

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

**MENOUER MOHAMED ABDENACER**

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE**

**Spécialité: Ressources Halieutiques**

**THÈME**

Stratégie alimentaire chez quelques espèces de  
concombre de mer de la côte de Mostaganem

Soutenue le 07/07/2022

DEVANT LE JURY

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

*Année universitaire 2021/2022*

## REMERCIEMENTS

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

*Je n'ai sûrement pas les mots suffisants pour témoigner les vifs remerciements pour son soutien, ses conseils et la confiance qui m'a accordé durant ce travail, à M. BELBACHIR Nor Eddine, mon enseignant et mon encadreur, Maitre de Conférences A au Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture de l'Université de Mostaganem. Que Dieu vous protèges.*

*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.*

*Mes sincères remerciements vont également à M. BOUZAZA Z, Maitre de Conférences A à l'Université de Mostaganem, pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail. Qu'il me soit permis de lui exprimer mes respects les plus profonds.*

*Je remercie également tous le personnel des laboratoires ; M<sup>me</sup> Amina et M<sup>me</sup> Imène du laboratoire d'halieutique ; M<sup>me</sup> Rachida du laboratoire de pédologie ; M<sup>r</sup> Amine et M<sup>r</sup> Cherif du laboratoire de biochimie pour m'avoir aidé dans le déroulement de mes expériences.*

*Si que tous les professeurs du département des Sciences de Mer et de l'Aquaculture ainsi que le chef de département.*

*Je dédie ce travail avec plaisir à*

*Mes très chères parentes, ma famille et mes fidèles amis (Brothers from another mothers).*

## Résumé

Cette étude du régime alimentaire chez trois espèces d'holothuries (*H. poli*, *H. tubulosa* et *H. arguinensis*) de la frange côtière de Mostaganem (Salamandre et Stidia), a été réalisée pendant la saison printanière pour un but d'apprécier la capacité sélective pour les différents aliments et d'analyser le taux de la matière organique au niveau du contenu de leurs tubes digestifs et dans le sédiment de leurs biotopes. Les ressources alimentaires consommées par les Holothuries étudiées sont constituées d'une fraction animale (Foraminifères, Spicules d'Eponge, Mollusques, Epines d'Oursin, Nématodes, Crustacés et Spicules d'Holothuries) et d'une autre fraction végétale (Diatomées, Algues, Posidonie et Cyanophycées). Les Foraminifères, Diatomées et les Spicules d'Eponge sont les principales aliments consommés par ces espèces étudiées (avec 15.42%, 28.75% et 22.08% respectivement chez *H. poli* ; avec respectivement 18.33%, 51.67% et 15% chez *H. tubulosa* ; avec 28.33%, 30% et 16.67% respectivement chez *H. arguinensis* au niveau du site de la Salamandre), aussi au niveau du site de Stidia (avec respectivement 16.67%, 31.67% et 10.42% chez *H. poli* ; avec 23.33%, 10% et 13.33% respectivement chez *H. tubulosa*). Les résultats obtenus de la sélectivité dans le choix de l'aliment chez les holothuries à travers le calcul de l'**Indice d'électivité (E')** d'Ivlev montre qu'au niveau du site de Salamandre *H. poli* présente une préférence pour les spicules d'Eponges, Diatomées et les spicules d'Holothuries, *H. tubulosa* préfère les Cyanophycées, Posidonie et les Algues. Les spicules d'Eponges, Mollusques et les Crustacés sont sélectionnées par *H. arguinensis*. D'autre part, au niveau du site de Stidia : *H. poli* et *H. tubulosa* présentent une préférence pour les Nématodes, les Algues et la Posidonie.

L'analyse du taux de la matière organique au niveau du premier tronçon du tube digestif des holothuries, des sédiments de leurs biotopes, a été réalisée afin d'apprécier la sélectivité dans l'alimentation chez ces espèces. Les résultats obtenus lors de ce travail sur les deux sites, montrent que le pourcentage du taux de la matière organique au niveau du Forgut présente des résultats élevés par rapport au sédiment du biotope, chez les espèces *H. poli*, *H. arguinensis* et *H. tubulosa*.

**Mots clefs :** Holothuries ; régime alimentaire ; sélectivité ; taux de la matière organique ; tube digestif.

## Abstract

This study of the diet of three species of holothurians (*H. poli*, *H. tubulosa* and *H. arguinensis*) from the coastal fringe of Mostaganem (Salamander and Stidia), was carried out during the spring season for the purpose of appreciating the selective capacity for the various foodstuffs and to analyze the rate of the organic matter at the level of the contents of their digestive tubes and in the sediments of their biotopes. The food resources consumed by the Holothurians studied are made up of an animal fraction (Foraminifera, Sponge spicules, Mollusks, Sea Urchin spines, Nematodes, Crustacea and Holothurian spicules) and another plant fraction (Diatoms, Algae, Posidonia and Cyanophyceae). Foraminifera, Diatoms and Sponge Spicules are the main foods consumed by these species studied (with 15.42%, 28.75% and 22.08% respectively in *H. poli*; with 18.33%, 51.67% and 15% respectively in *H. tubulosa*; with 28.33%, 30% and 16.67% respectively in *H. arguinensis* at the Salamander site), also at the Stidia site (with 16.67%, 31.67% and 10.42% respectively in *H. poli*; with 23.33%, 10% and 13.33% respectively in *H. tubulosa*). The obtained results on the selectivity in the choice of food for holothurians through the calculation of the electivity index ( $E'$ ) Ivlev was carried out, at the Salamander site *H. poli* shows a preference for sponge spicules, Diatoms and Holothurian spicules, *H. tubulosa* prefers Cyanophyceae, Posidonia and Algae, sponge spicules, Mollusks and Crustacea are selected by *H. arguinensis*. On the other hand, at the Stidia site: *H. poli* and *H. tubulosa* showing a preference for Nematodes, Algae and Posidonia.

An analysis of the rate of organic matter at the level of the first section of the digestive tract of holothurians, of the sediments of their biotopes, was carried out in order to appreciate the selectivity in feeding in these species. The results obtained during this work on the two sites, show that the percentage of the rate of organic matter at the level of the Forgut presents high results in relation to the sediment of the biotope, for the species *H. poli*, *H. arguinensis* and *H. tubulosa*.

**Keywords:** Holothurians; diet; selectivity; organic matter rate; digestive tract.

## ملخص

أجريت هذه الدراسة على النظام الغذائي لثلاثة أنواع من خيار البحر (*H. poli* ، *H. tubulosa* و *H. arguinensis*) من الحافة الساحلية لمستغانم (صلامندر و إستيديا) ، خلال موسم الربيع لغرض تقدير القدرة الانتقائية للأطعمة المختلفة و تحليل معدل المواد العضوية في محتوى قنواتها الهضمية و في رواسب بيئاتها الحيوية. تتكون الموارد الغذائية التي يستهلكها خيار البحر المدروس من جزء حيواني (المنخربات ، الشوكيات الإسفنجية ، الرخويات ، أشواك قنفا البحر ، الديدان الخيطية ، القشريات وشوكيات خيار البحر) و جزء نباتي آخر (الدياتومات والطحالب و البوسيدونيا و السيانوفيسيا). المنخربات، الدياتومات والشوكيات الإسفنجية هي الأطعمة الرئيسية التي تستهلكها هذه الأنواع المدروسة (مع 15.42% ، 28.75% و 22.08% على التوالي في *H. poli* ؛ مع 18.33% ، 51.67% و 15% على التوالي في *H. tubulosa* ؛ مع 28.33% ، 30% و 16.67% على التوالي في *H. arguinensis* في موقع صلامندر)، أيضا في موقع إستيديا (مع 16.67% ، 31.67% و 10.42% على التوالي في *H. poli* ؛ مع 23.33% و 10% و 13.33% على التوالي في *H. tubulosa*). النتائج التي تم الحصول عليها على الانتقائية في اختيار الطعام في خيار البحر من خلال حساب مؤشر الانتقائية (*E'*) Ivlev ، في موقع صلامندر يفضل *H. poli* شوكيات الإسفنج و الدياتومات وشوكيات خيار البحر ، ويفضل *H. tubulosa* السيانوفيسيا و البوسيدونيا والطحالب ، ويتم اختيار شوكيات الإسفنج والرخويات والقشريات من قبل *H. arguinensis* . من ناحية أخرى ، في موقع إستيديا: *H. poli* و *H. tubulosa* يظهران تفضيلا للديدان الخيطية والطحالب و البوسيدونيا.

تم إجراء تحليل لمستوى المادة العضوية على مستوى القسم الأول من الجهاز الهضمي لخيار البحر ، من رواسب مناطقها الحيوية ، من أجل تقييم الانتقائية في النظام الغذائي لهذه الأنواع ، وتظهر النتائج التي تم الحصول عليها خلال هذا العمل على كلا الموقعين أن النسبة المئوية لمستوى المادة العضوية على مستوى المعى الأمامي تقدم نتائج عالية مقارنة برواسب البيئة الحيوية ، في الأنواع *H. poli* ، *H. arguinensis* و *H. tubulosa*.

**الكلمات المفتاحية:** خيار البحر ؛ النظام الغذائي ؛ الانتقائية ؛ مستوى المواد العضوية ؛ قسم من الجهاز الهضمي.

# LISTES DES FIGURES

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure 1 :</b> Cladogramme, illustrant la classification des classes d'échinodermes. (1) phylum Echinodermata; (2) super-classe Eleutherozoa; (3) super-classe Asterozoa; (4) Super-classe Echinozoa (D'après Janies, 2001) (Samynet al, 2006).....  | 03 |
| <b>Figure 2 :</b> Classification des holothuries [d'après Cannon et Silver, 1986 in Preston (1993)].....  | 05 |
| <b>Figure 3 :</b> Répartition de l'espèce <i>Holothuria tubulosa</i> repéré en rouge sur la carte depuis le golfe de Gascogne jusqu'à la Méditerranée (Richon, 2008).....   | 06 |
| <b>Figure 4 :</b> Anatomie externe d'une holothurie aspidochirote (Samynet al., 2006).....  | 07 |
| <b>Figure 5 :</b> Anatomie interne d'une holothurie aspidochirote montrant les principaux organes (dessin Dominique Sablons- Archives Larousse).....  | 07 |
| <b>Figure 6 :</b> Tube digestif d'une holothurie, avec les différentes parties caractérisées par leurs fonctions physiologiques (In Mezali, 1998, Modifié par Menouer, 2022).....   | 09 |
| <b>Figure 7 :</b> Quelques types de sclérites chez les holothuries : <b>1 :</b> Tourelles ; <b>2 :</b> Boucles ; <b>3 :</b> plaques perforées ; <b>4 :</b> Bâtonnets ; <b>5 :</b> Ancre ; <b>6 :</b> Corpuscule crépu ; <b>7 :</b> Plaque anchorale ; <b>8 :</b> Pseudo-bouton ; <b>9 :</b> Roues ; <b>10 :</b> Rosette (Samyn et al., 2006 modifiée, Mecheta, 2021).....   | 10 |
| <b>Figure 8 :</b> Emission de gamètes chez une holothurie.....  | 11 |
| <b>Figure 9 :</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).....   | 12 |
| <b>Figure 10 :</b> <i>Holothuria (Holothuria) tubulosa</i> A Gmelin, 1791 (Mezali, 2020, Menouer, 2022).....  | 13 |
| <b>Figure 11 :</b> <i>Holothuria (Roweothuria) poli</i> Delle Chiaje, 1824(Menouer, 2022).....  | 13 |
| <b>Figure 12 :</b> <i>Holothuria (Platyperona) sanctori</i> Delle Chiaje, 1823 (Copyright Roberto Pillon, Foto: Paros, Griechenland).....   | 14 |
| <b>Figure 13 :</b> <i>Holothuria (Panningothuria) forskali</i> projetant ses tubes de Cuvier.....   | 14 |
| <b>Figure 14 :</b> <i>Holothuria (Roweothuria) arguinensis</i> Koehler & Vaney 1906 (Khodja, 2020)/ (Menouer, 2022). 15   | 15 |
| <b>Figure 15 :</b> <i>Parastichopus regalis</i> (Cuvier, 1817) (1259ft) (Smithsonian institution / Harbor Branch Oceanographic Institution .....  | 16 |
| <b>Figure 16 :</b> Schéma montrant le transit digestif d'une holothurie aspidochirote (d'après Conand, 1994, Modifiée par Belbachir, 2012).....   | 17 |
| <b>Figure 17 :</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). (D'après Purcell et al., 2016)..... | 20 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figure 18</b> : Recyclage des nutriments par les holothuries (d'après Purcell et al., 2016).....  | 21 |
| <b>Figure 19</b> : Situation géographique des deux sites de prélèvements (Stidia et Salamandre). (Google Earth).   | 25 |
| <b>Figure 20</b> : Point de prélèvement au niveau de salamandre, Photo prise par Menouer 2022.....   | 26 |
| <b>Figure 21 a</b> : Photo montrant les points de prélèvement au niveau du site de Stidia ouest. Photo prise par Menouer 2022.....   | 27 |
| <b>Figure 21 b</b> : Photo montrant les points de prélèvement au niveau du site de Stidia est. Photo prise par Menouer 2022.....   | 28 |
| <b>Figure 22</b> : Traitement des échantillons d'holothuries pour l'analyse du contenu digestif. Dissection longitudinale d'une holothurie ; collecte du tube digestif . Photo prise par Menouer 2022.....                                     | 29 |
| <b>Figure 23</b> : Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce <i>Holothuria poli</i> du site de Salamandre.....   | 34 |
| <b>Figure 24</b> : Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce <i>Holothuria tubulosa</i> du site de Salamandre.....   | 35 |
| <b>Figure 25</b> : Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce <i>Holothuria arguinensis</i> du site de Salamandre.....  | 36 |
| <b>Figure 26</b> : Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le sédiment de Salamandre...  | 37 |
| <b>Figure 27</b> : Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce <i>Holothuria poli</i> du site de Stidia.....   | 38 |
| <b>Figure 28</b> : Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce <i>Holothuria tubulosa</i> du site de Stidia.....   | 39 |
| <b>Figure 29</b> : Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le sédiment de Stidia.....  | 40 |
| <b>Figure 30</b> : Taux de la matière organique des premiers tronçons des tubes digestifs, Forgut et le sédiment de leurs biotopes chez les espèces <i>H. poli</i> , <i>H. tubulosa</i> et <i>H. arguinensis</i> du site de la Salamandre..... | 41 |
| <b>Figure 31</b> : Taux de la matière organique des premiers tronçons des tubes digestifs, Forgut et le sédiment de leurs biotopes chez les espèces <i>H. poli</i> et <i>H. tubulosa</i> du site de Stidia.....                                | 42 |
| <b>Figure 32</b> : Indice d'Electivité d'Ivlev (E'), indiquant la préférence ou le rejet d'une ressource alimentaire, chez les holothuries du site de Salamandre.....  | 43 |
| <b>Figure 33</b> : Indice d'Electivité d'Ivlev (E'), indiquant la préférence ou le rejet d'une ressource alimentaire, chez les holothuries du site de Stidia.....  | 45 |

## **LISTE DES TABLEAUX**

|   |    |
|---|----|
| <b>Tableau 01:</b> Quantité estimée des captures d'holothuries dans le monde (FAO, 2008).....   | 24 |
| <b>Tableau 02 :</b> Proportions (Moyenne $\pm$ Ecart type) des différentes sources alimentaires dans le régime alimentaire des Holothuries étudiées et du sédiment de salamandre.....     | 33 |
| <b>Tableau 03 :</b> Proportions (Moyenne $\pm$ Ecart type) des différentes sources alimentaires dans le régime alimentaire des Holothuries étudiées et sédiment de Stidia.....            | 38 |
| <b>Tableau 04 :</b> Proportions (Moyenne $\pm$ Ecart type) du taux de la matière organique du premier tronçon du tube digestif des Holothuries étudiées et du sédiment de Salamandre..... | 41 |
| <b>Tableau 05 :</b> Proportions (Moyenne $\pm$ Ecart type) du taux de la matière organique du premier tronçon du tube digestif des Holothuries étudiées et du sédiment de Stidia.....     | 42 |



# **SOMMAIRE**

## Résumé

## Liste des figures

## Liste des tableaux

## SOMMAIRE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Introduction.....</b>   | <b>01</b> |
| <b>Objectif d'étude.....</b>   | <b>01</b> |
| <b>CHAPITRE I : RECHERHCE BIBLIOGRAPHIQUE</b>  |           |
| I. Généralités sur les Echinodermes.....   | 02        |
| II. Les Holothuries.....   | 03        |
| II.1. Généralités.....   | 03        |
| II.2. Taxonomie.....   | 04        |
| II.3. Répartition.....   | 05        |
| II.4. Morphologie et physiologie.....  | 06        |
| II.4.1. Organisation externe.....  | 06        |
| II.4.2. Organisation interne.....  | 07        |
| II.4.2.1. La cavité cœlomique.....   | 07        |
| II.4.2.2. Système reproducteur.....  | 08        |
| II.4.2.3. Les organes arborescents (arbres respiratoires).....                             | 08        |
| II.4.2.4. Système nerveux.....   | 08        |
| II.4.2.5. Systèmes digestifs.....  | 08        |
| II.4.2.6. Système aquifère.....  | 09        |
| II.4.2.7. L'anneau calcaire.....   | 10        |
| II.4.2.8. Endosquelette.....   | 10        |
| II.5. Reproduction.....  | 11        |
| II.6. Ecologie de quelques espèces d'holothuries.....                                      | 12        |
| II.6.1. <i>Holothuria (Holothuria) tubulosa</i> <b>Gmelin, 1791</b> .....                  | 12        |
| II.6.2. <i>Holothuria (Roweothuria) poli</i> <b>Delle Chiaje, 1824</b> .....               | 13        |
| II.6.3. <i>Holothuria (Platyperona) sanctori</i> <b>Delle Chiaje, 1823</b> .....           | 14        |
| II.6.4. <i>Holothuria (Panningithuria) forskali</i> <b>Delle Chiaje, 1823</b> .....        | 14        |
| II.6.5. <i>Holothuria (Roweothuria) arguinensis</i> <b>Koehler &amp; Vaney, 1906</b> ..... | 15        |
| II.6.6. <i>Parastichopus regalis</i> <b>Cuvier, 1817</b> .....                             | 15        |
| II.7. Moyens de défenses.....  | 16        |
| II.7.1. Toxines.....   | 16        |
| II.7.2. Tube de curvier.....   | 16        |
| II.7.3. L'autotomie.....   | 16        |
| II.8. Régime alimentaire des holothuries.....  | 17        |
| II.8.1. La sélectivité dans l'alimentation.....  | 18        |
| II.9. Importance écologique des holothuries.....   | 19        |
| II.9.1. La bioturbation.....   | 19        |

|  |    |
|--|----|
| II.9.2. Nettoyage du sédiment.....                     | 20 |
| II.9.3. Recyclage des nutriments.....                  | 21 |
| II.9.4. Rôle dans les réseaux trophiques.....          | 22 |
| II.10. Intérêt socio-économique.....                   | 22 |
| II.11. Utilisation pharmaceutiques et cosmétiques..... | 23 |
| II.12. Exploitation halieutique des holothuries.....   | 23 |

## **CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES**

|   |    |
|---|----|
| I. Présentation de la côte de Mostaganem.....                                   | 25 |
| I.1. Présentation des sites d'échantillonnage.....                              | 26 |
| I.1.1. Salamandre.....  | 26 |
| I.1.2. Stidia.....  | 27 |
| II. Echantillonnage et traitement des échantillons.....                         | 28 |
| II.1. Analyse des contenus digestifs.....                                       | 29 |
| II.2. Analyse du taux de la matière organique.....                              | 30 |
| II.3. Etude de sélectivité dans le choix de l'aliment chez les holothuries..... | 31 |
| II.4. Analyse statistique.....  | 31 |

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

|   |    |
|---|----|
| I. Résultats.....                       | 32 |
| II. Discussion.....                     | 46 |
| <b>Conclusion.....</b>                  | 49 |
| <b>Perspective.....</b>                 | 49 |
| <b>Références bibliographiques.....</b> | 50 |

**Annexe**

# **INTRODUCTION**

## ***Introduction***

Les détritivores sont des êtres vivants qui se nourrissent de débris animaux, végétaux ou fongiques qui sont parfois en décomposition, ou font partie de la nécrosasse et appartenant à plusieurs classes zoologiques. Parmi les principaux groupes de détritivores en milieu marin, nous pouvons citer les Mollusques, les Annélides, les Crustacés et les Echinodermes (Feral, 1985). Parmi les Echinodermes, les Holothuries ont une très grande importance dans le milieu marin, spécialement dans le réseau trophique détritivore (Zupo et Fresi, 1984).

En Algérie, de très intéressants travaux de recherches ont été réalisés et des différentes méthodes ont été utilisées sur ces organismes marins, leurs comportements alimentaire et leur dynamique et systématique, notamment ceux de Mezali (2004a ; 2004b ; 2008), Mezali et al (2006), Mezali et Soualili (2013), Mezali et al (2014). La majorité des données sur le régime et le comportement alimentaire des holothuries 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 Elakkermi *et al.*, (2021).

Ce travail consiste à analyser les contenus digestifs des certaines espèces d'Holothuries aspidochirotés (*H. poli*, *H. tubulosa* et *H. arguinensis*) de la côte de Mostaganem (Salamandre et Stidia), afin d'avoir un aperçu sur leurs ressources alimentaires. Cette étude nous apportera des réponses sur la composition du régime trophique de chaque espèce d'holothurie et leur stratégie alimentaire et nous permettra également d'avoir une idée sur la sélectivité des aliments par ces organismes marins.

## **Objectif de l'étude**

De nombreux auteurs ont confirmés que les holothuries peuvent jouer un rôle très important dans les écosystèmes benthiques. Pour cette raison il est essentiel d'étudier leurs alimentations. Le but de ce travail, est d'apprécier les contributions des différentes sources trophiques dans le régime alimentaire de quelques espèces d'holothuries, savoir, *H. poli*, *H. arguinensis* et *H. tubulosa*. L'étude cible une analyse du taux de la matière organique des contenus de leurs tubes digestifs, ainsi que leur régime alimentaire.

**CHAPITRE I :**  
**RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE**

### I. Généralités sur les Echinodermes

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 les Echinodermes.

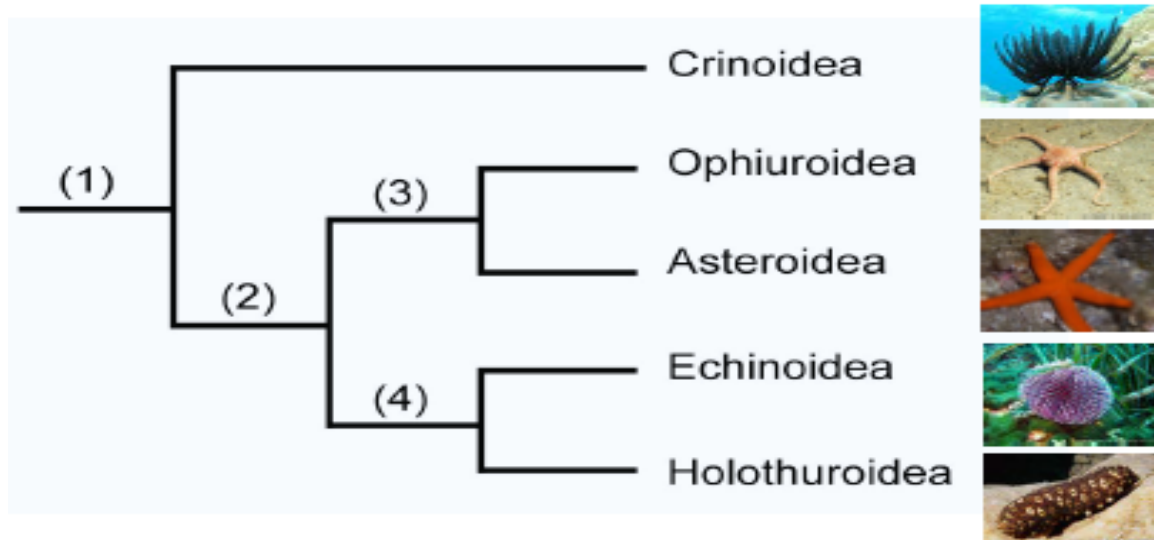
Les Echinodermes existent depuis plus de 500 millions d'années ; on en compte environ 7000 espèces vivantes et 13000 espèces fossiles (Pawson, 2007). On les trouve dans toutes les mers, sous toutes les latitudes et à presque toutes les profondeurs. Ce groupe renferme différents animaux (Guille *et al.*,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

Cet embranchement présente trois caractères essentiels :

- ❖ Symétrie pentaradiée (d'ordre 5) parfois masquée par une symétrie bilatérale,
- ❖ Squelette intradermique formé de nombreuses plaques ou spicules calcaires,
- ❖ 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 des animaux.

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 divisent en 05 classes très différentes d'aspect (Fig.01) : 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) (Samyn *et al.*, 2006).



**Figure 01 :** Cladogramme, illustrant la classification des classes d'échinodermes. (1) phylum Echinodermata; (2) super-classe Eleutherozoa; (3) super-classe Asterozoa; (4) Super-classe Echinozoa (D'après Janies, 2001) (Samynet al, 2006).

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 concombres de mer ou bien les « Holothuries », forment un embranchement diversifié et abondant d'espèces à corps souple 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, et des plaques osseuses et un anneau calcaire ; formé de nombreuses plaques ou spicules calcaires. Ils présentent un appareil ambulacraire n'existe dans aucun autre groupe du règne animal, aussi appelé le système aquifère ; formé d'un système de canaux internes connectés à des extensions externes. Cet appareil particulier assure principalement le mouvement et la nutrition (Meglitsh, 1975).



### II.2. Taxonomie

Les *Holothuroidea* sont l'une des cinq classes appartenant à l'embranchement des Echinodermes. Elles constituent 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 *Aspidochirotacea* et les *Dendrochirotacea* et six ordres (*Apodida*, *Molpadiida*, *Aspidochirotida*, *Elasipodia*, *Dendrochirotida*, *Dactylochirotida*) (Fig.02). Ces ordres se distinguent d'après (Hendler *et al.*, 1995)

- ❖ La présence ou l'absence de muscles rétracteurs oraux, d'arbres respiratoires et de tubes de Cuvier.
- ❖ 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),

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 leur différenciation (Kerr *et al.*, 1993).

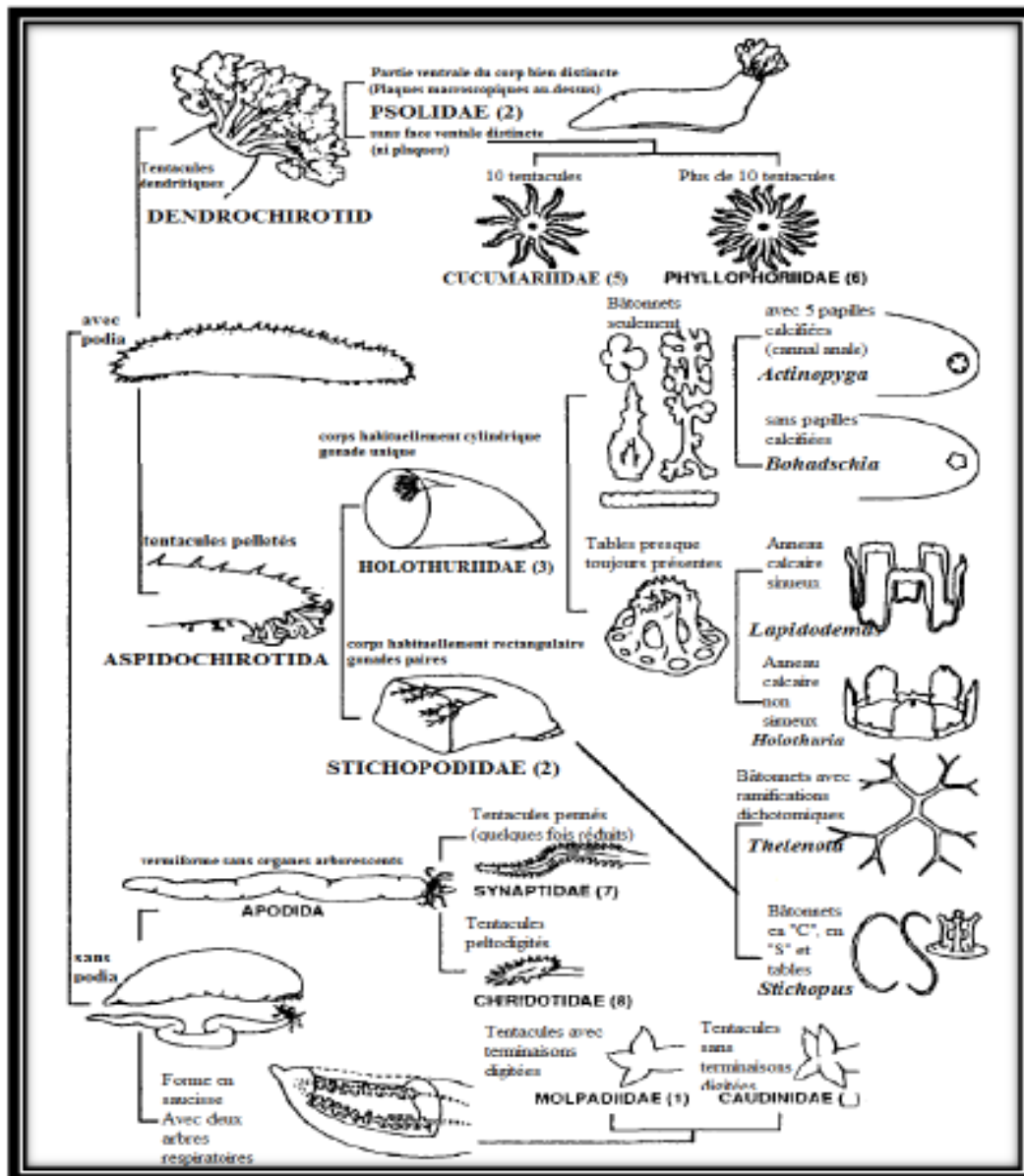


Figure 02 : Classification des holothuries [d'après Cannon et Silver, 1986 in Preston (1993)]

### 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 épibiose sur des végétaux ou des invertébrés, elles sont surtout caractéristiques des fonds meubles, pouvant vivre soit à leur surface, soit, de manière temporaire ou permanente, dans le sédiment, n'exposant que leurs tentacules. La répartition des différents groupes dans les zones littorales est marquée par la prédominance de l'ordre des Aspidochirotés dans les zones intertropicales et celle des Dendrochirotés aux latitudes tempérées et élevées. La diversité est maximale dans les zones littorales tropicales (Conand, 1994).

## Chapitre I : Recherche bibliographique

D'après Mezali (2011), en Méditerranée et plus précisément dans les eaux algériennes, parmi les espèces dominantes se trouve *Holothuria tubulosa* et *Holothuria stellati*. *Holothuria tubulosa* est la plus répandue en Méditerranée (Fig. 3).



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

### II.4. Morphologie et Physiologie

#### II.4.1. Organisation externe

Les holothuries, comme le terme concombre de mer le suggère, sont généralement cylindriques, légèrement effilées aux extrémités et d'une taille très variable. Elles présentent souvent une symétrie bilatérale qui masque la symétrie radiaire pentamérique avec une face ventrale appelée trivium et une face dorsale appelée bivium (Fig. 04). Le trivium est couvert de nombreux pieds ambulacraires (ou podia) terminés par une ventouse (Fig.04). 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 (Samyn *et al.*, 2006). Le tégument est souvent épais et dur, tandis que la forme des spicules dermiques est très variable et peut être utilisée comme caractère de détermination spécifique (Tortonese *et Vadon*, 1987).

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

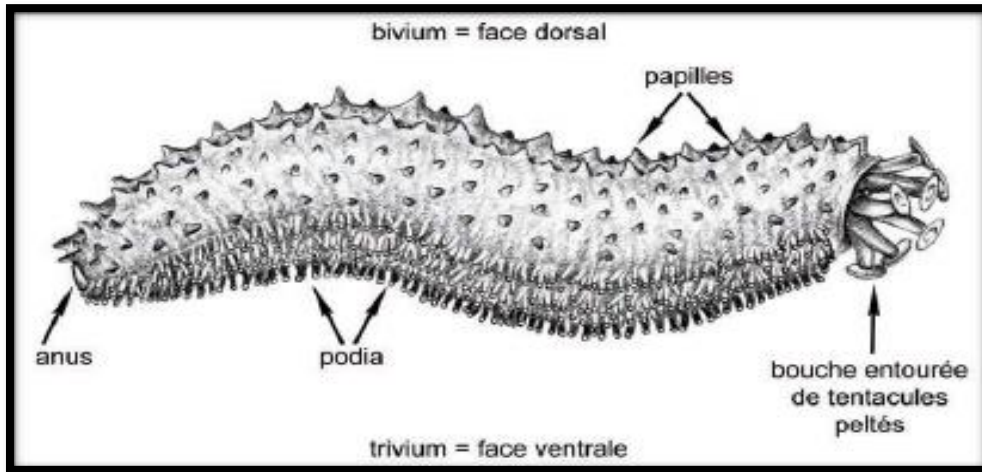


Figure 04 : Anatomie externe d'une holothurie aspidochirote (Samynet al., 2006)

## II.4.2. Organisation interne

### II.4.2.1. La cavité coelomique

Représente la majorité du poids d'une holothurie ; elle contient le liquide coelomique (Mezali,1998) (Fig.05).

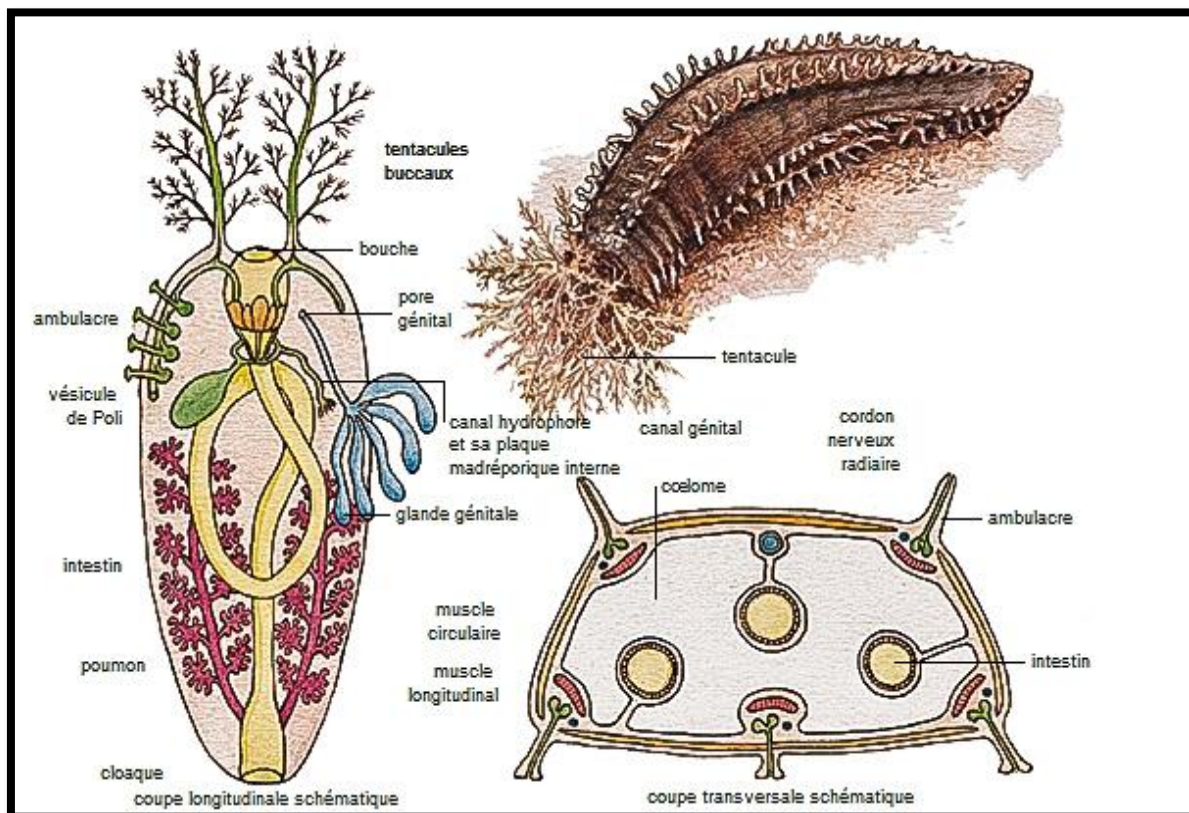


Figure 05 : Anatomie interne d'une holothurie aspidochirote montrant les principaux organes (dessin Dominique Sablons- Archives Larousse).

### II.4.2.2. Système reproducteur

Le système reproducteur est composé d'une gonade (Fig.05) (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 (Alain *et al.*, 1986).

Les gamètes sont émis librement dans l'eau de mer. L'incubation existe chez des espèces de Dendrochirotes ou d'Apodes, mais les Aspidochirotes sont ovipares (Conand, 1994).

### 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.5), peuvent se remplir d'eau de mer qui pénètre par l'anus ; elles contribuent dans la régulation de l'oxygène.

### II.4.2.4. Système nerveux

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

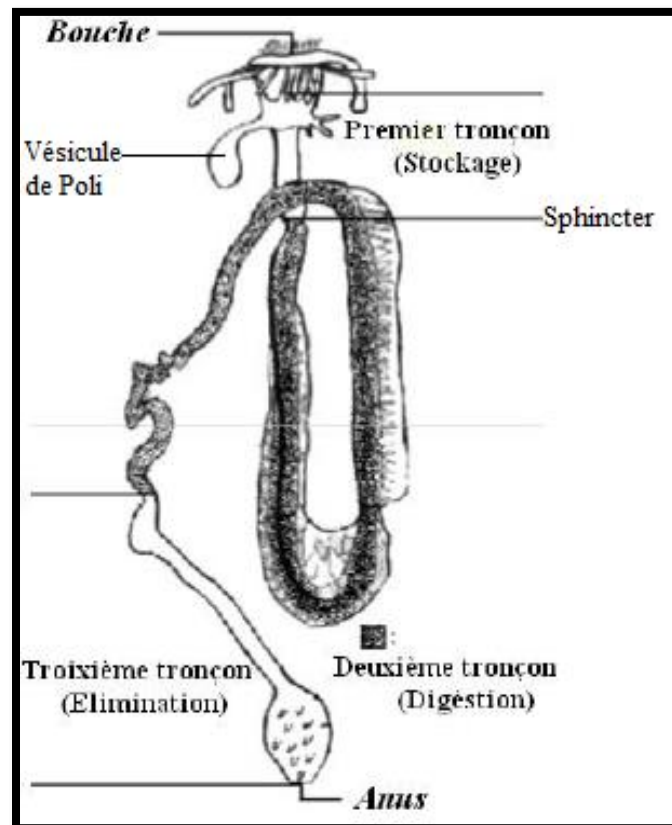
Les sens des holothuries sont relativement rudimentaires : elles sont principalement sensibles au toucher, aux variations lumineuses et à certaines composés chimiques présents dans l'eau. Des taches présentes à la base des tentacules chez certaines espèces sont interprétées comme des organes visuels, d'une acuité probablement limitée (Cherbonnier, 1988).

### II.4.2.5. Système digestifs

Le système digestif des Holothuries est formé d'un canal tubulaire. Il commence par une bouche sans dents plus ou moins ronde entourée par une couronne de tentacules ou podia péri-buccaux. Ceux-ci sont tantôt plumeux ou dendroïdes (Dendrochirotes, Synaptès, 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 (Fig. 06) décrit un tour de spire complet dans le sens des aiguilles d'une montre. Il est attaché sur toute sa longueur par des brides à la paroi du corps. Structuellement, il se compose d'un pharynx, d'un court œsophage, d'un estomac musculeux, plus ou moins long, selon les groupes, séparé de l'intestin par une légère constriction (Ricard, 2004) ;

## Chapitre I : Recherche bibliographique

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, où peuvent vivre certains symbiotes (Jans et Jangoux, 1990). Dans la première partie du tube digestif, qui s'étend de la bouche au sphincter marqué par l'inversion des couches musculaires de la paroi digestive, se situe la zone de stockage du sable. La deuxième partie, qui est la zone digestive, correspond au segment digestif entouré par le réseau admirable. C'est là que stagne le plus longtemps le sable. La dernière partie ou zone d'assimilation, se compose de la presque totalité du deuxième tronçon descendant (Ricard, 2004).



**Figure 06 :** Tube digestif d'une holothurie, avec les différentes parties caractérisées par leurs fonctions physiologiques (In Mezali, 1998, Modifié par Menouer, 2022).

### II.4.2.6. Système aquifère

Comme tous les Echinodermes, les holothuries sont pourvues d'un système aquifère ou ambulacraire à symétrie pentaradiale, avec un madréporite réduit et interne, relié aux podia et à des vésicules de Poli. La respiration peut être assurée par la peau (chez les *Apodida*), ou par un appareil respiratoire interne (parfois appelé « arbre respiratoire »), qui débouche sur le cloaque et se remplit ou se vide d'eau par contractions du corps (Alain *et al.*, 1986).

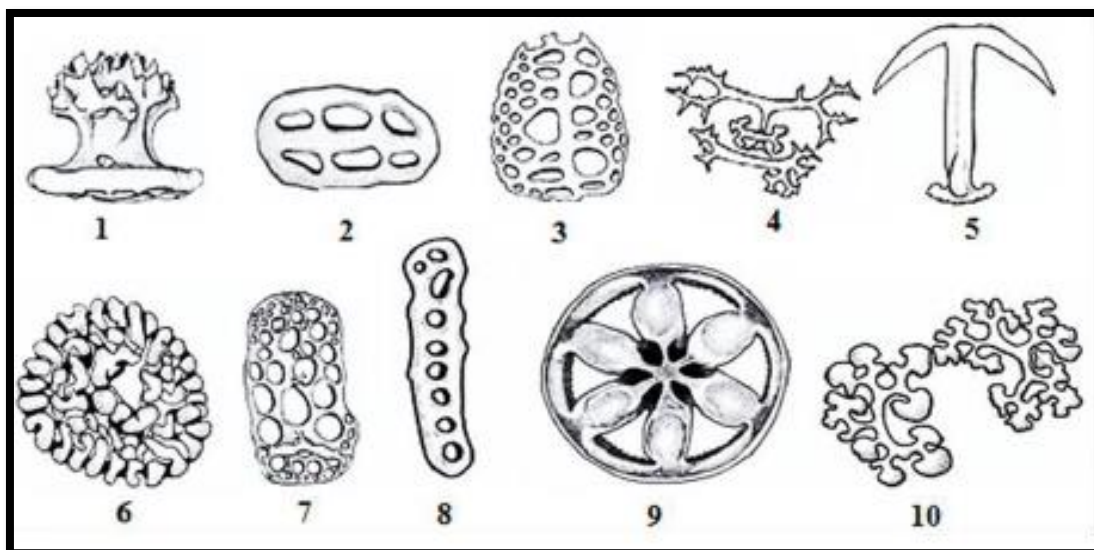
### II.4.2.7. L'anneau calcaire

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

### II.4.2.8. L'endosquelette

Presque tous les Échinodermes ont un squelette dur. La nature de ce squelette change d'un groupe à un autre dans le phylum (Hampton, 1958). Les Holothuries sont caractérisées par l'existence d'un squelette dermique ou endosquelette (Mezali, 1998 ; Mezali *et al.*, 2003). Ce dernier se trouve dans le derme et se présente sous la forme d'un grand nombre de sclérites microscopiques de matière calcifiée ce qui rend la paroi du corps rigide et rugueuse (Pawson *et al.*, 2010). Ils affichent une profusion de belles formes géométriques (Fig.07), bien que la forme des sclérites dans toutes les espèces soit limitée et soit généralement caractéristique sur le plan taxonomique (Pawson *et al.*, 2010).

Les sclérites ne sont pas uniformes dans toute la paroi du corps de l'holothurie. Il existe une différence notable entre les sclérites de la face ventrale et celles de la face dorsale du corps (Massin, 1994). Les sclérites ont des formes très variées notamment celles des organes internes du corps et sont désignés par des termes descriptifs tels que boutons, tasses, tables, assiettes, tiges, ancres et roues (Pawson *et al.*, 2010). Ces formes restent une caractéristique importante utilisée pour l'identification morphologique des holothuries (Kamarudin et Rehan, 2015). Celles de parties externes du corps telle que le tégument, les tentacules, les papilles et les podia sont couramment examinés. Cependant, l'utilisation des sclérites provenant de parties internes du corps est rare (Kamarudin et Rehan, 2015).



**Figure 07 :** Quelques types de sclérites chez les holothuries : **1 :** Tourelles ; **2 :** Boucles ; **3 :** plaques perforées ; **4 :** Bâtonnets ; **5 :** Ancre ; **6 :** Corpuscule crépu ; **7 :** Plaque anchorale ; **8 :** Pseudo-bouton ; **9 :** Roues ; **10 :** Rosette (Samyn *et al.*, 2006 modifiée, Mecheta, 2021)

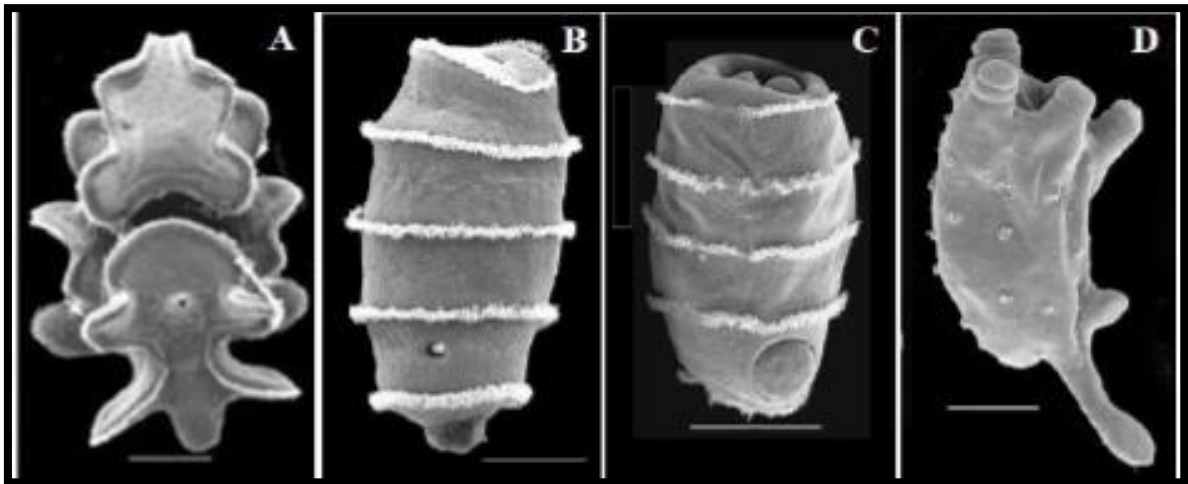
### II.5. Reproduction

Plusieurs travaux portant sur la reproduction des holothuries de la cote algérienne ont été abordés (Mezali *et al.*, 2014 ; Sliman Tamacha *et al.*, 2019). La reproduction est généralement contrôlée par les facteurs environnementaux pour synchroniser la reproduction de la gamétogenèse à la ponte (Conand et Byrne 1993). La reproduction peut être saisonnière et généralement contrôlée par la photopériode et la température (Giese et Pearse, 1974 ; Smiley *et al.*, 1991 in Gaudron *et al.*, 2008). 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 d'identifier extérieurement les mâles des femelles (Battaglène, 1999 ; Mercier *et al.*, 2000). Lors de la reproduction sexuée (Fig.08), les mâles se redressent et se balancent latéralement, en expulsant leur sperme en un jet continu. Les mâles libèrent leurs gamètes pendant plusieurs minutes, voire plusieurs heures. Les femelles redressent leur corps avant d'expulser leurs ovocytes en un puissant jet provenant de leur gonopore renflé (Agudo, 2007). Les œufs fécondés se transforment en larves pélagiques (Fig.09) qui peuvent passer 50 à 90 jours dans le plancton et sont largement dispersées par les courants aquatiques (CITES, 2002). Outre la mortalité présumée élevée des larves pélagiques, d'autres facteurs ont une incidence sur le succès de la reproduction, notamment une faible mobilité et un petit domaine vital. Comme pour les autres invertébrés sédentaires, les Holothuries qui émettent des gamètes directement dans la tranche d'eau, doivent avoir atteint une certaine densité de population pour garantir le succès de la fécondation (CITES, 2002). Lors la reproduction asexuée les espèces scissipares ont la capacité de se diviser en deux parties qui se régénèrent pour reconstituer deux individus entiers (Lee *et al.*, 2008). Toutes les espèces appartenant à l'ordre Holothuriida, dont le mode de reproduction asexuée a été décrit dans la littérature, se reproduisent également par voie sexuée en émettant des larves nageuses (Lee *et al.*, 2008). La reproduction asexuée peut s'effectuer par autotomie complète du corps, qui se scinde en plusieurs morceaux, chacun d'eux régénérant un individu complet (Pierre, 2021).



**Figure 08** : Emission de gamètes chez une holothurie.





**Figure 09** : 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.10) 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 10 :** *Holothuria (Holothuria) tubulosa* A Gmelin, 1791 (Mezali, 2020, Menouer, 2022).

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

Le corps de cette espèce (Fig.11) est cylindrique mesurant jusqu'à 25cm de long pour 5cm de large, elle a une bouche entourée d'une vingtaine de courts tentacules rétractiles et un orifice cloacal à l'autre bout. Sa peau est épaisse et très rugueuse, La face ventrale, brune grisâtre, comporte de nombreux pieds ambulacraires non alignés. La différence de couleur entre la face supérieure et inférieure est faible, sa face dorsale est mouchetée de noir, sur fond bigarré de brun, de gris ou de clair. Souvent décrite comme noire, cette holothurie ne l'est vraiment que contractée. La face dorsale est couverte de tubercules coniques, irréguliers, peu proéminents et surmontés de petites papilles blanches (Koehler, 1921).



**Figure 11 :** *Holothuria (Roweothuria) poli* Delle Chiaje, 1824 (Menouer, 2022).

### II.6.3. *Holothuria (Platyperona) sanctori* Delle Chiaje, 1823

*Holothuria sanctori* (Fig.12)) possède un corps bien cylindrique et allongé, mesurant jusqu'à 15 à 20 cm. De long et 5cm de diamètre Sa couleur de fond est marron foncé, La face dorsale est recouverte, de façon régulière, de nombreux tubercules coniques relativement bien développés et de taille identique La face ventrale est recouverte de très nombreux pieds ambulacraires (podia) serrés les uns contre les autres, dessinant une sole bien différenciée du dos. Des podia sont aussi présentes sur toute la face dorsale. La bouche est entourée de 20 à 22 tentacules rétractiles (Koehler, 1921).



**Figure 12 :** *Holothuria (Platyperona) sanctori* Delle Chiaje, 1823 (Copyright Roberto Pillon, Foto: Paros, Griechenland).

### II.6.4. *Holothuria (Panningithuria) forskali* Delle Chiaje, 1823

*Holothuria (P.) forskali* (Fig.13) est une espèce de concombre de mer de la famille des Holothuridés. 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). 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).



**Figure 13 :** *Holothuria (Panningithuria) forskali* projetant ses tubes de Cuvier.

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

L'espèce *Holothuria (Roweothuria) arguinensis* (Fig.14) est répartie de l'Atlantique Nord-Est (îles Berlengas ; Portugal) (Rodrigues, 2012) au Maroc et à la Mauritanie, ainsi qu'au niveau des îles Canaries et la Méditerranée d'Alborán (Navarro *et al.*, 2014). Récemment, ce concombre de mer a également été identifié sur la côte méditerranéenne espagnole (Gonzalez-Wangüemert et Borrero-Perez, 2012) et même en Algérie (Mezali et Thandar, 2014). Cette espèce est fréquemment trouvée dans les fonds dominés par les macroalgues et les herbiers marins, où les individus sont souvent recouverts de feuilles d'herbiers marins et d'algues comme camouflage (Navarro, 2012). Récemment, cette espèce est devenue une espèce cible dans certaines pêcheries d'holothuries de la mer, Méditerranée et en Mauritanie (González-Wangüemert et Borrero-Pérez, 2012 ; Navarro *et al.*, 2014).



**Figure 14 :** *Holothuria (Roweothuria) arguinensis* Koehler & Vaney 1906 (Khodja, 2020)/ (Menouer, 2022).

### II.6.6. *Parastichopus regalis* Cuvier, 1817

*Parastichopus regalis* (Fig.15) ou l'holothurie royale vit dans les fonds sablonneux et sédimentaires, sur le plateau continental à partir de 10 mètres et au-delà de la zone oligophotique (>500 mètres) (Ramon *et al.*, 2010).

Le corps aplati peut dépasser 30 cm à l'âge adulte. La face ventrale offre 3 rangées plus ou moins distinctes de pédicelles et la face dorsale porte de gros tubercule terminé chacun par une papille conique et pointue, ces tubercules assez rapprochés, forment des rangées longitudinales. Son corps est couvert de tubercules et les excroissances tentaculaires sont déportées sur les côtés se nourrit de particules organiques prélevés dans le sédiment (Koehler, 1921).



**Figure 15 :** *Parastichopus regalis* (Cuvier, 1817) (1259ft)  
(Smithsonian institution / Harbor Branch Oceanographic  
Institution)

### II.7. Moyens de défenses

#### II.7.1. Toxines

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

#### II.7.2. Tube de cuvier

Chez plusieurs espèces de l'ordre des Aspidochirotés, il y a, à la base de ces poumons, un nombre variable de tubules gluants blanchâtres, roses ou rougeâtres, appelés organes de Cuvier (Fig. 13), qui peuvent être détachés et éjectés par l'anus grâce aux contractions du corps ; ce sont des armes défensives grâce auxquelles les Holothuries engluent les animaux ou objets qui les dérangent ; ces organes sont facilement régénérés (Tortonese *et* Vadon, 1987).

#### II.7.3. L'autotomie

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

### II.8. Régime alimentaire des holothuries

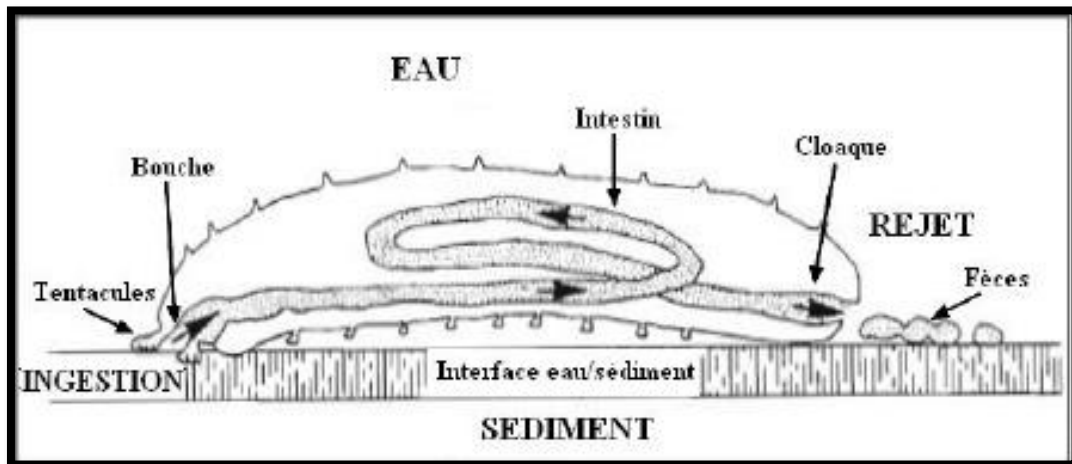
La majorité des holothuries sont dépositives et détritivores, qui utilisent différentes stratégies pour puiser leurs aliments dans les cinq premiers millimètres de sédiments (Mezali, 1998 ; Chekaba, 2002) ; ceci à l'aide de ces tentacules péribuccaux. Les sédiments ingérés par les holothuries aspidochirotes, 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 (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 détritus 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).

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). 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 détritus 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).

## Chapitre I : Recherche bibliographique

Le sédiment avalé transite dans le tube digestif tubulaire, ce dernier présente trois tronçons dont chacun correspond à une fonction spécifique : le tronçon de stockage « Forgut », qui est capable d'emmagasiner de grandes quantités de sable ; le tronçon digestif « Midgut », à partir duquel se fait l'extraction et l'absorption de la matière organique ; enfin le tronçon d'élimination « Hindgut », où se condensent les chapelets de pelotes fécales (Mezali, 2008). Après avoir transité dans le tube digestif, le sédiment passe dans le cloaque et est rejeté par l'anus sous forme de fèces (Fig.16) (Sloan, 1979 ; Massin, 1982a).



**Figure 16** : Schéma montrant le transit digestif d'une holothurie aspidochirote (d'après Conand, 1994, Modifiée par Belbachir, 2012).

### II.8.1. La sélectivité dans l'alimentation

Plusieurs recherches se sont intéressées à la sélectivité des holothuries dans leurs alimentations. Plusieurs auteurs ont décrits une certaine sélectivité chimique vis-à-vis de la matière organique, dont Moriarty, (1982) ; Mezali, (2004) ; Mezali et Soualili, (2013) et Belbachir *et al.*, (2014). La sélectivité exercé par les Holothuries, pourrait les avantagé dans l'obtention des aliments avec une grande valeur nutritionnelle, et constituer un moyen de partition de la niche écologique, entre les différentes espèces qui vivent dans le même habitat (Sloan et Von Bodungen, 1980).

Cette sélectivité des holothuries (soit physique suivant la taille des particules collectées, ou chimique suivant leur richesse en matière organique) a donné lieu à de nombreux travaux (Conand, 1994 ; 1989). Cette caractéristique instaure un concept très important et afin de bien l'aborder, il est intéressant de se demander s'il existe des raisons pour lesquelles ces animaux tendent à choisir préférentiellement un type de particule alimentaire et de rejeté d'autres (Taghon, 1982).

## Chapitre I : Recherche bibliographique

*Holothuria tubulosa* est capable de reconnaître les particules riches en matière organique. Pour les mêmes auteurs, cette reconnaissance des particules est assurée par des récepteurs gustatifs (utiliser autant qu'organes chimio-sensoriels) présents à l'extrémité des tentacules péribuccaux. Cette stratégie de nutrition peut varier avec la saison et l'état du sédiment (Massin, et Jangoux, 1976).

Deichmann (1958 *In* Rowe, 1969), lors de sa révision de la systématique des holothuries aspidochiotes, il avait indirectement établie une corrélation entre la niche écologique des holothuries et la forme de leurs spicules ; sa révision des holothuries fait apparaître trois divisions écologiques : espèces de zones battues, retrouvées accrochées aux roches, leurs spicules sont des bâtonnets ; espèces fugitives (« fugitive species »), retrouvées habituellement cachées sous les fragments de corail ou entre les roches, leurs spicules sont des corpuscules turriformes associées à des spicules qui peuvent être des boutons, des bâtonnets, des rosettes ou des pseudoboutons (l'ensemble des deux spicules sont habituellement lisse) ; espèces fouisseuses, retrouvées plus ou moins complètement ensevelie dans le sable et comprennent des spicules en bouton et des tourelles, ou bien un type de spicules qui se transforme en ellipsoïdes fenestrés ou en corps sphériques.

### II.9. Importance écologique des holothuries

#### II.9.1. La bioturbation

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

- ❖ 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

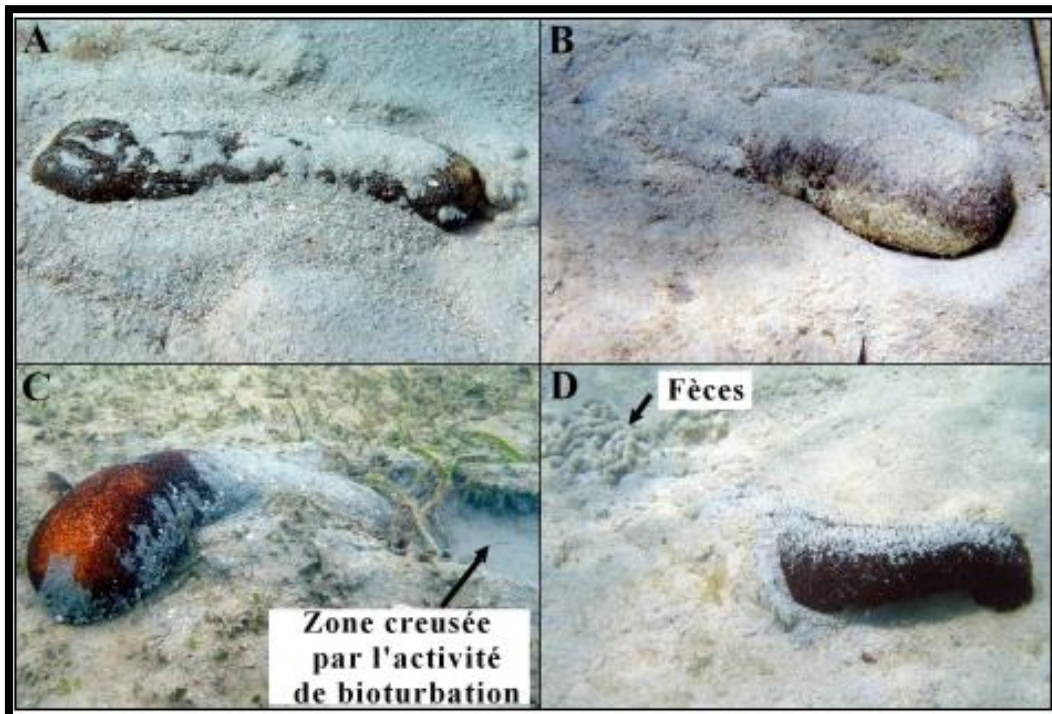
La remontée des couches sédimentaires inférieures vers la surface par le biais de la bioturbation, permet l'interaction du sédiment avec l'oxygène de la colonne d'eau ; ce qui génère un accroissement de la production primaire, ainsi qu'une augmentation de la biomasse et de la diversité de l'endofaune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

Certaines espèces d'holothuries s'enfouissent partiellement ou totalement sous la surface des sédiments (Fig.17) ; ce qui permet le mélange des sédiments sur quelques dizaines de centimètres de profondeur (Yamanouti, 1939 ; Yamanouchi, 1956 ; Clouse, 1997 ; Mercier et al., 1999 ; Purcell et al., 2016).



## Chapitre I : Recherche bibliographique

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).

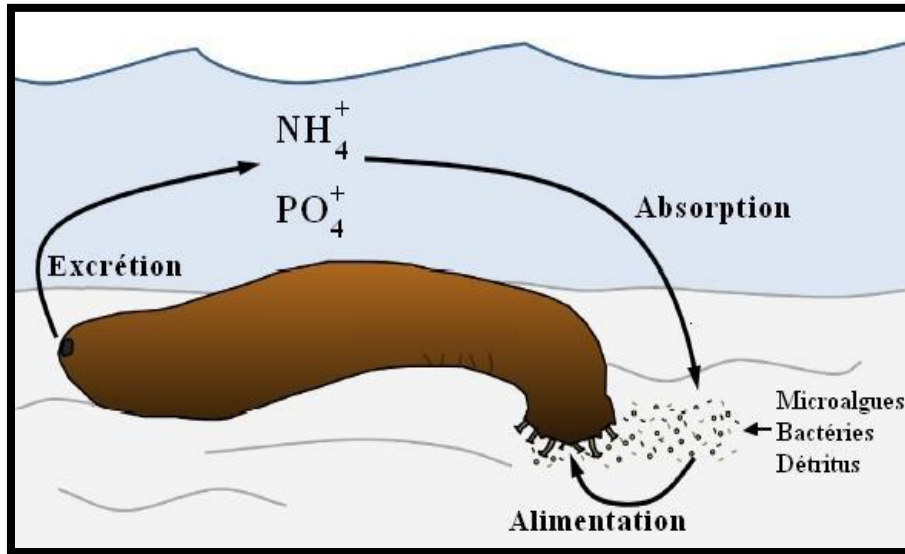


**Figure 17 :** Bioturbation des sédiments par les holothuries. *Bohadschia argus* à moitié enfouie dans les sédiments d'un lagon de récifs coralliens (île Lizard, Australie) (A). *Holothuria lessoni* partiellement enfouie dans les sédiments d'un platier (Nouvelle-Calédonie) (B). *Bohadschia vitiensis* sortant des sédiments d'une baie abritée (Nouvelle-Calédonie) (C). *Actinopyga spinea* sortant des sédiments mous sur un récif peu profond (Nouvelle-Calédonie) (D). (D'après Purcell et al., 2016).

### II.9.2. Nettoyage du sédiment

La majorité des holothuries aspidochirotés sont des dépositivores, leurs aliments est à base des débris organiques mélangés dans les premiers millimètres de sédiments. Ces derniers rejettent des fèces (Fig.17) 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). Donc, sont considérables comme nettoyeurs de sédiments. Le transit intestinal, facilite la décomposition de la matière organique réfractaire par les bactéries des sédiments.

### II.9.3. Recyclage des nutriments



**Figure 18** : Recyclage des nutriments par les holothuries (d'après Purcell et al., 2016).

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. 18). Les holothuries aspidochirotes excrètent l'azote inorganique sous forme d'ammonium ; de petites quantités de phosphate sont également libérées ((Webb et al., 1977 ; Mukai et al., 1989 ; Uthicke, 2001a).

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 dépositivores réduisent la biomasse du microphytobenthos en les consommant ; d'autre part, augmente leur productivité en libérant les nutriments nécessaires à leurs photosynthèses (Uthicke, 2001b).

Les holothuries peuvent également digérer partiellement la matière organique la rendant plus disponible 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 détritus de *Posidonia oceanica*, accélère la dégradation de ces détritus et facilite leur pénétration dans les sédiments, favorisant ainsi leur recyclage et leur disponibilité pour les communautés benthiques des herbiers (Costa et al., 2014).

### II.9.4. Rôle dans les réseaux trophiques

Les holothuries sont proies pour 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 suite, ces animaux marins sont une source de nourriture de grande portée pour des espèces de différents niveaux trophiques.

Dans certains cas, les holothuries peuvent réaliser une éviscération volontaire. Elles offrent leurs organes internes au prédateurs (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). (Hamel et Mercier, 1998) leur littérature prouve 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 benthopélagiques (mammifères et poissons). En prélevant le plancton de la colonne d'eau, les holothuries *Dendrochirotes* suspensivores contribuent au couplage benthopélagiques.

### II.10. Intérêt socio-économique

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.

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 «trévang» (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.

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.11. Utilisation pharmaceutiques et cosmétiques

Les holothuries sont utilisés depuis longtemps 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 concombre 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).

### II.12. 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.

## Chapitre I : Recherche bibliographique

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). L'estimation de la quantité d'holothuries pêchées par région est présentée dans le Tableau (1).

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

| Zone géographique           | Quantité récoltée (en t / an) |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Asie et région Pacifique    | 20 000 à 40 000               |
| Zones tempérées             | 9 000                         |
| Afrique et Océan Indien     | 2000 – 2500                   |
| Amérique Latine et Caraïbes | < 1000                        |

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'île du Prince-Edouard) (FAO, 2010).

**CHAPITRE II :**  
**MATERIEL ET METHODE**

### I. Présentation de la côte de Mostaganem



**Figure 19 :** Situation géographique des deux sites de prélèvements (Stidia et Salamandre). (Google Earth).

La côte mostaganemoise s'étend sur près de 120 km. Elle est située au nord-ouest de l'Algérie, entre l'embouchure de la Macta à l'ouest jusqu'à l'oued Kramis et un peu au-delà à l'est, en passant par le Cheliff le plus grand fleuve en Algérie. Le littoral est composé de plages sableuses et de falaises rocheuses, plus accessible à l'ouest (grands ensembles dunaires linéaires plus ou moins consolidés) qu'à l'est (alternance de corniches rocheuses et de petites plages sableuses ceinturant l'embouchure de petits oueds côtiers) (Mostari *et al.*, 2020).

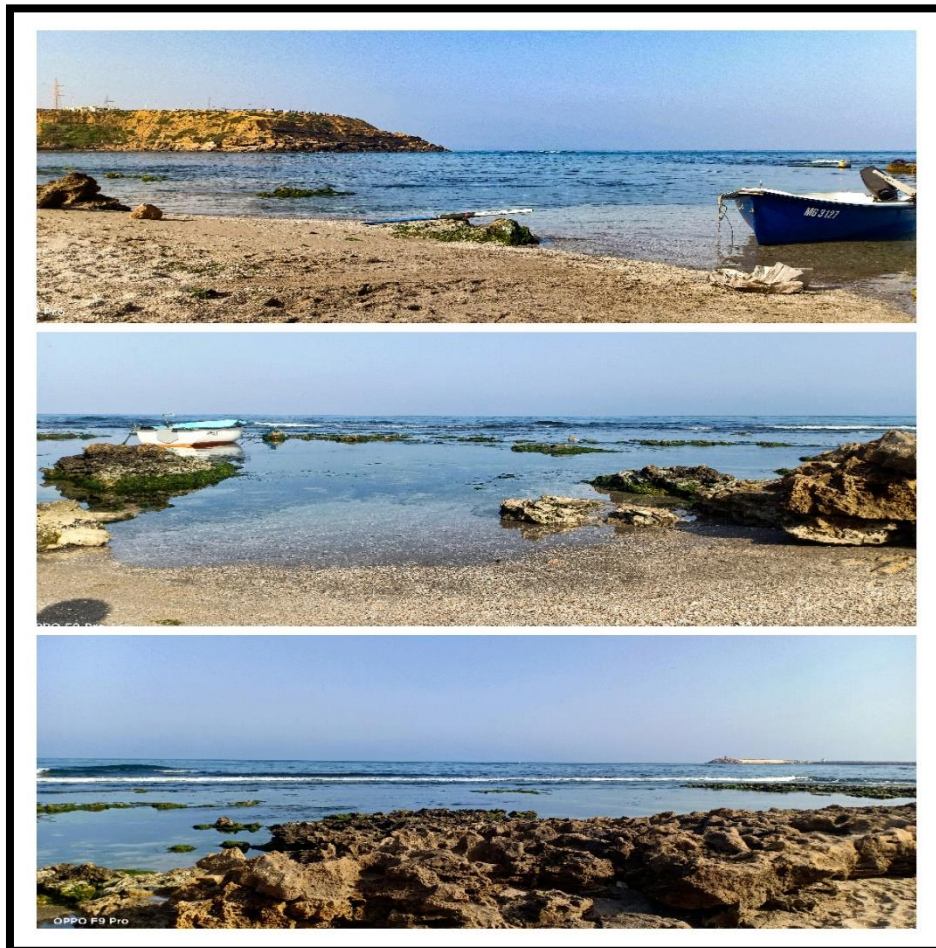
## Chapitre II : Matériels et méthodes

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).

### I.1. Présentation des sites d'échantillonnage

L'échantillonnage a été réalisé au niveau des deux sites du littoral de Mostaganem, Stidia et la Salamandre (Fig. 19).

#### I.1.1. Salamandre



**Figure 20** : point de prélèvement au niveau de salamandre. Photo prise par Menouer 2022.



## Chapitre II : Matériels et méthodes

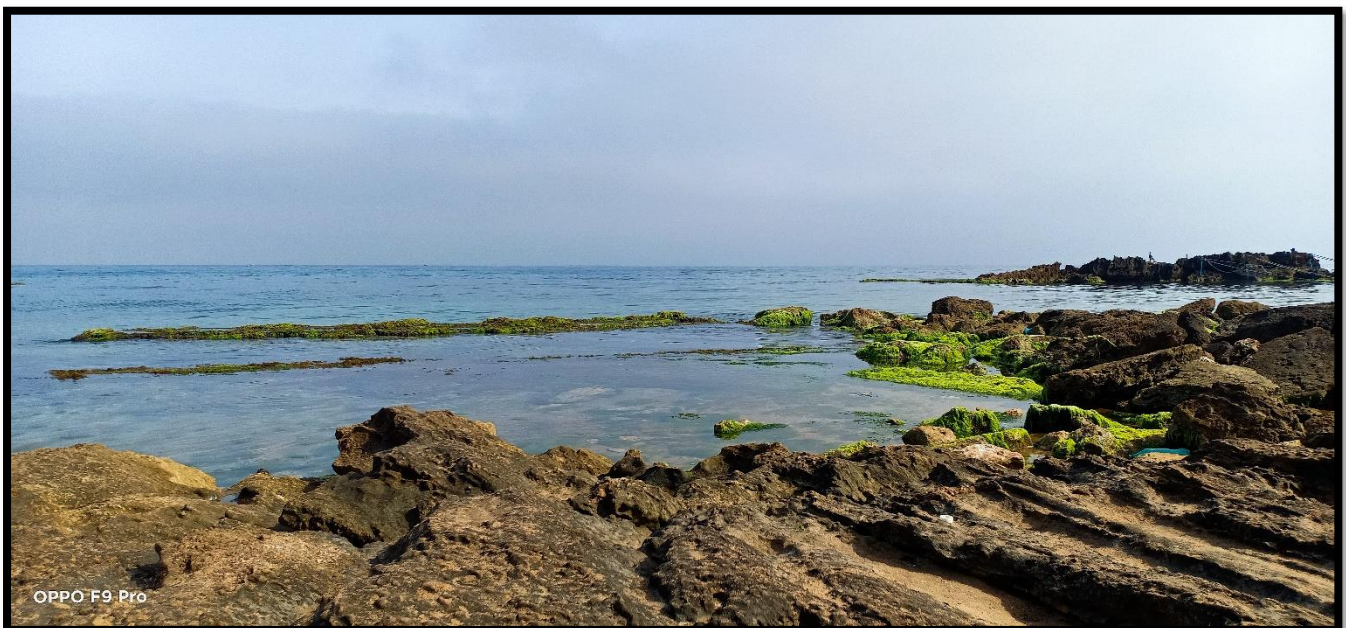
Le site d'étude de la salamandre (Fig.20), est situé à 16 km à l'ouest du oued Cheliff . Salamandre est une plage à caractère rocheux (coordonnées géographiques : 35°54'43''N / 0°03'15''E).

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, 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).

### I.1.2. Stidia

Situé à une distance d'environ 20 Km au Sud-ouest de la ville de Mostaganem (Coordonnées géographiques : 35° 49'50" N / 0° 01'04" O), le site de Stidia (Fig. 21 a.b) 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 21 a :** Photo montrant les points de prélèvement au niveau du site de Stidia. Photo prise par Menouer 2022.



**Figure 21 b :** Photo montrant les points de prélèvement au niveau du site de Stidia. Photo prise par Menouer 2022.

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).

### II. Echantillonnage et traitement des échantillons

L'échantillonnage effectué uniquement par plongée en apnée, a été réalisé pendant la saison printanière (Mai 2022), à des profondeurs variant entre 1 et 3 m.

Au niveau des deux sites de prélèvement un lot allant d'un lot allant de **2 à 16 individus** pour :

- ❖ *Holothuria (Roweothuria) arguinensis* ;
- ❖ *Holothuria (Holothuria) tubulosa*;
- ❖ *Holothuria (Lessonothuria) poli*.

Le sédiment du biotope a également été prélevé.

Chaque échantillon a été mis isolément dans des sachets en plastique et conservés au congélateur afin de les traités ultérieurement.

### II.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. 22).



**Figure 22** : Traitement des échantillons d'holothuries pour l'analyse du contenu digestif. Dissection longitudinale d'une holothurie ; collecte du tube digestif . Photo prise par Menouer 2022.

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.

### II.2. Analyse du taux de la matière organique

Après dissection longitudinale des holothuries, le tube digestif de chaque individu est ouvert par une incision longitudinale et le contenu digestif du 1<sup>er</sup> tronçon (Forgut) est soigneusement collecté (Fig. 22). Le taux de la matière organique dans le sédiment du contenu digestif du premier tronçon est déterminé selon le protocole de Massin, (1980) :

- ❖ Etuve 105°C pendant 24 heures
- ❖ Peser afin d'obtenir le poids sec (PS)
- ❖ Four à moufle 550°C pendant 2 heures
- ❖ Peser afin d'obtenir le poids brûlé (PB)

La formule suivante qui permet d'obtenir le pourcentage de la matière organique (Massin, 1980) a été utilisée :

$$\text{La matière organique (\%)} = (1 - \text{PB} / \text{PS}) \times 100$$

**PS** : poids sec

**PB** : poids brûlé

### II.3. Etude de sélectivité dans le choix de l'aliment chez les holothuries

La sélectivité des holothuries dans le choix de l'aliment, a été étudiée à travers le calcul de l'**Indice d'électivité** ( $E'$ ) d'Ivlev. Cet indice nous permet d'apprécier le degré de sélection des différents items par les holothuries, lors de leurs alimentations. Sa formule est la suivante :

$$E' = (r_i - p_i) / (r_i + p_i)$$

Avec :  $E'$  = Indice d'électivité ;  $r_i$  = pourcentage des items du contenu digestif des holothuries ;

$p_i$  : pourcentage des items dans le sédiment du biotope.

Lorsque  $E' = 0$ , cela signifie qu'il n'existe pas de sélectivité ; lorsque est compris entre  $-1 < E' < 0$ , ceci indique qu'il y a un rejet ; lorsque  $E'$  est compris entre  $0 < E' < 1$ , indique une préférence (Ivlev, 1961 ; Whitlatch, 1974 *In* Stamhuis *et al.*, 1998).

### II.4. Analyse statistique

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

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

### I. Résultats

#### 1. Analyse des contenus digestifs

Les principaux types d'aliment observés dans les contenus digestifs des différentes espèces d'Holothuries et le sédiment dans les deux sites étudiées sont : (Annexe)

- ❖ Foraminifères, (For)
- ❖ Spicules d'éponge, (Spi. E)
- ❖ Diatomées, (Dia)
- ❖ Mollusques (Mol)
- ❖ Epines oursin (Epi. O)
- ❖ Nématodes (Nm)
- ❖ Algues (Al)
- ❖ Crustacés (Cr)
- ❖ Tardigrade (Trd)
- ❖ Spicules Holothuries (Spi. H)
- ❖ Posidonies (Ps)
- ❖ Œufs du poissons (O.P)
- ❖ Cyanophycées (Cy)

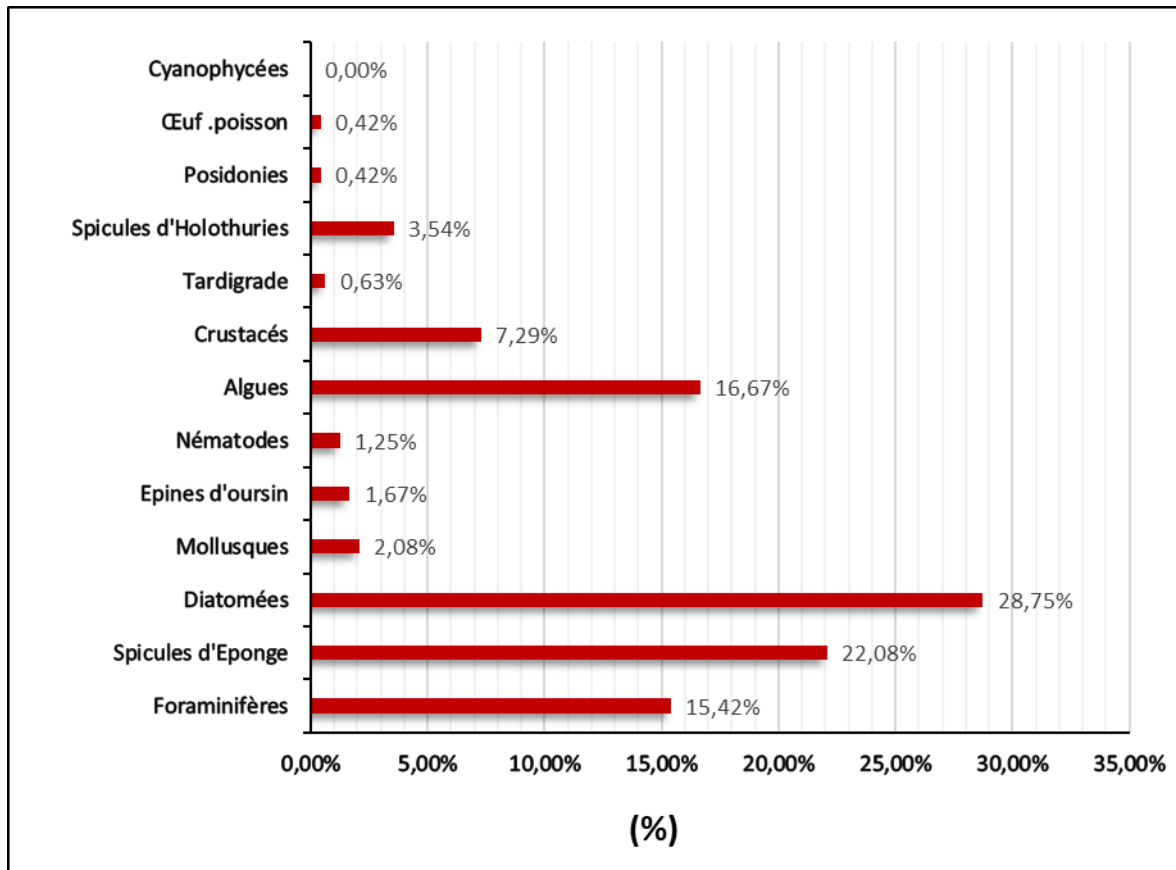
### 1.1. Site de Salamandre

**Tableau 02** : Proportions (Moyenne  $\pm$  Ecart type) des différentes sources alimentaires dans le régime alimentaire des Holothuries étudiées et du sédiment de salamandre.

|                               | <i>H. poli</i>      | <i>H. tubulosa</i>  | <i>H. arguinensis</i> | Sédiment            |
|-------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| <b>Foraminifères</b>          | (15.42 $\pm$ 0.106) | (18.33 $\pm$ 0.017) | (28.33 $\pm$ 0.083)   | (25.56 $\pm$ 0.134) |
| <b>Spicules d'Eponges</b>     | (22.08 $\pm$ 0.114) | (15 $\pm$ 0.083)    | (16.67 $\pm$ 0)       | (16.67 $\pm$ 0.119) |
| <b>Diatomées</b>              | (28.75 $\pm$ 0.122) | (51.67 $\pm$ 0.05)  | (30 $\pm$ 0.033)      | (31.11 $\pm$ 0.068) |
| <b>Mollusques</b>             | (2.08 $\pm$ 0.029)  | 0                   | (3.33 $\pm$ 0)        | (2.22 $\pm$ 0.031)  |
| <b>Epines d'oursin</b>        | (1.67 $\pm$ 0.020)  | (1.67 $\pm$ 0.017)  | (6.67 $\pm$ 0)        | (6.67 $\pm$ 0.027)  |
| <b>Nématodes</b>              | (1.25 $\pm$ 0.016)  | (1.67 $\pm$ 0.017)  | (1.67 $\pm$ 0.017)    | (4.44 $\pm$ 0.042)  |
| <b>Algues</b>                 | (16.67 $\pm$ 0.152) | (6.67 $\pm$ 0)      | (10 $\pm$ 0.033)      | (11.11 $\pm$ 0.079) |
| <b>Crustacés</b>              | (7.29 $\pm$ 0.049)  | 0                   | (3.33 $\pm$ 0)        | (2.2 $\pm$ 0.016)   |
| <b>Tardigrades</b>            | (0.63 $\pm$ 0.013)  | 0                   | 0                     | 0                   |
| <b>Spicules d'Holothuries</b> | (3.54 $\pm$ 0.038)  | 0                   | 0                     | 0                   |
| <b>Posidonies</b>             | (0.42 $\pm$ 0.011)  | 0                   | 0                     | 0                   |
| <b>Œuf du poisson</b>         | (0.42 $\pm$ 0.011)  | 0                   | 0                     | 0                   |
| <b>Cyanophycées</b>           | 0                   | (1.67 $\pm$ 0.017)  | 0                     | 0                   |

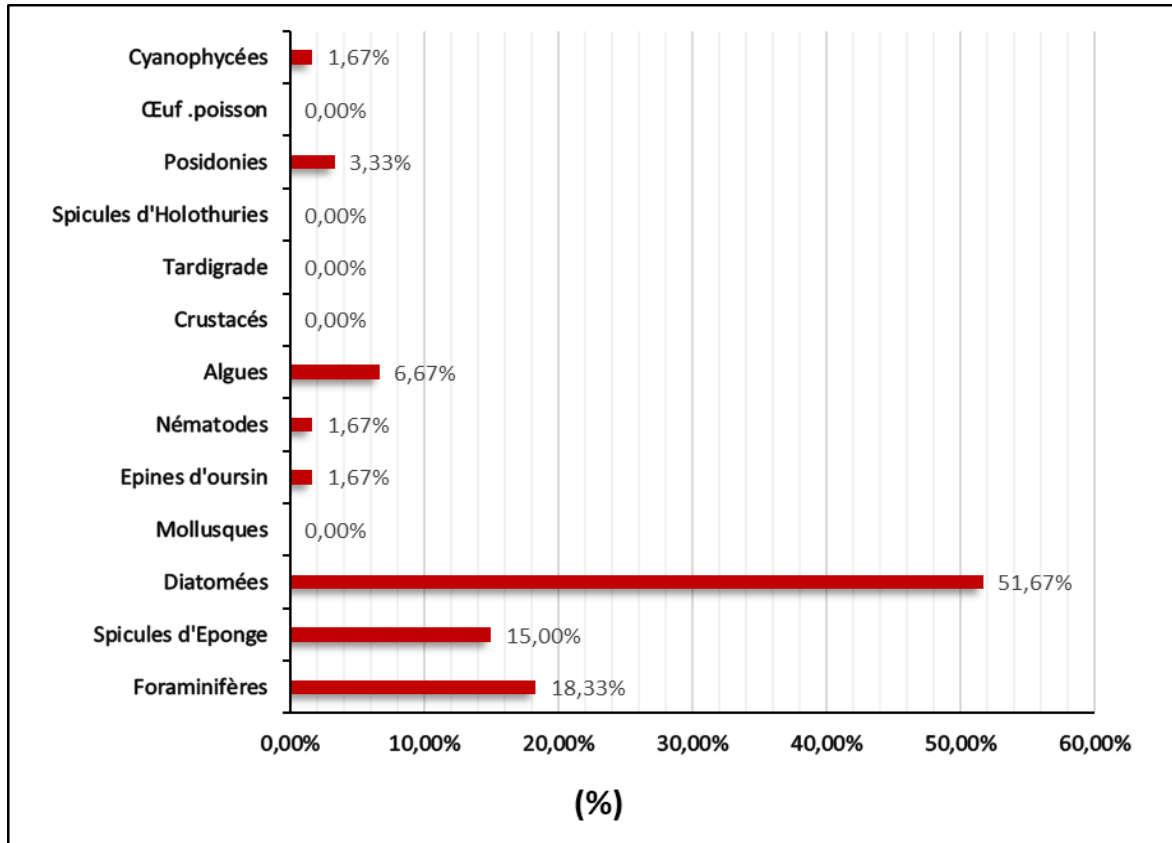
Les Diatomées, les Spicules d'Eponges et les Algues constituent les principaux aliments qui sont consommés par l'espèce *Holothuria poli* avec des pourcentages de 28.75% ; 22.08% ; 16.67% respectivement (Tab.02 ; Fig.23). Par ailleurs, les Foraminifères, les Crustacés et les Spicules d'Holothuries sont moyennement consommés, avec des pourcentages de 15.42% ; 7.29% ; 3.54% respectivement (Tab.02 ; Fig.23). Certains de ces aliments sont très peu consommés tels que les Mollusques, Epines d'oursin, Nématodes, Tardigrade, Posidonie et les œufs du poisson avec des pourcentages de 2.08% ; 1.67% ; 1.25% ; 0.63% ; 0.42% respectivement (Tab.02 ; Fig.23), alors que les Cyanophycées ne sont pas du tout consommées.





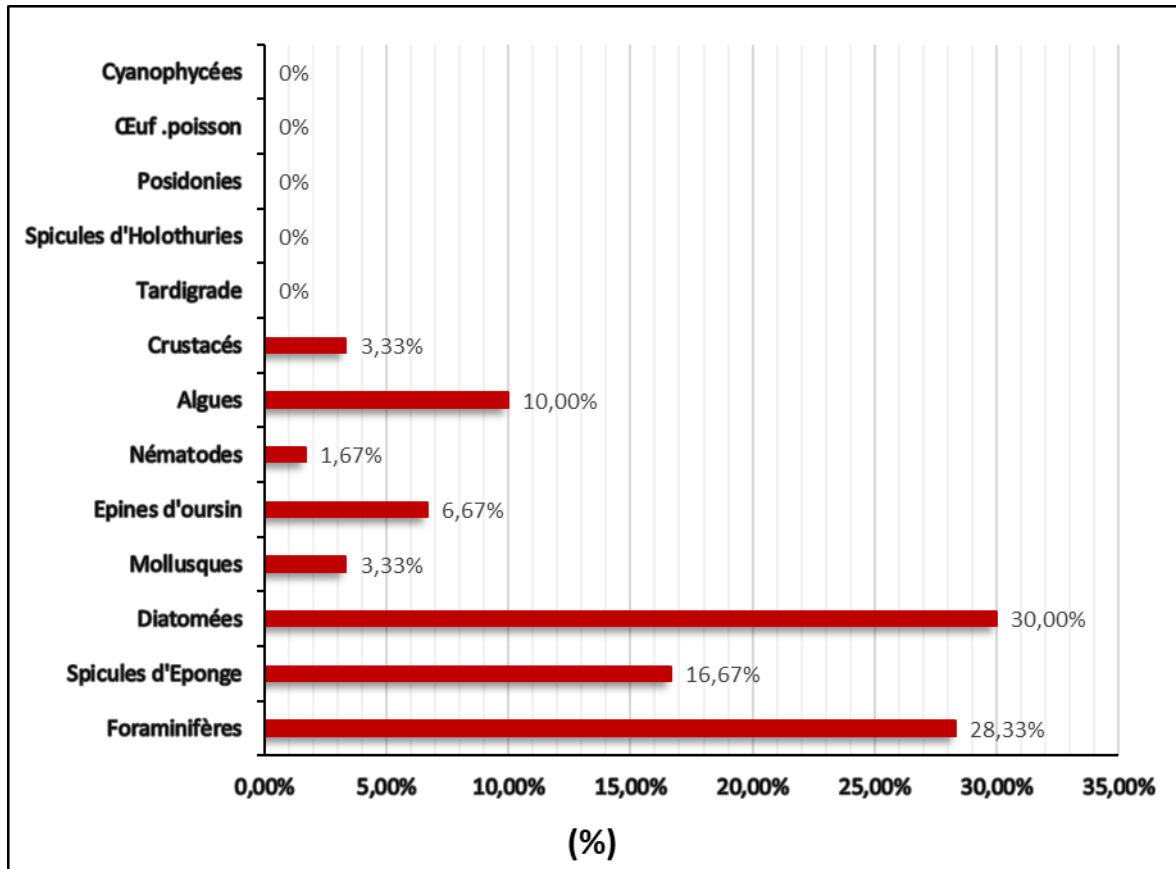
**Figure 23 :** Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce *Holothuria poli* du site de Salamandre.

Les principaux aliments consommés par *Holothuria tubulosa* sont les Diatomées, Foraminifères et les Spicules d'Eponges avec des pourcentages de 51.67% ; 18.33% ; 15% respectivement. D'autre part, les Algues (6.67%) et la Posidonie (3.33%) sont faiblement consommées, tandis que les Cyanophycées, Nématodes et les Epines d'oursin ne représentent qu'une très faible proportion du régime alimentaire de cette espèce avec un pourcentage de 1.67% pour chaque aliment. Il y a aucune présence de Mollusques, Crustacés, Tardigrade, Spicules d'Holothuries et les œufs de poisson (Tab.02 ; Fig.24).



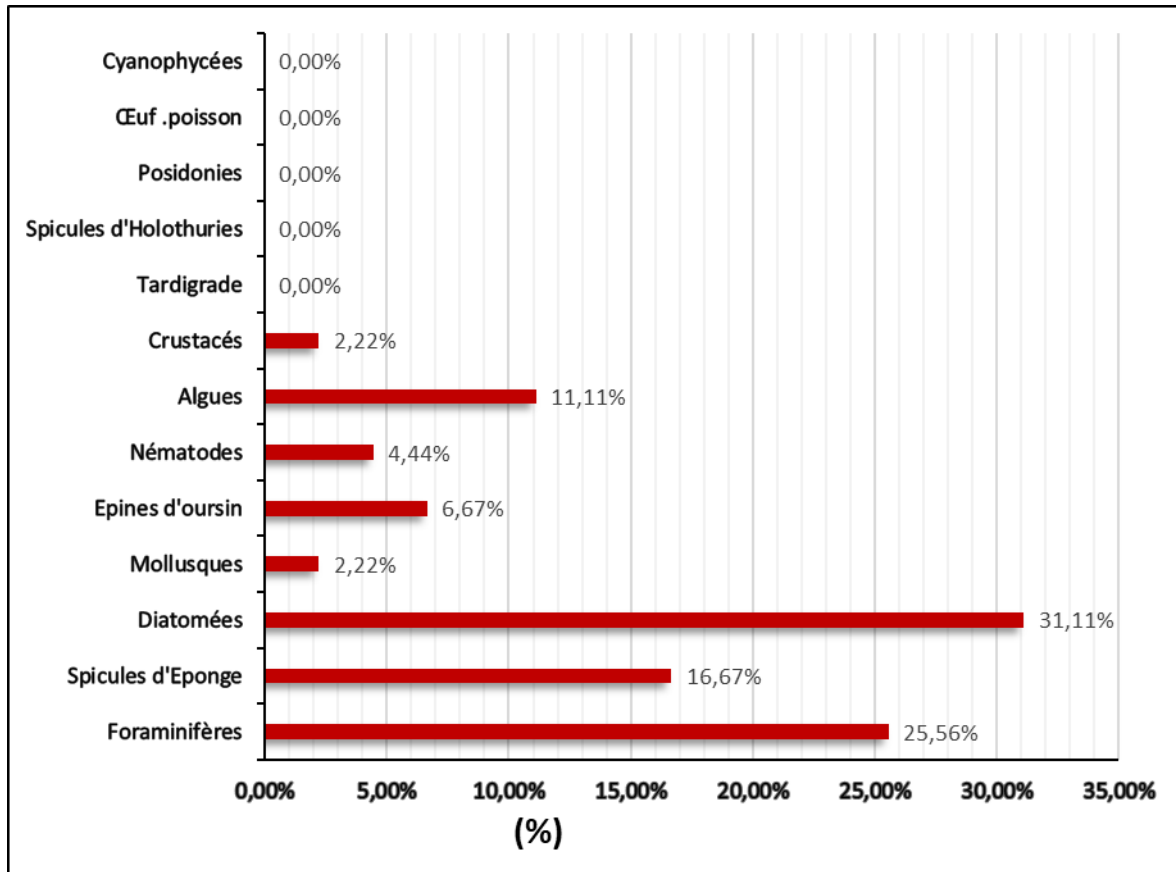
**Figure 24 :** Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce *Holothuria tubulosa* du site de Salamandre.

Les aliments les plus consommés par *Holothuria arguinensis* sont les Diatomées (30%), Foraminifères (28.33%) et les Spicules d'Eponge (16.67%) (Tab.02 ; Fig.25). Par ailleurs, les aliments moins consommés sont les Algues (10%), Epines d'oursin (6.67%) (Tab.02 ; Fig.25). D'autre part, y a une très faible consommation des Mollusques (3.33%), Crustacés (3.33%) et Nématodes (1.67%), Absence total des Tardigrade, Spicules d'Holothuries, Posidonie, Œuf de poisson, Cyanophycées (Tab.02 ; Fig.25).



**Figure 25 :** Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce *Holothuria arguinensis* du site de Salamandre.

Les aliments les plus abondants dans le sédiment sont les Diatomées (31.11%), Foraminifères (25.56%), Spicules d'Eponge (16.67%) (Tab.02 ; Fig.26). D'autre part les aliments les moins abondants sont les Algues (11.11%), Epines d'oursin (6.67%) (Tab.02 ; Fig.26), autrement les aliments les très peu présents dans le sédiment sont les Nématodes, Crustacés et les Mollusques avec un pourcentage de 4.44% ; 2.22% ; 2.22% respectivement (Tab.02 ; Fig.26).



**Figure 26 :** Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le sédiment de Salamandre.

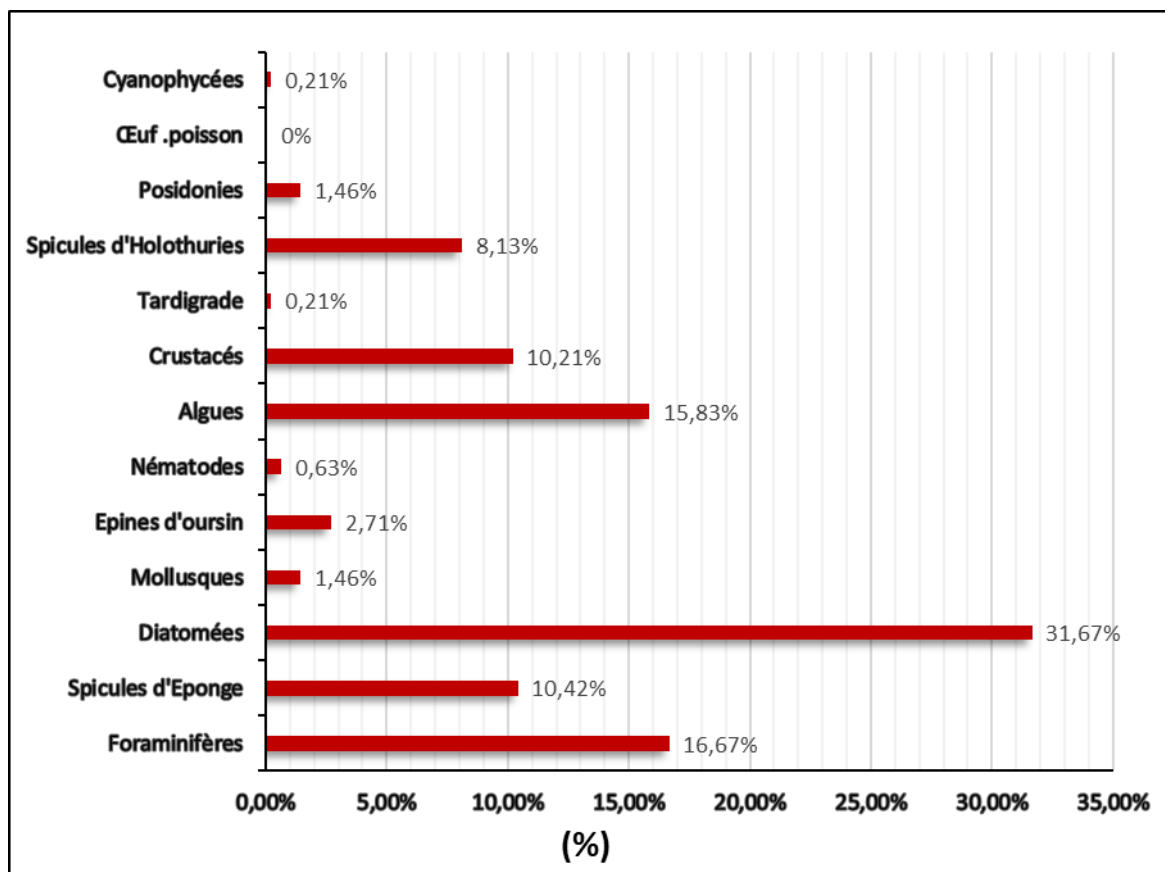
## 1.2. Site de Stidia

Les Diatomées occupent une large place dans le régime alimentaire d'*Holothuria poli* avec un pourcentage de 31.67%, suivi par les Foraminifères avec 16.67%, et les Algues avec 15.83% (Tab.03 ; Fig.27). Les Spicules d'Eponge, Crustacés et Spicules d'Holothurie sont peu consommés avec des pourcentages de 10.42% ; 10.21% ; 8.13 respectivement (Tab.03 ; Fig.27). Par contre les aliments suivent : Les Epines d'Oursin, Mollusques, Posidonie, Nématodes, Tardigrade et les Cyanophycées sont très peu consommés par cette espèce avec des pourcentages de 2.71% ; 1.46% ; 0.63% ; 0.21% respectivement, et aucune présence d'œuf de poisson (Tab.03 ; Fig.27).

### Chapitre III : Résultats et discussion

**Tableau 03 :** Proportions (Moyenne  $\pm$  Ecart type) des différentes sources alimentaires dans le régime alimentaire des Holothuries étudiées et sédiment de Stidia.

|                        | <i>H. poli</i>      | <i>H. tubulosa</i> | Sédiment            |
|------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| Foraminifères          | (16.67 $\pm$ 0.124) | (23.33 $\pm$ 0)    | (33.33 $\pm$ 0.047) |
| Spicules d'Eponges     | (10,42 $\pm$ 0.099) | (13.33 $\pm$ 0)    | (13.33 $\pm$ 0.027) |
| Diatomées              | (31,67 $\pm$ 0.172) | (10 $\pm$ 0)       | (32.22 $\pm$ 0.042) |
| Mollusques             | (1.46 $\pm$ 0.023)  | 0                  | 0                   |
| Epines d'Oursin        | (2.71 $\pm$ 0.038)  | (6.67 $\pm$ 0)     | (4.44 $\pm$ 0.042)  |
| Nématodes              | (0.63 $\pm$ 0.013)  | (3.33 $\pm$ 0)     | 0                   |
| Algues                 | (15.83 $\pm$ 0.085) | (16.67 $\pm$ 0)    | (10 $\pm$ 0.027)    |
| Crustacés              | (10.21 $\pm$ 0.085) | (16.67 $\pm$ 0)    | (6.67 $\pm$ 0.027)  |
| Tardigrades            | (0.21 $\pm$ 0.008)  | 0                  | 0                   |
| Spicules d'Holothuries | (8.13 $\pm$ 0.060)  | 0                  | 0                   |
| Posidonies             | (1.46 $\pm$ 0.026)  | (10 $\pm$ 0)       | 0                   |
| Œuf du poisson         | 0                   | 0                  | 0                   |
| Cyanophycées           | (0.21 $\pm$ 0.008)  | 0                  | 0                   |



**Figure 27 :** Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce *Holothuria poli* du site de Stidia.

### Chapitre III : Résultats et discussion

Les résultats obtenus montrent que les Foraminifères sont les plus consommés par *Holothuria tubulosa* avec un pourcentage de 23.33%, suivi par les Algues et les Crustacés avec 16.67% pour chaque un de ces derniers (Tab.03 ; Fig.28). Les Spicules d'Eponge (13.33%), Diatomées (10%), Posidonie (10%) sont moyennement consommés. Par ailleurs y a des aliments très peu consommés Epines d'oursin (6.67%), Nématodes (3.33%), et une absence totale pour les Mollusques, Tardigrade, Spicules d'Holothuries, œuf de poisson et les Cyanophycées (Tab.03 ; Fig.28).

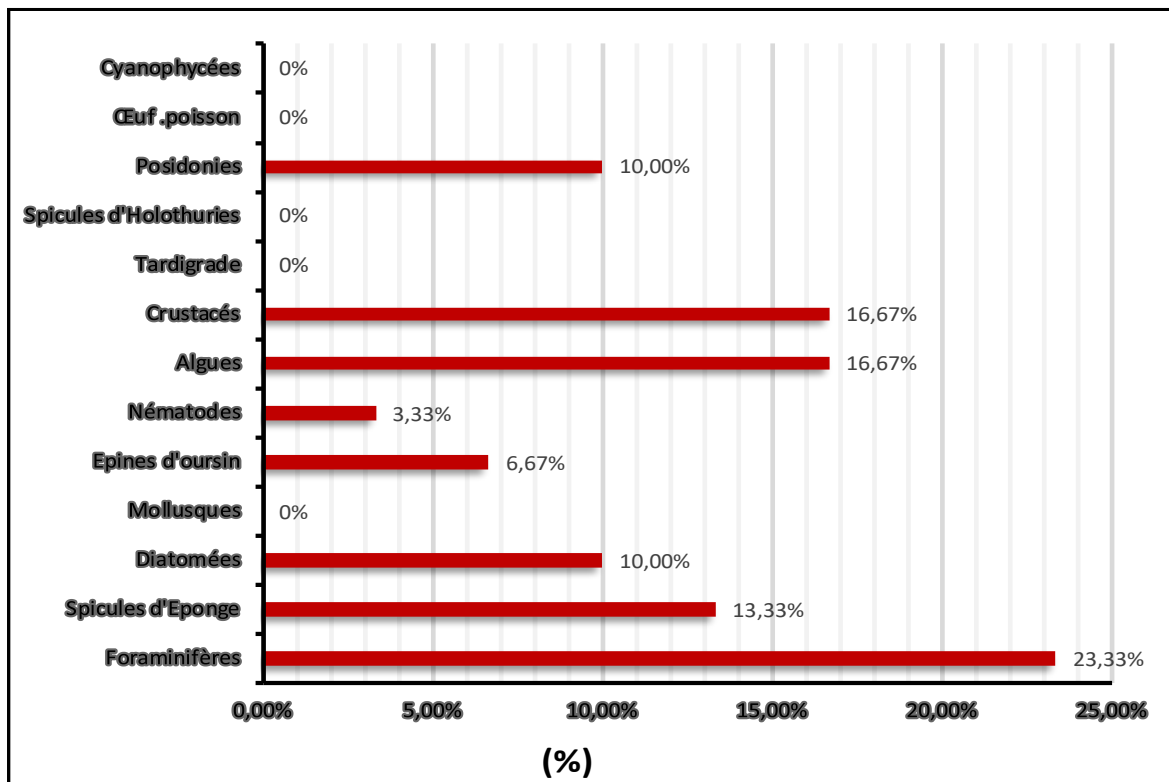
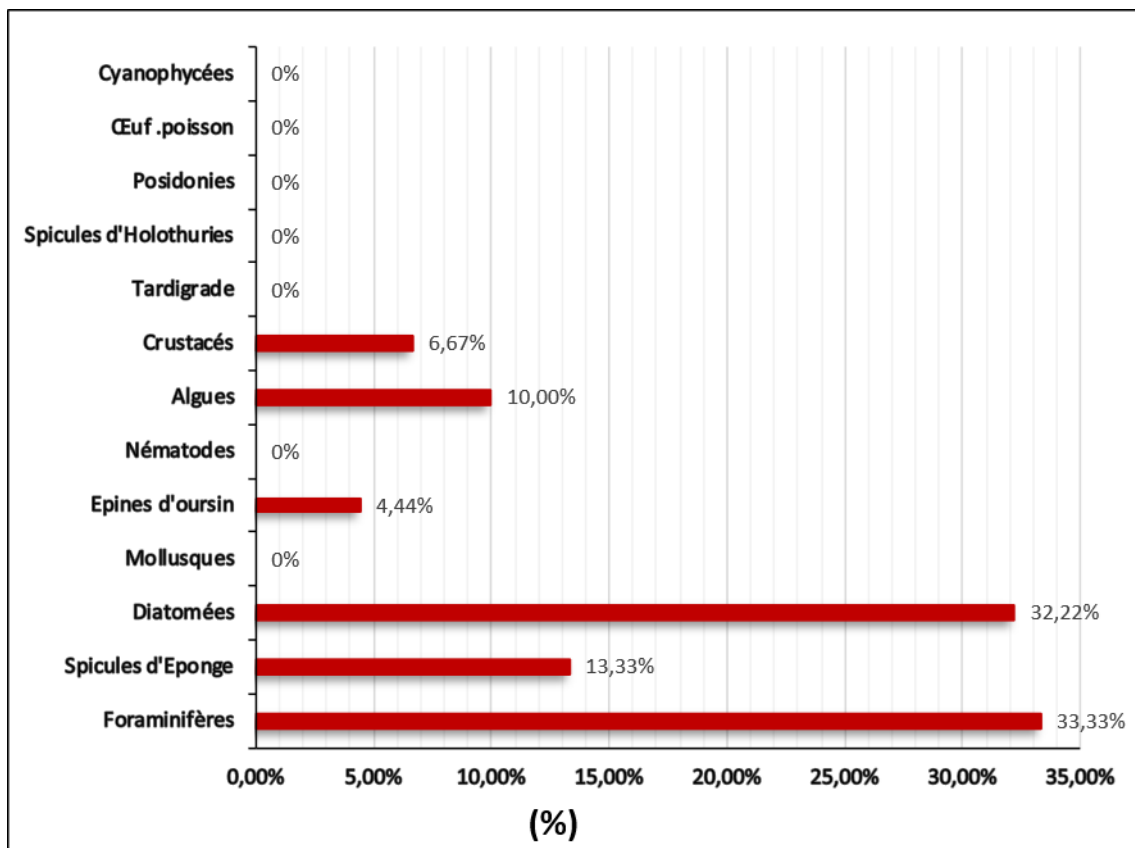


Figure 28 : Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le régime alimentaire de l'espèce *Holothuria tubulosa* du site de Stidia.

### Chapitre III : Résultats et discussion

Les Foraminifères et les Diatomées occupent une grande place dans le sédiment de Stidia avec des pourcentages de 33.33% ; 32.22% respectivement (Tab.03 ; Fig.29), Les proportions des Spicules d'Eponges et d'Algues dans le sédiment sont relativement faibles avec des pourcentages de 13.33% ; 10% (Tab.03 ; Fig.29). D'autre part les Crustacés (6.67%) et les Epines d'Oursin (4.44%) ne montrent qu'une très faible proportion par rapport aux précédentes sources alimentaires (Tab.03 ; Fig.29). Il est à noter que y a une absence de Mollusques, de Nématodes, de Tardigrade, Spicules d'Holothuries, Posidonie, Œuf de poisson et de Cyanophycées (Tab.03 ; Fig.29).



**Figure 29** : Contributions (en %) des différentes ressources alimentaires dans le sédiment de Stidia.

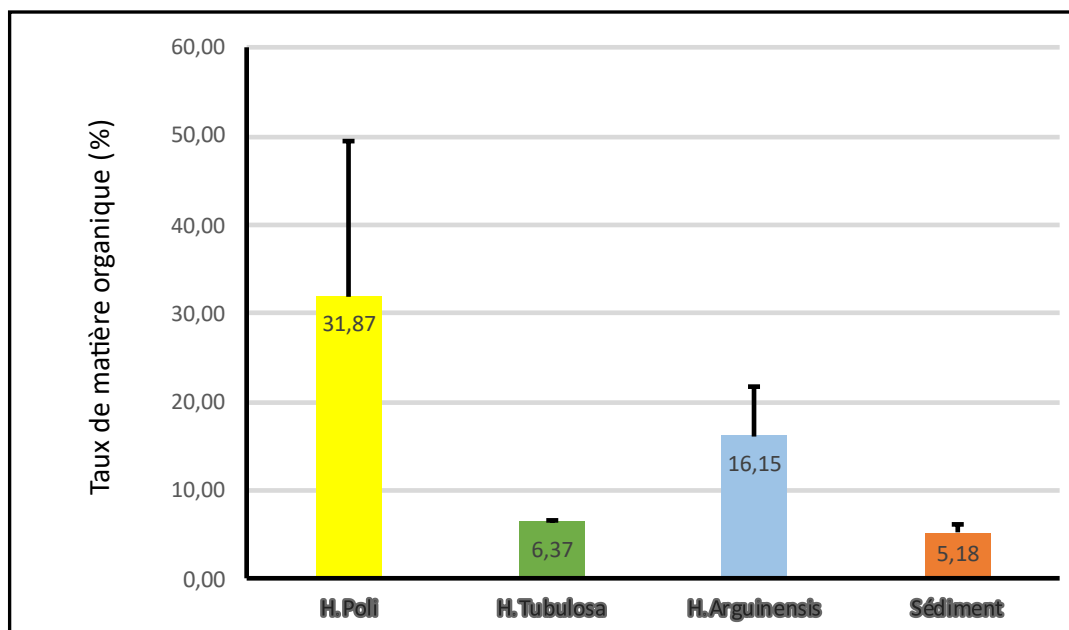
## 2. Analyse du taux de la matière organique

### 2.1. Site de Salamandre

**Tableau 04** : Proportions (Moyenne  $\pm$  Ecart type) du taux de la matière organique du premier tronçon du tube digestif des Holothuries étudiées et du sédiment de Salamandre.

|                       | Taux de la matière organique |
|-----------------------|------------------------------|
| <i>H. poli</i>        | (31,87 $\pm$ 17,69)          |
| <i>H. tubulosa</i>    | (6,37 $\pm$ 0,12)            |
| <i>H. arguinensis</i> | (16,15 $\pm$ 5,59)           |
| Sédiment              | (5,18 $\pm$ 0,92)            |

Les résultats obtenus lors de ce travail sur le site de Salamandre, montrent que le pourcentage du taux de la matière organique au niveau du Forgut présente des résultats élevés par rapport au sédiment du biotope, chez les espèces *H. poli*, *H. arguinensis* et *H. tubulosa* (Tab.04 ; Fig.30). Les teneurs en matière organique les plus élevées ont été obtenus chez *Holothuria poli* avec 31.87% suivi par l'espèce *Holothuria arguinensis* avec un pourcentage de 16.15% , et en dernier un pourcentage de 6.37% de matière organique chez *Holothuria tubulosa* (Tab.04 ; Fig.30).



**Figure 30** : Taux de la matière organique des premiers tronçons des tubes digestifs, Forgut et le sédiment de leurs biotopes chez les espèces *H. poli*, *H. tubulosa* et *H. arguinensis* du site de la Salamandre.

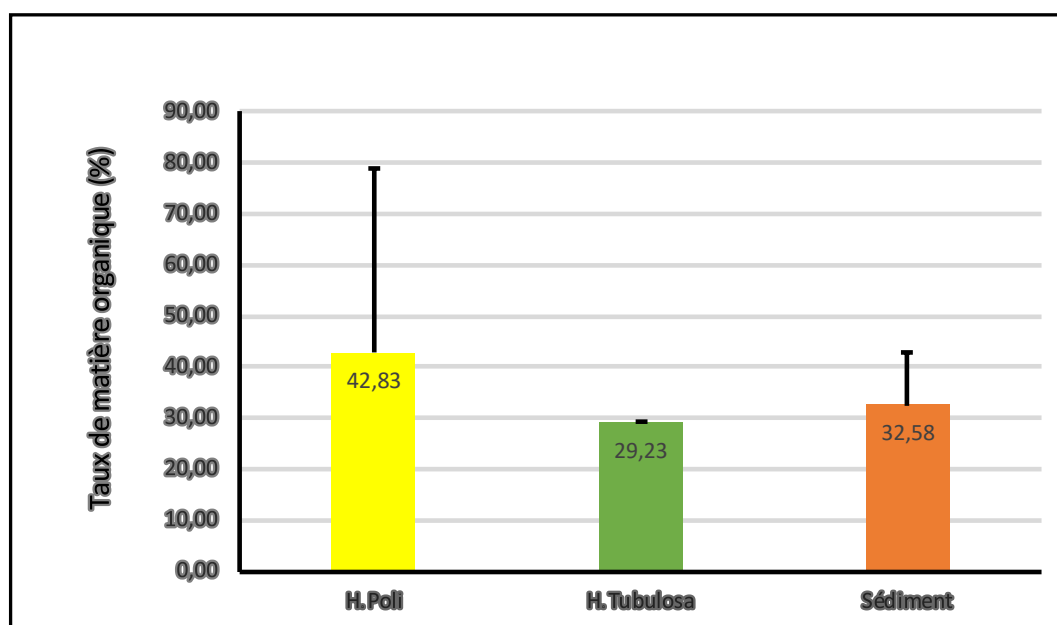


### 2.2. Site de Stidia

**Tableau 05** : Proportions (Moyenne  $\pm$  Ecart type) du taux de la matière organique du premier tronçon du tube digestif des Holothuries étudiées et du sédiment de Stidia.

|                    | Taux de la matière organique |
|--------------------|------------------------------|
| <i>H. poli</i>     | (42,83 $\pm$ 36,12)          |
| <i>H. tubulosa</i> | (29,23 $\pm$ 0)              |
| Sédiment           | (32,58 $\pm$ 10.41)          |

Les résultats obtenus pour les espèces d'Holothuries de ce site, présentent également des teneurs élevées en matière organique au niveau du Forgut du tube digestif par rapport à ceux du biotope chez l'espèce *Holothuria poli* du site de Stidia (Tab.05 ; Fig.31). l'exception a été observée chez *Holothuria tubulosa*, leur teneur en matière organique est moins élevée par rapport au sédiment du biotope (Tab.05 ; Fig.31). Les valeurs les plus élevées ont été observées chez *Holothuria poli* 42.83% (Tab.05 ; Fig31).



**Figure 31** : Taux de la matière organique des premiers tronçons des tubes digestifs, Forgut et le sédiment de leurs biotopes chez les espèces *H. poli* et *H. tubulosa* du site de Stidia.

3. Etude de sélectivité dans le choix de l'aliment chez les holothuries

3.1. Site de Salamandre

Les valeurs de l'indice d'électivité d'Ivlev, montrent que seule l'espèce *H. tubulosa* préfère les Foraminifères ( $E' = 0.09$ ) (Fig.32). Les Spicules d'Eponge sont sélectionnées par les deux espèces *H. poli* et *H. arguinensis* ( $E' : 0.36$  et  $0.34$  respectivement), mais sont par contre évitées par *H. tubulosa* ( $E' = -0.09$ ) (Fig.32). Par ailleurs, l'ensemble des holothuries préfèrent les Diatomées ; c'est *H. tubulosa* qui apprécie le plus cet aliment, suivie par *H. poli* et *H. arguinensis* ( $E' : 0.19, 0.06, 0.06$  respectivement) (Fig.32). Les valeurs de l'indice d'Ivlev montrent une préférence pour les Mollusques, par *H. arguinensis* ( $E' = 0.33$ ), par contre sont très évitées par *H. tubulosa* ( $E' = -0.50$ ) (Fig.32). Les espèces *H. poli* et *H. tubulosa* n'apprécient pas les Epines d'Oursin ( $E' ; -1, -0.67$  respectivement), aussi ces deux espèces n'apprécient pas les Nématodes ( $E' ; -0.67, -0.50$  respectivement) (Fig.32).

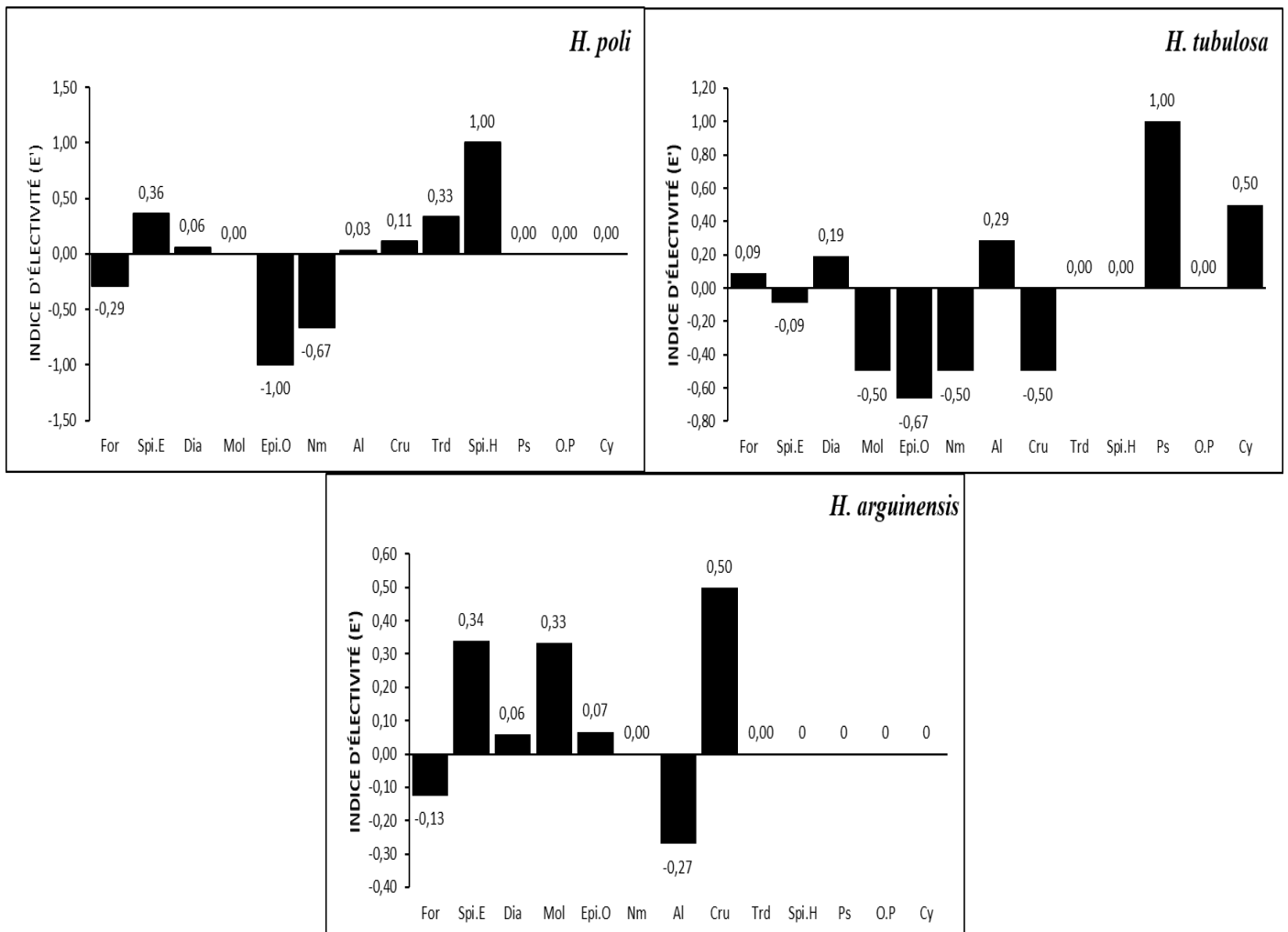


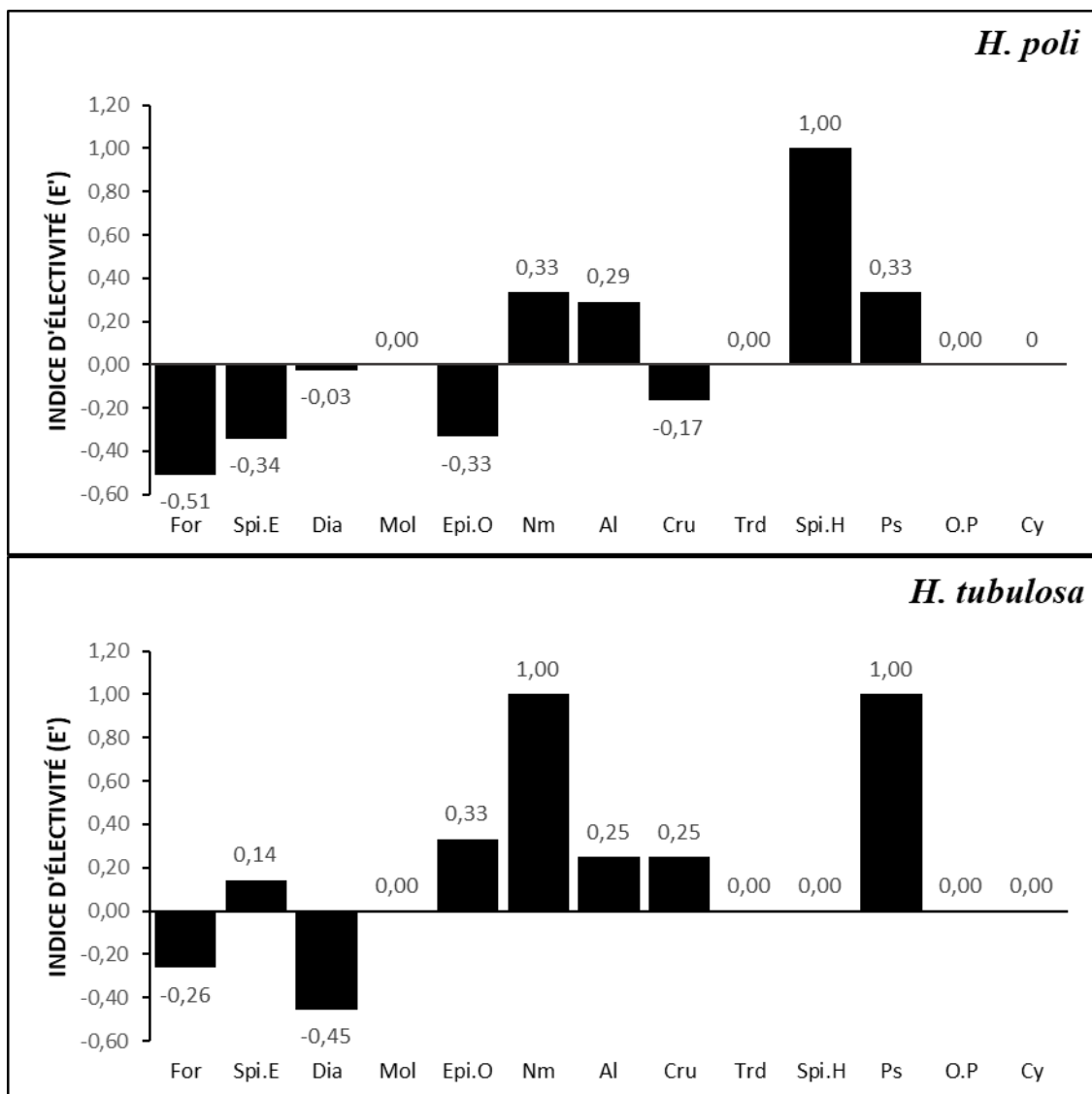
Figure 32 : Indice d'Electivité d'Ivlev ( $E'$ ), indiquant la préférence ou le rejet d'une ressource alimentaire, chez les holothuries du site de Salamandre.

Les résultats obtenus montrent que les deux espèces d'Holothuries apprécient les Algues dans leurs alimentation ( $E'$  : 0.03 et 0.29 chez *H. poli* et *H. tubulosa* respectivement) (Fig.32). Par contre, *H. arguinensis* évite les Algues ( $E' = -0.27$ ) (Fig.32). D'autre part, les Crustacés sont appréciés par *H. poli* et *H. arguinensis* ( $E'$  : 0.11, 0.50 respectivement) et *H. tubulosa* n'apprécie pas cet aliment ( $E' = -0.50$ ) (Fig.32).

Ces résultats montrent que seule l'espèce *H. poli* préfère les Spicules d'Holothuries ( $E' = 1$ ) (Fig.32). Tandis que, la Posidonie et les Cyanophycées sont appréciés par *H. tubulosa* ( $E'$  : 1, 0.50 respectivement) (Fig.32).

### 3.2. Site de Stidia

Les Foraminifères ne sont sélectionnés par aucune des espèces d'holothuries ( $E'$  : -0.51 et -0.26 chez *H. poli* et *H. tubulosa* respectivement) (Fig.33). D'autre part, les Spicules d'Eponges sont appréciées par *H. tubulosa* ( $E' = 0.14$ ) et sont non sélectionnées par *H. poli* ( $E' = -0.34$ ) (Fig.33). Les deux espèces d'holothuries évitent les Diatomées ( $E'$  : -0.03 et -0.45 chez *H. poli* et *H. tubulosa* respectivement) (Fig.33). Les Epines d'Oursin sont appréciées par une espèce et évitées par une autre ( $E' = 0.33$  chez *H. tubulosa*) ( $E' = -0.33$  chez *H. poli*) (Fig.33). Nos résultats montrent que les deux espèces *H. poli* et *H. tubulosa* consomment les Nématodes avec une grande proportion ( $E'$  : 0.33 et 1 respectivement) (Fig.33). *H. poli* et *H. tubulosa* consomment les Algues d'une manière préférentielle ( $E'$  : 0.29 et 0.25 respectivement) (Fig.33). Il est à noter que *H. poli* évite les Crustacés ( $E' = -0.17$ ), contrairement à *H. tubulosa* chez lequel cet aliment est apprécié ( $E' = 0.25$ ) (Fig.33). D'une part, les Spicules d'Holothuries ne sont sélectionnées que par *H. poli* et présente le plus important indice d'électivité ( $E' = 1$ ) (Fig.33). D'autre part, la Posidonie est aussi une ressource alimentaire appréciée par *H. poli* et *H. tubulosa* avec une grande proportion ( $E'$  : 0.33 et 1 respectivement) (Fig.33). Aucune sélectivité pour les Mollusques, Tardigrade, Œuf de poisson et les Cyanophycées par *H. poli* et *H. tubulosa* ( $E' = 0$ ) (Fig.33).



**Figure 33 :** Indice d'Electivité d'Ivlev (E'), indiquant la préférence ou le rejet d'une ressource alimentaire, chez les holothuries du site de Stidia.

#### 4. Analyse PERMANOVA

La PERMANOVA révèle également que le régime alimentaire des holothuries, montre une différence très hautement significative entre les sites d'étude (PERMANOVA,  $P < 0.001$ ). Selon le test à *posteriori*, la différence réside entre chacune des sites, prise deux à deux avec l'autre (pairwise PERMANOVA,  $P < 0.05$ ).

### II. Discussion

#### 1. Analyse des contenus digestifs

Diverses sources trophiques ont été trouvées dans le contenu digestif de l'ensemble des Holothuries étudiées à travers les résultats de ce travail de fin d'étude ; nous pouvons les rassembler en deux majeures fractions : la première fraction clairement dominante est la fraction animal et une fraction végétale représentée par une faible proportion. Contrairement à ceux qu'elles sont obtenues par Belbachir et Mezali (2018, 2020a).

Nos résultats montrent que les Diatomées, les Spicules d'Eponge et les Foraminifères sont les principaux aliments consommés par ces Holothuries étudiées au niveau des deux sites 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 par les holothuries est signalée par plusieurs auteurs (Khrpounoff et Sibuet, 1980 ; Sonnenholzner, 2003 ; Yokoyama, 2013 ; Xie *et al.*, 2017) ; cette ressource est 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). Cependant, l'indice d'Ivlev révèle que cet aliment est peu sélectionné par la majorité des holothuries du site de Salamandre et rejeté par ceux du site de Stidia, ce qui est probablement dû à sa forte disponibilité dans le milieu. Les éléments nutritifs provenant des engrais utilisés dans la zone agricole limitrophe au site de Stidia, ainsi que ceux provenant des eaux usées du site de Salamandre ; pourrait être à l'origine des fortes concentrations des diatomées (Belbachir, 2018). Par ailleurs, il est fort probable que les diatomées retrouvées dans les contenus digestifs des holothuries étudiées, 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).

### Chapitre III : Résultats et discussion

En terme de préférence alimentaire, en ce qui concerne la fraction animale, nos résultats montrent d'importants proportions de spicules d'Eponges dans les contenus digestifs de la plupart des holothuries des deux sites, plus particulièrement chez les deux espèces *H. poli* et *H. arguinensis* du site de Salamandre. D'autre part, les Mollusques sont également sélectionnés de manière considérable par l'espèce *H. arguinensis*, et sont rejetées par les autres espèces. Les épines d'Oursin sont sélectionnées considérablement que par *H. tubulosa* du Stidia et *H. arguinensis* du Salamandre. Les Nématodes sont rejetés par les holothuries de la salamandre, en revanche sont sélectionnées par ceux du Stidia. Les Algues sont préférées par l'ensemble des 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. Par ailleurs, les Crustacés sont sélectionnés par *H. poli* et *H. arguinensis* de Salamandre et *H. tubulosa* de Stidia. Les Tardigrades et les spicules d'Holothuries ne sont consommés que par *H. poli* des deux sites. La posidonie est l'aliment préféré chez *H. tubulosa* des deux sites aussi par *H. poli* du site de Stidia. Les Cyanophycées sont sélectionnées que par l'espèce *H. tubulosa* du Salamandre. Nos résultats sur la sélectivité des aliments par les Holothuries étudiées au niveau des deux sites (Salamandre et Stidia) représentent des indices d'Electivité d'Ivlev (E') totalement différentes de celles qui sont obtenues par Belbachir (2018).

L'analyse statistique (PERMANOVA), nous a permis de distinguer qu'il y a une différence significative entre les deux sites d'étude ( $P < 0.05$ ), mais aucune différence entre les espèces car cette analyse a été réalisée juste sur *Holothuria poli* à cause de manque d'échantillon des espèces *H. tubulosa* et *H. arguinensis*, donc proches en termes de régime alimentaire.

### 2. Analyse du taux de la matière organique

Pour le site de Stidia, tout comme pour celui de Salamandre, le taux de la matière organique au niveau du premier tronçon (Forgut) du tube digestif, présente des différences entre les espèces d'holothuries étudiées (Tab.04 ; Fig.30) (Tab.05 ; Fig.31). A Salamandre, ce sont les trois espèces *H. poli*, *H. arguinensis* qui présentent les plus importantes valeurs, alors que *H. tubulosa* présente la plus basse valeur (Tab.04 ; Fig.30). A Stidia, l'espèce *Holothuria poli* se distingue avec une importante teneur en matière organique, au niveau du Forgut, contrairement à *Holothuria tubulosa* qui se présente avec une faible valeur de matière organique au niveau de ce même tronçon du tube digestif (Tab.05 ; Fig.31). Belbachir (2018) estime que les biotopes au niveau desquels vivent ces espèces d'holothuries, en sont probablement à l'origine de cette disparité.

Le taux de la matière organique au niveau du premier tronçon du tube digestif, chez l'ensemble des holothuries étudiées des sites de Salamandre et de Stidia, présente d'importantes valeurs (Tab.04 ; Fig.30) (Tab.05 ; Fig.31). Le microphytobenthos constitue l'une des plus importantes sources de nourriture pour la macrofaune benthique (Plante *et al.*, 1986), notamment pour les holothuries (Uthicke et Klumpp, 1998). Selon Belbachir (2018), c'est durant la période printanière (saison de notre échantillonnage) que la biomasse de ce microphytobenthos présente le plus important taux, ce qui constitue une source intéressante de matière organique ; favorisant ainsi son accumulation au sein du Forgut des holothuries.

Chez la majorité des espèces d'holothuries étudiées des deux sites de Salamandre et de Stidia, le taux de la matière organique, retrouvé dans le sédiment du premier tronçon de leurs contenus digestifs, est élevé par rapport à celui retrouvé dans le sédiment de leurs biotopes (Fig. 30 et 31 ; Tab. 04 et 05). Cela pourrait être le résultat d'une certaine sélectivité envers la matière organique. En effet, le caractère sélectif des holothuries pour la matière organique a été déjà signalé dans la littérature (Mezali, 2004 et 2008 ; Mezali et Soualili, 2013 ; Belbachir *et al.*, 2014).

# **CONCLUSION**



## Conclusion

Les sources alimentaires consommées par les trois espèces d'holothuries étudiées sont diversifiées et composées d'une fraction animale (fraction dominante) et une autre végétale. La fraction animale est composée de : Foraminifères, Spicules d'Eponge, Mollusques, Epines d'Oursin, Nématodes, Crustacés et Spicules d'Holothuries. D'autre part, la fraction végétale est composée de : Diatomées, Algues, Posidonie et Cyanophycées. Généralement, nous constatons que les Diatomées sont le principal aliment chez l'ensemble des Holothuries étudiées avec de très fortes proportions. Les espèces *Holothuria poli*, *Holothuria tubulosa* et *Holothuria arguinensis* ont des aliments de choix qui sont les spicules d'Eponge, Foraminifères et les Algues. Par ailleurs, le reste de ces sources trophiques ne sont que moyennement ou faiblement consommées par ces organismes marins étudiés lors notre travail.

Toutes les espèces d'holothuries aspidochirotes étudiées lors de ce travail ont un comportement sélectif envers la matière organique. Toutefois, la différence qui existe entre le taux de matière organique ingérée par ces espèces, est due à leurs micro-répartitions au sein des différents biotopes. Les espèces les plus sélectives sont *Holothuria poli* et *Holothuria arguinensis* .

## Perspectives

En perspectives et dans le but de protéger et de valoriser cette ressource marine, il est impératif de lancer des projets de recherches pluridisciplinaires, afin d'élargir nos connaissances, sur les différentes espèces de nos côtes. Ces projets doivent abordées différents axes, dont celui de l'holothuriculture, qui connaît un essor considérable ces dernières années. Ces espèces sont très intéressantes pour développer des systèmes en aquaculture intégrée performants et durables.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

### 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.

## Références bibliographiques

- Belbachir N., Mezali K. (2018).** Préférences alimentaires de quatre espèces d'holothuries Aspidochirotes (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.

## Références bibliographiques

- 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.

## Références bibliographiques

**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 Holothuroidea (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 aspidochiotes (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. 277pp.
- 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.

## Références bibliographiques

- Mezali K. (1998).** Contribution à la systématique, la biologie, l'écologie et la dynamique de cinq espèces d'holothuries aspidochirotés [*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 International 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.
- Mezali K., Chekaba B., Zupo V. (2003).** Comportement alimentaire de cinq espèces d'holothuries aspidochirotés (Holothuroidea ; Echinodermata) de la presqu'île de Sidi Fredj- Algérie. *Mer. Soc. Zool.* Fr. Paris, France.
- Mezali K. (2004a).** Micro-répartition des holothuries aspidochirotés au sein de l'herbier de Posidonies de la presqu'île de Sidi-Fredj - Algérie. *Rapports P.V. Commission International pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*, Monaco, Vol. 37, p 534.
- Mezali K. (2004b).** Feeding behaviour of *Holothuria tubulosa* and *Holothuria polii* of Tamentefoust area - Algeria. *Rapports P.V. du 37eme Congrès de la Commission International pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée* : Barcelone Vol. 37, p535.
- 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.

## Références bibliographiques

**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.

**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.

## Références bibliographiques

**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-demer 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.

## Références bibliographiques

**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.*

**ANNEXE**

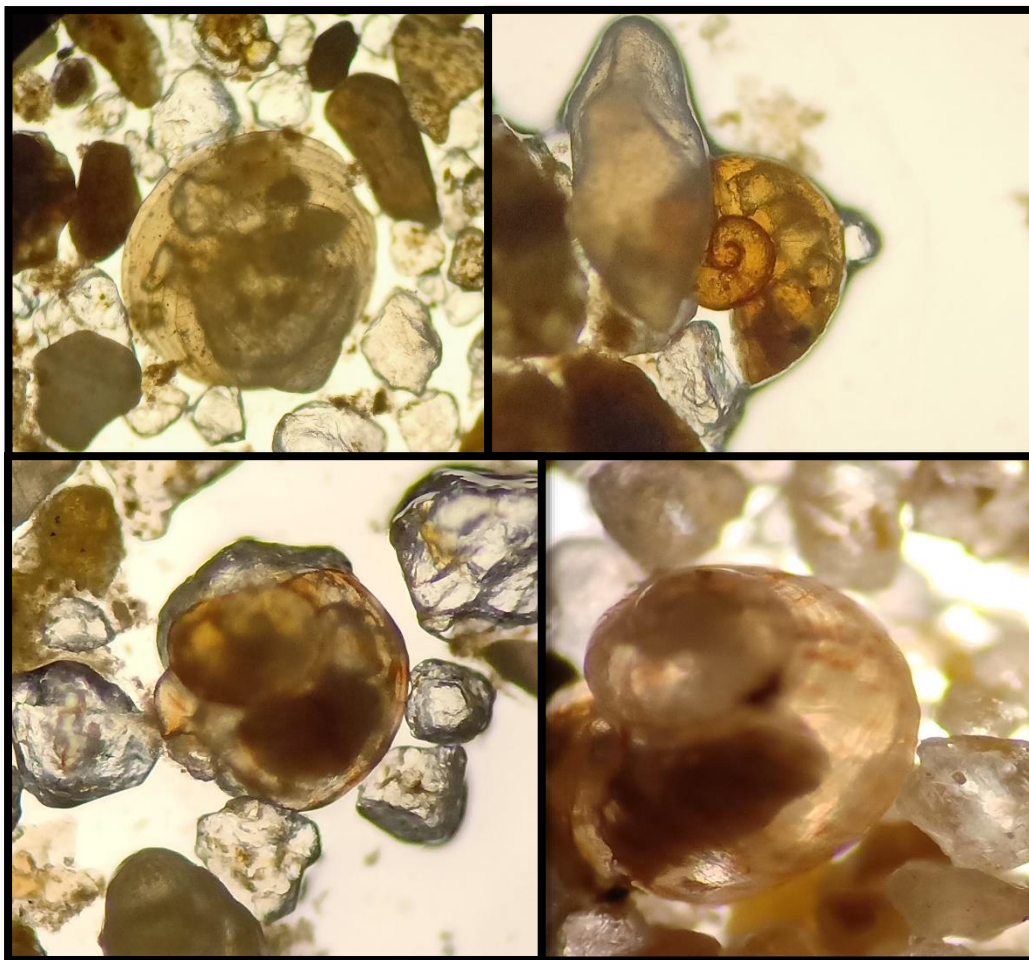


Figure A : Coquilles de Mollusque



Figure B : Foraminifères

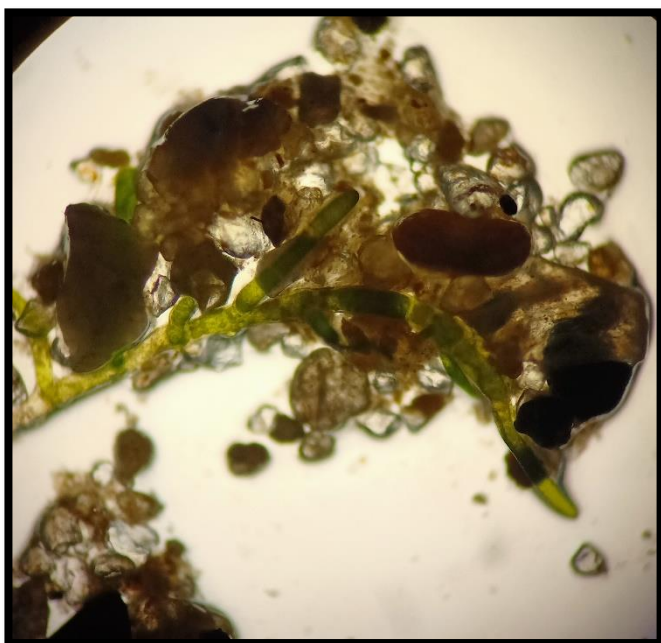




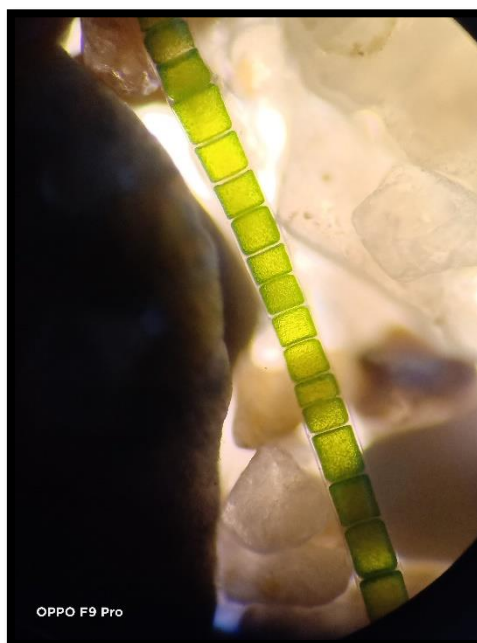
**Figure C :** Spicule d'Holothurie



**Figure D :** Crustacé



**Figure E :** Algues



**Figure F :** Algues



Figure G : Posidonie

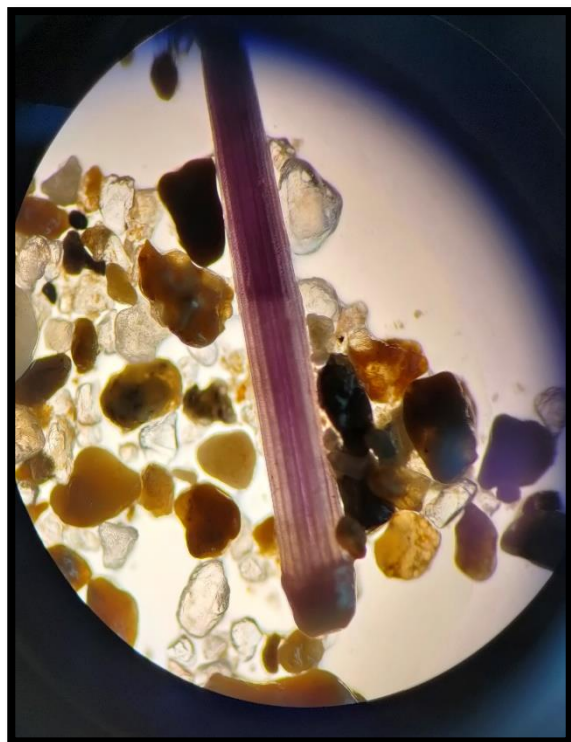


Figure H : Epine d'Oursin

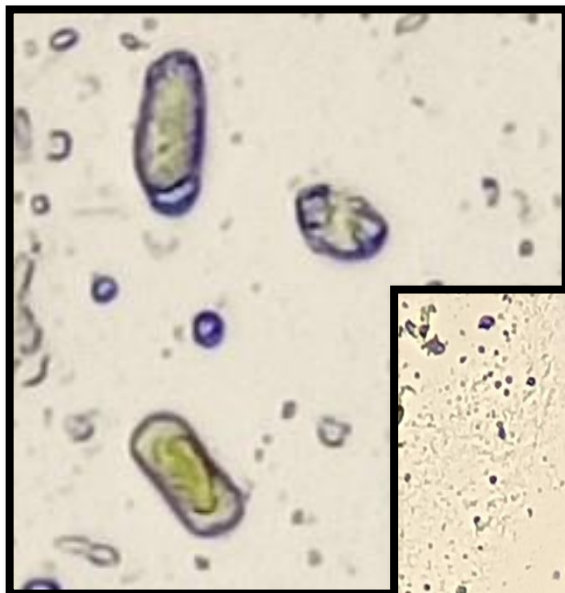


Figure I : Diatomées

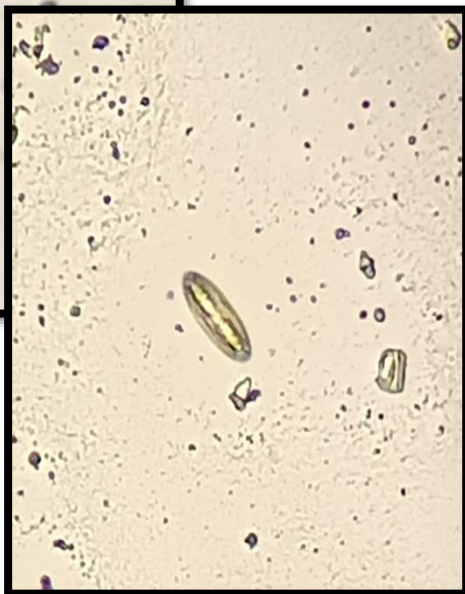


Figure K : Diatomées



Figure J : Spicule d'Eponge