

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
جامعة البليدة -1-
Université Blida -1-
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Biologie



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master
Option : Biologie et Physiologie de la Reproduction

Thème :

*Contribution à l'étude de la biologie de la reproduction
de "Concombres de mer" *Holothuria tubulosa**

Présenté par :

Mlle ZAMICHE Aicha

Mlle CHEURFI Zahira

Devant le Jury :

Mr. BESSAAD Mohamed El Amine	MCA	U. Blida 1	President
Mme. BRADEA Maria Stella Examinatrice		Professeur	U. Blida 1
Mr. LARBI DOUKARA K. Promoteur		MCA	U. Blida 1

2021/2022

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 **Mr. BESSAAD Mohamed El Amine**, qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.

Nous remercions Professeur **Mr. LARBI DOUKARA K** 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.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements au **Mme. BRADEA Maria Stella** pour avoir accepté d'examiner ce manuscrit et de participer à ce jury.

Mm Bouaiche Naima chef service à l'EPH Koléa pour nous accepter dans le service d'anatomopathologie et pour nous diriger et pour sa contribution dans ce travail.

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.

ZAMICHE Aicha et CHEIRFI Zahira

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 Mohammed et A mes chers frères et A mes sœurs

A mon cher amie et binôme Zahira

Et spécialement à (s)Seif Eddine et ma nièce sirine, et tous mes ami(e)s de la promotion 2021-2022 et mes enseignants.

AICHA

Dédicace

Je dédie ce travail, ce fruit de plusieurs années A:

*Mes très chers parent's que j'estime beaucoup pour leurs tendresses et
comprehension, pour leur soutien moral et materiel, ils nous ont soutenues
encourages pour arriver à ce niveau universitaire.*

A mes frères et que j'aime énormément

*A tous ma famille sans exception (du plus petit au plus grand) et spécialement a
mon beau-frère Mohammed qui mon aidé à ce travaille*

A mon cher amie et binôme Aicha

A mes amies :Rima,Chaima,Kawthar et Nesrine

A mes collègues :Chaima,et lyna

Et tous mes enseignants

Enfin, à tous ceux qui mon aidé à élaborer ce travaille par leur soutien morale

Zahira

Liste des abréviations

Cm : centimètre

D : Diamètre

g : gramme

IGM : Indice gonadique moyen

L : Longueur

LT : Longueur totale

T : Température

Listes des figures

- Figure 1:** Répartition d'*Holothuria tubulosa* (zone hachure en rouge) (**Richon, 2008**) ...page 5
- Figure 2:** Anatomie externe d'une holothurie aspidochirote (**in Samyn et al., 2006**).... page 6
- Figure 3:** Partie antérieure d'*Holothuria tubulosa* bouche entourée de tentacules (**Tahri, 2014**).page 6
- Figure 4 :** Schéma de l'organisation interne d'*Holothuria tubulosa* (**Cuenot, 1948 modifié par Tahri, 2015**). page 7
- Figure 5 :** Schéma du tube digestif d'*Holothuria tubulosa* (**adapté par Oomen, 1926**). page 8
- Figure 6:** *Holothuria tubulosa* en position verticale sur une surface rocheuse en libérant les gamètes A: Male, B: Femelle (**Bertoncini et al, 2008**) page 12
- Figure 7:**Schéma d'individue d'holothurie en division ou récemment divisée. Dans A et B la division est en cours; en B la partie exposée non divisée de l'intestion est visible; C représente le contour de la moitié orale récemment séparée. (Crozier,1917)..... page 13
- Figure 8:** Stade du développement del'holothurie Aspidochirotés (**Hamel et al., 2003**)..... page 15
- Figure 9:** Stade du développement des holothuries Aspidochirotés (**Hamel et al, 2003**)..... page 16
- Figure 10:** plage de Benaouda (Originale)page 20.
- Figure 11:** Situation géographique de la zone étudiée (**Google maps,2022**).....page 20.
- Figure 12:** Echantillonnage des Holothuries (Originale)page 21
- Figure13:** Dissection au laboratoire d'une holothurie « *Holothuria tubulosa* » à l'aide d'un ciseau (Originale) page 21.

Figure 14: Morphologie externe de *Holothuria* (*Holothuria tubulosa*. A: face dorsale, B: face ventrale) (Originale)page 21.

Figure15: Présentation de la position de la gonade (en blanc) au niveau du corps de *Holothuria tubulosa* de la zone de Tipaza prélevé en avril 2022 (Originale).....page 22.

Figure 16: (A). Mensuration du poids de la gonade d'*holothuria tubulosa* ; (B). Mensuration du poids humide d'une holothurie échantillonné dans la zone de Tipaza (Originale)...page 22.

Figure17: Présentation de la position de la gonade (en blanc châtre) au niveau du corps d'*Holothuria tubulosa* de la station de Benaouda prélevé en avril 2022 (Originale)....page 23.

Figure 18: Eviscération des organes *'Holothuria tubulosa* (Originale).....page 23.

Figure 19: Un petit poisson trouvé à l'intérieur d'un *Holothuria tubuosa* (Originale)..page 23.

Figure 20: Les mensurations effectuées sur les gonades de *Holothuria tubulosa* de la zone de Benaouda: (A). longueur des tubules, (B). diamètre des tubules, (C). longueur des saccules, (D). la longueur de l'espace de la bifurcation (Originale)..... page 24

Figure 21: Eviscération des organes *'Holothuria tubulosa* (Originale).....page 28.

Figure 22: Mesures biométriques des tubules gonadique d'*Holothuria tubulosa* de la région de Benaouda. (A) : Longueur mensuelle moyenne ; (B) : Diamètre moyen ;(C) : poids des gonads.....page 29.

Figure 23: Equipement de laboratoire du l'anatomie et pathologie du centre hospitalier (EPH de Koléa) pendant servi à l'étude histologique (Originale).....page 31.

Figure 24: Équipement de laboratoire du l'anatomie et pathologie du centre .hospitalier (EPH de Koléa) pendant servi à l'étude histologique (Originale).....page 32.

Figure 25: Relation taille poids total d'*Holothuria tubulosa* de la zone de Benaouda ...page 32

Sommaire

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

Chapitre I

Etude bibliographique

I . Généralités.....	3
I.1 Classification d'holothuria tubulosa.....	4
I.1.1 Systématique.....	4
I.2 Répartition géographique d'holothurie.....	4
I.3 Morphologie externe et interne d'holothurie	
I.3.1.1 Morphologie externe	5
I.3.1.2 Morphologie interne	6
I.3.1.2.1 Tube digestif.....	8
I.3.1.2.2 Système nerveux.....	9
I.3.1.2.3 Respiration.....	9
I.3.1.2.4 Cavité ceolomique	9
I.4 Reproduction	9
I.4.1 Les organes reproducteur.....	10
I.4.2 Cycle de reproduction.....	10
I.4.3 Reproduction sexuée.....	11
I.4.4 Reproduction asexuée.....	12
I.4.5 Système reproducteur et développement larvaire chez l'holothurie.....	13
I.5 Habitat d'holothurie.....	16
I.6 Prédateur d'holothurie.....	16
I.7 Alimentation.....	17
I.8 Mécanisme de défense.....	17
I.9 Mobilité.....	17
I.10 Importance des holothuries pour la santé humaine.....	17
I.11 Importance écologie des Holothuries.....	18
I.12 Importance économique des holothuries	18

Chapitre II

II.	Matériel et méthodes.....	
II.1	Zone d'étude.....	20
II.2	Matériel biologique	20
II.3	Échantillonnage et traitement des échantillons.....	20
II.4	Prélèvement.....	21
II.5	Traitement des échantillons	21
II.5.1	Au laboratoire.....	21
II.5.2	Dissection et manipulation	22
II.6	Détermination des indices physiologiques	
II.6.1	Indice gonadique	23
II.6.2	Sex-ratio.....	23
II.7	Traitement statistique	
II.7.1	Test d'homogénéité.....	24
II.8	Détermination des stades.....	24
II.9	Histologie	25

Chapitre III

III.	Résultat et discussion	
III.1	Échantillonnage	29
III.2	Mesures adoptées.....	30
III.3	Observation macroscopique.....	32
III.3.1	Évolution mensuelle de l'IGSm (tout sexe confondus).....	33
III.4	Coupes histologiques.....	35
IV.	Discussion.....	36
V.	Conclusion	40

Résumé

L'intérêt porté à un *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788) est lié à un manque de données sur son cycle reproducteur, ainsi que sur sa morphobiométrie en algérie. Le choix d'holothurie tubuleuse repose sur le fait que c'est l'espèce la plus abondante en Méditerranée, et même dans les eaux algériennes. Son cycle biologique, mais surtout reproducteur offre un champ d'investigation intéressant.

Notre étude est une première contribution de la biologie de la reproduction de l'holothurie aspidochirote *Holothuria tubulosa* qui appartient au groupe d'échinodermes et qui ont une grande valeur commerciale. L'échantillonnage a été réalisé sur 25 individus (17 mâles, 8 femelles) de novembre 2021 à juin 2022 à la zone de Benaouda dans la province de Tipaza en Algérie..

Les caractéristiques macroscopiques et microscopiques, étude morphométriques des gonades, les cinq stades de maturité sexuelle ont été identifiés dans les tubules gonadiques : récupération (I), croissance (II), maturité précoce (III), maturité (IV) et épuisée (V).

La première étude se base sur la variation des indices physiologiques (IGm), leur comportement par rapport au changement des mois et aux variations de la température. Nos résultats montrent que la maturation des gonades (stades III et IV) se produit de mars à mai dans le printemps, à l'été, toute la population échantillonnée est à pleine maturité sexuelle.

La corrélation entre les différentes mesures pondérales et linéaires obtenues d'*holothuria tubulosa*. Les résultats montrent une bonne corrélation entre les différents paramètres (poids frais total de l'animal et sa longueur totale et le diamètre).

La deuxième étude se base sur l'histologie des tubules gonadiques (mâle et femelle) au stade de maturation, plus un cas spécifique d'hermaphrodite.

A travers cette étude nous avons conclu que le cycle de la reproduction sexuée chez l'espèce gonochorique étudiée, suit globalement un schéma identique à celui déjà décrit pour la majorité des holothuries aspidochirotées des zones tempérées.

Mots clés : *Holothurians tubulosa* ; Reproduction ; Indice physiologique ; Caractéristiques macroscopique et microscopique; Morphométrie ; Tubules gonadiques ; Température ; Benaouda

Summary

The interest in a *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788) is linked to a lack of data on its reproductive cycle, as well as on its morphobiometry in Algeria. The choice of tubular holothuric is based on the fact that it is the most abundant species in the Mediterranean. and even in the Algerian coasts.

Its life cycle, but above all its reproductive cycle, offers an interesting field of investigation. Our study is a first contribution to the biology of sea cucumber reproduction. aspidochirote *Holothuria tubulosa* which belong to the group of echinoderms and which have great commercial value.

The sampling was carried out on 25 individuals (17 males, 8 females) from November 2021 to June 2022 in the Benaouda area in the province of Tipaza in Algeria.

The macroscopic and microscopic characteristics, morphometric study of the gonads, the five stages of sexual maturity have been identified in the gonadal tubules: recovery (I). growth (II), early maturity (III), maturity (IV) and exhaustion (V).

The first study is based on the variation of the physiological indices (IGm), their behavior in relation to the change of the months and to the variation of the temperature.

Our results show that the maturation of the gonads (stages III and IV) occurs from March to May in the spring, in the summer, the entire sampled population is at full sexual maturity.

The correlation between the different weight and linear measurements obtained from *holothuria tubulosa*. The results show a good correlation between the different parameters (total fresh weight of the animal and its total length and diameter).

The second study on the histology of gonadal tubules (male and female) at the stage of maturation, plus a specific case of hermaphrodite.

Through this study, we have concluded that the cycle of sexual reproduction in the gonochoric species studied, globally follows a pattern identical to that already described for the majority of aspidochirotid holothurians in temperate zones.

Keywords: *Holothuria tubulosa* ; Breeding; Physiological indices ; Macroscopic and microscopic characteristics; Morphometry; Gonadal tubules; Temperature ; Benaouda;Tipaza.

ملخص

يرتبط الاهتمام بـ *Holothuria tubulosa* (Gmelin ، 1788) بنقص البيانات المتعلقة بدورة التكاثر ، وكذلك عن قياس الشكل الحيوي في الجزائر. يعتمد اختيار الهولوثوريك الأنثوي على حقيقة أنه أكثر الأنواع وفرة في البحر الأبيض المتوسط. وحتى في السواحل الجزائرية. تقدم دورة حياتها ، ولكن قبل كل شيء دورة التكاثر ، حقلاً مثيراً للاهتمام من التحقيق. دراستنا هي مساهمة أولى في بيولوجيا تكاثر خيار البحر. *aspidochirote Holothuria tubulosa* التي تنتمي إلى مجموعة شوقيات الجلد والتي لها قيمة تجارية كبيرة. تم أخذ العينات على 25 فرداً (17 ذكور و 8 إناث) من نوفمبر 2021 إلى يونيو 2022 في منطقة بن عودة بولاية تيبازة بالجزائر. الخصائص الماكروسكوبية والميكروسكوبية ، والدراسة الشكلية للغدد التناسلية ، والمراحل الخمسة للجنس. تم تحديد النضج في الأنابيب التناسلية: الانتعاش (I). النمو (II) ، النضج المبكر (III) ، النضج (IV) والإرهاق (V). تعتمد الدراسة الأولى على تباين المؤشرات الفسيولوجية (IGm) وسلوكها فيما يتعلق بتغير الأشهر وتغير درجة الحرارة. تظهر نتائجنا أن نضج الغدد التناسلية (المرحلتان الثالثة والرابعة) يحدث من مارس إلى مايو في الربيع ، في الصيف ، يكون جميع السكان الذين تم أخذ عينات منهم في مرحلة النضج الجنسي الكامل. العلاقة بين الوزن والقياسات الخطية المختلفة التي تم الحصول عليها من هولوثوريا توبولوسا. أظهرت النتائج وجود علاقة ارتباط جيدة بين المتغيرات المختلفة (الوزن الرطب الكلي للحيوان وطوله الكلي وقطره). الدراسة الثانية حول انسجة الأنابيب التناسلية (ذكور وإناث) في مرحلة النضج، بالإضافة إلى حالة معينة من خنثى. من خلال هذه الدراسة، توصلنا إلى أن دورة التكاثر الجنسي في الأنواع المتجانسة المدروسة ، تتبع عالمياً نمطاً مطابقاً للنمط الموصوف بالفعل بالنسبة لغالبية الهولوثوريين الأسبيديوكيروتيد في المناطق المعتدلة.

الكلمات الرئيسية:

هولوثوريا توبولوسا؛ تكاثر؛ المؤشرات الفيزيولوجية؛ درجة الحرارة؛ الخصائص العيانية والميكروسكوبية؛ قياس الشكل؛ تيبازة؛ بن عودة.

Introduction

Introduction:

La mer Méditerranée est riche en ressources marines. Son écosystème marin unique aux eaux tempérées chaudes se caractérise par une biodiversité exceptionnelle (**Caddy, 1993**),

Les Holothuries sont une classe d'invertébrés marins de l'embranchement des Échinodermes. On dénombre plus de 1400 espèces qui s'observent dans tous les mers et océans, de la zone littorale aux profondeurs les plus extrêmes (**Kerr et Kim, 2001**).

Elles s'observent depuis les premiers mètres d'eau jusqu'à une profondeur de 20 à 30m (100m pour Holothurie noire '*Holothuria 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**).

Les concombres de mer (Holothuries) sont une ressource côtière mal connue, malgré leur longue histoire d'exploitation pour la consommation (**Conand 1990, 2004 ; Lovatelli et al, 2004 ; Bruckner 2006**).

Cependant, ils sont des éléments importants de la chaîne alimentaire dans les écosystèmes tempérés et de récifs coralliens à différents niveaux trophiques, jouent un rôle important en tant que dépositivores et suspensivores (Fechter, 1972).

Les concombres de mer consomment et broient les sédiments et matières organiques en fines particules (Fechter, 1972).

Ce sont des organismes communs de la faune benthique de tous les milieux marin (**Hendler et al, 1995**), et peuvent constituer jusqu'à 90% de la biomasse dans les écosystèmes des fonds marins (**Hendler et al, 1995**).

Le produit de concombre de mer le plus précieux est la paroi corporelle séchée qui est commercialisée sous le nom de bêche-de-mer (**Conand, 1990**).

Elles sont exploitées aussi bien pour la nutrition mais également comme appât (**Simunovic et al, 2000 ; Kazanidis et al, 2010**) ; prête des vertus antiseptiques, antidouleurs et même aphrodisiaques, de ce fait elles constituent un marché alimentaire et médicinale important dans le pays asiatiques et certains pays européens (**Toral Granda et al, 2008 ; Purcell, 2010 ; Sicuro et al, 2012**).

Notre travail consistant a étudié l'espèce Holoturie aspidochirot très commun dans la mer méditerranée et en atlantique européen "*Holoturia tubulosa*" (**gemlin 1791**). L'espèce est collectée dans le nord Méditerranée. L'échantillonnage a été réalisé à Benouda wilaya de Tipaza du début de mois de Novembre 2021 au mois de Mai 2022.

Le but de cette étude est de faire une contribution sur la physiologie de la reproduction de cette espece ciblé, à travers une étude macroscopique et microscopique des tubules gonadiques

Notre travail se scinde en trois parties :

La première partie est réservée à la synthèse des connaissances sur la biologie et l'écologie d' *Holoturia tubulosa* de littoral de la côte de Tipasa ;

La deuxième partie est consacrée aux caractéristiques géographiques de notre site d'étude.

La troisième partie concerne les résultats et discussion sur l'étude macroscopique et microscopique des tubules gonadiques ainsi que le calcul des indices gonadosomatique moyens des holothuries afin de déterminer les périodes de pontes ainsi que les stades de maturation gonadique des populations de l'*Holothuria tubulosa* dans une partie de la côte centre algérienne à savoir la côte de Tipasa.

Et enfin, une conclusion synthétisera l'ensemble des résultats obtenus.

Etude

bibliographique

I. Généralités :

Les échinodermes regroupent les Etoiles de mer (Asteroidea), les Oursins (Echinoidea), les Concombres de mer (Holothuroidea), les Crinoïdes (Crinoidea) et les Ophiures (Ophiuroidea) (**Baker et al, 1986**).

L'holothurie atlanto-méditerranéenne *Holothuria tubulosa* fait partie des invertébrés benthiques remarquables de la zone sublittorale peu profonde. C'est une espèce comestible, récoltée en mer Égée et utilisée comme appât de pêche (**kazanidis et al, 2014**).

Les « Concombre de mer » ressemblent peu aux autres échinodermes. Ils sont cylindriques, légèrement effilés aux extrémités et de taille très variable. Les Holothuries n'ont pas de squelette développé, contrairement aux autres échinodermes, à l'exception d'une couronne calcaire péripharyngienne (Alain et al, 1986), peuvent constituer jusqu'à 90% de la biomasse dans les écosystèmes des fonds marins (**Hendler et al, 1995**).

Les Holothurides présentant une place importante dans la chaîne alimentaire des écosystèmes marins à différents niveaux trophiques, ce sont des constituants importants de la faune benthique, et jouent un rôle important dans l'équilibre des écosystèmes côtiers (*in* **Benraho et Bouslama, 2005**).

Souvent considérées comme des « vers marins », ils ingèrent les sédiments contenant la matière organique et des matières rejetées par les plantes et les animaux. Ces animaux remuent les couches supérieures des sédiments marins favorisant ainsi le processus de « bioturbation » (**Xing et al, 2012**).

Ce processus d'accumulation des matières organiques en décomposition peut contribuer à lutter contre les populations de parasites et d'organismes pathogènes (**Alain et al, 1986**).

La reproduction pour la grande majorité des Concombres de mer est la reproduction sexuée qui se traduit par le largage du sperme et des ovules en pleine eau en synchronie. Pour certaines, les Holothuries peuvent produire des milliers d'œufs (**NEGHLI, 2014**).

I.1 Classification

Les différentes familles de l'embranchement des Échinodermes ont été groupées en quatre classes bien distinctes, qui sont celles des Holothurides, des Échinides, des Stellérides et des Crinoïdes.

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**).

I.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* (Linnaeus, 1767)

Espèces étudiées : *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1791).

I.2 Répartition géographique :

Les « Concombres de mer » sont largement répartis dans les milieux marins du monde entier, des zones intertidales à la haute mer (**conand, 1994**).

Il vit dans toutes les eaux, mais préfère les détritiques et prairies zostères. Il se nourrit par l'ingestion de grandes quantités de sable et de la boue dont il se nourrit (**Gmlin 1788**).

En Méditerranée est plus précisément dans les eaux algériennes, parmi les espèces dominantes se trouvent l'*Holothuria tubulosa* et *Holothuria stellati*; la première est la plus répandue en Méditerranée (**Mezali, 2011**)

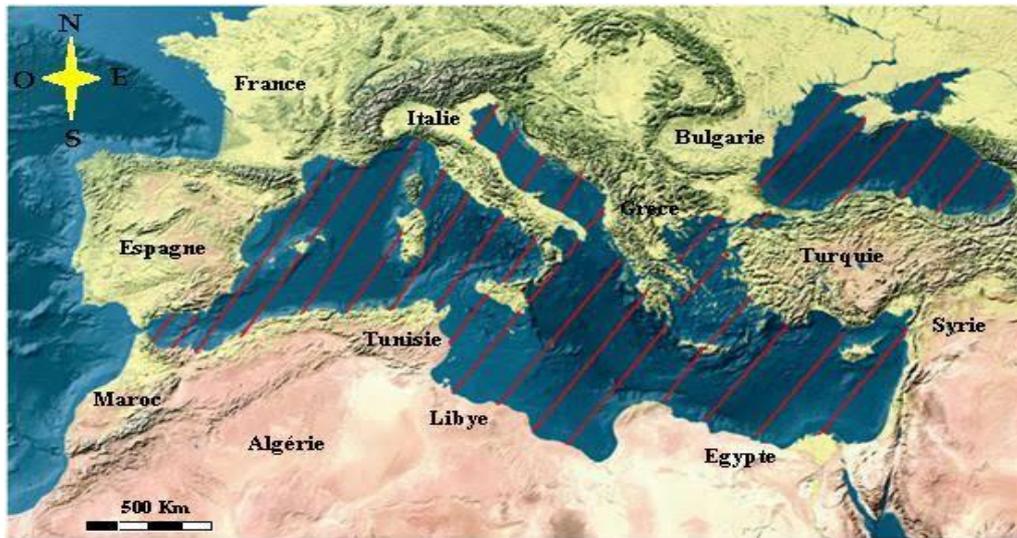


Figure 1: Répartition d'*Holothuria tubulosa* (zone hachure en rouge) (Richon, 2008).

I.3 La morphologie :

I.3.1 Morphologie externe :

C'est une holothurie cylindrique dont la forme ressemble grossièrement à un "concombre". Elle mesure jusqu'à 40 cm de long pour 6 cm 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 (Mezali, 2008).

Ces animaux ont subi la même modification essentielle que les oursins, les bras ayant été réabsorbés dans le corps de sorte que les tubes radiaux descendent le long du corps et se terminent près de l'évent (Mezali, 2008).

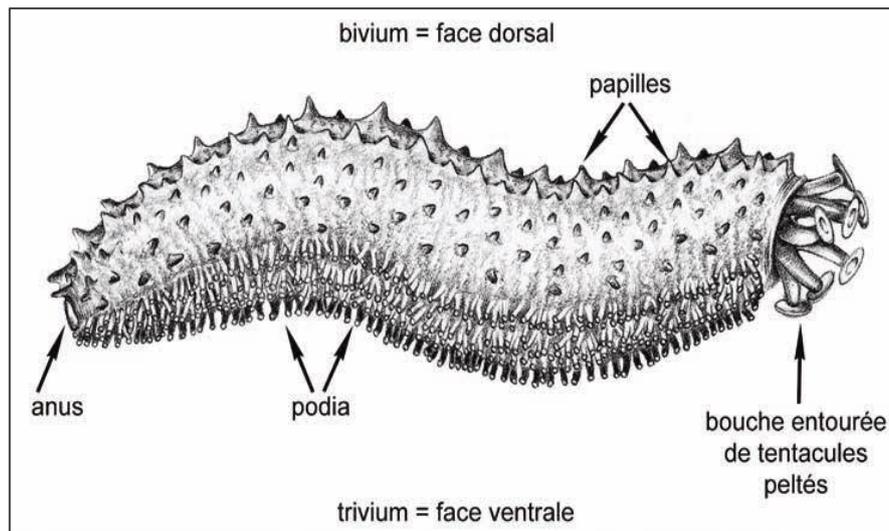


Figure 2: Anatomie externe d'une holothurie aspidochirote (in Samyn et al., 2006).

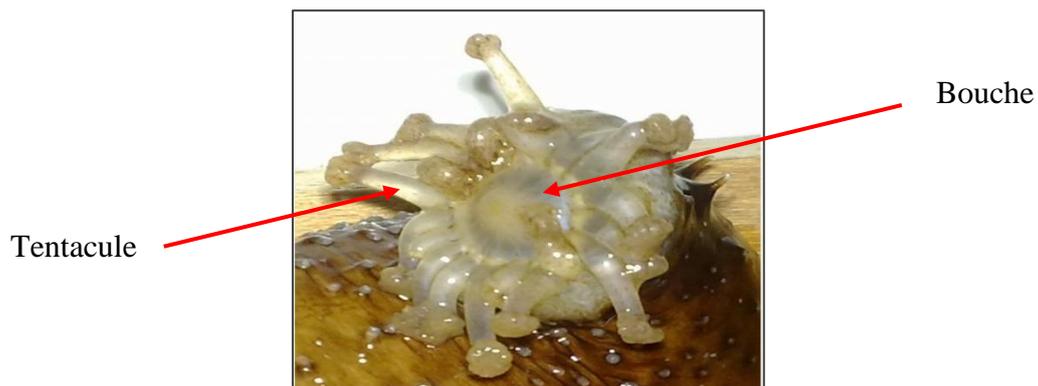


Figure 3: Partie antérieure d'Holothurie tubulosa bouche entourée de tentacules (Tahri, 2014).

I.3.2 Morphologie interne :

A l'intérieur du corps des Holothuries se situe une vaste cavité celomique remplie de liquide à la composition proche de l'eau mer contenant des cellules spécialisées nommées cœlomocytes.

C'est dans cette cavité que baignent la majorité des organes de l'animal, à commencer par son tube digestif (DOGNIEZ, Martin 2020).

Les Holothuries sont caractérisées par un endosquelette réduit, formé de spicules inclus dans le tégument qui sont des éléments microscopiques essentiels en taxinomie. Le tégument constitue la partie comestible de l'individu. Elles présentent une cavité générale spacieuse dans laquelle on

retrouve les gonades, le tube digestif, les arbres respiratoires (tubes dichotomiques aveugles se connectant à la base du tube digestif), le système hémal (**Lakel et Zaoui, 2019**).

Le squelette est constitué de minuscules spicules répartis sur tout le derme. Exigible à la fois à l'absence de squelette rigide et à la forte contractilité du corps mur (**M. Jangoux, 1991**).

Holothuria sont caractérisées par la présence de « tubes de Cuvier » reliés à la partie terminale des arbres respiratoires. Ces organes collants riches en molécules cytolytiques nommées saponines », également présentes en plus faibles concentrations sur la peau de l'animal, peuvent être expulsés par le cloaque de l'holothurie en cas d'agression (**Bakus, 1968 ; Van Dyck et al, 2011**).

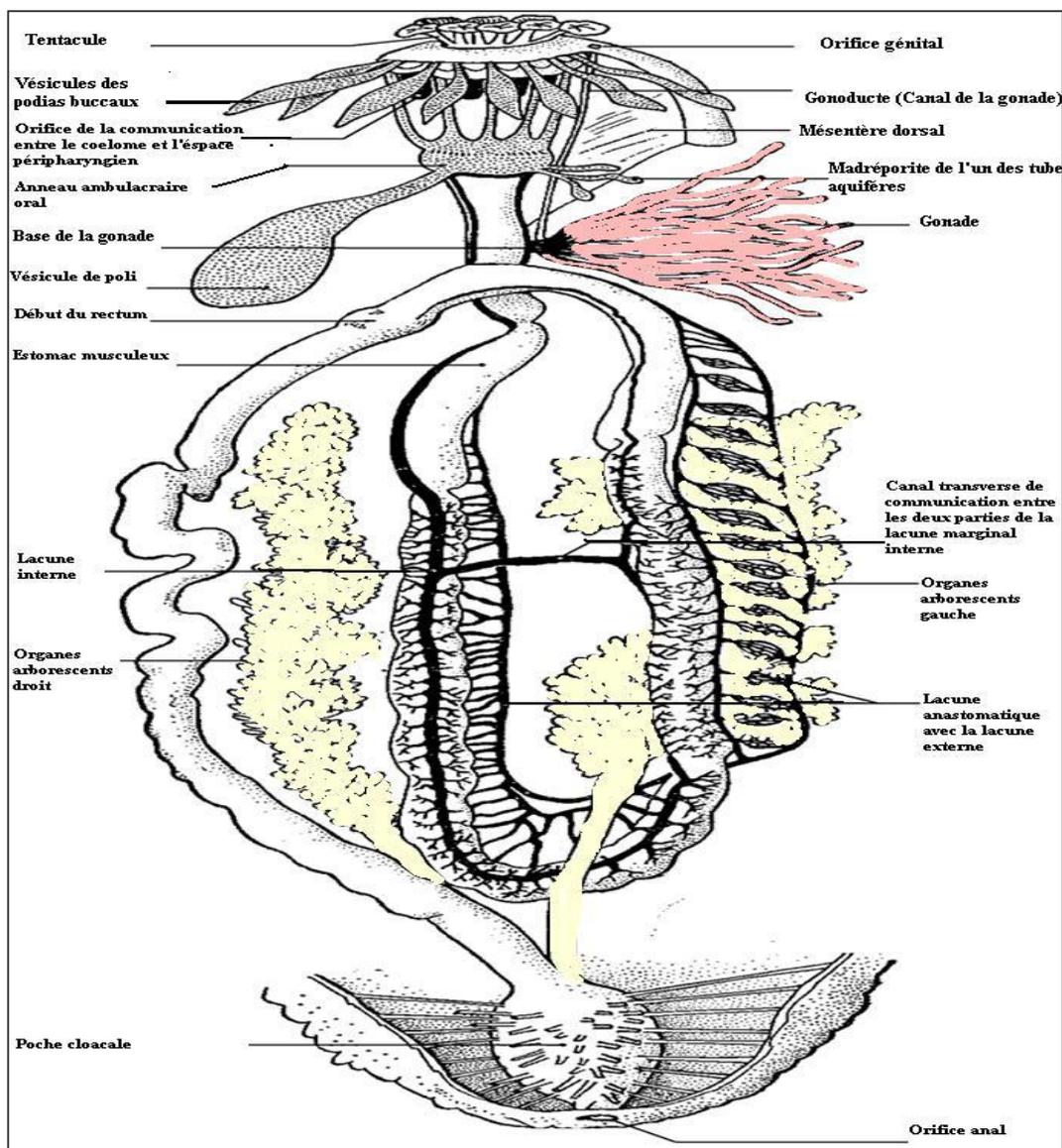


Figure 4 : Schéma de l'organisation interne d'*Holothuria tubulosa* (**Cuenot, 1948 modifié par Tahri, 2015**).

I.3.2.1 Le tube digestif :

L'intestin est un simple tube en boucle qui a trois branches, un membre descend vers l'anus, le suivant remonte vers la bouche puis se replie dans le dernier membre qui va vers l'anus. Ces membres sont attachés par des mésentères à différents intermédiaires du corps, le premier à celui qui, dans la position ordinaire de l'animal, est mi-dorsal, le suivant à la face ventrale gauche et le troisième à la face ventrale droite (A. E. SHIPLEY, M.A., AND E. W. MACBRIDE, M.A. (Cantab.), D.Sc. (Lond.), 1904).

Accompagnant le tube digestif se trouve des "vaisseaux" dits dorsaux et ventraux similaires à ceux des Echinoidea, et il y a aussi un "anneau sanguin" comme celui décrit dans la même classe.

Chez Holothuroidea, le vaisseau ventral est proche du tube digestif mais le vaisseau dorsal est porté sur une petite crête faisant saillie de l'intestin. Le tube digestif est entouré de branches mineures du réseau dont les vaisseaux dorsaux et ventraux ne forment que les gros troncs (Shipty et Mac Bride, 1901).

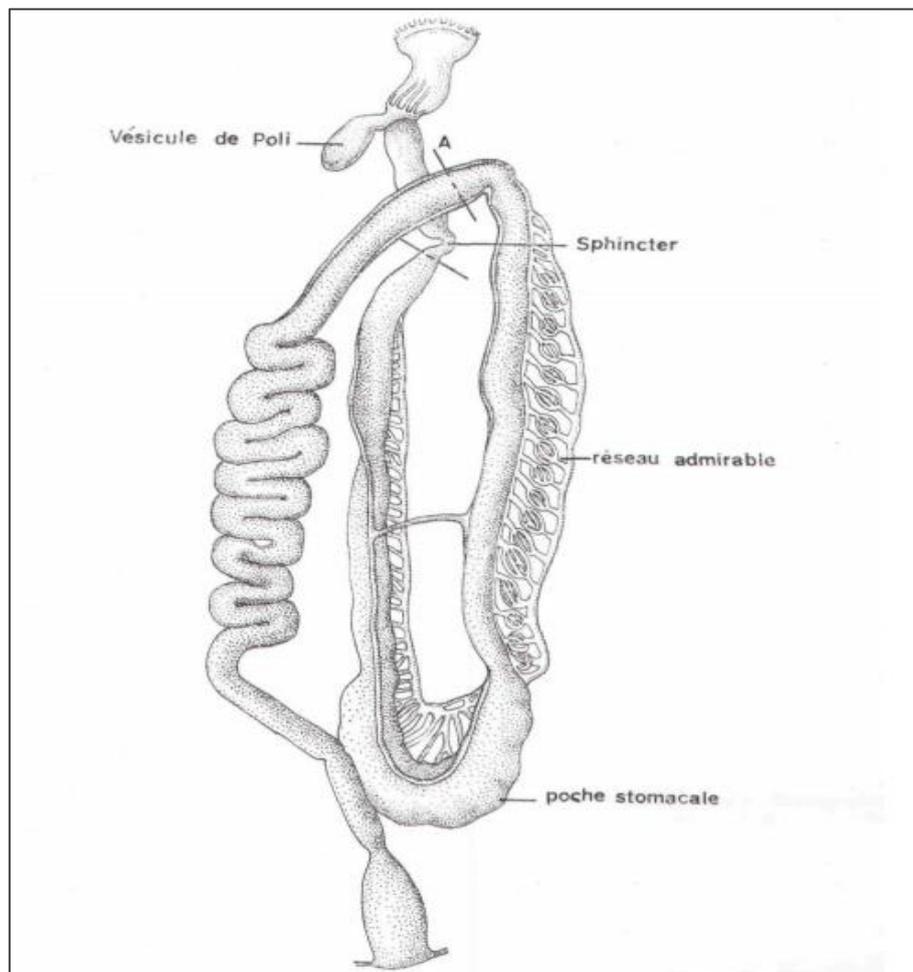


Figure 5: Schéma du tube digestif d'*Holothuria tubulosa* (adapté par Oomen, 1926).

I.3.2.2 Le système nerveux

Le système nerveux est représenté par un anneau œsophagien duquel partent cinq troncs nerveux longitudinaux qui cheminent d'avant en arrière, au voisinage des cinq canaux ambulacraires longitudinaux (**L, lanessan, 1885**).

Les tentacules et les viscères sont fournis par les nerfs de l'anneau ; les podia par des branches des nerfs radiaux, l'anneau et les nerfs radiaux sont enfoncés sous la surface et se trouvent sur la face interne. Un canal épineural se trouve à l'extérieur des nerfs. À la suite de chaque nerf radial sur sa surface interne se trouve un petit nerf "profond", à partir duquel sont alimentés les muscles de la paroi corporelle (**R, Lankester, 1900**).

I.3.2.3 La Respirations :

C'est un système de trachées aquifères composé d'un ou plusieurs arbres membraneux et creux, dont le tronc communique au dehors dans ce même cloaque où se rend le rectum : il se porte dans l'intérieur du corps, se divise et se subdivise en branches, et celles-ci enfin en petites productions coniques.

D'espace en espace, les branches se renflent en vésicules, et en général on les trouve plus ou moins gonflées d'eau, il n'y en a qu'un seul tronc, qui se partage, dès sa naissance, en deux branches principales; l'une des deux marche le long de l'enveloppe générale, et lui reste adhérente par une espèce de mésentère; l'autre se glisse entre les intestins, et entrelace ses rameaux avec les vaisseaux du système sanguin intestinal, et qui communiquent de l'un des grands troncs musculaires à l'autre (**Cuvier, 1840**).

I.4 La cavité coelomique :

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**).

I.5 La reproduction :

Les sexes sont séparés (gonochorisme), cependant, des cas d'hermaphrodite occasionnel ont été rapportés (**Herrero-Pérezrul, 1999**). Comme il n'y a pas eu de dimorphisme externe sexuel, le sexe est identifié par l'histologie des gonades (**Howaida et al, 2004**).

Le mode de reproduction dans la plupart des cas est implique la libération des gamètes à l'eau et les larves sont planctoniques, la fécondation est externe (**Hendler et al, 1995 ; Rupert Barnes, 1996**).

Comme beaucoup d'autre Echinoderme, certaines espèce incubent leurs œufs surtout dans les régions froides, l'incubation se produit dans la zones ventral et dorsal de l'**animal (Herrero-Prezrul, 1999)**.

La reproduction est dépendante de la densité, un faible taux de recrutement et de maturité tardive, peuvent entraîner une forte vulnérabilité des populations aux changements environnementaux et / ou pressions anthropiques (**Conand, 1993, Chao et al., 1994; Pérezrul et al., 1999; Ramofafia et al., 2000; Uthicke et Benzie, 2000; Uthicke et al., 2004; Abdel-Razek et al., 2005; Uthicke et Conand, 2005; Muthiga, 2006; Toral-Granda et Martínez, 2007**).

Les holothuries ont la capacité de se reproduire sexuellement ou asexuellement, et il ya des corrélations entre les facteurs environnementaux et une combinaison de caractères 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**).

Les organes mâles ou femelles se composent d'une foule de tubes tantôt simples, tantôt plus ou moins ramifiés. Ces tubes sur les parois desquels les éléments reproducteur buccale entre les tentacules. Les appareils mâles et femelles possèdent une structure fondamentale identique (**A. Kowalevsky et A.-F. Marion**).

I.5.1 Les organes de reproduction :

Les organes mâles sont formés par un faisceau de tubes cylindriques, simples ou ramifiés dichotomiquement, à extrémité libre arrondie, ne remplissant que le tiers environ de la partie dorsale du corps (**Gmelin, 1899**).

Les organes femelles, au contraire, sont constituées par de nombreux tubes moniliformes, plus volumineux que les précédents, présentant parfois une longueur égale à celle du corps, et à extrémité antérieure filiforme et amincie. De distance en distance, ces tubes présentent des étranglements séparant des régions ovifères de forme ovoïde (**Gmelin, 1899**).

I.5.2 Cycle de reproduction :

La gamétogenèse et le frai suivent généralement un schéma saisonnier distinct, variant en fonction des espèces et des localisations géographiques (**Drumm et Loneragan, 2005**).

Holothuria tubulosa se reproduit en été, en général au mois d'Août. Les sexes sont séparés ; l'émission des gamètes mâles et femelles se fait dans l'eau, les individus adoptant à cette occasion une posture dressée très caractéristique, l'orifice génital se trouvant sur la partie

antérieure des individus. Cette position permet d'assurer une meilleure diffusion des gamètes, l'émission de semence dure environ une demi-heure (**Gmelin, 1791**).

Certains facteurs abiotiques tels que la température de l'eau de mer et la photopériode (**Smiley et al, 1991 ; Ramofafia et al, 2000**), les rythmes lunaires (**Battaglène et al, 2002**) et des facteurs biotiques tels que la disponibilité de la nourriture (**Drumm et Loneragan, 2005**) ont été suggérés comme des signaux exogènes affectant la reproduction des concombres de mer.

Pour la sex-artio on a cinq étapes de développement indifférencié, gamétogenèse, la maturité la ponte et la poste ponte. Le cycle de reproduction est annuel (**Herrero-Pérezul, 1999; Fajardo et al, 1995**).

I.5.3 Reproduction sexuée :

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, 1999 ; Mercier et al, 2000**).

La reproduction sexuée est réalisé au moyen des cycles synchronisés réglés par les conditions environnementales et hormonales, qui peuvent être divisés en deux grandes phases : la gamétogenèse et le frai (**Giese et al, 1974**). Au cours de la gamétogenèse, le processus essentiel est la transformation de cellules somatiques encellules spécialisées : l'ovule chez la femelle et les spermatozoïdes chez le mâle (**Giese et al, 1974**). Certaines espèces d'Holothuries peuvent se reproduire de manière asexuée par fission.

Au moment de la reproduction sexuée, les holothuries prennent souvent une curieuse position verticale (**Coulon et Jangoux, 1993**).

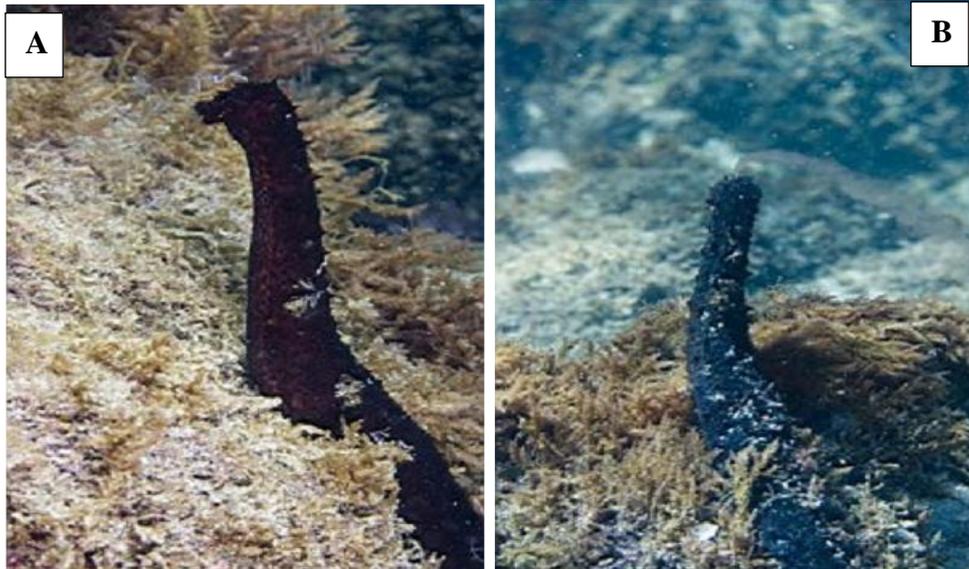


Figure 6: *Holothuria tubulosa* en position verticale sur une surface rocheuse en libérant les gamètes A: Male, B: Femelle (**Bertoncini et al, 2008**)

La gamétogenèse dépend principalement de la dépense énergétique de chaque espèce et la répartition optimale d'énergie entre la croissance somatique et la synthèse du matériel reproductif (**Ramirez-Llodra, 2002**).

La différenciation des cellules germinales dans des gamètes mâles ou femelles est contrôlée par une neurohormone appelée facteur androgénique, l'absence de ce facteur affecte la production de gamètes femelles, à la fois la génération du gamète male nécessite la présence de ce facteur (**Giese et al, 1974**).

Chez les femelles des holothuries, la ponte et la fécondation des œufs se produit dans le cadre d'une série d'événements reliés entre eux, qui sont entraînés par une hormone endrogène qui est responsable de la maturation des ovocytes.

Par rapport aux males, actuellement on connait peu de chose au sujet de la régulation gamétogenèse endocrinienne. Pour mener à bien la ponte, les stimulations externes sont traduites en fonction physiologiques au moyen du système nerveux. Probablement les nervures radiales intègrent les signaux environnementaux qui contrôlent la stimulation des organes internes. La fécondation est plus efficace lorsque ces événements se produisent de façon synchrone sur une population locale (**Giese et al, 1991**).

I.5.4 Reproduction asexuée

La reproduction asexuée est une autre méthode par laquelle les « concombres de mer » se propagent (**Daylell, 1851., In Crozier, 1917**). Ce processus est mis en évidence sur des

observations d'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) décrivent 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.7). 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.

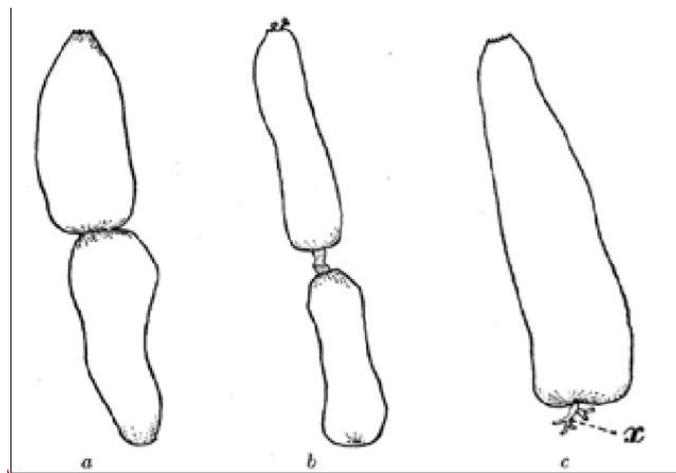


Figure 7: Schéma d'individus d'holothurie en division ou récemment divisée. Dans A et B la division est en cours; en B la partie exposée non divisée de l'intestin est visible; C représente le contour de la moitié orale récemment séparée. (Crozier, 1917).

I.5.5 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 (**Conand, 1993**).

Il existe deux types de développements larvaires chez les Holothuries : indirect, avec un stade auricularia, le 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 a eu lieu par fortes projections d'œufs intermittentes. La température influence la ponte en premier chez les mâles, ce qui poussent 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 du premier globule polaire intervient environ 3 minutes plus tard (Fig. 8B). 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. 8C) (**Hamel et al, 2003**).

Le deuxième clivage se produit de nouveau par l'axe pôle 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. 8E).

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. 8F). 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. 8G). Dans les heures qui suivent, de

nombreuses auriculariaes commencent à se transformer pour aboutir au stade doliolaria (Fig.8H) (Hamel et al, 2003).

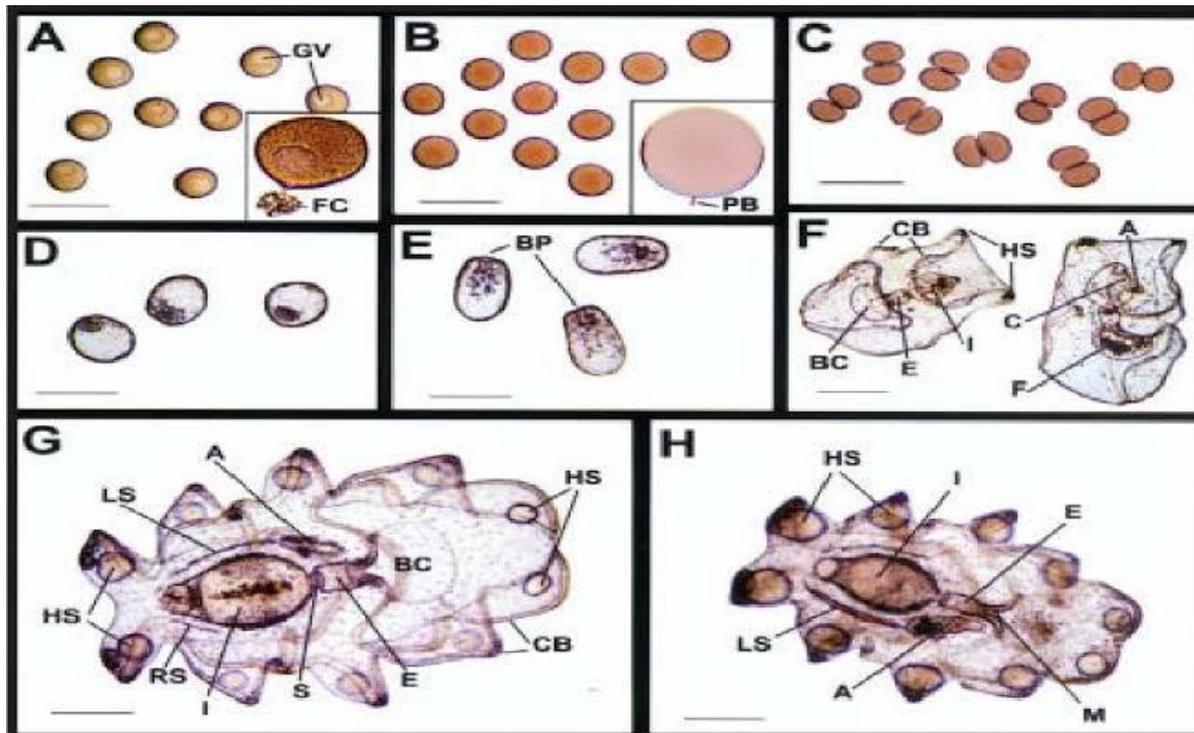


Figure 8: Stade du développement de l'holothurie Aspidochirot (Hamel et al., 2003).

« Les traits équivalents à 200 µm. A. Ovocytes après prélèvement d'une gonade mûre. La vésicule germinale (GV) est clairement visible. Dans l'encadré, vue agrandie d'un ovocyte en phase d'ovulation, où sont 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 vis

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.9A). Le stade doliolaria est atteint environ 19 à 24 jours après la fécondation (Fig. 9B) lorsque les larves cessent de se nourrir et que les cils s'alignent en formant cinq couronnes distinctes, le long de leur corps cylindrique. A 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.9C) (**Hamel et al, 2003**).

A 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.9D, E) (**Hamel et al, 2003**).

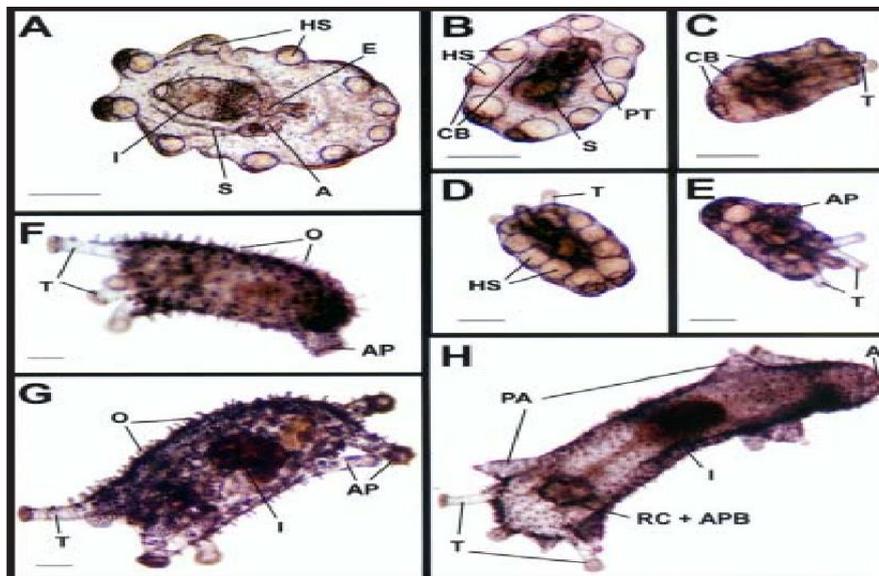


Figure 9: Stade du développement des holothuries Aspidochirotes (**Hamel et al, 2003**).

« 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 doliolaria pleinement développée sur laquelle on aperçoit les nodules hyalins (HS), les tentacules primaires (PT), les bandelettes ciliaires (CB) et le somatocèle (S). C. Pentactula au début de son développement muni de cinq tentacules (T) et des bandelettes ciliaires encore visibles (CB). D. Vue dorsale d'une pentactula récemment fixée avec des 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 de 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 aquapharyngé (RC + APB) ».

I.6 Habitat des holothuries :

Les Holothuries sont considérés comme exclusivement marines, cependant, des études dans lesquelles des Echinodermes ont été recueillies dans les estuaires et les lagunes côtières, le substrat dans lequel ils vivent est principalement rocheux et caillouteux, bien qu'il soit également trouvé dans les fonds des coquilles et d'argiles et entre les algues, s'ils existent dans la zone (**Kerstitch, 1989**).

La profondeur de distribution va du 0.50 m jusqu'au 61 m, bien que normalement la profondeur maximale soit de 33 m (**Kerstitch, 1989**).

Les petits individus (60-160 mm) sont principalement situés à l'intérieur des cavités et des fissures entre les pierres, ainsi au dessous d'eux, tandis que les organismes de grande taille (plus de 16 cm) se trouvent principalement sur des pierres et roches, et ils sont des individus nocturnes (**kerstitch, 1989**).

I.7 Prédateurs des holothuries :

Les Concombres de mer ont peu d'ennemis naturels, seulement quelques cas de prédateurs tels que les Crabes, Etoiles de mer et certains poissons comme Solaster qui ne consomment que d'autres Echinodermes comme le Concombre de mer. Cependant, sont communs l'association entre les Holothuries et d'autres organismes commensaux tels que les Crabes et les poissons. Ces dernier reste en général dans le cloaque et entrant ou sortant de l'animal quand le sphincter anal s'ouvre (**Calva, 2002**).

Parmi les Echinodermes, les Holothuries présentent la classe la plus infestées par les parasites. Les parasites sont toujours dangereux et bien que parfois peut provoquer la mort de l'hôte, dans certains cas (**Jangoux, 1990**). Selon une étude sur les maladies des Echinodermes (**Jangoux, 1990**), plus un tiers des parasites des Echinodermes vivent sur ou dans les Holothuries. 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 dans l'arbre respiratoire ou pour le coelome (**Becker, 2002**). Les organismes qui ont été enregistrés comme des parasites sont certaines bactéries qui causent des ulcérations de la peau (**Becker, 2002**), les champignons, les protozoaires qui vivent dans l'intestin et le système respiratoire, et les métazoaires comme les plathelminthes (**Barel et Kramer, 1977**).

I.8 Alimentation :

La majorité des Holothuries sont détritivores, qui utilisent différentes stratégies pour puiser leurs aliments dans les cinq premiers millimètres de sédiment marin (**Mezali, 1998; Chekaba, 2002**).

Ingèrent le sédiment superficiel, détritiques et des micro-organismes associés au moyen de ses tentacules étendus sur la surface avec ceux qui sont capables d'attraper n'importe quelle particule ou d'organisme qui heurte contre elle (**Roberts et al., 2000**).

Les sédiments ingérés par les Holothuries aspidochirotés, se composent principalement de matières inorganiques (débris de corail, restes de coquillages, corallines, tests de foraminifères, restes inorganiques du benthos). De matières détritiques organiques (phanérogames marines notamment des feuilles mortes de posidonies ou en dégradation, algues, animaux morts en décomposition). De microorganismes (bactéries, diatomées, protozoaires et cyanophycées), ou de boulettes fécales expulsées par l'Holothurie elle-même, ou par d'autres animaux; la matière détritique constitue la part la plus importante du carbone organique assimilé (60 à 70%) (**Massin, 1982; Moriarty, 1982; Robert et al., 2000**).

I.9 Mécanisme de défense :

Le Concombre de mer a une stratégie de défense contre les prédateurs, quand un étrange animal l'attaque, les Holothuries se tournent sur lui-même en expulsant par l'anus ses organes (éviscération) cas d'*Holothuria tubulosa*, ou chez certaines espèces, les tubules de Cuvier. Par la suite ces organes ou les tubules de Cuvier sont régénérés par le corps sous différents mécanismes de régénération biologique. Ces processus sont produits par différentes biomolécules qui sont synthétisés par l'organisme (**Jans et al., 1996**).

I.10 Mobilité :

Bien que les Holothuries soient considérées comme sédentaires, 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 (**Conand, 1991**). Plusieurs espèces présentent des rythmes nyctéméraux marqués, en relation avec la nutrition (**Yamanouchi, 1939 ; Hammond, 1982**), certaines espèces présentent un comportement d'enfouissement associé à l'alimentation (**Conand, 1991**).

Les vitesses maximales sont observées, soit en réaction de fuite, soit pour des individus déplacés de leur milieu naturel (**Kropp, 1982 ; Conand, 1994**).

I.11 Importance des Holothuries pour la santé humaine :

Le Concombre de mer est l'un des plus recherchés et donc le plus cher dans le monde de la gastronomie, pour son saveur, pouvoirs nutritifs et de guérison. Comme pour ses pouvoirs de

guérison, les Concombres de mer sont proposés crus, poudre, pilules, pommade, etc., pour guérir des maladies comme l'Arthrite, l'impuissance, à réguler la pression artérielle et le cholestérol, pour alimenter le corps humain, ou un complément vitamines pour les animaux domestiques. La Holothurina contient des chondroïtines et des glucosamines, qui sont des éléments de construction du cartilage et d'autres substances bioactives avec des propriétés anti-inflammatoires et anti-tumorales (**González Neira et Vera Figueroa, 2006**).

Les nouveaux Glycosides triterpéniques, à la fois sulfatés et non sulfatés, ont été isolés à partir de Concombres de mer, de régions tempérées et tropicales polaires, dont certains ont été rapportés d'avoir une cytotoxicité significative contre les lignées cellulaires tumorales humaines (**Zou et al., 2003**), l'activité virucide (**Maier et al., 2001**), activité antitumorale et antivirale (**Rodriguez et al., 1991**), l'activité antifongique (**Murray et al., 2001; Chludil et al., 2002**) et de provoquer une hémolyse par rupture de la membrane (**Kalinin et al., 1996**).

I.12 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. Ils jouent un rôle important en tant que dépositivores et suspensivores. On a souvent dit qu'ils étaient les vers de terre de la mer, déplaçant et mélangeant intensivement le substrat tout en recyclant les matières détritiques (**Fechter 1972**).

I.13 L'importance économique des Holothuries :

Certaines Holothuries littorales, d'assez grande taille, sont exploitées pour la consommation humaine. Elles sont, soit consommées crues, soit transformées en un produit sec appelé la "bêche de mer" qui est apprécié par les populations asiatiques (**Conand et Selon, 1988**).

Ils sont actuellement récoltés dans la région méditerranéenne et exportés de la Turquie, actuellement le fruit de mer le plus cher en Catalogne et les îles Baléares.

Les Holothuries sont consommées non seulement pour leurs propriétés gustatives, mais également pour leurs vertus médicinales ; leur chair est censée contenir des substances chimiques possédant des propriétés antibactériennes et antifongiques (**Haug et al, 2002 ; Jawahar et al, 2002**).

Matériel et méthode

II. Matériel et méthodes

II.1 Zone d'étude

La station de prélèvement (Tipaza exactement Benaouda) est située dans la baie de Tipaza qui appartient à la mer méditerranée occidentale (Fig.10).



Figure 10: plage de Benaouda (Originale).

II.2 Matériel biologique :

Une vingtaine d'Holothurie sont récoltés mensuellement de novembre à mai 2022, à la main et au hasard, dans les eaux de faible profondeur (<4 mètres) dans la zone d'étude.

II.3 Échantillonnage et traitement des échantillons

Les individus d'*Holothuria tubulosa* ont été prélevés dans une station de la côte de Tipaza (Figure11).

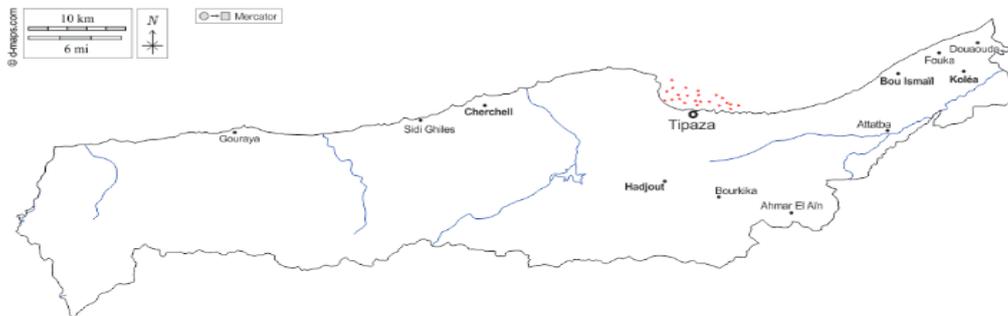


Figure 11: Situation géographique de la zone étudiée (Google maps,2022).

L'échantillonnage a été réalisé en apnée dans les eaux de faible profondeur qui varie entre (0,5 et 2 m de fond). Un ensemble de 20 individus a été récoltés mensuellement de novembre à mai 2022, à la main et au hasard.



Figure12: Echantillonnage des Holothuries (**Originale**).

II.4 Le prélèvement :

Le matériel biologique sur lequel nous avons travaillé a été prélevé dans la zone de Chenoua qui est située dans la baie de Tipaza. L'échantillonnage qui nous a été fourni (entre novembre et mai 2022).

II.5 Traitement des échantillons

II.5.1 Au laboratoire :

Notre travail s'est réalisé dans le laboratoire pédagogique de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Blida -1- (Figure 13).



Figure 13: Dissection au laboratoire d'une holothurie « *Holothuria tubulosa* » à l'aide d'un ciseau(**Originale**).



Figure 14: Morphologie externe de *Holothuria* (*Holothuria tubulosa*. A: face dorsale, B: face ventrale)(**Originale**).

II.5.2 Dissection et manipulation

Les Holothuries sont ensuite disséquées le long du corps de l'anus vers la bouche (figure 13), éviscérés et vidés de leur matériel épibiotique, les gonades sont récupérées et égouttées pendant 5 minutes sur du papier buvard (Magniez, 1983).

Toutes les gonades ont été fixées avec du formaldéhyde à 10% et stockées pour une analyse macroscopique et microscopique ultérieure (Shiell et Uthicke 2005).



Figure 15: Présentation de la position de la gonade (en blanc) au niveau du corps de *Holothuria tubulosa* de la zone de Tipaza prélevé en avril 2022 (**Originale**).



Figure 16: (A). Mensuration du poids de la gonade d'*holothuria tubulosa* ; (B). Mensuration du poids humide d'une holothurie échantillonné dans la zone de Tipaza (**Originale**).



Figure17: Présentation de la position de la gonade (en blanc châtre) au niveau du corps d'*Holothuria tubulosa* de la station de Benaouda prélevé en avril 2022 (**Originale**).

Une série de mesures pondérales et linéaires était réaliser sur chaque individu à savoir : le poids humide frais total (PFT) à l'aide d'une balance de précision à 0,01g, le diamètre et les longueurs totale, à l'aide d'un pied à coulisse (± 1 mm) (Navaro et al, 2012) (Navarro, 2012.), ces mesures vont servir à l'étude biométrique (Figure 17).

Pendant la dissection on a observer un cas spécial : l'éviscération des organes à l'exterieure les holothuries ont la capacité d'éjecter une partie de leur viscères(Figure 1).



Figure 18: Evisceration des organes *l'Holothuria tubulosa*

Et on a trouver au niveau d'*holothuria tubulosa* un petit poisson vie à l'interieure (Figure 20).



Figure 19: Un petit poisson trouvé à l'interieur d'un *Holothuria tubuosa*.

Au sein d'une population d'holothuries où le développement gonadique est simultané, une fois la saison de reproduction terminée, les tubules gonadiques régressent après l'expulsion des gamètes ; il est alors possible que les gonades ne puissent être observées pendant une certaine période (purwati et luong-van, 2003) (LUONG-VAN, 2003).

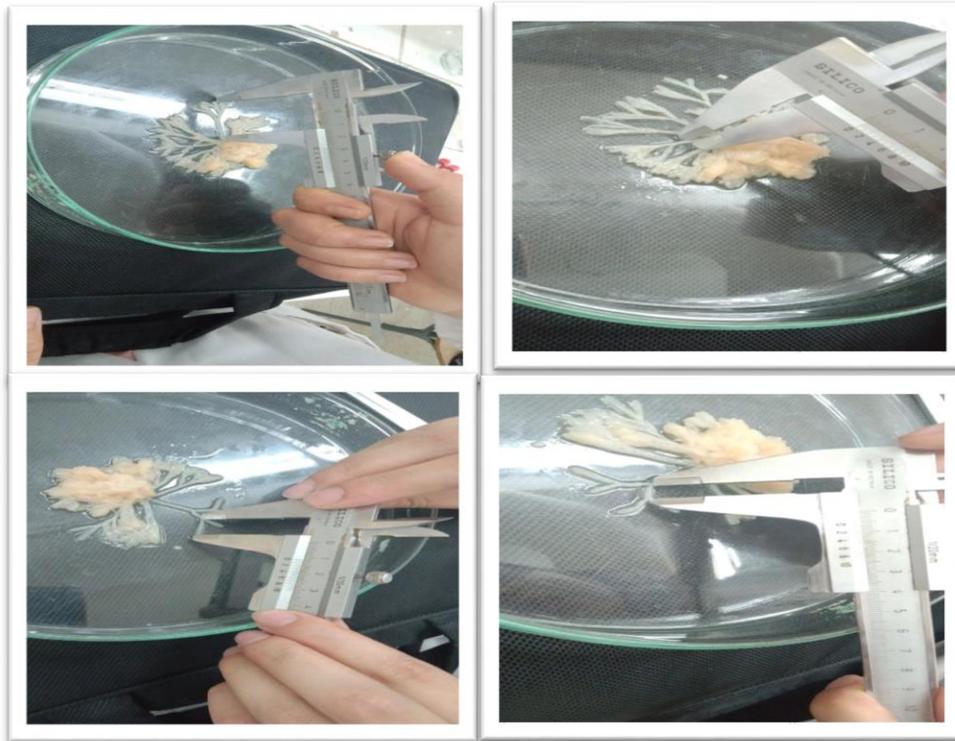


Figure 20: Les mensurations effectuées sur les gonades de *Holothuria tubulosa* de la zone de Benaouda: (A). longueur des tubules, (B). diamètre des tubules, (C). longueur des saccules, (D). la longueur de l'espace de la bifurcation (**Originale**).

II.6 Détermination des indices physiologique :

II.6.1 Indice gonadique

Pour déterminer la période de reproduction et les différentes étapes du cycle reproducteur de l'espèce, ainsi que le développement gonadique, un indice physiologique est calculé à savoir l'indice gonadique (IG) (Fuji, 1962); (Fenaux, 1968) ; (Lawrence, 1975); (Regis, 1978); (Nichols.D., 1985) ; (Semroud R., 1987) ; Lawrence et al, 1992 ; (Semroud.R, 1993) ; (Neghli.L, 2013).

$$IG = \frac{\text{Poids frais des gonades (g)}}{\text{Poids total de l'individu frais éviscéré (g)}} \times 100$$

II.6.2 Sex-ratio :

La sex-ratio est un indice représentant l'abondance d'un sexe par rapport à l'autre dans une population d'une espèce donnée (**Kartas et Quignard, 1984**).

La valeur du sex-ratio est donnée par l'expression :

$$\text{Taux de féminité} = \frac{\text{Effectif des femelles}}{\text{Effectif des femelles} + \text{Effectif des mâles}} \times 100$$

Où

$$\text{Taux de masculinité} = \frac{\text{Effectif des mâles}}{\text{Effectif des femelles} + \text{Effectif des mâles}} \times 100$$

II.6.3 Traitements statistiques :

II.6.3.1 Test d'homogénéité :

Le test d'homogénéité est réalisé comme suit :

Le calcul de l'écart réduit est basé sur la comparaison entre deux moyennes **m₁** et **m₂** observé sur **n₁** et **n₂** cas :

$$\varepsilon = \frac{|m_1 - m_2|}{\sqrt{\frac{\delta_1}{n_1} + \frac{\delta_2}{n_2}}}$$

m₁ : moyenne de l'échantillon femelle ;

m₂ : moyenne de l'échantillon males ;

δ₁ : la variance des femelles ;

δ₂ : la variance des males ;

n₁ : nombre des femelles ;

n₂ : nombre des males ;

II.7 Détermination des stades de maturité sexuelle

Dans notre étude les stades de maturité sexuelle sont identifiés selon la classification de **Conand (1981)** modifié par **Shiell et Uthicke (2005)** qui compte 5 stades :

Stade I : repos sexuelle ou tubules indéterminé ;

Stade II : croissance des tubules ;

Stade III : tubules mature ;

Stade IV : post-émission gamétique ;

Stade V : des tubules vides ;

Les stades de maturité ont été établis par rapport aux caractéristiques physiques et morphométriques des tubules gonadiques (couleur, ramifications, longueur et diamètre).

II.8 Histologie :

Le traitement histologique des gonades passe par cinq étapes :

1. La fixation des tubules gonadiques :

Les gonades une fois prélevées et pesées sont fixées dans solution de formaldéhyde a 10% dans des flacons pour une durée de fixation de 48 h.

La gonade est fixée dans sa totalité toute en prenant soin de garder la proportion de 1/3 du volume de gonade pour 2/3 de Bouin pour une bonne fixation.

A noter que la bonne marche de cette phase fut grandement facilitée par la forme même de la gonade des holothuries composée de tubules. Cette configuration offre en effet une surface de contact plus grande au fixateur. De plus, la finesse des parois gonadiques facilite grandement la pénétration du fixateur. Après ont été lavées par l'eau, pour arrêter la fixation.

2. Déshydratation et inclusion :

Ensuite, les échantillons sont amenés graduellement dans une série de bains à travers un automate « Leika » qui constitué de déférents réactifs commençant par le formol, puis augmentant progressivement en alcool (70%,80%,95%,100%,100%,110%), passant dans le xylène et enfin dans la paraffine,(pendent 23h).

3. Enrobage :

L'éclaircissement des pièces est immédiatement suivit d'une imprégnation très soignée à la paraffine. C'est une étape qui se réalise à chaud à une température très légèrement supérieur au point de fusion de la paraffine (de 1° ou de 2°C). Dans le cas de la présente étude, comme la paraffine utilisée a un point de fusion de 56°C, l'étuve a été réglée à 2 degrés au-dessus la température de fusion, soit à 58°C.

L'inclusion proprement dite dans les blocs de paraffine consiste à positionner les pièces dans les moules préalablement remplis de paraffine en fusion et à les placées de manière à pouvoir obtenir les coupes recherchées.

4. Coupe et montage :

A partir de ces blocs ainsi moulés, des coupes semi-fines (de 5µm d'épaisseur) sont réalisées au microtome (Figure 21). Immédiatement après, les coupes sont étalées sur des lames de verre. Les lames sont ensuite gardées, après égouttage, dans une étuve à 92 °C pendant 1 jour pour un bon séchage des lames.

5. Coloration des lames

Pour les besoins du sexage et du suivi des étapes de maturations des gonades des holothuries Aspidochirotés, nous avons choisi de pratiquer des colorations topographiques sur les coupes préparées à partir des gonades échantillonnées.

De même, les critères utilisés pour la détermination des stades de maturité des gonades sont basés sur des caractères cytologiques (TANAKA, 1958), qui peuvent être mis en évidence par certaines colorations topographiques.

Tableau 1 : Exemples d'études sur la reproduction d'espèces marines où la coloration topographique a été utilisée.

Auteur	Coloration	Organisme étudié	Tissu
TEHRANIFARD et al. (2006)	Hématoxyline-éosine	<i>Stichopus herrmanni</i> (holothurie)	Gonades
GABR et al. (2004)	Hématoxyline- éosine	<i>Actinopyga mauritiana</i> (holothurie)	Gonades
RAMOFAFIA et al. (2003)	Hématoxyline- éosine	<i>Holothuria scabra</i> (holothurie)	Gonades
PURWATI et LUONG-VAN (2003)	Hématoxyline- éosine.	<i>Holothuria leucospilota</i> (holothurie)	Gonades
HOAREAU et CONAND (2002)	Trichrome	<i>Stichopus chloronotus</i> (holothurie)	Gonades
SEWELL et CHIA (1994)	Hématoxyline- éosine	<i>Leptosynapta clarki</i> (holothurie)	Gonades
HAMEL et al. (1993)	Hématoxyline- éosine	<i>Psolus fabricii</i> (holothurie)	Gonades
HUET (1974)	Trichrome de Prenant	<i>Asterina gibbosa</i> (Asteride)	Cel. germinales
NAIMI (2009)	Trichrome de Prenant-Gabe	<i>Crassostrea gigas</i> (huitre)	Gonades
DIADHIOU (1995)	Trichrome de Masson	<i>Crassostrea gasar</i> (huitre)	Gonades
GIRARD (1972)	Hémalun-éosine	<i>Haliotis tuberculata</i> (Ormeau)	Gonades
BOUHBOUH (2002)	Trichrome de Masson var. Goldner	<i>Barbus callensis</i> (poisson)	Gonades
DEMESTRE et FORTUNO (1992)	Hématoxyline- éosine.	<i>Aristeus antennatus</i> (Crevette)	Gonades
Zamiche et Cheurfi (2022) (Présente étude)	Hématoxyline- éosine.	<i>Holothuria tubulosa</i> (holothurie)	Gonades

Il en ressort que les techniques de coloration topographique les plus utilisées pour l'étude de la reproduction des espèces marines sont l'Hématoxyline-Eosine et le Trichrome de Masson dans toutes ses variantes.



Flacon des gonades

Cassettes

Mousse



L'automate « Leika »



Plaque chauffante pour maintenir la paraffine en fusion. Egalement avec monitoring de la température (SLEE MAINZ MPS/C)

Distributeur de paraffine (SLEE MAINZ MPS/C).

Plaque froide (SLEE MAINZ MPS/C)



Microtome de marque « leika »

Bain marie pour l'étalement des coupes (SLEE)

Figure 21: Equipement de laboratoire du l'anatomie et pathologie du centre hospitalier (EPH de Koléa) pendant servi à l'étude histologique.



Etuve (BINDER)



L'automate de coloration (SLEE MAINZ)



la haute (CRUMA)

Figure22: Équipement de laboratoire du l'anatomie et pathologie du centre hospitalier (EPH de Koléa) pendant servi à l'étude histologique

Résultat et discussion

IV. Résultat et discussion

IV.1 Echantillonnage

Notre objective porte sur le comportement reproducteur des holothuries aspidochirotés de la baie de Tipaza. Notre échantillonnage est basé sur les échantillons d'holothuries tubulosa collecté pendant huit mois entre novembre 2021 et juin 2022. Le cycle annuel n'a pas été complété (absence d'échantillonnage en décembre et mars et avril) en raison des conditions météorologiques défavorable. L'effectif des échantillons prélevés sont reportés dans le tableau 01.

Tableau 02. Effectifs des échantillons mensuels d'*Holoturia tubulosa* prélevées dans le site de Benaouda (Tipaza).

Mois	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Echantillon	5	-	3	1	-	-	11	5

Tableau 03 : Caractéristiques morphométriques, observations macroscopiques et stades de maturité des gonades d'H. tubulosa de la région de Benaouda (Tipaza).

Stade	Sexe	L±ET	D±ET	P	Mois
II	F	16,38±0	0,14±0,04	180	Janvier
	M	17,69±2,01	0,20±0,01	170	
II	F	1,52±0	0,18±0	70	Février
/	/	/	/		Mars
III	/	/	/		Avril
III	F	21,08±3,88	0,39±0,49	97,82	Mai
	M	21,11±3,42	0,40±0,40	77,67	
IV	F	17,97±2,99	0,94±0	227,2	Juin
	M	24,25±6,10	0,49±0	229,75	
V	F	/	/		Novembre
	M	19,96±4,98	4,37±2,27	42,08	

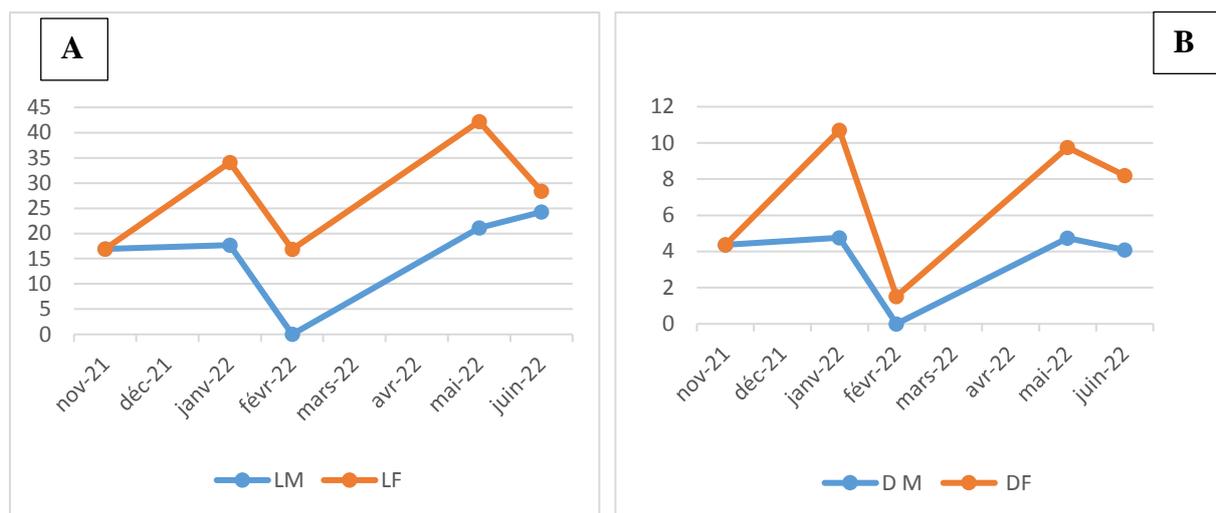


Figure 28: Mesures biométriques d'*Holothuria tubulosa* de la zone de Benaouda. (A) : longueur mensuelle moyenne ;(B) : Diamètre moyen.

IV.2 Mesures adoptées :

III. 2. Observations macroscopiques et stades de maturité des gonades chez les holothuries aspidochirotés étudiées (tableau 3).

Les gonades des holothuries sont différentes aux autres échinodermes puisque l'ovaire et les testicules est unique, ne présentant donc pas de symétries pentamère (Conand, 1989).

Les observations macroscopiques effectuées sur les gonades d'espèce d'holothurie étudiées durant chaque stade de maturité sont détaillés dans le tableau suivant :

Tableau 04 : Les mesures des gonades :

Stades	mois	sexe	Poids des gonades (g)	Longueurs des tubules (mm)	Diamètre des tubules (mm)	Couleur	Caractéristiques macroscopique
Stade V	novembre	M	0,018	13	0,22	Beige	Tubules courts et ridés très minces complètement vidés.
Stade II	Janvier	M	0,652	1,40	1 ,6	Blanchâtre	Tubules courts et minces.
Stade III	Mai	F	1,514	1,48	1,6	Orange	Tubules long et épaisse.
	Mai	F	4,976	35,4	2 ,2		
Stade IV	Juin	M	3,606	1,28	0,8	Beige	Tubules long et épaisse.
	Juin	M	3,966	10,16	0,2		
	Juin	F	0,901	1,54	0,24		

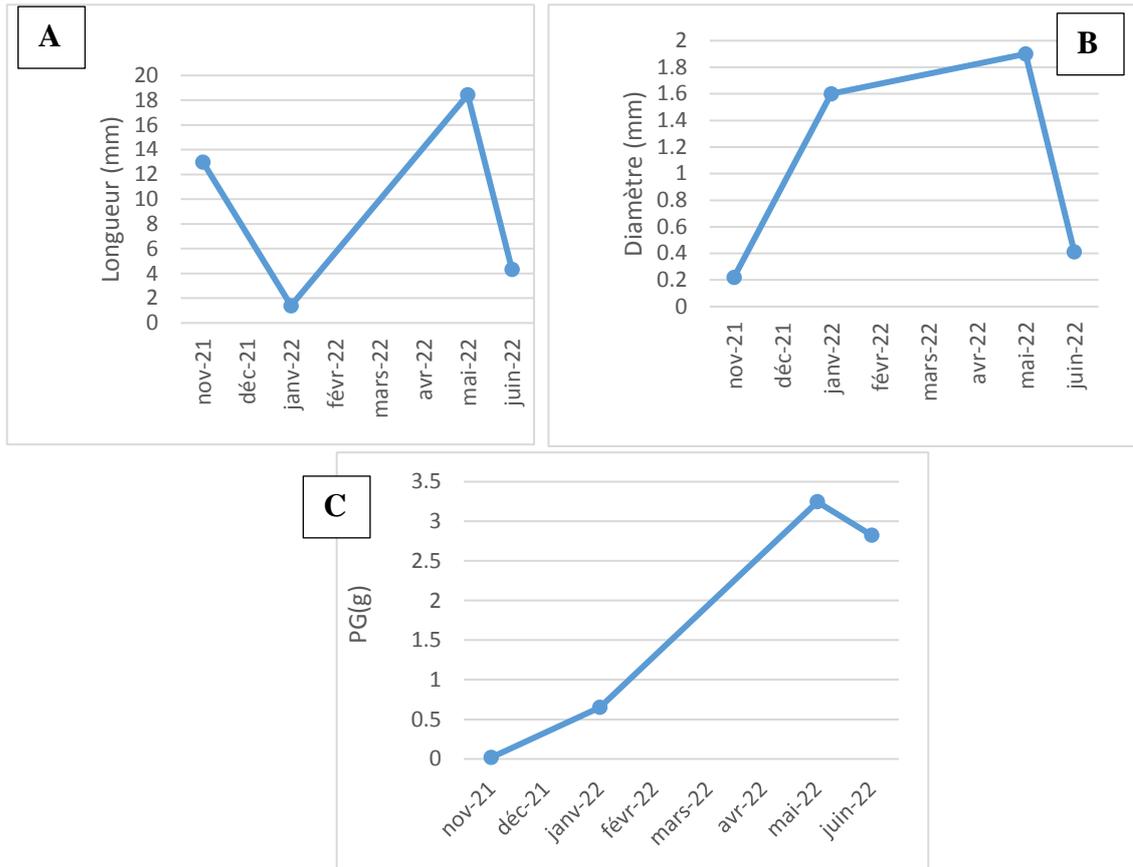


Figure24: Mesures biométriques des tubules gonadique d'*Holothuria tubulosa* de la région de Benaouda. (A) : Longueur mensuelle moyenne ; (B) : Diamètre moyen ;(C) : poids des gonades.

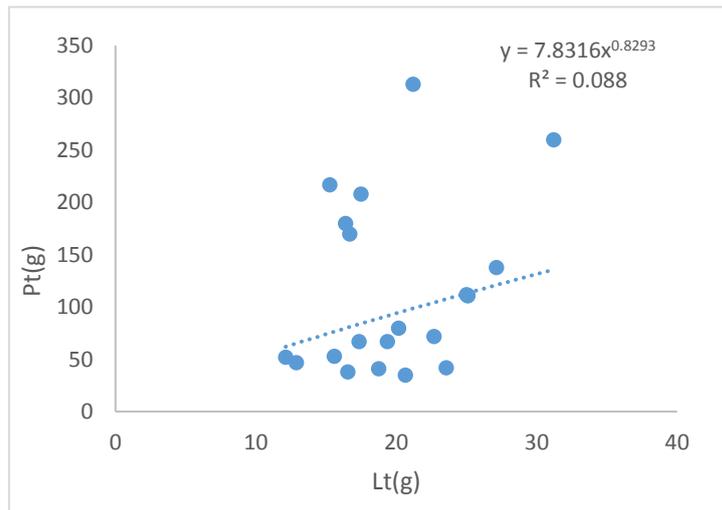


Figure 25: Relation taille poids total d'*Holothuria tubulosa* de la zone de Benaouda.

IV.3 Observation macroscopique :

Tableau05 : Observation macroscopique des gonades mâles et femelles d'*Hlothuria tubulosa* de la zone de benaouda (Tipaza)

Mois Sex	Novembre	Janvier II	Mai III	Mai	Juin
Femelle					
Male					

La coloration des tubules gonadiques change également tout au long de l'année, en fonction de la maturité sexuelle. Chez les femelles de cette espèce, des couleurs saumon sont signalés pendant la phase de croissance (stade II), alors que ces couleurs sont orange pendant la maturité (stade III). Pendant et après la ponte (stade IV et V), la coloration des tubules change en beige, mais cette période est souvent repérée par des tubules gonadiques présentent des taches orange foncée. Pour les mâles, la couleur des tubules gonadique durant les stades II & III est blanchâtre. On observe par contre des couleurs beige et saumon pendant et après la ponte (aux stades IV & V) (**Tab. 4**).

On remarque que la ramification des tubules gonadiques ne varie pas entre les sexes pendant les différents stades de maturité sexuel, on observe par contre, une augmentation du nombre de saccules dans les deux sexes entre le stade de croissance (stade II) et de maturité (stade III) (**Tab. 4**).

La longueur et le diamètre des tubules augmentent principalement durant le stade II (en février) (**Tableau 14**)

Par contre, la croissance est moins accentuée jusqu'au mois de juillet.

Les gonades atteignent leur maturité (stade III) durant les mois d’avril et mai, et elles commencent à engendrer le stade IV en mois de juillet. La plupart des tubules gonadiques sont complètement dépensés au stade V jusqu’au mois de janvier. (**Tableau 14**)

IV.3.1 Evolution mensuelle del’IGSm (tout sexe confondus)

Tableau 06 : Les moyennes des indices Gonado-Somatique (IGSm) exprimés en (g) ± (Ecart-type) de benaouda (Tipaza).

	novembre	janvier	février	Mai	Juin
IGSm Male	0,4±2,22	0,42±0,021	0	1,952±1,77	2,282±1,81
IGSm Femelle	0	0,20±0	0,64±0	3,01±4,52	1,47±1,12
IGSm Total	0,4±2,22	0,35±0,13	0,64±0	2,33±2,88	1,95±1,47

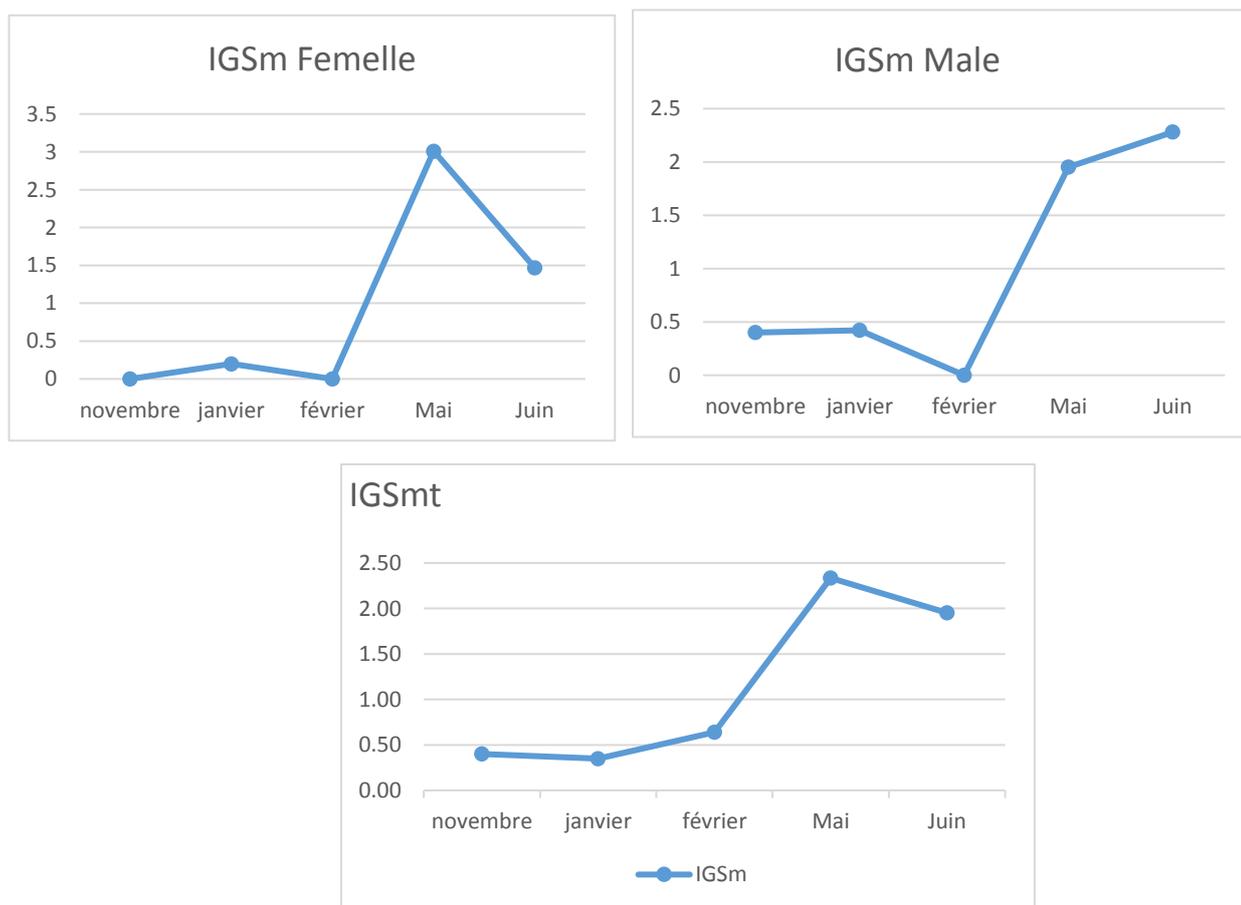


Figure26: Evolution de l’indice gonadosomatique moyen d’*Holothuria tubulosa*.

Reproduction et développement gonadique chez les holothuries dépendent de la température de l'eau. Développement gonadique atteint son plus haut niveau dans les périodes où l'eau la température atteint également les niveaux les plus élevés, et le frai (Conand, 1981; Costelloe, 1988 ; Tuwo et Conand, 1992).

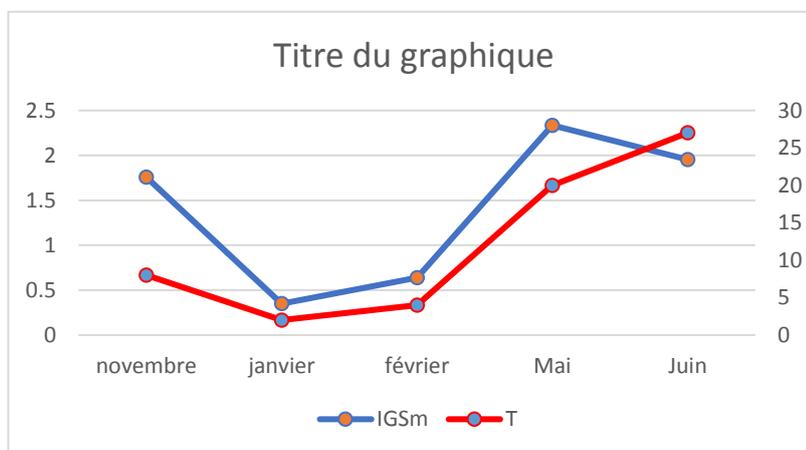


Figure27: Evolution de l'indice gonadique en fonction de la température chez *Holothuria tubulosa* de site Benaouda.

IV.3.2 Sex-ratio :

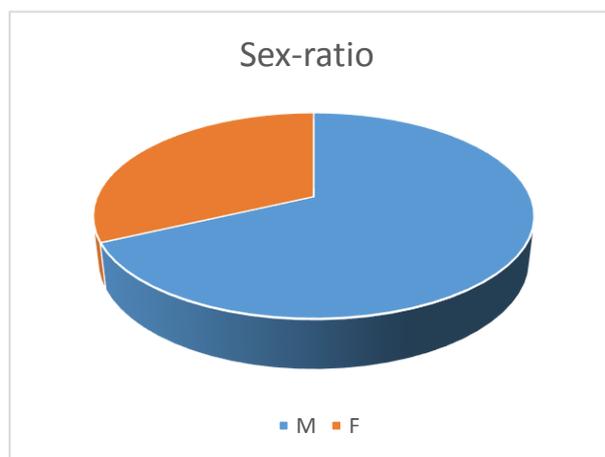


Figure28: Répartition de la sex-ratio en fonction du mois chez *Holothuria. tubulosa* au niveau de Benaouda (Tipaza).

IV.4 L'histologie des gonades mâle et femelle :

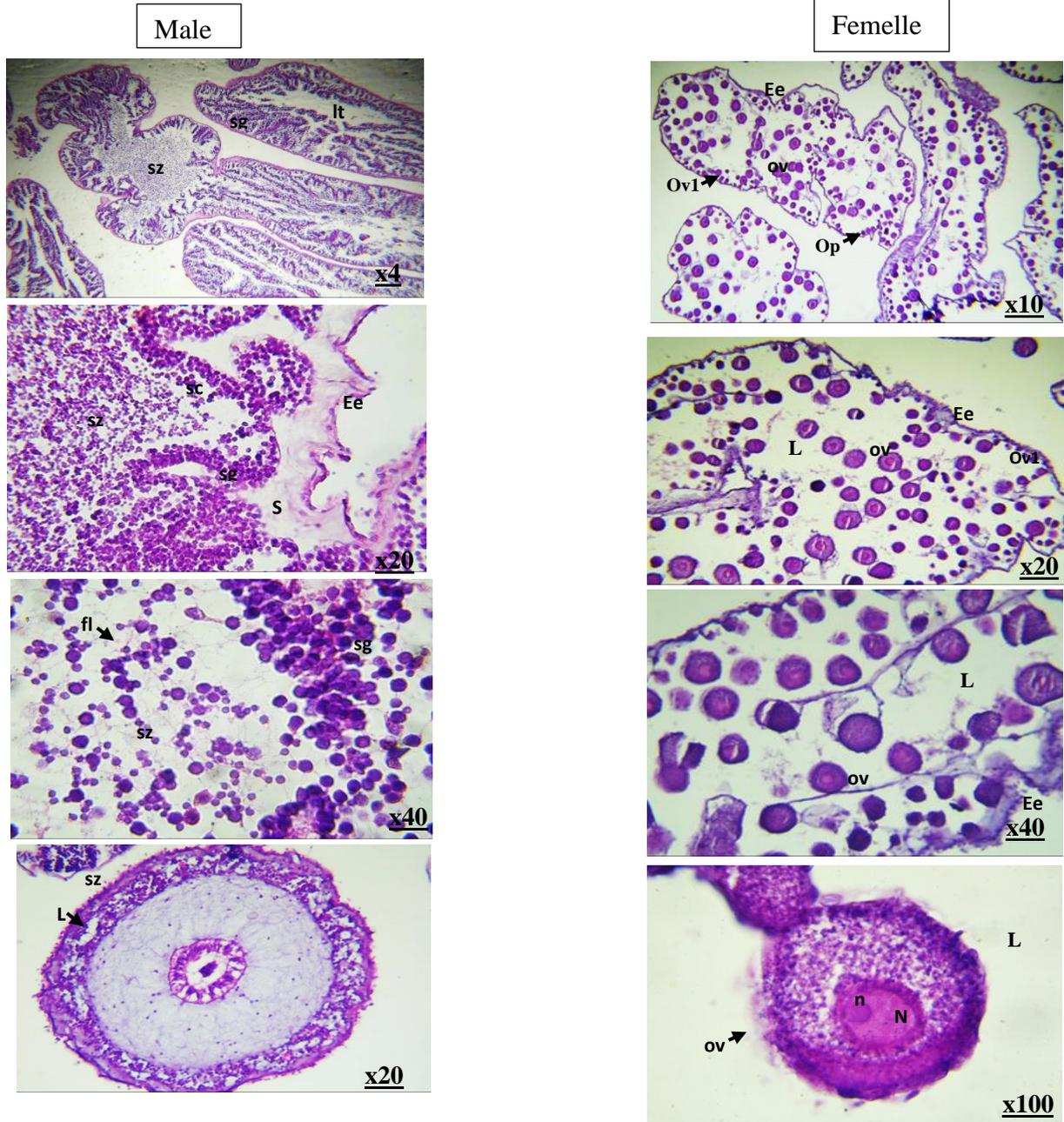


Figure 29: Les caractéristiques microscopique des gonades d'*holothuria tubulosa* (Male à la colone gauche et Femelle à la colone droite au stade de maturation. Femelle: Ee : épithélium externe de la paroi ovarienne ; Ei : épithélium interne de la paroi ovarienne ; Lt : lumière du tubule ovarien ; N : noyau ; n : nucléole ; OG : ovogonie; OP : ovocyte prévitellogénique ; OV : ovocyte ; OV1 : ovocyte vitellogénique primaire ; Tc : Tissu conjonctif.. Male : Ee : épithélium externe de la paroi gonadique ; Ei : épithélium interne de la paroi gonadique; fl : flagelles ; Lt : lumière du tubule; m : fibre musculaire ; SG : spermatogonie; SC : spermatocyte;sz: spermatozoïde.

2 :Cas d'hermaphrodite :

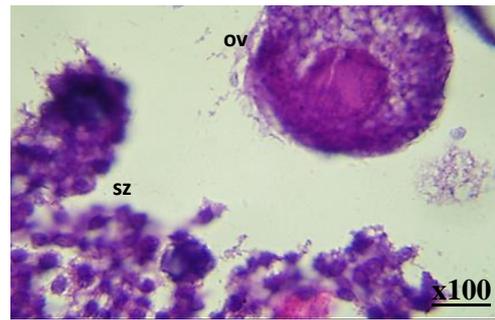
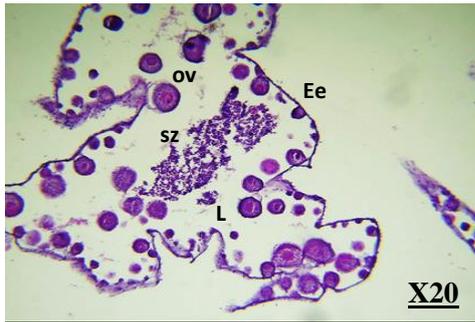


Figure 30: Section du tubule gonadique en phase de maturation avancée chez *holoturia Tubulosa* (hermaphrodite).

Ee : épithélium externe ; OV : ovocyte ;sz: spermatozoide; L : lumière.

v. Discussion

Les résultats de l'étude de la reproduction consiste : l'étude morphométrique des tubules gonadiques (basé sur des mensurations et observations visuelles) et du cycle de reproduction (à travers le calcul de l'IGSm) d'espèce d'holothurie aspidochirote *Holothuria* (*H.*) *tubulosa* (**Tableau 05**) échantillonnées dans le site de Benaouda (Tipaza) ont été obtenus (**Figure12**).

Les sexes étant séparés sans qu'il y ait de dimorphisme sexuel apparent ; le seul critère de sexage étant la gonade elle-même. Par conséquent, Il est impératif d'ouvrir l'animal pour identifier son sexe.

Au cours de notre étude, on a trouvé que l'*Holothuria tubulosa* a la capacité d'expulser leur viscère à l'extérieure du corps, comme le cas chez les autres holothuries qui ont la capacité de subir une éviscération et d'éjecter une partie de leur viscères, ce qui peut être régénéré plus tard (**Bertolini, 1930**).

Longueur moyenne était de $19,98 \pm 5,40$ cm pour les mâles et de $17,58 \pm 3,93$ cm pour les femelles. Le poids éviscéré a également montré des différences significatives entre les sexes les mâles étant plus légers que les femelles (la moyenne de poids éviscéré pour les mâles était de $75,08 \pm 60,02$ et de $90,32 \pm 62,31$ pour les femelles.

Après la dissection de l'animale, On est trouvé certains petits poissons comme les Carapidae (**Figure 19**) séjournent et circulent librement dans l'anus et parfois une partie du tube digestif des grosses holothuries, où ils trouvent un abri mais aussi une aire de reproduction pour certaines espèces, qui peuvent y habiter en couple (**Rogers et al. 2018**).

La gonade se composait d'une paire de touffes de tubules découlant de la base de la gonade, qui était contigu avec la paroi dorsale de l'œsophage (**Figure 15**). Les tubules étaient allongés et ramifiés. La ramification des tubules se faisait par bifurcation, qui se produisait auparavant segments ramifiés. Comme la maturation a progressé la coloration des tubules est passée de translucide à la crème chez les mâles et les femelles (**Tableau 04**).

Nos observations ont révélés généralement des gonades orange chez les femelles, et blanchâtre pour les mâles selon que l'on se trouve au début ou à la fin de la maturation sexuelle (**Tableau 04**).

Le diamètre des tubules gonadiques a été étudié pour identifier les différences selon le sexe et la saison (**Figure 20**). Prélèvements mensuels de gonades de 7 individus (selon leur disponibilité le long du cycle de reproduction) (**Tableau03**).

La longueur et le diamètre des tubules gonadiques augmentent à partir du stade II jusqu'au stade IV (**Tableau 03**).

Les tubules femelles sont plus larges que les tubules mâles chez *Holothuria tubulosa*, ce résultat contraste avec un modèle commun trouvé pour de nombreuses holothuries, c'est-à-dire *Roweia stephensoni* et *Neostichopus grammatus* (Foster et Hodgson, 1995), *Holothuria sanctori* (Navarro et al. 2012), et *H. spinifera* (Asha et Muthiah, 2008). Par contre, le diamètre tubulaire n'a pas montré de différences significatives entre sexes chez *P. regalis*.

L'étude du cycle de reproduction de l'espèce étudiée nous a permis de décrire un comportement sexuel lié aux cycles mensuels, avec une phase de croissance principalement printanier, suivit d'une ponte en été. Dans l'automne, l'espèce récupère progressivement de la ponte avant d'entreprendre un nouveau cycle.

Le suivi des stades de maturités des gonades nous a révélé que la phase de croissance constitue une phase d'une longue période (de février jusqu'à mai) (Figure 23).

La variation temporelle de l'IGS sur la période d'échantillonnage a montré un pic en mai et juin 2022, pour les deux sexes, l'IGS moyen total a atteint son maximum en mai de valeur de $(2,33 \pm 2,88)$ et pour les mâles $(2,282 \pm 1,81)$ et $(3,01 \pm 4,52)$ pour les femelles (Figure 24).

Cependant, la température, de même que l'agrégation des individus seraient les Factures exogènes les plus probables pour la stimulation de la ponte (Smith, 1971).

Chez l'*Holothuria tubulosa* de Benaouda (Tipaza), on a observé que le nombre des mâles supérieures au nombre des femelles (Figure 28), et tous les individus avaient des gonades différenciées, pendant la saison chaude (tableau 04).

Le cycle de reproduction pourrait être caractérisé par cinq étapes dans les deux sexes mâles et femelles (Figure 30).

Concernent les coupes histologiques on a observé les caractéristiques microscopique des tubules gonadique :

Femelle : Les tubules ont des parois minces et sont dilatés, presque complètement remplie d'ovocytes matures entourés de leur membrane vitelline. Chaque ovocyte contient une vésicule germinale bien définie et un seul nucléole ; quelques ovocytes immatures peuvent être observés.

Male : La paroi du tubule est plus minces ; ses invaginations atteignent leur épaisseur maximale et forment un motif en forme de labyrinthe bien défini dans la lumière tubulaire, et la lumière atteint son diamètre maximum et est remplie de spermatozoïdes ne laissant aucun espace vide. La paroi du tubule est très lisse et étiré au maximum.

Un autre cas a été trouvé on suppose que c'est un cas hermaphrodite en raison de la présence d'un mélange entre des cellules male (spermatozoïdes) et femelle (ovocytes) (figure 31).

L'étude histologique des gonades échantillonnées a permis de suivre le déroulement des processus de la gamétogénèse chez l'*Holothuria tubulosa*. On constate une bonne concordance

entre les phases de maturité décrites à la fois par le suivi du RGS mensuel moyen et la lecture microscopique des stades de maturité des gonades

Conclusion

Les objectifs principaux de cette étude étaient une détermination du comportement des indices physiologiques d'une part par rapport aux changements des saisons. Ainsi que l'étude histologique des gonades

L'étude de l'évolution temporelle du rapport gonado-somatique « RGS » fait ressortir un accroissement graduel de la biomasse germinale durant l'année chez l'espèce. Cette phase d'accroissement du matériel gonadique court tout au long des mois de printemps et peut déborder sur la saison estivale dans certain cas.

Le suivi de l'évolution des structures gonadiques par la méthode histologique, permet de confirmer globalement le schéma de la gamétogénèse tel que décrit à partir de l'analyse de l'indice RGS.

Concernant le mode de reproduction d'espèce *Holothuria tubulosa*, l'étude confirme qu'elles sont gonochoriques sans dimorphisme sexuel externe visible à l'œil nu.

Cette espèce a est récemment devenue une espèce économiquement précieuse qui est ciblée par les pêcheurs et les entreprises d'exportation alimentaire, qui alerte sur le danger de surpêche, notamment avec l'absence de protocole de production. Par conséquent, c'est une nécessité de divulguer son protocole de production en éclosionerie par élevage en captivité dans le cadre du projet actuel pour éviter les scénarios de consommation irresponsable

Le but de cette mesure est de protéger les juvéniles et les adultes récemment arrivés à maturité d'être pêchés, permettant à ces individus de frayer avant qu'ils ne puissent être commercialisé (Purcell et al ; 2009).

Les résultats obtenus sur les mesures biométriques des tubules gonadiques et l'évolution mensuelle des es indices gonadosomatiques moyen (IGSm) établis sur l'espèce d'*holothuria tubulosa* étudiée, montrent IGSm maximum $2,33 \pm 2,88$ dans le mois de mai.

La température s'avère un paramètre important pour la reproduction chez cette espèce d'échinodermes.

Enfin en perspectives, il serait nécessaire à l'avenir de compléter notre étude sur la recherche de comment fait le commensalisme ; ainsi que, par une étude microscopique des gonades pour trouver l'hermaphrodite pour pouvoir comparer et confronter les résultats obtenus.

Liste de références :

A

Abdel-Razek F.A., Abdel-Rahman S.H., El-Shimy N.A. y Omar H.A. 2005. Reproductive biology of the tropical sea cucumber *Holothuria atra* (Echinodermata : Holothuroidea) in the red sea coast of Egypt. *Egyptian J. Aqua. Res.* 31(2):383-402.

Abdel-Razek F.A., Abdel-Rahman S.H., El-Shimy N.A. y Omar H.A. 2005. Reproductive biology of the tropical sea cucumber *Holothuria atra* (Echinodermata : Holothuroidea) in the red sea coast of Egypt. *Egyptian J. Aqua. Res.* 31(2):383-402.

A. E. SHIPLEY, M.A., AND E. W. MACBRIDE, M.A. (Cantab.), D.Sc. (Lond.), 1904). *Zoology an elementary text book* (vol. , p281).

Alain G., Pierre L. et Jean L.M., 1986. Guide des étoiles de mer oursin et autre échinodermes du lagon de nouvelle Calédonie ORSMTOM, 244p Xing Kun, Shilin Liu, Hongsheng Yang, Mingzhu Zhangl et Yi Zhou, 2012. Elevage en cages d'holothuries *Apostichopus japonicus* transférées en chine méridionale (archipel de shengsia) *La Bêche de mer, Bulletin de la CPS* N° 32- (33-38).

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

Baker A.N., Rowe F.W.E., Clark H.E.S. (1986). A new class of Echinodermata from New Zealand. *Nature*, 321 (6073): 862-864.

B

Battaglione, S.C. (1999a). Culture of Tropical sea Cucumber for stock Restoration and Enhancement. *Naga, the ICLARM Quartely* (Vol. 22, No. 4) 11p.

Barel C.D., Kramer P.G. 1977. A survey of the echinoderm associates of the north-east Atlantic area. *Zoologische Verhandelingen*. Leiden, Belgique.

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

Benraho N. et Bouslama S., 2005. Révision de la systématique de deux holothuries aspidochirotes : *Holothuria (Holothuria) tubulosa* (Gmelin, 1788) et *Holothuria (Holothuria) stellati* (Delle Chiaje, 1923) de la région de Stidia (Mostaganem). *Mémoire Ingéniorat en Agronomie*. Univ. de Mostaganem. 88p + Annexes.

Bertoncini A. A. ; Machado, L. F., Barreiros, J.P., Paulay, G., Cardigos, F. A. D. 2008. Observation in etude la reproduction sexuée de *Holothuria tubulosa* Gmelin, 1788 (Echinodermata :Holothuroidea) dans les Açores (Atlantique nord –est). La beche de mer – Bull. CPS n°27.

C

Calva L. 2002. Hábitos Alimenticios de Algunos Equinodermos. Parte 2: Erizos de mar y Pepinos de mar.Laboratorio de Ecosistemas Costeros, Departamento de Hidrobiología. UAM-Iztapalapa.

Conand C., Sloan N.A., 1988. World fisheries for Echinoderms. In : Scientific approaches to management of shellfish resources. J.F. Caddy (ed.), Wiley, New York (sous presse).

Conand C. 1993. Reproductive biology of the characteristic holothurians from the major communities of the New Caledonia lagoon. *Marine Biology*. 116:439–450.

Chao, S. M., C. E. Chen y P. S. Alexander. 1994. Reproduction and growth of *Holothuria atra* (Echinodermata: Holothuroidea) at two contrasting sites in southern Taiwan. *Mar. Biol.*, 119: 565-570.

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). *Biology of Echinodermata*. Balkema, Rotterdam. 169-175.

Coulon P., Jangoux M. 1993. Feeding rate and sediment reworking by the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in a Mediterranean seagrass bed. *Marine Ecology Progress Series* 92:201–204.

Chludil H.D, Muniain C.C, Seldes A.M, Maier M.S. 2002. Cytotoxic and antifungal triterpene glycosides from the Patagonian sea cucumber *Hemiodema spectabilis*. *J Nat Prod* 65:860–865.

D

Dabbagh A.R., Sedaghat M.R. 2012. Breeding and rearing of the sea cucumber *Holothuria scabra* in Iran. *SPC Beche-de-mer- Information Bulletin* n°32.

F

Fechter, 1972. CCIEFFSME, commerce des concombres de mer des familles Holothuridae et Stichopodidae. p Cd p12 Doc 45 – p. 5.

Fenaux L., 1968. Maturation des gonades et cycle saisonnier des larves chez *A.lixula*, *P.lividus* et *Psammechinus microtuberculatus* (Echinides) à Villefranche-sur-Mer. *Vie et milieu*, 19(1-A),1-52.

Fuji. A. 1962 -Studies on the biology of the sea urchin. V.Food consumption of *Strongylocentrotus intermedius*. *Jap.J.Ecol.* 12(5): 181-186.

J

Jangoux, M. 1990. Diseases of Echinodermata. In O. Kinne (ed.), Diseases of Marine Animals, vol. 3, pp 439-567. Biol. Anstalt Helgoland, Hamburg: Germany.

H

Hamel J.F., Hidalgo R.Y., Mercier A. 2003. Développement larvaire et croissance des juveniles de l'holothurie des Galapagos, *Isostichopus fuscus*. La bêche-de-mer. Bulletin de la CPS n°18.

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. Prog. Ser., 8: 25-36.

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

Herrero-Pérezrul, M.D., H. Reyes-Bonilla, F. GarcíaDomínguez & C.E. Cintra-Buenrostro. 1999. Reproduction and growth of *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Echinodermata: Holothuroidea) in the southern Gulf of California, México. Mar. Biol. 135: 521-532

Haug T, Kjuul AK, Styrvold OB, Sandsdalen E, Olsen OM, Stensvag K .2002. Antibacterial activity in *Strongylocentrotus droebachiensis* (Echinoidea), *Cucumaria frondosa* (Holothuroidea), and *Asterias rubens* (Asteroidea) J Invertebr Pathol 81(2):94–102.

G

George. Cuvier, 1840. Lecons d'anatomie compare:3.(vol: 643, p338).

Georgios kazanidis, Chryssanthi Antoniadou, Alexios p. Lolas, Nikos Neofitou, Dimitris Vafidis, Chariton Chintiroglouand Christos Neofitou. 2014

Giese, A.C., Pearse, J.S. et Pearse, V.I. 1974. Reproduction of marine invertebrates. Vol. III. The Mollusca. Academic Press. 1-38 pp.

Gmelin, 1899. Annales de la faculté des sciences de Marseille, TOM IX. vol 9 à 10; p 5.

Gonzalez Neira. Y et Vera Figueroa. A. 2006. Proyecto De Cría Y Exportación De Pepino De Mar Al Mercado Asiático. Ingeniera Comercial Y Empresarial. Escuela Superior Politécnica Del Litoral Facultad De Ciencias Humanísticas Y Económicas. Guayaquil – Ecuador.

K

Kalinin VI, Prokofieva NG, Likhatskaya GN, Schentsova EB, Agafonova IG, Avilov SA, Drozdova OA. 1996. Hemolytic activities of triterpene glycosides from the holothurian order dendrochirotida: some trends in the evolution of this group of toxins. Toxicon 34(4): 475–483.

Kerstitch A. 1989. Sea of cortez marine invertebrates. A guide for the Pacific Coast, Mexico to Ecuador. E.J.Brill. Leiden. New York. Kobenhavn. Koln.

L

Lawrence .J.M., 1975. On the relationships between marine plants and sea urchins. *Ocean. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 13/213-286.

Lawrence .J.M., Fenaux.L, Corre.M.C, et Lawrence.A, 1992. The effect of quantity and quality of prepared diets on production in *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) In, Scalera-Liaci L., Canicatti C., (Eds), *Echinoderm Research*. Balkema, Rotterdam, 15-107-110.95.

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 n° 22*.

M

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).

Maier MS, Roccatagliata AJ, Kuriss A, Chludil H, Seldes AM, Pujol CA, Damonte EB . 2001. Two new cytotoxic and virucidal trisulfated triterpene glycosides from the Antarctic sea cucumber *Staurocucumis liouvillei*. *J Nat Prod* 64(6):732–736.

Massin C, 1982a. Food and feeding mechanisms : Holothuroidea. In: *Echinoderm nutrition*. Jangoux M ET Lawrence J. M, Balkema A.A., Publ. Rotterdam, Netherdam, Netherlands: 43-55.

Mercier, A., Battaglione, S. C. & Hamel, J. F. (2000a). Settlement preferences and early migration of the tropical sea cucumber *Holothuria scabra*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 249 : 89-110.

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

Moriarty D.J.W., 1982. Feeding of *Holothuria atra* and *Stichopus chloronotus* on bacteria, organic carbon and organic nitrogen in sediments of the Great Barrier Reef. *Aust. J. Mar, Freshwater Res.*, 33: 255-263.

Murray AP, Muniain C, Seldes AM, Maier MS. 2001. Patagonicoside A: a novel antifungal disulfated triterpene glycoside from the sea cucumber *Psolus patagonicus*. *Tetrahedron* 57(47):9563–9568.

Muthiga, N. A. 2006. The reproductive biology of a new species of sea cucumber, *Holothuria* (*Mertensiothuria*) *arenacava* in a Kenyan marine protected area: the possible role of light and temperature on gametogenesis and spawning. *Mar. Biol.*, 149: 585–593.

N

Navarro, P. G., Garcia-Sanz, S and Tuya, F. 2012. Reproductive biology of the sea cucumber *Holothuria sanctori* (Echinodermata: Holothuroidea). *Scientia Marina* 76(4): 741-752.

Neghli L. 2013. Cycles de reproduction et exploitation des holothuries *Aspidochirotes* (Holothuroidea : Echinodermata) inféodées aux herbiers à *Posidonia oceanica* de la côte algéroise. Magistère en Ecosystèmes Côtiers Marins et Réponses aux stresses. Univ. Mostaganem, 88p.

Nichols.D. ,Bichop G. Et Sime A.A.T1985. Reproductive and nutritional, perdiocities in population ofp Epurplean sea-urchin, *Echinus esculentus* (Echinodermata: Echinoidea) from the English channel *J.Mar.Biol. Ass. U.K.*, 65, 203-220.

P

Purwati P., Dwiono S.A.P. 2005. Induction de la scission chez les holothuries indonésiennes, La bêche-de-mer – Bulletin de la CPS n°22.

R

Ramofafia C., Battaglione C.S., Bell J.D., Byrne M. 2000. Reproductive biology of the commercial sea cucumber *Holothuria fuscogilva* in the Solomon Islands. *Mar. Biol.* 136: 1045-1056.

Roberts D., Gebruk A., Levin V., Manchips B.A.D., 2000. Feeding and digestive strategies in deposit-feeding Holothurians. *Oceanography and Marine biology: an Annual review*, 38: 257-310.

Regis, M. B., 1978. Croissance de deux Echinoides du Golfe de Marseille (*Paracentrotus lividus* (Lmck) et *Arbacia lixula*, L) Aspects écologiques de la microstructure du squelette et de l'évolution des indices physiologiques. Thèse de Doctorat d'état, Univ. Aix-Marseille III, Marseille Fr., : 221 p+I-VI+12 pl.h.t.

Rodriguez J, Castro R, Riguera R. 1991. Holothurinosides – new antitumor nonsulfated triterpenoid glycosides from the sea-cucumber *Holothuria forskalii*. *Tetrahedron* 47(26):4753–4762.

S

Semroud R., Kada H., 1987. Contribution à l'étude de l'oursin *Paracentrotus lividus* (LmK) dans la région d'Alger (Algérie : indice de réplétion et indice gonadique. Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles, C.F. Boudouresque édit., GIS.Posidonis publ. Marseille, Fr., 117-124.

Semroud R. 1993. Contribution à la connaissance de l'écosystème à *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans la région d'Alger (Algérie: Etude de quelques compartiments. Thèse .Doct.Univ.Sci.Techno.(USTHB) Alger, 1- 129-219 pp.

Shiell G., Uthicke S. 2005. Reproduction of the commercial sea cucumber *Holothuria whitmaei* [Holothuroidea: Aspidochirotida] in the Indian and Pacific Ocean regions of Australia. *Mar. Biol.* 148(5): 973-986.

T

Toral-Granda, M. V. y P. C. Martínez. 2007. Reproductive biology and population structure of the sea cucumber *Isostichopus fuscus* (Ludwig, 1875) (Holothuroidea) in Caamaño, Galápagos Islands, Ecuador. *Mar. Biol.*, 151: 2091–2098.

U

Uthicke S., D. Welch y J. Benzie. 2004. Slow growth and lack of recovery in overfished holothurians on the Great Barrier Reef: Evidence from DNA fingerprints and repeated large-scale surveys. *Conservation Biology*, 18: 1395-1404.

Uthicke S. and C. Conand. 2005. Local examples of beche-de-mer overfishing: An initial summary and request for information. *SPS Beche-de-mer. Info. Bull.*, 21: 9-14.

Y

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.

Z

Zou ZR, Yi YH, Wu HM, Wu JH, Liaw CC, Lee KH. 2003. Intercedensides A–C, three new cytotoxic triterpene glycosides from the sea cucumber *Mensamaria intercedens* Lampert. *J Nat Prod* 66(8):1055–1060.