

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

N°...../SNV/2017

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

**ADJAL Rania et DIFALLAH Fatima Zohra**

Pour l'obtention du diplôme de

### MASTER

En Hydrobiologie Marine et Continentale

**Spécialité: RESSOURCES HALIEUTIQUES ET EXPLOITATION  
DURABLE**

### THÈME

**Comportement alimentaire chez quelques espèces  
d'holothuries aspidochirotés de l'herbier de posidonie de la  
région de Mostaganem**

Soutenu publiquement le 01/07/2017

DEVANT LE JURY

Président	M. MEZALI Karim	Pr. U. Mostaganem
Encadreur	M. BELBACHIR Nor Eddine	MAA U. Mostaganem
Examineur	M. BOUZAZA Zoheir	MAA U. Mostaganem

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

# *Remerciements*

*Avant tout, nous remercions ALLAH de nous avoir donné le courage et la patience de mener à bien ce travail.*

*Cette étude a pu être menée grâce à de nombreuses collaborations*

*Nous remercions notre encadreur M. BELBACHIR Nmaître-assistant A à l'université de Mostaganem, qui nous a aidé et bien orienté pour la réalisation de ce travail, pour ces conseils précieux et sa disponibilité, sa confiance et ses encouragements....*

*On tient également à remercier très chaleureusement M. MEZALI K professeur à l'université de Mostaganem, pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre mémoire.*

*Nos sincères remerciements vont également à M. BOUZAZA Z, maître assistante A à l'université de Mostaganem, pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.*

*Nous remercions très chaleureusement M<sup>me</sup> SLIMANE TAMACHAF, pour son soutien, ses encouragements,.....*

*Nous remercions également tous le personnel des laboratoires ; notamment, M<sup>me</sup> Amina et M. Mourad du laboratoire d'halieutique ; M<sup>me</sup> Rachida du laboratoire de Pédologie, pour nous avoir aidé dans le déroulement de nos expériences.*

*Et sans oublier tous les professeurs du département des Sciences de Mer et de l'Aquaculture, le chef de département et tous les étudiants de*

*Master 2 RHED 2017.*

# *Dédicace*

*Je dédie cet humble travail avec plaisir à :*

*Mes très chère parent qui on été toujours a mes cotés  
pendant tous mes années d'études.*

*A mes enfants Mohamed et Abderrahmane, mes frères, mes  
sœurs et à toute la famille.*

*Dédicace spécial à mes très Belles filles Nassima et Farah*

*Mes fidèles amis, belbachir Amine, Karima fellahi, Houaria,  
boukhalf K, Aicha, Khaled, Sari et Rachida*

*A tous mes collègues de la promotion RHED 2017*

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

*Fatima Zohra*

# *Dédicace*

*Je dédie cet humble travail avec plaisir à :*

*Mes très chère parent qui on été toujours a mes cotés  
pendant tous mes années d'études.*

*A mes frères, mes sœurs et à toute la famille.*

*Dédicace spécial à Nasreddine B*

*A mes fidèles amis, SIHAME, AMINA, YUCEF,  
ABDELLAH et BACHIR*

*A tous mes collègues de L`Hôpital de lalla kheira et tous les  
étudiants de la promotion RHED 2017*

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

*RANIA*

## Résumé :

Les holothuries aspidochirotés, aussi appelées concombres de mer, sont un acteur majeur de l'herbier de *Posidonia oceanica*. Elles jouent un rôle très important dans le recyclage de la matière organique et l'oxygénation des sédiments benthiques.

Notre étude porte sur le comportement alimentaire chez certaines espèces d'holothuries aspidochirotés ; *H. (Roweothuria) poli*, *Holothuria (Holothuria) tubulosa*, *H. (Panningothuria) forskali* et *H. (Platyperona) sanctori* inféodées à l'herbier à *Posidonia oceanica* de deux localités de la région de Mostaganem (Stidia et Salamandre).

Une analyse du taux de la matière organique au niveau des trois tronçons du tube digestif des holothuries, des sédiments de leurs biotopes, ainsi qu'au niveau de leurs excréments, a été réalisée pendant trois saisons (été, automne et hiver). Une analyse granulométrique des particules sédimentaires ingérées par les holothuries et de ceux de leurs biotopes a été également réalisée, afin d'apprécier la sélectivité dans l'alimentation chez ces espèces.

Les résultats montrent que ces espèces se distinguent par un comportement alimentaire sélectif et que cette sélectivité présente une différence entre les espèces et entre les saisons.

Les espèces étudiées présentent une forte assimilation de matière organique en période estivale, afin de satisfaire leurs besoins énergétiques en période de reproduction.

Le sédiment grossier est le plus apprécié par l'ensemble des espèces d'holothuries des deux sites étudiés. Cette fraction peut les aider à exécuter certaines fonctions essentielles telles que la contraction et la digestion.

**Mots clés :** Holothuries aspidochirotés, *Posidonia oceanica*, matière organique, sélectivité, Mostaganem, comportement alimentaire.

## الملخص

خيار البحرمن نوع *aspidochirote*، هي ممثل رئيسي في معشبة *Posidonia Oceanica*. إنها تلعب دورا مهما جدا في إعادة تدوير المواد العضوية وزيادة الأوكسجينفي رواسب القاع

دراستنا تركز على النظام الغذائي لدى بعض أنواع خيار البحر *H. (Roweothuria) poli, Holothuria (Holothuria) tubulosa, H. (Panningothuria) forskali* و *H. (Platyperona) sanctori* ايضا *Posidonia oceanica* المتواجدة في منطقي مستغانم (ستيدية والصلامندر).

تحليل نسبة المواد العضوية في الأجزاء الثلاثة من الجهاز الهضمي من خيار البحر والرواسب من بيئتها، وكذلك في البراز، أجريت لمدة ثلاثة مواسم (الصيف، الخريف والشتاء). وكذا أجري تحليل حجم الجسيمات من الجزيئات الرسوبية المتناولة من قبل خيار البحر و أيضا تلك الموجودة في بيئتها من أجل تقييم الانتقائية في النظام الغذائي لدى هذه الأنواع.

أظهرت النتائج أن هذه الأنواع تتميز بسلوك غذائي انتقائي وأن هذه الانتقائية لديها مختلفة بين الأنواع وبين الفصول. هذه الأنواع المدروسة لديها طاقة استيعاب عالية للمادة العضوية خلال فصل الصيف لتلبية احتياجاتها من الطاقة خلال موسم التكاثر. الرواسب الخشنة هي الأكثر تقديرا من قبل جميع أنواع خيار البحر المتواجدة فيالموقعين المدروسين. هذاالأجزاء يمكن أن تساعدهم على أداء بعض المهام الأساسية مثل الانكماش والهضم.

**كلمات البحث:** خيار البحر ، *aspidochirote* ، *Posidonia Oceanica* ، المواد العضوية، والانتقائية، مستغانم، النظام الغذائي

# Liste des figures

---

<b>Figure 01 :</b> Cladogramme, illustrant la classification des classes d'échinodermes. (1) phylum Echinodermata; (2) super classe Eleutherozoa; (3) super classe Asterozoa; (4) Super classe Echinozoa .....	03
<b>Figure 02 :</b> Classification des holothuries.....	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.....	08
<b>Figure 4 :</b> Anatomie externe d'une holothurie aspidochirote. ....	09
<b>Figure 5 :</b> Anatomie interne d'une holothurie aspidochirote montrant les principaux organes.....	10
<b>Figure 6 :</b> Les quatre catégories de spicules des holothuries aspidochirotés ; (1) les corpuscules turriformes (tables ou tourelles); (2) les boutons (ou boucles); (3) les plaques perforées et (4) les bâtonnets (ou baguettes).....	11
<b>Figure 7:</b> Schema du tube digestif d' <i>Holothuria tubulosa</i> .....	13
<b>Figure 8 :</b> Emission de gamètes.....	15
<b>Figure 9 :</b> <i>Holothuria (Panningothuria) forskali</i> projetant ses tubes de Cuvier.....	16
<b>Figure 10 :</b> <i>Holothuria (Holothuria) tubulosa</i> .....	17
<b>Figure 11:</b> <i>Holothuria (Roweothuria) poli</i> .....	19
<b>Figure 12:</b> <i>Holothuria (Panningothuria) forskali</i> .....	20
<b>Figure 13:</b> <i>Holothuria (Platyperona) sanctori</i> .....	22
<b>Figure 14 :</b> Schéma montrant le transit digestif d'une holothurie aspidochirote.....	23
<b>Figure 15:</b> Représentation schématique des relations trophiques dans un herbier à <i>Posidonia oceanica</i> . [C : carnivores ; E : herbivores ; F : filtreurs et D: détritivores].....	25
<b>Figure 16 :</b> Situation géographique des deux sites de prélèvements (Stidia et Salamandre).....	29
<b>Figure 17 :</b> Photo montrant le point de prélèvement (flèche) au niveau du site de Stidia.....	30

<b>Figure 18 :</b> Photo montrant le point de prélèvement (flèche) au niveau du site de la Salamandre.....	31
<b>Figure 19 :</b> Traitement des échantillons d'holothuries pour l'analyse du taux de la matière organique.....	33
<b>Figure 20 :</b> Etuve de type MEMMERT utilisée lors de notre étude.....	33
<b>Figure 21:</b> Four à mouffle utilisée lors de notre étude.....	34
<b>Figure 22 :</b> Echantillons de sédiment séchés à l'étuve et peser pour avoir le poids initial.....	36
<b>Figure 23:</b> Tamisage humide des échantillons.....	36
<b>Figure 24:</b> Tamiseuse et une série de tamis norme AFNOR utilisée lors de notre étude.....	37
<b>Figure 25 :</b> Relation entre le poids éviscéré et la longueur contractée chez les espèces <i>H. poli</i> , <i>H. tubulosa</i> , <i>H. forskali</i> et <i>H. sanctori</i> du site de la Stidia.....	39
<b>Figure 26 :</b> Relation entre le poids éviscéré et la longueur contractée chez les espèces <i>H. poli</i> , <i>H. tubulosa</i> , <i>H. forskali</i> et <i>H. sanctori</i> du site de la Salamandre.....	40
<b>Figure 27 :</b> Taux de la matière organique des trois tronçons des tubes digestifs, Forgut (FG), Midgut (MG) et Hindgut(HG), le sédiment de leurs biotopes (SB), ainsi que les Excréments (E) chez les espèces <i>H.poli</i> , <i>H.tubulosa</i> , <i>H. forskali</i> et <i>H.sanctori</i> du site de la Salamandre durant les trois saisons d'études.....	42
<b>Figure 28 :</b> Taux de la matière organique des trois tronçons des tubes digestifs, Forgut (FG), Midgut (MG) et Hindgut(HG), le sédiment de leurs biotopes (SB), ainsi que des Excréments (E) chez les espèces <i>H.poli</i> , <i>H.tubulosa</i> , <i>H. forskali</i> et <i>H.sanctori</i> du site de Stidia durant les trois saisons d'études.....	44
<b>Figure 29 :</b> Efficacité d'assimilation chez les espèces <i>H.poli</i> , <i>H.tubulosa</i> , <i>H. forskali</i> et <i>H.sanctori</i> du site de Salamandre durant les trois saisons d'études.....	46
<b>Figure 30 :</b> Efficacité d'assimilation chez les espèces <i>H.poli</i> , <i>H.tubulosa</i> , <i>H. forskali</i> et <i>H.sanctori</i> du site de Stidia durant les trois saisons d'études.....	47
<b>Figure 31 :</b> Pourcentage des fractions granulométriques du Substrat du Contenu Digestif (SCD) et de celui du biotope (SB) de <i>H. (R) poli</i> , <i>H. tubulosa</i> , <i>H. forskali</i> et <i>H. sanctori</i>	

du site de Salamandre. Fraction grossière (2000-1000  $\mu\text{m}$ ), fraction moyenne (1000-500 $\mu\text{m}$ ),fraction fine (500-250  $\mu\text{m}$ ) et fraction très fine (250-50  $\mu\text{m}$ ) [Selon la classification de (Soil Survey Staff, 1951)]..... 49

**Figure 32:**Pourcentage des fractions granulométriques du Substrat du Contenu Digestif (SCD) et de celui du biotope (SB) de *H. (R) poli*, *H. tubulosa*, *H. forskali* et *H. sanctori*du site de Stidia. Fraction grossière (2000-1000  $\mu\text{m}$ ), fraction moyenne (1000-500  $\mu\text{m}$ ),fraction fine (500-250  $\mu\text{m}$ ) et fraction très fine (250-50  $\mu\text{m}$ ) [Selon la classification de Soil Survey Staff, (1951)]..... 50

**Figure 33:**Indice d'Electivité  $E'$ (représenté par les chiffres sur les histogrammes) par classe de taille des particules sédimentaires indiquant la préférence ou le rejet d'une classe de taille du sédiment durant la sélection de l'alimentation par *H. poli* (A), *H. forskali* (B), *H. tubulosa* (C)et *H. sanctori* (D) du site de Salamandre..... 51

**Figure 34:**Indice d'Electivité  $E'$ (représenté par les chiffres sur les histogrammes) par classe de taille des particules sédimentaires indiquant la préférence ou le rejet d'une classe de taille du sédiment durant la sélection de l'alimentation par *H. poli* (A), *H. forskali* (B), *H. tubulosa* (C)et *H. sanctori* (D) du site de Stidia..... 52

# Liste des tableaux

---

<b>Tableau 1 :</b> Résultats (Moyenne $\pm$ Ecart-Type) de l'efficacité d'assimilation chez les espèces <i>H.poli</i> , <i>H.tubulosa</i> , <i>H. forskali</i> et <i>H.sanctori</i> du site de Salamandre durant les trois saisons.....	46
<b>Tableau 2:</b> Résultats (Moyenne $\pm$ Ecart-Type) de l'efficacité d'assimilation chez les espèces <i>H.poli</i> , <i>H.tubulosa</i> , <i>H. forskali</i> et <i>H.sanctori</i> du site de Stidia durant les trois saisons (Eté, automne et hiver).....	47
<b>Tableau 3 :</b> Pourcentage des fractions granulométriques du substrat du contenu digestif et de celui du biotope de <i>H. (R) poli</i> , <i>H. tubulosa</i> , <i>H. forskali</i> et <i>H. sanctori</i> du site de Salamandre. Fraction grossière (2000- 1000 $\mu\text{m}$ ), fraction moyenne (1000-500 $\mu\text{m}$ ), fraction fine (500-250 $\mu\text{m}$ ) et fraction très fine (250-50 $\mu\text{m}$ ) [Selon la classification de Soil Survey Staff, (1951)].....	48
<b>Tableau 4 :</b> Pourcentage des fractions granulométriques du substrat du contenu digestif et de celui du biotope de <i>H. poli</i> , <i>H. tubulosa</i> , <i>H. forskali</i> et <i>H. sanctori</i> du site de Stidia. Fraction grossière (2000- 1000 $\mu\text{m}$ ), fraction moyenne (1000-500 $\mu\text{m}$ ), fraction fine (500-250 $\mu\text{m}$ ) et fraction très fine (250-50 $\mu\text{m}$ ) [Selon la classification de Soil Survey Staff, (1951)].....	50
<b>Tableau A :</b> Résultats (Moyenne $\pm$ Ecart-Type) des teneurs en matière organique au niveau des sédiments des différents tronçons des tubes digestifs, biotopes et excréments chez les espèces <i>H.poli</i> , <i>H.tubulosa</i> , <i>H. forskali</i> et <i>H.sanctori</i> du site de la Salamandre pour la saison d'Eté.....	61
<b>Tableau B :</b> Résultats (Moyenne $\pm$ Ecart-Type) des teneurs en matière organique au niveau des sédiments des différents tronçons des tubes digestifs, biotopes et excréments chez les espèces <i>H.poli</i> , <i>H.tubulosa</i> , <i>H. forskali</i> et <i>H.sanctori</i> du site de la Salamandre pour la saison d'Automne.....	61
<b>Tableau C :</b> Résultats (Moyenne $\pm$ Ecart-Type) des teneurs en matière organique au niveau des sédiments des différents tronçons des tubes digestifs, biotopes et fèces chez les espèces <i>H.poli</i> , <i>H.tubulosa</i> , <i>H. forskali</i> et <i>H.sanctori</i> du site de la Salamandre pour la saison d'Hiver.....	61
<b>Tableau D:</b> Résultats (Moyenne $\pm$ Ecart-Type) des teneurs en matière organique au niveau des sédiments des différents tronçons des tubes digestifs, biotopes et excréments chez les espèces <i>H.poli</i> , <i>H.tubulosa</i> , <i>H. forskali</i> et <i>H.sanctori</i> du site de Stidia durant la saison d'Eté.....	62
<b>Tableau E :</b> Résultats (Moyenne $\pm$ Ecart-Type) des teneurs en matière organique au niveau des sédiments des différents tronçons des tubes digestifs, biotopes et excréments chez les espèces <i>H.poli</i> , <i>H.tubulosa</i> , <i>H. forskali</i> et <i>H.sanctori</i> du site de Stidia pour la saison d'Automne.....	62

**Tableau F :** Résultats (Moyenne  $\pm$  Ecart-Type) des teneurs en matière organique au niveau des sédiments des différents tronçons des tubes digestifs, biotopes et excréments chez les espèces *H.poli*, *H.tubulosa*, *H. forskali* et *H.sanctori* du site de Stidia pour la saison d'Hiver..... 62

# *Sommaire*

---

# Sommaire

---

Introduction .....	01
--------------------	----

## *Chapitre I : Etude bibliographique*

1. Généralité sur l'embranchement des Echinodermes .....	02
1.1. Généralité .....	02
1.2. La classification des Échinodermes .....	02
2. Biologie et écologie des Holothuries .....	03
2.1. Généralité .....	03
2.2 . Classification des holothuries.....	04
2.2.1. Ordre des Apodida (269 espèces pour 32 genres et 3 familles) .....	06
2.2.2. Ordre des Elaspodida (141 espèces pour 24 genres et 5familles) .....	06
2.2.3. Ordre des Aspidochirotida (340 espèces pour35 genres et 3 familles) .....	06
2.2.4. Ordre des Molpadiida (95 espèces dans 11 genres et 4familles) .....	06
2.2.5. Ordre des Dendrochirotida (550 espèces pour 90 genres et 7 familles) .....	07
2.2.6. Ordre des Dactylochirotida (35 espèces pour 7 genres et 3 familles) .....	07
2.3. Répartition géographique .....	08
2.4. Biologie et écologie des Holothuries .....	09
2.4.1. Morphologie externe et internes des Holothuries .....	09
2.4.2. Physiologie des Holothuries .....	12
2.4.2.1. Système nerveux .....	12
2.4.2.2. Système aquifère .....	12
2.4.2.3. Le système digestif .....	12
2.4.2.4. Système reproducteurs .....	14
2.4.3. Reproduction chez les Holothuries .....	14
2.4.4. Moyens de défenses .....	15
2.4.4.1. Toxines .....	15
2.4.4.2. Tube de cuvier .....	15
2.4.4.3. L'éviscération .....	16
2.4.5. Ecologie de quelques espèces d'holothuries aspidochirotés .....	16
2.4.5.1. <i>Holothuria (Holothuria) tubulosa</i> .....	16

2.4.5.2. <i>Holothuria (Roweothuria) poli</i> .....	18
2.4.5.3. <i>Holothuria (Panningothuria) forskali</i> .....	19
2.4.5.4. <i>Holothuria (Platyperona) sanctori</i> .....	20
2.5. Régime et comportement alimentaire des holothuries .....	22
2.6. Importance du mode d'alimentation des holothuries "deposit feeders" .....	24
2.7. Relation des holothuries aspidochirotes avec l'herbier de Posidonies .....	25
2.8. Utilisation pharmaceutiques et cosmétiques .....	26
2.9. Exploitation Mondiale .....	26

## *Chapitre II : Matériels et méthodes*

1. Objectif de l'étude .....	28
2. Présentation des sites d'études .....	28
2.1. Description du site de Stidia.....	29
2.2. Description du site de la Salamandre .....	30
3. Echantillonnage et traitement des échantillons .....	31
3.1. Relation Taille- Poids (relation d'allométrie) .....	32
3.2. Analyse du taux de la matière organique .....	32
3.3. Calcule de l'efficacité d'assimilation .....	35
3.4. Analyse granulométrique .....	35
4. Traitement statistique des données .....	38
4.1. Calcule de la moyenne arithmétique .....	38
4.2. Calcul de l'écart type .....	38

## *Chapitre III : Résultats et discussion*

1. Relation Taille- Poids (relation d'allométrie) .....	39
2. Analyse du taux de la matière organique .....	41
3. Analyse de l'efficacité d'assimilation .....	46
4. Analyses granulométriques .....	48
5. Indice d'Electivité .....	51
Conclusion .....	54
Références bibliographiques .....	56
Annexe .....	63

# ***INTRODUCTION***

---

## Introduction :

Les holothuries aspidochirotées font partie des espèces que l'on trouve le plus au sein du compartiment benthique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* ; ces animaux marins sont d'une grande importance écologique, du moment qu'ils contribuent au recyclage de la matière organique et jouent un rôle important dans le réseau trophique détritivore de cet écosystème (Zupo et Fresi, 1984). Les holothuries peuvent même modifier de façon significative la composition des sédiments qui couvrent les fonds marins.

Les sédiments ingérés par les holothuries se composent principalement de matière inorganique (débris de corail, restes de coquillage, coralline, squelettes et restes inorganiques du benthos, silicates) de matière détritique organique (plantes marines, algues, animaux morts en décomposition), de microorganismes (bactéries, diatomées, protozoaires et cyanophycées), ou de boulettes fécales expulsées par holothurie elle-même ou par d'autres animaux (Massin, 1982 ; Moriarty, 1982). Le comportement alimentaire sélectif des holothuries a été étudié par de nombreux scientifiques. Le fait que les holothuries sélectionnent leurs aliments pourrait expliquer les différentes niches écologiques occupées par les diverses espèces qui vivent dans un même habitat (Roberts 1979).

En Algérie, peu de travaux ont été effectués sur le comportement alimentaire des holothuries aspidochirotées ; entre autres, on peut signaler ceux de Mezali et Soualili (2013) et Belbachir *et al.*, (2014). Ces auteurs ont constaté une certaine sélectivité chez différentes espèces d'holothuries aspidochirotées, au niveau de différentes zones de la côte Algériennes.

L'axe principal de ce travail est d'étudier le comportement alimentaire de certaines espèces d'holothuries aspidochirotées, à savoir, *H. (Roweothuria) poli*, *Holothuria (Holothuria) tubulosa*, *H. (Panningothuria) forskali* et *H. (Platyperona) sanctori* ; inféodées aux herbiers à *Posidonia oceanica* de deux sites du littoral de Mostaganem (Stidia et Salamandre).

*CHAPITRE I:*

---

*ETUDE  
BIBLIOGRAPHIQUE*

---

## **1. Généralité sur l'embranchement des Echinodermes :**

### **1.1. Généralité :**

Le nom échinoderme vient de deux termes grecs: echinos (=épineux) et derma(=peau), ceci en raison des structures calcaires épineuses que l'on retrouve dans la peau. Exclusivement marins, ils constituent l'un des phyla le mieux caractérisé du règne animal (Samynet *al*, 2006).

Ils ont tous une organisation à peu près équivalente et présentent des caractéristiques uniques :

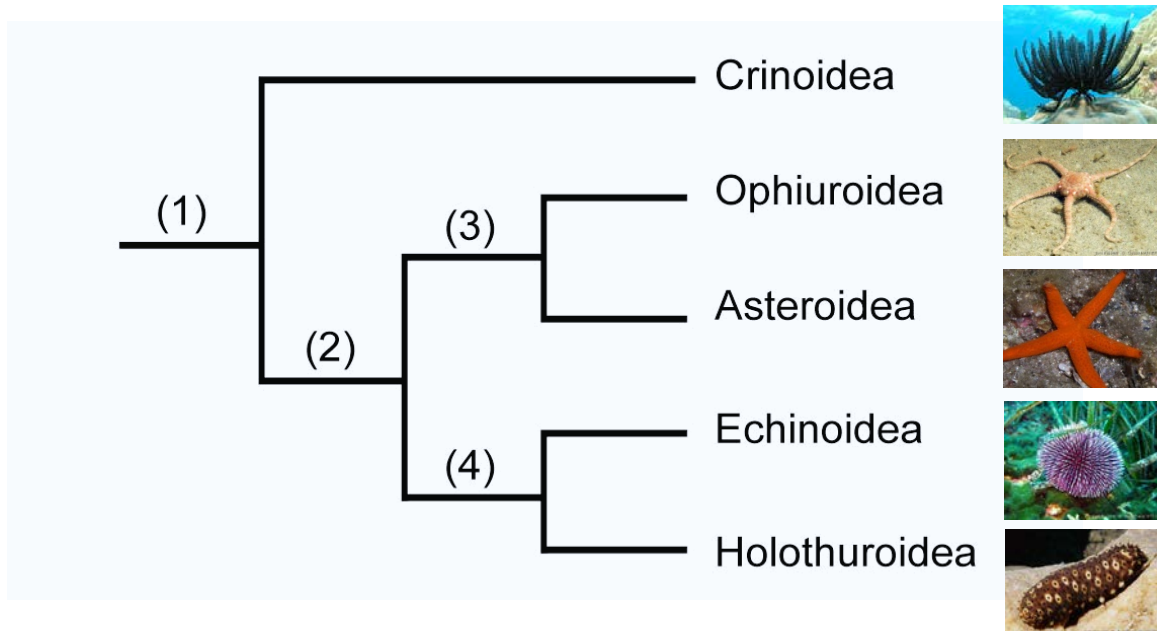
- Symétrie pentaradiée (d'ordre 5) parfois masquée par une symétrie bilatérale,
- Squelette intradermique formé de nombreuses plaques ou spicules calcaires,
- Appareil aquifère encore appelé système ambulacraire. Celui-ci est formé d'un système de canaux internes connectés à des extensions externes. Cet appareil particulier n'existe dans aucun autre groupe du règne animal. Il assure principalement le mouvement et la nutrition des animaux.

Les échinodermes actuels sont répartis en cinq classes très différentes d'aspect: les astérides ou étoiles de mer (Classe Asteroidea), les ophiures (Classe Ophiuroidea), les échinides ou oursins de mer (Classe Echinoidea), lescrinoides ou lys de mer (Classe Crinoidea) et enfin les holothuries ou concombres de mer (Classe Holothuroidea) (Samynet *al*, 2006).

### **1.2. La classification des Échinodermes :**

La relation phylogénétique entre ces cinq classes a récemment fait l'objet de plusieurs études par différents groupes de chercheurs (Paul *et* Smith 1988; Smiley, 1988; Littlewood, 1995; Littlewood *et al.*, 1997, Janies, 2001).

Tous s'accordent sur le fait que les cinq classes constituent des groupes monophylétiques, que les crinoïdes représentent la ligne évolutive la plus ancienne, que les autres classes sont étroitement apparentées formant le groupe Eleutherozoa et que la classe des holothuries est le groupe frère de la classe des échinides avec lequel il forme le groupe Echinozoa. Les relations de parenté entre les astérides et les ophiures restent floues, mais les dernières études semblent indiquer que les astérides et les ophiures forment le groupe Asterozoa (Fig. 1) (Samynet *al.*,2006).



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

## 2. Biologie et écologie des Holothuries :

### 2.1. Généralité :

Les Holothuries sont des organismes communs de la faune benthique de tous les milieux marins (Hendler *et al.*, 1995 ; Luciano *et al.*, 1996). Ces animaux marins se rencontrent à partir de la zone intertidale jusqu'à l'océan profond et dominent dans les communautés marines, à la fois en nombre d'individus et de la biomasse (Billett, 1991) ; elles peuvent constituer jusqu'à 90% de la biomasse dans les écosystèmes des fonds marins (Hendler *et al.*, 1995)

Ces espèces sont couramment trouvées sur des aires de sables ou de débris coralliens, ou encore sur la barrière de corail. Sur ces différents substrats, les holothuries ingèrent le

sédiment et le biofilm, retiennent les particules organiques (diatomées, protozoaires, détritus) et rejettent les éléments minéraux comme le sable (Behrens *et al.*, 1996).

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

### **2.2. Classification des holothuries :**

La classe des holothurides, constituent avec les échinides, les astérides, les ophiurides et les crinoïdes l'embranchement des échinodermes. A la symétrie pentaradiaire, ou alternent cinq aires ambulacraires radiaires portant généralement les podia et cinq aires interambulacraires (Meglitsch, 1975). Cette classe comptent plus de 1250 espèces et 6 ordres (dendrochirotes, dactylochirotes, aspidochirotes, elasipodides, apodides et molpadiides), qui se distinguent d'après la présence ou l'absence des pieds ambulacraires, la forme des tentacules buccaux (digités, dendritiques, pennés ou en forme de pelle), la présence ou l'absence de muscles rétracteurs oraux, d'arbres respiratoires et de tubes de Cuvier (Hendleret *al.*, 1995).

Cannon et Silver (1986 *in* Preston (1993)) proposèrent une clé de classification basique des Holothuries basée sur des études réalisée sur des espèces d'holothuries d'Australie (Fig.2).

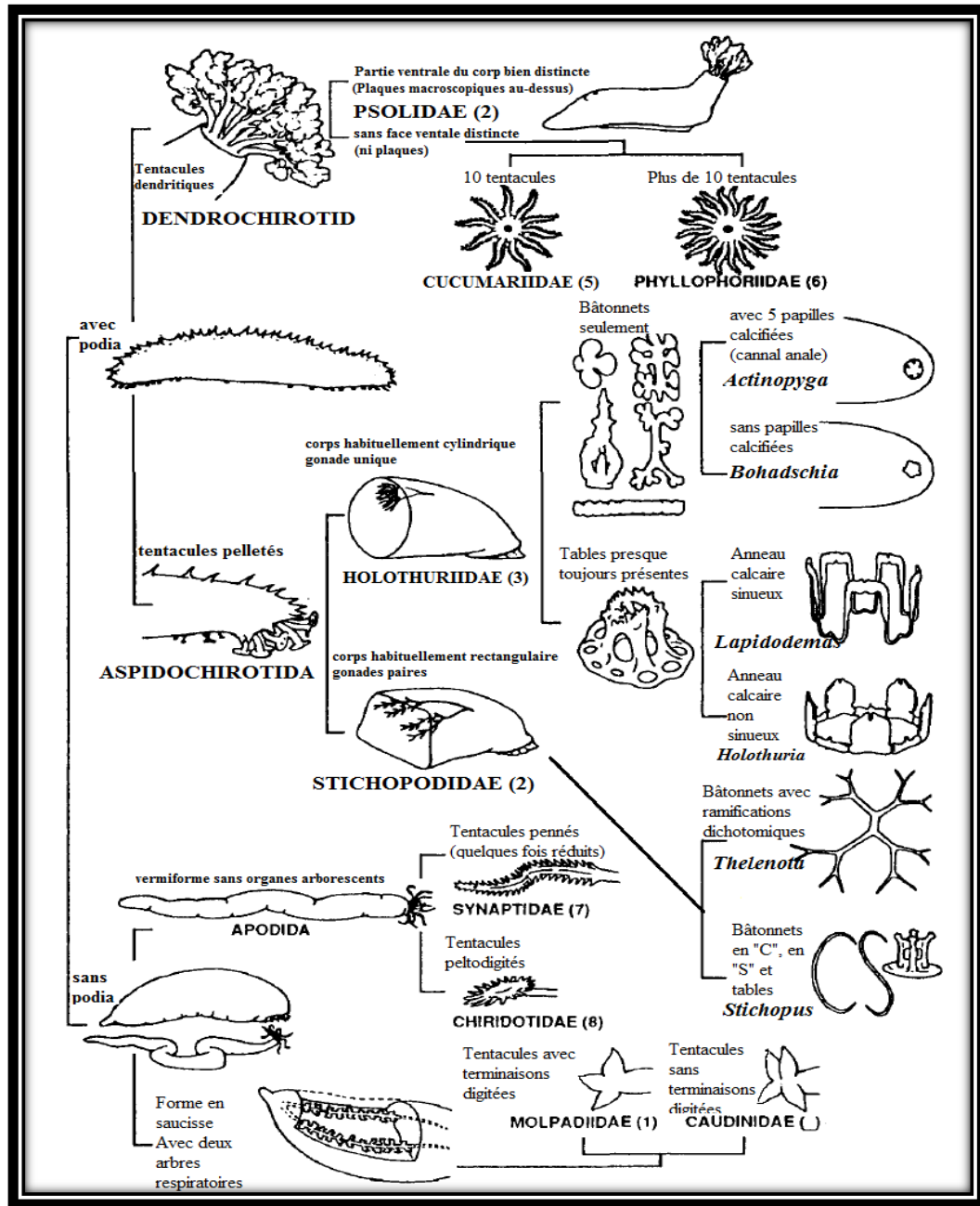


Figure 2 : Classification des holothuries [d'après Cannon et Silver, 1986 in Preston (1993)]

Par la suite Kerr (2000) proposera que l'affectation aux différents ordres soit basée principalement sur la forme de la couronne calcaire, des tentacules, ainsi que la présence ou non de certains organes, tel que les arbres respiratoires ou les muscles rétracteurs de la région orale. Il proposera donc une description modifiée des différents ordres à partir de celle de Pawson(1982 in Kerr 2000)et de Smiley (1994 in Kerr 2000) :

**2.2.1. Ordre des Apodida (269 espèces pour 32 genres et 3 familles) :**

- ✓ Tentacules digités, pennés ou simples chez quelques espèces de petite taille ;
- ✓ arbres respiratoires absents ;
- ✓ pieds totalement absents ;
- ✓ l'anneau calcaire sans projections postérieures ;
- ✓ la paroi du corps est très mince et parfois même transparente ;
- ✓ habitent à la fois sur le littoral et les grands fonds.

**2.2.2. Ordre des Elasipodida (141 espèces pour 24 genres et 5familles) :**

- ✓ Tentacules sont en forme de bouclier et utilisés pour pelleter les sédiments;
- ✓ Arbres respiratoires présents ;
- ✓ L'anneau calcaire ne présente pas de projections postérieures ;
- ✓ A l'exception des Deimatidae, le corps est mou et gélatineux
- ✓ Toutes les formes habitent les grands fonds.

**2.2.3. Ordre des Aspidochirotida (340 espèces pour 35 genres et 3 familles) :**

- ✓ Tentacules sont en forme de boucliers ;
- ✓ Arbres respiratoires présents ;
- ✓ L'anneau calcaire ne présente pas de projections postérieures ;
- ✓ La paroi du corps est généralement douce et souple ;
- ✓ La plus part vivent près des côtes à l'exception d'une famille connue dans les grands fonds.

**2.2.4. Ordre des Molpadiida (95 espèces dans 11 genres et 4familles) :**

- ✓ Tentacules simples ;
- ✓ Arbres respiratoires présents ;
- ✓ L'anneau calcaire ne présente pas de projections postérieures ;

- ✓ La paroi du corps est généralement douce et souple ;

La plus part vivent près des côtes à l'exception d'une famille fréquentant les grands fonds.

### **2.5. Ordre des Dendrochirotida (550 espèces pour 90 genres et 7 familles) :**

- ✓ Tentacules sont très ramifiées et étendu pour filtrer le contenu de la colonne d'eau ;
- ✓ Arbres respiratoires présents ;
- ✓ Quelques représentants ont un anneau calcaire composé de nombreuses petites pièces ou avec de longues extensions postérieures ;
- ✓ Possèdent de muscles rétracteurs;
- ✓ La paroi du corps pouvant être rendu dure à partir de spicules élargies en forme de plaques;
- ✓ Vivent soit sur des fonds durs ou terrer dans les sédiments mous ;
- ✓ La plus part vivent près des côtes

### **2.6. Ordre des Dactylochirotida (35 espèces pour 7 genres et 3 familles) :**

- ✓ Tentacules sont simples ou avec de toutes petites digitations;
- ✓ Arbres respiratoires présents;
- ✓ L'anneau calcaire ne présente pas de projections postérieures ;
- ✓ Possèdent de muscles rétracteurs;
- ✓ Tous ont un corps rigide recouvert de grandes spicules élargies et aplaties;
- ✓ Tous vivent enterrer dans le sédiment;
- ✓ La plus parts colonisent les grands fonds.

La répartition des différents groupes dans les zones littorales est marquée par la prédominance des Aspédochirotes (Conand, 1994).En Méditerranée, on connaît actuellement 37 espèces appartenant à 9 familles et à 5 ordres (Tortonese, 1965).

### 2.3. Répartition géographique :

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 Elapodes 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 Aspidochirotes dans les zones intertropicales et celle des Dendrochirotes aux latitudes tempérées et élevées. La diversité est maximale dans les zones littorales tropicales (Conand, 1994).

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

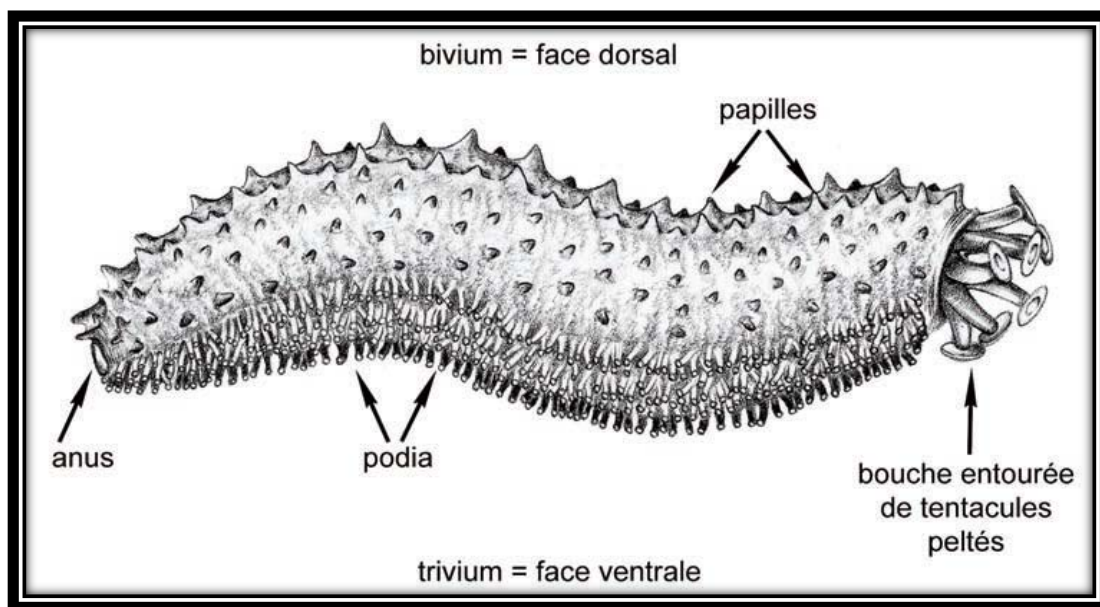


**Figure 3 :** Répartition de l'espèce *Holothuria tubulosa* repéré en rouge sur la carte depuis le golfe de Gascogne jusqu'à la Méditerranée (Richon, 2008).

## 2.4. Biologie et écologie des Holothuries :

### 2.4.1. Morphologie externe et internes des Holothuries :

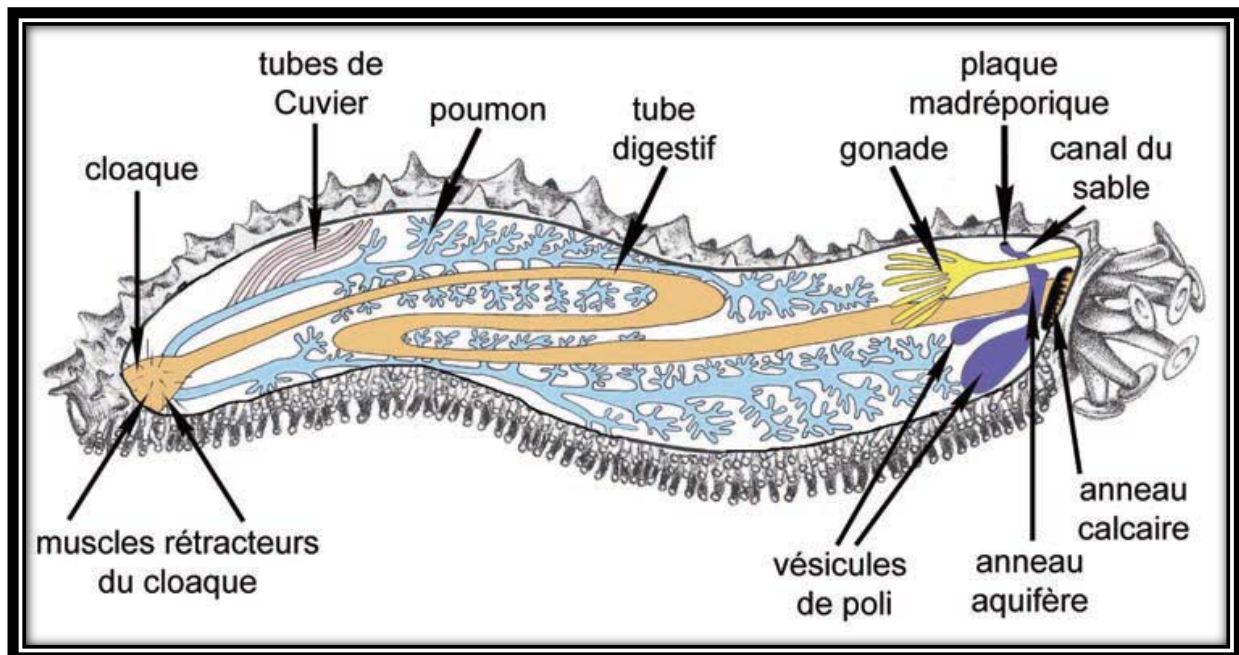
Les holothuries, comme le terme concombre de mer le suggère, sont généralement cylindriques, légèrement effilées aux extrémités et d'une taille très variable. Elles présentent souvent une symétrie bilatérale qui masque la symétrie radiaire pentamérique avec une face ventrale appelée trivium et une face dorsale appelée bivium (Fig. 4). Le trivium est couvert de nombreux pieds ambulacraires (ou podia) terminés par une ventouse. 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 (Samynet *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).



**Figure 4 :** Anatomie externe d'une holothurie aspidochirote (Samynet *al.*, 2006).

Podia et papilles sont en rapport avec les cinq canaux radiaires qui, avec l'anneau aquifère pourvu d'une ou plusieurs vésicules de Poli et de un ou plusieurs canaux du sable, constituent le système aquifère (Fig. 5). Contrairement aux autres échinodermes, ce système s'ouvre la plupart du temps dans la cavité interne à hauteur de la plaque madréporique.

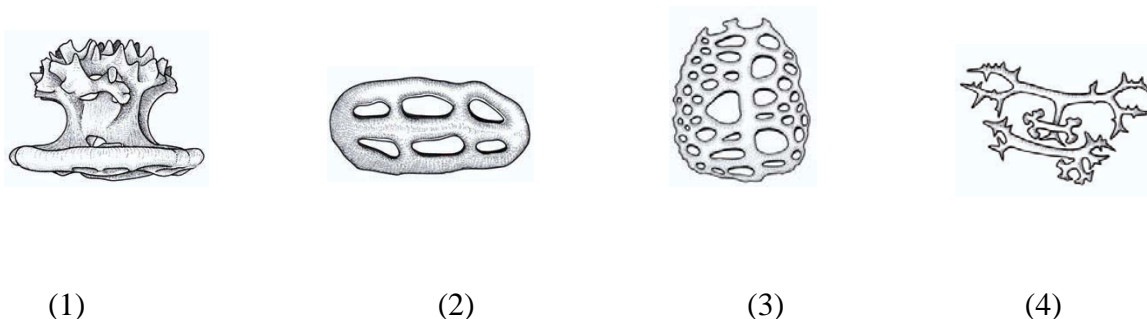
De consistance souvent molle les holothuries ont un squelette réduit à une couronne calcaire péripharyngienne et à de microscopiques pièces calcaires, disséminées dans leur peau et autres tissus. La couronne est formée de pièces radiales et de pièces interradiales macroscopiques. La réduction du squelette est largement compensée par le système musculaire. Ce dernier est constitué de cinq bandes musculaires longitudinales, en position radiale, qui sont antérieurement attachées aux pièces radiales de la couronne calcaire et postérieurement au cloaque via les muscles rétracteurs du cloaque. Chez les dendrochirotes (un des six ordres actuels) les muscles longitudinaux se détachent antérieurement de la paroi du corps avant de s'accrocher à la couronne calcaire. Ceci permet à la bouche, aux tentacules qui l'entourent et à une partie de la peau (ensemble appelé introvert) d'être facilement rétracté dans la cavité générale ou coelome (Samynet *al.*, 2006).



**Figure 5 :** Anatomie interne d'une holothurie aspidochirote montrant les principaux organes (Samynet *al.*, 2006).

Le coelome de l'holothurie (Fig. 5) est une vaste cavité remplie d'un liquide (le liquide coelomique) proche de l'eau de mer dans lequel se trouvent le tube digestif, les poumons et les gonades. Le tube digestif fait une grande boucle et occupe la majeure partie de la cavité générale. Il s'ouvre antérieurement au niveau de la bouche qui est entourée de tentacules, podia modifiés servant à l'ingestion des particules alimentaires, et se termine postérieurement par un anus. Peu avant l'anus, le tube digestif s'enfle en un cloaque dans lequel débouchent les poumons, organes en forme de buisson plus ou moins touffu qui pompent et rejettent l'eau de mer par l'anus. A la base des poumons de certaines espèces d'holothuries (seulement dans la famille des Holothuriidae) on peut observer des tubes souvent blanchâtres, dits tubes de Cuvier, pouvant être projetés à l'extérieur par l'anus. Sous la pression de l'eau injectée dans les tubes, ils s'allongent considérablement, formant autour de l'agresseur un réseau extraordinairement résistant et collant (Samynet *al*, 2006).

Les holothuries se distinguent des autres classes d'échinodermes par l'absence des plaques externes et par l'existence d'un squelette dermique ou endosquelette qui conserve chez l'adulte un état embryonnaire (Samynet *al*, 2006). Cet endosquelette qui est constitué par des sclérites, est une caractéristique importante de la classe des holothuries (Hampton, 1958 ; Nichols, 1969). L'identification des genres et espèces d'holothuries dépend de la morphologie et la taille des sclérites dans les différents tissus du corps et constituent donc des caractères clefs dans la détermination et la classification de ces espèces. Les holothuries aspidochirotés présentent en général quatre catégories de spicules (Fig.6) (Rowe, 1969 ; Samynet *al*, 2006) : (1) les corpuscules turriformes (tables ou tourelles) ; (2) les boutons (ou boucles); (3) les plaques perforées et (4) les bâtonnets (ou baguettes).



**Figure 6 :** Catégories de spicules des holothuries aspidochirotés ; (1) les corpuscules turriformes (tables ou tourelles); (2) les boutons (ou boucles); (3) les plaques perforées et (4) les bâtonnets (ou baguettes) (Rowe, 1969 ; Samynet *al*, 2006).

## **2.4.2. Physiologie des Holothuries :**

### **2.4.2.1. 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 (Demooret *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).

### **2.4.2.2. 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).

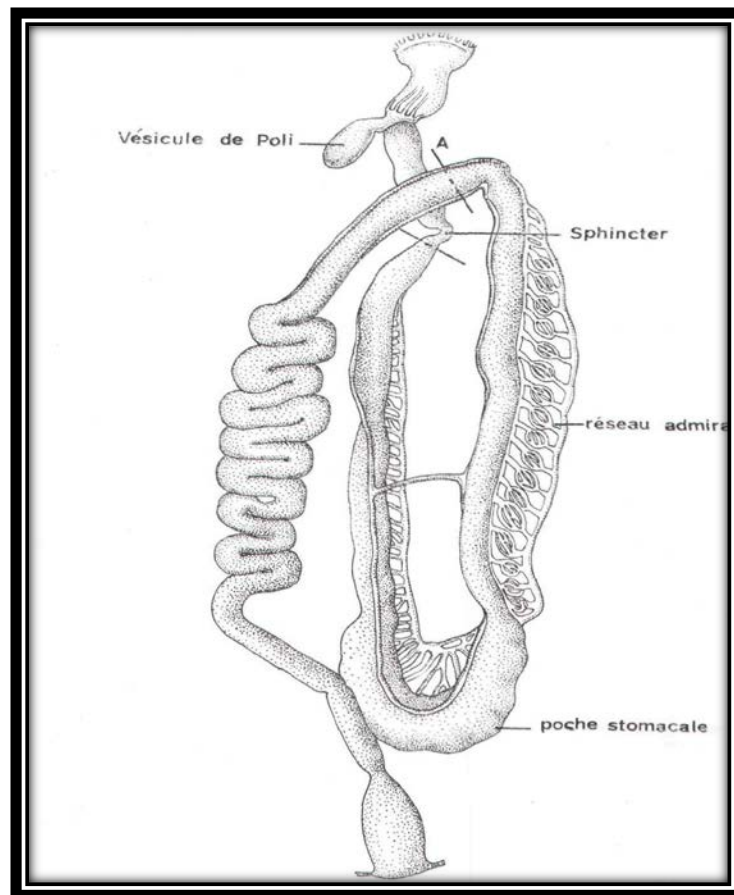
### **2.4.2.3. Le système digestif :**

À l'extrémité antérieure, quelque peu aplatie, se trouve la membrane buccale au centre de laquelle se situe la bouche, entourée de nombreux tentacules ou podia péribuccaux. Ceux-ci sont tantôt plumeux ou dendroïformes (Dendrochirotes, Synaptes, 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).

Le tube digestif (Fig. 7) 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. Structurellement, il se compose d'un pharynx, d'un court œsophage, d'un estomac musculueux, plus ou moins long, selon les groupes, séparé de l'intestin par une légère

constriction (Ricard, 2004). 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).

Elasipodes et Aspidochirotés sont des mangeurs de boue ou de sable, qu'ils engluent de mucus et avalent en se déplaçant, aussi sont-ils plutôt habitant d'eau tranquille, tandis que les Dendrochirotés sont surtout d'eau courante. *Holothuria tubulosa*, *H. poli*, *H. forskali* et *H. atras* ont des détritivores ; elles s'alimentent de débris contenus dans le sable. Chez *Holothuria tubulosa*, on trouve des récepteurs gustatifs localisés au niveau des podia péribuccaux. Cette holothurie est capable de ne récolter que des sédiments revêtus de matières organiques (Ricard, 2004).



**Figure 7:** Schéma du tube digestif d'*Holothuria tubulosa* (adaptée d'Oomen, 1926).

#### **2.4.2.4. Système reproducteurs :**

Le système reproducteur est composé d'une gonade (male 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 coté 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 (Alainet *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).

#### **2.4.3. Reproduction chez les Holothuries :**

La plupart des concombres de mer émettent des gamètes dans la colonne d'eau (Fig. 8). La réussite de la reproduction dépend directement de la densité d'individus adultes pour assurer la présence de concentrations suffisantes de spermés et d'œufs avec lesquels ils peuvent entrer en contact. Les courants jouent un rôle important dans la reproduction en transportant les gamètes. Les épisodes de reproduction de certaines espèces peuvent être en corrélation avec la température de la mer. Les espèces de concombre de mer peuvent avoir un cycle de reproduction annuel (Conand, 1993).

Bien que la plupart des holothuries soient gonochoriques, certaines espèces comportent des individus hermaphrodites, tandis que d'autres ont une reproduction asexuée, par fission. Les œufs fécondés deviennent des larves pélagiques qui se présentent sous forme de plancton lequel, au bout de 10 à 90 jours se dépose au fond de la mer. Les larves peuvent s'installer dans des habitats spécifiques d'où les plus petits individus migrent vers un autre habitat à un stade ultérieur de leur vie (Toral-Granda; 2006).



**Figure 8 :** Emission de gamètes chez une holothurie (*Holothuria tubulosa*).

#### **2.4.4. Moyens de défenses :**

##### **2.4.4.1. Toxines :**

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

##### **2.4.4.2. Tube de cuvier :**

Chez plusieurs espèces de l'ordre des Aspidochirotes, il y a, à la base de ces poumons, un nombre variable de tubules gluants blanchâtres, roses ou rougeâtres, appelés organes de Cuvier (Fig. 9), qui peuvent être détachés et éjectés par l'anus grâce aux contractions du corps; ce sont des armes défensives grâce auxquelles les Holothuries engluent les animaux ou objets qui les dérangent; ces organes sont facilement régénérés (Tortonese et Vadon, 1987).



**Figure 9 :** *Holothuria (Panningothuria) forskali* projetant ses tubes de Cuvier.

#### **2.4.4.3. L'éviscération :**

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

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

#### **2.4.5. Ecologie de quelques espèces d'holothuries aspidochirotés:**

##### **2.4.5.1. *Holothuria (Holothuria) tubulosa* :**

*Holothuria tubulosa* est l'espèce la plus fréquente en Méditerranée occidentale ; son corps allongé et cylindrique, mesure jusqu'à 40 cm de long et le diamètre peut aller jusqu'à 6 cm. Le corps, de couleur brun clair, parfois avec des reflets rougeâtres ou violacés, est couvert de

grosses papilles très visibles, plus ou moins pointues, qui permettent d'identifier assez facilement cette espèce. La face ventrale de l'animal comporte trois rangées de pieds ambulacraires, ou podia, qui lui permettent de se déplacer. L'anus est terminal, et la bouche est ventrale. L'épiderme de l'animal sécrète un mucus protecteur qui peut recouvrir le corps entièrement. *Holothuria tubulosa* (fig. 10) vit sur les fonds sableux ou sur les fonds durs très riches en sédiments. On la rencontre fréquemment parmi les herbiers, dans lesquels vivent les jeunes individus. Les individus plus âgés descendent en profondeur et vivent donc plutôt sur le sable. Cette espèce se nourrit de fragments organiques qu'elle récupère en ingérant de grosses quantités de sédiments (Quintin *et al.*, 2016).

### CLASSIFICATION

Embranchement	Echinodermata
Sous-embranchement	Echinozoa
Classe	Holothuroidea
Super ordre	Aspidochirotea
Famille	Holothuriidae
Genre	<i>Holothuria</i> ( <i>Holothuria</i> )
Espèce	<i>Holothuria</i> ( <i>Holothuria</i> ) <i>tubulosa</i>



**Figure 10 :** *Holothuria* (*Holothuria*) *tubulosa*

### 2.4.5.2. *Holothuria (Roweothuria) poli* :

Elle est présente en Méditerranée et en Atlantique proche (entre le golfe de Gascogne et les îles Canaries). En forme de cylindre allongé, peu aplati, mesurant 25 cm environ de long et 5 cm de diamètre, *Holothuria poli* (Fig. 11) possède, à une extrémité, une bouche entourée d'une vingtaine de courts tentacules rétractiles, se terminant en étoile, et un orifice cloacal à l'autre bout. Ses pieds ambulacraires, ou podia, eux-mêmes blancs et munis de ventouses, lui servent à se déplacer ou à repérer la nourriture, mais la locomotion se fait aussi par contraction de tout le corps. Les pieds sécrètent du mucus collant qui permet à l'animal de se recouvrir d'une faible pellicule de sable ou de divers débris organiques (fragments de feuilles mortes de posidonie). La face ventrale, brun grisâtre, comporte de nombreux pieds ambulacraires non alignés. La différence de couleur entre la face supérieure et inférieure est faible, contrairement à *Holothuria tubulosa* (Quintin *et al.*, 2016).

Les tentacules de cette espèce se déploient autour de la bouche, à la surface du sédiment, pour chercher et ramener la nourriture composée de détritiques organiques et de petits animaux ; l'espèce est limnivore et préfère plutôt le sédiment grossier ou fin. *Holothuria poli* vit sur les fonds mixtes, roche et herbier, plutôt dans les eaux de surface et jusqu'à une vingtaine de mètres de profondeur (Quintin *et al.*, 2016).

#### CLASSIFICATION

Embranchement	Echinodermata
Sous-embranchement	Echinozoa
Classe	Holothuroidea
Super ordre	Aspidochirotea
Ordre	Aspidochirotida
Famille	Holothuriidae
Genre	<i>Holothuria (Roweothuria)</i>
Espèce	<i>Holothuria (Roweothuria) poli</i>



**Figure 11:** *Holothuria (Roweothuria) poli*

#### **2.4.5.3. *Holothuria (Panningothuria) forskali* :**

Cet animal a un aspect vermiforme, allongé selon un axe bucco-anal. Ce concombre de mer (Fig. 12), plutôt commun, mesure en moyenne 25 cm de longueur pour 5 cm de diamètre. Bien que sa peau semble épaisse et molle, le tégument est fragile et se déchire facilement. La bouche est entourée d'une vingtaine de petits tentacules (de 18 à 22) et le corps est le plus souvent noir et recouvert de 7 rangées de papilles coniques peu proéminentes dont l'extrémité est blanche. La face ventrale est plus claire, munie de 3 rangées de tubes surmontés d'une ventouse (ou disque podial) ; ce sont les pieds ambulacraires permettant le déplacement de l'animal. En cas d'agression, *Holothuria forskali* peut rejeter, par le cloaque, de longs filaments collants appelés tubes de Cuvier (Quintin *et al.*, 2016).

Cette espèce se rencontre essentiellement sur les fonds rocheux ou sablo-vaseux voire parfois dans certains herbiers (*Zostères*). On pourra la trouver depuis les premiers mètres jusqu'à une centaine de mètres. Animal limnivore, il se nourrit de fragments organiques posés sur le fond ; pour cela, il aspire les éléments du sol par sa bouche surmontée de petits tentacules qui ramènent le substrat meuble. Il trie et ingère les substances comestibles et rejette par l'orifice

anal celles qui ne sont pas métabolisables (notamment le sable) laissant derrière lui des excréments allongés sous forme de chapelets de fèces qui sont fréquemment observés en plongée (Quintin *et al.*, 2016).

### CLASSIFICATION

Embranchement	Echinodermata
Sous-embranchement	Echinozoa
Classe	Holothuroidea
Super ordre	Aspidochirotea
Ordre	Aspidochirotida
Famille	Holothuriidae
Genre	Holothuria ( <i>Panningothuria</i> )
Espèce	<i>Holothuria (Panningothuria) forskali</i>



**Figure 12:** *Holothuria (Panningothuria) forskali*

#### **2.4.5.4. *Holothuria (Platyperona) sanctori* :**

*Holothuria sanctori* (Fig.13) est un "concombre de mer" au corps bien cylindrique et allongé, mesurant jusqu'à 30 cm de long et 6 cm de diamètre. Sa couleur de fond est marron foncé, mais en fonction du nombre très variable des anneaux ou auréoles blancs à jaunâtres cerclant

la base des papilles, certains individus pourront prendre une apparence plus ou moins claire. A l'extrême, il peut exister des animaux totalement marron ou totalement clairs avec simplement des papilles de couleur marron. Les téguments sont épais et coriaces. Au toucher, cette holothurie est ferme, rigide contrairement à *H. forskali* qui est molle (Quintin *et al.*, 2016).

La face dorsale est recouverte, de façon régulière, de nombreux tubercules coniques relativement bien développés et de taille identique. Ils se terminent par une petite papille pointue et marron. 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 présents sur toute la face dorsale. La bouche est entourée de 20 à 22 tentacules rétractiles. L'anus est terminal. Comme *Holothuria forskali*, avec laquelle elle a longtemps été confondue, *H. sanctori* peut rejeter des tubes de Cuvier par le cloaque en cas d'agression (Quintin *et al.*, 2016).

.Cette holothurie à affinité méridionale est relativement fréquente dans l'infra et le circalittoral (5 - 30 m le plus souvent en Méditerranée, observation exceptionnelle à 337 m à Almería en Espagne). On la découvrira en priorité dans les anfractuosités, les grottes et les creux des fonds rocheux où s'accumule un peu de sédiment. Elle est, plus rarement, présente sur les fonds détritiques et à proximité des posidonies sur les "tombants de matte" mais pas au sein de l'herbier ; *Holothuria sanctori* fait partie des holothuries détritivores (limnivores), elle se nourrit de fragments organiques qu'elle récupère en ingérant de grosses quantités de sédiments (Quintin *et al.*, 2016).

### CLASSIFICATION

Embranchement	Echinodermata
Sous-embranchement	Echinozoa
Classe	Holothuroidea
Super ordre	Aspidochirotea
Ordre	Aspidochirotida
Famille	Holothuriidae
Genre	<i>Holothuria</i> ( <i>Platyperona</i> )
Espèce	<i>Holothuria</i> ( <i>Platyperona</i> ) <i>sanctori</i>



**Figure 13:** *Holothuria (Platyperona) sanctori*

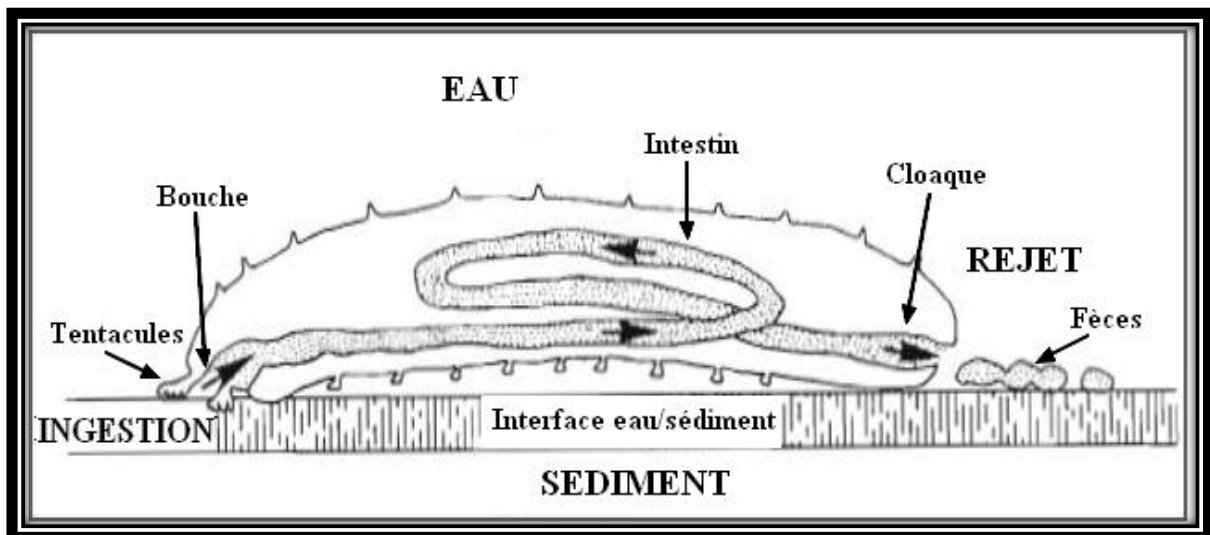
## 2.5. Régime et comportement alimentaire des holothuries :

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

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).

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 "Foregut", 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. 14) (Sloan, 1979 ; Massin, 1982a).



**Figure 14** : Schéma montrant le transit digestif d'une holothurie aspidochirote (d'après Conand, 1994, Modifiée par Belbachir, 2012).

De nombreuses recherches se sont focalisées sur la sélectivité des holothuries dans leurs alimentations. En effet, des observations de sélectivité chimique vis-à-vis de la matière organique ont été décrites par plusieurs auteurs, dont : Moriarty(1982) ;Mezali(2004) ; Mezali etSoualili(2013)et Belbachir *et al.*,(2014). La sélectivité exercé par les Holothuries, pourrait non seulement les avantagé dans l'obtention des aliments avec une grande valeur nutritionnelle, mais aussi pourrait être un moyen de partition de la niche écologique, entre les différentes espèces qui vivent dans le même habitat (Sloanet Von Bodungen, 1980).

La sélectivité chez les 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 constitue 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 rejeter d'autres (Taghon, 1982). Selon Massin et Jangoux (1976), l'aptitude des holothuries à détecter et sélectionner les particules riches en matière organique, serait due à des récepteurs gustatifs (utiliser autant qu'organes chimio-sensoriels) situés au niveau des podia péribuccaux.

### **2.6. Importance du mode d'alimentation des holothuries "deposit feeders"**

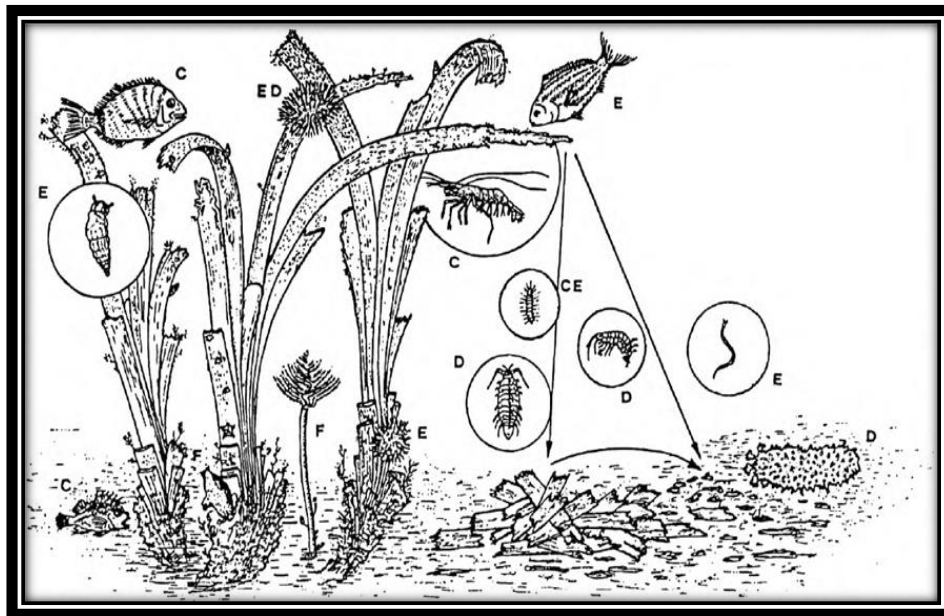
Les holothuries aspidochiotes "deposit feeders" jouent un rôle primordial dans les populations benthiques ; leur activité sélective peut profondément affecter les propriétés physico-chimiques du sédiment (Taghon, 1982). Ces espèces peuvent changer la taille des particules ingérées durant la digestion, par dissolution de la matière organique (*In Mezali, 2008*). En participant au remaniement sédimentaire et à l'altération de la stabilité des fonds, les holothuries génèrent une importante "bioturbation", jouant ainsi un rôle important dans l'oxygénation du substrat meuble et la reminéralisation des éléments nutritifs (Massin, 1982b ; Charbonnel *et al.*, 1995d ; Uthicke et Karez, 1999).

Le processus de "bioturbation" a un effet sur l'incorporation de la matière organique dans le sédiment sous forme finement divisée, dont les principaux bénéficiaires sont les meiobenthos et les microbenthos (Mann, 1978 *In Mezali, 2008*). Par leur mode alimentaire, les holothuries participent au recyclage de la matière organique et la remise en suspension des éléments nutritifs (Uthicke et Karez, 1999).

De plus, les holothuries se sont révélées être des indicateurs biologiques très sensibles à une pollution chimique d'origine industrielle. Effectivement, elles sont parmi les premiers macro-échinodermes à disparaître dans les secteurs les plus exposés (Harmelin *et al.*, 1981 ; Francour, 1990).

## 2.6. Relation des holothuries aspidochiotes avec l'herbier de *Posidonies* :

La présence de débris de feuilles et de rhizomes de *Posidonies* dégradés ou en en voie de dégradation dans le contenu digestif des holothuries, a été signalée par (Mezali *et al.*, 2003 *et* Mezali, 2008) ; ces animaux s'alimentent à partir d'éléments provenant de la litière et du "film" situé entre l'eau et le sédiment qui est composé d'éléments fins comme les fibres et les cellules à tannins isolés de *Posidonies* (Fig. 15) (Mezali, 2008). Il existe une certaine micro-répartition des holothuries aspidochiotes au sein des différents biotopes de l'herbier à *Posidonia oceanica* (Mezali, 2004b ; 2005). *Holothuria (H.) tubulosa* *et* *Holothuria (R.) poli* préfère les inter-mattes de *Posidonies* ; milieu peu protégé et influencé par l'hydrodynamisme qui disperse la nourriture, alors que *Holothuria (P.) forskaliet* *Holothuria (P.) sanctori* préfèrent les tombant de mattes de *Posidonies* ; milieu protégé qui se caractérise par une grande disponibilité de nourriture (Mezali, 2004b ; 2008 ; Belbachir, 2012 ; Belbachir *et al.*, 2014).



**Figure 15:** Représentation schématique des relations trophiques dans un herbier à *Posidonia oceanica*. (D'après Mazzella *et al.*, 1986 In Boudouresque *et al.*, 1994). [C : carnivores ; E : herbivores ; F : filtreurs et D : détritivores].

### **2.7. Utilisation pharmaceutiques et cosmétiques :**

L'holothurie, encore appelée trévang ou bêche de mer, est un animal méconnu. Les bêches de mer sont un mets très prisé dans les pays asiatiques crues ou cuites ; elles sont également utilisées dans la pharmacopée traditionnelle chinoise. De nombreuses études scientifiques ont mis en évidence, entre autre, des substances aux propriétés anti-tumorales, antifongiques (Ameziane, 2015).

Les holothuries recèlent divers composés chimiques utilisés pour prévenir l'anémie, combattre certaines formes de cancer, renforcer les défenses immunitaires et atténuer les douleurs arthritiques (Chen, 2004 ; GanaetMerca, 2002) ; l'Australie a même approuvée l'utilisation de certaines espèces d'holothuries pour le traitement de l'Arthrose, tandis que le Japon, a fait breveter le sulfate de chondroïtine tiré d'holothuries pour le traitement du sida (*In Micaelet al, 2009*).

### **2.8. Exploitation Mondiale :**

Pour certaines régions du monde, les holothuries constituent la ressource halieutique, la plus importante, pour l'économie et l'exportation de produits de la mer autres que les poissons. Les captures totales pour les régions de l'Asie et de l'Océanie sont de l'ordre de 20 000 à 40 000 tonnes par an ; les zones tempérées de l'hémisphère Nord prélèvent, aussi, une part considérable des prises mondiales (9 000 tonnes par an), alors que les prises d'holothuries sont relativement moins importantes en Afrique et dans l'océan Indien (2 000 à 25 000 tonnes par an), et elles sont particulièrement faibles en Amérique latine et dans la région des Caraïbes (moins de 1 000 tonnes par an) due à la non exploitation de ces espèces (*Toral-Granda et al, 2009*).

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 (*Samynet al, 2006 ; Toral-Granda, 2006*). Le commerce de la bêche-de-mer, est l'une des formes les plus anciennes de commerce dans les îles du Pacifique (*Conandet Byrne, 1993*).

; il vise essentiellement à satisfaire les marchés orientaux d'aliments de luxe. Les principaux pays de consommation sont la Chine, Hong Kong, Taïwan, Singapour, la Corée et la Malaisie (Ferdouse, 2004) ; *Holothuria scabra*, *Holothuria fuscogilva* et *Holothuria nobilis* sont les espèces, les plus prisées, avec un prix atteignant 15-40 USD le kilogramme (Bruckner, 2005b). La valeur globale des bêtes-de-mer importées et réexportées vers et de Hong Kong entre 1999 et 2005 était de 453 millions d'USD (In Toral-Granda, 2006).

Les holothuries possèdent une valeur nutritionnelle élevée car elles sont riches en protéines, pauvres en lipides, riches en acides aminés et en oligoéléments; autant de caractéristiques qui en font un aliment très prisé (Chen, 2004).

## *CHAPITRE II:*

---

## *MATERIELS ET METHODES*

---

### Matériels et méthodes

#### 1. Objectif de l'étude

Les holothuries aspidochirotés sont les espèces que l'on retrouve le plus fréquemment dans le milieu benthique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* en mer Méditerranée. Elles contribuent activement au recyclage de la matière organique et jouent un rôle important dans la « chaîne alimentaire détritique » de cet écosystème (Zupo et Fresi 1984). C'est pour cette raison qu'on estime qu'il est intéressant d'étudier de plus près l'une de leurs fonctionnalités les plus importantes, qui est l'alimentation.

La présente étude porte sur le comportement alimentaire de certaines espèces d'holothuries aspidochirotés vivant dans les herbiers à *Posidonia oceanica*, aux niveaux de deux sites Stidia et Salamandre, dans la région de Mostaganem, et vise à déterminer si les espèces en question sont capables de se nourrir de façon sélective.

Afin de bien mener cette étude, on a procédé à une évaluation de la teneur en matière organique des sédiments du biotope et de ceux retrouvés dans l'appareil digestif et les déjections des espèces ciblées, à savoir : *Holothuria poli*, *Holothuria tubulosa*, *Holothuria forskali* et *Holothuria sanctori*. Une analyse granulométrique des particules ingérées par ces espèces et des particules sédimentaires de leurs biotopes a également été réalisée, afin d'apprécier leur degré de sélectivité.

#### 2. Présentation des sites d'études :

L'échantillonnage a été réalisé au niveau des deux sites du littoral de Mostaganem, à savoir Stidia et la Salamandre (Fig. 16).



**Figure 16 :** Situation géographique des deux sites de prélèvements (Stidia et Salamandre). (Google earth modifiée).

### 1.1. Description du site de Stidia :

Situé à une distance d'environ 20 Km au Sud-ouest de la ville de Mostaganem (Coordonnées géographiques :  $35^{\circ} 49' N / 0^{\circ} 01' O$ ), le site de Stidia (Fig. 17) présente une zone rocheuse interrompue par quelques criques, parfois sableuses. Ce site est situé au pied d'une montagne et les quelques plages sableuses, qui y existent ont un linéaire côtier assez réduit et une largeur qui ne dépasse pas une quinzaine de mètre.

Globalement, l'aspect sous-marin du site de Stidia est principalement constitué par une alternance de substrat rocheux, d'éboulis et de substrats sableux. L'herbier de Posidonies de ce site se développe à partir de -1,5 m de profondeur sur du substrat rocheux. 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 (Belbachir, 2012).



**Figure 17 :** Photo montrant le point de prélèvement (flèche) au niveau du site de Stidia

L'aspect sous-marin de la zone d'étude est caractérisée par un herbier à *Posidonia oceanica* installé sur substrat rocheux, qui abrite plusieurs compartiments parmi lesquelles, la macrofaune composée essentiellement de deux oursins réguliers : *Paracentrotus lividus* et *Arbacia lixula*. Les concombres de mer objet de notre étude sont les représentants majeurs de cette macrofaune ; les espèces les plus communes sont au nombre de quatre : *Holothuria (H) tubulosa* ; *Holothuria (R) poli* ; *Holothuria (P) forskali* et *Holothuria (P) sanctori*.

Les prélèvements au niveau de ce site ont été réalisés sur une superficie d'environ 500 m<sup>2</sup> à une profondeur moyenne de -2m. Cette zone est située à proximité d'un herbier à *Posidonia oceanica*.

### **1.2. Description du site de la Salamandre :**

Le site d'étude de la salamandre (fig. 18), est situé à 5 km à l'Ouest du chef-lieu de la wilaya de Mostaganem. Salamandre est une plage à caractère rocheux, qui a une orientation vers l'ouest (coordonnées géographiques : 35° 55' N / 0°03'E).

Par ailleurs, la proximité de la zone industrielle de Mazagran dont les terminaux de canalisation 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).



**Figure 18 :** Photo montrant le point de prélèvement (flèche) au niveau du site de la Salamandre

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

## **2. Echantillonnage et traitement des échantillons :**

L'échantillonnage effectué par plongée en apnée, a été réalisé pendant les trois saisons (Eté, Automne et Hiver), à des profondeurs variant entre -1 et -3m.

Au niveau de deux sites d'étude (Stidia et Salamandre), des prélèvements d'un lot allant de 3 à 7 individus (selon l'abondance et la possibilité de prélèvement), a été effectué pour chacune des espèces suivantes : *Holothuria (Holothuria) tubulosa*, *Holothuria (Roweothuria)*

*poli*, *Holothuria (Platyperona) sanctori*, *Holothuria (Panningothuria) forskali*. En même temps, on a prélevé les premiers millimètres du sédiment du biotope (SB) au niveau duquel se trouvent les holothuries, ainsi que les fèces (F) se trouvant à proximité des individus de chaque espèce.

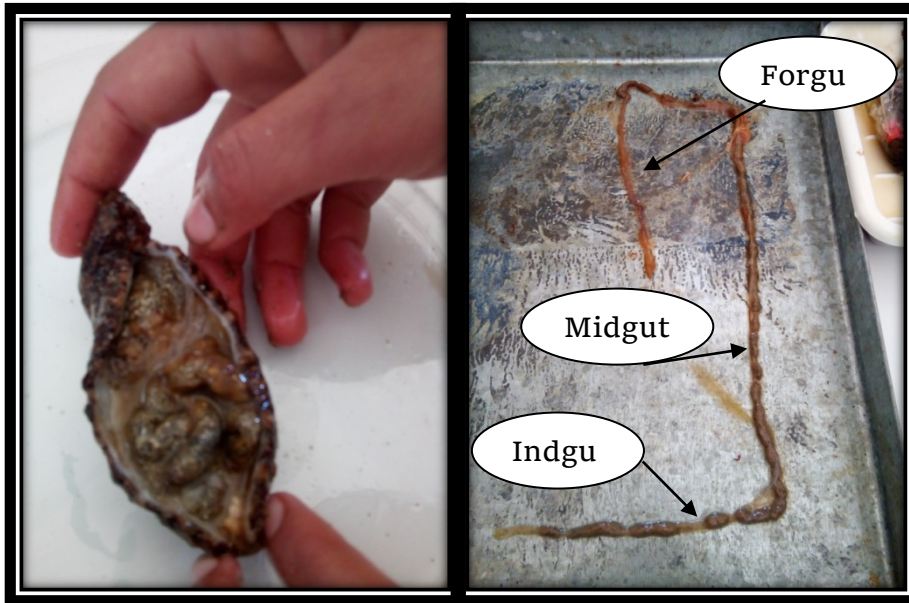
Chaque échantillon a été mis isolément dans des sachets en plastique afin de les traiter ultérieurement.

### **2.1. Relation Taille- Poids (relation d'allométrie) :**

Il s'agit d'établir une relation mathématique entre deux paramètres mesurables comme le poids d'un animal et sa taille afin d'estimer la valeur de l'un en connaissant l'autre et inversement. En règle générale, l'évolution du poids ( $W$ ) en fonction de la taille ( $L$ ) est décrite par une fonction puissance de la forme  $W = aL^b$  (Le Cren 1951), où  $W$  est le poids de l'animal en (g),  $L$  la longueur de l'animal en (cm),  $a$  une constante et  $b$  le taux d'allométrie. Le taux d'allométrie  $b$  varie de 2 à 4, mais il est le plus souvent proche de 3. Quand  $b = 3$  il y a isométrie de croissance. Si  $b > 3$ , l'allométrie est majorante, l'holothurie grossit plus vite qu'il ne grandit. Si  $b < 3$ , l'allométrie est minorante, l'holothurie grandit plus vite qu'il ne grossit.

### **2.2. 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 (CD) de chaque tronçon (Foregut, Midgut, Intestine) est soigneusement collecté (Fig. 19). Le taux de la matière organique dans le sédiment du contenu digestif des trois tronçons est déterminé selon le protocole préconisé par Massin, (1980).



**Figure 19 :** Traitement des échantillons d'holothuries pour l'analyse du taux de la matière organique(Photo prise par Diffalah et Addjal, 2017).

Les tronçons des tubes digestifs sont vidés de leurs contenus, puis les sédiments des trois tronçons du tube digestif, celui des biotopes de chaque individus, ainsi que leurs fèces sont alors passés à l'étuve (Fig. 20) réglé à une température de 105°C pendant 24 heures jusqu'à l'évaporation totale de l'eau.



**Figure 20 :** Etuve de type MEMMERT utilisée lors de notre étude (Photo prise par Addjal et Diffalah, 2017).

Après avoir séché les échantillons à l'étuve, ces derniers sont pesés afin d'obtenir leurs poids sec (PS). Les échantillons sont ensuite mis dans un four à moufle (Fig. 21) à une température de 550°C pendant 2 heures, puis pesés une deuxième fois afin d'obtenir le poids brûlé (BP). 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

Le même protocole est utilisé pour le sédiment du biotope, où vivent les holothuries ainsi que pour les fèces émises par celles-ci.



**Figure 21:** Four à moufle utilisée lors de notre étude (Photo prise par Addjal et Diffalah, 2017).

### 2.3. Calcule de l'efficacité d'assimilation :

L'efficacité d'assimilation est obtenue à l'aide de la formule suivante :

$$U' = \left[ \frac{(F' - E')}{(1 - E') (F')} \right] \times 100 \quad \text{Conover, (1966)}$$

Avec :

**F'** : Rapport (Poids sec sans cendre / Poids sec) du Forgut.

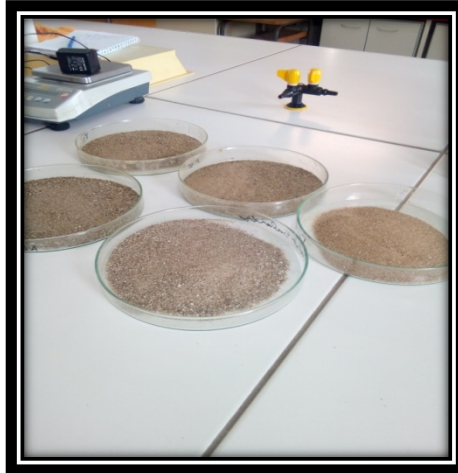
**E'** : Rapport (Poids sec sans cendre / Poids sec) des Fèces.

**U'** : Efficacité d'Assimilation.

### 2.4. Analyse granulométrique :

Des prélèvements de 10 individus des espèces suivantes : *Holothuria (R.) poli* ; *Holothuria (H.) tubulosa* ; *Holothuria (P.) sanctori* ; *Holothuria (P.) forskali* ; ont été effectués. En même temps, le sédiment des premiers millimètres de profondeur, du biotope sur lequel se trouve l'espèce, a été prélevé.

Après dissection longitudinale des holothuries, les tubes digestifs de chaque individu sont prélevés et leurs contenus sont soigneusement collectés. Afin d'avoir une quantité suffisante de sédiment sec ( $\geq 150\text{g}$ ), le sédiment du contenu digestif des 10 individus est poolé (d'après le protocole de Roberts, 1979). Le sédiment est ensuite séché à l'étuve (24 h à 105°C), ensuite pesé pour avoir le poids initial (Fig.22). La fraction fine est obtenue par tamisage humide, à l'aide d'un tamis de mailles 50  $\mu\text{m}$  (Fig.23). La partie restante est de nouveau séchée à l'étuve, pesée (poids final) puis tamisée mécaniquement sur une série de tamis correspondant à la série AFNOR (Fig. 24). Chaque refus de tamis est pesé et exprimé en pourcentage par rapport au poids initial. Le pourcentage des différentes fractions : très grossière (2000-1000 $\mu\text{m}$ ), grossière (1000 - 500  $\mu\text{m}$ ), moyenne (500 - 250  $\mu\text{m}$ ), fine (250 - 100  $\mu\text{m}$ ) et très fine (100 - 50  $\mu\text{m}$ ) (Soil Survey Staff, 1951) sont ainsi déterminées. Ce protocole est, également, utilisé pour le sédiment ambiant sur lequel vivent les holothuries.



**Figure 22 :** Echantillons de sédiment séchés à l'étuve et peser pour avoir le poids initial (Photo prise par Addjal et Diffalah, 2017).



**Figure 23:** Tamisage humide des échantillons (Photo prise par Addjal et Diffalah, 2017).



**Figure 24:** Tamiseuse avec et une série de tamis norme AFNOR utilisée lors de notre étude (Photo prise par Addjal et Diffalah, 2017).

La sélectivité des holothuries dans le choix de la taille des grains de sédiment, a été étudiée à travers le calcul de l'Indice d'électivité ( $E'$ ) par classe de taille. Cet indice nous permet d'apprécier le degré de sélection des différentes fractions granulométriques du sédiment 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 grains de sédiment du contenu digestif des holothuries ;  $p_i$  : pourcentage des grains de sédiment du biotope.

Lorsque  $E' = 0$ , cela signifie qu'il n'existe pas de sélectivité pour les grains de sable ; 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 *InStamhuis et al.*, 1998).

### **3. Traitement statistique des données :**

Toutes les données ont été saisies sous Microsoft Excel fonctionnant sur un Micro-ordinateur.

Les principaux paramètres statistiques calculés sont :

#### **3.1. Calcul de la moyenne arithmétique :**

Le calcul de la moyenne est réalisé à partir de formule suivante :

$$m = \sum x_i / n$$

Avec  $x_i$  = valeur observées ;  $n$  = nombre d'observation.

#### **3.2. Calcul de l'écart type :**

L'écart type ( $s$ ) est égal à la carrée de la variance ( $S^2$ ) calculée comme suite :

$$S^2 = \sum (x_i - m)^2 / n$$

## *CHAPITRE III:*

---

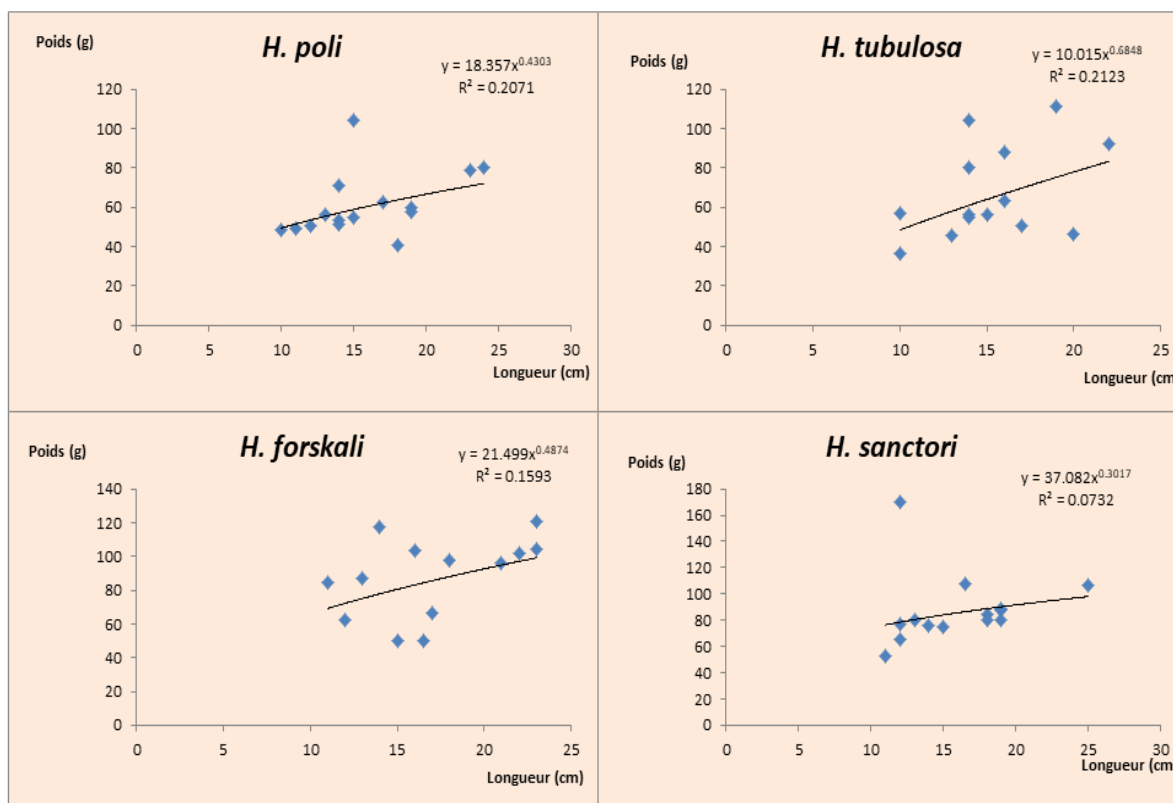
## *RESULTATS ET DISCUSSION*

---

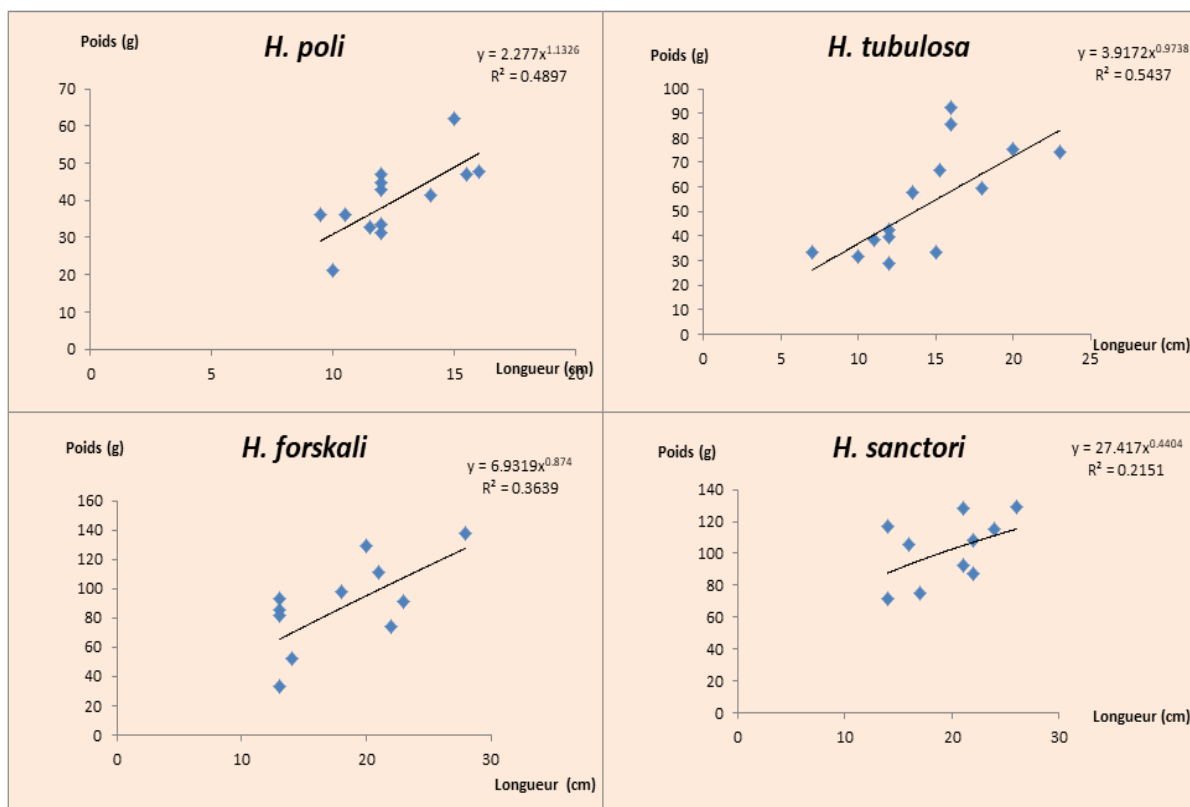
## Résultats et discussion

### 1. Relation Taille- Poids (relation d'allométrie) :

La relation taille poids des holothuries étudiées lors de ce travail, a été déterminée en portant sur un graphique les longueurs mesurées en abscisse et les poids mesurés en ordonnée. Le coefficient d'allométrie  $b$  montre une valeur nettement inférieure à 3 chez l'ensemble des espèces d'holothuries des deux sites de Stidia (0.43, 0.68, 0.48 et 0.30 respectivement chez *H. poli*, *H. tubulosa*, *H. forskali* et *H. sanctori*) et de Salamandre (1.13, 0.97, 0.87 et 0.44 respectivement chez *H. poli*, *H. tubulosa*, *H. forskali* et *H. sanctori*) (Fig. 25 et 26) ; il s'agit donc d'une allométrie minorante. On suppose que la vitesse de croissance en longueur est plus rapide que la vitesse de la croissance pondérale.



**Figure 25 :** Relation entre le poids éviscéré et la longueur contractée chez les espèces *H. poli*, *H. tubulosa*, *H. forskali* et *H. sanctori* du site de la Stidia.



**Figure 26 :**Relation entre le poids éviscéré et la longueur contractée chez les espèces *H. poli*, *H. tubulosa*, *H. forskali* et *H. sanctori* du site de la Salamandre.

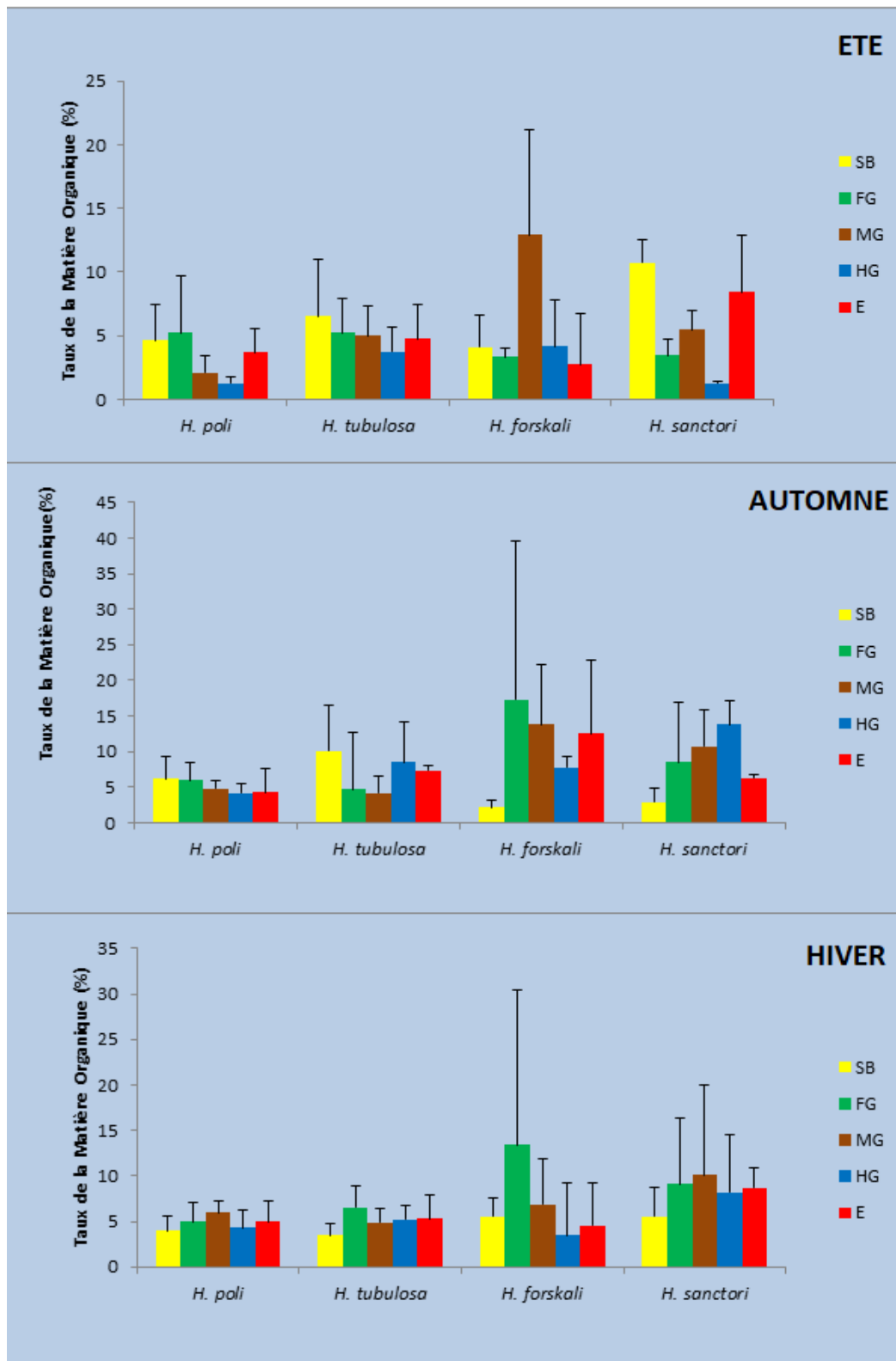
Purcell *et al.*, (2008) avaient également obtenu des coefficients d'allométrie aussi bas (1.20, 0.90 et 0.65 respectivement chez *Actinopygamiliaris*, *Holothuria fuscogilva*, *Holothuria whitmaei*). Mezali *et al.*, (2006) avaient obtenus une allométrie minorante chez *H. tubulosa* et *H. poli* de la région algéroise ; mais les coefficients d'allométrie qu'ils avaient obtenus sont nettement plus importants que ceux obtenus lors de ce travail. Ces différences observées pour la croissance sont probablement dues à des facteurs tels que la disponibilité de la nourriture, la salinité et la température du milieu. En effet, selon Askew, (1972) et Utting, (1986) ; plusieurs facteurs influencent la vitesse de croissance linéaire et pondérale tel que l'état physique et nutritionnel du milieu. On suppose que l'allométrie minorante des holothuries pourrait également expliquer la forme allongée des holothuries selon l'axe antéro-postérieur.

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

Pour le site de Salamandre, les résultats obtenus lors des trois saisons, montrent une décroissance du taux de la matière organique au fur et à mesure que l'on avance le long des tronçons du tube digestif ; ceci chez la majorité des espèces d'holothuries étudiées (Fig. 27). Seulement, chez certaines espèces tel que *H. sanctori* ; la décroissance n'est pas vraiment observée et ceci pendant les trois saisons d'études (Fig. 27).

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* (été et hiver), *H. tubulosa* (hiver), ainsi que chez *H. forskali* et *H. sanctori* (automne et hiver) (Fig. 27 ; Tab. A, B et C voir annexe). Les teneurs en matière organique les plus élevée ont été obtenus chez l'espèce *Holothuria forskali*, avec 17.3% en automne et 13.41% en hiver (Tab. B et C voir annexe).

Nos résultats montrent que les teneurs en matière organique au niveau des excréments des espèces *H. forskali*, *H. sanctori* (en automne) et chez les espèces *H. poli*, *H. tubulosa* et *H. sanctori* (en hiver) sont élevées par rapport à ceux des sédiments de leurs biotopes (Tab. B et C voir annexe). Les valeurs extrêmes de matière organique au niveau des excréments ont été observées chez les espèces *H. forskali* (12.57%) en automne et *H. sanctori* (8.7%) en hiver (Fig. 27 ; Tab. B et C voir annexe).

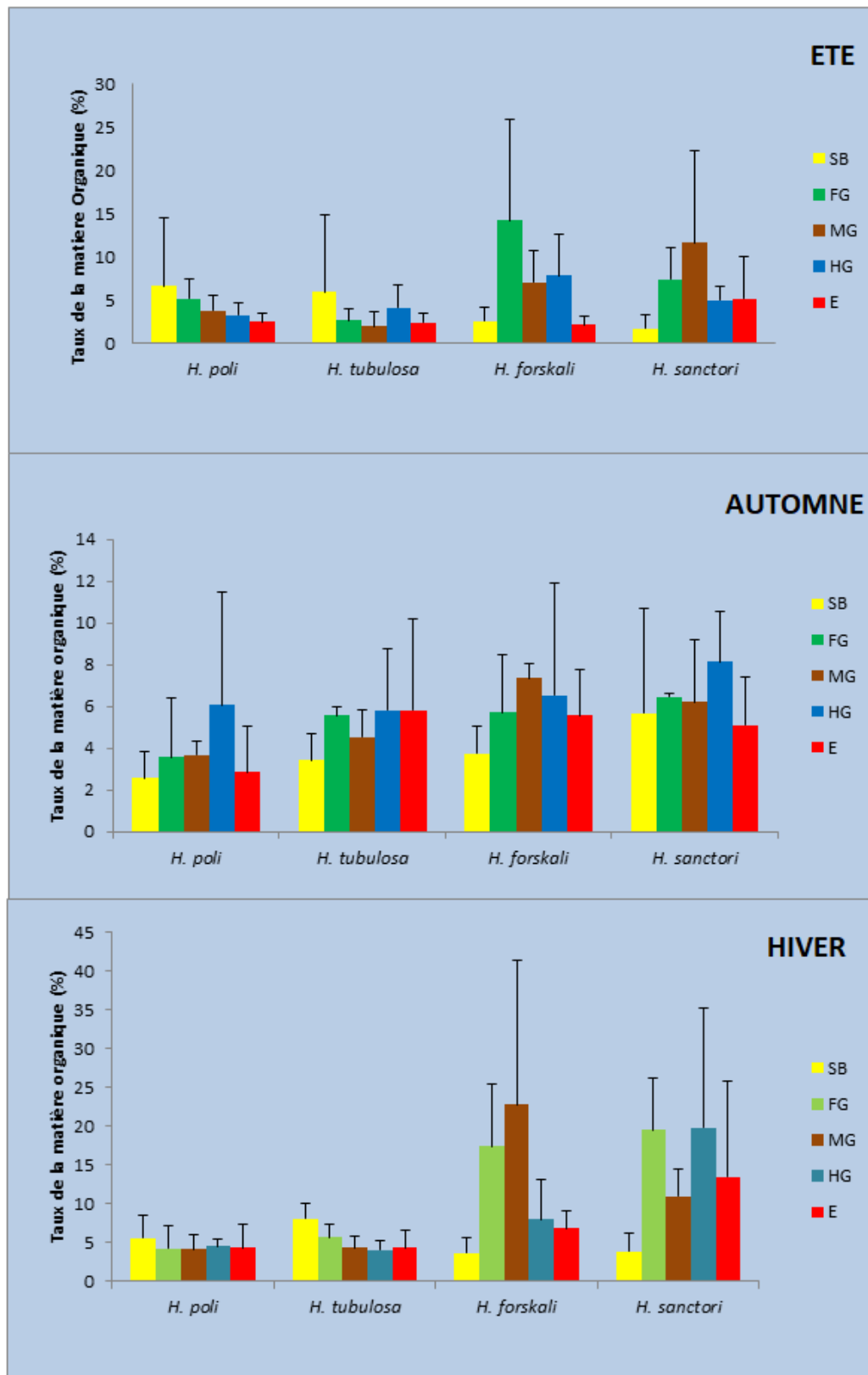


**Figure 27** :Taux de la matière organique des trois tronçons des tubes digestifs, Forgut (FG), Midgut (MG) et Hindgut(HG), le sédiment de leurs biotopes (SB), ainsi que les Excréments (E) chez les espèces *H.poli*, *H.tubulosa*, *H. forskali* et *H.sanctori* du site de la Salamandre durant les trois saisons d'études..

Les résultats obtenus pour les espèces d'holothuries du site de Stidia, présentent également une décroissance des teneurs en matière organique, le long des trois tronçons de leurs tubes digestifs ; mais ceci uniquement chez les deux espèces *H. poli* (en été) et *H. tubulosa* (en hiver) (Fig. 28 ; Tab. Det F voir annexe).

Des teneurs élevées en matière organique, ont été obtenus au niveau du premier tronçon du tube digestif par rapport à ceux du biotope chez presque toutes les espèces d'holothuries du site de Stidia (Fig. 28 ; Tab. D, E et F voir annexe). L'exception a été observée chez les deux espèces *H. poli* et *H. tubulosa*, ceci en période estivale et hivernale (Tab. D et F voir annexe). Les valeurs les plus élevées ont été à chaque saison observées chez les deux espèces *H. forskali* (avec une valeur extrême de 17.40% en hiver) et *H. sanctori* (avec une valeur extrême de 19.56% en hivers) (Fig. 28 ; Tab. F voir annexe).

Les excréments de certaines espèces à certaines saisons, présentent des teneurs en matière organique élevées par rapport à ceux de leurs biotopes ; ceci a été observé chez les espèces *H. forskali* (en automne et en hiver), *H. sanctori* (en été et en hiver) et chez les espèces *H. poli*, *H. tubulosa* (en automne) (Tab. D, E et F voir annexe). La valeur extrême a été observée chez l'espèce *H. sanctori* (13.5%) en hiver (Fig. 28 ; Tab. F voir annexe).



**Figure 28** :Taux de la matière organique des trois tronçons des tubes digestifs, Forgut (FG), Midgut (MG) et Hindgut(HG), le sédiment de leurs biotopes (SB), ainsi que des Excréments (E) chez les espèces *H.poli*, *H.tubulosa*, *H. forskali* et *H.sanctari* du site de Stidia durant les trois saisons d'études.

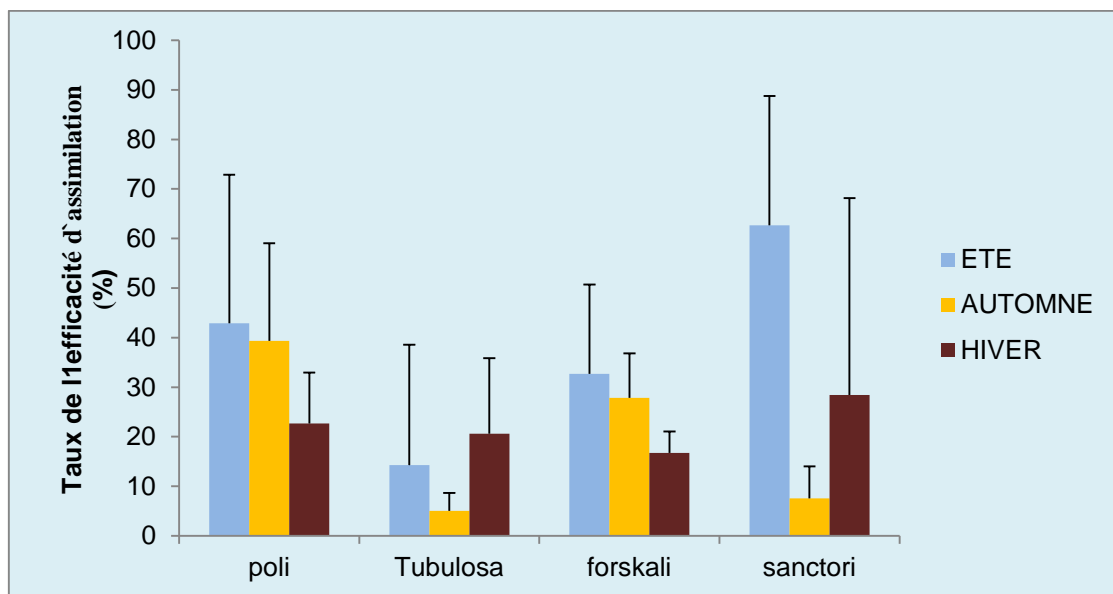
La décroissance du taux de la matière organique, au fur et mesure qu'on avance le long des tronçons du tube digestif de certaines espèces d'holothuries des deux sites ; corrobore les résultats obtenus par Massin, (1979). Cet auteur estime que ce résultat démontre que la matière organique est progressivement absorbée le long du tractus digestif des holothuries. Pour les espèces chez lesquelles on n'a pas observé cela ; il se peut que lors des prélèvements du sédiment du contenu digestif, on a accidentellement pris une partie de la membrane du tube digestif. A partir de là, on estime que c'est ce qui a modifié les résultats, compte tenu que cette membrane est riche en matière organique.

Les teneurs élevées de matière organique obtenus au niveau du Forgut de certaines espèces, par rapport à leurs biotopes, peut être expliqué par le fait que ces espèces d'holothuries exercent une certaine sélectivité envers la matière organique. En effet, le caractère sélectif des holothuries envers la matière organique a été largement signalé dans la littérature, notamment par Moriarty (1982) ; Mezali (2004) ; Mezali *et* Soualili (2013) et Belbachir *et al.*, (2014). Selon Massin *et* Jangoux (1976) et Khripounoff *et* Sibuet (1980), les holothuries ont le pouvoir de reconnaître et de sélectionner les particules riches en matière organique. Bouland *et al.*, (1982) supposent que cette reconnaissance se fait à partir des récepteurs gustatifs localisés au niveau des podia péribuccaux.

Les résultats montrent que le pourcentage de la matière organique retrouvé dans les excréments des espèces étudiées, est au-dessus que celui du sédiment du biotope ; peut-être expliqué par une colonisation de cette matière fécale par les microorganismes. Le taux élevé de matière organique dans les fèces des holothuries étudiées peut expliquer la tendance de celles-ci à les manger (Khripounoff *et* Sibuet, 1980) et par conséquent, ce comportement alimentaire prouve la sélectivité de ces espèces pour tout ce qui est organique ou encrouté par la matière organique (Massin *et* Jangoux, 1976).

### 3. Analyse de l'efficacité d'assimilation :

Les résultats des analyses de l'efficacité d'assimilation des holothuries aspidochirotés étudiées pour le site de la Salamandre, montrent que toutes ces espèces présentent une assimilation plus au moins élevée pendant l'été par rapport aux deux autres saisons automne et hiver (Fig. 29, Tab. 1). La période de reproduction de ces holothuries est en période estivale (Neghli, 2014), donc ces espèces ont besoin d'une certaine réserve énergétique afin de préparer cette phase de leurs cycle de vie. La plus forte valeur d'efficacité d'assimilation est observée chez l'espèce *H. sanctori* (62.69%) en période estivale (Tab. 1).

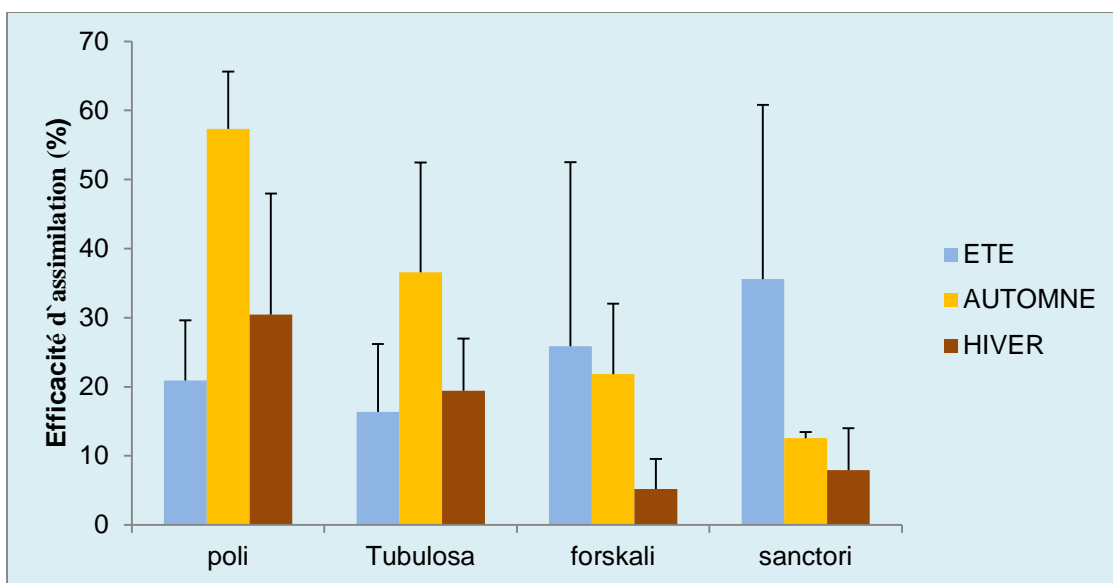


**Figure 29 :** Efficacité d'assimilation chez les espèces *H.poli*, *H.tubulosa*, *H. forskali* et *H.sanctori* du site de Salamandre durant les trois saisons d'études.

**Tableau 1 :** Résultats (Moyenne ± Ecart-Type) de l'efficacité d'assimilation chez les espèces *H.poli*, *H.tubulosa*, *H. forskali* et *H.sanctori* du site de Salamandre durant les trois saisons.

Saisons	<i>H. poli</i>	<i>H. tubulosa</i>	<i>H. forskali</i>	<i>H. sanctori</i>
ETE	(42,87 ± 29,97)	(14,27 ± 24,27)	(32,67 ± 18,01)	(62,69 ± 26,07)
AUTOMNE	(39,33 ± 19,70)	(5,07 ± 3,58)	(27,86 ± 8,97)	(7,57 ± 6,44)
HIVER	(22,66 ± 10,27)	(20,63 ± 15,23)	(16,71 ± 4,35)	(28,44 ± 39,72)

Par contre, au niveau du site de Stidia (Fig. 30, Tab. 2), l'efficacité d'assimilation est élevée pendant la saison d'automne chez les espèces *H. poli* et *H. tubulosa* ; il se peut que la période de reproduction soit étalée jusqu'à la saison automnale chez ces deux espèces. L'efficacité d'assimilation est importante en été chez *H. forskali* et *H. sanctori*. La plus forte valeur d'efficacité d'assimilation est observée chez l'espèce *H. poli* (57.34%) en période automnale (Tab. 2).



**Figure 30** :Efficacité d'assimilation chez les espèces *H.poli*, *H.tubulosa*, *H. forskali* et *H.sanctori* du site de Stidia durant les trois saisons d'études.

**Tableau 2**:Résultats (Moyenne ± Ecart-Type) de l'efficacité d'assimilation chez les espèces *H.poli*, *H.tubulosa*, *H. forskali* et *H.sanctori* du site de Stidia durant les trois saisons (Eté, automne et hiver).

Saisons	<i>H. poli</i>	<i>H. tubulosa</i>	<i>H. forskali</i>	<i>H. sanctori</i>
ETE	(20,91 ± 8,69)	(16,35 ± 9,85)	(25,85 ± 26,67)	(35,61 ± 25,18)
AUTOMNE	(57,34 ± 8,27)	(36,58 ± 15,89)	(21,86 ± 10,18)	(12,57 ± 0,89)
HIVER	(30,44 ± 17,55)	(19,41 ± 7,55)	(5,21 ± 4,37)	(7,93 ± 6,09)

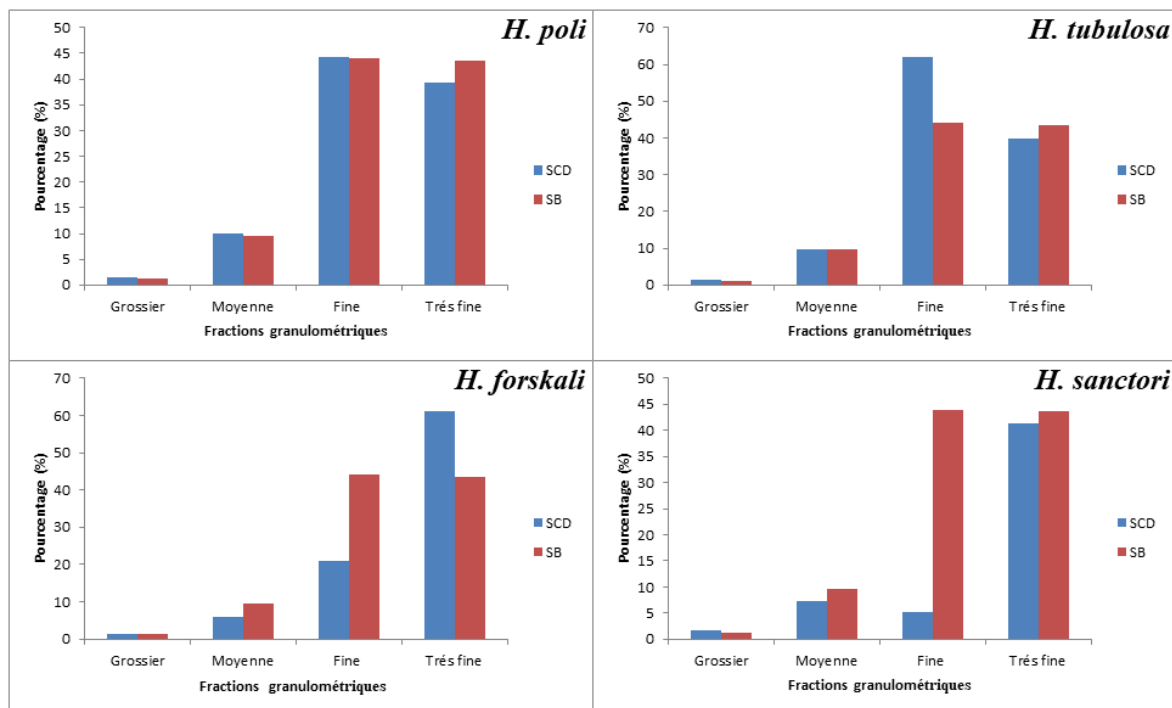
#### 4. Analyses granulométriques :

L'analyse granulométrique montre que la composition du sédiment du site de la Salamandre est composé essentiellement de 43.99% de fraction fine et 43.60% de fraction très fin, les (Tab. 3 ; Fig. 31). Il est à noter que les fractions de sable grossier et sable moyen ne sont que très faiblement représentées et que la fraction de sable très grossier est totalement absente (Tab. 3).

Mis à part la fraction de sable très grossier, toutes les fractions granulométriques sont représentées dans le sédiment du contenu digestif des espèces d'holothuries étudiées (Tab.3 ; Fig. 31). Les plus importantes proportions des particules sédimentaires ingérées par ces espèces sont les fractions fine et très fine, alors que c'est les fractions de sable grossier et moyen qui sont les plus faiblement consommées ; *H. sanctori* consomme que de très faible quantités de sable fin (5.21%) (Tab. 3 ; Fig. 31).

**Tableau 3 :** Pourcentage des fractions granulométriques du substrat du contenu digestif et de celui du biotope de *H. (R) poli*, *H. tubulosa*, *H. forskali* et *H. sanctori* du site de Salamandre. Fraction grossière (2000- 1000  $\mu\text{m}$ ), fraction moyenne (1000-500  $\mu\text{m}$ ), fraction fine (500-250  $\mu\text{m}$ ) et fraction très fine (250-50  $\mu\text{m}$ ) [Selon la classification de Soil Survey Staff, (1951)].

Fractions	Biotope	<i>H. poli</i>	<i>H. forskali</i>	<i>H. tubulosa</i>	<i>H. sanctori</i>
Grossière	1,20	1,45	1,26	1,42	1,63
Moyenne	9,55	10,06	5,99	9,84	7,21
Fine	43,99	44,34	20,96	62	5,21
Très fine	43,60	39,25	61,21	39,9	41,22



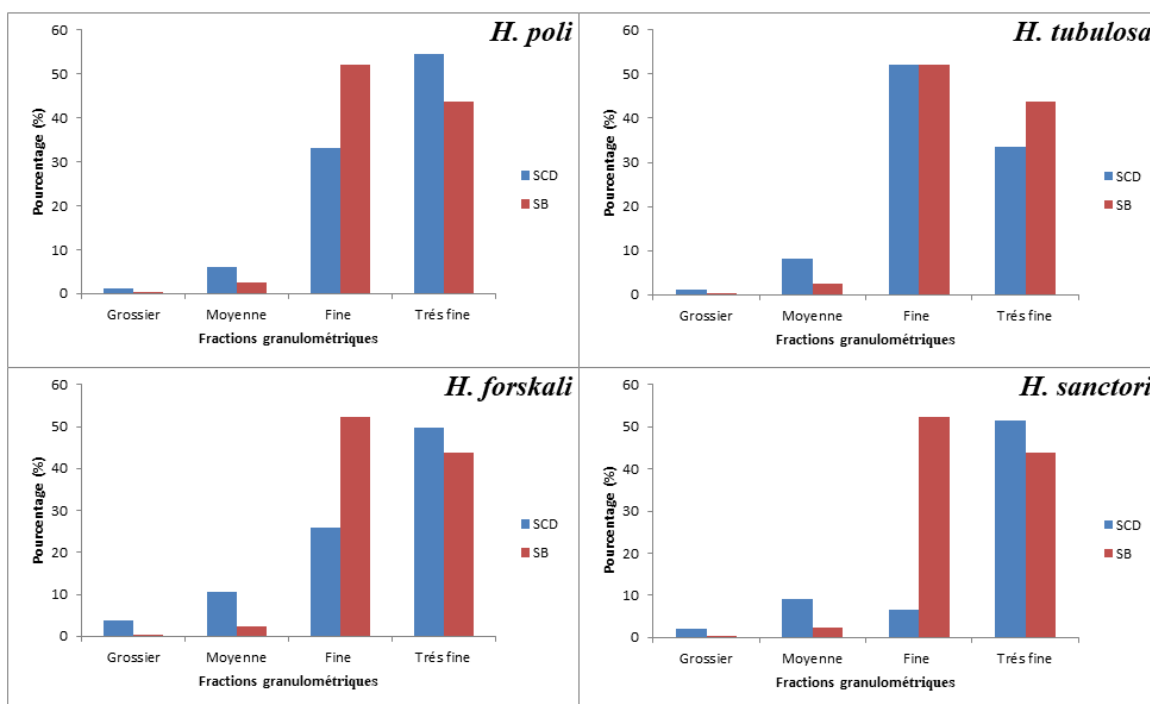
**Figure 31** : Pourcentage des fractions granulométriques du Substrat du Contenu Digestif (SCD) et de celui du biotope (SB) de *H. (R) poli*, *H. tubulosa*, *H. forskali* et *H. sanctori* du site de Salamandre. Fraction grossière (2000-1000  $\mu\text{m}$ ), fraction moyenne (1000-500 $\mu\text{m}$ ), fraction fine (500-250  $\mu\text{m}$ ) et fraction très fine (250-50  $\mu\text{m}$ ) [Selon la classification de (Soil Survey Staff, 1951)].

Le sédiment du site de Stidia est également composé essentiellement de sable fin (52.20%) et très fin (43.78%) ; alors qu'il est très faiblement représenté par les fractions grossières et moyenne avec respectivement 0.19% et 2.48% (Tab. 4). L'absence de la fraction de sable très grossier a été également observée au niveau du site de Stidia.

Les fractions de sable les plus consommées par l'ensemble des holothuries du site de Stidia sont les fractions fine et très fines, seulement *H. sanctori* ne consomme que de faible proportion de sable fin (Tab. 4 ; Fig. 32).

**Tableau 4 :** Pourcentage des fractions granulométriques du substrat du contenu digestif et de celui du biotope de *H. (R) poli*, *H. tubulosa*, *H. forskali* et *H. sanctori* du site de Stidia. Fraction grossière (2000- 1000 µm), fraction moyenne (1000-500 µm), fraction fine (500-250 µm) et fraction très fine (250-50 µm) [Selon la classification de Soil Survey Staff, (1951)].

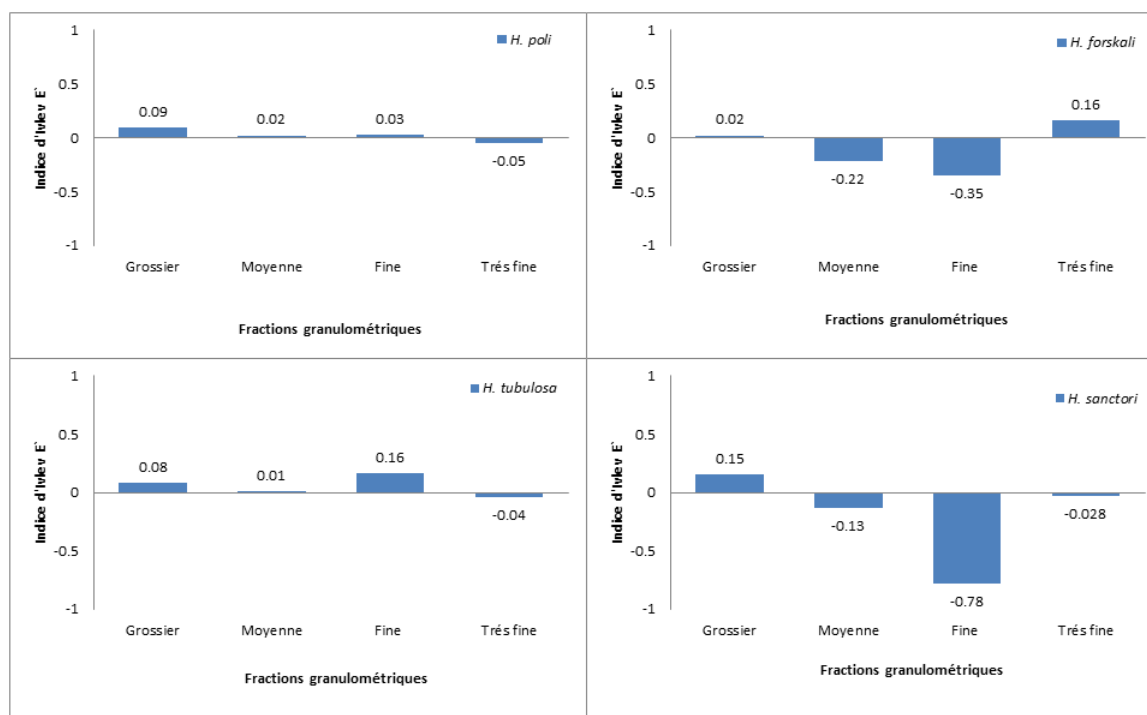
Fractions	Biotope	<i>H. poli</i>	<i>H. forskali</i>	<i>H. tubulosa</i>	<i>H. sanctori</i>
Grossière	0,19	1,26	3,76	1,19	2,04
Moyenne	2,48	5,94	10,69	8,27	8,99
Fine	52,20	33,05	25,79	52,17	6,49
Très fine	43,78	54,44	49,60	33,57	51,37



**Figure 32:** Pourcentage des fractions granulométriques du Substrat du Contenu Digestif (SCD) et de celui du biotope (SB) de *H. (R) poli*, *H. tubulosa*, *H. forskali* et *H. sanctori* du site de Stidia. Fraction grossière (2000-1000 µm), fraction moyenne (1000-500 µm), fraction fine (500-250 µm) et fraction très fine (250-50 µm) [Selon la classification de Soil Survey Staff, (1951)].

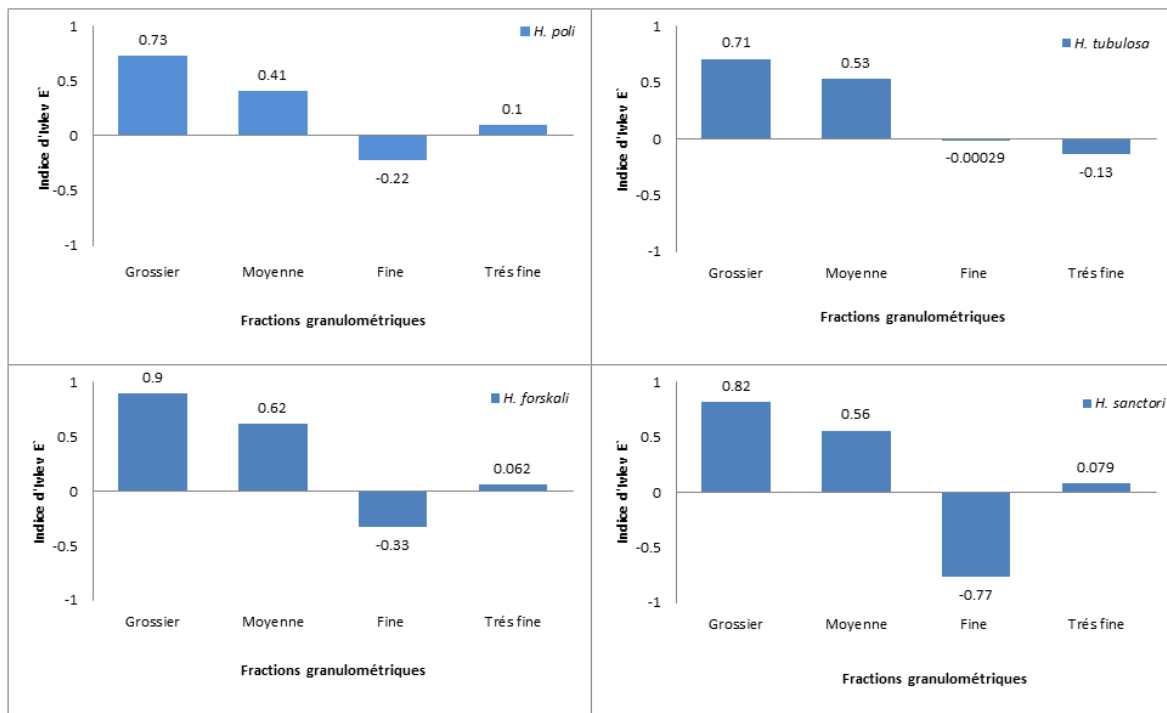
## 5. Indice d'Electivité :

Au niveau du site de Salamandre, l'indice d'électivité  $E'$  par classe de taille des particules sédimentaires, indique que la fraction de sable grossier est sélectionnée par l'ensemble des espèces d'holothuries (0.09, 0.08, 0.02 et 0.15 respectivement chez *H. poli*, *H. tubulosa*, *H. forskali* et *H. sanctori*) (Fig. 33). Cette fraction granulométrique est la plus préférée par *H. poli*, *H. tubulosa* et *H. sanctori* ; alors que c'est la fraction de sable très fin qui est la plus préférée par *H. forskali* (Fig. 33). Les deux espèces *H. poli* et *H. tubulosa* présentent également une certaine préférence pour les fractions de sable moyen et fin ; mais avec des indices d'électivité qui sont inférieurs que ceux obtenus pour la fraction de sable grossier (sable moyen : 0.02 et 0.01 respectivement chez *H. poli*, *H. tubulosa* ; sable fin : 0.03 et 0.16 respectivement chez *H. poli*, *H. tubulosa*) (Fig. 33).



**Figure 33 :**Indice d'Electivité  $E'$  (représenté par les chiffres sur les histogrammes) par classe de taille des particules sédimentaires indiquant la préférence ou le rejet d'une classe de taille du sédiment durant la sélection de l'alimentation par *H. poli* (A), *H. forskali* (B), *H. tubulosa* (C) et *H. sanctori* (D) du site de Salamandre.

L'ensemble des espèces d'holothuries prélevées au niveau du site de Stidia, présentent une large préférence pour la fraction de sable grossier (indice d'électivité égale à 0.73, 0.71, 0.9 et 0.82 respectivement chez *H. poli*, *H. tubulosa*, *H. forskali* et *H. sanctori*) (Fig. 34). La fraction de sable moyen est également appréciée par toutes les espèces d'holothuries (indice d'électivité égale à 0.41, 0.53, 0.62 et 0.56 respectivement chez *H. poli*, *H. tubulosa*, *H. forskali* et *H. sanctori*) (Fig. 34). La fraction de sable fin est rejetée par la majorité des holothuries étudiées, alors que la fraction de sable très fin est sélectionnée par les espèces *H. poli* ( $E^* = 0.1$ ), *H. forskali* ( $E^* = 0.06$ ) et *H. sanctori* ( $E^* = 0.07$ ) (Fig. 34). *H. forskali* présente les plus importants indice d'électivité pour les fractions de sable grossier ( $E^* = 0.9$ ) et sable moyen ( $E^* = 0.62$ ) ; alors que c'est l'espèce *H. poli* qui présente l'indice d'électivité le plus important pour la fraction de sable très fin, avec  $E^* = 0.1$  (Fig. 34).



**Figure 34** :Indice d'Electivité  $E^*$ (représenté par les chiffres sur les histogrammes) par classe de taille des particules sédimentaires indiquant la préférence ou le rejet d'une classe de taille du sédiment durant la sélection de l'alimentation par *H. poli* (A), *H. forskali* (B), *H. tubulosa* (C)et *H. sanctori* (D) du site de Stidia.

Dans l'ensemble, on constate que c'est la fraction de sable grossier qui la plus appréciées par l'ensemble des holothuries étudiée des deux sites (Salamandre et Stidia) ; cela malgré que cette fraction ne soit présente qu'avec de faible proportion dans leurs contenus digestifs. Ces résultats corrobore ceux obtenus par Dar et Ahmad (2006) pour les espèces *H. atra*, *H. hawaiiensis* et *B. vitiensis* de la mer rouge. Ces auteurs pensent que la présence de particules grossières dans l'appareil digestif des holothuries peut aider ces animaux à exécuter des fonctions essentielles, telles que la digestion (fonction très importante), l'expulsion des gamètes durant la reproduction et la contraction qui permet à l'animal d'effectuer des déplacements verticaux d'une profondeur à l'autre ainsi que des mouvements horizontaux d'un site pauvre en aliments vers des sites riches en matières organiques. Les espèces d'holothuries du site de Stidia, présentent des indices d'électivité pour la fraction de sable grossier plus importants que ceux des espèces du site de Salamandre (Fig. 33 et 34).

Certains auteurs estime que la préférence pour les sédiments fins et très fins par les holothuries, est due à leurs richesse en matière organique ; ce qui a été démontré par Berthois *et al.*, (1968). En effet, plus les grains sont fins, plus le rapport surface/volume augmente, ce qui va de pair avec une hausse de la surface d'adhésion de la matière organique. Les holothuries sont donc capables de repérer et cibler les particules les plus riches en matière organique (Massin et Jangoux 1976).

# *CONCLUSION*

---

## Conclusion

Toutes les holothuries aspidochirotés des deux sites (Salamandre et Stidia) étudiées lors de ce travail, présentent une vitesse de croissance en longueur qui est plus rapide que la vitesse de la croissance pondérale (allométrie minorante). Néanmoins, les résultats obtenus ne sont que peu significatifs (coefficient de détermination  $r^2$  très proche de 0) ; ce qui peut être dû au faible nombre d'individus mesurés. La longueur contractée des holothuries est également un paramètre qui peut facilement biaiser les résultats.

La majorité des holothuries étudiées lors de ce travail, que ce soit pour le site de Salamandre ou de Stidia ; présentent des taux de matière organique qui est élevé au niveau du premier tronçon de leurs tube digestif, par rapport à ceux des biotopes de chaque espèce. Cette constatation nous mènent à supposer que ces animaux marins ont un comportement sélective pour la matière organique et que ce comportement présente une différence entre les espèces et même entre les saisons chez la même espèce. Au niveau des deux sites d'études, ce sont les deux espèces *H. forskali* et *H. sanctori* qui présentent les plus importantes teneurs en matière organique dans le Forgut. Les excréments de certaines espèces d'holothuries, contiennent un important taux de matière organique, ce qui explique le caractère coprophage de ces organismes marins et par la même occasion démontre qu'elles sont sélectives pour tout ce qui est riche en matière organique.

Les plus fortes valeurs d'efficacité d'assimilation pour la matière organique, chez la majorité des espèces des deux sites étudiées sont obtenus en été ; ceci coïncident avec la période de leurs reproduction, chose qui est toute à fait normale puisque c'est une période où toute espèce a besoin d'une réserve énergétique de qualité. Seulement ; les deux espèces *H. poli* et *H. tubulosa* du site de Stidia font l'exception, puisqu'elles présentent d'importants taux d'efficacité d'assimilation en automne. C'est l'espèce *H. sanctori* qui présente les plus importantes valeurs de l'efficacité d'assimilation en période estivale.

La sélectivité vis-à-vis des particules sédimentaire ingérer par les holothuries aspidochirotés, qui a été abordée à travers le calcul de l'indice d'Ivlev, nous dévoile une grande préférence pour la fraction de sable grossier suivie par la fraction de sable moyen. Les fractions de sable fin et très fin ne sont que faiblement appréciées par les holothuries des deux sites d'études. C'est l'espèce *H. sanctori* qui est la plus sélective vis-à-vis de la fraction de sable grossier ;

cette fraction aide les holothuries à exécuter des fonctions très importantes, telles que la digestion, l'expulsion des gamètes durant la reproduction et la contraction qui permet à l'animal d'effectuer ses déplacements.

Dans l'ensemble, l'étude du comportement alimentaire des holothuries aspidochirotés inféodées à l'herbier de Posidonies, nous mène à conclure que ces espèces peuvent avoir un comportement sélective chimique vis-à-vis de la matière organique et physique vis-à-vis des particules sédimentaires, afin de maximisé leurs gains en énergie lors de leurs alimentation. Cette sélectivité peut même être un moyen de partition de la niche écologique, lorsque plusieurs espèces qui ont le même mode alimentaire fréquente le même biotope.











## *REFERENCES*

---

## *BIBLIOGRAPHIQUES*

---

## Références bibliographiques

-  **Alain G, Pierre L., Jean-Louis M., (1986).** Guide des étoiles de mer, oursins et autres échinodermes du lagon de Nouvelle Calédonie, ORSTOM. Page 244.
-  **Ameziane N., (2015).** Holothurie, un potentiel inexploité. Fiche de la ressource. Canal-U, la vidéothèque de l'enseignement supérieur. <http://www.canal-u.tv/?redirectVideo=18485>.
-  **Behrens David W, Gosliner Terrence M, Williams Gary C.,(1996).** Coral Reef animals of Indo-Pacific, sea challengers PB. Monterey CA, USA.
-  **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 de Mostaganem. Page 1-181.
-  **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). Page 34-37.
-  **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. Algérie.
-  **Berthois L., Crosnier A., Le Calvez Y., (1968).** Contribution à l'étude sédimentologique du plateau continentale dans la Baie de Biafra. *Cah. ORSTOM*, VI. Page 1-34.
-  **Billett D. S. M., (1991).** Deep-sea holothurians. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 29. Page 259-317.
-  **Boudouresque C.F., Meinesz A., Ledoyer M., Vitiello P., (1994b).** Les herbiers à Phanérogames marines. In: Bellan-Santini D., Lacaze J.C., Poizat C., (éds.). Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives. *Muséum National d'Histoire naturelle publ.* Paris, Fr. Page 98-118.
-  **Bouland C., Massin C., Jangoux M., (1982).** The fine structure of the buccal tentacles of *Holothuria forskali* (Echinodermata, Holothuroidea). *Zoomorphology*, 101. Page 133-149.

- 📖 **Bruckner A., (2005b).** The Proceedings of the Technical workshop on the conservation of sea cucumbers in the families Holothuridae and Stichopodidae. *NOAA Technical Memorandum NMFS OPR 44*, Silver Spring, MD. Page 239 .
- 📖 **Charbonnel E., Gravez V., Abellard O., Boudouresque C. F., Remonnay L., (1995d).** Surveillance de l'herbier à *Posidonia oceanica* du golfe de Giens (Var-France). *GIS Posidonie*, Marseille. Fr. Page 1-106.
- 📖 **Chekaba., (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. *Memoire DEA*, Alger Algérie. Page 1-55.
- 📖 **Chen J., (2004).** Present status and prospects of sea cucumber industry in China. Pp 25-38. *In*: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J-F., Mercier A (eds). *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management. FAO, Rome, Fisheries Technical Paper No. 463.* Page 425.
- 📖 **Cherbonier G., (1988).** Echinodermes : holothurides, dans Faune de Madagascar, Paris, ORSTOM. Page 297.
- 📖 **Christopher Mah., (2012).** « Sea Cucumber Evisceration : Defense, Regeneration, Why? », sur Echinoblog. Wikipedia.
- 📖 **Clavier J., (1987).** Contribution à la mise en valeur des population d'ormaux (*Haliotis tuberculata* L.). thèse Doct., Univ. Paris VI. Page 319.
- 📖 **Conand C., (1989).** Les holothuries Aspidochirotes du lagon de Nouvelle-Calédonie : biologie, écologie et exploitation. Collection ETUDES et THESES. *ORSTOM, PARIS.* Page 393.
- 📖 **Conand C., (1994).** Les holothuries : ressource halieutique des lagons. *Rapp. Sci. Tech. Biol. Mar.*, (65). Page 1-86.
- 📖 **Conand C., Byrne M., (1993).** A review of recent developments in the world sea cucumber fisheries. *Marine Fisheries Review*, 55. Page 1-13.
- 📖 **Conand C., (1993).** Reproductive Biology of the holothurians from the major communities of the New Caledonian Lagoon. *Marine Biology* 116. Page 439-450.

- 📖 **Dar M.A. et Ahmad H.O.,(2006).** Le comportement alimentaire sélectif et le rôle écologique des holothuries vivant dans les eaux peu profondes de la Mer Rouge. La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS 24. Page 11–21.
- 📖 **DeMoor S., Waite H.J., Jangoux M. J., Flammang P. J.,(2003).** Characterization of the adhesive from Cuvierian tubules of the sea cucumber *Holothuriaforskali* (Echinodermata, Holothuroidea).Mar. Biotechnol.5(1). Page 45-75.
- 📖 **Ferdouse F., (2004).** World markets and trade flows of sea cucumber/beche-de-mer. pp. 101-118. In: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J-F., Mercier A (eds). Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management. *FAO, Rome, Fisheries Technical Paper No. 463.* Page 425.
- 📖 **Francour P., (1997).** Predation on holothurians : A Literature Review, *Invertebrate biology*, vol. 116, n° 1. Page 52-60.
- 📖 **Francour P., (1990).** Dynamique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* dans le Parc national de Port-Cros. Analyse des compartiments "matte", litière, faune vagile, échinodermes et poissons. *Thèse Doct. Océanol. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, Fr.* Page 1-373.
- 📖 **Gabbott. P.A., (1982).** Developmental and seasonal metabolic activities in marine mollusks. In. P.W.Hochachka (ed). *The mollusca*, Vol. 2. Academic Press, New York. NY. Page 165-217.
- 📖 **Gana A.E., Merca F.E. (2002).** Isolation and purification of a cytotoxic lectin from brown sea cucumber by affinity chromatography. *Journal of Agricultural Science*, 85. Page 236-247.
- 📖 **Hampton J.S.,(1958).** Chemical analysis of holothurian sclerites. *Nature*, London, 181. Page 1608-1609.
- 📖 **Harmelin J.G., Bouchon C., Hong J.S., (1981).** Impact de la pollution sur la distribution des échinodermes des substrats durs en Provence. *Tethys*, Fr., 10 (1). Page 13-36.
- 📖 **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 et Londres. Page 390.
- 📖 **Ivlev V. S., (1961).** Experimental ecology of the feeding of fishes. *Yale Univ. Press*, New Haven.

📖 **Kerr A.M.,(2000).** Holothuroidea. Sea cucumbers. *in* The Tree of Life Web Project, <http://tolweb.org/>, <http://tolweb.org/Holothuroidea/19240/2000.12.01>,

📖 **Khripounoff A., Sibuet M., (1980).** La nutrition d'échinodermes abyssaux: Alimentation des holothuries. *Marine Biology*, 60. Page 17-26.

📖 **Le Cren, E.D., (1951).** The length-weight relationship and seasonal cycl in gonad weight and condition in the perch (*Percafluviatilis*). *Journal of animal ecology* 20 (2). Page 201-219.

📖 **Luciano B., Lyman A., McMillan S., Nickels A., (1996).** The symbiotic relationship between sea cucumbers (Holothuriidae) and pearlfish (Carapidae) **201**. Page 334-351.

📖 **Massin C., (1982).** Effect of feeding on the environnement: Holothuroidea. *In: Echinoderm nutrition. Jangoux M et Lawrence J.M., Balkema A.A., Publ., Rotterdam, Netherlands.* Page 139-197.

📖 **Massin C., (1982a).** Food and feeding mechanisms: Holothuroidea. *In: Echinoderm nutrition. JangouxM et Lawrence J.M., Balkema A.A., Publ., Rotterdam, Netherdam, Netherlands.* Page 43-55.

📖 **Massin C., (1980).** Morphologie fonctionnelle du tube digestif d'*Holothuria tubulosa* Gmelin (Echinodermata,Holothuroidea), *in*: Jangoux, M. (Ed.) (1980). *Proceedings of the European Colloquim on Echinoderms, Brussels, 3-8 September 1979 = Actes du Colloque Européen sur les Echinoderms, Bruxelles, 3-8 septembre 1979.* Page 261-270

📖 **Meglitsch P. A., (1975).** Zoologie des Invertébrés III. Arthropodes, Mandibulates et Deutérostomiens. *Doin édit.* Page 1-362.

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

📖 **Mezali K.,(2004).** Micro-répartition des holothuries aspidochiotes 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. Page 534.

📖 **Mezali K., (2005).** Abundance, dispersal and microdistribution of aspidochirote holothurians in *Posidonia oceanica* meadow of the Sidi-Fredj peninsula (Algeria). *2005 International Ocean Conference*, June 6-10. UNESCO, Paris, France. In, proceeding of The Oceanography Society (TOS), USA. Page 119.

📖 **Mezali K., (2008).** Phylogénie, Systématique, dynamique des populations et nutrition de quelques espèces d'holothuries aspidochirotées (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.* Page 1-208.

📖 **Mezali K., (2011).** Some insights on the phylogeny of Algerian shallow-water sea cucumber species (Holothuroidea: Aspidochirotida). *SPC Beche-de-mer Information Bulletin*, 31. Page 45-47.

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

📖 **Mezali K., Soualili D.L., (2013).** Capacité de sélection des particules sédimentaires et de la matière organique chez les holothuries . *La Bèche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 33. Page 38-43.

📖 **Micael J., Alves M.J., Costa A.C., Jones M.B., (2009).** Exploitation and conservation of echinoderms. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 47. Page 191-208.

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

📖 **Nichols D., (1969).** *Echinoderms*, 4th (revised) ed. Hutchinson University Library. Page 192.

📖 **Oomen H.A., (1926).** Verdauungsphysiologische Studien an Holothurien. *Pubbl. Stat. Zool. Napoli*, 7. Page 215-297.

- 📖 **Preston G.L.,(1993).** *Nearshore Marine Resources of the South Pacific, Institute of Pacific Studies, Suva, Fiji*, (ed. A Wright, B Hill). Forum Fisheries Agency, Honiara, Solomon Islands and International Centre for Ocean Development, Canada. Page 371-408.
- 📖 **Quintin C., Müller Y., Lamare V., (2016).***Holothuria (Holothuria) tubulosa* Gmelin, 1791. <http://doris.ffessm.fr/ref/specie/595>.
- 📖 **Regat Denis., (2004).** les échinodermes. Docs. Page 7.
- 📖 **Ricard P., (2004).**Journées Biologiques du Parc Phoenix – Nice, 1 et 2 avril 2004 Mém. Inst. Océano. Page 47-54.
- 📖 **Ricard P.,(2004).** Journées Biologiques du Parc Phoenix – Nice, 1 et 2 avril 2004. Mém. Inst. Océano. Page 47-54
- 📖 **Richon C., (2008).** Sous Les Mers. *Holothuria tubulosa*. Fiche espèce n°611.
- 📖 **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. Page 257-310.
- 📖 **Roberts O., (1979).** Deposit-feeding mechanisms and resource partitioning in tropical holothurians. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 37. Page 43-56.
- 📖 **Rowe F.W.E.,(1969).** A review of the family Holothuroidea (Holothurioidea: Aspidochirotida). *Bull. Mus. Nat. Hist., Zool.*, 18 (4). Page 119-170.
- 📖 **Samyn Y., Vandenspiegel D., Massin C., (2006).**Taxonomie des holothuries des Comores.*ABC Taxa* Vol., 1. Page 1-130.
- 📖 **Sloan N.A., (1979).**Microhabitat and resource utilization in crypticreeky intertidal Echinoderms at Aldabra Atoll, Seychelles. *Mar. Biol.*, 54. Page 269-279.
- 📖 **Sloan N.A., Von Bodungen B., (1980).** Distribution and feeding of the sea cucumber *Isostichopusbadionotus* in relation to shelter and sediment criteria of the Bermuda Plattorm. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 2 (3). Page 257-264.
- 📖 **Soil Survey Staff, (1951).**Soil Survey Manual. U.S. Dept. of Agric. Handb. 18. U.S. Govt.

Print. Off. Washington, DC. Page 503.

☞ **Stamhuis E.J., Videler J.J., de Wilde P.A.W.J., (1998).** Optimal foraging in thethalassinidean shrimp *Callinassa subterranean* Improving food quality by grain size selection. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 228. Page 197-208.

☞ **Taghon G.L., (1982).** Optimal foraging by deposit-feeding invertebrates: roles of particle size and organic coating. *Oecologia*(Berlin), 52. Page 295-304.

☞ **Toral-Granda V., (2006).** Situation biologique et commerciale des concombres de mers Des familles Holothuriidae et Stichopodae. Vingt-deuxième session du Comité pour les animaux .Lima (Pérou). AC22 Doc16. Page 2- 32.

☞ **Toral-Granda V., Lovatelli A., Vasconcellos M., (2009).** Etat des stocks et commerce mondial des holothuries. *Bulletin de la CPS La bêche-de-mer*, 28. Page 4-6.

☞ **Tortonese E., Vadon C., (1987).** Oursin et holothuries (Echinodermes) in fiche FAO identification des espèces pour les besoins de pêche Révision I, méditerranée, mer noire zone de pêche 37 vol I, végétaux et invertébrés. Page 715-739.

☞ **Tortonese., (1965).** Fauna d'Italia. Echinodermata. EdizioniCalderiniBologna, *officine graficheCalderini. Bologna, Italy.* Page 422.

☞ **Uthicke S., Karez R., (1999).** Sediment patch selectivity in tropical sea cucumbers (Holothurioidea: Aspidochirotida) analyzed with multiple choice experiments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 236 (1). Page 69–87.

☞ **Whitlach, R. B.,(1974).**Food resource partitioning in the deposit feeding polychaete *Pectinariagouldii*. Biol. Bull. mar. biol. Lab., Woods Hole 147. Page : 227-235

☞ **Zupo V., Fresi E.,(1984).** A study of the food web of the *Posidonia oceanica* ecosystem: Analysis of the gut contents of Echinoderms. Page 373–379.

# *Annexe*

---

**Teneurs en matière organique au niveau des sédiments des différents tronçons des tubes digestifs, biotopes et excréments chez les espèces *H.poli*, *H.tubulosa*, *H. forskali* et *H.sanctori* des deux sites de Stidia et de Salamandre :**

**Tableau A :** Résultats (Moyenne  $\pm$  Ecart-Type) des teneurs en matière organique au niveau des sédiments des différents tronçons des tubes digestifs, biotopes et excréments chez les espèces *H.poli*, *H.tubulosa*, *H. forskali* et *H.sanctori* du site de la Salamandre pour la saison d'Été.

Espèces	SB	FG	MG	HG	E
<i>H.poli</i>	(4,63 $\pm$ 2,81)	(5,25 $\pm$ 4,43)	(2,11 $\pm$ 1,32)	(1,30 $\pm$ 0,44)	(3,71 $\pm$ 1,79)
<i>H.tubulosa</i>	(6,53 $\pm$ 4,50)	(5,24 $\pm$ 2,66)	(4,98 $\pm$ 2,34)	(3,74 $\pm$ 1,90)	(4,78 $\pm$ 2,62)
<i>H. forskali</i>	(4,09 $\pm$ 2,53)	(3,35 $\pm$ 0,70)	(12,94 $\pm$ 8,20)	(4,17 $\pm$ 3,65)	(2,77 $\pm$ 3,92)
<i>H.sanctori</i>	(10,71 $\pm$ 1,82)	(3,45 $\pm$ 1,25)	(5,46 $\pm$ 1,57)	(1,29 $\pm$ 0,18)	(8,40 $\pm$ 4,43)

**Tableau B :** Résultats (Moyenne  $\pm$  Ecart-Type) des teneurs en matière organique au niveau des sédiments des différents tronçons des tubes digestifs, biotopes et excréments chez les espèces *H.poli*, *H.tubulosa*, *H. forskali* et *H.sanctori* du site de la Salamandre pour la saison d'Automne.

Espèces	SB	FG	MG	HG	E
<i>H.poli</i>	(6,16 $\pm$ 3,21)	(5,94 $\pm$ 2,51)	(4,84 $\pm$ 1,14)	(4,21 $\pm$ 1,31)	(4,27 $\pm$ 3,29)
<i>H.tubulosa</i>	(10,07 $\pm$ 6,41)	(4,64 $\pm$ 8,03)	(4,12 $\pm$ 2,42)	(8,55 $\pm$ 5,56)	(7,34 $\pm$ 0,71)
<i>H. forskali</i>	(2,14 $\pm$ 0,94)	(17,3 $\pm$ 22,27)	(13,75 $\pm$ 8,55)	(7,8 $\pm$ 1,41)	(12,57 $\pm$ 10,26)
<i>H.sanctori</i>	(2,92 $\pm$ 1,93)	(8,45 $\pm$ 8,51)	(10,72 $\pm$ 5,08)	(13,75 $\pm$ 3,38)	(6,27 $\pm$ 0,49)

**Tableau C :** Résultats (Moyenne  $\pm$  Ecart-Type) des teneurs en matière organique au niveau des sédiments des différents tronçons des tubes digestifs, biotopes et fèces chez les espèces *H.poli*, *H.tubulosa*, *H. forskali* et *H.sanctori* du site de la Salamandre pour la saison d'Hiver.

Espèces	SB	FG	MG	HG	E
<i>H.poli</i>	(3,99 $\pm$ 1,58)	(4,94 $\pm$ 2,11)	(6,00 $\pm$ 1,24)	(4,29 $\pm$ 0,2)	(4,97 $\pm$ 3,23)
<i>H.tubulosa</i>	(3,51 $\pm$ 1,27)	(6,52 $\pm$ 2,37)	(4,89 $\pm$ 1,52)	(5,24 $\pm$ 1,44)	(5,31 $\pm$ 2,57)
<i>H. forskali</i>	(5,53 $\pm$ 1,99)	(13,41 $\pm$ 16,99)	(6,87 $\pm$ 4,95)	(3,52 $\pm$ 5,72)	(4,59 $\pm$ 4,59)
<i>H.sanctori</i>	(5,55 $\pm$ 3,23)	(9,14 $\pm$ 7,23)	(10,1 $\pm$ 9,98)	(8,2 $\pm$ 6,31)	(8,7 $\pm$ 2,15)

**Tableau D:** Résultats (Moyenne  $\pm$  Ecart-Type) des teneurs en matière organique au niveau des sédiments des différents tronçons des tubes digestifs, biotopes et excréments chez les espèces *H.poli*, *H.tubulosa*, *H.forskali* et *H.sanctori* du site de Stidia durant la saison d'Eté.

Espèces	SB	FG	MG	HG	E
<i>H.poli</i>	(6,58 $\pm$ 7,98)	(5,09 $\pm$ 2,38)	(3,75 $\pm$ 1,83)	(3,25 $\pm$ 1,42)	(2,46 $\pm$ 1,01)
<i>H.tubulosa</i>	(5,87 $\pm$ 9,03)	(2,60 $\pm$ 1,28)	(1,97 $\pm$ 1,58)	(4,10 $\pm$ 2,56)	(2,37 $\pm$ 1,14)
<i>H.forskali</i>	(2,49 $\pm$ 1,63)	(14,17 $\pm$ 11,62)	(6,99 $\pm$ 3,63)	(7,8 $\pm$ 4,71)	(2,13 $\pm$ 1,01)
<i>H.sanctori</i>	(1,64 $\pm$ 1,64)	(7,40 $\pm$ 3,70)	(11,62 $\pm$ 10,59)	(4,98 $\pm$ 1,58)	(5,12 $\pm$ 4,81)

**Tableau E:** Résultats (Moyenne  $\pm$  Ecart-Type) des teneurs en matière organique au niveau des sédiments des différents tronçons des tubes digestifs, biotopes et excréments chez les espèces *H.poli*, *H.tubulosa*, *H.forskali* et *H.sanctori* du site de Stidia pour la saison d'Automne.

Espèces	SB	FG	MG	HG	E
<i>H.poli</i>	(2,55 $\pm$ 1,28)	(3,57 $\pm$ 2,81)	(3,67 $\pm$ 0,66)	(6,07 $\pm$ 5,39)	(2,86 $\pm$ 2,17)
<i>H.tubulosa</i>	(3,41 $\pm$ 1,31)	(5,58 $\pm$ 0,43)	(4,51 $\pm$ 1,33)	(5,80 $\pm$ 2,95)	(5,80 $\pm$ 4,42)
<i>H.forskali</i>	(3,74 $\pm$ 1,28)	(5,69 $\pm$ 2,81)	(7,36 $\pm$ 0,66)	(6,54 $\pm$ 5,39)	(5,56 $\pm$ 2,17)
<i>H.sanctori</i>	(5,67 $\pm$ 4,99)	(6,45 $\pm$ 0,20)	(6,20 $\pm$ 2,99)	(8,14 $\pm$ 2,38)	(5,10 $\pm$ 2,34)

**Tableau F:** Résultats (Moyenne  $\pm$  Ecart-Type) des teneurs en matière organique au niveau des sédiments des différents tronçons des tubes digestifs, biotopes et excréments chez les espèces *H.poli*, *H.tubulosa*, *H.forskali* et *H.sanctori* du site de Stidia pour la saison d'Hiver.

Espèces	SB	FG	MG	HG	E
<i>H.poli</i>	(5,58 $\pm$ 2,94)	(4,24 $\pm$ 2,94)	(4,17 $\pm$ 1,87)	(4,60 $\pm$ 0,94)	(4,34 $\pm$ 3,02)
<i>H.tubulosa</i>	(8,08 $\pm$ 1,93)	(5,71 $\pm$ 1,69)	(4,35 $\pm$ 1,44)	(4,10 $\pm$ 1,09)	(4,38 $\pm$ 2,15)
<i>H.forskali</i>	(3,68 $\pm$ 1,91)	(17,40 $\pm$ 8,06)	(22,83 $\pm$ 18,63)	(7,98 $\pm$ 5,08)	(6,88 $\pm$ 2,23)
<i>H.sanctori</i>	(3,88 $\pm$ 2,42)	(19,56 $\pm$ 6,71)	(10,99 $\pm$ 3,54)	(19,83 $\pm$ 15,49)	(13,5 $\pm$ 12,26)