l'expérimentation 04 :.....	67
Conclusion :	70
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	72
Annexe	102

Introduction

Introduction

Les holothuries *Holothuroidea* appartiennent à la famille des échinodermes (Echinodermatae), qui constituent un embranchement d'animaux marins présents à toutes les profondeurs océaniques, et dont les premières traces fossiles remontent au début du Paléozoïque. Les cinq classes, dont font partie les holothuries au même titre que les étoiles de mer ou les oursins, sont d'ailleurs exclusivement marines, aucune espèce n'ayant été retrouvée sur terre ou en eau douce. Les holothuries sont en outre couramment appelées « concombres de mer » ou « bêtes de mer », en raison de la forme de leur corps. Il existe environ 1250 espèces d'holothuries dans le monde, de taille et de couleur différentes, et regroupées dans des ordres comme Apodida, Elasipodida, Molpadida ou encore Synallactida. (Afkhamiet *al.*, 2012).

Les concombres de mer sont des animaux marins. Le plus souvent dans les océans Indien et occidental du Pacifique, ils sont consommés dans certaines régions d'Asie et utilisés à des fins médicinales dans la médecine traditionnelle chinoise (une forme de médecine alternative originaire de Chine) (Afkhamiet *al.*, 2012). Les compléments alimentaires à base d'holothuries séchées et concassées offrent de nombreux bienfaits pour la santé, notamment un soulagement de l'arthrite. (Abdulrazaqet *al.*, 2017 ; Rao, 2018 ; Harris *et al.*, 2019).

Le concombre de mer contient plusieurs substances pouvant influencer sur la santé, notamment des antioxydants, des triterpénoïdes (une classe de composés qui ralentissent la croissance du cancer dans les études préliminaires) et du sulfate de chondroïtine (Mou *et al.*, 2018) (substance naturellement présente dans le cartilage humain et parfois sous forme de complément alimentaire pour traiter l'arthrite).

En raison de la rareté de cet animal en Algérie, aussi qui est classée comme espèce protégée suite à sa grande exploitation abusive, les quelques études portant sur la phylogénie et la phylogéographie des concombres de mer sont rares. Jusqu'à ce jour, nous signalons : Les études de (Mezali, 2008) et la révision systématique de quelques espèces d'holothuries de la côte Algérienne faite par (Mansouri, 2015).

Notre travail intitulé « bienfaits médicinaux et les richesses économique du concombre de mer » a consisté en la récolte et le dépouillement de quelques expérimentations faites déjà sur cette espèce, où pas mal de bienfaits ont été décrits comme l'importance, les avantages médicaux et nutritionnels de cet animal en plus de son rôle économique et commercial.

Notre manuscrit se présente sous forme de différents chapitres, à savoir,

- Un premier chapitre relatant la biologie de concombre de mer,
- Le deuxième chapitre résume les bienfaits médicinaux de cette espèce,
- Un troisième chapitre montrant ses richesses économique

INTRODUCTION

- Le quatrième chapitre contient le matériel et méthodes utilisés suivi par un cinquième chapitre résumant l'essentiel des travaux antérieurs considérés dans la présente étude.
- Nous concluons notre travail bibliographique par une conclusion générale.

Chapitre 01 :

La Biologie de Concombre de mer

Chapitre 01 : La Biologie de Concombre de mer

I. Échinodermes

Les échinodermes sont le plus grand phylum composé entièrement d'organismes marins et le deuxième plus grand phylum après les accords en nombre d'espèces parmi les deutérostomes. Il existe actuellement cinq classes d'échinodermes, à savoir la superfamille des bégonias (Crinoidea), la superfamille des astéroïdes (étoiles de mer), les Ophiuroidea (Prinidae), la superfamille des Holothurian (concombres de mer) et les Echinidae (oursins) (**Figure 1**). Les Bretons et les étoiles de mer forment un groupe monophylétique connu sous le nom d'astrozoaires, tandis que les concombres de mer et les oursins forment le groupe Echinodermata. On les trouve dans tous les océans, de l'Antarctique aux tropiques, et à toutes les profondeurs, de l'intertidal à l'abyssal (**Weber, 2015**).

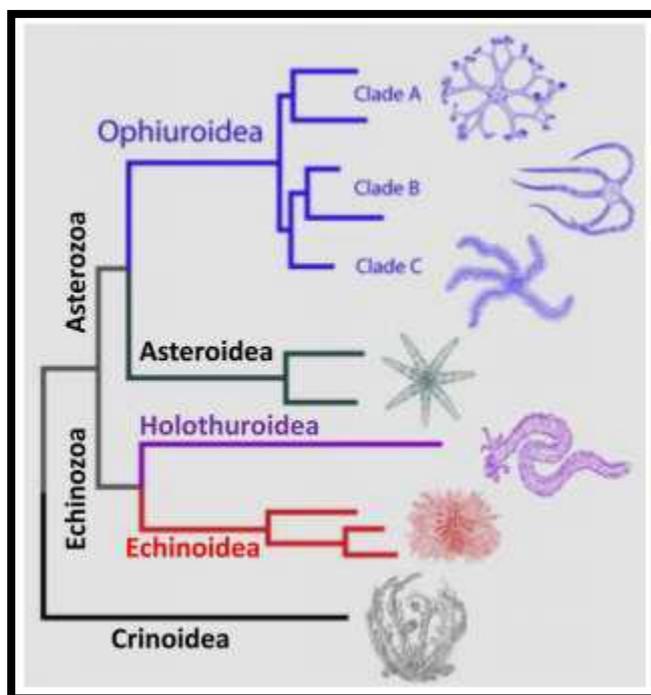


Figure 01 : Phylogénie des Échinodermes. Modifié d'après (**O'hara et al., 2014**).

II. Généralités sur les concombres de mer :

Les holothuries ou "concombres de mer" ou encore "bêches de mer" forment le phylum Echinodermata avec la famille des Echinaceae "oursins", les familles d'étoiles de mer "starfish", les familles d'holothuries "Nriteria" et la famille des crinoïdes "Crinoïdes" (**Conand et Sloan, 1988**). Ce sont des organismes communs de la faune benthique dans tous les milieux marins (**Hendleret al, 1995**) et peuvent constituer jusqu'à 90 % de la biomasse des écosystèmes benthiques (**Hendleret al, 1995**). Les concombres de mer ressemblent peu aux autres échinodermes. Ils sont cylindriques

avec une extrémité légèrement effilée et varient considérablement en taille. Contrairement aux autres échinodermes, les holothuries n'ont pas de squelette bien développé, à l'exception d'une couronne péripharyngée calcaire (**Alain *et al.*, 1986**) et d'un endosquelette très réduit, qui conserve l'état embryonnaire sous forme de « pointes » ou de « sclérotique ». Dans le derme du corps (**Mezali, 2008**).

Le concombre de mer occupant une place importante dans la chaîne alimentaire des écosystèmes marins à différents niveaux trophiques, il constitue une partie importante de la faune benthique et joue un rôle important dans l'équilibre des écosystèmes côtiers (**In Benraho et Bouzlama, 2005**). Souvent appelés "vers marins", ils ingèrent des sédiments chargés de matières organiques et des déchets de plantes et d'animaux. Ces animaux agitent les couches supérieures des sédiments marins, contribuant ainsi au processus de « biofurbation » (**Xinget *al.*, 2012**). Cette accumulation de matière organique en décomposition permet de contrôler la population de parasites et d'organismes pathogènes (**Alain *et al.*, 1986**).

Les concombres de mer vivent généralement sur des substrats meubles avec des fragments de corail, ou sur des récifs sur ces divers substrats. Ils ingèrent les sédiments et les biofilms, retiennent les particules organiques (diatomées, protozoaires, détritiques) et repoussent les éléments minéraux comme le sable (**Behrens *et al.*, 1996**).

Certaines espèces vivent sur des substrats durs (rochers, crevasses, récifs coralliens, etc.), ou sont amphibiens sur des plantes ou des invertébrés marins. Ils sont particulièrement caractérisés par des fonds mous, capables de vivre dans les sédiments de façon temporaire ou permanente à leur surface (**Yanagisawa *et al.*, 1991**).

La superfamille des concombres de mer comprend 6 ordres (mains d'arbres, doigts, gastéropodes, élastopodes, gousses et concombres de mer) avec plus de 1250 espèces pennées, ou en forme de pique), muscles rétracteurs oraux, voies respiratoires et "conduits de Cuviers" ou de défense. organes sont présents ou absents chez certaines espèces d'holothuries (**Hendler *et al.*, 1995**).

II .1. Classification des concombres de mer :

Les concombres de mer sont des échinodermes, cousins des "étoiles de mer" et des "oursins". Dans les zones côtières, on trouve une prédominance des Aspidochirotes (**Conand, 1994**).

Les concombres de mer se distinguent des autres échinodermes par la présence d'un endosquelette composé d'osselets (spicules) ; ces derniers représentent des millions de fragments calcaires microscopiques, isolés les uns des autres et dispersés dans le derme du corps du concombre de mer (**In Mezali, 2008**). La morphologie, la taille et la distribution des fragments d'os dans différents tissus sont des éléments clés pour l'identification et la classification des holothuries (**Samynet *al.*, 2006**).

Les concombres de mer sont classés selon la présence ou l'absence de pattes et d'arbres respiratoires, et la forme de leurs tentacules. Ces critères primaires permettent de différencier les ordres d'Holothurie. Le nombre de tentacules et le nombre de grappes de gonades ont également été utilisés (**Alain et al., 1986**).

II.1.1 Systématique des concombres de mer

Règne : Animalia

Embranchement : Echinodermata

Sous-embranchement : Echinozoa

Classe : Holothuroidea (munie de podia)

Sous-classe : Aspidochirotacea

Ordre : Aspidochirotida (possédant des tentacules peltés)

Famille : Holothuriidae

Genre : Holothuria

Espèce : *Holothuriatubulosa* ; *Holothuriapolii* ; *Holothuria atra* ... etc.

II.2. Répartition géographique des concombres de mer :

Les "concombres de mer" sont largement répandus dans les environnements marins du monde entier, de la zone intertidale à la haute mer.

Les densités les plus élevées se produisent dans l'océan Indien et le Pacifique occidental. Les concombres de mer sont des animaux lents qui vivent dans le sable, la boue, les rochers et les récifs du fond de l'océan ; on les trouve souvent dans les algues, les herbiers et les coraux. Certains vivent dans le sable, ne montrant que des tentacules. La plupart des espèces commercialement importantes vivent dans les rochers, les cailloux, le sable ou la boue, ou sont généralement nocturnes (**Conand, 1994**).

II.3. Morphologie générale :

II.3.1. Morphologie externe :

Les concombres de mer ont généralement un corps souple (**Conand, 1990**), non segmenté, cylindrique et plus ou moins allongé selon l'axe antéro-postérieur (**Rowe et Richmond, 1997**). Ils ont une symétrie bilatérale visible sur la surface du corps, avec une superposition quadratique sur la symétrie pentagonale typique (**Fig.02**). La bouche avant est entourée d'une bande de tentacules (multiples de 5 à 30) spécialisés dans la collecte de nourriture, et l'anus est situé à l'arrière (**Fig.02**). Les concombres de mer ont également des pieds mobiles ou podia, qui sont disposés en rangées pour se déplacer et se fixer aux substrats (**Fig.02**). Dans le trépied qui forme la plante des pieds prostrés de l'holothurie, les pieds tubulaires sont disposés en trois rangées ou recouvrent toute la sole (**Fig. 02**). Sur le bivium qui forme les côtés et le dos de cette faune, ils peuvent être modifiés en verrues ou papilles plus ou moins développées (**Fig. 02**). On notera que les podia peuvent aussi servir à la respiration et à la réception sensorielle (**Hyman, 1955; Meyer et Lawrence, 1982; Conand, 1990**).

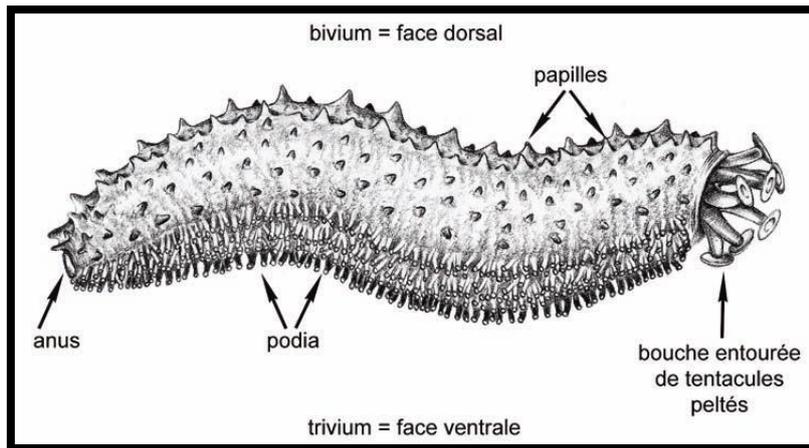


Figure 02 : Morphologie externe d'une holothurie du genre *Holothuria* (Samynet *al.*, 2006).

II.3.2. Morphologie interne :

Les concombres de mer se caractérisent par un endosquelette réduit, formé de spicules dans la peau externe, un élément microscopique essentiel en taxonomie. La surface corporelle est la partie comestible d'un individu. Ils ont une lumière générale spacieuse dans laquelle on trouve les gonades, le tube digestif, l'arbre respiratoire (relié au conduit dichotomique aveugle à la base du tube digestif), le système vasculaire et parfois, selon les espèces, le conduit de Cuvier (**Fig. 3**) Ce sont des organes de défense visqueux et toxiques attachés au bas des voies respiratoires, qui sont expulsés par l'ouverture cloacale vers tout organisme qui dérange le concombre de mer. Les tubes de Cuvier sont présents chez certaines espèces des genres *Holothuria*, *Actinopyga*, et sont particulièrement abondants chez *Bohadschia* (Rowe et Richmond, 1997 ; Hamel *et al.*, 2001)

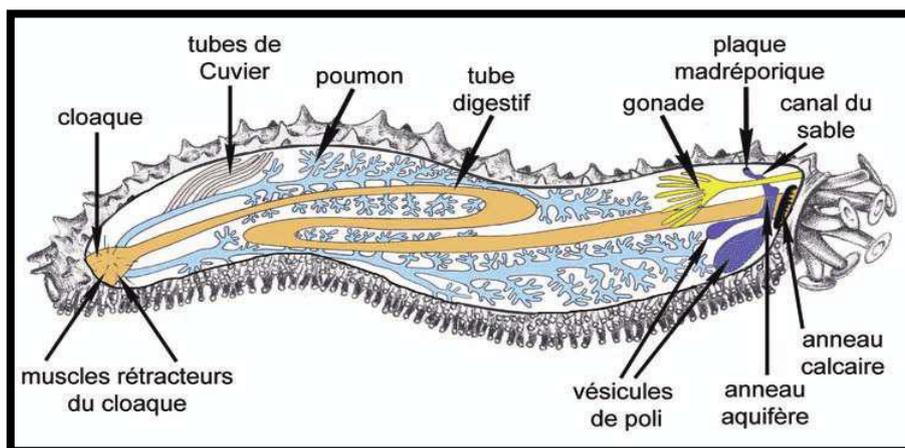


Figure 03 : Anatomie interne d'une holothurie du genre *Holothuri* (Samynet *al.*, 2006).

II.3.2.1. Le système nerveux :

Les organes de sens des holothuries sont représentés par des cellules sensorielles réparties sur la surface du corps .il existe également des taches pigmentées photosensibles sur leurs corps.

II.3.2.2. Système digestif :

Derrière la bouche édentée se trouvent le pharynx et l'œsophage ; le suivant est l'intestin long, qui optimise la digestion des régimes hypo énergétiques ; la digestion peut durer jusqu'à 36 heures chez certaines espèces (Guilleet *al.*, 1986). Lors d'une crise, les organes digestifs peuvent être expulsés en une seule fois. Les zones de rupture préexistantes se régénèrent (Jans *et al.*, 1995).

II.3.2.3. L'appareil ambulacraire

L'appareil ambulacraire (ou aquifère) est un véritable système hydraulique, qui contribue au mouvement ou à l'alimentation de l'animal. Il consiste en un réseau de canaux hydrauliques comprenant un anneau central duquel partent cinq tubes radiaires s'étendant dans le corps et les bras (Mezaliat *al.*, 2014).

II.3.2.4. Les tentacules :

La bouche est entourée de tentacules ramifiés (Fig. 04). Les tentacules buccaux correspondant à une modification des pieds ambulacraires « podia » hautement contractile. Ces tentacules servant à collecter la nourriture sur le fond (Koehler, 1921).

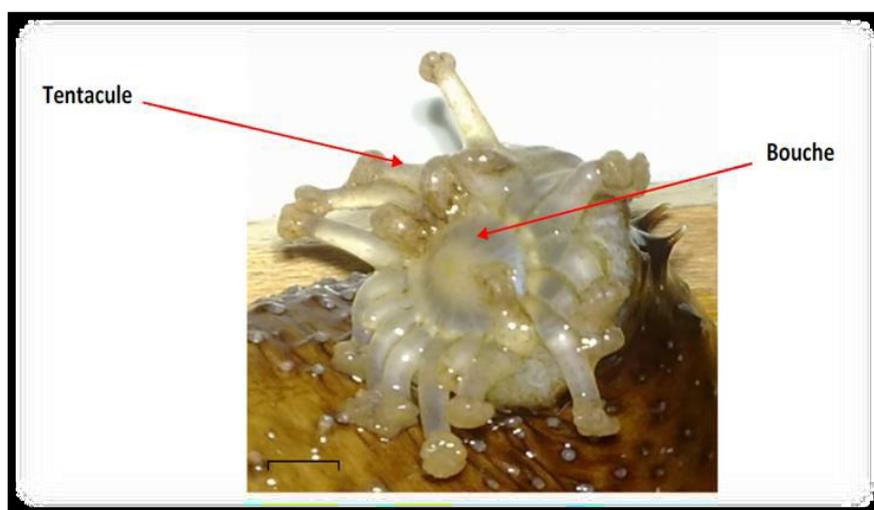


Figure 04 : Partie antérieure d'*Holothuriatubulosa* bouche, entourée de tentacules (Tahri, 2014).

II.3.2.5. L'appareil respiratoire

Il est sous le nom d'organe arborescent. Ce sont des sacs volumineux très ramifiés qui se réunissent en un tronc commun avant de s'ouvrir dans l'ampoule rectale. Leurs parois sont minces et ils sont dotés d'une musculature puissante qui se contracte et expulse l'eau de mer qui les remplis toutes les vingt secondes. Leur remplissage s'effectue passivement (Jans *et al.*, 1995).

II.3.2.6. Organes reproducteurs

Le système reproducteur est constitué de gonades (mâles ou femelles) et de canaux gonadiques qui mènent au pore génital externe situé près de la bouche. Les gonades sont constituées de nombreux conduits gonadiques ramifiés, dont les parties distales flottent librement dans la cavité corporelle. Elle est soutenue du côté proximal par un mésentère relié à la partie antérieure du tube digestif : Les cellules reproductrices sont situées dans ces tubes gonadiques et seront relarguées à maturation (**Guillett *al.*, 1986**).

II.3.2.7. Endosquelette

Presque tous les échinodermes ont des os durs. La nature de ce squelette varie d'un groupe à l'autre au sein du phylum (**Hampton, 1958**). Les holothuries se reconnaissent à la présence d'un squelette dermique ou d'un endosquelette (**Mezali, 1998 ; Mezali *al.*, 2003**). Leur squelette est constitué de petits os à l'intérieur du derme ; il peut prendre de nombreuses formes et est utilisé dans la classification des différentes espèces. Les osselets n'étaient pas uniformes sur toute la paroi corporelle de l'holothurie. Des différences significatives existent entre les faces ventrale et dorsale du corps (**Massin, 1994**). L'arthrose a une grande variété de formes, en particulier celles des organes internes du corps. Il existe environ 20 types différents de spicules, mais chaque espèce est généralement fixe (**Mezali, 2008**).

II.3.2.8. Les organes de Cuvier

Au fond des "poumons" de certaines espèces d'holothuries (uniquement dans la famille des Holothuridae) on peut souvent observer des tubes blancs appelés "conduits de Cuviers" ou organes défensifs, qui peuvent être retirés de l'Anal sortis pour être attaqués. Ils s'allongent considérablement sous la pression de l'eau injectée dans le tube. Forme un réseau très résilient et collant autour de l'attaquant (**Samynet *al.*, 2006**).

Un réseau de filaments qui s'allongent de 20 à 30 fois et deviennent collants, immobilisant l'ennemi (poisson ou crabe). Les Polynésiens utilisaient ces filaments, en les enroulant autour de leurs pieds, pour marcher sur les récifs coralliens.

II.3.2.9. La cavité coelomique

La cavité corporelle des échinodermes est relativement grande. Il est relié à un système complexe de tubes qui facilitent la circulation et la respiration dans tout le corps.

Chez de nombreux échinodermes, la respiration et l'élimination des déchets sont effectuées à travers la peau par de petites extensions en forme de doigt de la cavité corporelle appelées papules. Ils sont recouverts d'une fine surface corporelle qui fonctionne comme des branchies (sous la forme d'excroissances à travers la paroi corporelle).

Le coelome de l'holothurie est une grande cavité remplie d'un fluide semblable à l'eau de mer (coelomes) dans laquelle se trouvent le tube digestif, les poumons et les gonades (**In Samynet *al.*, 2006**).

Le liquide coelomique des concombres de mer présente une agglutination, ce qui permet aux concombres de mer de monter une réponse de défense contre les blessures (Mezali, 1998).

II.3.2.10. L'anneau calcaire : formé d'articles solides dont les particularités de structure de position, de mode d'insertion de rapports entre eux, fournissent de bons caractères de classification.

II.3.2.11. Le tégument : le derme constitué de la partie la plus importante du corps des holothuries. La paroi du corps est dure, épaisse et cuirassée. (Mezali, 1998).

II.3.2.12. La bouche : c'est un organe très puissant et précise qui occupe la face inférieure peut être entaillé par dix scissures buccales.

II.4. Ecologie et comportement :

II.4.1. Habitat :

Les concombres de mer sont des espèces benthiques très communes dans les zones côtières et leurs substrats sont principalement des roches couvertes d'algues, des herbes, du sable et de la boue chez *Posidonia* et d'autres Phanérogames (Conand, 1994).

Les petits individus (60-160 mm) habitent principalement les crevasses rocheuses, dans et sous les crevasses rocheuses, tandis que les grands organismes (plus de 16 cm) habitent principalement les roches, les pierres et les rochers et sont des individus nocturnes (Mezali, 1998 ; 2008).

La ségrégation de ces espèces dans différents microhabitats peut être due à un degré élevé d'adaptation des mécanismes d'alimentation (spéciation alimentaire). Cependant, d'autres facteurs affectent la répartition des holothuries, tels que la migration horizontale et verticale, la dispersion et la colonisation des larves, leur potentiel de variation génétique et la capacité reproductrice (Calva, 2002).

II.4.2. Déplacement :

Jusqu'à présent, on sait peu de choses sur la mobilité des concombres de mer. Généralement considéré comme sédentaire. Cependant, certaines espèces peuvent se déplacer relativement rapidement grâce aux contractions musculaires. Certaines espèces présentent des rythmes circadiens liés à leur alimentation. Diverses études ont permis de déterminer la vitesse moyenne de certaines espèces. L'une des espèces les plus rapides trouvées dans la littérature est *Spichopus* atteignant un substrat sableux à une vitesse de 50 cm/h. (Muscat, 1983). Ces vitesses maximales sont généralement atteintes dans des situations d'évasion. (Kroppe, 1982).

II.4.3. Reproduction des holothuries :

Le système reproducteur est constitué de gonades (mâles ou femelles) et d'un pore génital externe situé près de la bouche (Guilleet *al.*, 1986). Les gonades sont composées d'un grand nombre de branches, et les sexes se distinguent principalement par la couleur des gonades. Les gonades femelles sont généralement jaunes ou orange, tandis que les gonades mâles sont blanches (Figure 5). Dans certains cas, la

détermination macroscopique du sexe n'est pas aisée et nécessite des observations microscopiques (Mezali, 2008 ; Slimane-Tamacha et Mezali, 2017) ; certaines holothuries sont hermaphrodites, mais la plupart sont des pontes dioïques fertilisées de manière externe. Plusieurs espèces ont la capacité de se reproduire partiellement par Se partie (Conandet *al.*, 1997).



Figure 5: Gonades matures d'*H. poli*. (A) : femelle et (B) : mâle (Tolon et Engin, 2019).

II.4.4. Régimes alimentaires des holothuries :

Les holothuries, ou concombres de mer, absorbent les sédiments de surface, les résidus et les micro-organismes associés grâce à leurs doubles tentacules (Roberts *et al.*, 2000) (Fig.6). Ils se nourrissent de plancton, de litière et de matière organique dans les sédiments, d'algues ou de microalgues *Dunaliella* et *Rhodomonas* (Calva, 2002). Les sédiments engloutis par les concombres de mer étaient principalement constitués de matières inorganiques (fragments de corail, restes d'huîtres, récifs coralliens, roches d'essai et débris inorganiques du fond marin).

Déchets organiques (vie marine, en particulier les feuilles mortes ou en décomposition et les organismes morts). Micro-organismes (bactéries, diatomées et protozoaires), ou les matières fécales du concombre de mer lui-même ou d'autres animaux (Pawson, 1969 ; Massin, 1982).

Les choix et les préférences alimentaires dépendent de nombreux facteurs environnementaux, comportementaux et physiologiques. Il existe peu de rapports sur le régime alimentaire et la croissance (Franklin, 1980). Les sédiments traversent le tractus gastro-intestinal tubulaire en trois parties (descendant, puis ascendant et enfin descendant) avant d'entrer dans le bassin et de sortir par l'anus (Mezali, 2008). La sélectivité alimentaire est basée sur la taille des particules collectées, ou chimiquement basée sur leur richesse en matière organique.

Les choix et les préférences alimentaires dépendent de facteurs écologiques, comportementaux et physiologiques. L'absorption des aliments ingérés dépend de la plasticité et des réponses anatomo-physiologiques du tube digestif (Bozinovic et Martinez del Rio, 1996).

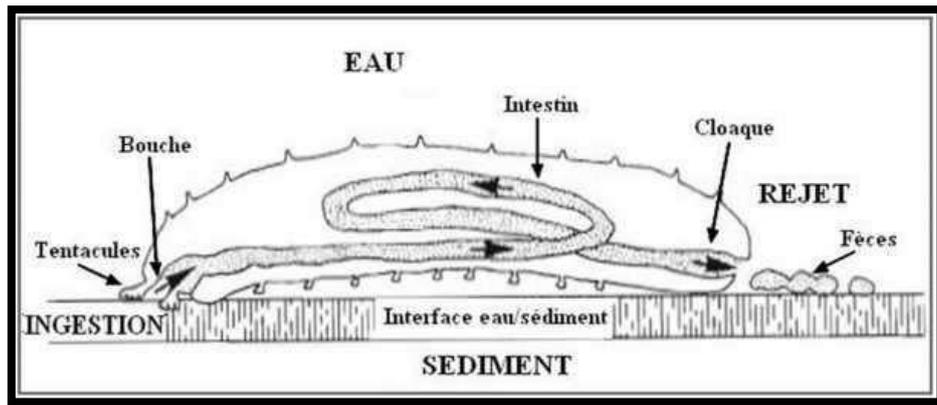


Figure 6 : Schéma montrant le transit digestif d'une holothurie (Conand, 1994).

Pendant le cycle de vie de l'holothurie, le régime alimentaire peut changer. Le temps de transit intestinal a été évalué pour trouver la quantité de sable retournée par la population. Le temps de passage du sable coloré entre la bouche et l'anus a été calculé pour plusieurs types : de 12 à 14 heures (Moriarty, 1982).

II.4.5. Les prédateurs des holothuries :

Les « concombres de mer » sont menacés par la surexploitation pour approvisionner les marchés internationaux d'aliments de luxe, ainsi que comme organismes d'aquarium et spécimens pour la recherche biomédicale. Les concombres de mer ont peu d'ennemis naturels, seulement quelques cas de prédateurs tels que les crabes et les étoiles de mer (Calva 2002).

II.4.5.1. Symbioses et commensalismes : (Relation des holothuries avec d'autres animaux) :

De nombreux petits animaux, ainsi que certains parasites, peuvent vivre en symbiose ou en commensalisme avec les holothuries. Certaines crevettes nettoyeuses, dont plusieurs espèces dont *Periclimenes imperator*, vivent sur la peau des concombres de mer. La symbiose est courante dans la cavité corporelle des gros concombres de mer tropicaux. En particulier, il existe plusieurs espèces de crabes et de crevettes nettoyeuses qui peuvent entrer et sortir librement de l'anus. Certains petits poissons comme les Carapidae (Fig.07) vivent et se déplacent librement dans l'anus et parfois dans le tube digestif des gros concombres de mer, où ils trouvent refuge et sont aussi des lieux de reproduction pour certaines espèces, où ils peuvent vivre en couple (Rogers *et al.*, 2018).

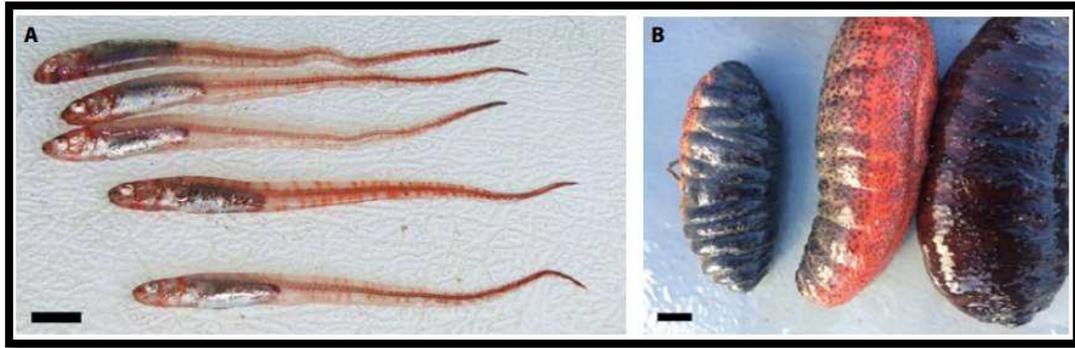


Figure 07 : Commensalisme chez les holothuries. A: *Carapus bermudensis*; B: *Holothuria mexicana* (Rogers *et al.*, 2018).

II.4.6. Mécanisme (moyens) de défense des holothuries :

II.4.6.1. Les toxines :

Le concombre de mer a une particularité, il va constamment libérer une toxine appelée saponine. Ces toxines sont cytotoxiques et hémolytiques, et donc dangereuses voire mortelles pour la plupart des espèces de poissons, ce qui signifie que les holothuries adultes sont généralement peu de prédateurs (Mezaliat *et al.*, 2016).

II.4.6.2. Eviscération ou autotomie :

Un autre mécanisme de défense des concombres de mer consiste à éviscérer la majeure partie de leurs tripes : c'est ce qu'on appelle l'éviscération ou l'autotomie. Le concombre de mer poursuit son mouvement respiratoire, expulsant l'eau de mer directement dans la cavité corporelle générale, et vit au ralenti jusqu'à ce que de nouveaux organes se régèrent (Steffens et Kraunus, 2009).



Figure 08 : Phénomène d'éviscération chez *Holothuria(R.) poli* (Slimane Tamacha *et al.*, 2019)

II.4.6.3. Tubes de cuvier :

Les tubes de cuvier pouvant être projetés à l'extérieur par l'anus. Sous la pression de l'eau injectées dans les tubes, ils s'allongent considérablement, formant autour de l'agresseur un réseau extra ordinairement résistant et collant. (Massin et Vanden Spiegel, 2006).



Figure 09: *Holothuria (P.) forskali* projetant ses tubes de Cuvier. Photo prise en Italie par Roberto Pillon Mai, 2011.

II.4.7. Ecologie :

II.4.7.1. Place des holothuries dans les écosystèmes benthiques :

Les concombres de mer appartenant aux anciens Aspidochirotés (y compris les espèces appartenant aujourd'hui à Holothuriida, Synallactida et Persiculida) sont des charognards qui ingèrent des parties superficielles des sédiments, se nourrissant de la matière organique morte et des micro-organismes associés qu'ils contiennent (Massin et Jangoux, 1976). Bon nombre de ces animaux ingèrent des sédiments de différentes tailles de particules sans discernement, mais sont capables de sélectionner les sédiments les plus riches en nutriments (Slater *et al.*, 2011). Cela est particulièrement évident lorsque les holothuries migrent vers les zones où la matière organique est la plus abondante dans les sédiments, ou absorbent préférentiellement les particules les plus riches en carbone et en azote dans la même zone (Zamora & Jeffs, 2011).

Cette sélection est possible grâce à la présence de chimiorécepteurs au sommet des tentacules d'holothuries, regroupés sous forme de bourgeons sensoriels dans les papilles dermiques (Boulandet *al.*, 1982 ; Costelloe et Keegan, 1984). De plus, certains concombres de mer peuvent se nourrir des restes de macrophytes marins tels que *P. oceanica* en l'absence de quantités suffisantes de sable (Massin & Jangoux, 1976).

Cette activité de charognard généraliste permet aux concombres de mer de jouer un rôle crucial dans les écosystèmes sédimentaires benthiques et affectera plusieurs caractéristiques des sédiments, comme la taille moyenne des grains sédimentaires (Coulon&Jangoux, 1993). De plus, le régime alimentaire des holothuries sédimentaires est une source de forte bioturbation. Les concombres de mer vivant à la surface des sédiments peuvent altérer la stabilité du milieu de dépôt en participant à la mise en suspension de particules potentiellement riches en nutriments dans la colonne d'eau, favorisant ainsi le développement de biomes filtreurs adaptés aux conditions turbides actuelles. Environnement de dépôt modifié des holothuries (Rhoads&Young, 1971). L'exportation de matière organique des sédiments profonds vers la surface par les holothuries fouisseuses et l'augmentation de l'oxydation des sédiments causée par la bioturbation associée à leur activité augmenteraient également le taux de reminéralisation de la matière organique enfouie. La digestion de la matière organique morte riche en protéines par les holothuries participera directement au recyclage de l'azote organique en azote minéral, notamment via l'excrétion d'ammonium disponible pour les producteurs primaires (Hughes *et al.*, 2016). Enfin, l'ingestion des sédiments par les holothuries semble promouvoir le développement des bactéries dans les sédiments ayant transité par leur tube digestif (Amon &Herndl, 1991). L'ensemble de ces activités explique sans doute pourquoi ces animaux sont souvent qualifiés de « vers de terre de la mer ».

II.4.7.2.Holothuriatubulosaet *Holothuriapolii*, espèces méditerranéennes caractéristiques :

H. tubulosa et *H. polii*, sont, comme la majorité des Aspidochirotés, deux espèces détritivores. Elles sont extrêmement communes le long des côtes méditerranéennes, en plus d'être présentes le long de la côte atlantique Nord-Est et dans la Manche (Francour, 1989 ; Koehler, 1921). Avec *Parastichopus regalis* et *H. mamata*, elles font partie des quelques espèces commercialement exploitées en Méditerranée (González-Wangüemert *et al.*, 2018), principalement le long des côtes turques, et ce depuis la fin des années 1990 (Aydin, 2008). Cette pratique n'est pas sans conséquence pour les populations turques de ces deux espèces, qui sont caractérisées par une perte des individus les plus imposants ainsi que par une diversité génétique réduite par rapport aux populations résidant dans des zones où cette pêche n'est pas pratiquée (González-Wangüemert *et al.*, 2018). Malgré ces quelques signaux localement inquiétants, les populations de *H. tubulosa* et *H. polii* ailleurs en Méditerranée semblent dans un état suffisamment bon pour que l'IUCN les classe dans la catégorie « Least Concern » (Mercier, 2013 ; Samyn, 2013).

Ces deux espèces sont observées dès un ou deux mètres jusqu'à plus d'une centaine de mètres de profondeur. En Méditerranée, elles affectionnent les fonds sableux à proximité des herbiers de *Posidonia oceanica* auxquels elles se mêlent volontiers. Elles peuvent également être trouvées sur des substrats rocheux ou encore à découvert sur les grandes étendues de sable, pour autant que le régime hydrodynamique ne soit pas trop agité (Massin&Jangoux, 1976). *H. tubulosa* est ainsi considérée comme le plus gros invertébré détritivore associé aux herbiers de posidonies. La taille des individus de cette espèce tend à augmenter avec la profondeur. Les individus plus imposants résident souvent dans des endroits « ouverts », tandis que les plus petits, résidant à des profondeurs moindres, préfèrent généralement s'abriter au sein des herbiers (Bulteel *et al.*, 1992).

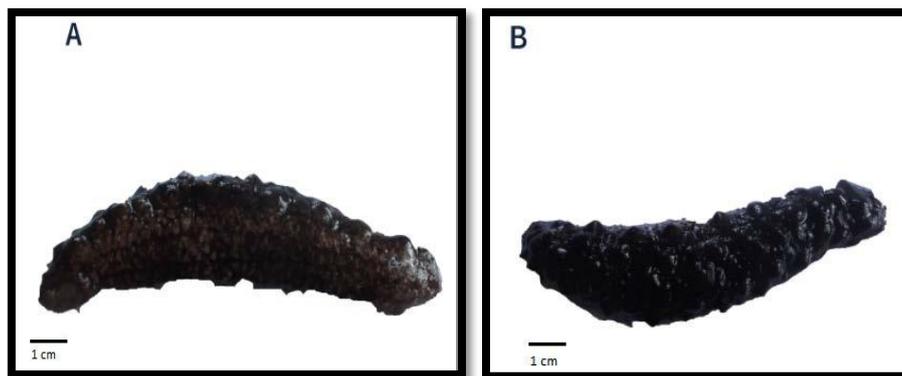


Figure 10: Morphologie externe de *Holothuria (Holothuria) tubulosa*. A : face ventrale, B: face dorsale (Slimane Tamacha, 2017)

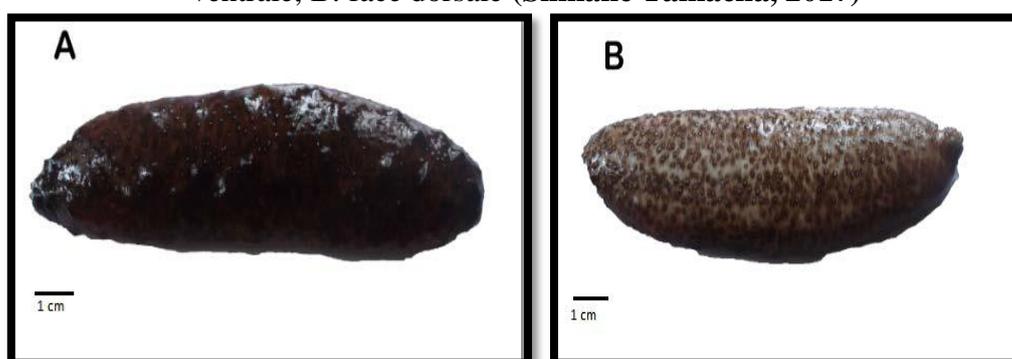


Figure 11 : Morphologie externe de *Holothuria (Roweothuria) poli*. A : face dorsale B : face ventrale (Slimane Tamacha, 2017).

II.4.7 .3. Rôle écologique des holothuries :

La bioturbation des sédiments par un rythme nyctéméral (Purcell *et al.*, 2016b). Les dépositivores sont parmi les plus grands consommateurs de matières détritiques sur le fond marin et jouent donc un rôle important dans l'élimination, la récupération et la restauration des nutriments, en particulier de la matière organique (Jumars et Self, 1986). Les techniques utilisées par les différentes espèces d'holothuries pour extraire la nourriture des couches supérieures des sédiments varient selon la morphologie de leurs tentacules et de leur tube digestif (Roberts *et al.*, 2001). Les holothuries se nourrissent en ingérant des matières provenant des surfaces du substrat ou en absorbant des sédiments riches en nutriments. Les sédiments ingérés par les concombres de mer se nourrissant de sédiments sont constitués principalement de matières inorganiques (coquillages, coraux, squelettes ou tests de foraminifères, matières inorganiques benthiques, silicates), de débris organiques (plantes marines, algues, animaux morts en décomposition), de micro-organismes (bactéries, diatomées, protozoaires, et cyanobactéries), ou des particules fécales excrétées par les holothuries elles-mêmes ou d'autres animaux (Massin, 1982; Moriarty, 1982). Par conséquent, ils jouent un rôle important dans le "réseau trophique des débris". La quantité et la qualité de la matière organique varient d'une année à l'autre, en fonction de nombreux facteurs, notamment les sédiments sous-jacents et les niveaux de

contamination possibles (**Dar, 2004**). Ils affectent également la chimie de l'eau environnante en dissolvant le calcaire (compensant localement l'acidification). Leur capacité à s'associer à de nombreuses espèces de clades différents (crabes, crevettes, polychertes, poissons, etc.) a suscité des travaux innovants dans la communication chimique marine. (**Caulieret *al.*, 2016**).

Chapitre 02 :

Les Bienfaits médicaux de concombre
de mer

Chapitre 02 : Les Bienfaits médicinaux de concombre de mer

I. Des noms communs :

- Balatan (Philippines)
- Bêche-de-mer (France)
- Bicho do mar (Portugal)
- Gamat (médecine traditionnelle malaisienne)
- Hai shen (médecine traditionnelle chinoise)
- Hangul (Corée)
- Loli (Hawaï)
- Namako (Japon)
- Trepang (Indonésie)

II. Les bienfaits généraux de concombre de mer :

De nombreux efforts ont été faits au cours des dernières décennies pour isoler les composés biologiquement actifs des ressources marines vivantes. Ces composés présentent un grand intérêt en raison du potentiel de développement de nouveaux produits pour diverses applications industrielles, alimentaires, pharmaceutiques et nutraceutiques (Venugopal, 2008 ; Blunt *et al.*, 2018 ; Hu *et al.*, 2018 ; Khotimchenko, 2018 ; Jiménez *et al.*, 2020). Parmi les invertébrés marins, les « concombres de mer » ont fait l'objet d'une attention particulière en raison de leur haute valeur nutritionnelle et de la présence de molécules bioactives aux effets bénéfiques sur la santé humaine (Khotimchenko, 2015 ; 2018) (Fig.12). Le « concombre de mer » est utilisé en médecine traditionnelle asiatique pour entretenir, prévenir, réduire ou guérir de nombreuses maladies telles que la constipation, l'insuffisance rénale, l'arthrite, l'asthme, les rhumatismes, les coupures et brûlures, et l'impuissance (Mazliadivana *et al.*, 2017 ; Youssef, 2017 Gianasi, 2018 Lee *et al.*, 2018 Zhao *et al.*, 2018 Yin *et al.*, 2019)

Les molécules bioactives isolées du « concombre de mer » sont : les chondroïtines sulfatées (Li *et al.*, 2016 ; Mou *et al.*, 2018), les sulfates de fucane (Ustyuzhanina *et al.*, 2018), les polysaccharides (Marques *et al.*, 2016 ; Zhong *et al.*, 2019), glycosides triterpéniques (saponines) (Caulier-Mezali *et al.*, 2016 ; Cuong *et al.*, 2017), cérébrosides (Xu *et al.*, 2011 ; Liu *et al.*, 2015), lectines (Wang *et al.*, 2018) . . etc. Ils sont utilisés dans l'industrie pharmaceutique pour leur large bioactivité antibactérienne, antifongique, anti-inflammatoire, antithrombotique, anticancéreuse, antioxydante et antivirale...etc. (Chen *in.*, 2011; Martins *in.*, 2014; Shi *in.*, 2016 ; Pangestuti *et Arifin*, 2018). Leurs acides gras polyinsaturés à longue chaîne (AGPI) jouent un rôle important dans les activités métaboliques (Anisuzzaman *et al.*, 2019) telles que les cardiopathies ischémiques, l'arthrite, la cicatrisation des plaies et la coagulation sanguine (Abdulrazaq *et al.*, 2017 ; Rao, 2018 ; Harris *et al.*, 2017 ; Rao, 2018 ; Harris *et al.*, 2017 ; Dewie *et al.*, 2020) (Figure 12). En raison de la présence de certains acides aminés, le « concombre de mer » a une fonction immunorégulatrice importante (Qin *et al.*, 2008). Leur

collagène est considéré comme un composant précieux du tissu conjonctif en raison de son utilité et de sa distribution spécifique (Saito *et al.*, 2002 ; Rafiuddin *et al.*, 2004). Il est ensuite converti en gélatine par ébullition pour devenir une substance bioactive fonctionnelle (Zhao *et al.*, 2007)



Figure 12: Dans une pharmacie « chinoise » au Japon.(inPurcell, 2010 ; Purcell, 2014a)

II.1. Les molécules bioactives :

II.1.1. Polysaccharides

Les polysaccharides des organismes marins possèdent des bienfaits potentiels pour la santé, c'est pourquoi ils sont utilisés dans l'alimentation, les nutraceutiques, les produits pharmaceutiques et les industries cosmétiques. Le concombre de mer est devenu l'une des principales sources de polysaccharides en raison de sa large gamme d'activités pharmacologiques et biologiques. Les parois corporelles de *C. frondosa* contiennent une grande quantité de polysaccharides acides, notamment des polysaccharides sulfatés (fucosylate de chondroïtine sulfate) (Kale *et al.*, 2013 ; Ustyuzhanina *et al.*, 2017). Fait intéressant, la structure des polysaccharides sulfatés identifiés chez le concombre de mer est différente de celle des vertébrés, des invertébrés et des algues (Mourao *et al.*, 1987). Il existe deux types de polysaccharides identifiés chez *C. frondosa* : (a) le fucosylate de chondroïtinesulfate et (b) le fucane (Ustyuzhanina *et al.*, 2017 ; Hual., 2016). Le fucosylate de chondroïtine sulfate (FCS) est un glycosaminoglycane unique trouvé chez le concombre de mer, et son activité bioactive dépend du motif de sulfatation de la composition monosaccharidique. Les glycosaminoglycanes (GAG) sont sulfatés, linéaires, visqueux, lubrifiants.

II.1.2. Fucoïdane :

Le fucoïdane est l'un des composants bioactifs les plus importants des parois corporelles du concombre de mer. Ce polysaccharide est composé de L-fucose et de

groupes sulfate. La conformation en chaîne des polysaccharides affecte substantiellement leurs propriétés bioactives et physico-chimiques (Falch et al., 2000). Plus de 20 espèces d'algues fucoidanes ont été examinées et utilisées dans les industries alimentaires fonctionnelles (Morya et al., 2012). Cependant, le fucoidane du concombre de mer a été rapporté comme ayant des propriétés antithrombotiques et anticoagulantes (Chen et al., 2012), l'inhibition de l'ostéoclastogenèse (Kariya et al., 2004), et la protection contre les dommages gastriques (Wang et al., 2012). De plus, ont rapporté que le fucoidane de *C. frondosa* présente des propriétés anti hyperglycémiques, qui diminuent significativement la glycémie à jeun et les niveaux d'insuline ; De plus, il a été suggéré que le fucoidane de *C. frondosa* pourrait être utilisé comme traitement complémentaire du diabète de type 2 induit par le régime alimentaire. D'autre part, Hu et al. (Hu et al., 2016) ont expliqué que le fucoidane de *C. frondosa* prévenait significativement les îlots pancréatiques endommagés par un régime riche en graisses et en sucres, diminuait les niveaux d'insuline, du facteur de nécrose tumorale (TNF), et du glucose sanguin, et augmentait le niveau d'adiponectine. De plus, ils ont proposé qu'il prévienne l'apoptose des îlots pancréatiques par inhibition de la voie mitochondriale.

II.1.3. Collagène

Le collagène, une protéine abondante chez les animaux, est principalement répandu dans la matrice extracellulaire, le derme interne, le tendon, l'os, le cartilage, le ligament et les autres tissus conjonctifs, qui soutiennent une structure extracellulaire pour la résistance et la flexibilité (Gomez-Guillen et al., 2011). De plus, 30 % du contenu protéique du corps est du collagène ; Et La partie comestible la plus précieuse du concombre de mer est la paroi corporelle, qui représente environ 50 % du poids corporel, principalement considérée comme étant constituée de collagène et de mucopolysaccharides. Le collagène est rapporté comme étant la protéine majeure du concombre de mer avec environ 70 % de fibrilles de collagène insolubles présentes dans la paroi corporelle, tandis que la protéine brute dans le concombre de mer séché est estimée à environ 83 % de son poids sec (Chen et al., 2002). Le type de collagène le plus abondant chez le concombre de mer est les fibrilles de collagène des échinodermes et le collagène de type I, qui sont symétriquement fusiformes et de courte longueur (Trotter et al., 1999). *C. frondosa* a été rapporté comme étant une bonne source de collagène thermiquement stable en raison de la présence de collagène de type I (Figure 13) (Tipper et al., 2002 ; Trotter et al., 1995). De plus, le collagène principal du derme de *C. frondosa* forme des trimères 1 qui sont liés par covalence avec les principaux GAG trouvés dans le derme. Généralement, des méthodes conventionnelles et nouvelles sont utilisées pour l'extraction du collagène du concombre de mer. Les méthodes conventionnelles comprennent l'hydrolyse chimique (acide et alcaline) et l'hydrolyse enzymatique (trypsine, chymotrypsine, pepsine, papaine, bromélaïne, ficine, protéinase K, collagénase, Neutrase, Alcalase, Protamex ou Flavourzyme), tandis que les méthodes nouvelles comprennent les procédures d'extraction assistée par ultrasons et par liquide sous pression. Ces techniques

nouvelles et émergentes sont considérées comme offrant le meilleur moyen par rapport aux méthodes conventionnelles, en raison de leur caractère sûr, économique, rapide et respectueux de l'environnement. Enfin, le collagène peut être purifié en utilisant différentes techniques chromatographiques, telles que la chromatographie d'exclusion stérique, la chromatographie liquide à haute performance (HPLC) et la chromatographie d'échange d'ions.

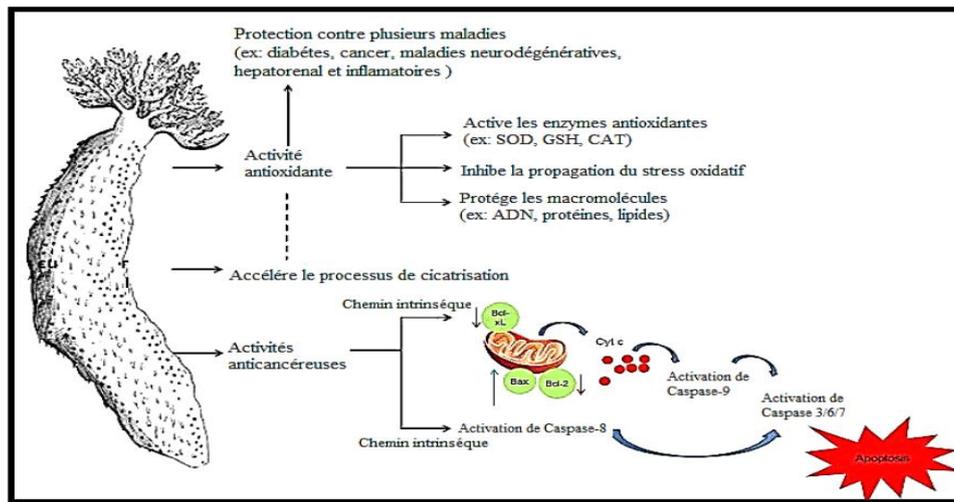


Figure 13 : Activités biologiques des composés bioactifs dérivés des "concombres de mer" (Pangestuti et Arifin, 2018).

II.1.4. Saponines

Les saponines sont des glycosides triterpéniques et des métabolites secondaires produits par les holothuries. Elles sont largement réparties dans les plantes, les animaux et les organismes marins (holothuries et éponges) (Nigrelli *et al.*, 1960). Les saponines jouent un rôle crucial dans la défense chimique ainsi que dans les activités pharmacologiques. Environ 300 glycosides triterpéniques ont été identifiés et classés à partir de nombreuses espèces de concombres de mer, qui sont nommés holostane et nonholostane. La saponine isolée des concombres de mer, généralement connue sous le nom de holothurine, est bien connue sous le nom de frondoside A. L'espèce *C. frondosa* contient divers types de glycosides triterpéniques, principalement le frondoside A, le frondoside B, le frondoside C, l'isofrondoside C, le frondoside A2-1, le frondoside A2-2, le frondoside A2-3, le frondoside A2-4, le frondoside A2-6, le frondoside A2-7, le frondoside A2-8, le frondoside A7-1, le frondoside A7-2, le frondoside A7-3 et le frondoside A7-4 (Mondol *et al.*, 2017 ; Yayli *et al.*, 1999). Ils ont également trouvé trois nouveaux oligosaccharides, à savoir le frondoside B, le frondoside D et le pentasaccharidedimériquefrondecaside. Ces composés ont présenté diverses propriétés biologiques, notamment des activités cytostatiques, hémolytiques, antivirales, antiprotozoaires, antifongiques, anticancéreuses, antinéoplasiques et antitumorales (Tian *et al.*, 2005 ; Tianal., 2007); Les saponines ont été purifiées par

diverses techniques, notamment l'extraction liquide-liquide avec plusieurs solvants, la chromatographie liquide haute performance (HPLC), l'extraction en phase solide ou la chromatographie (résines ou gel de silice). Enfin, les spectres RMN 1H et 13C sont utilisés pour identifier la structure du fragment oligosaccharidique (Yayli et al.,2001; Girard et al.,1990).

II.1.5.Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont de puissants antioxydants qui sont largement répartis dans les plantes ainsi que dans les algues et les invertébrés marins. Leurs effets bénéfiques comme antioxydants pour protéger le corps humain de nombreuses maladies chroniques ont suscité un intérêt particulier. Ces composés sont en partie responsables de la saveur, de la couleur, de l'amertume, de l'astringence et de la valeur nutritionnelle des aliments (Macheixet al., 1990 ; Hossain et al., 2018). Généralement, les aliments d'origine végétale contiennent environ 60 fois plus d'antioxydants que leurs homologues d'origine animale. Cependant, le concombre de mer, en particulier *C. frondosa* contient une quantité significative de phénols avec une activité antioxydante modérée même s'il s'agit d'une espèce animale species (Mamelona et al., 2007 ;Zhong et al.,2007 ; Mamelona et al., 2009 ; Yan et al.,2016). En raison de l'absorption des phénols par le phytoplancton, les invertébrés marins peuvent éventuellement servir de source riche en phénols comprenant les flavonoïdes, les anthocyanidines, les anthocyanines et les tanins (Zhong et al., 2007).

II.1.6.Vitamines et minéraux

Sur le plan nutritionnel, les extraits de concombre de mer ont un profil impressionnant de nutriments précieux, tels que la vitamine A, la vitamine B1 (thiamine), la vitamine B2 (riboflavine), la vitamine B3 (niacine), les minéraux, notamment le calcium , magnésium , fer , zinc , sélénium , germanium , strontium , cuivre , manganèse , molybdène et autres microéléments bénéfiques pour la santé humaine (Bordbar et al.,2011). Comme l'extrait de concombre de mer est riche en vitamines et en minéraux, il peut être utilisé dans une formule cosmétique. Comme nous le savons, les teneurs en vitamines et en minéraux sont faciles à absorber et présentent un traitement riche en hydratation et favorisant la peau. Les extraits de concombre de mer peuvent stimuler le renouvellement des cellules cutanées endommagées. Il peut détoxifier et nettoyer, tonifier la peau et l'hydrater.

II.2.Activités biologiques du concombre de mer :

II.2.1.Anti-angiogénique

Le concombre de mer est apparu comme une source potentielle d'agents anti-angiogéniques et anti-tumoraux d'intérêt médical. Des études récentes révèlent le potentiel anticancéreux des bioactifs dérivés du concombre de mer contre certains cancers. (Tian et al., 2005) ont examiné in vivo et in vitro les fonctionnalités anti-angiogéniques et anti-tumorales d'un nouveau composé identifié, la philinopside E

(PE), provenant du concombre de mer et le fucosylate de chondroïtine sulfate est un autre composé, identifié dans la fleur et la paroi corporelle du concombre de mer. Ce composé offre une bonne activité antiangiogénique, comparable à celle du témoin positif, l'activité anti-angiogénique d'un nouveau saponin sulfaté isolé, la philinopside A, provenant du concombre de mer (*Pentactaquadrangulari*), a été testée contre l'angiogénèse et la croissance tumorale par (Tong et al., 2005) dans une série de modèles in vitro et in vivo.

II.2.2. Anticancéreux / Antiprolifératif

Les concombres de mer sont connus pour contenir plusieurs composés aux propriétés anticancéreuses et antiprolifératives. L'activité anticancéreuse de trois glycosides triterpéniques, les intercédensides A, B et C isolés du concombre de mer (*Mensamariaintercedens*) a été évaluée par (Zou et al., 2003). Les glycosides triterpéniques isolés ont été élucidés structurellement à l'aide d'analyses chimiques et d'approches spectroscopiques NMR et ESIMS. Selon les résultats de l'étude (Zou et al., 2003). Les composés triterpéniques donnés ont montré une cytotoxicité contre des lignées cellulaires tumorales humaines et pourraient donc servir d'agents anticancéreux potentiels.

II.2.3. Anticoagulant

Les propriétés anticoagulantes du concombre de mer (*Ludwigothureagrisea*) sont liées à la présence de fucosylate de chondroïtine sulfate dans la paroi corporelle de cet animal marin. Ce composé a un noyau de type sulfate de chondroïtine contenant des chaînes latérales constituées de α -L-fucose sulfatée attachée à la position carbone-3 de l'acide β -D-glucuronique (Mourao et al., 1996) Lors des tests du temps de thromboplastine partielle activée (APTT), le composé donné a montré une excellente activité anticoagulante qui pourrait être attribuée à sa capacité à initier l'inhibition de la thrombine par le cofacteur II de l'héparine et l'antithrombine. La comparaison entre les résultats des polysaccharides modifiés chimiquement (désulfatés, carboxyl-réduits et partiellement défucosylés) et les polysaccharides originaux indique que les branches latérales de fucose sulfatée jouent un rôle important dans l'apport de meilleures propriétés anticoagulantes au fucosylate de chondroïtine sulfate (FCS). De plus, la forte activité anticoagulante du FCS, couplée à l'absence possible d'effets secondaires, fait de ce polysaccharide une molécule fascinante pour des applications potentielles dans le test de la thrombose expérimentale au niveau clinique. (Mulloy et al., 2000).

II.2.4. Anti-inflammatoire

Des études soutiennent que le concombre de mer possède une puissante activité anti-inflammatoire. Selon (Smith, 1978), les vésicules polianes du concombre de mer (*Holothuriacinerascens*) sont connues pour être les organes attribuant la réceptivité inflammatoire (y compris immunologique). En tant que telles, elles pourraient représenter un début rudimentaire de ce qui s'est ensuite transformé en système

lymphoréticulaire des vertébrés. Il existe également plusieurs brevets qui révèlent que les fractions de tissus du concombre de mer peuvent être exploitées comme source d'agents thérapeutiques puissants pour le traitement de l'inflammation (Collin, 1998 ; 2004)

II.2.5. Anti-fatigue et fonctions immunitaires

Les polypeptides de concombre de mer ont montré des fonctions anti-fatigue et immunitaires significatives, ont étudié les fonctions anti-fatigue et immunitaires du liquide oral de concombre de mer en déterminant le temps de nage en charge et l'acide lactique sanguin et le glycogène hépatique des souris. Les résultats ont montré que le liquide oral de concombre de mer a un effet anti-fatigue remarquable. La composition bioactive du concombre de mer cultivé (*Stichopus japonicus*) son activité anti-fatigue (Bing et al., 2010). La paroi corporelle de *S. japonicus* s'est avérée riche en mucopolysaccharides acides, en collagène, en acides aminés bioactifs et en lipides. et a également maintenu le niveau d'hémoglobine (90 min après la nage). Il a également diminué significativement la production d'acide lactique sanguin et accéléré l'élimination de l'acide lactique sanguin et de l'urée sanguine chez les souris après la nage, améliorant ainsi l'endurance à l'exercice chez les souris. Sur la base de ces résultats, il pourrait être conclu que le trépane a une activité anti-fatigue appréciable.

II.2.6. Activités antitumorales

Les composés antitumoraux jouent un rôle vital contre les différentes phases du développement tumoral, la métastase et la progression. L'Institut national du cancer des États-Unis a réalisé une enquête de 15 ans et a rapporté que 4 % des créatures marines contenaient des constituants antitumoraux (Janakiram et al., 2015) Les concombres de mer tels que *C. frondosa* contiennent divers composés antitumoraux et montrent des effets inhibiteurs significatifs sur la croissance tumorale (Al Marzouqi et al., 2011) Il a été rapporté que le volume tumoral était réduit de 87 % dans le modèle murin utilisant des cellules cancéreuses du sein MDA-MB-231 lorsque la frondoside A était employée (Ma, X et al., 2012) Selon (Janakiram et al., 2015) la frondanol A5 supprime les tumeurs intestinales par une augmentation des réponses immunitaires innées contre les tumeurs et l'apoptose.

II.2.7. Antioxydant

Actuellement, l'utilisation de composés antioxydants naturels d'origine végétale ou marine a gagné beaucoup de reconnaissance en raison de leurs fonctions potentielles pour la santé et de leurs multiples propriétés biologiques. Des milliers d'espèces végétales ont déjà été recherchées pour leurs antioxydants potentiels ; cependant, en raison du manque d'exploration, beaucoup de potentiel reste pour le dépistage des organismes marins pour leurs principes antioxydants (Venugopal et al., 2009)(Blunden, 2001). Le concombre de mer est l'un des organismes marins qui peut être exploré comme une source potentielle d'antioxydants précieux (Althunibat et al., 2009) Le potentiel antioxydant du concombre de mer frais et réhydraté

(*Cucumaria frondosa*) avec/sans organes internes a été évalué par (Zhong et al., 2007) . Le concombre de mer testé a montré des propriétés de piégeage des radicaux libres. Les échantillons réhydratés, surtout ceux avec des organes internes, possédaient une activité antioxydante plus élevée que leurs homologues frais.

II.2.8. Activités antimicrobiennes

Les extraits de concombre de mer à pieds orange ont montré des activités antimicrobiennes potentielles en raison de la présence de plusieurs enzymes cruciales. (Haug et al., 2002) ont examiné les activités antimicrobiennes de différentes parties du corps du concombre de mer à pieds orange et ont rapporté que les œufs de *C. frondosa* présentaient des propriétés antimicrobiennes significativement plus élevées que les extraits de la paroi corporelle. De plus, une activité hémolytique a été observée dans les extraits de la paroi corporelle du concombre de mer. Une activité antimicrobienne a également été observée dans les coelomocytes, principalement contre les bactéries Gram-positives, suggérant que les échinodermes marins, en particulier *C. frondosa* sont une source possible pour la découverte de nouveaux antibiotiques. De même, (Beauregard et al, 2001) ont identifié un nouveau peptide antimicrobien à partir du liquide coelomique de *C. frondosa* et ont constaté qu'il avait un large spectre d'activité antimicrobienne contre les bactéries Gram-positives et Gram-négatives. Dans une autre étude, (Tripoteau et al, 2015) ont évalué les activités antivirales des hydrolysats enzymatiques extraits des sous-produits de *C. frondosa*, et ont affirmé qu'il pourrait servir de source potentielle d'un agent antiviral contre le virus Herpes Simplex 1. Les glycosides triterpéniques de concombre de mer ne présentent pas d'activité antibactérienne en raison de leurs cibles sont (Bordbar et al., 2011 ; Liu et al., 2017) ,6-stérols insaturés de la membrane cellulaire. Cependant, la plupart des glycosides de concombre de mer sont des agents antifongiques puissants. Malheureusement, la frondoside A n'a jamais été testée sur l'activité antifongique même si sa structure est très proche de composants antifongiques puissants (Kalinin et al., 2008)

II.2.9. Les cardioprotecteurs

Les cardioprotecteurs sont des substances qui protègent le cœur et les vaisseaux sanguins. Le cœur et les vaisseaux sanguins peuvent être affectés par des maladies comme l'hypertension artérielle, l'athérosclérose (accumulation de plaques de graisse dans les artères), l'infarctus du myocarde (obstruction d'une artère coronaire) ou l'accident vasculaire cérébral (obstruction d'une artère cérébrale). Le concombre de mer contient des cardioprotecteurs comme les acides gras oméga-3, le magnésium, le potassium et les polysaccharides sulfatés. Ces cardioprotecteurs peuvent réguler la pression artérielle, réduire le cholestérol, prévenir la formation de caillots sanguins, améliorer la circulation sanguine et prévenir ou réduire les dommages cardiaques (zhang et al., 2016) .

II.2.10. Les aphrodisiaques

- Les aphrodisiaques sont des substances qui améliorent la fonction sexuelle et la fertilité. La fonction sexuelle est liée à la capacité d'avoir une érection (chez l'homme) ou une lubrification (chez la femme), ainsi qu'à avoir du désir et du plaisir sexuels. La fertilité est liée à la capacité de concevoir un enfant. La fonction sexuelle et la fertilité peuvent être altérées par des facteurs physiques (maladies hormonales, vasculaires, neurologiques) ou psychologiques (stress, anxiété, dépression). Le concombre de mer contient des aphrodisiaques comme l'holothurine A1 (un peptide isolé du concombre de mer), le zinc et le sélénium. Ces aphrodisiaques peuvent stimuler la production d'hormones sexuelles (testostérone chez l'homme, œstrogène chez la femme), améliorer la circulation sanguine vers les organes génitaux, augmenter le désir et le plaisir sexuels et améliorer la qualité du sperme ou des ovules (**chen, et al . ,2011**).

III. Les propriétés médicinales

Le concombre de mer est le nom commun des échinodermes de la superfamille des concombres de mer. Il en existe plus de 250 espèces, dont un petit nombre sont utilisées en médecine.

Les concombres de mer sont riches en protéines, en niacine et en riboflavine et contiennent des substances qui peuvent affecter la santé humaine, notamment :

- **Sulfate de chondroïtine** (une substance présente dans le cartilage humain) : il peut aider à réduire la douleur articulaire associée à l'arthrite (**zhang et al, 2016**).
- **Fluide cœlomique** (un composé qui fonctionne de la même manière que les globules blancs du corps): il peut avoir des effets anti-inflammatoires, antibactériens et antitumoraux(**caulieretal.,2019**)
- **Acidespalmitique, stéarique et linoléique** (acides gras anti-oxydants puissants): ils peuvent protéger les cellules du stress oxydatif et prévenir les dommages causés par les radicaux libres (**wen, et al, 2010**)
- **Squalène** (un composé qui agit comme un précurseur de stéroïde) : il peut avoir des effets cardioprotecteurs, immunomodulateurs et aphrodisiaques (**bordbar et al., 2011**)
- **Triterpénoïdes** (une classe de composés censés ralentir la croissance du cancer) (**Kerr, et al , 2015**)

Ces substances actives sont présentes dans la chair, la peau et les organes internes du concombre de mer. Elles peuvent être extraites et utilisées comme compléments alimentaires ou comme ingrédients dans la médecine traditionnelle (**bordbar et al , 2011**)

Les praticiens alternatifs pensent que ces composés peuvent prévenir ou traiter divers problèmes de santé, notamment l'arthrite (**bordbar et al., 2011**) , les maladies

cardiovasculaires(zhang et al., 2016), la constipation, la dysfonction érectile, la parodontite et même certains types de cancer. On dit également que les concombres de mer sont anti-inflammatoires, favorisent la cicatrisation des plaies et ralentissent le processus de vieillissement comme :

- **Le cancer:** le concombre de mer contient des substances appelées saponines, qui ont une activité cytotoxique contre les cellules cancéreuses. Des études ont montré que l'extrait de concombre de mer pouvait inhiber la croissance de plusieurs types de cancer, comme le cancer du poumon, du sein, de la prostate, du côlon et du foie. Cependant, ces études sont encore préliminaires et nécessitent des essais cliniques pour confirmer leur efficacité et leur sécurité (Evers, 2013)

- **L'arthrite:** le concombre de mer a des propriétés anti-inflammatoires, qui pourraient soulager les douleurs articulaires causées par l'arthrite. Il contient également du collagène, qui est un composant essentiel du cartilage et des tendons. Le concombre de mer pourrait donc aider à prévenir ou à réparer les dommages causés aux articulations par l'arthrite (bordbar et al, 2011)

- **L'impuissance:** le concombre de mer est considéré comme un tonique sexuel en médecine chinoise. Il aurait des effets stimulants sur la libido et la fonction érectile chez les hommes. Il contient également des acides gras oméga-3, qui sont bénéfiques pour la santé cardiovasculaire et la circulation sanguine. Le concombre de mer pourrait donc améliorer la performance sexuelle et la fertilité masculine (Mazliadivana et al., 2017 ; Yin et al.,2019)

- **La fatigue:** le concombre de mer est une source de protéines, de vitamines et de minéraux, qui sont nécessaires pour le bon fonctionnement de l'organisme. Il a également des propriétés adaptogènes, qui aident à résister au stress et à augmenter l'énergie. Le concombre de mer pourrait donc combattre la fatigue et renforcer le système immunitaire (Mazliadivana et al, 2017 ; Yin et al.2019)

- **La constipation:** le concombre de mer a des propriétés laxatives, qui facilitent le transit intestinal et préviennent la constipation. Il contient également des mucopolysaccharides, qui sont des substances visqueuses qui lubrifient le tube digestif et protègent la muqueuse intestinale. Le concombre de mer pourrait donc améliorer la digestion et prévenir les troubles gastro-intestinaux (Mazliadivana et al, 2017 ; Yin et al.2019)



Figure 14: Holothuries séchées et conservées en bocal, utilisées à des fins médicinales par la médecine chinoise (inPurcell, 2010 ; Purcell, 2014a).

III.1. Les effets secondaires possibles :

- Le concombre de mer peut provoquer une **allergie** chez les personnes sensibles aux crustacés, se manifestant par des démangeaisons, des rougeurs, des gonflements ou des difficultés respiratoires.
- Le concombre de mer peut également avoir des **interactions** avec certains médicaments, notamment les anticoagulants, les antiplaquetaires et les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS), en augmentant le risque de saignement.
- Le concombre de mer peut avoir des **effets laxatifs** chez certaines personnes, entraînant des diarrhées, des crampes ou des ballonnements.
- Le concombre de mer peut contenir des **toxines** ou des **parasites** s'il n'est pas bien nettoyé, séché ou cuit, ce qui peut causer des nausées, des vomissements ou des infections.

Il est donc conseillé de consulter un médecin avant de consommer du concombre de mer, surtout si vous avez des allergies, des problèmes de coagulation ou un système immunitaire affaibli. Il est également important de choisir du concombre de mer de bonne qualité et de le préparer correctement pour éviter les risques sanitaires. (bodbar et al, 2011).

III.2. Suppléments de concombre de mer :

Les suppléments de concombre de mer ont trouvé leur place dans les rayons des pharmacies américaines, où ils sont principalement vendus sous forme de capsules. Il existe également des masques pour le visage au concombre de mer qui, selon les fabricants, peuvent prévenir les rides. Il n'y a pas de lignes directrices pour l'utilisation appropriée des suppléments d'holothuries. Bien que les fabricants recommandent généralement des doses de 500 mg à 1000 mg par jour, cela ne signifie pas que la dose est sûre ou efficace car les compléments alimentaires sont mal

réglementés aux États-Unis. Cependant, seuls quelques-uns de ces produits subissent des tests de qualité. Méfiez-vous des médicaments traditionnels importés d'Asie. Selon le National Center for Complementary and Integrative Health, bon nombre de ces médicaments sont contaminés par des métaux lourds, des pesticides et d'autres substances non déclarées (**bodbar et al ., 2011 ; janakiram et al ., 2017 ; liang et al ., 2018)**

IV. Bienfait nutritionnelle des holothuries :

Traditionnellement, les Chinois mangent le "concombre de mer" pour sa valeur tonique plutôt que pour sa saveur de fruits de mer. Tonique et comme aliment pour la prévention de nombreuses maladies (**dans Kiew et Don, 2012**). Par conséquent, ils sont appelés «concombres de mer» en chinois, ce qui signifie en gros «concombres de mer» (**Chen 2003**). La médecine traditionnelle chinoise croit fermement aux propriétés salées et réchauffantes de la mer «concombre de mer», leur permettant de nourrir le sang et l'essence, et de traiter les maladies rénales et les problèmes des organes reproducteurs (**dans Kiew et Don, 2012**). Plusieurs études ont été menées pour analyser la composition en acides aminés et en acides gras de divers concombres de mer afin d'élucider leur effet sur la valeur nutritionnelle pour les consommateurs. (**Wenet al., 2010 ; González-Wangüemert et al., 2018a**). Ils contiennent des acides aminés et des oligo-éléments indispensables à la santé (**Chen 2003**). Le concombre de mer contient une variété de combinaisons précieuses d'acides aminés, y compris la glycine, l'acide glutamique, l'acide aspartique, l'alanine et l'arginine. Le rapport de la lysine à l'arginine est faible, en raison de la présence de grandes quantités d'acides thréonine, tyrosine, donc riches en acides essentiels acides aminés (AAE) et phénylalanine (**Wen et al., 2010**). Étant donné que les concentrations de cholestérol dans le sérum et l'aorte sont affectées par la composition en protéines et en acides aminés, un rapport inférieur de la lysine à l'arginine favorise les effets hypocholestérolémiant (**Zhang et al., 2016**). La teneur totale en acides aminés (TAA) est de 33,32 à 54,13 g/100 g (poids humide) (**Wen et al., 2010**), et il n'y a pas de différence entre les espèces. Les lipides, les minéraux, les polysaccharides et les glycosides sont plus élevés dans le tractus intestinal et les voies respiratoires qu'à la surface du corps. Les ratios AAE/AAT et AAE/acides aminés non essentiels des voies intestinales et respiratoires des holothuries sont plus proches de FAO/W.H.O (**Yuan et al., 2010**), confirmant la haute valeur nutritionnelle des holothuries. des concombres de mer frais varient de 82,0 à 92,6 de 2,5 à 13,8 ; de 0,1 à 0,9 ; 1,5-4,3 et 0,2-2,0 %, respectivement (**Omran, 2013 ; Fawzya et al., 2015 ; Haider et al., 2015 ; Liu et al., 2017 ; González-Wangüemert et al., 2018a**). Leur composition biochimique approximative varie selon les espèces, les variations saisonnières et le régime alimentaire. (**Bordbaret al., 2011**). En général, ils contiennent une teneur en eau et en protéines plus élevée, mais une teneur en matières grasses inférieure à celle des poissons et des crustacés (**Aydin et al., 2011**), ce qui en fait un aliment idéal pour les patients hyperlipidémiques (**Wen et al., 2010**). Le «concombre de mer» transformé (séché) est une source de protéines brutes plus riche que la plupart des fruits de mer utilisés. Jusqu'à présent, ils sont vendus comme nutraceutiques sous forme de comprimés ou de gélules (**Chen, 2003**). La peau des concombres de mer est principalement composée de collagène (environ 70 % de la protéine de la paroi) et de mucopolysaccharides (**Saito et al., 2002 ; Escudero et al., 2010 ; Hur et al., 2011 ; Pennings et al., 2013**). À ce jour, plus de 21 types de collagène ont été identifiés dans divers tissus d'holothuries et leurs rôles ont été

largement étudiés (**Liu et al., 2011 ; 2019 ; Tian et al., 2020**). Le collagène des concombres de mer est similaire à celui des tortues à carapace molle et des bois de cerf, et ils peuvent être utilisés comme suppléments nutritionnels pour l'hématopoïèse (érythropoïèse) et le traitement de l'anémie (**Kiew et Don, 2012 Guo et al., 2015**). La teneur en matières grasses brutes des "concombres de mer" est généralement inférieure à celle d'autres produits à base de poisson, tels que la tête de serpent, la tête de serpent et le bar, qui étaient respectivement de 5,7%, 9,3% et 14%. 0,7 % (**El Shehawy et al., 2016 ; Tawali et al., 2018 ; Pratama et al., 2020**). Cependant, leur profil lipidique est très intéressant, composé majoritairement d'acides gras polaires, avec une forte teneur en acides gras polyinsaturés (AGPI), notamment l'acide eicosapentaénoïque (EPA), l'acide arachidonique (ARA), l'acide α -linoléique (ALA) et l'acide docosahexaénoïque (DHA). Leur ratio n-6/n-3 est similaire à celui recommandé par la FAO, entre 5:2 et 8:1 (**W.H.O, 2003**). Ces deux acides oméga ont des propriétés hémodynamiques (flux sanguin) et anti-athérosclérotiques (prévention de la formation de calculs sanguins) qui éliminent la coagulation du sang dans les vaisseaux sanguins et abaissent les taux de triglycérides sériques ou de cholestérol sérique (**Blondeau, 2016 ; Balk et Lichtenstein, 2017**). Ils aident également à réduire la glycémie chez les personnes atteintes de diabète de type 2 (**Brown et al., 2019**). Les concombres de mer ont une valeur nutritionnelle élevée en raison de la présence de vitamines telles que la vitamine A, la vitamine B1 (thiamine), la vitamine B2 (riboflavine), la vitamine B3 (niacine). Il est également présent dans le "concombre de mer" (**Mohammadzadeh et al., 2016 ; Mohsen et al., 2019**). Ces études sont importantes pour évaluer les risques réels pour la santé humaine associés à la consommation d'holothuries. La toxicité des métaux lourds est associée à diverses maladies, affections, dysfonctionnements et malformations d'organes, qui s'accumulent souvent dans les organes vitaux tels que les reins, les os et le foie. Chaque métal montre des signes spécifiques de toxicité. Par conséquent, la sécurité des fruits de mer devient de plus en plus importante, considérant que la limite maximale de Pb dans les autres fruits de mer (poissons, mollusques, mollusques et crustacés) est de 0,3 mg/kg, ces concentrations dans les concombres de mer sont acceptables. Dans les fruits de mer, la teneur en métaux lourds du concombre de mer est généralement inférieure au niveau standard international. Cependant, il faut veiller à toujours surveiller les niveaux de métaux lourds dans les concombres de mer (**Sicuro et al., 2012**). Le chrome (Cr), le manganèse (Mn), le zinc (Zn), le fer (Fe), le nickel (Ni), le cobalt (Co) et le cuivre (Cu) sont les plus courants. Le Cr, Ni, le Cadmium (Cd) et le plomb (Pb) sont des métaux lourds toxiques.

Chapitre 03 :

Richesses économique de concombre
de mer

Chapitre 03 : Richesses économique de concombre de mer

I. Situation de la pêche au niveau mondial

Au niveau mondial, les pêches d'holothuries sont principalement ciblées sur une soixantaine d'espèces sur plus de 1100 connues à travers 70 pays (FAO, 2012) et commercialisées depuis plusieurs centaines d'années. L'utilisation de ces holothuries dans l'alimentation humaine a débuté en Chine depuis 1000 ans. Face à la demande grandissante des marchés asiatiques, les holothuries ont commencé à être surexploitées à partir du 18^{ième} et du 19^{ième} siècle. En dépit de la forte proportion de ces animaux parmi les espèces benthiques, peu de documentation existe. Récemment, l'intérêt pour l'obtention de ces données a fortement augmenté pour différentes raisons :

- Une demande grandissante pour ces produits
- L'épuisement de certaines espèces
- L'extension des zones de pêches
- Le développement de la mariculture
- Un intérêt grandissant sur les ressources biologiques et leur gestion.

Les 5 zones de pêche majoritaires d'holothuries au niveau mondial sont : Papouasie Nouvelle Guinée (Océanie), Philippines (Asie); Seychelles (Afrique et Océan Indien), les Iles Galápagos (Amérique Latine et Caraïbes) et la pêche de *Cucumariafrondosa* centré sur le Canada (Zones tempérés de l'hémisphère Nord). Au travers de ces 5 zones, le nombre d'espèces exploitées varient beaucoup, avec le plus grand nombre retrouvé en Asie (52 espèces) et dans le Pacifique (36 espèces), dû majoritairement à la grande diversité d'espèces de ces zones. Ces pêches dans les zones tropicales indopacifiques sont donc majoritairement multi-spécifiques et généralement mono-spécifiques dans les zones tempérées (FAO, 2004). L'estimation de la quantité d'holothuries pêchées par région est présentée dans le Tableau 01.

Tableau 01 : Quantité estimée des captures d’holothuries dans le monde
(FAO, 2008)

Zone géographique	Quantité récoltée (en t / an)
Asie et région Pacifique	20 000 à 40 000
Zones tempérées	9 000
Afrique et Océan Indien	2000 – 2500
Amérique Latine et Caraïbes	< 1000

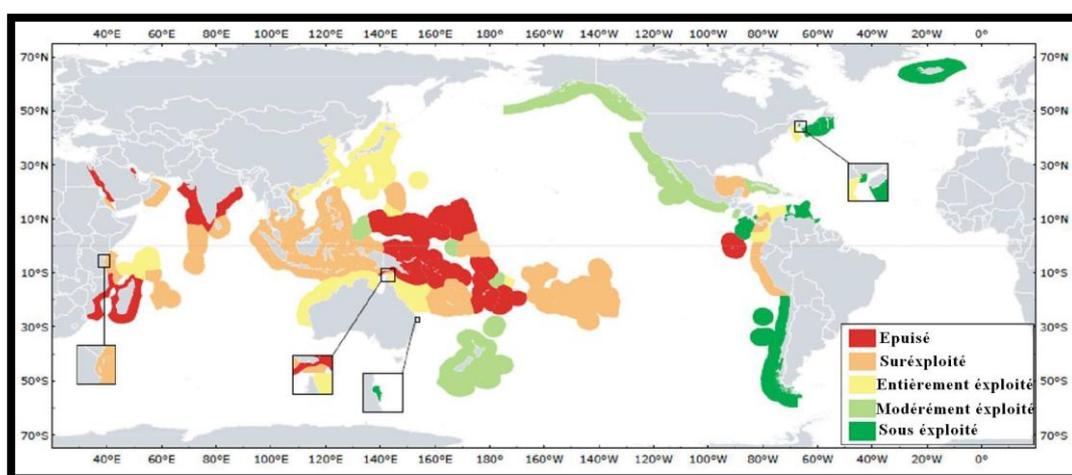


Figure 15 : Situation mondiale actuelle des pêcheries d’holothuries
(Nombre de pêcheries = 69)(D’après Purcell *et al.*,2013).

Les données sur les pêches d’holothuries dans les zones indopacifiques sont rares et celles des zones tempérées de l’hémisphère nord sont principalement disponibles pour 4 pays (Canada, USA, Russie et Islande) où la pêche commerciale est centrée sur 4 espèces (*Cucumariafrondosa*, *C. japonica*, *Parastichopuscalifornicus* et *P. parvimensis*). Les 2 espèces de *Parastichopus* sont surtout récoltées par plongée en bouteille avec des quantités similaires aux régions tropicales indopacifiques. La pêche des espèces de *Cucumaria* est beaucoup plus industrialisée avec l’utilisation de chalutiers spécialisés et à la présence d’usines de transformation installées sur le littoral.

A titre d’exemples, en Indonésie, les pêcheurs exploitent les holothuries à l’aide de bateaux de pêche de petite taille ou de taille moyenne (Tuwo, 2004) ; en Egypte, les opérations de pêche sont essentiellement menées par des chalutiers (Lawrence *et al.*,

2004) ; aux Seychelles, vu la réduction des stocks, les pêcheurs sont obligés de plonger à de plus grandes profondeurs, parfois à l'aide d'un scaphandre autonome (Aumeeruddy et Payet, 2004). A Madagascar, plus particulièrement dans la région de sud-ouest (Tuléar), la pêche des holothuries se fait essentiellement à pied à marée basse (Rasolofonirina et Conand, 1998), en ramassant les animaux à main nue (Fig. 16 a) ou en utilisant une bêche (Fig. 16 b) selon les espèces collectées et/ou l'habitude des pêcheurs. Néanmoins, la plongée en apnée, utilisant uniquement un masque est devenue fréquente et est pratiquée soit pendant les mortes-eaux soit en cherchant les espèces profondes telles que *H. fuscogilva*, *H. nobilis* ou *T. ananas* pour ne citer que les plus courantes.



Figure 16 a et b : Collecte à pieds des holothuries à marée basse sur le Grand récif de Tuléar (Photos : T. Lavitra, 2006).

II. L'aquaculture

II.1. Définition

L'aquaculture a été définie comme « l'art d'élever et de garder des plantes et des animaux aquatiques » (Barnabe, 1991). L'aquaculture est la production de poissons, de mollusques, de crustacés et d'algues dans des systèmes intensifs ou extensifs. L'aquaculture fait référence aux différents systèmes de culture de plantes et d'élevage d'animaux dans les eaux continentales, côtières et marines, permettant l'utilisation et la production d'une grande variété d'espèces végétales et animales. Elle s'intéresse à plusieurs catégories de produits, principalement :

- la conchyliculture implique la reproduction de Mollusques.
- Pisciculture, c'est-à-dire l'élevage poissons.

- L'algoculture définit la culture des algues.
- Échiniculture implique l'élevage d'oursins.
- Crustaticulture implique l'élevage de crustacés.
- Polyculture implique l'élevage d'holothuries.

II.2. Objectifs de l'aquaculture

L'objectif fondamental de bon sens des activités aquacoles est la production de biomasse à partir d'éléments aquatiques, c'est-à-dire d'aliments riches en protéines destinés à la consommation humaine. Il s'agit en fait de manipulation de milieux aquatiques naturels ou artificiels pour parvenir à la production d'espèces utiles à l'homme (FAO, 2008).

Cependant, les objectifs de l'aquaculture sont relativement différents, selon le contexte économique dans lequel ils se produisent. La pêche ne fournit pas des quantités suffisantes de poisson de grande valeur dans les pays industrialisés. En Europe de l'Ouest et au Japon ce sont le saumon, la truite, le bar, la dorade, les algues, les crevettes, les perles... De plus, ces pays ont une forte demande de produits aux spécialités diététiques. (Faible teneur en matières grasses, riche en vitamines et oligo-éléments).

Dans les pays en développement, l'objectif est de produire des protéines animales que l'élevage traditionnel ne peut fournir en quantité suffisante en raison de la surpopulation ou de la désertification des sols. Par exemple, l'Inde produit des espèces tropicales de grande valeur. Sur la base de la densité de population, des niveaux de productivité attendus et de la disponibilité alimentaire, une norme sectorielle a émergé pour définir principalement trois types de production animale : extensif, semi-intensif et intensif (FAO, 2008).

II.3. Les études technico-économiques en aquaculture

Comme son nom l'indique, la recherche technico-économique est une étude sur la faisabilité technique, la viabilité et la rentabilité d'un projet d'investissement dont les résultats détermineront si le projet est faisable, s'il faut l'abandonner ou l'adopter ? (Giles *et al*, 2011).

La recherche technico-économique prend de plus en plus d'importance car elle traite des flux matériels liés aux activités des entreprises et des flux financiers résultant d'une bonne réponse à la nécessité de vigilance et d'anticipation des besoins futurs des pratiques d'élevage (Hemidy, 1990).

II.4. Aquaculture mondiale

Selon les dernières statistiques mondiales sur l'aquaculture compilées par la (FAO), la production aquacole mondiale a atteint un niveau record en 2018, avec un poids vif de 114,5 millions de tonnes, ce qui équivaut à une valeur marchande estimée à 263,6 milliards de dollars américains (ci-après dénommés dollars américains), et le record est le suivant :

82,1 millions de tonnes d'animaux aquatiques (250,1 milliards de dollars), 32,4 millions de tonnes d'algues aquatiques (13,3 milliards de dollars) et 26 000 tonnes de coquillages et perles d'ornement (179 000 dollars). Le poisson est principalement utilisé dans l'aquaculture (54,3 millions de tonnes et 139,7 milliards de dollars), dans l'aquaculture continentale (47 millions de tonnes et 104,3 milliards de dollars) et dans l'aquaculture marine et côtière (7,3 millions de tonnes et 35,4 milliards de dollars).

Viennent ensuite les mollusques (17,7 millions de tonnes et 34,6 milliards de dollars), essentiellement des bivalves, les crustacés (9,4 millions de tonnes et 69,3 milliards de dollars), les invertébrés marins segment auquel appartiennent les holothuries (435 400 tonnes et 2 milliards de dollars), les tortues aquatiques (370 000 tonnes et 3,5 milliards de dollars) et enfin les grenouilles (131300 tonnes et 997 millions de dollars).

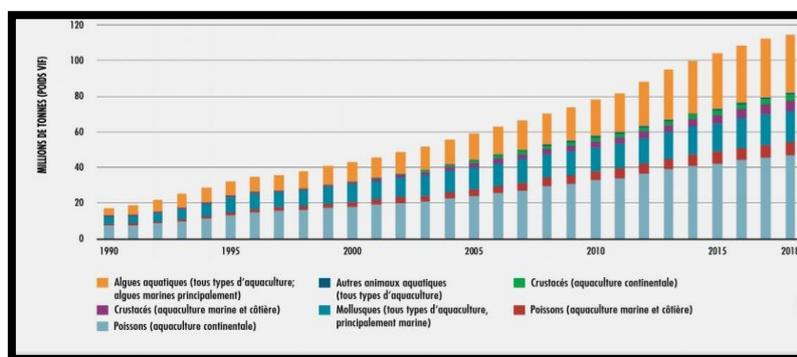


Figure 17: Production aquacole mondiale d'animaux aquatiques et algues 1990-2018 (source : FAO).

II.5. Aquaculture en Algérie

L'aquaculture est une activité relativement récente en Algérie, mais pratiquée dans la région depuis près d'un siècle. Initialement limitée aux domaines continentaux, l'activité s'est étendue aux eaux saumâtres et aux milieux marins (Chalabi., 2005). Selon le biologiste "NOVELLA", les premiers tests ont été effectués en 1880 à l'embouchure de l'estuaire de l'Arzew.

Le potentiel de ressources en eau de l'Algérie est si important qu'elle compte plus de 100 000 hectares de zones naturelles ou artificielles, dont la plupart restent inexploitées (Echikh et Karali., 2005).

II.6.Holothuriculture :

Les premières formes d'élevage d'holothuries ont été développées au Japon où elles sont pratiquées depuis le 18e siècle (Tanaka, 1992). Des pierres étaient à cette époque le plus souvent utilisées, placées au fond de la mer pour fournir un habitat semi-naturel et rassembler des juvéniles et des géniteurs de certaines espèces d'holothuries (Tanaka, 1992). Une véritable aquaculture industrielle a débuté en Chine dans les années quatre-vingt avec l'élevage d'une espèce tempérée très prisée *A. japonicus* (Chen, 2005).

Actuellement, presque partout dans le monde, l'holothuriculture tient une place importante dans la filière aquacole. Grâce au perfectionnement des méthodes d'élevage (Fig.18). Il est actuellement possible de produire en écloserie des centaines de milliers de juvéniles qu'on peut lâcher ensuite dans le milieu naturel pour aider à accélérer la reconstitution de stocks épuisés et assurer la viabilité de la pêche d'holothuries (Purcell, 2004).



Figure 18: Holothuriculture. (À gauche) Bassin utilisé pour la polyculture d'holothuries de sable, d'huîtres perlières et de mérours. (À droite) Holothuries de sable fraîches pêchées dans les bassins de polyculture de Chine méridionale (**Purcell et Wu, 2017**).

Et aussi Les prix avantageux de concombre de mer l'intérêt des organismes publics et privés (**Eeckhautet al. 2008**) ; L'aquaculture des holothuries apporterait une solution durablement permettant à la fois de repeupler les stocks appauvris d'holothuries en milieu naturel, et de produire suffisamment de concombre de mer pour répondre à la demande croissante du marché asiatique

III. Commerce :

III.1. Situation commerciale (Techniques de prélèvement) :

Les pêcheurs peuvent opérer à partir du rivage et prélever les concombres de mer à la main dans les eaux peu profondes, en les ramassant sur les platiers récifaux à marée basse ou à gué, ou encore en utilisant de petites embarcations en bois ou en fibre de verre, équipées d'un moteur hors-bord ou fixe, pour accéder aux populations se trouvant au large ou en eaux plus profondes. Lorsqu'ils plongent, comme ils peuvent utiliser un narguilé (air fourni par un compresseur sur le navire-mère) ou en scaphandre autonome. Rares sont les pêcheurs traditionnels qui plongent encore en apnée pour atteindre les stocks en mer calme. De petits chalutiers (chalut à perche, drague à pétoncles, etc.) sont aussi utilisés dans les habitats à substrat meuble. Pour capturer les concombres de mer, les plongeurs utilisent la lance, l'hameçon, l'épuisette ou leurs mains (**Conand 1986 ; Toral-Granda 2006**).

Généralement, l'équipement et les méthodes de pêche comprennent de petits chaluts de fond (filets remontés à la manivelle et chaluts à vergue) pour les fonds sablonneux, des lances, des crochets et des haveneaux pour les récifs, et des équipements de plongée pour les récifs plus profonds et les lagunes (Cites 2002).

III.2. Commercialisation des concombres de mer :

Les concombres de mer sont utilisées pour la pêche, ce sont aussi considéré tant que ressource nutritionnelle important : ils sont appréciés pour la cuisine, et leur valeur nutritive est recherchée (la partie la plus consommée est la paroi corporelle). Le concombre de mer a été commercialisé sous forme de produit sec ou congelé (le produit est précuit avant emballage de sorte que l'acheteur n'a qu'à le réchauffer pour la consommation) C'est un produit à très long terme : il peut être transporté sur de longues distances et stocké pendant un an ou plus. Le concombre de mer est également utilisé pour préparer de nombreuses boissons enrichies, ce qui devrait améliorer les bienfaits pour la santé. Il est commercialisé sous forme de trévang ou bêche-de-mer. La commercialisation des holothuries au Maghreb vient de commencer.

En Algérie, des activités pêche illicites ont été signalées ces dernières années, des réseaux clandestins sont mis en place pour la chasse et la commercialisation des concombres de mer, notamment au profit des communautés chinoises fondées en Algérie (**Figure 19**). Les informations recueillies auprès des pêcheurs et des plongeurs indiquent que l'exploitation a commencé en 2013 sur la côte ouest et centrale, avant de s'étendre à toute la côte algérienne. La récolte des holothuries se développe rapidement et est capable d'extraire de grandes quantités de cette faune benthique, d'où l'urgence de développer une stratégie nationale de gestion des pêcheries émergentes qui, si nous dépendons du schéma d'exploitation déjà observé dans d'autres régions du monde, sera bientôt confrontée à des défis de conservation des ressources et impact environnemental (**Neghli et Mezali, 2019**). Ces auteurs ont formulé des recommandations pour établir des marchés légaux pour la vente de concombre de mer.



Figure 19 : Spécimens d'*Holothuriatubulosatransformés* en bêche de mer avant d'être vendus à des acheteurs chinois locaux. A) Produit séché ; B) sélection de produits de qualité ; C) ensachage à vendre. (Neghli et Mezali, 2019).

III.3. Marchés et modes de consommation de concombre de mer :

III.3.1. Marché de la « CONCOMBER DE MER » :

Le "concombre de mer" est commercialisé depuis plus de 1000 ans (Friedman *et al.*, 2011). Mondialement, depuis le milieu du XXe siècle, les tendances du marché révèlent une augmentation considérable dans le commerce des concombres de mer, tant en termes de nombre d'espèces et de rendement de production, les prises mondiales ont été multipliées par 13, passant d'environ 2300 tonnes à 30500 tonnes (Kinch *etal.*, 2008; Anderson *et al.*, 2011; Bordbaret *al.*, 2011) (Tableau 2).

Les espèces ciblées appartiennent la plupart à l'ordre des Holothuriida. Ce sont principalement les genres *Actinopyga*, *Bohadschia*, *Apostichopus*, *Stichopus*, *Cucumaria*, et *Holothuria* qui sont les plus visés (Purcell *etal.*, 2012). En plus de sa grande expansion dans les zones traditionnelles, la pêche des holothuries s'est étendue à une amplitude considérable, même dans des zones de pêche non traditionnelle, telles que les Galapagos, le Mexique et l'Amérique du Nord. Les stocks découverts sont exploités à un rythme de plus en plus rapide (Taiyeb-Ali, 2003; Hu, 2005; Anderson *et al.*, 2011). La collecte des concombres de mer pour la production de bêche de mer, et son exportation vers le marché asiatique fournissent une importante source de revenus pour les communautés dans les régions éloignées où les alternatives sont peu nombreuses (MacKnight, 1976 ; Preston, 1993; Purcell, 2010) (Tableau 1). Le marché des bêches de mer est contrôlé par la Chine, Hong-Kong, Singapour et Taïwan (Jaquemet et Conand, 1999). Selon le facteur de conversion utilisé le poids sec/humide, il est possible de déduire que les prises combinées pour l'Asie et les

régions du Pacifique sont de l'ordre de 20000-40000 t/an (FAO, 2008). Les données statistiques indiquent qu'environ 1.000 tonnes de "bêches-de-mer" (soit 10000 tonnes d'holothuries fraîches) sont importées annuellement à Singapour, dont 80% sont réexportées vers d'autres pays comme la Chine, la Malaisie, Taiwan, le Japon, où elles sont vendues sur les marchés locaux. La quasi-totalité des holothuries importées à Singapour provient de l'Afrique de l'Est y compris les îles du Sud-Ouest de l'Océan Indien (Fabinyiet al., 2017 ; Purcell et al., 2018). Dernièrement, Hong Kong et Guangzhou (Chine) sont devenus les plus grands importateurs d'holothuries tropicales. Les prix moyens ont augmenté de 2011 à 2016, le prix par individu augmente de façon exponentielle avec la taille. En 2016, les prix moyens des espèces de bêches de mer étaient de 1,3 à 3,8 fois plus élevés à Hong Kong qu'à Guangzhou. L'es-pèce tropicale avec le prix maximum enregistré était *Holothuriascabra*, le produit qualité premium se vendait à plus de 1800 \$ US le kilogramme (Fabinyiet al., 2017; Purcell et al., 2018) (Figure 20). En Méditerranée, les principaux pays qui explorent cette ressource marine sont la Turquie, l'Espagne, la Grèce, l'Italie et le Portugal. En Turquie ; plus de 10 entreprises exportent les "concombres de mer" vers la Chine, dont certains avec 1 à 2 millions de dollars US de revenus totaux (González-Wangüemert et Domínguez-Godino, 2016).

De nos jours certaines entreprises exportent les concombres de mer en Chine, en Australie, au Japon, au Canada et aux États-Unis (González-Wangüemert et Domínguez-Godino, 2016). Plus récemment, l'Italie a commencé la transformation des concombres de mer à petite échelle (Sicuro et Levine, 2011). Au Portugal, plusieurs entreprises vendent des concombres de mer, principalement *H. arguinensis*, *H. sanctori*, *H. forskali* et *H. mammata*, offrant une capacité d'approvisionnement de 2 000 à 50 000 kg/mois et des prix variant entre 70 et 350 euros/kg selon la qualité du produit (González-Wangüemert et Domínguez-Godino, 2016).

La bêche de mer peut être classée à partir de sa valeur commerciale: haute, moyenne ou basse basée sur l'espèce, l'abondance, l'apparence, l'odeur, la couleur, l'épaisseur du corps (Telahigue et al., 2010). Cependant, il n'y a aucune information sur l'évaluation de valeur commerciale sur la base de la composition chimique et la qualité nutritionnelle des "concombres de mer" (Afkhamiet al., 2012).



Figure 20 : Marchés asiatiques d'holothuries en chine
(inPurcell, 2010 ; Purcell, 2014a).

Tableau 2 : Taux de concombres de mer capturés rapporté par FAO au tonnage mondial total (inBordbaret al., 2011 ; FAO, 2020).

Années	Prise totale mondiale (Milliers de tonne)
1998	19,905
1989	17,467
1990	19,976
1991	21,790
1992	20,892
1993	19,348
1994	24,505
1995	24,050
1996	26,795
1997	24,672
1998	22 ,004
1999	20,462
2000	24,509
2001	20,431
2002	23,445
2003-2004 (moyenne par an)	22
2015	31
2016	34
2017	38
2018	48
Total	551 ,251
Pourcentage de la pêche totale en 2018	9%

III.3.2. Consommation du concombre de mer :

Les concombres de mer sont une ressource marine très appréciée des peuples d'Asie et d'Extrême-Orient, ils sont généralement utilisés comme remèdes

traditionnels, par exemple : aphrodisiaques, et consommés comme mets très raffinés dans la plupart des pays d'Asie depuis des milliers d'années (**Toral-Granda, 2006b; Borrero-Perez et al., 2009; Afkhamiet al., 2012; Jangoux, 2014**). Plus de 70 espèces de concombre de mer sont exploitées commercialement (**Xu et Zhao, 2015**). En Chine, 134 espèces ont été trouvées, parmi lesquelles seulement 20 espèces sont comestibles et ont des fonctions médicinales (**Liao, 2001**). Les concombres de mer sont généralement commercialisés sous forme congelée, cuits-séchés, cuits-salés et cuits-salés-séchés (**FAO, 2008**). La consommation d'holothuries, crus ou après une préparation très simple, est commune au Japon et en Corée (**Conand, 1990**). Au Japon, le tégument appelé 'namako' est consommée crue ou en tranches trempées dans un mélange de vinaigre et la sauce de soja (**Figure 21**). D'autres organes sont également considérés comme des mets de choix, tels que les ovaires ou 'Konoko' sont consommés secs ou salés et fermentés même les intestins appelés 'konowata' et les arbres respiratoires ou 'minowata' sont aussi consommés. L'intestin et gonades peuvent être transformés en plats à prix élevé (**Tanikawa, 1955a ; Keet al., 1983; Kiew et Don, 2012; Robinson et Lovatelli, 2015**), certains muscles du concombre de mer peuvent être préparés comme des palourdes de haute qualité, produits savoureux vendus aux États-Unis (**Mottet, 1976**). Un produit sec, connu sous le nom 'Iriko' "trévang" ou bêche de mer est aussi traditionnellement produit (**Conand, 1990**). Il est proposé aux consommateurs après avoir été éviscérés, portés à ébullition, et enfin séchés à l'air libre (**Jangoux, 2014**). Le liquide coelomique le bulbe aquapharyngien, et les organes internes, sont des sous-produits ou coproduits peu ou pas valorisés, ils représentent des quantités importantes de rejets pour les industries de transformation (**Tripoteau, 2015**). Dans les eaux peu profondes de l'Indopacifique tropical on compte environ 350 espèces d'holothuries (**Pangestutiet Arifin, 2018**), parmi lesquelles une vingtaine sont actuellement recherchées pour la préparation du trévang. Les espèces les plus récoltées pour le marché du « trévang » sont *Actinopygamauritanica*, *Holothuriascabrae* et *Thelenota ananas*, d'autres espèces, tel que *Apostichopus japonicus*, *Parastichopus californicus* et *Cucumaria frondosa* sont consommées cuites, marinées ou même crues (**FAO, 2012**). Cependant, dans la plupart des régions du monde, les "concombres de mer" sont considérés comme non comestibles (**Keet al., 1987**). Ils ne sont consommés que sur les îles de l'ouest du Pacifique et en Asie (**Tanikawa, 1955a, b ; Bruce, 1983**).



Figure 21 : Plat à base de bêche de mer (*in Purcell et al., 2010*).

III.3.2.1. Les produits commercialisés pour la consommation :



Photo 22 : Coffrets cadeaux de 350 g contenant (apparemment) des *Stichopusnasos* séchées dans une épicerie du quartier chinois de Sydney (Australie). Prix de détail : 88 dollars australiens (80 USD) par boîte.



Photo 23 : Holothuries de sable (*Holothuriascabra*) de calibre moyen séchées, conditionnées dans des coffrets cadeaux de 1 kg et vendues dans une épicerie de Haymarket, à Sydney. Prix de détail : 450 dollars australiens (410 USD) par boîte.



Photo 24 : *Actinopygaspineae* congelées et conditionnées dans des sacs, présentés dans le rayon poissonnerie surgelée d'un supermarché de Guangzhou (Canton), en Chine. Les animaux ont probablement été éviscérés et cuits une fois, puis emballés sous vide.



Photo 25: *Parastichopus californicus* séviscérées, congelées, en vrac dans une poissonnerie de Beijing, en Chine. À l'aide d'une petite pelle, le client verse la quantité désirée dans un sachet et paie au poids.



Photo 26: Eau de gamat. On lui prête de nombreuses propriétés : cicatrisation des plaies, réduction des œdèmes, stimulation de l'appétit, amélioration de la circulation sanguine et allié santé. Cette eau est obtenue en faisant cuire à feu doux des holothuries entières du genre *Stichopus* pendant trois jours. Ce liquide pur est ensuite dilué dans de l'eau et commercialisé.

Photo 27: Gelée de gamat. Elle est réputée améliorer l'état de santé général. Il est conseillé d'ajouter cette gelée à des jus de fruit ou à de l'eau froide ou chaude. Ces gelées contiennent 3,48 g de *Stichopus hermanni*.



Photo 28: Deux pains de savon à base d'holothurie vendus dans un magasin de Kota Kinabalu, à Sabah, en Malaisie orientale. Chaque pain est fabriqué en Malaisie, il pèse environ 70 g et est vendu 4 dollars des États-Unis. L'étiquette indique que le produit contient des extraits de *Stichopus horrens*.

Source des photos : La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS N°34 - Août 2014

III.3.3. le prix du produit :

Le tableau suivant (Tab 03) donne les prix de quelques espèces les plus recherchées en ordre décroissant de la valeur marchande.

Tableau 3 : Prix de quelques espèces d'holothuries à Madagascar (Jaotombo A, 2009).

ESPECES	Prix (en ariary et dollars par pièce) 1ariary= 0.00026 US\$
<i>Holothuriascabra</i>	12 000 Ar / 3,12 US\$
<i>Holothurianobilis</i>	12 000 Ar / 3,12 US\$
<i>Holothuriafuscogilva</i>	12 000 Ar / 3,12 US\$
<i>Holothuriafusco punctata</i>	9 000Ar/ 2.34US\$
<i>Thelenota ananas</i>	7 000 Ar / 1.82US\$
<i>Thelenotaanax</i>	6 000 Ar / 1.56US\$
<i>Bohadschiamarmorata</i>	2 000 Ar / 0.52US\$
<i>Holothuriaedulis</i>	1 000 Ar / 0.26US\$
<i>Holothuriaatra</i>	500 / 0.13US\$

III.3.4. La transformation de concombre de mer

La technologie de fabrication des produits est généralement enseignée par les Chinois, Ils sont souvent encore engagés dans la transformation et le commerce.

La technologie classique à **Saville-Kent (1893), Sella et Sella (1940), CPS (1979), Conan (1986)**, technique générale de la plupart des espèces, à l'exception des holothuries *H. scabra* et *H. scabraversicolor*, un grand nombre de spicules conduit à des manipulations supplémentaires... Se compose de six étapes :

Première cuisson : dans de grandes marmites en fonte ou des seaux plus simples de 200 litres, coupés dans le sens de la longueur et cuits à l'eau de mer bouillante. Les concombres de mer prélavés sont triés par espèce et par taille, puis placés directement dans de l'eau bouillante ou placés dans un panier en filet pour un retrait facile. L'ébullition doit être maintenue quelques minutes en remuant constamment avec une spatule. Le temps de cuisson dépend du type et de la taille de l'animal en forme de dôme.

Incision: Après les avoir sortis et refroidis à l'eau de mer, placez-les face ventrale vers le haut sur une planche et coupez l'envers à l'aide d'un couteau bien aiguisé. Il doit être propre et intact dans les trois derniers centimètres près de la bouche et de l'anus.

Éviscération : Selon la technique, elle peut être effectuée avant ou après la seconde cuisson. Tous les viscères ont été retirés et la cavité générale a été soigneusement rincée pour éliminer tout débris ou gravier. Seuls les muscles longitudinaux restent en place.

Salage : Le sel est utilisé pour recracher les concombres de mer. Les produits marinés sont également plus lourds lorsqu'ils sont cuits et séchés au soleil, et les prix sont meilleurs s'ils sont vendus au poids. Utilisez toujours du casher ou du sel moyen. Le sel fin peut endommager la peau des holothuries. Le gros sel peut permettre au sel de

pénétrer lentement la surface du corps de l'animal pour obtenir l'effet désiré. Il ya deux méthode de saler : Salage par immersion et Salage à sec.

Deuxième cuisson : Cela durcit légèrement l'animal, lui donnant une consistance caoutchouteuse. Elle dure quelques minutes, après quoi l'animal est laissé refroidir dans l'eau de mer.

Fumage : Utiliser un séchoir type coprah. Il y a une flamme faible mais régulière sous la grille ; des feuilles de palétuvier peuvent être ajoutées pour libérer la fumée. Chez les poissons papillaires, l'incision dorsale est parfois maintenue ouverte avec un bâton utilisé pour séparer les lèvres. Placer les concombres de mer sur une grille avec le côté coupé face à la source de chaleur. Les racks doivent être remplacés régulièrement toutes les quelques heures. Ce séchage à la fumée peut durer des jours. Les bâtonnets sont retirés et les incisions sont refermées, parfois maintenues par des ficelles, pour redonner au produit sa forme cylindrique et régulière.

Séchage au soleil : Après avoir brossé les bêtes de mer pour enlever les cendres, elles sont placées au soleil et à l'air, pendant quelques jours pour parfaire le séchage. Le produit fini doit être dur comme du bois; s'il lui arrivait de prendre l'humidité, il conviendrait de recommencer fumage et séchage. Elles sont ensuite triées par espèces, suivant leur taille et stockées dans un endroit sec et aéré, en attendant l'expédition. Suivant le marché auquel elles sont destinées.

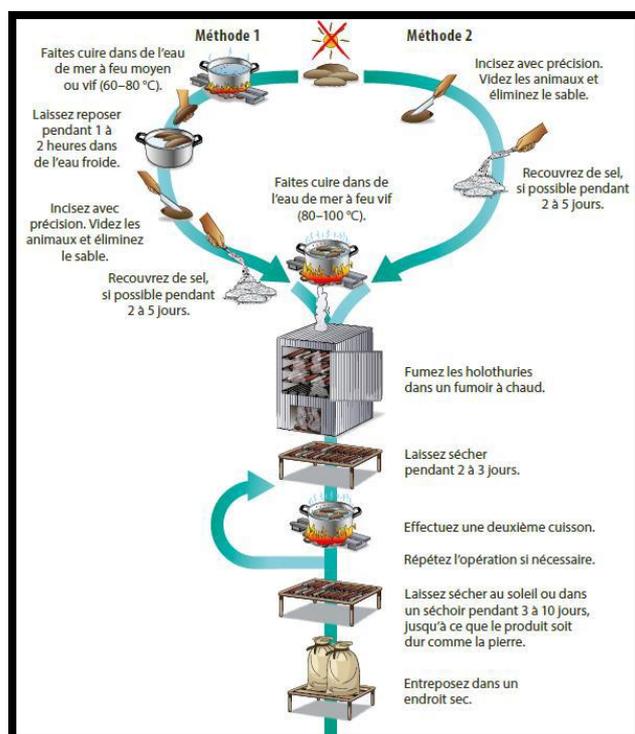
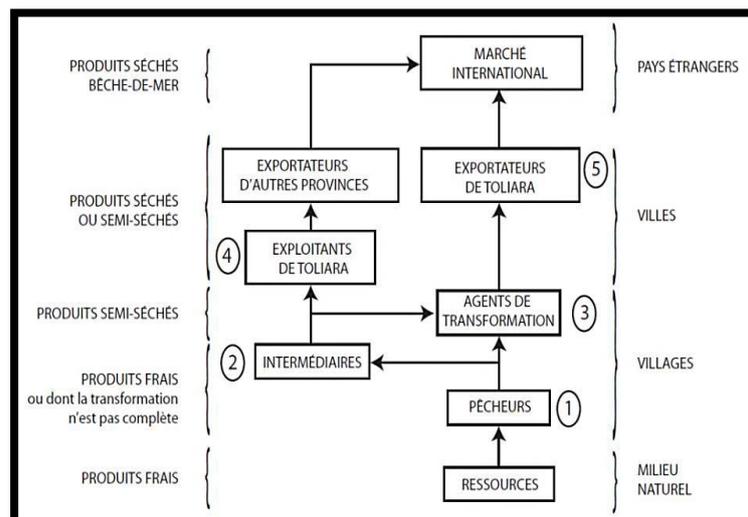


Figure 29 : Le déroulement de la transformation des concombres de mer En bêtes de mers séchées.

Source : Steven W. Purcell, Southern Cross University - La transformation des holothuries en bêtes-de-mer : Manuel à l'usage des pêcheurs océanien 2014.

Remarque : Les concombres de mer peuvent être transformés en concombres de mer congelés, donc aucune étape de séchage n'est nécessaire. Ils peuvent avoir été éviscérés et cuits une fois, puis emballés sous vide. L'avantage c'est quand on va cuisiner, on n'a pas à attendre 3 jours pour que les concombres de mer se réhydratent.



Circuit le plus fréquent :
1 - 3 - 5 (80 %)

Circuit fréquent :
1 - 3 - 4 - 5 (15 %)

Circuit peu fréquent :
1 - 2 - 3 - 5 ou 1 - 2 - 3 - 4 - 5

Source : SPC Beche de Mer Information Bulletin #28 – October 2008, «Processing and marketing of holothurians in the Toliara region, southwestern Madagascar».

Figure 30 : La transformation et la commercialisation des holothuries à Toliara (de leur récolte en milieu naturel à leur exportation).

Le transport par voie maritime est relativement plus important pour concombre de mer que d'autres modes de transport pour l'importation de bête-de-mer séchée et congelée et Le transport aérien représente environ 40% des importations ; Lors de la réexportation, la marchandise est quasiment à 100% par voie maritime, La transaction s'achève par la route, avec des camions porte-conteneurs.

III.3.5. Surexploitation :

III.3.5.1 Menaces :

La principale menace pesant sur les populations d'Holothuries à mamelles est la surexploitation pour satisfaire la demande de bête de mer et approvisionner les marchés internationaux d'aliments de luxe. Les Holothuries à mamelles sont également demandées pour la recherche biomédicale. Le volume des prélèvements et le nombre de pêcheurs a commencé à augmenter à la fin des années 1980 en Asie du Sud-Est et dans le Pacifique Sud pour répondre à une demande internationale de plus en plus importante (Cites 2002). Ces espèces sont parmi les plus recherchées : elles sont surexploitées dans de nombreux pays tropicaux pour l'export à destination de l'Asie du sud-est (principalement la Chine), où elles atteignent des prix très élevés (Purcell et al. 2012 ; Fabinyiet al. 2017). La valeur commerciale élevée de ces espèces, la facilité avec laquelle ces formes vivant en eau peu profonde peuvent être

prélevées et leur vulnérabilité due à leur biologie et à la dynamique des populations s'allient pour contribuer à la surexploitation et à l'effondrement de la pêche annoncé dans certaines régions. Les concombres de mer sont des animaux sédentaires particulièrement exposés à la surexploitation puisqu'ils possèdent une grande taille, ils sont faciles à prélever du fait de leur zone d'occurrence peu profonde, et n'exigent pas de technique de pêche sophistiquée. Une forte pression de la pêche provoque une diminution de la densité de la biomasse des espèces et les populations sont incapables de se reconstituer une fois tombées à un niveau inférieur à la masse critique. Pour se reproduire, les Holothuries à mamelles émettent leurs produits génitaux dans l'eau et le succès de la fécondation dépend de la proximité des individus en ponte (et donc de la densité de la population). Du fait de la réduction de la densité de population provoquée par la pêche, il peut arriver que les individus soient incapables de se reproduire, la distance qui sépare les mâles des femelles étant trop grande (Cites 2002).

De plus, malgré l'importance commerciale des Holothuries à mamelles, il reste encore beaucoup à apprendre sur leur biologie, leur écologie et la dynamique de leurs populations. Le manque d'informations scientifiques constitue ainsi une menace indirecte puisqu'elles sont indispensables pour établir des plans de gestion complets, susceptibles d'assurer la conservation de ces espèces et des régimes de prélèvement durable (Toral-Granda 2006). L'espèce *Holothurisp* « pentard » qui n'a pas encore été décrite, démontre les lacunes actuelles en taxonomie, même pour des espèces commerciales de grande de taille (Conand 2008 ; Conand 2017a).

La dégradation et la perte d'habitat contribuent également au déclin des Holothuries à mamelles. Ces espèces se trouvent dans les récifs coralliens qui sont dégradés par les oscillations climatiques (par ex. El Niño), les catastrophes écologiques (par exemple des tsunamis), et de nombreuses autres dégradations d'origine anthropique, y compris les méthodes de pêche non durables (par exemple l'utilisation d'explosifs et de poison), ainsi que par la pollution et la sédimentation côtières (Toral-Granda 2006).

Les Holothuries à mamelles sont aujourd'hui considérées comme menacées d'extinction et sont ainsi inscrites sur la liste Rouge de l'UICN : *Holothuria (Microthele) nobilis* et *Holothuria (Microthele) whitmaei* sont considérées comme « En danger » et *Holothuria (Microthele) fuscogilva* est considérée comme « Vulnérable » (Conand et al. 2014).

III.3.6. Gestion des espèces (contrôle de réglementation) :

III.3.6.1 Au plan national :

Plusieurs pays interdisent le prélèvement de certaines espèces ou protègent des sites pour palier à des disparitions localisées (Cites 2002).

Historiquement, la gestion des pêcheries d'holothuries s'est appuyée sur les systèmes fonciers des communautés locales, en particulier dans les zones de pêche

traditionnelles. Cependant, à mesure que cette activité s'étend à des zones non traditionnelles, les cultures traditionnelles se perdent et la demande augmente, la pêche commerciale est souvent mal gérée, ce qui entraîne la mise en place de plans de gestion une fois la ressource épuisée. Dans la plupart des pays en développement, de nouvelles pêcheries sont lancées avec un accès libre et des plans de gestion ou des réglementations, telles que des interdictions (par exemple des fermetures de zones) ou des saisons de pêche ne sont pas définies. Seulement mis en place après que le problème se pose pour essayer d'atténuer la diminution du nombre de ressources.

Dans les régions tropicales, la pêche se fait à une petite échelle mais revêt une grande importance socio-économique (Conand 2006a, b). Des mesures de gestion ont été prises dans certains pays tropicaux (Altamirano *et al.*, 2004 ; Toral-Granda & Martínez 2004). Dans la majorité des pays aire de répartition des holothuries à mamelles, une gestion gouvernementale des pêcheries d'holothuries est mise en place. Malheureusement, ces gestions sont généralement peu appliquées, probablement faut de ressources humaines et autres, de capacités pour mettre en œuvre et contrôler les réglementations, de mécanismes efficaces de surveillance scientifique et de mesures de gestion adéquates tenant compte des informations scientifiques (Bruckner, 2005a).

- Zones de pêche interdite : dans le monde entier, on reconnaît les zones de pêche interdite pour les avantages qu'elles apportent aux espèces exploitées (Gell & Roberts 2003). Il en existe quelques rares exemples pour les concombres de mer.

- Fermeture complète des pêcheries : en Inde, en 2001, toutes les espèces d'Holothuries commerciales ont été inscrites à l'annexe I de la loi relative à la protection des espèces sauvages, qui interdit toute activité de pêche. Cette décision visait à favoriser la reconstitution des populations surexploitées ; néanmoins, la pêche illicite continue et la plupart des stocks sont ou restent gravement épuisés (Nithyanandan, 2003). En Algérie ; le présent arrêté a pour objet de fixer la période de fermeture de la pêche du concombre de mer dans les eaux sous juridiction nationale. La période de fermeture de la pêche du concombre de mer et de reconstitution de la zone dans les eaux sous juridiction nationale est fixée du 1er août au 15 septembre de chaque année (Le présent arrêté sera publié au Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire).

En dépit de ses avantages potentiels pour les populations sauvages, une interdiction totale de la pêche au concombre de mer a des conséquences importantes sur le plan socio-économique et ne s'est pas révélée efficace dans la pratique. Pour les pêcheurs, une telle interdiction, si elle n'est pas assortie d'une solution de remplacement, signifie une importante perte de revenu et risque de les inciter à pêcher illicitement. Une telle situation peut se révéler encore plus préjudiciable pour les concombres de mer sauvages et défavorable pour l'homme, faute de pouvoir faire respecter des seuils biologiques et payer un prix juste et équitable.

- **Accès limité** : en général, l'accès limité correspond en quelque sorte à un système de permis ou de licence en vertu duquel le nombre de pêcheurs ou de bâtiments participant à la pêche est limité. Cet outil de gestion peut réfréner la course à la concurrence entre les pêcheurs et aider à maintenir une pêche. Ce système améliore en outre le respect des mesures de gestion et peut aider à garantir que les retombées économiques aillent aux communautés locales. De plus, le fait d'octroyer des droits territoriaux aux coopératives de pêcheurs peut aider à gérer les pêcheries d'accès libre. Cette méthode de gestion semble efficace dans les pays développés où il existe d'autres solutions pour les pêcheurs de concombres de mer qui ont été déplacés (par ex., en Australie). Toutefois, dans les systèmes traditionnels, cette procédure est difficile à appliquer car tous les pêcheurs ont des droits égaux d'exploiter « leurs » ressources. Qui plus est, cette procédure peut, en tant que telle, se révéler contraignante pour les autorités de gestion de la pêche, voire entraîner des troubles et des conflits sociaux. Les coopératives de pêcheurs devraient être organisées de façon à ce que les licences ne soient accordées qu'aux personnes dont la principale source de revenu est la pêche au concombre de mer, et non pas à n'importe quel membre de la coopérative. A Fidji, seuls les pêcheurs autochtones sont autorisés à pêcher les concombres de mer (**Stutterd & Williams 2003**).

- **Quotas**: les quotas ou le total admissible des captures (TAC) correspondent à la quantité maximale d'individus ou de biomasse pouvant être exploités chaque année, durant une saison d'ouverture de la pêche, par pêcheur ou par expédition de pêche, dans certaines zones, etc. Dans les pêcheries de concombres de mer de la côte orientale de l'Australie, un TAC pour l'espèce *Holothuria fuscogilva* a été introduit après l'effondrement de la pêche de l'espèce *Holothuria whitmaei* en 1999. Le TAC pour *Holothuria fuscogilva* est examiné chaque année tandis qu'*Holothuria whitmaei* est interdite à la pêche (**Stutterd & Williams 2003**). En Australie, dans le Territoire du Nord, un TAC de 127 tonnes a été fixé pour *Holothuria fuscogilva* (**Bruckner 2006**). Il est associé à des contrôles d'entrée et de sorties, comprenant des outils de gestion temporels et spatiaux, des restrictions de taille et de nombre d'équipements (Autorités australiennes, comm. pers. 2018). En Papouasie-Nouvelle-Guinée, un quota a été fixé pour chaque province mais il est souvent dépassé (**D'Silva 2001**).

- **Tailles minimales de capture**: les tailles minimales de capture (TMC) sont fondées sur la taille à maturité afin de garantir la reproduction du stock une fois au moins avant son entrée dans les pêcheries. Cela peut aider à éviter l'effondrement d'une population due à un échec de recrutement. De plus, cet outil de gestion facilite le ciblage des individus de grande taille qui atteignent des prix plus élevés sur le marché. Toutefois, la taille et le poids du concombre de mer sont largement tributaires de la quantité d'individus vivants et transformés que contient l'eau, ce qui peut poser des problèmes de lutte contre la fraude. Toutefois, pour de nombreuses espèces commerciales, on manque d'informations biologiques pour fixer la taille minimale de prélèvement. Cet outil de gestion s'utilise aussi en Australie, en Papouasie-Nouvelle-Guinée, aux Fidji et à Tonga, avec d'autres méthodes réglementaires comme les

quotas. Néanmoins, les tailles minimales fixées varient selon le pays, la région et l'espèce. Par exemple, sur la côte ouest de l'Australie, la taille minimale au débarquement a été fixée à 15cm pour toutes les espèces commerciales, tandis que dans la région occidentale, cette taille minimale varie selon l'espèce (**Stutterd & Williams 2003**). Il importe d'améliorer la formation des pêcheurs afin qu'ils évitent de prélever des individus trop petits. Il arrive aussi que des concombres rejetés du fait de leur petite taille soient vendus au marché noir à moindre prix (**Toral-Granda, 2006**).

Nous avons mentionné quelques-unes des mesures suivies par les départements de la pêche des concombres de mer afin de les préserver du danger, en particulier de la surpêche.

III.3.6.2. Au plan international

Il n'existe actuellement aucun instrument international en vigueur permettant de protéger légalement les Holothuries à mamelles.

IV. Valeur économique des holothuries

Certaines holothuries littorales, d'assez grande taille, sont exploitées pour la consommation humaine. Elles sont, soit consommées crues, soit transformées en un produit sec appelé la « bêche de mer » ou « trévang » qui est apprécié par les populations asiatiques. Les pêcheries de « bêche de mer » sont artisanales et anciennes et sont principalement localisées dans l'Indopacifique (**Conand et Selon, 1988**), et n'ont été que peu étudiées (**Sella, 1940 ; Sachithanantan, 1972 ; Conand, 1986**).

Une multitude d'espèces d'holothuries sont exploitées dans le monde entier, de nouvelles espèces sont commercialisées au fur et à mesure que les espèces traditionnellement exploitées se font plus difficiles à trouver, le nombre d'espèces capturées à des fins commerciales varie grandement, la quantité maximale d'espèces en Asie (52 espèces) et en Océanie (36 espèces), (**Toralet al., 2007**).

Les captures totales pour les régions de l'Asie et de l'Océanie sont de l'ordre de 20 000 à 40 000 tonnes par an, les zones tempérées de l'hémisphère Nord prélèvent, aussi, une part considérable des prises mondiales (9 000 tonnes par an), alors que les prises d'holothuries sont relativement moins importantes en Afrique et dans l'océan Indien (2000 à 25000 tonnes par an), et elles sont particulièrement faibles en Amérique latine et dans la région des Caraïbes (moins de 1000 tonnes par an) (**Toral-Granda et al., 2008**).

Les « concombres de mer » sont maintenant un produit global connu par les Chinois comme « bêche de mer », « trévang » ou « haisom » et sont presque des ressources inexploitées dans la région méditerranéenne. Ils sont actuellement récoltés dans la région méditerranéenne et exportés de la Turquie, et le concombre de mer est

actuellement le fruit de mer le plus cher en Catalogne et les îles Baléares. Considéré comme un mets délicat dans de nombreux pays asiatiques.

Les principaux pays de consommation sont la Chine, Hong Kong, Taïwan, Singapour, la Corée et la Malaisie (**Ferdouse, 2004**) ; *Holothuriascabra*, *HolothuriafuscogilvaetHolothurianobilis* sont les espèces, les plus prisées, avec un prix atteignant 15-40 USD le kilogramme (**Bruckner, 2006**). La valeur globale des « bêtes de mer » importées et réexportées vers et de Hong Kong entre 1999 et 2005 était de 453 millions d'USD (**Toral-Granda, 2002**).

CHAPITRE 4 :

Matériel et méthodes des travaux
antérieures

CHAPITRE 4 : Matériel et méthodes des travaux antérieures

Etudes N01 : Activités antimicrobiennes des extraits du liquide cœlomique et de la paroi corporelle du concombre de mer comestible de la Méditerranée *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1790)

I. Matériel et méthodes

I.1. Échantillonnage et identification des concombres de mer

Les spécimens d'holothuries ont été récoltés dans la baie de Tunis (côte de Salammbô : 36°50N-47°87E) par plongée en apnée et cueillette manuelle à une profondeur ne dépassant pas deux mètres dans des zones de fond mou envahies par des herbiers de *Cymodoceanodosa*. Trente adultes vivants (100 ± 50 g de poids frais) ont été apportés au laboratoire. Par la suite, un petit échantillon carré de la paroi du corps de chaque spécimen a été prélevé soigneusement et traité au NaOCl (Hypochlorite de sodium) (Tortonese, 1965).

L'identification de l'espèce a été réalisée à l'aide de la morphologie de l'osselet dermique, en suivant les critères clés communs décrits précédemment par (Tortonese, 1965). Un microscope (Leich) a été utilisé pour les observations morphologiques des osselets. Dix spécimens de *Holothuriatubulosa* ont été utilisés pour obtenir des extraits et le reste du matériel a été conservé à 4°C en vue d'une autre utilisation.

I.2. Préparation des extraits

Les *Holothuriatubulosa* ont été disséquées pour séparer les deux principaux compartiments, le liquide cœlomique et la paroi du corps. Le liquide cœlomique (correspondant au compartiment liquide) a été prélevé à l'aide de seringues stériles et la solution a été centrifugée à $4000 \times g$ à 4°C pendant 20 min (Hawaet al., 1999 ; Haug et al., 2002). L'extrait liquide (E1) du liquide cœlomique a ensuite été congelé jusqu'à l'analyse. Le compartiment de la paroi corporelle (correspondant au compartiment tissu) a été séché à 70°C dans un four jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Le tissu a ensuite été coupé en plusieurs morceaux pour obtenir une poudre uniforme. La méthode d'extraction décrite par (Murray et al., 2001) a été utilisée. Deux échantillons de la poudre de la paroi corporelle (50 g) ont été extraits avec de l'éthanol (300 ml) pendant 6 h à l'aide d'un appareil Soxhlet. Les deux extraits (E2 et E3) ont été filtrés sur du papier filtre Whatman No.42 (125 mm) et concentrés à l'aide d'un évaporateur rotatif à 40°C. Le premier résidu de l'extrait de la paroi corporelle appelé (E2) a été récupéré avec de l'éthanol à -20°C, et le second résidu de l'extrait de la paroi corporelle appelé (E3) a été récupéré à -20°C. résidu d'extrait appelé (E3) a été récupéré avec du butanol (Bhatnagaret al., 1985 ; Riguera, 1997). Les solvants ont été évaporés à l'aide d'un évaporateur rotatif, puis le résidu surnageant de chaque extrait a été récupéré avec du butanol. Le surnageant de chaque échantillon a été collecté, stocké à 4°C et utilisé pour tester l'activité des agents antibactériens.

I.3. Souches microbiennes et conditions de croissance

Quatre souches bactériennes Gram-négatives (*Escherichia coli*, ATCC25922 (American Type Culture Collection) ; *Pseudomonas aeruginosa*, ATCC 27853 ; *Salmonella enteritidis*, ATCC 13076 ; et *Klebsiella pneumoniae*, ATCC 13833) et deux souches bactériennes Gram-positives (*Staphylococcus aureus*, ATCC 25923); et *Streptococcus faecalis*, ATCC 13833) ont été sélectionnées en raison de leur grande sensibilité à divers extraits marins. Toutes les bactéries ont été cultivées dans un bouillon nutritif à 37°C pendant 18 heures de l'Institut Supérieur des Industries Alimentaires de Tunis (collection Esiat), *Candida* (collection Esiat), *Candida ciferrii* (gélose dextrose de pomme de terre, PDA; conservé à 4°C) et *Geotrichum penicillatum* (PDA, conservés à 4°C), ont été cultivés à 37°C pendant 18 heures et utilisés comme microorganismes de test antifongiques. La méthode de diffusion en milieu gélosé et le test turbidimétrique ont été utilisés pour étudier les activités antibactériennes et antifongiques des trois extraits. (Sellemet *al.*, 2017)

I.4. Essai de diffusion en milieu gélosé

L'activité antimicrobienne des extraits (E1, E2 et E3) obtenus à partir des échantillons de corps de *H. tubulosa* ont été déterminées contre les pathogènes et les champignons sélectionnés. Au total, 24 boîtes de Pétri ont été utilisées, avec huit boîtes de Pétri pour chacun des extraits suivants : extrait de fluide coelomique (E1), l'extrait de paroi corporelle à l'éthanol (E2) et l'extrait de paroi corporelle au butanol (E3). Les souches bactériennes et fongiques ont été cultivées et maintenues sur des plaques de gélose de Müller-Hinton (MH) selon la méthode de (Villasin & Pomory 2000) et (d'Abraham *al.*, 2002). Chaque échantillon (15 µl) a été ajouté à un disque de papier filtre et séché pendant 30 minutes, puis incubé à la surface de 24 boîtes de Pétri contenant des bactéries inoculées. 24 boîtes de Pétri contenant de l'agar inoculé à 37°C pendant 24 h. Après incubation, les zones d'inhibition de la croissance ont été mesurées. L'activité antimicrobienne a été estimée en mesurant la zone d'inhibition au millimètre près (mm) le plus proche. Une zone d'inhibition de 16 mm ou plus a été considérée comme une activité antimicrobienne élevée. Les essais ont été effectués en double. Chloramphénicol (C), ciprofloxacine (CIP), gentamicine (GM), céfalotine (CF) et fluconazole (FCZ) ont été utilisés comme contrôle positif pour le contrôle de la sensibilité des micro-organismes testés (Kamagateet *al.*, 2001).

I.5. Analyse turbidimétrique

L'analyse turbidimétrique a été la deuxième méthode quantitative appliquée avec différentes aliquotes et en utilisant respectivement les concentrations d'extrait suivantes : concentrations d'extrait suivantes : 50-100 µl ml⁻¹ pour E1 ; 75-150 µl ml⁻¹ pour E2 et E3. Au début de l'expérience, la biomasse de la souche de chaque inoculum a été standardisée en ajustant la densité optique normalisée en ajustant la densité optique (DO) à l'aide d'un spectrophotomètre de 0,08 (OD₆₂₀ = 0,08). Selon l'absorbance de la croissance exponentielle à t = 0 (0,3 et 0,4 OD à 620 nm), deux

collections de souches ont été respectivement divisées et définies. Collection A (*S. aureus*, *E. coli*, *S. enteritidis* et *K. Pneumonia*) et la collection B (*G. penicillatum*, *C. ciferrii*, *S. faecalis* et *P. aeruginosa*).Après 24 heures d'incubation, la DO620 a été mesurée et le taux d'inhibition a été calculé selon la méthode suivante :

$$IR = DO (t = 24 \text{ h}) / DO (t = 0) \times 100 (1)$$

Chaque expérience a été réalisée en trois exemplaires. Les données ont été exprimées sous forme de moyenne \pm écart-type et la signification a été déterminée à l'aide du test t de Student pour comparer les différentes concentrations. (Sellemet *al.*, 2017)

Etudes N02: Dérivation d'extraits de concombre de mer du golfe Persique (*Holothuria leucospilota*) et évaluation de son effet antifongique

II. Matériel et méthodes

II.1. Préparation des échantillons

Des échantillons de concombre de mer *H.leucospilota* (d'un poids et d'une longueur moyens de 450 ± 5 g et 15 ± 3 cm, respectivement) ont été collectés dans le Golfe Persique, autour de l'île Lark, à une profondeur de 25-30 mètres en janvier 2013. Après la collecte, les échantillons ont été congelés et transportés au laboratoire du département des ressources naturelles de l'université de Ressources naturelles de l'Université de Téhérandans les 24 heures et ont été stockés à -20°C jusqu'à l'étape suivante. (Farjamiet *al.*, 2014).

II.2.Extractions des échantillons

Les concombres de mer ont été lavés à l'eau fraîche après décongélation. Les échantillons ont été coupés de l'anus à la bouche. Ensuite, des sections de la paroi, de l'intestin et de la gonade ont été prélevées, ont été coupées en petits morceaux, séparément. Les échantillons ont été conservés à 45°C pendant 2 jours pour sécher complètement. Ensuite, les échantillons séchés ont été broyés à l'aide d'une machine à broyer (Worldstar) et ont été réduits en poudre. La poudre préparée a été utilisée pour l'extraction avec solvants chloroforme, méthanol et hexane pendant 6 h à l'aide d'un appareil soxhlet (Gaidiet *al.*, 2001). Les solvants ont été évaporés sous vide à chaque étape. (Estradaet *al.*, 2001). Enfin, les extraits ont été séchés par lyophilisation pour une élimination complète des solvants, créant une forme solide et augmentant la pureté des extraits (Mamelonaet *al.*, 2007). Les extraits obtenus à partir de différentes parties du corps ont été transportés au laboratoire de microbiologie de l'Université des sciences médicales d'Iran pour des tests microbiens.

II.3.Dosage antifongique

Les activités antifongiques du *H.leucospilota*, les extraits de leuco pilote ont été évalués par la méthode de dilution (McElroy, 1990). Concentrations minimales inhibitrices (CMI) et concentration fongicide minimale (MFC) des extraits ont été

testés par la méthode de micro-dilution dans la plus basse concentration à laquelle aucune croissance n'a été observée.

II.4. Analyses statistiques

Dans cette recherche, la version 17 de SPSS a été utilisée pour analyse statistique. Kolmogorov-Smirnov test a été effectué pour déterminer la normalité des données. Analyse unidirectionnelle de variance (ANOVA) a été utilisée pour déterminer les différences significatives. Les moyennes étaient par rapport au test de Duncan à 5%. (Farjami *et al.*, 2014).

Etudes N03 : Un nouveau composé antitumoral nobiliside D isolé du concombre de mer (*Holothuria nobilis Selenka*)

III. Matériel et méthodes :

III.1. Matériels

Les lignées de cellules tumorales humaines (K562, U937, A-549, HeLa, MCF-7 et HepG2) ont été achetées à l'Institut de biologie cellulaire de Shanghai (Shanghai, Chine). Le médium Gibco™ RPMI-1640 a été acheté de Thermo Fischer Scientific, Inc. (Waltham, MA, États-Unis). Le sérum fœtal bovin (FBS) a été acheté à Shanghai Lanji Co., Ltd. (Shanghai, Chine). La protéase neutre provenait de Nanning Pangbo Biological Engineering Co., Ltd. (Nanning, Chine). *H. nobilis Selenka* a été capturé en juin 2012 dans l'océan Fujian Dongshan (Fujian, Chine) et identifié par le professeur Liao Yulin de l'université Qingdao Ocean (Qingdao, Chine). L'espèce a été cultivée au Zhejiang Pharmaceutical College (Fuzhou, Chine). (JIA-JIA ZHANG, KE-QI ZHU ; 2017).

III.2. Extraction de saponine de *H. nobilis Selenka*

La saponine a été extraite de *H. nobilis Selenka* et sa présence a été détectée tel que décrit précédemment, avec de légères modifications (Monaet *al* 2012). *H. nobilis Selenka* (50 g) a été lavé, haché et digéré avec 2 % de protéase neutre. Les matériaux insolubles ont été éliminés par filtration. La solution digérée a été ajoutée à de l'éthanol à 30 % à partir d'éthanol à 95 % à 4 °C pendant 24 h, puis centrifugée à 3 800 g pendant 10 min. Les surnageants ont été mélangés avec de l'éthanol à 60 % à 95 % à 4 °C pendant 24 h et centrifugés à 3,800 g pendant 10 min. Le surnageant a été concentré à 20 % de son volume original par évaporation de l'eau et de l'éthanol, et lavé trois fois avec 50 ml d'éther diéthylique (>98 %) pour éliminer la teneur en graisse par un entonnoir séparateur. Le surnageant a été isolé à trois reprises avec 150 ml de butanol saturé d'eau. L'alcool a été évaporé et les saponines ont été extraites en n-butanol. La fraction n-butanol de 20 ml avec les saponines a été chargée sur un gel de silice (maille 200-300, 0,45 g/ml; Qingdao Haiyang Chemical Co., Ltd., Qingdao, Chine) avant d'être éluée avec 1 484 g/ml de chloroforme, 0,791 g/ml de méthanol et d'eau (7,5:2,5:1). Les éluants (10 ml) ont été chargés sur une colonne CLHP en phase

inverse de type ODS Zobax SB C-18 (Agilent Technologies, Inc., Santa Clara, CA, É.-U.; composition en phase mobile : 25:75:0,01 acétonitrile/eau/acide acétique (v/v/v), à un débit de 2 ml/min), et élués avec 80 % de méthanol au débit de 1,0 ml/min. La saponine de l'échantillon standard (catalogue 47036; Sigma-Aldrich, Merck Millipore, Darmstadt, Allemagne) a été utilisée comme contrôle interne. Un composé purifié a été obtenu.

III.3. Détermination de la structure

La masse moléculaire et la structure chimique du produit final ont été déterminées par chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse (GC-MS; modèle de chromatographie en phase gazeuse GC8000 série 8035 avec spectromètre de masse quadripolaire MD800; SpectraLabScientific, Inc., Ontario, Canada). Dans la présente étude, la spectrométrie de masse par ionisation par électropulvérisation (ESI-MS) des ions $[M+Na]^+$ à M/Z 891 et ESI-MS des ions $[M-Na]$ à M/Z 845 a été effectuée. La colonne GC était une colonne capillaire en silice fusionnée AB-35MS de dimensions 30 0,25 0,5 mm. Les conditions de CG étaient les suivantes : Une température du port d'injection de 250 °C, une température initiale de la colonne maintenue isotherme à 100 °C avant d'augmenter à 250 °C à 6 °C/min, puis maintenue à 250 °C pendant 10 min. Les températures de la source d'ions et de l'interface étaient de 200 et 250 °C, respectivement. L'hélium gazeux (180 °C; 7,63 lb/po2) a été utilisé comme gaz porteur à une vitesse de 1 ml/min. Des spectres ont été obtenus en mode d'ionisation électronique avec 70-eV. La structure chimique du produit final a été analysée par un spectromètre VarianInova à résonance magnétique nucléaire (RMN) de 600 MHz (Varian, Inc., Palo Alto, Californie, États-Unis). La saponine purifiée a été dissoute dans 500 ml de 10 mM NaN₃, 1 mM EDTA, 50 mM K₃PO₄, 0,1 M NaCl contenant du H₂O/D₂O. Les spectres RMN ont été comparés aux signaux de méthanol deutéré (CD₃OD; no de catalogue 151974; Sigma-Aldrich, Merck Millipore) à δ 3,30 (1H) et 49,00 (13C). Les échantillons ont été dissous dans du diméthylsulfoxyde-d₆ (DMSO-d₆; no de catalogue 547239) ou du chloroforme deutéré (CDCl₃; no de catalogue 441333) (tous deux de Sigma-Aldrich, Merck Millipore) et/ou du CD₃OD, selon la solubilité de l'échantillon. Les valeurs de déplacement chimique observé (δ) sont présentées en ppm et les valeurs de constante de couplage (J) en H/Z

Un total de 10 mg de saponine purifiée a été mélangé avec du sel KBr. Les spectres infrarouges ont été analysés sous forme de pastilles KBr sur un spectromètre 100 FTIR (Thermo Fisher Scientific, Inc.), entre 4 000 et 400 cm. (**JIA-JIA ZHANG, KE-QI ZHU ; 2017**).

III.4. xCELLigence Real-Time CellAnalysis (RTCA)

Les lignées cellulaires K562, U937, A-549, HeLa, MCF-7 et HepG2 ont été cultivées en milieu RPMI 1640 avec 10 % de FBS à 37 °C et 5 % de CO₂. Les cellules étaient sous-cultivées tous les 2 jours et récoltées à la phase de croissance

exponentielle. Les cellules ont ensuite étéensemencées à une concentration de 5 104 cellules/puits dans un milieu de 100 µl et à différentes concentrations de saponine purifiée (dissoute dans 2 % de DMSO), toutes dans des microplaques de 96 cellules (#CLS3595; Merck Millipore, Darmstadt, Allemagne) et incubées pendant 24 heures à 37 °C et 5 % de CO₂. Différentes concentrations (20, 30, 40 et 50 mM) de chlorhydrate de doxorubicine (D4035; Merck Millipore) ont été utilisées comme témoins comme indiqué précédemment (**Shanskij YD *et al.*, 2009**). Chaque échantillon a été mesuré dans la plaque E-96 d'un système xCELLigence (numéro de catalogue 05232368001; ACEA Biosciences, Inc., San Diego, CA, États-Unis). La moitié des valeurs de concentration inhibitrice maximale (CI50) ont été définies comme l'inhibition des lignées cellulaires par le nouveau composé. À l'aide de la méthode susmentionnée, les effets inhibiteurs de 0,5 µg/ml de saponine purifiée (concentration utilisée pour mesurer l'inhibition) sur toutes les lignées cellulaires ont été mesurés pendant 24 heures.

III.5. Test d'apoptose

Les lignées cellulaires tumorales ont été cultivées à une densité de 1 105 cellules/ml avec 0,5 µg/ml de saponine purifiée pendant 24 heures. Les cellules ont été lavées deux fois avec une solution saline tamponnée de phosphate (PBS) et remises en suspension dans un tampon de liaison de 250 µl (no de catalogue. 556547; BD Biosciences, San Jose, CA, États-Unis), 5 µl Annexin V-FITC (#A9210) et 10 µl propidium iodure (#81845) (tous deux de Merck Millipore). Le mélange a été incubé à 25 °C pendant 5 minutes dans l'obscurité et mesuré à l'aide d'un microscope à fluorescence (#BX-50; Olympus Corporation, Tokyo, Japon). Un cytomètre à flux Dako Cyan (Agilent Technologies, Inc.) a été utilisé pour la quantification.(**JIA-JIA ZHANG, KE-QI ZHU ; 2017**).

III.6. Analyse statistique

Les données des différents groupes ont été analysées à l'aide du test t de Student via le logiciel SPSS 20.0 (IBM SPSS, Armonk, NY, USA). P < 0,05 a été considéré comme indiquant une différence statistiquement significative.(**JIA-JIA ZHANG , KE-QI ZHU ;2017**)

Etudes N04 : Effets protecteurs et curatifs du concombre de mer extrait d'*Holothuria atra* contre l'hépatocarcinome induit par le DMBAMaladies chez les rats

IV. Matériels et méthodes :

IV.1. Prélèvement d'échantillons

Des concombres de mer (*Holothuria atra*) ont été récoltés dans la région de Thuwal, la côte de la mer Rouge de l'Arabie saoudite. L'identité taxonomique des échantillons a été confirmée par les études de Purcell et al. (Purcell *et al.*, 2012). Les animaux ont été transportés à notre laboratoire dans une glacière contenant des glaçons et quelques pincées de sel de table. Les animaux ont été immédiatement lavés sous l'eau courante du robinet et coupés, et tous les organes viscéraux ont été enlevés. Les animaux ont été rincés à fond de tout organe interne ou liquide organique, puis les parois corporelles des animaux ont été entreposées à -20 °C jusqu'au traitement.

IV.2. Préparation de l'extrait d'*Holothuria atra* (HaE)

L'extrait tampon de phosphate a été préparé selon la méthode de Yasumoto *et al.* (Yasumoto *et al.*, 1967). Les parois corporelles des animaux ont été découpées en petites parties et mélangées dans un tampon de phosphate (en volume = 4 poids tissulaire) et extraites à température ambiante (25 °C) avec un pH de 7,2 pendant 5 heures. Le filtrat a été prélevé immédiatement, concentré et lyophilisé au moyen du lyophilisateur LABCONCO (système de congélation des coquilles, États-Unis).

IV.3. Analyse par chromatographie liquide à haute performance

Les composants phénoliques de l'extrait de concombre de mer ont été séparés par chromatographie liquide à haute performance à l'aide d'un appareil Agilent 1100 (Waldborn, Allemagne) équipé d'une colonne Zorbax en phase inverse 300SB C18 (250–4,6 mm) avec des particules de 5 µm (Lawrence, KS, USA) et détecteur ultraviolet (G1314A) réglé à 280 nm. Des échantillons et des étalons authentiques (50 µL; acide chlorogénique, acide coumarique, catéchine, acide ascorbique, pyrogallol et rutine) dissous dans du sulfoxyde de diméthyle et acidifiés avec une goutte d'acide acétique ont été injectés dans la colonne. La phase mobile était de 0,4 % d'acide formique et d'acétonitrile (60 : 40, v/v), avec un débit constant de 1 mL/min. Les pics isolés des composés phénoliques dans l'échantillon ont été identifiés en comparant leurs temps de rétention relatifs avec ceux des normes, puis la concentration (pourcentage) de chaque composé a été calculée comme intégration de la surface de pointe. (Ahmed *et al.*, 2015)

IV.4. Activités de balayage des radicaux libres

Les activités de balayage des radicaux libres de l'extrait et de l'acide ascorbique ont été analysées par le test DPPH (Sanchez-Moreno *et al.*, 1998). 1,0 mL de l'extrait d'essai, à des concentrations finales par gradient de 10 à 80 mg/mL, a été mélangé avec 2 mL de solution de 0,3 mM de DPPH dans une cuvette de MeOH.

L'absorbance a été prise à 517 nm après 20 minutes d'incubation dans l'obscurité à température ambiante. L'expérience a été faite en triple. Le pourcentage d'activité antioxydante a été calculé comme suit :

%Activité antioxydante [AA]

$$= 100 - \left[\frac{\{(Abs \text{ échantillon} - Abs \text{ blanc}) 100\}}{Abs \text{ control}} \right]$$

Où Abs sample était l'absorbance de la solution d'échantillon (1,0 mL) + solution de DPPH (2,0 mL, 0,3 mM), Abs blank était l'absorbance du méthanol (2,0 mL) + solution d'échantillon (1,0 mL) et Abs control était l'absorbance de la solution de DPPH (2,0 mL, 0,3 mM) + méthanol (1,0 mL).

IV.5. Considérations éthiques

Les protocoles et procédures expérimentaux utilisés dans cette étude ont été approuvés par l'Université du Caire, la Faculté des sciences, le Comité institutionnel de protection et d'utilisation des animaux (IACUC) (Egypte) (CUFS/F/16/14). Toutes les procédures expérimentales ont été réalisées conformément aux directives internationales pour le soin et l'utilisation des animaux de laboratoire. (**Ahmed et al., 2015**).

IV.6. Animaux de laboratoire

Les animaux de laboratoire utilisés dans cette étude étaient des rats Wistar mâles (*Rattus norvegicus*) pesant de 150 à 160 g. Les animaux ont été obtenus du Centre national de recherche (CNRC, Dokki, Gizeh). Les animaux ont été regroupés et logés dans des cages polyacryliques (six animaux par cage) dans la maison des animaux bien ventilée du Département de zoologie, Faculté des sciences, Université du Caire. Les animaux ont reçu de la nourriture et de l'eau ad libitum. Les rats ont été maintenus dans un environnement convivial avec un cycle lumière-obscurité de 12 h/12 h à température ambiante (22 °C à 25 °C). Les rats ont été acclimatés aux conditions de laboratoire pendant 7 jours avant le début de l'expérience. (**Ahmed et al., 2015**).

IV.7. Étude de toxicité (OCDE 420)

Dix-huit rats Wistar pesant de 150 à 160 g ont été utilisés pour des études de toxicité aiguë. Les animaux ont été divisés en groupes témoins et en groupes d'essai comprenant chacun six animaux. Les rats ont été administrés par voie orale avec du concombre de mer *Holothuria atra* extract (HaE) à des doses de 5 g/kg (dose élevée) et de 2 g/kg (dose faible). Les rats témoins normaux ont reçu la même quantité d'eau distillée seulement. Les animaux ont été observés attentivement pendant 24 heures après l'administration de l'extrait, puis pendant les 14 jours suivants. À la fin de cette période expérimentale, on a observé chez les rats des signes de toxicité, de

comportement morphologique et de mortalité. La toxicité aiguë a été évaluée en fonction du nombre de décès (le cas échéant). La toxicité aiguë a été calculée conformément aux lignes directrices 420 de l'OCDE (méthode à dose fixe) (**Van den Heuvel et al.,1990 ;Whitehead et al. ,1992**). La dose efficace de l'EH sera calculée comme étant 10 % de la dose d'essai de l'OCDE.

IV.8. Plan expérimental

Soixante rats Wistar mâles ont été répartis en deux groupes principaux (30 rats/groupe) : les groupes protecteurs (**figure 31**) et les groupes curatifs (**figure32**). . (**Ahmed et al., 2015**).

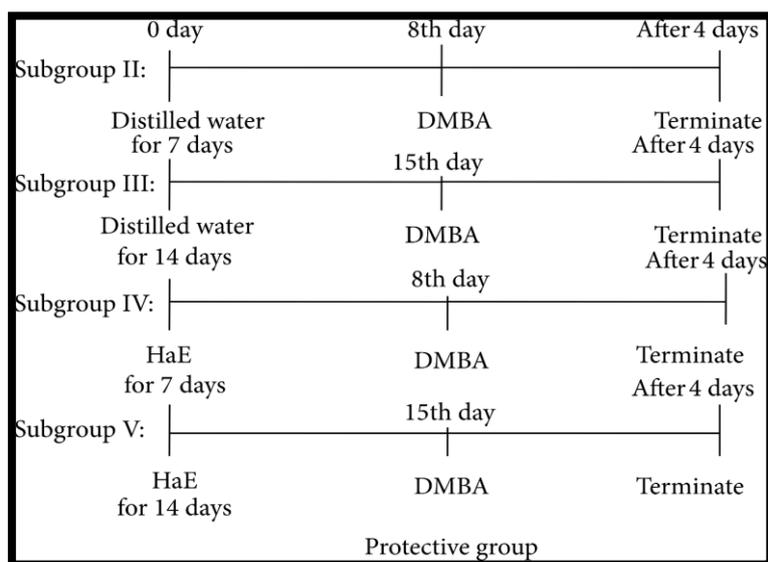


Figure 31 : Schématiquement, la conception expérimentale du traitement dans le groupe de protection. (Source : BioMedResearch International)

Groupe de protection. Les animaux de ce groupe ont été divisés en cinq sous-groupes (6 rats/groupe) comme suit.

Sous-groupe I : rats ayant reçu de l'eau distillée et ayant reçu une dose orale unique de 1 mL d'huile de maïs (témoin).

Sous-groupe II : rats traités à l'eau distillée pendant 7 jours avant une dose unique de DMBA (15 mg/kg de poids corporel : p.o.) dissous dans 1 mL d'huile de maïs le 8e jour du traitement.

Sous-groupe III : rats traités à l'eau distillée pendant 14 jours avant une dose unique de DMBA (15 mg/kg de poids corporel : p.o.) dissous dans 1 mL d'huile de maïs le 15e jour du traitement.

Sous-groupe IV : rats traités avec une dose efficace de HaE (200 mg/kg de poids corporel : p.o.) pendant 7 jours avant une dose unique de DMBA (15 mg/kg de poids corporel : p.o.) dissoute dans 1 mL d'huile de maïs le 8e jour du traitement.

Sous-groupe V : rats traités avec une dose efficace de HaE pendant 14 jours avant une dose unique de DMBA (15 mg/kg de poids corporel : p.o.) dissous dans 1 mL d’huile de maïs le 15e jour du traitement.

Les animaux ont ensuite été euthanasiés 4 jours après l’administration de DMBA.

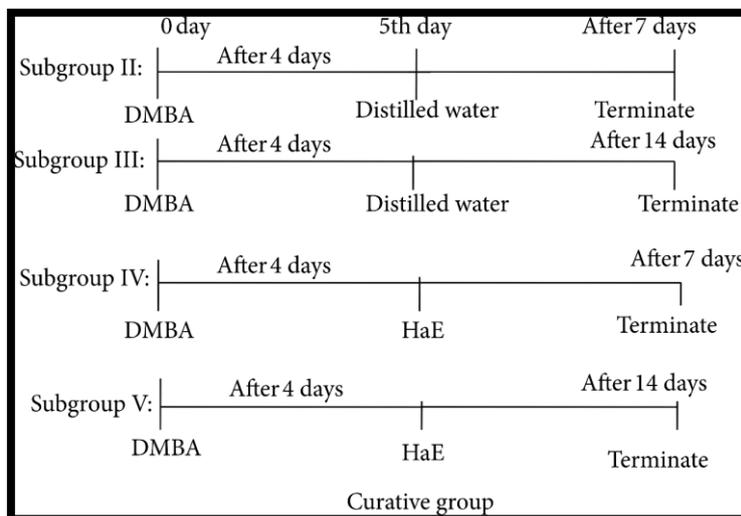


Figure 32 : Schématiquement, la conception expérimentale du traitement dans le groupe curatif. (Source : BioMedResearch International)

Groupe curatif. Les animaux de ce groupe ont été divisés en cinq sous-groupes (6 rats/groupe) comme suit.

Sous-groupe I : rats ayant reçu une dose orale unique de 1 mL d’huile de maïs (témoin) et ayant ensuite reçu de l’eau distillée.

Les animaux des sous-groupes II, III, IV et V ont reçu une dose unique de DMBA (15 mg/kg de poids corporel : p.o.) dissous dans 1 mL d’huile de maïs et ont été traités comme suit après 4 jours.

Sous-groupe II : rats traités à l’eau distillée pendant 7 jours.

Sous-groupe III : rats traités à l’eau distillée pendant 14 jours.

Sous-groupe IV : rats traités avec une dose efficace de HaE (200 mg/kg de poids corporel : p.o.) pendant 7 jours.

Sous-groupe V : rats traités avec une dose efficace de HE pendant 14 jours.

IV.9. Manipulation des animaux

Les animaux ont été euthanasiés sous pentobarbital de sodium. Le sang a été prélevé par ponction cardiaque dans des tubes centrifuges. Le foie a été retiré et immédiatement épongé à l’aide de papier filtre pour éliminer les traces de sang, puis divisé en deux parties : la première partie a été stockée à -80 °C pour les études

biochimiques, tandis que la deuxième partie était suspendue dans 10% de solution saline formelle pour la fixation préparatoire au traitement histologique. (Ahmed *et al.*, 2015).

IV.10. Préparation des échantillons

IV.10.1. Préparation sérique

Les échantillons de sang prélevés dans des tubes centrifuges ont été centrifugés à 860 g pendant 20 minutes. Le sérum a été conservé à 20 °C jusqu'à ce qu'il soit utilisé pour des essais biochimiques. (Ahmed *et al.*, 2015).

IV.10.2. Préparation d'homogénat de foie

Les tissus hépatiques ont été homogénéisés (10 % p/v) dans un tampon Tris-HCl froid de 0,1 M (pH de 7,4). L'homogénat a été centrifugé à 860 g pendant 15 min à 4 °C et le surnageant qui en a résulté a été utilisé pour les analyses biochimiques. (Ahmed *et al.*, 2015).

IV.11. Préparation histopathologique

Les tranches de foie ont été fixées dans 10 % de solution saline formelle et noyées dans des blocs de paraffine. Des sections de 5 µm d'épaisseur ont été tachées d'hématoxyline et d'éosine (H&E), puis examinées au microscope pour déterminer les changements pathologiques. (Ahmed *et al.*, 2015).

IV.12. Évaluation biochimique

IV.12.1. Biomarqueurs sériques des tests de fonction hépatique et rénale

Les trousse appropriées (Bio-Diagnostic, Dokki, Gizeh, Égypte) ont été utilisées pour déterminer les activités enzymatiques aminotransférases sériques (AST et ALT) (Reitman S. *et al.*, 1957); GGT (Szasz G. 1974); protéine totale (Tietz N.W. *et al.*, 1994); phosphatase alcaline (ALP) (Belfield A. *et al.*, 1971); bilirubine totale (Walters et M. I. *et al.*, 1970); créatinine (Tietz N.W. *et al.*, 1986); urée; et acide urique (Tietz N.W. *et al.*, 1990).

IV.12.2. Évaluation des marqueurs de stress oxydatif

Des marqueurs de stress oxydatif ont été détectés dans le surnageant résultant de l'homogénat hépatique. Les trousse appropriées (trousse de diagnostic biologique, trousse de diagnostic biologique, Dokki, Gizeh, Égypte) ont été utilisées pour la détermination du malondialdéhyde (MDA) (Ohkawa H. *et al.*, 1979), du glutathion réduit (GSH) (Beutler E. *et al.*, 1963), de la catalase (CAT) (Aebi H. 1984), de la glutathion-S-transférase (TPS) (Habig W. H. *et al.*, 1974) et du superoxydedismutase (SOD). (Nishikimi M. *et al.*, 1972).

IV.13. Analyse statistique

Les valeurs ont été exprimées en SE moyenne. Pour évaluer les différences entre les groupes étudiés, une analyse unidirectionnelle de la variance (ANOVA) avec le test post hoc de Duncan a été utilisée pour comparer les moyennes du groupe et a été jugée statistiquement $P < 0.05$ significative. SPSS pour Windows (version 15.0) a été utilisé pour l'analyse statistique. (Ahmed *et al.*, 2015).

CHAPITRE 5 :

Résultats et discussions des
travaux antérieures

CHAPITRE 5 : Résultats et discussions des travaux antérieures

I. Résultats obtenus de l'expérimentation 01 :

Cette étude a examiné les activités antibactériennes et antifongiques de *H. tubulosa* isolée de la lagune de Bizerte. Les résultats ont montré que les extraits de la paroi corporelle (E2 et E3) étaient plus efficaces contre les souches Gram-négatives, en particulier *P. aeruginosa* et *S. enteritidis*. L'extrait d'éthanol (E2) était plus efficace que l'extrait de butanol (E3) et l'extrait de liquide cœlomique (E1) contre les souches Gram-négatives. (Abraham *et al.*, 2002; Farouket *al.*, 2007; Kumaret *al.*, 2007; Han *et al.*, 2009; Santos *et al.*, 2015).

De plus, cette étude a démontré l'activité inhibitrice de l'extrait de fluide cœlomique de *H. tubulosa*, ce qui concorde avec les résultats de (Farouket *al.*, 2007). Ces auteurs ont démontré que *E. coli* et *K. pneumonia* étaient également affectés et étaient les espèces les plus affectées parmi toutes les souches Gram-négatives. (Abraham *et al.*, 2002)

Les détails les plus importants de ce texte sont que les extraits du genre *Holothuria* peuvent inhiber la croissance des pathogènes humains (Ridzwanet *al.*, 1995), et que les glycosides triterpéniques et/ou les saponines ont été signalés comme ayant des activités antibactériennes. Les espèces de concombre de mer peuvent produire une variété de métabolites secondaires, ce qui a conduit à la découverte de composés bioactifs ayant des activités antifongiques (Wang *et al.*, 2012 ; Abedinet *al.*, 2013). Ces résultats suggèrent que la principale activité antibactérienne peut être attribuée à la présence de glycosides triterpéniques et/ou de saponines. (Blunt *et al.*, 2006, Santos *et al.*, 2016).

II. Résultats obtenus de l'expérimentation 02 :

Cette étude, l'effet antifongique des extraits de méthanol et de chloroforme des parties de la paroi, des gonades et de l'intestin du concombre de mer, *H. leucospilota*, a été examiné sur *A. niger* et *C. albicans* (Ismail, Hetal., 2008). Les extraits ont montré une activité antifongique à certaines concentrations, mais les extraits de méthanol des gonades et de chloroforme de l'intestin n'ont montré aucun effet inhibiteur sur *C. albicans*. Il existe des différences dans la structure des souches, ce qui explique les différences dans les résultats. Plusieurs études chimiques et pharmacologiques ont été menées sur plusieurs espèces de concombres de mer, suggérant que ces invertébrés possèdent certains composés comme les glycosides triterpéniques (Mokhlesiet *al.*, 2011 ; Chludilet *al.*, 2002) ont isolé deux nouveaux glycosides sulfatés, les hemoiedemosides A et B de l'holothurie, *Hemioedemaspectabilis*, qui ont montré une activité antifongique considérable contre le champignon phytopathogène *Cladosporium cucumerinum* (Mokhlesiet *al.*, 2011 ; Yuan *et al.*, 2009) ont isolé l'activité antifongique de l'espèce de concombre de mer *Bohadschiamarmorata*. Les glycosides triterpéniques sont des métabolites secondaires prédominants dans le concombre de mer, qui présentent une gamme d'activités biologiques telles que l'activité antifongique, cytotoxique, hémolytique, etc. (Mokhlesiet *al.*, 2011). (Ridzwanet *al.*, 1995) ont rapporté l'évaluation de *H. atra*,

H. scabra et *Bohadschia argus* contre sept espèces de bactéries et ont constaté que les extraits lipidiques et méthanoliques n'avaient aucune activité inhibitrice, tandis qu'un extrait salin tamponné au phosphate présentait une activité inhibitrice. L'activité antimicrobienne des extraits dérivés du concombre de mer est due aux métabolites secondaires et aux composés bioactifs de ces organismes. Les saponines sont l'un des principaux produits isolés du concombre de mer (Bhakuni et Rawat, 2005). Ce glycoside est soluble dans l'eau et a montré une activité hémolytique et cytotoxique in vitro et dans des conditions naturelles, ces composés peuvent être utilisés pour traiter le cancer et les infections fongiques (Kelly, 2005). Plusieurs glycosides triterpéniques ont été isolés à partir du concombre de mer *Psoluspatagonicus*, qui ont des effets antifongiques (Muniainet al., 2008). Les glycosides triterpéniques peuvent donc être un facteur plus important dans l'activité antimicrobienne des extraits de concombre de mer.

III. Résultats obtenus de l'expérimentation 03 :

Cette étude a démontré que le nobilicide D peut être extrait de l'holothurie *H. nobilisselenka*. Contrairement au protocole typique d'extraction des polysaccharides utilisant une méthode de précipitation dans l'alcool, l'extraction du nobilicide D est basée sur sa solubilité dans des concentrations spécifiques d'alcool. (Man et al., 2015)

En outre, le nobilicide D extrait de *H. nobilisselenka* a été identifié à l'aide d'analyses ESI-MS et RMN. Le nouveau composé a été identifié comme le nobilicide D, membre de la famille des saponines. (Weng A et al., 2012)

Il est établi que les saponines ont une activité antitumorale (Man et al., 2015 ;Wenget al., 2012). Les saponines sont les principaux métabolites du concombre de mer (Yu S et al., 2015) et actuellement plus de 10 types de saponines ont été isolés et purifiés (Bahramiet al., 2014). L'abondance de nouveaux composés issus du concombre de mer laisse entrevoir des applications biopharmaceutiques potentielles (Cui et al., 2015 ; Guo Y et al., 2015). Cependant, le nobilicide D, membre de la famille des saponines, a été rarement isolé et son activité reste inconnue. La présente étude indique que le nobilicide D a des activités inhibitrices claires sur les lignées cellulaires tumorales testées et peut offrir un potentiel de développement en tant que nouveau médicament pour le traitement de divers cancers.

En outre, il existe de nombreux produits naturels de *H. nobilisselenka* avec des propriétés anti-tumorales ; Enfin, les effets indésirables du nobilicide D n'ont pas été étudiés, car ces expériences nécessiteraient des modèles in vivo , Dans la présente étude, le nobilicide D a démontré des activités antiprolifératives contre les lignées cellulaires tumorales humaines testées, en particulier la lignée cellulaire leucémique humaine K562 et la lignée cellulaire du cancer du sein MCF-7 ; Le composé inhibe la prolifération de ces cellules en favorisant l'apoptose cellulaire , Les résultats suggèrent que le nobilicide D pourrait être développé comme un médicament potentiel pour le traitement du cancer du sein et de la leucémie humaine (Guo Y et al., 2015).

IV. Résultats obtenus de l'expérimentation 04 :

Le 7,12-diméthylbenz[a]anthracène (DMBA), membre de la classe des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), est présent dans l'environnement en tant que produit de la combustion incomplète d'hydrocarbures complexes (**A.Koulet al., 2010**); l'exposition aux HAP, y compris le DMBA, peut entraîner des changements toxicologiques dans le foie, notamment un stress oxydatif et la production de métabolites cancérogènes (**J. Digiovanni and M.R. Juchau,1980**). Le DMBA est métabolisé par les enzymes du cytochrome P450 dans le foie pour former des époxydes de diol et d'autres espèces réactives toxiques de l'oxygène (**A. Koulet al., 2010**). De l'extrait de *Holothuriaatra* (HaE) contre les changements induits par le DMBA dans les enzymes xénobiotiques et oxydatives hépatiques chez les rats. Il a été rapporté que la présence de composés phénoliques actifs dans la paroi corporelle des concombres de mer peut être due à des matériaux riches en phénols tels que le phytoplancton et les particules dérivées de la dégradation des macroalgues marines qui sont les principales sources de nourriture des concombres de mer (**Althunibatet al., 2009**). L'analyse par chromatographie liquide à haute performance des composés phénoliques dans le HaE a révélé la présence de 80,34 % d'acide chlorogénique. L'effet hépatoprotecteur potentiel de l'acide chlorogénique a été signalé dans plusieurs modèles animaux de lésions hépatiques (**Xuet al., 2010**).

Dans l'évaluation de la toxicité hépatique du DMBA, la détermination des niveaux enzymatiques, tels que l'ASAT, l'ALAT et la GGT sériques, est largement utilisée (**Vijayabaskaran , 2010 ; Ahmed, et al.,2014**). La présente étude a montré que l'administration de DMBA augmentait les activités enzymatiques AST, ALT et GGT dans le sérum des rats. Les activités élevées des ASAT, ALAT et GGT sériques observées dans le groupe traité au DMBA sont considérées comme indicatives des dommages hépatiques induits par le DMBA (**Paliwalet al., 2011 ; Ahmed et al., 2014**). Ils ont observé que le carcinome hépatique induit par le DMBA chez les rats se manifestait par le développement de nodules et que les cellules hépatiques présentaient des noyaux éosinophiles, denses et pléomorphes, une vacuolisation cytoplasmique et de la nécrose. Le traitement par HaE avant ou après une intoxication au DMBA pendant 7 jours a provoqué une diminution marquée des niveaux d'activités sériques AST, ALT et GGT ; toutefois, cette diminution était significative après le traitement par HaE avant ou après l'administration de DMBA à la dose testée pendant 14 jours, ce qui indique le maintien de l'intégrité fonctionnelle de la membrane des cellules hépatiques. Cette amélioration des activités enzymatiques sériques pourrait être attribuée aux propriétés antioxydantes des HaE et à leur capacité à piéger les radicaux libres, protégeant ainsi l'intégrité des membranes cellulaires des dommages oxydatifs causés par la toxicité du DMBA. (**Ahmedet al., 2014**)

Cette étude a montré que l'intoxication par le DMBA diminuait la teneur en protéines totales du sérum. Il a été rapporté que la baisse des protéines totales peut être considérée comme un indice utile de la gravité du dysfonctionnement cellulaire dans les maladies chroniques du foie, comme le montrent les graves altérations

histopathologiques du tissu hépatique après un traitement au DMBA. Les données de la présente étude montrent que le stress oxydatif dans le foie est une caractéristique commune de la toxicité du DMBA. La présente étude a révélé que le DMBA augmentait la concentration de malondialdéhyde (MDA) dans le tissu hépatique. Ces résultats sont similaires aux données rapportées par (**El Kholy et al., 2013 ; Ahmed et al., 2014**) qui ont indiqué que l'ingestion de DMBA produisait un stress oxydatif dans le foie des rats. Le traitement avec HaE à la dose testée et après 14 jours, avant ou après l'intoxication au DMBA, a significativement inversé ces changements, suggérant que le mécanisme de l'hépatoprotection de HaE peut être dû à son effet antioxydant.

Il est bien connu que le GSH est impliqué dans la protection de la structure et de la fonction cellulaires normales en maintenant l'homéostasie redox, en neutralisant les radicaux libres et en participant aux réactions de détoxification (**G. Pushpakiran et al., 2004**)

Cette étude, le traitement par HaE avant ou après l'administration de DMBA pendant 14 jours a augmenté de manière significative la teneur en GSH dans le tissu hépatique. Ces résultats concordent avec les études antérieures de (**Gat'eet et al., 1998 ; Fahmy et al., 2011**) qui ont rapporté que la supplémentation alimentaire de l'extrait marin des palourdes *Crassostrea gigas* et des extraits d'*Erugosquillamassavensis* augmentait le niveau de GSH dans le foie des rats. Le rétablissement du niveau de GSH par la HaE pourrait être dû à son effet sur la synthèse de novo du glutathion, sur sa régénération, ou sur les deux (**Yeonget al., 2008**). En outre, la HaE peut agir directement et piéger les ROS dérivés du cycle d'oxydo-réduction avec la cellule ou elle peut travailler en union avec les composés antioxydants existants et aider à prévenir leur perte au cours de la lésion oxydative causée par le DMBA. La glutathion-S-transférase (GST) est une enzyme importante de la phase II qui conjugue les métabolites réactifs au GSH, ce qui entraîne une diminution de sa réactivité biologique et une augmentation de sa solubilité pour l'excrétion dans la bile. La présente étude a montré une diminution significative de la GST chez les rats traités au DMBA par rapport au groupe témoin. En accord avec nos résultats, (**Koulet et al., 2014**) et (**Lakshmi et Subramanian, 2014**) ont rapporté que la concentration accrue de radicaux libres résultant des conditions de stress oxydatif peut causer une perte d'activité enzymatique. Les cellules hépatiques ont la capacité innée de réveiller et de maintenir la défense contre les oxydants en sécrétant plus d'antioxydants. HaE peut surmonter l'assaut du DMBA en supprimant la formation de ROS et en protégeant la machinerie antioxydante. En outre, l'induction d'enzymes par le HaE représente une stratégie chimiopréventive prometteuse en tant qu'inducteur bifonctionnel, ainsi que l'amélioration des enzymes du système antioxydant qui offre une protection contre les dommages cellulaires et inhibe la promotion du cancer.

Conclusion

Conclusion :

En conclusion, nous rassemblons les conclusions des études suivantes, où la première étude a montré une concordance avec les études précédentes qui suggèrent un potentiel d'amélioration de la qualité de l'eau avec les études précédentes qui suggèrent des effets antimicrobiens potentiels du liquide cœlomique et de la paroi corporelle, effets antimicrobiens potentiels du liquide cœlomique et de l'extrait de paroi de l'holothurie méditerranéenne *Holothuriatubulosa*. Les extraits d'éthanol et de butanol de *H. tubulosa* ont révélé une forte activité contre les bactéries Gram-négatives et Gram-positives. En outre, des activités importantes contre les levures (*C. ciferri*) et les champignons (*G. penicillatum*) pathogènes humains (*G. penicillatum*).

Dans la seconde étude, tous les extraits ont montré un effet antifongique, à l'exception du méthanol gonadique et les extraits chloroformiques d'intestins. De plus, l'extrait chloroforme de la gonade avait un effet fongicide. D'après cette étude, les extraits de concombre de mer (*H.leucospilota*) peuvent être recommandés comme médicaments antifongiques, ce qui devrait être pris en compte dans des prochaines recherches.

La troisième étude a démontré que le nobiliside D peut être extrait de l'holothurie *H. nobilisselenka* (membre de la famille des saponines) ; Il est établi que les saponines ont une activité antitumorale ; le nobiliside D a démontré des activités antiprolifératives contre les lignées cellulaires tumorales humaines testées, en particulier la lignée cellulaire leucémique humaine K562 et la lignée cellulaire du cancer du sein MCF-7.

Les résultats de la quatrième étude permettent de conclure que HaE est un produit naturel utile qui peut atténuer la toxicité hépatorénale résultant de l'exposition aux hydrocarbures DMBA. Ces résultats pourraient constituer des domaines de recherches futures. Encore une fois, les effets protecteurs ou curatifs offerts par l'extrait de HaE peuvent être liés à ses propriétés antioxydantes et/ou à ses effets sur le système immunitaire et/ou de piégeage des radicaux libres radicales oxydatives qui sont basées sur la présence de matériaux riches en phénols. Tout composé naturel ayant des propriétés antioxydantes peut contribuer au maintien de la santé lorsqu'il est en tant que composants d'aliments diététiques, d'épices ou de médicaments. L'augmentation des niveaux des profils antioxydants, c'est-à-dire de la SOD et de la catalase, par HaE peut être considérée comme un facteur d'amélioration. SOD et catalase, par HaE peut être attribuée à l'importance biologique de l'élimination des radicaux libres réactifs pour le fonctionnement normal des cellules. D'après les résultats susmentionnés, l'efficacité de la HaE est apparue lorsqu'elle est administrée sur de longues périodes et qu'elle est préférable comme agents protecteurs contre les hydrocarbures aromatiques polycycliques, notamment le 7,12-diméthylbenz [a]anthracène (DMBA).

Conclusion générale

Conclusion générale

Le concombre de mer est un aliment inhabituel bénéfique pour la santé. Il est très apprécié pour ses propriétés médicinales supposées. Les concombres de mer regorgent de protéines, de vitamines et de minéraux, mais ils contiennent également plusieurs substances pouvant améliorer la santé en général. Par exemple, ils contiennent des antioxydants phénoliques et flavonoïdes, qui ont démontré leur capacité à réduire l'inflammation dans le corps¹. En médecine chinoise, le concombre de mer est couramment utilisé pour traiter diverses affections, notamment le cancer, l'arthrite et l'impuissance. Il existe plus de 250 espèces dont une petite partie est supposée être médicinale. Les concombres de mer sont riches en protéines, en niacine et en riboflavine et contiennent des substances dont on pense qu'elles influencent la santé humaine.

Cependant, il n'y a pas d'informations spécifiques sur les bienfaits médicinaux et la richesse économique du concombre de mer en Algérie. Il est donc important que des études soient menées pour profiter de ses bienfaits médicinaux et de sa richesse économique.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A. Belfield and D. M. Goldberg, 1971 "Revised assay for serum phenyl phosphatase activity using 4-amino-antipyrine.," *Enzyme*, vol. 12, no. 5, pp. 561–573, 1971.

A. Koul, N. Arora, and L. Tanwar, 2010 "Lycopene mediated modulation of 7,12 dimethylbenz (A) anthracene induced hepatic clastogenicity in male Balb/c mice," *Nutricion Hospitalaria*, vol. 25, no. 2, pp. 304–310, 2010.

A. Lakshmi and S. Subramanian, 2014 "Chemotherapeutic effect of tangeretin, a polymethoxylated flavone studied in 7, 12- dimethylbenz (a) anthracene induced mammary carcinoma in experimental rats," *Biochimie*, vol. 99, no. 1, pp. 96–109, 2014.

A. Whitehead and R. N. Curnow, 1992 "Statistical evaluation of the fixed-dose procedure," *Food and Chemical Toxicology*, vol. 30, no. 4, pp. 313–324, 1992.

A. Koul, V. Mohan, and S. Bharati, 2014 "Azadirachta indica mitigates DMBA-induced hepatotoxicity: a biochemical and radiometric study," *Indian Journal of Biochemistry and Biophysics*, vol. 51, no. 1, pp. 37–45, 2014.

Abdulrazaq M., Innes J. K., Calder P. C., (2017). Effect of ω -3 Polyunsaturated Fatty Acid on Arthritic Pain: A Systematic Review. *Nutrition*, 39–40:57–66.

Abedin M.Z., Karim A.A., Ahmed F., Latiff A.A., Gan C.Y., Che Ghazali C. & Islam Sarker M.Z. 2013. Isolation and characterization of pepsin-solubilized collagen from the integument of sea cucumber (*Stichopus vastus*). *Journal of Science Food and Agriculture*, 93: 1083-1088.

Abraham T.J., Nagarajan J. & Shanmugam S.A. 2002. Antimicrobial substances of potential biomedical importance from holothurians species. *Indian Journal of Marine Sciences*, 31: 161-164.

ADITHIYA L.A., 1969 - Bêche-de-mer in Ceylon. *Spolia Zeylan. Bull. Natl. Mus., Ceylon*, 31(2) : 405-412.

Afkhami M., Ehsanpour M., Khazaali A., Kamrani E., Mokhlesi, A., Darvish Bastami, K., (2012). Sea cucumber fisheries of Qeshm Island, Persian Gulf. *SPC Bêche-de-mer Information Bulletin*, 32: 60-61.

Ahmed I. Dakrory, Sohair R. Fahmy, Amel M. Soliman, Ayman S. Mohamed, and Sayed A. M. Amer, 2015 ; Protective and Curative Effects of the Sea Cucumber *Holothuria atra* Extract against DMBA-Induced Hepatorenal Diseases in Rats ; Volume 2015, Article ID 563652, pp : 11 <http://dx.doi.org/10.1155/2015/563652>

Ahmed I. Dakrory, Sohair R. Fahmy, Amel M. Soliman, Ayman S.Mohamed, and Sayed A. M. Amer, 2015 ; Protective and Curative Effects of the Sea Cucumber *Holothuria atra* Extract against DMBA-Induced Hepatorenal Diseases in Rats , pp : 2

Ahmed I. Dakrory, Sohair R. Fahmy, Amel M. Soliman, Ayman S.Mohamed, and Sayed A. M. Amer, 2015 ; Protective and Curative Effects of the Sea Cucumber *Holothuria atra* Extract against DMBA-Induced Hepatorenal Diseases in Rats, pp : 3-4.

Ahmed I. Dakrory, Sohair R. Fahmy, Amel M. Soliman, Ayman S.Mohamed, and Sayed A. M. Amer, 2015 ; Protective and Curative Effects of the Sea Cucumber *Holothuria atra* Extract against DMBA-Induced Hepatorenal Diseases in Rats, pp : 5-6.

Al Marzouqi, N.;Iratni, R.; Nemmar, A.; Arafat, K.; Ahmed Al Sultan, M.; Yasin, J.; Collin, P.; Mester, J.; Adrian, T.E.;Attoub, S. Frondoside A inhibitshumanbreast cancer cellsurvival, migration, invasion and the growth of breasttumorxenografts. Eur. J. Pharmacol. 2011, 668, 25–34.

Alain G., Pierre L. et Jean L.M., 1986. Guide des étoiles de mer oursin et autreéchinodermes du lagon de nouvelle Calédonie ORSMTOM, 244p.

Altamirano M, Toral-Granda MV & Cruz E (2004).The application of the adaptive principle to the management and conservation of *Isostichopus fuscus* in the Galápagos Marine Reserve. Pp. 247–258 In: Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel J-F and Mercier A (eds). © S.W. PURCELL © S.W. PURCELL 23 Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management. FAO, Rome, Fisheries Technical Paper No. 463: 425 p

Althunibat, OY;Ridzwan, BH; Taher, M; Jamaludin, MD; Ikeda, MA; Zali, BI. In vitro antioxidant and antiproliferativeactivities of threeMalaysianseacucumberspecies. Eur. J. Sci. Res 2009, 37, 376–387

Amon, R. M. W., &Herndl, G. J. (1991). Deposit Feeding and Sediment : I. Interrelationship Between*Holothuria tubulosa* (Holothurioida, Echinodermata) and the Sediment Microbial Community. MarineEcology, 12(2), 163-174. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.1991.tb00250.x>

Anderson S. C., Flemming J. M., Watson R., Lotze H. K., (2011). Serial exploitation of global seacucumberfisheries. Fish and Fisheries, 12(3):317–339.

Anisuzzaman M., Kamrunnahar K., U-Cheol J., Hyun-Chol J., Byeong-Dae C., Seok-Joong K., (2020).Lipid Class and Phospholipid Compositions of Sea Cucumber *Apostichopus japonicus* with Heat Pump-DecompressionHybridDryer and Hot Air Dryer. The Open Food Science Journal,11(1).

Aumeeruddy, R. & Payet, R. (2004). Management of the Seychelles seacucumberfishery: status and prospects. p. 239-246. In: Lovatelli, A., Conand, C., Purcell, S., Uthicke, S., Hamel, J. F. & Mercier, A. (eds) Advances in seacucumber aquaculture and management. Fisheries Technical Paper No. 463. FAO, Rome.

Aydin M., Sevgili H., Tufan B., Emre Y., Kose S., (2011). Proximate composition and fatty acid profile of three different fresh and dried commercial sea cucumbers from Turkey. *International Journal of Food Science and Technology*, 46:500–508.

Aydin, M. (2008). The commercial sea cucumber fishery in Turkey. *SPC Beche de Mer Information Bulletin*, 28, 40-41.

Bahrami Y and Franco CM: Structure elucidation of new acetylated saponins, Lessoniosides A, B, C, D and E and non-acetylated saponins, Lessoniosides F and G, from the viscera of the sea cucumber *Holothuria lessona*. *Mar Drugs* 13: 597-617, 2015.

Bahrami Y, Zhang W, Chataway T and Franco C: Structure elucidation of five novel isomeric saponins from the viscera of the sea cucumber *Holothuria lessona*. *Mar Drugs* 12: 4439-4473, 2014.

Balk E.M., Lichtenstein A.H., (2017). Omega-3 Fatty Acids and Cardiovascular Disease :Summary of the 2016 Agency of Healthcare Research and Quality Evidence Review. *Nutrients*,9(8):865.

Barnabé G., 1991. Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture. Paris : Lavoisier, Tec & Doc. 500 p.

Beauregard, K.A.; Truong, N.T.; Zhang, H.; Lin, W.; Beck, G. 2001 The detection and isolation of a novel antimicrobial peptide from the echinoderm, *Cucumaria frondosa*. *Adv. Exp. Med. Biol.* 2001, 484, 55–62

Behrens, David W., Gosliner, M., Williams, Gary, C., 1996. Coral Reef Animals of Indo-Pacific sea challenges PB. Monterey CA, USA.

Benraho N. et Bouslama S., 2005. Révision de la systématique de *deux holothuries aspidochiotes*: *Holothuria Holothuriatubulosa* (Gmelin, 1788) et *Holothuria Holothuriastellati* (Delle Chiaje, 1923) de la région de Stidia (Mostaganem). Mémoire Ingénieur en Agronomie. Univ. De Mostaganem. 88p + Annexes.

Bhakuni, D.S. and Rawat, D.S., 2005. Bioactive marine natural products. Springer Anamaya, India. 382P.

Bhatnagar S., Dudouet B., Ahond A., Poupat C., Thoison O., Clastres A., Laurent D. & Potier P. 1985. Invertébrés marins du lagon néocalédonien IV. Saponines et sapogénines d'une holothurie, *Actinopyga flammea*. *Bulletin de la Société Chimique de France*, 1: 24-129.

Bing, L.; Jing-feng, W.; Jia, F.; Xiao-lin, L.; Hui, L.; Qin, Z.; Chang-hu, X. 2010 Antifatigue effect of sea cucumber *Stichopus japonicus* in mice. *Food Sci.* 2010, 31, 244–247.

Blondeau N., (2016). The Nutraceutical Potential of Omega-3 Alpha-Linolenic Acid in Reducing the Consequences of Stroke. *Biochimie*, 120(1):49–55.

Blunden, G. 2001 Biologically active compounds from marine organisms. *Phytother. Res* 2001, 15, 89–94.

Blunt J., Carroll A., Copp B., Davis R., Keyzers R., Prinsep M., (2018). Marine Natural Products. *Natural Product Reports*, 35(1):8–53.

Blunt J.W., Copp B.R., Munro M.H.G., Northcote P.T. & Prinsep M.R. 2006. Marine natural products. *Natural Product Reports*, 23: 26-78.

Bordbar S., Anwar F., Saari N., (2011). High-value components and bioactives from sea cucumbers for functional food - a review. *Marine Drugs*, 9:1761–1805.

Borrero-Pérez G.H., Perez-Ruzafa A., Concepcion M., González-Wangüemert M., (2009). The taxonomic status of some Atlanto-Mediterranean species in the subgenus *Holothuria* (Echinodermata: Holothuroidea: Holothuriidae) based on molecular evidence. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 157(1):51-69.

Bouland, C., Massin, C., & Jangoux, M. (1982). The fine structure of the buccal tentacles of *Holothuria forskali* (Echinodermata, Holothuroidea). *Zoomorphology*, 101(2), 133-149. <https://doi.org/10.1007/BF00312019>

Bozinovic F & Martinez del Rio C., 1996. Animals eat what they should not: why do they reject our foraging models? *Revista Chilena de Historia Natural*. 69: 15-20.

Brown T. J., Brainard J., Song F., Wang X., Abdelhamid A., Hooper L., (2019). Omega-3, omega-6, and total dietary polyunsaturated fat for prevention and treatment of type 2 diabetes mellitus: systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *bmj*, 366:14697

Brown, I., Lee J., Sneddon A.A., Cascio M.G., Pertwee R.G., Wahle K.W.J., Rotondo D., Heys S.D., (2019). Anticancer Effects of N-3 EPA and DHA and Their Endocannabinoid Derivatives on Breast Cancer Cell Growth and Invasion. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 156:102024.

Bruce C., (1983). Sea cucumbers, 'extraordinary but edible all the same'. *Info fish Marketing Digest*, 6:19-21.

Bruckner A.W. (2006) The proceedings of the technical workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuridae and Stichopodidae. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR 34.

- Bruckner, A. (2006).** Proceedings of the CITES workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuriidae and Stichopodidae. Silver Spring (MD): U.S. Department of Commerce, National oceanic and atmospheric administration, National marine fisheries Service
- Bulteel, P., Jangoux, M., & Coulon, P. (1992).** Biometry, Bathymetric Distribution, and Reproductive Cycle of the Holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) from Mediterranean Sea grass Beds. *Marine Ecology*, 13(1), 53-62. Scopus. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.1992.tb00339.x>
- C. Sanchez-Moreno, J. A. Larrauri, and F. Saura-Calixto, 1998** “A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenol,” *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 76, no. 2, pp. 270–276, 1998.
- Calva L., 2002.** Hábitos Alimenticios d’Algunos Echinodermos. Parte 2: Erizos de mar. Y Pepinos de mar. Laboratorio de Ecosistemas Costeros, Département de Hydrobiologie, UAM –Iztapalapa
- Calva, Laura Georgina. 2002.** 'Hábitos alimenticios de algunos equinodermos. Parte 2. Erizos de Mar y Pepinos de Mar', *Contacto S*, 47 : 54-63.
- Caulier G., Mezali K., Soualili D.L., Decroo C., Demeyer M., Eeckhaut I., Gerbaux P. & Flammang P. (2016)** Chemical characterization of saponins contained in the body wall and the Cuvierian tubules of the sea cucumber *Holothuria (Platyperona) sanctori* (Delle Chiaje, 1823). *Biochemical Systematics and Ecology* 68, 119-27.
- Caulier, G., Borremans, C., Flammang, P., & Gerbaux, P. 2019.** Coelomocyte proteome of the sea cucumber *Holothuria forskali*: Identification of immune-related proteins. *Developmental & Comparative Immunology*, 92, 1-11.
- Chalabi A., 2005.** L’aquaculture en Algérie dans son contexte Maghrébin, pub. Atelier Aquaculture durable en Algérie Sidi Fredj (Alger); 25-27 Juin 2005. 39 p.
- Chen J. (2005)** Present status and prospects of sea cucumber industry in China. *Ile* 1, 25-38.
- Chen J., (2003).** Overview of Sea Cucumber Farming and Sea Ranching Practices in China. *SPC Bêche-de-mer Information Bulletin*, 18:18–23.
- Chen S., Xue C., Yin L., Tang Q., Yu G., Chai W., (2011).** Comparison of structures and anticoagulant activities of fucosylated chondroitin sulfates from different sea cucumbers. *Carbohydrate Polymers*, 83:688–695.
- Chen, J., Wang, J., Shao, C., Liu, Z., Xu, Y., & Liang, X. 2011.** *Holothuria* glycosaminoglycan inhibits metastasis via inhibition of P-selectin in B16F10 melanoma cells. *Marine drugs*, 9(6), 967-978.

Chen, S.; Hu, Y.; Ye, X.; Li, G.; Yu, G.; Xue, C.; Chai, W. 2012 Sequencedetermination and anticoagulant andantithromboticactivities of a novelsulfatedfucanisolatedfrom the seacucumber *Isostichopusbadionotus*. *Biochim. Biophys. Acta Gen. Subj.* 2012, 1820, 989–1000.

Chim-Chim Y., Olivera-Castillo L., Betancur-Ancona, D., Chel-Guerrero L., (2017).ProteinHydrolysate Fractions from Sea Cucumber (*IsostichopusBadionotus*) InhibitAngiotensinConverting Enzyme. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 26(10):1199–1209.

Chludil, H.D. Muniain, C.C, Seldes,A.M. and Maier, M.S., 2002.Cytotoxic and antifungaltriterpeneglycosides from the Pantagonianseacucumber *Hemoiedemaspectabilis*. *Journal of Natural Products*, 65, 860-5.

Ridzwan, B.H., Kaswandi, M.A.,Azman, Y. and Fuad, M., 1995.Screening for antibacterial agents inthreespecies of seacucumbersfromcoastal areas of Sabah. *GeneralPharmacology*, 26(7), 1539-43.

CITES (2002).CdP12 Doc.45 : Commerce des concombres de mer des familles *Holothuridae* et *Stichopodidae*.

Collin, P.D.2004 Peptides havinganti-cancer and anti-inflammatoryactivity. United State Patent6,767,890, 27 July 2004.

Collin, P.D.1998 Tissue fraction of seacucumber for the treatment of inflammation. United State Patent 5,770,205, 23 June 1998.

Conand C. (1990) The fishery resources of Pacific island countries : *Holothurians*. Food &Agriculture Org.

CONAND c. , 1986 - Les ressources halieutiques des pays insulaires du Pacifique.Deuxième partie. Les *Holothuries*. F.A.O. Doc. Tech. Pêches, 272.2 : 108 p.

Conand C., (1990).Part 2:*Holothurians*: The fishery resources of Pacific island countries. FAOFisheriesand Aquaculture Technical Paper, 272(2):1-143.

Conand C., 1994. Les *holothuries* : ressource halieutique des lagons. *Rapp. Sci. Tech. Biol,Mar.*, (65) :1-86

Conand C., Morel C. &Mussard R.J.S.B.-d.-m.I.B. (1997) A new study of asexual reproductionin*holothurians* : Fission in *Holothuria leucospilota* populations on Reunion Island in theIndian Ocean. SPC Beche-de-mer Information Bulletin 9, 5-11.

Conand C., Sloan N.A., 1988.Words fisheries for Echinoderms. In : scientific approaches tomanagement of shellfish resources. J. F. Caddy (Ed), wiley, New York (sous presse).

Conand, C. (1986). Les ressources halieutiques des pays insulaires du Pacifique. Deuxième partie, Les holothuries. Rome: FAO.

Conand, C. (2006a). Sea cucumber biology, taxonomy, distribution, biology, conservation status. In: Bruckner A (editor) The Proceedings of the Technical workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuridae and Stichopodidae. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR 44, Silver Spring, MD 239 pp

Conand, C. (2006b). Harvest and trade: Utilization of sea cucumbers; sea cucumbers fisheries trade; current international trade, illegal, unreported and unregulated trade; bycatch, socioeconomic characteristics of the trade in sea cucumbers. In: Bruckner A (editor) The Proceedings of the Technical workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuridae and Stichopodidae. NOAA Technical Memorandum NMFS-OPR 44, Silver Spring, MD 239 pp.

Conand, C. (2008). Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in Africa and the Indian Ocean. In: M.V. Toral-Granada, A. Lovatelli, M. Vasconcellos. (ed.), Sea cucumbers. A global review on fisheries and trade. FAO, Rome.

Conand, C. (2017a). Les holothuries ressource marine: du mythe à la surexploitation mondiale. Résumé de la conférence présentée aux 'Amis du Muséum' le 5 novembre 2016. Sous presse

Conand, C. 1994. 'Les holothuries : ressource halieutique des lagons'.

Conand, C., Polidoro, B., Mercier, A., Gamboa, R., Hamel, J. and Purcell, S. (2014). L'évaluation des holothuries aspidochiotes pour la Liste rouge de l'UICN et ses implications. La bêche-de-mer, bulletin de la CPS, 34, pp.3-7.

Costelloe, J., & Keegan, B. F. (1984). Feeding and related morphological structures in the dendrochirote *Aspidochiroa fevrei* (Holothuroidea: Echinodermata). Marine Biology, 84(2), 135-142. <https://doi.org/10.1007/BF00392998>

Coulon, P., & Jangoux, M. (1993). Feeding rate and sediment reworking by the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in a Mediterranean seagrass bed off Ischia Island, Italy. Marine Ecology Progress Series, 92(1-2), 201-204. Scopus. <https://doi.org/10.3354/meps092201>

Cui C, Cui N, Wang P, Song S, Liang H and Ji A 2015: Sulfated polysaccharide isolated from the sea cucumber *Stichopus Japonicus* against PC12 hypoxia/reoxygenation injury by inhibition of the MAPK signaling pathway. Cell Mol Neurobiol 35: 1081-1092, 2015.

Cuong N.C., Vien L.T., Hoang L., Hanh T.T.H., Thao D.T., Thanh N.V., Nam N.H., Thung D.C., Kiem P.V., Minh C.V., (2017). Cytotoxic triterpenediglycosides from the sea cucumber *Stichopus horrens*. Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters, 27:2939–2942.

D'Silva D 2001. The Torres Strait bêche-de-mer (sea cucumber) fishery. Beche-De-Mer Information Bulletin, SPC 15: 2-4.

Dar M.A. (2004) Holothurians role in the marine sediments reworking processes. *Sedimentology of Egypt* 12, 173-83.

Dewi A.S., Patantis G., Fawzya Y.N., Irianto H.E., Sa'diah S., (2020). Angiotensin-Converting Enzyme (ACE) Inhibitory Activities of Protein Hydrolysates from Indonesian Sea Cucumbers, *International Journal of Peptide Research and Therapeutics*, 1–9.

Dirk Steffens et Ninette kraunus, 2009. Série documentaire steffensent-deckt, épisode palau- korallenparadies des Sudsee.

E.Beutler, O.Duron, and B.M. Kelly, 1963 "Improved method for the determination of blood glutathione," *The Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, vol. 61, pp. 882–888, 1963.

Eeckhaut I., Lavitra T., Rasoforinina R., Rabenevanana M.W., Gildas P. & Jangoux M. (2008) Madagascar Holothurie SA: The first trade company based on sea cucumber aquaculture in Madagascar. *SPC Beche-de-mer Information Bulletin* 28, 22-3.

El Shehawy S. M., Gab-Alla A. A., Mutwally H. M., (2016). Proximate and Elemental composition of important fish species in makkah central fishmarket, saudi arabia. *Food and Nutrition Sciences*, 7(06):429.

Escudero E., Sentandreu M.A., Toldrá F., (2010). Characterization of peptides released by invitro digestion of pork meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58:5160-5165.

Estrada, A., Katselis, G., Laarveld, B. and Barl, B., 2001. Isolation and evaluation of immunological adjuvant activities of saponins from *Polygalasenega* L. *Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases*, 23, 27-43.

Evers, E. (2013). The Eden Prescription: The War on Cancer Is Not What You Think. CreateSpace Independent Publishing Platform.

Fabinyi M., Barclay K., Eriksson H., (2017). Chinese trader perceptions on sourcing and consumption of endangered sea food. *Frontiers in Marine Science*, 4:181.

Falch, B.H.; Espevik, T.; Ryan, L.; Stokke, B.T. 2000 The cytokine stimulating activity of (1 \rightarrow 3)-D-glucan is dependent on the triple helix conformation. *Carbohydr. Res.* 2000, 329, 587–596.

FAO, 2004. Capture based aquaculture. The fattening of eels, groupers, tunas and yellowtails. Edition FAO

- FAO. 2008.** Climate change and food security :aframe work document .110pp.
- FAO. The state of world fisheries and aquaculture.2012** In: Department Fisheries and Aquaculture. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2012: 230 p.
- Farjami, B.; Nematollahi, M.; Moradi, Y.; Nazemi, M ; 2014.** Derivation of extracts from Persian Gulf sea cucumber (*Holothuria leucospilota*) and assessment of its antifungal effect, Iranian Journal of Fisheries Sciences, 13(4) 785-795.<http://hdl.handle.net/1834/11785>
- Farjami, B.; Nematollahi, M.; Moradi, Y.; Nazemi, M ; 2014.** Derivation of extracts from Persian Gulf sea cucumber (*Holothuria leucospilota*) and assessment of its antifungal effect , Iranian Journal of Fisheries Sciences , 13(4), pp : 787-788.
- Farouk A.A., Ghouse F.A.H. &Ridzwan B.H. 2007.** NewbacteriaspeciesisolatedfromMalaysianseacucumberswithoptimizedsecretedantibacterialactivity. American Journal ofBiochemistry and Biotechnology, 3: 60-65.
- Fawzya Y.N., Januar H.I., Susilowati R., Chasanah E., (2015).** Chemical Composition and FattyAcid Profile of SomeIndonesianSeaCucumbers. Squalen Bulletin of Marine and FisheriesPostharvest and Biotechnology, 10(1):27–34.
- Ferdouse F. (2004)** World markets and trade flows of sea cucumber/beche-de-mer. Advances in sea cucumber aquaculture management, 101-17.
- Francour, P. (1989).** Repartition and abundance of holothurians (*Holothuria tubulosa* and *H. polii*) from aPosidoniaoceanica bed of Port-Cros (Var, France) (C. F. Boudouresque, A. Meinesz, E. Fresl, & V. Gravez,Éds. ; Vol. 2, p. 231-234). GIS Posidonie publ.
- Franklin, Susan Elizabeth. 1980.** "The Reproductive Biology and Some Aspects of the Population Ecology of the Holothurians *Holothuria Leucospilota* (Brandt) and *StichopusChloronotus* (Brandt) : Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy, theUniversity of Sydney, April 1980'.
- Friedman K., Eriksson H., Tardy E., Pakoa K., (2011).** Management of seacucumberstocks: Patterns of vulnerability and recovery of sea cucumber stocks impacted by fishing. Fish and Fisheries, 12(1):75–93.
- G. Pushpakiran, K. Mahalakshmi, and C. V. Anuradha,2004** "Taurine restores ethanol-induced depletion of antioxidants and attenuates oxidative stress in rat tissues," Amino Acids, vol. 27, no. 1, pp. 91–96, 2004.
- G. Szasz,1974** "New substrates for measuring gamma-glutamyl transpeptidase activity," *Zeitschrift fürklinischeChemie und klinischeBiochemie*, vol. 12, no. 5, article 228, 1974.

Gaidi, G., Miamoto, T., Rustaian, A. and Lacaille- Dubois, M.A., 2001. Three new acylated triterpene saponins from *Acanthophyllum squarrosum*. *Journal of Natural Products*, 64(7), 920-924.

Gell FR and CM Roberts (2003). Benefits beyond boundaries: the fishery effects of marine reserves. *TREE* 18(9): 448-455.

Gianasi B.L., (2018). Exploring the potential of the sea cucumber *Cucumaria frondosa* as an aquaculture species, (Doctoral dissertation, Memorial University of Newfoundland).

Gilles V et al, 2011. Valorisation des produits locaux de la pêche et de l'aquaculture. Ed. Union européenne, Belgique, p. 19-20.

Girard, M.; Bélanger, J.; ApSimon, J.W.; Garneau, F.-X.; Harvey, C.; Brisson, J.-R. 1990 Frondoside A. A novel triterpene glycoside from the holothurian *Cucumaria frondosa*. *Can. J. Chem.* 1990, 68, 11–18.

Gomez-Guillen, M.C.; Gimenez, B.; Lopez-Caballero, M.E.; Montero, M.P. 2011 Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. *Food Hydrocoll.* 2011, 25, 1813–1827.

González-Wangüemert M., Domínguez-Godino J., (2016). Sea cucumbers as new marine resource in Europe. *Frontiers in Marine Science*, 3.

González-Wangüemert M., Roggatz C.C., Rodrigues M.J., Barreira L., da Silva M.M., Custódio L., (2018a). A new insight into the influence of habitat on the biochemical properties of three commercial sea cucumber species. *International Aquatic Research*, 10:361–373.

González-Wangüemert, M., Domínguez-Godino, J. A., & Cánovas, F. (2018). The fast development of sea cucumber fisheries in the Mediterranean and NE Atlantic waters: From a new marine resource to its over-exploitation. *Ocean & Coastal Management*, 151, 165-177. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.10.002>

Guille A., Laboute P. & Menou J.L. (1986) Guide des étoiles de mer, oursins et autres échinodermes du lagon de Nouvelle-Calédonie. IRD Editions.

Guo Y, Ding Y, Xu F, Liu B, Kou Z, Xiao W and Zhu J 2015: Systems pharmacology-based drug discovery for marine resources: An example using sea cucumber (Holothurians). *J Ethnopharmacol* 165: 61-72, 2015.

Guo Y., Ding Y., Xu F., Liu B., Kou Z., Xiao W., Zhu J., (2015). Systems pharmacology-based drug discovery for marine resources: an example using sea cucumber (Holothurians). *Journal Ethnopharmacology*, 165:61–72.

H. Aebi, 1984 "Catalase *in vitro*," *Methods in Enzymology*, vol. 105, pp. 121–126, 1984.

H. Ohkawa, N. Ohishi, and K. Yagi, 1979 “Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction,” *Analytical Biochemistry*, vol. 95, no. 2, pp. 351–358, 1979.

Haider M.S., Sultana R., Jamil K., Tarar O.M., Afzal W., (2015). A Study on Proximate Composition, Amino Acid Profile, Fatty Acid Profile and Some Mineral Contents in Two Species of Sea Cucumber. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 25:1

Hamel J.-F., Conand C., Pawson D.L. & Mercier A. (2001) The sea cucumber *Holothuria scabra* (Holothuroidea : Echinodermata) : its biology and exploitation as beche-de-mer.

Hampton J.S.J.N. (1958) Chemical analysis of holothurian sclerites. *Nature* 181, 1608.

Han H., Yi Y.H., Li L., Liu B.S., La M.P. & Zang H.W. 2009. Antifungal active triterpene glycosides from sea cucumber *Holothuria scabra*. *Acta Pharmacologica Sinica*, 44: 620-624.

Harris W.S., Zotor F.B., (2019). N-3 Fatty Acids and Risk for Fatal Coronary Disease, *Proceedings of the Nutrition Society*, 78(4):526–31.

Haug T., Kjuul A.K., Stensvag K., Sandsdalen E. & Styrvold O.B. 2002. Antibacterial activity in four marine crustacean decapods. *Fish and Shellfish Immunology*, 12: 371-385.

Haug, T.; Kjuul, A.K.; Styrvold, O.B. 2002; Sandsdalen, E.; Olsen, Ø.M.; Stensvåg, K. Antibacterial activity in *Strongylocentrotus droebachiensis* (Echinoidea), *Cucumaria frondosa* (Holothuroidea), and *Asterias rubens* (Asteroidea). *J. Invertebr. Pathol.* 2002, 81, 94–102.

Hawa I., Zulaikah M., Jamaludin M., Zainal Abidin A.A., Kaswandi M.A. & Ridzwan B.H. 1999. The potential of the coelomic fluid in sea cucumber as an antioxidant. *Malaysian Journal of Nutrition*, 5: 55-59.

Hemidy L., 1990. Instruments et pratiques de gestion des agriculteurs. Communications à la société Française d’Economie Rurale, « Nouvelles approches de la gestion de l’entreprise agricole ». Paris.

Hendler, G., J.E. Miller, D.L. Pawson & P. M. Kier. 1995. Sea stars, sea urchins and alliers : echinoderms of Florida and the Caribbean. Smithsonian Institution Press. 390 pp.

Hossain, A.; Moon, H.K.; Kim, J.-K. 2018 Antioxidant properties of Korean major persimmon (*Diospyros kaki*) leaves. *Food Sci. Biotechnol.* 2018, 27, 177–184.

Hu L., Ying J., Zhang M., Qiu X., Lu Y., (2018). Antitumor Potential of Marine Natural Products: A Mechanistic Investigation. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*, 18(5):702–18

Hu, S.; Li, S.; Song, W.; Ji, L.; Cai, L.; Wang, Y.; Jiang, W. 2016 Fucoidan from *Cucumaria frondosa* inhibits pancreatic islet apoptosis through mitochondrial signaling pathway in insulin-resistant mice. *Food Sci. Technol. Res.* 2016, 22, 507–517.

Hughes, R., Hughes, D., Smith, I., & Dale, A. (Éds.). (2016). Ecological Roles of Exploited Sea Cucumbers. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 54, 367-386. <https://doi.org/10.1201/9781315368597>

Hur S.J., Lim B.O., Decker E.A., Mc Clements D.J., (2011). In vitro human digestion models for food applications. *Food Chemistry*, 125:1–12.

Hyman L.H. (1955) Echinodermata. McGraw-Hill.

Ismail, H., Lemriss, S., Ben Aoun, Z., Mhadhebi, L., Dellai, A., Kacem, Y., Boiron, P. and Bouroui, A., 2008. Antifungal activity of aqueous and methanolic extracts from the Mediterranean sea cucumber, *Holothuria poli*, *Activité antifongique des extraits aqueux et méthanoliques du concombre de mer, Holothuria poli.* *Journal de Mycologie Médicale*, 18, 23- 26.

J. Digiovanni and M.R. Juchau, 1980 “Biotransformation and bioactivation of 7,12-dimethylbenz[a]anthracene (7,12-DMBA),” *Drug Metabolism Reviews*, vol. 11, no. 1, pp. 61–101, 1980.

Janakiram, N. B., Mohammed, A., Zhang, Y., Choi, C. I., Woodward, C., Collin, P., & Rao, C. V. (2017). Chemopreventive effects of frondanol A5, a *Cucumaria frondosa* extract, against rat colon carcinogenesis and inhibition of human colon cancer cell growth. *Cancer prevention research (Philadelphia, Pa.)*, 10(1), 27-36.

Janakiram, N.B.; Mohammed, A.; Bryant, T.; Lightfoot, S.; Collin, P.D.; Steele, V.E.; Rao, C.V. 2015 Improved innate immune responses by Frondanol A5, a sea cucumber extract, prevent intestinal tumorigenesis. *Cancer Prev. Res.* 2015, 8, 327–337.

Janakiram, N.B.; Mohammed, A.; Rao, C.V. 2015 Sea cucumber metabolites as potent anti-cancer agents. *Mar. Drugs* 2015, 13, 2909–2923.

Jangoux M., (2014). Une expérience de zoologie appliquée : l’holothuriculture à Madagascar. *Bulletin des séances de l'Académie royale des sciences d'Outre-mer*, 57(2):307-321.

Jans D., Dubois P. & Jangoux M. (1995) Defensive mechanisms of holothuroids (Echinodermata) : formation, role, and fate of intracoelomic brown bodies in the sea cucumber *Holothuria tubulosa*. *Cell and tissue research* 283, 99-106.

Jaotombo A., 2009. L'évaluation de l'abondance et l'étude de la commercialisation des Holothuries dans la baie de Diego [Mémoire de fin d'étude]. Université de Toliara, Madagascar. 49 p.

Jaquemet S., Rousset V., Conand C., (1999). A sexual reproduction parameters and the influence of fission on a *Holothuria atra* sea cucumber population from a fringing reef on Reunion Island (Indian Ocean). SPC Bêche-de-mer Information Bulletin, 11:12-18.

JIA-JIA ZHANG, KE-QI ZHU ; 2017. A novel antitumor compound nobiliside D isolated from sea cucumber (*Holothuria nobilis* Selenka). *14(2)*: 1653-1658 DOI: 10.3892/etm.2017.4656

JIA-JIA ZHANG, KE-QI ZHU ; 2017. A novel antitumor compound nobiliside D isolated from sea cucumber (*Holothuria nobilis* Selenka). 1653-1654.

JIA-JIA ZHANG, KE-QI ZHU ; 2017. A novel antitumor compound nobiliside D isolated from sea cucumber (*Holothuria nobilis* Selenka). 1655-1656.

Jimenez P.C., Wilke D.V., Branco P.C., Bauermeister A., Rezende-Teixeira P., Gaudêncio S.P., Costa-Lotuf L.V., (2020). Enriching Cancer Pharmacology with Drugs of Marine Origin. *British Journal of Pharmacology*, 177(1):3–27.

Jumars P.A. & Self R.F.L. (1986) Gut-marker and gut-fullness methods for estimating field and laboratory effects of sediment transport on ingestion rates of deposit-feeders. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 98, 293-310.

Roberts D., Moore H.M., Berges J., Patching J.W., Carton M.W. & Eardly D.F. (2001) Sediment distribution, hydrolytic enzyme profiles and bacterial activities in the guts of *Oneirophanta mutabilis*, *Psychropotes longicauda* and *Pseudostichopus villosus*: what do they tell us about digestive strategies of abyssal holothurians? *Progress in Oceanography* 50, 443-58.

Kale, V.; Freysdottir, J.; Paulsen, B.S.; Friojónsson, Ó.H.; Óli Hreggviósson, G.; Omarsdóttir, S. Sulphated 2013: polysaccharide from the sea cucumber *Cucumaria frondosa* affects maturation of human dendritic cells and their activation of allogeneic CD4(+) T cells in vitro. *Bioact. Carbohydrates Diet. Fibre* 2013, 2, 108–117.

Kalinin, V.I.; Aminin, D.L.; Avilov, S.A.; Silchenko, A.S.; Stonik, V.A. 2008: Triterpene glycosides from sea cucumbers (holothurioidea, echinodermata). *Biological activities and functions. Stud. Nat. Prod. Chem.* 2008, 35, 135–196.

Kamagate A., Kone D., Coulibaly N., Brou T.E. & Sixou M. 2001. Etude comparative de différentes méthodes d'évaluation de la sensibilité aux antibiotiques des bactéries anaérobies strictes de la flore gingivale. *Odontostomatologie Tropicale*, 95:9-12.

Karali A. et Echeikh F., 2005. L'aquaculture en Algérie. Comm. Atelier Aquaculture durable en Algérie, Sidi Fredj (Alger), 25-27 Juin 2005. 32 p.

Kariya, Y.; Mulloy, B.; Imai, K.; Tominaga, A.; Kaneko, T.; Asari, A.; Suzuki, K.; Masuda, H.; Kyogashima, M.; Ishii, T. 2004. Isolation and partial characterization of fucan sulfates from the body wall of sea cucumber *Stichopus japonicus* and their ability to inhibit osteoclastogenesis. *Carbohydr. Res.* 2004, 339, 1339–1346.

Ke P.J., Smith-Lall B., Hirtle R.W., Kramer D.E., (1987). Technical studies on resource utilization of Atlantic sea cucumber (*Cucumaria frondosa*). *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 20(1):4-8.

Kelly, M.S., 2005. Echinoderms: their culture and bioactive compounds. *Progress in Molecular and Subcellular Biology*, 39, 139-165.

Kerr, R. G., Chen, Z., & Kerr, R. G. (2015). Sea cucumber triterpene glycosides: structures and biological activities. In *Sea Cucumbers of the World* (pp. 1-17). Springer International Publishing.

Khotimchenko Y.S., (2015). The nutritional value of holothurians. *Russian Journal of Marine Biology*, 41:409–423.

Khotimchenko, Y. (2018). Pharmacological potential of sea cucumbers. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(5):1342.

Kiew P.L., Don M.M., (2012). Jewel of the sea bed: sea cucumbers as nutritional and drug candidates. *International journal of food sciences and nutrition*, 63(5):616-636.

Kinch J., Purcell S., Uthicke, S., Friedman K., (2008). Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in the Western Central Pacific. *Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade.* FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 516:7-55.

Koehler R. (1921) Faune de France : Échinodermes ; R. Koehler. Lechevalier.

Koehler, R. (1921). Faune de France : Echinodermes. P. Lechevalier, 1-210.

Kropp R.K., (1982). Response of five holothurian species to attacks by a predatory gastropod. *Tonna pernix*. *Pacific Sci.*, 36(4) : 445-452.

Kumar R., Chaturvedi A.K., Shukla P.K. & Lakshmi V. 2007. Antifungal activity in triterpene glycosides from the sea cucumber *Actinopygalecanora*. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 17: 4387-4391.

L. Gat'e, M. Schultz, E. Walsh 1998 "Impact of dietary supplement of *Crassostrea gigas* extract (JCOE) on glutathione levels and glutathione S-transferase activity in rat tissues," *In Vivo*, vol. 12, no. 3, pp. 299–303, 1998.

Lavitra, T., Vaïtilingon, D., Rasolofonirina, R. & Eeckhaut, I. (2006). Abondance saisonnière des larves d'holothuries du grand récif de Tuléar (Madagascar). SPC, Bêche-de-mer Bulletin 24 : 35-38.

Lawrence, A. J., Ahmed, M., Hanafy, M., Gabr, H., Ibrahim, A., & Gab-Alla, A. A-F. A. (2004). Status of the seacucumber fishery in the Red Sea – the Egyptian experience. p.79-90. In: Lovatelli, A., Conand, C., Purcell, S., Uthicke, S., Hamel, J. F. & Mercier, A. (eds) Advances in sea cucumber aquaculture and management. Fisheries Technical Paper No. 463. FAO, Rome.

Lee D. I., Kang S. A., Md A., Jeong U. C., Jin F., Kang S. J., Lee J.Y., Yu H. S., (2018). Seacucumber lipid-soluble extra fraction preventsovalbumin-induced allergic airway inflammation. Journal of Medicinal Food, 21(1):21-29.

Li J.-H., Li S., Zhi Z.-J., Yan L.-F., Ye X.-Q., Ding T., Yan, L., Linhardt R.J., Chen S.-G., (2016). Depolymerization of Fucosylated Chondroitin Sulfate with a Modified Fenton-System and Anticoagulant Activity of the Resulting Fragments. Marine Drugs, 14:170

Liang, J., Wang, X., Zhang, Y., & Liu, Z. (2018). Seacucumber polysaccharides: Isolation methods and biological activities. International journal of biological macromolecules, 120(Pt A), 1-9.

Liao Y.L., (2001). Chinese sea cucumbers. Bulletin of Biology, 35(9):1-4.

Liu X.F., Xu J., Xue Y., Gao Z., Li Z.J., Leng K.L., Wang J.F., Xue C.H., Wang Y.M., (2015). Seacucumber cerebroside and long-chain bases from *Acaudinamolpadioides* protect against high fat diet-induced metabolic disorders in mice. Food & Function, 6:3428-3436.

Liu Y.X., Liu Z.Q., Song L., Ma, Q.R., Zhou D.Y., Zhu B.W., Shahidi F., (2019). Effects of collagenase type I on the structural features of collagen fibres from sea cucumber (*Stichopus japonicus*) bodywall. Food chemistry, 301:125302.

Liu Z.-Y., Chen D., Su Y.-C., Zeng M.-Y., (2011). Optimization of Hydrolysis Conditions for the Production of the Angiotensin-I Converting Enzyme Inhibitory Peptides from Sea Cucumber Collagen Hydrolysates. Journal of Aquatic Food Product Technology, 20(2):222-32.

Liu, Y.X.; Zhou, D.Y.; Ma, D.D.; Liu, Z.Q.; Liu, Y.F.; Song, L.; Dong, X.P.; Li, D.M.; Zhu, B.W.; Konno, K.; 2017. Effects of endogenous cysteine proteinases on structures of collagen fibres from dermis of seacucumber (*Stichopus japonicus*). Food Chem. 2017, 232, 10-18.

M. Fabinyi, K. Barclay & H. Eriksson (2017) Chinese trader perceptions on sourcing and consumption of endangered sea food 4 Frontiers in Marine Science 181-1-181-12

M. I. Walters and H. W. Gerarde, 1970 “An ultramicro method for the determination of conjugated and total bilirubin in serum or plasma,” *Microchemical Journal*, vol. 15, no. 2, pp. 231–243, 1970.

M. J. van den Heuvel, D. G. Clark, R. J. Fielder 1990. “The international validation of a fixed-dose procedure as an alternative to the classical LD50 test,” *Food and Chemical Toxicology*, vol. 28, no. 7, pp. 469–482, 1990.

M. Nishikimi, N. Appaji Rao, and K. Yagi, 1972. “The occurrence of superoxide anion in the reaction of reduced phenazine methosulfate and molecular oxygen,” *Biochemical and Biophysical Research Communications*, vol. 46, no. 2, pp. 849–854, 1972.

M. O. Ahmed, M. P. Mohamed, and M. A. Mahmoud, 2014. “Curcumin and naringin prevent 7,12-dimethylbenz(a)anthracene-induced hepatic injury by suppressing inflammation and oxidative stress,” *Journal of International Academic Research for Multidisciplinary*, vol. 2, no. 4, pp. 589–606, 2014.

M. Vijayabaskaran, K. R. Yuvaraja, G. Babu, P. Sivakumar, P. Perumal, and B. Jayakar, 2010. “Hepatoprotective and antioxidant activity of *Symplocos racemosa* bark extract on DMBA induced hepatocellular carcinoma in rats,” *International Journal of Current Trends in Science and Technology*, vol. 1, no. 3, pp. 147–158, 2010.

Ma, X.; Kundu, N.; Collin, P.D.; Goloubeva, O.; Fulton, A.M. 2012. Frondoside A inhibits breast cancer metastasis and antagonizes prostaglandin E receptors EP4 and EP2. *Breast Cancer Res. Treat.* 2012, 132, 1001–1008.

Macheix, J.J.; Fleuriet, A.; Billot, J. Fruit Phenolics; 1990. CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 1990; pp. 101–126.

Macknight C.C., (1976). The voyage to Marege: Macassan trepanners in northern Australia. Melbourne University Press, 175 pp.

Mamelona, J., Pelletier, E., Girard- Lalancette, K., Legault, J., Karboune, S. and Kermasha, S., 2007. Quantification of phenolic contents and antioxidant capacity of Atlantic sea cucumber, *Cucumaria frondosa*. *Food Chemistry*, 104(3), 1040-1047

Mamelona, J.; Saint-Louis, R.; Pelletier, É. 2009. Nutritional composition and antioxidant properties of protein hydrolysates prepared from echinodermy products. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2009, 45, 147–154.

Man S, Chai H, Qiu P, Liu Z, Fan W, Wang J and Gao W. 2015. Turmeric enhancing anti-tumor effect of Rhizoma paridis saponins by influencing their metabolic profiling in tumors of H22 hepatocarcinoma mice. *Pathol Res Pract* 211: 948-954, 2015.

Mansouri T. (2015) Phylogénie et phylogéographie de quelques espèces d'holothuries aspidochirotes de la côte algérienne (Ouest et centre). In: Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture, p. 119. Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostagane, Algérie.

Marques J., Vilanova E., Paulo A.S., Mourão P.E.S., Fernández-Busquets X., (2016). Marine organisms sulfated polysaccharides exhibiting significant antimalarial activity and inhibition of red blood cell invasion by Plasmodium. Scientific Reports, 6:24368.

Martins, A., Vieira, H., Gaspar, H. and Santos, S., (2014). Marketed Marine Natural Products in the Pharmaceutical and Cosmeceutical Industries: Tips for Success. Marine Drugs, 12(2):1066–1101.

Massin C. (1982) Effects of feeding on the environment: Holothuroidea. Echinoderm nutrition, 493-7.

Massin C. (1994) Ossicle variation in Antarctic dendrochirote holothurians (Echinodermata). Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Biologie 64, 129-46.

Massin, C., & Jangoux, M. (1976). Observations écologiques sur *Holothuria tubulosa*, *H. poli* et *H. forskali* (Echinodermata-Holothuroidea) et comportement alimentaire de *H. tubulosa*. Cahiers De Biologie Marine, 17, 45-59.

Mazliadiyana M., Nazrun A. S., Isa N.M. (2017). Optimum dose of sea cucumber (*Stichopus chloronotus*) extract for wound healing. Medical Health, 12:83-89.

McElroy, S., 1990. Beche-de-mer species of commercial value - an update. SPC Beche-de-mer Information Bulletin, 2, 2-7.

Mercier, A. (2013). *Holothuria polii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013.

Meyer D.L. & Lawrence J.M. (1982) Food composition and feeding behavior of sympatric species of comatulid crinoids from the Palau Islands (western Pacific). pp. 43-9.

Mezali K. (1998) Contribution à la systématique, la biologie, l'écologie et la dynamique de cinq espèces d'holothuries aspidochirotes (*Holothuria (H.) tubulosa*, *H. (L.) polii*, *H. (H.) stellati*, *H. (P.) forskali* et *H. (P.) sanctori*) de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) de la Presqu'île de Sidi-Fredj. p. 192. Institut national des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral.

Mezali K. (2008) Phylogénie, systématique, dynamique des populations et nutrition de quelques espèces d'holothuries aspidochirotes (Holothuroidea: Echinodermata) inféodées aux herbiers de posidonies de la côte Algéroise. p. 208. Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, Algérie.

Mezali K., (1998). Contribution a systématique, biologie, l'écologie et la dynamique de cinq espèces d'holothuries aspidochirotes « *Holothuria (Holothuria) tubulosa*, *Holothuria (Lessonothuria) poli*, *Holothuria (Holothuria) stellati*, *Holothuria (Panningothuria) forskali* et *Holothuria (Platyperona) sanctori* » de l'herbier à Posidonioceanica (L) Dellile de K Presqu'île de Sidi Fredj. Thèse de magister, ISMAL, Alger. P :238-03.

Mezali K., Caulier G., Soualili D.L., Decroo C., Demeyer M., Eeckhaut I., Gerbaux P., Flammang P., 2016. Chemical characterization of saponins contained in the body wall and the Cuvierian tubules of the sea cucumber *Holothuria (Platyperona) sanctori* (Delle Chiaje, 1823). *Biochemical systematics and ecology*, 68 : 119-127.

Mezali K., Chekaba B., Zupo V. & Asslah B. (2003) Comportement alimentaire de cinq espèces d'holothuries aspidochirotes (Holothuroidea : Echinodermata) de la presqu'île de Sidi Fredj (Algérie). *Bulletin de la Société zoologique de France* 128, 49-62.

Mezali K., Soualili D.L., Neghli L. & Conand C. (2014) Reproductive cycle of the sea cucumber *Holothuria (Platyperona) sanctori* (Holothuroidea : Echinodermata) in the southwestern Mediterranean Sea : interpopulation variability. *Invertebrate reproduction & development* 58, 179-89.

Mezali, Karim. 2008. 'Phylogénie, systématique, dynamique des populations et Nutrition de quelques espèces d'holothuries aspidochirotes (Holothuroidea: Echinodermata) inféodées aux herbiers de posidonies de la côte Algéroise', Thèse de Doctorat, Université des sciences et de la technologie Houari-Boumediène.

Mezali, Karim. 2008. 'Phylogénie, systématique, dynamique des populations et nutrition de quelques espèces d'holothuries aspidochirotes (Holothuroidea : Echinodermata)

Ministère de l'agriculture, du développement rural et de la pêche (2019). Arrêté du 29 Ramadhan 1440 correspondant au 3 juin 2019 fixant la période de fermeture de la pêche du concombre de mer dans les eaux sous juridiction nationale. *Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire*, 52, 2-3.

Mohammadizadeh M., Bastami K. D., Ehsanpour M., Afkhami M., Mohammadizadeh F., Esmailzadeh M., (2016). Heavy metal accumulation in tissues of two sea cucumbers, *Holothuria leucospilota* and *Holothuria scabra* in the northern part of Qeshm Island, Persian Gulf. *Marine Pollution Bulletin*, 103(1-2):354-359.

Mohsen M., Wang Q., Zhang L., Sun L., Lin C., Yang H., (2019). Heavy metals in sediment, microplastic and sea cucumber *Apostichopus japonicus* from farms in China. *Marine Pollution Bulletin*, 143:42-49.

Mokhlesi, A., Saeidnia, S., Gohari, A.R., Shahverdi, A.R., MollazadehMoghaddam, K. and Eshaghi, N.,2011.Antibacterial, antifungal and cytotoxic activity of *Bohadschiamarmorata*, a sea cucumber from north coastal of Persian Gulf. *Pharmacologyonline*, 3, 1029-1038.

Mona MH, Omran NE, Mansoor MA and El-Fakharany ZM:2012.Antischistosomal effect of holothurin extracted from some Egyptian sea cucumbers. *Pharm Biol* 50: 1144-1150, 2012

Mondol, M.A.M.; Shin, H.J.; Rahman, M.A.; Islam, M.T.2017. Sea cucumber glycosides: Chemical structures, producing species and important biological properties. *Mar. Drugs* 2017, 15, 317.

Moriarty D.J.W. (1982) Feeding of *Holothuria atra* and *Stichopus chloronotus* on bacteria, organic carbon and organic nitrogen in sediments of the Great Barrier Reef. *Marine and Freshwater Research* 33, 255-63.

Morya, V.K.; Kim, J.; Kim, E.K.2012. Algal fucoidan: Structural and size-dependent bioactivities and their perspectives. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2012, 93, 71–82.

Mottett M.G., (1976). The Fishery biology and market preparation of sea cucumbers. State of Washington, Department of Fish, Technical Report, 22(2).

Mou J., Li Q., Qi X., Yang J., (2018). Structural Comparison, Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties of Fucosylated Chondroitin Sulfate of Three Edible Sea Cucumbers. *Carbohydrate Polymers*, 185:41–47.

Mourao, P.A.S.; Bastos, G.I.1987. Highly acidic glycans from sea cucumbers. *Eur. J. Biochem.* 1987, 645, 639–645.

Mourao, P.A.S.; Pereira, M.S.; Pavão, M.S.; Mulloy, B.; Tollefsen, D.M.;1996. Mowinckel, M.C.; Abildgaard, U. Structure and anticoagulant activity of a fucosylated chondroitin sulphate from echinoderm. Sulphated fucose branches on the polysaccharide account for its high anticoagulant action. *J. Biol. Chem.* 1996, 271, 23973–23984.

Mulloy, B.; Mourão, P.A.S.;2000. Gray, E. Structure/function studies of anticoagulant sulphated polysaccharides using NMR. *J. Biotechnol.* 2000, 77, 123–135.

Muniain, C., Centuriòn, R., Careaga, V.P. and Maier, M.S., 2008. Chemical ecology and bioactivity of triterpene glycosides from the sea cucumber *Psolus patagonicus* (Dendrochirotida: Psolidae). *Journal of the Marine Biological Association*, 88(4), 817-823.

Murray A.P., Muniain C., Seldes A.M. & Maier M.S. 2001. Patagonicoside A: a novel antifungal disulfated triterpene glycoside from the sea cucumber *Psolus patagonicus*. *Tetrahedron*, 57: 9563-9568.

Muscat A. (1983). Population dynamics and the effects on the in fauna of the deposit feeding holothurian *Parastichopusparvimensis* (Clark). Ph. D. Thesis, Univ. of Southern California: 1-328

N.W. Tietz and B. D. Andresen, 1986.*Textbook of Clinical Chemistry*, Saunders, Philadelphia, Pa, USA, 1986.

N.W. Tietz, C. A. Burtis, and E. R. Ashwood, 1994.*Tietz Textbook of Clinical Chemistry*, Saunders, Philadelphia, Pa, USA, 1994.

N.W. Tietz, P. Finley, E. Pruden, and A. Amerson, 1990.*Clinical Guide to Laboratory Tests Saunders*, Saunders, Philadelphia, Pa, USA, 1990.

Neghli, Larbi, and Karim Mezali. 2019. 'Algeria's sea cucumber fishery: Challenges for a new fishery', SPC Beche-de-mer Information Bulletin, 39: 71-75.

Nigrelli, R.F.; Jakowska, S. 1960. Effects of Holothurin, a steroidsaponin from the Bahamian sea cucumber (*Actinopyga agassizi*), on various biological systems. Ann. N. Y. Acad. Sci. 1960, 90, 884–892.

Nithyanandan, N. (2003). Sea cucumbers : A resource in peril. Indiscriminate fishing of sea cucumber in Indian Seas has led to their over exploitation. Samudra November: 24-26.

O. Y. Althunibat, R. B. Hashim, M. Taher, J. M. Daud, M.-A. Ikeda, and B. I. Zali, 2009. "In vitro antioxidant and antiproliferative activities of three Malaysian sea cucumber species," European Journal of Scientific Research, vol. 37, no. 3, pp. 376–387, 2009.

O'Hara T.D., Hugall A.F., Thuy B. & Moussalli A. (2014) Phylogenomic resolution of the class Ophiuroidea unlocks a global microfossil record. Current Biology 24, 1874-9.

Omran, N. E.-S., (2013). Nutritional Value of Some Egyptian Sea Cucumbers. African Journal of Biotechnology, 12:35.

Pangestuti R., Arifin Z., (2018). Medicinal and Health Benefit Effects of Functional Sea Cucumbers, Journal of Traditional and Complementary Medicine, 8(3):341–51.

Pawson, David L. 1969. 'Holothuroidea from Chile report no. 46 of the Lund University Chile expedition 1948–1949', Sarsia, 38 : 121-46.

Pennings B., Groen B.B., van Dijk J.W., de Lange A., (2013). Minced beef is more rapidly digested and absorbed than beef steak, resulting in greater postprandial protein retention in older men. The American Journal of Clinical Nutrition, 98:121-128.

Pratama W.W., Nursyam H., Hariati A.M., Islamy R. A., HASAN V., (2020). Proximate analysis, amino acid profile and albumin concentration of

various weights of Giant Snakehead (*Channa micropeltes*) from Kapuas Hulu, West Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(3).

Preston, G (1993). Bêches-de-mer. In: *Nearshore Marine Resources of the South Pacific: Information for Fisheries Development and Management*. A. Wright and L. Hill, (eds), Honiara, Forum Fisheries Agency, 371–407 p.

Programme des Nations Unies pour l'environnement 2003. / Programme des Nations Unies pour l'environnement/Organisation mondiale de la santé "UNEP/WHO" ., 2003. Deuxième rapport sur les points chauds de pollution en Méditerranée: Partie II: Rapports par pays révisés. Réunion des Coordonnateurs nationaux pour le MED POL, Sangemini Italie, UNEP(DEC)MED WG., 231 p

Purcell S., Samyn Y., Conand C., (2012). Commercially important sea cucumbers of the world. FAO, Rome (Italy).

Purcell S.W. & Wu M. (2017) Élevage à grande échelle d'holothuries de sable (*Holothuria scabra*) dans des bassins d'aquaculture multitrophique intégrée au sud de la Chine. *LA BÊCHE-DE-MER*, 9.

Purcell S.W. (2004) Rapid growth and bioturbation activity of the sea cucumber *Holothuria scabra* in earthen ponds. *Proceedings of Australasian Aquaculture* 1, 244.

Purcell S.W. et al., 2013. Sea cucumber fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. *Fish. 14*: 34–59.

Purcell S.W., (2010). Managing sea cucumber fisheries with an ecosystem approach. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical*, 520:1–171.

Purcell S.W., (2014a). Value, Market Preferences and Trade of Bêche-De-Mer from Pacific Island Sea Cucumbers. *PLoS ONE*, 9(4): 95075.

Purcell S.W., Conand C., Uthicke S. & Byrne M. (2016b) Ecological roles of exploited sea cucumbers. In: *Oceanography and marine biology* (pp. 375-94. CRC Press.

Purcell SW, Mercier A, Conand C, Hamel J-F, Toral-Granda V, Lovatelli A, Uthicke S. 2013 Sea cucumber fisheries: global review of stock status, management measures and drivers of over fishing. *Fish Fish.*14,34–59. (doi:10.1111/j.1467-2979.2011.00443.x

Purcell SW, Polidoro BA, Hamel J-F, Gamboa RU, Mercier A. 2014 The cost of being valuable: predictors of extinction risk in marine invertebrates exploited as luxury sea food. *Proc. R. Soc. B* 281: 20133296. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.3296>

Purcell, S., Samyn, Y. and Conand, C. (2012). Commercially important sea cucumbers of the world. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

- Qin Z., Jing-feng W., Yong X., Yi W., Sen G., Min L., Chang-hu X., (2008).** Comparative study on the bioactive components and immune function of three species of sea cucumber. *Journal of Fishery Sciences of China*, 15(1):154-159.
- R. Paliwal, V. Sharma, S. Sharma, and S. Yadav, 2011.** "Antineoplastic effect of administration of *Moringa oleifera* Linn amelioration of DMBA-induced renal carcinogenesis in Swiss albino mice," *Biology and Medicine*, vol. 3, no. 2, pp. 27–35, 2011.
- Rafiuddin S., (2004).** Impact of Developing Concrete Materials on Alkali Silica Reaction (Doctoral dissertation, University of Dundee).
- Rao G. H., (2018).** Arachidonic Acid Metabolism, Thrombosis, and Stroke. *Journal of Cardiology & Cardiovascular Therapy*, 11(1):1–3.
- Rasolofonirina, R. & Conand, C. (1998).** Sea cucumber exploitation in the Tuléar region of south-east Madagascar. *SPC, Bêche-de-mer Bulletin* 10 : 10–14.
- Rhoads, D. C., & Young, D. K. (1971).** Animal-sediment relations in Cape Cod Bay, Massachusetts II. Reworking by *Molpadia oolitica* (Holothuroidea). *Marine Biology*, 11(3), 255-261. <https://doi.org/10.1007/BF00401273>
- Ridzwan B.H., Kaswandi M.A., Azman Y. & Fuad M. 1995.** Screening for antibacterial agents in three species of sea cucumbers from coastal areas of Sabah. *General Pharmacology*, 26: 1539-1543.
- Riguera R. 1997.** Isolating bioactive compounds from marine organisms. *Journal of Marine Biotechnology*, 5: 187-193.
- Roberts, D., A. Gebruk, V. Levin, and B. A. D. Manship. 2000.** 'Feeding and digestive strategies in deposit-feeding holothurians', *Oceanography and Marine Biology*, 38 :257-310.
- Robinson G., Lovatelli A., (2015).** Global sea cucumber fisheries and aquaculture: FAO's input over the past few years. *FAO Aquaculture Newsletter*, 53:55–57.
- Rogers A., Hamel J.F. & Mercier A. (2018)** Pearlfish *Carapus bermudensis* from the sea cucumber *Holothuria mexicana* in Belize (Central America). *SPC beche-de-mer Information Bulletin* 38.
- Rowe F.W.E. & Richmond M.D. (1997)** Echinodermata, Echinoderms. A Guide to the Seashores of Eastern Africa and the Western Indian Ocean Islands. Department for research cooperation, The SEA Trust, Zanzibar, 294-300.
- S. R. Fahmy and S. A. H. Hamdi, 2011.** "Curative effect of the Egyptian marine *Erugosquilla massavensis* extract on carbon tetrachloride-induced oxidative stress in rat liver and erythrocytes," *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, vol. 15, no. 3, pp. 303–312, 2011.

S. Reitman and S. Frankel, 1957. “Acolorimetric method for the determination of serum glutamic oxalacetic and glutamic pyruvic transaminases,” *The American Journal of Clinical Pathology*, vol. 28, no. 1, pp. 56–63, 1957.

S. W. Purcell, Y. Samyn, and C. Conand, 2012. *Commercially Important Sea Cucumbers of the World*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 2012.

S.-W. Park, C.-H. Lee, S. K. Yeong 2008 “Protective effect of baicalin against carbon tetrachloride-induced acute hepatic injury in mice,” *Journal of Pharmacological Sciences*, vol. 106, no. 1, pp. 136–143, 2008.

Sachithanathan K., 1972- South Pacific Islands Bêche- de-mer fishery. F.AO., Fi : DP RAS, Rome, 69, 102. 11 : 32 p.

SadeghVishkaei M., Ebrahimpour A., Abdul-Hamid A., Ismail A., Saari N., (2016). Angiotensin-I Converting Enzyme (ACE) Inhibitory and Anti-Hypertensive Effect of ProteinHydrolysate from *ActinopygaLecanora* (SeaCucumber) in Rats. *Marine Drugs*, 14(10):176.

Saito M., Kunisaki, N., UranoN., Kimura S. (2002). Collagen as the major component of edible sea cucumber (*Stichopus japonicus*). *Journal of Food Science*, 67:1319-1322.

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

Samyn Y., Vandon Spiegel D., Degreef J., 2006. Taxonomie des holothuries des comores, In ABC Taxa, Vol 2, p.130, Bruxelles.

Samyn, Y. (2013). *Holothuria tubulosa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013.

Santos R., Dias S., Pinteus S., Silva J., Alves C., TecelaoC., Pedrosa R. & Pombo A. 2016. Seacucumber *Holothuria forskali*, a new resource for aquaculture? Reproductive biology and nutraceutical approach. *Aquaculture Research*, 47: 2307-2323.

Saville-Kent W., 1893 . The great Barrier Reef of Australia its products and potentialities. W.H. Allen (ed), London: 387 p.

Sella A. & Sella M., 1940 - L'industria dei trepang. *Thalassia*, 4, 1 : 116 p

Sellem, F ; brabmi , Z ; mnasser, H ; Balkiss Bouhaouala-Zahar, B ; Rafrafi, S . 2017 Antimicrobial activities of coelomic fluid and body wall extracts of the edible Mediterranean sea cucumber *Holothuria tubulosa* Gmelin, *CHIERS BIOLOGIE MARINE*.; 58 (2) ,181-188 ; DOI: 10.21411/CBM.A.479839A5.

Shanskij YD, Ershov YA and Pechennikov VM. 2009. A method for evaluation of therapeutic dose of doxorubicin hydrochloride using breast tumor cell culture MCF-7. *Bull Exp Biol Med* 148: 464-467, 2009 (In English, Russian).

Shi S., Feng W., Hu S., Liang S., An N., Mao Y., (2016). Bioactive Compounds of Sea Cucumbers and Their Therapeutic Effects. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 34(3):549–58.

Sicuro B., Levine J., (2011). Sea cucumber in the Mediterranean :apotential species for aquaculture in the Mediterranean. *Review of Fishery Science*, 19:299-304.

Sicuro B., Piccinno M., Gai F., Abete M.C., Danieli A., Daprà F., Mioletti S., (2012). Food quality and Safety of Mediterranean Sea Cucumbers *Holothuria tubulosa* and *Holothuria polii* in SouthernAdriaticSea. 7:851–859

Sila A., Bougatef A., (2016). Antioxidant Peptides from Marine By-Products: Isolation, Identification and Application in Food Systems. A Review, *Journal of Functional Foods*, 21:10–26.

Slater, M. J., Jeffs, A. G., & Sewell, M. A. (2011). Organically selective movement and deposit-feeding in juvenile sea cucumber, *Australostichopus mollis* determined in situ and in the laboratory. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 409(1-2), 315-323. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2011.09.010>

Slimane Tamacha F., Soualili D. L., et Mezali K., 2019. Reproductive biology of *Holothuria (Roweothuria) poli* (Holothuroidea: Echinodermata) from Oran Bay, Algeria. *SPC Beche de- Mer Information Bulletin* 39:47–53 p.

Slimane-Tamacha, Farah, and Karim Mezali. 2017. 'Etude du développement macroscopique des gonades du "concombre de mer" *Holothuria (Platyperona) sanctori* (Holothuroidea: Echinodermata) dans la baie d'Oran', VIIème Journées Scientifiques de la faculté SNV, Mostaganem.

Smith, A.C. A proposed phylogenetic relationship between sea cucumber Polian vesicles and the vertebrate lymphoreticular system. *J. Invertebr. Pathol.* 1978, 31, 353–357.

Steven Purcell, et al, « Nouvelles formes de produit, de conditionnement et de commercialisation des holothuries tropicales et de leurs composés dérivés », *La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS N°34 - Août 2014*

Stutterd, E. and Williams, G. (2003). The future of bêche-de-mer and trochus fisheries and aquaculture in Australia. Final report to the Fisheries Resources Research Fund. February 2003

T. Yasumoto, K. Nakamura, and Y. Hashimoto 1967. “A new saponin holothurin isolated from the sea cucumber *Holothuria vagabunda*,” *Agricultural Biology and Chemistry*, vol. 31, p. 7, 1967.

Tahri Y., (2014). Données biométrique et indices physiologiques chez les *holothuries* aspidochirotes: *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788) de la côte ouest oranaise(Algérie).Magister en sciences de l'environnement marin. Biologie et PollutionMarines.Université d'Oran. 90p

Taiyeb-Ali T.B., Zainuddin S.L.A., Swaminathan D., Yaacob H., (2003).Efficacy of “Gamadent” Toothpaste on the Healing of Gingival Tissues: A Preliminary Report. Journal of Oral Science, 45(3):153–59.

Tanaka H. (1992) Sea cucumber culture in Japan. SPC, Bêche-de-mer Bulletin 4, 18-20.

Tanikawa E., (1955a). Studies on the protein of the meat of seacucumber(*StichopusJaponicus*[Selenka]). Mem. Fac. FishHokkaidoUniversity.

Tanikawa E., (1955b). Studies on the nutritive value of the meat of sea cucumber (*Stichopus*Selenka). Research Report of the Department of Fisheries, Hokkaido University, 5:338.TechniquesBiologie Marine, 65:1-86.

Tawali A.B., Asfar M., Mahendradatta M., Tawali S., (2018).comparison of proximate composition, aminoacid, vitamin, and mineral contents of wholefish powder and fish protein concentrate from local indonesiansnakeheadfish (*Channastriatus*). Carpathian Journal of Food Science &Technology, 7(3)

Telahigue K., Chetoui I., Rabeh I., Romdhan MS., Cafsi ME., (2010). Comparative fattyacid profiles in edible parts of wildscallops from the Tunisian coast. Food Chemistry, 122:744–746

Thierry LAVITRA : IH.SM ; Université de Tuléar ; BP : 141 ; 601-Tuléar ; Madagascar. E-mail :lavitra_thierry@yahoo.fr

Tian M., Xue C., Chang Y., Shen J., Zhang Y., Li Z., Wang Y., (2020).Collagen fibrils of sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) are heterotypic. Food Chemistry, 316:126272.

Tian, F.; Zhang, X.; Tong, Y.; Yi, Y.; Zhang, S.; Li, L.; Sun, P.; Lin, L.; Ding, J. PE 2005.A new sulfatedsaponinfromseacucumber, exhibits anti-angiogenic and anti-tumoractivities in vitro and in vivo. Cancer Biol. Ther. 2005,4, 874–882.

Tian, F.; Zhu, C.; Zhang, X.; Xie, X.; Xin, X.; Yi, Y.; Lin, L.; Geng, M.; Ding, J. 2007. Phalinopside E, A new sulfatedsaponinfromseacucumber, blocks the interaction between kinase insert domain-containingreceptor (KDR)and avb3 integrin via binding to the extracellulardomain of KDR. Mol. Pharmacol. 2007, 72, 545–552.

Tipper, J.P.; Lyons-Levy, G.; Atkinson, M.A.L.; Trotter, J.A.2002.Purification, characterization and cloning of tensilin, the collagen-fibril binding and tissue-stiening factor fromCucumariafrondosadermis. Matrix Biol.2002, 21, 625–635.

Tolon, Mustafa Tolga, and SerhatEngin. 2019. 'Gonadal development of the holothurian *Holothuria polii* (DelleChiaje, 1823) in spawning period at the Aegean Sea(Mediterranean Sea)', SuÜrünleri Dergisi,36 : 1-1.

Tong, Y.; Zhang, X.; Tian, F.; Yi, Y.; Xu, Q.; Li, L.; Tong, L.; Lin, L.; Ding, J.2005. Philinopside A, a novel marine-derived compound possessing dual anti-angiogenic and anti-tumoreffects. Int. J. Cancer 2005, 114, 843–853.

Toral-Granda V. (2002) Document de Travail Situation Biologique et Commerciale des Concombres de Mer des Familles Holothuriidae et Stichopodidae. 12e session de la Conférence des Parties (CdP12; Santiago).

Toral-Granda V., (2006b). Situation biologique et commerciale des concombres de mer des familles Holothroidae et Stichopodidae. CITES Workshop on the conservation of sea cucumbers , Lima (Perou) (Doc 16), 32 p.

Toral-Granda V., Lovatelli A. &Vasconcellos M. (2008) Sea cucumbers. A global review on fisherytrade. Beche-de-merInfor. Bull 27, 4-6.

Toral-Granda, M. V.y P. C. Martinez. 2007. Reproductive biology and population structure of the sea cucumber *Isostichopusfuscus* (Ludwig, 1875) (Holothuroidea) in Camano, Galapagos Islands, Ecuador. Mar. Biol. 151:2091-2098.

Toral-Granda, MV.andMartínez, PC. (2004). Population density and fishery impacts on the sea cucumber *Isostichopusfuscus* in the Galápagos Marine Reserve. Pp. 91–100. In:Lovatelli A, Conand C, Purcell S, Uthicke S, Hamel J-F and Mercier A (eds). Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management. FAO, Rome, Fisheries Technical Paper No. 463. 425 pp.

Toral-Granda, V. (2006). Situation biologique et commerciale des concombres de mer des famillesHolothuriidae et Stichopodidae. AC22 Doc. 16 Annexe (CITES)

Tortonese E. 1965 (ed). *Echinodermata*. Calderini: Bologna, 422 pp.

Tripoteau L., (2015). Valorisation des coproduits de l'holothurie *Cucumariafrondosa* par l'étuded'extraits bioactifs et approche écotoxicologique des métabolites secondaires relargués en situationde stress (Doctoral dissertation).

Tripoteau, L.;Bedoux, G.; Gagnon, J.; Bourgougnon, N.2005.In vitro antiviral activities of enzymatichydrolysatesextractedfrombyproducts of the Atlantic holothurian*Cucumariafrondosa*. Process Biochem. 2015, 50, 867–875.

Trotter, J.A.; Lyons-Levy, G.; Chino, K.; Koob, T.J.; Keene, D.R.; Atkinson, M.A.L.1999. Collagenfibrilaggregation-inhibitorfromseacucumberdermis. Matrix Biol. 1999, 18, 569–578.

Trotter, J.A.; Lyons-Levy, G.; Thurmond, F.A.; Koob, T.J.1995. Covalent composition of collagenfibrilsfromthederms of the seacucumber, *Cucumariafrondosa*,

a tissue with mutable mechanical properties. *Comp. Biochem. Physiol. Part Physiol.* 1995, 112, 463–478.

Tuwo, A. (2004). Status of sea cucumber fisheries and farming in Indonesia. p. 49-55. In: Lovatelli, A., Conand, C., Purcell, S., Uthicke, S., Hamel, J. F. & Mercier, A. (eds) *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. Fisheries Technical Paper No. 463. FAO, Rome.

Ustyuzhanina N.E., Bilan M.I., Dmitrenok A.S., Borodina E.Y., Nifantiev N.E., Usov A.I., (2018). A Highly Regular Fucan Sulfate from the Sea Cucumber *Stichopus horrens*, *Carbohydrate Research*, 456:5–9.

Ustyuzhanina, N.E.; Bilan, M.I.; Dmitrenok, A.S.; Shashkov, A.S.; Nifantiev, N.E. 2017; Usov, A.I. The structure of a fucosylated chondroitin sulfate from the sea cucumber *Cucumaria frondosa*. *Carbohydr. Polym.* 2017, 165, 7–12.

Vanden Spiegel D Massin C (2006) Taxonomie des holothuries des Comores. *Abc Taxa*

Venugopal V., (2008). Marine Habitat and Resources. In *Marine Products for Healthcare: Functional and Bioactive Nutraceutical Compounds from the Ocean*. 1 Ed. CRC Press Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA, 528 pp.

Venugopal, V. Marine Habitat and Resources. 2009. In *Marine Products for Healthcare: Functional and Bioactive Nutraceutical Compounds from the Ocean*; Venugopal, V, Ed.; CRC Press Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA, 2009; pp. 23–50.

Villasin J. & Pomoroy C.M. 2000. Antibacterial activity of extracts from the body wall of *Parastichopus parvimensis* (Echinodermata: Holothuroidea). *Fish and Shellfish Immunology*, **10**: 465-467.

W. El Kholy, H. Serag, A. Zakaria, and A. El Metwaly, 2013. “The Potency of some natural products on dimethyl benz (a) antheracene (DMBA) induced hepatotoxicity in rats,” *The Egyptian Journal of Hospital Medicine*, vol. 53, pp. 1036–1048, 2013.

W. H. Habig, M. J. Pabst, and W. B. Jakoby, 1975. “Glutathione S-transferases: the first enzymatic step in mercapturic acid formation,” *The Journal of Biological Chemistry*, vol. 249, no. 22, pp. 7130–7139, 1974.

Wang H., Xue Z., Liu Z., Wang W., Wang F., Wang Y., Song L., (2018). A novel C-type lectin from the sea cucumber *Apostichopus japonicus* (AjCTL-2) with preferential binding of D-galactose. *Fish & Shellfish Immunology*, **79**: 218-227.

Wang Z., Zhang H., Yuan W., Gong W., Tang H., Liu B., Krohn K., Li L., Yi Y. & Zhang W. 2012. Antifungal nortriterpene and triterpene glycosides from the sea cucumber *Apostichopus japonicus* Selenka. *Food Chemistry*, **132**: 295-300

- Wang, Y.; Su, W.; Zhang, C.; Xue, C.; Chang, Y.; Wu, X.; Tang, Q.; Wang, J. 2012.** Protective effect of sea cucumber (*Acaudinamolpadioides*) fucoidan against ethanol-induced gastric damage. *Food Chem.* 2012, 133, 1414–1419.
- Wang, Y.; Wang, J.; Zhao, Y.; Hu, S.; Shi, D.; Xue, C. 2016.** Fucoidan from sea cucumber *Cucumaria frondosa* exhibits anti-hyperglycemic effects in insulin-resistant mice via activating the PI3K/PKB pathway and GLUT4. *J. Biosci. Bioeng.* 2016, 121, 36–42.
- Weber A. (2015)** Etude écologique et génétique du complexe d'espèces cryptiques *Ophioderma longicauda* (Ophiuroidea : Echinodermata) : comparaison entre lignées incubantes et lignées produisant des larves planctoniques.
- Wen J., Hua C., Fan S., (2010).** Chemical composition and nutritional quality of sea cucumbers. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90(14):2469-2474.
- Weng A, Thakur M, Beceren-Braun F, Bachran D, Bachran C, Riese SB, Jenett-Siems K, Gilibert-Oriol R, Melzig MF and Fuchs H. 2012.** The toxin component of targeted anti-tumor toxins determines their efficacy increase by saponins. *Mol Oncol* 6: 323-332, 2012.
- Xing Kun, Shilin Liu, Hongsheng Yang, Mingzhu Zhang et Yi Zhou, 2012.** Elevage en cages d'*holothurians Apostichopus japonicus* transférées en Chine méridionale (archipel de Shengsia) La Bêche de mer, *Bulletin de la CPS N° 32-* (33-38).
- Xu D., Su L. and Zhao P., (2015).** In Chapter 21-*Apostichopus japonicus* in the Worldwide Production and Trade of Sea Cucumbers, in *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, H. Yang J.-F. Hamel and A. Mercier, Eds., Elsevier, 383–98 p.
- Xu J., Duan J., Xue C., Feng T., Dong P., Sugawara T., Hirata T., (2011).** Analysis and comparison of glucocerebrosides species from three edible sea cucumber using liquid chromatography-ion trap-time-of-flight mass spectrometry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59:12246–12253.
- Y. Xu, J. Chen, X. Yu 2010.** “Protective effects of chlorogenic acid on acute hepatotoxicity induced by lipopolysaccharide in mice,” *Inflammation Research*, vol. 59, no. 10, pp. 871–877, 2010.
- Yan, M.; Tao, H.; Qin, S. 2016.** Effect of enzyme type on the antioxidant activities and functional properties of enzymatic hydrolysates from sea cucumber (*Cucumaria frondosa*) viscera. *J. Aquat. Food Prod. Technol.* 2016, 25, 940–952.
- Yanagisawa T and Yasumasui. 1991.** *Aguroc*, Suzuk N. ET Motokawa T. 1991 *Biology of Echinodermata*.
- Yayli, N. 2001.** Minor saponins from the sea cucumber *Cucumaria frondosa*. *Indian J. Chem. Sect. B Org. Med. Chem.* 2001, 40, 399–404.

Yayli, N.; Findlay, J.A.1999.A triterpenoidsaponinfromCucumariafrondosa. *Phytochemistry* 1999, 50, 135–138.

Yin J., Yang X., Xia B., Yang Z., Wang Z., Wang J., Guo, S. (2019). The fucoidan from sea cucumber *Apostichopusjaponicusattenuates* lipopolysaccharide-challengedliverinjury in C57BL/6J mice. *Journal of FunctionalFoods*, 61:103493.

Youssef N.M., (2017).Effect of sea cucumbers *Holothuria atra*extract on liver and kidneyfunctions in rats. *Journal of Egyptian Academic Society for EnvironmentalDevelopment. D, EnvironmentalStudies*, 18(1):1-9.

Yu S, Ye X, Chen L, Xie X, Zhou Q, Lian XY and Zhang Z. 2015. Cytotoxic and anti-colorectal tumor effects of sulfated saponins from sea cucumber *Holothuria moebii*. *Phytomedicine* 22: 1112-1119, 2015.

Yu S, Ye X, Huang H, Peng R, Su Z, Lian XY and Zhang Z. 2015. Bioactive sulfated saponins from sea cucumber *Holothuria moebii*. *Planta Med* 81: 152-159, 2015.

Yuan W.P., Liu C.H., Wang X.J., Meng X.M., Xia X.K., Zhang M.S., Hu W., (2010).Evaluation and analysis of nutritional composition of different parts of sea cucumber *Apostichopusjaponicus*.*Science and Technology of Food Industry*, 2010.

Zamora, L. N., &Jeffs, A. G. (2011).Feeding, selection, digestion and absorption of the organic matter frommussel waste by juveniles of the deposit-feeding sea cucumber, *Australostichopusmollis*. *Aquaculture*, 317(1-4), 223-228. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.04.011>

Zhang H., Wang J., Liu Y., Gong L., Sun B., (2016). Rice bran proteins and their hydrolysates modulate cholesterol metabolism in mice on hypercholesterolemicdiets. *Food & function*,7(6):2747-2753.

Zhang, Y., Qiao, L., Liang, X., & Zhang, T. 2016.Seacucumber (*Apostichopusjaponicus*) ameliorates high-fat diet-inducedhyperlipidemia by modulating bile acidsynthesis and cholesterolmetabolism. *Journal of agricultural and foodchemistry*, 64(50), 9490-9498.

Zhao Y., Li B., Liu Z., Dong S., Zhao X., Zeng M., (2007). Antihypertensive Effect and Purification of an ACE Inhibitory Peptide from Sea Cucumber Gelatin Hydrolysate. *Process Biochemistry*,42 (12):1586–91.

Zhao Y.C., Xue C.H., Zhang T.T., Wang Y.M. (2018).Saponins from sea cucumber and theirbiological activities. *Journal of agricultural and food chemistry*, 66(28):7222-7237.

Zhong Q., Wei B., Wang S., Ke S., Chen J., Zhang H., Wang H., (2019). The Antioxidant Activity of Polysaccharides Derivedfrom Marine Organisms: An Overview. *Marine Drugs*, 17(12):674.

Zhong, Y.; Khan, M.A.; Shahidi, F. 2007. Compositional Characteristics and Antioxidant Properties of Fresh and Processed Sea Cucumber (*Cucumaria frondosa*). *J. Agric. Food Chem.* 2007, 1188–1192.

Zou, Z.; Yi, Y.; Wu, H.; Wu, J.; Liaw, C.; Lee, K. 2003. Intercedensides A–C, three new cytotoxic triterpene glycosides from the sea cucumber *Mensamaria intercedens* Lampert. *J. Nat. Prod.* 2003, 66, 1055–1060.

Annexe

Annexe



Espèce de *holothuria leucospilota* (Krim .H et Basri. I, 2023)

Source :

Ces photos ont été prises dans port de honaine

ملخص

يعد خيار البحر حيواناً بحرياً تم استخدامه لعدة قرون في الطبخ الآسيوي التقليدي والطب لعلاج الأمراض المختلفة. تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الخصائص الدوائية لخيار البحر وتقييم إمكاناته العلاجية. للقيام بذلك، قمنا بإجراء مراجعة منهجية للأدبيات العلمية حول هذا الموضوع، واختيار 4 دراسات. قمنا بتجميع البيانات الخاصة بالتركيب الكيميائي والتأثيرات البيولوجية والتطبيقات السريرية لخيار البحر، وأظهرت النتائج أن خيار البحر يحتوي على مواد فعالة لها مضادات الأكسدة، ومضادة للالتهابات، ومضادة للبكتيريا، ومضادة للأورام، ومضادة للفطريات. لذلك يمكن استخدام خيار البحر كمكمل غذائي أو دواء طبيعي للوقاية من الأمراض المختلفة أو علاجها. ومع ذلك، هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات لتأكيد فعالية وسلامة خيار البحر لدى البشر، كما أنه مصدر للثروة الاقتصادية للبلدان التي تصطاده أو تزرعه. لديها طلب كبير في السوق الدولية، وخاصة في الصين، ويمكن أن تؤكل طازجة أو مجففة أو مخللة أو مقلية.

تساهم هذه الدراسة في إثراء المعرفة حول خيار البحر وزيادة الوعي بضرورة الحفاظ عليه واستغلاله الطبي والاقتصادي الرشيد.

الكلمات المفتاحية: خيار البحر - الفوائد الطبية - الثروة الاقتصادية

Summary:

The sea cucumber is a marine animal that has been used for centuries in traditional Asian cooking and medicine to treat various diseases. This study aims to analyze the pharmacological properties of sea cucumber and to assess its therapeutic potential. To do this, we carried out a systematic review of the scientific literature on the subject, selecting 4 studies. We synthesized the data on the chemical composition, biological effects and clinical applications of sea cucumber. The results show that sea cucumber contains active substances which have antioxidant, anti-inflammatory, antibacterial, antitumor, antifungal effects. , cardioprotectors, immunomodulators. Sea cucumber could therefore be used as a food supplement or natural medicine to prevent or treat various pathologies. However, further studies are needed to confirm the efficacy and safety of sea cucumber in humans, it is also a source of economic wealth for the countries that fish or cultivate it. It has a high demand in the international market, especially in China, can be eaten fresh, dried, pickled or fried.

This study contributes to enriching knowledge on the sea cucumber and to raising awareness of its preservation and its rational medicinal and economic exploitation.

Key words: Sea cucumber - Medicinal benefits - Economic wealth

Résumé

Le concombre de mer est un animal marin qui est utilisé depuis des siècles dans la cuisine et la médecine traditionnelle asiatique pour traiter diverses maladies. Cette étude vise à analyser les propriétés pharmacologiques du concombre de mer et à évaluer son potentiel thérapeutique. Pour ce faire, nous avons effectué une revue systématique de la littérature scientifique sur le sujet, en sélectionnant 4 études. Nous avons synthétisé les données sur la composition chimique, les effets biologiques et les applications cliniques du concombre de mer. Les résultats montrent que le concombre de mer contient des substances actives qui ont des effets antioxydants, anti-inflammatoires, antibactériens, anti tumoraux, antifongique, cardioprotecteurs, immunomodulateurs. Le concombre de mer pourrait donc être utilisé comme un complément alimentaire ou un médicament naturel pour prévenir ou traiter diverses pathologies. Cependant, des études supplémentaires sont nécessaires pour confirmer l'efficacité et l'innocuité du concombre de mer chez l'homme, il est également une source de richesse économique pour les pays qui le pêchent ou le cultivent. Il a une forte demande sur le marché international, surtout en Chine, peut être consommé frais, séché, mariné ou frit.

Cette étude contribue à enrichir les connaissances sur le concombre de mer et à sensibiliser à sa préservation et à son exploitation rationnelle médicinale et économique

Mots clé : Holothurie - Bienfaits médicinaux - Richesses économique