



DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

HAMDI CHERIF Amina et SIFOU Meriem

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE

Spécialité: Bioressources marines

THÈME

Etude morpho-géométrique de l'espèce *Stramonita haemastoma* (Linnaeus, 1767) (Gastropoda : Prosobranchia) par la technique des points homologues au niveau de la côte de Mostaganem.

Soutenu publiquement le 25 /06/2020

DEVANT LE JURY:

Président

M. MEZALI K.

Professeur

Encadreur

M. BOUZAZA Z.

Maître de Conférences B

Examineur

M. BELBACHIR N.

Maître de Conférences B

Thème réalisé au Laboratoire de Protection, Valorisation des Ressources Marines et Littorales et Systématique Moléculaire de l'université de Mostaganem

Année universitaire: 2019/2020.

Remerciement

Nous remercions d'abord le bon Dieu, le tout puissant, de nous avoir donné le courage et la force pour terminer ce modeste travail malgré les difficultés rencontrées pendant la pandémie du nouveau Corona Virus (Covid-19).

Nous tenons à remercier vivement et chaleureusement notre maître et encadreur le docteur **BOUZAZA Z.**, Maître de Conférences au département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture, pour son accueil et les conseils qu'il nous a donnés pendant toute cette année. Son soutien et sa guidance nous a beaucoup aidés lors de la réalisation de ce mémoire et nous avons beaucoup progressé avec lui. Il fut d'une aide précieuse dans les moments les plus délicats. Merci pour le temps qu'il a passé à nous encadrer.

Nous tenons aussi à exprimer notre grand respect et nos vifs remerciements envers **M. MEZALI K.**, Professeur au département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture, et directeur du laboratoire de Protection, Valorisation des Ressources Marines et Littorales et Systématique Moléculaire de l'Université de Mostaganem d'avoir accepté de présider notre soutenance.

Nos vifs remerciements vont à **M. BELBACHIR N.**, Maître de Conférences au département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture de nous avoir fait l'honneur d'accepter de juger notre travail.

Nous tenons également à remercier nos familles, nos collègues de la promotion sortante "Bioressources Marines" (BRM) (2019/2020) spécialement les deux binômes **Mlle BETTAHAR/Mlle BOUMAZA** et **BOUOUDA/ BELDJILALI** et tous les membres du département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture, sans oublier tous les professeurs qui nous ont enseignés du près scolaire jusqu'à l'Université.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en premier lieu à mes chers parents qui ont toujours été présents à mes côtés et qui m'ont toujours encouragée à chaque étape de ma vie.

Ma grand-mère, mes sœurs (**Asma et Hibat-Errahmane**), mes frères (**Abdelmadjid, Abderrahmane, Mohammed et Bahaeddine**), qui m'ont beaucoup aidé lors de la réalisation de ce mémoire et dans toute ma vie.

Que le bon Dieu les protège et les garde en bonne santé !

Je vous aime très fort.

A mon grand-père et toute ma famille, ainsi que mon binôme SIFOU Meriem, avec laquelle j'ai réalisé ce travail et avec qui j'ai vécu toutes les difficultés sans oublier toute sa famille.

Je le dédie aussi à mes chères cousines (**GUELIL Chaima et MECHEHOUD KHADIDJA**) et mes chères amies (**CHERIF Wassila et CHIGUER Amina**), et à notre voisin (**SMAIL Houari**).

Enfin, je le dédie à tous ceux qui m'ont aidé de près ou loin

Merci à vous tous.

Amina

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À mes chères parents, en reconnaissance de leurs encouragements durant toutes mes études, qui ont cru en moi, et qui m'ont fait une grande confiance, pour être et devenir la personne qu'ils souhaiteront, que dieu les protège.

À ma chère sœur **Amal** qui m'a beaucoup poussé à faire de mon mieux et ma belle **Soumia**.

À mes frères **Aymen, Ayoub**, et à toute ma famille.

À ma copine et mon binôme **Amina** pour son encouragement et sa fidele présence.

À **Hamida, Manel** et toutes mes amies et mes collègues.

Et à toute personne qui m'a aidé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Meriem

Résumé

L'espèce *Stramonita haemastoma* est un Gastéropode appartenant à la famille des Muricidae, très fréquent sur les côtes rocheuses de Méditerranée. En Algérie, très peu d'études lui ont été consacrées. De ce fait, une étude morpho-géométrique basée sur les points homologues de *S. haemastoma* (Linnaeus, 1767) a été réalisée sur la côte de Mostaganem.

Un échantillonnage de 165 individus a été réalisé au niveau de sept stations (Stidia, Salamandre, Sidi Medjdoub, Hadjedj, Ain Brahim, Sidi Abdelkader et Ouled Boughalem) depuis l'étagement médiolittorale. Les stations ont été classées en quatre groupes correspondant chacun à une région regroupant les stations les plus proches [le groupe de Stidia, le groupe de Mostaganem (Salamandre et Sidi Medjdoub), le groupe de Sidi Lakhdar (Hadjedj et Ain Brahim) et le groupe de Achaacha (Sidi Abdelkader et Ouled Boughalem)].

Les coquilles de tous les individus ont été photographiées en vue de face puis mesurées en considérant la longueur (L), la largeur (R), la distance entre l'apex et le canal antérieur (ACa) et la distance entre le canal antérieur et le canal postérieur ($CaCp$) puis elles. Les ratios R/L , ACa/L , $CaCp/L$ et $R/CaCp$ ont été calculés dans le but de réaliser une Analyse en Composantes Principales (ACP). Dans le but de réaliser l'étude morpho-géométrique une Analyse Canonique des Variances (ACV) a été réalisée en considérant 19 points homologues choisis sur les coquilles photographiées.

Les résultats de l'ACP et de l'ACV ont montré que les groupes d'individus représentant les régions d'études sont plus ou moins séparées les unes des autres.

La dissimilarité morphométrique des individus de *S. haemastoma* entre chaque groupe pourrait être causée par une spéciation allopatrique due à un isolement géographique.

Mots clés: morpho-géométrie, *Stramonita haemastoma*, points homologues, côte de Mostaganem, Analyse Canonique des Variances, spéciation.

ملخص

نوع *Stramonita haemastoma* هو بطن ينتمي إلى عائلة Muricidae ، وهو شائع جدًا على السواحل الصخرية للبحر الأبيض المتوسط. في الجزائر، تم تخصيص عدد قليل جدًا من الدراسات لهذا النوع لذلك، تم إجراء دراسة هندسية شكلية تستند إلى النقاط المتجانسة من *S. haemastoma* (Linnaeus, 1767) على ساحل مستغانم.

تم أخذ عينات من 165 شخصًا في سبع محطات (Stidia و Salamandre و Sidi Medjdoub و Hadjedj و Ain Brahim و Sidi Abdelkader و Oul Boughalem) التي تم جمعها من المرحلة المتوسطة. تم تصنيف المحطات إلى أربع مجموعات ، كل منها يقابل منطقة تجمع أقرب المحطات [مجموعة Stidia ، ومجموعة مستغانم (Salamandre و Sidi Medjdoub) ، ومجموعة (Sidi Lakhdar (Hadjedj and Ain Brahim) والمجموعة بقلم عشاشة (سيدي عبد القادر ووليد بوغالم)].

تم قياس قذائف جميع الأفراد من خلال النظر في الطول (L) والعرض (R) والمسافة بين القمة والقناة الأمامية (ACa) والمسافة بين القناة الأمامية والقناة الخلفية (CaCp) ثم تم تصويرهم أمام المنظر. تم حساب النسب R/L ، $CaCp/L$ ، ACa/L ، R/L ، بهدف إجراء تحليل المكونات الرئيسية (ACP). من أجل إجراء دراسة الشكل الهندسي، تم إجراء تحليل أساسي للتغيرات (ACV) من خلال النظر في 19 نقطة متجانسة تم اختيارها على القذائف التي تم تصويرها.

أظهرت نتائج ACP و ACV أن مجموعات الأفراد الذين يمثلون مناطق الدراسة مفصولة بشكل أو بآخر عن بعضها البعض تتميز بتباين مورفومتري خاص بكل منطقة.

يمكن أن يحدث الاختلاف المورفومتري لأفراد *S. haemastoma* بين كل مجموعة بسبب الانتواع allopatric بسبب العزلة الجغرافية.

الكلمات المفتاحية: هندسة مورفوجيومترية، الورم الدموي، *Stramonita haemastoma*، النقاط المتجانسة، ساحل مستغانم ، ACV ، الانتواع.

Abstract

The species *Stramonita haemastoma* is a Gastropod belonging to the family Muricidae, very common on the rocky coasts of the Mediterranean. In Algeria, very few studies have been devoted to this species. Therefore, a morpho-geometric study based on the homologous points of *S. haemastoma* (Linnaeus, 1767) was carried out on the coast of Mostaganem.

A sampling of 165 individuals was carried out at seven stations (Stidia, Salamandre, Sidi Medjdoub, Hadjedj, Ain Brahim, Sidi Abdelkader and Ouled Boughalem) from the mediolittoral floor. The stations have been classified into four groups; each one corresponds to a region grouping together the closest stations [the Stidia group, the Mostaganem group (Salamandre and Sidi Medjdoub), the Sidi Lakhdar group (Hadjedj and Ain Brahim) and the group of Achaacha (Sidi Abdelkader and Ouled Boughalem)].

The shells of all individuals were photographed in front view and measured by considering the length (L), the width (R), the distance between the apex and the anterior canal (ACa) and the distance between the anterior canal and the posterior canal ($CaCp$). The ratios R/L , ACa/L , $CaCp/L$ and $R/CaCp$ were calculated with the aim of carrying out a Principal Component Analysis (PCA). In order to carry out the morpho-geometric study, a Canonical Analysis of Variances (CVA) was carried out by considering 19 landmarks chosen on the photographed shells.

The results of the PCA and the CVA showed that the groups of individuals representing the study regions are more or less separated from each other.

The morphometric dissimilarity of *S. haemastoma* individuals between each group could be caused by allopatric speciation due to geographic isolation.

Keywords: morpho-geometry, *Stramonita haemastoma*, landmarks, Mostaganem coast, Canonical Variance Analysis, speciation.

*Liste des
abréviations*

Liste des abréviations

ACP : Analyse en Composantes Principales.

ACV : Analyse Canonique de Variance.

AW: Atlantic Water (Surface water of Atlantic origin. Formerly MAW, NAW, etc).

DDL: Degré de liberté (Degree of Freedom).

GPA : analyse généralisée de Procrustes.

LIW: Levantine Intermediate Water (Eaux levantines intermédiaires).

MANOVA : Multiple Analyses Of Variance (analyse multiple de variance).

P : probabilité du test (test probability).

PLD : la durée de vie larvaire pélagique "Pelagic Larval Duration".

WoRMS: World Register Marine Species.

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau 1 : Groupes représentant les stations d'échantillonnage.	35
Tableau 2 : Nombre des individus prélevés au niveau des stations d'échantillonnage.....	37
Tableau 3: Résultat de la MANOVA testant l'effet «régions » avec une approximation de Chi2 .	39
Tableau 4: Tendances des déformations des coquilles de <i>S. haemastoma</i> sur les deux axes de l'ACV.	40

*Liste des
figures*

Liste des figures

Figure 1: Les différents modèles de spéciation basé sur des subdivisions géographiques [A].	4
Figure 2 : Exemple de métapopulation [B].	7
Figure 3 : Description de la géométrie d'une mandibule de Musaraigne (Soricidae: Crocidurinae) avec 11 points repères en 2 dimensions. A. Position des points repères. B. Description par les distances (66). C. Description par les coordonnées des points-repères (22) (<i>in</i> Bouzaza, 2018).	9
Figure 4: Représentation graphique du protocole morphométrique en quatre étapes. A: Quantifier les données brutes (repères enregistrés sur l'objet à traiter, ex: corps des cichlidés), B: Supprimer la variation de non-forme (repères de 412 spécimens avant et après GPA), C: analyse statistique (CVA, voir Chapitre: Matériel et méthode) et présentation graphique des résultats. Grilles de déformation de l'échantillon moyen pour (à droite) <i>Eretmodus cyanostictus</i> et <i>Spathodus erythrodon</i> (à gauche) (Rüber et Adams, 2001).	10
Figure 5: Grille de déformation de D'Arcy Thompson's (1917) montrant les changements de conformation entre le Diodon et le poisson lune Mola.	12
Figure 6 : Carte de la Mer Méditerranée selon Abdul Malak <i>et al.</i> (2011).	13
Figure 7 : Circulation générale des eaux de surface en Méditerranéennes selon Millot (1999) revu par Durrieu de Madron <i>et al.</i> (2011).	14
Figure 8 : Différentes espèces et sous-espèces du complexe <i>Stramonita haemastoma</i> [D].	16
Figure 9 : La répartition géographique de <i>S. haemastoma</i> dans le monde [F].	18
Figure 10 : Morphologie externe de la coquille de <i>S. haemastoma</i> [G].	19
Figure 11 : Capsules d'œufs de <i>S. haemastoma</i> déposées sur des rochers sur la côte floridienne [H].	20
Figure12: Carte montrant les stations de prélèvement sur la côte de Mostaganem (En points rouge) Stidia (ST), Salamandre (SL), Sidi Medjdoub (SM), Bousquet (hadjaj) (B), Ain Brahim (AB), Sidi Abdelkader (SA) et Ouled Boughalem (OB) [I].	22
Figure 13: Site d'échantillonnage de la station de Stidia (Présent travail, 2020).	23
Figure 14: Site d'échantillonnage de la station de salamandre (Présent travail, 2020).	24
Figure 15: Site d'échantillonnage de la station de Sidi Mejdoub [J].	25
Figure 16: Site d'échantillonnage de la station de Bousquet (Hadjadj) [K].	26
Figure 17 : Site d'échantillonnage de la station d'Ain Brahim (Présent travail, 2020).	27
Figure 18: Site d'échantillonnage de la station de Sidi AbdelKader (Présent travail, 2020).	28

Figure 19: Site d'échantillonnage de la station d'Ouled Boughlem [M].	29
Figure 20: Echantillonnage des individus de au niveau du médiolittoral (Photo prise à Stidia, Présent travail).	30
Figure 21: Échantillon de <i>S. haemastoma</i> conservé pour le traitement au laboratoire (Présent travail).	30
Figure 22: Etiquetage des échantillons prélevé (Présent travail).	31
Figure 23: Des étiquètes montrant les individus (Présent travail, 2020).	32
Figure 24: Différentes mesures réalisées sur <i>Stramonita haemastoma</i> . A, mesure de longueur (L); B, mesure de la largeur (R); C, mesure de la distance entre le Canal antérieur et le Canal postérieur (CaCp); D, mesure de la distance entre l'Apex et le Canal antérieur (ACa) (Présent travail, 2020).	33
Figure 25: Prise de photo des coquilles de <i>S. haemastoma</i> (Photo prise par Hamdi-Cherif et Sifou, 2020).	35
Figure 26: Différents points homologues réalisés sur <i>S. haemastoma</i> pour l'étude morphogéométrique (Présent travail, 2020).	36
Figure 27: ACP des variables et des individus de <i>S. haemastoma</i> de notre étude réalisée par PAST (Hammer, 2001). •, Stidia ; +, Mostaganem ; □, Sidi Lakhdar ; ×, Achaacha.	39
Figure 28: Superposition de tous les points homologues procrustes sur tous les individus étudiés réalisé par le programme IMP (Rohlf, 1993). A, position des points homologues avant traitement sur une vraie coquille de <i>S. haemastoma</i> ; B, position des points homologues superposés suivant le modèle de répartition procrustes.	39
Figure 29: Résultat de l' « ACV » par rapport aux stations. A, Projection des points homologues des individus des différentes stations ; B, Distribution du nuage de point de l' « ACV ». •, Stidia; ×, Mostaganem; ★, Sidi Lakhdar; ■, Achaacha.	39

Sommaire

Sommaire

Introduction.....	1
Chapitre I: Revue bibliographique	
I. Notions et principes de base.....	2
I. 1. Le concept de l'espèce.....	2
I. 1. 1. Le concept typologique (essentialiste)	2
I. 1. 2. Le concept nominaliste	3
I. 1. 3. Le concept populationnel (ou biologique)	3
I. 2. La spéciation est ses différents modes.....	3
I.2.1.La spéciation allopatrique	5
I. 2. 2. La spéciation sympatrique	5
I. 2. 3. La spéciation parapatrique	5
I. 2. 4. La spéciation péripatrique	5
I. 3. Connectivité des populations	5
I. 3. 1. Population et métapopulation	5
I. 3. 2. La migration en milieu marin	7
I. 3. 3. La phase larvaire.....	7
I. 4. Rôle et principe des études morphométriques	8
I. 5. La méthode des points homologues	9
II. La mer Méditerranée comme zone d'étude.....	12
II.1. Courantologie	13
II. 1. 1. Les eaux de surface.....	14
III. L'espèce <i>Stramonita haemastoma</i> (Linnaeus, 1767).....	15
III. 1. Taxinomie, synonymie et répartition de <i>S. haemastoma</i>	16
III. 1. 1. Taxinomie de <i>S. haemastoma</i>	16
III. 1. 2. Synonymies de l'espèce <i>Stramonita haemastoma</i> selon le "WoRMS" [D] :.....	17
III. 1. 3. Répartition géographique.....	17
III.2. Biologie, écologie et exploitation de <i>S. haemastoma</i>.....	18

III.2.1. La morphologie de <i>S. haemastoma</i>	18
III. 2. 2. Habitat et nutrition	19
III. 2. 3. Reproduction	19
III. 2. 4. Importance de cette espèce dans les études morphométriques.....	20

Chapitre II : Matériel et méthodes

I. Description de la zone d'étude.....	21
I.1. Description de la côte de Mostaganem.....	21
I.1.1. Caractéristiques physicochimiques de la côte de Mostaganem	21
I. 2. Choix des stations de prélèvement	21
I.3.1. Description de la zone du Site de Stidia	22
I.3.2. Description la zone de Salamandre	23
I. 3. 3. Description la zone de Sidi Mejdoub	24
I. 3. 4. Description la zone de Bousquet (Hadjadj)	25
I.3.5. Description la zone d'Ain Brahim	26
I. 3. 6. Description la zone de Sidi Abdelkader	27
I. 3. 7. Description la zone d'Ouled Boughalem.....	28
II. Méthodologie.....	29
II.1. Collecte des échantillons	29
II.2. Mesures biométriques	31
II.3. Analyses multivariées.....	33
II.3.1. Analyse en Composantes Principales (ACP).....	33
II. 3. 2. Etude de la disparité par les points homologues.....	34
II. 4 .Analyse Canonique des Variances (ACV).....	36

Chapitre III : Résultats et discussion

I. Résultats	37
I. 1. Analyses multivariées (ACP)	37
I. 2. Etude de la disparité morphométrique par les points homologues	38
II. Discussion.....	41

Conclusion..... 43
Références bibliographiques 44

INTRODUCTION

Introduction

Le gastéropode Muricide *Stramonita haemastoma* (Linnaeus, 1767) est un escargot prédateur relativement grand trouvé dans les habitats littoraux rocheux des eaux tempérées chaudes de l'océan Atlantique occidental à l'est Mer Méditerranée (**Butler, 1985; Barash et Danin, 1992**).

En mer Méditerranée, *S. haemastoma* est un grand consommateur largement distribué qui adopte des stratégies opportunistes pour consommer un grand nombre d'espèces (**Basedow, 1994**). Par exemple, en Méditerranée, c'était un prédateur important de la moule indigène *Mytilaster minimus* (Poli, 1795), mais préfère maintenant s'attaquer à la moule envahissante migratrice lessepsienne *Brachidontes pharaonis* (Fischer, 1870) où cette espèce est présente (**Giacoletti et al., 2016**).

Selon **D'Asaro (1966)** ; **Roller et Stickle (1988)**, cette espèce peut causer de graves dommages dans les zones ostréicoles. *Stramonita haemastoma* est l'un des principaux prédateurs d'huîtres et de moules dans les installations d'aquaculture de coquillages sur la côte de Santa Catarina, Brésil (**Ferreira et Magalhães, 2004; Nascimento et Pereira, 2004; Poli, 2004**). Le fait que *S. haemastoma* inclut certains Mollusques économiquement exploités dans son alimentation (Patelles, moules...) maximise l'importance de comprendre ses relations écologiques.

Les études portant sur l'espèce *S. haemastoma* sont plus rares en Méditerranée et limités à des aspects tels que l'abondance et structure de la population (**Rilov et al., 2001**) et imposex (**Rilov et al., 2000; Chiavarini et al., 2003; Lemghich et Benajiba, 2007; Lahbib et al., 2010**). **Barash et Zenziper, 1980**) a décrit le frai dans certaines régions méditerranéennes les gastéropodes dont *S. haemastoma*, mais sans fournir d'informations sur le développement intracapsulaire.

L'objectif de ce travail est de réaliser une étude morphométrique par la technique des points homologues sur *Stramonita haemastoma* au niveau de quelques stations de la côte de Mostaganem afin de comprendre quels sont les effets environnementaux pouvant agir sur la connectivité inter/intra-population de cette espèce.

Chapitre I

I. Notions et principes de base

I. 1. Le concept de l'espèce

L'espèce est l'une des échelles d'étude de la biodiversité avec le gène et l'écosystème. Elle paraît pourvue d'un statut particulier dans l'arbre du vivant au premier niveau de la systématique dans les classifications non cladistiques. Cette correspondance entre dénomination populaire et scientifique n'existe plus quand on s'intéresse à des niveaux taxinomiques supérieurs à l'espèce. L'espèce peut ainsi apparaître comme un concept naturel (**Clamens et Allano, 2012**).

Historiquement, en morphologie : l'espèce considère des individus qui se ressemblent. Comme cette définition est fondée sur la description d'un individu de référence conservé en muséum, un type, elle est qualifiée de typologique. Ignorant le polymorphisme, relevant donc d'une conception fixiste du vivant, proprement dite non évolutionniste, elle présente d'évidentes limites tel que les dimorphismes sexuels, la variation géographique ou les **espèces jumelles**¹ (**Clamens et Allano, 2012**).

La définition de l'espèce se diffère d'un savant à un autre : selon John Ray, « l'espèce est l'ensemble de tous les variant qui sont potentiellement les rejetons des mêmes parents » et Buffon la définit comme « une succession constante d'individus similaires qui peuvent se reproduire ensemble ». Cette définition est celle qui a cours aujourd'hui, et la formalisation historiquement la plus utilisée en revient à Ernst Mayr: « Les espèces sont des groupes de populations naturelles capables d'intercroisement et qui sont reproductivement isolés d'autres groupes semblables » (**Clamens et Allano, 2012**).

Par ailleurs, **Le Guyader (2002)** voulait faciliter la tâche en regroupant ces diverses définitions sous trois rubriques différentes: le concept typologique, le concept nominaliste et le concept populationnel.

I. 1. 1. Le concept typologique (essentialiste)

Adopté par le fondateur du système hiérarchique de la systématique «Carl Von Linné», qui est toujours actuellement en vigueur. Ce concept relève d'un climat pré-évolutionniste. Les essentialistes voient qu'il n'existe dans la nature qu'un nombre limité de types, au sens platonicien du terme. Les organismes vivants sont la matérialisation, l'actualisation d'une essence ou d'un type. Ce que l'on appelle actuellement la variation intraspécifique ou polymorphisme. Cette dernière ne résulterait, pour les essentialistes, que d'une imperfection dans le passage de l'essence à la matière. Là, pour Linné et la majorité de ses contemporains, l'espèce correspond à une catégorie naturelle,

¹ Des espèces qui présentent de fortes ressemblances morphologiques (**Clamens et Allano, 2012**).

comme d'ailleurs le genre. Ce qui a donné à Linné l'idée de proposer de nommer tout organisme vivant selon la dénomination binominale. Cette dénomination sera acceptée et, au XIXe siècle, codifiée.

Ainsi, chaque organisme sera nommé par un nom de genre et un nom d'espèce, suivi entre parenthèses par le nom de l'auteur de la première description, accompagné de l'année de publication. Le temps des publications correspond à la dixième édition de 1758 du *Systema naturae* de Linné.

Par exemple: pour *Stramonita haemastoma* le genre est *Stramonita* et l'espèce est *Stramonita haemastoma* (Linnaeus, 1767).

I. 1. 2. Le concept nominaliste

Ce concept donne une importance aux individus sans voir les universaux. L'homme utilise un nom pour les associer à l'aide du langage. Il sera vite abandonné dans la biologie contemporaine sans laisser aucune trace, mais certains naturalistes, tel Buffon ou Lamarck, l'ont accepté à un moment de leur vie.

I. 1. 3. Le concept populationnel (ou biologique)

Ce concept s'est imposé après l'avènement de la génétique, prenant en considération la définition de **Mayr (1942)**, « une espèce est un groupe de populations naturelles au sein duquel les individus peuvent, réellement ou potentiellement, échanger du matériel génétique ; toute espèce est séparée des autres par des mécanismes d'isolement reproductif » (**Le Guyader, 2002**).

I. 2. La spéciation est ses différents modes

La spéciation est le résultat de processus évolutifs qui génèrent des barrières au flux des gènes entre les populations, facilitant l'isolement reproductif. La spéciation est généralement étudiée via des modèles théoriques et des tests instantanés dans les populations naturelles (**White et al., 2020**).

Les modes de spéciation sont classés selon le degré de divergence géographique des aires de distribution des taxa en formation, ce qui facilite la représentation graphique (**Fig. 1**).

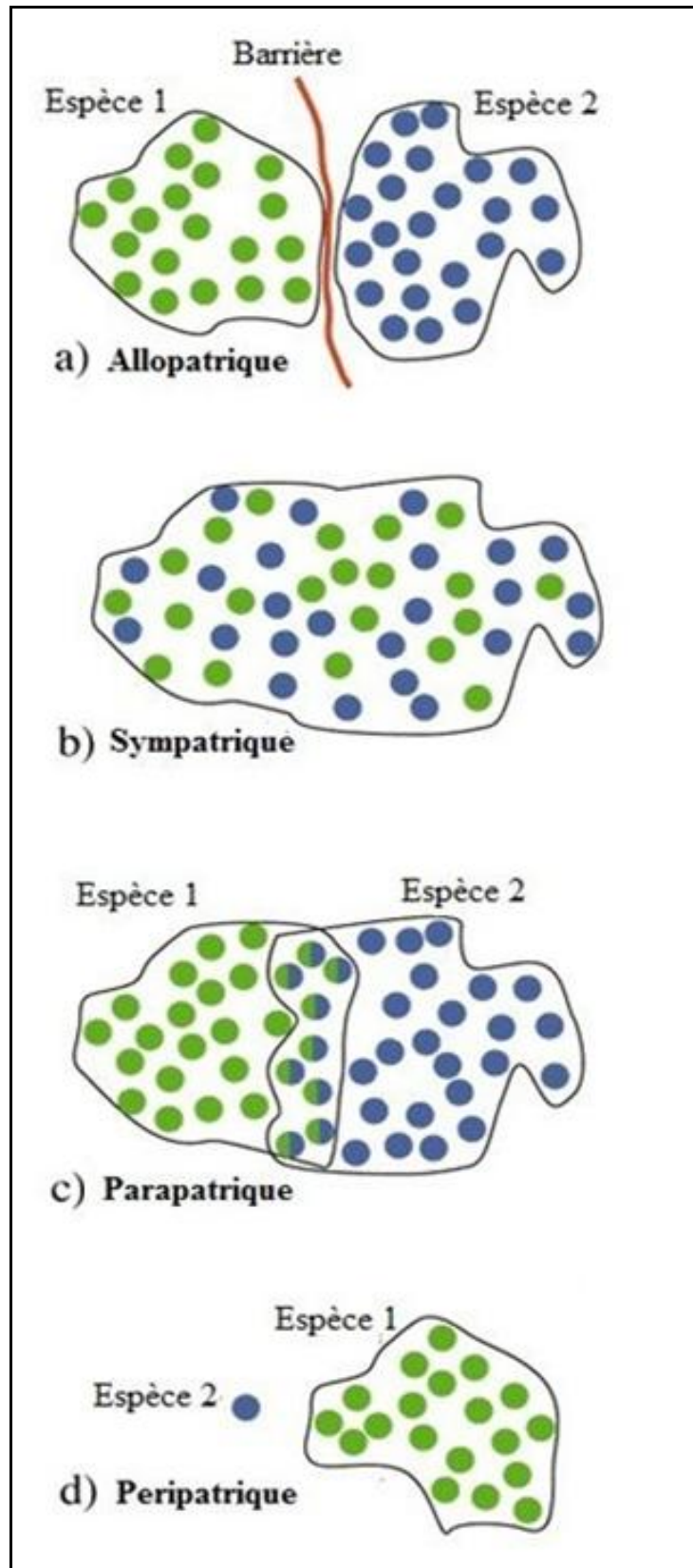


Figure 1: Les différents modèles de spéciation basé sur des subdivisions géographiques [A].

I.2.1. La spéciation allopatrique

La définition de la spéciation allopatrique (**Fig. 1a**) ou spéciation géographique a été donnée par **Mayr (1942)** : « Chez les animaux à reproduction sexuée, une nouvelle espèce se forme quand une population qui est géographiquement isolée des autres populations de son espèce d'origine acquiert, durant la période d'isolement, des caractères qui fournissent ou garantissent un isolement reproductif lorsque disparaissent les barrières externes », Le mode de spéciation allopatrique est certainement très fréquent et selon Mayr, il serait le plus répandu chez les vertébrés et exclusif chez les oiseaux (**Dajoz, 2012**).

I. 2. 2. La spéciation sympatrique

Là, des barrières reproductives entre individus évoluent à l'intérieur d'une seule et même région géographique (**Fig. 1b**). La différence entre ces deux modes de spéciation est la géographie et la possibilité de flux de gènes entre les taxa durant le processus de spéciation.

I. 2. 3. La spéciation parapatrique

Elle est intermédiaire entre les deux précédents modes de spéciation. Dans ce cas, l'isolement reproducteur évolue entre des populations dont les aires de distribution sont adjacentes et entre lesquelles les échanges de gènes sont possibles mais limités (**Fig. 1c**).

I. 2. 4. La spéciation péripatrique

C'est une variante de la spéciation allopatrique par effet de fondation. Dans ce cas, la population initiale ne se scinde pas en deux ensembles équivalents mais un petit nombre d'individus est isolé de la population initiale (**Fig. 1d**). Au sein de cette population d'effectif réduit, la différenciation génétique avec la population initiale s'accroît du fait de la dérive génétique. L'effet de fondation est un mécanisme de spéciation qui semble plus rapide que celui de la spéciation allopatrique. Le mode de spéciation sympatrique décrit la formation de deux espèces au sein d'une même population, c'est-à-dire sur la même aire de distribution géographique.

I. 3. Connectivité des populations

I. 3. 1. Population et métapopulation

I. 3. 1. 1. Population

La notion de population repose sur l'existence d'une structure intermédiaire entre l'individu et l'espèce. Elle implique aussi que la population est le lieu d'émergence de propriétés nouvelles qu'on ne peut pas déduire de la connaissance des individus qui la composent (**Mayr, 1998**). L'existence de populations implique que par exemple tous les individus d'une espèce ne se

répartissent pas au hasard dans l'aire de distribution de l'espèce. Au contraire, ils sont distribués selon des motifs particuliers, les structures spatiales, liées en particulier à l'hétérogénéité de l'habitat.

Pour d'autres espèces, la structuration relève plutôt d'une origine sociale dans la mesure où certains individus entretiennent entre eux des relations privilégiées en particulier pour leur reproduction (**Debouzi, 1999**).

Les définitions de la population proposées par les généticiens et les biologistes des populations ont suivi des chemins assez parallèles depuis le début du siècle. En génétique des populations, on doit à **Wright (1931)** la première définition d'une population "ensemble d'individus partageant le même pool génique ou ensemble d'individus pour lesquels la loi de **Hardy-Weinberg**² s'applique". Ces populations mendéliennes sont des constructions mathématiques indispensables aux généticiens des populations; elles ne préjugent en rien de l'organisation réelle des individus d'une espèce dans leurs divers habitats.

I. 3. 1. 2. Métapopulation

Système de populations locales interagissant entre elles par le biais de la migration d'individus. Un tel système peut résister à l'extinction grâce aux flux d'individus entre populations ; on parle d'« effet secours » ou de « recolonisation » après une extinction locale (**Hanski et Simberloff, 1997 in Baguette et al., 2013**). La définition originelle de métapopulation implique selon certains auteurs que chaque population locale a une probabilité non nulle d'extinction. Elle contient donc un paramètre supplémentaire par rapport à la simple notion de population globale composée de plusieurs populations locales interconnectées. Par conséquent ce terme ne correspond pas nécessairement à tous les systèmes de populations présents dans la nature (**Barbara et al., 2019**).

Une métapopulation peut être vue comme un réseau de populations locales partiellement isolées. La migration entre populations est suffisamment importante pour que ces échanges influencent les populations locales, tout en conservant une certaine indépendance dans leurs dynamiques (**Fig. 2**).

² Dans une population isolée d'effectif illimité, non soumise à la sélection, et en l'absence de mutation, les fréquences alléliques restent constantes. Cette situation correspond à une panmixie et une telle population est dite panmictique ou mendélienne (**Debouzi, 1999**).

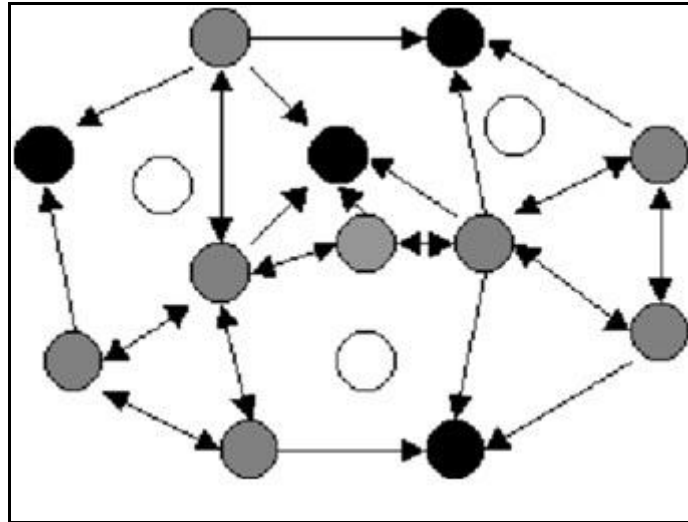


Figure 2 : Exemple de métapopulation [B].

I. 3. 2. La migration en milieu marin

Aux différents stades de vies des poissons, Mollusques, Crustacés... (Œuf, larve, juvénile, adulte) correspondent des préférences pour différents habitats. Les comportements des espèces peuvent conduire à ce que certaines zones côtières ou plus au large constituent des zones de reproduction, des zones de nurserie pour leur croissance ou des zones de migrations y compris pour les espèces amphihalines. On peut différencier deux types de migrations : Les migrations qui ont lieu en mer entre deux zones différentes (migrations holobiotiques); Les migrations qui ont lieu entre eaux douces et la mer ou inversement (migrations amphibiotiques) [C].

À noter qu'une migration peut être active (déplacement physique), subie (l'individu est emporté par l'hôte sur lequel il est fixé) ou passive (larves). Les espèces amphihalines - telles que l'anguille, l'Alose, la lamproie - ont pour leur part besoin de passer de l'eau salée à l'eau douce et vice versa durant leur cycle de vie [C].

I. 3. 3. La phase larvaire

La plupart des invertébrés benthiques des grands fonds ont un développement larvaire lécithotrophique (Scheltema, 1972; Rokop, 1979; Tyler, 1980; Tyler et al., 1982), soutenant généralement les prédictions théoriques selon lesquelles le régime sélectif des grands fonds devrait favoriser ce type larvaire (Thorson, 1950; Vance, 1973; Christlansen et Fenchel, 1979; Sanders, 1979). Cependant, des preuves de la taille des œufs et de la morphologie larvaire a révélé l'existence d'espèces qui semblent avoir un développement lécithotrophique (Bouchet, 1976 a, b; Bouchet et Waren, 1979; Rex et al., 1979; Lutz et al., 1980) tel que les Echinodermes (Tyler, 1980 ; Tyler et Pain, 1982 ; Tyler et Gage, 1984) et les Crustacés Décapodes (Kelly et Hi, 1982). Les

Gastéropodes prosobranches (les escargots marin en particulier) se caractérisent par une proportion inhabituellement élevée d'espèces dont les coquilles larvaires indiquent un développement lécithotrophique (**Bouchet, 1976a, b; Bouchet et Waren, 1979**) (*in Killingley et Michael, 1985*).

Selon les études réalisées par **Rigal (2009)**, la phase larvaire apparaît comme une étape fondamentale du cycle de vie des invertébrés marins à cycle benthopélagique puisque la larve est l'unique vecteur de dispersion. Elle joue ainsi un rôle fondamental dans la connectivité des populations en permettant la cohésion démographique et génétique de l'espèce à travers l'espace, la persistance de populations malgré des extinctions locales, et la possibilité de colonisations de nouveaux habitats favorables.

De plus, la présence d'une phase larvaire peut conférer un avantage chez les espèces invasives puisque la larve peut intervenir à toutes les étapes de l'invasion, de l'installation initiale jusqu'à l'expansion de l'espèce au sein de l'aire d'introduction.

La phase larvaire reste cependant une étape sensible puisque ces avantages sont contre-balançés par une forte mortalité et une forte sensibilité aux stress environnementaux prévalant durant toute la vie pélagique (**Pechenik, 1999**). Cette sensibilité va avoir pour conséquence d'importantes fluctuations de la quantité de larves disponibles dans le milieu et de la durée de vie larvaire pélagique "Pelagic Larval Duration" (PLD) donc des répercussions sur la dynamique des populations de l'espèce.

I. 4. Rôle et principe des études morphométriques

La morphométrie repose sur l'analyse des variations de formes et de leur covariation avec d'autres variables (**Bookstein, 1991**). On distingue aujourd'hui la morphométrie dite traditionnelle, qui se base sur des mesures de distances entre points plus ou moins homologues (sur des organismes ou leurs parties), de la morphométrie géométrique, qui considère la forme de façon indépendante de la taille en tant que conformation géométrique. La forme est donc l'aspect physique d'un objet dans l'espace. Elle est composée de deux éléments : la taille, c'est-à-dire l'échelle de l'objet, et la conformation, l'information spatiale hors échelle intrinsèque à l'objet.

L'un des avantages de la morphométrie géométrique sur la morphométrie traditionnelle est qu'elle capture complètement la géométrie d'un objet en minimisant le nombre de variables qui décrivent cette forme. En effet, la représentation exhaustive d'un objet en termes de distances est souvent moins parcimonieuse que sa représentation par les coordonnées des points mesurés. Ainsi, quand le nombre de points augmente, à cause de la complexité de la forme ou simplement pour en affiner la

description, le nombre de mesures de distances nécessaires pour appréhender cette même géométrie augmente de façon exponentielle alors que le nombre de variables géométriques, les coordonnées de ces points-repères, augmente de façon linéaire.

Par exemple, il faut 10 coordonnées ou 10 mesures de distances pour appréhender la totalité de la géométrie d'une mandibule décrite par 5 points-repères en 2 dimensions ; si cette forme est décrite par 11 points-repères, il faut 22 coordonnées ou 66 distances (**Fig. 3**).

Un sous-échantillonnage de ce nombre de distances permet néanmoins de tirer des informations importantes sur la forme, mais il est alors impossible de représenter graphiquement la forme étudiée et ses variations dans l'espace. L'interprétation des informations quantitatives étudiées devient alors rapidement compliquée.

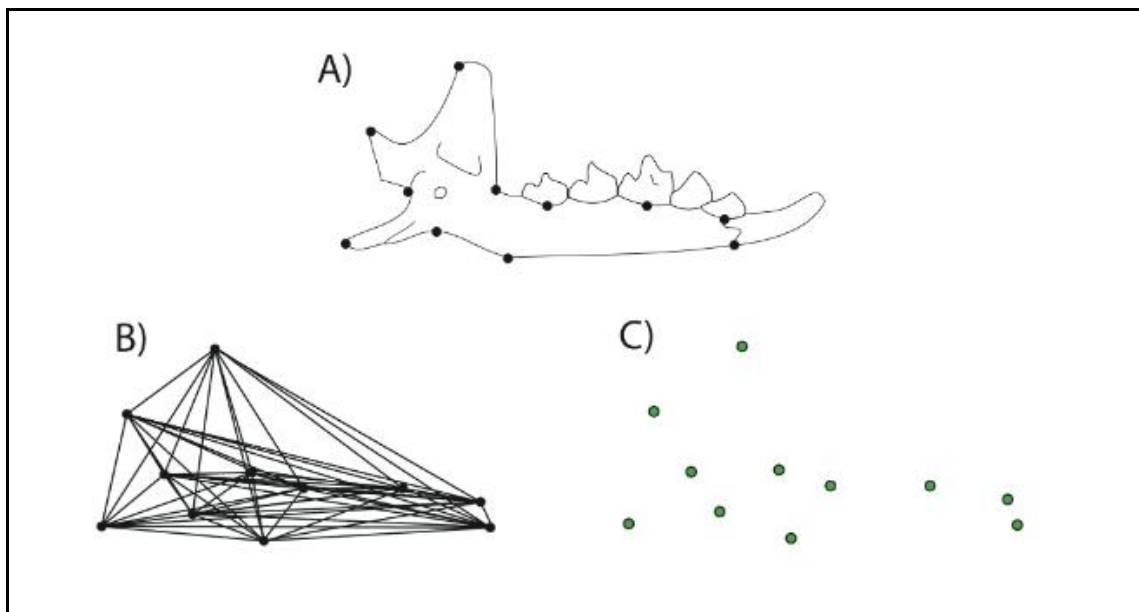


Figure 3 : Description de la géométrie d'une mandibule de Musaraigne (Soricidae: Crocidurinae) avec 11 points repères en 2 dimensions. A. Position des points repères. B. Description par les distances (66). C. Description par les coordonnées des points-repères (22) (in **Bouzaza, 2018**).

I. 5. La méthode des points homologues

Aujourd'hui, presque toutes les études morphométriques basées sur des points de repère analysent la forme avec des procédures basées sur l'espace de forme de **Kendall**³, la distance de **Procruste**⁴ ou leurs approximations d'espace tangent. Ceci est basé sur le nombre croissant de preuves provenant

³ Méthode classique de codage parcimonieux utilisé sur la reconnaissance d'actions 3D à partir de données squelettiques.

⁴ Coordonnées permettant de comparer la forme de deux objets en effectuant des similitudes afin de minimiser la distance entre eux (**Bouzaza, 2018**).

d'études analytiques et de simulation montrant que les méthodes utilisant l'espace de forme de Kendall ont la meilleure puissance statistique, l'erreur quadratique moyenne la plus faible et imposent des contraintes minimales sur les modèles de variation qui peuvent être détectés (**Kent, 1994; Rohlf, 1999; 2000a; 2000b**). De plus, ces méthodes sont fermement ancrées dans une théorie statistique sur la façon dont la forme est définie (**Kendall, 1977**) et sur la façon dont les modèles de variation de forme peuvent être analysés (**Kendall, 1984, 1985; Small, 1996**).

En utilisant cette approche, l'analyse des données de point de repère peut être résumée comme une analyse généralisée de Procrustes (GPA), suivie de la projection des coordonnées alignées sur un espace tangent linéaire pour les analyses multivariées et la visualisation graphique des résultats en termes de configurations de points de repère (**Fig. 4**).

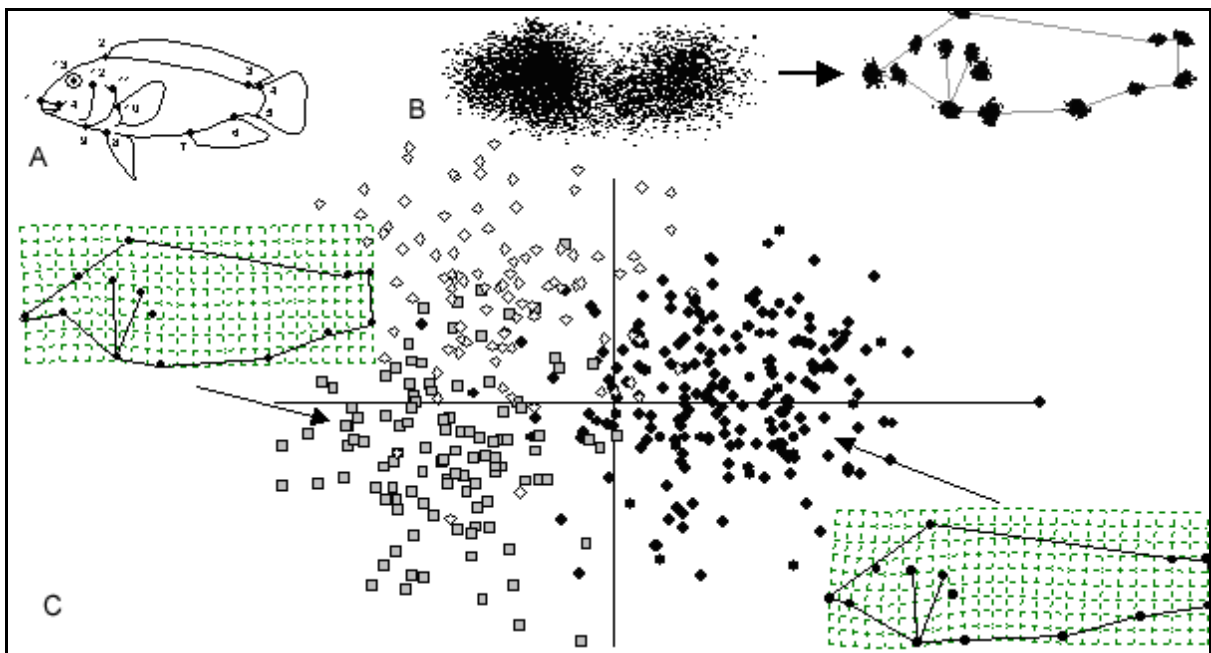


Figure 4: Représentation graphique du protocole morphométrique en quatre étapes. A: Quantifier les données brutes (repères enregistrés sur l'objet à traiter, ex: corps des cichlidés), B: Supprimer la variation de non-forme (repères de 412 spécimens avant et après GPA), C: analyse statistique (CVA, voir Chapitre: Matériel et méthode) et présentation graphique des résultats. Grilles de déformation de l'échantillon moyen pour (à droite) *Eretmodus cyanostictus* et *Spathodus erythrodon* (à gauche) (**Rüber et Adams, 2001**).

La méthode GPA est une procédure importante car elle supprime les variations de l'emplacement, de l'orientation et de l'échelle de numérisation et superpose les objets dans un système de coordonnées commun (bien qu'arbitraire). De plus, les spécimens alignés de GPA fournissent des points qui peuvent être projetés dans un espace tangent à l'espace de forme de Kendall (**Kendall, 1984; Rohlf, 1999; Slice, 2001**). Les résultats sont ensuite visualisés graphiquement et traités par des analyses statistiques.

En règle générale, les différences de forme sont présentées d'une manière analogue aux grilles de transformation de (**Fig. 5**) de **D'Arcy Thompson (1917)**, où un objet, généralement une forme moyenne, est déformé en un autre à l'aide de la **spline**⁵ à plaque mince. Les différences de forme entre les objets peuvent alors être décrites en termes de différences dans les grilles de déformation représentant les objets.

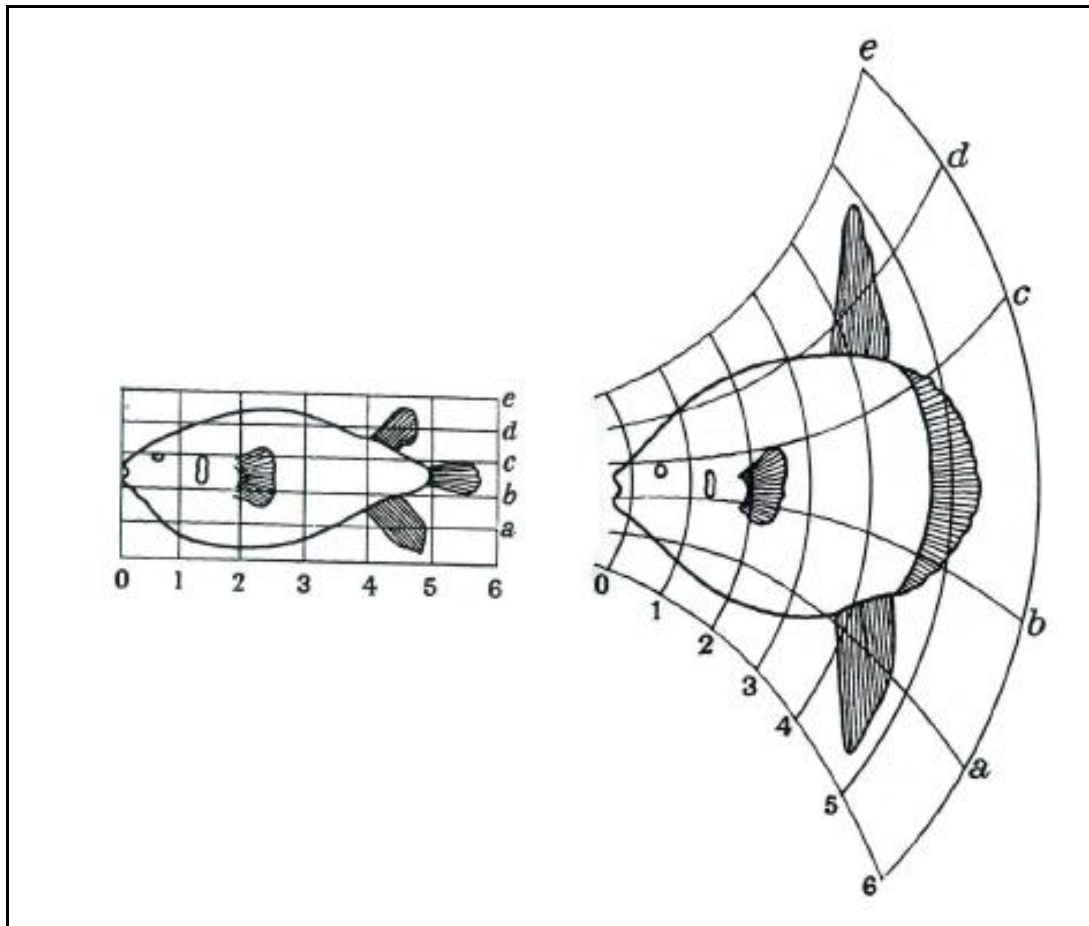


Figure 5: Grille de déformation de D'Arcy Thompson's (1917) montrant les changements de conformation entre le Diodon et le poisson lune Mola.

⁵ C'est le degré minimum des polynômes pour que la fonction, sa pente et sa courbure soient continues à chaque nœud.

II. La mer Méditerranée comme zone d'étude

La mer Méditerranée est une mer intérieure qui se divise en deux principaux bassins : la Méditerranée Occidentale et la Méditerranée Orientale. Le bassin occidental est lui-même relativement compartimenté, on y distingue généralement six bassins : la mer d'Alboran, le bassin Algérien, la mer des Baléares, le bassin nord-occidental, la mer Ligure et la mer Tyrrhénienne (Fig .6). Cinq principales grandes îles délimitent ces bassins : les trois îles Baléares à l'ouest et la Corse et la Sardaigne à l'Est. La Méditerranée Occidentale n'est pas une mer très profonde (~2600m au maximum) et comporte de vastes zones peu profondes dont le Golfe du Lion est l'exemple le plus évident. Elle est reliée à l'ouest à l'Océan Atlantique par le détroit de Gibraltar (~14km de large et ~300m de profondeur) et à l'est à la Méditerranée Orientale par le détroit de Sicile (~150km de large et ~400m de profondeur). Ces détroits étant peu profonds, la profondeur des échanges est donc restreinte.



Figure 6 : Carte de la Mer Méditerranée selon (Google Earth, 2020).

La Méditerranée est caractérisée par un climat aride. Il en découle que les apports en eau douce (précipitations, ruissèlement, fleuves) et les apports de la mer Noire ne suffisent pas à compenser les pertes par évaporation (Bryden et al., 1994). Ce déficit est compensé par des échanges d'eau à Gibraltar. Le flux d'eau au niveau du Détroit est la somme d'un flux d'eaux Atlantiques plutôt chaudes et peu salées (~0.78Sv sachant que 1Sv = 106m³/s) entrant en surface et d'un flux plus faible d'eaux Méditerranéennes plutôt froides et salées sortant en profondeur (~0.67Sv) (Bryden et

al., 1994; Tsimplis et Bryden, 2000; Criado-Aldeanueva et al., 2012). La Méditerranée est un bassin de concentration. Son bilan de chaleur montre qu'elle est également un bassin qui globalement perd de la chaleur.

Selon **Bethoux et al. (1999)**, la mer Méditerranée est comparable à un océan miniature. En effet, elle fait intervenir dans un espace relativement réduit des processus hydrodynamiques similaires à ceux liés au fonctionnement d'un océan global, impliquant des échelles spatiales et temporelles variables. La circulation globale à grande échelle est quasiment stationnaire, alors que la formation d'eaux denses dans le bassin Nord Occidental fait appel à des processus à l'échelle du kilomètre pendant quelques heures. Entre ces deux bornes, l'ensemble du spectre est représenté avec des variabilités temporelles différentes.

II.1. Courantologie

La circulation de la mer Méditerranée (**Fig. 7**) a déjà été décrite en détail dans plusieurs articles (**Lacombe et Tchernia, 1972; Robinson et al., 2001; Millot et Taupier-Letage, 2005a**). Dans l'ensemble, les eaux en Méditerranée s'écoulent dans le sens cyclonique (inverse des aiguilles d'une montre), poussées par la force de Coriolis, le long de la topographie. De façon générale, les courants du nord de la Méditerranée sont stables, tandis que ceux du sud, instables, produisent de nombreux tourbillons anticycloniques de méso-échelle (~50 - 100 km de diamètre). En particulier, les tourbillons au large des côtes algériennes peuvent rester actifs plusieurs années (observés jusqu'à 3 ans) **Puillat et al., (2002)**, et atteindre plus de 250 km de diamètre.

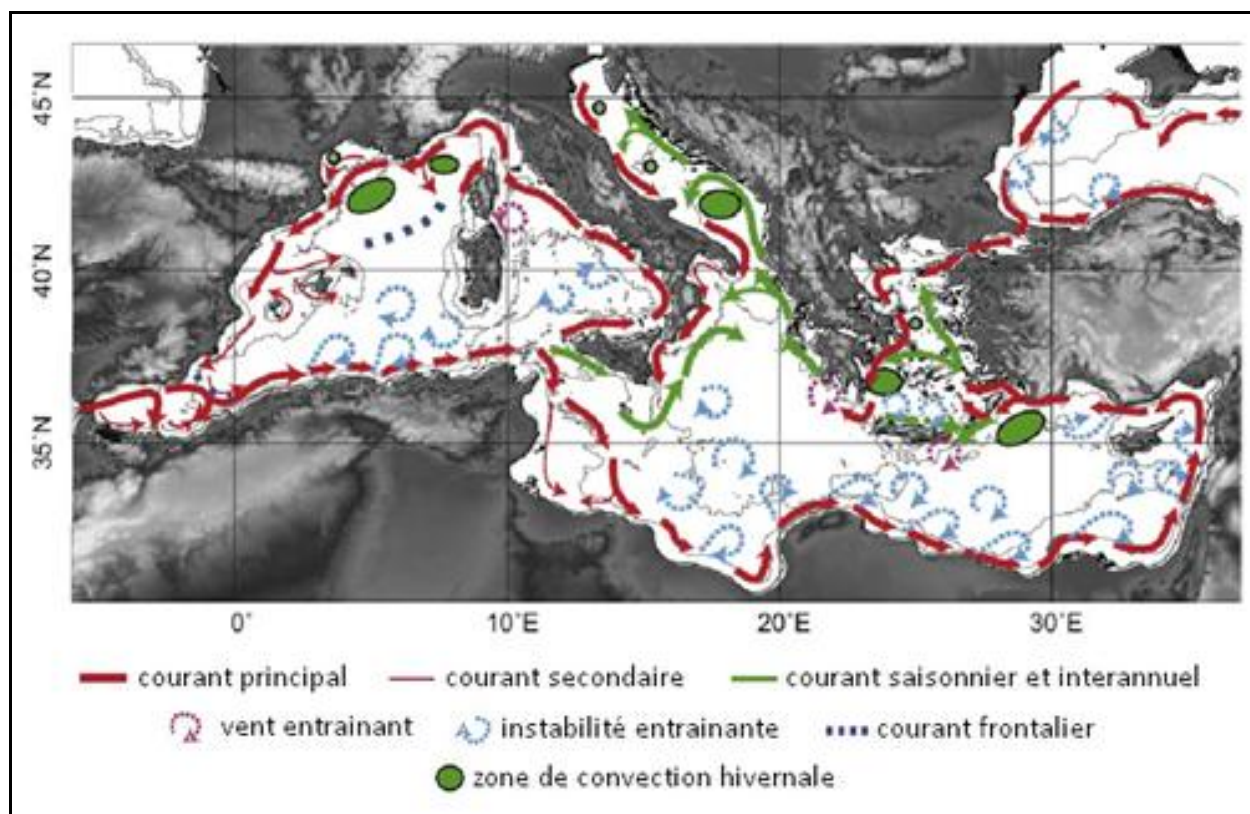


Figure 7 : Circulation générale des eaux de surface en Méditerranéennes selon **Millot (1999)** revu par **Durrieu de Madron et al. (2011)**.

II. 1. 1. Les eaux de surface

En surface, l'AW entre en Méditerranée par le détroit de Gibraltar, et fait le tour des deux bassins (Ouest et Est) en longeant la côte, dans le sens cyclonique (**Fig. 7**). L'AW traverse d'abord le sous-bassin Alboran, où elle peut se retrouver prise par les 2 tourbillons (ou gyres selon les articles) anticycloniques stables présents dans la zone (**Viúdez et al., 1996**), puis longe la côte Maghrébine, avec le Courant Algérien, courant instable accompagné de nombreux tourbillons anticycloniques (**Puillat et al., 2002; Millot et Taupier-Letage, 2005b**). Arrivée au détroit de Sicile, l'AW se divise en deux branches. La première continue dans le bassin Ouest en remontant le sous-bassin Tyrrhénien le long de la côte ouest Italienne, puis par le sous-bassin Liguro-Provençal, et enfin le long de la côte espagnole. La deuxième branche de l'AW passe le détroit de Sicile. À l'entrée du bassin Est, différents parcours ont été observés. Certains parcours, saisonniers ou occasionnels, à cause d'une disposition particulière de tourbillons, entraînent l'AW vers le nord-est, à l'entrée du sous-bassin Ionien. L'AW peut aussi traverser le sous-bassin Ionien d'Ouest en Est, et rejoindre directement la côte Ouest Égyptienne. Cependant, le parcours le plus couramment observé montre l'AW rejoindre la côte Libyenne en suivant l'isobathe des 200 m de profondeur, puis continuer vers

l'Est, de façon plus ou moins chaotique, à cause des nombreux tourbillons anticycloniques qui habitent la partie méridionale du bassin, le long des côtes Libyennes et Égyptiennes (**Taupier-Letage, 2008**). L'AW va ensuite remonter vers le Nord, le long de la côte extrême-orientale de la Méditerranée, puis vers l'ouest, continuant son trajet le long de la côte sud Anatolienne. L'AW n'a alors plus les mêmes caractéristiques que lors de son entrée en Méditerranée. L'évaporation de son eau le long de son parcours a progressivement modifié sa salinité. Les conditions hivernales vont finir par la rendre suffisamment dense, et entraîner ainsi sa participation à la formation de l'eau intermédiaire Levantine (LIW). Le processus a généralement lieu au sud-est de l'île de Rhodes, dans le gyre de Rhodes.

III. L'espèce *Stramonita haemastoma* (Linnaeus, 1767)

Stramonita haemastoma est un Gastéropode des côtes rocheuses appartenant à la famille des Muricidae se trouve habituellement dans les eaux chaudes et tempérées (**Barash et Danin, 1992; Butler, 1985**). *Stramonita haemastoma* est un complexe d'espèces/sous-espèces largement réparties dans l'océan Atlantique et l'océan Pacifique oriental (**Clench, 1947; Abbott, 1972; Claremont et al., 2011**). **Claremont et al. (2011)** ont mené une étude sur le genre *Stramonita* qui ont identifié, en plus de l'espèce extérieure du Pacifique *S. delessertiana*, six membres du complexe *Stramonita haemastoma*, *S. biserialis* dans l'océan Pacifique sud-est, *S. floridana* et *S. canaliculata* dans l'océan Atlantique nord-ouest, *S. rustica* et *S. brasiliensis* dans le Océan Atlantique sud-ouest et *S. haemastoma* (**Fig. 8**). Ce dernier est le représentant unique du complexe d'espèces de l'Atlantique est, et la mer Méditerranée bien que les données moléculaires manquaient pour les échantillons méditerranéens.

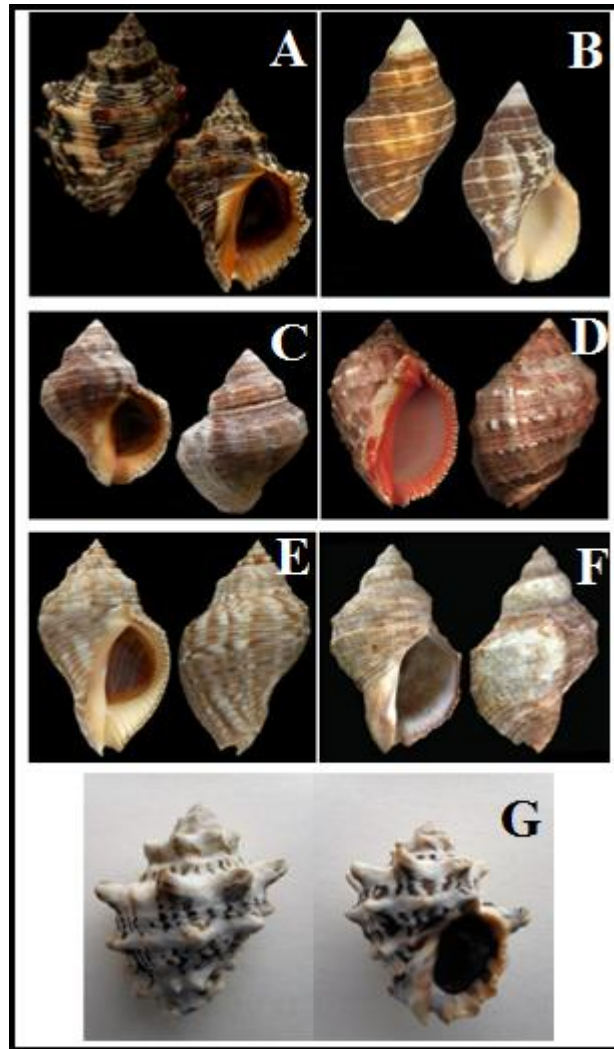


Figure 8 : Différentes espèces et sous-espèces du complexe *Stramonita haemastoma*. A : *S.biserialis*, B : *S. brasiliensis*, C : *S. canaliculata*, D : *S. delessertiana*, E : *S. floridana*, F : *S. haemastoma*. G : *S. rustica*.

III. 1. Taxinomie, synonymie et répartition de *S. haemastoma*

III. 1. 1. Taxinomie de *S. haemastoma*

La position systématique de *Stramonita haemastoma* selon le "WoRMS" (World Register Marine Species) [E] est la suivante:

Règne: Animalia

Embranchement : Mollusca

Classe : Gastropoda

Sous-Classe : Caenogastropoda

Ordre : Neogastropoda

Superfamille : Muricoidea

Famille : Muricidae

Sous-famille : Rapaninae

Genre : *Stramonita*

Espèce : *Stramonita haemastoma*

III. 1. 2. Synonymies de l'espèce *Stramonita haemastoma* selon le "WoRMS" [E] :

- *Thais haemastoma* (Linnaeus, 1767)
- *Purpura haemastoma* (Linnaeus, 1767)
- *Buccinum haemastoma* (Linnaeus, 1767)
- *Murex consul* (Gmelin, 1791)
- *Purpura unifascialis* (Lamarck, 1822)
- *Purpura gigantea* (Calcara, 1840)
- *Purpura barcinonensis* (Hidalgo, 1867)
- *Purpura oceanic* (Locard, 1866)
- *Purpura sakem* (Pallary, 1920)

L'espèce *S. haemastoma* compte trois sous espèces:

- *Stramonita haemastoma floridana* (Conrad, 1837) ;
- *Stramonita haemastoma haemastoma* (Linnaeus, 1767);
- *Stramonita haemastoma canaliculata* (Gray, 1839).

III. 1. 3. Répartition géographique

Stramonita haemastoma est répandue dans les régions tempérées chaudes et tropicales. Latitudes des océans Atlantique Ouest et Pacifique Est, ainsi que dans la mer Méditerranée (**Butler, 1985; Claremont et al., 2011**).

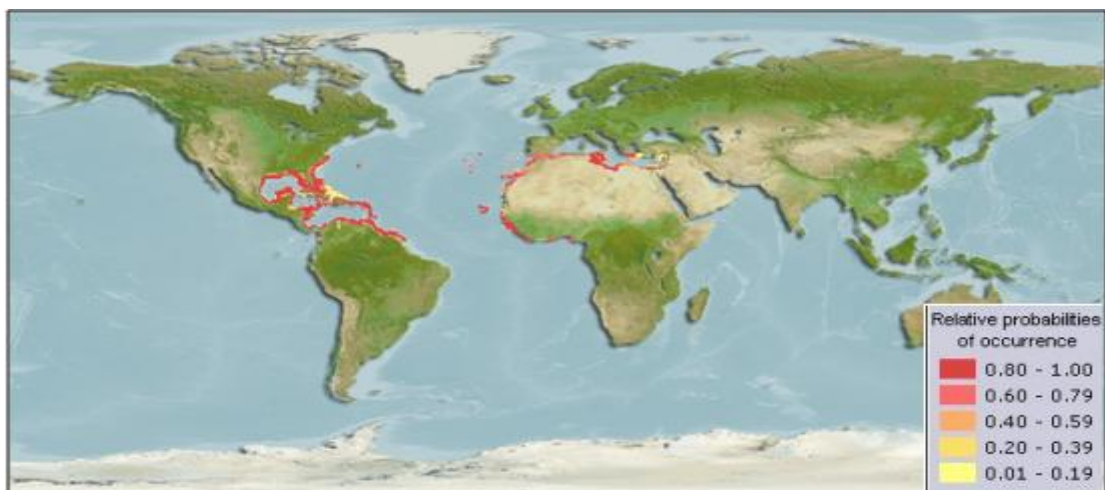


Figure 9 : La répartition géographique de *S. haemastoma* dans le monde [F].

III.2. Biologie, écologie et exploitation de *S. haemastoma*

III.2.1. La morphologie de *S. haemastoma*

Cette espèce possède une coquille lourde, courte et sculptée mesurant de 4 à 8 cm de long et son corps gonflé en spirale lui donne une apparence sphérique. Elle est presque aussi large que longue. La couleur de sa coquille peut aller du gris clair au brun foncé, souvent avec des bandes de teinte claire le long des nervures en spirale.

L'une de ses caractéristiques marquantes est la couleur orange foncé observée à l'intérieur de son ouverture dont la lèvre extérieure est munie de petites dents allongées (**Fig. 10**). Cette espèce possède un canal siphonal court et large et des bosses prononcées conduisant à la spire, qui sont plus ou moins visibles en fonction de l'érosion de la coquille. Les individus juvéniles ne possèdent pas cette ouverture orange et la spire est relativement plus élevée (**Fig. 10**). Il n'y a aucune relation entre la maturité sexuelle et la taille de cette espèce (**Boulajfene et al., 2013**) avec une absence de différenciation sexuelle dans la morphologie de la coquille (**Butler, 1985**).

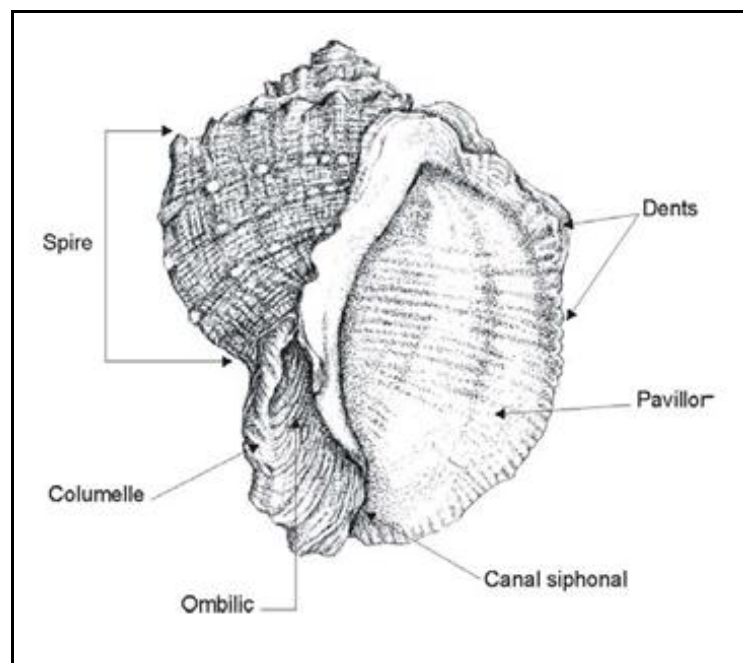


Figure 10 : Morphologie externe de la coquille de *S. haemastoma* [G].

III. 2. 2. Habitat et nutrition

Stramonita haemastoma est un prédateur qui vit dans les écosystèmes littoraux rocheux. Elle se nourrit d'autres espèces de Mollusques tel que des huîtres, palourdes et patelles et peut vivre jusqu'à 20 ans (**Butler, 1985; Rilov et al., 2001; Stickle et Zhang, 2003**).

III. 2. 3. Reproduction

Stramonita haemastoma est une espèce gonochorique qui possède un cycle de vie benthopélagique typique. Les adultes sont benthiques et ont de faibles capacités de dispersion. Pendant la saison estivale, les individus matures regagnent la zone intertidale pour s'accoupler. Ils se reproduisent de manière continue d'avril à septembre à des températures de 12 à 28 °C et émettent environ 20 à 86 capsules ovigères allongées de 2 cm de long (**Fig. 11**), contenant chacune entre 1 700 à 7 000 œufs/capsule (**Lahbib et al., 2011; El Ayari et al., 2015**) dont la couleur passe du jaune pâle à une teinte pratiquement noire (**Otero et al., 2013**). L'éclosion donne naissance à des larves planctoniques pélagiques (**Spence et al., 1990**).

La durée du développement larvaire pélagique en laboratoire a été estimée de 2 à 3 mois (**Claremont et al., 2011; Lahbib et al., 2011; Appeltans et al., 2012; El Ayari, 2015**). Les larves, ayant une très longue durée de vie, sont capables de se disperser sur de longues distances. Elles sont appelées «téléplaniques» (**Scheltema, 1971**).

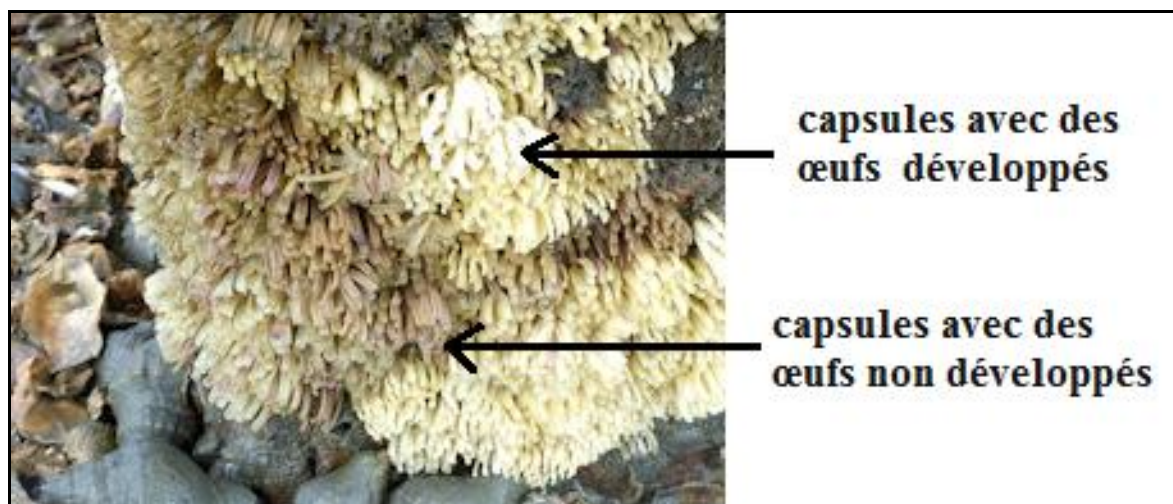


Figure 11 : Capsules d'œufs de *S. haemastoma* déposées sur des rochers sur la côte floridienne [H].

III. 2. 4. Importance de cette espèce dans les études morphométriques

Stramonita haemastoma est un bon modèle d'étude biogéographique puisqu'il présente une forte variabilité morphologique entre populations géographiquement proches (**Claremont et al., 2011**, observation personnelle). La répartition géographique ainsi que la nomenclature au sein du genre *Stramonita* est un sujet à débat, tout comme l'identification basée sur la morphologie de la coquille. Ceci s'est avéré insuffisant pour la distinction entre espèces et sous-espèces par les méthodes

taxinomiques et biométriques classiques (**Butler, 1954; Claremont et al., 2011; Gunter 1979; Liu et al., 1991; Walker 1982**).

L'usage des méthodes morpho-géométriques telles que la technique des points homologues pourrait servir de nouvelle approche biogéographique nous permettant d'étudier la génétique des populations de *S. haemastoma* et d'avoir une idée plus précise sur ces différents phénotypes et sous-espèces.

Chapitre II

I. Description de la zone d'étude

Cette étude s'est établie sur plusieurs stations de la côte de Mostaganem.

I.1. Description de la côte de Mostaganem

Le plateau de Mostaganem, situé à une centaine de Kilomètres à l'est d'Oran et au sud de la localité du même nom. Avec ses 120 Kilomètres de côtes et une superficie de 682 km² (*in Benghali, 2015*).

I.1.1. Caractéristiques physicochimiques de la côte de Mostaganem

I.1.1.1. Données hydrologiques et hydrodynamiques

Le courant dominant au large de la région de Mostaganem est d'origine atlantique. Le flux en provenance du détroit de Gibraltar coule le long de la côte algérienne où il prend le nom de Courant algérien d'épaisseur moyenne de 200Km, est initialement structuré en une veine collée à la côte, étroite et profonde (**Benzohra, 1993**).

I.1.1.2. La Salinité

La salinité de l'eau de la région de Mostaganem est de 35 ‰ dont 27‰ de NaCl, les cations les plus abondants sont : Na, k, Mg et Ca (*in Benghali, 2015*).

I.1.1.3. La Température

Mostaganem se caractérise par un climat semi-aride a été chaud et l'hiver tempéré. Les précipitations sont faibles et irrégulières. La température moyenne est de 24 °C (**Boukhlef, 2007**).

I. 2. Choix des stations de prélèvement

Dans notre étude, nous avons travaillé sur sept stations de la côte de Mostaganem (**Fig. 12**). Ces sites ont été choisis pour leurs accessibilités faciles et pour leur abondance en *Stramonita haemastoma*.

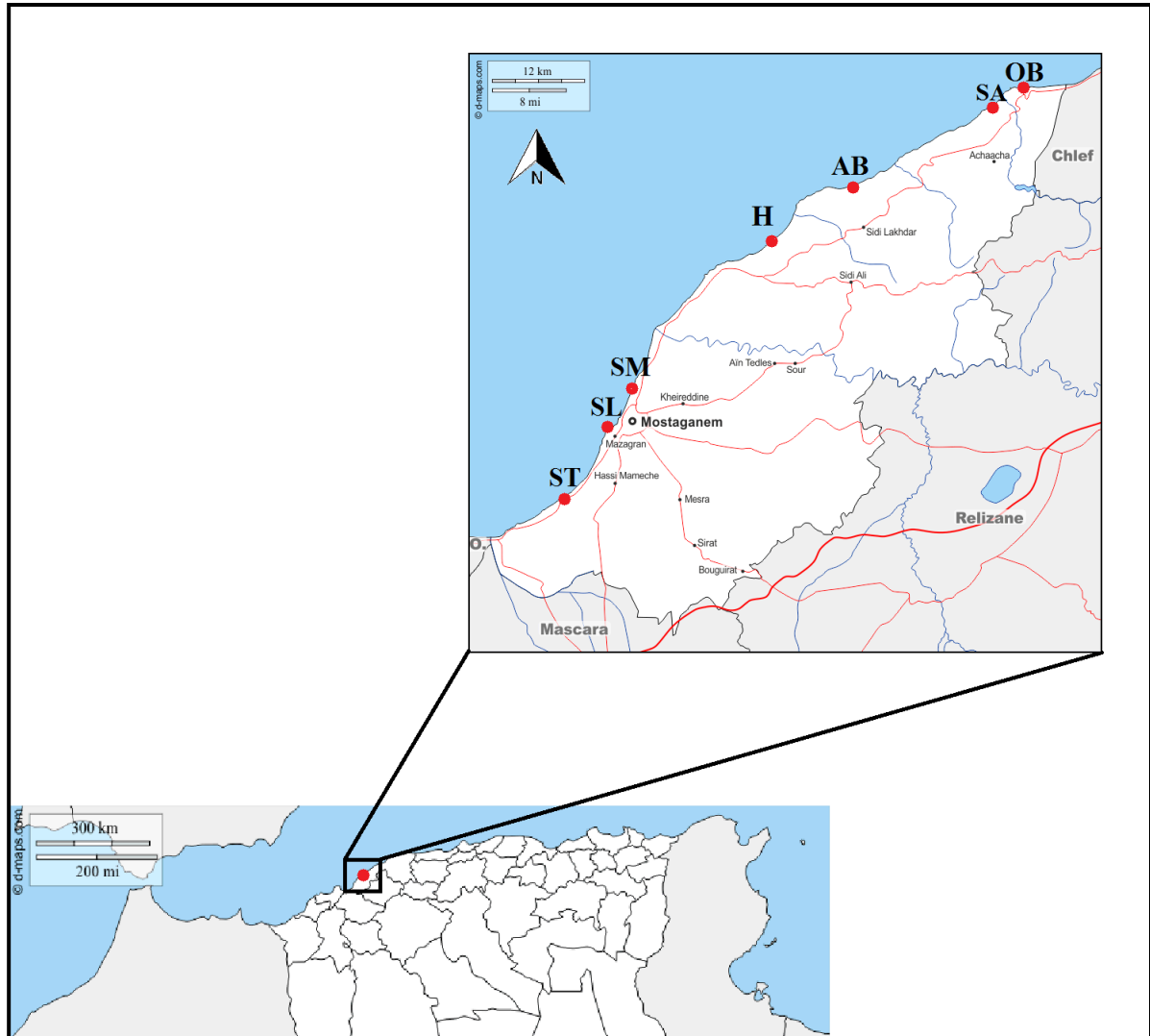


Figure 12: Carte montrant les stations de prélèvement sur la côte de Mostaganem (En points rouge) Stidia (ST), Salamandre (SL), Sidi Medjdoub (SM), Hadjaj (H), Ain Brahim (AB), Sidi Abdelkader (SA) et Ouled Boughalem (OB) [1].

I.3.1. Description de la zone 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 présente une zone rocheuse interrompue par quelques criques, parfois sableuses, ouverte vers le nord-ouest mais sa géomorphologie (elle n'est pas très abritée) le laisse tout de même exposé au vent dominant (Nord-est). 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 (**Fig. 13**) (*in Belbachir, 2012*).



Figure 13: Site d'échantillonnage de la station de Stidia (Présent travail, 2020).

I.3.2. Description la zone de Salamandre

Le site de Salamandre située aux coordonnées ($35^{\circ} 55'N$) et de longitude ($0^{\circ} 03'E$). Il est caractérisé d'une part, par un substrat rocheux, et d'autre part vu sa situation géographique dans le golfe d'Arzew où il est soumis à différentes formes de pollution; Industriel, agricole et même urbaine (**Fig.14**) (*in Dermeche, 1998*).



Figure 14: Site d'échantillonnage de la station de salamandre (Présent travail, 2020).

I. 3. 3. Description la zone de Sidi Mejdoub

LE site de Sidi Medjdoub se trouve à 3 km à l'Est de la ville de Mostaganem aux coordonnées 35° 58' Nord de latitude et 0° 05' Est de longitude. Cette plage est caractérisée par un trait de côte rocheux et accidenté avec quelques petites plages sableuses (**Fig.15**). De plus, il y'a une source de rejets domestiques à l'Est de celle-ci. Deux stations ont été étudiées dans le site de Sidi Mejdoub, représentées par un zoobenthos très riche et un herbier à Posidonie de type dense avec une macrofaune associée, dominée par la présence des échinodermes tels que les Echinidés, les Astéroïdes et les Holothuroïdes (*in Mezali, 2007*).

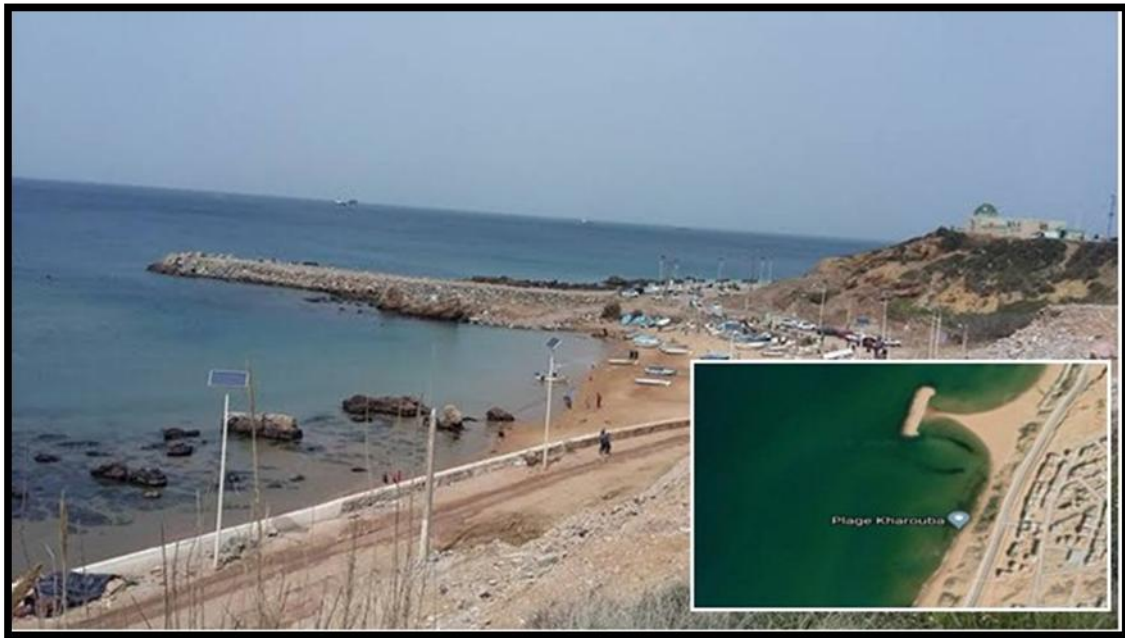


Figure 15: Site d'échantillonnage de la station de Sidi Mejdoub [J].

I. 3. 4. Description la zone de Hadjadj

Ce site se trouve à 40 km, vers l'Est du chef-lieu de la wilaya de Mostaganem, aux coordonnées suivantes : Latitude (36°14N') et Longitude (0°30'E). C'est une zone très délimitée par des forêts limitrophes (**Fig.16**) (*in Kalleche, 2019*).



Figure 16: Site d'échantillonnage de la station de Hadjadj [K].

I.3.5. Description la zone d'Ain Brahim

Ce site se trouve à l'est de Mostaganem à une distance de 47 km (**Fig. 17**), caractérisé par des modes hydrodynamiques agités parfois calmes avec couverture algale riche. Cette plage dispose d'une longueur de 500 m, les prélèvements sont réalisés dans les stations ayant les coordonnées suivantes $36^{\circ} 13' N$; $0^{\circ} 26' E$ (*in Bachir-Bouiadjra, 2012*).



Figure 17 : Site d'échantillonnage de la station d'Ain Brahim (Présent travail, 2020).

I. 3. 6. Description la zone de Sidi Abdelkader

La plage de Sidi Abdel Kader est située à 80 km à l'est de la Wilaya de Mostaganem aux coordonnées $36^{\circ}18'N;0^{\circ}38'E$. La plage fait partie de la commune d'Achaacha. Elle est d'une longueur de 2000 mètres (**Fig.18**) (Djellouli et Khelil, 2017).



Figure 18: Site d'échantillonnage de la station de Sidi AbdelKader (Présent travail, 2020).

I. 3. 7. Description la zone d'Ouled Boughalem

Ce site est situé à 90 km à l'est de la commune du chef lieu de la wilaya de Mostaganem et à 10 km de la Daïra de Achaacha aux coordonnées $36^{\circ} 18' N$; $0^{\circ} 36' E$ (**Fig. 19**). D'une longueur de 60 mètres, Plage sablonneuse, associée à des falaises abritant un peuplement algal assez riche [L].



Figure 19: Site d'échantillonnage de la station d'Ouled Boughlem [M].

II. Méthodologie

II.1. Collecte des échantillons

La collecte des échantillons a été réalisée entre les mois de février et de mars 2020 dans les 7 différentes stations citées plus haut (Stidia (ST), Salamandre (SL), Sidi Medjdoub (SM), Bousquet (Hadjadj) (B), Ain Brahim (AB), Sidi Abdelkader (SA) Ouled Boughalem (OB), en prélevant à la main des spécimens vivants depuis l'étage médiolittoral (**Fig. 20**).



Figure 20: Echantillonnage des individus de au niveau de la plage de Stidia (Présent travail).

Les spécimens ont été mis dans des bacs remplie d'eau de mer afin de les conserver (**Fig. 21**), puis transportés au laboratoire afin de les préparer pour les analyses morphométriques.



Figure 21: Échantillon de *S. haemastoma* conservé pour le traitement au laboratoire (Présent travail).

Avant de commencer les analyses morphométriques, il est essentiel de bien d'étiqueter les échantillons, en d'autres termes, chaque échantillon doit être identifié par une étiquette contenant toutes les informations nécessaire pour l'identifier (le nom et abréviation de la station, date de prélèvement et le temps lors du prélèvement) (**Fig.22**).

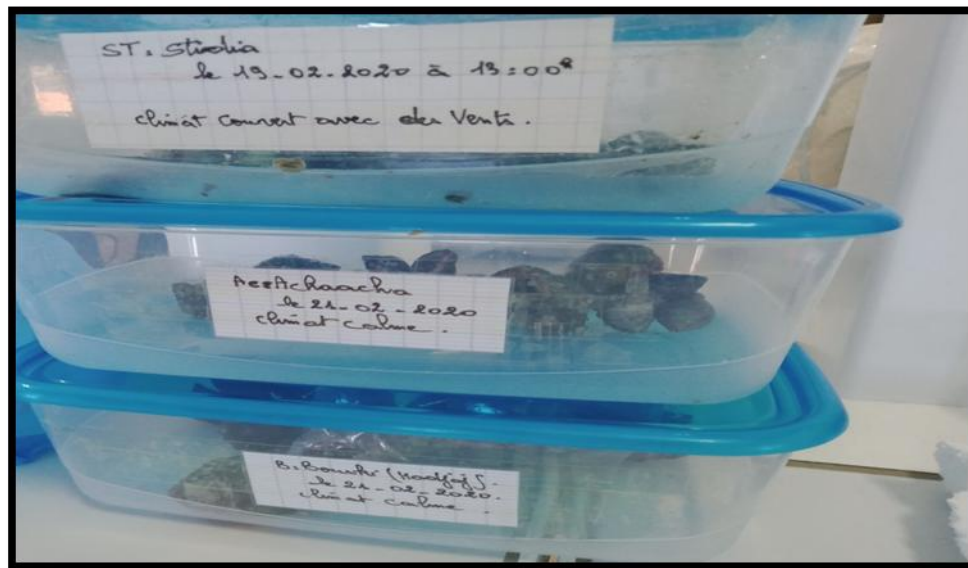


Figure 22: Etiquetage des échantillons prélevé (Présent travail).

II.2. Mesures biométriques

Après avoir nettoyé et lavés les échantillons à l'eau de robinet, Les spécimens ont été étiquetés et ordonnés (**Fig. 23**).



Figure 23: Des étiquètes montrant les individus (Présent travail, 2020).

Tous les spécimens ont été mesurés en considérant plusieurs paramètres [la longueur de la coquille (L), la largeur (R), distance entre l'apex et le canal antérieur (ACa) et la distance entre le canal antérieur et le canal postérieur ($CaCp$)] à l'aide d'un pied à coulisse de précision ± 0.1 mm (**Fig. 24**).

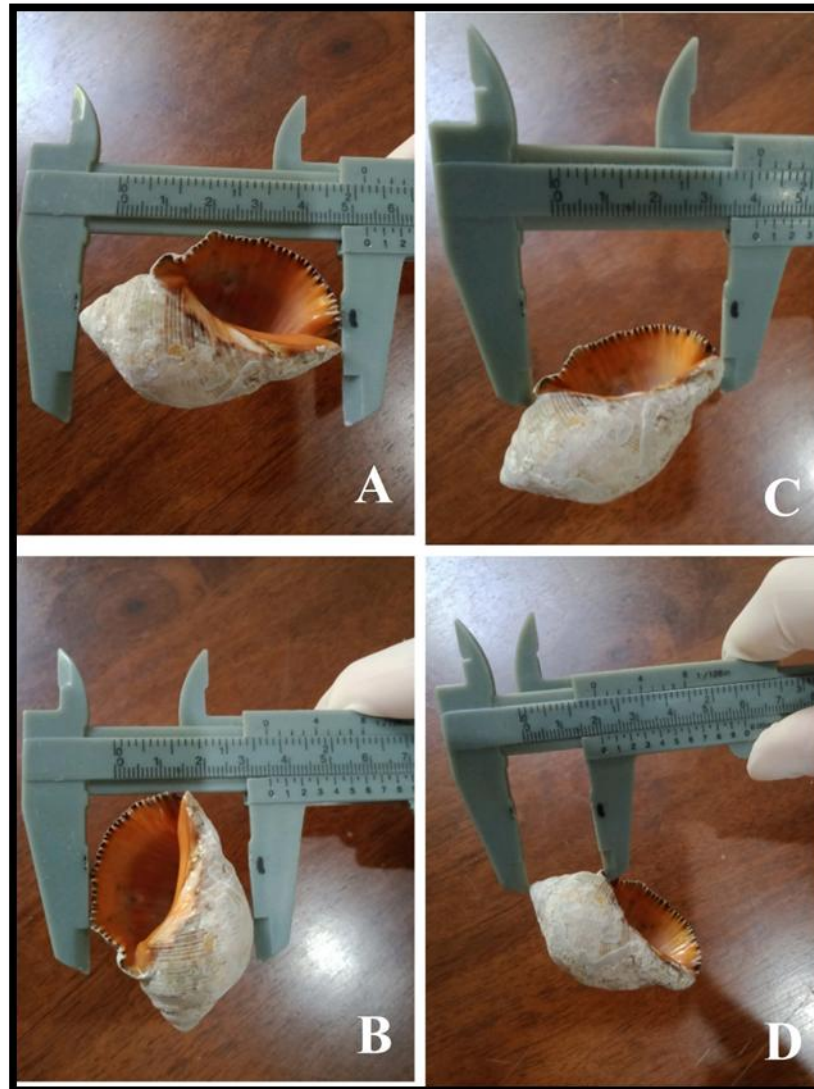


Figure 24: Différentes mesures réalisées sur *Stramonita haemastoma*. A, mesure de longueur (L); B, mesure de la largeur (R); C, mesure de la distance entre le Canal antérieur et le Canal postérieur ($CaCp$); D, mesure de la distance entre l'Apex et le Canal antérieur (ACa) (Présent travail, 2020).

D'autres paramètres ont été rajoutés tels que les ratios R/L , ACa/L , $CaCp/L$ et $R/CaCp$ pour les analyses multivariés.

II.3. Analyses multivariées

II.3.1. Analyse en Composantes Principales (ACP)

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) a été réalisée sur les variables R/L , ACa/L , $CaCp/L$ et $R/CaCp$ à l'aide du programme PAST (Hammer, 2001) en considérant l'effet "régions". L'ACP est l'une des méthodes d'analyse de données multivariées les plus utilisées. Elle permet d'explorer des jeux de données multidimensionnels constitués de variables quantitatives. Elle est largement utilisée en biostatistique, marketing, sciences sociales et bien d'autres domaines [N].

L'ACP peut être considéré comme une méthode de projection qui permet de projeter les observations depuis l'espace à n dimensions des n variables vers un espace à k tel qu'un maximum d'information soit conservée (l'information est ici mesurée au travers de la variance totale du nuage de points) sur les premières dimensions. Si l'information associée aux 2 ou 3 premiers axes représente un pourcentage suffisant de la variabilité totale du nuage de points, on pourra représenter les observations sur un graphique à 2 ou 3 dimensions, facilitant ainsi grandement l'interprétation [N].

II. 3. 2. Etude de la disparité par les points homologues

Afin de réaliser cette technique morph-géométrique. Nous avons pris des photos des spécimens collés par une patte assez rigide à un substrat vertical à l'aide d'un appareil photo d'un téléphone portable (OPPO A5S) posé sur un trépied (Fig. 25). Il faut s'assurer que les spécimens soient bien éclairés en utilisant une ampoule à lumière blanche (Fig. 25). Les photos sont ensuite converties au format « bitmap ».

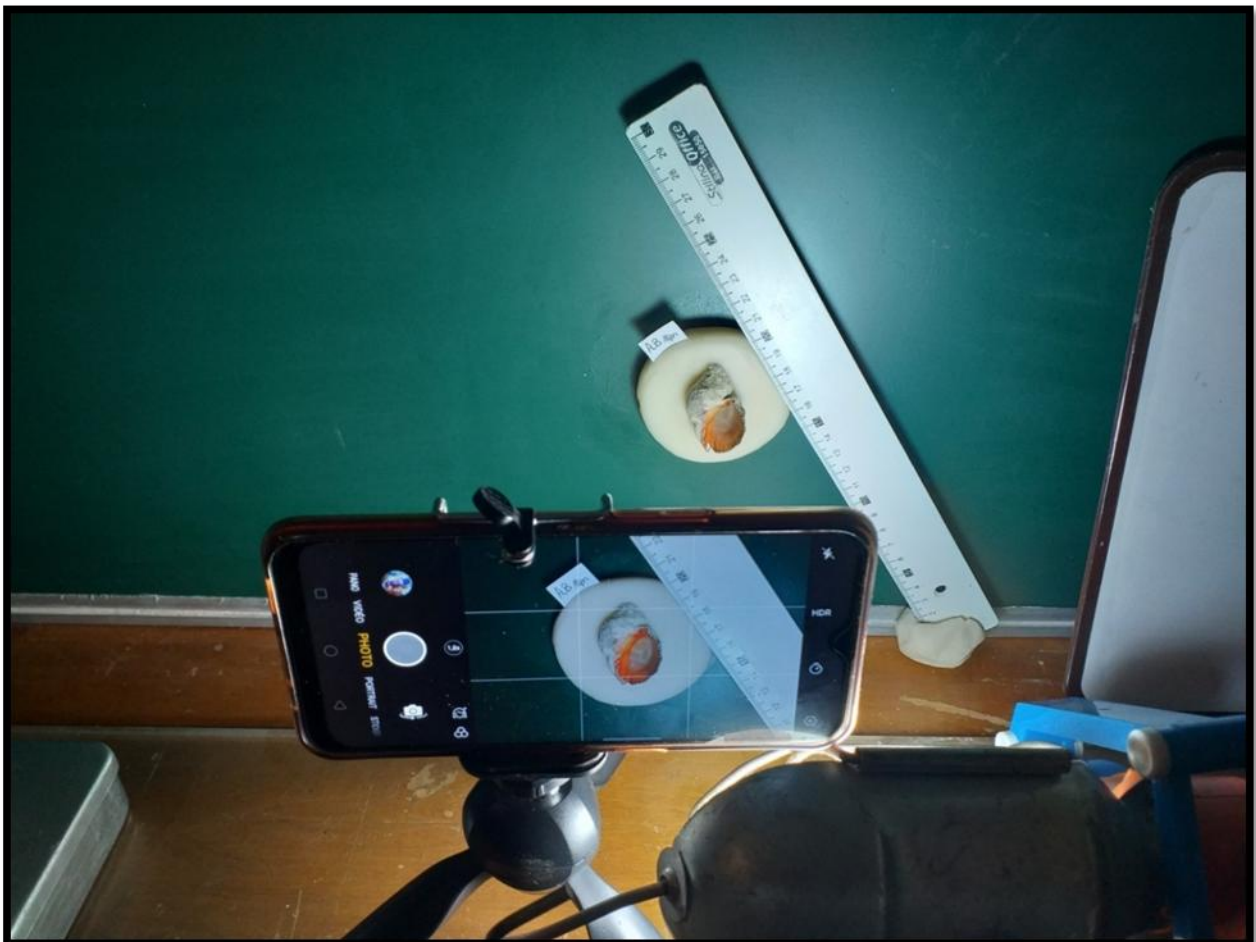


Figure 25: Prise de photo des coquilles de *S. haemastoma* (Photo prise par Hamdi-Cherif et Sifou, 2020).

Ensuite, dix-neuf (19) points homologues sont réalisés sur les photos "bitmap" de chaque coquilles à l'aide du logiciel TPS Dig 2 (Rohlf, 2015) (Fig. 26). Ces points doivent être repérables chez tous les spécimens prélevés.



Figure 26 : Différents points homologues réalisés sur *S. haemastoma* pour l'étude morpho-géométrique (Présent travail, 2020).

Les individus des stations citées ci-dessus ont été classés en 4 groupes, chacun représente une région bien définie regroupant les stations les plus convergentes (**Tab. 1**).

Tableau 1 : Groupes représentant les stations d'échantillonnage.

Stations	Groupes (Région)
Stidia	Stidia
Salamandre et Sidi Medjdoub	Mostaganem
Hadjadj et Ain Brahim	Sidi Lakhdar
Sidi AbdelKader et Ouled Boughalem	Achaacha

Après avoir classé tous les individus dans chaque classe correspondante, la variabilité des formes a été réalisée par une Analyse Canonique des Variances (ACV) sur les coordonnées des points

homologues de tous les individus à l'aide du programme IMP (Rohlf, 1993) en prenant en considération l'effet "régions".

II. 4. Analyse Canonique des Variances (ACV)

Cette analyse a été réalisée sur les coordonnées des dix-neuf points homologues (voir plus haut). L'ACV est une méthode d'analyse multidimensionnelle qui présente des analogies à la fois avec l'analyse en composantes principales (ACP) et avec la régression linéaire [O].

Son but est d'étudier les relations pouvant exister entre quatre groupes de variables quantitatives observées sur le même ensemble d'individus afin d'expliquer cette relation entre eux.

Une MANOVA (Multiple ANalysis Of VAriances) "analyses de variance multiple" a été réalisée afin de savoir quels sont les axes les plus discriminants de l'ACV considérant l'effet "régions".

Chapitre III

I. Résultats

L'échantillonnage de *Stramonita haemastoma* nous a permis de collecter 165 individus répartis sur les sept stations choisies (Stidia, Salamandre, Sidi Medjdoub, Hadjadj, Ain Brahim, Sidi Abdelkader et Ouled Boughalem) (**Tab. 2**).

Tableau 2 : Nombre des individus prélevés au niveau des stations d'échantillonnage.

Station	Nombre d'individus
Stidia	21
Salamandre	5
Sidi Medjdoub	32
Hadjadj	25
Ain Brahim	31
Sidi Abdelkader	26
Ouled Boughalem	25

I. 1. Analyses multivariées (ACP)

L'ACP des individus et des variables est mentionnées sur la **figure 27**. L'axe 1 représente 59.947% de l'information projetée et L'axe 2 représente 39.454 % (**Fig. 27**). Nous remarquons que plus nous allons vers le côté positif de l'axe 1 et l'axe 2 de l'ACP et plus les individus appartenant au groupe de Mostaganem sont de plus en plus représentés tandis que plus en va vers le côté négatif de ces deux axes on s'aperçoit que ce sont les individus du groupe de Sidi Lakhdar qu'ils sont représentés puis encore plus à l'extrême les individus du groupe de Achaacha (**Fig. 27**). Quant aux individus du groupe de Stidia, ils sont représentés parmi tous autres groupes cités précédemment (**Fig. 27**).

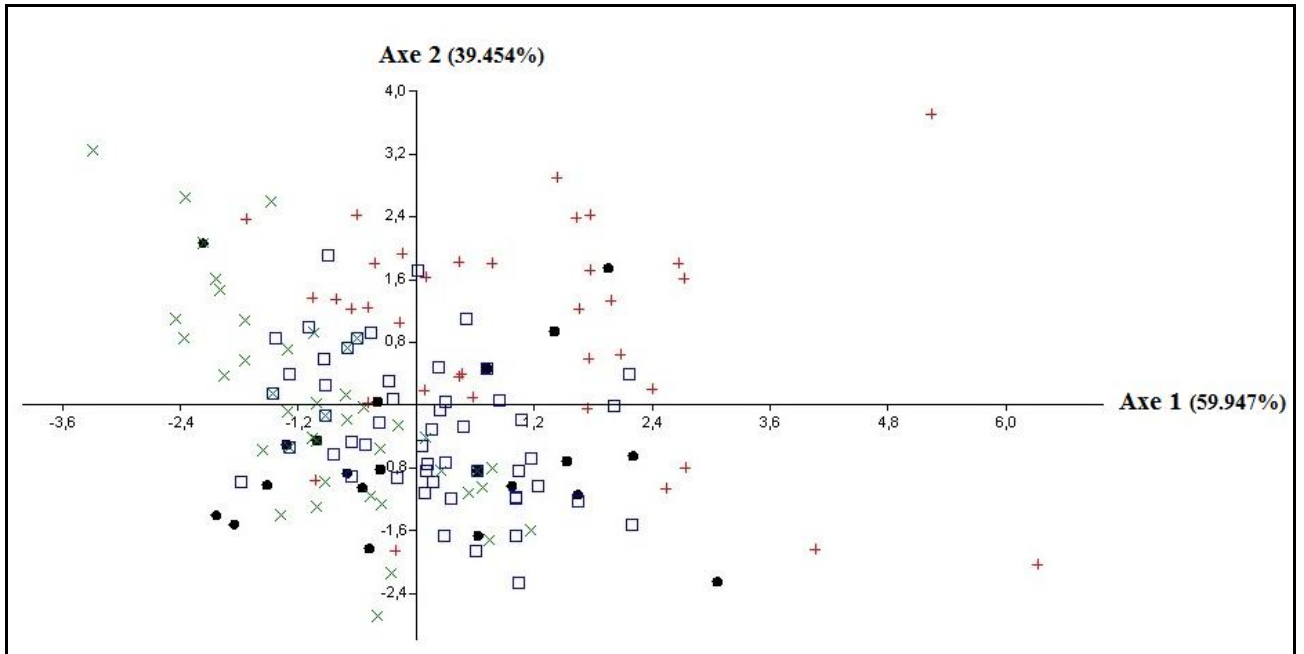


Figure 27: ACP des variables et des individus de *S. haemastoma* de notre étude réalisée par PAST (Hammer, 2001).
 •, Stidia ; +, Mostaganem ; □, Sidi Lakhdar ; ×, Achaacha.

I. 2. Etude de la disparité morphométrique par les points homologues

La conformation de morphométrie des 19 points homologues réalisés sur les 165 spécimens des sept stations est représentée dans la figure 28.

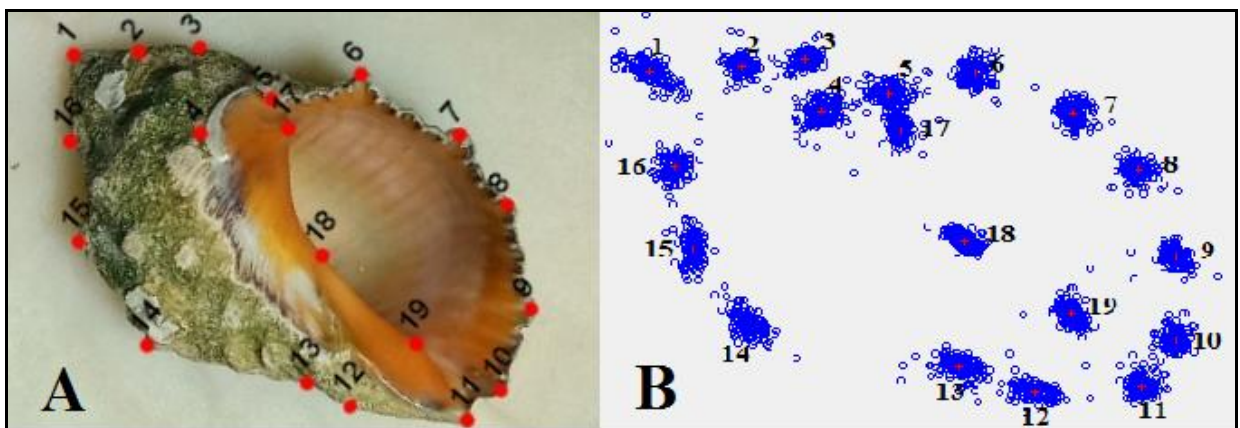


Figure 28: Superposition de tous les points homologues procrustes sur tous les individus étudiés réalisé par le programme IMP (Rohlf, 1993). A, position des points homologues avant traitement sur une vraie coquille de *S. haemastoma*; B, position des points homologues superposés suivant le modèle de répartition procrustes.

La projection des points homologues et l'ACV en prenant en considération l'effet "région" sont représentés dans les figures (Fig. 29A) et (Fig. 29B) respectivement. Les individus des quatre groupes étudiés sont plus ou moins bien séparés (Fig. 29B) sur les deux axes les plus discriminants de l'ACV (Tab. 3).

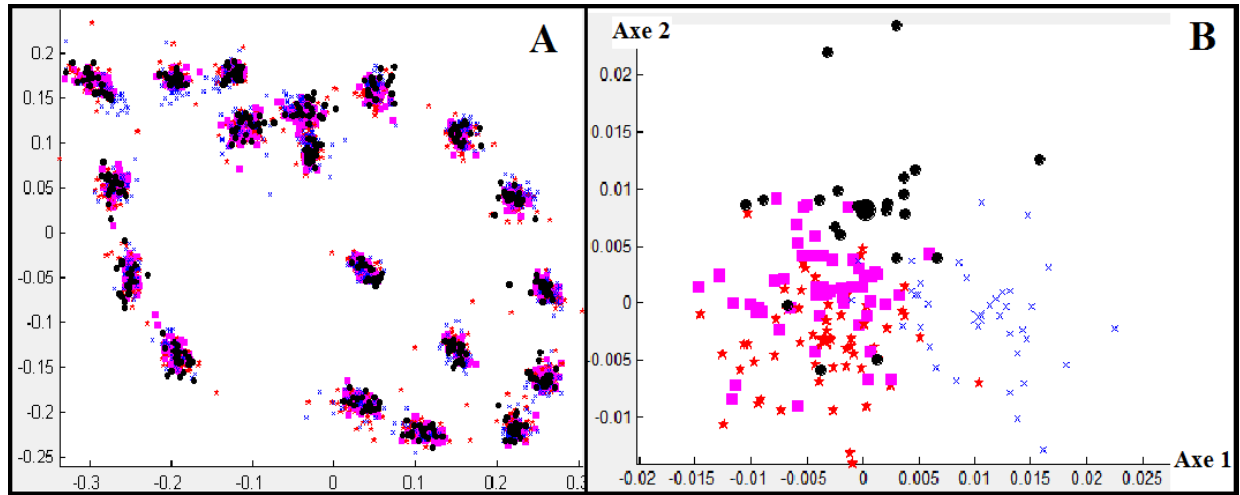


Figure 29: Résultat de l' « ACV » par rapport aux stations. A, Projection des points homologues des individus des différentes stations ; B, Distribution du nuage de point de l' « ACV ». •, Stidia; ×, Mostaganem; ★, Sidi Lakhdar; ■, Achaacha.

Tableau 3: Résultat de la MANOVA testant l'effet «régions » avec une approximation de Chi2.

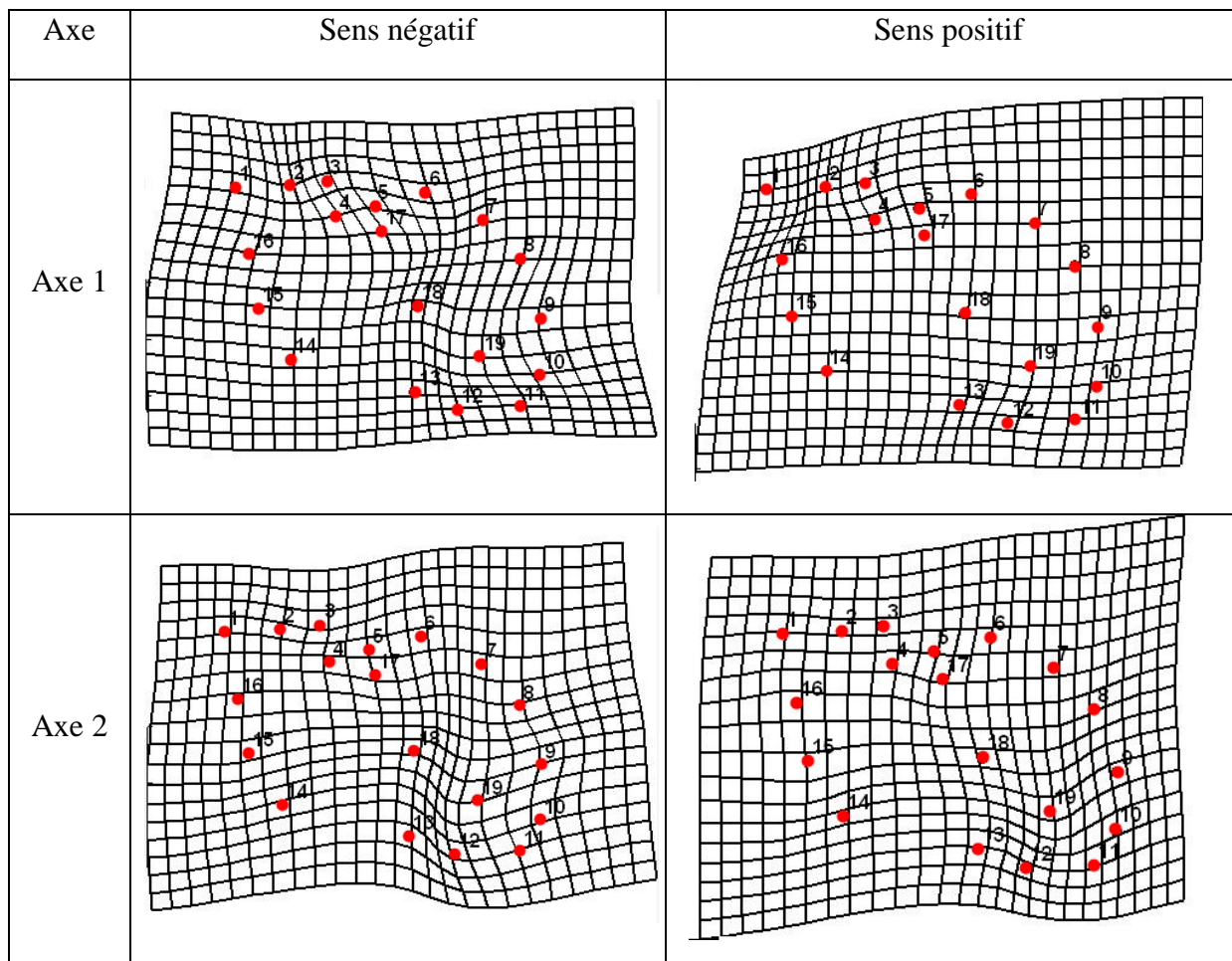
	Axe 1	Axe 2
λ -wilk	0.0279	0.4935
Chi2	220.9637	102.4066
DDL	102	66
P_value	< 0,001	< 0,001

La figure 29 montre que sur l'axe 1 les individus du groupe de la région de Mostaganem (Salamandre et Sidi Medjdoub) sont séparés des autres individus des stations des autres régions (Stidia, Sidi Lakhdar et Achaacha) malgré l'éloignement géographique de la station de Stidia par rapport aux autres régions (Sidi Lakhdar et Achaacha). En revanche l'axe 2 montre que c'est les individus de Stidia qui sont les plus séparés du reste des autres régions. Notons que sur ce même

axe les individus de la région de Mostaganem sont plus proches des individus des régions de Sidi Lakhdar et Achaacha.

La déformation des conformations des individus de *S. haemastoma* sur les deux axes (axe 1 et axe 2) de l'« ACV » est représentée sur le (Tab. 4).

Tableau 4: Tendances des déformations des coquilles de *S. haemastoma* sur les deux axes de l'ACV.



II. Discussion

Cette étude a relevé une nouvelle réponse sur l'état morpho-géométrique et la structure de la taille de l'espèce *Stramonita haemastoma* au niveau de quelques régions de la côte de Mostaganem.

L'étude biométrique basée sur l'ACP des paramètres R/L , ACa/L , $CaCp/L$ et $R/CaCp$ montré que les groupes d'individus représentant les régions d'études sont plus ou moins séparé (**Fig. 27**). Les individus des deux groupes respectifs Sidi Lakhdar et Achaacha sont très proches comparé aux individus du groupe de Mostaganem qui sont plus éloigné géographiquement. Cependant, les individus du groupe de Stidia sont très proches des deux groupes de Sidi Lakhdar et Achaacha malgré leur éloignement géographique. Ce rapprochement des individus de ces régions pourrait être causé par un effet d'allométrie dû à la taille des individus échantillonnés des groupes de Stidia, Sidi Lakhdar et Achaacha qui pourrait être de même classe de taille ayant les mêmes propriétés morphométriques.

L'étude morphométrique basée sur l'ACV des points homologues des individus de *S. haemastoma* a montré que l'effet "région" était significatif (**Fig. 29; Tab. 4**) montrant une classification suivant le modèle ouest (Stidia), centre (Mostaganem) et est (Sidi Lakhdar et Achaacha). Ce qui pourrait être traduit par une dissimilarité morphométrique entre les individus des différentes régions suivant leur position géographique. Ce phénomène pourrait être expliqué par une spéciation allopatrique causé par un isolement génétique assez prononcé entre les groupes de classes citées plus haut (**Fig. 29**).

Un résultat similaire est observé par **Ameur et Belkhira (2018)** dans leur étude morphométrique basée sur les points homologues du crabe marbré *Pachygrabsus marmoratus* sur la côte de Mostaganem qui ont remarqué que les individus de Sidi Lakhder étaient bien séparés des autres individus de la région de Mostaganem (Sidi Medjdoub et Salamandre). Par ailleurs, **Kherbiche et Meliani (2019)** avaient remarqué aussi dans leur étude morpho-géométrique basée sur les points homologues de l'oursin *Paracentrotus lividus* au niveau de quelques stations de la côte de Mostaganem que les individus de Sidi Lakhder sont bien séparés quant aux autres stations de la région de Mostaganem (Stidia, Salamandre et Sidi Madjdoub). De plus, **Bouhadda (2019)** avait observé dans son étude morpho-géométrique basée sur la technique des points homologues du poisson *Diplodus sargus* au niveau de quelques stations de la côte algérienne (Tipaza, Mostaganem et Oran) qu'il y avait une différence morphométrique entre les populations des poissons de chaque station.

Ce même auteur avait estimé que cette différence était due à l'isolement géographique créant un isolement génétique par un phénomène de spéciation allopatrique. Ce qui pourrait corroborer avec les résultats de la présente étude.

CONCLUSION

L'objectif principal de notre étude était d'essayer de trouver s'il y avait une dissimilarité morphométrique chez quelques population de l'espèce de *Stramonita haemastoma* (Linnaeus, 1767) de la côte de Mostaganem en utilisant une méthode morpho-géométrique basée sur les points homologues afin d'expliquer les causes de leur divergence.

Notre travaille s'est établis sur quatre groupes de population de l'espèce de *S. haemastoma* échantillonnées au niveau de sept stations de la côte de Mostaganem [Stidia (ST), Salamandre (SL), Sidi Madjdoub (SM), Hadjadj (H), Ain Brahim (AB), Sidi Abdelkader (SA) et Ouled Boughalem (OB)] regroupées en quatre groupe [Stidia, Mostaganem (SL et SM), Sidi Lakhdar (B et AB) et Achaacha (SA et OB)].

La distance géographique entre les stations a joué un rôle important dans notre étude. Cette distance crée un isolement génétique entre les différentes populations considérées de *S. haemastoma*. L'étude morpho-géométrique basée sur la méthode du point homologue nous a montré qu'il y avait une disimilarité morphométrique entre les individus des différentes régions [ouest (Stidia), centre (Mostaganem) et est (Sidi Lakhdar et Achaacha)] en raison de l'isolement géographique.

La spéciation allopatrique pourrait être la cause de cette divergence entre groupe. Par ailleurs, les courants marins peuvent aussi avoir leur impact sur cette séparation. Cependant, les méthodes morpho-géométriques nécessitent un nombre important d'échantillons dans les stations choisies ainsi qu'une augmentation du nombre de zone de prélèvement pourrait montrer de façon plus nette la différence morpho-géométrique entre les populations de *S. haemastoma*.

REFERENCE

BIBLIOGRAPHIQUE

A

Adams, D. C; Rohlf, F. J. et Slice, D. E. (2004) Geometric morphometrics: ten years of progress following the “revolution”. *The Italian Journal of Zoology*. 71, 8- 9p.

ADRIEN, P. (2012) Systématique et morphométrie géométrique: L'évolution de la nervation alaire au sein du genre *Vespa* (Hyménoptères: Vespidae). These de doctorat, Ecole Doctorale «Sciences de la Nature et de l'Homme » (ED 227), 8- 9p.

Ameur, A. et Belkhira, M. (2018) Étude morphométrique basée sur les points homologues du crabe marbré *Pachygrabsus marmoratus* (Fabricius, 1787) au niveau de la côte de Mostaganem. Mémoire de fin d'étude, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem. 45, 48- 49, 54- 56pp.

B

Bachir Bouiadjra, B. (2012) L'étude de la flore algale benthique et les impacts de ses espèces invasives devant la cote Mostaganem. Thèse de doctorat, Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem. 5p.

Barbara, P; Neil, A; Nicolas, B. et Sophie, A. H. (2019) Connectivité et protection de la biodiversité marine. 10^{ème} Ed Quæ, Paris, France. 8p.

Basedow, T. (1994) Analysis of shells on beaches and rocky coasts of Europe: new findings on nutritional and population ecology of predatory marine gastropods (Muricidae and Naticidae). *Zoologische Beiträge*. NF 36, 29-48p.

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, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem. 58p.

Bendoula, M. C. et Taibi, A. (2017) Abondance et structure démographique d'un prédateur des Patelles *Stramonita haemastoma* (Linné, 1767) à l'ouest du littoral Algérien. *Bulletin de la Société zoologique de France*. 142, 79p.

Benghali, S. (2015) Biologie et dynamique de la population de la moustelle blanche *Phycis blennoides* (Brünnich, 1768) pêchée dans la région de Mostaganem. Thèse de doctorat (3e cycle), Université d'Oran, Algérie. 501 p.

Bookstein, F. L. (1991). Morphometric tools for landmark data. Geometry and biology. *Cambridge Press*. 435p.

Bouhadda, A. (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. Mémoire de fin d'étude, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem. 44p.

Boukhelf, K. (2007). Etude de l'écosystème marin d'oued Sadaoua Sidi Lakhdar Mostaganem. (Étude hydrologique, bactériologique et physicochimique). Mémoire d'ingénieur, Université de Mostaganem. 60p.

Boulajfene, W; Boukhicha, J; Ben Hassine, O. K. et Tlig-Zouari, S. (2013) Distribution and demographic structure of *Stramonita haemastoma* (Linnaeus, 1767) populations on the rocky shores of the gulf of Tunis. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 40, 659.

Bouzaza, Z. (2018) Etude systématique, phylogénétique, phylogéographique et démographique de *Patella ferruginea* (Gmelin, 1791), *Patella caerulea* (Linnaeus, 1758) et *Cymbula safiana* (Lamarck, 1819) de la frange côtière algérienne. Thèse de doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, Algérie. 35, 37p.

Butler, P.A. (1985). Synoptic review of the literature on the southern oyster drill *Thais haemastoma floridana*. *NOAA Tech Rep NMFS*. 35, 9 p.

C

Clamens, A. et Louis, A. (2012) L'espèce : à chacun sa définition ?. *Biologie Géologie*. 2, 1- 2p.

Claremont, M; Williams, S. T; Barraclough, T. G. et Reid, D. G. (2011) The geographic scale of speciation in a marine snail with high dispersal potential. *Journal of Biogeography*. 38, 1016- 1032p.

D

Dajoz, R. (2012) L'évolution biologique au XXI^e siècle: les faits, les théories. Eds Lavoisier. 326p.

Damien, P. (2015) Etude de la circulation océanique en Méditerranée Occidentale à l'aide d'un modèle numérique à haute résolution: influence de la submésoséchelle. Thèse de doctorat, Université de Toulouse, France. 19- 20p.

D'ASARO, CN. (1966) The egg capsules, embryogenesis, and early organogenesis of a common oyster predator, *Thais haemastoma floridana* (Gastropoda: Prosobranchia). *Bulletin of Marine Science*. 16, 884- 914p.

Debouzi, D. (1999) La notion de population en dynamique et génétique des populations. *Nature Sciences Sociétés*. 7, 20p.

Dermeche, S. (1998) Teneur en métaux lourds (Cd, Pd, Cu, Zn, et Ni) chez l'oursin commun *Paracentrotus lividus* (Lmk) pêché dans le golfe d'Arzew, Thèse de Magister Université d'Oran, 132 p.

Durrieu de Madron, X; Guieu, C; Sempere, R; Conan, P; Cossa, D; D'Ortenzio, F; Estournel, C; Gazeau, F; Rabouille, C. et Stemmann, L. (2011) Marine ecosystems' responses to climatic and anthropogenic forcings in the Mediterranean. *Progress in Oceanography* 91, 97-166p.

E

EI AYARI, T. (2015) Barrières au flux génique en Méditerranée Occidentale: Etude de la différenciation génétique chez deux mollusques marins, *Mytilus galloprovincialis* & *Stramonita haemastoma*. Thèse de doctorat, Université de Carthage, Tunisie. 21- 22p.

F

Ferreira, J. F. et Magalhães, A. R. M. (2004) Cultivo de Mexilhões. In POLI, CR., POLI, A., ANDREATTA, E. and BELTRAME, E. Aquicultura: Experiências Brasileiras. Florianópolis: Ed. Multitarefa. Cap. 9, 221- 250p.

Fischer, P. (1870) Sur la faune conchyliologique marine des baies de Suez et de l'Akabah. *Journal de Conchyliologie*. 18, 161-179p.

H

Hammer, O; Harper, D. A. T. et Ryan, P. D. (2001) PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4. 1- 9.

Harry, M. (2012) Cas d'espèces et espèce de cas: espèces et spéciation. *ATALA Cultures et sciences humaines*. 15, 63p.

K

Kalleche, K. (2019) Evaluation de la qualité des eaux côtières de Mostaganem A travers les bioindicateurs de la macrofaune benthique. Mémoire de fin d'étude, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem. 17p.

Kherbiche, M. et Meliani, Z. (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. Mémoire de fin d'étude, Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem. 46, 48p.

Killingley, J. S. et Michael, A. R. (1985) Mode of larval development in some deep-sea gastropods indicated by oxygen-18 values of their carbonate shells. *Deep-Sea Research*, 7. 809p.

L

Le Guyader, H. (2002) Doit-on abandonner le concept d'espèce?. *Courrier de l'environnement de l'INRA*. 46, 52- 53p.

Lahbib, Y ; Abidli, S. et El Menif, N. T. (2011) Spawning and intracapsular development of *Stramonita haemastoma haemastoma* (Gastropoda: Muricidae) collected in northern Tunisia. *Marine Biology Research*. 21, 1p.

M

Mayr, E. (1942) Systematics and the origin of species, *Columbia University Press*, New York, 334p.

Mezali, K. (2007) Etude de la pollution de la cote de Mostaganem et étude systématique et écologique de la patelle *patella ferruginea* (Gmelin, 1791) dans la zone de stidia, Algérie. 7ème.

Millot, C. (1999) Circulation in the Western Mediterranean Sea. *Journal of Marine Systems*. 20, 423-442p.

N

Nascimento, I. A. et Pereira, S. A. (2004) Cultivo da ostra do mangue - *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828). In POLI, CR; POLI, A; ANDREATTA, E. and BELTRAME, E. *Aquicultura: Experiências Brasileiras*. Florianópolis: Ed. Multitarefa. Cap. 11, 267-288p.

O

Otero, M; Cebrian, E; Francour, P; Galil, B. et Savini, D. (2013) Surveillance des espèces envahissantes marines dans les aires marines protégées (AMP) méditerranéennes: guide pratique et stratégique à l'attention des gestionnaires (l'UICN) & Centre de Coopération pour la Méditerranée 75-76p.

P

Palmiéri, J. (2014) Modélisation Biogéochimique de la mer Méditerranée avec le modèle régional couplé NEMO MED12/PISCES. Thèse de doctorat, Université Versailles-Saint-Quentin, Yvelines. 3-8p.

Poli, C. R. (2004) Cultivo de ostras do Pacífico (*Crassostrea gigas*, 1852). In POLI, CR., POLI, A., ANDREATTA, E. and BELTRAME, E. *Aquicultura: Experiências Brasileiras*. Florianópolis: Ed. Multitarefa. Cap. 10, 251-266p.

Poli, J. X. (1795) Testacea Utriusque Siciliae eorumque historia et anatome. *Parma, Regio Typographeio*, 2, 75-264p.

R

RIGAL, F. (2009) Dynamique spatio-temporelle du nuage larvaire du gastéropode introduit *Crepidula Fornicata* au sein d'une baie mégatidale, la baie de Morlaix (France). Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie, Paris. 20p.

Rilov, G; Benayahu, Y. et Gasith, A. (2001) Low abundance and skewed population structure of the whelk *Stramonita haemastoma* along the Israeli Mediterranean coast. *Marine Ecology Progress Series*. 218, 189- 202p.

Rohlf, F. J. (2015) The tps Dig eriesof software. *Hystrix*. 26, 9-12.

Roller, R. A. et STICKLE, W. B. (1988) Intracapsular development of *Thais haemastoma canaliculata* (Gray) (Prosobranchia: Muricidae) under laboratory conditions. *American Malacological Bulletin*. 6, no. 2, 189-197p.

S

Spence, S. K; Hawkins, S. J. et Santos, R. (1990) The mollusc *Thais haemastoma* - An exhibitor of imposex and potential biological indicator of tributyltin pollution. *Marine Ecology*. 11, 147- 156p.

Scheltema, R. S. (1971) Larval dispersal as a means of genetic exchange between geographically separated populations of shallow-water benthic marine gastropods. *Biol. Bull. mar. biol. Lab., Woods Hole*. 140, 284- 322p.

T

TELLIER, F. (2009) Etude des processus de spéciation associés à une zone de transition biogéographique exemple de l'algue brune *Lessonia nigrescen*. Thèse de doctorat, Université de Pierre et Marie Curie, Paris. 21p.

W

White, N. J; Rhonda, R. S. et Isobel, E. (2020) The Past and Future of Experimental Speciation. *Trends in Ecology et Evolution*. 35, 1p.

Wright, S. (1931) Evolution in mendelian populations. *Genetics*. 16, 97- 159p.

Autre Référence bibliographiques consultées

[A]: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/ab/Taxonomic_hierarchy.svg

[B] : <https://blogs.uoregon.edu/>

[C] : <https://cpdp.debatpublic.fr/cpdp-eolienmer>

pyn/sites/debat.eolienmer_pyn/files/synthese_detudes_environnementales_poissons_mollusques_crustaces.pdf

[D]: <http://www.forumcoquillages.com/>

[E] : <http://www.marinespecies.org/aphia>

[F] : <https://www.sealifebase.ca/summary/Stramonita-haemastoma.html>

[G] : <https://archimer.ifremer.fr/doc/00016/12699/>

[H] : <http://www.jaxshells.org/>

[I] : https://d-maps.com/carte.php?num_car=190218&lang=fr

[J]: <https://mesra31400.skyrock.com/2066892640-sidi-mejdoub-plage-de-mostaganem-algerie.html>

[K]: https://www.tripadvisor.fr/Attraction_Review-g734460-d3725233-Review-Hadjadj_Plage_Mostaganem_Mostaganem_Province.html

[L] : APC d'Ouled Boughalem 2016.

[M] : <https://plagesalgerie.jimdofree.com/les-plages/wilaya-de-mostaganem/plages-de-la-commune-d-ouled-boughalem/>

[N] : [https://www.xlstat.com/fr/solutions/Analyse en Composantes Principales \(ACP\).](https://www.xlstat.com/fr/solutions/Analyse%20en%20Composantes%20Principales%20(ACP))

[O]: [https://www.xlstat.com/fr/solutions/.../Analyse Canonique des Variances \(ACV\).](https://www.xlstat.com/fr/solutions/.../Analyse%20Canonique%20des%20Variance)