

République Algérienne Démocratique et Populaire

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



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

SAHRAOUI Saadia et HAOUACHE Zoulikha

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET
CONTINENTALE**

Spécialité: Ressources Halieutiques

THÈME

**Les besoins nationaux en termes de
maîtrise de la reproduction artificielle des
holothuries à intérêt commercial**

Soutenu le /09/2020

Devant le jury composé de :

Présidente :	Dr. BELHAKEM Fadila	<u>U. Mostaganem</u>
Encadreur :	M. MEZALI Karim (Attaché de recherche)	<u>U. Mostaganem</u>
Co-encadreur :	Dr. NEGHLI Larbi	<u>CNRDPA</u>
Examineur :	Dr. BOUIDJRA Bachir Benabdellah	<u>U. Mostaganem</u>

Année universitaire : 2019-2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

{ وَهُوَ الَّذِي سَخَّرَ الْبَحْرَ لِتَأْكُلُوا مِنْهُ لَحْمًا طَرِيًّا
وَتَسْتَخْرِجُوا مِنْهُ حَبِيَّةً تَلْبَسُوهَا وَتَرَى الْفُلْكَ مَوَازِيرَ

فِيهِ

وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلِعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ }

صدق الله العظيم

سورة النحل _ الآية (14) _

AVANT-PROPOS

Le présent travail qui entre dans le cadre de la préparation au diplôme de master en hydrobiologie marine et continentale, fut initialement intitulé « **Essai d'élevage en milieu confiné de quelques espèces de concombre de mer de la région de Mostaganem** ». Au départ, l'objectif poursuivi consistait en l'étude de l'induction de la ponte chez les holothuries aspidochirotés faisant l'objet d'exploitation par la pêche professionnelle. La finalité étant la maîtrise de la reproduction artificielle en captivité de ces espèces afin de préparer les bases scientifiques pour la mise en place d'une filière holothuricole. Nous estimons en effet que l'émergence d'une telle activité apporterait, en partie, une solution à la surexploitation constatée des stocks sauvages et contribuerait à la sécurisation des emplois de la mer qui connaissent une baisse constante de revenus depuis quelques années.

Le travail de recherche bibliographique fut entamé au mois de février 2020, mais dès le mois de mars les premiers clusters de contamination au COVID-19 ont fait leur apparition dans le pays obligeant les autorités nationales à décréter, entre autres mesures de confinement, des restrictions au sein des enceintes universitaires pour tenter d'endiguer la propagation de la pandémie.

C'est ainsi qu'il fut décidé, sur consignes du Conseil scientifique de l'Université en accord avec des instructions du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, d'adapter l'objectif des études menées dans le cadre des MASTERS en fonction des réelles contraintes constatées sur le terrain.

Dès lors, sans accès aux installations et laboratoires de l'université et dans l'impossibilité de mener nos expérimentations défini dans l'objectif de l'étude, il a été décidé de réorienter l'étude vers l'analyse des « **besoins nationaux en termes de maîtrise de la reproduction artificielle des holothuries à intérêt commercial** ».

Cet essai a donc été pensé comme une contribution prospective qui vise à éclairer les décideurs et les entrepreneurs voulant investir dans la filière, leur fournissant des éléments de comparaison concrets issus d'expériences scientifiques menées tout autour du globe. L'étude fournit également une analyse synthétique de l'environnement aquacole en Algérie et identifie les potentialités nationales dans l'optique du développement d'une filière holothuricole.

REMERCIEMENT

Avant tout, nous remercions Allah tout puissant qui nous a guidé tout au long de nos vies, qui nous a donné le courage et la patience pour passer tous les moments difficiles, qui nous a permis d'achever ce travail et de pouvoir le mettre entre vos mains aujourd'hui.

Ce mémoire est aujourd'hui l'occasion de remercier toutes les personnes qui ont collaboré à ce travail.

Tout d'abord, nous remercions Docteur **BELHAKEM Fadila**, qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.

Nous remercions Professeur **MEZALI Karim** pour avoir acceptée d'encadrer ce travail, pour sa confiance, sa disponibilité, ses encouragements et ses précieux conseils au cours de la réalisation de ce mémoire. Sans oublier Docteur **NEGHLI Larbi** pour avoir accepté de Co-encadrer ce travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements au Docteur **BOUIDJRA Bachir** pour avoir accepté d'examiner ce manuscrit et de participer à ce jury.

Nous tenons à remercier personnellement toutes les personnes qui nous ont aidées de près ou de loin à réaliser ce modeste travail.

Nous sommes reconnaissantes à tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation et à toute personne qui nous a appris une lettre ou une phrase, qu'ils trouvent ici notre reconnaissance et un petit fruit de leurs sueurs.

Saadia et Zoulikha

Dédicace

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 mon grand père et ma grande mère

A ma tante Fouziya et sa sœur Houaria

A mes chers frères : Mohammed et Abd-Errahmane

A mes sœurs : Zahira et Khadidja

Et finalement, à mes chère(s) Zouhir, Hakima, Nawel et tous mes ami(e)s de la promotion 2019-2020

Saadía

Dédicace

*Pour tous ceux que J'aime, je dédie ce travail, ce fruit de plusieurs années, à l'homme de ma vie, mon exemple éternel, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, mon cher père « **MOHAMED** ».*

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur ma chère maman pour son amour qu'elle m'a toujours accordé en témoignage de ma reconnaissance envers sa confiance, et sa tendresse.

*A mes chers frères « **Amour** » et « **Zouheir** » pour leurs soutiens et à leurs épouses.*

*A mes chères sœurs « **Khalida** » « **Ghania** » et « **Amina** » pour l'amour qu'elles me réservent, et à leurs époux.*

A mes chers neveux et mes plus chères et plus belles nièces nos source de joie et de bonheur.

*A la mémoire de mes chers oncles « **Ahmed** » et « **Hbib** » j'aurais souhaité votre présence en ce moment pour partager ma joie, Vous êtes toujours présents dans mon cœur, Que dieu vous garde dans son vaste Paradis.*

A mes professeurs pour leur encouragement et qui n'ont épargné aucun effort ou précieux pour nous bien.

Et enfin à ceux qui m'ont aidé à réaliser ce projet.

Zoulikha

Résumé

Les holothuries sont consommées à travers le monde par différents peuples c'est pour cela la surpêche des holothuries est aujourd'hui un phénomène mondial. La reproduction artificielle et l'aquaculture offrent donc une solution.

Le commerce international du concombre de mer (bêche de mer) est considéré comme un problème de conservation important en particulier si on considère le peu d'information dont on dispose sur la gestion de la pêche aux concombres de mer au niveau mondial.

Notre travail vise à savoir les besoins nationaux qui conditionnent la reproduction artificielle des espèces d'holothuries présentant un intérêt commercial peuplant nos côtes, et répondre à la problématique : est-ce qu'on peut réaliser le projet d'holothuriculture en Algérie ?

En se basant sur des études et expériences menées dans le monde entier, notre choix s'est porté sur l'expérience italienne d'élevage de *Holothuria poli* comme modèle car elle nous est apparue la mieux adaptée.

On a indiqué quelques expériences de reproduction d'holothuries par induction de la ponte dans le monde et en méditerranée, la destination du produit final, tout le matériel nécessaire pour la réalisation d'un centre d'élevage et aussi les fermes aquacoles algérienne qui peuvent adopter le projet d'holothuriculture

A partir des expériences montrées dans cette étude, on a trouvé que le projet d'holothuriculture pourra être réalisé en Algérie notamment l'élevage *Holothuria poli*

Mots clé : Concombre de mer, Induction de la ponte, Holothuriculture, *Holothuria poli*, Algérie

ملخص

أصبح الصيد الجائر لخيار البحر ظاهرة عالمية الآن. لذا فإن التكاثر الصناعي وتربية الأحياء المائية يقدمان حلاً
تعتبر التجارة الدولية خيار البحر مسألة مهمة في مجال الحفاظ على البيئة، لا سيما بالنظر إلى المعلومات المحدودة المتاحة عن
إدارة مصائد الأسماك العالمية لخيار البحر

يهدف عملنا إلى معرفة الاحتياجات الوطنية التي تحدد التكاثر الاصطناعي لأنواع خيار البحر ذات الأهمية التجارية التي تسكن
سواحلنا ، والاجابة على المشكلة : هل يمكننا تنفيذ مشروع استزراع خيار البحر في الجزائر؟

بناءً على الدراسات والتجارب من جميع أنحاء العالم ، وقع اختيارنا على التجربة الإيطالية لتربية هولوثوريا بولي كنموذج لأنها
مناسبة بشكل أفضل للجزائر

لقد أشرنا إلى بعض تجارب تكاثر خيار البحر عن طريق تحريض التفريخ في العالم وفي البحر المتوسط ، وجهة المنتج النهائي
، جميع المواد اللازمة لإنشاء مركز تكاثر وكذلك مزارع تربية الأحياء المائية الجزائرية التي يمكنها تبني المشروع

من التجارب الموضحة في هذه الدراسة ، وجدنا أنه يمكن تنفيذ مشروع هولوثوريا في الجزائر ، ولا سيما تربية هولوثوريا
بولي

الكلمات المفتاحية: خيار البحر، تحريض التبويض، الاستزراع، هولوثوريا بولي، الجزائر

Abstract

Sea cucumbers are consumed throughout the world by different peoples that are why the overfishing of sea cucumbers is a global phenomenon today. Artificial reproduction and aquaculture offer a solution.

The international trade in sea cucumber is considered as an important conservation issue especially considering the limited information available when it comes to the management of the sea cucumber fishery globally.

Our work aims to know the national needs that condition the artificial reproduction of sea cucumber species of commercial interest inhabiting our coasts, and to respond to the problem: can we carry out the sea cucumber project in Algeria?

Based on studies and experiences from all over the world, our choice fell on the Italian experience of breeding *Holothuria poli* as a model because it is better suited for Algeria.

We have indicated some experiences of reproduction of sea cucumbers by induction of spawning in the world and in the Mediterranean, the destination of the final product, all the material necessary for the realization of a breeding center and also the Algerian aquaculture farms that can adopt the project.

From the experiences shown in this study, it was found that the holothuriculture project could be carried out in Algeria, in particular the breeding of *Holothuria poli*

Keywords: Sea cucumber, Spawning induction, Holothuriculture, *Holothuria poli*, Algeria

Table des matières

Introduction	1
I. Etude Bibliographique	3
I.1 Généralités sur les holothuries	3
I.1.1 Répartition géographique	5
I.1.2 La morphologie	5
I.1.3 Reproduction	8
I.1.4 L'alimentation	10
I.1.5 Mobilité.....	11
I.1.6 Moyens de défense	12
I.1.7 La prédation chez les holothuries	12
I.1.8 Ecologie de quelques espèces méditerranéennes d'holothuries <i>Aspidochirotida</i>	13
I.1.9 Intérêts des Holothuries	15
I.1.9.5 Situation de la pêche des holothuries au niveau mondial	16
I.1.9.6 le prix du produit	17
I.2 Aquaculture	18
I.2.1 Définition.....	18
I.2.2 Objectifs de l'aquaculture.....	18
I.2.3 Les différentes formes de système d'élevage	19
I.2.3.1 L'aquaculture extensive :	19
I.2.3.2 L'aquaculture semi-extensive ou semi-intensive :	19
I.2.3.3 L'aquaculture intensive :	19
I.2.4 Les études technico-économiques en aquaculture	19
I.2.5 Choix des paramètres techniques	20
I.2.6 Choix des paramètres économiques	21
I.3 L'aquaculture mondial	21
I.4 L'aquaculture en Algérie	22
I.4.1 Les principales espèces d'intérêt piscicole en Algérie.....	25
I.5 Holothuriculture dans le monde.....	26
I.5.1 Liste de quelques espèces d'holothuries qui ont fait l'objet d'une tentative d'élevage par région géographique	28
I.5.2 Quelques expériences de reproduction d'holothuries par l'induction de la ponte	Erreur ! Signet non défini.

I.5.2.1 Dans le monde	29
I.5.2.1.1 Par choc thermique et stimulation par séchage puis par projection d'un jet d'eau puissant	29
I.5.2.1.2 Par la combinaison entre le choc thermique et le jet d'eau	30
I.5.2.1.3 Par fécondation in vitro (utilisation de MIF).....	31
I.5.2.1.4 Par quatre méthodes (stimulation thermique, jet d'eau, mise à sec et ajout de grande quantité d'algues).....	32
I.5.2.1.5 Par stimulation thermique, stimulation des gonades, l'ajout d'algues et stimulation combinée.....	34
I.5.2.1.6 Par la stimulation thermique.....	34
I.5.2.2 En méditerranée :.....	35
I.5.2.2.1 Par le choc mécanique (sec), le choc thermique, la stimulation thermique et la combinaison	35
I.5.2.2.2 Par le choc thermique et mécanique (sec)	37
II Matériel et Méthodes	40
II.1 Présentation de la zone d'étude	40
II.2 Matériel et méthode d'élevage	41
II.2.1 La destination du produit final	41
II.2.2 Les espèces à cultiver.....	41
II.2.3 Le matériel nécessaire au centre d'élevage.....	41
II.2.4. Les principaux fonctionnaires du centre d'élevage.....	43
II.2.5 Le protocole d'élevage.....	44
II.2.5.1 La collecte des géniteurs	44
II.2.5.2 L'induction de ponte et fécondation.....	45
II.2.5.3 L'élevage larvaire.....	45
III. Résultats et discussion	48
III.1 Résultats	48
III.1.1 L'élevage des larves des holothuries <i>Bohadschia marmorata</i> et <i>Holothuria atra</i> à l'Île Maurice en 2005 (Laxminarayana, 2005)	48
III.1.2 Reproduction et élevage des larves de l'holothurie <i>Holothuria leucospilota</i> dans le nord du golfe persique en Iran 2009 (Abdul-Reza Dabbagh, <i>etal.</i> , 2011)	48
III.1.3 Essais préliminaires sur les écloséries et développement larvaire de l'holothurie, <i>Holothuria scabra</i> (Jaeger 1883), en Sultanat d'Oman, 2009-2010 (Khafan M. Al-Rashdi <i>et al.</i> ,2018)	49

III.1.4	Reproduction artificielle et élevage larvaire de trois espèces d'holothuries tropicales : <i>Holothuria scabra</i> , <i>Pseudocolochirus violaceus</i> et <i>Colochirus quadrangularis</i> au Sri Lanka, 2011-2012 (P.A.D. Ajith Kumara <i>et al.</i> , 2013).....	50
III.1.5	L'élevage de <i>Holothuria arguinensis</i> en Portugal, 2014 (Jorge A <i>et al.</i> , 2015).....	50
III.1.6	Reproduction et développement larvaire d' <i>Holothuria mammata</i> au Portugal, 2015-2016 (Jorge A <i>et al.</i> , 2018)	51
III.1.7	Reproduction et élevage de <i>Holothuria tubulosa</i> en Italie 2014-2015 (Arnold Rakaj <i>et al.</i> , 2018).....	52
III.1.8	Reproduction artificielle d' <i>Holothuria poli</i> en Italie, 2016 (Arnold Rakaj <i>et al.</i> , 2019).....	52
III.2.	Discussion	53
IV.	Conclusion	55
	Références bibliographiques	56

Liste des figures

Figure 1 : Morphologie externe d'une holothurie aspidochirote. (<i>in Samyn et al., 2006</i>).	6
Figure 2 : Anatomie interne d'une holothurie aspidochirote (<i>in Samyn et al., 2006</i>)	7
Figure 3 : Reproduction asexuée chez <i>Holothuria atra</i> (D'après Laxminarayana, 2006).	8
Figure 4 : Schéma illustrant la transformation de la larve <i>auricularia</i> (A) en <i>doliolaria</i> (B), en <i>pentactula</i>	10
Figure 5 : <i>Holothuria</i> (P.) <i>forskali</i> projetant ses tubes de Cuvier. (Photo Prise en Italie par Roberto Pillon Mai, 2011).	12
Figure 6 : <i>Holothuria</i> (H.) <i>tubulosa</i>	13
Figure 7 : <i>Holothuria</i> (R.) <i>poli</i>	14
Figure 8 : <i>Holothuria</i> (P.) <i>forskali</i> (Photo Prise en Italie par Roberto Pillon Mai, 2011).	14
Figure 9 : production aquacole mondiale d'animaux aquatiques et algues 1990_2018 (source : FAO).	22
Figure 10 : Carte d'Algérie (Google).....	40
Figure 11 : Schéma d'rganigramme de l'entreprise (Ranaivoson. M, 2010).....	44
Figure 12 : Comportement particulier des mâles <i>H. scabra</i> lors de la reproduction (à gauche) et expulsion du sperme (à droite) (P.A.D. Ajith Kumara <i>et al.</i> , 2013)	50
Figure 13 : Reproduction de l' <i>Holothurie mammata</i> : (a) frai du mal : tentacule (tent), papilles (pap) et sperme (s). (b) ponte de femelle: œufs (e) (Jorge A <i>et al.</i> , 2018)	51

Liste des tableaux

Tableau 1: Classification taxonomique de <i>Holothuroidea</i>	4
Tableau 2 : Classification taxonomique de la classe <i>Holothuridea</i> (Kerr et Kim, 2001)	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 3 : Quantité estimée des captures d'holothuries dans le monde (FAO, 2008).	17
Tableau 4 : prix de quelques espèces d'holothuries à Madagascar (JAOTOMBO Abélien, 2009).....	17
Tableau 5 : Principales actions menées pour le développement de l'aquaculture en Algérie (Belhadj et Rachedi., 2007).	23
Tableau 6 : Liste de quelques espèces d'holothuries ayant fait l'objet d'une tentative d'élevage	25
Tableau 7 : Quelques expériences d'holothuriculture menées dans différentes régions du globe	38
Tableau 8 : Les instruments nécessaires au centre d'élevage	41
Tableau 9 : Le matériel nécessaire au centre d'élevage.....	42
Tableau 10 : Le mobilier nécessaire au centre d'élevage	42
Tableau 11 : liste et nombre du personnel (Ranaivoson. M, 2010)	43
Tableau 12 : Déroulement de la ponte et de l'évolution des larves de <i>B. marmorata</i> et d' <i>H. atra</i> (Laxminarayana, 2005)	48
Tableau 13: Développement du <i>H. leucospilota</i> , de la fécondation au stade juvénile de 1 mm (n.d. = données non disponibles, sont les périodes fixes des stades : stade initial de pentactula et stade de fixation) (Abdul-Reza Dabbagh, et al., 2011).	49

Liste des abréviations

FAO: Food Agriculture Organization

An: Année

Ar: Ariary

°C: Celsius

Cm: Centimètre

CNRDPA : Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de
l'Aquaculture

DA: Dinar Algérien

G:gramme

H. : Holothuria

H:heure

Ha: Hectare

J:jour

Kg: Kilogramme

L:litre

m: mètre

mm: millimètre

mL: millilitre

µm: micromètre

MIF: fractions induisant la maturation

n: effectif

nb : nombre

nd : non disponible

PMMA: Poly méthyle methacrylate

RAS : Système d'aquaculture recyclé

s: seconde

t: tonne

UV : Ultraviolet

Introduction

Avec l'augmentation de la demande et la pression exercée par la pêche au cours des dernières décennies, le risque d'effondrement des stocks d'un large nombre d'espèces d'holothurie devient une fatalité (Anderson *et al.*, 2011 ; Purcell *et al.*, 2013)

La récolte de ces invertébrés marins s'effectue dans le monde entier, cependant la majeure partie de la production est principalement consommée en Chine et au Japon où elles sont considérées comme des mets de luxe (Kinch *et al.*, 2008 ; Purcell *et al.*, 2012; Toral-Granda *et al.*, 2008). En outre, les concombres de mer ont également une longue histoire en tant que produit traditionnel utilisé par certaines populations asiatiques comme médicament grâce à leurs nombreux effets bénéfiques et leur large potentiel pharmacologique qui intéresse aujourd'hui la médecine moderne (Bordbar *et al.*, 2011; Dakrory *et al.*, 2015; Janakiram *et al.*, 2015).

La nature sédentaire de ces animaux, faciles à collecter en plus d'une forte demande du marché, rendent les concombres de mer vulnérables à la surexploitation (Purcell *et al.* 2013, 2010)

Ainsi dans de nombreux pays la surexploitation met les stocks naturels en danger et menace la biodiversité des communautés benthiques (Purcell *et al.*, 2016). L'aquaculture semble constituer une solution viable pour surmonter l'exploitation sauvage pour la consommation humaine, ainsi que pour fournir le secteur biomédical, pharmacologique et le secteur des nutraceutiques (Anderson *et al.*, 2011; Benkendorff, 2009). De plus, les juvéniles élevés en écloserie pourraient être utilisés pour reconstituer les stocks reproducteurs sauvages (Bell and Nash, 2004; Eriksson *et al.*, 2012)

Face à l'interdépendance de la croissance du commerce mondial, la recherche pionnière sur l'holothuriculture a également été élaborée dans les régions où le concombre de mer n'est pas consommé directement.

Dans les régions méditerranéennes, des espèces telles que *Holothuria polii*, *Holothuria tubulosa* et *Holothuria mammata* deviennent de nouvelles cibles pour la pêche professionnelle (González-Wangüemert *et al.*, 2014, 2015, 2018).

Dans ces régions l'intérêt pour ce marché connaît une expansion rapide en raison de la valeur du produit et l'absence de mesures de gestion de la pêche (González-Wangüemert *et al.*, 2018 ; González-Wangüemert and Domínguez-Godino, 2016). La surexploitation est donc l'un des plus grands problèmes

Etude bibliographique

touchant les stocks naturels de concombre de mer auxquels devront faire face de nombreux pays méditerranéens ayant développé la pêche aux concombres de mer.

A titre indicatif, la pêche non réglementée des *H. tubulosa* et *H. poli* a été signalée dernièrement le long de toute la côte italienne (Ansa, 2016) Cela a conduit le ministère italien des politiques agricole, alimentaire et forestières (MIPAAF) à émettre un moratoire sur la pêche des concombres de mer par le biais de l'ordonnance 156/2018. Et c'est dans ce cadre-là que, l'exploitation potentielle de *Holothuria poli* a été proposée pour l'aquaculture comme une opportunité pour diversifier la production de fruits de mer tout en limitant les dommages causés par la pêche.

Les projets d'aquaculture sont des projets rentables, c'est pourquoi l'idée d'holothuriculture émerge pour promouvoir l'investissement et disposer le produit élevé à des prix abordable, générer de la richesse, créer des emplois et réduire le chômage.

L'Algérie, qui fait face au même défi que les autres pays de la région en termes de surexploitation des stocks sauvages, est considéré parmi les pays côtiers d'Afrique riches en ressources halieutique abritant plusieurs types d'élevage aquacoles à l'exception de l'élevage des holothuries qui n'existe pas encore.

C'est pourquoi on se pose la question est-ce qu'on peut réaliser un projet d'holothuriculture en Algérie ?

I. Etude Bibliographique

I.1 Généralités sur les holothuries

Le terme Echinoderme provient du grec « Echinodermata » et signifie littéralement « peau épineuse » (Echino = épineux ; Derme = peau ; **Lambert, 1997**). Ces échinodermes regroupent les étoiles de mer (*Asteroidea*), les oursins (*Echinoidea*), les concombres de mer (*Holothuroidea*), les crinoïdes (*Crinoidea*) et les ophiures (*Ophiuroidea*) (**Baker et al., 1986**). Dans le règne animal, les Echinodermes qui dénombrent environ 7000 espèces se distinguent par 3 caractéristiques principales : un système aquifère (système composé de canaux permettant la motricité, l'alimentation, la respiration et l'excrétion des déchets), une symétrie pentaradiée, et un squelette interne calcaire (**Lambert, 1997**).

Les holothuries, ou concombres de mer, représentent plus de 1100 espèces à travers le monde (**Beirne et al., 2001**) et forment un groupe très ancien. En effet, les concombres de mer actuels sont le résultat de 400 millions d'années d'évolution (**Lambert, 1997**). Ils sont caractérisés par un corps mou pourvu de muscles circulaires et longitudinaux, et un squelette fait de spicules de calcite.

Cette classe est subdivisée en 3 sous-classes : *Apodacea*, *Aspidochirotacea*, *Dendrochirotacea* (Tab.02).

Il existe six ordres taxonomiques d'holothuries, mais la majorité des espèces commerciales appartiennent à l'ordre *Aspidochirotida* (Tab. 01) et certains aux *Dendrochirotida* (**Conand, 2006**).

Tableau 1: Classification taxonomique de *Holothuridea*

Règne	Animal
Embranchement	<i>Echinodermata</i>
Sous-embranchement	<i>Echinozoa</i>
Classe	<i>Holothuroidea</i>
Sous-classe	<i>Aspidochirotacea</i>
Ordre	<i>Aspidochirotida</i>

Etude bibliographique

Tableau 2 : Classification taxonomique de la classe *Holothuroidea* (Kerr et Kim, 2001).

Sous-classe	Ordre	Famille		
<i>Dendrochirota</i>	<i>Dendrochirota</i>	<i>Ypsilothuriidae</i>		
		<i>Vaneyellidae</i>		
		<i>Rhopalodiidae</i>		
		<i>Psolidae</i>		
		<i>Paracucumidae</i>		
		<i>Placothuriidae</i>		
		<i>Heterothyonidae</i>		
		<i>Selerodactylidae</i>		
		<i>Cucumariidae</i>		
		<i>Phyllophoridae</i>		
		<i>Apodacea</i>	<i>Molpadiida</i>	<i>Molpadiidae</i>
				<i>Caudinidae</i>
				<i>Gephyrothuriidae</i>
<i>Eupyrgidae</i>				
<i>Aspidochirota</i>	<i>Apodida</i>	<i>Synaptidae</i>		
		<i>Chirodotidae</i>		
		<i>Myriotrochidae</i>		
		<i>Aspidochirota</i>	<i>Holothuriidae</i>	
			<i>Stichopodidae</i>	
	<i>Mesothuriidae</i>			
	<i>Synallactidae</i>			
	<i>Deimatidae</i>			
	<i>Elasipodia</i>	<i>Lactmogonidae</i>		
		<i>Elpidiidae</i>		
<i>Psychoropotidae</i>				
<i>Pelagothuriidae</i>				

Etude bibliographique

I.1.1 Répartition géographique

Les Holothuries se trouvent dans de nombreux biotopes marins à toutes les latitudes, des zones intertidales aux plus grandes profondeurs. Elles sont généralement benthiques à l'exception de certaines Elapipodes pélagiques. Bien que certaines espèces se trouvent sur les substrats durs (roches, anfractuosités, récifs coralliens) ou en épibiose sur des végétaux ou des invertébrés. Elles sont surtout caractéristiques des fonds meubles, pouvant vivre soit à leur surface, soit, de manière temporaire ou permanente, dans le sédiment, n'exposant que leurs tentacules. La répartition géographique des différents groupes occupants les zones littorales est marquée par la prédominance de l'ordre *Aspidochirotida* dans les zones intertropicales et celle des Dendrochirotes aux latitudes tempérées et élevées. Leur diversité est maximale dans les zones littorales tropicales (**Conand, 1994**).

I.1.2 La morphologie

I.1.2.1 La morphologie externe :

Le corps des Holothuries peut être cylindrique, prismatique, déprimé, ovoïde ou vermiforme, mais sa forme varie suivant qu'il est contracté ou non. La symétrie bilatérale qui se traduit extérieurement par la présence de pôles antérieur (oral) et postérieur (aboral) est masquée par la disposition de 5 zones radiaires ou ambulacraires alternant avec 5 zones interradiaires ou interambulacraires qui s'étendent longitudinalement de la bouche à l'anus (**Tortonese et Vadon, 1987**).

Les zones ambulacraires sont aussi appelées radius. Trois de ces radius sont situés sur la face ventrale (trivium) qui peut être légèrement aplatie et former une sole, tandis que les deux autres sont situés sur la face dorsale (bivium). Bouche et anus sont terminaux ou subterminaux sur la face dorsale ou ventrale (**Tortonese et Vadon, 1987**).

Une couronne de 10 à 30 tentacules buccaux, de tailles égales, sont disposés en un seul cercle autour de la bouche. Ils ont une forme de bouclier ou de parapluie (avec une rosette de lobes à leur extrémité), arborescente (avec des ramifications primaires et secondaires), plumeuse (avec des prolongements des deux côtés) ou digitée (avec un petit nombre de prolongements en forme de doigt à leur extrémité).

Etude bibliographique

Les tentacules sont des tubes ambulacraires ou podias modifiés et peuvent donc être plus ou moins dilatés. Les podias sont soit éparpillés sur toute la surface de l'animal, soit disposés en rangées plus ou moins régulières le long des radius. Ils peuvent manquer chez quelques espèces. Les podias dorsaux sont souvent coniques, sans ventouse, et sont alors appelés papilles. (Tortonese et Vadon, 1987)

Le tégument est souvent épais et dur. La forme des spicules dermiques est très variable et peut être utilisée comme caractère de détermination spécifique. (Tortonese et Vadon, 1987).

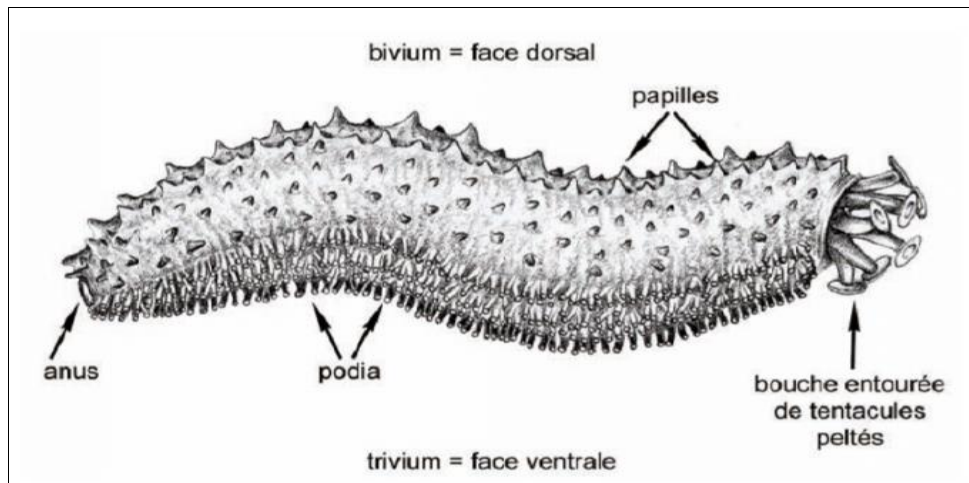


Figure 1 : Morphologie externe d'une holothurie aspidochirote. (in Samyn *et al.*, 2006).

I.1.2.2 Morphologie interne (Fig. 02)

Car notre travail est basé sur les holothuries à intérêt commercial, c'est pour cela on a choisi l'ordre Aspidochirotida à cause de leur intérêt commercial.

I.1.2.2.1 Système digestif

Le système digestif est classique chez l'ordre Aspidochirotida, il commence par les tentacules, et se continue par la bouche, puis l'oesophage, ensuite la région stomacale. Tout de suite il y a un rétrécissement de l'intestin. De tout le système, l'organe le plus illustre est l'intestin qui s'enroule à l'intérieur du cœlome. Cela décrit une boucle bien définie, puisqu'il descend d'abord vers la partie postérieure (un intestin mince), en parcourant la région médiodorsale, tout de suite il se courbe et remonte vers la partie antérieure ; il redescend ensuite le long de la région medio-. Fréquemment l'intestin et le rectum contiennent des grains de sable. (Carmen Hernández Sámano, 2010).

Etude bibliographique

I.1.2.2.2 Système nerveux

Le système nerveux est constitué comme chez tous les échinodermes d'un anneau nerveux péri-stomacal, circulaire ou pentagonal, duquel partent cinq nerfs radiaux qui innervent tout le corps et notamment les aires ambulacraires

I.1.2.2.3 Appareil reproducteur

Une seule gonade existe libre dans le cœlome et formée par une ou deux touffes de tubes, ramifiés ou non. Un simple gonoducte, relié par le mésentère dorsal au gonopore, situé sur la ligne médiane dorsale avant l'anneau tentaculaire immédiatement (**Hendler *et al.*, 1995 ; Ruppert et Barnes, 1996**). Comme la maturation progresse, la paroi épithéliale de la gonade subit des changements marqués (épaississement et convolution) qui permettent une augmentation significative de la surface pour le développement des gamètes (**Costelloe, 1985 ; Cameron et Fankboner, 1986**).

La morphologie ramifiée de la gonade présente des variations entre les familles, et des espèces de la même famille et même entre les populations (tubules, des nodules, sacs), dans la forme, la longueur, le degré de ramification, l'épaisseur et même le stade de développement (**Smiley, 1988 ; Hamel et Mercier, 1996 ; Sewell *et al.*, 1997 ; Foglietta *et al.*, 2004**).

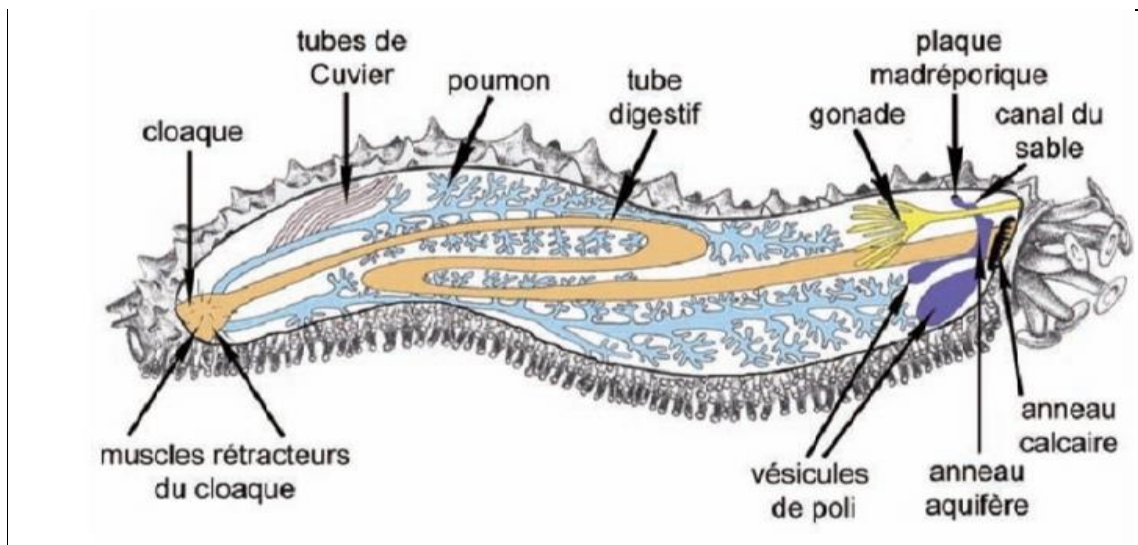


Figure 2 : Anatomie interne d'une holothurie aspidochirote (*in Samyn *et al.*, 2006*)

Etude bibliographique

I.1.3 Reproduction

Généralement, les holothuries sont à sexes séparés (gonochoriques) et ne présentent pas de dimorphisme sexuel. Il est à cet effet impossible de discerner extérieurement les mâles des femelles (**Battaglène, 1999a ; Mercier *et al.*, 2000b**).

Pour la quasi-totalité des espèces, elles pondent librement leurs œufs dans l'eau de mer où la fécondation a lieu (fécondation externe). Une reproduction asexuée se rencontre chez au moins une dizaine d'espèces d'holothurie (**Conand, 1989, 2006a ; Uthicke, 2001c**) parmi lesquelles figurent *Holothuria edulis* (**Lesson, 1830**) ; *Holothuria leucospilota* (**Brandt, 1835**) ; *Stichopus chloronotus* (**Brandt, 1835**) ; *Holothuria atra* (**Jaeger, 1833**) et *Holothuria parvula* (**Selenka, 1867**) (**Conand et De Ridder, 1990 ; Harriot 1982 ; Emson et Mladenov, 1987**). Ce mode de reproduction se fait surtout par scission transversale du corps (**Fig. 3**).

La plupart des espèces qui se reproduisent de la sorte le font en impliquant une torsion du corps et/ou un étirement (**Uthicke, 2001c**).

Des études plus récentes ont montré qu'il serait possible de l'induire chez certaines espèces (**Reichenbach et Hollway, 1995**) telles que chez *Bohadschia marmorata* (**Jaeger, 1833**) et *Holothuria atra* (**Laxminarayana, 2006**), chez *Holothuria arenicola* (**Kilada *et al.*, 2000 ; Razek *et al.*, 2007**) et même chez *Holothuria scabra* (**Lokani *et al.*, 1995**) chez qui, cependant, l'existence d'une reproduction asexuée de façon naturelle n'a jamais été rapportée dans la littérature.

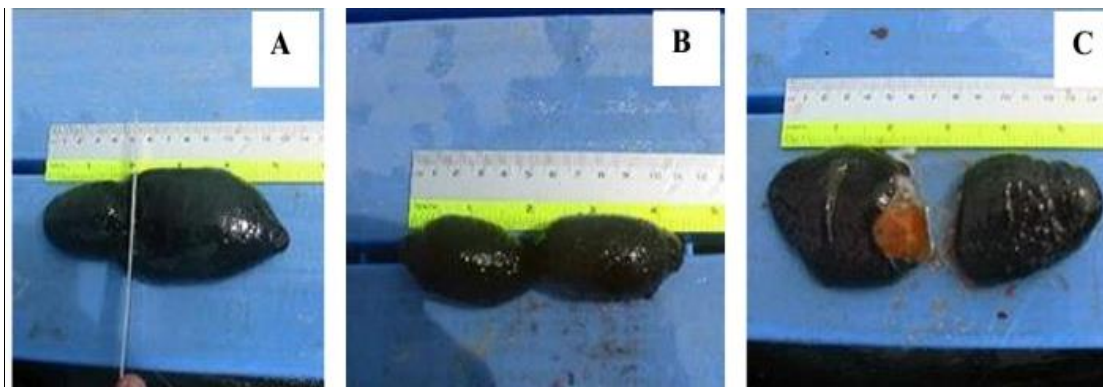


Figure 3 : Reproduction asexuée chez *Holothuria atra* (D'après Laxminarayana, 2006).

A. Zone de constriction avant la division ; B. Processus de division en deux parties ; C. Deux portions issues de la division.

Etude bibliographique

Le cycle de reproduction d'*H. scabra* a largement été étudié dans la région de l'Indo-Pacifique ouest. La taille des *H. scabra* à la maturité sexuelle varie largement selon les régions et les auteurs. Selon Hamel *et al.* (2001) cette grande variabilité des données est probablement due aux différentes méthodes utilisées pour déterminer cette taille. Les études du cycle gonadique ont montré que *H. scabra* présente un cycle de reproduction annuel, biannuel ou continu selon la population considérée (Morgan, 2000a ; Ramofafia *et al.*, 2003).

A Madagascar, elle présente un cycle annuel dont la ponte se produit durant la saison chaude (novembre à avril) (Rasolofonirina *et al.*, 2005 ; Lavitra *et al.*, 2006)

I.1.3.1 Ponte et développement larvaire

Plusieurs paramètres environnementaux sont susceptibles d'influencer la gamétogenèse et d'induire la ponte chez *H. scabra*. Parmi ceux-ci on retrouve les variations de salinité (Krishnaswamy et Krishnan, 1967), de température (Conand, 1994 ; Tuwo, 1999 ; Battaglione, 1999a ; Morgan, 2000b) et de photopériode (Morgan, 2000b). Mercier *et al.*, 1999 a, b ; 2000 a, b) ont récemment démontré que les phases lunaires jouent un rôle majeur dans la synchronisation de la reproduction et dans l'apparition des pics de maturation gamétogénique chez *H. scabra*.

En aquaculture, plusieurs techniques ont été développées pour induire la ponte chez les holothuries ; en utilisant des stimuli artificiels tels que des extraits d'algue séchée *Schyzochytrium sp* (Battaglione, 1999b), extrait d'échinodermes «nirine» (Rasolofonirina, 2004), du KCl (Hamel et Mercier, 1996) ou du liquide cœlomique (Hamel et Mercier, 2004). La technique la plus commune est le choc thermique ; où l'on augmente la température de l'eau d'élevage de 3 à 5 ° C de manière répétitive.

Comme la plupart des espèces animales qui vivent en mer, *H. scabra* présente un développement indirect (cycle de vie biphasique) où l'embryon ne se développe pas directement pour donner un juvénile mais passe d'abord par différents stades larvaires. La première forme larvaire libre chez cette holothurie est connue sous le nom d'*auricularia*. Cette dernière, une fois compétente, se transforme en une larve *doliolaria* avant de se métamorphoser en *pentactula*, puis en juvéniles (Fig. 4)

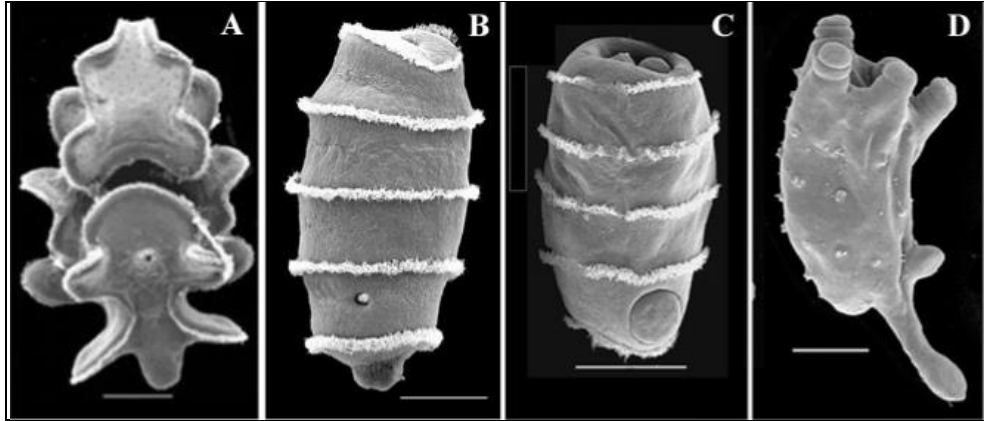


Figure 4 : Schéma illustrant la transformation de la larve *auricularia* (A) en *doliolaria* (B), en *pentactula* (C) puis en juvéniles (D). Echelle : barre =100 μ m (d'après Rasolofonirina, 2004).

I.1.4L'alimentation

Les holothuries se nourrissent à l'aide de leurs tentacules arborescents et collants qui sont adaptés, soit à collecter le sédiment ou les dépôts organiques recouvrant des substrats durs, soit à filtrer le plancton (Nichols, 1969; Fischer, 1987; Massin et Van Den Spiegel, 1990 In Mezali, 2008).

Elles se nourrissent en se déplaçant sur le fond en balayant ou en creusant le substrat meuble à l'aide de leurs tentacules. Ces derniers peuvent à l'occasion former un filet collecteur de pluie de détritits (Nichols, 1969).

Concernant leur physiologie alimentaire, les holothuries sont le plus souvent microphages, psammivores et détritivores (Nichols, 1987). À ce titre, il convient de distinguer deux grands groupes: Les "suspensivores" ou "suspension feeders" et les "dépositivores" ou "deposit feeders" (Lawrence et Jangoux, 1982; Massin, 1982a et 1982b; Robert et Bryce, 1982; Massin et Doumen, 1986; Coulan *et al.*, 1991; Coulan et Jangoux, 1993 In Mezali, 2008).

Certaines espèces d'holothuries dendrochirotes "suspensivores" restent immobiles pour capturer leur nourriture en pleine eau, à l'aide de leurs tentacules dendritiques et pelto-dendritiques qui peuvent à l'occasion filtrer l'eau de mer. Elles s'alimentent de particules immobiles ou peu mobiles (Hyman 1955; Massin, 1982a; Billett, 1991 In Mezali, 2008).

En eau côtière, les holothuries "suspensivores" capturent le phytoplancton, le zooplancton, les protozoaires et la matière organique en suspension (Massin, 1982a et 1982b In Mezali,

Etude bibliographique

2008). Les juvéniles des holothuries sont aussi des "suspension-feeders" (Billett, 1991 In Mezali, 2008). Les holothuries "déposivores" appartenant aux genres aspidochirotés, apodides, malpodides et elasipodides, ingèrent le sédiment et le matériel détritique superficiel non vivant (Coulon et al, 1991; Coulon et Jangoux, 1993 In Mezali, 2008), pour les particules nutritives qu'il contient et les microorganismes comme les bactéries (Yingst, 1976; Moriarty, 1982; Birkland, 1988 In Mezali, 2008), les cyanobactéries (Sournia, 1976 In Mezali, 2008), les organismes de la méiofaune (Berthon, 1987 In Mezali, 2008), les microalgues et les fragments des phanérogames marines (Massin et Jangoux, 1976; Traer, 1980; Verlaque, 1981 In Mezali, 2008).

Le "concombre de mer" se nourrit, en s'aidant de ses tentacules péribuccaux, ramifiés, courts, aplatis en cuillère et hérissés de papilles sensibles. Il avale le sédiment, retient les particules organiques et rejette les éléments minéraux comme le sable sous forme de fèces. Le comportement alimentaire et le taux d'ingestion de ces organismes benthiques influent de façon significative sur la bioaccumulation des particules chimiques et organiques (Lappanen 1995 In Mezali, 2008). Ce comportement inclut des processus comme la sélection alimentaire, la manipulation, l'ingestion, la digestion et l'assimilation (Massin, 1982b In Mezali, 2008).

I.1.5 Mobilité

Bien que les holothuries soient considérées comme sédentaires, il est possible d'observer un gradient de mobilité entre les espèces presque immobiles, et celles capables de se déplacer assez rapidement grâce à des contractions musculaires (Conand, 1991).

Plusieurs espèces présentent des rythmes nycthéméraux marqués, en relation avec la nutrition (Yamanouchi, 1939 ; Hammond, 1982a).

Certaines espèces associent l'enfouissement à l'alimentation (Conand, 1991).

Pendant des cycles de 24 heures, le suivi de quelques individus permet de déterminer la distance parcourue et la vitesse moyenne par heure, ou par jour (Conand, 1994).

Les valeurs suivantes ont, ainsi, été obtenus pour ces espèces:

- *Stichopus japonicus*: 5-20 cm / heure, soit 1,4 à 4,7 m / jour (Levin, 1982)
- *Stichopus californicus*: 4 m / jour (Da Silva et al., 1986).
- *Holothuria mexicana*: 4,5 à 5,8 m / jour (Hammond, 1982b).
- *Lstiostichopus badionotus*: 4,0 à 4,4 m / jour (Hammond, 1982b).

Etude bibliographique

- *Stichopus parvimensis* (sur sable): 50 cm / heure (Muscat, 1983).
- *Stichopus parvimensis* (sur rocher): 10 cm / heure (Muscat, 1983).

I.1.6 Moyens de défense

Les holothuries se sont adaptées à de nombreuses menaces en termes de prédation menant à l'évolution de métabolites secondaires spécifiques possédants de nombreuses activités biologiques. Elles ont développé une large gamme de mécanismes anti-prédation (Bingham *et al.*, 1986; Lawrence, 1987): une peau très épaisse et toxique, un corps capable de gonfler et de se durcir, l'auto-éviscération ou autotomie, une capacité de nage, des activités nocturnes, les tubes de Cuvier qui entravent les prédateurs (Fig.05) ou encore des comportements d'enfouissement (Francour, 1997).

Les saponines substances complexes synthétisées par les holothuries, semblent constituer le mécanisme le plus efficace pour faire face aux prédateurs (Van Dyck *et al.*, 2011). Les saponines sont délétères pour la plupart des organismes et fonctionnent probablement comme barrière chimique dissuadant les prédateurs (Caulier *et al.*, 2011).



Figure 5: *Holothuria* (P.) *forskali* projetant ses tubes de Cuvier.

I.1.7 La prédation chez les holothuries

Les concombres de mer ont peu d'ennemis naturels, seulement quelques prédateurs tels que les crabes, étoiles de mer et certain poisson tel *Solaster* qui ne consomment que d'autres échinodermes comme le concombre de mer. Cependant, sont communes les associations entre les holothuries et d'autre organismes commensaux tels que les crabes et les poissons. Ces

Etude bibliographique

derniers restent en général dans le cloaque ; entrant ou sortant de l'animal quand le sphincter anal s'ouvre (**Calva, 2002**).

Parmi les échinodermes, les holothuries présentent la classe la plus infestées par les parasites. Les parasites sont toujours dangereux pouvant provoquer la mort de l'hôte, dans certains cas (**Jangoux, 1990**).

Selon une étude sur les maladies des échinodermes (**Jangoux, 1990**), plus d'un tiers des parasites des échinodermes vivent sur ou dans les holothuries. Les principales parties du corps souffrant des infestations sont le système digestif et le cœlome (**Jangoux, 1990**).

Les organismes répertoriés comme des parasites des holothuries sont certaines bactéries qui causent des ulcérations de la peau (**Backer, 2002**), les champignons les protozoaires qui vivent dans l'intestin et le système respiratoire, et les métazoaires comme les plathelminthes (**Barel et Kramer, 1997**).

I.1.8 Ecologie de quelques espèces méditerranéennes d'holothuries *Aspidochirotida*

I.1.8.1 *Holothuria (Holothuria) tubulosa*

Essentiellement littorale, *Holothuria (H.) tubulosa* (Fig.8) est l'une des espèces les plus communes de la méditerranée (**Azzolina et Harmelin, 1989 In Mezali, 2008**). Cette espèce peut être retrouvée entre -0.5 et -100 m de profondeur et fréquente différents biotopes tel que : sable, vase, sous les pierres, à la base des rochers côtiers ainsi qu'au niveau de l'herbier à *Posidonia oceanica* (**Mezali, 2004b ; 2008**). *Holothuria (H.) tubulosa* est souvent associées à *Holothuria (R.) poli* dans l'herbier de Posidonies ou sur le fond rocheux (**Francour, 1990**).



Figure 6 : *Holothuria (H.) tubulosa*

Etude bibliographique

I.1.8.2 *Holothuria (Roweothuria) poli*

Holothuria (R.) poli (Fig.9) est une espèce essentiellement méditerranéenne et littorale, vivant entre 0 et -12 m de profondeur et peut même être retrouvée entre -80 et -250 m de profondeur (Cherbonnier, 1956 In Mezali, 2008). Cette espèce fréquente des biotopes très variés : sable, vase détritique, roche, Caulerpe et herbier de Posidonies (Francour, 1984).



Figure 7 : *Holothuria (R.) poli*

I.1.8.3 *Holothuria (Panningothuria) forskali*

Holothuria (P.) forskali (Fig.8) est une espèce Atlantico-méditerranéenne qui se retrouve jusqu'à -100 m de profondeur, bien qu'elle soit considérée comme espèce littorale (Azzolina et Harmelin, 1989 In Mezali, 2008). Cette espèce habite les rebords sublittoraux et les ravins (Astall et Johns, 1991 In Mezali, 2008) ; elle est souvent retrouvée fixée sur le substrat dur, sous les rochers, entre les pierres et dans l'herbier de Posidonies (Mezali, 2008).



Figure 8 : *Holothuria (P.) forskali*.

Etude bibliographique

I.1.9 Intérêts des Holothuries

I.1.9.1 Alimentation humaine

Pêchées et / ou aqua-cultivées, les holothuries sont surtout destinées à l'alimentation humaine. Elles ont constitué une nourriture traditionnelle dans plusieurs pays d'Asie (**Conand, 1990, 2004, 2006a, 2006b**). En Chine, le tégument cuit et séché, connu sous le nom de « Bêche-de-mer » ou « trévang » est très prisé pour ses propriétés aphrodisiaque, curative et médicinale (**Preston, 1993**). Au Japon et en Corée, les holothuries se mangent crues ou après des préparations très simples (**Conand, 1990**). Dans quelques pays du Pacifique Sud, le tégument et les viscères sont consommés frais, cuits, salés ou séchés (**Shelley, 1985; Yanagisawa, 1996**). Au Japon, les holothuries découpées en fines tranches appelées localement « namako », peuvent aussi être trempées dans un mélange de vinaigre et de sauce de soja (**Akamine, 2004**). D'autres organes, comme les ovaires, les arbres respiratoires et les intestins, regroupés sous le nom général de « konowata », sont aussi appréciés par les fins gourmets asiatiques (**Conand, 1990**).

I.1.9.2 Propriétés médicinales

Outre l'alimentation humaine, les holothuries sont aussi exploitées pour leurs propriétés médicinales. Sans cholestérol, avec une teneur élevée en protéine (55% du poids sec du corps) et contenant 10-16 type de mucopolysaccharides et des saponines, les concombres de mer aideraient à réduire les douleurs arthritiques (**Poh-Sze, 2004**). Les saponines qu'elles renferment seraient, toxiques en doses importantes et présenteraient en dose homéopathique des propriétés anti-inflammatoires et anticancéreuses (**Awaluddin, 2001**). Les holothuries possèdent en outre des agents antibactériens et antifongiques (**Poh-Sze, 2004**). Le liquide cœlomique de certaines espèces d'holothuries présente une activité antioxydante (**Hawa et al., 1999**).

I.1.9.3 Intérêts environnementaux

Etant détritivores pour la plupart et suspensivores pour certaines d'entre-elles, les holothuries d'un récif corallien auraient, bien que cela n'a jamais été chiffré, des effets prépondérants sur ses communautés animale et végétale. Elles pourraient, par leur mode alimentaire, réduire la turbidité de l'eau et ainsi favoriser le développement des coraux et des algues. Les holothuries détritivores, en particulier, joueraient aussi un rôle majeur dans la pérennisation des écosystèmes littoraux des régions tropicales (**Bakus, 1973 ; Hammond, 1982**) : ces macro-détritivores participent en effet au remaniement des sédiments (**Massin, 1982a ; Wiedmeyer, 1992**) et au recyclage des déchets organiques divers (excréments, cadavres, etc.) naturellement déposés dans

Etude bibliographique

l'écosystème (**Jangoux *et al.*, 2001**). Elles s'alimentent en utilisant la matière organique (bactéries, diatomées, micro-organismes et débris divers) contenue dans le sédiment dont elles se nourrissent (**Wiedmeyer, 1995**). Fait particulier, les holothuries constituent de véritables microcosmes pour toute une faune associée comprenant des poissons, des crabes, des polychètes (**Malaval, 1994 ; Rasolofonirina, 1997 ; Hickey et Johannes, 2003 ; Eeckhaut *et al.*, 2004 ; Lyskin et Britaev, 2005**), et même des gastéropodes (**Eeckhaut *et al.*, 2004 ; Mohan et James, 2005**).

I.1.9.4 Autres intérêts

Les holothuries peuvent être incorporées dans d'autres produits comme les jus de fruits, baumes, liniments, crèmes, dentifrices, gels, lotions corporelles et savons (**Poh-Sze, 2004**).

Elles sont aussi utilisées comme poison que les pêcheurs utilisent pour capturer des poissons (**Conand, 1989**). Souvent utilisé en polyculture, notamment avec les crevettes (quelquefois avec des algues), les holothuries interviennent dans le nettoyage du bassin d'élevage, étant ainsi bénéfiques pour les organismes aqua-cultivés (**James *et al.*, 2003; Pitt et Duy, 2004; Yaqing *et al.*, 2004**).

I.1.9.5 Situation de la pêche des holothuries au niveau mondial

Au niveau mondial, la pêche aux holothuries cible principalement soixantaine d'espèces sur plus de 1100 connues à travers 70 pays (**FAO, 2012**) et commercialisées depuis plusieurs centaines d'années. L'utilisation des holothuries dans l'alimentation humaine a débuté en Chine depuis plus de 1000 ans. Face à la demande grandissante des marchés asiatiques, les holothuries ont commencé à être surexploitées à partir du 18^{ème} et du 19^{ème} 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 diverses raisons :

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

On recense 5 zones de pêche majoritaires d'holothuries au niveau mondial : Papouasie Nouvelle Guinée (Océanie), Philippines (Asie); Seychelles (Afrique et Océan Indien), les Iles

Etude bibliographique

Galápagos (Amérique Latine et Caraïbes) et la pêche de *Cucumaria frondosa* centré sur le Canada (Zones tempérés de l'hémisphère Nord).

Entre 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. Les pêches dans les zones tropicales indopacifiques sont donc majoritairement multi-spécifiques et généralement mono-spécifiques dans les zones tempérées

L'estimation des quantités d'holothuries pêchées par région est présentée dans le Tableau 03

Tableau 1 : Quantité estimée des captures d'holothuries dans le monde (FAO, 2008).

Zone géographique	Quantité récoltée (en tonnes / 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

I.1.9.6 le prix du produit

Le tableau suivant (**Tab. 04**) donne les prix de quelques espèces les plus recherchées en ordre décroissant de la valeur marchande.

Tableau 2 : prix de quelques espèces d'holothuries à Madagascar (JAOTOMBO A, 2009).

ESPECES	Prix (en ariary et dollars par pièce)
	1ariary= 0.00026 US\$
<i>Holothuria scabra</i>	12 000 Ar / 3,12 US\$
<i>Holothuria nobilis</i>	12 000 Ar / 3,12 US\$
<i>Holothuria fuscogilva</i>	12 000 Ar / 3,12 US\$
<i>Holothuria fuscopunctata</i>	9 000Ar/ 2.34US\$
<i>Thelenota ananas</i>	7 000 Ar / 1.82US\$
<i>Thelenota anax</i>	6 000 Ar / 1.56US\$
<i>Bohadschia marmorata</i>	2 000 Ar / 0.52US\$
<i>Holothuria edulis</i>	1 000 Ar / 0.26US\$
<i>Holothuria atra</i>	500 / 0.13US\$

I.2 Aquaculture

I.2.1 Définition

On définit l'Aquaculture comme étant « l'art de multiplier et d'élever les animaux et les plantes aquatiques » (BARNABE, 1991). L'Aquaculture est une activité de production de poissons, mollusques, crustacés et algues, en systèmes intensifs ou extensifs. Par aquaculture, on entend différents systèmes de culture de plantes et d'élevage d'animaux dans des eaux continentales, côtières et maritimes, qui permettent d'utiliser et de produire des espèces animales et végétales diverses et variées. Elle s'intéresse à plusieurs catégories de productions dont les principales :

- La conchyliculture concerne l'élevage des mollusques ;
- La pisciculture qui est l'élevage des poissons ;
- L'astaciculture définissant l'élevage de l'écrevisse genre astacia ;
- L'algoculture définissant la culture des algues ;
- L'échiniculture concerne l'élevage des oursins ;
- La carcinoculture concerne l'élevage des crustacés ;
- L'holothuriculture concerne l'élevage des holothuries ;

I.2.2 Objectifs de l'aquaculture

Le but fondamental, au sens commun, des activités aquacoles est de produire de la matière vivante à partir de l'élément aquatique, c'est à dire la production pour la consommation humaine d'aliments riches en protéines. Elle consiste en fait à manipuler les milieux aquatiques, naturels ou artificiels, pour réaliser la production d'espèces utiles à l'homme.

Les objectifs de l'aquaculture sont cependant relativement variés selon le contexte économique dans lequel ils s'inscrivent. Dans les pays industrialisés, c'est l'obtention de produits aquatiques très appréciés et de haute valeur commerciale que la pêche ne peut pas fournir en quantité suffisante. En Europe occidentale et au Japon c'est le Saumon, la Truite, le Loup, la Daurade, les Algues, Crevettes, Perles, ... En outre, dans ces pays il y a une forte demande sur les produits ayant des caractéristiques diététiques (faible teneur en graisse, richesse en vitamines et oligoéléments.). Dans les pays en voie de développement, l'objectif est de produire des protéines animales que les élevages traditionnels ne peuvent fournir en quantité suffisante du fait de la

Etude bibliographique

surpopulation ou de la désertification des sols. L'Inde, par exemple, connaît une production d'espèces tropicales très appréciées.

En fonction de la densité de population, du niveau de productivité envisagé et de l'apport alimentaire, apparaît un critère dénommatif définissant principalement trois types de production d'élevage : Extensif, Semi- intensif et Intensif.

I.2.3 Les différentes formes de système d'élevage

I.2.3.1 L'aquaculture extensive :

Il s'agit d'un élevage pour lequel aucun apport d'aliment n'est nécessaire, le produit d'élevage se nourrit sur le milieu dans lequel il évolue. Corollaire à ce principe les productions seront limitées par les capacités naturelles du site. Dans ce type d'exploitation, on utilise une grande surface d'eau, pour lequel un aménagement, artificiel onéreux ne peut être envisagé (**Chalabi., 1991**).

I.2.3.2 L'aquaculture semi-extensive ou semi-intensive :

Les systèmes semi-intensifs sont des systèmes d'élevage nécessitant l'intervention de l'homme (**Ewonkem et al., 2012**). Elle consiste à supplémer la nourriture naturelle que les poissons trouvent dans les étangs d'élevage avec des nourritures préparées, des déchets de l'agriculture ou de l'alimentation animale ou des activités humaines (**Barnabé., 1991**).

I.2.3.3 L'aquaculture intensive :

Ce type d'élevage concerne les cas le plus élaborés et les plus évolués techniquement (**Chalabi., 1991**). Les poissons sont élevés à haute densité dans des bassins ou cages dans lesquels toute la nourriture qu'ils consomment a été produite ailleurs (origine exogène) : c'est l'élevage dit intensif, dans lequel l'eau ne sert que comme support physique pour le poisson. Les coûts de production sont élevés et la nourriture en constitue jusqu'à 60% (**Barnabé., 1991**).

I.2.4 Les études technico-économiques en aquaculture

Par définition, l'étude technico-économique est l'étude de la faisabilité technique, de la viabilité et de la rentabilité d'un projet d'investissement, dont le résultat, permettra de déterminer si le projet est réalisable, s'il faut l'abandonner ou s'il faut l'adopter ? (**Gilles et al., 2011**).

L'étude technico-économique devient de plus en plus primordiale, car elle met en relation les flux physiques liés à l'activité de l'entreprise et les flux financiers résultant de bonnes réponses

Etude bibliographique

au besoin de vigilance sur les pratiques d'élevage et au besoin de projection dans l'avenir (**Hemidy, 1990**).

I.2.5 Choix des paramètres techniques

L'aquaculture intensive des poissons n'a débuté que très récemment et les techniques d'élevage ne sont pas encore totalement maîtrisées ni définitivement fixées. Plusieurs paramètres zootechniques vont influencer directement ou indirectement et parfois après un temps de latence important, les résultats économiques de l'entreprise. Ainsi, la technique d'élevage va souvent présenter selon les options retenues un niveau de risque plus ou moins important (**Calleja., 1995**). Donc, l'étude technique du projet s'attache à identifier et analyser en détail (**Calleja., 1995**) :

- La qualité du site sélectionné ;
- La technique d'élevage retenue ;
- Le type d'équipements choisis ;
- La qualité des réseaux de circulation des fluides ;
- Les possibilités offertes par l'installation en matière de contrôle et de régulation des paramètres d'élevage ;
- La qualité du matériel génétique ;
- Le niveau sanitaire de l'installation ;
- Le niveau du savoir-faire de l'éleveur ;
- La qualité des élevages intermédiaires (proies vivantes, algues);
- L'espèce à élever ;

I.2.5.1 Choix de l'espèce à élever :

Selon **Barnabé, (1991)**, le choix de l'espèce repose sur les critères liés à sa biologie, citant :

- La durée d'élevage ;
- L'indice de transformation de l'aliment ingéré en biomasse de poisson ;
- La charge maximale garantissant une bonne croissance ;
- La rusticité de l'espèce : qui exprime sa résistance aux conditions physico-chimiques variables, aux manipulations (tris, traitements) et aux altérations diverses des conditions d'élevage.

Etude bibliographique

I.2.5.2 Choix du site sélectionné :

Les conditions du milieu doivent répondre aux exigences biologiques de l'espèce choisie, plus le milieu offre des conditions favorables à long terme. Plus la croissance est meilleure, ainsi que le taux de transformation (**Barnabé, 1991**). Le choix du site conditionne le succès d'un élevage (**Arrignon., 1998**) :

✚ L'environnement terrestre : il est important par rapport à l'éleveur : il faut que l'éleveur soit à proximité d'une piste carrossable pour que les poissons puissent être transportés aisément et rapidement.

✚ Le sol : pour les cultures en étangs, un sol de latérite est impropre. Les terres intéressantes sont celles qui sont argilo-sableuses, faciles à creuser, à compacter et à taluter.

I.2.6 Choix des paramètres économiques

Les paramètres économiques les plus souvent retenus sont le prix des matières premières et le prix de vente des produits (**Paquette., 1994**). De plus, on peut trouver d'autres paramètres liés aux :

- ✚ Charges d'exploitation ;
- ✚ Taux d'intérêt ;
- ✚ Taux d'inflation ;
- ✚ Salaire minimum ou différentes taxes imposées à l'entreprise (**Calleja ; Paquette., 1995**)

I.3 L'aquaculture mondiale

Les dernières statistiques mondiales sur l'aquaculture établies par la FAO révèlent que la production aquacole mondiale a atteint un nouveau record en 2018, avec 114,5 millions de tonnes en équivalent poids vif d'une valeur commerciale à la sortie de l'exploitation estimée à 263,6 milliards de dollars des États-Unis (ci-après dollars), qui se répartissent comme suit :

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 d'ornement et de perles (179 000 dollars). Le poisson occupait une place prédominante dans l'élevage d'animaux aquatiques (54,3 millions de tonnes et 139,7 milliards de dollars) et provient de l'aquaculture continentale (47 millions de tonnes et 104,3 milliards de dollars) ainsi que de l'aquaculture marine et côtière (7,3 millions de tonnes et 35,4 milliards de dollars). Viennent

Etude bibliographique

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).

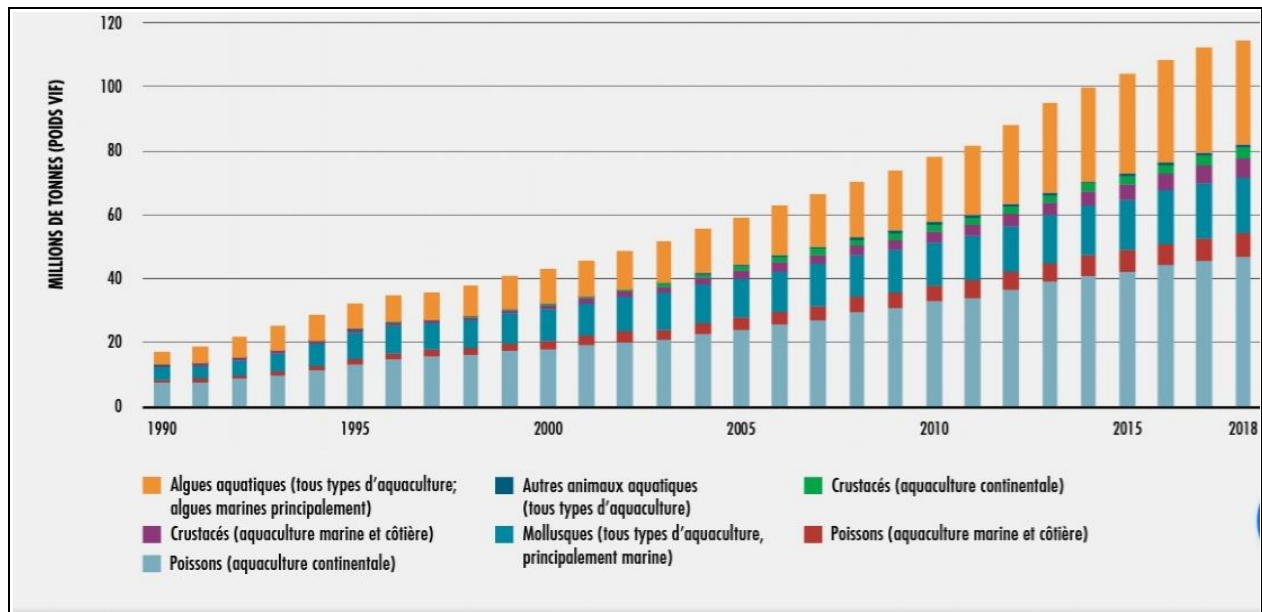


Figure 9: production aquacole mondiale d'animaux aquatiques et algues 1990_2018 (source : FAO).

I. 4 L'aquaculture en Algérie

L'aquaculture, activité récente au l'Algérie, puise néanmoins ses racines à près d'un siècle dans la région. Restreinte initialement au domaine continental, l'activité s'est étendue au milieu saumâtre et marin (Chalabi., 2005). Selon le biologiste « NOVELLA », les premiers essais ont eu lieu à l'embouchure d'Arzew en 1880.

Les potentialités hydriques algériennes sont très importantes, elles représentent plus de 100 000 hectares naturels ou artificiels, dont la majeure partie reste inexploitée (Echikh et Karali., 2005)

I.4.1 Historique

L'histoire de l'aquaculture en Algérie peut être résumée par le tableau suivant

Etude bibliographique

Tableau 3 : Principales actions menées pour le développement de l'aquaculture en Algérie (Belhadj et Rachedi., 2007).

Période	Evènement	Référence
Fin du XIX ^e siècle	Premiers inventaires de la faune et de la flore aquatique des plans dulcicoles et marins en Algérie	
Milieu du XIX ^e siècle	Introduction de la carpe en Algérie	Gauvet, 1930
1880	<ul style="list-style-type: none"> • Premier essai d'acclimatation de la Truite par le colonel Didier • Introduction de l'épinoche <i>Gasterosteusbrachycentrus</i> dans les cours d'eau de la Mitidja par les colons 	
1894	Introduction de la carpe et de la tanche à El Goléa, en plein sahara	
1894-1895	Essai d'élevage de moules à Tizgirt par Thomas	Seurat, 1927
1921	Création de la station d'aquiculture et pêche de Castiglione	Boutan, 1925
1927	Essai d'élevage d'huitres au port d'Alger	Dieuzeide et Argilas, 1928
1931	Introduction de <i>Gambusia affinis</i> par l'Institut Pasteur pour la lutte antipaludique	Gauvet, 1930
1937	Création de la station d'élevage du Ghrib	Thevenin, 1948
1939	Essai d'acclimatation de la truite <i>Salmo gairdneri</i>	
1939	Empoisonnement du barrage Ghrib par la truite <i>Macrostigma</i> issue de la station d'alevinage du Ghrib	
1941	Empoisonnement du barrage de l'Oued Fodda par la truite <i>Macrostigma</i> issue de la station d'alevinage du Ghrib	
1947	Construction de la station Hydrobiologique du Mazafran	
	Collaboration avec la chine pour la maitrise des cycles	

Etude bibliographique

Fins des années 60 début des années 70	de reproduction et de croissance de plusieurs espèces de carpes chinoises Valorisation des sites hydriques de la région d'El Kala (lac El Mellah, lac Oubeira et lac Tonga)	
1973	Amélioration des techniques de pêche et essais de conchyliculture au lac El Mellah Introduction dans le lac El Mellah de la moule (<i>Mytilus Galloprovincialis</i>) et de l'huitre (<i>Crassostrea gigas</i>)	FAO, 1982
1974	Installation d'une unité de fumage de l'anguille	
1982	Début d'exploitation de l'anguille aux lacs Tonga et Mellah	
1983 et 1984	Projet d'élevage du loup de mer (<i>Dicentrarchus labrax</i>) au lac Mellah en collaboration avec FAO (MEDRAP 01 et 02)	
1985-1986	Importation d'alevins et géniteurs de poissons omnivores phytophages et carnassiers dulcicoles pour le repeuplement des barrages et sites hydriques	Source CNDPA
1989	Implantation d'une éclosérie type mobile à Harreza	
1991	Opérations de repeuplement en carpes	Source MPRH
1999	Création du Ministère de la pêche et des Ressources Halieutiques (MPRH)	
2001	Opérations de repeuplement de plusieurs barrages et plans d'eau en larves de carpes importées de Hongrie	
2002	Importation de tilapia d'Egypte Opérations de lâchers d'alevins de carpes et de mulets	

Etude bibliographique

Les activités du secteur de la pêche et de l'aquaculture inscrite dans le programme du Gouvernement 2012-2014 ayant eu un impact direct sur le développement du secteur et sur l'amélioration des conditions socio-économique des professionnels. Partant de cette politique de développement qui est menée jusqu'à présent, le diagnostic du secteur a révélé la nécessité de définir de nouvelles priorités, et de les adapter selon une démarche prospective réaliste à horizon 2030. Actuellement, la production aquacole atteint environ 1 000 t/an (**Kara et al, 2012**).

La production aquacole actuelle provient de :

- ✚ La pisciculture marine en bassin et en cages flottantes pratiquée par des opérateurs privés.
- ✚ La conchyliculture pratiquée par des opérateurs privés produisant quelques dizaines de tonnes de moules méditerranéennes et d'huîtres creuses.
- ✚ La pêche continentale exercée par des concessionnaires privés au niveau des barrages et des retenues collinaires, pour des espèces telles que la carpe commune, les carpes chinoises, le sandre, le black bass et le barbeau.
- ✚ La pisciculture intégrée à l'agriculture exercée au niveau des exploitations agricoles par des agriculteurs, pour des espèces telles que Tilapia

La pêche lagunaire en eau saumâtre et en eau douce dans l'Est du pays qui est pratiquée par un concessionnaire privé, selon le cahier des charges signé par ce dernier, dans le cadre d'une préservation de la zone qui a un statut particulier. Les espèces capturées sont diverse (dorade royale, mullets, anguille, sole, bar européen, sar, palourde, huître, marbré, crevette caramote, carpes commune et chinoises).

I.4.2 Les principales espèces d'intérêt piscicole en Algérie

I.4.2.1 Pisciculture continentale

Ce sont généralement les poissons appartenant à la famille des cyprinidés et à la famille des cichlidés qui font l'objet de la pisciculture continentale en Algérie, parmi ces espèces on trouve :

Famille des Cyprinidae :

- Carpe commune *Cyprinus carpio* (**Linnaeus, 1758**),
- Carpe à grosse tête ou à grande bouche *Aristichthys nobilis* (**Richardson, 1845**)
- Carpe herbivore (=chinoise) *Ctenopharyngodon idellus* (**Valenciennes, 1844**)
- Carpe argentée *Hypophthalmichthys molitrix* (**Valenciennes, 1844**)

Etude bibliographique

Famille des Percidae : le Sandre *Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758)

Famille des Cichlidae : Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)

Famille des Siluridae : poisson chat *Siluris glanis* (Linnaeus, 1758)

Famille des Anguillidae : l'Anguille d'Europe *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)

I.4.2.2 Pisciculture marine

Dans la pisciculture marine algérienne, les espèces ciblées sont :

Famille des Mytilidés : Moule méditerranéenne *Mytilus galloprovincialis* et l'huitre *Crassostrea gigas* (Lamarck, 1819)

Famille des Moronidae : Le loup de mer ou Bar européen, *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758)

Famille des Sparidae : La daurade royale *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758),

Famille des Mugilidae :

- *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758)
- *Mugil auratus* (Linnaeus, 1758)

D'après nos recherches, en Algérie il n'y aurait eu aucun essai d'élevage des échinodermes (échiniculture), et particulièrement pas celui des concombres de mer (holothuriculture), et cela même s'ils sont de plus en plus demandés sur le marché et que leurs stocks naturels diminuent d'année en année.

I.5 Holothuriculture dans le monde

Les premiers essais d'élevage d'holothuries ont été réalisés au Japon où ils sont pratiqués depuis le 18e siècle (Tanaka, 1992). A cette époque, des pierres étaient 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). La véritable aquaculture industrielle a débuté en Chine dans les années quatre-vingt avec l'élevage d'une espèce tempérée très prisée *Apostichopus japonicus* (Chen, 2003). Ce n'est que depuis le début des années quatre-vingt-dix que l'aquaculture des holothuries tropicales s'est développée dans certains pays de l'Indo-Pacifique, la plus utilisée étant l'holothurie des sables, *H. scabra*.

Etude bibliographique

Actuellement, presque partout dans le monde, l'holothuriculture tient une place importante dans la filière aquacole. Grâce au perfectionnement des méthodes d'élevage, 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**). Plusieurs espèces ont été utilisées à cet effet durant les dix dernières années à titre expérimental et les résultats obtenus ne se sont pas toujours révélés positifs, principalement à cause des difficultés pour amener les élevages expérimentaux à un niveau industriel. Seules *A. japonicus* dans les pays tempérés et *H. scabra* dans les pays tropicaux semblent actuellement être prometteuses pour l'aquaculture. *A. japonicus* est l'espèce ayant la plus forte valeur marchande (**Renbo et Yuan, 2004**). Des progrès considérables ont été réalisés dans les domaines de sa reproduction et de son élevage larvaire, ce qui a favorisé le développement rapide du secteur aquacole dans le Nord de la Chine (**Yaqing et al., 2004**). Aujourd'hui, l'élevage des holothuries y est devenu une industrie florissante et la superficie des bassins qui y est consacrée, rien que dans la région de Dalian dépasse maintenant les 7.000 hectares (**Xilin, 2004 ; Yaqing et al., 2004**). On y produit plus d'un milliard de juvéniles et quelque 90.000 tonnes d'holothuries (poids frais) chaque année (**Yin-Geng et al., 2004**). *H. scabra* est aussi très intéressante en aquaculture car elle a une haute valeur commerciale, un développement larvaire contrôlable en aquaculture et une grande tolérance aux variations des conditions environnementales (**Hamel et al., 2001**). James et al. (1994a) ont produits des juvéniles d'*H. scabra* pour la première fois en Inde au début des années quatre-vingt-dix. Suivant une technique similaire, les juvéniles de cette espèce sont maintenant produits aux Maldives (**Manikandan, 2001**), aux Iles Salomon (**Bell, 1997 ; Battaglione, 1999a ; Mercier et al., 2000b**), aux Philippines (**Gamboa et al., 2004**), au Vietnam (**Pitt et Duy, 2004**) et à Madagascar (**Rasolofonirina et al., 2004**).

Etude bibliographique

I.5.1 Liste de quelques espèces d'holothuries qui ont fait l'objet d'une tentative d'élevage par région géographique

Tableau 4: Liste de quelques espèces d'holothuries ayant fait l'objet d'une tentative d'élevage

Espèces	Pays	Période	Référence
<i>Actionopyga</i>	Taiwan Guam (micronésie)	1988-1989	Chen et Chian, 1990. Preston, 1990
<i>Actionopyga mauritiana</i>	Egypte Ile salamon Ile salamon	2002-2003 1993 1999	Gabr <i>et al.</i> , 2004 Ramofafia <i>et al.</i> , 1997 Battaglène, 1999a
<i>Actinopyga miliaris</i>	Ile salamon	1999	Battaglène, 1999a
<i>Bohadshia marmorata</i>	Ile Maurice	2005	Laxminaryana, 2005
<i>Holothuria atra</i>	Ile Maurice Ile salamon	2005 1993-1994	Laxminaryana, 2005 Ramofafia et al ., 1995
<i>Holothuria fuscogilva</i>	Kiribati (Tarawa) Ile salamon	2004 1999	Friedman et Tekanene, 2005 Battaglène, 1999b
<i>Holothuria nobilis</i>	Guam (micronésie)	1988-1999	Preston, 1990
<i>Holothuria scabra</i>	Queenland Soltanate d'Oman	2004-2005 2009- 2010	Ivy et Giraspy, 2006 Khafan M. Al-Rashdi <i>et al.</i> ,2018

Etude bibliographique

	Sri lanka Sabah (Malaysia)	2011- 2012 2016	Ajith Kumara <i>et al.</i> , 2013 Noor Adzlina <i>et al.</i> , 2016
<i>Versicolor</i>	(Australie)	2004-2005	Ivy et Giraspy, 2006
<i>Isosptichopus fuscus</i>	Galapagos		Hamel <i>et al.</i> ,2003 Mercier Et al., 2004
<i>Californicus</i> <i>Stichopus horrens</i>	Hawai	1995	Saver ,1995
<i>Thelonota ananas</i>	Guam (micronésie)	1988-1999	preston, 1990
<i>Holothuria</i> <i>leucospilota</i>	Iran	2009	Abdul-Reza Dabbagh <i>et al.</i> .2011
<i>Holothuria tubulosa</i>	Italie	2014-2015	Arlond. Rakaj, et al.,2018
<i>Parastichopus</i>	Canada	1996	Sutherland.1996

I.5.2 Quelques expériences de reproduction d'holothuries par induction de la ponte

I.5.2.1 Dans le monde

I.5.2.1.1 Par choc thermique et stimulation par séchage puis par projection d'un jet d'eau puissant

L'élevage des larves des holothuries *Bohadschia marmorata* et *Holothuria atra* à l'Île Maurice en 2005 (Laxminarayana,2005):

- **Objectif**

Cette étude basée sur l'induction de la ponte par choc thermique a été réalisée chez deux espèces d'holothuries, *Bohadschia marmorata* et *Holothuria atra* afin trouver des techniques

Etude bibliographique

appropriées de reproduction, de production de semence et d'élevage de ces deux espèces *Bohadschia marmorata* et *Holothuria atra*

· **Matériels et méthodes**

On collecte des géniteurs l'holothurie sauvage et les placés dans des cuves d'une tonne remplies d'un substrat sableux de 15cm d'épaisseur pour permettre aux holothuries des s'enfourir dans le sable, il faut changer l'eau des cuves tous les jours et le sable tous les quinze jours, on verse la pâte d'algues deux fois par semaine, la densité d'animaux dans chaque cuve était de quinze à vingt adultes.

Les méthodes employées pour l'induction de la ponte chez ces deux espèces d'holothuries sont :

a) Choc thermique : Il s'agit de faire baisser la température de l'eau de mer de 3–5°C en y ajoutant de la glace, puis de plonger les holothuries dans cette cuve refroidie. Cinq minutes après, on transfère les holothuries dans une autre cuve remplie d'eau de mer filtrée à température normale (supérieure de 3 à 5°C à celle de la première cuve). Une hausse de 3 à 5°C a suffi pour provoquer la ponte. Les mâles ont lâché leur semence en premier ce qui a poussé les femelles à pondre.

b) Stimulation par séchage puis par projection d'un jet d'eau puissant : On a utilisé cette méthode avec des géniteurs qui avaient été mis en condition pendant une semaine à l'écloserie. Les holothuries ont été mises à sécher dans un endroit ombragé pendant 30 minutes. Puis on les a arrosées d'un jet d'eau de mer puissant pendant encore 30 minutes. Au bout d'une heure à une heure et demie, les animaux ont commencé à se dresser contre la paroi de la cuve et à se balancer. Les mâles ont émis leur sperme, puis 30 minutes plus tard, les femelles ont commencé à réagir. L'avant du corps des femelles, soumis à une pression interne, s'est mis à gonfler, puis la ponte a eu lieu par fortes projections d'œufs intermittentes.

I.5.2.1.2 Par la combinaison entre le choc thermique et le jet d'eau

Reproduction et élevage des larves de l'holothurie *Holothuria leucospilota* dans le nord du golfe persique en Iran 2009 (**Abdul-Reza Dabbagh, et al., 2011**):

Cette expérience basée sur l'induction de la ponte d'œufs chez l'holothurie *Holothuria leucospilota* en combinant deux méthodes : projection d'un jet d'eau et stimulation thermique.

Etude bibliographique

- **Objectif**

En Iran, les holothuries sont produites uniquement en élevages mixtes avec des crevettes, Amini Rad (2004) ayant démontré l'existence d'une synergie positive entre les deux types d'organismes. Aucune étude n'a porté jusqu'à maintenant sur techniques viable de récolte et de propagation des holothuries d'intérêt commercial de Iran. Dans ce cas l'étude cherche à adapter à l'élevage du *H. leucospilota* des méthodes utilisées ailleurs pour l'élevage de l'holothurie du sable (*H. scabra*).

Il s'agit du premier rapport d'un élevage réussi de larves de *H. leucospilota* réalisé en Iran.

- **Matériels et méthodes**

Ils ont récolté des géniteurs (0,5 m à 1,5 m de profondeur) ; et les transportées en voiture a la station de recherche, après ils ont les placés dans les cuves de 500 litres au fond recouvert d'une couche de 8cm de sable, la densité d'animaux dans chaque cuve était de dix holothuries.

Deux méthodes d'induction de la ponte utilisées sont :

a) Choc thermique : Ajout d'eau de mer chauffée afin d'augmenter la température de l'eau du bac de ponte de 5°C. Les géniteurs étaient exposés à ces conditions pendant 1 heure.

b) Exposition combinée à un jet d'eau et au choc thermique : Les holothuries étaient placées dans le bac de ponte à une profondeur de 2 cm pendant 40 minutes, puis arrosées d'un puissant jet d'eau de mer pendant 20 minutes. On augmentait ensuite la température de l'eau de 5°C pendant 1 heure. Un couvercle était placé sur le bac en attendant la ponte. Les œufs pondus étaient laissés dans le bac pendant une heure pour être fécondés par le sperme des mâles.

I.5.2.1.3 Par fécondation in vitro (utilisation de MIF)

Essais préliminaires sur les écloséries et développement larvaire de l'holothurie, *Holothuria scabra* (Jaeger 1883), au Sultanat d'Oman, 2009-2010 (**Khafan M. Al-Rashdi et al., 2018**)

Pour cette étude, 4 essais en éclosérie de maturation et la fécondation in vitro ont été réalisées en utilisant une substance artificielle de maturation extraite d'ovocytes d'oursin.

- **Objectif**

Cette expérience vise à effectuer des essais en éclosérie pour évaluer le potentiel de l'aquaculture à Oman

- **Matériels et méthodes**

Collecter 80 animaux sains pesant entre 200 à 600g, les nettoyer en douceur et les emballer à faible densité de 6-8 individus par transparent sacs en plastique remplis de 1 à 2L d'eau de mer,

Etude bibliographique

ensuite placé la collecte dans des glacières contenant de la glace sèche pour maintenir une température dans les cartons pendant le trajet de 5L à Mascate.

L'utilisation d'une substance de maturation artificielle extraite d'ovocytes d'oursin MIF « Maturation Inducing Fractions » :

- Les géniteurs ont été disséqués par une incision longitudinale sur la partie antérieure du trivium pour extraire les gonades des mâles et des femelles pour la fécondation in vitro.
- Le liquide corporel a été drainé et les gonades des mâles et les femelles ont été doucement retirées à l'aide de pinces et placé dans des béciers séparés avec l'eau de mer filtrée.
- Les gonades ont ensuite été coupées séparément en petits morceaux à l'aide de ciseaux pour libérer les ovocytes et les spermatozoïdes
- Les ovocytes ont ensuite été tamisés sur une maille de 60 µm avec l'eau de mer filtrée et placée dans des boîtes de Pétri à concentrations de 100 ovocytes / ml
- Les ovocytes ont été enduits avec la solution MIF pendant 2 heures, puis rincé à l'eau de mer filtrée
- la fertilisation a été réalisée en ajoutant quelques gouttes de suspension de sperme aux ovocytes matures.
- Les œufs fécondés ont été conservés dans un bassin peu profond sans aération jusqu'à l'éclosion des embryons

I.5.2.1.4 Par quatre méthodes (stimulation thermique, jet d'eau, mise à sec et ajout de grande quantité d'algues)

Reproduction artificielle et élevage larvaire de trois espèces d'holothuries tropicales : *Holothuria scabra*, *Pseudocolochirus violaceus* et *Colochirus quadrangularis* au Sri Lanka, 2011-2012 (P.A.D. Ajith Kumara et al., 2013) :

Au Sri Lanka, des chercheurs sont parvenus à induire la ponte chez *Holothuria scabra*, *Pseudocolochirus violaceus* et *Colochirus quadrangularis* pour la première fois à la fin de l'année 2011. Des géniteurs de ces trois espèces ont été prélevés dans leur milieu naturel et soumis à plusieurs méthodes d'induction : La stimulation thermique (modification de la température ambiante de $\pm 3-5$ °C), l'ajout de microalgues, le jet d'eau et la mise à sec.

Etude bibliographique

· Objectif

H. scabra a été prise comme objet d'étude, car elle est l'une des holothuries les plus pêchées dans le monde (**Girapy et Lvy 2005**) et représente une ressource halieutique importante pour le Sri Lanka.

De plus, elle semble être le meilleur candidat pour l'aquaculture (**James 1996 ; Battaglene et Bell 1999 ; Battaglene et al 1999**). Les deux autres espèces ont été choisies pour les raisons suivantes :

P.violaceus fait partie des espèces protégées par le règlement de protection de la faune et de la flore du Sri Lanka et *C.quadrangularis* représente un débouché à l'export sur les marchés aquariophiles.

· Matériels et méthodes

Ils ont fait le prélèvement des géniteurs et les ont transportées à la station de recherche

Les méthodes utilisées pour induire la ponte (décrites par **Natacha Agudo, 2006**) :

a) La stimulation thermique : la température de l'eau a été augmentée de 3 à 5 °C en ajoutant de l'eau de mer chaude dans le bac de ponte et en maintenant une température homogène. Les géniteurs de *H. scabra* ont été placés dans le bac, pendant 45 à 60 minutes environ ; après quoi l'eau a été remplacée par de l'eau à température ambiante. Dès que la température ambiante de l'eau de mer dépassait 32 °C, un choc thermique froid a été appliqué en plaçant des sachets de glace dans le bac.

b) Jet d'eau de mer puissant : les géniteurs ont été conservés au sec pendant 45 minutes environ avant d'être exposés au jet pendant 15 minutes. Ils ont ensuite été remis dans le bac de ponte dans une eau à température ambiante.

c) Mise à sec : les géniteurs ont été placés dans un environnement sec pendant 45 à 60 minutes environ, puis le bac a été rempli d'eau à température ambiante

d) Les microalgues *Chaetoceros spp* : (40 000 cellules ml⁻¹) ont été introduites dans le bac de ponte jusqu'à ce que l'eau devienne trouble. Au bout d'une heure, l'eau a été renouvelée à l'aide d'eau à température ambiante.

Etude bibliographique

I.5.2.1.5 Par stimulation thermique, stimulation des gonades, l'ajout d'algues et stimulation combinée

L'élevage de *Holothuria arguinensis* en Portugal, 2014 (Jorge A et al., 2015):

- **Objectif**

Cette étude vise à tester différentes méthodes d'induction de la ponte, à décrire le développement des embryons et des larves et à produire des juvéniles de cette espèce européenne à fort potentiel dans des conditions d'écloserie

- **Matériels et méthodes**

- La collecte de 115 individus de *Holothuria arguinensis*
- Le stock de géniteurs a été transféré et maintenu dans des réservoirs de 650 L à la station marine de "Ramalhete" dans d'eau de mer filtrée qui coule à température ambiante.

- L'induction de la ponte a été tentée de mai à juillet dans des réservoirs de 250 L remplis d'eau de mer filtrée à 5 µm

- Les méthodes suivantes ont été utilisées pour l'induction du frai chez *H. arguinensis* :

a) Stimulation thermique : augmentation de la température de l'eau (25 - 27 °C) du bac de frai de 3- 5 ° C au-dessus de la température ambiante, avant le placement des géniteurs dans les réservoirs, température maintenue pendant maximum 1 h 30 à l'aide de radiateurs d'aquarium.

b) Stimulation des gonades : l'ajout et le mélange de sperme des mâles frais dans le bassin de frai à température ambiante.

c) Stimulation par les microalgues : ajout d'algues unicellulaires, telles que *Tetraselmis chuii* ($2,3 \cdot 10^9$ cellules par 250 L) et *Chaetoceros calcitrans* ($8,8 \cdot 10^9$ cellules par 250 L)

d) Stimulation combinée : l'augmentation de la température plus l'ajout et le mélange de sperme des mâles frais et l'ajout des microalgues telles que *Tetraselmis chuii* et *Chaetoceros calcitrans*

- Après le frai des femelles, les œufs ont été laissés pendant une heure dans les bassins de frai pour assurer la fertilisation

I.5.2.1.6 Par la stimulation thermique

Reproduction et développement larvaire d'*Holothuria mammata* en Portugal, 2015-2016 (Jorge A et al., 2018)

Etude bibliographique

· Objectif

Cette recherche a été entreprise pour développer la reproduction et les techniques d'élevage des larves et des juvéniles pour le développement de l'aquaculture de *H. mammata*.

· Matériels et méthodes

Collecter 20 adultes de *H.mammata*, ont été transférés dans des glacières à la station marine de Ramalhete (Université de l'Algarve ; au sud du Portugal), les stocks de géniteurs ont été répartis dans deux réservoirs de 60L leur fond remplis de sédiments prélevés dans l'environnement naturel

Les géniteurs ont été nourris avec de la poudre sèche de *Zostera noltii* sur une base de 1,5% de biomasse du réservoir une fois par semaine.

Les réservoirs ont été maintenus avec de l'eau de mer filtrée et fluide à température ambiante et les géniteurs de *H. mammata* ont été placés dans des bassins de frai de 75 L rempli d'eau de mer filtrée à 5 µm.

La méthode utilisée pour l'induction de ponte :

a) la stimulation thermique : l'eau de mer du bassin de frai a été chauffée de 3 à 5 ° C au-dessus de la température ambiante (25–27 ° C) à l'aide d'un radiateur électrique.

Les géniteurs ont été maintenus dans le bassin de frai pendant un maximum de 2 heures lorsque l'induction n'était pas atteinte. L'induction de ponte a été tentée de juillet à octobre. Après la réussite de l'induction de la ponte des femelles, les géniteurs ont été retirés de la frayère et une heure plus tard, les œufs ont été collectés en siphonnant l'eau du frai au travers d'un tamis de 100 µm dans un seau.

I. 5.2.2 En méditerranée

I.5.2.2.1 Par choc mécanique (sec), choc thermique, stimulation thermique et la combinaison

Reproduction et élevage de *Holothuria tubulosa* en Italie 2014-2015 (Arnold Rakaj et al., 2018)

· Objectif

L'étude porte sur l'induction du frai, le développement larvaire et la croissance précoce des juvéniles dans des éclosiers, visant à développer un frai et protocole d'élevage de cette espèce.

Etude bibliographique

• **Matériel et méthodes**

800 individus de poids moyen 247,3g ont été collectés ensuite conservés dans des réservoirs d'eau de mer 30L équipés d'aérateur et refroidi par un pack de glace sèche.

Les géniteurs ont été transférés au laboratoire d'Ecologie expérimentale et aquaculture dans des réservoirs de 600 L avec de l'eau de mer filtrée à 23-24 °C, les cuves avaient été remplies de sédiments prélevés sur le site d'échantillonnage. Après 7 jours elles ont été nourries avec des aliments granulés et les géniteurs étaient maintenus dans les bassins de rétention pendant 2 semaines avant l'induction de ponte.

Les reproducteurs ont été transférés et maintenus pendant 48 heures dans des aquariums vides avant la simulation pour vider leur contenu intestinal et ensuite les nettoyés avec l'eau de mer filtrée.

Les méthodes suivantes d'induction de la ponte ont été réalisées sur des groupes de géniteurs de composés de 18 à 22 individus :

a) Choc mécanique (choc sec): les géniteurs ont été maintenus au sec pendant environ 30 min, soumis à un fort jet d'eau, et ont été Transféré dans les bassins de ponte

b) Choc thermique: la température de l'eau a été rapidement augmentée de 3 à 5 ° C (de 23 ° C à 26-28 ° C), maintenu pendant 1,5 h avant retour à la température de départ

c) Stimulation thermique: la température de l'eau dans les bassins de frai était augmentée progressivement de 2 à 3 ° C à l'aide de radiateurs d'aquarium (de 23 ° C à 25–26 ° C) et maintenue à une température élevée pendant au moins 2 jours (cette méthode a été élaborée sur la base d'observations du couvoir).

d) Stimulation thermique et choc thermique combinés: la température de l'eau dans les bassins de ponte a été progressivement augmentée de 2 à 3 °C (de 23 °C à 25-26 °C) et maintenu. Au jour 2, un choc thermique a été effectué en augmentant rapidement la température de l'eau de 3°C avant de la ramener à 25-26 °C La combinaison de ces deux méthodes a été conçue pour assurer un meilleur contrôle du temps de ponte.

Etude bibliographique

I.5.2.2.2 Par le choc thermique et mécanique (sec)

Reproduction artificielle d'*Holothuria poli* en Italie, 2016 (Arnold Rakaj et al., 2019)

Cette étude basée sur l'induction de la pente chez *Holothuria poli* par deux méthodes : le choc thermique et le choc mécanique.

- **Objectif**

Elaborer un protocole d'élevage dans des conditions d'écloserie

- **Matériel et méthodes**

Avant la stimulation, les chercheurs ont déplacé les éleveurs dans des aquariums sans substrat où ils ont été conservés 48 h afin de vider leur contenu intestinal ; puis ils ont été lavés à l'eau de mer filtrée pour éliminer les sédiments et autres organismes, après ils ont les transférés dans des bassins de frai de 600 l contenant l'eau de mer filtrée à 5 μ m stérilisée aux UV.

a) Choc mécanique (choc sec): les géniteurs ont été maintenus au sec pendant environ 30 min avant d'être soumis à un fort jet d'eau, ils ont ensuite été renvoyés dans les bassins de frai

b) Choc thermique: la température de l'eau a été rapidement augmentée de 3 à 5 °C (de 24 à 27-29 ° C), maintenu pendant 1,5 h, puis retour à la température de départ.

Le tableau 7 suivant résume toutes ces expériences

Etude bibliographique

Tableau 5 : Quelques expériences d'holothuriculture menées dans différentes régions du globe

Espèces	Pays	Période	Méthodes de l'induction de la ponte	Résultats
<i>Bohadschia marmorata</i> et <i>Holothuria atra</i>	Ile Maurice	2005	- Choc thermique - Stimulation par séchage puis par projection d'un jet d'eau puissant	L'induction de la ponte réussie chez <i>B. marmorata</i> et <i>H. atra</i>
<i>Holothuria leucospilota</i>	Iran	2009	- Choc thermique - Exposition combinée à un jet d'eau et au choc thermique	Seule la combinaison du traitement au jet d'eau et du choc thermique réussie
<i>Holothuria scabra</i>	Sultanat d'Oman	2009-2010	- utilisation de MIF	L'expérience a réussie
<i>Holothuria scabra</i> , <i>Pseudocolochirus violaceus</i> et <i>Colochirus quadrangularis</i>	Sri Lanka	2011-2012	- Stimulation thermique, - jet d'eau, - Mise à sec - L'ajout de grande quantité d'algues	- La stimulation thermique la méthode la plus efficace chez <i>H. scabra</i> et le jet d'eau chez <i>P. violaceus</i> . - La ponte chez <i>C. quadrangularis</i> a été déclenchée par le stress subi pendant le transport.
<i>Holothuria arguinensis</i>	Portugal	2014	- Stimulation thermique, - stimulation des gonades, - L'ajout d'algues - Stimulation combinée	L'induction par stimulation thermique a été choisie comme la meilleure méthode
<i>Holothuria tubulosa</i>	Italie	2014-2015	- Choc thermique - Choc mécanique (sec) - Stimulation thermique - Stimulation thermique+ choc thermique	Stimulation thermique et choc thermique combiné est la méthode la plus efficace

Etude bibliographique

<i>Holothuria mammata</i>	Portugal	2015_2016	Stimulation thermique	La méthode a réussi
<i>Holothuria poli</i>	Italie	2016	- Choc thermique - Choc mécanique	Le choc thermique s'est avéré une méthode simple et efficace

II Matériel et Méthodes

II.1 Présentation de la zone d'étude

Pays nord-africain, l'Algérie avec sa façade méditerranéenne qui s'étend sur 1200 Kilomètres de côtes, ses frontières communes avec le Maroc, la Mauritanie et le Sahara Occidental à l'Ouest, la Tunisie et la Libye à l'Est, le Mali et le Niger au Sud, occupe indéniablement une position géographique privilégiée face aux marchés européen et africain.

Avec une superficie de 2.381.741 km², l'Algérie, dixième plus grand pays du monde, est une terre de contrastes où la beauté des paysages méditerranéens jouxte la majesté des espaces du Sahara.

La figure ci-dessous, présente la position géographique de l'Algérie dans l'Afrique du nord.

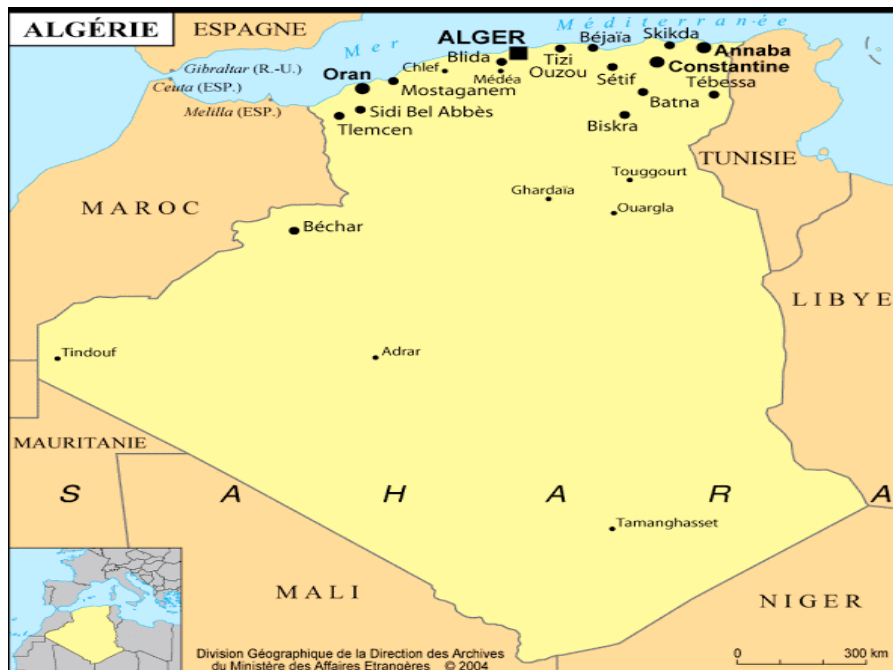


Figure 10 : Carte d'Algérie (Google)

En Algérie, il existe trois types de climat : le climat méditerranéen le long de la côte, le climat de transition de la bande collinaire et montagneuse du nord, un peu plus continental et modérément pluvieux, et enfin le climat désertique de la grande surface occupée par le Sahara.

II.2 Matériel et méthode d'élevage

II.2.1 La destination du produit final

Vu que le projet d'holothuriculture sera une première pour l'Algérie, le produit final pourrait être destiné au marché local, au repeuplement pour limiter la surexploitation des stocks sauvages ou dans la recherche scientifique pour la découverte de nouvelles méthodes d'élevage d'holothurie.

La possibilité de destiner le concombre de mer à la consommation humaine pratiquement inexistante faute de l'absence de l'habitude d'alimentation de ce type d'invertébré marin.

II.2.2 Les espèces à cultiver

La côte Algérienne est dotée cinq espèces d'aspidochirote: *Holothuria tubulosa*, *Holothuria poli*, *Holothuria stellati*, *Holothuria forskali* et *Holothuria sanctori*

Parmi ces cinq espèces on a choisi *Holothuria poli* en raison de sa forte demande sur le marché, la facilité de son élevage par rapport aux autres espèces et sa bonne performance en cultures au niveau des écloséries surtout dans les deux phases larve et juvénile.

II.2.3 Le matériel nécessaire au centre d'élevage

Pour cette étude on a pris comme modèle d'un projet de création d'un centre d'élevage de concombre de mer celui de la province Toamasina (**Ranaivoson. M, 2010**) à Madagascar.

II.2.3.1 Le terrain :

On a besoin d'un terrain d'une superficie de 01ha, car il y aura une éclosérie, un bassin d'élevage externe, un bâtiment administratif, la culture d'algues, un laboratoire pour l'analyse microscopique et mensuration de l'holothurie, des salles pour l'élevage.

II.2.3.2 Les instruments : (voir le tableau)

Tableau 6 : Les instruments nécessaires au centre d'élevage

L'instrument	Quantité
Ecloserie	01
Bureau administratifs	01
Pièce pour la culture d'algue	01
Laboratoire	01

II.2.3.3 Le matériel :

Les détails sont présentés par le tableau ci-dessous

Tableau 7 : Le matériel nécessaire au centre d'élevage

Le matériel	Caractéristiques	Quantité
Bacs d'élevage	100 litres	20
Toboggans	3000 litres	06
Cuve de décantation	10 m ³	03
Cuve aérienne	1.5 m ³	20
Compresseur	8 bars	01
Motopompe		01

II.2.3.4 Le mobilier : meubles indispensables pour le bon fonctionnement de l'entreprise

Tableau 8 : Le mobilier nécessaire au centre d'élevage

Mobilier	Quantité
Armoire ou bibliothèque	2
Table	2
Table bureau	2
Chaise	6

II.2.4. Les principaux fonctionnaires du centre d'élevage

Le tableau suivant mentionnant les membres du personnel et leur nombre

Tableau 9: Liste et nombre du personnel (Ranaivoson. M, 2010)

QUALIFICATION	FONCTION	NOMBRE
Employé	Gérant	01
	Ingénieur en sciences marines	01
	Directeur commercial	01
	Technicien en sciences marines	03
	Secrétaire -Comptable	01
	Chauffeur	01
Ouvrier	Eleveur	04
TOTAL		12

Pour le Gérant : c'est un mandataire placé à la tête d'un établissement commercial, il a pour fonction de gérer l'entreprise. Il se charge de la gestion globale de l'entreprise dont : La planification stratégique, l'organisation, la direction, les relations avec l'extérieur et le contrôle.

Pour l'ingénieur en sciences marines : il supervise les techniciens, et effectue des recherches pour l'amélioration de l'élevage.

Pour le directeur commercial : il s'occupe de la vente, de la distribution et de l'expédition des produits de l'entreprise.

Pour les techniciens en sciences marines : ils suivent de près les différentes étapes de l'élevage, résolvent tous les problèmes y afférant.

Pour le secrétaire comptable : il exerce des activités de secrétariat diversifiées qui couvrent toutes les fonctions de l'entreprise, les activités diversifiées de comptabilité portant sur la réalisation et le suivi des travaux comptables, ainsi que le suivi administratif du personnel et l'établissement de la paie et des déclarations sociales.

Pour le chauffeur : il a pour attribution de faire des livraisons, de faire les courses, et d'entretenir le parc roulant.

Les **éleveurs** ont pour mission de s'occuper de l'élevage jusqu'au traitement.

✚ Organigramme de centre d'élevage

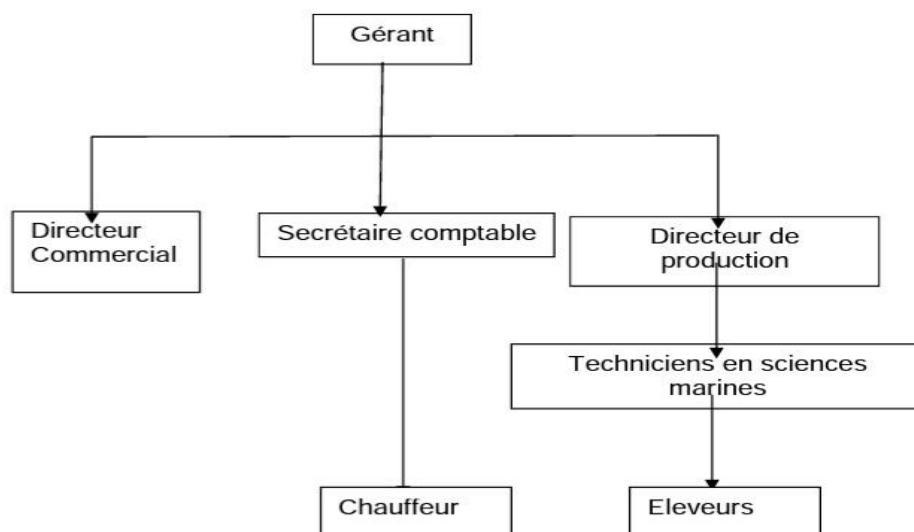


Figure 11 :Schéma d'rganigramme de l'entreprise (Ranaivoson. M, 2010)

II.2.5 Le protocole d'élevage

On a choisi la méthode d'élevage utilisée en Italie élevage de *H. poli* (Arnold Rakaj et al., 2019) comme modèle.

II.2.5.1La collecte des géniteurs

La collecte se fait par plongée en apnée des géniteurs entre juillet et septembre en mer méditerranéenne puis les transportés au laboratoire de recherche dans des réservoirs de 30 L équipés d'aérateurs et de glace sèche (pour maintenir la température en dessous 28 °C).

Lorsqu'ils arrivent au laboratoire, il faut acclimater les animaux dans des réservoirs de 600 L dans un système d'eau recyclée (RAS), avec une densité d'environ 40 individus par réservoir.

Les sédiments tapissant le fond des bassins sont recueillis depuis le site d'échantillonnage. Dans chaque réservoir, la température de l'eau est maintenue à ≈ 24 ° C.

II.2.5.2 L'induction de la ponte et fécondation

Avant la stimulation, déplacé les géniteurs dans des aquariums sans substrat où ils sont conservés durant 48h afin de vider leur contenu intestinal ; puis lavés à l'eau de mer filtrée pour éliminer les sédiments et autres organismes.

Enfin, les animaux sont transférés dans des bassins de ponte de 600L contenant l'eau de mer filtrée à 5 μ m et stérilisée aux UV.

- les méthodes d'induction de ponte sont :

II.2.5.2.1 Choc mécanique (choc sec) : maintenir les géniteurs au sec pendant environ 30 min avant d'être soumis à un fort jet d'eau, ensuite les placés dans les bassins de ponte

II.2.5.2.2 Choc thermique : L'augmentation rapide de température de l'eau de 3 à 5 ° C (de 24 ° C à 27-29 ° C) est maintenue pendant 1h 1/2, avant retour à la température de départ.

Si l'induction de ponte réussie, cinq échantillons de 1 ml sont prélevés pour estimer le nombre d'œufs libérés / femelle. Le comptage des œufs s'effectuant sous un stéréomicroscope à l'aide d'une cellule Sedgewick-Rafter.

Une solution de spermatozoïdes (obtenue à partir de mâles isolés) à faible concentration est ajoutée à ce stade, afin de minimiser la polyspermie dans les seaux de ponte des femelles.

Surveillance permanente des œufs pour suivre la fécondation et le développement embryonnaire.

Trente minutes après la fécondation, les œufs sont collectés par un siphon et lavés à l'eau de mer stérilisée afin d'éliminer les spermatozoïdes résiduels.

II.2.5.3 L'élevage larvaire

La transformation des œufs fécondés et leur conservation dans des flacons à fond rond de 10 L à une densité de 1 œuf ml⁻¹. Dans chaque flacon, un jet d'air est insufflé pour maintenir une aération suffisante et assurer une circulation de l'eau.

Suivi du développement embryonnaire et larvaire par le prélèvement des échantillons d'eau de 10 mL (5 répliques) afin d'enregistrer les mesures et les étapes de développement.

Matériel et méthodes

Au cours des premières 24 heures, suivre le développement en permanence par le prélèvement des échantillons à chaque heure, durant les deux jours suivants, les prélèvements sont effectués toutes les 6 h et à partir du troisième jour ils sont collectés quotidiennement.

L'élevage larvaire est réalisé en intérieur avec une photopériode circadienne naturelle et à température maintenue à 24 °C

Le changement d'environ 80% de l'eau de culture chaque jour avec l'utilisation d'un siphon tamisé à mailles de 60 µm. Pour éliminer les dépôts des larves morts, siphonner le fond des flacons avec une pipette.

Pour le changement quotidien du milieu d'élevage, il faut utiliser de l'eau de mer naturelle (filtré à 5µm et stérilisé aux l'UV) avec une salinité maintenue entre 36 et 37 PSU.

Lorsque les intestins sont complètement développés (troisième jour suivant la fécondation), les larves sont nourries quotidiennement avec un mélange de microalgues (en phase de croissance exponentielle) en proportions égales d'*Isochrysis galbana* et de *Chaetoceros calcitrans*.

On pourrait tester trois régimes d'alimentation différents pour l'élevage larvaire de *H. poli* avec trois répliques pour chaque régime :

- a) Régime d'alimentation élevé de 20 000 à 40 000 cellules mL⁻¹ du début à la fin de l'auricularia (**Agudo, 2006**).
- b) Régime d'alimentation intermédiaire de 5000 à 10 000 cellules mL⁻¹ du début à la fin de l'auricularia (**Rakaj et al., 2018**).
- c) Régime alimentaire faible de 1000 à 2000 cellules mL⁻¹ (**Morgan, 2008**)

Des échantillons d'eau (20 ml, cinq répétitions) sont prélevés quotidiennement afin de suivre le développement larvaire, noter la longueur et la largeur moyennes des larves (n = 30) et estimer les survies pour les différents régimes alimentaires.

Détermination du pourcentage de larves d'auricularia tardives avec des sphères hyalines pour chaque condition d'alimentation. Au stade doliolaria, la transformation des larves du flacon à fond rond dans des aquariums de 30 L avec 6 panneaux de fixation en polyméthacrylate de méthyle (PMMA). Les panneaux de fixation ayant déjà développé un biofilm de diatomées élevé (*Navicula sp*, *Nitzschia sp* et *Phaeodactylum tricorutum*) dans des réservoirs éclairés naturellement. (**Rakaj et al., 2018**)

Le placement de deux pierres à air au fond de chaque aquarium pour assurer l'aération et la circulation de l'eau.

Matériel et méthodes

L'eau est partiellement changée (environ 50%) chaque jour avec utilisation de siphons en filet à maille 60 μm . À partir du quinzième jour, l'ajoute de l'ALGAMAC 3050 et la spiruline sèche comme aliment supplémentaire dans les aquariums des juvéniles (0,01 g dans chaque aquarium par jour).

Détermination du nombre de larves et juvéniles s'étant fixé pour chaque traitement (à 15 et 30 jours) en les comptants dans cinq sous-zones d'une plaque d'échantillonnage.

Le réassemblage et le transfert des juvéniles après 30 jours, dans des réservoirs de 600 L où il est possible d'administrer des taux croissants d'ALGAMAC et de spiruline (0,1 g par jour dans chaque réservoir) puis au 60^{ème} jour, leur survie est estimée par dénombrement partiel.

Enfin, la survie des juvéniles est déterminée par un dénombrement complet au jour 90 suivant la fécondation

Le détendu et l'anesthésiés par une solution isotonique à l'eau de mer (MgCl_2 7,5%) avant d'être fixé dans une solution de formol tamponnée au phosphate à 4%.

L'observation, la photographie et la mesure des spécimens d'œufs, d'embryons, des larves et des juvéniles se faisant à l'aide d'un stéréo-microscope.

Ils sont préalablement détendus et l'anesthésiés par une solution isotonique à l'eau de mer (MgCl_2 7,5%) avant d'être fixé dans une solution de formol tamponnée au phosphate à 4%.

III. Résultats et discussion

III.1 Résultats

Dans cette partie, sont rapportés les résultats des expériences menées par des équipes de recherche dans diverses régions du monde.

III.1.1 L'élevage des larves des holothuries *Bohadschia marmorata* et *Holothuria atra* de l'Île Maurice en 2005 (Laxminarayana, 2005) :

L'induction de la ponte réussie chez *B. marmorata* et *H. atra*

Les larves obtenues nourries avec des algues unicellulaires, des aliments artificiels et de la pâte d'algues. Les larves ont atteint le stade pentactula au bout de vingt jours. Les taux de survie à ce stade ont été de 12,5 % et 6,4 % respectivement pour *Bohadschia marmorata* et *Holothuria atra*.

Tableau 10 : Déroulement de la ponte et de l'évolution des larves de *B. marmorata* et d'*H. atra* (Laxminarayana, 2005)

Espèce	Nb de géniteurs utilisés	Période de ponte	Nb d'œufs	Nb de larves au premier stade d'auricularia	Nb de larves pentactula
<i>Bohadschia marmorata</i>	08	04.02.2005	624000	450000	59400
<i>Holothuria atra</i>	12	26.02.2005	800000	750000	48000

III.1.2 Reproduction et élevage des larves de l'holothurie *Holothuria leucospilota* dans le nord du golfe persique (Iran) 2009 (Abdul-Reza Dabbagh, et al., 2011)

Seule la combinaison du traitement au jet d'eau et du choc thermique a permis d'induire la ponte chez les géniteurs utilisés.

Les larves obtenues ont été nourries d'algues unicellulaires et d'extrait de *Sargassum* ; elles ont atteint le stade de petits juvéniles au bout de 33 jours. Le taux de survie au stade juvénile s'établissait à 4,2%.

Résultats et discussion

Tableau 11 : Développement de *H. leucospilota*, de la fécondation au stade juvénile de 1 mm (n.d. = données non disponibles, sont les périodes fixes des stades : stade initial de pentactula et stade de fixation) (Abdul-Reza Dabbagh, *et al.*, 2011).

Stade	Temps
Fécondation	0
Fin de gastrula	3 j
Stade initial d'auricularia	4-11 j
Stade intermédiaire d'auricularia	12-14 j
Stade final d'auricularia	17-21 j
Doliolaria	22-27 j
Stade initial de pentactula	n.d.
Fixation (métamorphose achevée)	n.d.
Juvénile, 1mm	33 j

III.1.3 Essais préliminaires sur les écloséries et développement larvaire de l'holothurie, *Holothuria scabra* (Jaeger 1883), dans le Sultanat d'Oman, 2009-2010 (Khafan M. Al-Rashdi *et al.*, 2018)

Succès de la fécondation atteints pour plus de 90% des ovocytes en utilisant la méthode des fractions induisant la maturation (MIF) conduisant au développement d'œufs matures et de larves d'embryons normaux.

Les larves Auricularia sont arrivés à terme après 15 jours et ont été nourris normalement avec des microalgues *Phaeodactylum tricornutum*, *Chaetoceros sp* et *Nanochloropsis sp*. La taille des juvéniles de pentactula étaient proches de 9% pour 0,5 mm, respectivement, près d'un mois après la fécondation. Cependant, une mortalité élevée ($\approx 70\%$) a été observés au début du développement larvaire causé par des protozoaires ciliés et des attaques des copépodes.

Résultats et discussion

III.1.4 Reproduction artificielle et élevage larvaire de trois espèces d'holothuries tropicales : *Holothuria scabra*, *Pseudocolochirus violaceus* et *Colochirus quadrangularis* au Sri Lanka, 2011-2012 (P.A.D. Ajith Kumara *et al.*, 2013)

La stimulation thermique s'est révélée être la méthode la plus efficace pour induire la ponte chez *H. scabra*, tandis que l'ajout de microalgues avait plus de succès chez *P. violaceus*. La ponte chez *C. quadrangularis* a été déclenchée par le stress subi pendant le transport.

Les étapes de développement larvaire de ces trois espèces sont très semblables, mais la croissance juvénile chez *H. scabra* est bien plus rapide que chez les deux autres espèces. Les juvéniles de *H. scabra* d'un poids moyen de 11g ont été transférés dans un enclos marin où elles ont atteint un poids moyen de 207 g en quatre mois. Durant cette période, la croissance moyenne observée était de 1,7 g/ jour et 89 % des juvéniles ont survécu. En revanche, les juvéniles de *P. violaceus* et *C. quadrangularis* ont mis plus de deux mois avant d'atteindre une longueur moyenne de 5 à 8 mm.



Figure 12:Comportement particulier des mâles *H. scabra* lors de la reproduction (à gauche) et expulsion du sperme (à droite) (P.A.D. Ajith Kumara *et al.*, 2013)

III.1.5L'élevage de *Holothuria arguinensis* en Portugal, 2014 (Jorge A *et al.*, 2015)

L'induction par stimulation thermique a été choisie comme la meilleure méthode après des essais dans lesquels le frai a été induit avec succès sur *H. arguinensis*.

Le développement larvaire en conditions contrôlées a permis d'observer les cinq stades classiques décrits pour la plupart des holothuries aspidochirote, atteignant le stade juvénile après

Résultats et discussion

18 jours du frai. Une faible mortalité a été enregistrée au stade larvaire pélagique, mais une mortalité élevée (85-95%) au stade doliolaria et chez les juvéniles. Les résultats indiquent que *H. arguinensis* convient à l'élevage en éclosérie pour l'aquaculture et la valorisation des populations naturelles. Néanmoins, comme il s'agit des premières espèces d'holothuries européennes reproduites en éclosérie, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour améliorer la survie des stades post-colonisation et optimiser l'élevage des juvéniles.

III.1.6 Reproduction et développement larvaire d'*Holothuria mammata* au Portugal, 2015-2016 (Jorge A *et al.*, 2018)

Holothuria mammata a été effectivement induite pour la ponte par la stimulation thermique.

Les mâles ayant libéré leur sperme entre 15 min et 1 heure après leur passage dans les bassins de frai.

Dans la plupart des inductions, les mâles sont restés sur la paroi des cuves, près de la surface d'eau (**fig. 13**)

Les femelles ont pondu 15 à 25 min après que le premier mâle ait libéré son sperme.

Les œufs ont été libérés par jets roses, court (10-15 s), mais puissants via le gonopore situé sur la partie antérieure dorsale du corps, (où un renflement était visible pendant la ponte) (**Fig. 13 b**). Le nombre d'œufs obtenus variait de 11300 à 6,95 millions par femelle.

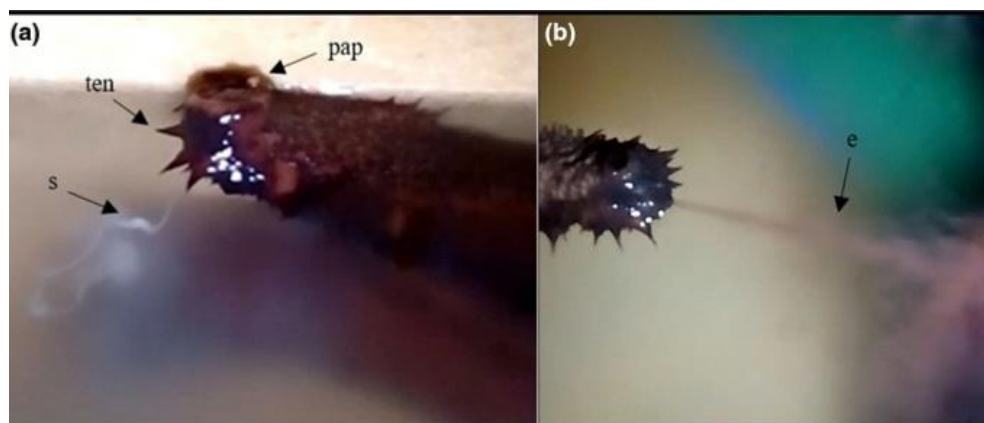


Figure 13 : Reproduction de l'*Holothurie mammata*: (a) frai du mâle : tentacule (tent), papilles (pap) et sperme (s). (b) ponte de femelle: œufs (e) (Jorge A *et al.*, 2018)

Résultats et discussion

Le stade juvénile a été atteint 21 jours après la fécondation. Ce travail constitue le premier essai axé sur la biotechnologie aquacole de *H. mammata*.

III.1.7 Reproduction et élevage de *Holothuria tubulosa* en Italie 2014-2015 (Arnold Rakaj et al., 2018)

Parmi les différentes combinaisons de stimulations testées, la stimulation par choc thermique a été retenue comme la meilleure méthode pour induire la ponte chez *H. tubulosa*

Le développement larvaire chez *H. tubulosa* a progressé selon les cinq stades connus, atteignant le stade juvénile en 27 jours. Deux régimes alimentaires différents de microalgues ont été testés pour le développement larvaire. Sous les meilleures conditions d'alimentation, 7% des larves se sont métamorphosées en juvéniles installés, adhérant aux substrats artificiels préalablement conditionnés avec du biofilm benthique.

Les résultats indiquent que *H. tubulosa* montre de bonnes performances d'élevage en éclosion. Son développement larvaire, indique que cette espèce pourrait être un nouveau candidat pour l'aquaculture dans la région méditerranéenne, à la fois pour la production et le repeuplement.

III.1.8 Reproduction artificielle d'*Holothuria poli* en Italie, 2016 (Arnold Rakaj et al., 2019)

Le choc thermique s'est avéré encore une fois une méthode simple et efficace pour obtenir des gamètes sains de cette espèce.

Le développement larvaire de *H. poli* s'est déroulé suivant les cinq stades, atteignant le stade pentactula en 10 jours. Trois régimes alimentaires différents de microalgues ont été testés pour la nutrition des larves. La concentration alimentaire la plus élevée de 20 000 à 40 000 cellules ml⁻¹ s'est avérée la meilleure, avec 14% des larves qui se sont métamorphosées en juvéniles installés en adhérant aux substrats artificiels au bout de 15 jours. Les résultats indiquent que *H. poli* supporte très bien l'élevage en éclosion pendant les phases larvaire et juvénile, ce qui indique que l'espèce pourrait être un nouveau candidat précieux pour l'aquaculture dans la région méditerranéenne tant pour la production que pour le repeuplement.

III.2. Discussion

Selon Mezali K (2012) et Thandar (2014) la cote Algérienne contient six espèces d'Aspidochirote, qui sont : *Holothuria poli*, *Holothuria forskali*, *Holothuria tubulosa*, *Holothuria sanctori*, *Holothuria stellati* et *Holothuria arguinensis*.

Résultats et discussion

Basé sur ça on peut pris en considération trois expériences :

L'élevage d'*Holothuria tubulosa* mis en place en Italie en 2014-2015, lequel employé des méthodes très variées pour l'induction de la ponte :

- ✓ Choc thermique
- ✓ Choc mécanique
- ✓ Stimulation thermique
- ✓ Choc mécanique et stimulation thermique combiné

La deuxième : L'élevage de *Holothuria arguinensis* en Portugal, 2014, s'appuyait sur quatre méthodes d'induction de ponte :

- ✓ Stimulation thermique
- ✓ Stimulation des gonades
- ✓ Stimulation par microalgues
- ✓ Stimulation combiné

La troisième expérience celle qu'on a prise comme modèle : l'élevage d'*Holothuria poli*

Cette expérience s'appuyait sur deux méthodes d'induction de la ponte

- ✓ Choc mécanique
- ✓ Choc thermique

L'induction de la ponte chez l'holothurie suppose donc l'aquaculture intensive, du moins pour les premiers stades. Les fermes d'élevage déjà en place et qui peuvent héberger le projet d'élevage d'holothurie sont :

La ferme piscicole AQUASOL présente à Ain Temouchent d'une superficie d'environ 12 hectares, elle est la plus grande et la plus ancienne ferme piscicole en Algérie ; fondé sur l'élevage dans des bassins en béton. D'autres fermes piscicoles d'élevage en étang existent: EL MELLAH, TANQUA, UBEIRA, sont situées à EL-KALA, auxquelles s'ajoute la ferme expérimentale de crevetticulture de Skikda. Quant aux fermes piscicoles d'eau douce il en existe à Sétif et à Sidi Belabbes.

On peut aussi bénéficier des cages flottantes cela commençant par le stade pré-grossissement des holothuries.

Résultats et discussion

Les plus importantes de ces fermes piscicoles se trouvent à Skikda et Azeffoun (Tizi-Ouzou). Cette dernière contenant 24 cages.

Toutefois, la ferme piscicole du centre national de recherche et de développement de la pêche et l'aquaculture (CNRDPA) à Bou Ismail est l'option optimale pour ce projet car elle dispose des principaux chercheurs spécialistes dans le domaine de l'aquaculture en Algérie.

IV. Conclusion

Le présent travail porte sur les besoins nationaux en termes de maîtrise de la reproduction artificielle des holothuries à intérêt commercial, en se demandant s'il est possible de réaliser le projet d'holothuriculture en Algérie ou non

La production des invertébrés marins joue un rôle accru à l'échelle mondiale, c'est pourquoi l'élaboration d'un protocole spécial pour l'holothuriculture est un objectif souhaitable dans la région méditerranéenne, car l'élevage des holothuries pourrait être la solution de la surexploitation des communautés sauvages.

En outre, l'étude actuelle montre que le projet d'holothuriculture pourra être réalisé en Algérie notamment l'élevage d'*Holothuria poli*.

En se basant sur les conclusions de l'étude italienne ; production de gamètes sains et développement rapide des larves, ces caractéristiques rendent cette espèce un candidat exceptionnel pour l'élevage en Algérie. C'est ce qui confirme qu'il est possible de réaliser l'holothuriculture en Algérie, mais ça n'empêche pas la nécessité d'effectuer des recherches sur le sujet

Nous espérons avoir posé la première pierre dans le secteur d'holothuriculture ce qui donnera une impulsion à la recherche locale dans cet axe, en vue d'une prise de conscience, de respect de l'environnement et du développement durable.

Références bibliographiques

- Azzolina J.F., Harmelin J.G., 1989.** Répartition et fluctuations de densité de trois espèces d'holothuries (Echinodermata): résultats préliminaires. In, Boudouresques C.F. et al., (eds), Internation. Workshop on Posidonia oceanica beds, GIS Posidonie publ., Marseille, 2: 219-230.
- Akamine J., 2004.** Aperçu historique de l'exploitation, de la consommation et du commerce de l'holothurie au Japon. SPC, Bêche-de-mer Bulletin.19 : 5.
- Agudo N., 2006.** Sandfish hatchery techniques. The WorldFish Center, Secretariat of the Pacific Community and Australian Centre for International Agricultural Research. CPS, Nouméa, Nouvelle Calédonie. 44p
- Anderson S.C. et al., 2011.** Serial exploitation of global sea cucumber fisheries: Serial exploitation of sea cucumbers. Fish. 12(3):317-39
- AjithKumaraP.A.D.et al., 2013.** Reproduction artificielle et élevage larvaire de trois espèces d'holothuries tropicales *Holothuria scabra*, *Pseudocolochirus violaceus* et *Colochirus quadrangularis* au Sri Lanka. La Bêche-de-mer, Bulletin de la CPS. 33 :32-30
- Bakus G.J., 1973.** The biology and ecology of tropical holothurians. p. 325-367. In: Jones A & Endean R. (eds) Biology and geology of coral reefs, Vol. 11, Biology I. Academic Press, New York
- Baker A.N., Rowe F.W.E., Clark H.E.S., 1986.** "A new class of Echinodermata from New Zealand." Nature.6073 (321): 862-864.
- Barnabé G.,1991.** Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture. Paris : Lavoisier, Tec & Doc. 500 p.
- Billett D.S., 1991.** Deep-sea holothurians.Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev., London. (29): 259-317.
- Battaglione S.C., 1999.** Culture of Tropical sea Cucumber for stock Restoration and Enhancement. Naga, the ICLARM Quartely. 22(4):11

- Backer P., 2002.** La maladie de la tache blanche chez l'holothurie comestible commercialisée *Holothuria scabra*. Master thesis. Univ Mons-Hainaut, Belgique. 55p
- Benkendorff K., 2009.** Aquaculture and the production of pharmaceuticals and nutraceuticals. In: Burnell G, Allan G. (Eds.). *New Technologies in Aquaculture*. Cambridge. p. 866–891
- Bordbar S., Anwar F., Saari N., 2011.** High-value components and bioactives from sea cucumbers for functional foods - a review. *Mar. Drugs*. p. 1761–1805
- Baker-Médard M., Ohl K.N., 2019.** Sea cucumber management strategies: challenges and opportunities in a developing country context. *Environ Conserve*. 46 (4):267-77.
- Cameron J.L., Fankboner P.V., 1986.** Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Parastichopus californicus* (Stimpson) (*Echinodermata: Holothuroidea*). In: *Reproductive periodicity and spawning behavior*. Canadian journal of zoology. 64 : 168-175.
- Cherbonnier G., 1956.** Les échinodermes de Tunisie. *Bull. Sta. Océanogr. Salambo. Tunisie*. 53: 1-23.
- Coulon P., Jangoux M., BULTEEL P., 1991.** Respiratory rate and assessment of secondary production in the Holothuroidea *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) from the Mediterranean Sea grass beds. *P.S.Z.N.I. Mar. Ecol*. 13(1): 63-68.
- Coulon P., Jangoux M., 1993.** Feeding rate and sediment reworking by the Holothuroidea *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in a Mediterranean seagrass bed off Ischia Island, Italy. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* (92) : 201-204
- Conand C., 1989.** Les holothuries aspidochirotés du lagon de la Nouvelle-Calédonie : Biologie, Ecologie et Exploitation. [Etudes et Thèses], ORSTOM, Paris. 393p
- Conand C, De Ridder C., 1990.** Reproduction asexuée par scission chez *Holothuria atra* (*Holothuroidea*) dans des populations de platiers récifaux. *Di-fusion*. p. 71-76. In: De Ridder C, Dubois P, Lahaye M. C et al. (eds) *Echinoderm Research*, Balkema, Rotterdam.
- Conand C., 1994.** Les holothuries : ressource halieutique des lagons. *Rapp. Sci. Tech. Biol*

- Calleja P., 1995.** Diagnostic technico-économique et aide à la gestion d'entreprise en aquaculture. Aspects économiques de la production aquacole. Ed. CIHEAM, Zaragoza. (Cahiers Options Méditerranéennes).14 :177-190
- Calva L., 2002.** Hàbitos Alimentacios de Algunos Equinodermos. Parte 2 : Erizos de mar y Pepinos de mer Laboratorio de Ecosistemas Costeros, Departamento de Hidrobiologia. UAM-Iztapalpa. 46: 59-68
- Conand C., 2004.** Present status of world sea cucumber resources and utilization: An international overview. p. 13-23. In: **Lovatelli A**, Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel JF & Mercier A. (eds). Advances in sea cucumber aquaculture and management. Fisheries Technical Paper. No. 463. FAO, Rome.
- 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.
- Conand C., 2006.** Sea cucumber biology: Taxonomy, distribution, biology, conservation status. p. 30-46. In: Bruckner A.W. (eds). Proceedings of the CITES workshop on the conservation of sea cucumbers in the family's *Holothuridae* and *Stichopodidae*. NOAA Technical Memorandum NMFSOPR 34, Silver Spring.
- Caulier G. et al., 2011.** "Review of saponin diversity in sea cucumbers belonging to the family Holothuriidae." Bêche de mer Information Bulletin. (31): 48-54.
- Conand C., 2017.** Expansion of global seacucumber fisheries buoys exports. Rev Biol Trop. 65:11.
- Conand C., 2018.** Informations récentes sur les pêcheries illégales d'holothuries à l'échelle mondiale. Bêche-de-Mer Bull Inf CPS. 38:31-5.
- Domínguez-Godino et al., 2015.** A new species for sea cucumber ranching and aquaculture: Breeding and rearing of *Holothuria arguinensis*, Aquaculture. p. 122-128
- Dakrory A et al.,2015.** Protective and curative effects of the sea cucumber *Holothuria atra* extract against DMBA-induced Hepatorenal diseases in rats. Biomed. Res. Int.: 1-11

- Dominguez-Godino J.A., Gonzalez-Wanguemert M., 2018.** A new species for sea cucumber ranching and aquaculture: Breeding and rearing of *Holothuria arguinensis*. Aquaculture Research : 1–11
- Ewonkem E.T., Eyango T.M., Mikolasek O., 2012.** Evaluation environnementale de la pisciculture en zone tropicale. Ed. Universitaires Européennes. 81 p.
- Eriksson H. et al., 2012.** Sea cucumber aquaculture in the Western Indian Ocean: challenges for sustainable livelihood and stock improvement. *Ambio*.(41):109–121
- Eriksson H et al., 2017.** A synthesis from 40 years of Pacific Island sea cucumber export. In : 10th SPC Heads of Fisheries Meeting. Noumea, New Caledonia. p. 4
- Francour P., 1997.** Predation of holothurians. A Literature review. *invertebrate biology*. 116 (1): 52 – 60
- González-Wangüemert M., Aydin M. and Conand C., 2014.** Assessment of sea cucumber populations from the Aegean Sea (Turkey): first insights to sustainable management of new fisheries. *Ocean Coast. Manag.* 92: 87–94
- González-Wangüemert M., Valente S., Aydin M., 2015** Effects of fishery protection on biometry and genetic structure of two target sea cucumber species from the Mediterranean Sea. *Hydrobiologia*.743: 65–74
- 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 Coast Manag.* 151: 165-77.
- González-Wangüemert M., Domínguez-Godino J.A., Aydin M., 2019.** Profitability of the Mediterranean and NE Atlantic new target sea cucumber species: some repercussions for their fisheries management. *INDIAN J MAR SCI.* 48(11):6.
- Hammond L.S., 1982.** Patterns of feeding and activity in deposit-feeding holothurians and echinoids (Echinodermata) from shallow back-reef lagoon, Discovery Bay, Jamaica. *Bull. Mar. Sci.*32(2): 549-571

- Hyman L.H., 1955.** The invertebrates: Echinodermata. Mc Graw-Hill, New York. 763 p.
- Hendler G. et al., 1995.** Echinoderms of Florida and the Caribbean. Sea Stars, sea urchins and allies. Smithsonian Institution Press, Washington et Londres. 390 p.
- Hamel J. F., Mercier A., 1996.** Dispersion des gamètes et succès de la fécondation du concombre de mer *Cucumariafrondosa*. SPC, Bêche-de-mer Bulletin.(8): 22-28.
- Hawa L. et al., 1999.** The potential of the coelomic fluid in the sea cucumber as an antioxidant. Malaysian journal of Nutrition. 5: 55-59.
- Hamel J.F., Mercier A., 2004.** Synchronous gamete maturation and reliable spawning induction method in holothurians. p. 359-372.
- Jangoux M.,1990.** Diseases of Echinodermata. p. 439-567. In: Kine, O (eds) Disease of marine animals. Vol.3. Biologische Anstalt Helgoland, Hamburg, Germany.
- James D.B. et al., 2003.** Culture of sea cucumbers in prawn farms- a takeoff in technology. SPC, Bêche-de-mer Bulletin. 18 : 40-41.
- 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.
- Janakiram NB, Mohammed A, Rao CV., 2015.** Sea cucumbers metabolites as potent anti-cancer agents. Mar. Drugs. 13: 2909–2923.
- Krishnaswamy S, Krishnan S., 1967.** A report on the reproductive cycle of the holothurian, *Holothuriscabra* Jaeger. Current Science. 36 : 155-156.
- Kilada R.W., Razek F. A., Yassin M.H., 2000.** Population growth and sexual reproduction of the sea cucumber *Holothuria arenicola* from the Eastern Mediterranean Egypt. Journal of Aquatic Bulletin and Fisheries. (4): 119-135.
- Kerr A.M., Kim J.,2001.** "Phylogeny of Holothuroidea (Echinodermata) inferred from morphology." Zoological Journal of the Linnean Society. 133(1): 63-81.

- Kinch J. et al., 2008.** Population status, fisheries and trade of sea cucumbers in the Western Central Pacific. Sea cucumbers. In: A Glob. Rev. Fish. Trade, FAO Fish. Aqua. Tech. Pap. 516: 7–55
- Khalfan M. et al., 2018.** Reproductive biology of the sea cucumber *Holothuria scabra* (Jaeger 1883) in Mahout Bay, Arabian Sea, Oman. Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research. 9(3): 1-9
- Lawrence J.M., Jangoux M., 1982.** Echinoderm nutrition, BELKEMA pub. Rotterdam, Netherl. 654p.
- Lawrence J.M., 1987.** A functional biology of echinoderms. Croom Helm publ. 340 p.
- Lappanen M., 1995.** The rule of feeding behaviour in bioaccumulation of organic chemicals in benthic organisms. Ann. Zool. Fennici. 32 (3): 247-255.
- Lambert P., 1997.** Sea cucumbers of British Columbia, Southeast Alaska and Puget Sound. UBC Press
- Laxminarayana A., 2005.** Induction de la ponte et élevage des larves des holothuries *Bohadschia marmorata* et *Holothuria atra* à l'Île Maurice. La bêche-de-mer - Bulletin de la CPS . 22 : 51-48
- Laxminarayana A., 2006.** Reproduction asexuée par scission transversale induite chez les espèces d'holothuries *Bohadschia marmorata* et *Holothuria atra*. SPC, Bêche-de-mer Bulletin. 23 : 35-37.
- Massin C., Jangoux M., 1976.** Observations écologiques sur *Holothuria tubulosa*, *H. poli* et *H. forskali* et comportement alimentaire de *Holothuria tubulosa*. Cah. Biol. Mar., France. 17: 45-59
- Massin C., 1982.** Effect of feeding on the environment: Holothuroidea. p. 493-497. In: Jangoux M, Lawrence J. (eds) Echinoderm nutrition. A. A. Balkema.

- Muscat A., 1983.** Population dynamics and the effects on the infauna of the deposit feeding holothurian *Parastichopus parvimensis* (Clark). Ph. D. Thesis, Univ. of Southern California. 328p.
- Morgan A.D., 2000.** Aspects of the reproductive cycle of the sea cucumber *Holothuriascabra* (Echinodermata: Holothuroidea). *Bulletin of Marine Science* . 66 : 47-57.
- Mezali K., 2008.** Phylogénie, systématique, dynamique des populations et nutrition de quelques espèces d'holothuries aspidochirotés (Holothuroidea: Echinodermata) inféodées aux herbiers de posidonies de la côte Algéroise [thèse de doctorat d'Université des Sciences et de la Technologie]. Université Houari Boumediene, Alger, Algérie
- Mezali K, Thandar AS. 2014.** First record of *Holothuria* (*Roweothuria*) *arguinensis* (Echinodermata: Holothuroidea: Aspidochirotida: Holothuriidae) from the Algerian coastal waters. *Marine Biodiversity Records* 7:1-4.
- Nichols D., 1969.** Echinoderms, 4th (revised) edit. Hutchinson University Library. 192p.
- Nyawira M., Conand C., 2014.** Sea cucumbers in the western Indian Ocean: Improving management of an important but poorly understood resource. Nairobi, Kenya : Western Indian Ocean Marine Science Association (WIOMSA). VIII+74
- Noor Adzlina A. et al., 2016.** Egg and Larval Development of Induced Spawned Sandfish (*Holothuria scabra*) in Hatchery. *International journal of aquatic science*. (2): 107-110
- Neghli L, Mezali K., 2019.** Algeria's sea cucumber fishery: Challenges for a new fishery. *SPC Beche--Mer Inf Bull.*39:71-5
- Preston G.L., 1993.** Bêche-de-mer. p. 371-407. In: Wright A. & Hill L. (eds). *Nearshore Marine Resources of the South Pacific*, Suva: Institute of Pacific Studies, Honiara, FFA
- Paquette P., 1995.** Diagnostic technico-économique et aide à la gestion de l'entreprise en aquaculture. IFREMER, Paris. p. 2-6.
- Poh-Sze C., 2004** Fisheries, trade and utilization of sea cucumbers in Malaysia. p. 57-68. 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.

Purcell S.W., Hair C.A., Mills D.J., 2012. Sea cucumber culture, farming and sea ranching in the tropics: Progress, problems and opportunities. *Aquaculture*. 68-81

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., 2014. Value, Market Preferences and Trade of Beche-De-Mer from Pacific Island Sea Cucumbers. *PLoS ONE*. 9(4):e95075.

Purcell S.W. et al., 2016. Ecological roles of exploited sea cucumbers. *Oceanogr. Mar. Biol.* 54: 367–386.

Purcell S.W., Williamson D.H., Ngaluafe P., 2018. Chinese market prices of beche-de-mer: Implications for fisheries and aquaculture. *Mar Policy*.91:58-65

Rasolofonirina R., 2004. Reproduction et développement de l'holothurie comestible *Holothuria scabra* (Jaeger 1833), *Holothuroidea: Echinodermata* [Thèse], Université Libre de Bruxelles. 175 p

Ranaivoson M., 2010. Projet de création d'un centre d'élevage de concombre de mer dans la Province Toamasina [mémoire de fin d'étude] Université Toamasina, Madagascar

Rakaj A. et al., 2018. Spawning and rearing of *Holothuria tubulosa*: a new candidate for aquaculture in the Mediterranean region. *Aquac. Res.*49: 557–568.

Rakaj et al., 2019.Artificial reproduction of *Holothuria polii*: A new candidate for aquaculture *Aquaculture*.498: 444–453

Shelley C.,1985. Growth of *Actinopygaechinites* and *Holothuria scabra* (Holothuroidea: Echinodermata) and their fisheries potential (as Bêche-de-mer) in Papua New Guinea. *Proceeding in 5th International Coral Reef Symposium, Tahiti*. 5: 297-302

Samyn y., Vandenspiegel D., Massin C., 2006. Taxonomie des holothuries des Comores. ABC Taxa. (1): 1-130.

Tortonese E., VadonC., 1987.Oursin et holothuries (Echinodermes) in fiche FAO identification des espèces pour les besoins de pêche Révision I, méditerranée, mer noire zone de pêche 37 vol I, végétaux et invertébrés. p. 715-739.

Toral-Granda V., Lovatelli A., Vasconcellos M., 2008. Sea Cucumbers: A Global Review of Fisheries and Trade, FAO Fisheries and Aquaculture Technical, p.516

Uthicke S.,2001. Nutrient regeneration by abundant coral reef holothurians. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. 265: 153-170

Van Dyck S.G. et al., 2011. "The triterpene glycosides of *Holothuria forskali*: Usefulness and efficiency as a chemical defense mechanism against predatory fish." Journal of Experimental Biology. 214 (8): 1347-1356.

Wiedmeyer W.L.1995. Ethology of two tropical sea cucumbers *Holothuria scabra* (Jager, 1833) and *Holothuria atra* (Jager, 1833) of Okinawa (Japan). SPC, Bêche-de-mer Bulletin.7: 32

Yamanouchi T., 1939. Ecological and physiological studies on the holothurians in coral reefs of Palao Islands. Stud Palao Trop. Biol. Stu.4: 603-636.