

République Algérienne Démocratique et Populaire

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



جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

**Messaoudene Lemya Djamila**

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE**

**Spécialité: Bioressources Marines**

THÈME

Contribution à l'étude du régime alimentaire chez l'espèce  
d'holothurie *Holothuria (Roweothuria) poli* Delle Chiaje,  
1824 de la zone côtière de Mostaganem

Soutenue le 09/07/2023

DEVANT LE JURY

Président	Bachir Bouiadjra Benabdellah	Pr.	U. Mostaganem
Encadreur	Belbachir Nour Eddine	MCA	U. Mostaganem
Examineur	Bekada Djamel Eddine.	MCA	U. Mostaganem

*Thème réalisé au Laboratoire d'Halieutique de l'Université de Mostaganem*

Année universitaire 2022/2023

## *Remerciements*

*Avant tout, je remercie ALLAH de m'avoir donné le courage et la patience de mener à bien ce travail.*

*Cette étude a pu voir le jour grâce à la collaboration de nombreuses personnes, et je souhaite les remercier du fond du cœur.*

*Je tiens à exprimer ma sincère gratitude envers moi-même avec une grosse fierté pour le travail remarquable que j'ai accompli, ainsi que pour le courage et la patience dont j'ai fait preuve pour mener à bien ce projet.*

*Je souhaite également remercier chaleureusement mon encadreur, **M.BELBACHIR Nor Eddine**, pour son précieux soutien, ses conseils éclairés et sa disponibilité tout au long de cette étude. ....*

*Je suis également reconnaissant envers **M. Bachir Bouiadjra Benabdellah** professeur à l'université de Mostaganem, d'avoir accepté avec bienveillance de présider le jury de ma mémoire et envers **M. Bekada Djamel Eddine** maitre assistante A à l'université de Mostaganem, d'avoir examiné et évalué attentivement mon travail.*

*Mes remerciements vont également à tout le personnel des laboratoires, en particulier **Mme Amina** et **Mme Imane** du laboratoire d'halieutique, pour leur assistance pendant mes expériences.*

*Enfin, je souhaite exprimer ma gratitude envers les professeurs du département des Sciences de Mer et de l'Aquaculture et mes collègues étudiants de **Master 2 BRM 2023** pour leur contribution à mon parcours académique.*

## *Dédicaces*

*C'est avec une profonde gratitude que je souhaite  
dédier humblement ce travail à :*

*Mes chers parents, qui ont toujours été à mes côtés  
tout au long de mes années d'études.*

*A mes frères Housseem et Miloud, mes sœurs, mes  
grandes mère et à toute la famille et spécialement mes  
tantes Djamila, Meryem, Kheira et Halima et ma  
cousine Imane.*

*A mes fidèles amis, Chahira, Khawla et Houda.*

*A tous mes collègues et tous les étudiants de la  
promotion BRM 2023.*

*En fin à tous les personnes qui m'encourager et  
contribué à la réussite de ce travail.*

### Résumé

Une étude du régime alimentaire chez l'espèce *Holothuria poli* de la zone côtière de Mostaganem (Stidia, Salamandre et Petit port), a été réalisée afin d'avoir un aperçu sur la contribution des différentes sources trophiques dans le régime alimentaire de cet animal benthique. Nos résultats montrent les sources trophiques du concombre de mer étudié sont très diversifiées, mais majoritairement d'origine animale.

Le régime alimentaire de *Holothuria poli* présente une variabilité uniquement en fonction du site prélèvement. A Stidia, l'holothurie étudiée préfère les Foraminifères et *Jania sp* au sein des deux biotopes rocheux (46.16% et 14.30% respectivement) et celui des herbiers à *Cymodocea nodosa* (59.07% et 11.59% respectivement). Au niveau du biotope rocheux du site de Salamandre *Holothuria poli* préfère beaucoup plus les Foraminifères (63.11%) et à moindre mesure *Ceramium sp* (7.01%) et les spicules d'éponge (6.01%) ; tandis qu'au niveau du biotope herbiers à *Cymodocea nodosa*, cet animale marin préfère les Foraminifères (44.19%) et les feuilles vivantes de Posidonie (12.11%). Enfin, au niveau du biotope rocheux du site de Petit port, *Holothuria poli* consomme beaucoup plus les Foraminifères (44.63%), les feuilles vivantes de Posidonie (14.75%) et les Diatomées (11.14%) ; alors qu'elle préfère seulement les Foraminifères (48.26%) et les Diatomées (21.54%) au sein du biotope herbiers à *Cymodocea nodosa*.

Cette étude démontre une certaine plasticité trophique chez l'espèce *Holothuria poli*, lui permettant de mieux s'adapter avec les contraintes de son environnement.

**Mots clés :** *Holothuria poli*, régime alimentaire, Mostaganem, Foraminifères, plasticité trophique.

## Abstract

A study on the diet of the species *Holothuria poli* in the coastal area of Mostaganem (Stidia, Salamandre, and Petit Port) was conducted to gain insight into the contribution of different trophic sources in the diet of this benthic animal. Our results show that the trophic sources of the studied sea cucumber are highly diversified, but predominantly of animal origin.

The diet of *Holothuria poli* exhibits variability only based on the sampling site. In Stidia, the studied sea cucumber prefers Foraminifera and *Jania* sp within the two rocky habitats (46.16% and 14.30%, respectively) and the seagrass habitat of *Cymodocea nodosa* (59.07% and 11.59%, respectively). In the rocky habitat of the Salamandre site, *Holothuria poli* shows a higher preference for Foraminifera (63.11%), to a lesser extent *Ceramium* sp (7.01%), and sponge spicules (6.01%); whereas in the seagrass habitat of *Cymodocea nodosa*, this marine animal prefers Foraminifera (44.19%) and living leaves of *Posidonia* (12.11%). Finally, in the rocky habitat of the Petit Port site, *Holothuria poli* consumes a higher proportion of Foraminifera (44.63%), living leaves of *Posidonia* (14.75%), and Diatoms (11.14%); while it only prefers Foraminifera (48.26%) and Diatoms (21.54%) within the seagrass habitat of *Cymodocea nodosa*.

This study demonstrates a certain trophic plasticity in the species *Holothuria poli*, allowing it to better adapt to the constraints of its environment.

**Keywords:** *Holothuria poli*, diet, Mostaganem, Foraminifera, trophic plasticity.

تم إجراء دراسة حول نظام الغذاء لنوع **Holothuria poli** في المناطق الساحلية لمستغانم (ستيديا وصلاحندر والميناء الصغير)، بهدف الحصول على فهم حول مساهمة مصادر التغذية المختلفة في نظام الغذاء لهذا الحيوان القاعي. أظهرت نتائجنا أن مصادر الطعام لخيار البحر المدروسة متنوعة جداً، ولكنها تتألف في الغالب من مصادر حيوانية.

نظام الغذاء لـ **Holothuria poli** يعرض تبايناً فقط بناءً على موقع الأخذ. في ستيديا، تفضل الحيوانات المدروسة خيار البحر **les Foraminifères** و **Jania sp** في كلا البيوتوبيات الصخرية (بنسبة 46.16% و 14.30% على التوالي) وفي بيئة عشبية تحتوي على نوع **Cymodocea nodosa** (بنسبة 59.07% و 11.59% على التوالي). على مستوى البيئة الصخرية في موقع صلاحندر، تفضل **Holothuria poli** بشكل أكبر **les Foraminifères** (63.11%) وإلى حد أقل **Ceramium sp** (7.01%) و أعواد الإسفنج (6.01%)، بينما في البيئة العشبية التي تحتوي على نوع **Cymodocea nodosa**، يفضل هذا الحيوان البحري **les Foraminifères** (44.19%) وأوراق البوسيدونيا الحية (12.11%). أخيراً، على مستوى البيئة الصخرية في موقع الميناء الصغير، تستهلك **Holothuria poli** بشكل أكبر **les Foraminifères** (44.63%) وأوراق البوسيدونيا الحية (14.75%) والدياتومات (11.14%)، بينما تفضل فقط

**les Foraminifères** (48.26%) والدياتومات (21.54%) في بيئة العشبية التي تحتوي على نوع **Cymodocea**

**nodosa.**

هذه الدراسة توضح وجود تكيف غذائي مرن لنوع **Holothuria poli**، مما يمكنه من التكيف بشكل أفضل مع قيود بيئته.

**الكلمات الرئيسية:** نظام غذائي، بيئة العشبية، مستغانم، تكيف غذائي.

---

## Liste des figures

<b>Figure 1 :</b> Cladogramme, illustrant la classification des classes d'échinodermes.....	03
<b>Figure 2 :</b> Anatomie externe d'une holothurie aspidochirote .....	04
<b>Figure 3 :</b> Schéma de l'organisation interne d' <i>Holothuria tubulosa</i> .....	05
<b>Figure 4 :</b> Tube digestif d'une holothurie, avec les différentes parties caractérisées par leurs fonctions physiologiques .....	07
<b>Figure 5 :</b> Larve Phases du développement larvaire chez les Holothuries.....	09
<b>Figure 6 :</b> Recyclage des nutriments par les holothuries.....	11
<b>Figure 7 :</b> Situations géographiques des sites de prélèvements.....	18
<b>Figure 8 :</b> Site de Stidia .....	19
<b>Figure 9 :</b> Site de Salamandre.....	20
<b>Figure 10 :</b> Site de Petit port.....	20
<b>Figure 11 :</b> Traitement des échantillons d'holothuries pour l'analyse du contenu digestif....	22
<b>Figure 12 :</b> Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs d' <i>Holothuria poli</i> du site de Stidia, au sein du biotope roches.....	27
<b>Figure 13 :</b> Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs d' <i>Holothuria poli</i> du site de Stidia, au sein du biotope herbiers à <i>Cymodocea nodosa</i> .....	28
<b>Figure 14 :</b> Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs d' <i>Holothuria poli</i> du site de Salamandre, au sein du biotope roche.....	29



**Figure 15 :** Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs d'*Holothuria poli* du site de Salamandre, au sein du biotope herbiers à *Cymodocea nodosa*.....30

**Figure 16 :** Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs d'*Holothuria poli* du site de Petit port, au sein du biotope roches.....31

**Figure 17 :** Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs d'*Holothuria poli* du site de Petit port, au sein du biotope herbiers à *Cymodocea nodosa*.....32

**Remerciements****Dédicaces****Résumé****Sommaire**

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

**Chapitre I : Etude bibliographique**

I. Embranchement des Echinodermes.....	2
II. La classe des Holothuries.....	3
II.1. Classification.....	3
II.2. Aspect morphologique des Holothuries .....	4
II.2.1. Organisation externe .....	4
II.2.2. Organisation interne .....	5
II.2.2.1. Le système nerveux.....	6
II.2.2.2. Le système digestif.....	6
II.2.2.3. L'appareil ambulacraire .....	7
II.2.2.4. Le système reproducteur .....	7
II.3. Écologie et biologie des Holothuries .....	8
II.3.1. Habitat.....	8
II.3.2. Régime Alimentaire .....	8
II.3.3. Cycle de vie et reproduction .....	9
II.4. Importance écologique des holothuries.....	10
II.4.1. La bioturbation.....	10
II.4.2. Nettoyage du sédiment.....	10
II.4.3. Recyclage des nutriments.....	11
II.5. Importance socio-économique des holothuries.....	12
II.6. Exploitation halieutique des holothuries.....	12
II.7. Utilisation pharmaceutiques et cosmétiques .....	14

## Chapitre II : Matériels et méthodes

I. Objectif de l'étude .....	16
II. Caractéristiques de la cote de Mostaganem .....	16
II.1. Hydrodynamisme .....	17
II.2. Température .....	17
III. Description des sites de prélèvements .....	17
III.1. Site de Stidia .....	18
III.2. Site de la Salamandre.....	19
III.3. Site de Petit port.....	20
IV. Echantillonnage et traitement des échantillons .....	21
IV.1. Analyse des contenus digestifs .....	21
V. Analyse statistique .....	23
Moyenne arithmétique .....	23

## Chapitre III : Résultats et discussion

I. Analyse des contenus digestifs.....	24
I.1. Stidia .....	26
I.1.1. Biotope roches.....	26
I.1.2. Biotope Cymodocea nodosa.....	27
I.2. Salamandre.....	28
I.2.1. Biotope roches.....	28
I.2.2. Biotope Cymodocea nodosa.....	29
I.3. Petit port.....	30
I.3.1. Biotope roches.....	30
I.3.2. Biotope Cymodocea nodosa.....	31
Conclusion .....	34
Référence bibliographiques .....	35

## Introduction

Les Holothuries jouent un rôle écologique très importants, particulièrement par la transformation du sédiment qu'elles ingèrent et par les remaniements sédimentaires qu'elles provoquent (**Purcell *et al.*, 2016**). Ces organismes marins constituent également l'un des plus importants compartiments benthique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* ; leurs rôle dans le réseau trophique détritivore de cet écosystème est considérable (**Zupo et Fresi, 1984**).

Une multitude de travaux de recherche se sont intéressés à la biologie, l'écologie, la dynamique et la systématique des holothuries des cotes 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)**. D'autre part, plusieurs scientifiques ont effectués des travaux de recherches sur le régime alimentaire de ces organismes marins ; plusieurs espèces d'holothuries ont étaient ciblées. En Algérie, presque la totalité des travaux portants sur le régime alimentaire des holothuries sont réalisés sur les espèces de la côte ouest algérienne et plus exactement de la zone côtière de Mostaganem ; nous pouvons citez 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)**.

L'étude du régime alimentaire s'avère être une étape incontournable, afin de pouvoir comprendre les interactions alimentaires entre les espèces et la structure et la dynamique des réseaux trophiques (**Nielsen *et al.*, 2018**). L'objectif de ce travail est d'analyser la diversité des sources trophiques consommées par *Holothuria poli* prélevés à partir de 2 biotopes distincts au sein de trois différents sites de la zone côtière de Mostaganem (Stidia / Salamandre / Petit port), ceci pendant la saison hivernal. Pour ce faire, nous utiliserons l'analyse quantitative et qualitative des contenus digestifs. Cette approche nous apportera des réponses sur la composition du régime alimentaire de cette espèce.

**CHAPITRE I :**

**ETUDE**

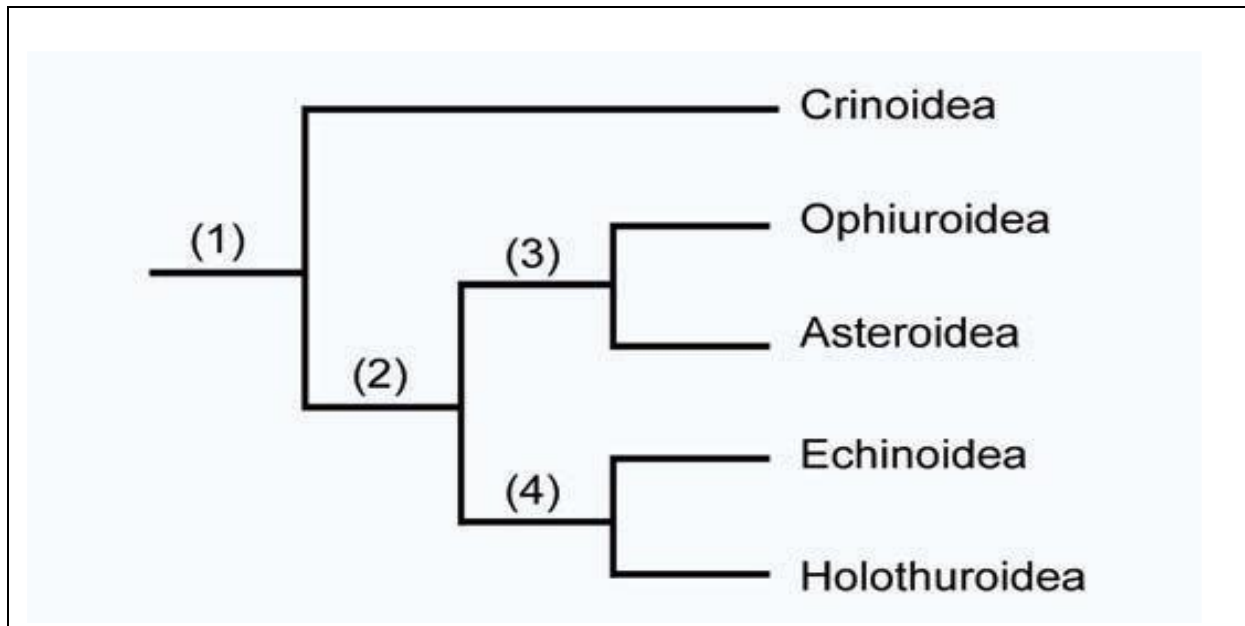
**BIBLIOGRAPHIQUE**

## I. Embranchement des Echinodermes

Le terme Echinodermes (Grec : khinos, hérisson et derma, peau) désigne donc des animaux ayant une peau recouverte d'épines. Cependant pour certaines classes, la présence d'épines n'est pas évidente. Cet embranchement qui est exclusivement marin, 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 et présente trois caractères communes essentiels :

- Une symétrie pentaradiée (d'ordre 5) parfois masquée par une symétrie bilatérale,
- Un squelette intradermique formé de nombreuses plaques ou spicules calcaires,
- Un appareil aquifère (ou système ambulacraire) formé d'un système de canaux internes connectés à des extensions externes. Cet appareil n'existe dans aucun autre groupe du règne animal ; il assure principalement le mouvement et la nutrition des animaux.

Les échinodermes actuels sont répartis en cinq classes très différentes d'aspect: 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) représentés par les comatules en milieu récifal et enfin les holothuries ou concombres de mer (Classe Holothuroidea) (Fig. 01) (**Massin et Vanden Spiegel 2006**).



**Figure 01** : Cladogramme, illustrant la classification des classes d'échinodermes. (1) phylum Echinodermata; (2) superclasse Eleutherozoa; (3) superclasse Asterozoa; (4) superclasse Echinozoa (**D'après Janies, 2001**).

## II. La classe des Holothuries

### II.1. Classification

L'identification des genres et espèces d'holothuries dépend de la morphologie et la taille des sclérites dans les différents tissus du corps et constituent donc des caractères clefs dans la détermination et la classification de ces espèces. Les holothuries aspidochirotés présentent quatre catégories de spicules (**Rowe, 1969 ; Samyn *et al.*, 2006**). La classe des Holothurides comptent plus de 1400 espèces réparties en 6 ordres (**Solis-Marin, 2003**) dont : Dendrochirotés ; Dactylochirotés ; Aspidochirotés ; Elaspodides ; Apodides ; Molpadiides. Selon **Hendler *et al.*, (1995)**, ces ordres se distinguent d'après :

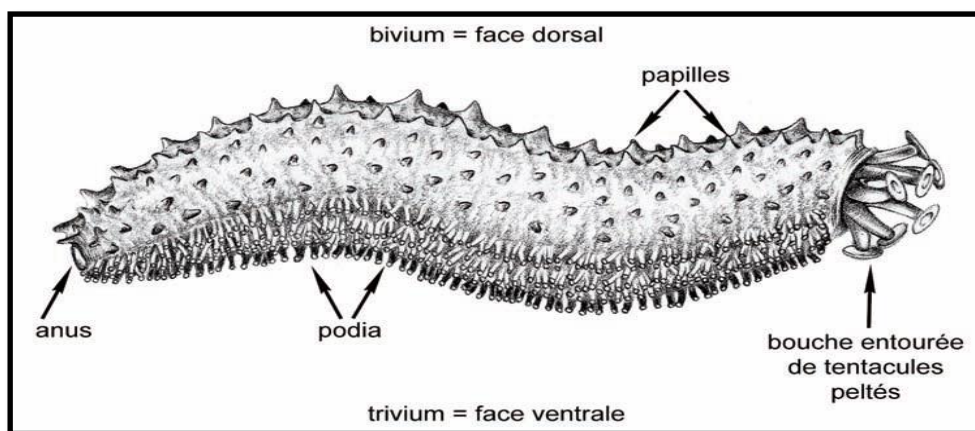
- La présence, l'absence, la distribution et l'arrangement des pieds ambulacraires,
- La forme des tentacules buccaux (digités, dendritiques, pennés ou en forme de pelle),
- La présence ou l'absence de muscles rétracteurs oraux, d'arbres respiratoires et de tubes de Cuvier.

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**). Certaines espèces se ressemblant beaucoup, une étude des spicules peut permettre leur différenciation (**Kerret *et al.*, 1993**).

## II.2. Aspect morphologique des Holothuries

### II.2.1. Organisation externe

Les holothuries sont généralement cylindriques, 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. 02).



**Figure 02** : Anatomie externe d'une holothurie aspidochirote (D'après **Samyn *et al.*, 2006**).

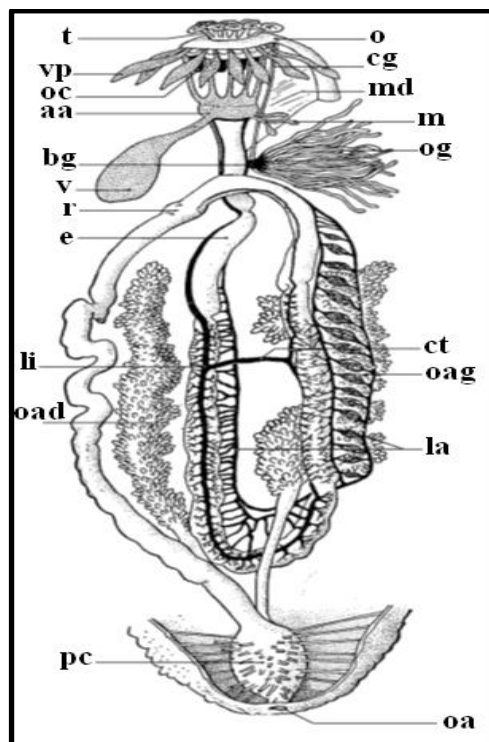
Le corps est constitué de cinq pièces inter-ambulacraires orientées de la bouche à l'anus ; il est marqué par la présence de pieds ambulacraires terminés par une ventouse (**Samyn *et al.*, 2006**). Ce sont ces structures qui permettent à l'animal de se fixer et de se déplacer sur le substrat. Sur le 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 varie du mou à l'état de relâchement au rigide et dur à l'état de contraction (*In Mezali, 1998*) ; cette forme varie selon la contractilité du corps des holothuries (*Fisher, 1987*).

### II.2.2. Organisation interne

L'anatomie interne d'une holothurie est relativement simple (Fig. 03).



**Figure 03** : Schéma de l'organisation interne d'*Holothuria tubulosa*: **aa**, anneau ambulacraire oral; **bg**, base de la gonade; **cg**, canal de la gonade (gonoducte); **ct**, canal transverse de communication entre les deux parties de la lacune marginale interne; **e**, estomac musculueux; **la**, lacune anastomotique avec la lacune externe; **li**, lacune interne; **m**, madréporite de l'un des tubes aquifères; **md**, mésentère dorsal; **o**, orifice génital; **oa**, orifice anal ; **oad** et **oag**, organes arborescents droit et gauche; **oc**, orifices de communication entre le coelome et l'espace péripharyngien; **og**, organe génital (gonade); **pc**, poche cloacale; **r**, début du rectum; **v**, vésicule de Poli; **vp**, vésicules des podia buccaux; **t**, tentacule (*Cuenot, 1948*).

Le système nerveux est constitué comme chez tous les échinodermes d'un anneau nerveux péri-stomacal, rond ou pentagonal, duquel partent cinq nerfs radiaux qui innervent tout le corps et notamment les aires ambulacraires (**Demoor et al., 2003**). Les sens des holothuries sont relativement rudimentaires : elles sont principalement sensible au toucher, aux variations lumineuse et a certaines composes chimiques présents dans l'eau. Des taches présentes à la base des tentacules chez certaines espèces sont interprétées comme des organes visuels, d'une acuité probablement limitée (**Cherbonier, 1988**).

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 ou podia péribuccaux. Ces derniers sont tantôt plumeux ou dendroïformes (Dendrochirotes, Synapses, Moldapides), tantôt peltés, tiges terminées par un disque (Aspidochirotes). On trouve également une collerette, lisse, souple et invaginable avec les tentacules dans la cavité pharyngienne (**Ricard, 2004**). Ces tentacules servent à l'exploitation du sédiment et la capture de la nourriture. Le tube digestif est attaché sur toute sa longueur par des brides à la paroi du corps. Structurellement, il se compose d'un pharynx, d'un court œsophage, d'un estomac musculueux, plus ou moins long, selon les groupes, séparé de l'intestin par une légère constriction (**Ricard, 2004**). **Massin et Jangoux (1976)** ont subdivisé le tube digestif en trois parties pouvant être caractérisées par leurs fonctions physiologiques respectives (Fig. 04). 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.

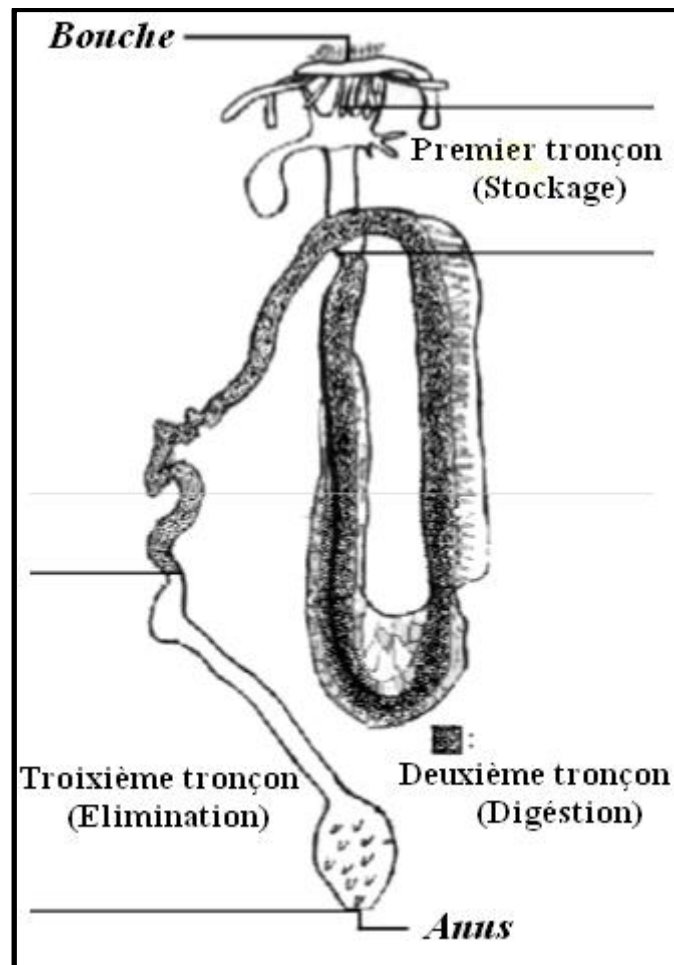


Figure 04 : 07 (In Mezali, 1998).

L'appareil ambulacraire (ou le système 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 (Neghli, 2014).

Le système reproducteur est composé d'une gonade (mâle ou femelle) et d'un gonoducte débouchant sur le gonopore externe, situé à proximité de la bouche. La gonade se compose d'un grand nombre de tubes gonadiques ramifiés dont la partie distale flotte librement dans le coelome. Elle est soutenue du côté proximal par un mésentère relié à la partie antérieure du tube digestif : Les cellules reproductrices sont situées dans ces tubes gonadiques et seront relarguées à maturation (Neghli, 2014). Les organes génitaux se localisent dans la partie

antérieure de la cavité cœlomique. 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.3. Écologie et biologie des Holothuries**

### **II.3.1. Habitat**

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.

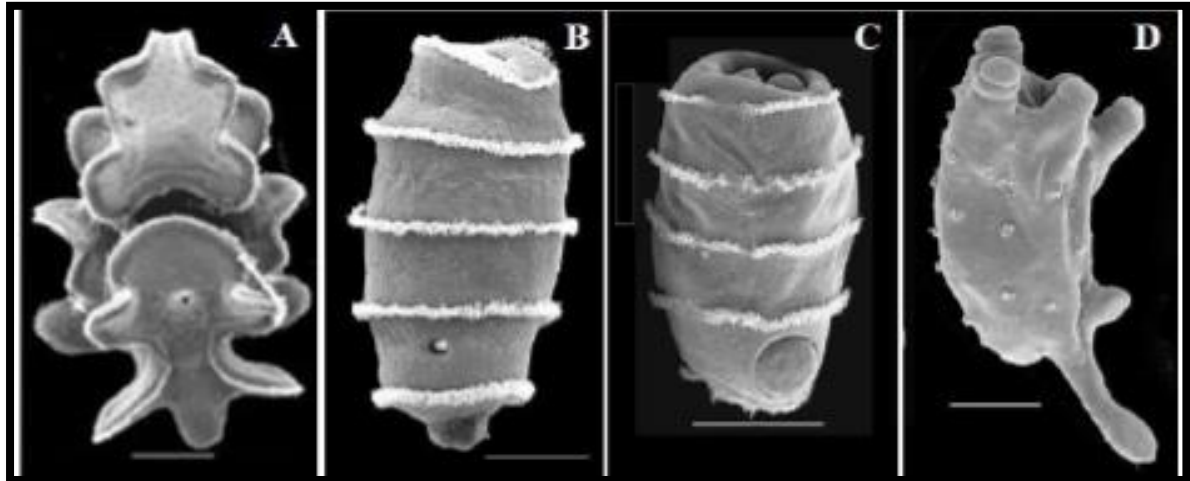
### **II.3.2. Régime Alimentaire**

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. La forme des tentacules est généralement adaptée au régime et au calibre de particules ingérées : les espèces suspensivores ont ainsi le plus souvent de grands tentacules arborescents, destinés à maximiser la surface de filtrage, alors que les espèces se nourrissant dans des substrats grossiers auront plus souvent besoin de tentacules digités pour trier le matériel nutritif ; les espèces détritivores de substrats fins auront quant à elle souvent des tentacules plus courts, souvent peltés (**Massin, 1982 ; Roberts et al., 2000**). Les sédiments ingérés par les holothuries aspidochirotés, se composent principalement de matières inorganiques (débris de corail, reste 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, la matière détritique constitue la part la plus importante du carbone organique assimilé (60 à 70%) (Massin, 1982 ; Roberts *et al.*, 2000 ; Belbachir et Mezali, 2018).

### II.3.3. Cycle de vie et reproduction

La plupart des holothuries ont une reproduction sexuée à fécondation externe : elles libèrent les gamètes dans la colonne d'eau où se déroule la fécondation. Les œufs fécondés se transforment alors en larves pélagiques (Fig. 05) qui peuvent passer 50 à 90 jours dans le plancton où elles sont largement dispersées par les courants. En tant qu'invertébrés semi-sessiles, les holothuries doivent ainsi avoir atteint une certaine densité d'individus pour garantir le succès de la fécondation. Certaines espèces sont cependant capables de multiplication asexuée dans certaines conditions (Conand, 1989). De manière générale, au sein d'une espèce, la fécondité augmente avec la taille de l'individu (Conand, 1993)



**Figure 05** : Larve Phases du développement larvaire chez les Holothuries. Larve auricularia (A) ; doliolaria (B) ; pentactula (C) ; juvéniles (D). Echelle : barre =100  $\mu$ m (d'après Rasolofonirina, 2004).

## II.4. Importance écologique des holothuries

### II.4.1. La bioturbation

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

- ✓ la perméabilité et la teneur en eau des sédiments
- ✓ le gradient chimique des eaux interstitielles
- ✓ la composition granulométrique des sédiments superficiels
- ✓ le taux de reminéralisation de la matière organique
- ✓ le flux des nutriments inorganique

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)**. 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)**.

### II.4.2. Nettoyage du sédiment

La majorité des holothuries aspidochirotés sont des dépositivores, leurs aliments est à base des débris organiques ; elles rejettent des fèces qui sont souvent moins riches en matières organiques par rapport aux sédiments consommés avec un taux de (9 à 82 kg/ind<sup>-1</sup>/an<sup>-1</sup>) ; ce qui veut dire que les holothuries sont des nettoyeurs de sédiments **(Amon et Herndl 1991 ; Mercier *et al.*, 1999 ; Uthicke, 1999 ; Michio *et al.*, 2003 ; Paltzat *et al.*, 2008 ; MacTavish *et al.*, 2012 ; Yuan *et al.*, 2015)**.

### II.4.3. 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 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. 6). Les holothuries aspidochirotés excrètent l'azote inorganique sous forme d'ammonium (Webb *et al.*, 1977 ; Mukai *et al.*, 1989 ; Uthicke, 2001a).

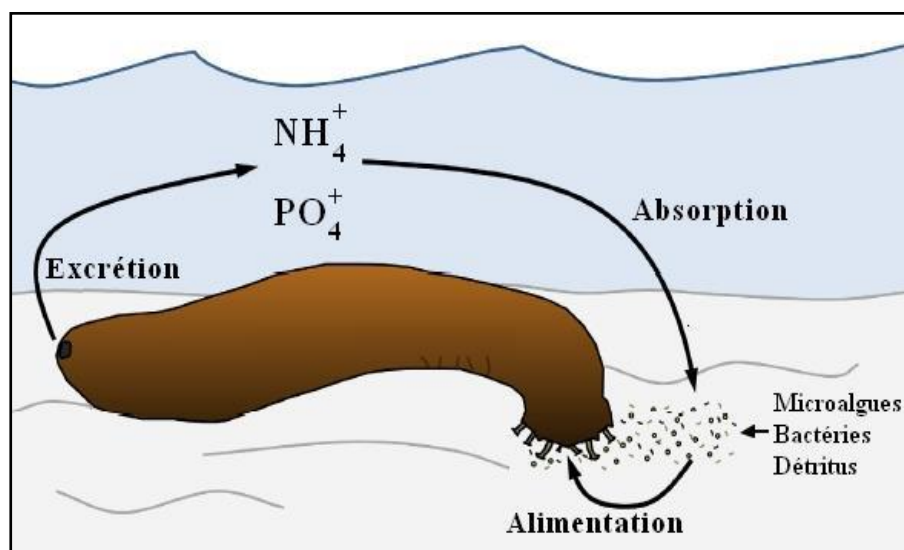


Figure 1 : Recyclage des nutriments par les holothuries (d'après Purcell *et al.*, 2016).

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 détritiques de *Posidonia oceanica*, accélère la dégradation de ces détritiques 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.5. Importance socio-économique des holothuries

Les holothuries ont des propriétés pharmacologiques (certains composants isolés révèlent des propriétés antibactériennes, anti-inflammatoires 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. Il y a des pays dont, les concombres de mer 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.6. 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 « haisom », 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 18<sup>ème</sup> et du 19<sup>ème</sup> 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, 2004).

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).

## II.7. Utilisation pharmaceutiques et cosmétiques

Les holothuries sont utilisés depuis long temps par les chinois pour des raisons médicinales (Fredalina *et al.*, 1999 ; Chen, 2003). D'une part, ils ont démontrés récemment 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). D'autre part, dans certains pays, les concombres de mer sont utilisés

comme des produits cosmétiques sous forme de crème, shampoing ou dentifrice (**FAO, 2008**), et des produits nutraceutiques sont commercialisés comme l'huile de concombre de mer (**Baine et Choo, 1999**).

# ***CHAPITRE II :***

## ***Matériel*** ***et méthodes***

## Matériels et méthodes

### I. Objectif de l'étude

L'important rôle écologique que peuvent jouer les échinodermes 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 l'espèce *Holothuria poli* prélevés à partir de 2 biotopes distincts au sein de trois différents sites de la zone côtière de Mostaganem (Stidia / Salamandre / Petit port). Le but de cette approche, est d'apprécier les contributions des différentes sources trophiques dans le régime alimentaire de cet animal benthique et de voir s'il y a une possible variabilité de son régime alimentaire en fonction des sites, ainsi qu'en fonction des biotopes du même site.

### II. Caractéristiques de la cote de Mostaganem

Le plateau de Mostaganem, est situé à une centaine de kilomètres à l'Est d'Oran. Mostaganem se présente comme une aire comprise entre :

- La vallée du Chélif à l'Est.
- La vallée de Lamina et les Monts de Bel-hacel au Sud
- La Méditerranée au nord
- La dépression de la Maktaa au l'ouest

Ce plateau est d'une superficie de 682 km<sup>2</sup>, la ville de Mostaganem recèle de grandes potentialités dont un port mixte pour toutes les opérations d'import-export et des activités de pêche.

## II.1. Hydrodynamisme

Le courant dominant au large de la région côtière de Mostaganem est d'origine atlantique. Ce courant d'une épaisseur moyenne de 200Km, pénètre par le détroit de Gibraltar et coule au niveau des côtes algériennes où il prend le nom de courant algérien. La veine de courant devient instable, formant des tourbillons cycloniques de 100Km de diamètre associés à des remontées importantes d'eau profondes, ce qui rend ces zones très productives (Millot, 1987b).

## II.2. Température

Lalami-Taleb (1970), montrent que les couches superficielles sont directement influençables par les températures externes en raison des échanges thermiques entre le milieu interne et l'air ambiant, leur température varie entre 21° C et 27° C en moyenne. Les maxima de températures se situent en été (mois d'Aout) et se prolongent jusqu'au mois d'Octobre ; alors que les températures minimales se situent aux mois de février-mars. En profondeur, les températures sont plus basses et relativement stables, fluctuant entre 13° C et 14° C en toute saison.

## III. Description des sites de prélèvements

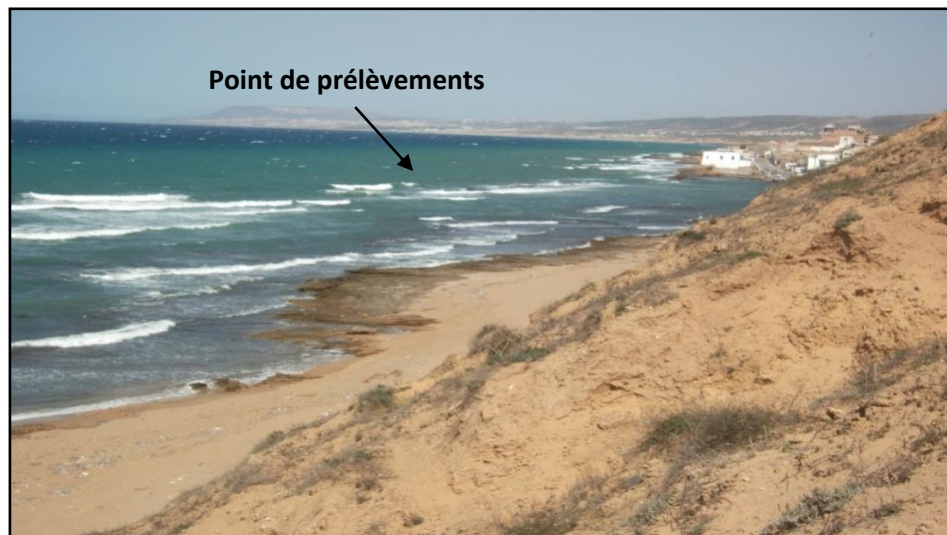
L'échantillonnage a été réalisé au niveau de trois sites du littoral de Mostaganem, à savoir Stidia plage, Salamandre plage et Petit port plage (Fig. 7).



**Figure 7 :** Situations géographiques des sites de prélèvements (**Source :** Google earth. Modifiée).

### III.1. Site de Stidia

Situé à une distance d'environ 20 Km au Sud-ouest de la ville de Mostaganem (Coordonnées géographiques :  $35^{\circ} 49' N / 0^{\circ} 01' O$ ), le site de Stidia (Fig. 8) présente une zone à caractère rocheux interrompue par quelques criques, parfois sableuses. Ce site est situé au pied d'une falaise d'une hauteur d'environ 30 m et une pente de 80 % ; les quelques plages sableuses, qui y existent ont un linéaire côtier assez réduit et une largeur qui ne dépasse pas une quinzaine de mètre. Le site de Stidia est localisé entre deux grands ports, notamment celui de Mostaganem et celui du terminal d'Arzew ; ce qui constitue deux sources potentielles de pollution. Il est à signaler qu'une canalisation de rejet des eaux usées de la ville de Stidia a été installée en 2012 (Belbachir, 2012).



**Figure 8 :** Site de Stidia.

L'aspect sous-marin de la zone d'étude est caractérisé par un herbier à *Posidonia oceanica* installé sur substrat rocheux, qui abrite plusieurs compartiments parmi lesquelles, la macrofaune composé essentiellement de deux oursins réguliers : *Paracentrotus lividus* et *Arbacia lixula*. Les "concombres de mer" dont les espèces les plus commune sont au nombre de cinq : *Holothuria (H.) tubulosa* Gmelin (1788) ; *Holothuria (H.) poli* Delle Chiaje (1823) ; *Holothuria (H.) froskali* Delle Chiaje (1823) et *Holothuria (H.) sanctori* Delle Chiaje (1823).

### III.2. Site de la Salamandre

Le site d'étude de la Salamandre (Fig. 9), 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). 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, les holothuries quant à elles sont représenté majoritairement que par les deux espèces *Holothuria (H.) tubulosa* Gmelin (1788) ; *Holothuria (H.) poli* Delle Chiaje (1823).





Figure 9 : Site de Salamandre.

### III.3. Site de Petit port

Située au niveau de la localité de Sidi Lakhdar à 45 Km à l'Est de la ville de Mostaganem (coordonnées géographiques sont les suivantes :  $36^{\circ} 12' N / 0^{\circ} 23' E$ ) (Fig. 10), le site de Petit port se caractérise par un fond sableux et rocheux abritant un herbier clairsemé à *Posidonia oceanica*, associé à des algues macrophytes (Fig. 10) (Bachir Bouiadjra, 2012).

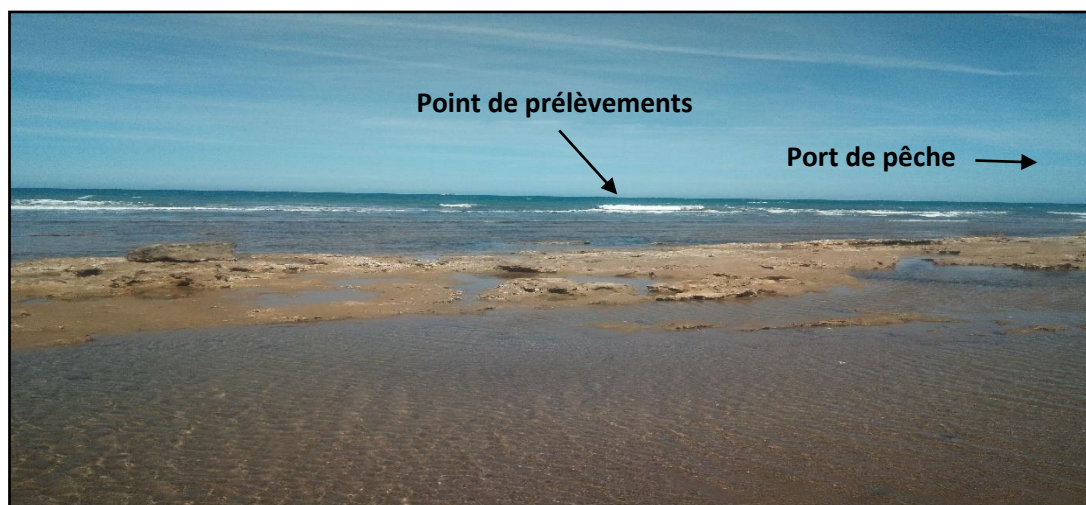


Figure 10 : Site de Petit port.

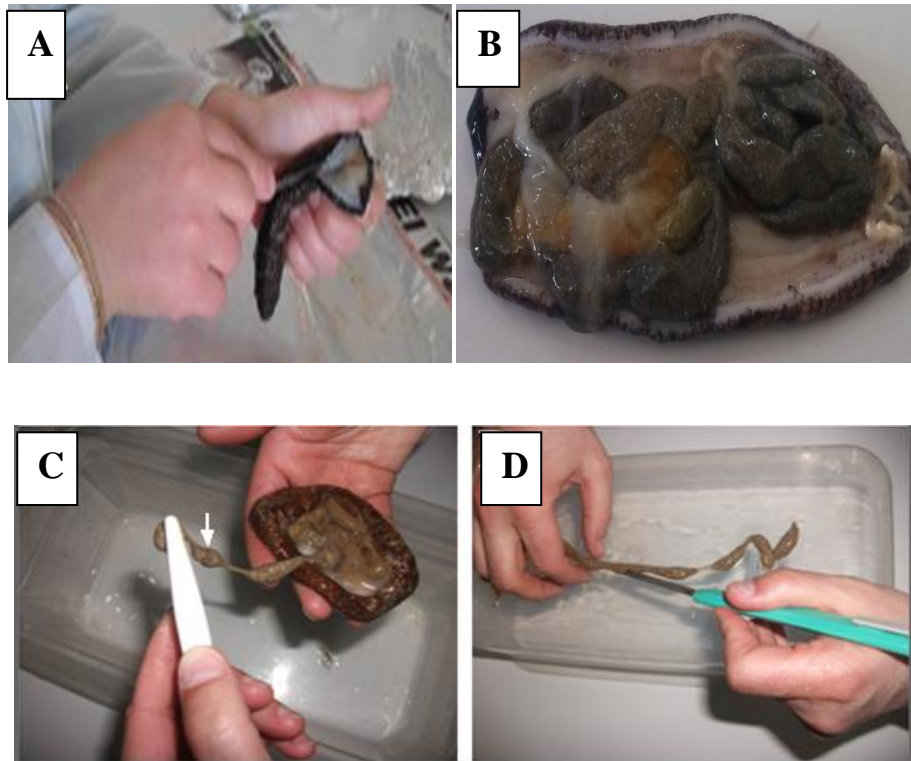
## IV. Echantillonnage et traitement des échantillons

L'échantillonnage effectué uniquement par plongée en apnée, a été réalisé pendant l'hiver (Décembre 2022) par temps calme (afin qu'on puisse récolter les échantillons avec aisance), à des profondeurs variant entre -1 et -3 m. Lors de la procédure d'échantillonnage, nous avons effectué une stratification de chaque site en deux biotopes distincts ; un biotope à caractère rocheux et un deuxième constitué d'un herbier à *Cymodocea nodosa*.

Des prélèvements d'un lot allant de 3 à 10 individus (selon l'abondance et la possibilité de prélèvement), a été effectué pour l'espèce *Holothuria (Roweothuria) poli*. Chaque échantillon a été mis isolément dans des sachets en plastique contenant de l'eau de mer formolée à 10 % afin de les traiter ultérieurement.

### IV.1. Analyse des contenus digestifs

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. 11).



**Figure 11 :** Traitement des échantillons d'holothuries pour l'analyse du contenu digestif. Dissection longitudinale d'une holothurie (**A et B**) ; collecte du tube digestif (flèche) (**C**) ; incision du tube digestif (**D**).

Le problème de l'analyse du contenu digestif d'une espèce se pose de façons différentes selon la nature des résultats que l'on veut obtenir. Une étude qualitative par exemple, ne nécessite que l'identification des items présents, sans descripteur particulier. En revanche, pour une étude quantitative comme la nôtre, on est obligé de préciser un descripteur de l'abondance des différents items (nombre absolu, surface ou volumes occupé, masse, etc.) dans les contenus digestifs. Quand la taille des proies est suffisamment grande, on peut les quantifier directement (séparation, dénombrement, pesée, etc.). Mais souvent, et surtout quand on étudie des espèces animales de taille relativement petite, les résultats ne peuvent être qu'approximatifs. Les faibles dimensions (microscopiques) des différents items 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)**. 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 lame est déplacée au hasard, à chaque position, l'espèce se trouvant exactement au centre du champ visuel est identifiée ; il s'agit d'un contact ; 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. Analyse statistique

Nous avons résumé les observations quantitatives obtenues, sous forme du paramètre descriptif qui est la moyenne. Ce paramètre de position, sert à caractériser l'ordre de grandeur des observations (Dagnelie, 1973). Le calcul de la moyenne est réalisé à partir de formule suivante :

$$\mathbf{m} = \sum \mathbf{xi} / \mathbf{n}$$
 (Avec : m = moyenne arithmétique ; xi = valeurs observées ; n = nombres d'observations).

Une analyse de variance multivariée par permutation (PERMANOVA) (**Anderson, 2001**) a été utilisée pour tester la dissimilarité du régime alimentaire entre les deux facteurs (site / saison), ceci moyennant le logiciel R v3.4.1 (R Core Team, 2017).

# *CHAPITRE III :*

*Résultats*

*et discussion*

## Résultats et discussion

### I. Analyse des contenus digestifs

Les types d'aliments observés dans les contenus digestifs de *Holothuria poli* sont comme suit :

➤ **Fraction végétale**

❖ Plante marine

- Feuilles de *Posidonia oceanica* (mortes et vivantes)

❖ Algues rouges

- *Polysiphonia sp*
- *Coralina sp*
- *Hypnea sp*
- *Jania sp*
- *Dasya sp*
- *Ceramium sp*
- *Acrosorium sp*
- *Laurencia sp*
- *Chondria sp*
- *Lomentaria sp*

❖ Algues vertes

- *Cladophora sp*
- *Chaetomorpha sp*
- *Ulva sp*
- *Codium sp*

- *Enteromorpha sp*
- *Ulothrix sp*
- *Caulerpa sp*

❖ Algues brunes

- *Sphacelaria sp*
- *Dictyota sp*

❖ Micro-algues

- Diatomées

➤ Fraction animale

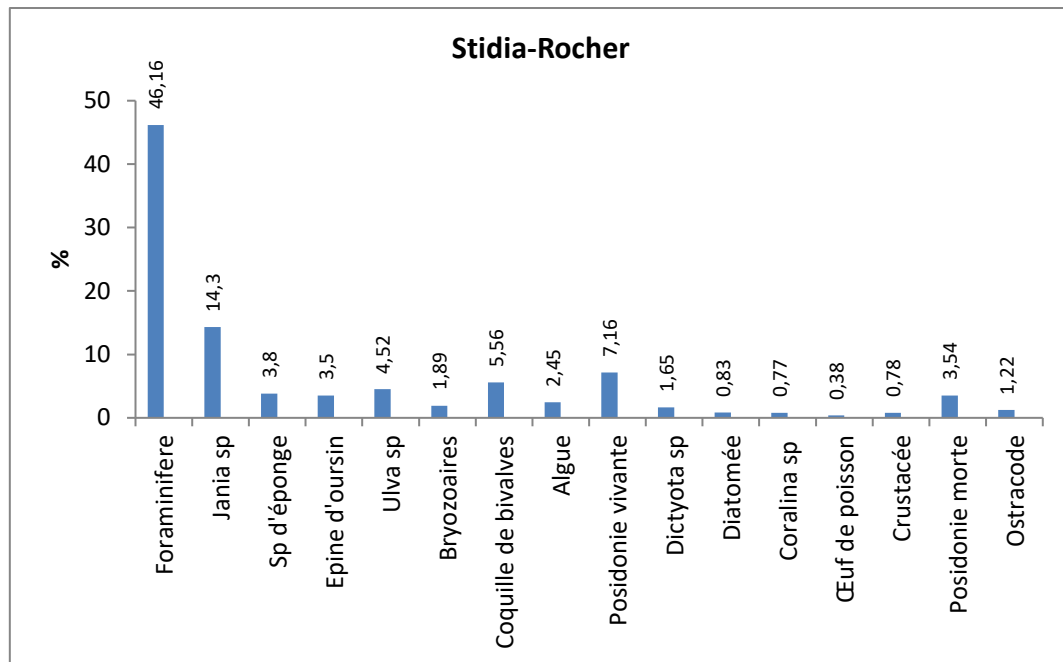
- Spicules d'éponge
- Foraminifères
- Coquilles de bivalves
- Bryozoaires
- Epines d'oursins
- Crustacées (Ostracodes)
- Nématodes
- Œufs de poissons

## I.1. Stidia

### I.1.1. Biotope roches

Au niveau du biotope rocheux du site de Stidia, les Foraminifères constituent l'aliment le plus dominant dans le contenu digestif de l'espèce *Holothuria poli*, avec un pourcentage de 46.16% ; suivi par l'algue rouge *Jania sp* avec un pourcentage de 14.30% (Fig. 12). L'espèce d'holothurie étudiée ne consomme qu'une faible quantité de feuilles de *Posidonia oceanica* vivante, morte et d'algue verte *Ulva sp* (avec 7.16%, 3.54% et 4.52% respectivement) (Fig. 12). La fraction animale représentée par les coquilles de bivalves (avec 5.56%), les spicules d'éponges (avec 3.80%) et les épines d'oursins (avec 3.50%) sont également très peu appréciés par *Holothuria poli* (Fig. 12). Par ailleurs, le reste des espèces algales sont presque inexistantes dans le contenu digestif de l'holothurie étudiée, avec des pourcentages inférieurs à 2% (Fig. 12). Il est à signaler qu'une grande partie de la fraction animale tel que les Bryozoaires, les Ostracodes (Crustacées), certaines espèces de Crustacées indéterminés et les œufs de poissons sont également très peu consommés par l'espèce *Holothuria poli* (avec 1.89%, 1.22%, 0.78% et 0.38% respectivement) (Fig. 12). Le phytoplancton du groupe des Diatomées (avec 0.83%) ne sont que très peu appréciés par *Holothuria poli* (Fig. 12).

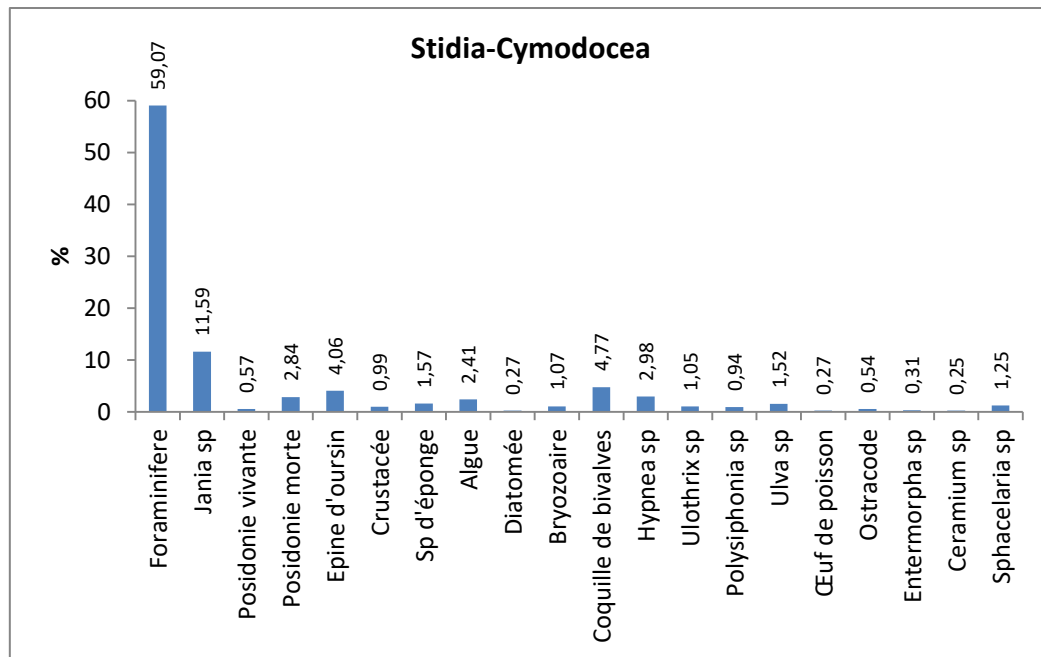




**Figure 12 :** Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs d'*Holothuria poli* du site de Stidia, au sein du biotope roches.

### I.1.2. Biotope *Cymodocea nodosa*

Nos résultats montrent que l'espèce *Holothuria poli* inféodé aux herbiers à *Cymodocea nodosa* du site de Stidia préfère largement les Foraminifères avec un pourcentage de 59.07%, suivi par l'algue rouge *Jania sp* avec un pourcentage de 11.59% (Fig. 13). Par contre, la fraction animale représenté par les coquilles de Bivalves et les épines d'oursins présentent de très faibles proportions dans le contenu digestif de l'holothurie étudiée, avec des pourcentages de 4.77% et 4.06% respectivement (Fig. 13). Les feuilles de Posidonie morte et vivante sont également très peu appréciées (avec des proportions de 4.06% et 0.57% respectivement). Par ailleurs, les quantités consommées du reste des espèces algales sont presque insignifiantes (Fig. 13).

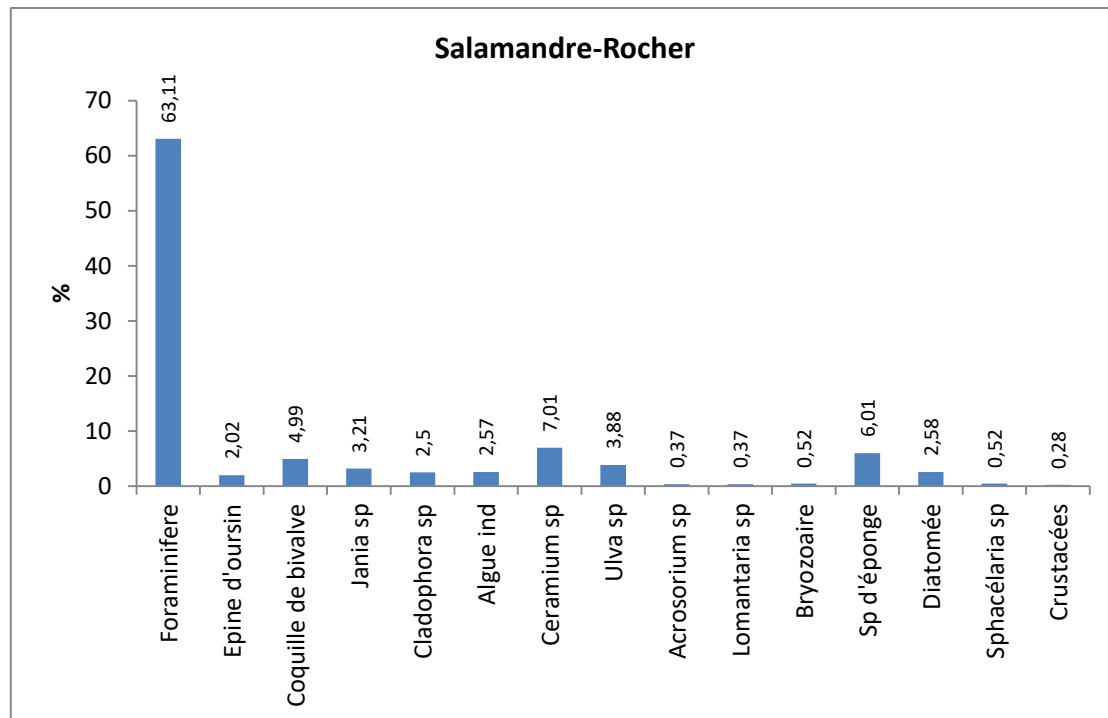


**Figure 13 :** Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs d'*Holothuria poli* du site de Stidia, au sein du biotope herbiers à *Cymodocea nodosa*.

## I.2. Salamandre

### I.2.1. Biotope roches

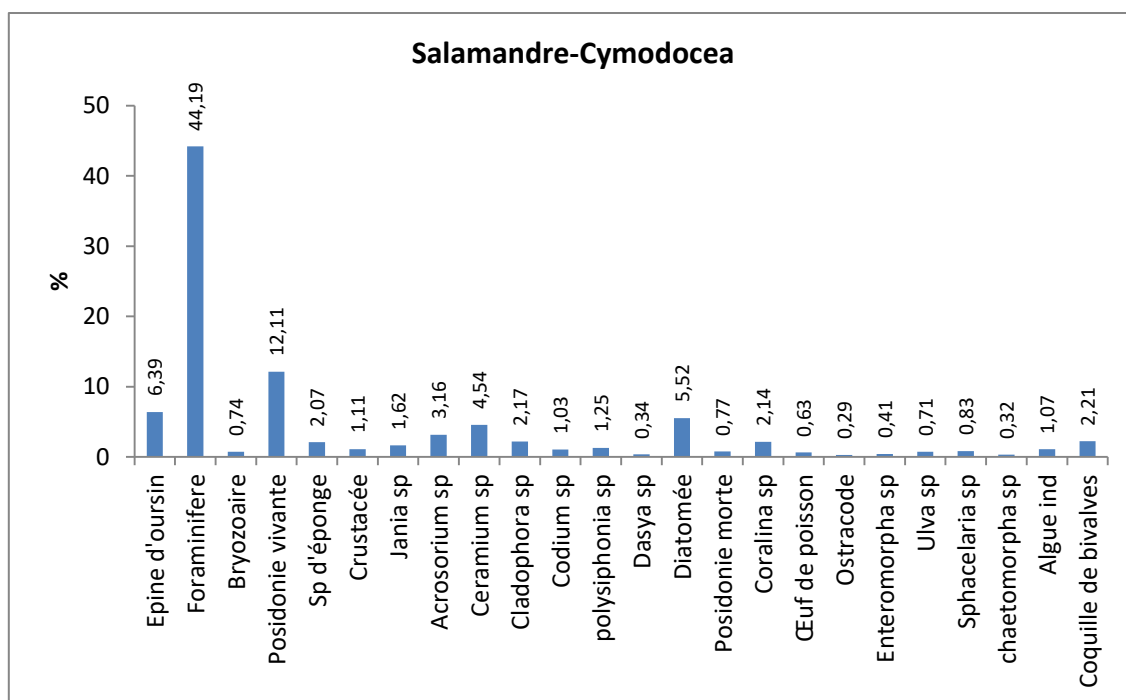
Comme pour les précédents sites et biotopes, le concombre de mer *Holothuria poli* du biotope rocheux du site de la Salamandre préfère largement les Foraminifères, avec un pourcentage de 63.11% (Fig. 14). Il est à signaler que les feuilles de Posidonie vivante et morte ne sont pas présentes dans les contenus digestifs de l'holothurie étudiée. Par ailleurs, l'algue rouge *Ceramium sp* (7.01%), les spicules d'éponge (6.01%), les coquilles de Bivalves (4.99%) et l'algue verte *Ulva sp* (3.88%) ne sont que très faiblement consommées par l'holothurie étudiée (Fig. 14). Le reste des types d'aliments ingérés par *Holothuria poli* ne sont présents qu'avec d'infimes proportions ne dépassant pas les 2.5% (Fig. 14).



**Figure 14 :** Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs d'*Holothuria poli* du site de Salamandre, au sein du biotope roche.

### I.2.2. Biotope *Cymodocea nodosa*

Les résultats obtenus pour le biotope herbiers à *Cymodocea nodosa* du site de la Salamandre, montrent que le concombre de mer *Holothuria poli* consomme relativement une importante quantité de Foraminifères avec un pourcentage de 44.19% ; suivi par les feuilles vivantes de Posidonie avec un pourcentage de 12.11% (Fig. 15). Nos résultats montrent également que les épines d'oursin, les Diatomées et les algues rouges *Ceramium sp* et *Acrosorium sp* sont faiblement consommées par l'holothurie étudiée (avec des pourcentages de 6.39%, 5.25%, 4.54% et 3.16% respectivement) ; alors que le reste des types d'aliment ingérés sont présents avec des proportions presque insignifiantes (Fig. 15).

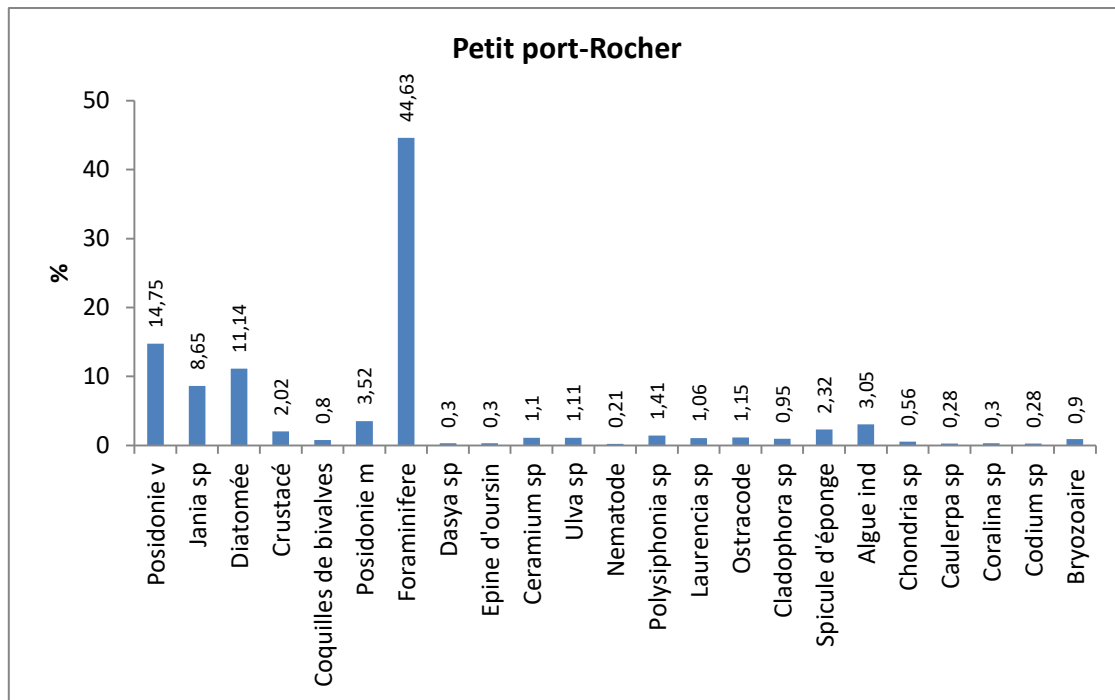


**Figure 15 :** Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs d'*Holothuria poli* du site de Salamandre, au sein du biotope herbiers à *Cymodocea nodosa*.

### I.3. Petit port

#### I.3.1. Biotope roches

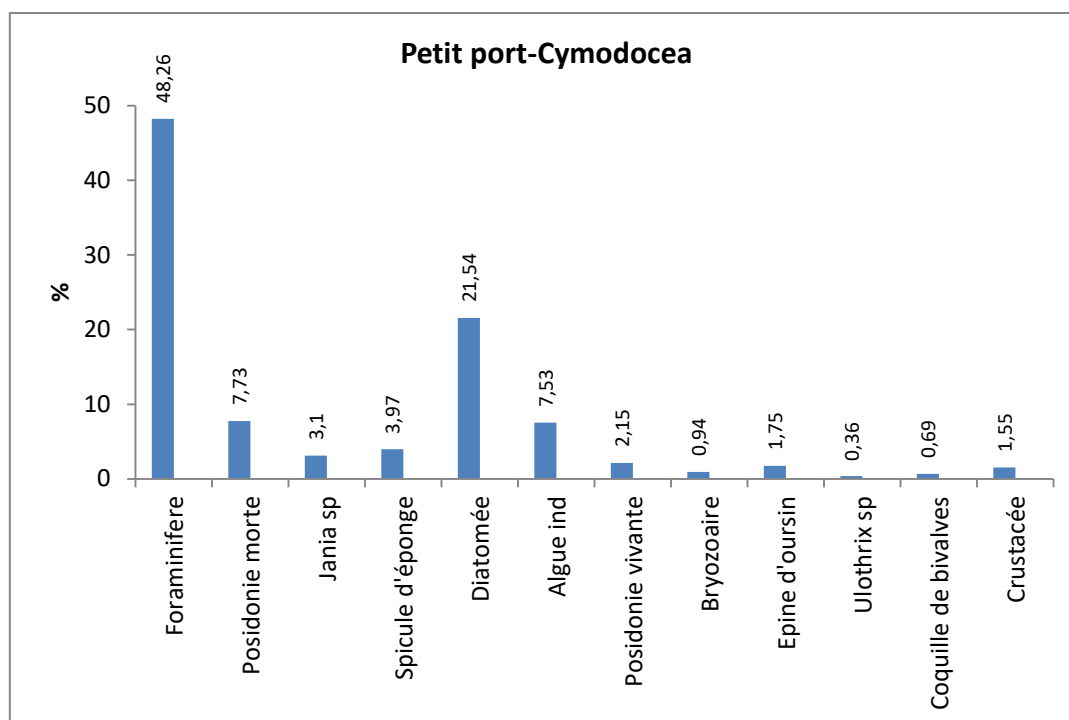
Les résultats obtenus pour le biotope rocheux du site de Petit port montrent que le concombre de mer *Holothuria poli* consomme relativement une importante quantité de Foraminifères (44.63%) (Fig. 16). Nos résultats montrent également que les feuilles vivantes de la magnoliophyte marine *Posidonia oceanica*, les Diatomées et l'algue rouge *Jania sp* sont moyennement consommées par l'espèce d'holothurie étudiées (avec 14.75%, 11.14% et 8.65% respectivement) (Fig. 16). Les feuilles mortes de Posidonie (avec 3.52%), les spicules d'éponges (avec 2.32%) et les Crustacées (avec 2.02%) ne sont que très peu consommées par *Holothuria poli* ; alors que le reste des deux fractions végétale et animale ne sont quasi inexistantes dans le contenu digestif de ce concombre de mer (Fig. 16).



**Figure 16 :** Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs d'*Holothuria poli* du site de Petit port, au sein du biotope roches.

### I.3.2. Biotope *Cymodocea nodosa*

Les contenus digestifs des holothuries inféodées au biotope à herbiers à *Cymodocea nodosa* du site de Petit port sont peut diversifiés par rapport au autres. Les résultats obtenus montrent une dominance des Foraminifères et des Diatomées, avec des proportions de 48.26% et 21.54% respectivement (Fig. 17). D'autre part, l'algue verte *Ulothrix sp* (avec 0.36%) et l'algue rouge *Jania sp* (avec 3.10%) sont très faiblement consommées par le concombre de mer étudié (Fig. 17). Les feuilles de Posidonie morte et vivante constituent des aliments qui ne sont que faiblement représentés dans le contenu digestif de l'espèce *Holothuria poli* étudiée, avec des pourcentages de 7.73% et 2.15% respectivement (Fig. 17). Par ailleurs, la fraction animale représentée par les spicules d'éponge, les épines d'oursins, les Crustacées, les Bryozoaires et les coquilles de Bivalves est présente avec de très faibles proportions dans le régime alimentaire d'*Holothuria poli* (3.97%, 1.75%, 1.55%, 0.94% et 0.69 respectivement) (Fig. 17).



**Figure 17** : Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs d'*Holothuria poli* du site de Petit port, au sein du biotope herbiers à *Cymodocea nodosa*.

L'analyse statistique (PERMANOVA), nous a permis de distinguer qu'il y a une différence hautement significative entre les trois sites ( $P < 0.01$ ), ceci peut être expliqué par le fait que la différence des caractéristiques écologiques de chaque site d'étude implique une différence dans le type d'aliment disponible pour les holothuries. Par contre, cette analyse statistique nous a également permis de distinguer qu'il n'y a aucune différence du régime alimentaire de l'holothurie étudiée entre les biotopes.

Nos résultats montrent que les Foraminifères constituent le principal aliment consommé par le concombre de mer étudié, ceci au niveau des trois sites, ainsi qu'au sein de chaque biotope. Des résultats similaires sont obtenus par **Belbachir (2018)**, **Belbachir et Mezali (2018, 2020a et 2020b)**. **Bakus, (1973)** considère les Foraminifères comme l'une des sources principales de nourriture pour les holothuries. L'utilisation des diatomées comme source de nourriture n'est observé qu'à Petit port ; cette source de nourriture est signalée par plusieurs auteurs (**Khripounoff et Sibuet, 1980** ; **Sonnenholzner, 2003** ; **Yokoyama, 2013** ; **Xie et**

*al.*, 2017) ; elle est même considérée comme un élément essentiel de l'alimentation des holothuries, plus particulièrement au cours de leurs premiers stades de vie (Shi *et al.*, 2013 ; 2015). Il a même été démontré que les diatomées appartenant au genre *Navicula*, pourraient améliorer les performances de croissance et l'activité des enzymes digestifs chez l'holothurie *Apostichopus japonicus* (Selenka) (Xie *et al.*, 2017). Par ailleurs, il est fort probable que les diatomées retrouvées dans les contenus digestifs de l'holothurie étudiée, soient des diatomées épiphytes des feuilles de Posidonies ; du moment que plusieurs diatomées benthiques pennées appartenant aux genres *Amphora*, *Cocconeis*, *Diploneis* et *Navicula* prolifèrent sur les feuilles de posidonies (Mazzella, 1983 ; Mazzella et Spinoccia, 1992 ; Mazzella *et al.*, 1994 ; Majewska *et al.*, 2014).

Nos résultats montrent de très faibles proportions de spicules d'éponges dans les contenus digestifs de *Holothuria poli* étudiée ; Abdenacer, (2022) avait obtenu des résultats opposés aux notre pour ce type d'aliment. Par ailleurs, les algues sont consommées avec de moyenne, voir de faibles proportions par *Holothuria poli*, montrant une légère préférence pour les algues rouge. Il est à noter qu'une forte proportion d'algues macrophytes a été 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).

---

## Conclusion

Ce travail nous a permis d'en ressortir avec une idée générale sur le régime alimentaire de l'espèce d'holothurie *Holothuria poli*. Les sources trophiques de cette espèce sont très diversifiées ; la fraction végétale est essentiellement composée de feuilles de posidonie, d'algues macrophytes (essentiellement rouges et vertes) et de Diatomées ; la fraction animale est composée majoritairement de Foraminifères, et à moindre mesure de Crustacées, d'épines d'oursins, de coquilles de bivalves et de Bryozoaires.

A Stidia, l'holothurie étudiée préfère les Foraminifères et *Jania sp* (Algue rouge) au sein des deux biotopes (rocheux et herbiers à *Cymodocea nodosa*). Par ailleurs, au niveau du biotope rocheux du site de Salamandre *Holothuria poli* préfère beaucoup plus les Foraminifères et à moindre mesure *Ceramium sp* (algue rouge) et les spicules d'éponge ; tandis qu'au niveau du biotope herbiers à *Cymodocea nodosa*, cet animal marin préfère les Foraminifères et les feuilles vivantes de Posidonie. D'autre part, au niveau du biotope rocheux du site de Petit port, *Holothuria poli* consomme beaucoup plus les Foraminifères, les feuilles vivantes de Posidonie et les Diatomées ; alors qu'elle préfère seulement les Foraminifères et les Diatomées au sein du biotope herbiers à *Cymodocea nodosa*.

La contribution de chaque type d'aliment diffère selon le site de prélèvement, démontrant ainsi une certaine plasticité trophique de cette espèce de concombre de mer, lui permettant, sans doute, de mieux s'adapter à son environnement. Dans l'ensemble, nous pouvons dire que ce sont les Foraminifères qui constituent l'aliment de base chez l'holothurie étudiée, du moment que ces dernières les consomment avec des proportions relativement importantes.



## Références bibliographiques

- **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.
- **Attoub S., Arafat K., Gélaude A., Al Sultan M.A., Bracke M., Collin P., Takahashi T.,**
- **Azzolina J. F., Harmelin J. G., (1989).** Repartition et fluctuation de trois espèces littorales d'holothuries à Port-Cros (Méditerranée. France). *International Workshop on Posidoniabeds*, Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V., édit., *GIS Posidonie publ.*, Fr., **2** :219-230.
- **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. Newyork*, **2**: 325-367.
- **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.
- **Benhamidi., (2002).** Analyse microbiologique et physique-chimique des deux de 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. Algérie.

- **Biris-Dorhoi E.S., Michiu D., Pop C.R., Rotar A.M. , Tofana M., Pop O.L. , Socaci S.A.,**
- **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.
- **Calva L., (2002).** Habitos Alimenticios de algunos Equinodermos .Parte 2 :Erizos de mar y pepinos de mar .Laboratorio de Ecosistemas Costeros , departamento de Hidrobiología .UAM-Iztapalapa.
- **Cherbonnelle, G. (1956).** Les échinodermes de Tunisie. *Bull. Stat. Océanogr. Salammbô*, **53**, 1-23
- **Conand C., (1989).** Les holothuries Aspidochirotes du lagon de Nouvelle-Calédonie : biologie, écologie et exploitation. Collection ETUDES et THESES. *ORSTOM*, PARIS. 393p.
- **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.
- **Conand C., (1993).** Reproductive biology of characteristic holothurians from the major communities of the New Caledonia lagoon .*Marine Biology* .116: 439-450.
- **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.
- cucumbers. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, **54**: 367-386.

- **Cuenot L., (1948).** Anatomie, éthologie et systématique des Échinodermes. *In Traité de zoologie : anatomie, systématique, biologie* Vol Tome XI (ed. P-P GRASSÉ), Paris (VI).3-272.
- **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.
- **Farcas A.C. (2020).** Macroalgae: A Sustainable Source of Chemical Compounds with Biological Activities. *Nutrients.* **12 (10)**: 3085.
- **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", échinodermes et poissons. *Mémoire Diplôme Etudes Approfondies Océanologie Biologique, Université Pierre et Marie Curie*, Paris: 1-72.
- **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 Report of Port-Cros National Park*, **14** : 81-140.

- **Grasse J.F., Senders H.L., (1948).** Pattern Of Zonation A Study Of BathyalMegafauna Using The Research Submersible”Alivin” *Deepsea Research*22 P 457-481.
- **Hendler G.et al, 1995.** *Echinoderms of Florida and the Caribbean. Sea Stars, sea urchins and allies.* Smithsonian Institution Press, Washington et Londres. 390 pp.
- **Ivlev V. S., (1961).** Experimental ecology of the feeding of fishes. *Yale Univ. Press,* New Haven. 302 p.
- **Jones R.S., (1968).** A suggested method for quantifying gut content in herbivorous fishes. *Micronesca, Guam. USA, 4 (2):* 369-371.
- **Kaiser J., (2001).** Bioindicators and biomarkers of environmental pollutions and risk assessment. (Plymouth: Science Publishers).
- **Kerret A.M., Stoffel E.M., Yoon R.L. (1993).** Abundance distribution of Holothuroids (Echinodermata: Holothuroidea) on a wind ward 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.
- **Kornprobst J.M., (2005).** Substances naturelles d’origines marines : chimiodiversité, pharmacodiversité et biotechnologies. Vol 1. Tec et Doc.
- **Kropp R.K., (1982).** Response of five holothurian species to attacks by a predatory gastropod. *Tonna perdux. Pacific Sci., 36(4):* 445-452.
- **Lalami-Taleb R. (1970).** Facteurs de répartition verticale du phytoplancton au large d’Alger. Thèse de Doctorat. Université d’Alger. 168 pp.

- **Lohrer A.M., Thrush S.F., Gibbs M.M. (2004).** Bioturbators enhance ecosystem function through complex biogeochemical interactions. *Nature*, **431**: 1092-1095.
- **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.
- **Massin C. et 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., (1982a).** Food and feeding mechanisms: Holothuroidea. In: Echinoderm nutrition. Jangoux M et Lawrence J.M., Balkema A.A., Publ., Rotterdam, Netherdam, Netherlands: 43-55.
- **Massin C., Van den Spiegel., (1990).** Observations écologiques sur *Holothuria tubulosa*, *H. polii* et *H. forskali* et comportement alimentaire de *Holothuriatubulosa*. Cahier de Biologie Marine France 17:45–59.
- **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.
- **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., (2004b).** 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 aspidochirotés (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.
- **Millot C. (1987).** Circulation in the Western Mediterranean sea. *Oceanologica Acta*, **10 (2):**
- **Moriarty D.J.W., (1982).** Feeding of *Holothuria atra* and *Stichopus chloronotus* on bacteria, organic carbon and organic nitrogen in sediments of the Great Barrier Reef. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, **33**: 255-263.
- **Muscat A., (1983).** Population dynamics and the effects on the infauna of the deposit feeding holothurian *Parastichopus parvimensis* (Clark). *Ph. D. Thesis, Univ. of Southern California*: 1-328.
- **Nedelec H., (1982).** Ethologie alimentaire de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Galeria (Corse) et son impact sur les peuplements phytobenthiques. *These Doct. 3<sup>eme</sup> cycle Océanol. Biol., Univ. Pierre et Marie Curie, Paris, 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.
- **Nichols D., (1969).** Echinoderms. Second edition. Hutchinson University Library, London, 192 pp.

- **Pawson , (1978).** Ecology of holothurians. In: physiology of Echinodarmata, pp 63-72. Ed.by R. A. Boolootian. New York: Wiley-Interscience 1966.
- **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. p. 37. Smithsonian Institution, Washington.
- **Pawson, D. L., (1983).** *Psychronaetes hanseni*, a new genus and species of elasipodan sea cucumber from the eastern central Pacific (Echinodermata: Holothurioidea). *Proceedings of the Biological Society of Washington* 96(1): 154-159.
- **Purcell S.W., Conand C., Uthicke S., Byrne M. (2016).** Ecological roles of exploited sea
- **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*
- **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.
- **Rowe F.W.E., (1969).** a review of the family Holothurioidea (*holothurioidea aspidochirotida*). *In Bull Br Mus nat Hist (Zool), Vol 18. British Museum (Natural History), LONDON.117-170.*
- **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.*

- **Smiley F.S., McEuen F.S., Chaffee C., Krishnan S., (1991).** Echinodermata: Holothuroidea. *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.
- **Solis Marín F. A., (2003).** Systematics and Phylogeny of the Holothurian Family Synallactidae. PhD. Graduate School of the Southampton Oceanography Centre. 361pp.
- **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.
- **Stamhuis E.J., Videler J.J., de Wilde P.A.W.J., (1998).** Optimal foraging in the thalassinidean shrimp *Callianassa subterranean* Improving food quality by grain size selection. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **228**: 197-208.
- **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. (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.



- **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.
- **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.*