

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme  
d'Ingénieur en Sciences de la Mer  
Spécialité : Aquaculture

Thème :

**Essai d'élevage du concombre de mer**

Présenté par :

- ADJAL Khaoula
- BENRABAH Rima

Soutenu le jeudi 29-09-2022 devant le jury composé de :

Mm MAOUEL Dj.	MCB	ENSSMAL	Présidente
Mr REFES W.	Professeur	ENSSMAL	Examinateur
Mm HAOUI MESLEM N.	MCB	ENSSMAL	Examinatrice
Mr LOURGUIOUI H.	MCB	ENSSMAL	Promoteur

Année universitaire : 2021-2022

# *Remerciements*

Nous remercions Dieu le puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce modeste travail.

Tout d'abord, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de *Mr Lourguioui*, on le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nous exprimons nos sincères remerciements à l'ensemble des membres du jury, Au *Mme MAOUEL*, pour avoir accepté de participer à ce jury en tant que présidente. Au *Mr. REFES* et au *Mme MESLEM* pour avoir accepté de participer à ce jury en tant qu'examineur.

Nous tenons à remercier *Mr. Hassan* le technicien de la ferme et *Mr. Kamel* chauffeur de l'école pour leur aide pratique et ses encouragements.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

# *Dédicaces*

*C'est avec grand plaisir que je dédie ce travail :*

*À mes chers parents*

*Kaddeur et fatiha pour tous leurs sacrifices, leur soutien et leurs prières tous au long de mes études.*

*A mes chers sœur Roumaïssa Soundous et Aya*

*A mon grand frère Sedame et petit frère Othmen*

*A tout ma famille sans exception Hafida Khadidja mes grandes mer*

*Mes chère amie chaima et manel*

*Mon marie Mhamed*

*A toute l'équipe de la station expérimentale de l'ENSSMAL.*

*A tous les enseignants et les étudiants de la promotion Aquaculture.*

*A mon binôme dans ce travail Rima qui est l'une des filles la plus gentille dans le monde.*

**ADJAL KHAOULA**

# *Dédicaces*

*A ma mère, la personne la plus chère à mon cœur « NACIRA » qui a attendu avec patience le fruit de sa bonne éducation.*

*Mon adorable père « MOHAMMED » mon soutien moral et source de joie et de bonheur.*

*A ma chère sœur SALIMA.*

*A mes chers frères ISMAIL et MOHAMED.*

*A toute ma famille sans exception.*

*A mon futur MARI.*

*A toute l'équipe de la station expérimentale de l'ENSSMAL.*

*A tous les enseignants et les étudiants de la promotion AQUACULTURE.*

**BENRABAH RIMA**

## Table des matières

Dédicaces

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction.....02

### Chapitre I : Généralités

1. Présentation des espèces étudiées.....05

1.1. Classification des holothuries.....05

1.1.1. Systématique des holothuries .....06

1.2. Répartition géographique.....06

1.3. Morphologie externe et interne des holothuries.....07

1.3.1. Morphologie externe.....07

1.3.1.1. *Holothuria tubulosa*.....08

1.3.1.2. *Holothuria sanctori*.....08

1.3.2. Morphologie interne.....08

1.3.2.1. Systèmes digestifs et les arbres respiratoires.....09

1.3.2.2. Les organes de cuvier.....09

1.3.2.3. Appareil reproducteur.....10

1.3.2.4. Cavité cœlomique.....10

1.3.2.5. Le système nerveux.....11

1.3.2.6. L'appareil ambulacraire.....11

1.4. Le cycle de reproduction des holothuries aspidochirotés.....11

1.4.1. Reproduction sexuée.....12

1.4.2. Reproduction asexuée.....13

1.4.3. Le système reproducteur et développement larvaire chez les holothuries.....15

1.5. Régime et comportement alimentaire des holothuries.....18

1.6. Moyens de défense.....	19
1.6.1. Toxines.....	19
1.6.2. Tube de cuvier.....	19
1.6.3. L'éviscération.....	20
1.7. Les prédateurs des holothuries.....	20
1.7.1. Relation des holothuries avec d'autres animaux.....	21
1.8. Mobilité et migration des holothuries.....	21
1.9. Ecologie des espèces d'holothuries aspidochirotés étudiées.....	22
1.9.1. <i>Holothuria tubulosa</i> .....	22
1.9.2. <i>Holothuria sanctori</i> .....	23
1.10. Importance écologique des holothuries.....	24
1.11. Importance économiques des holothuries.....	25
1.12 Les maladies des holothuries dans le monde.....	26
1.13. L'holothuriculture dans le monde.....	26

## **Chapitre II : Matériels et méthodes**

2.1. Présentation de station expérimentale.....	29
2.2. Bassins et aquariums.....	29
2.3. Collecte et transport des géniteurs .....	33
2.4. Alimentation.....	34
2.5. Induction de la ponte et fécondation.....	35
2.6. Pathologie .....	38

## **Chapitre III : Résultats et Discussions**

3.1. Comportement alimentaire des géniteurs.....	41
3.2. Résultats de l'induction de la ponte et fécondation.....	41

3.3. Observation des stades de développement des œufs.....	45
3.4. Pathologie.....	46
3.4.1. Maladies.....	46
3.4.1.1 Les résultats Institut Pasteur D'Algérie Labo Bactério Alimentaire.....	47
3.4.2. Mortalités .....	48
3.4.2.1. Mortalités enregistrées durant le conditionnement.....	48
3.4.2.2. Mortalités enregistrée après le deuxième choc thermique .....	50
Conclusion .....	53
Références bibliographiques.....	55

## Liste des figures

Figure 1 : <i>Holothuria sanctori</i> .....	05
Figure 2 : <i>Holothuria tubulosa</i> .....	05
Figure 03 : Répartition de l'espèce <i>Holothuria tubulosa</i> repéré en rouge sur la carte depuis le golfe de Gascogne jusqu'à la Méditerranée (Richon, 2008).....	07
Figure 04 : Morphologie externe d'une holothurie Aspidochirote. (in Samyn et al., 2006).....	08
Figure 05 : Anatomie interne d'une holothurie Aspidochirore (In Samyn et al.,2006).....	09
Figure 06 : <i>Holothuria tubulosa</i> en position verticale sur une surface rocheuse en libérant les gamètes. A : male ; B : femelle (Bertoncini et al., 2008) .....	13
Figure 07 : Esquisse d'individus en division ou récemment divisée d'après Crozier (1917).....	15
Figure 08 : Stade du développement d'une l'holothurie Aspidochirotes (Hamel et al., 2003).....	16
Figure 09 : Stade du développement des holothuries Aspidochirotes (Hamel et al., 2003).....	18
Figure 10 : <i>Holothuria forskali</i> projetant ses tubes de cuvier (photo prise en Italie par Roberto Pillon Mai, 2011).....	20
Figure 11 : Morphologie externe de <i>Holothuria tubulosa</i> . A : face ventrale ; B : face dorsale (Slimane Tamacha, 2017).....	23
Figure 12 : Morphologie externe de <i>Holothuria sanctori</i> avec tache. A : face dorsale ; B : face ventrale. (Slimane Tamacha, 2017).....	24
Figure 13 : la station expérimentale de l'école (ENSSMAL).....	29
Figure 14 : Schéma 3D de système de filtration (Sketch Up Pro 2022).....	30
Figure 15 : les aquariums utilisés.....	31
Figure 16 : station de sidi Fredj.....	31
Figure 17 : appareils oxymètre de terrain pH-mètre portable thermomètre portable Conductimètre de terrain.....	32
Figure 18 : <i>Holothuria tubulosa</i> .....	33
Figure 19 : <i>Holothuria sanctori</i> .....	33

Figure 20: photo montrant la couche de sable distribuée.....	34
Figure 21 : préparation de l'Azolla humide.....	35
Figure 22 : distribution de l'Azolla humide.....	35
Figure 23 : distribution de l'Azolla humide.....	36
Figure 24 : Transformation des géniteurs.....	36
Figure 25 : photo montrant l'abaissement de la T°.....	37
Figure 26 : photo montrant la Transformation des mâles dans un réservoir séparé.....	37
Figure 27 : Photos réel montrant les taches blanches de l'infection.....	38
Figure 28 : Quelques photos de pasteur laboratoire.....	39
Figure 29 : consommation de l'Azolla humide par les géniteurs.....	41
Figure 30 : <i>Holothuria tubulosa</i> en train de pondre.....	42
Figure 31 : Sperme de mâle.....	43
Figure 32 : les œufs de femelle.....	44
Figure 33 : observation des œufs par microscope optique (*40).....	45
Figure 34 : Photos réel montrant les taches blanches de l'infection.....	46
Figure 35 : photo des taches blanches apparaissent sur tout le corps de concombre de mer.....	47
Figure 36 : Variation de nombres des Mortalités de concombre de mer enregistrées au cours de conditionnement.....	49
Figure 37 : photo montrant les holothuries mortes.....	50
Figure 38 : des photos montrant d'éjection des viscères.....	51

## Liste des tableaux

Tableau 01 : Effectifs du concombre de mer récoltés.....	33
Tableau 02 : les résultats des analyses d'institut pasteur d'Algérie .....	47
Tableau 03 : les résultats d'institut Pasteur.....	48

## **Liste des abréviations**

**°C** : Degré Celsius.

**Aqua** : Aquarium.

**BC** : Bassin Circulaire.

**CO2** : Dioxyde de Carbone.

**ENSSMAL** : Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et Aménagement de Littoral.

**FAO** : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

**l** : largeur

**L** : Longueur

**LT** : Longueur Totale.

**m** : mètre.

**PFE** : Projet de Fin d'Etude.

**PH** : potentiel d'Hydrogène.

**AA** : Acide Aminé.

# **Introduction**

Les holothuries sont des invertébrés sédentaires, préférant les habitats à phanérogames ainsi que ceux des milieux confinés et abrités tels que les baies, lagunes et lagons. Elles s'observent depuis les premiers mètres d'eau jusqu'à une profondeur de 20 à 30 m (100m pour *H. forskali*) ; ce sont donc des espèces littorales facilement accessibles aux pêcheurs. Ils sont vulnérables à la surpêche puisque leur reproduction repose sur un mécanisme de diffusion des gamètes en mer qui nécessite la présence de populations denses (Bell et *al.*, 2008 ; Duvauchelle, 2010).

Certaines holothuries sont hermaphrodites, mais la plupart sont des reproducteurs dioïques à fécondation externe. Plusieurs espèces possèdent la capacité de se reproduire par scission (Conand, 1996). Les holothuries des eaux tempérées ont une reproduction annuelle généralement estivale. Si leur peuplement est appauvri le retour à une population présentant une densité stable et équilibrée peut demander des décades (Duvauchelle, 2010).

Ces espèces se nourrissent par filtration. Elles jouent un rôle important dans le recyclage de la matière organique et l'oxygénation des sédiments benthiques, elles sont un acteur majeur de l'herbier de *Posidonia oceanica* (Coulon et Jangoux, 1993 ; Mezali, 2008). Des expériences de laboratoire ont montré que la diminution de la densité des holothuries ou bien leur suppression peut conduire à la mise en place d'un tapis algal indésirable sur le sédiment, ce qui limiterait, entre autres facteurs, la disponibilité de l'oxygène. Un adulte peut filtrer de 0.430 à 4.283 kg de poids sec de sédiment par an, cela dépend de la taille du spécimen et des conditions environnementales (Coulon et Jangoux, 1993).

De plus, ces holothuries présentent globalement un intérêt économique important, elles sont exploitées aussi bien pour la nutrition mais également comme appât (Simunovic et *al.*, 2000 ; Kazanidis et *al.*, 2010). On lui prête des vertus antiseptiques, antidouleurs et même aphrodisiaques, de ce fait elles constituent un marché alimentaire et médicinale important dans les pays asiatiques et certains pays européens (Toral Granda et *al.*, 2008 ; Percell, 2010 ; Sicuro et *al.*, 2012).

En Algérie, peu des travaux ont été effectuée sur le comportement alimentaire des holothuries aspidochirotes ; entre autres, on peut signaler ceux de Mezali et Soualili (2013) et Belbachir et *al.* (2014).

Les projets d'aquaculture sont des projets rentables, c'est pourquoi l'idée d'holothuriculture émerge pour promouvoir l'investissement et déposer le produit élevé à des prix abordables, 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, sont considéré parmi les pays côtiers d'Afriques riches en ressources halieutique abritant plusieurs types d'élevages 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 ?

# **Chapitre I : Généralités**

## 1. Présentation des espèces étudiées

Les espèces à laquelle nous nous attachons ici sont *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1791) et *Holothuria sanctori* (Delle Chiaje, 1823).



**Figure 1 :** *Holothuria sanctori*



**Figure 2 :** *Holothuria tubulosa*

### 1.1. Classification des holothuries

Les holothuries sont des échinodermes, cousins des « étoiles de mer » et des « oursins ». Dans les zones littorales on trouve une prédominance des Aspidochirotés (Conand, 1994).

Les holothuries se distinguent des autres classes des échinodermes par l'existence d'un endosquelette constitué par des sclérites (=spicules) ; ces dernières représentent des millions de microscopiques pièces calcaires, isolées les unes des autres et éparpillées dans les couches dermiques du corps de l'holothurie (In Mezali, 2008). La morphologie, la taille et la distribution des sclérites dans les différents tissus constituent des caractères clefs dans la détermination et la classification des holothuries (Saymn et *al.*, 2006).

La classification des holothuries est basée sur la présence ou l'absence de podia et des arbres respiratoires, ainsi que sur la forme des tentacules. Ces premiers critères permettent de distinguer

les ordres d'holothuries. Le nombre de tentacule et le dénombrement des touffes gonadique sont également utilisés (Alain et *al.*, 1986).

### 1.1.1 Systématique des holothuries

**Règne :** Animalia

**Embranchement :** *Echinodermata*

**Sous-embranchement :** *Echinozoa*

**Classe :** *Holothuroidea* (munie de podia)

**Sous-classe :** *Aspidochirotacea*

**Ordre :** *Aspidochirotida* (possédant des tentacules peltés)

**Famille :** *Holothuriidae*

**Genre :** *Holothuria* (Linaeus, 1767)

**Espèces étudiées :** *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1791); *Holothuria sanctori* (Delle Chiaje, 1823).

### 1.2 Répartition géographique

Les holothuries se trouvent dans des 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).

D'après Mezali (2011) en Méditerranée et plus précisément dans les eaux algériennes, parmi les espèces dominantes se trouve l'*Holothuria tubulosa*, *Holothuria stellati*.

*Holothuria tubulosa* est la plus répandue en Méditerranée (Fig.03).



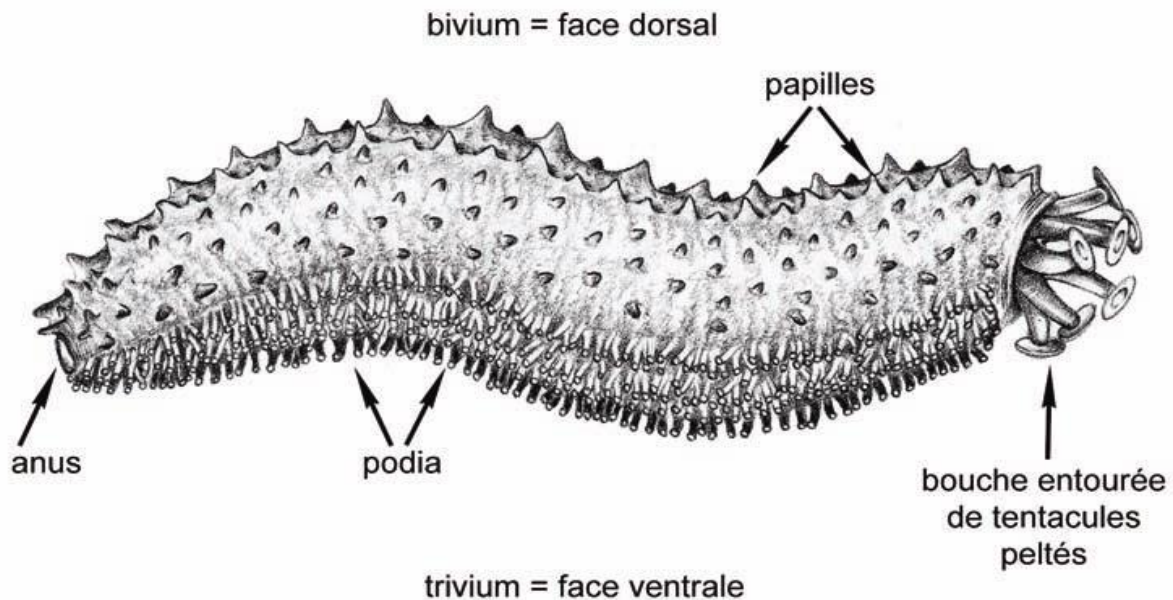
**Figure 03 :** Répartition de l'espèce *Holothuria tubulosa* repéré en rouge sur la carte depuis le golfe de Gascogne jusqu'à la Méditerranée (Richon, 2008).

### 1.3. Morphologie externe et interne des holothuries

#### 1.3.1. Morphologie externe

Les holothuries appartenant à l'ordre des aspidochirotés sont forme légèrement allongée (en « saucisse » ou en fuseau). Podia ou papilles toujours présent, souvent nombreux. Tentacules buccaux courts en forme de bouclier ou de parapluie. Organes arborescents présent ; organes de Cuvier présents ou non. Muscles longitudinaux radiaires en général en double bande ; muscles rétracteurs du pharynx absent ; mésentère de la partie postérieure de l'intestin fixé à la paroi du corps le long de la zone inter-radiaire ventrale droite (Grube, 1840 ; In Mezali, 2008).

L'aspect du corps des holothuries varie du molle à l'état de relâchement au rigide et dure à l'état de contraction (Grasse, 1948 ; In Mezali, 1998). La paroi du corps est dure et épaisse (Mezali, 1998) (Fig.03).



**Figure 04** : Morphologie externe d'une holothurie Aspidochirote. (In Samyn et *al.*, 2006).

### 1.3.1.1 *Holothuria tubulosa*

C'est une holothurie cylindrique dont la forme ressemble grossièrement à un « concombre ». Elle mesure jusqu'à 40 cm de long pour 6cm de large. La bouche est située à l'extrémité antérieure et comporte des tentacules buccaux courts et difficilement visibles à l'état de contraction. Sa peau est de couleur brun clair tirant parfois sur le rouge ou le violacé.

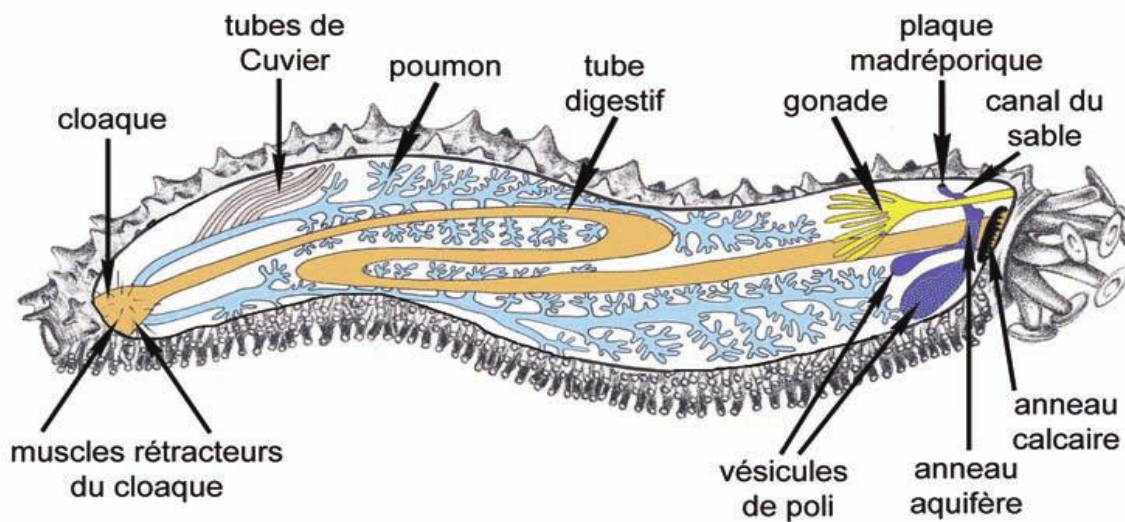
Les spicules sont rugueux et épineux. Sa face ventrale est largement tapissée de trois rangées de podia. Elle n'a pas de tubes de cuvier ou organes de défense (Mazali, 2008).

### 1.3.1.2 *Holothuria sanctori*

C'est une holothurie cylindrique son corps est plus ou moins mou, et généralement hérissé de papilles dorsales, la bouche est entourée d'une vingtaine de tentacules peltés qui servent à amener la nourriture (le sédiment) à la bouche (Mezali, 1998).

## 1.3.2 Morphologie interne

L'anatomie interne d'une holothurie aspidochirote est relativement simple (Fig.04). Elle se caractérise par un tractus digestif avec en général une paire d'organes arborescents appelés improprement « les poumons » et un appareil reproducteur (Massin et *al.*, 1990).



**Figure 05** : Anatomie interne d'une holothurie Aspidochirore (In Samyn et *al.*, 2006).

### 1.3.2.1 Systèmes digestifs et les arbres respiratoires

Le tube digestif fait une grande boucle et occupe la majeure partie de la cavité générale, il s'ouvre antérieurement au niveau de la bouche qui est entourée de tentacules, podia modifiés servent à l'ingestion des particules alimentaires, et se termine postérieurement par un anus. Peu avant l'anus, le tube digestif s'enfle en un cloaque dans lequel débouchent les arbres respiratoire appelées improprement « poumons », organe en forme de buisson plus ou moins touffu qui pompent et rejettent l'eau de mer par l'orifice cloacale (Mezali, 2008).

### 1.3.2.2 Les organes de cuvier

A la base des « poumons » de certaines espèces d'holothuries (seulement dans la famille des holothurroidea) on peut observer des tubes souvent blanchâtres, dits « tubes de Cuvier » ou organes de défense qui peuvent être projetés à l'extérieur par l'anus lorsque l'holothurie est agressée. Sous la pression de l'eau injectée dans les tubes, ils s'allongent considérablement. Formant autour de l'agresseur un réseau extraordinairement résistant et collant (Samyn et *al.*, 2006).

Le réseau de filaments qui allonge de 20 à 30 fois et devient collant immobilisant l'ennemi (poisson ou crabe). Les polynésiens se servent de ces filaments, en les enroulant sur leurs pieds, pour marcher sur les récifs de coraux.

### 1.3.2.3 Appareil reproducteur

Dans quelques cas (généralement les jeunes individus), seul l'examen microscopique des gonades permet de reconnaître les mâles et les femelles. Les gonades se composent d'une ou deux touffes reliées à un canal excréteur qui débouche à l'extérieure un peu en dessous de la base des tentacules médiodorsaux. Les tubules mâles sont toujours de couleur blanc crème. Par contre, les tubules femelles sont plus transparents, l'intérieur ayant une apparence granulée, et prennent une teinte rouge orangé lorsque les ovaires sont féconds (Ghobadyan, 2012). Lors de la ponte, certaines espèces se dressent sur leur partie postérieure et les gamètes sont émises dans la colonne d'eau où se fait la fécondation (Conand, 1994).

Les œufs fertilisés, portés par le courant, donnent naissance à une larve auricularia (ainsi nommée en raison de sa vague ressemblance avec l'oreille humaine) qui se métamorphose à son tour en une larve doliolaria (Conand, 1994).

La morphologie de la gonade 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 Marcier, 1996 ; Sewell et *al.*, 2004).

### 1.3.2.4 Cavité coelomique

Le coelome des échinodermes est relativement grand. Il est connecté à un système complexe de tubes et contribue à la circulation générale et à la respiration.

Chez de nombreux échinodermes, la respiration et l'élimination des déchets s'effectuent à travers la peau par de petites extensions digitiformes du coelome, nommées papules. Elles sont couvertes par une fine couche de tégument et fonctionnent comme des branchies (sous forme d'excroissances traversant la paroi corporelle).

Le coelome de l'holothurie est une vaste cavité remplie d'un liquide (le liquide coelomique) proche de l'eau de mer dans lequel se trouvent le tube digestif, les poumons et les gonades (In Samyn et al., 2006).

Le liquide coelomique des holothuries présente un phénomène d'agglutination qui permet des réactions de défense des holothuries à une blessure (Lauga et Lecal, 1966 ; In Mezali, 1998).

#### **1.3.2.5 Le système nerveux**

Le système nerveux est constitué comme chez tous les échinodermes d'un anneau nerveux péri-stomacal, rond ou pentagonal, duquel partent cinq nerfs radiaux qui innervent tout le corps et notamment les aires ambulacraires. Les organes de sens des holothuries sont représentés par des cellules sensorielles réparties sur la surface du corps (In Samyn et al., 2006).

#### **1.3.2.6 L'appareil ambulacraire**

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

### **1.4 Le cycle de reproduction des holothuries aspidochirotés**

Les deux sexes sont séparés, quelques espèces sont hermaphrodites, (Herrero-Pérezrul et al., 1999). Dans certain cas le sexe est identifié par l'histologie des gonades (Howaida et al., 2004).

La reproduction est dépendante de la densité, un faible taux de recrutement et de maturité tardive, peut entraîner une forte vulnérabilité des populations aux changements environnementaux et / ou aux pression anthropiques (Conand, 1993 ; Chao et al., 1994 ; Herrero-Pérezrul et al., 1999 ; Ramofafia et al., 2001 ; Uthicke et Banzie, 2000 ; Uthicke et al., 2004 ; Uthicke et conand, 2005 ; Muthiga, 2006 ; Toral-Granda et martinez, 2007).

Les holothuries ont la capacité de se reproduire sexuellement, et il y a des corrélations entre les facteurs environnementaux et une combinaison de caractère tels que la taille du corps, la disponibilité alimentaire, la stabilité de l'habitat, la mortalité et la fourniture des larves. Ces

facteurs interagissent les uns avec les autres et font partie d'un modèle qui prédit le type de reproduction qu'il présente (Mackey et Hentschel, 2001).

Pour la sex-ratio on a cinq étapes de développement : indifférencié, gamétogenèse, la maturité, la ponte et la post-ponte. Le cycle de reproduction est annuel (Herrero-Pérezrul, 1994 ; Fajardo et al., 1995). Certaines espèces incubent leurs œufs dans les régions froides ; l'incubation se produit dans la zone ventrale et la zone dorsale de l'animal. Les holothuries ont la capacité de se reproduire sexuellement ou asexuellement (Mackey et Hentschel, 2001).

#### 1.4.1 Reproduction sexuée

Ce mode est le principal moyen de reproduction des holothuries et pour la grande majorité des espèces connues qui sont dioïques. Il existe néanmoins des cas d'hermaphrodisme chez certaines espèces (Smiley et al., 1991 ; Mackey et Hentschel, 2001).

La reproduction sexuée se compose de deux phases principales ; la gamétogenèse et le frai. La gamétogenèse est la formation de spermatozoïdes et des ovules.

Ce processus de la ponte peut se dérouler dans des tubules gonadiques regroupés en une ou deux touffes selon l'espèce. Le terme de ponte ou frai se référant à l'acte de libération des gamètes matures dans l'eau.

Smiley et al. (1991) relèvent deux modes par lesquels le processus de la ponte peut se dérouler. Une première méthode est dite par diffusion de gamètes. Par laquelle les « concombre de mer » dispersent leurs produits génitaux dans l'eau. Ce mode concerne la grande majorité des holothuries.

Le deuxième mode « l'incubation » concerne 41 espèces environ, soit de 3% des espèces connues. Ces espèces incubatrices produisent généralement un nombre d'œufs et de juvéniles incubés variant entre 2 et 70 (Smiley et al., 1991). L'incubation pouvant se réaliser soit dans des poches tégumentaires inter-radiales, soit dans un marsupium dorsal, soit dans le tégument de la sole ou bien encore dans l'appareil génital. En faisant cela, les espèces couveuses offrent une meilleure protection aux embryons en développement.

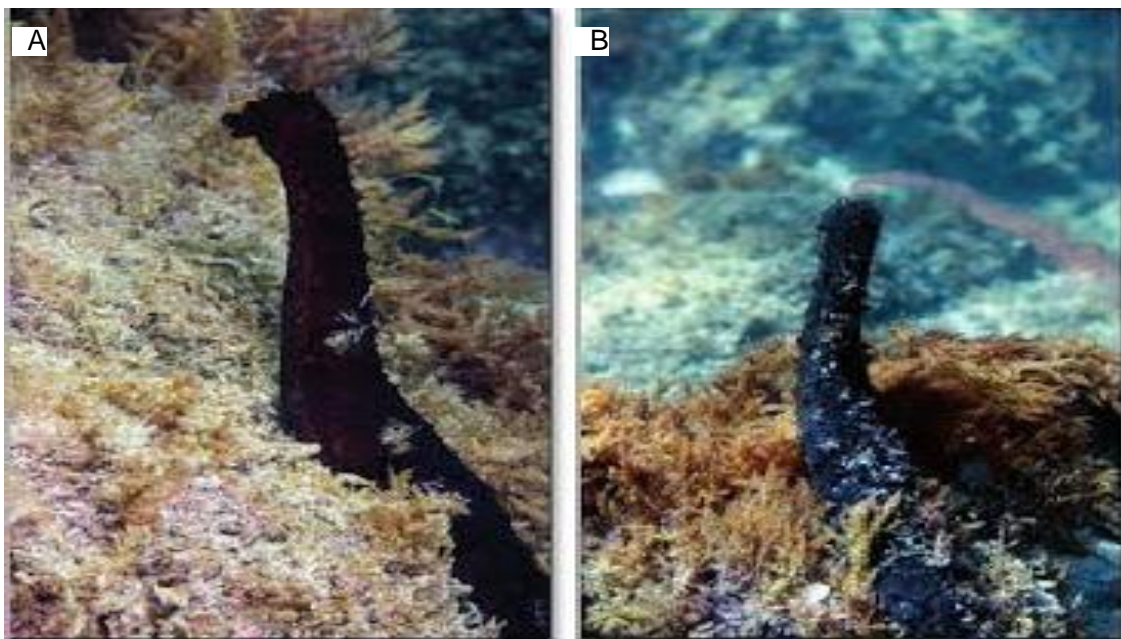
Mceuen (1988) note qu'en dépit du mode de reproduction, une position particulière est prise par les « concombres de mer » adultes avant la ponte. Chaque individu libère son emprise sur le

substrat de soulève son extrémité antérieure. Peu de temps après la prise de cette position. Les males libèrent leurs gamètes dans l'eau. La ponte des femelles, suit celle des mâles, généralement dans un délai de l'ordre de minutes à quelques heures (fig.06).

Ainsi, pour de nombreuses espèces l'élévation de l'extrémité antérieure, l'étirement de l'introvert, l'agitation des tentacules, et le balancement sont des comportements souvent associés à la libération des gamètes.

D'autres comportements moins communs ont été associés à la phase de ponte, incluant l'agitation des podia de l'introvert, des vagues de contractions qui parcourent la paroi du corps, les males errants, l'agrégation et la pseudo-copulation.

Mceuen (1988) note également que les males libèrent rarement la totalité de leurs gamètes en une seule salve, contrairement aux femelles qui pondent souvent en une ponte explosive.



**Figure 06 :** *Holothuria tubulosa* en position verticale sur une surface rocheuse en libérant les gamètes. A : male ; B : femelle (Bertoncini et *al.*, 2008).

#### 1.4.2 Reproduction asexuée

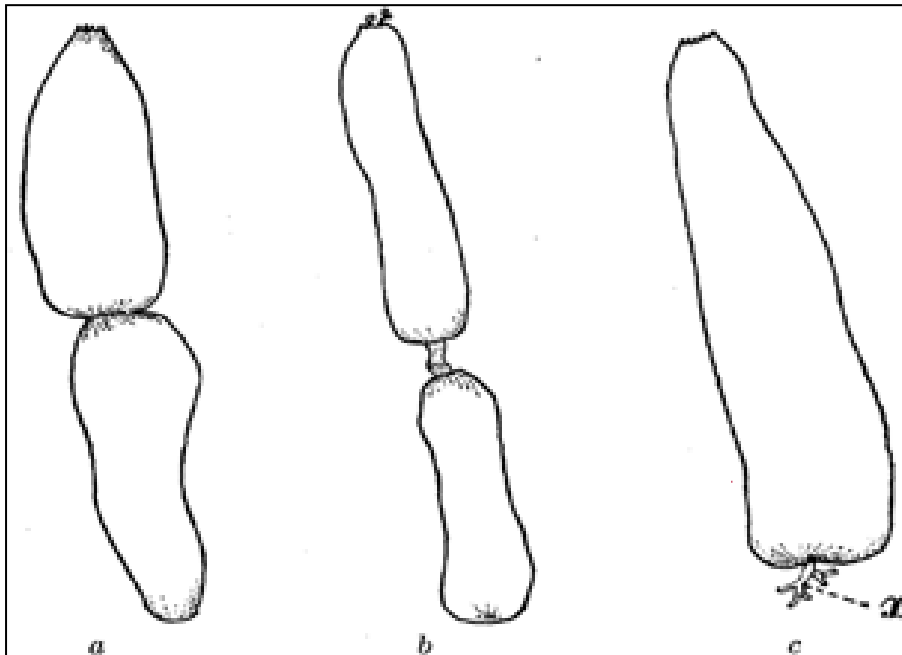
La reproduction asexuée est une méthode par laquelle les « concombres de mer » se propagent (Daylell, 1851 ; in crozier, 1917). Ce processus est mis en évidence sur des observations 'individus placés en aquariums. L'idée a été abordée avec incertitude par Crozier (1917) qui au

départ a estimé que ce mode de reproduction par scission n'était pas une méthode de propagation des holothuries dans leur environnement naturel. Cependant, grâce à ses recherches sur la fission transversale de *Holothuria surinamensis* (Ludwig, 1875). Il obtient des preuves que c'est bien un processus qui se produit dans des conditions naturelles. Smiley et al. (1991) décrivant trois modes de fission parmi les holothuries :

- Le premier procédé implique la fixation de l'individu par ses pieds ambulacraires antérieurs et postérieurs au substrat, par la suite l'animal se met à marcher dans des directions opposées ce qui aminci le milieu du corps, qui finit par se rompre.

L'animal reste alors connecté uniquement par l'intestin, qui finira lui aussi par se rompre et donne deux sections séparées

- Dans le second mode de fission, l'animal se divise en trois parties par étranglement du corps à ses deux extrémités et en gonflant la région médiane. A la suite de cette forte torsion, les parois du corps rompent au niveau des deux sites de constriction ;
- Le troisième mode de fission est similaire au second, ce qui implique une constriction du corps, mais au lieu de se diviser en trois parties, le « concombre de mer » ne se divise qu'en deux moitiés. C'est le processus de la fission observée par **Crozier (1917)** qui est illustrée par la (**Fig.07**). Après que la fission soit terminée, chaque section formée devra alors régénérer soit l'extrémité antérieure ou postérieure, selon la partie qui a été perdue du corps rompent au niveau des deux sites de constriction.



**Figure 07** : Esquisse d'individus en division ou récemment divisée d'après Crozier (1917).

**A** et **b**, la division est en cours ; en **b**, la partie exposée non divisée de l'intestin est visible ; en **c**, est représenté le contour de la moitié orale récemment séparée.

### 1.4.3 Le système reproducteur et développement larvaire chez les holothuries

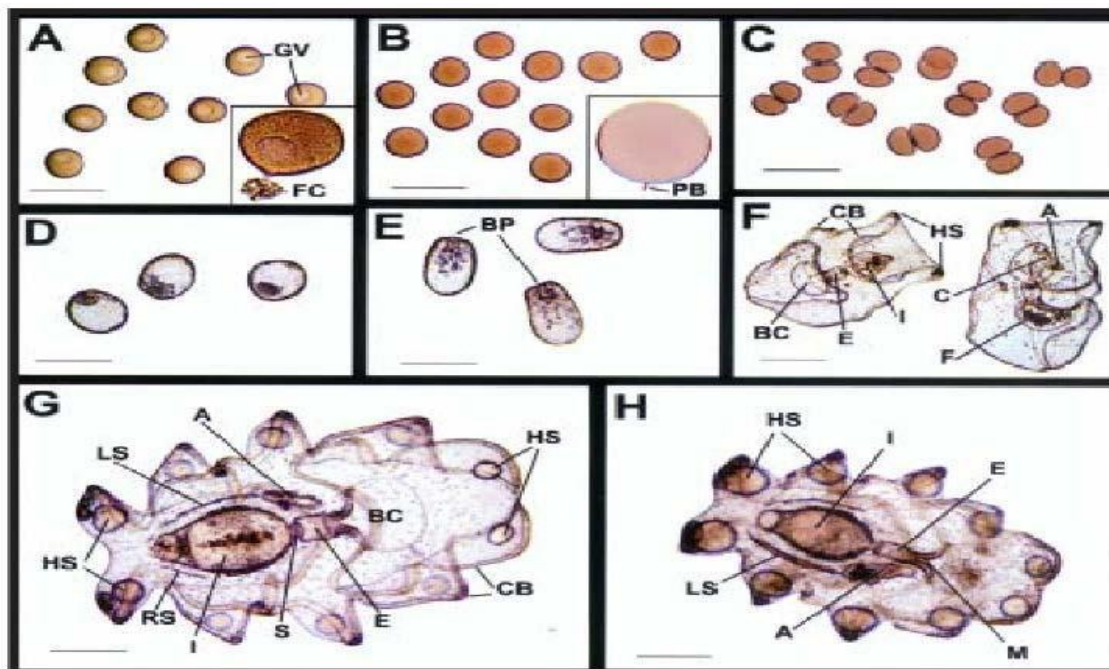
Le système de reproduction des holothuries est constitué d'une ou deux gonades (Selon le taxon). Cette gonade consiste en un groupe de tubules (en touffe) débouchant dans un conduit unique qui s'ouvre sur la surface supérieure de l'animal, à proximité des tentacules buccaux ou carrément entre ceux-ci (Conanad, 1993). Il existe deux types de développement larvaire direct ne possédant pas ce stade (Purwati et Dwiono, 2005).

La température est un facteur inducteur de la ponte chez les holothuries. Une baisse ou une augmentation de cette dernière va provoquer la ponte chez les mâles en premier, 30 minutes plus tard les femelles vont réagir, l'avant du corps des femelles soumis à une pression interne, se met à gonfler, puis la ponte en premier chez les mâles, ce qui pousse les femelles à pondre (Laxminarayana, 2005 ; Dabbagh et Sedaghat, 2012).

Le développement commence par le soulèvement de la membrane, 4 minutes environ après la fécondation. L'expulsion de premier globule polaire intervient environ 3 minutes plus tard (Fig.08B). Le deuxième globule polaire suit rapidement (environ 2 mn plus tard). Le premier

clivage est radial et holoblastique, et conduit à la division de la cellule en deux blastomères hémisphériques égaux (Fig.08C) (Hamel et *al.*, 2003). Le deuxième clivage se produit de nouveau par l'axe pole animale-pole végétatif, dit méridien, et donne deux blastomères cylindriques. Environ 10 heures après la fécondation, les embryons sortent de l'enveloppe pour devenir gastrula. Déjà à ce stade, celles-ci nagent à l'aide des cils qui couvrent la totalité de leur surface ; elles s'allongent pour atteindre leur taille maximale après 14 heures (fig.08E). Les larves auricularia commencent à apparaître 24 heures environ après la fécondation ; c'est le premier stade auquel les larves commencent à ne nourrir. On peut observer grossissement durant les deux semaines de leur culture (Fig.08F). Elles commencent alors à accumuler des nodules hyalins (Hamel et *al.*, 2003).

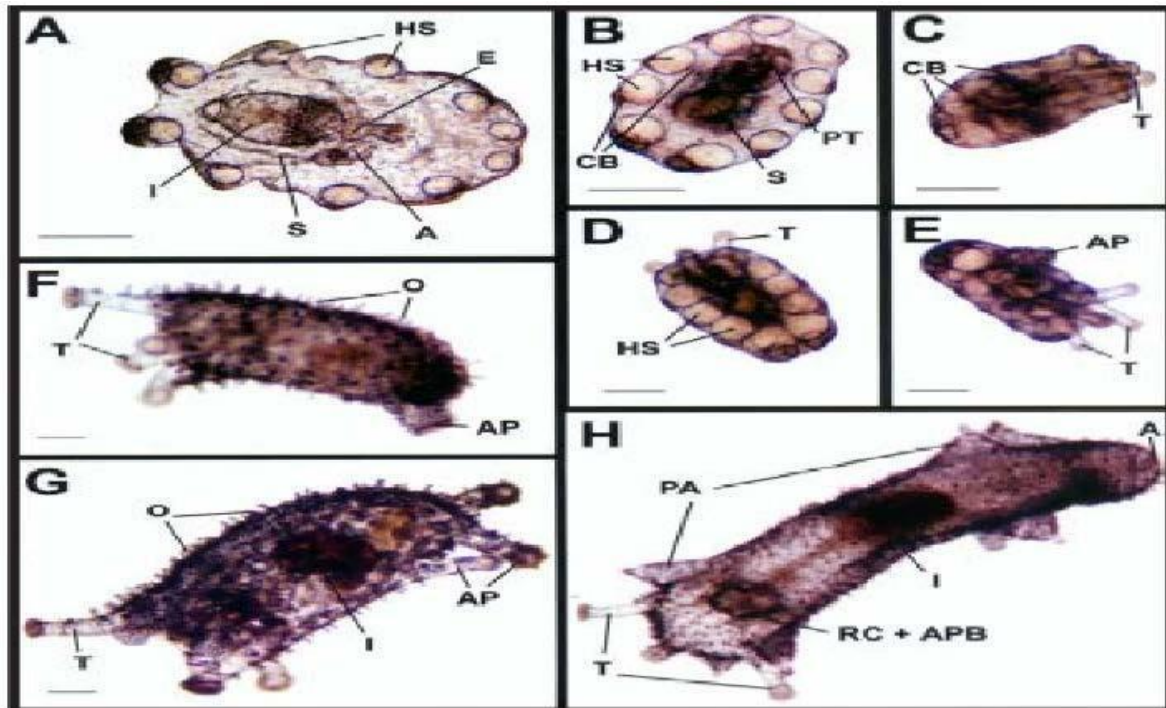
On distingue clairement l'œsophage, le sphincter, les intestins, le cloaque ainsi que l'anus. Après 16 à 18 jours, l'auricularia atteint sa taille maximale de 1.1 à 1.3 mm ; elle comporte des somatocèles ainsi qu'un axohydrocèle (Fig.08G). dans les heures qui suivent, de nombreuses auricularia commencent à se transformer pour aboutir au stade doliolaria (Fig.08H) (Hamel et *al.*, 2003).



**Figure 08** : Stade du développement d'une l'holothurie Aspidochirotes (Hamel et *al.*, 2003).

Les traits équivalents à 200µm. **A.** Ovocytes après prélèvement d'une gonade mure. La vésicule germinale (**GV**) est clairement visible. Dans l'encadré, vue agrandie d'un ovocyte en phase d'ovulation, on voit restées attachées les cellules folliculaires (**FC**). **B.** Œufs, pleinement matures, venant d'être fécondés, la rupture de la vésicule germinale est très visible. L'encadré montre la libération des deux globules polaires (**PB**). **C.** stade de la division en deux cellules. **D.** gastrula venant d'éclore. **E.** gastrula de forme allongée avec des blastophores visibles (**BP**). **F.** début d'auricularia sur lesquelles on aperçoit les bandelettes ciliaires (**CB**), les nodules hyalins (**HS**), la cavité buccale (**BC**), l'œsophage (**E**), l'intestin (**I**), le cloaque (**C**) et l'anus (**A**). Des éléments nutritifs sont présents dans la cavité buccale. **G.** vue ventrale d'une larve auricularia pleinement développée, où l'on aperçoit le somatocèle gauche (**LS**), l'axohydrocèle (**A**), les nodules hyalins (**HS**), les bandelettes ciliaires (**CB**), la cavité buccale (**BC**), l'œsophage (**E**), le sphincter (**S**), l'intestin (**I**) et le somatocèle droit (**RS**). **H.** vue dorsale d'une larve auricularia en cours de métamorphose. La taille de la cavité buccale diminue pour disparaître totalement et les nodules hyalins (**HS**) se rapprochent. La bouche (**M**), l'intestin (**I**), l'œsophage (**E**), le somatocèle gauche (**LS**), et l'axohydrocèle (**A**) sont clairement visibles.

Au cours de ce processus, les larves rétrécissent d'environ la moitié de leur taille initiale, la cavité buccale ciliée disparaît et les nodules hyalins se rapprochent (Fig.09A). Le stade doliolaria est atteint environ 19 à 24 jours après la fécondation (Fig.09B) lorsque les larves cessent de se nourrir et que les cils s'alignent en formant cinq couronnes distinctes, le long de leur corps cylindrique. À ce moment, on peut observer le mouvement des tentacules primaires est visible à travers le tégument translucide, de même que le somatocèle. Quelques jours plus tard, la larve doliolaria se transforme en pentacula qui possède 5 tentacules buccaux (Fig.09C). À ce stade, la larve reste proche du substrat. La fixation définitive, accompagnée de la perte complète des cils, l'achèvement de la métamorphose et l'apparition des deux premiers pieds ambulacraires, se produisent de 22 à 27 jours après la fécondation (Fig.09D,E) (Hamel et al., 2003).



**Figure 09** : Stade du développement des holothuries Aspidochirotes (Hamel et *al.*, 2003).

**A.** Larve auricularia au stade final de sa métamorphose, caractérisée par les nodules hyalins (**HS**), l'œsophage (**E**), l'intestin (**I**), le somatocèle (**S**) et l'axohydrocèle (**A**). **B.** larve dodiolaria pleinement développée sur laquelle on aperçoit les nodules hyalins (**HS**), les tentacules primaires (**PT**), les bandelettes ciliaires (**CB**) et le somatocèle (**S**). **C.** pentacula au début de son développement muni de cinq tentacules (**T**) et les nodules hyalins (**HS**). **E.** vue ventrale d'une pentactula récemment fixée sur laquelle on aperçoit les premiers pieds ambulacraires (**AP**) et les 5 tentacules buccaux (**T**). **F.** juvénile précoce, mesurant 1.5 mm, muni de tentacules (**T**), de pieds ambulacraires (**AP**) et d'ossicules (**O**). Les nodules hyalins ont disparu. **G.** juvénile de 2 mm muni de 5 tentacules (**T**) et des trois paires de pieds ambulacraires (**AP**). L'intestin (**I**) et les ossicules (**O**) sont visibles. **H.** juvénile de 3 mm sur lequel on aperçoit les tentacules (**T**), les papilles (**PA**), l'intestin (**I**), l'anus (**A**), le canal annelé et le bulbe aqua-pharyngé (**RC + APB**).

### 1.5 Régime et comportement alimentaire des holothuries

Certaines espèces d'holothuries dendrochirotes « suspensivores » restent immobiles pour capturer leur nourriture en pleine eau, à l'aide de leurs tentacules dendritiques et pecto-dendritiques qui peuvent à l'occasion filtrer l'eau de mer. Elles s'alimentent de particules immobiles ou peu mobiles (Hyman 1955 ; Massin, 1982a ; Billet, 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, 2008). Les juvéniles des holothuries sont aussi des « suspension-feedres » (Billet, 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 micro-algues et les fragments des phanérogames marines (Massin et Jangoux, 1976 ; Traer, 1980 ; Verlaques, 1981 In Mezali, 2008).

## 1.6 Moyens de défense

### 1.6.1 Toxines

Les holothuries ont la particularité de dégager en permanence des toxines appelées saponines. Ces toxines sont cytotoxiques et hémolytiques, donc dangereuses pour la plupart des poissons, ce qui fait que les holothuries adultes ont généralement peu de prédateurs. Suivant l'espèce et la condition des individus, ces toxines sont présentes en plus ou moins grande quantité et plus ou moins efficaces (Francour, 1997).

### 1.6.2 Tube de cuvier

Chez plusieurs espèces de l'ordre des Aspidochirotés, il y a, à la base de ces poumons, un nombre variable de tubules gluants blanchâtres, roses ou rougeâtres, appelés organes de Cuvier (fig.10), qui peuvent être détachés et éjectés par l'anus grâce aux contractions du corps ; ce sont des armes défensives grâce auxquelles les Holothuries engluent les animaux ou objets qui les dérangent ; ces organes sont facilement régénérés (Tortonese et Vadon, 1987).



**Figure 10 :** *Holothuria forskali* projetant ses tubes de cuvier (photo prise en Italie par Roberto Pillon, 2011).

### 1.6.3 L'éviscération

Mécanisme de défense qui consiste à éjecter une grande partie des organes internes : on parle d'éviscération. L'holothurie continue ensuite ses mouvements respiratoires, drainant l'eau de mer directement dans la cavité générale du corps, et vit quelques semaines au ralenti jusqu'à ce que de nouveaux organes soient régénérés (ce qui peut prendre entre 7 et 145 jours suivant les espèces et les conditions) (Christopher, 2012).

Ce phénomène rappelant l'autotomie, n'est observé que chez deux ordres : les Dendrochirotida (qui s'éviscèrent par la partie antérieure) et les Aspidochirotida (qui s'éviscèrent par la partie postérieure ou cloacale). L'éviscération semble également parfois avoir lieu en dehors d'une agression peut-être dans un but purgatif (Christooher, 2012).

### 1.7 Les prédateurs des holothuries

Les « concombres de mer » sont menacés par la surexploitation pour approvisionner les marchés internationaux d'aliments de luxe, ainsi que comme organismes d'aquarium et spécimens pour la

recherche biomédicale. Les concombres de mer ont peu d'ennemis naturels, seulement quelques cas de prédateurs tels que les crabes et les étoiles de mer (Calva, 2002).

### **1.7.1 Relation des holothuries avec d'autres animaux**

L'association entre les holothuries et d'autres organisme commensaux tels que les crabes et les poissons carapides sont communes dans les régions de l'indopacifiques. Le poisson carapide *Carapus acus* (Brunnich, 1768) reste en général dans le cloaque des holothuries et entre ou sort de l'animal quand le sphincter anal s'ouvre (Calva, 2002). Ces poissons généralement vivent en parasite à l'intérieur de certaines espèces d'Holothuries et consomme leurs gonades.

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

Les maladies induites par des parasites, sont pour la plupart des plaies de structures créées sur la surface de l'épiderme, des perforations de l'arbre respiratoire ou destruction de la structure chimique de coelome (Becker, 2002), les champignons, les protozoaires qui vivent dans l'intestin et le système respiratoire, et les métazoaires comme les plathelminthes (Barel et Kramer, 1997).

### **1.8 Mobilité et migration des holothuries**

Les holothuries sont considérées comme sédentaires (Conand, 1991). Plusieurs espèces présentent des rythmes nycthémeraux marqués, en relation avec la nutrition (Yamanouchi, 1939 ; Hammond, 1982a).

Il est possible d'observer un gradient de mobilité entre des espèces presque immobiles et celles capables de se déplacer assez rapidement grâce à des contractions musculaires, comme les Stichopodidae (Conand, 1991).

Les espèces tropicales ne paraissent pas effectuer de migrations bathymétriques en relation avec la reproduction, comme cela a été observé pour certaines espèces tempérées (Levin, 1982 ; Muscat, 1983).

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. Les valeurs suivantes ont ainsi été obtenues :

*Stichopus japonicus* : 5-20 cm/heure, soit 1,4 à 4,7 m/jour (Levin, 1982) ;

*Holothuria mexicana* : 4,5 à 5,8 m/jour (Hammond, 1982b) ;

*Stichopus californicus* : 4 m/jour (Da Silva et al., 1986) ;

*Istiostichopus badionotus* : 4,0 à 4,4 m/jour (Hammond, 1982b) ;

*Stichopus parvimensis* (sur sable) : 50cm/heure (Muscat, 1983) ;

*Stichopus parvimensis* (sur rocher) : 10 cm/heure (Muscat, 1983) ;

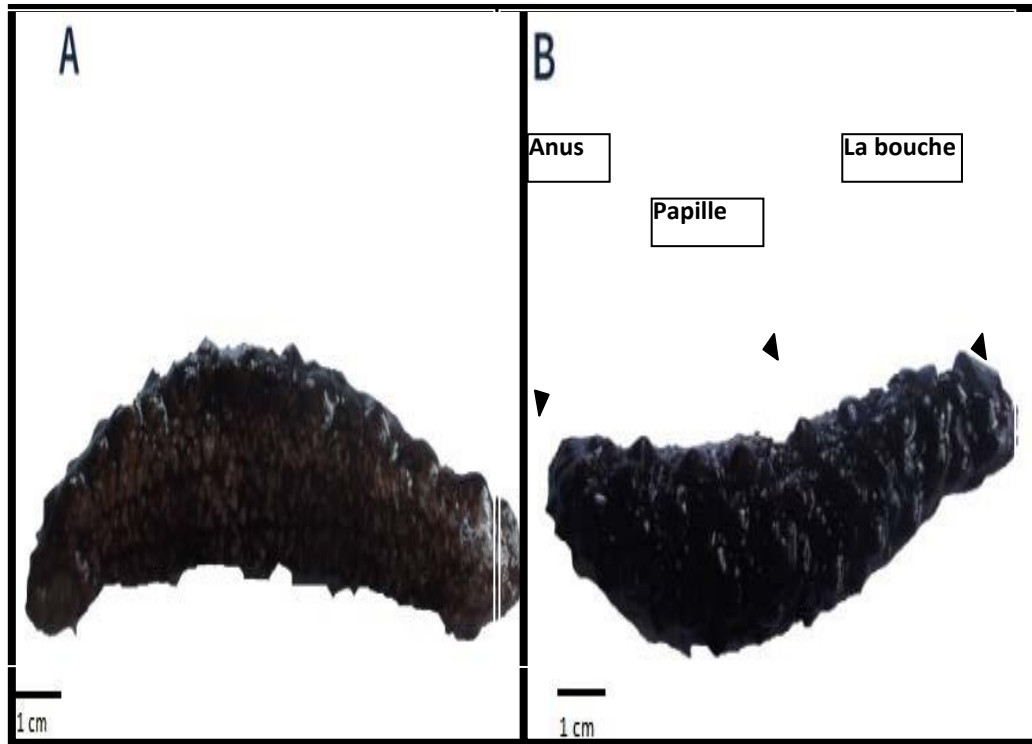
## 1.9 Ecologie des espèces d'holothuries aspidochirotés étudiées

### 1.9.1 *Holothuria tubulosa*

*Holothuria tubulosa* 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 -100m 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).

Elle est de couleur brune-rougeâtre ou violacée, quelques fois noire. Son tégument est coriace et épais. Sa longévité est de 3 à 4 ans (Mezali et Semroud, 1997).

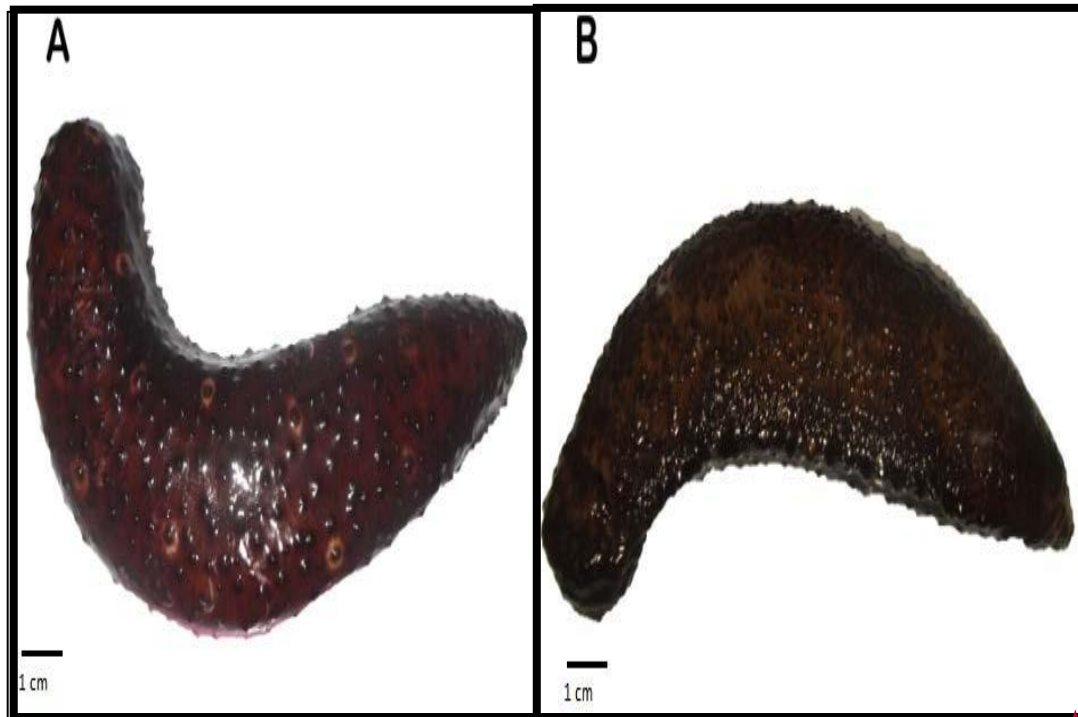
Leur gonade est située à gauche du mésentère dorsal. L'organe de Cuvier est absent. Les podia non blanches sont éparpillées sur toute la surface du corps ; ceux de la région dorsale sont modifiés en papilles (Sellem, 2003).



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

### 1.9.2 *Holothuria sanctori*

*Holothuria sanctori* est distribuée à travers la mer Méditerranée et l'Atlantique Est. Cette espèce préfère l'ombre des substrats rocheux (Pawson, 1978 ; In Mezali, 2008) et les tombant de matras de l'herbier à *Posidonia oceanica* (Mezali, 2004b).



**Figure 12 :** Morphologie externe de *Holothuria sanctori* avec tache. **A** : face dorsale ; **B** : face ventrale. (Slimane Tamacha, 2017).

### 1.10 Importance écologique des holothuries

Les « concombres de mer » sont des éléments importants de la chaîne alimentaire dans les écosystèmes tempérés et de récifs coralliens à différents niveaux trophiques (Fechter, 1972).

Les « concombres de mer » consomment et broient les sédiments et matières organiques en fines particules, retournant les couches supérieures de sédiments des lagunes, récifs et autres habitats et favorisant la pénétration de l'oxygène dans le sédiment marin. Ils sont importants car ils déterminent la structure de l'habitat d'autres espèces. Ils peuvent représenter une part substantielle de la biomasse de l'écosystème marin côtier comme l'écosystème à *Posidonia oceanica* (Mezali, 2008).

En l'absence de pression de la pêche, les « concombres de mer » peuvent occuper les replats des récifs indopacifiques à des densités qui peuvent dépasser 35 individus par m<sup>2</sup>, où les individus transforment quotidiennement une quantité énorme de sédiments. (Fachter, 1972).

### 1.11 Importance économiques des holothuries

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

Une multitude d'espèces d'holothuries sont exploitées dans le monde entier, de nouvelles espèces sont commercialisées au fur à mesure que les espèces traditionnellement exploitées se font plus difficiles à trouver, le nombre d'espèces capturées à des fins commerciales varie grandement, la quantité maximale d'espèces en Asie (52 espèces) et en Océanie (36 espèces), ce qui s'explique en partie par la plus grande diversité naturelle existant stocks de la plupart des espèces commercialisées et très souvent, celle-ci sont vendues sans identification taxonomiques (Toral et al., 2007).

Les « concombres de mer » sont maintenant un produit global connu par les Chinois comme « bêche-de-mer » ou « trépang » ou « haison » et sont presque des ressources inexploitées dans la région méditerranéenne. Ils sont actuellement récoltés dans la région méditerranéenne et exportés de la Turquie, et le concombre de mer est actuellement le fruit de mer le plus cher en Catalogne et les îles Baléares. Considéré comme un mets délicat dans de nombreux pays asiatiques, il a également un intérêt croissant dans sa valeur médicinale et pharmaceutique. Leur utilisation réussie dans la mer Méditerranée nécessitera de poursuivre le perfectionnement des techniques de l'aquaculture et le développement des processus d'amélioration de l'échelle de production. Même si la majorité des espèces méditerranéennes ne sont pas considérées comme des produits à haute valeur ajoutée (Benedetto Sicuro et al., 2011).

Les holothuries sont consommées non seulement pour leurs propriétés gustatives, mais également pour leurs vertus médicinales ; leurs chairs sont censées contenir des substances chimiques

possédant des propriétés antibactériennes et antifongiques (Hang et al., 2002 ; Jawahar et al., 2002). Les holothuries recèlent divers composés chimiques utilisés pour prévenir l'anémie, combattre certaines formes de cancer, renforcer les défenses immunitaires et atténuer les douleurs arthritiques (Gana et Merca, 2002) ; l'Australie a même approuvée l'utilisation de certaines espèces d'holothuries pour le traitement de l'Arthrose (In Micael et al., 2009).

### 1.12 Les maladies des holothuries dans le monde

L'essor de l'élevage d'holothuries a conduit à une augmentation des diverses maladies pathogènes. Les holothuries sont sujettes aux infections par des parasites, notamment par des protozoaires, des bactéries, et des métazoaires (Becket et al., 2003 ; Eeckhaut et al., 2004).

### 1.13 L'Holothuriculture dans le monde

Les premiers essais d'élevage d'holothuries ont été réalisés au Japon où ils sont pratiqués depuis le 18<sup>e</sup> 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'Indopacifique, la plus utilisée étant l'holothurie des sables, *Holothuria scabra*.

Actuellement, presque partout dans le monde, l'holothuriculture tient une place importante dans la filière aquacole. Grace 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 sont pas toujours révélés positifs, principalement à cause des difficultés pour amener les élevages expérimentaux à un niveau industriel. Seules *A. japonica* dans les pays tempérés et *Holothuria scabra* dans les pays tropicaux

semblent actuellement être prometteuses pour l'aquaculture. *A. japonica* 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 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). *Holothuria 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).

# **Chapitre II**

## **Matériels et méthodes**

## 2.1. Présentation de station expérimentale

Nous avons réalisé notre stage de fin étude au niveau de la station expérimentale de L'école National Supérieur de la Science de la Mer et Aménagement de Littoral (ENSSMAL). Elle se situe au niveau de la commune de Dely Ibrahim, à Alger. Du mois de mars jusqu'au mois de juillet 2022.



**Figure 13 :** la station expérimentale de l'école (ENSSMAL)

La station expérimentale contient trois unités, la première est de la culture des micro-algues telles que la spiruline, la deuxième est réservée pour l'élevage de différents organismes marins : la pisciculture marine, l'élevage de Seiche commune et l'élevage de concombre de mer notre thème, et la troisième unité est destinée à l'aquaponie.

## 2.2. Bassins et aquariums

Les géniteurs récupérés près au niveau de la ferme aquacole Cultmare (Wilaya de Tipaza, ils sont stockés dans des bassins (3 bassins) circulaires au niveau de la station expérimentale de l'école (ENSSMAL). Les dimensions de ces bassins sont les suivantes (rayon x profondeurs) :

- Trois bassins circulaires de 2800 litres : 1.2 m x 1.7 m.

Les bassins sont équipés d'un système de filtration composé de deux caisses en plastique. La caisse supérieure est munie d'une éponge et la ouate. La caisse inférieure est remplie de segments de la gaine annelée, et d'un système d'aération central et d'une pompe d'eau submersible dans chaque bassin



Figure 14 : photo montrant les bassins utilisés

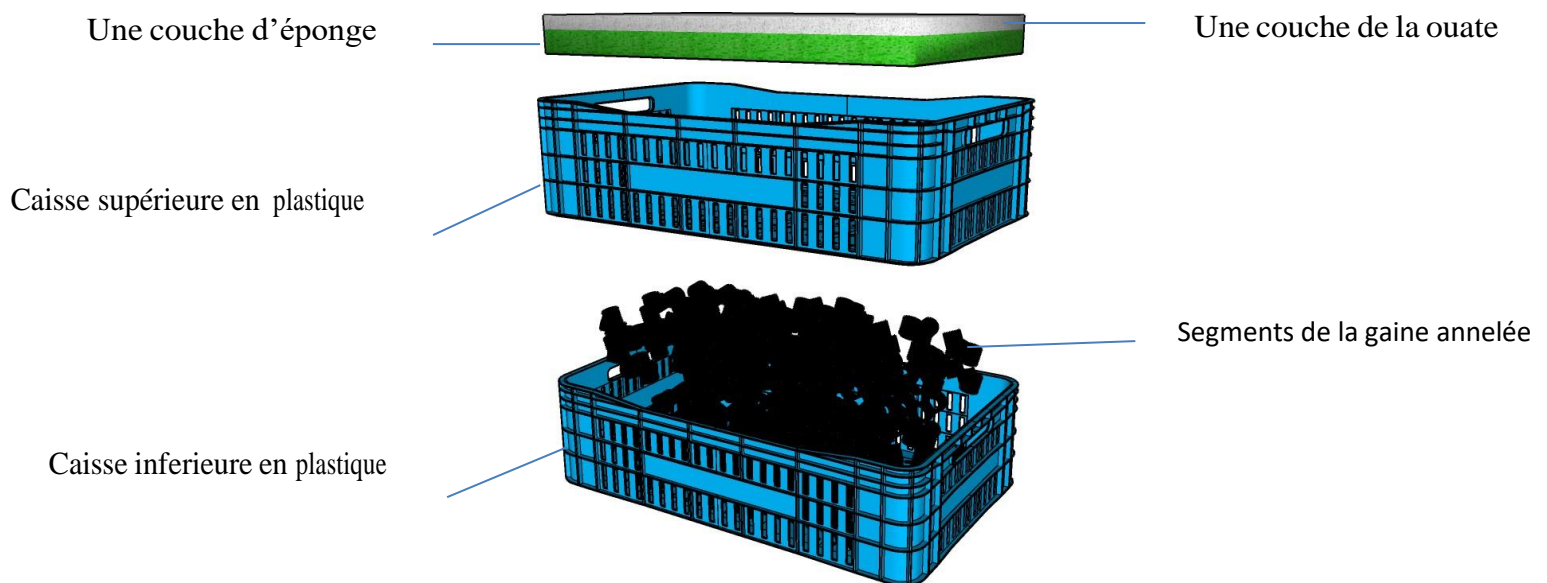
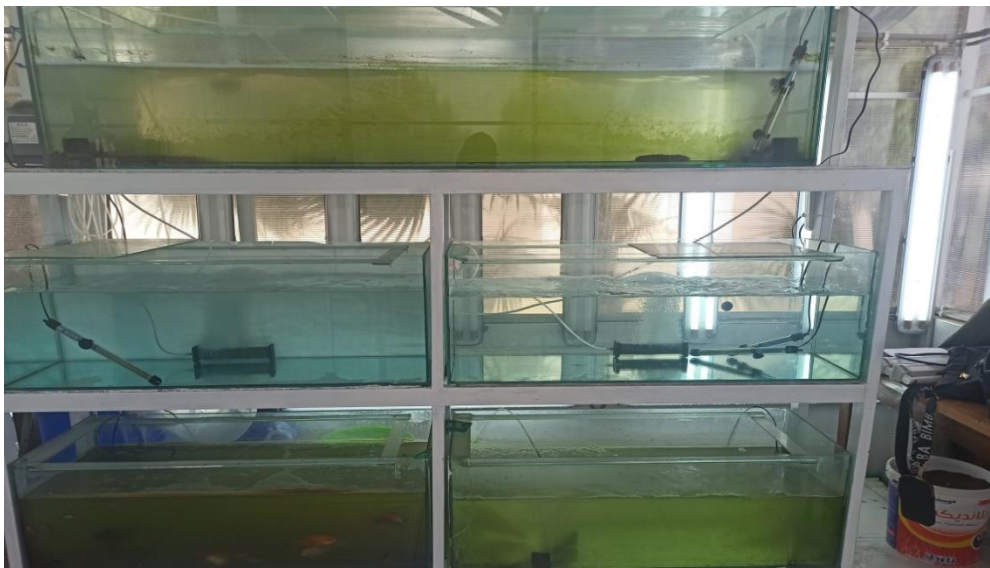


Figure15 : Schéma 3D de système de filtration (Sketch Up Pro 2022).

Pour notre expérience nous avons utilisé 3 aquariums pour faciliter les manipulations. Les dimensions de ces aquariums sont les suivantes (longueur x largeur x profondeur) :

- Deux aquariums de 140 litres : 107cmx41.5cmx40.5cm
- Un grand aquarium de 275 litres : 180cm x 41.5cmx 45cm

Ces aquariums est équipé d'un système d'aération avec un seul diffuseur d'air dans chaque aquarium, a l'exception du grand aquarium qui est équipé de deux diffuseurs d'air.



**Figure 16** : Les aquariums utilisés

L'approvisionnement en eau de mer était effectué au niveau de la plage de Sidi Fredj.

L'eau des bassins et des aquariums est renouvelée plusieurs fois à 50% durant la période de l'expérience.

Des mesures régulières de la salinité de la température, de Ph et de l'Oxygène ont été effectuées à l'aide d'un conductimètre de terrain, thermomètre portable, ph mètre portable et oxymètre de terrain pour la qualité de l'eau de mer.



**Figure 17** : appareils oxymètre de terrain, pH-mètre portable, thermomètre portable, Conductimètre de terrain.

### 2.3. Collecte et transport des géniteurs :

- Des spécimens des espèces de *Holothuria tubulosa* et *Holothuria sanctori* (145 individus) ont été collectés par un plongeur à côté de Cultmare (Tipaza) le 8 mars 2022.
- Les géniteurs vivants ont été transférés de lieu de pêche vers la ferme aquaculture de l'ENSSMAL dans des bassins en plastique.
- Le transport des géniteurs a été effectué par le véhicule de l'ENSSMAL.
- Aucune perte n'est survenue dans géniteurs pendant le transport.
- Les géniteurs ont été maintenus dans des réservoirs de 1000 L avec de l'eau de mer à 23-24 °C.

**Tableau 01** : Effectifs du concombre de mer récoltés

Date	Nombre de concombre de mer	L'espèce
8 mars 2022	70	<i>Holothuria tubulosa</i>
8 mars 2022	75	<i>Holothuria sanctori</i>
	<b>Total : 145 esp</b>	



**Figure 18** : *Holothuria tubulosa*



**Figure 19** : *Holothuria sanctori*

#### 2.4. Alimentation

Nous avons commencé d'alimenter les géniteurs par la distribution de l'aliment artificiel.

Nous avons distribué une couche de sable (environ 5 à 10 cm) dans des bacs d'une tonne dont le sable est renouvelé tous les 15 jours.



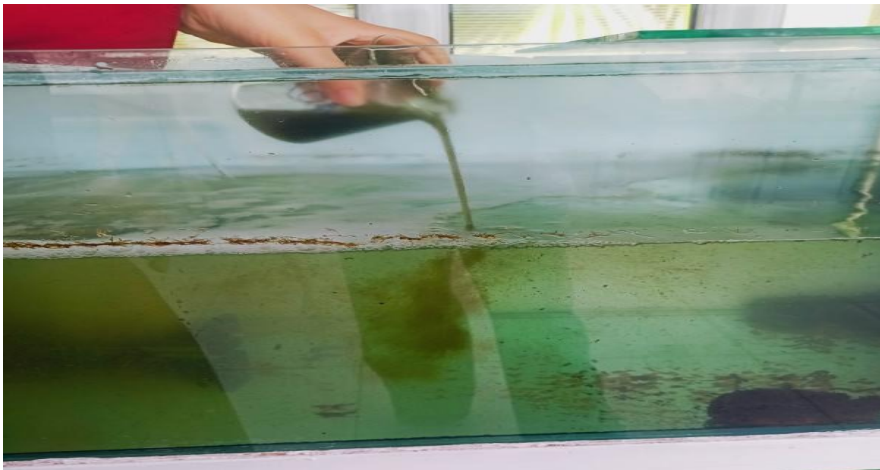
**Figure 20** : photo montrant la couche de sable distribuée

15 jours avant l'expérience, nous avons mesuré le poids des géniteurs puis conservés dans des réservoirs de stockage (2 réservoir) contenant 600 litres d'eau de mer, de leur administrer tous les jours 1000 ml de l'*Azolla* humide.

Sachant que l'espèce que l'on a utilisée est l'*Azolla pinnata*, est une petite fougère aquatique flottante appartient à la classe des Polypodiophyta, à la famille des Salviniaceae. Elle contient de très grandes quantités de protéines, d'acides aminés, de vitamines (vitamines A, vitamines B12, bêta-carotène) et de minéraux (Webmaster, 2019). C'est donc un bon aliment nutritif pour le concombre de mer.



**Figure 21 :** préparation de l’Azolla humide



**Figure 22 :** Distribution de l’Azolla humide

### **2.5. Induction de la ponte et fécondation**

En se basant sur les documentations scientifiques existantes, nous avons suivis le protocole suivant pour faire le choc thermique :

- Avant le choc, les reproducteurs ont été transférés et maintenus pendant 48 heures dans des aquariums, avec la distribution de l’Azolla humide (2000ml/aquarium).



**Figure 23 :** distribution de l'Azolla humide

- Les concombres de mer ont ensuite été nettoyés et lavés avec de l'eau de mer pour éliminer les sédiments et autres organismes.
- Transformation des géciteurs dans des bassins de frai.
- Ajouter un filet au fond de réservoir pour permet au concombre de mer de pondre ses œufs sur ce filet.



**Figure 24 :** Transformation des géciteurs

- Elever la température de l'eau de mer de 5 à 8°C pendant 3h, en plaçant des résistances chauffantes dans l'aquarium de la ponte.
- Maintenir la température de l'eau de mer entre 32 et 33 °C.
- Brasser l'eau afin de maintenir une température homogène.

-Transformation des géniteurs dans l'aquarium de la ponte pendant 1h30 à 2h après revenu rapidement à la température de départ en ajoutant des sacs en plastique fermés hermétiquement contenant de la glace.



**Figure 25** : photo montrant l'abaissement de la T°

Lors de l'induction le stock a montré des signes de mouvement avant le frai (les mâles ont été immédiatement identifiés car ils sont commencés à pendre en premier).

-Transformation des mâles dans un réservoir séparé.



**Figure 26** : photo montrant la Transformation des mâles dans un réservoir séparé.

- Les femelles restent dans l'aquarium de la ponte jusqu'à la libération des œufs.
- Ajouter la solution de spermatozoïdes dans l'aquarium de reproduction de femelle.
- Après l'addition de la solution de spermatozoïdes, l'émission des œufs a surveillée en continu.

### 2.6. Pathologie

Au cours de la deuxième semaine de captivité, nous avons remarqué sur le stocke obtenu an mars l'apparition des taches blanches sur le concombre de mer du deuxième bassin (*Holothuria sanctori*). Ces taches ont été observées pour la première fois autour de la bouche et de l'anus de l'animal, puis s'est étendue latéralement, puis dans le pire des cas, de toucher la totalité de l'animal.



**Figure 27 :** Photo de la première tache blanche apparue sur le corps du concombre de mer

Afin de connaître la cause de ces symptômes nous avons prélevé un échantillon d'eau de mer de bassin infecté qui a été envoyé au L'Institut Pasteur D'Alger Pour l'analyse.



Figure 28 : Quelques photos de pasteurie laboratoire.

# **Chapitre III : Résultats et discussion**

### 3.1. Comportement alimentaire des géniteurs

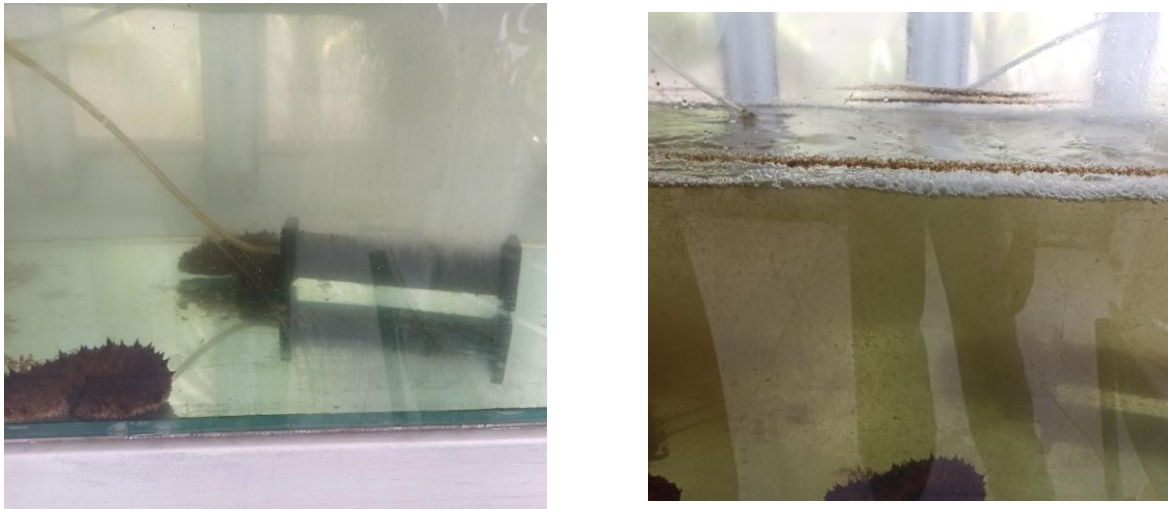
Le concombre de mer n'a pas accepté l'aliment artificiel distribué dans le bac.

- Selon Fauvel et Saquet (2004) les poissons marins n'acceptent pas directement l'aliment artificiel, et ont besoin d'une période d'adaptation progressive à ce type de nourriture, cette phase de sevrage peut entraîner des mortalités qui peuvent atteindre les 50%.

Nous avons constaté que les géniteurs ont accepté de se nourrir, en ingérant et en digérant les matières organiques présentes dans le sable.

- Selon Massin (1982) et Roberts (2000) les sédiments ingérés par les holothuries se composent principalement de matières organiques, de matières détritiques organiques, de microorganismes.

Nous avons observé que les géniteurs ont très bien accepté de se nourrir, en captent les particules de l'Azolla humide présente dans l'eau (fig.31).



**Figure 29** : Consommation de l'Azolla humide par les géniteurs

### 3.2. Résultats de l'induction de la ponte et fécondation

Les résultats suivants ont été observés lors des expériences menées pour tester la méthode d'induction de ponte : Choc thermique : le frai se produit par intermittence (le frai a réussi dans Le 1<sup>ème</sup> choc).

-Selon Battaglene (2002) et Dominguez-Godino (2015) le traitement par choc thermique, une méthode efficace largement utilisée pour induire l'ovulation chez *Holothuria tubulosa*.

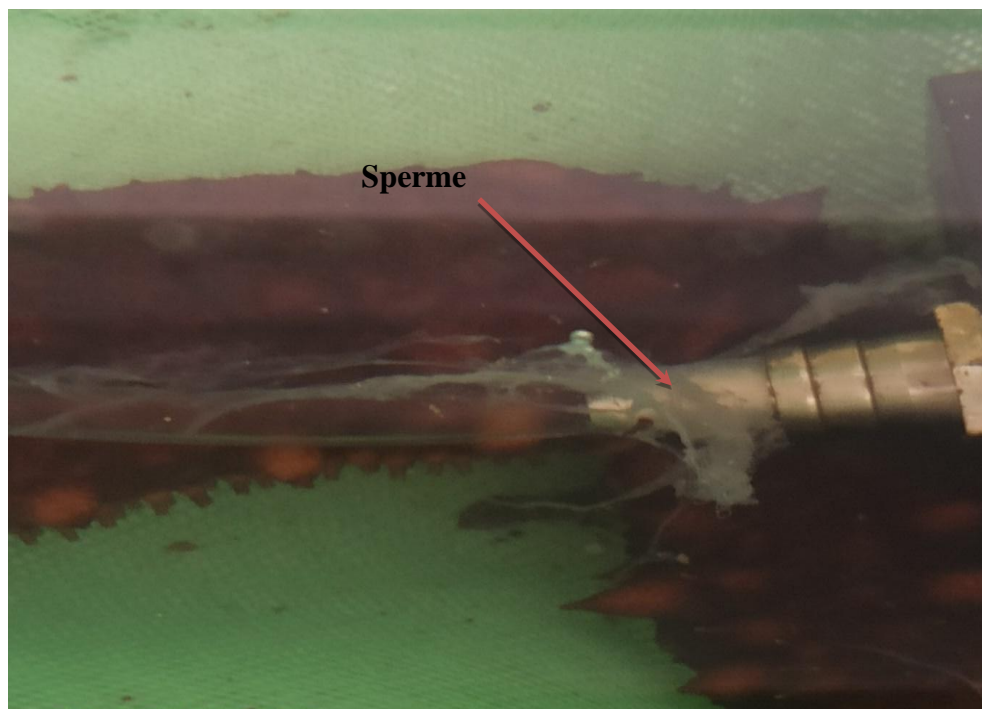
Nous avons observé que les individus cherchaient à se tenir debout, et nombre d'entre eux étaient postés sur les parois du réservoir près de la surface de l'eau.



**Figure 30 :** *Holothuria tubulosa* en train de pondre

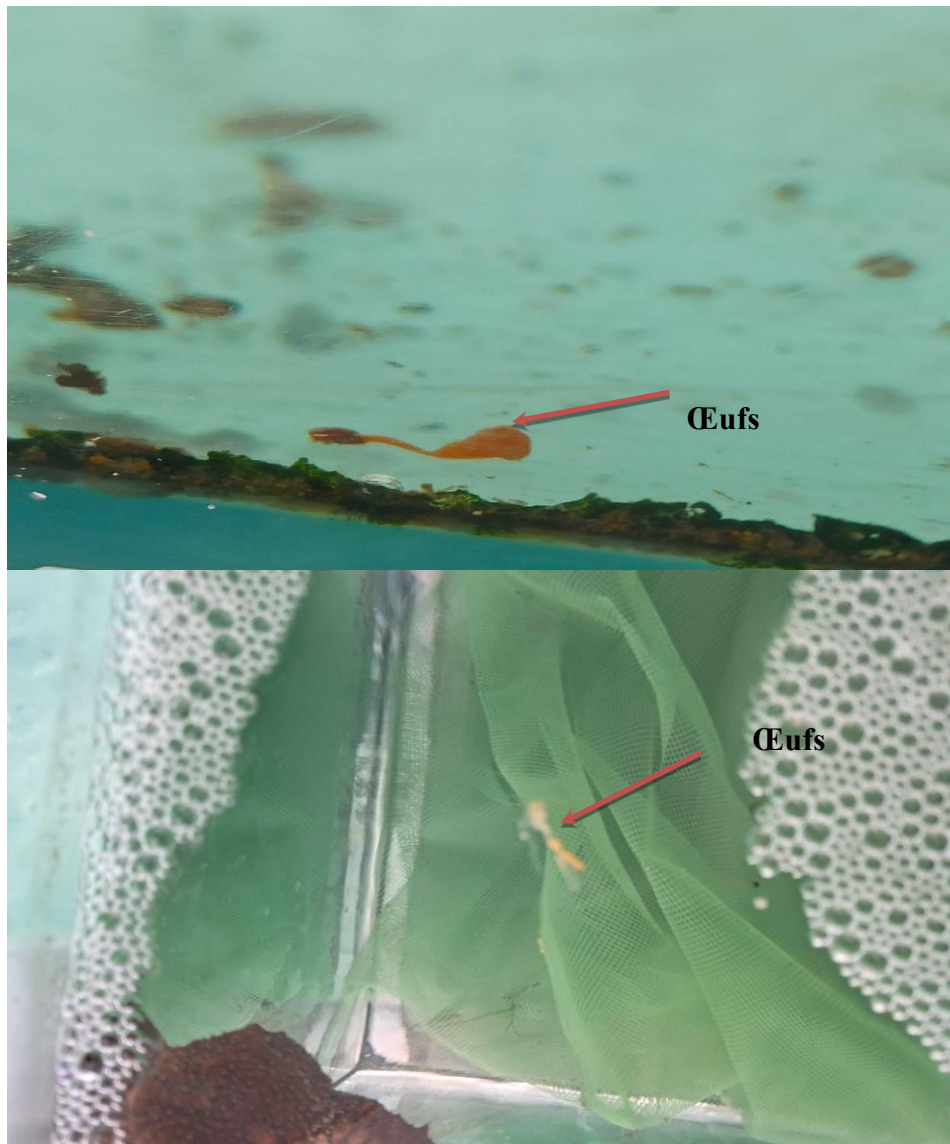
Les mâles accrochent avant les femelles en libérant un flux fin et régulier de sperme de gonopore. Les mâles fraient continuellement en position dressée pendant 2 à 2.5 heures avec de courtes interruptions. Les femelles ont commencé à s'accoupler environ 1 à 1.5 heures après les mâles. Souvent, ils soulèvent l'avant du corps, se déplacent et se tordent vers le haut jusqu'à ce qu'une giclée courte et puissante d'œufs soit libérée du gonopore.

-Selon Battaglione (2002) les mâles se reproduisent en premiers, libérant du sperme potentiellement stimulant et synchronisant les femelles pour libérer des œufs dans des jets et puissants pour faciliter la dispersion.



**Figure 31** : Sperme de mâle

Les œufs de *Holothuria tubulosa* étaient sphériques, visibles à l'œil nu. La quantité d'œufs était très faible (fig.32).



**Figure 32** : les œufs de femelle

La méthode suivante implique une augmentation lente de la température et est été appliquée pour induire l'ovulation.

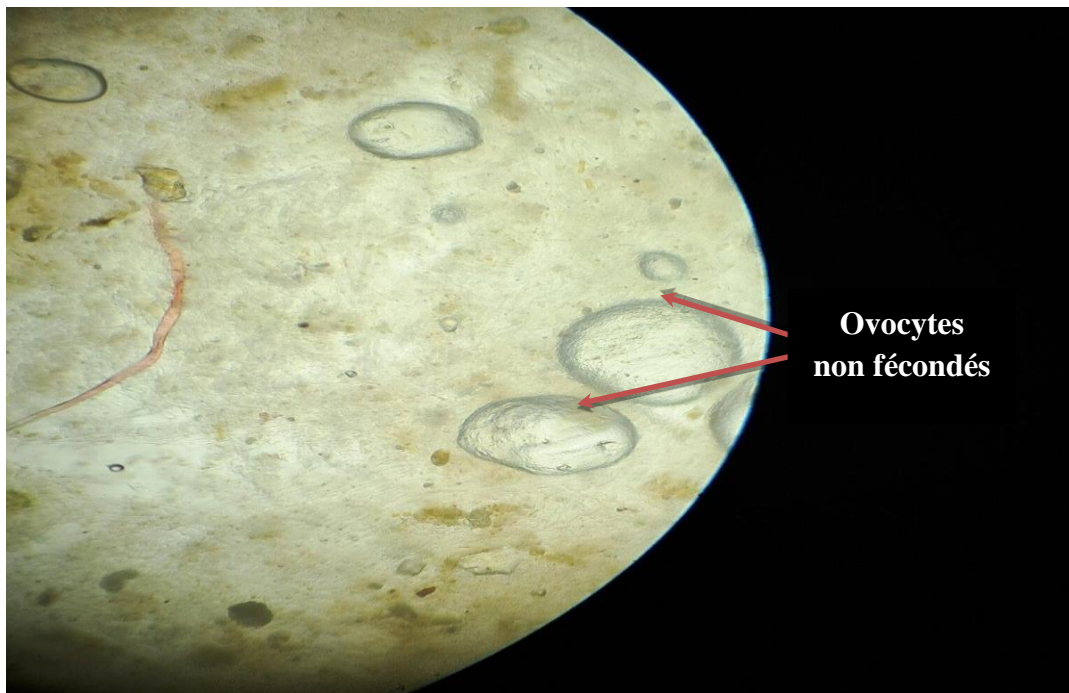
- Dans l'élevage sauvage, une augmentation de la température est susceptible d'être une cause une condition utilisable pour l'induction de la maturation gonadotrope chez les concombres de mer (Guzman, Guevara & Hernandez, 2003 ; Muthiga, Kawaka & Ndirangu, 2009 ; Tehranifard & Uryan, 2006). Dans l'élevage artificiel, une augmentation lente et progressive de la température est appliquée avec succès pour induire la maturation des gonades en captivité gardées dans le stock de géniteurs de *Holothuria tubulosa*. Cette méthode permet aux agriculteurs chinois

d'obtenir des gamètes sains même en dehors de la saison de reproduction (Xilin, 2004 ; Xiyin, Guanghui, Qiang, Lian & Benxue, 2004).

### 3.3.3 Observation des stades de développement des œufs

Après 48 heures d'incubation à une température de 27°C, nous avons prélevé un échantillon dans colonne d'eau pour observer sous microscope (fig.33).

- Selon Khalfan benmohammed al-rashidi (2013) le processus de fécondation des concombres de mer se déroule à l'extérieur du corps, le stade de croissance et de division des œufs commence, qui dure deux jours.



**Figure 33** : observation des œufs par microscope optique (\*40)

Aucun résultat n'a été observé. L'échec de la fécondation pourrait être expliquée par :

- L'absence d'ovocytes mûrs dans le mélange de gamètes durant l'opération ce qui n'a pas permis d'obtenir des œufs fécondés.
- La mauvaise qualité du sperme.

### 3.4. Pathologie

#### 3.4.1 Maladie

Au cours de stockage des géniteurs, nous avons remarqué l'apparition des taches blanches sur le corps de concombre de mer.

- Selon Becker et al (2004) la maladie d'ulcération cutanée commence par l'apparition d'une lésion blanche. Mais les lésions blanches se produisent sur différentes parties du corps chez différents concombres de mer dans différentes zones. Sur l'holothurie à Island Bribie en Australie et à l'écloserie Toliara à Madagascar, la lésion blanche apparaît près de l'orifice cloacal et s'étend sur toute la surface du corps.

- Les lésions blanches sont apparues pour la première fois sur n'importe quelle partie de la surface du corps et ont commencé à chancre et à s'étendre sur toute la surface du corps, puis tout le corps s'est autolysé (Morgan, 2000, Mercier et al., 2004Deng et al., 2005 ; Wang et al., 2005, 2006 ; Ma et al., 2006b).



**Figure 34** : Photos réel montrant les taches blanches de l'infection.



**Figure 35** : photos des taches blanches apparaissent sur tout le corps de concombre de mer.

#### 3.4.1.1 Les résultats Institut Pasteur D'Algérie Labo Bacterio Alimentaire

**Tableau 02** : les résultats des analyses d'institut pasteur d'Algérie

<b>Taxon significatif (s)</b>	<b>ID</b>
Vibrio Fluvialis	<b>80.0 %</b>
Aeromonas hydrophila /sobria 1	<b>14.6 %</b>

On note à travers les résultats la présence d'une grande concentration des Vibrio Fluvialis **80%** par rapport à la concentration de Aeromonas hydrophila /sobria 1 **14.6%**. Par conséquent, les Vibrio est responsable de l'infection pathologique.

- Il est difficile de déterminer laquelle des bactéries était responsable de l'initiation du syndrome d'ulcération cutanée dans des conditions de culture normales. Un Pseudoalteromonas nigrifacien bactérien provenant de plusieurs fermes d'holothuries autour de l'île de Jiaodong dans la province du Shandong et cinq isolats de bactéries (Vibrio tapetis, V. wonderfulus, Marinomonas

dokdonensi et d'autres espèces de *Vibrio*) provenant d'holothuries malades cultivées dans des fermes de la province du Liaoning (Ma et al, 2006).

La présence de *Vibrio* dans le bassin de stockage d'holothuries à plusieurs possibilités :

1. Le concombre de mer portait les *Vibrio* de son milieu naturel, avant de l'amener dans la ferme, et sont multipliés dans les conditions environnementales favorables, ce qui a conduit à sa maladie et à sa mort.
2. L'eau de mer que nous utilisions pour réapprovisionner quotidiennement 50%. Il contient des *Vibrio*, il s'est transmis aux concombres de mer, qui ont conduit à sa maladie et à sa mort. Pour cette raison, nous avons prélevé un autre échantillon d'eau de mer de bassins sains et l'avons examiné à l'Institut Pasteur avec l'aide de notre collègue, et nous avons obtenus ce qui suit :

**Tableau 03** : les résultats d'institut Pasteur

<b>Paramètre recherchés</b>	<b>Résultats</b>	<b>Critères microbiologiques</b>
Salmonella spp	Absence	Absence / litre
<i>Vibrio cholera</i>	Absence	Absence / 450ml

Selon les résultats du tableau 02 et 03 nous concluons que le pourcentage de cette possibilité est faible car absence les *Vibrios* dans l'eau de mer analysé.

La couche de sable que nous avons apportée de la station de Sidi Fredj et que nous avons mise à l'intérieur des mares contient une quantité de *Vibrio*, qui s'est multipliée avec la présence de conditions favorables et a provoqué l'apparition de maladies.

### **3.3.2 Mortalités**

#### **3.3.2.1. Mortalités enregistrées durant le conditionnement**

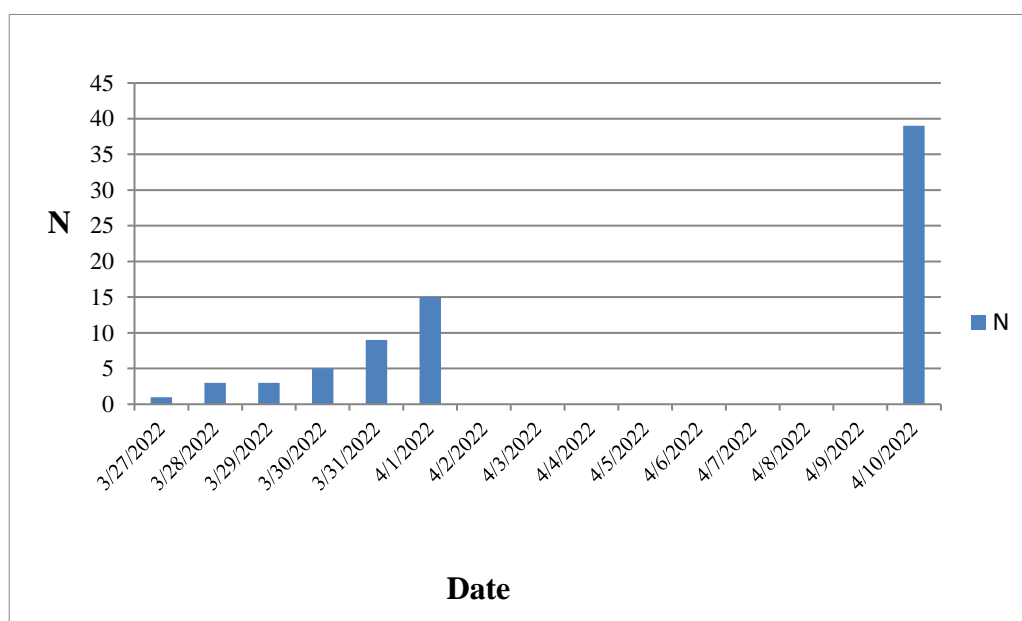
Premier jour de la deuxième semaine de captivité le stocke obtenu en mars, nous avons enregistré qu'une seule blessure. Quand nous l'avons sorti de bassin à l'aide d'une petite époussette, avec des gants pour la protection. Nous l'avons mis sur la paille du la station expérimentale de l'école

sur un sac de congélation pour observer son comportement. Où il a ses intestins qui ont conduit à sa mort. Nous l'avons enterré dans le sol.

Le lendemain, nous avons enregistré trois espèces blessés. Nous faisons En les enlevant avec la petite épuisette (qui nous l'utilisons pour ce bassin uniquement. Afin d'éviter la contamination des autres bassins).

Le quatrième jour, nous avons enregistré cinq blessés. Nous l'avons sorti et enterré dans la terre.

Ainsi, l'infection a continué à se propager dans le bassin pendant environ un certain temps Quinze jour tous les espèces situées à l'intérieur du bassin ont blessés.



**Figure 36 :** Variation de nombres des Mortalités de concombre de mer enregistrées au cours de conditionnement.

- Selon Huan Deng (2009) plusieurs écloserie d'élevage de concombre de mer souffraient d'ulcérés cutanés avec des mortalités atteignant jusqu'à 20 %, parfois jusqu'à 50 %.

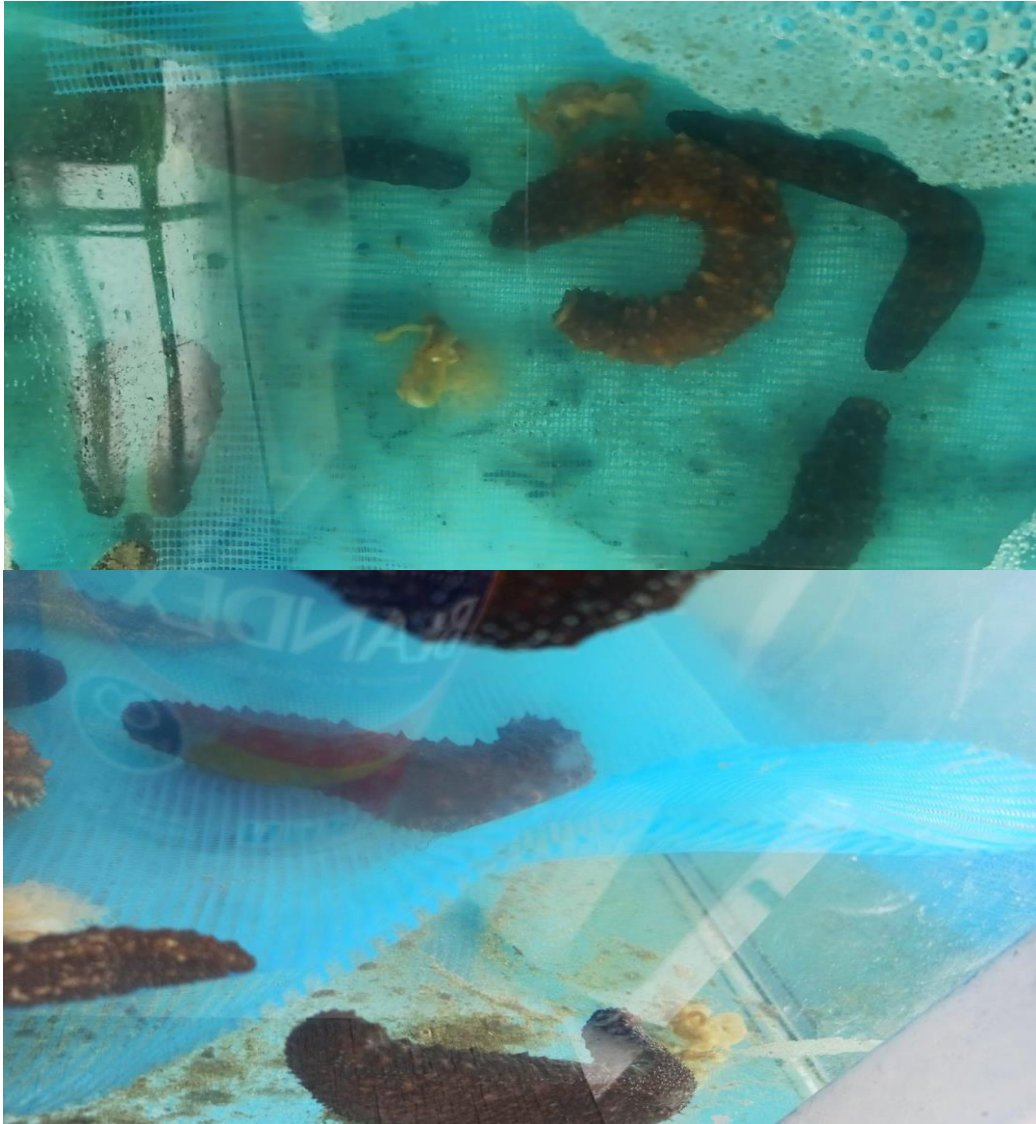
### 3.3.2.2. Mortalités enregistrées après le deuxième choc thermique

Quelque jour après le deuxième choc thermique on a enregistré la mort de concombre de mer en quatre jours, tous les holothuries des aquariums sont mortes. Le nombre de concombre de mer mort est de 35 espèce. Nous avons remarqué qu'il a jeté ses intestins, ce qui a entraîné sa mort.



**Figure 37 :** photo montrant les holothuries mortes.

- Selon Deng et al. (2005) une maladie appelée syndrome d'éjection des viscères, apparue pour la première fois en décembre 2004. Il y avait quelques individus avec une éjection de viscères au fond des étangs et des filets au début de l'apparition de la maladie, puis la maladie a augmenté. Après 2 à 3 jours, les viscères ont été éjectés du corps et les concombres de mer sont morts. Plus de 50% des écloséries souffraient de cette maladie avec plus de 90% de mortalité dans les zones sévères.



**Figure 38 :** Des photos montrant d'éjection des viscères

# **Conclusion**

## Conclusion

---

Notre travail s'inscrit dans le but de la diversification des élevages aquacoles et la proposition de nouvelles opportunités de valorisation des ressources marines existantes dans notre pays. Le choix du concombre de mer est justifié par sa valeur commerciale considérable notamment à l'export.

Afin de préserver les stocks naturels qui sont exploités actuellement dans notre pays sans plans de gestion et cadre réglementaire ce qui menace la pérennité de cette ressource dans notre pays. La proposition d'une technique d'élevage pourrait contribuer à la durabilité de l'existence du concombre de mer dans nos eaux côtières.

Cette expérience initiale d'induction de la ponte montre qu'il est possible de provoquer la ponte par simple stress thermique. La température s'avère un paramètre important chez les espèces échinodermes.

L'incubation des œufs du *Holothuria tubulosa* n'a pas abouti à l'éclosion. Ceci est probablement dû au manque de matériel adéquat à l'induction ou à défaut de fécondation.

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, car l'élevage des holothuries pourrait être la solution de la surexploitation des communautés sauvages.

A la lumière de nos résultats, nous recommandons le développement d'une technique de « stérilisation » du sable utilisé dans les bassins d'élevage des holothuries.

En outre, l'étude actuelle montre que le projet d'holothuriculture pourra être réalisé en Algérie notamment l'élevage d'*Holothuria tubulosa*. C'est un investissement peu coûteux en comparaison avec les autres activités d'élevage aquacole, notamment la pisciculture.

Des recherches complémentaires sur l'élevage et la reproduction du concombre de mer sont fortement souhaitables afin de développer cette activité d'élevage aquacole nouvelle en Algérie.

# **Références bibliographiques**

**Alian G., Pierre L. et Jean L.M. (1986).** Guide des étoiles de mer oursin et autre échinodermes du lagon de nouvelle Calédonie ORSMTOM, 244p.

**Asha P.S. and Muthiah P. (2008).** Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Holothuria spinifera* (Echinodermata : Holothuroidea) from Tuticorin, Tamil Nadu, India. *Aquacult. Int.* 16 :231-242.

**Astruc Q. (2005).** Exploitation des chaînes trophiques marines de Méditerranée par les populations de cétagés. Thèse de doctorat de l'école pratique des hautes études université Montpellier II, France.

**Bakus J.G. (1973).** The biology and ecology of tropical holothurians. In : OA Jones and R. Edeans (eds). *Biology and geology of coral reefs vol. II*, Academic Press, New York, pp. 326-367.

**Bartley, D. M., & Bell J.D (2008).** Restocking stock enhancement et ranching sea anemes of progress reviews in fisheries science 16, 357-365.

**Barle C.D., Kramer P.G. (1977).** A survey of the echinoderm associates of the north-east Atlantic area. *Zoologische Verhandlungen*. Leiden, Belgique.

**Battaglione S, C. Seymour J, E (2002)** induction de frai de trois holothuries tropicales *Holothuria scabra*, *Holothuria fuscoactinopyga*, *Mattina aquaculture* 207-6

**Becker P. (2002).** La maladie de la tache Blanche chez l'holothurie comestible commercialisée *Holothuria scabra*. Master thesis. Univ. Mons-Hainaut, Belgium.

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

**Belhamed L. (2009).** Contribution à l'étude de la biologie de l'oursin régulier *Paracentrotus lividus* (Lamour, 1816) du port d'Oran et d'Aïn Franin. *Mem. Mag. LRSE. Biol. Poll. Mar. Univ. Oran.* 99p+ Annexes.

**(Bell et al., 2008 ; Duvauchelle, (2010).** Restoring small-scale fisheries for tropical sea cucumbers. *Ocean & Coastal Management*, 51, pp.589-593.

**Benraho N. et Bouslama S. (2005).** Révision de la systématique de deux holothuries aspidochirotes : *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788). Mémoire ingénieur en Agronomie.

**Caddy J.F. (1993).** Towards a comparative of human impacts on series ecosystems of enclosed and semi-enclosed seas. *Rev. Fish. Sci.* 1 :75-95.

- Calva L.(2002).** Habitos Alimenticios d'Algunos Echinodermos. Parte 2 : Erizos de mar.Y Pepinos de mar. Laboratorio de Ecosistemas Costeros, Département de Hydrobiologie, UAM-Iztapalapa.
- Conand. C. (1981).** Sexual cycle of three commercially important holothurian species (Echinoderma) from the lagoon of New Caledonia. *Bulletin of Marine Science* 31(3) : 523-544.
- Conand C. (1986)** les ressources halieutiques des pays insulaires du pacifique.Deuxième partie. Les holothuries.F.A.O.Doc.Tech.Pêche. 272.2 :108p.
- Conand C., Sloan N.A.(1988).** Words fishies for echinoderms.In : scientific approaches to management of shellfish resources.J.F.Caddy (ED), wiley, New York (sous presse).
- Conand C. (1991).** Long-term movements and mortality of some tropical sea-cucumbers monitored by tagging and recapture. In : Yanagisawa, Yasumasu, Oguro, Suzuki and Motokawa (eds). *Biologie of echinodermata*. Belkema, Rotterdam. 169-175.
- Conand (1996).** A sexual reproduction by fission in *Holothuria atra* : variability of some parameters in populations from the tropical Indo-Pacific. *Oceanologia Acta* 19(3-4).
- (Coulon et Jangoux, 1993).** Feeding rate and sediment reworking by the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in a Mediterranean seagrass bed off Ischia Island. Italy, *MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES Mar. Ecol.Prog . Ser.* Vol. 92 :2014-204.
- Chen, J. (2004)** état actuel des ressources et de l'utilisation des holothuries dans le monde. Un panorama international in a Lovatelli C. Conand.S.
- (Duvauchelle, (2010).** Développement d'un guide méthodologique de suivi de la pêche d'holothuries « gris » *Holothuria scabra* dans le lagon nord-ouest de Nouvelle-Calédonie.
- Fajardo Leon.M.C., Michel Guerrero E., Singh Cabanillas J., Vélez Barajas J.A., Massé Rojas A. (1995).** Estructura poblacional y ciclo reproductor del pepino de mar. *Isostichopus fufus* en Santa Rosalía, B.C.S.México. *Cien.Perspect.* 11 :45-53.
- Gana A.E., Merca F.E. (2002).** Isolation of a cytotoxic lectin from brown sea cucumber by affinity chromatography *Journal of Agricultural Science*,85 :236-247.
- Georgios. K., Chryssanthi.A., Alexios P.L., Nikos. N., Dimitris.V., Chariton.C., and Chistos.N. (2010).** Population dynamics and reproduction of *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea :Echinodermata) in the Aegean Sea, 895-901.
- Gmelin, J, F, (1788)** système naturel per regna tria nature, classes secundum, genres ordonnés, espèces, cum characteribus, differentiis, synonymis, lieu bière, vol, 1(6).

**Hammond L.S. (1982a).** Analysis of grain-size selection by deposit-feeding holothurians and echinoids (echinodermata) from a shallow reef lagoon. discovery bay, jamaica. Mar-ecol.Ser., 8 :25-36.

**Hamel, J, F., & Mercier, A. (1996).** Développement précoce, établissement croissance, et distribution spatiale du concombre de mer *Cucumana frondosa*.

**Jangoux, M. (1990).** Eeseases of Echinodermata. In O. Kinne (ed). diseases of marine animals, vol.3, pp439-567. Biol. Aristalt Helgoland : Germany.

**Levin V.S. (1982).** Japanese sea-cucumber. U.S.S.R. Academy of sciences vladivostok : 1,191.

**(Leterme et al. (2009).** P, Londono AM , Munoz JE, Suarez J, Bedoya CA., Souffrant WB, Buldgen A, 2009. Nutritional value of aquatic ferns.

**Massin C& jangoux M (1976).** Observations ecologiques sur *Holothuria tubulosa*, *holothuria polii* et *holothuria forskali* (echinodermata, holothuroidea) et comportement alimentaire de *holothuria tubulosa* cahiers de biologie marine, 17 45-59.

**Mackey A. et Hentschel. B.t. (2001).** Colligé de notes du cours Biol 515 à SDSU fin 2001 Factor that Influence the Reproduction of sea cucumbers. Document inédit. San Diego State University (USA).

**Mezali K. (1998).** Contribution a systématique, biologie, l'écologie et la dynamique de cinq especes d'holothuries aspidochirotés « *Holothuria tubulosa*, *Holothuria poli*, *Holothuria stellati*, *Holothuria forskali* et *Holothuria sanctori* de l'herbier a *posidonia oceanica* (L) Dillile de K Presqu'île de sidi fredj. Thèse de magister, ISMAL, Alger.PQ :238-03.

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

**Mezali K. (2004b).** Micro-répartition des holothuries espidochirotés au sein de l'herbier de *posidonia* de la presqu'île de Sidi-Fredj- Algérie. Rapports P.V. commission International pour l'exploration Scientifique de la mer Méditerranée, Monaco, Vol. 37p 534.

**Mezali K. (2011).** Some insights on thee phylogeny of Algerianshallow-water sea cucumber species (*Holothuroidea* :*Aspidochirotida*). SPC Beche-de-mer information bulletin 31.

**Mezali K., Soualili D.L., Neghli L., Conand C. (2014).** Reproductive cycle of the sea cucumber *Holothuria sanctori* (*Holothuria* : *echinodermata*) in the Southwestern Mediterranean Sea : interpopulation variability. 4-6p.

- Navarro PG, Garcia-Sanz S, Tuya F. (2012).** Reproductive biology of the sea cucumber *Holothuria sanctori* (Echinodermata :Holothuroidea). *Scientia Marina*. 76 : 741-752.
- Pawson, D.P., Pawson, D.J., King, R.A. ( 2010).** A taxonomie guide to the Echinodermata of the south Atlantic Bight, USA : 1. Sea cucumbers (Echinodermata :Holothuroidea) *Zootaxa*. 2449 :1-48.
- Purwati P., Dwiono S.A.P. (2005).** Induction de la scission chez les holothuries indonésiennes, *La beche-de-mer Bulletin de la CPS n° 22*.
- Quignand, J.P., (2002).** La méditerranée formation en Catalogie méditerranéenne, Montpellier, avril 2002.
- Roberts D., Gebruk A., Levin V., Manchips B.A.D (2000).** Fedding and digestive strategiers in deposit-feeding Holothurians, *Oceanography and Marine biology : an animal review*, 38 :257-310.
- (Simunovic et al., 2000 ; Kazanidis et al. (2010).** Distribution and abundance of the species *Holothuria tubulosa* Gmlin 1788 and *Holothuria forskali* Delle Chianje, 1823 (Holothuria : Echinodermata) in the Adriatic Sea. *Acta Adriat.* 41 :3-16.
- Samyn Y., Vandon Spiegel D., Degreef J., (2006).** Taxonomie des holothuries des comores, In *ABC Taxa*, Vol 2, p.130, Bruxelles.
- Smiley F.S., McEuen F.S., chaffe C., Krishnan S.(1991).** Echinodermata : Holothuridea in : Giese A., Pearse V.B. (eds). *Reproduction of marine invertebrates*, vol. Echinoderms and lophophorates. Boxwood Press, Pacific Grove, CA, pp, 663-750.
- (Toral Granda et al., 2008 ; Percell, 2010 ; Sicuro et al. (2012).** Sea cucumbers. A global review on fishery and trade. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 516. Rome, 319pp.
- Uthicke S., D Wlech y J. Benzie (2004).** Slow growth and lack of recovery in overfished holothurians on the great Barrier Reef : evidence from DNA fingerprnits and repeated large-scale surveys. *Conservation Biology*, 18 :1395-1404.
- Uthicke S. and C. Conand. (2005).** Local examples of béche-de-mer overfishing : An initial summary and request for information. *SPS béche-de-mer*. Info. 21 :9-14.
- Xilin, S(2004)** Progrés et perspectives des études sur la propagation artificielle et la culture de l'holothurie *Aspastichopus japonicus*.
- Xing Kun, Shilin Liu, Hongsheng Yang, Minzhu Zhangl et Yi Zhoul (2012).** Elevage en cages d'holothuries *Apostichopus japonicus* transférées en chine méridionale (archipel de shengosia) La béche-de-mer, *Bulletin de la CPS N° 32-(33-38)*.

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

**Yanagisawa T and Yasumasni. Aguroc, Suzuk N. et Motokawa T. (1991).** Biology of echinodermata.

## Résumé

*Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788) a récemment montré une demande accrue sur les marchés asiatiques, devenant l'une des espèces d'holothuries intensivement exploitées en mer méditerranée. Un risque est que la surexploitation affecte probablement à la fois les stocks naturels de l'espèce et les communautés benthiques. Dans ce scénario, l'élevage en mer et le repeuplement par l'aquaculture pourraient aider à atténuer sa surexploitation. Cette étude est la première à démontrer le succès de l'élevage de *H. tubulosa*, et son potentiel conséquent et tant que nouvelle espèce pour l'industrie aquacole méditerranéenne. L'expérience initiale d'induction de la ponte montre qu'il est possible de provoquer la ponte par simple stress thermique.

## Abstract

*Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788) has recently shown increased demand in Asian markets, becoming one of the intensively exploited sea cucumber species in the Mediterranean Sea. One risk is that overexploitation is likely to affect both the species natural stocks and benthic communities. In this scenario, sea farming and restocking through aquaculture could help alleviate its overexploitation. This study is the first to demonstrate the success of artificial rearing and culture of *H. tubulosa* and its consequent potential as a new species for the Mediterranean aquaculture industry. The initial spawning induction experiment shows that it is possible to induce spawning by simple heat stress.

## ملخص

اظهر *Holothuria tubulosa* مؤخرا زيادة في الطلب في الأسواق الآسيوية ليصبح أحد أنواع خيار البحر المستغلة بشكل مكثف في البحر الأبيض المتوسط. يتمثل الخطر في أن الإفراط في الحصاد من المحتمل أن يؤثر على كل من المخزونات الطبيعية للأنواع و المجتمعات القاعية. في هذا السيناريو، يمكن أن تساعد تربية خيار البحر و إعادة التخزين من خلال تربية *Holothuria tubulosa* . تظهر . الاحياء المائية في التخفيف من الاستغلال المفرط. هذه الدراسة الاولى التي تثبت نجاح تربية تجربة تحريض التفريخ الاولى انه من الممكن احداث التبويض عن طريق اجهاد حراري بسيط.