



DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

**BELAHSENE Chahira**

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE**

**Spécialité: Ressources Halieutiques**

THÈME

Contribution à l'étude du régime alimentaire chez quelques  
espèces d'holothuries de la côte de Mostaganem

Soutenue le --/--/2021

DEVANT LE JURY

Président	MEZALI Karim	Prof.	U. Mostaganem
Encadreur	BELBACHIR Nor Eddine	MCA	U. Mostaganem
Examineur	BOUZAZA Zoheir	MCA	U. Mostaganem

## REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu de m'avoir donné le courage, la force et la patience pour accomplir ce travail.

Je n'ai sûrement pas les mots suffisants pour témoigner les vifs remerciements à *M. BELBACHIR Nor Eddine*, mon encadreur, Maitre de Conférences A au Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture de l'Université de Mostaganem. Vous m'avez accordé votre confiance. Alors recevez *M. BELBACHIR Nor Eddine*, ici toute ma reconnaissance.

J'adresse mes plus sincères remerciements à *M. MEZALI Karim*, Professeur au Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture de l'Université de Mostaganem pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury de mon mémoire. Qu'il trouve ici l'expression de ma plus profonde gratitude.

Je tiens également à remercier très chaleureusement *M. BOUZAZA Zoheir*, Maitre de Conférences A au Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture de l'Université de Mostaganem d'avoir accepté d'examiner ce travail. Qu'il me soit permis de lui exprimer mes respects les plus profonds.

# *Dédicaces*

*Je dédie mon travail aux personnes les plus chères au monde*

*Maman et Papa*

*A mon marié*

*A mes beaux-parents*

*A ma sœur et mes frères ainsi qu'à mes belles sœurs à  
toutes les familles :*

*Belahcene et Bouabdelli .*

*Mes dédicaces sont également adressées à tous mes amis avec*

*lesquels j'ai*

*partagé de beaux*

*moments Hala Chaima et dont je garde d'excellents  
souvenirs.*

*A toutes la promotion de habientique 2016*

# Remerciement

*Avant toutes choses, je remercie Dieu, le tout puissant, pour  
m'avoir donné la  
force et la patience.*

*J'exprime d'abord mes profonds remerciements et ma vive  
connaissance à Mr  
Belbachir noureddine, maître de conférence B, pour avoir  
encadré et dirigé ce  
Travail avec une grande rigueur scientifique, sa disponibilité,  
ses conseil et la  
confiance qu'il m'accordé m'ont permet de réaliser ce travail.*

*J'adresse mes sincères remerciements à Mr .....,  
maître de conférence A, d'avoir accepté de présider le jury.*

*Je tiens également mes vifs remerciements à Mr .....,*

mètre assistant A pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant  
d'examiner ce  
mémoire. Aux personnels du laboratoire pour leur aide, en  
particulier  
Imene pour son aide. Enfin de nombreuses personnes m'ont  
accompagné  
dans la réalisation de ce travail. Je les remercie sincèrement  
pour m'avoir  
entouré et prodigué conseils, pour m'avoir apporté chaleur et  
compréhension.  
À tous mes amis. À toute personnes qui ont participé de près  
ou de loin, directement ou  
indirectement, à la réalisation de ce travail.  
Qu'ils trouvent dans ce témoignage L'expression de ma  
gratitude, Mon profond  
respect, et ma Parfaite considération.

## Résumé

Ce travail porte sur le régime alimentaire de cinq espèces d'holothuries (*Holothuria poli*, *Holothuria tubulosa*, *Holothuria forskali*, *Holothuria sanctori* et *Holothuria arguinensis*) de la localité de Salamandre (Mostaganem). Les sources trophiques utilisés par les Holothuries étudiées sont constituées d'une fraction végétale (Diatomées, Algues, Cyanophycées, feuilles de Posidonie) et d'une fraction animale (spicules d'Eponge, spicules d'Holothurie, Crustacées, coquilles de Mollusques, Foraminifères, épines d'Oursins et Nématodes). Les Foraminifères est le principale aliment consommé par toutes les Holothuries et (avec 44.03%, 42.41%, 33.11%, 32.67% et 22.38% respectivement chez *Holothuria tubulosa*, *Holothuria forskali*, *Holothuria poli*, *Holothuria sanctori* et *Holothuria arguinensis*).

La composition des contenus digestifs des Holothuries fait apparaitre deux groupes d'espèces : un groupe composé de *Holothuria poli* et *Holothuria tubulosa* présentant une préférence pour les coquilles de Mollusques ; ainsi qu'un deuxième regroupant *Holothuria forskali* et *Holothuria sanctori* avec une préférence pour les Algues et les spicules d'Eponge. *Holothuria arguinensis* se démarque des deux groupes avec une préférence plutôt pour les Algues, les épines d'oursin et les spicules d'Holothuries. Ces résultats sont confirmés par le positionnement multidimensionnel non métrique (NMDS) ; celui-ci montre également que *Holothuria arguinensis* est une espèce qui peut être qualifiée de généraliste, ayant une certaine plasticité trophique.

**Mots clefs** : Holothuries ; *Holothuria arguinensis* ; régime alimentaire ; Salamandre ; Foraminifères.

## **Abstract**

This study aimed to investigate the diet of five sea cucumbers species (*Holothuria poli*, *Holothuria tubulosa*, *Holothuria forskali*, *Holothuria sanctori* and *Holothuria arguinensis*) from the locality of Salamander (Mostaganem). The trophic sources used by the studied holothurians consist of plant component (Diatoms, Algae, Cyanophyceae, Posidonia leaves) and animal component (Sponge's ossicles, Holothurian's ossicles, Crustacea, Mollusc shells, Foraminifera, sea urchin spines and Nematodes). Foraminifera is the main food consumed by all Holothurians (44.03%, 42.41%, 33.11%, 32.67% and 22.38% respectively in *Holothuria tubulosa*, *Holothuria forskali*, *Holothuria poli*, *Holothuria sanctori* and *Holothuria arguinensis*).

Holothurians digestive contents shows two groups of species: a group composed of *Holothuria poli* and *Holothuria tubulosa* showing a preference for mollusk shells and a second grouping together *Holothuria forskali* and *Holothuria sanctori* with a preference for Algae and Spicules of Sponge. *Holothuria arguinensis* stands out from the two groups and exhibits a preference for algae, sea urchin spines and sea cucumber ossicles. Non-metric multidimensional scaling (NMDS) confirm our results and shows that *Holothuria arguinensis* can be qualified as a generalist species with trophic plasticity.

**Keywords:** Holothurians; *Holothuria arguinensis*; diet; Salamandre; Foraminifera.

## ملخص

يركز هذا العمل على النظام الغذائي لخمس أنواع من خيار البحر (*Holothuria poli*, *Holothuria tubulosa*), *Holothuria forskali*, *Holothuria sanctori*, *Holothuria arguinensis* بموقع صلامندر (مستغانم). تتكون المصادر الغذائية المستخدمة من قبل خيار البحر المدروسة من جزء نباتي (الدياتومات ، الطحالب ، سيانوفيسيا ، أوراق بوسيدونيا) وجزء حيواني (عظيماة الإسفنج ، عظيماة خيار البحر ، القشريات ، أصداف الرخويات ، فورامينيفيرا. ، أشواك قنفذ البحر والديدان الخيطية). الفورامينيفيرا هو الغذاء الرئيسي الذي يستهلكه جميع خيارات البحر (44.03% ، 42.41% ، 33.11% ، 32.67% و 22.38% على التوالي عند *Holothuria forskali* ، *Holothuria tubulosa* و *Holothuria arguinensis* و *Holothuria sanctori*).

تظهر محتويات الجهاز الهضمي مجموعتين من خيارات البحر: مجموعة مكونة من *Holothuria* و *Holothuria poli* و *Holothuria tubulosa* تُظهر تفضيلاً لأصداف الرخويات ومجموعة ثانية فيها *Holothuria forskali* و *Holothuria sanctori* و التي تفضل الطحالب و عظيماة الإسفنج. تبرز *Holothuria arguinensis* عن المجموعتين مع تفضيل الطحالب وأشواك قنفذ البحر وعظيماة خيار البحر. تم تأكيد هذه النتائج بواسطة طريقة «NMDS»؛ التي توضح كذلك أن *Holothuria arguinensis* هو نوع يمكن اعتباره اختصاصياً وله مرونة غذائية.

**كلمات المفاتيح :** خيار البحر, *Holothuria arguinensis*, النظام الغذائي , صلامندر , الفورامينيفيرا.

# LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1</b> : Anatomie externe d'une holothurie aspidochirote (D'après Samyn <i>et al.</i> , 2006).....	07
<b>Figure 2</b> : Représentation schématique d'une coupe longitudinale d'Holothurie.....	08
<b>Figure 3</b> : Tube digestif d'une holothurie, avec les différentes parties caractérisées par leurs fonctions physiologiques (In Mezali, 1998).....	10
<b>Figure 4</b> : Principaux types de spicules calcaires présents chez les d'holothuries (Conand, 1998).....	12
<b>Figure 5</b> : Phases du développement larvaire chez les Holothuries. Larve auricularia (A) ; doliolaria (B) ; pentactula (C) ; juvéniles (D). Echelle : barre =100 µm (d'après Rasolofonirina, 2004) .....	13
<b>Figure 6</b> : <i>Holothuria (Holothuria) tubulosa</i> . .....	14
<b>Figure 7</b> : <i>Holothuria (Roweothuria) poli</i> . .....	15
<b>Figure 8</b> : <i>Holothuria (Panningothuria) forskali</i> projetant ses tubes de Cuvier.....	16
<b>Figure 9</b> : <i>Holothuria (Platyperona) sanctori</i> . .....	17
<b>Figure 10</b> : <i>Holothuria (Roweothuria) arguinensis</i> . .....	18
<b>Figure 11</b> : Bioturbation des sédiments par les holothuries. <i>Bohadschia argus</i> à moitié enfouie dans les sédiments d'un lagon de récifs coralliens (île Lizard, Australie) (A). <i>Holothuria lessoni</i> partiellement enfouie dans les sédiments d'un platier (Nouvelle-Calédonie) (B). <i>Bohadschia vitiensis</i> sortant des sédiments d'une baie abritée (Nouvelle-Calédonie) (C). <i>Actinopyga spinea</i> sortant des sédiments mous sur un récif peu profond (Nouvelle-Calédonie) (D). (Purcell <i>et al.</i> , 2016). .....	20
<b>Figure 12</b> : Recyclage des nutriments par les holothuries (d'après Purcell <i>et al.</i> , 2016).....	21
<b>Figure 13</b> : Situations géographiques de la wilaya de Mostaganem (Source : Google earth).....	28
<b>Figure 14</b> : Situation géographique du site de Salamandre (Source : Google earth. Modifiée).....	29
<b>Figure 15</b> : Photo montrant le point de prélèvement (flèche rouge) au niveau du site de la Salamandre. ....	30
<b>Figure 16</b> : Traitement des échantillons d'holothuries pour l'analyse du contenu digestif. Dissection longitudinale d'une holothurie (A) ; collecte du tube digestif (B).....	31
<b>Figure 17</b> : Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime	

alimentaire de l'espèce <i>Holothuria arguinensis</i> . .....	35
<b>Figure 18 :</b> Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce <i>Holothuria forskali</i> . .....	36
<b>Figure 19 :</b> Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce <i>Holothuria poli</i> . .....	37
<b>Figure 20 :</b> Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce <i>Holothuria sanctori</i> . .....	38
<b>Figure 21 :</b> Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce <i>Holothuria tubulosa</i> . .....	39
<b>Figure 22 :</b> Proportions (en %) des deux fractions végétale et animale, ainsi que des débris (minérale et organique) dans le contenu digestif des Holothuries étudiées.....	40
<b>Figure 23 :</b> Analyse du positionnement multidimensionnel non métrique (NMDS) mettant en évidence la relation entre les différentes espèces d'holothuries étudiées selon leurs régimes alimentaire. Ha : <i>Holothuria arguinensis</i> ; Hf : <i>Holothuria forskali</i> ; Hp : <i>Holothuria poli</i> ; Hs : <i>Holothuria sanctori</i> et Ht : <i>Holothuria tubulosa</i> . .....	41

# LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 01 :</b> Proportions (Moyenne $\pm$ Ecart type) des différentes sources alimentaires dans le régime alimentaire des Holothuries étudiées.....	34
--	----

# **SOMMAIRE**

## Résumé

## Liste des figures

## Liste des tableaux

# SOMMAIRE

## Introduction..... 01

### CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

#### I. Généralités sur les Échinodermes..... 03

#### II. Les Holothuries..... 04

##### II.1. Généralités..... 04

##### II.2. Taxonomie..... 05

##### II.3. Répartition..... 06

##### II.4. Morphologie..... 06

###### II.4.1. Organisation externe..... 06

###### II.4.2. Organisation interne..... 08

###### II.4.2.1. La cavité coelomique..... 08

###### II.4.2.2. L'appareil ambulacraire..... 08

###### II.4.2.3. Les organes arborescents (arbres respiratoires)..... 09

###### II.4.2.4. Les organes génitaux..... 09

###### II.4.2.5. Systèmes digestifs..... 09

###### II.4.2.6. Système nerveux..... 11

###### II.4.2.7. L'anneau calcaire..... 11

###### II.4.2.8. Endosquelette..... 11

###### II.4.2.9. Les tentacules..... 12

##### II.5. Reproduction..... 12

##### II.6. Ecologie de quelques espèces d'holothuries..... 14

###### II.6.1. *Holothuria (Holothuria) tubulosa* Gmelin, 1791..... 14

###### II.6.2. *Holothuria (Roweothuria) poli* Delle Chiaje, 1824..... 15

###### II.6.3. *Holothuria (Panningothuria) forskali* Delle Chiaje, 1823..... 16

###### II.6.4. *Holothuria (Platyperona) sanctori* Delle Chiaje, 1823..... 16

###### II.6.5. *Holothuria (Roweothuria) arguinensis* Koehler & Vaney, 1906..... 17

##### II.7. Régime alimentaire des holothuries..... 18

##### II.8. Importance écologique des holothuries..... 19

###### II.8.1. La bioturbation..... 19

II.8.2. Nettoyage du sédiment.....	21
II.8.3. Recyclage des nutriments.....	21
II.8.4. Rôle dans les réseaux trophiques.....	22
II.9. Intérêt économique.....	23
II.10. Potentiel pharmacologique.....	24
II.11. Exploitation halieutique des holothuries.....	24

## **CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES**

I. Objectif de l'étude.....	27
II. Présentation de la zone côtière de Mostaganem.....	27
II.1. Condition des milieux.....	28
II.1.1. Hydrodynamisme.....	28
II.1.2. Température.....	28
III. Présentation des sites de prélèvements.....	29
III.2. Description du site de la Salamandre.....	29
IV. Echantillonnage et traitement des échantillons.....	31
V. Analyses statistiques des données.....	32

## **CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION**

I. Résultats.....	33
II. Discussion.....	42
<b>Conclusion.....</b>	<b>44</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>45</b>

**Annexe**

# **INTRODUCTION**

### Introduction

Les détritivores appartiennent à de nombreux groupes zoologiques. Les plus importants de ces groupes en milieu marin, en nombre d'espèces et en biomasse, sont les Crustacées, les Mollusques, les Annélides et les Echinodermes (Feral, 1985). Parmi ces derniers, les Holothuries sont importantes très d'un point de vue écologique, particulièrement par la transformation du sédiment qu'elles ingèrent et par les remaniements sédimentaires qu'elles provoquent (Purcell *et al.*, 2016). Les Holothuries aspidochirotées constituent également l'un des plus importants compartiments benthique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* ; leur rôle dans le réseau trophique détritivore de cet écosystème est considérable (Zupo et Fresi, 1984).

De très intéressants travaux de recherche ont été réalisés sur la biologie, l'écologie, la dynamique et la systématique des holothuries des côtes algériennes, notamment ceux de Mezali (2004a ; 2004b ; 2008), Mezali *et al.*, (2006) Mezali et Soualili (2013), Mezali *et al.*, (2014) et de Mezali et Thandar (2014). Par ailleurs, de nombreux scientifiques ont effectué leurs travaux sur le régime alimentaire de ces organismes marins ; plusieurs espèces d'holothuries ont été étudiées et différentes méthodes ont été utilisées. En Algérie, la majorité des données sur le régime et le comportement alimentaire des holothuries aspidochirotées porte sur les espèces de la côte ouest algérienne et plus exactement de la zone côtière de Mostaganem ; nous pouvons citer les travaux réalisés par Mezali *et al.*, (2003) ; Belbachir, (2012 ; 2018) ; Belbachir et Mezali, (2018 ; 2020a ; 2020b) ; Belbachir *et al.*, (2014 ; 2019) et celui de Ellakermi *et al.*, (2021).

Afin de comprendre les interactions alimentaires entre les espèces et la structure et la dynamique des réseaux trophiques, l'étude du régime alimentaire s'avère être une étape incontournable (Nielsen *et al.*, 2018). Plusieurs approches peuvent être utilisées pour

## **Introduction**

déterminer le régime alimentaire, et ainsi apprécier les relations trophiques : analyse des contenus digestif, des fèces, des marques de broutage, des isotopes stables ou encore expériences de préférences alimentaires. Notre étude consiste en une analyse des contenus digestifs de quelques espèces d'Holothuries aspidochiotes de la cote de Mostaganem (Salamandre), ce qui nous permettra d'avoir un aperçu sur leur régime alimentaire.

**CHAPITRE 1 :**  
**ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

## I. Généralités sur les Échinodermes

En termes de nombre d'espèces, la partie la plus importante de la biodiversité connue sur terre est représentée par les invertébrés. Cet ensemble d'êtres vivants est constitué par plusieurs embranchements, dont le plus important est celui des Echinodermes.

Les Echinodermes existent depuis plus de 500 millions d'années ; on en compte environ 7000 espèces vivantes et 13000 espèces fossiles (Pawson, 2007). On les trouve dans toutes les mers, sous toutes les latitudes et à presque toutes les profondeurs. Ce groupe renferme différents animaux (Guille *et al.*, 1986). Cet embranchement présente trois caractères essentiels :

- Offrent une symétrie pentaradiée ;
- Possèdent un squelette externe (les holothuries possèdent des plaques osseuses et un anneau calcaire) formé de nombreuses plaques calcaires ;
- Présentent un appareil très particulier qui n'existe dans aucun autre groupe du règne animal ; l'appareil aquifère.

Le nom Echinoderme vient de deux termes grecs : échions (=épineux) et derma, qui signifie « peau de hérisson », dont l'aspect est dû à l'endosquelette situé juste sous le mince tégument et composé de plaques dures riches en calcium [*In* Neghli, (2014)]. Exclusivement marins, ils constituent l'un des phylums le mieux caractérisé du règne animal. Ces espèces vivent exclusivement en mer ; on ne connaît pas une seule espèce qui ait pénétré en eau douce ; ils supportent très difficilement une diminution dans la salinité de l'eau.

Les Echinodermes actuels se composent de cinq classes ; ces classes très différentes d'aspect sont : les astérides ou étoiles de mer (Classe *Asteroidea*), les ophiures (Classe *Ophiuroidea*), les échinides ou oursins de mer (Classe *Echinoidea*), les crinoïdes ou lys de mer (Classe

*Crinoidea*) et enfin les holothuries ou concombres de mer (Classe *Holothuroidea*) [In, Belbachir (2012)].

Actuellement, la recherche sur les échinodermes couvre de vastes domaines tels que la biologie évolutif du développement et la biotechnologie (Arnone *et al.*, 2015 ; Matranga, 2005) ; ils constituent également d'importants modèles dans les études d'écologie marine en raison de leur grande pertinence écologique, avec notamment plusieurs espèces clés décrites (Iken *et al.*, 2010; Navarrete *et al.*, 2000). De plus, ce sont de précieux bioindicateurs très utilisés dans les études écotoxicologiques en raison de leur sensibilité à de nombreux types de contaminants (Coteur *et al.*, 2003 ; Dupont et Thorndyke, 2007).

## **II. Les Holothuries**

### **II.1. Généralités**

Les Holothuries, connues sous le nom de concombres de mer, constituent un groupe diversifié et abondant d'animaux à corps mou et ressemblant à des vers appartenant à la classe *Holothuroidea* (Marquet, 2017). Ils représentent une part considérable du benthos, jusqu'à 90 % de la biomasse dans de nombreuses zones, mais avec quelques espèces holopélagiques (Miller et Pawson, 1990 ; Rogacheva *et al.*, 2012). Ce sont des animaux marins à symétrie pentaradiée (d'ordre 5) parfois masquée par une symétrie bilatérale, possédant un squelette intradermique formé de nombreuses plaques ou spicules calcaires. Ils présentent un appareil aquifère encore appelé système ambulacraire ; celui-ci est formé d'un système de canaux internes connectés à des extensions externes. Cet appareil particulier n'existe dans aucun autre groupe du règne animal, il assure principalement le mouvement et la nutrition (Meglitsch, 1975).

En milieu récifal elles sont considérées comme des éléments importants de la chaîne alimentaire à différents niveaux trophiques. Elles jouent un rôle important en tant que

psammivores et détritivores. On les considère souvent comme le groupe de détritivores le plus important des faunes récifales. Cependant, la caractéristique la plus impressionnante des concombres de mer est leur capacité à régénérer tous leurs organes internes éjectés après éviscération, un processus qui se produit lorsque les concombres de mer sont confrontés à un stress chimique ou physique (García-Arrarás et Greenberg 2001 ; Mashanov et García-Arrarás 2011 ; Wilkie 2001 ; Zang *et al.*, 2012).

## **II.2. Taxonomie**

Les *Holothuroidea* sont l'une des cinq classes appartenant à l'embranchement des Echinodermes. Ces derniers regroupent également les étoiles de mer (*Asteroidea*), les oursins (*Echinoidea*), les crinoïdes (*Crinoidea*) et les ophiures (*Ophiuroidea*) (Baker *et al.*, 1986). Les *Holothuroidea* constitue la deuxième classe la plus diversifiée des Echinodermes ; avec plus de 1400 espèces appartenant à 160 genres (Smiley, 1994 ; Navarro, 2012) ; cette classe est subdivisée en trois sous-classes : les *Apodacea*, les *Aspidochiroacea* et les *Dendrochiroacea* et six ordres (*apodida*, *molpadiida*, *aspidochirotida*, *elasipodia*, *dendrochirotida*, *dactylochirotida*). Ces ordres se distinguent d'après (Hendler *et al.*, 1995) :

- La présence, l'absence, la distribution et l'arrangement des pieds ambulacraires,
- La forme des tentacules buccaux (digités, dendritiques, pennés ou en forme de pelle),
- La présence ou l'absence de muscles rétracteurs oraux, d'arbres respiratoires et de tubes de Cuvier.

L'aspect général du corps, de la couronne calcaire et des spicules, sont également pris en considération afin de déterminer les différents ordres des holothuries (Pawson et Pawson, 2008 ; Mezali, 2008). Certaines espèces se ressemblant beaucoup, une étude des spicules peut permettre leurs différenciation (Kerr *et al.*, 1993).

### **II.3. Répartition**

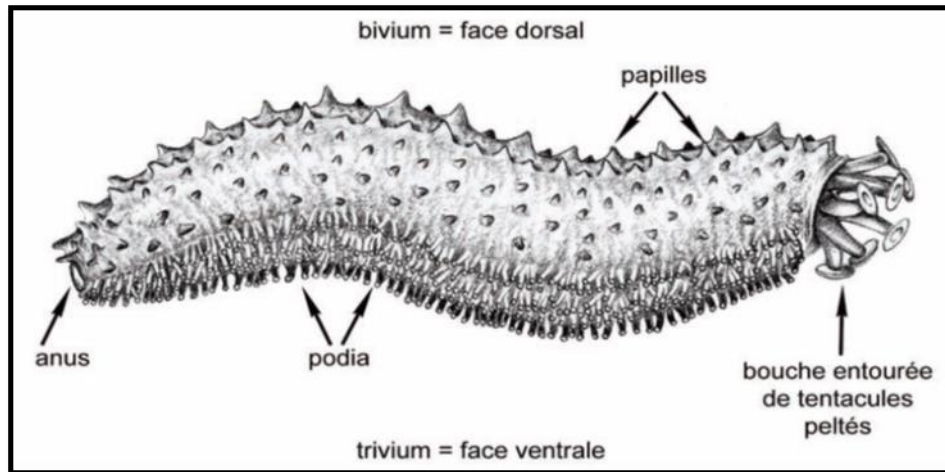
Les holothuries se trouvent dans de nombreux biotopes marins à toutes les latitudes, des zones intertidales aux plus grandes profondeurs. Elles sont généralement benthiques à l'exception de certaines Elaspodes pélagiques. Bien que certaines espèces se trouvent sur les substrats durs (roches, anfractuosités, récifs coralliens) ou en épibioses sur des végétaux ou des invertébrés, elles sont surtout caractéristiques des fonds meubles, pouvant vivre soit à leur surface, soit, de manière temporaire ou permanente dans le sédiment, n'exposant que leurs tentacules.

La répartition des différents groupes dans les zones littorales est marquée par la prédominance de l'ordre des Aspidochirotes dans les zones intertropicales et celle des Dendrochirotes aux latitudes tempérées et élevées. La diversité est maximale dans les zones littorales tropicales (Conand, 1994).

### **II.4. Morphologie**

#### **II.4.1. Organisation externe**

Les holothuries ont généralement une forme cylindrique, légèrement effilées aux extrémités. Leur taille très variable (de quelques mm à plus de 3 m) et leur corps peut être vermiforme, serpentiforme ou en forme de concombre (Khoukhi, 2002). Elles présentent souvent une symétrie bilatérale qui masque la symétrie pentaradiée (Massin et Van Den Spiegel, 1990) ; avec une face ventrale appelée trivium et une face dorsale appelée bivium (Fig. 1).



**Figure 1 :** Anatomie externe d'une holothurie aspidochirote (D'après Samyn *et al.*, 2006).

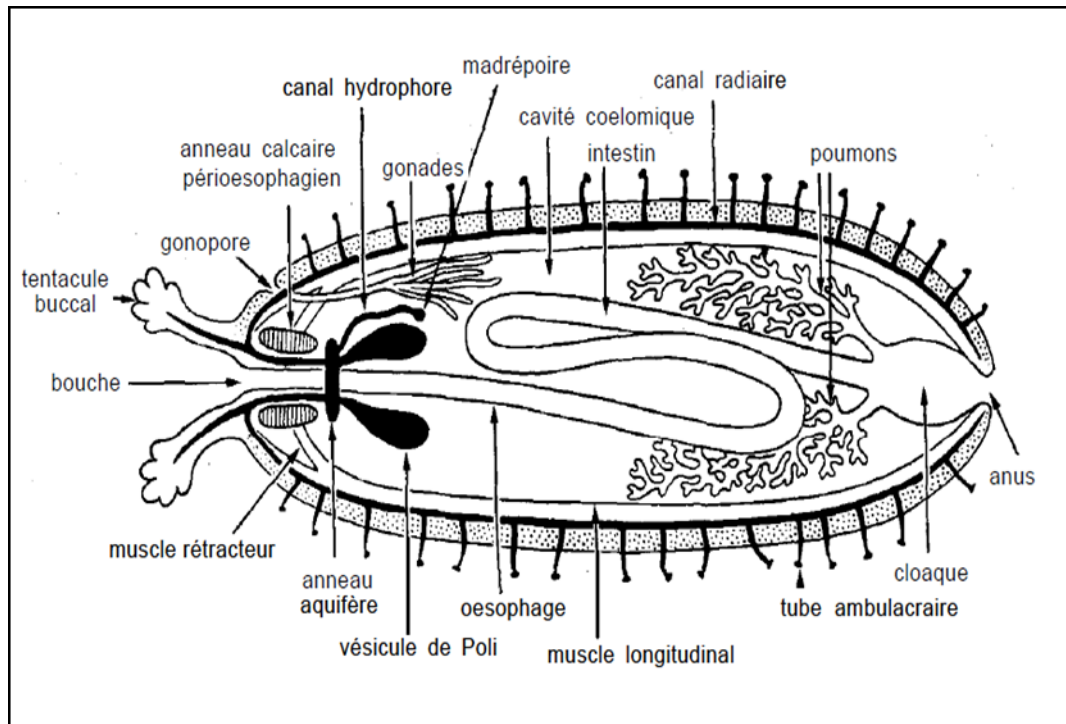
Le corps est constitué de cinq pièces inter-ambulacraires orientées de la bouche à l'anus ; il est marqué par la présence de pieds ambulacraires terminés par une ventouse (Samyn *et al.*, 2006). Ce sont ces structures qui permettent à l'animal de se fixer et de se déplacer sur le substrat. Sur le bivium, il existe également des podia sans ventouse, appelés papilles. Le nombre ainsi que l'arrangement des podia et des papilles varient selon le taxon.

Dans la plupart des cas, la face ventrale se différencie de la face dorsale de telle sorte que trois pièces ambulacraires s'allongent ventralement et constituent « le trivium » ou la « semelle rampante » sur laquelle l'animale se déplace. Par contre, les deux autres pièces ambulacraires s'allongent dorsalement pour constituer le « bivium » (In Mezali, 1998).

L'aspect du corps des holothuries vari du molle à l'état de relâchement au rigide et dure à l'état de contraction (Grasse, 1948 In Mezali, 1998) ; cette forme vari selon la contractilité du corps des holothuries (Fisher, 1987). La paroi du corps est dure et épaisse (Mezali, 1998).

## II.4.2. Organisation interne

L'anatomie interne d'une holothurie est relativement simple (Fig. 2).



**Figure 2 :** Représentation schématique d'une coupe longitudinale d'Holothurie.

Elle se caractérise par la présence de :

### II.4.2.1. La cavité coelomique

Représente la majorité du poids d'une holothurie ; elle contient le liquide coelomique (Mezali, 1998).

### II.4.2.2. L'appareil ambulacraire

L'appareil ambulacraire (ou aquifère) est un véritable système hydraulique, qui contribue au mouvement ou à l'alimentation de l'animal. Il consiste en un réseau de canaux hydrauliques

comprenant un anneau central duquel partent cinq tubes radiaires s'étendant dans le corps et les bras (*In Neghli, 2014*).

### **II.4.2.3. Les organes arborescents (arbres respiratoires)**

On peut dire qu'ils jouent le rôle de poumons, ils se localisent au niveau de la partie antérieure de la cavité coelomique et débouchent sur le cloaque. Les arbres respiratoires (Fig. 2), peuvent se remplir d'eau de mer qui pénètre par l'anus ; elles contribuent dans la régulation de l'oxygène.

### **II.4.2.4. Les organes génitaux**

Ils se localisent dans la partie antérieure de la cavité coelomique (Fig. 2). Les sexes sont séparés, mais il existe dans certains cas des espèces hermaphrodites. La couleur des gonades se diffère selon le sexe (*Mezali, 1998*).

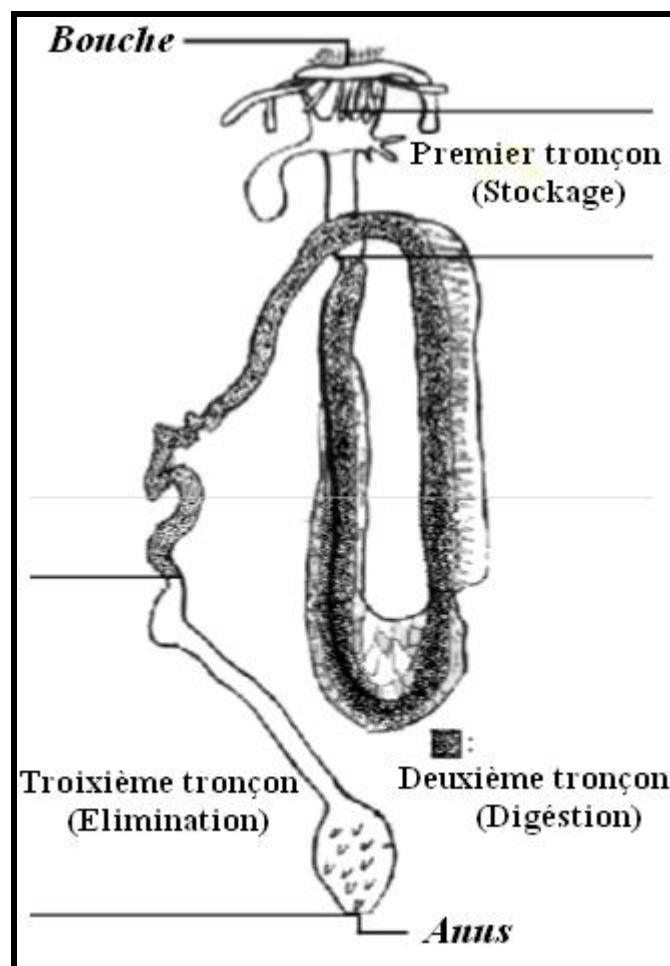
### **II.4.2.5. Systèmes digestifs**

Le système digestif des Holothuries est formé d'un canal tubulaire. Il commence par une bouche sans dents plus au moins ronde entouré par une couronne de tentacules, qui servent à l'exploitation du sédiment et la capture de la nourriture. La bouche est suivie d'un pharynx et d'un œsophage ; l'intestin qui suit est très long, ceci pour optimiser la digestion d'une alimentation peu énergétique (la digestion peut durer jusqu'à 36 heures chez certaines espèces) ; le gros intestin se termine par une poche cloacale (Fig. 2), où peuvent vivre certains symbiotes (*Jans et Jangoux, 1990*).

Il existe deux nomenclatures assignées aux différentes régions du tube digestif (*Ferral et Massin, 1982*). La première qui est plus détaillé, repose sur une étude de structures anatomiques et histologiques (*Massin, 1980*). La deuxième est plus sommaire, elle repose

plutôt sur l'aspect fonctionnel et qui divise le tube digestif en trois parties (Ferral et Massin, 1982 ; Chekaba, 2002 ; Mezali *et al.*, 2003).

Massin et Jangoux (1976) ont subdivisé le tube digestif en trois parties pouvant être caractérisées par leurs fonctions physiologiques respectives (Fig. 3). La première partie, zone de stockage du sable s'étend de la bouche au sphincter marqué par l'inversion des couches musculaires de la paroi digestive. La deuxième partie, zone digestive correspond au segment digestif entouré par le réseau admirable. La dernière partie, zone d'élimination se compose de la quasi-totalité du deuxième tronçon digestif descendant.



**Figure 3 :** Tube digestif d'une holothurie, avec les différentes parties caractérisées par leurs fonctions physiologiques (In Mezali, 1998).

**II.4.2.6. Système nerveux**

Le système nerveux est constitué comme chez tous les Echinodermes d'un anneau nerveux péri-stomacal, rond ou pentagonal, duquel partent cinq nerfs radiaux qui innervent tout le corps et notamment les aires ambulacraire. Les organes de sens des holothuries sont représentés par des cellules sensorielles réparties sur la surface du corps. Il existe également des taches pigmenté photosensibles sur leur corps (Demoor *et al.*, 2003).

**II.4.2.7. L'anneau calcaire**

Formé d'articles solides dont les particularités de structure, de position, de mode d'insertion, de rapports entre eux, fournissent de bons caractères de classification.

**II.4.2.8. Endosquelette**

Les holothuries se distinguent des autres classes d'échinidés par l'absence de plaques externes et par l'existence d'un squelette dermique ou endosquelette qui conserve chez l'adulte un état embryonnaire ; cet endosquelette est constitué par des sclérites (appelés également spicules ou ossicules) (Fig. 4) (Mezali, 1998). Ces sclérites ont des formes variées et sont utilisées dans la classification des différentes espèces.

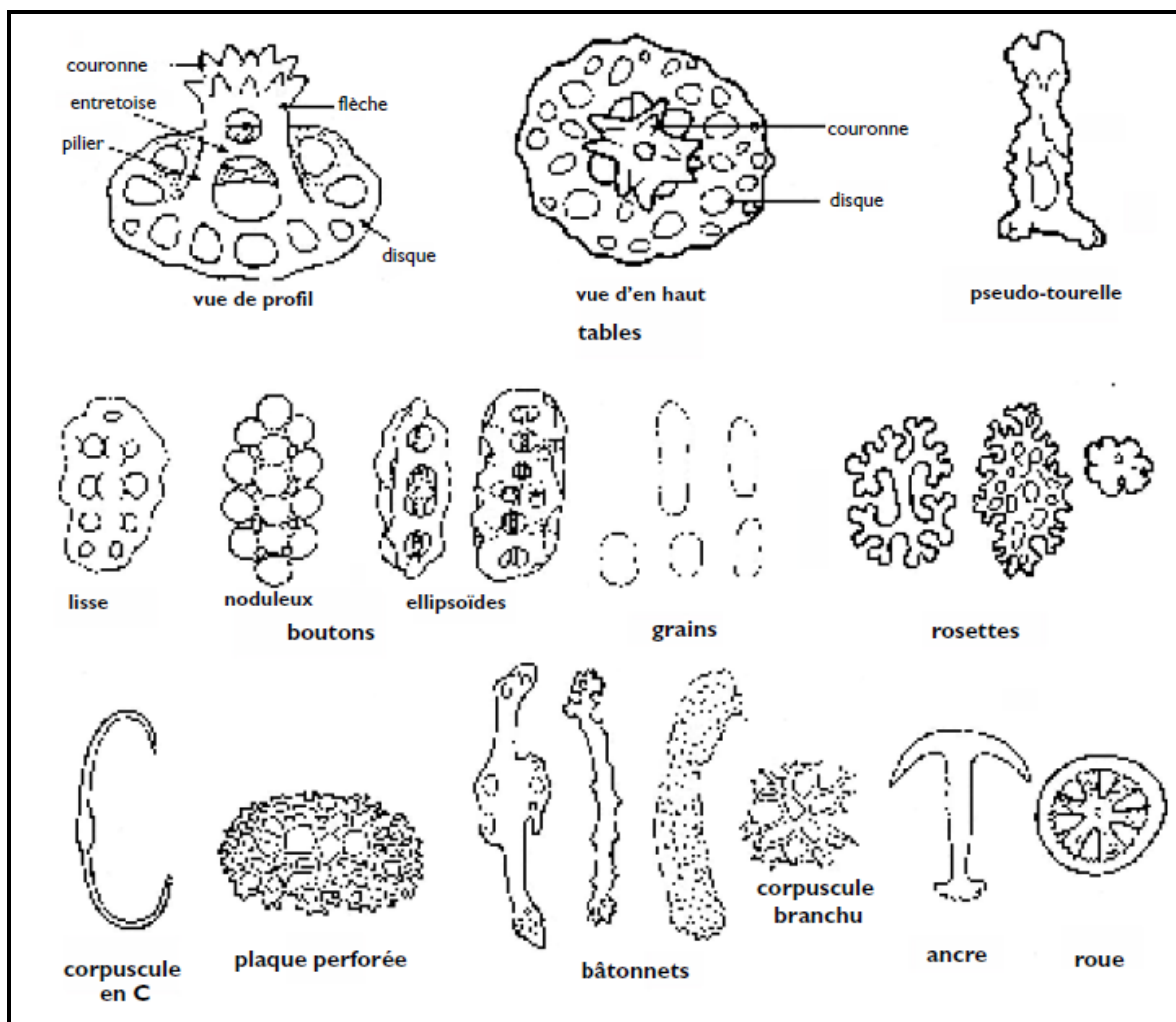


Figure 4 : Principaux types de spicules calcaires présents chez les d'holothuries (Conand, 1998).

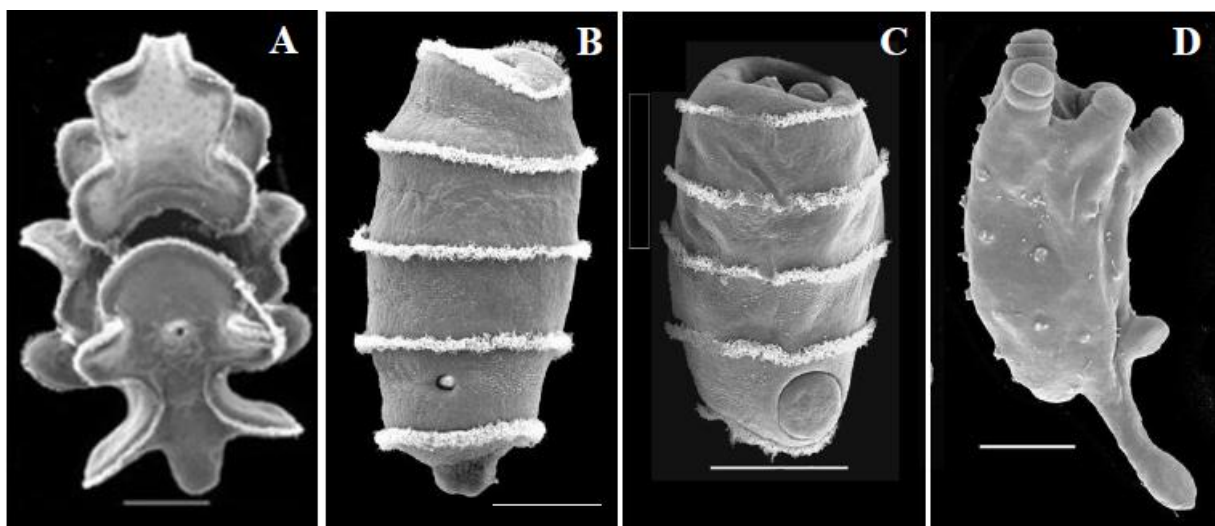
### II.4.2.9. Les tentacules

La bouche est entourée de tentacules ramifiées (Fig. 2) ; ces tentacules correspondant à une modification des pieds ambulacraires « podia » hautement contractile, servant à collecter la nourriture sur le fond (Koehler, 1921).

### II.5. Reproduction

Plusieurs travaux portant sur la reproduction des holothuries de la cote algérienne ont été abordés (Mezali *et al.*, 2014 ; Sliman Tamacha *et al.*, 2019). Dans la majorité des cas, les

holothuries sont gonochoriques (soit mâles soit femelles), elles ne présentent pas de dimorphisme sexuel extérieur apparent ; il est donc impossible de identifier extérieurement les mâles des femelles (Battaglène, 1999 ; Mercier *et al.*, 2000). Le mode de reproduction sexuée est le principal moyen de reproduction chez la majorité des espèces d'holothuries connues ; mais il existe des cas d'hermaphrodisme chez certaines espèces (Smiley *et al.*, 1991; Mackey et Hentschel, 2001). En période de ponte, les animaux se rassemblent et émettent, après s'être dressé verticalement, leurs produits génitaux en pleine eau dans un synchronisme parfait (Neghli, 2014). Les Holothuries présentent un développement indirect où l'embryon ne se développe pas directement pour donner un juvénile mais passe d'abord par différents stades larvaires. La première forme larvaire libre chez les Holothuries est l'auricularia, qui se transforme ensuite en une larve doliolaria avant de se métamorphoser en larve pentactula, puis en juvéniles (Fig. 5) (Lavitra, 2008). Les holothuries présentent également un mode de reproduction asexuée qui est la scissiparité ; après scission transversale l'individu régénère par la suite la partie manquante (Smiley *et al.*, 1991).



**Figure 5 :** Phases du développement larvaire chez les Holothuries. Larve auricularia (A) ; doliolaria (B) ; pentactula (C) ; juvéniles (D). Echelle : barre =100 µm (d'après Rasolofonirina, 2004).

## II.6. Ecologie de quelques espèces d'holothuries

### II.6.1. *Holothuria (Holothuria) tubulosa* Gmelin, 1791

Essentiellement littorale, *Holothuria (H.) tubulosa* (Fig. 6) est l'une des espèces les plus communes de la méditerranée (Azzolina et Harmelin, 1989 In Mezali, 2008). Cette espèce peut être retrouvée entre -0.5 et -100 m de profondeur et fréquente différents biotopes tel que : sable, vase, sous les pierres, à la base des rochers côtiers ainsi qu'au niveau de l'herbier à *Posidonia oceanica* (Mezali, 2004 ; 2008). *Holothuria (H.) tubulosa* est souvent associées à *Holothuria (R.) poli* dans l'herbier de Posidonies ou sur le fond rocheux (Francour, 1990). C'est une holothurie cylindrique en forme grossière de concombre, mesurant 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, alors que le cloaque est situé à l'autre extrémité. Sa peau est de couleur brun clair tirant parfois sur le rouge ou le violacé, et il s'y dresse de grosses papilles caractéristiques, grossièrement pointues (mais molles). L'épiderme sécrète un mucus protecteur salissant, que l'animal renouvelle régulièrement. Sa face ventrale est largement tapissée de trois rangées de podia, qui sont les organes de la locomotion. Elle n'a pas de tubes de Cuvier.



**Figure 6 :** *Holothuria (Holothuria) tubulosa*.

### II.6.2. *Holothuria (Roweothuria) poli Delle Chiaje, 1824*

*Holothuria (R.) poli* (Fig. 7) est une espèce essentiellement méditerranéenne et littorale, vivant entre 0 et - 12 m de profondeur et peut même être retrouvée entre -80 et -250 m de profondeur (Cherbonnier, 1956 *In* Mezali, 2008). Cette espèce fréquente des biotopes très variés : sable, vase détritique, roche, Caulerpe et herbier de Posidonies (Francour, 1984).



**Figure 7 :** *Holothuria (Roweothuria) poli*.

C'est une holothurie cylindrique en forme grossière de concombre, mesurant jusqu'à 25 cm de long pour 5 cm de large. La bouche est située à l'extrémité antérieure, et est entourée d'une vingtaine de tentacules buccaux, alors que le cloaque est situé à l'autre extrémité. Sa peau contractile est irrégulière et rugueuse, constellée de tubercules et de rides ; elle apparaît généralement très sombre, avec une coloration plus ou moins homogène. Le plus souvent, elle sécrète un mucus qui agglomère sur sa peau du sable, des algues et toutes sortes de débris, lui permettant de se camoufler ou de décourager les éventuels prédateurs (voire de se protéger du soleil à faible profondeur). Elle ne possède pas de tubes de Cuvier. Sa face ventrale est largement tapissée de podias blancs, qui sont les organes de la locomotion.

### II.6.3. *Holothuria (Panningothuria) forskali* Delle Chiaje, 1823

*Holothuria (P.) forskali* (Fig. 8) est une espèce de concombre de mer de la famille des Holothuriidés. On les trouve en Atlantique nord-est et en Méditerranée, jusqu'à -100 m de profondeur, bien qu'elle soit considérée comme espèce littorale (Azzolina et Harmelin, 1989 *In* Mezali, 2008).



**Figure 8 :** *Holothuria (Panningothuria) forskali* projetant ses tubes de Cuvier.

Cette espèce habite les rebords sublittoraux et les ravins (Astall et Johns, 1991 *In* Mezali, 2008) ; elle est souvent retrouvée fixée sur le substrat dur, sous les roches entre les pierres et dans l'herbier de Posidonies (Mezali, 2008).

### II.6.4. *Holothuria (Platyperona) sanctori* Delle Chiaje, 1823

*Holothuria (P.) sanctori* (Fig. 9) est distribuée à travers la mer Méditerranée et l'Atlantique Est. Cette espèce préfère l'ombre des substrats rocheux (Pawson, 1966 *In* Mezali, 2008) et les tombants de mattes de l'herbier à *Posidonia oceanica* (Mezali, 2004).



**Figure 9 :** *Holothuria (Platyperona) sanctori*.

Ce sont des holothuries benthiques à la silhouette cylindrique, vivant généralement dans des eaux peu profondes dont elles contribuent à la pureté en filtrant le sédiment. Leur corps est plus ou moins mou, et généralement hérissé de papilles dorsales ; la bouche est entourée d'une vingtaine de tentacules peltés qui servent à amener la nourriture (le sédiment) à la bouche. La plupart des espèces sont capables de se défendre en émettant des tubes de Cuvier.

#### **II.6.5. *Holothuria (Roweothuria) arguinensis* Koehler & Vaney, 1906**

*Holothuria (R.) arguinensis* (Fig. 10) est une espèce du nord-est de l'Atlantique allant des îles Berlengas (Portugal) au Maroc et à la Mauritanie, incluant les îles Canaries (Costello, 2001 ; Rodrigues, 2012 ; Thandar, 1988). Cependant, cette espèce se propage en mer Méditerranée où elle a été signalée sur la côte orientale d'Espagne (González-Wangüemert et Borrero-Pérez, 2012), ainsi qu'au niveau de la côte ouest algérienne (Mezali et Thandar, 2014). On la trouve de 0 à 52 m de profondeur et est généralement associé à un substrat sableux et aux prairies de macroalgues et d'herbiers marins (González-Wangüemert et Borrero-Pérez, 2012 ; Navarro, 2012).



**Figure 10 :** *Holothuria (Roweothuria) arguinensis*.

Des études écologiques et comportementales récentes sur *Holothuria arguinensis* ont montré que cette espèce se déplace continuellement de jour comme de nuit sans aucun comportement cryptique, bien qu'elle soit souvent recouverte de feuilles d'herbiers marins et d'algues pour se camoufler (González-Wangüemert et Borrero-Pérez, 2012 ; Navarro, 2012 ; Navarro *et al.*, 2014, Siegenthaler *et al.*, 2015).

## **II.7. Régime alimentaire des holothuries**

La majorité des holothuries sont dépositivores et détritivores, qui utilisent différentes stratégies pour puiser leurs aliments dans les cinq premiers millimètres de sédiments (Mezali, 1998 ; Chekaba, 2002) ; ceci à l'aide de ces tentacules péribuccaux. Les sédiments ingérés par les holothuries aspidochirotés, se composent principalement de matières inorganiques (débris de corail, test de foraminifères, restes de coquillages et restes inorganiques du benthos), de matières détritiques organiques (feuilles mortes de Posidonies, 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 (Massin,

1982 ; Roberts *et al.*, 2000 ; Belbachir et Mezali, 2018). Au cours du cycle vital d'une espèce, un changement alimentaire peut se produire. Les juvéniles de *Stichopus japonicus* ingèrent plus de microalgues et de détritiques que les adultes (Choe, 1963). C'est également le cas chez *Holothuria juscogilva*, dont les juvéniles vivent dans les prairies de phanérogames marines (Gentle, 1979).

Le rythme de nutrition est variable chez les holothuries, il peut aller d'un rythme en continue de jour et de nuit chez *Holothuria atra*, à un rythme nocturne ou en rapport avec le changement d'intensité lumineuse chez *Holothuria scabra* (Yamanouchi, 1956). Des rythmes saisonniers d'arrêt d'alimentation ont été observés chez des espèces tempérées (Choe, 1963 ; Yingst, 1974 ; Fankboner et Cameron, 1985).

## **II.8. Importance écologique des holothuries**

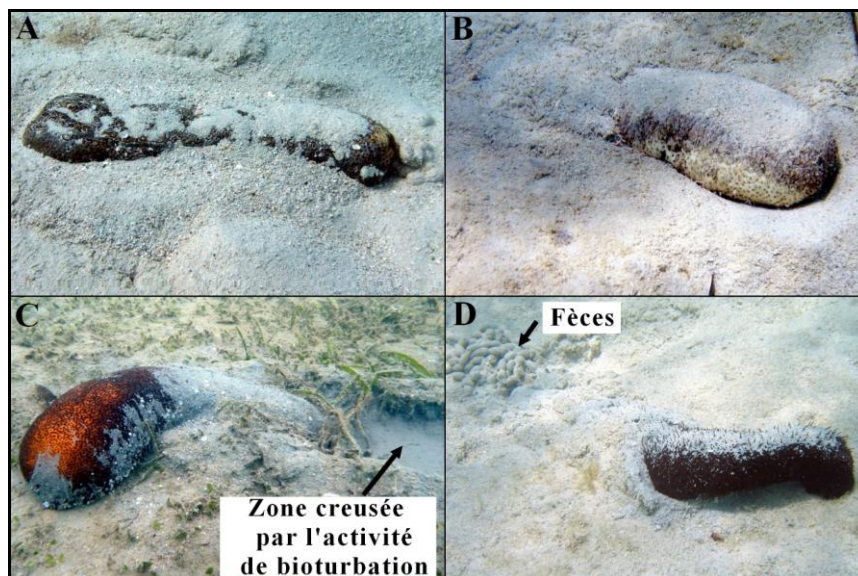
### **II.8.1. La bioturbation**

La bioturbation fait référence à un mélange de couches de sédiments par des organismes vivants. La bioturbation des holothuries peut avoir de nombreux effets sur (Reise, 2002 ; Lohrer *et al.*, 2004) :

- La perméabilité des sédiments,
- Le gradient chimique des eaux interstitielles,
- La composition granulométrique des sédiments superficiels,
- Le flux des nutriments inorganiques.

La remontée des couches sédimentaires inférieures vers la surface par le biais de la bioturbation, permet l'interaction du sédiment avec l'oxygène de la colonne d'eau ; ce qui génère un accroissement de la production primaire, ainsi qu'une augmentation de la biomasse et de la diversité de l'endofaune (Solan *et al.*, 2004).

Certaines espèces d'holothuries s'enfouissent partiellement ou totalement sous la surface des sédiments (Fig. 11) ; ce qui permet le mélange des sédiments sur quelques dizaines de centimètres de profondeur (Mercier *et al.*, 1999 ; Purcell *et al.*, 2016). Les holothuries aspidochirotés qui restent à la surface des sédiments, remanient la couche sédimentaire supérieure par l'ingestion et la libération des fèces et par leur locomotion en surface. Cette activité de bioturbation peut jouer un rôle important dans la redistribution des sédiments de surface (Uthicke, 1999).



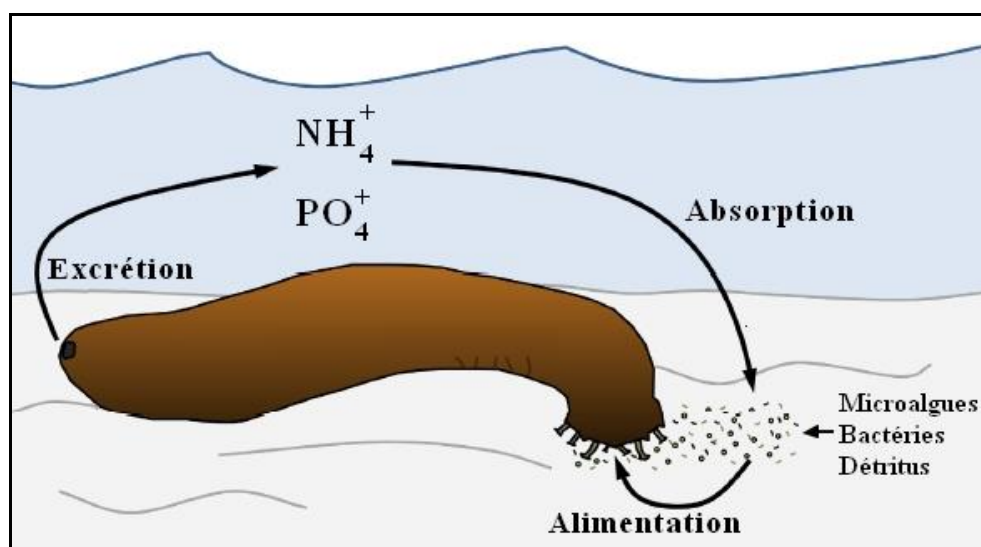
**Figure 11 :** Bioturbation des sédiments par les holothuries. *Bohadschia argus* à moitié enfouie dans les sédiments d'un lagon de récifs coralliens (île Lizard, Australie) (A). *Holothuria lessoni* partiellement enfouie dans les sédiments d'un platier (Nouvelle-Calédonie) (B). *Bohadschia vitiensis* sortant des sédiments d'une baie abritée (Nouvelle-Calédonie) (C). *Actinopyga spinea* sortant des sédiments mous sur un récif peu profond (Nouvelle-Calédonie) (D). (Purcell *et al.*, 2016).

## II.8.2. Nettoyage du sédiment

Certaines holothuries aspidochirotés rejettent des fèces (Fig. 11D) qui sont souvent moins riche en matières organiques par rapport aux sédiments consommés ; ce qui permet de les considérer comme nettoyeurs de sédiments (MacTavish *et al.*, 2012 ; Yuan *et al.*, 2015). Le transit intestinal des sédiments ingérés par les holothurides aspidochirotés, semble également faciliter la décomposition de la matière organique par les bactéries des sédiments (MacTavish *et al.*, 2012).

## II.8.3. Recyclage des nutriments

Le recyclage de la matière organique est l'une des principales fonctions des holothuries (Massin, 1982 ; Birkeland, 1988). La digestion des composés riches en azote (tel que les protéines) par des holothuries conduit à une conversion de l'azote organique en azote inorganique, qui à son tour peut être absorbé par les producteurs primaires en tant que nutriment (Fig. 12). Les holothuries aspidochirotés excrètent l'azote inorganique sous forme d'ammonium ; de petites quantités de phosphate sont également libérées (Uthicke, 2001a).



**Figure 12** : Recyclage des nutriments par les holothuries (d'après Purcell *et al.*, 2016).

Certains auteurs ont remarqué une forte productivité du microphytobenthos, lorsqu'ils se trouvaient à proximité des holothuries (Uthicke et Klumpp, 1998) ; la communauté microphytobenthiques constitue à son tour une source de nourriture pour les holothuries (Purcell *et al.*, 2016). Ainsi, d'une part, les holothuries dépositives réduisent la biomasse du microphytobenthos en les consommant ; d'autre part, augmente leurs productivité en libérant les nutriments nécessaire à leurs photosynthèses (Uthicke, 2001b).

Les holothuries peuvent également digérer partiellement la matière organique la rendant plus disposée à la dégradation par les bactéries ou d'autres organismes appartenant à d'autres niveaux trophiques (Purcell *et al.*, 2016). *Holothuria tubulosa*, par exemple, consomme des débris de *Posidonia oceanica*, accélère la dégradation de ces débris et facilite leurs pénétration dans les sédiments, favorisant ainsi leurs recyclage et leurs disponibilité pour les communautés benthiques des herbiers (Costa *et al.*, 2014).

#### **II.8.4. Rôle dans les réseaux trophiques**

Les holothuries sont consommées par au moins 19 espèces d'étoiles de mer, 17 espèces de crustacées, plusieurs espèces de gastéropodes et environ 30 espèces de poissons (Francour, 1997 ; Dance *et al.*, 2003). Par conséquent, ces animaux marins peuvent constituer une importante source de nourriture pour des espèces appartenant à plusieurs niveaux trophiques. Dans les régions tropicales, une vaste gamme d'invertébrés et de poissons benthiques consomment avidement les holothuries. Dans certains cas, les concombres de mer offrent leurs organes internes au prédateur, après une éviscération volontaire (Purcell *et al.*, 2016). Les espèces appartenant au genre *Stichopus* peuvent éliminer des parties de leur paroi corporelle dans le but de distraire le prédateur (Kropp, 1982).

La littérature montre que le transfert de l'énergie à partir des holothuries se fait vers un grand nombre d'espèces prédatrices à la fois benthiques (crabes, gastéropodes et étoiles de mer) et

bentho-pélagiques (mammifères et poissons). En prélevant le plancton de la colonne d'eau, les holothuries dendrochirotes suspensivores contribuent au couplage bentho-pélagiques (Hamel et Mercier, 1998). Les holothuries constituent une voie importante, par laquelle l'énergie provenant des détritiques et du plancton peuvent être transférés dans les réseaux trophiques benthiques et bentho-pélagiques (Purcell *et al.*, 2016).

## **II.9. Intérêt économique**

Bien que les holothuries soient étudiées pour leurs propriétés pharmacologiques (certains composants isolés révèlent des propriétés antibactériennes, antiinflammatoires voir même anticoagulantes) ou physiques (certains organes comme les tubes de Cuvier possèdent des propriétés collantes), c'est pour leur utilisation en médecine traditionnelle et pour leur valeur culinaire que les holothuries sont le plus recherchées.

Certaines espèces sont ainsi consommées depuis très longtemps par les populations asiatiques. La préparation la plus simple est sans doute celle utilisé au Japon et en Corée où la peau et les muscles longitudinaux sont mangés crus accommoder d'une sauce au vinaigre de soja. D'autres organes comme les gonades, l'intestin et les poumons, après salage et/ou fermentation sont également considérés comme des mets de choix par certaine population asiatique. C'est néanmoins le tégument sec, appelé «bêche-de-mer» ou «trépang» (mot malais) ou «hai-som» (mot chinois), obtenu par cuisson et séchage, qui est le produit le plus utilisé dans les repas à base d'holothuries.

Dans certains pays, les holothuries constituent la ressource halieutique, la plus importante, pour l'économie de produits de la mer autres que les poissons. La majorité des holothuries sont récoltées et exportées afin d'approvisionner le marché de la « bêche-de-mer », qui constitue le produit le plus utilisé dans les repas à base d'holothuries (Samyn *et al.*, 2006).

Certaines espèces d'holothuries atteignent un prix de 15-40 USD le kilogramme (Bruckner, 2005).

## **II.10. Potentiel pharmacologique**

Bien que les Chinois utilisent le concombre de mer à des fins médicinales depuis plus de 3000 ans (Chen, 2003), ce n'est que récemment qu'il a été démontré le potentiel antimicrobien, antioxydant et anticancéreux de certaines substances chimiques contenus dans ces animaux marins (Sicuro et Levine, 2011 ; Roggatz, 2012). De nouveaux composés sont en cours de découverte, tels que des médicaments antipaludiques et anti-VIH (Sicuro et Levine, 2011), ainsi que de nouveaux composés biochimiques pour lutter contre le cancer (Attoub *et al.*, 2013).

## **II.11. Exploitation halieutique des holothuries**

Les holothuries font l'objet, dans de nombreuses régions, de pêcheries artisanales (Conand et Sloan, 1989) ; sont consommées depuis des temps très anciens par des peuples asiatiques. Le tégument cru des "namako", les muscles longitudinaux crus, ainsi que certains organes salés-fermentés, intestin, glandes génitales, sont appréciés par les japonais. Le tégument sec "hai-som", obtenu par cuisson et séchage, est consommé par les chinois.

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

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

Les 5 zones de pêche majoritaires d'holothuries au niveau mondial sont : Papouasie Nouvelle Guinée (Océanie), Philippines (Asie), Seychelles (Afrique et Océan Indien), les Iles Galápagos (Amérique Latine et Caraïbes) et la pêche de *Cucumaria frondosa* centré sur le Canada. Au travers de ces 5 zones, le nombre d'espèces exploitées varient beaucoup, avec le plus grand nombre retrouvé en Asie (52 espèces) et dans le Pacifique (36 espèces), dû majoritairement à la grande diversité d'espèces de ces zones. Ces pêches dans les zones tropicales indopacifiques sont donc majoritairement multi-spécifiques et généralement mono-spécifiques dans les zones tempérées (FAO, 2008).

Les données sur les pêches d'holothuries dans les zones indopacifiques sont rares et celles des zones tempérées de l'hémisphère nord sont principalement disponibles pour 4 pays (Canada, USA, Russie et Islande) où la pêche commerciale est centrée sur 4 espèces (*Cucumaria frondosa*, *C. japonica*, *Parastichopus californicus* et *P. parvimensis*). Les 2 espèces de *Parastichopus* sont surtout récoltées par plongée en bouteille avec des quantités similaires aux régions tropicales indopacifiques. La pêche des espèces de *Cucumaria* est beaucoup plus industrialisée avec l'utilisation de chalutiers spécialisés et à la présence d'usines de transformation installées sur le littoral. En comparaison, la pêche des espèces de *Parastichopus* date du début des années 70, alors que la majorité des pêches des espèces *Cucumaria* sont récentes et encore au stade de pêches exploratoires, essentiellement au Canada et aux Etats Unis. Les débarquements de la zone atlantique sont concentrés sur

*Cucumaria frondosa* et beaucoup plus importants que la zone pacifique concentrées sur *Parastichopus californicus*. En effet, entre 2003 et 2005, la quantité de *Parastichopus californicus* débarquée était de 600-700 t par an pour la côte pacifique des USA (Californie, Oregon, Washington, Alaska) et de manière identique pour celle du Canada (Britannique Colombie), tandis que la moyenne était de 5000 t par an pour la côte Est des USA (Maine) concernant les débarquements de *C. frondosa* et d'environ 2000 t par an pour la partie Atlantique canadienne comprenant Terre-Neuve et Labrador et les Maritimes (Nouveau Brunswick, Nouvelle-Ecosse et l'Ile du Prince-Edouard) (FAO, 2010).

**CHAPITRE 2 :**  
**MATERIEL ET METHODES**

## I. Objectif de l'étude

L'important rôle écologique que peuvent jouer les holothuries dans les écosystèmes benthiques est confirmé par plusieurs auteurs. C'est pour cette raison qu'on estime qu'il est intéressant d'étudier de plus près l'une de leurs fonctionnalités les plus importantes, qui est l'alimentation. A travers ce travail, on a essayé d'étudier le régime alimentaire de quelques espèces d'holothuries aspidochirotes aux herbiers de Posidonies de la frange côtière de Mostaganem. Le but de cette approche, est d'apprécier les contributions des différentes sources trophiques dans le régime alimentaire de ces animaux benthiques. L'étude se fait en analysant les contenus de leurs tubes digestifs.

## II. Présentation de la zone côtière de Mostaganem

Le plateau de Mostaganem (Fig. 13) est situé à une centaine de kilomètres à l'est d'Oran ; cette zone d'une superficie de 682Km<sup>2</sup> est comprise entre :

- La vallée du Chélif à l'est,
- Les monts de Belhacel au sud,
- La Méditerranée au nord,
- La dépression de la Maktaa au l'ouest.



Figure 13 : Situations géographiques de la wilaya de Mostaganem (Source : Google earth).

## II.1. Condition des milieux

### II.1.1. Hydrodynamisme

C'est un courant d'origine atlantique d'une épaisseur moyenne de 200 Km qui domine au large de la zone côtière de Mostaganem. Ce courant est dit courant Algérien et pénètre par le d'étroit de Gibraltar puis coule au niveau des cotes algériennes. Le courant devient instable et forme des tourbillons cycloniques d'un diamètre de 100 Km qui sont associés à des remontées importantes d'eau profondes (Millot, 1987).

### II.1.2. Température

Les échanges thermiques à l'interface atmosphère-océan rend les couches superficielles très influençables par les températures atmosphériques. Par conséquent, la température des masses d'eau près des côtes de Mostaganem varie entre 21° C et 27° C. Les températures maximales sont enregistrées en Aout (les hautes températures se prolongent jusqu'à Octobre) ; tandis que

les températures minimales se situent aux mois de Février et Mars (Lalami-Taleb, 1970 ; In Benghali, 2015).

### III. Présentation des sites de prélèvements

L'échantillonnage a été réalisé au niveau d'un seul site situé au niveau du littoral de Mostaganem, à savoir la Salamandre (Fig. 14).



**Figure 14** : Situation géographique du site de Salamandre (Source : Google earth. Modifiée).

#### III.2. Description du site de la Salamandre

Le site d'étude de la Salamandre (Fig. 15), est situé à 5 km à l'Ouest du chef-lieu de la wilaya de Mostaganem. Salamandre est une plage à caractère rocheux, qui a une orientation vers l'ouest (Coordonnées géographiques : 35° 55' N/ 0°03' E).



**Figure 15 :** Photo montrant le point de prélèvement (flèche rouge) au niveau du site de la Salamandre.

Par ailleurs, la proximité de la zone industrielle de Mazagran dont les terminaux de canalisations de déchets industriels débouchent à environ 1km à l'ouest. L'impact sur l'environnement de ces effluents liquides rejetés dans la mer est très ressentie (Benhamidi, 2002).

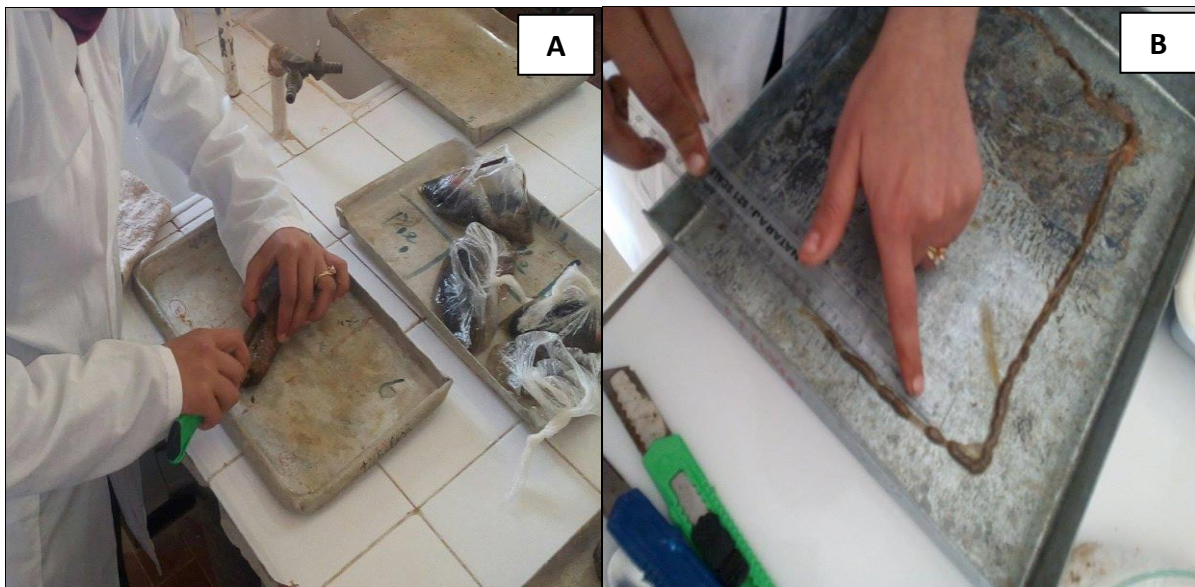
L'aspect sous-marin de la zone d'étude est également caractérisé par un herbier à *Posidonia oceanica* installé sur substrat rocheux, mais contrairement à celui du site de Stidia, l'herbier n'est pas en très bon état de santé. *Paracentrotus lividus* et *Arbacia lixula* sont les espèces d'échinides les plus abondantes ; les holothuries quant à elles sont représenté majoritairement que par les deux espèces *Holothuria (H.) tubulosa* Gmelin (1788) ; *Holothuria (H.) poli* Delle Chiaje (1823).

#### IV. Echantillonnage et traitement des échantillons

L'échantillonnage effectué uniquement par plongée en apnée, a été réalisé pendant l'Hiver 2021, à une profondeur entre 1 et 3 m.

Au niveau des deux sites de prélèvement un lot allant de 3 à 10 individus, a été effectué pour chacune des espèces d'holothuries suivantes : *Holothuria (Holothuria) tubulosa* ; *Holothuria (Lessonothuria) poli* ; *Holothuria (Platyperona) sanctori* ; *Holothuria (Panningothuria) forskali* et *Holothuria (Roweothuria) arguinensis*. Chaque échantillon a été mis isolement dans des sachets en plastique contenant de l'eau de mer formolée à 10 % afin de les traiter ultérieurement.

Au laboratoire, après dissection longitudinale des holothuries, le tube digestif de chaque individu est ouvert par une incision longitudinale et le contenu digestif est soigneusement collecté (Fig. 16).



**Figure 16 :** Traitement des échantillons d'holothuries pour l'analyse du contenu digestif. Dissection longitudinale d'une holothurie (A) ; collecte du tube digestif (B).

Les faibles dimensions (microscopiques) des différentes sources alimentaires du contenu digestif ne permettent pas leurs séparations, puis la mesure directe du descripteur choisi. Donc, les méthodes choisies ne peuvent donner qu'une estimation indirecte de la fréquence relative des items dans le contenu digestif (Frantzis *et al.*, 1988).

La méthode utilisée au cours de cette étude est la méthode des contacts de Jones (1968), modifiée par Nedelec (1982). Cette méthode a été effectuée sur le sédiment du contenu digestif des espèces d'holothuries. Donc pour ce faire, un sous-échantillon d'1g du contenu digestif est ajouté à 10 ml d'eau de mer formolé à 10 %. Ensuite 1ml de cette préparation est mise sur une lame pour observation microscopique (Sonnenholzner, 2003). La préparation placée sous l'objectif du microscope, est déplacée au hasard. A chaque position, l'espèce se trouvant exactement au centre du champ visuel est identifiée ; il s'agit d'un contact. Lorsque deux espèces sont superposées, un contact est compté pour chacune d'elle.

Les contacts vides ne sont pas pris en compte. Dix contacts sont réalisés pour chaque lame, soit 100 contacts pour l'ensemble d'un contenu digestif. La somme des contacts pour un item établit le pourcentage de sa présence dans le contenu digestif.

## **V. Analyses statistiques des données**

Une analyse de variance multivariée par permutation (PERMANOVA) (Anderson, 2001) a été utilisée pour tester la dissimilarité du régime alimentaire entre les espèces d'holothuries étudiées. La relation de dissimilarité permettant la mesure du lien entre les espèces d'holothuries en termes de régime alimentaire, a été représentée graphiquement par un positionnement multidimensionnel non métrique (NMDS) (Clark, 1993). L'ensemble des analyses statistiques des données ont été effectuées moyennant le logiciel R v3.4.1 (R Core Team, 2017).

**CHAPITRE 3 :**  
**RESULTATS ET DISCUSSION**

## I. Résultats

Les principaux types d'aliments observés dans les contenus digestifs des différentes espèces d'Holothuries étudiées sont (voir Annexe) :

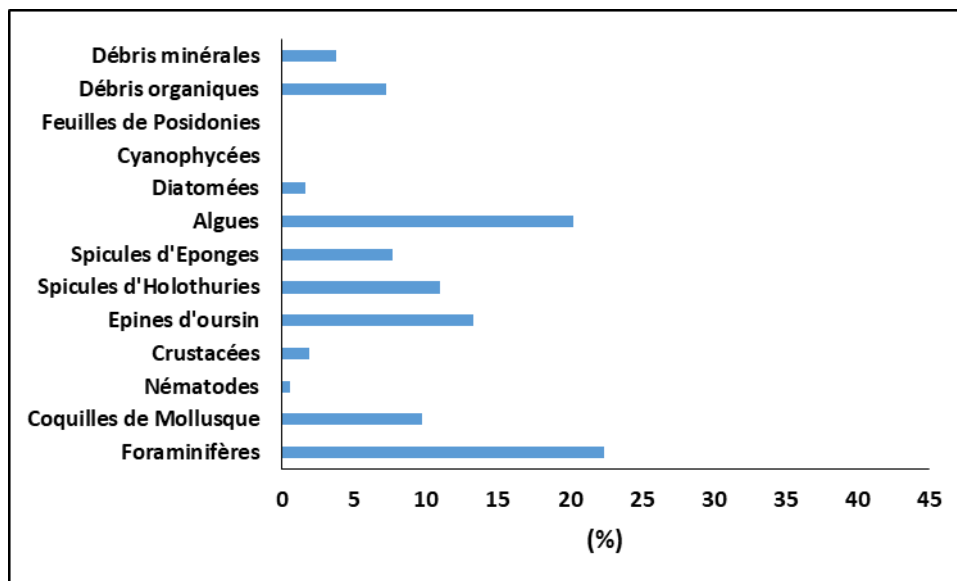
- Diatomées,
- Spicules d'Eponges,
- Epines d'oursins,
- Feuilles Posidonie,
- Spicules d'Holothuries,
- Nématodes,
- Algues,
- Débris minérale,
- Cyanophycées,
- Foraminifères,
- Débris organiques,
- Crustacées,
- Coquilles de Mollusques.

Les Foraminifères et les Algues macrophytes constituent les principaux aliments retrouvés dans le contenu digestif de l'espèce *Holothuria arguinensis* avec respectivement 22.38% et 20.27% (Tab. 01, Fig. 17). Par ailleurs, les épines d'Oursins, spicules d'Holothuries, coquilles de Mollusques et les spicules d'Eponges ne sont que moyennement consommés par cette espèce, avec respectivement 13.34%, 10.96%, 9.76% et 7.67% (Tab. 01, Fig. 17). Certains

aliments tels que les Crustacées (1.93%), les Diatomées (1.66%) et les Nématodes (0.58%) ne sont que très peu consommés par *Holothuria arguinensis* ; alors que les Cyanophycées et les feuilles de Posidonie ne sont pas du tout consommées (Tab. 01, Fig. 17).

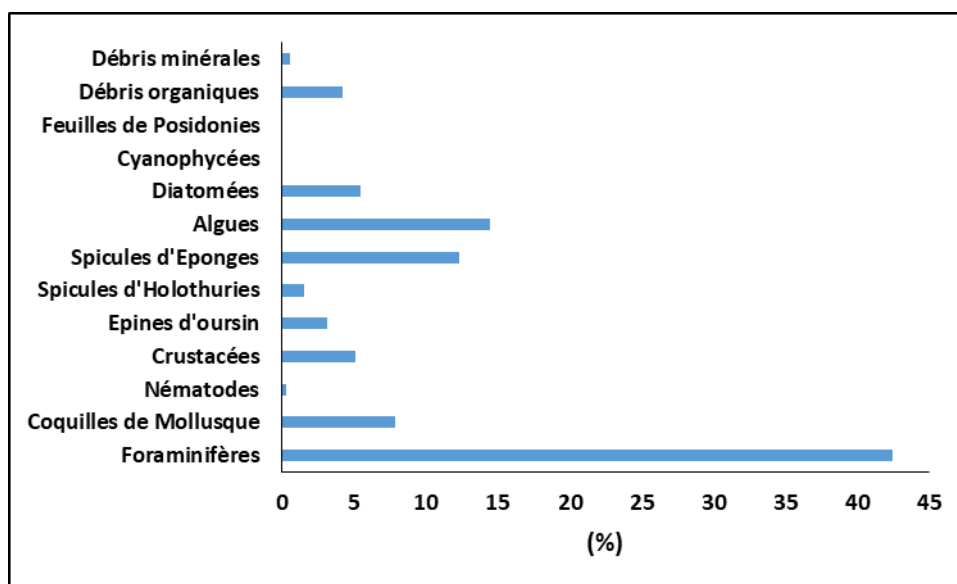
**Tableau 01** : Proportions (Moyenne  $\pm$  Ecart type) des différentes sources alimentaires dans le régime alimentaire des Holothuries étudiées.

	<i>H. arguinensis</i>	<i>H. forskali</i>	<i>H. poli</i>	<i>H. sanctori</i>	<i>H. tubulosa</i>
<b>Foraminifères</b>	(22.38 $\pm$ 11.90)	(42.41 $\pm$ 8.91)	(33.11 $\pm$ 9.74)	(32.67 $\pm$ 9.54)	(44.03 $\pm$ 9.65)
<b>Coquilles de Mollusque</b>	(09.76 $\pm$ 03.19)	(07.89 $\pm$ 04.39)	(10.45 $\pm$ 03.58)	(06.9 $\pm$ 03.88)	(13.73 $\pm$ 05.26)
<b>Nématodes</b>	(0.58 $\pm$ 0.76)	(0.29 $\pm$ 0.62)	(0.47 $\pm$ 0.77)	(0.57 $\pm$ 0.82)	0
<b>Crustacées</b>	(01.93 $\pm$ 01.42)	(05.14 $\pm$ 03.52)	(01.92 $\pm$ 03.05)	(01.64 $\pm$ 02.07)	(02.88 $\pm$ 03.11)
<b>Epines d'oursin</b>	(13.34 $\pm$ 07.26)	(03.13 $\pm$ 02.74)	(08.89 $\pm$ 03.23)	(06.55 $\pm$ 04.31)	(09.89 $\pm$ 04.03)
<b>Spicules d'Holothuries</b>	(10.96 $\pm$ 05.76)	(01.54 $\pm$ 01.29)	(06.78 $\pm$ 07.37)	(02.96 $\pm$ 5.83)	(0.29 $\pm$ 0.63)
<b>Spicules d'Eponges</b>	(07.67 $\pm$ 06.60)	(12.35 $\pm$ 09.86)	(03.48 $\pm$ 03.45)	(14.57 $\pm$ 04.90)	(05.53 $\pm$ 02.70)
<b>Algues</b>	(20.27 $\pm$ 12.26)	(14.45 $\pm$ 06.54)	(02.40 $\pm$ 02.27)	(25.05 $\pm$ 11.36)	(08.93 $\pm$ 07.15)
<b>Diatomées</b>	(01.66 $\pm$ 01.93)	(05.46 $\pm$ 02.98)	(03.02 $\pm$ 01.59)	(01.44 $\pm$ 01.90)	(08.13 $\pm$ 09.49)
<b>Cyanophycées</b>	0	0	(0.14 $\pm$ 0.04)	(01.2 $\pm$ 0.40)	0
<b>Feuilles de Posidonies</b>	0	0	0	(0.16 $\pm$ 0.05)	(0.44 $\pm$ 0.63)
<b>Débris organiques</b>	(07.28 $\pm$ 04.70)	(04.25 $\pm$ 04.70)	(09.17 $\pm$ 04.24)	(05.68 $\pm$ 04.79)	(05.89 $\pm$ 3.03)
<b>Débris minérales</b>	(03.76 $\pm$ 03.30)	(0.57 $\pm$ 01.03)	(0.66 $\pm$ 01.11)	(01.7 $\pm$ 0.86)	0



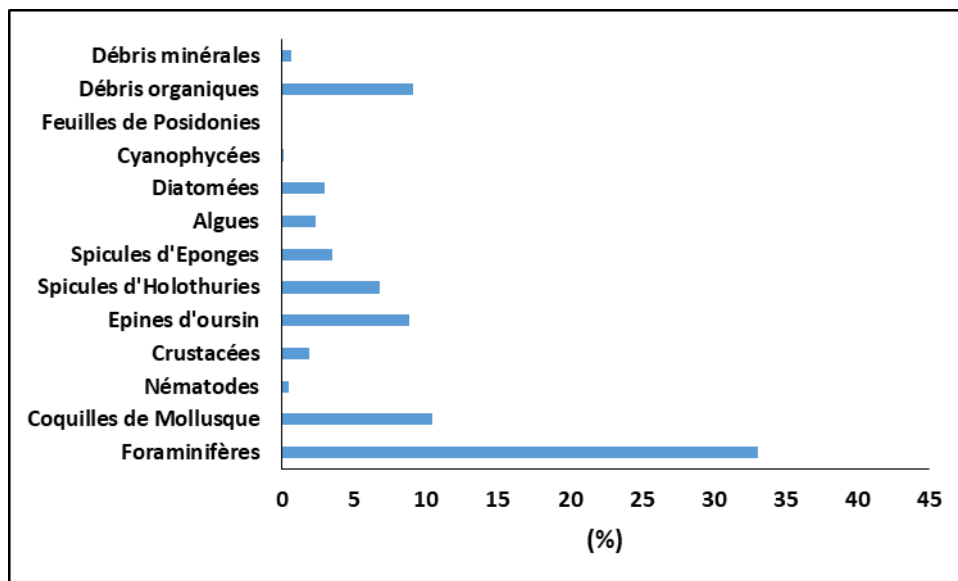
**Figure 17 :** Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce *Holothuria arguinensis*.

Les résultats obtenus montrent que les Foraminifères constituent le principal aliment consommé par *Holothuria forskali* avec un pourcentage de 42.41% de l'ensemble de son contenu digestif, suivi par les Algues et les spicules d'Eponges avec respectivement 14.45% et 12.35% (Tab. 01, Fig. 18). D'autre part, les coquilles de Mollusque (7.89%) et les Diatomées (5.46%) sont faiblement consommés par l'espèce *Holothuria forskali*, tandis que les épines d'Oursin (3.13%) et les Nématodes (0.29%) ne représentent qu'une très faible proportion du régime alimentaire de cette espèce d'holothurie (Tab. 01, Fig. 18). Nous ne signalons aucune présence de Cyanophycées et de feuilles de Posidonie dans le contenu digestif de l'espèce *Holothuria forskali* (Tab. 01, Fig. 18).



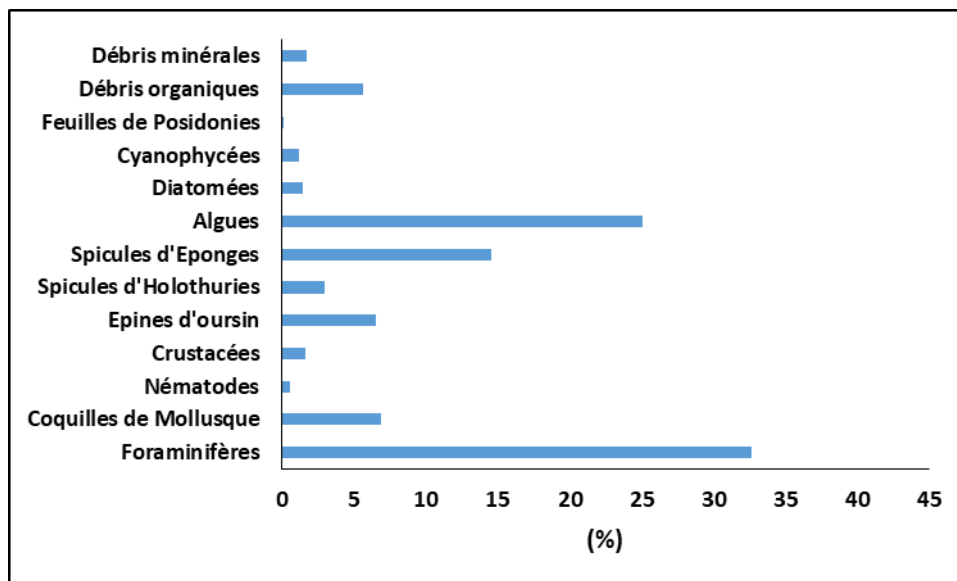
**Figure 18 :** Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce *Holothuria forskali*.

L'aliment le plus consommé par *Holothuria poli* est représenté par les Foraminifères (33.11%) (Tab. 01, Fig. 19). Par ailleurs, les coquilles de Mollusques, les épines d'Oursin et les spicules d'Holothuries sont moyennement consommés par *Holothuria poli*, avec respectivement 10.45%, 8.89% et 6.78% (Tab. 01, Fig. 19). Nous remarquons une très faible présence de spicules d'Eponge (3.48%), de Diatomées (3.02%), d'Algues (2.4%), de Nématodes (0.47%) et de Cyanophycées (0.14%) dans le contenu digestif de l'espèce *Holothuria poli*, ainsi qu'aucune présence de feuille de Posidonie (Tab. 01, Fig. 19).



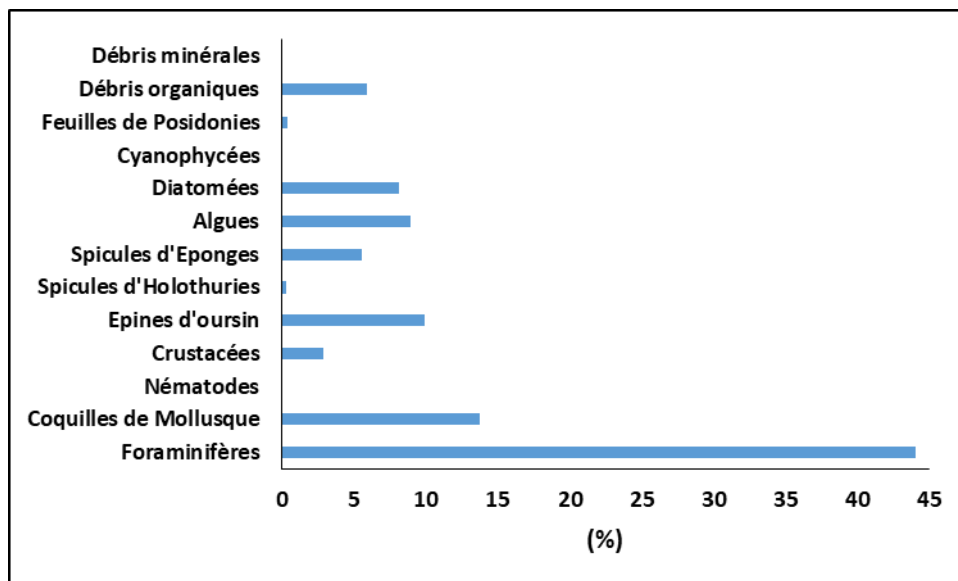
**Figure 19 :** Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce *Holothuria poli*.

Les Foraminifères et les Algues macrophytes sont très consommées par *Holothuria sanctori* (avec respectivement 32.67% et 25.05%), alors que les spicules d'Eponges (14.57%) ne sont que moyennement représentées dans le contenu digestif de l'espèce (Tab. 01, Fig. 20). Par contre, les autres aliments (coquilles de Mollusques, des épines d'Oursin, spicules d'Holothuries, Crustacées, Diatomées, Cyanophycées et Nématodes avec respectivement 6.9%, 6.55%, 2.96%, 1.64%, 1.44%, 1.2% et 0.57%) ne sont que très faiblement consommés par *Holothuria sanctori* (Tab. 01, Fig. 20). Les feuilles de Posidonies sont présentes dans le contenu digestif d'*Holothuria sanctori* avec un très faible pourcentage, à savoir 0.16% (Tab. 01, Fig. 20).



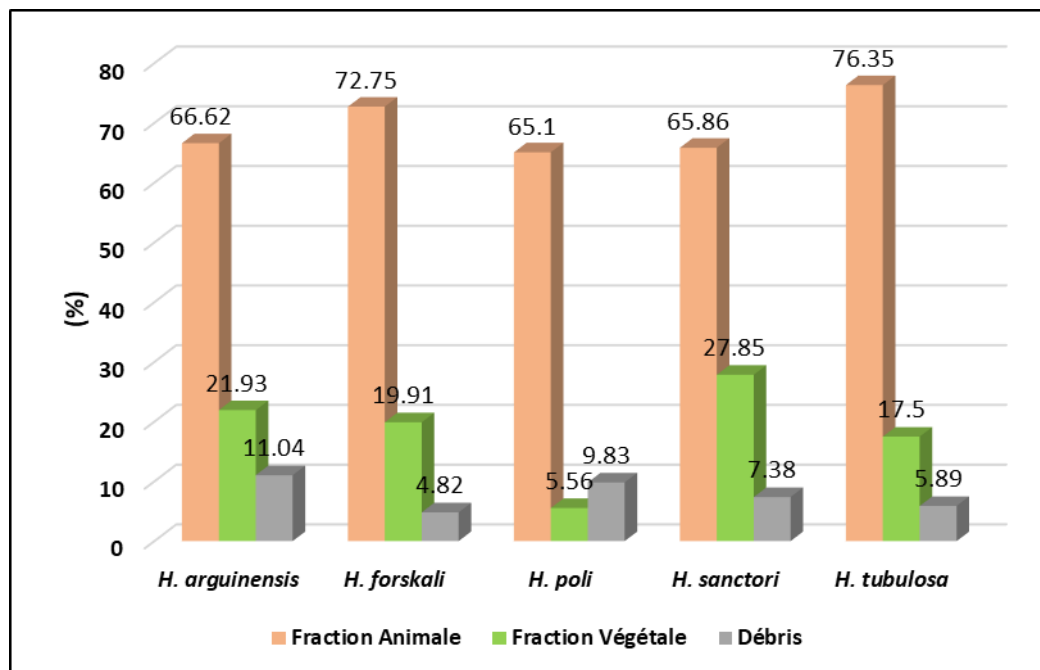
**Figure 20 :** Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce *Holothuria sanctori*.

Les Foraminifères occupent une large place dans le régime alimentaire d'*Holothuria tubulosa* avec 44.03%, suivi par les coquilles de Mollusques avec 13.73% (Tab. 01, Fig. 21). Les proportions des épines d'Oursins, d'Algues et de Diatomées dans le contenu digestif d'*Holothuria tubulosa* sont relativement faibles (avec respectivement 9.89%, 8.93% et 8.13%) (Tab. 01, Fig. 21). Par ailleurs, les spicules (5.53%), les Crustacées (2.88%), les feuilles de Posidonie (0.44%) et les spicules d'Holothuries (0.29%) ne montrent que de très faible proportions par rapport aux précédentes sources alimentaires (Tab. 01, Fig. 21). Il est à noter que les Cyanophycées et les Nématodes ne sont pas consommés par l'espèce *Holothuria tubulosa* (Tab. 01, Fig. 21).



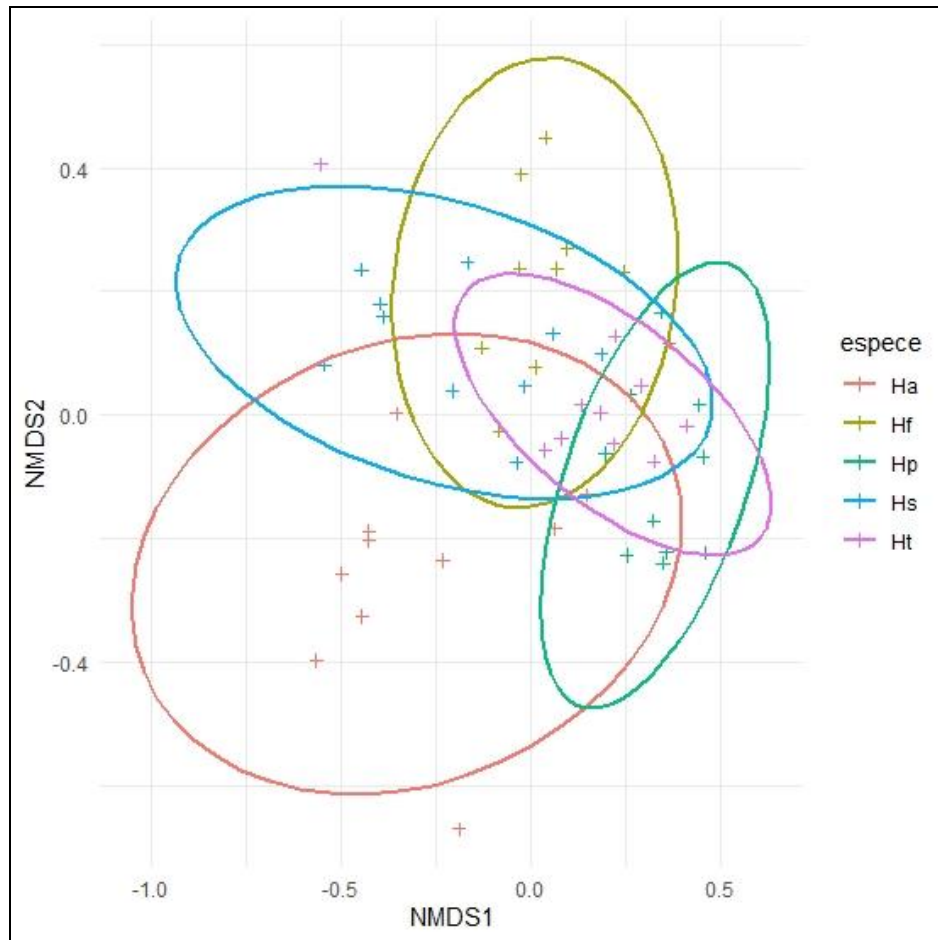
**Figure 21 :** Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce *Holothuria tubulosa*.

Les résultats de notre travail nous montrent également que l'ensemble des Holothuries étudiées consomment beaucoup plus des aliments appartenant à la fraction animale, par rapport à ceux appartenant à la fraction végétale (Fig. 22). Il est à noter que *Holothuria tubulosa* est l'espèce qui consomme le plus d'aliment d'origine animale (avec 76.35%), alors que c'est l'espèce *Holothuria sanctori* qui consomme le plus d'aliment d'origine végétale (avec 27.85%) (Fig. 22). Par ailleurs, les débris (principalement organique) ne présentent qu'une faible proportion du contenu digestif des Holothuries étudiées (Fig. 22).



**Figure 22 :** Proportions (en %) des deux fractions végétale et animale, ainsi que des débris (minérale et organique) dans le contenu digestif des Holothuries étudiées.

Les résultats de l'analyse de variance multivariée par permutation révèlent une différence très hautement significative du régime alimentaire entre l'ensemble des holothuries étudiées lors du présent travail (PERMANOVA,  $P < 0.001$ ). D'autre part, la représentation graphique du NMDS (Fig. 23), nous révèlent qu'il existe deux groupes d'espèces en fonction de la ressemblance des ellipses. Un premier groupe formé par *Holothuria poli* et *Holothuria tubulosa*, avec des ellipses étroites et présentant un important chevauchement ; ainsi qu'un second groupe formé par les deux espèces *Holothuria forskali* et *Holothuria sanctori*, avec des ellipses larges, présentant elles aussi un important chevauchement (Fig. 23). Toutefois, il apparaît très bien que la forme de l'ellipse de l'espèce *Holothuria arguinensis*, est différente de celles des autres espèces (Fig. 23).



**Figure 23 :** Analyse du positionnement multidimensionnel non métrique (NMDS) mettant en évidence la relation entre les différentes espèces d’holothuries étudiées selon leurs régimes alimentaire. Ha : *Holothuria arguinensis* ; Hf : *Holothuria forskali* ; Hp : *Holothuria poli* ; Hs : *Holothuria sanctori* et Ht : *Holothuria tubulosa*.

## II. Discussion

Les sources alimentaires observées dans le contenu digestif de l'ensemble des Holothuries étudiées sont très variées ; nous pouvons les regrouper en deux grandes fractions : une fraction animale nettement dominante et une fraction végétale qui n'est représentée que par une faible proportion. La fraction animale est également dominante dans le régime alimentaire de l'espèce *Parastichopus regalis* (Ellakermi *et al.*, 2021). Par contre, Belbachir et Mezali (2018, 2020a) avaient obtenus des résultats inverses.

Les Foraminifères constituent l'aliment le plus consommé par toutes les espèces d'holothuries. En effet, Bakus (1973) considère cet aliment comme l'une des sources principales de nourriture pour les holothuries. Toutefois, nos résultats montrent que les Foraminifères est le seul aliment à être apprécié par toutes les Holothuries, ils montrent également l'existence de deux groupes d'espèces de concombre de mer en terme préférence alimentaire : Dans le premier groupe nous avons les deux espèces *Holothuria poli* et *Holothuria tubulosa* qui préfèrent beaucoup plus les coquilles de Mollusques, alors que dans le deuxième groupe *Holothuria forskali* et *Holothuria sanctori* qui montrent une préférence pour les Algues et les spicules d'éponge. L'espèce *Holothuria arguinensis* se démarque des deux groupes d'espèces avec une préférence pour les Algues, les épines d'oursin et les spicules d'Holothuries. Une forte proportion d'algues macrophytes a été également signalée par Sonnenholzner (2003) chez l'espèce *Holothuria theeli*. Selon des études récentes, une quantité considérable protéines (7 à 31 % du poids sec), de lipides (2 à 13 % du poids sec) et de glucides (jusqu'à 32-60% du poids sec) peuvent être trouvée dans les macroalgues (Biris-Dorhoi *et al.*, 2020) ; ce qui pourrait expliquer la préférence des Holothuries pour cet aliment. Contrairement à ce qui a été obtenu par Belbachir (2012), Belbachir et Mezali (2018, 2020a et 2020b), nos résultats montrent que les Diatomées ne sont que peu représentées dans le

contenu digestif des Holothuries. Par ailleurs, il est à signaler que de très faibles proportions de feuilles de Posidonie sont consommées par les deux espèces *Holothuria tubulosa* et *Holothuria sanctori*.

Belbachir et Mezali, (2020b) avaient également obtenus d'importantes proportions d'algues chez les espèces *Holothuria sanctori*, *Holothuria forskali* et *Holothuria arguinensis*, mais dans l'ensemble, les proportions obtenus par ces deux auteurs sont différentes de ceux obtenus dans le présent travail, ce qui pourrait être due au facteur saison. En effet, Belbachir, (2018) et Belbachir et Mezali, (2020a) estiment que certaines espèces d'Holothuries présentent une plasticité trophique en fonction des saisons et de la disponibilité des aliments.

En se référant à la représentation graphique du NMDS, nous constatons que le plus important chevauchement du régime alimentaire existe entre les deux espèces *Holothuria poli* et *Holothuria tubulosa*, ainsi qu'entre les deux espèces *Holothuria forskali* et *Holothuria sanctori*. Ce résultat implique une similitude du régime alimentaire entre *Holothuria poli* et *Holothuria tubulosa*, ainsi qu'entre *Holothuria forskali* et *Holothuria sanctori*, confirmant ainsi les résultats de l'analyse des contenus digestifs. Le régime alimentaire de l'espèce *Holothuria arguinensis* ne se chevauche que légèrement avec celui du reste des espèces d'Holothuries étudiées, ce qui veut dire que son régime alimentaire se démarque des autres espèces d'Holothuries. Dans l'ensemble, Belbachir et Mezali, (2020b) avaient obtenus des résultats similaires, la seule différence réside dans la taille de l'ellipse chez l'espèce *Holothuria arguinensis*. L'ellipse obtenue lors du présent travail est très large ce qui signifie que cette espèce peut être considérée comme espèce généraliste (ou opportuniste), alors que celui obtenu par ces auteurs indique une espèce spécialiste. À partir de là, nous estimons que l'espèce *Holothuria arguinensis* est une espèce caractérisée par une plasticité trophique.

# **CONCLUSION**

### Conclusion

Les sources alimentaires consommées par les cinq espèces d'holothuries étudiées sont diversifiées et sont d'origine animale (fraction dominante) et une végétale. La fraction animale est composée de : Foraminifères, Crustacées, Spicules d'éponges, Spicules d'Holothuries, coquilles de Mollusques, épine d'Oursins, ainsi que de Nématodes. D'autre part, la fraction végétale est composée de : feuilles de Posidonies, Algues macrophytes, Cyanophycées et de Diatomées. Globalement, nous constatons que les Foraminifères constituent l'aliment de base chez l'ensemble des Holothuries étudiées, du moment que ces dernières les consomment avec de très fortes proportions. Les espèces *Holothuria forskali*, *Holothuria sanctori* et *Holothuria arguinensis* font également des algues macrophytes un aliment de choix. Par ailleurs, le reste des sources alimentaires ne sont que moyennement ou faiblement consommées par l'ensemble des Holothuries étudiées lors du présent travail.

A travers notre travail, nous pouvons départager les Holothuries étudiées en deux groupes distincts en fonction de leurs régime alimentaire, ces deux groupes présentent chacun une similitude du régime alimentaire entre les espèces : Un premier groupe composé de *Holothuria poli* et *Holothuria tubulosa* avec une préférence pour les Foraminifères et les coquilles de Mollusques ; ainsi qu'un deuxième groupe avec *Holothuria forskali* et *Holothuria sanctori* qui montrent une préférence pour Foraminifères, les Algues et les spicules d'Eponge. L'espèce *Holothuria arguinensis* se démarque des deux groupes d'espèces avec une préférence pour les Algues, les épines d'oursin et les spicules d'Holothuries ; cette espèce peut être qualifiée d'espèce généraliste ayant une certaine plasticité trophique.

# **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

Références bibliographiques

A

**Anderson M.J., (2001).** A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology*, **26**: 32-46.

**Arnone M.I., Byrne M., Martinez P. (2015).** Echinodermata. In: Wanninger A (ed) Evolutionary developmental biology of invertebrates 6. Springer-Verlag Wien, pp 1-58.

**Astall C.M., Johns M.B. (1991).** Respiration and biometry in *Holothuria forskali*. *J. Mar. Biol.*, **71** : 73-81.

**Attoub S., Arafat K., Gélaude A., Al Sultan M.A., Bracke M., Collin P., Takahashi T., Adrian T.E., De Wever O. (2013).** Frondoside a suppressive effects on lung cancer survival, tumor growth, angiogenesis, invasion, and metastasis. *PLoS one*, **8**: e53087.

**Azzolina J. F., Harmelin J. G. (1989).** Répartition et fluctuation de trois espèces littorales d'holothires à Port-Cros (Méditerranée. France). International Workshop on *Posidonia* beds, Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V., édit., GIS Posidonie publ., Fr., **2** : 219-230.

B

**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.

**Bakus G.J. (1973).** The biology and ecology of tropical holothurians. In: O.A. Jones and R. Endean (eds.). The biology and geology of coral reefs. *Academic Press*. New York, **2**: 325-367.

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

**Belbachir N. (2012).** Contribution à l'étude écologique de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813) de la frange côtière de Mostaganem : Etat de santé et relation entre plante et échinoderme. *Mémoire de Magister en Biologie*. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem. 181 p.

**Belbachir N. (2018).** Rôle des Holothuries aspidochirotés dans le fonctionnement du réseau trophique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813) de la frange côtière de Mostaganem. *Thèse de Doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem*. 167 p.

**Belbachir N., Mezali K., Soualili D.L. (2014).** Selective feeding behaviour in some aspidochirotid holothurians (Echinodermata: Holothuroidea) at Stidia, Mostaganem Province, Algeria. *SPC Bêche-de-mer Information Bulletin*, (34) : 34-37.

**Belbachir N., Mezali K. (2018).** Préférences alimentaires de quatre espèces d'holothuries Aspidochirotés (Holothuroidea : Echinodermata) inféodées aux herbiers de posidonies de la région de Mostaganem (Algérie). *SPC Bêche-de-mer Information Bulletin*, (38) : 25-30.

**Belbachir N., Lepoint G., Mezali K. (2019).** Comparison of isotopic niches of four sea cucumbers species (Holothuroidea: Echinodermata) inhabiting two seagrass meadows in the southwestern Mediterranean Sea (Mostaganem, Algeria). *Belgian Journal Of Zoologie*, **149** (1) : 95-106.

**Belbachir N., Mezali K. (2020a).** Seasonal variation in food intake of *Holothuria (Roweothuria) poli* (Holothuroidea: Echinodermata) of Stidia in Mostaganem, Algeria. *SPC Beche-de-Mer Information Bulletin*, **40**: 27-31.

**Belbachir N., Mezali K. (202b).** Interspecific competition and invasive capacity of *Holothuria (Roweothuria) arguinensis*: does its diet represent a danger for native Mediterranean species? *Vie et milieu - Life and environment*, **70** (3-4): 311-314.

**Benghali S.M.E. (2015).** Biologie et dynamique de la population de la moustelle blanche *Phycis blennoides* (Brünnich, 1768) pêchée dans la région de Mostaganem. *Thèse de Doctorat*. Université d'Oran. 501 pp.

**Benhamidi. (2002).** Analyse microbiologique et physique-chimique des deux rejets de complexe laitier de sidi Saada de Relizane et de l'unité de l'hydrolyse de Mostaganem. *Mémoire d'ingénieur d'état en agronomie* ; Université de Mostaganem. 69 pp.

**Biris-Dorhoi E.S., Michiu D., Pop C.R., Rotar A.M. , Tofana M., Pop O.L. , Socaci S.A., Farcas A.C. (2020).** Macroalgae: A Sustainable Source of Chemical Compounds with Biological Activities. *Nutrients*. **12 (10):** 3085.

**Birkeland C. (1988).** The influence of echinoderms on coral-reef communities. *Echinoderm Studies*, **3** : 1-79.

**Bruckner A. (2005).** The Proceedings of the Technical workshop on the conservation of sea cucumbers in the families *Holothuridae* and *Stichopodidae*. *NOAA Technical Memorandum NMFSOPR 44*, Silver Spring, MD, 239 p.

### C

**Chekaba B. (2002).** Analyses granulométrique et chimiques du contenu digestif de cinq espèces d'Holothuries spidochirotes (Holothuroidea :Echinodarmata) de trois sites littoral :sidi-Fredj, Tamentfoust et figuier plage-algérie.memoir DEA islâm, Alger Algérie, :1-55p.

**Chen J. (2003).** Overview of sea cucumber farming and sea ranching practices in China. *SPC beche-de-mer Information Bulletin*, 18-23.

**Choe S. (1963).** Biology of the Japanese Common Sea Cucumber *Stichopus japonicus*, Selenka. *Pusan National University press*, Pusan: 1-226.

**Clarke K.R. (1993).** Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, **18**: 117-143.

**Conand C. (1994).** Les holothuries : ressource halieutique des lagons. *Rapports Scientifiques Techniques Biologie Marine*, (**65**) : 1-86.

**Conand C. (1998).** Holothurians. *In*: Carpenter K. and Niem V. (eds). FAO species identification guide. The marine living resources of the Western Central Pacific. Vol 2 Cephalopods, Crustaceans, Holothurians and Sharks. 1157–1190.

**Conand C., Sloan N.A. (1989).** World fisheries for echinoderms. *In*: Marine Invertebrate Fisheries: Their Assessment and Management (ed J.F. Caddy). *Wiley, Chichester*, pp. 647–663.

**Costa V., Mazzola A., Vizzini S. (2014).** *Holothuria tubulosa* Gmelin 1791 (Holothuroidea, Echinodermata) enhances organic matter recycling in *Posidonia oceanica* meadows. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **461**: 226-232.

**Costello M.J. (2001).** European register of marine species: a checklist of the marine species in Europe and a bibliography of guides to their identification. Collection Patrimoines Naturels. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. 463 pp.

**Coteur G., Gosselin P., Wantier P., Chambost-Manciet Y., Danis B., Pernet Ph., Warnau M., Dubois P. (2003).** Echinoderms as bioindicators, bioassays, and impact assessment tools of sediment-associated metals and PCBs in the North Sea. *Arch Environ Contam Toxicol*. 45:190-202.

## D

**Dance S.K., Lane I., Bell J.D. (2003).** Variation in short-term survival of cultured sandfish (*Holothuria scabra*) released in mangrove-seagrass and coral reef flat habitats in Solomon Islands. *Aquaculture*, **220**: 495-505.

**DeMoor S., Waite H.J., Jangoux M. J., Flammang P. J. (2003).** Characterization of the adhesive from Cuvierian tubules of the sea cucumber *Holothuria forskali* (Echinodermata, Holothuroidea). *Mar. Biotechnol.* **5(1)**: 45-75.

**Dupont S., Thorndyke M. (2007).** Bridging the regeneration gap: insights from echinoderm models. *Nat. Rev. Genet.* **8**: 320.

### E

**Elakkermi M., Mezali K., Khodja I., Belbachir N., Benzait H., Soualili D.L. (2021).** Gut content analysis of *Parastichopus regalis* (Cuvier, 1817) from the west Algerian coast. *SPC Beche-de-Mer Information Bulletin*, **41**: 15-31.

### F

**FAO., (2008).** Sea cucumbers: A global review of fisheries and trade. FAO Fisheries and aquaculture technical paper. No. 516. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization. 331 p.

**FAO., (2010).** Putting into Practice an Ecosystem Approach to Managing Sea Cucumber Fisheries. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

**FAO., (2012).** The state of world fisheries and aquaculture. *In*: Department Fisheries and Aquaculture. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 230 p.

**Fankboner P.V., Cameron J.L. (1985).** Seasonal atrophy of the visceral organs in a sea cucumber. *Can. J. Zool.*, **63** : 2888-2892.

**Feral J.P. (1985).** Nutrition chez un invertébré marin détritivore : *Leptosynapta galliennei* (Holothurioidea, Echinodermata). Thèse de Doctorat, Université Pierre et Marie Curie (Paris 6). 390 pp.

**Feral J.P., Massin C. (1982).** Structure and function of the digestive organs: Holothuroidea. p. 191–212. *In: Jangoux M. and Lawrence J. (eds). Echinoderm's nutrition.* Balkema, Rotterdam.

**Fisher W. (1987).** Identification des espèces pour les besoins de la pêche (révision 1). Méditerranée et mer noire. Zone de pêche 37. Volume I. Végétaux et invertébrés. *Publication préparée par la F.A.O, résultat d'un accord entre la F.A.O et la C.E.E., Rome, F.A.O., Vol. 1-760.*

**Francour P. (1984).** Biomasse de l'herbier à *Posidonia oceanica* : données préliminaires pour les compartiments "matte", Echinodermes et poissons. *Mémoire Diplôme Etudes Approfondies Océanologie Biologique, Université Pierre et Marie Curie, Paris: 1-72.*

**Francour P. (1997).** Predation on holothurians: a literature review. *Invertebrate Biology*, **116**: 52-60.

**Francour P. (1990).** Dynamique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* dans le Parc national de Port-Cros. Analyse des compartiments "matte", litière, faune vagile, échinodermes et poissons. *Thèse Doct. Océanol. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, Fr.: 1-373.*

**Frantzis A., Berthon J.F., Maggiore F. (1988).** Relation trophique entre les oursins *Arbacia lixula* et *Paracentrotus lividus* (Echinoidea regularia) et le phytobenthos infralittoral superficiel de la baie de Port- Cros (Var France). *Scientific Repport of Port-Cros National Park*, **14** : 81-140.

## G

**García-Arrarás J.E., Greenberg M.J. (2001).** Visceral regeneration in holothurians. *Microsc. Res. Tech.* **55**: 438-451.

**Gentle M.T. (1979).** The fisheries biology of bêche-de-mer. *South Pac. Bull.*, **29 (4)**: 25-27.

**González-Wangüemert M., Borrero-Pérez G. (2012).** A new record of *Holothuria arguinensis* colonizing the Mediterranean Sea. *Mar. Biodiv. Rec.* **5**: e105.

**Guille A., Laboute P., Menou J.L. (1986).** Guide des étoiles de mer, oursins et autres échinodermes du Lagon de Nouvelle-Calédonie. Paris : ORSTOM, (25), 238 p. (Faune Tropicale ; 25).

### H

**Hamel J.F., Mercier A. (1998).** Diet and feeding behaviour of the sea cucumber *Cucumaria frondosa* in the St. Lawrence estuary, eastern Canada. *Can. J. Zool.* **76**: 1194–1198.

**Hendler G., Miller J.E., Pawson D.L., Kier P. M. (1995).** Echinoderms of Florida and the Caribbean. Sea Stars, sea urchins and allies. *Smithsonian Institution Press*, Washington & London. 1-390.

### I

**Iken K., Konar B., Benedetti-Cecchi L., Cruz-Motta J. J., Knowlton A., Pohle G., Mead A., Miloslavich P., Wong M., Trott T., Mieszkowska N., Riosmena-Rodriguez R., Airoidi L., Kimani E., Shirayama Y., Frascetti S., Ortiz-Touzet M., Silva A. (2010).** Large-scale spatial distribution patterns of echinoderms in nearshore rocky habitats. *PLoS ONE.* **5**: e13845.

### J

**Jans D., Jangoux M. 1990.** Structures fines des sphérulocytes de l'holothuride *Holothuria tubulosa*. p. 261–267. In : C. De Ridder, Ph. Dubois, M.C. Lahaye and M. Jangoux (eds). Echinoderm Research. Balkema : Rotterdam.

**Jones R.S. (1968).** A suggested method for quantifying gut content in herbivorous fishes. *Micronesica*, **4 (2)**: 369-371.

K

**Kerr A.M., Stoffel E.M., Yoon R.L. (1993).** Abundance distribution of Holothuroids (Echinodermata: Holothuroidea) on a windward and leeward fringing coral reef, Guam, Mariana Islands. *Bulletin of Marine Science*. **52**: 780-791.

**Khoukhi. (2002).** Révision de la systématique et essai de détermination de la caryologie de quelque espèces d'Holothuries aspidochirotés (Holothuroidea : Echinodermata) de la région littoral de Salamandre (Mostaganem). *Mémoire d'ingénieur*. 70 p.

**Koehler. (1921).** Faune de France 1. Echinoderms .p. Lechevalier edit. Paris. 210 pp.

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

L

**Lalami-Taleb R. (1970).** Facteurs de répartition verticale du phytoplancton au large d'Alger. Thèse de Doctorat. Université d'Alger. 168 pp.

**Lavitra T. (2008).** Caractérisation, contrôle et optimisation des processus impliqués dans le développement postmétamorphique de l'holothurie comestible *Holothuria scabra* (Jaeger, 1833) (Holothuroidea : Echinodermata). *These de Doctorat*. Université de Mons-Hainaut. 166 pp.

**Lohrer A.M., Thrush S.F., Gibbs M.M. (2004).** Bioturbators enhance ecosystem function through complex biogeochemical interactions. *Nature*, **431**: 1092-1095.

M

**Mackey A., Hentschel B. (2001).** Factors that influence the reproduction of sea cucumbers. San Diego State University. San Diego.

- Mactavish T., Stenton-Dozey J., Vopel K., Savage C. (2012).** Deposit feeding sea cucumbers enhance mineralization and nutrient cycling in organically-enriched coastal sediments. *PLoS One*, **7(11)**: e50031.
- Marquet N. (2017).** Study of the reproductive biology and chemical communication of sea cucumbers (*Holothuria arguinensis* and *H. mammata*). Thèse de Doctorat. Université d'Algarve (Portugal). 175 pp.
- Mashanov V.S., García-Arrarás J.E. (2011).** Gut regeneration in Holothurians: a snapshot of recent developments. *Biol. Bull.* **221**: 93-109.
- Massin C. (1980).** Morphologie fonctionnelle du tube digestif d'*Holothuria tubulosa* Gmel. (Echinodermata, Holothuroidea). p. 261–270. In: Jangoux M. (ed). Echinoderms present and past. Balkema, Rotterdam.
- Massin C. (1982).** Food and feeding mechanisms: Holothuroidea. In: *Echinoderm nutrition*. Jangoux M et Lawrence J.M., Balkema A.A., Publ., Rotterdam, Netherlands: 43-55.
- Massin C., Jangoux M. (1976).** Observations écologiques sur *Holothuria tubulosa*, *H. polii* et *H. forskali* et comportement alimentaire de *Holothuria tubulosa*. *Cahier de Biologie Marine France*. **17**: 45-59.
- Massin C., Van den spiegel D. (1990).** Holothuries. Des microcosmes ambulants. *Oceanorama* **15**: 5–10.
- Matranga V. (2005).** Echinodermata vol 39. Marine Molecular Biotechnology. Springer, Berlin. 277 pp.
- Meglitsch P. A. (1975).** Zoologie des Invertébrés III. Arthropodes, Mandibulates et Deutérostomiens. *Doin édit.* 1-362.

**Mercier A., Battaglione S.C., Hamel J.F. (1999).** Daily burrowing cycle and feeding activity of juvenile sea cucumbers *Holothuria scabra* in response to environmental factors. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **239**: 125-156.

**Mercier A., Battaglione S. C., Hamel J. F. (2000).** Periodic movement, recruitment and size-related distribution of the sea cucumbers *Holothuria scabra* in Salomon Islands. *Hydrobiologia*. **440** : 81-100.

**Mezali K. (1998).** Contribution à la systématique, la biologie, l'écologie et la dynamique de cinq espèces d'holothuries aspidochiotes [*Holothuria (Holothuria) tubulosa*, *Holothuria (Lessonothuria) polii*, *Holothuria (Holothuria) stellati*, *Holothuria (Panningothuria) forskali* et *Holothuria (Platyperona) sanctori*] de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L) Delile de la Presqu'île de Sidi-Fredj. Thèse Magister. Alger, Algérie ,238p.

**Mezali K. (2004).** Feeding behavior of *Holothuria tubulosa* and *Holothuria polii* of Tamentefoust area - Algeria. *Rapports P.V. du 37eme Congrès de la Commission Internationale Pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée* : Barcelone **Vol. 37**, p 535.

**Mezali K. (2008).** Phylogénie, Systématique, dynamique des populations et nutrition de quelques espèces d'holothuries aspidochiotes (Holothuroidea: Echinodermata) inféodées aux herbiers de Posidonies de la côte algéroise. *Thèse de Doctorat d'état. Institut des Sciences Biologiques / Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, Algérie*. 1- 208.

**Mezali K., Chekaba B., Zupo V. (2003).** Comportement alimentaire de cinq espèces d'holothuries aspidochiotes (Holothuroidea ; Echinodermata) de la presqu'île de Sidi Fredj-Algérie. *Mer. Soc. Zool. Fr. Paris, France*.

**Mezali K. (2004a).** Micro-répartition des holothuries aspidochiotes au sein de l'herbier de Posidonies de la presqu'île de Sidi-Fredj - Algérie. *Rapports P.V. Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée, Monaco, Vol. 37*, p 534.

## Références bibliographiques

**Mezali K. (2004b).** Feeding behaviour of *Holothuria tubulosa* and *Holothuria polii* of Tamentefoust area - Algeria. *Rapports P.V. du 37eme Congrès de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée* : Barcelone Vol. 37, p 535.

**Mezali K., Zupo V., Francour P. (2006).** Population dynamics of *Holothuria (Holothuria) tubulosa* and *Holothuria (Lessonothuria) poli* of an Algerian *Posidonia oceanica* meadow. *Biol. Mar. Medit.*, 13 (4): 158-161.

**Mezali K., Soualili D.L. (2013).** Capacité de sélection des particules sédimentaires et de la matière organique chez les holothuries. *SPC Bêche-de-mer Information Bulletin*, **33**: 38-43.

**Mezali K., Soualili D. L., Neghli L., Conand C. (2014).** Reproductive cycle of the sea cucumber *Holothuria (Platyperona) sanctori* (Holothuroidea: Echinodermata) in the southwestern Mediterranean Sea: Interpopulation variability. *Invertebrate reproduction and development*. **58 (3)**: 179-89.

**Mezali K., Thandar A.S. (2014).** First record of *Holothuria (Roweothuria) arguinensis* (Echinodermata: Holothuroidea: Aspidochirotida: Holothuriidae) from the Algerian coastal waters. *Mar. Biodivers. Rec.* **7 (e40)**: 1-4.

**Miller J. E., Pawson D. L. (1990).** Swimming sea cucumbers (Echinodermata: Holothuroidea): a survey, with analysis of swimming behavior in four bathyal species. *Smithson. Contrib. Mar. Sci.* **35**: 1-18.

**Millot C. (1987).** Circulation in the Western Mediterranean sea. *Oceanologica Acta*, **10 (2)**: 143-149.

## N

**Navarrete S. A., Menge B. A., Daley B. A. (2000).** Species interactions in intertidal food webs: prey or predation regulation of intermediate predators? *Ecology*. **81**: 2264-2277.

## Références bibliographiques

**Navarro P.G. (2012).** Biología y ecología de las holothurias (Echinodermata : Holothuroidea) de la isla de Gran Canaria (Atlántico central-oriental). Dissertation, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. 239 pp.

**Navarro P.G., García-Sanz S., Tuya F. (2014).** Contrasting displacement of the sea cucumber *Holothuria arguinensis* between adjacent nearshore habitats. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **453**: 123-130.

**Nedelec H. (1982).** Ethologie alimentaire de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Galéria (Corse) et son impacte sur les peuplements phytobenthiques. *Thèse Doct. 3eme Cycle océanogr. Boil., Univ. Paris 6, Fr.*: 1-175.

**Neghli L. S. (2014).** Cycles de reproduction et exploitation des holothuries Aspidochirotés (Holothuroidea : Echinodermata) inféodées aux herbiers à *Posidonia oceanica* de la côte algéroise. Mémoire de Magistère. Univ. Mostaganem, 88p.

**Nielsen, J.M., Clare, E.L., Hayden, B., Brett, M.T., Kratina, P., (2018).** Diet tracing in ecology: Method comparison and selection. *Methods in Ecology and Evolution*, **9**: 278-291.

## P

**Pawson D.L. (1966).** Ecology of holothurians. p. 63–71. *In*: Boolootian R.A. (ed). *Physiology of Echinodermata*. New York: *Interscience Publishers, John Wiley & Sons*. 822 p.

**Pawson D.L. (2007).** Phylum Echinodermata. *In*: Zhang, Z.Q. & Shear, W.A. (Eds) *Linnaeus Tercentenary: Progress in Invertebrate Taxonomy*. *Zootaxa*, **1668**: 749-767.

**Pawson D.L., Pawson D.J. (2008).** An illustrated key to the sea cucumbers of the South Atlantic Bight. *Southeastern Regional Taxonomic Center, South Carolina Department of Natural Resources, Charleston, South Carolina*. 1-37.

**Purcell S.W., Conand C., Uthicke S., Byrne M. (2016).** Ecological roles of exploited sea cucumbers. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, **54**: 367-386.

### R

**R Core Team (2017).** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

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

**Reise K. (2002).** Sediment mediated species interactions in coastal waters. *Journal of Sea Research*, **48**: 127-141.

**Roberts D., Gebruk A., Levin V., Manship B.A.D. (2000).** Feeding and digestive strategies in deposit-feeding Holothurians. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, **38**: 257-310.

**Rodrigues N. (2012).** New geographic distribution records for Northeastern Atlantic species from Peniche and Berlengas Archipelago. *Arquipel. Life. Mar. Sci.* **29**: 1-4.

**Roggatz C.C. (2012).** Health from the Ocean – Sea cucumbers as food of high nutritional value and source of bioactive compounds. Université d'Algarve. 39 pp.

### S

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

**Sicuro B., Levine J. (2011).** Sea Cucumber in the Mediterranean: A Potential Species for Aquaculture in the Mediterranean. *Reviews in Fisheries Science*, **19**: 299–304.

**Siegenthaler A., Cánovas F., González-Wangüemert M. (2015).** Spatial distribution patterns and movements of *Holothuria arguinensis* in the Ria Formosa (Portugal). *J. Sea. Res.* **102**: 33-40.

**Slimane Tamacha F., Mezali K., Soualili D. (2014).** Reproductive biology of *Holothuria (Roweothuria) poli* (Holothuroidea: Echinodermata) from Oran Bay, Algeria. *SPC Bêche-de-mer Information Bulletin*, **39**: 47-53.

**Smiley F. S. (1994).** Holothuroidea. *In*: E W. Harrison (eds.). *Microscopic Anatomy of Invertebrates*, 14: 401-471. Wiley. New York.

**Smiley F. S., McEuen F. S., chaffe C., Krishnan S. (1991).** Echinodermata: Holothuridea *In* : Giese A., Pearse J., Pearse V.B. (eds) , *Reproduction of marine invertebrates*, vol, VI Echinoderms and lophophorates. Boxwood Press, Pacific Grove, CA, pp, 663-750.

**Solan M., Cardinale B.J., Downing A.L., Engelhardt K.A.M., Ruesink J.L., Srivastava D.S. (2004).** Extinction and ecosystem function in the marine benthos. *Science*, **306**: 1177-1180.

**Sonnenholzner J. (2003).** Seasonal variation in the food composition of *Holothuria theeli* (holothuroidea: aspidochirotida) with observations on density and distribution patterns at the central coast of Ecuador. *Bulletin of Marine Science*, **73(3)**: 527–543.

### T

**Thandar A.S. (1988).** A new subgenus of *Holothuria* with a description of a new species from the south-east Atlantic Ocean. *J. Zool.* **215 (1)** : 47-54.

### U

**Uthicke S. (1999).** Sediment bioturbation and impact of feeding activity of *Holothuria (Halodeima) atra* and *Stichopus chloronotus*, two sediment feeding holothurians, at Lizard Island, Great Barrier Reef. *Bulletin of Marine Science*, **64**: 129-141.

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

**Uthicke S. (2001b).** Interactions between sediment-feeders and microalgae on coral reefs: Grazing losses versus production enhancement. *Marine Ecology Progress Series*, **210**: 125-138.

**Uthicke S., Klumpp D.W. (1998).** Microbenthos community production in sediments of a near shore coral reef: seasonal variation and response to ammonium recycled by holothurians. *Marine Ecology Progress Series*, **16**: 1-11.

### W

**Wilkie I.C. (2001).** Autotomy as a prelude to regeneration in echinoderms. *Microsc. Res. Tech.* **55**: 369-396.

### Y

**Yamanouchi T. (1956).** The daily activity rhythms of the holothurians in the coral reefs of the Palao Islands. *Publ. Seto Marine Biol. Lab.*, **5**: 347-362.

**Yingst J. (1974).** The utilization of organic detritus and associated microorganisms by *Parastichopus parvimensis*, a benthic deposit-feeding holothurian. *PhD. Thesis, Univ. South California*: 1-154.

**Yuan X., Zhou Y., Mao, Y. (2015).** *Apostichopus japonicus*: A key species in integrated polyculture systems. In: *The Sea Cucumber Apostichopus japonicus: History, Biology and Aquaculture*, H. Yang et al. (eds.). London: Academic Press, 323-332.

### Z

**Zang Y., Tian X., Dong S., Dong Y. (2012).** Growth, metabolism and immune responses to evisceration and the regeneration of viscera in sea cucumber, *Apostichopus japonicus*. *Aquaculture*. **358–359**: 50-60.

**Zupo V., Fresi E. (1984).** A study of the food web of the *Posidonia oceanica* ecosystem: Analysis of the gut contents of Echinoderms. p. 373-379. *In*: Jeudy de Grissac C.F. et Olivier A.J. (eds). *International workshop on Posidonia oceanica beds. Boudouresque GIS Posidonie publication*. France.

# ANNEXES

## Annexe



**Figure A :** Foraminifères appartenant à différentes familles, observés dans le contenu digestif des Holothuries étudiées lors du présent travail. Famille des *Peneroplidae* (A), *Globigerinidae* (B), *Textulariidae* (C), *Spiroloculinidae* (D), *Elphidiidae* (E) et des *Spirillinidae* (F).



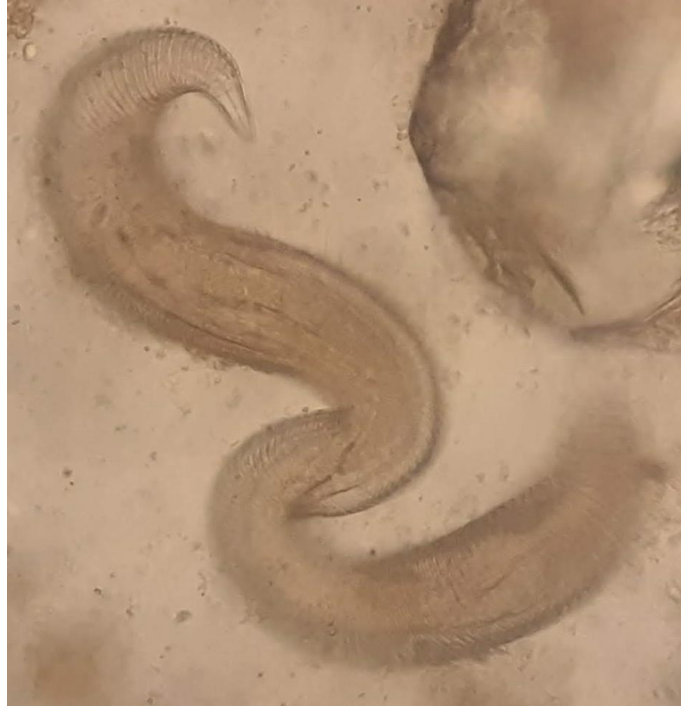
**Figure B :** Epine d'oursin observée dans le contenu digestif des Holothuries étudiées.



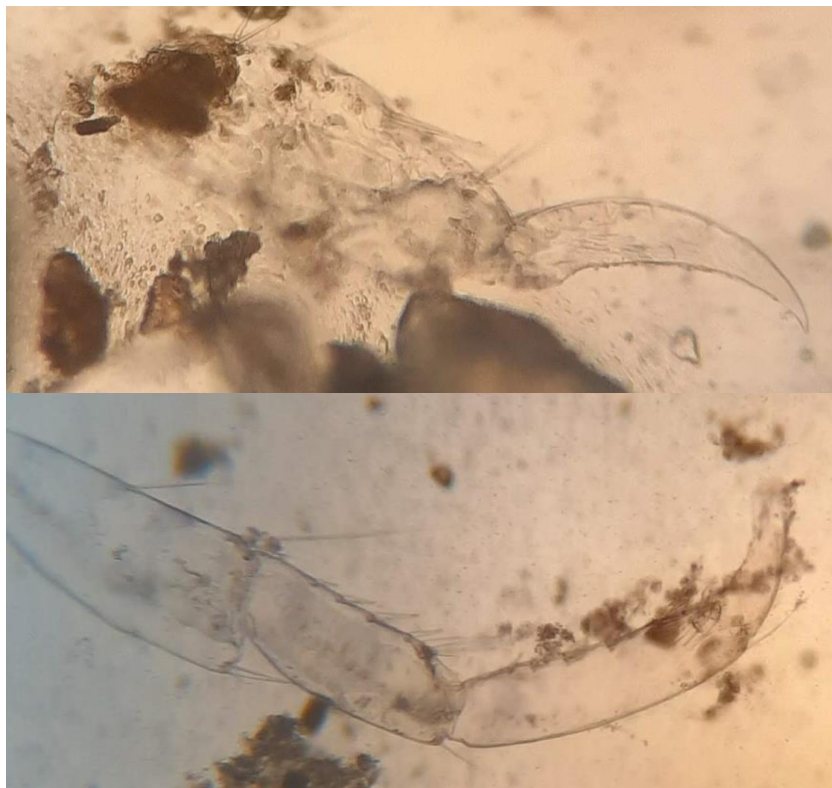
**Figure C :** Spicules d'Eponge observées dans le contenu digestif des Holothuries étudiées.



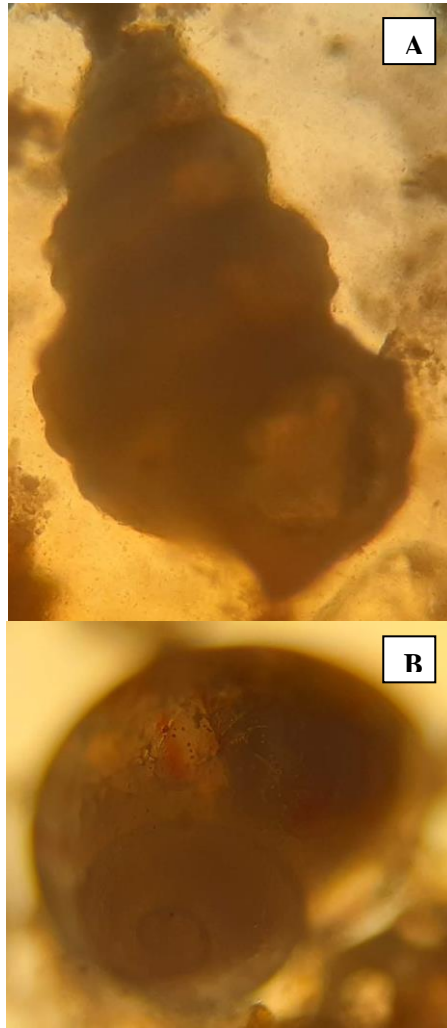
**Figure D :** Spicule d'Holothuries observée dans le contenu digestif des Holothuries étudiées.



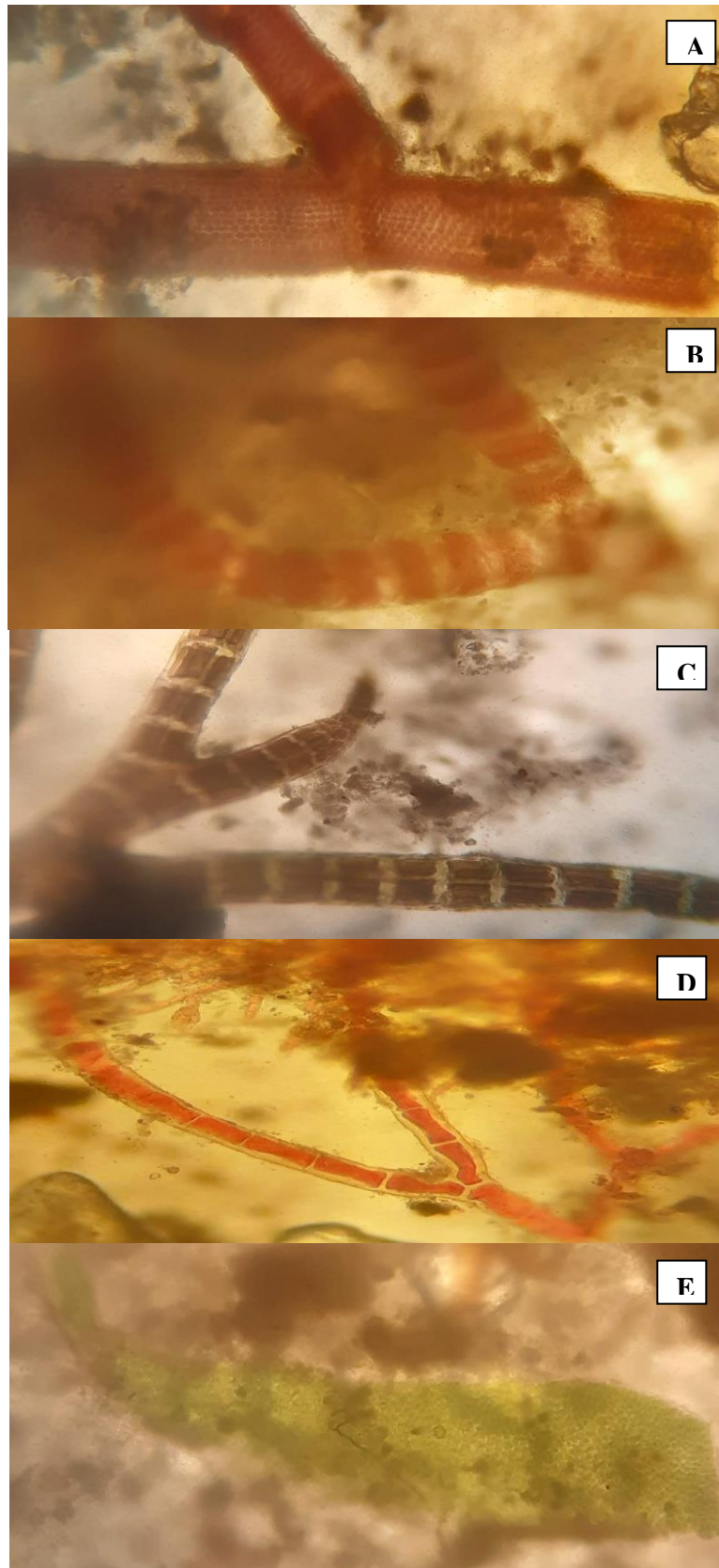
**Figure E** : Nématode observé dans le contenu digestif des Holothuries étudiées.



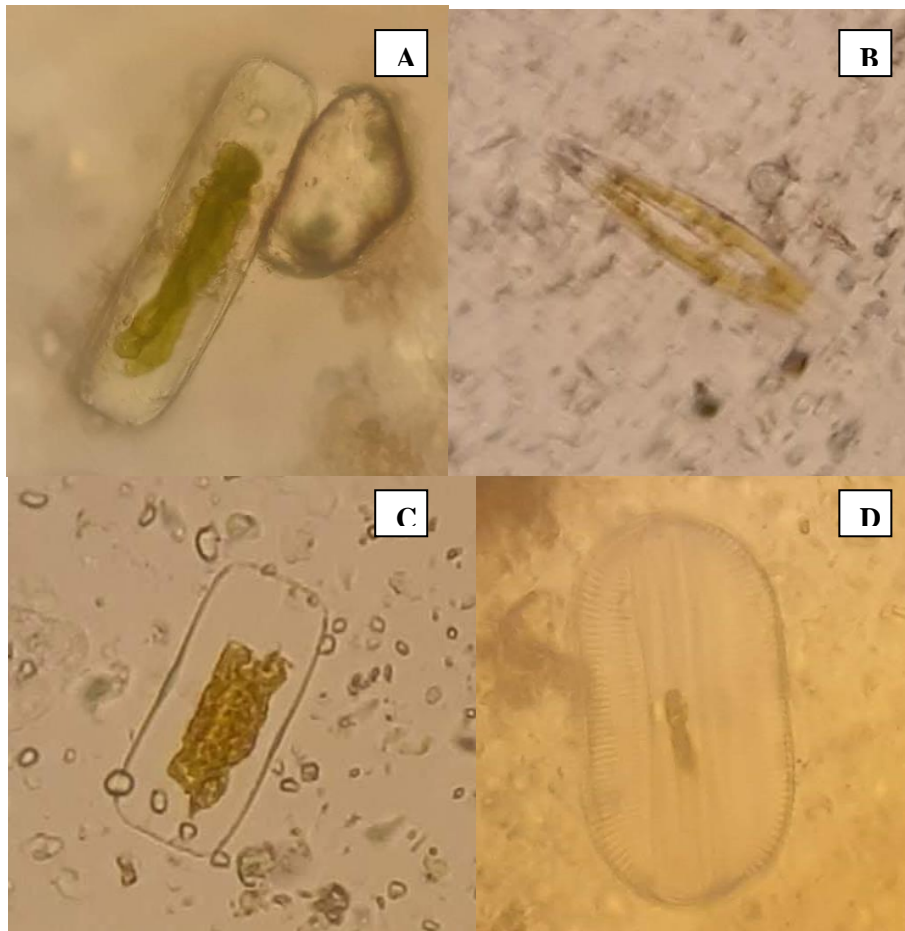
**Figure F** : Différentes parties de Crustacées observées dans le contenu digestif des Holothuries étudiées.



**Figure G :** Différentes coquilles de Mollusques observées dans le contenu digestif des Holothuries étudiées. Famille des *Rissoidea* (A), *Naticidae* (B).



**Figure H:** Différentes espèces d'Algues macrophytes observées dans le contenu digestif des Holothuries étudiées lors du présent travail. *Ceramium sp1* (A), *Ceramium sp2* (B), *Polysiphonia sp* (C), *Dasya sp* (D) et *Ulva sp* (E).



**Figure I :** Différentes espèces de Diatomées observées dans le contenu digestif des Holothuries étudiées lors du présent travail. *Navicula sp* (B) et *Diploneis sp* (D) ; (A) et (C) non identifiées.



**Figure :** Cyanophycée appartenant à la famille des *Oscillatoriaceae* observée dans le contenu digestif des Holothuries étudiées.