

République Algérienne Démocratique et Populaire

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



جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

**BELDJILALI Mohammed BOUOUDA Chaabane**

Pour l'obtention du diplôme de

**MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET  
CONTINENTALE**

**Spécialité : Bioressources Marines**

**THÈME**

**Contribution à l'étude biométrique et morpho-géométrique  
(méthodes de Fourier et points homologues) de quelques  
espèces de concombres de mer de la côte de Mostaganem.**

Le 15 /09/2020

DEVANT LE JURY

Président	M <sup>me</sup> BENAMAR N.	Prof.	U. Mostaganem
Encadrant	M MEZALI K.	Prof.	U. Mostaganem
Examineur	M BOUZAZA Z.	MCB	U. Mostaganem

*Thème réalisé au Laboratoire de protection, valorisation des ressources marines et littorales et systématique moléculaire PVRMLSM (Université de Mostaganem)*

*Année universitaire 2019/2020*

## *Remerciements*

Nous tenons à remercier Monsieur **MEZALI Karim**, Professeur au Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture et directeur du laboratoire LPVRMLSM, pour nous avoir encadré pendant ce travail. Nous le remercions également de nous avoir donné un sujet passionnant dans lequel nous avons pu nous réaliser jour après jour malgré toutes les difficultés rencontrées.

Nous tenons également à remercier M<sup>me</sup> **BENAMAR Nardjes**, maitresse de conférences B du département des sciences de la mer et l'aquaculture (FSNV/UMAB), d'avoir accepté de présider ce travail.

Nos sincères remerciements vont également à l'examineur, **M. BOUZAZA Zoheir**, Maitre de conférences B au niveau de département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture de l'université de Mostaganem, pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

Enfin, nous remercions chaleureusement tous les professeurs du Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture ainsi que tous les étudiants de Master 2 Bio-Ressources Marines de cette année exceptionnelle 2020.

## *Dédicaces*

*À mes chers parents, BELDJILALI Amar & BENTABET F., pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études ;*

*À mes chères sœurs Basma et Nourelhouda, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral ;*

*À mon frère, Amín, pour leur appui et leur encouragement ;*

*À toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire ;*

*À ma meilleure amie, BOURAHLA Rania*

*Merci d'être toujours là pour moi.*

*BELDJILALI Mohammed*

*À mes chers parents, BOUOUDA Hadj & BOUOUDA K.,  
pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse,  
leur soutien et leurs prières tout au long de mes études ;*

*A mes chères sœurs Fatima et Imane, pour  
leurs encouragements permanents, et leur soutien moral*

*À mes frères Kamal et Jamal pour leur appui et leur  
encouragement ;*

*À toute ma famille pour leur soutien tout au long de  
mon parcours universitaire.*

**BOUOUDA Chaabane**

# Sommaire

---

Introduction .....	1
I. Échinodermes.....	3
I.1. Holothuries .....	3
II.1.1. Identification des holothuries.....	7
II.1.2. Écologie .....	8
II.1.2.1. <i>Holothuria (Roweothuria) poli</i> (Delle Chiaje, 1823) .....	8
II.1.2.2. <i>Holothuria (Platyperona) sanctori</i> (Delle Chiaje, 1823) .....	8
II.1.2.3. <i>Holothuria (Holothuria) tubulosa</i> (Gmelin, 1791).....	8
II.1.2.4. <i>Holothuria (Roweothuria) arguinensis</i> (Koehler & Vaney, 1906).....	9
II.1.3. Reproduction.....	9
II.1.3.1. Reproduction sexuée .....	9
II.1.3.2. Reproduction asexuée .....	10
II.1.4. Importance économique et médicinale des holothuries .....	11
II.1.5. Holothuriculture .....	12
III. Morphométrie.....	13
III.1. De la morphométrie "traditionnelle" à la morphométrie géométrique .....	13
III.1.1. Morphométrie "traditionnelle" inconvénients et limites.....	13
III.1.2. Évolution vers la morphométrie géométrique .....	14
III.1.3. Généralité sur la morphométrie géométrique .....	14
III.1.3.1. Notion de "conformation géométrique" .....	14
III.1.3.2. Méthode des Points repères, Points homologues ("Landmarks") .....	15
III.1.5. Analyse de Fourier.....	16
III.1.5.1. Méthode des Transformées Elliptiques de Fourier ("TEF") .....	16
III.1.6. Avantages et limites de la méthode des points homologues .....	18
III.1.6.1. Avantages .....	18
III.1.6.2. Limites .....	19
III.1.7. Inconvénients et remarques sur la "TEF" .....	20
I. L'endosquelette des holothuries comme modèle d'application de la morpho-géométrie.	21
II. Zone d'étude .....	23
II.2. Essaie de traitement de quelques échantillons récoltés.....	23
II.3. Traitement des couronnes calcaires et prises des photos .....	25

I. Résultats et discussions.....	27
I.1. Biométries et caractéristiques anatomiques des holothuries étudiées .....	27
I.2. Résultats de l'étude morphométrique par les deux méthodes (Points homologues et "TEF").....	27
II. Discussion.....	30
Conclusion.....	31

## *Liste de figures*

---

<b>Figure 01 :</b> Phylogénie des Échinodermes (Janies et al., 2011)	<b>04</b>
<b>Figure 02 :</b> <i>Anatomie externe d'une holothurie du genre Holothuria.</i>	<b>05</b>
<b>Figure 03 :</b> Anatomie interne d'une holothurie.	<b>06</b>
<b>Figure 04 :</b> Sclérites de <i>Holothuria (Holothuria) dakarensis</i> d'après Prata et al., 2014.	<b>07</b>
<b>Figure 05 :</b> Reproduction sexuée chez <i>Stichopusherrmanni</i> (Balogh et al., 2019).	<b>09</b>

<b>Figure 06 :</b>	Reproduction asexuée chez <i>Holothuria atra</i> (Laxminarayana, 2006)	<b>10</b>
<b>Figure 07 :</b>	Préparation d'holothuries en bêche-de-mer (Samyn et al., 2006).	<b>12</b>
<b>Figure 08:</b>	Aquaculture des holothuries. Nutrition des géniteurs de <i>Holothuria (H.) Scabra</i>	<b>13</b>
<b>Figure 9 :</b>	: Visualisation du concept de la taille centroïde calculée à partir des trois points repères d'un triangle équilatéral. Les distances entre le centre de gravité du triangle ( $X_c$ , $Y_c$ )	<b>15</b>
<b>Figure 10 :</b>	Description en 2D de la géométrie d'une mandibule de Musaraigne, avec 11 pointsrepères (d'après Perrard, 2012)	<b>19</b>
<b>Figure 11 :</b>	Reconstitution de la forme par 30 harmoniques de la "TEF" (Caple et al., 2017)	<b>20</b>
<b>Figure 12 :</b>	Spectre de l'erreur de mesure : 5 spécimens mesurés 5 fois en faisant varier éclairage, positionnement, mise au point	<b>21</b>
<b>Figure 13 :</b>	Les deux stations d'échantillonnage (Ansel, 2019 ; modifiée).	<b>24</b>
<b>Figure 14 :</b>	Prélèvement des holothuries.au niveau des sites prospectés.	<b>25</b>
<b>Figure 15 :</b>	Un anneau calcaire dont la couleur a viré vers le doré.	<b>26</b>

## *Liste de tableaux*

---

<b>Tableau 01 :</b>	Systématique des holothuries de l'ordre des Holothuriida.	<b>06</b>
<b>Tableau 02 :</b>	Caractéristiques morphologiques et anatomiques des holothuries prélevées au niveau de deux stations d'échantillonnages	<b>29</b>

## Résumé

---

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de la caractérisation morphologique, anatomique, biométrique et morpho-géométrique de quelques espèces d'holothuries de la côte de Mostaganem. De même, une étude théorique sur deux techniques morphogéométriques (points homologues et les Transformées Elliptiques de Fourier "TEF") a été réalisée dans le but de les utiliser ultérieurement pour l'identification et la caractérisation de l'endosquelette (anneau calcaire et sclérites) de ces espèces d'holothuries notamment ceux du genre *Holothuria*.

**Mots clés :** Organes internes, Morpho-géométrie, Points homologues ; Transformées Elliptiques de Fourier, Holothuries, Côte de Mostaganem.

---

## Abstract

This work is part of the morphological, anatomical, biometric and morpho-geometric characterization of some holothurian's species from the Coast of Mostaganem. Similarly, a theoretical study on two morphogeometric techniques (homologous points and Fourier 'TEF' elliptical transformations) was carried out for the aim of using them later for the identification and characterization of the endoskeleton (calcareous ring and ossicles) of these species, especially those of the genus *Holothuria*.

**Keywords:** Internal Organs, Morpho-geometry, homologous points; Fourier Transformed Ellipticals, Holothurian, Mostaganem Coast.

ملخص

---

هذا العمل هو جزء من التوصيف المورفولوجي والتشريحي والبيومتري والمورفوية الهندسية لبعض أنواع الهولوتوريين من ساحل مستغانم. التحولات ببيضاوي الشكل) من أجل الهدف 'TEF' وبالمثل، أجريت دراسة نظرية على اثنين من التقنيات المورفومترية (نقاط متجانسة وفورييه من استخدامها في وقت لاحق لتحديد وتوصيف من داخل الهيكل (حلقة الكالسي والخصي) من هذه الأنواع، وخاصة تلك التي من هولوثوريا جنس كلمات مفتاحية: الأعضاء الداخلية، مورفو-هندسة، نقاط متجانسة؛ فورييه تحويل ببيضاوي الشكل،

---

### Introduction

Les holothuries sont une classe d'invertébrés marins de l'embranchement des Échinodermes. Ces espèces s'observent dans tous les mers et océans, de la zone littorale aux profondeurs les plus extrêmes (Kerr et Kim, 2001a). Les holothuries font partie des principaux bioturbateurs du sédiment marin (Uthicke, 1999). Elles jouent un rôle clé dans le maintien de l'équilibre des écosystèmes marins par un recyclage continu des nutriments, la stimulation de la croissance des algues, et elles contribuent à la régulation de la teneur en carbone et le pH de l'eau de mer (Purcell et al., 2016a). Le rôle écologique de ces espèces est largement bien maîtrisé par les scientifiques, mais la taxonomie de plusieurs groupes d'holothuries est encore balbutiante, et, au cours des dix dernières années, certaines espèces ont été redéfinies. L'identification des espèces de cette macrofaune benthique est fondée principalement sur leur endosquelette formé essentiellement de sclérites calcaires microscopiques, dispersées dans les différentes parties de leurs corps et sur la structure de la couronne calcaire péripharyngienne "CCP". De même, le nombre de tentacules, de vésicules de poli, de canaux de sable et les organes de Cuvier jouent un rôle crucial dans la détermination des espèces du genre *Holothuria*. La présente étude rentre dans le cadre de la caractérisation morphologique, anatomique, biométrique et morphogéométrique de quelques espèces d'holothuries de deux stations de la côte de Mostaganem. Pour cela nous avons i) décrit la morphologie externe des concombres de mer échantillonnés (nombre de tentacules et de papilles dorsales) ii) dénombré les organes internes (vésicules de Poli et de canaux de sable) iii) étudié la croissance pondérale de quelques individus de *Holothuria (Roweothuria) poli* et iv) appliqué deux méthodes morphogéométriques sur les plaques radiales et interradianales des "CCP" de quelques individus de *H. (R.) poli*. Ces deux méthodes morphométriques sont les points homologues (points repères ou "Landmarks") et la technique des Transformées Elliptiques de Fourier "TEF". L'objectif de la présente étude est d'appliquer les deux techniques morphométriques (Transformées Elliptiques de Fourier et les points homologues) sur la "CCP" de différentes espèces d'holothuries de l'ordre des Holothuriida des eaux peu profondes de la côte Ouest algérienne afin d'évaluer la significativité des dissimilarités morphométriques de sa forme. Notons que ces deux méthodes morphométriques ont donné des résultats satisfaisants sur les variations de coquilles de patelles, notamment ceux de la patelle ferrugineuse *P.ferruginea* [divergence morphométrique entre les deux formes *Rouxii* et *Lamarcki*] (Bouzaza et Mezali, 2019). Et les études basées sur la technique des points homologues de (Ameur et Belkhira, 2018) sur le crabe marbré *Pachygrapsus marmoratus*; de (Kherbiche et Meliani, 2019) sur l'oursin livide *Paracentrotus lividus*; de (Bouhadda, 2019) sur le sar commun *Diplodussargus*; et en fin le

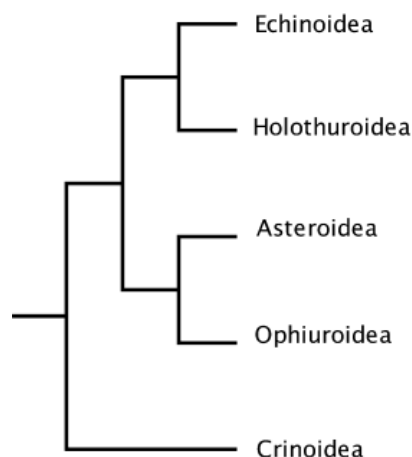
## **Introduction**

---

travail de (Lakehale et Ferhaoui, 2019) sur *P. lividus* en utilisant la technique de la transformée des ellipses de Fourier

### I. Échinodermes

Les Échinodermes forment un embranchement d'animaux marins benthiques exclusivement marins présents à toutes les profondeurs océaniques, et dont les premières traces fossiles remontent au Cambrien. Ils regroupent actuellement cinq classes : les étoiles de mer (Astérides), les oursins (Échinides), les concombres de mer (Holothuries), les Crinoïdes et les Ophiures (**Figure 01**). Très originaux, les représentants de ce groupe possèdent un certain nombre de caractéristiques uniques dans le monde animal. Les principales sont une symétrie générale pentaradiée, l'existence d'un squelette constitué de plaques osseuses articulées et percées de nombreux canalicules, et la présence d'un système aquifère. Dans l'arbre de l'évolution, ils constituent un groupe proche des chordés au sein des deutérostomiens. Plusieurs milliers d'espèces d'échinodermes éteintes sont recensées par les paléontologues, leur squelette très calcifié permettant généralement une bonne fossilisation.

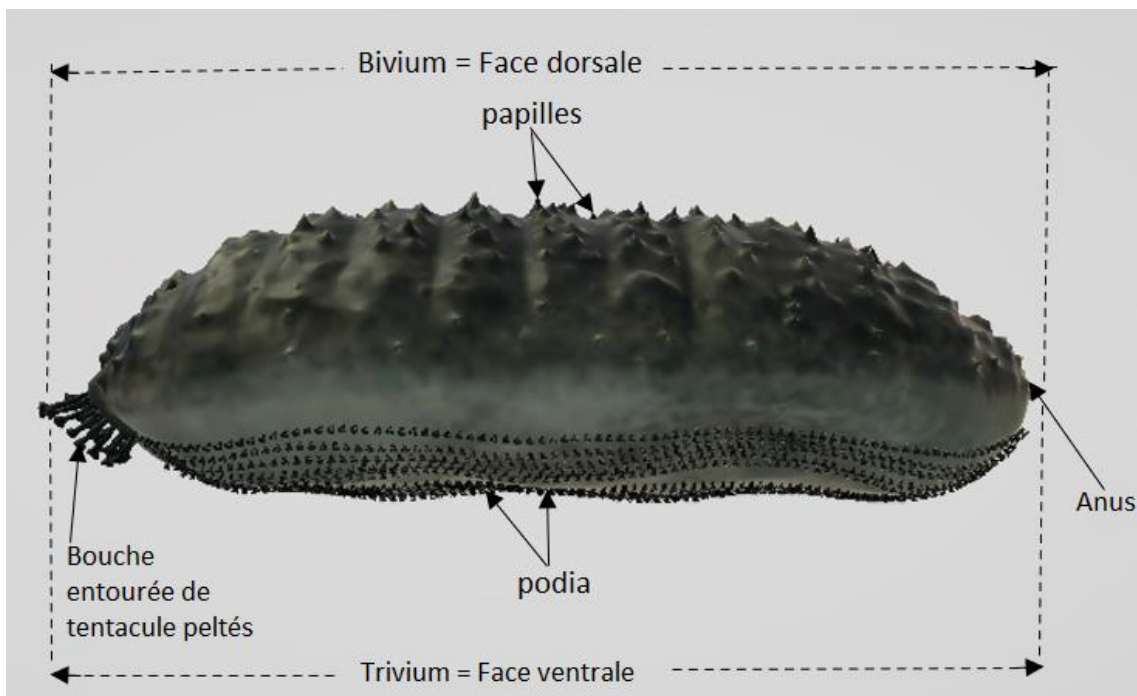


**Figure 01** :Phylogénie des Échinodermes(Janies et al., 2011)

#### I.1. Holothuries

Les holothuries ou concombres de mer sont des organismes communs de la faune benthique de tous les mers et océans (Hendler et al., 1995; Luciano et al., 2002), peuvent constituer jusqu'à 90% de la biomasse dans les écosystèmes des fonds marins (Hendler et al., 1995). Les concombres de mer vivent de la zone intertidale à l'océan profond. Dominent dans les communautés marines, à la fois en nombre d'individus et de biomasse. Elles sont couramment trouvées sur des aires de sables ou de débris coralliens, ou encore inféodées aux herbiers à *Posidonia oceanica* (Mezali, 2008). Sur ces différents substrats, les

holothuriesingèrentlesédimentetlebiofilm,retiennentlesparticulesorganiques(diatomées,protozoaires,détritus)etrejettentles éléments minéraux comme le sable (Gosliner et al., 1996). Actuellement, la classe Holothuroidea est composée de sept ordres [Dendrochirotida, Elaspodida, Holothuriida, Molpadida, Persiculida, Synallactida & Apodida],quisedistinguentd'après laprésenceoul'absencedespiedsambulacraires, laformedestentacules buccales (digités, dendritiques, pennés ou pelletés), la présenceoul'absencedemusclesrétracteursoraux,d'arbresrespiratoiresetdetubesdeCuvier(Hendler et al., 1995).Elles forment un groupe très ancien. En effet, les concombres de mer actuels sont le résultat de 400 millions d'années d'évolution (Lambert, 1997). Ils sont caractérisés par un corps mou contenant des muscles circulaires et longitudinaux, et un squelette fait de spicules calcaires.Les holothuries présentent souvent une symétrie bilatérale qui masque la symétrie radiaire pentamérique avec une face ventrale appelée trivium et une face dorsale appelée bivium (**Figure 02**). 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, ce trivium présente l'aspect d'une semelle (Toulemont, 1982). Sur le bivium, il existe également des podia sans ventouse, appelés papilles (**Figure 02**). Le nombre ainsi que l'arrangement des podia et des papilles varient selon le taxon(Samyn et al., 2006).



**Figure 02** : Anatomie externe d'une holothurie du genre *Holothuria*(MetaMorphos, 2020).

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 d'un ou de plusieurs canaux du sable,

constituent le système aquifère (**Figure 03**). 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 interradales 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. Le coelome de l'holothurie (**Figure 03**) 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 arbres respiratoires et les gonades (**Figure 03**). Le tube digestif fait une grande boucle et occupe la majeure partie de la cavité générale (**Figure 03**). 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 (**Figure 03**). Peu avant l'anous, le tube digestif s'enfle en un cloaque dans lequel débouchent les arbres respiratoires, organes en forme de buisson plus ou moins touffu qui pompent et rejettent l'eau de mer par l'anous. À la base du système respiratoire de certaines espèces d'holothuries (seulement dans la famille des Holothuriidae, **Tableau 01**) on peut observer des tubes souvent blanchâtres, dits tubes de Cuvier, pouvant être projetés à l'extérieur par l'anous. 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 (Conand, 1989; Samyn et al., 2006).

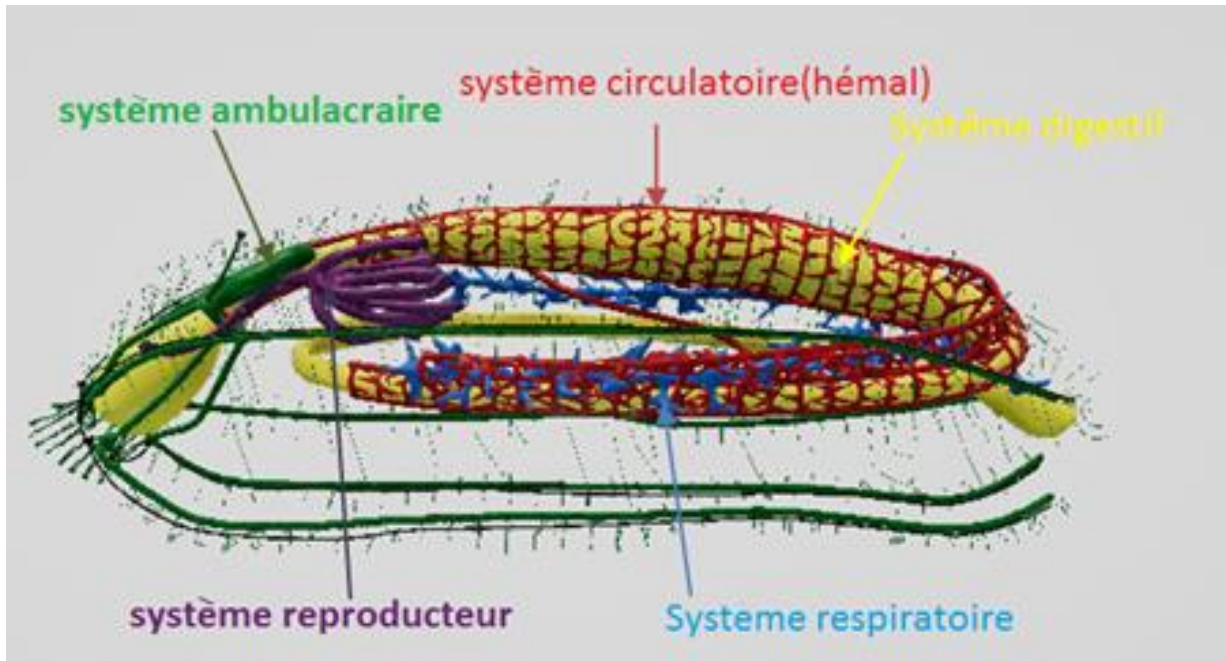


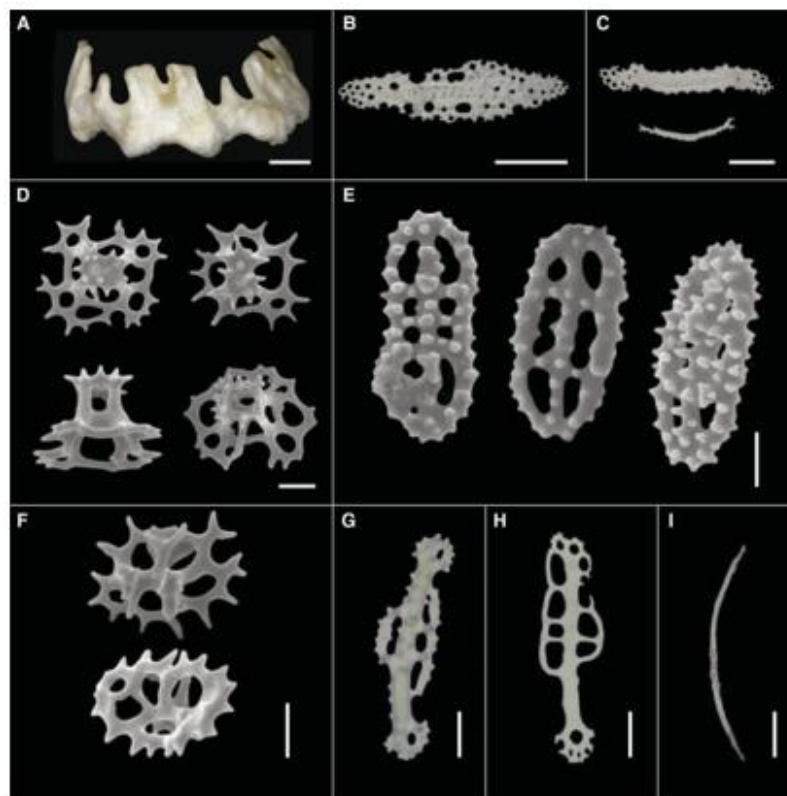
Figure 03 : Anatomie interne d'une holothurie (MetaMorphos, 2020).

Tableau 1 : Systématique des holothuries de l'ordre des Holothuriida.

<b>Phylum (Embranchement)</b>	Echinodermata Klein (1734)
<b>Sous-Embranchement</b>	Eleutherozoa Bather (1900)
<b>Super-Classe</b>	Cryptosyringida Smith (1984)
<b>Classe</b>	Holothuroidea De Blainville (1834)
<b>Ordre</b>	Holothuriida Miller, Kerr, Paulay, Reich, Wilson, Carvajal & Rouse (2017)
<b>Famille</b>	Holothuriidea Ludwig (1894)
<b>Genre</b>	<i>Holothuria</i> Linnaeus (1758)

### I.1.1. Identification des holothuries

Les holothuries n'ont pas de squelette développé, contrairement aux autres Échinodermes, à l'exception d'une couronne calcaire péripharyngienne, qui sert de support aux tentacules buccaux ainsi à de nombreuses pièces calcaires microscopiques disséminées aux dermes (**Figure 05**). L'identification des holothuries est plus difficile que celle des autres Échinodermes, ils existent peu de groupes chez lesquels les erreurs de détermination se soient montrées aussi nombreuses, et chez lesquels la synonymie soit aussi compliquée (Koehler, 1921). L'identification de tous les genres et espèces d'holothuries dépend presque entièrement de la forme de leurs structures endosquelettiques (sclérites), de la forme de l'anneau calcaire et de l'arrangement des pieds ambulacraires (Pawson et Fell, 1965). Il est à noter que la couronne calcaire est formée de pièces radiales et interradiales macroscopiques (Prata et al., 2014) [**Figure 05 ; A**]. De même, le nombre de vésicules de poli et les organes de Cuvier jouent un rôle crucial dans la détermination des espèces du genre *Holothuria* (Koehler, 1921).



**Figure 04** : Sclérites de *Holothuria (Holothuria) dakarensis* d'après Prata et al., 2014. (A) anneau calcaire ; (B) plaque perforée de tentacules ; (C) bâtonnets de tentacules perforés et simples ; (D) tourelles du trivium ; (E) boucles du bivium; (F) tourelles plus petites du bivium; (G) plaque perforée du trivium; (H) plaque perforée avec contour lisse du trivium; (I) bâtonnet incurvé des podia. Echelle: A, 1 mm; B, 100 mm; C, 50 mm; D, 20 mm; E, 20 mm; F, 25 mm; G, H, 40 mm; I, 50 mm.

### **I.1.2. Écologie**

Les différentes espèces que nous allons citer ont fait l'objet de notre étude taxonomique.

#### **I.1.2.1. *Holothuria (Roweothuria) poli (Delle Chiaje, 1823)***

*Holothuria (R.) poli* est une espèce essentiellement méditerranéenne et littorale, vivant entre (0 et -12m) de profondeur et peut même être retrouvée entre (-80 et -250m) de profondeur. Cette espèce fréquente des biotopes très variés : sable, vase détritique, roche, Caulerpe et herbier de Posidonies (Francour, 1984). Cette espèce est facilement repérable dans l'eau par la particularité de se couvrir avec une fine couche de sable, par ses pieds ambulacraires blanchâtres. *Holothuria (R.) poli* est caractérisée par des sclérites dont la surface est parfaitement lisse (Mezali, 2008; Mansouri, 2015). Les individus de cette espèce sont dépourvus des organes de défense (tubes de Cuvier).

#### **I.1.2.2. *Holothuria (Platyperona) sanctori (Delle Chiaje, 1823)***

*Holothuria (P.) sanctori* est distribuée à travers la mer Méditerranée et l'Atlantique Est. Cette espèce préfère l'ombre des substrats rocheux (Mezali, 2008) et les tombants de mattes de l'herbier à *Posidonia oceanica* (Mezali, 2004). Cette espèce présente deux morphotypes écotypiques, le premier est caractérisé par une couleur brune tandis que le deuxième est caractérisé par des taches blanches sur le bivium\* (Mezali, 2011; Mezali et Francour, 2012; Mezali et al., 2014). Des études moléculaires (amplification d'ADNr16S) ont montré que les deux morphotypes d'*Holothuria (P.) sanctori* sont génétiquement identiques et par conséquent ils représentent une seule espèce\* (Mezali, 2008, 2011; Mezali et Francour, 2012). Les deux morphotypes ont les organes de défense (tubes de Cuvier).

#### **I.1.2.3. *Holothuria (Holothuria) tubulosa (Gmelin, 1791)***

Essentiellement littorale, *Holothuria (H.) tubulosa* est l'une des espèces les plus communes de la Méditerranée (Azzolina et Harmelin, 1989). Cette espèce peut être retrouvée entre -0.5 et -100 m de profondeur et fréquente différents biotopes tel que : sable, vase, sous les pierres, à la base des rochers côtiers ainsi qu'au niveau de l'herbier à *Posidonia oceanica* (Mezali, 2008). *Holothuria (H.) tubulosa* est souvent associée à *Holothuria (R.) poli* dans l'herbier de Posidonies ou sur le fond rocheux (Francour, 1990). Cependant, l'étude systématique et phylogénétique approfondie de (Mezali, 2008; Mezali et Paulay, 2009) sur quelques espèces d'holothuries de la côte Algérienne a mis en évidence l'existence de deux morphotypes de *Holothuria (H.) tubulosa*. Selon ces auteurs le morphotype A de *Holothuria (H.) tubulosa* correspond à *Holothuria (H.) tubulosa* classique précédemment décrite par Koehler (1921) alors que le morphotype B correspondrait à une espèce d'holothurie dont les

caractéristiques sont totalement différentes à celles de *Holothuria (H.) tubulosa* A. Ce résultat a été confirmé ultérieurement dans les révisions systématiques de\*(Mansouri, 2015; Mansouri et al., 2016; Mansouri et Mezali, 2017, 2018)

### **I.1.2.4. *Holothuria (Roweothuria) arguinensis* (Koehler & Vaney, 1906)**

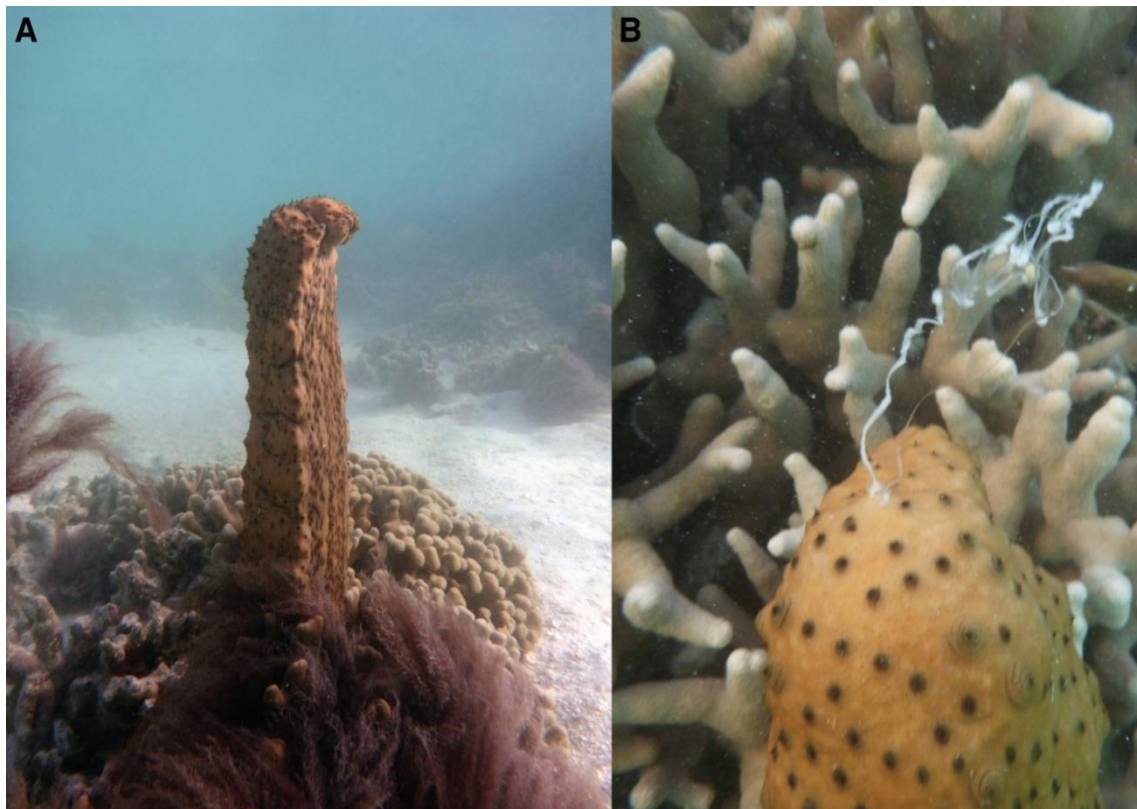
*Holothuria (R.) arguinensis* est une espèce qui fréquente la partie Nord-Est de l'Atlantique, des îles Berlengas (Portugal) au Maroc et en Mauritanie, y compris les îles Canaries(Mansouri, 2015). Elle a été signalée pour la première fois dans la mer méditerranéenne (Mer d'Alborant) en 2003 par(Ocaña et Pérez-Ruzafa, 2004). Elle fréquente en générale la zone de balancement des marées(Mansouri, 2015). Cette holothurie non indigène est capable de supporter des périodes de sécheresse pendant les marées basses(González-Wangüemert et Borrero-Pérez, 2012). Elle a été signalée pour la première fois dans la côte algérienne par (Mezali et Thandar, 2014).

## **I.2. Reproduction**

### **I.2.1. Reproduction sexuée**

Les sexes sont séparés (gonochorisme), cependant, des cas d'hermaphrodisme occasionnel ont été rapportés(Herrero-Pérezrul et al., 1999). Comme il n'y a pas eu de dimorphisme externe sexuel, le sexe est identifié par l'histologie des gonades (Gabr et al., 2004). Les espèces du genre *Holothuria* ont une seule gonade qui comporte cinq étapes de développement: indifférencié, gamétogenèse, la maturité, la ponte et postponte(Slimane-Tamacha et al., 2019).Le cycle de reproduction est annuelle, (Salgado, 1994; Fajardo-León et al., 1995). Le mode de reproduction dans la plupart des cas implique la libération des gamètes à l'eau et les larves sont planctoniques, la fécondation est externe (Hendler et al., 1995; Ruppert Barnes, 1996) [Figure 06]. Comme beaucoup d'autres Échinodermes, certaines espèces incubent leurs œufs surtout dans les régions froides, l'incubation se produit dans la zone ventrale et dorsale de l'animal. Si l'incubation a lieu dans l'eau de mer, la larve formée est appelée auricularia. La reproduction est dépendante de la densité, une faible taux de recrutement et de maturité tardive, peuvent entraîner une forte vulnérabilité des populations aux changements environnementaux et/ou pressions anthropiques(Conand, 1994; Rasolofonirina et al., 2005).Les holothuries ont la capacité de se reproduire sexuellement ou asexuellement, et il y a des corrélations entre les facteurs environnementaux et une combinaison de caractères telles que la taille du corps, la disponibilité

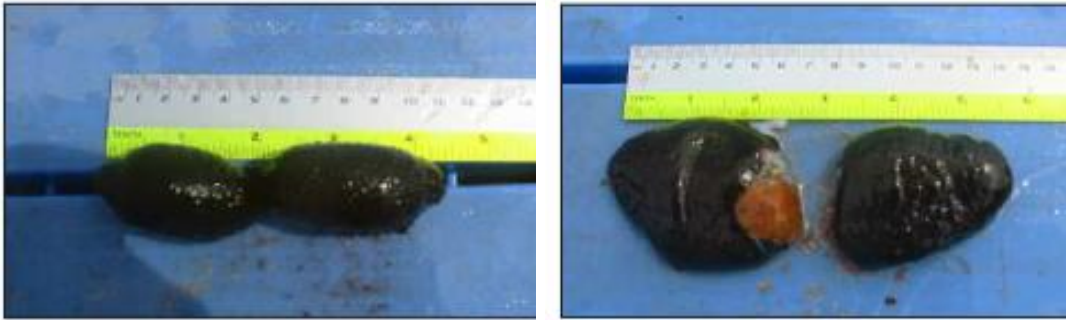
alimentaire, la stabilité de l'habitat. Ces facteurs interagissent les uns avec les autres et font partie d'un modèle qui prédit le type de reproduction qu'il présente.



**Figure 05** : Reproduction sexuée chez *Stichopus herrmanni*(Balogh et al., 2019).  
A : posture dressée typique des holothuries lors de la reproduction et B : Gamètes.

### I.2.2. Reproduction asexuée

Actuellement, il existe plusieurs études sur la reproduction asexuée autonome chez les holothuries, mais la seule forme de reproduction asexuée a été rapportée pour ces organismes est la fission(Laxminarayana, 2006) [Figure 07]. Elle est destinée à la production de nouveaux individus et ne se reproduit que chez les Holothuriida et Dendrochirotida(Pearse et Cameron, 1991). La scission des holothuries peut être produite en trois modèles. Dans la première, l'animal est fixé au substrat à l'avant et à l'arrière par l'intermédiaire de leurs pieds ambulacraires. Les extrémités commencent à se déplacer doucement dans le sens opposé, le rétrécissement et l'amincissement au milieu du corps jusqu'à ce qu'il se casse en laissant les deux parties séparées reliées que par un petit résidu, qui se décompose ultérieurement (Pearse et Cameron, 1991).



**Figure 06 :** Reproduction asexuée chez *Holothuria atra* (Laxminarayana, 2006).

### I.3. Importance économique et médicinale des holothuries

Les holothuries présentent globalement un intérêt économique important, elles sont exploitées aussi bien pour la nutrition, mais également comme appât\*(Šimunović et al., 2000; Kazanidis et al., 2010). On lui prête des vertus antiseptiques, antalgiques et même aphrodisiaques, de ce fait elles constituent un marché alimentaire et médicinal important dans le pays asiatique et certains pays européens\*(Torral-Granda et al., 2008; Purcell et al., 2010; Sicuro et al., 2012). Une fois pêchées, elles sont éviscérées et leur chair est lavée et traitée (au sel, à l'eau bouillante et à la chaleur) pour devenir le produit exporté alors appelé trévang ou "bêche-de-mer" [Figure 08]. En Turquie, *Holothuria tubulosa* est systématiquement recueillie pour la pêche palangrière (Antoniadou et Vafidis, 2011) et pour son exportation une fois traitées et conditionnées (Çakli, et al, 2004). C'est effectivement cet intérêt qui a fait que l'espèce *H. tubulosa* a été privilégiée par certaines études en Méditerranée occidentale et en mer Adriatique\*(Coulon et Jangoux, 1993; Despalatovic et al., 2004). Alors qu'en Égypte méditerranéenne, l'espèce *Holothuria arenicola*, distribuée le long des côtes d'Alexandrie, a été fortement surexploitée durant les dernières années(El-Gamal, 2012). Les insulaires du Sultanat d'Oman exploitent quand à eux *H. scabra* qu'ils sèchent et échangent contre des denrées alimentaires provenant de l'étranger (Al-Rashdi et al., 2007). Des études nutritionnelles ont rapporté des niveaux élevés de vitamines A, B1, B2 et B3, ainsi que des sels minéraux tels que le calcium, le magnésium et le zinc chez les holothuries en élevage en Chine(Chen, 2003). De même les téguments de *Holothuria tubulosa* et *Holothuria poli* sont caractérisés par la présence d'une quantité appréciable en oligoéléments(Ismail et al., 2013). Des molécules actives telles que les saponines qui présentent une importante activité hémolytique furent isolées à partir d'*Holothuria tubulosa*(Louiz et al., 2003). Les concombres de mer contiennent des acides aminés essentiels qui aident à réguler la fonction immunitaire, d'importants Oméga-3(Skandrani et al., 2013) et d'autres acides gras essentiels

intervenant dans la régulation des maladies cardiaques, certains cancers, l'asthme, la dépression, l'arthrite rhumatoïde, etc.



**Figure 07** : Préparation d'holothuries en bêche-de-mer (Samyn et al., 2006). A : Spécimens frais éviscérés par une incision longitudinale ; B : Cuisson à l'eau des spécimens éviscérés ; C : Séchage au soleil pendant plusieurs jours.

### I.4. Holothuriculture

L'augmentation de la pression de la pêche exercée sur ces espèces vulnérables en milieu naturel (Conand, 2004) est à l'origine de l'explosion du prix des holothuries transformées ou bêche-de-mer. Par conséquent, plusieurs pays ont mis en place ces dernières années des mesures de gestion rigoureuses pour protéger les populations d'holothuries en déclin (Bell et al., 2008; Friedman et al., 2008). Le prix avantageux des bêches-de-mer et la diminution des populations en milieu naturel ont particulièrement éveillé l'intérêt des organismes publics et privés qui se sont penchés sur la conception d'autres méthodes de production de bêche-de-mer, notamment par le biais de l'aquaculture\* (Pitt et Duy, 2004; Purcell, 2004; Purcell, 2005; Eeckhaut et al., 2009) [**Figure 08**]. L'aquaculture des holothuries apporterait une solution durable, en permettant à la fois de repeupler les stocks appauvris d'holothuries en milieu naturel, et de produire suffisamment de bêches-de-mer pour répondre à la demande croissante du marché asiatique.



**Figure 08** : Aquaculture des holothuries. Nutrition des géniteurs de *Holothuria (H.) Scabra*(Agudo, 2007).

## II. Morphométrie

### II.1. De la morphométrie "traditionnelle" à la morphométrie géométrique

#### II.1.1. Morphométrie "traditionnelle" inconvénients et limites

Le terme de « morphométrie » vient du grec ancien où « morphê » signifie la forme, et « metron », la mesure. La morphométrie « traditionnelle » se base sur la comparaison de distances linéaires et d'angles entre des points homologues de différents objets. Elle est un outil de biologie comparative, puisqu'elle permet de comparer la forme de différents spécimens. Cette morphométrie « traditionnelle » présente cependant de nombreux inconvénients ; ce qui explique qu'elle a ensuite évolué vers la morphométrie dite « géométrique ». Les inconvénients rencontrés en morphométrie « traditionnelle » sont liés aux mesures des distances linéaires. Tout d'abord, les distances mesurées sont fortement corrélées à la taille des individus, elles nécessitent une correction. L'utilisation de rapports de distances (indices) permet de « gommer » la différence d'échelles entre deux objets, mais entraînera nécessairement des imprécisions importantes. De plus, deux objets de formes complètement différentes peuvent présenter des distances linéaires ou des indices identiques (hauteur, largeur ...). Du fait de ces inconvénients, les relations géométriques entre les variables ne sont pas conservées, ce qui rend impossible la représentation graphique de la forme de l'objet. La morphométrie « traditionnelle » ne permet donc pas de conserver les informations de forme d'un objet, c'est-à-dire sa configuration. La morphométrie géométrique a été développée afin

de pallier ces limites, en conservant et comparant très précisément les configurations de différents objets\* (Adams et al., 2004; Frédérick, 2009; Baab et al., 2012; Perrard, 2012).

### II.1.2. Évolution vers la morphométrie géométrique

Les pionniers de la morphométrie géométrique (MG) sont les statisticiens Kendall et Bookstein (1970). (Bookstein, 1997) avait parlé d'une « révolution de la quantification », qui a conduit à la naissance de la morphométrie géométrique, dont il donne cette définition : « la morphométrie repose sur l'analyse des variations de forme et de leur covariation avec d'autres variables ». À l'instar de la morphométrie « traditionnelle », dont elle dérive, la morphométrie géométrique est utilisée en biologie comparative. Elle permet d'étudier les variations morphologiques entre les espèces. Ses objectifs sont d'une part, d'identifier les homologies ou les variations morphologiques entre différentes espèces, d'autre part de déterminer la phylogénie des espèces étudiées, c'est-à-dire d'établir les relations de parenté entre ces espèces. Leur connaissance permet de mieux comprendre l'évolution à partir d'un ancêtre commun, telle que l'a décrit Charles Darwin dans la théorie de l'évolution (Bookstein, 1997; Kendall et al., 2009). Cependant, à la différence de la morphométrie « traditionnelle », la MG va considérer la forme, indépendamment de la taille de l'objet d'étude, et va s'attacher à la « conformation géométrique » d'un objet (Bookstein, 1997; Kendall et al., 2009).

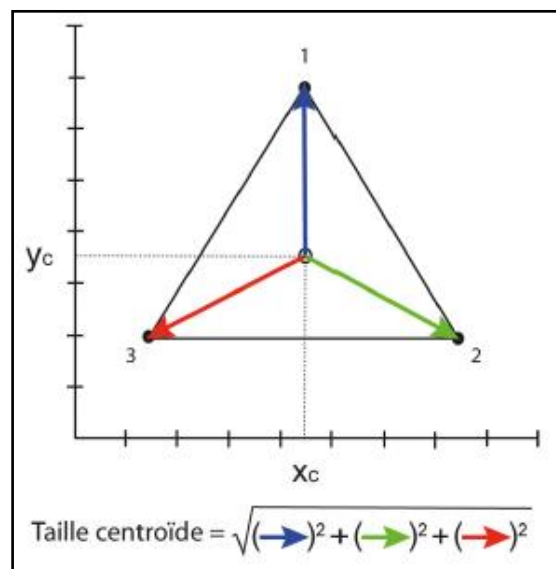
### II.1.3. Généralité sur la morphométrie géométrique

#### II.1.3.1. Notion de "conformation géométrique"

L'équation de Needham donne une définition synthétique de la conformation géométrique d'un objet : « forme = taille + conformation ». Elle définit donc la forme d'un objet comme l'association de sa taille (ou l'échelle de l'objet), et de sa conformation géométrique (Bookstein, 1997). Ainsi, la conformation géométrique correspond à la forme de l'objet, indépendamment de sa taille (« conformation = forme – taille »). Cette équation peut se vérifier, par la reconnaissance intuitive d'un objet (sa conformation géométrique) dans une représentation qui n'est ni à la même échelle ni dans la même orientation que l'original (Bookstein, 1997). C'est cette même conformation géométrique que la MG vise à quantifier. En MG, la conformation géométrique d'un objet peut être décrite par différents moyens : surfaces, courbes de contour, ou points repères. La technique des points repères est la plus utilisée, la conformation géométrique est alors décrite par les coordonnées des points repères, et reste indépendante de la taille, de la rotation et de la localisation de l'objet\* (Bookstein, 1997; Gomez-Robles et al., 2008; Perrard, 2012).

### II.1.3.2. Méthode des Points repères, Points homologues ("Landmarks")

Les points repères ou « landmarks » choisis sur un objet sont nécessaires à la description de sa conformation géométrique, lors d'une étude de MG. Il s'agit de points précis et homologues, c'est-à-dire repérables de façon certaine sur l'ensemble des individus comparés dans l'échantillon (Andrieux et al., 2002; Guipert, 2005). Cette méthode consiste à définir des points d'intérêt sur les structures étudiées, selon le but recherché, puis à les marquer au moyen de repères (extrémité d'un os, articulation, foramen, etc.). Leurs coordonnées sont ensuite relevées en 2D ou en 3D, soit directement dans un logiciel si l'on travaille sur des images, soit directement sur l'objet en 3D, à l'aide d'un pointeur laser adapté. Les effets d'échelle sont ensuite éliminés grâce au calcul de la distance, ce qui autorise enfin la réalisation de comparaisons objectives des formes étudiées. Ainsi, la morphométrie géométrique caractérise la forme d'un objet par l'ensemble des coordonnées des points mesurés et sa taille est définie de manière unique par la taille centroïde sur l'ensemble des points (**Figure 09**).



**Figure 09:** Visualisation du concept de la taille centroïde calculée à partir des trois points repères d'un triangle équilatéral. Les distances entre le centre de gravité du triangle ( $X_c$ ,  $Y_c$ ) et les points repères 1 à 3 figurées par des flèches de couleurs sont les distances utilisées pour calculer la taille centroïde selon la formule décrite sous le triangle (Cucchi et al., 2015).

La taille centroïde d'un objet correspond à la racine carrée de la somme des carrés des distances entre son centre de gravité et chacun de ses points (**Fig. X**). Pour calculer cette taille géométrique il faut tout d'abord calculer le centre de gravité (centroïde) d'une forme (ici un triangle) définie par ses points homologues (landmarks) et calculer la distance entre chacun de ces points et le centroïde. La valeur de la taille géométrique ou « taille centroïde » est ensuite obtenue par la racine carrée de la somme des carrés de chaque distance (**Figure 09**).

En somme, cette méthode analyse des coordonnées relatives de points-repères pour capturer la géométrie d'un objet. La morphométrie traditionnelle ne permet qu'une représentation partielle de la forme en sous-estimant la représentation géométrique. Au contraire, l'utilisation de points homologues a été privilégiée par les morphométriciens afin de maximiser l'information biologique (Bookstein, 1991).

### II.1.5. Analyse de Fourier

L'expression « analyse de Fourier » désigne les méthodes introduites par Joseph Fourier pour représenter une fonction quelconque sous la forme d'une somme de fonctions élémentaires. Dans sa *Théorie analytique de la chaleur*, Fourier développait une théorie décrivant la propagation de la chaleur, et aboutissait à une équation générale à laquelle ce processus obéit. Pour résoudre cette équation, Fourier entreprit, à la suite de Daniel Bernoulli, de représenter toute fonction  $f(x)$  comme une somme (une « série ») de fonctions sinusoïdales, éventuellement en nombre infini : les fonctions du type  $\sin(nx)$  où  $n$  est un nombre entier positif arbitraire. Il remarqua que quand la répartition initiale de la température est décrite par de telles sinusoïdes, les calculs d'une solution de l'équation de propagation de la chaleur se simplifient considérablement.

#### II.1.5.1. Méthode des Transformées Elliptiques de Fourier ("TEF")

La forme d'un objet peut être décrite numériquement par la décomposition de son contour en utilisant les séries de Fourier. Parmi les possibilités d'analyser les contours avec les séries de Fourier, l'analyse par les Transformées Elliptiques de Fourier est la plus répandue (Stransky et MacLellan, 2005). Elle consiste à décrire le contour d'un objet sous la forme d'une fonction périodique qui s'exprime en une somme de termes d'une série trigonométrique de sinus et de cosinus. La série trigonométrique est caractérisée par des composés appelés harmoniques (ellipses) dont les coefficients peuvent servir de variables descriptives pour la forme de l'objet. Chaque harmonique compte 4 coefficients (A, B, C et D) qui servent de variables descriptives de la forme de l'objet. Le contour de la forme est donc décrit par deux séries trigonométriques,  $x(t)$  et  $y(t)$ , correspondant aux projections du contour sur l'axe des abscisses et des ordonnées d'un repère quelconque et d'une distance ( $t$ ) mesurée le long du contour à partir d'un point arbitraire. La transformation de Fourier est donc calculée comme suit (Kuhl et Giardina, 1982; Rohlf et Archie, 1984) :

$$(x)_t = A_0/2 + \sum_{n=1}^N (A_n \cos n\omega t + B_n \sin n\omega t)$$

$$(y)_t = C_0/2 + \sum_{n=1}^N (C_n \cos n\omega t + D_n \sin n\omega t)$$

Avec :

- $A_n, B_n, C_n, D_n$  : coefficients de Fourier à la  $n^{\text{ième}}$  harmonique ;
- $\omega = 2\pi/T$  ;
- $t$  : distance de l'arc mesuré le long du contour à partir d'un point de départ arbitraire  $t \in [0, T]$ ,  $T$  étant le périmètre du contour fermé.  $T$  est aussi la période ;
- $n$  : nombre d'harmoniques ;
- $N$  : nombre total d'harmoniques utilisés pour approcher  $X(t)$ .

Pour la fonction  $x(t)$  correspondant à la projection du contour sur l'axe des abscisses, on calcule les deux coefficients de Fourier  $A_n$  et  $B_n$  :

$$A_n = T/2n^2\pi^2 \sum_{p=1}^k \Delta x_p / \Delta t_p \left( \cos\left(2n\pi t_p/T\right) - \cos\left(2n\pi t_{p-1}/T\right) \right)$$

$$B_n = T/2n^2\pi^2 \sum_{p=1}^k \Delta x_p / \Delta t_p \left( \sin\left(2n\pi t_p/T\right) - \sin\left(2n\pi t_{p-1}/T\right) \right)$$

$k$  : nombre de points du contour (indexé par  $p$ ) ;

$\Delta x_p$  : déplacement sur l'axe des abscisses du contour entre les points  $p-1$  et  $p$  ;

$\Delta t_p$  : longueur du segment linéaire compris entre les points  $p-1$  et  $p$  ;

$p$  : somme cumulée des longueurs de segments  $\Delta t_p$ .

Les coefficients  $C_n$  et  $D_n$  sont calculés de la même façon pour la fonction  $y(t)$  correspondant à la projection du contour sur l'axe des ordonnées. La transformée de Fourier permet donc de calculer à partir d'un contour fermé à  $k$  points, 4 coefficients par harmoniques ( $A_n$  et  $B_n$  pour l'axe des abscisses, et  $C_n$  et  $D_n$  pour l'axe des ordonnées). L'objectif de la transformée elliptique de Fourier (TEF) est de normaliser les contours d'un corps physique précis (**Cucchi et al., 2015**).

### II.1.6. Avantages et limites de la méthode des points homologues

L'analyse morphologique occupe une place importante en biologie. Les descriptions morphologiques qualitatives permettent seulement de déterminer les variations morphologiques grossières. C'est pourquoi des chercheurs se sont orientés vers la MG, qui permet de décrire quantitativement, et de façon très précise les variations morphologiques.

#### II.1.6.1. Avantages

- **Précision de l'analyse géométrique :**

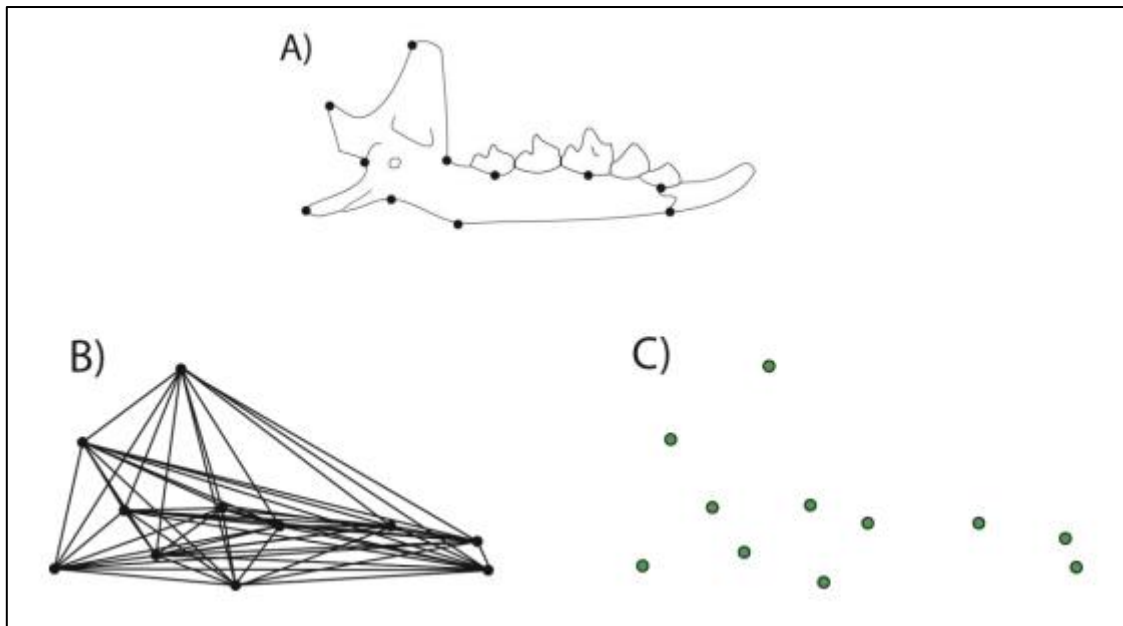
L'intérêt de la MG est de préserver la géométrie originelle des objets d'étude, grâce aux coordonnées des points repères choisis. Ces coordonnées portent l'information exacte des relations entre chacun de ces points. Ainsi, grâce à la MG, on enregistre davantage d'informations sur la forme des objets d'étude ; la première étape de collecte des données est donc beaucoup plus précise. La collecte plus précise des données géométriques permet une étude plus poussée de la morphologie des objets d'étude. La visualisation des différences de forme sera également plus performante.

- **Analyse de forme, indépendamment de la taille**

La MG permet de séparer mathématiquement les variations de forme, des variations de taille, d'orientation et de position. Ce paramètre de taille est isolé par la superposition Procruste, qui est une méthode d'alignement des conformations géométriques.

- **Diminution du nombre de variables**

Le principal avantage de la morphométrie géométrique, par rapport à la morphométrie « traditionnelle », est qu'elle nécessite un nombre de variables bien moins important pour aboutir à une description identique de la forme d'un objet : il faut moins de coordonnées (de points repères), que de distances pour décrire une forme identique. Ainsi, pour décrire un objet de forme complexe ou pour augmenter la précision d'une analyse morphométrique, le nombre de distances augmente de façon exponentielle, alors que le nombre de points repères augmente, mais de façon linéaire. Par exemple, la description d'une mandibule d'une musaraigne nécessite dix coordonnées de points repères (c'est-à-dire cinq points repères) ou dix distances, pour décrire sa forme en deux dimensions (**Figure 10**). Pour augmenter la précision, il est possible de rajouter 6 points repères (pour arriver à 11 points repères) ; il faut alors 66 distances pour arriver à une description morphométrique de précision comparable.



**Figure 10:** Description en 2D de la géométrie d'une mandibule de Musaraigne, avec 11 points repères (d'après Perrard, 2012). A : Position des points repères. B : Description par les 66 distances. C : Description par les 22 coordonnées des points repères.

### II.1.6.2. Limites

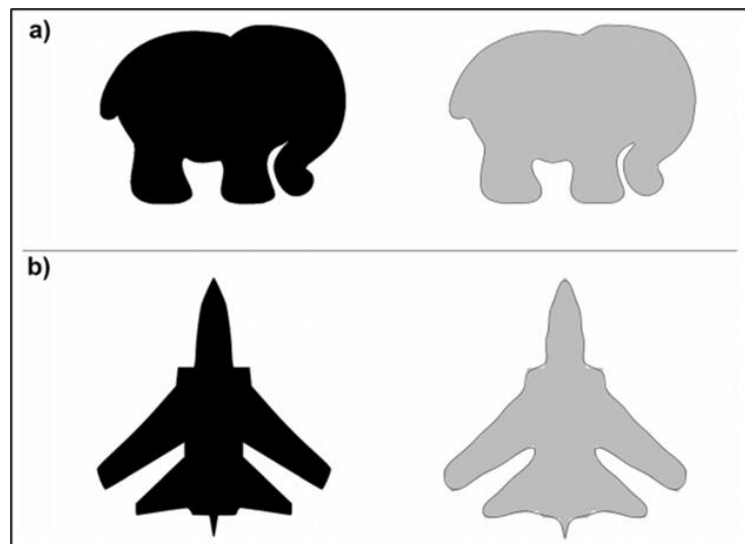
- Dans certains cas, la mise en place de la technique des points homologues (collecte, analyse et traitement des points repères) s'avère trop complexe au vu des bénéfices attendus (ex : analyse d'objets de forme simple) ;

- Cette technique est performante pour comparer des objets de formes très proches. A l'inverse, en comparant des objets de formes très différentes, il y a un risque important de perdre des informations sur les petites différences de forme ;

- L'apprentissage de la méthode des points homologues est difficile, même si certaines analyses de cette méthode morpho-géométrique peuvent être conduites facilement grâce à des logiciels informatiques, les analyses plus complexes nécessitent des connaissances approfondies dans des domaines tels que la géométrie, les mathématiques, et les statistiques. Enfin, bien que cette technique constitue aujourd'hui un outil performant pour la quantification des variations de forme, il ne s'agit pas d'une technique idéale et celle-ci reste perfectible.

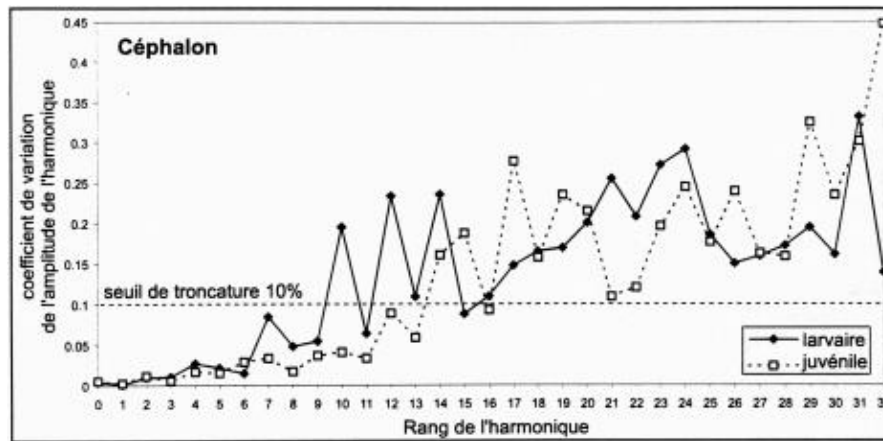
### II.1.7. Inconvénients et remarques sur la "TEF"

Lors de l'utilisation de la méthode des Transformées Elliptiques de Fourier "TEF", le nombre de paramètres à analyser est très important, il faut donc un effectif de départ élevé. De même, le résultat est dépendant souvent de l'orientation des objets ou du point de départ de l'analyse, par conséquent la standardisation de la position est recommandée, en outre, la "TEF" utilise des coefficients ou des amplitudes de chaque harmonique dans les analyses ce qui implique la diminution de l'information récupérée avec les amplitudes, mais les erreurs seront plus faibles (Caple et al., 2017). Il est important de noter que durant l'application de la méthode "TEF", l'un des principaux facteurs à prendre en considération est de sélectionner le nombre approprié d'harmoniques pour l'analyse, car cela définit la précision de l'approximation de la "TEF". Ceci peut être réalisé en i) calculant le pourcentage d'écart entre le contour de Fourier reconstruit et le contour original en utilisant une gamme de nombres d'harmoniques [Figure 11], ou ii) en inspectant le pourcentage de forme reconstituée en fonction du nombre d'harmoniques (Claude, 2008). De ce fait, nous recommandant l'utilisation de la deuxième méthode à cause de sa simplicité. Il est à signaler que les coins pointus et les bords droits constituent un gros problème pour la "TEF". Cette méthode a une faible capacité à capturer les coins pointus et les bords droits en raison de la nature elliptique du processus de capture de la "TEF" (Figure 11). Ce qui prouve l'efficacité de cette méthode sur les formes simples (Figure 11).



**Figure 11:** Reconstitution de la forme par 30 harmoniques de la "TEF" (Caple et al., 2017) : a : un objet ordinaire et b : silhouette d'un avion de chasse. À gauche (en noir) les images originales et à droite les images originales (en gris) avec reconstruction de contours par la "TEF" (ligne noire).

Par ailleurs, il faut prendre en compte l'erreur de mesure, sachant que plus le rang de l'harmonique augmente, plus sa longueur d'onde diminue et donc plus l'harmonique décrit une structure de détail (par exemple une irrégularité du contour qui n'a pas de sens biologique)(Figure 12).



**Figure 12 :** Spectre de l'erreur de mesure : 5 spécimens mesurés 5 fois en faisant varier éclairage, positionnement, mise au point. L'erreur pour chaque harmonique est estimée par le coefficient de variation (écart-type/moyenne) moyen de l'amplitude. Au seuil de 10%, on arrête la série à 8 harmoniques (larvaires) et 12 (juvéniles).

### III. L'endosquelette des holothuries comme modèle d'application de la morphogéométrie

L'identification des espèces d'holothuries est une tâche difficile. Notamment pour les espèces du genre *Holothuria*. Car ce genre ne possède pas des caractères morphologiques taxonomiquement informatif en plus d'une diversité phénotypique interspécifique élevée rencontrée entre ses espèces(Mansouri et Mezali, 2018). De ce fait, l'une des façons de procéder consiste à appliquer un traitement spécial au tégument qui permet d'en examiner les sclérites calcaires et de les comparer avec ceux des clés d'identification des holothuries. D'autres méthodes reposent sur l'utilisation de la morphométrie traditionnelle par la réalisation de certains nombres de mesures métriques sur les spicules (longueur et largeurs des boucles, diamètre de disques de tourelles, etc.) afin de constituer un jeu de données (ensemble de variables et d'observations) sur lequel on applique des analyses statistiques exploratoires et inférentielles (ACP, AFD, CAH, ANOVA.) mais le plus souvent l'interprétation des résultats reste subjective et ne reflète pas la réalité en raison du nombre immense de sclérites (+20 millions sclérites par individu, Koehler, 1921). La couronne calcaire péripharyngienne "CCP" pourrait représenter une autre alternative pour l'identification des Holothurides. D'une part, il

est macroscopique ce qui facilite son extraction et sa manipulation et d'autre part sa forme est considérée comme un caractère clés dans l'identification et la reconnaissance des taxons d'holothuries.

### I. Zone d'étude

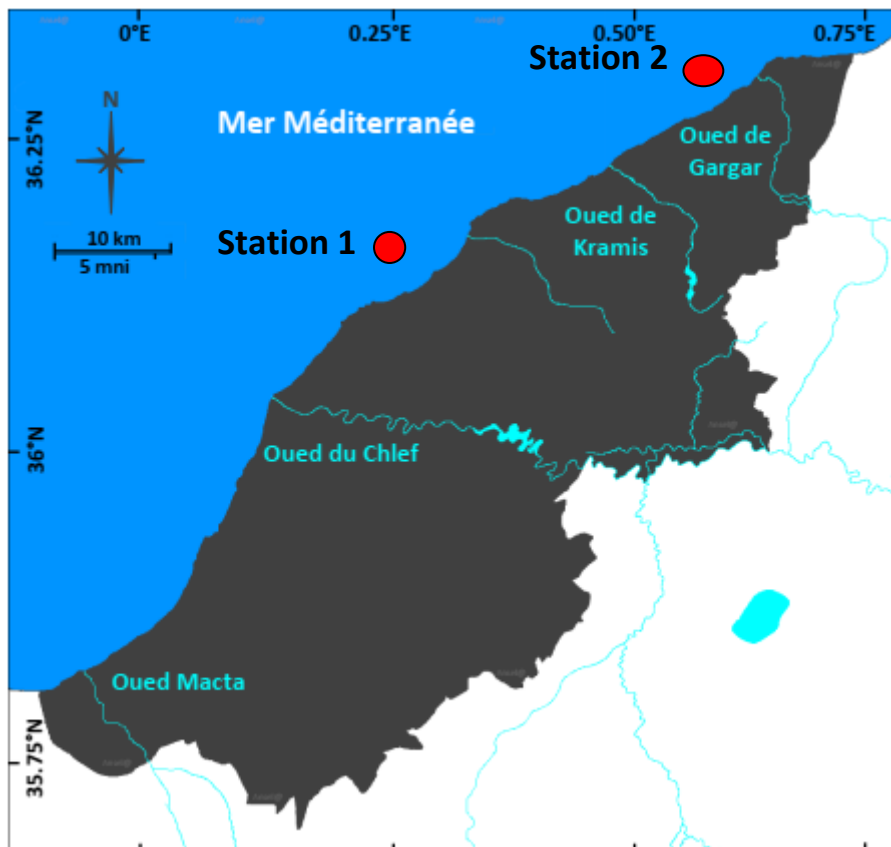
La wilaya de Mostaganem se trouve au Nord-Ouest de l'Algérie à 365 km d'Alger, elle couvre une superficie de 2269 km<sup>2</sup> avec une façade maritime de 124 km et se situe entre les coordonnées géographiques (0°8' Ouest 36°29' Nord) et (0°46' Est 35°37' Nord). Le régime caractérisant le drainage des plateaux de l'Est de la wilaya est constitué d'un certain nombre d'Oued dont les plus importants sont l'oued Kramis, l'Oued Zerifa, l'oued Roumane, l'Oued Seeddaoua (**Figure 13**). Ils sont caractérisés par un tracé court et des vallées larges profondes taillées dans les formations greso-calcaires des flancs Nord des plateaux de l'Est de Mostaganem (plateau des Achaâcha et plateau de Chouachi), ces oueds sont ponctués sur le rivage par des plages importantes et sont le siège d'une activité agricole intensive. Alors que la zone centrale du littoral est dominée par la présence de la terminaison du tracé de l'Oued Chlef. Le premier site d'échantillonnage est situé au niveau de la plage de Cap-Ivi qui relevant administrativement de la commune de Ben Abdelmalek Ramdane située à 20 kilomètres de Mostaganem (**Figure 13**). L'endroit de l'échantillonnage est délimité au Nord-Est par le complexe touristique Es-Safir et par le phare de Cap-Ivi au Sud-Ouest. Il a la forme d'une petite anse et est caractérisé par la présence des substrats rocheux. Le deuxième site (Plage de Sidi Abdelkader) à 90km à l'extrême Est de la wilaya, dans la Commune d'Achaâcha (**Figure 13**). Elle est délimitée au Nord-Est par Oued Kramis, la nature du fond est sableuse.

#### I.1. Essai de traitement de quelques échantillons récoltés

Quelques individus d'holothuries ont été prélevés dans deux stations de la côte de Mostaganem [Cap-Ivi et Sidi Abdelkader plage] avant la période de confinement (due à la pandémie Covid-19). L'échantillonnage a été réalisé en apnée sur une profondeur qui varie entre -0.5 et -2 m de fond (**Figure 14**). Un ensemble de 31 individus (toutes espèces confondues) a été récolté. Les individus prélevés ont été transportés au laboratoire de recherche (Protection, Valorisation des Ressources Marines et Littorales et Systématique Moléculaire) PVRLMSM. Au laboratoire, les échantillons ont été lavés pour éliminer toutes traces de débris et de sables qui se présentent sur leurs téguments. La longueur contractée du corps (LC) de chaque individu a été mesurée par une règle d'une précision de 0.5 cm (Mezali, 2008). De même, chaque individu fraîchement collecté a été anesthésié au chlorure de magnésium pour le relaxer afin de pouvoir photographier toutes les parties du corps (bivium, trivium, tentacules) pour la description morphologique et pour mettre en évidence toutes les structures externes qui jouent un rôle crucial dans l'identification des holothuries à savoir, le

## Matériels et Méthodes

nombre de tentacules buccaux, de papilles et l'arrangement des pieds ambulacraires. Il est à noter que l'anesthésié des holothuries nous a énormément aidés lors de l'extraction de l'anneau calcaire. Après l'extraction des couronnes calcaires, les holothurides ont été pesés pour déterminer le poids total du corps (PT). Après cela, les individus de concombre de mer ont été disséqués afin de compter les organes internes notamment le nombre de vésicules de Poli et le canal de sable. Enfin, tous les organes internes ont été éliminés afin de déduire le poids humide éviscéré (PHC) par mesure sur une balance numérique ( $\pm 0.1g$ ).



**Figure 13 :** Les deux stations d'échantillonnage (Ansel, 2019 ; modifiée). 01 : Cap-Ivi et 02 Sidi Abdelkader plage.



**Figure 14:** Prélèvement des holothuries au niveau des sites prospectés.

### **I.2. Traitement des couronnes calcaires et prises des photos**

Nous avons utilisé une technique de dégradation de la chaire et des débris de dermes qui sont collés à la surface des anneaux calcaire isolés en les exposant à une colonie de fourmis. Pour cela les couronnes calcaires ont été étiquetées et fixées sur un support et exposées au chemin des fourmis. Après un premier essai (avant le confinement), lorsqu'on s'appretait à nettoyer les anneaux calcaires après la dégradation de leurs chairs par les fourmis on a constaté que les couronnes calcaires ont viré à la couleur dorée et la plupart se sont effrités (Figure 15).



**Figure 15:**Un anneau calcaire dont la couleur a viré vers le doré.

### **I. Résultats et discussions**

#### **I.1. Biométries et caractéristiques anatomiques des holothuries étudiées**

Les principales caractéristiques biométriques et anatomiques des holothuries échantillonnées dans les deux stations d'études (Cap-Ivi et Sidi Abdelkader) sont résumées sur le tableau 02.

#### **I.2. Résultats de l'étude morphométrique par les deux méthodes (Points homologues et "TEF")**

Suite à la pandémie du COVID-19 les analyse morphométriques n'ont pas pu être réalisées puisque les laboratoires pédagogiques et les laboratoires de recherches ont été fermés par mesure de sécurité imposées par le gouvernement algérien. Les sorties sur terrain étaient interdites et a plusieurs reprises la gendarmerie nous a interdit a l'accès aux stations d'échantillonges considérées. Par conséquent, on n'avait pas suffisamment de données pour entammer a bien cet etude.

## Résultats et Discussions

**Tableau 02 :** Caractéristiques morphologiques et anatomiques des holothuries prélevées au niveau de deux stations d'échantillonnages. N : effectif ; LC : Longueur contractée ; PT : Poids total ; NT : Nombre des tentacules ; NP : Nombre de papilles ; NVP : Nombre de visicules de Poli ; NCP : Nombre de canaux de pierres (de sable) ; ETB : Épaisseur du tégument de bivium ; ETV : Épaisseur du tégument de trivium et PHE : Poids humide du corps. [moyenne  $\pm$  Écart-type].

<i>Espèce</i>	N	LC(cm)	PT (g)	NT	NP	NVP	NCP	ETB (mm)	ETV (mm)	PHC (g)	Station
<i>H. (R.) arguinensis</i>	09	23.28 $\pm$ 2.79	155.65 $\pm$ 116.22	20.50 $\pm$ 2.98	19.88 $\pm$ 3.76	1.33 $\pm$ 0.71	4.00 $\pm$ 1.58	5.16 $\pm$ 0.79	3.20 $\pm$ 0.84	-	<b>Cap-IVI</b>
<i>H. (H.) tubulosa A</i>	05	24.22 $\pm$ 3.51	157.93 $\pm$ 84.55	22.33 $\pm$ 3.51	22.00 $\pm$ 3.46	1.00 $\pm$ 0.00	1.60 $\pm$ 0.55	4.80 $\pm$ 0.80	3.66 $\pm$ 0.74	-	
<i>H. (R.) poli</i>	04	16.00 $\pm$ 1.08	54.88 $\pm$ 6.61	19.50 $\pm$ 0.71	4.00 $\pm$ 0.00	1.00 $\pm$ 0.00	1.50 $\pm$ 0.58	2.35 $\pm$ 0.00	1.80 $\pm$ 0.00	-	
<i>H. (P.) sanctori</i> (sans taches)	02	18.50 $\pm$ 2.12	115.04 $\pm$ 17.36	21.00 $\pm$ 1.41	- $\pm$	1.50 $\pm$ 0.71	1.00 $\pm$ 0.00	4.09 $\pm$ 2.14	2.26 $\pm$ 1.51	-	
<i>H. (H.) tubulosa B</i>	03	21.50 $\pm$ 0.50	95.80 $\pm$ 39.08	20.00 $\pm$ 0.00	- $\pm$	1.00 $\pm$ 0.00	2.00 $\pm$ 0.00	5.31 $\pm$ 1.01	3.40 $\pm$ 1.57	-	

## Résultats et Discussions

<i>H. (R.) poli</i>	07	19.07 ± 5.70	104.29 ± 40.47	19.33 ± 0.82	9.00 ± 3.27	1.75 ± 0.50	1.71 ± 1.11	-	-	64.57 ± 16.21	<b>Sidi Abdelkader</b>
<i>H. (H.) tubulosa B</i>	02	19.00 ± 4.24	111.00 ± 52.33	-	-	1.00 ± 0.00	3.00 ± 0.00	-	-	43.00± 18.38	

### II. Discussion

Les caractéristiques morphologiques et anatomiques des holothuries sont extrêmement importantes dans l'identification de ce groupe d'invertébrés benthiques. Nous avons enregistré un nombre moyen de tentacules de l'ordre de 19 à 22. En effet les espèces du genre *Holothuria* sont caractérisées par un nombre de tentacules qui varie entre 18 et 30 et le plus souvent les tentacules sont en nombre de 20 en moyenne (Rowe, 1969). Le nombre de papilles dorsales varie en fonction de l'espèce avec un maximum enregistré chez *Holothuria (H.) tubulosa* A et chez l'espèce non indigène *H. (R.) arguinensis*. Le plus souvent *H. (R.) arguinensis* est caractérisée par une rangée de très grosses protubérances à la limite de deux faces du corps (Mezali et Thandar, 2014; Mansouri, 2015). Ces papilles sont très visibles sous l'eau. Concernant l'épaisseur du derme de deux faces du corps d'holothuries de la présente étude, nous avons constaté que les deux espèces *H. (H.) tubulosa* B et *H. (R.) arguinensis* sont caractérisées par un tégument épais (**Tableau 02**). Sur le plan anatomique, le nombre de vésicules de Poli dépasse rarement 2 vésicules avec un maximum enregistré chez *Holothuria (R.) poli* (**Tableau 02**). De même le nombre de canaux de sable change en fonction d'espèce d'holothuride avec un maximum chez l'espèce non indigène *H. (R.) arguinensis*.

### Conclusion

La présente étude a mis l'accent d'une part sur les caractéristiques biométriques et anatomiques de quelques espèces d'holothuries de l'Ordre des Holothuriida des eaux peu profondes de deux stations de la côte de Mostaganem. L'échantillon récolté (réalisé avant le confinement) destiné pour l'étude morphogéométrique (Transformée des ellipses de Fourier et points homologues) des anneaux calcaires n'a pas été considéré vu les difficultés rencontrées lors de leurs conservations, Par conséquent, l'application des méthodes morphométriques étaient impossible. Le présent travail nous a montré l'importance de l'étude de l'anatomie externe (nombre de tentacules et de papilles dorsales) et de l'anatomie interne (nombre de vésicules de Poli, les canaux de sables...). Cependant, il est intéressant à l'avenir de perfectionner une méthode pour bonne conservation des anneaux calcaires afin de différencier les populations des espèces d'holothuries étudiées.

### Références Bibliographiques

- Adams, Dean C., F. James Rohlf, and Dennis E. Slice. 2004. 'Geometric morphometrics: ten years of progress following the 'revolution'', *Italian Journal of Zoology*, 71: 5-16.
- Agudo, Natacha. 2007. *Manuel d'écloserie d'holothuries de sable* (Secrétariat général de la Communauté du Pacifique).
- Al-Rashdi, Khalfan M., Saud S. Al-Busaidi, and Isam H. Al-Rassadi. 2007. 'Status of the sea cucumber fishery in the Sultanate of Oman', *SPC Beche-de-mer Information Bulletin*, 25: 17-21.
- Ameur, A., and M. Belkhira. 2018. 'Étude morphométrique basée sur les points homologues du crabe marbré *Pachygrabsus marmoratus* (Fabricius, 1787) au niveau de la côte de Mostaganem', *Mémoires de Master*
- Andrieux, P., D. Hadjouis, and A. Dambricourt-Malasse. 2002. 'L'identité humaine en question: nouvelles problématiques et nouvelles technologies en paléontologie humaine et en paléo-anthropologie biologique', *Éditions Artcom*.
- Ansel, M.A. 2019. 'Etude de la thonine commune *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) pêchée dans la côte de Mostaganem : Biologie, Exploitation et Contamination.', *Thèse de doctorat 3ème cycle "LMD"*: 209 p.
- Antoniadou, Chryssanthi, and Dimitris Vafidis. 2011. 'Population structure of the traditionally exploited holothurian *Holothuria tubulosa* in the south Aegean Sea', *Cahiers de biologie marine*, 52: 171-75.
- Azzolina, J. F., and J. G. Harmelin. 1989. "Répartition et fluctuations de densité de trois espèces d'holothuries (Echinodermata): résultats préliminaires." In, 219-30.
- Baab, Karen L., Kieran P. McNulty, and F. James Rohlf. 2012. 'The shape of human evolution: a geometric morphometrics perspective', *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 21: 151-65.
- Balogh, Regina, Kennedy Wolfe, and Maria Byrne. 2019. 'Gonad development and spawning of the vulnerable commercial sea cucumber, *Stichopus herrmanni*, in the southern Great Barrier Reef', *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 99: 487-95.
- Bell, Johann D., Steven W. Purcell, and Warwick J. Nash. 2008. 'Restoring small-scale fisheries for tropical sea cucumbers', *Ocean & Coastal Management*, 51: 589-93.
- Bookstein, Fred L. 1997. *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology* (Cambridge University Press).
- Bouhadda, Alaeddine. 2019. 'Etude morphométrique géométrique par la technique des points homologues du poisson *Diplodus sargus* (Linnaeus, 1758) au niveau de quelques stations de la côte algérienne', *Mémoires de Master*.

## Références Bibliographiques

---

- Bouzaza, Z., and K. Mezali. 2019. 'Variation in the shells of the endangered limpet *Patella ferruginea* (gastropoda: Patellidae) from the south western mediterranean: A geometric morphometric approach using outline shape analysis', *VIE ET MILIEU-LIFE AND ENVIRONMENT*, 69: 225-32.
- Caple, Jodi, John Byrd, and Carl N. Stephan. 2017. 'Elliptical Fourier analysis: fundamentals, applications, and value for forensic anthropology', *International Journal of Legal Medicine*, 131: 1675-90.
- Chen, Jiaxin. 2003. 'Aperçu des méthodes d'aquaculture et de mariculture d'holothuries en Chine', *La bêche-demer, bulletin de la CPS*, 18: 18-23.
- Claude, Julien. 2008. *Morphometrics with R* (Springer Science & Business Media).
- Conand, C. 1989. 'Les Holothuries Aspidochirotes du lagon de Nouvelle-Calédonie: biologie, écologie et exploitation'.
- Conand, Ch. 2004. 'Present status of world sea cucumber resources and utilization: an international overview', *Advances in sea cucumber aquaculture and management*: 13-23.
- Conand, Chantal. 1994. 'Les holothuries: ressource halieutique des lagons'.
- Coulon, Pierre, and Michel Jangoux. 1993. 'Feeding rate and sediment reworking by the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in a Mediterranean seagrass bed off Ischia Island, Italy', *Marine Ecology Progress Series*: 201-04.
- Despalatovic, Marija, Ivana Grubelic, Ante Simunovic, Boris Antolic, and Ante Zuljevic. 2004. 'Reproductive biology of the holothurian *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) in the Adriatic Sea', *Marine Biological Association of the United Kingdom. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 84: 409.
- Eeckhaut, I., T. Lavitra, R. Rasolofonirina, M. W. Rabenevanana, P. Gildas, and Michel Jangoux. 2009. 'Madagascar Holothurie SA: la première entreprise commerciale axée sur l'aquaculture des holothuries à Madagascar Bêche-de-mer', *Bulletin*, 28: 22-23.
- El-Gamal, M. M. 2012. 'Captive Spawning of *Holothuria arenicola* (Semper, 1868) from Egyptian Mediterranean Coast', *Asian Journal of Biological Sciences*, 5: 425-31.
- Fajardo-León, M. del C., E. Michel-Guerrero, J. Singh-Cabanillas, J. A. Vélez-Barajas, and A. Massó-Rojas. 1995. 'Estructura poblacional y ciclo reproductor del pepino de mar *Isostichopus fuscus* en Santa Rosalía, BCS, México', *Cienc. Pesq*, 11: 45-53.
- Francour, P 1984. 'Biomasse de l'herbier à *Posidonia oceanica*: données préliminaires pour les compartiments matte, échinodermes et poissons', Université Pierre et Marie Curie.
- Francour, Patrice. 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'.

## Références Bibliographiques

---

- Frédérich, Bruno. 2009. 'Etude de la diversité trophique des poissons demoiselles (Perciformes, Pomacentridae) par l'examen des variations du squelette céphalique à partir de leur vie récifale'.
- Friedman, K., S. Purcell, J. Bell, and C. Hair. 2008. *Sea cucumber fisheries: a manager's toolbox* (Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR)).
- Gabr, H., A. Ahmed, M. Hanafy, A. Lawrence, M. Ahmed, and S. El Etreby. 2004. 'Mariculture of sea cucumber in the Red Sea-the Egyptian experience. 373-384', *Advances in sea cucumber aquaculture*.
- Gomez-Robles, Aida, Maria Martinon-Torres, José María Bermúdez de Castro, Leyre Prado, Susana Sarmiento, and Juan Luis Arsuaga. 2008. 'Geometric morphometric analysis of the crown morphology of the lower first premolar of hominins, with special attention to Pleistocene Homo', *Journal of human evolution*, 55: 627-38.
- González-Wangüemert, Mercedes, and Giomar Borrero-Pérez. 2012. 'A new record of *Holothuria arguinensis* colonizing the Mediterranean Sea', *Marine Biodiversity Records*, 5.
- Gosliner, Terrence, David W. Behrens, and Gary C. Williams. 1996. *Coral reef animals of the Indo-Pacific: animal life from Africa to Hawaii exclusive of the vertebrates* (Sea Challengers).
- Guipert, Gaspard. 2005. 'Reconstitution et position phylétique des restes crâniens de l'Homme de Tautavel (Arago 21-47) et de Biache-Saint-Vaast 2. Apports de l'imagerie et de l'analyse tridimensionnelle'.
- Hendler, Gordon, Jessica Eden Miller, David L. Pawson, and Porter M. Kier. 1995. "Sea Stars, Sea Urchins, and Allies: Echinoderms of Florida and the Caribbean." In.
- Herrero-Pérezrul, M. D., H. Reyes Bonilla, F. García-Domínguez, and C. E. Cintra-Buenrostro. 1999. 'Reproduction and growth of *Isostichopus fuscus* (Echinodermata: Holothuroidea) in the southern Gulf of California, Mexico', *Marine Biology*, 135: 521-32.
- Ismail, Hanen Ben, Jamila Ben Souissi, Salsabil Dridi, Sami Fattouch, and Tunis Tunisie Manar. 2013. 'Composition en oligo-éléments et acides gras d'*Holothuria polii* et *Holothuria tubulosa* des côtes tunisiennes'.
- Janies, Daniel A., Janet R. Voight, and Marymegan Daly. 2011. 'Echinoderm phylogeny including *Xyloplax*, a progenetic asteroid', *Systematic biology*, 60: 420-38.
- Kazanidis, Georgios, Chryssanthi Antoniadou, Alexios P. Lolas, Nikos Neofitou, Dimitris Vafidis, Chariton Chintiroglou, and Christos Neofitou. 2010. 'Population dynamics and reproduction of *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea: Echinodermata) in the Aegean Sea', *Marine Biological Association of the United Kingdom. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90: 895.
- Kendall, David George, Dennis Barden, Thomas K. Carne, and Huiling Le. 2009. *Shape and shape theory* (John Wiley & Sons).

## Références Bibliographiques

---

- Kherbiche, Mohammed. , and Zahira. Meliani. 2019. 'Etude morpho-géométrique par la technique des points homologues de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) au niveau de quelques stations de la côte de Mostaganem', *Mémoires de Master*.
- Koehler, René. 1921. *Faune de France 1, 1* (P. Lechevalier: Paris).
- Kuhl, Frank P., and Charles R. Giardina. 1982. 'Elliptic Fourier features of a closed contour', *Computer graphics and image processing*, 18: 236-58.
- Lakehale, Zahra. , and El Batoul Amal Ferhaoui. 2019. 'Etude morphométrique géométrique sur l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) par la technique des contours de Fourier au niveau de la côte de Mostaganem', *Mémoires de Master*.
- Lambert, Philip. 1997. *Sea cucumbers of British Columbia, Southeast Alaska and Puget Sound* (UBC Press).
- Laxminarayana, A. 2006. 'Reproduction asexuée par scission transversale induite chez les espèces holothuries *Bohadschia marmorata* et *Holothuria atra*. La Bêchede-mer', *Bulletin d'information de la CPS*, 23: 35-37.
- Louiz, Ibtissem, F. Sellem, A. Tekitek, H. Langar, and A. El Abed. 2003. 'Étude des saponines isolées d'une espèce d'holothurie < *Holothuria tubulosa* > de la lagune de Bizerte'.
- Luciano, Brooke, Ashleigh Lyman, Selena McMillan, and Abby Nickels. 2002. 'The symbiotic relationship between Sea cucumbers (*Holothuriidae*) and Pearlfish (*Carapidae*)', *UCSC BioE*, 159.
- Mansouri, T. 2015. 'Phylogénie et phylogéographie de quelques espèces d'holothuries aspidochirotés de la côte algérienne (Ouest et centre)', Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Sciences de la Mer.
- Mansouri, Toufik, and Karim Mezali. 2017. 'Phylogéographie de quelques espèces d'holothuries aspidochirotés de la côte algérienne'.
- Mansouri, Toufik, and Karim Mezali. 2018. 'Taxonomic status and phylogenetic relationship of some Algerian shallow-water sea cucumber species (*Holothuroidea*: *Echinodermata*) deduced from mitochondrial DNA sequences'.
- Mansouri, Toufik, Dina Lila Soualili, and Karim Mezali. 2016. 'Sur le statut taxonomique de l'holothurie aspidochirote *Holothuria* (*Holothuria*) *tubulosa* (*Echinodermata*: *Holothuroidea*) de la côte algérienne'.
- Mezali, K, and P Francour. 2012. 'Les holothuries aspidochirotés de quelques sites des côtes algériennes: révision systématique et relations phylogénétiques', *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 137: 177-92.
- Mezali, K, and G Paulay. 2009. 'Species limits and cryptic species in Mediterranean Sea cucumber (*Holothuroidea*: *Echinodermata*)', *Mediterranean Sea Grass Workshop 2009 Hvar, Croatie*.

## Références Bibliographiques

---

- Mezali, K R. 2004. 'Micro-répartition des holothuries aspidochirotes au sein de l'herbier de Posidonies de la presqu'île de Sidi-Fredj-Algérie', *apports PV Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée, Monaco*, 37: 534.
- Mezali, Karim. 2008. 'Phylogénie, systématique, dynamique des populations et nutrition de quelques espèces d'holothuries aspidochirotes (Holothuroidea: Echinodermata) inféodées aux herbiers de posidonies de la côte Algéroise', PhD thesis, PhD thesis. University of Science and Technology Houari Boumedienne, Algiers, Algeria.
- Mezali, Karim. 2011. 'Some insights on the phylogeny of Algerian shallow-water sea cucumber species (Holothuroidea: Aspidochirotida)', *SPC Beche-de-mer Information Bulletin*, 11: 45-47.
- Mezali, Karim, Dina L. Soualili, Larbi Neghli, and Chantal Conand. 2014. 'Reproductive cycle of the sea cucumber *Holothuria (Platyperona) sanctori* (Holothuroidea: Echinodermata) in the southwestern Mediterranean Sea: interpopulation variability', *Invertebrate Reproduction & Development*, 58: 179-89.
- Mezali, Karim, and Ahmed S. Thandar. 2014. 'First record of *Holothuria (Roweothuria) arguinensis* (Echinodermata: Holothuroidea: Aspidochirotida: Holothuriidae) from the Algerian coastal waters', *Marine Biodiversity Records*, 7.
- Ocaña, A., and A. Pérez-Ruzafa. 2004. 'Los equinodermos de las costas andaluzas', *Acta Granatense*, 3: 83-136.
- Pawson, D. L., and H. B. Fell. 1965. 'A revised classification of the dendrochirote holothurians', *Breviora.*, 214: 1-7.
- Pearse, J. S., and R. A. Cameron. 1991. 'Reproduction of marine invertebrates, Vol. VI, Echinoderms and Lophophorates', *Echinodermata: Echinodea (ed. by A. C. Giese, JS Pearse & VB Pearse)*: 435-48.
- Perrard, Adrien. 2012. 'Systématique et morphométrie géométrique: l'évolution de la nervation alaire au sein du genre *Vespa* (Hyménoptères, Vespidés)'.  
*Journal of Insect Taxonomy*, 6: 1-12.
- Pitt, Rayner, and Nguyen Dinh Quang Duy. 2004. 'Breeding and rearing of the sea cucumber *Holothuria scabra* in Viet Nam', *Advances in sea cucumber aquaculture and management*, 463: 333-46.
- Prata, Jéssica, Thelma Lúcia Pereira Dias, and Martin Lindsey Christoffersen. 2014. 'Occurrence of *Holothuria (Holothuria) dakarensis* (Holothuroidea: Echinodermata) in the south-western Atlantic, with notes on distribution and ecology', *Marine Biodiversity Records*, 7.
- Purcell, Steve. 2005. 'Mise au point de techniques de repeuplement des stocks d'holothuries: nouvelles du projet Worldfish Center-CPS en Nouvelle-Calédonie. La bêche-de-mer', *Bulletin de la CPS*, 22: 30-33.
- Purcell, Steven W. 2004. 'Criteria for release strategies and evaluating the restocking of sea cucumbers'.

## Références Bibliographiques

---

- Purcell, Steven W., Alessandro Lovatelli, Marcelo Vasconcellos, and Yimin Ye. 2010. 'Managing sea cucumber fisheries with an ecosystem approach'.
- Rasolofonirina, Richard, Devarajen Vaitilingon, I. Eeckhaut, and M. Jangoux. 2005. 'Reproductive Cycle of Edible Echinoderms from the Southwestern Indian Ocean II. The Sandfish *Holothuria scabra* (Jaeger, 1833)', *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*, 4: 61-76.
- Rohlf, F. James, and James W. Archie. 1984. 'A comparison of Fourier methods for the description of wing shape in mosquitoes (Diptera: Culicidae)', *Systematic Zoology*, 33: 302-17.
- Salgado, C. L. 1994. 'Propuesta de las opciones de manejo de las pesquerías de pepinos de mar en las costas oriental y occidental de Baja California, México. Febrero 1994', *CRIP Ensenada. Informe Técnico del Instituto Nacional de la Pesca*.
- Samyn, Y, D. VandenSpiegel, and C. Massin. 2006. *Taxonomie des holothuries des Comores* (Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen).
- Sicuro, Benedetto, Manuela Piccinno, Francesco Gai, Abete Maria Cesarina, Antonio Danieli, Franco Daprà, and Silvia Mioletti. 2012. 'Food quality and safety of Mediterranean sea cucumbers *Holothuria tubulosa* and *Holothuria polii* in southern Adriatic Sea'.
- Šimunović, Ante, Corrado Piccinetti, Marija Bartulović, and Ivana Grubelić. 2000. 'Distribution and abundance of the species *Holothuria tubulosa* Gmelin, 1788 and *Holothuria forskali* Delle Chiaje, 1823 (*Holothuria*, Echinodermata) in the Adriatic Sea', *Acta Adriatica*, 41: 3-16.
- Skandrani, Y., S. Ghouaiel, N. Bouriga, M. Chalghaf, and H. Missaoui. 2013. 'Etude de la composition biochimique de l'holothurie *Holothuria polii* de Tunisie', *Rapp. Comm. int. Mer Médit*, 40: 895.
- Slimane-Tamacha, Farah, Dina Lila Soualili, and Karim Mezali. 2019. 'Reproductive biology of *Holothuria* (*Roweothuria*) *polii* (*Holothuroidea*: Echinodermata) from Oran Bay, Algeria', *SPC Beche-de-mer Information Bulletin*, 39: 47-53.
- Stransky, Christoph, and Shayne E. MacLellan. 2005. 'Species separation and zoogeography of redfish and rockfish (genus *Sebastes*) by otolith shape analysis', *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62: 2265-76.
- Toral-Granda, Verónica, Alessandro Lovatelli, Marcelo Vasconcellos, Chantal Conand, Jean-François Hamel, Annie Mercier, Steven W. Purcell, and Sven Uthicke. 2008. 'Sea cucumbers. A global review on fishery and trade', *SPC Beche de Mer Information Bulletin*, 28: 4.
- Toulemont, A. 1982. *SOUS LA MER FAUNE ET FLORE* (guide Point Vert, ed. Hatier).

### Résumé

---

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de la caractérisation morphologique, anatomique, biométrique et morpho-géométrique de quelques espèces d'holothuries de la côte de Mostaganem. Cette étude concerne l'étude des caractéristiques anatomiques, notamment ceux des organes internes de quelques espèces de concombre de mer de la côte Ouest Algérienne. De même, une étude théorique sur deux techniques morphométriques (points homologues et les Transformées Elliptiques de Fourier "TEF") a été réalisée dans le but de les utiliser ultérieurement pour l'identification des pièces calcaires (anneau calcaire et sclérites) des holothuries notamment ceux du genre *Holothuria*.

---

**Mots clés :** Organes internes, Morpho-géométrie, Points homologues ; Transformées Elliptiques de Fourier, Holothuries, Côte de Mostaganem.

---

