

République Algérienne Démocratique et Populaire

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



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

KHERBICHE Mohammed et MELIANI Zahira

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE

Spécialité : Bio-Ressources Marines.

THÈME

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

Soutenue publiquement le 17-07-2019

DEVANT LE JURY

Président	M. MEZALI K .	Professeur	U. Mostaganem
Encadreur	M. BOUZAZA Z.	MCB	U. Mostaganem
Examineur	M. MANSOURI T.	MAB	U. Mostaganem
Examineur	M. BELBACHIR N.	MCB	U. Mostaganem

Thème réalisé au laboratoire de Protection, Valorisation des Ressources Marines et Littorales et Systématique Moléculaire de l'université de Mostaganem : 2018/2019.

Remerciements

*Nous tenons à exprimer toute notre gratitude envers notre encadreur le Docteur **BOUZAZA Zoheir**, Maître de conférences au département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture, qui a fourni énormément d'efforts pour nous orienter tout au long de ce mémoire, nous avons beaucoup appris avec lui.*

*Aussi, nous tenons à remercier monsieur **MEZALI Karim**, 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 à l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, qui a accepté de présider la soutenance de ce modeste travail.*

*Aussi, nous tenons à remercier monsieur **MANSOURI Toufik**, Maître Assistant au département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture, pour s'être intéressé à notre travail et avoir accepté de l'examiner en siégeant au sein du Jury.*

*Aussi, nous tenons à remercier monsieur **BELBACHIR Nor Eddine**, Maître de conférences au département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture, pour s'être intéressé à notre travail et avoir accepté de l'examiner en siégeant au sein du Jury.*

*Nous aimerions également remercier notre ami **BOUHADDA Alaeddine**, qui nous a aidés considérablement tout au long de ce travail. Il a notre profonde gratitude.*

Et tous les membres du département des sciences de la mer et de l'aquaculture.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire

Aux êtres les plus chères à mon cœur, mes parents que Dieu les protège.

A mon frère Hamza et ma sœur Fatma dont je les remercie beaucoup de m'avoir encouragé pendant toutes mes années d'études et de m'avoir aidé pour finir ce travail.

A mes amis : Maflah Abdelkader, Sofiane Amara, et en particulier Bouhada Alaadine, qui m'a aidé à faire l'échantillonnage de ce travail en faisant plusieurs plongées et tout mes amis.

*Je dédie ce travail surtout à mon binôme **Meliani Zahira**, avec laquelle j'ai réalisé ce travail et avec qui j'ai vécu toutes les difficultés et à toute sa famille.*

Je dédie aussi ce travail à toute ma famille et à tous mes amis que je n'ai pas cités et à tous ceux qui me connaissent.

A toute ma promotion Bio-Ressources Marine de (2018-2019).

Kherbiche Mohammed

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 encouragé à chaque étape de ma vie. Que le bon Dieu les protège et les garde en bonne santé, je vous aime.

Mes frères et sœurs, ainsi que toute ma famille, à mes grands-parents.

A mon binôme Mohammed, avec lequel j'ai réalisé ce travail et avec qui j'ai vécu toutes les difficultés et à toute sa famille.

Et je le dédie aussi à tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près.

Merci à vous tous.

MELIANI Zahira

Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une étude morpho-géométrique basée sur les points homologues du l'oursin livide *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816).

Un échantillonnage de 162 individus a été réalisé de quatre stations de la côte de Mostaganem au niveau des quatre stations (Stidia, Salamandre, Sidi Medjdoub et Sidi Lakhder) en depuis les deux étagements médiolittorale et infralittorale. Les individus ont été mesurés en considérant la longueur sans épines (L) et la hauteur (H) du test de l'oursin. Le paramètre de gibbosité « H/L » a été calculé pour étudier l'effet « étagement » et l'effet « stations » sur les individus de *P. lividus* échantillonnés grâce au test- t et au test ANOVA respectivement. Chaque individu a été photographié en vue dorsale dans le but de réaliser l'étude morpho-géométrique basée sur 20 points homologues analysés par une ACV (Analyse Canonique des Variances).

Les résultats ont montré qu'il y a un effet « station » sur la variable H/L et la méthode des points homologues nous a montrée qu'il y a une différence significative entre les individus la station de Sidi Lakhder et les autres individus de la région de Mostaganem (Stidia, Salamandre et Sidi Medjdoub) pouvant être due à une spéciation allopatrique créée par un isolement géographique entre les deux régions (Sidi Lakhder et Mostaganem).

Cette technique morpho-géométrique n'est pas très couteuse et pourrait donner des résultats proches des études phylogénétiques fastidieuses et très couteuses.

Mots clés : morpho-géométrie, *Paracentrotus lividus*, points homologues, Côte de Mostaganem, ACV, spéciation.

ملخص

هذا العمل قائم على دراسة المورفولوجية الهندسية التي تركز على نقاط متناظرة و مبينة على قفد البحر *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816).

لقد قمنا باخذ 162 عينة من اربع محطات من ساحل مستغانم (استيديا ,سلامندر, سيدي مجدوب و سيدي لخضر). تم قياس كل العينات و ذلك من خلال النظر في طول L و ارتفاع H كل واحدة منها علي حدة . تم حساب القيمة H/L لدراسة تأثير الطبقات الساحلية (Infralittoral، Médiolittoral) وتأثير على افراد *P. lividus* الذين خضعوا لاختبار t واختبار ANOVA ، على التوالي.

تم تصوير كل فرد في عرض ظهري من أجل تحقيق الدراسة المورفولوجية الهندسية على أساس 20 نقطة متماثلة بهدف تحليلها من قبل ACV (التحليل الكانونيكي للفروق).

أظهرت النتائج أنه كان هناك تأثير المنطقة على المتغير H/L وأظهرت طريقة النقاط المتماثلة وجود اختلاف كبير بين الأفراد في محطة سيدي لخضر والأفراد الآخرين في منطقة مستغانم (استيديا ,سلامندر و سيدي مجدوب) ناتجة عن نوع من فرق الوراثة الناتج عن العزلة الجغرافية بين المنطقتين (مستغانم وسيدي لخضر).

هذه التقنية المورفومترية ليست مكلفة و يمكن أن تعطي نتائج قريبة من الدراسات التطورية الوراثة المكلفة للغاية.

الكلمات المفتاحية : هندسة مورفومترية ، *Paracentrotus lividus* ، نقاط متماثلة ، ساحل مستغانم ، ACV ، تنوع الكائني.

Abstract

This work is a morpho-geometric study based on landmarks of the livid sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816).

We sampled 162 individuals from four stations of the coast of Mostaganem: Stidia, Salamandre, Sidi Medjdoub and Sidi Lakhder by sampling at the two different floors (mediolittoral and infralittoral).

Individuals were measured by considering the length (L) and the height (H) of the sea urchin test.

The gibbosity parameter (H/L) was calculated to study the "floor" and the "stations" effect on *P. lividus* individuals sampled by the t-test and the ANOVA test respectively.

Each individual was photographed in dorsal view in order to perform the morpho-geometric study based on 20 landmarks analyzed by a CVA (Canonical Variance Analysis).

The results showed that there was a "stations" effect on H/L and the landmarks method showed that there was a significant difference between the individuals at the Sidi Lakhder station and the other individuals of Mostaganem region (Stidia, Salamandre and Sidi Medjdoub) may be due to an allopatric speciation created by geographical isolation between the two regions (Sidi Lakhder and Mostaganem).

These morphogeometric techniques are not very expensive and could give results close to fastidious and very expensive phylogenetic studies.

Key words: morpho-geometry, *Paracentrotus lividus*, landmarks, Mostaganem sea shore, CVA, speciation.

liste des tableaux

Liste des tableaux

Titre	Page
Tableau 1 : Nombre des individus prélevés au niveau des stations d'échantillonnage.....	42
Tableau 2 : Résultat de teste- <i>t</i> pour l'effet étagement sur la variable <i>H/L</i>	45
Tableau 3 : Les moyennes de <i>H/L</i> pour les individus de chaque station.....	45
Tableau 4 : Test à postériori HSD de Tukey des comparaisons par paire des stations. Les valeurs mentionnées sont les P_Values.....	45
Tableau 5 : Résultats de la MANOVA pour l'effet « stations » avec une approximation De X^2	46
Tableau 6 : Classification à postériori des groupes de classement initiaux.....	47

Liste des figures

Liste des figures

Titre	Page
Figure 01 : Différent types de spéciations. a, spéciation allopatrique, b, spéciation péripatrique; c, spéciation parapatrique ; d, spéciation sympatrique.....	4
Figure 02 : Cycle de vie benthopélagique des invertébrés marins (Ayata, 2010).....	7
Figure 03 : Circulation générale de surface dans la mer méditerranée (d'après Millot & Taupier-Letage, 2005).....	10
Figure 04 : 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; C, Description par les coordonnées des points-repères.....	13
Figure 05 : Morphologie externe de l'oursin régulier <i>P. lividus</i> . A : face orale B : face aborale (Grosjean, 2001).....	15
Figure 06 : Présentation d'un piquant primaire de <i>Paracentrotus lividus</i> (DeRedder, 1986).....	16
Figure 07 : Représentation de la lanterne d'Aristote pentaradiée de <i>P. lividus</i> (DeRedder, 1986).....	17
Figure 08 : Anatomie circulatoire d'un oursin. a, anus; m, madréporite; s, canal aquifère; r, canal radiaire; p, ampoule podiale; k, paroi du test; i, intestin; b, bouche.....	18
Figure 09 : Distribution géographique (trait rouge) de <i>P. lividus</i> (Tortonese & Vadon, 1987).....	19
Figure 10 : Gonades mâle et femelle chez <i>P. lividus</i> . [B].....	21
Figure 11 : Représentation schématique du cycle de reproduction de <i>P. Lividus</i> . [C].....	21
Figure 12 : Schéma d'un effet cascade impliquant des poissons prédateurs avec un contrôle direct négatif par prédation (p-), les oursins herbivores avec un effet direct négatif par broutage (b-), contrôlant les communautés algales à la base du réseau trophique. Les prédateurs ont une conséquence indirecte positive (+) sur les communautés algales. (D'après Menge, 1995).....	24
Figure 13 : Carte du bassin algérien. A, région ouest; B, région centre; C, région est [D]...	27
Figure 14 : Carte montrant les stations de prélèvement. [E]	28
Figure 15 : Site d'échantillonnage de la station de Stidia (Présent travail, 2019).....	29
Figure 16 : Site d'échantillonnage de la station de Salamandre (Présent travail).....	30
Figure 17 : Site d'échantillonnage de la station de Sidi Medjdoub (Présent travail).....	31
Figure 18 : Site d'échantillonnage de la station de Sidi Lakhder (Présent travail).....	32

Figure 19 : Echantillonnage des individus de <i>P. lividus</i> au niveau du médiolittoral (Photo prise à Stidia, Présent travail).....	33
Figure 20 : Echantillonnage des individus au niveau de l'infralittoral (Présent travail).....	34
Figure 21 : Échantillon de <i>P. lividus</i> conservé pour le traitement au laboratoire.....	34
Figure 22 : Photo en vue dorsale montrant la forme du périprocte d'un individu de <i>P. lividus</i> . Individus de Stidia (Présent travail).....	35
Figure 23 : Préparation des individus d'oursins échantillonnés sur la paillasse (Photo prise par Kherbiche, présent travail).....	36
Figure 24 : Mesures réalisées sur les individus de <i>P. lividus</i> de notre échantillonnage. A, mesure de la longueur (L); B, mesure de la hauteur (H) (Présenttravail).....	37
Figure 25 : Prise d'une photo en vue dorsale d'un <i>P. lividus</i> à laide d'un trépied et un appareil photo numérique (MAGINONSON SZ 24) (présent travail).....	39
Figure 26 : Les différents points homologues réalisés pour l'étude morphométriques.....	40
Figure 27 : Corrélacion entre la longueur <i>L</i> et la gibbosité <i>H/L</i> en considérant les stations. □ Stidia + Salamandre × Sidi Lakhder •Sidi Medjdoub.....	43
Figure 28 : Corrélacion entre la longueur <i>L</i> et la gibbosité <i>H/L</i> en considérant les étagements. • Individus du médiolittoral, + Individus de l'infralittoral.....	43
Figure 29 : Corrélacion entre la longueur <i>L</i> et la gibbosité <i>H/L</i> en considérant les sexes. • Male, + Femelle.....	44
Figure 30 : Résultat de l'analyse des points homologues sur les individus de <i>P. lividus</i> en considérant les stations. A, Projection des points homologues des individus des différentes stations ; B, Distribution du nuage de point de l'ACV. ■, Stidia ; ★, Salamander ; ×, Sidi Lakhder ; •, Sidi Medjdoub.....	46

Liste des abréviations

Liste des abréviations

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

ACV : Analyse Canonique de Variance.

ANOVA : Analyses Of Variance (analyse de variance)

Test- t : Test de Student

Sommaire

Sommaire

Introduction.....	1
Chapitre I: Revue bibliographique	
I. Notions et principes de base.....	3
I.1. Concept d'espèce.....	3
I.1.1. Concept biologique de l'espèce.....	3
I.1.2. Concept morphologique de l'espèce.....	3
I.1.3. Concept écologique.....	3
I.1.4. Concept phylogénétique.....	3
I.2. Spéciation.....	4
I.2.1. Modes de spéciation.....	4
I.2.1.1. Spéciation allopatrique.....	5
I.2.1.2. Spéciation péripatrique (ou spéciation par effet fondateur)	5
I.2.1.3. Spéciation parapatrique.....	5
I.2.1.4. Spéciation sympatrique.....	5
I.3. Connectivité des populations.....	6
I.3.1. Population.....	6
I.3.2. Métapopulation	6
I.3.3. Migration en milieu marin.....	6
I.3.4. Phase larvaire.....	7
II. Mer Méditerranée comme zone d'étude.....	9
II.1. Courantologie.....	10
III. Morphométrie géométrique	11
III.1.1. Objectifs des études morphométriques.....	11
III.1.2. Principe de la morphométrie géométrique.....	11
III. 2. Méthode des points homologues.....	11
IV. Les oursins en tant que model d'études morphométriques.....	13
IV.1. Importance des oursins dans les études morphométriques.....	13
IV.2.1. Taxinomie de l'oursin <i>Paracentrotus lividus</i>	13
IV.3. Biologie, écologie et exploitation de <i>P. lividus</i>	14
IV.3.1. Généralités sur <i>P. lividus</i>	14
IV.3.2. Anatomie de <i>P. lividus</i>	15
Anatomie externe	15

Anatomie interne.....	17
IV.3.3.Répartition géographique et habitat.....	18
IV.3.4.Régime alimentaire	19
IV.3.5.Reproduction	20
IV.3.6.Croissance	22
IV.3.7.Respiration	22
IV.4. Facteurs biotiques et abiotiques influençant les populations d'adulte.....	23
IV.4.1.Prédation	23
IV.4.2.Maladies.....	24
IV.4.3.Intérêt économique	25
Chapitre II : Matériel et méthodes	
I. Description de la zone d'étude.....	27
I.1 Subdivision de la côte algérienne	27
I.1.1 Caractéristiques de la côte algérienne	27
I.1.2. Description de la zone d'échantillonnage	27
I.2 Description des stations d'étude.....	28
I.2.1 Description la station de Stidia	28
I.2.2 Description de la station de Salamandre.....	29
I.2.3. Description la station de Sidi Medjdoub.....	30
I.2.4. Description la station de Sidi Lakhder	32
II. Méthodologie	33
II.1. Collecte des échantillons	33
II.2. Etiquetage des échantillons.....	35
II.3 Etude taxinomique	35
II.4 Traitement au laboratoire	36
II.5. Mesures biométriques	36
II.6. Traitement statistique des données.....	38
II.6.1. Etude corrélative	38
II.6.2. Comparaison des moyennes (test-t/ ANOVA)	38
II.7. Etude de la disparité par les points homologues	38
II.8. Analyse Canonique des Variances (ACV).....	40
Chapitre III : Résultats et discussion	
A .Résultats.....	42

I. Etude biométrique	42
I.1.1. Étude corrélative.....	42
II. Comparaison des moyennes	44
II.1.1. Etude de l'effet de l'étagement (médiolittorale/infralittorale).....	44
II.1.2 Etude de l'effet « stations».....	45
III. Etude de la disparité par les points homologues	46
III.1.1. Analyse Canonique des Variances «ACV».....	46
III.1.2. Classification à postériori.....	46
B. Discussion.....	48
Conclusion.....	50
Références bibliographiques.....	51

Introduction

Introduction

Les oursins sont d'étonnants Echinodermes présents dans toutes les mers du globe, de l'Arctique aux eaux australes. S'il existe un grand nombre d'espèces, seule une partie d'entre elles contribue à la pêche moderne (**Patrissi et al., 2014**). De par leur action de broutage, les oursins sont capables de faire basculer l'écosystème d'un état stable et complexe à un autre état stable plus simple, moins productif et moins diversifié, dominé par des algues incrustées (**Barnes et al., 2002; Eklöf et al., 2008**). Par conséquent, toute modification de densité ou de structuration démographique des communautés d'oursins peut avoir des conséquences sur l'ensemble de l'écosystème infralittoral (**Verlaque, 1984; Azzolina et al., 1987; Bonaviri et al., 2012**).

Depuis plusieurs dizaines d'années, l'importance accordée au rôle des Echinodermes, et en particulier des oursins réguliers, dans la structure et l'évolution des phytocénoses benthiques est grandissante. Les premières études ont décrit simplement des associations ou des « faciès » algue-oursins caractéristiques de différents biotopes. Peu à peu, les oursins ont été étudiés pour leur rôle et surtout leur impact sur l'établissement et la structure des biocénoses (**Kempf, 1962 ; Verlaque, 1987**).

L'oursin comestible ou l'oursin livide *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) constitue une source économique importante (**Kempf, 1962**). C'est une ressource alimentaire très appréciée, sa consommation et sa pêche dans le monde sont très anciennes. Son commerce en Méditerranée existait déjà dans l'antiquité grecque. Les oursins sont régulièrement présents dans les tas de débris de cuisine depuis le début du Néolithique (5000-2500 av J.C) (**Allain, 1972**). Mais en Algérie sa consommation est très faible, elle concerne pratiquement les gens qui habitent au bord de la mer.

Verlaque & Nedelec (1983) ont étudié la biologie de *P. lividus* sur substrat rocheux en Corse, là où **Verlaque (1984)** étudia par la suite la biologie des juvéniles de l'oursin livide et sa sélectivité de broutage ainsi que son impact sur les communautés algales.

En Algérie **Semroud & Kada (1987)** ont fait une contribution à l'étude du *P. lividus* dans la région d'Alger en participant notamment au colloque international sur *P. lividus* et les oursins comestibles à Marseille, l'étude était focalisée sur l'indice de réplétion et l'indice gonadique. **Soualili et al. (2008)** ont étudié l'évaluation de la présence et l'impact de contaminants métalliques dans les eaux côtières algéroises sur le vivant à travers *P. lividus* comme bio-indicateur.

Au niveau de Mostaganem **Dermeche et al. (2010)** ont étudié les variations des indices physiologiques chez *P. lividus*, en prélevant 720 individus du site de Salamandre afin de le comparer avec d'autres individus prélevés à Madagh (Oran).

Il y a de nombreuses études sur la morphologie des oursins réguliers dont celles de **Fuji (1967)** portant sur la croissance morphologique et sa relation avec la nutrition. Une autre étude sur l'oursin *Strongylocentrotus intermidus* a été réalisée par **Rogers-Bennett et al. (1995)** portant sur l'impact de la reproduction sur la morphologie de « l'oursin rouge géant » *Strongylocentrotus franciscanus*. En outre, **Yatsuya & Nakahara (2004)** ont réalisé une étude sur l'impact de l'habitat naturel sur la croissance morphologique d'*Anthocardaris crassispina*.

Le but de ce travail est de faire une étude morphométrique par la technique des points homologues sur *P. lividus* 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

Revue Bibliographique

I. Notions et principes de base

I.1. Concept d'espèce

L'espèce est un concept ambigu dont il existe une multitude de définitions dans la littérature scientifique. Par ailleurs, **Campbell & Reece (1987)** ont élargi la notion d'espèce en plusieurs concepts dans leur fameux ouvrage « *Biology* ».

I.1.1. Concept biologique de l'espèce

Ce concept est énoncé par **Mayr (1942)** qui définit l'espèce comme étant « de groupes de populations naturelles, effectivement ou potentiellement interfécondes, qui sont génétiquement isolées d'autres groupes similaires et engendre une descendance viable et féconde », le concept biologique de l'espèce fait ressortir les processus qui séparent les espèces les unes des autres en fonction des obstacles à la reproduction. D'autres concepts soulignent plutôt les processus qui unissent les individus d'une même espèce.

I.1.2. Concept morphologique de l'espèce

Le concept morphologique de l'espèce définit une espèce d'après la forme de son corps, sa taille et d'autres caractéristiques structurales. Ce concept a quelques spécificités: il s'applique tant aux organismes sexués qu'asexués, et il peut être utile même si on ne connaît pas l'ampleur du flux génétique.

I.1.3. Concept écologique

Le concept écologique de l'espèce considère l'espèce sous l'aspect de sa niche écologique : il prend en compte la somme des interactions des membres de l'espèce avec les composantes biotiques et abiotiques de leur environnement.

I.1.4. Concept phylogénétique

Le concept phylogénétique de l'espèce définit l'espèce comme le plus petit groupe d'individus descendant d'un ancêtre commun et formant une branche de l'arbre de la vie.

Pour retracer l'histoire phylogénétique d'une espèce, les biologistes comparent ses caractéristiques physiques ou ses séquences d'ADN avec celles d'autres organismes.

De telles analyses permettent de faire la distinction entre des groupes d'individus suffisamment différents pour être considérés comme des espèces distinctes. Bien entendu, la principale difficulté d'utilisation de ce concept de l'espèce réside dans la détermination du degré de différence nécessaire pour établir que l'on se trouve effectivement en présence de deux espèces distinctes.

I.2. Spéciation

La spéciation est la naissance à partir d'une seule espèce de deux espèces filles distinctes (**Cornuet et al., 2010**). Comme les espèces biologiques se distinguent par leur incompatibilité reproductive (voir plus haut), le concept biologique de l'espèce s'appuie sur l'isolement reproductif, c'est-à-dire sur l'existence de facteurs biologiques (barrières) qui empêchent les membres de deux espèces de produire des hybrides viables et féconds. De telles barrières bloquent le flux génétique entre les espèces et limitent la formation d'hybrides, c'est-à-dire de descendants issus d'un accouplement entre deux espèces.

Le blocage de tout échange génétique entre les espèces ne découle pas d'une barrière unique, mais d'une combinaison de diverses barrières. Ces barrières peuvent être prézygotiques ou postzygotiques, selon qu'elles contribuent à l'isolement reproductif avant ou après la fécondation.

La mise en place d'une barrière entre organismes appartenant à la même espèce pourrait créer au bout d'un certain temps (T) deux groupes qui n'appartiendront plus à la même espèce.

I.2.1. Modes de spéciation

Les mécanismes de spéciation sont très nombreux (**Bush, 1975**) (Fig. 1).

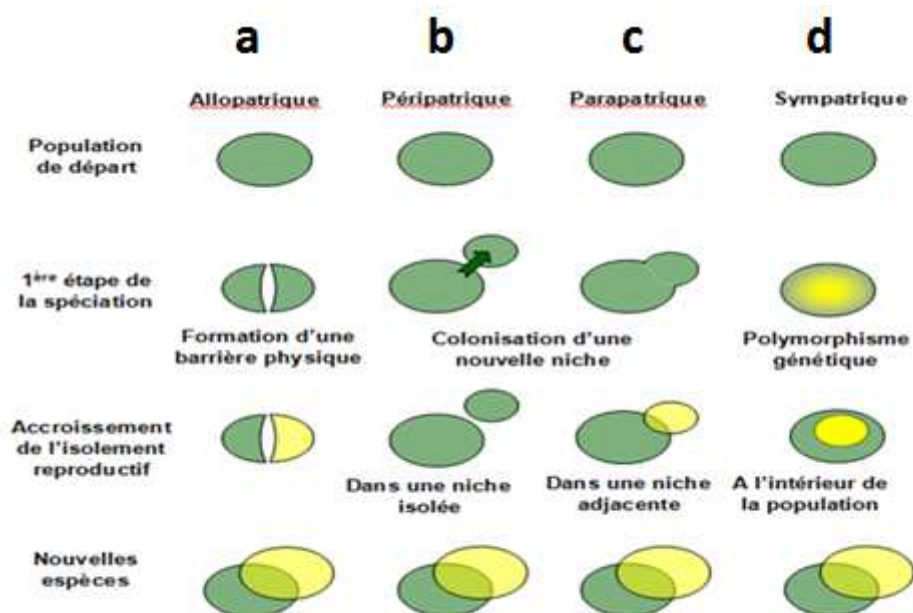


Figure 1 : Différent types de spéciations. a, spéciation allopatrique, b, spéciation péripatrique; c, spéciation parapatricque; d, spéciation sympatrique.

I.2.1.1. 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. Selon **Mayr (1942)**, il serait le plus répandu chez les vertébrés et exclusif chez les oiseaux (*in* **Dajoz, 2012**).

I.2.1.2. Spéciation péripatrique (ou spéciation par effet fondateur)

Ce type de spéciation est semblable à la spéciation allopatrique, puisqu'une barrière géographique sépare la population en deux (**Fig. 1b**). Cependant, la taille (en nombre d'individus) d'une des deux populations est largement plus petite que l'autre. Ce détail, en apparence anodin, a des conséquences majeures sur l'évolution des populations (**Laporte, 2009**).

I.2.1.3. Spéciation parapatrique

A mi-chemin entre les spéciations allopatrique et sympatrique (voir plus bas), la spéciation parapatrique est une divergence entre populations qui échangent des migrants, mais avec des flux de gènes restreints (**Fig. 1c**).

Il semble que si la spéciation sympatrique est possible, la spéciation parapatrique devrait se produire plus facilement car les flux de gènes sont réduits, et donc la divergence facilitée (**Thomas et al, 2010**).

I.2.1.4. Spéciation sympatrique

Une spéciation est dite sympatrique quand il n'existe pas des barrières extrinsèques aux flux de gènes (**Fig. 1d**), c'est-à-dire quand la probabilité de croisement entre individus dépend seulement de leurs génotypes (**Kondrashov, 1986**).

La réalité de la spéciation sympatrique, en l'absence de barrières géographiques, a été un concept longtemps rejeté, surtout en raison de l'influence d'Ernst Mayr. Des cas indiscutables sont connus aujourd'hui. Pour se réaliser, cette spéciation exige des conditions spéciales telles que la polyploïdie, des réarrangements chromosomiques ou des modifications des comportements alimentaire ou reproducteur (**Dajoz, 2012**).

I.3. Connectivité des populations

I.3.1. Population

La population est un ensemble d'individus d'une même espèce vivant dans un même territoire et se reproduisant exclusivement entre eux (**Gadoud & Surdeau, 1975**).

I.3.2. Métapopulation

La métapopulation est un ensemble de populations d'une même espèce réparties dans l'espace, entre lesquelles il existe des échanges plus ou moins réguliers avec un nombre important d'individus. Selon **Gill (1978)** c'est l'ensemble des populations échangeant des gènes entre elles qui a été défini comme une métapopulation. Cet échange n'est quantitativement important que lors de la fondation d'une nouvelle population.

Cette métapopulation a pour habitat une unité écologique correspondant au paysage, c'est-à-dire un ensemble de sites présentant divers stades de succession écologique et dont la géographie autorise des échanges géniques limités mais existant d'un site à l'autre (**Pomente & Valdeyron, 1985**).

I.3.3. Migration en milieu marin

Le terme de migration, comme celui de territoire, n'est pas sans références à l'éthologie animale. Ainsi, la migration définitive se situe comme un écho des déplacements acycliques, «lorsque des individus ou des populations couvrent de longues distances sans jamais revenir à leur lieu d'origine» (**Dorst, 1996**). Selon cet auteur, seuls sont indépendantes des migrations, chez les animaux toujours, les déplacements cycliques, avec retour au point de départ. Il s'agit de déplacements réguliers entre une aire de reproduction (dénommée patrie) et une aire de séjour en dehors des périodes de reproduction.

La migration intervient donc dans le cycle de vie de l'animal et sa périodicité varie évidemment selon la durée de vie des différentes espèces (**Pailhé, 2002**).

On distingue alors 2 types de migrations largement connues dans le milieu marin:

- a) Les migrations holobiotiques qui ont lieu dans le même milieu :
 - eau de mer (migrations thalassiques).
 - eau douce (migrations potamiques).
- b) Les migrations amphibiotiques, qui au contraire changent de milieu, c'est-à-dire qu'elles mènent des eaux douces à la mer ou inversement.

Par ailleurs, la migration peut être subie ou passive ou active:

- Elle est subie lorsque certaines espèces sont emportées par leur hôte (rémora);
- Elle est passive lorsque les espèces se laissent emportées par les courants d'eau (larves planctoniques);
- Elle est active lorsque les espèces se déplacent par leurs propres moyens physiques.

I.3.4. Phase larvaire

Une très grande diversité existe parmi les larves d'invertébrés marins, celles-ci se distinguant par leur morphologie, leur durée de vie larvaire, leur comportement natatoire, et leur mode de nutrition. Deux types de larves sont couramment définis selon ce dernier critère : **les larves lécitotrophes**, dont la croissance dépend des réserves maternelles contenues dans l'œuf, et **les larves planctotrophes**, qui se nourrissent d'organismes planctoniques.

Au regard de leur durée de vie, **Levin & Bridges (1995)** ont proposé de distinguer trois catégories de larves : **les larves anchiplaniques** dont la durée de vie varie entre quelques heures et quelques jours, **les larves actaeplaniques** d'une durée de vie comprise entre une semaine et deux mois, **les larves téléplaniques** dont la durée de vie excède deux mois.

Les larves planctoniques d'organismes à cycle benthopélagique constituent le méroplancton (**Fig. 2**).

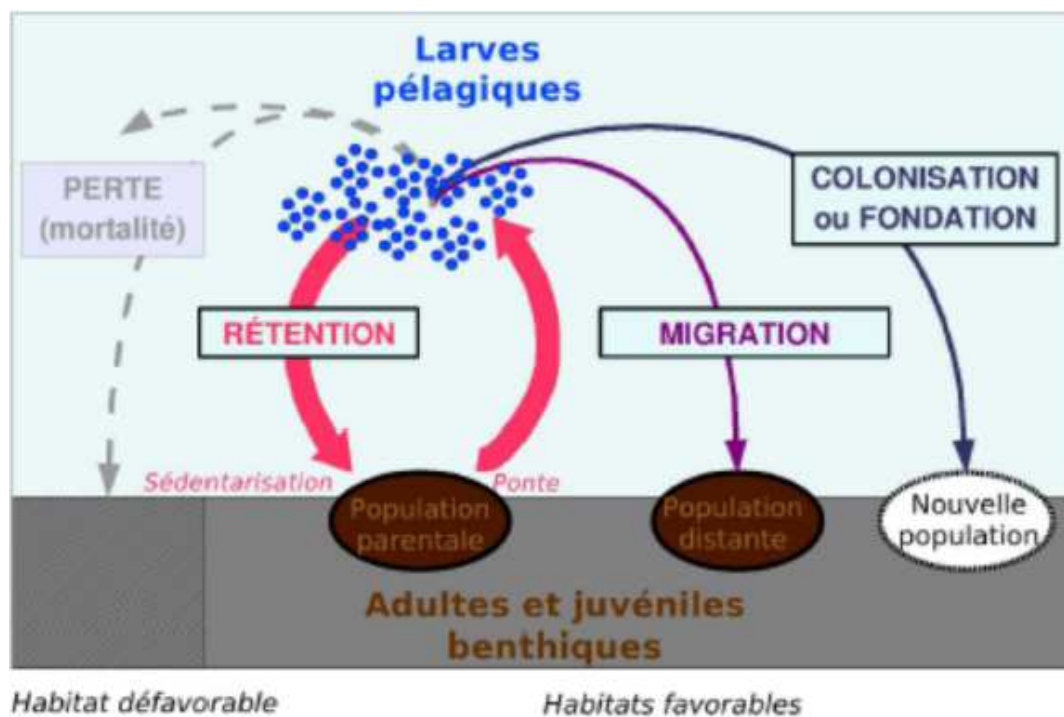


Figure 2 : Cycle de vie benthopélagique des invertébrés marins (Ayata, 2010).

Les organismes à cycle de vie benthopélagique ont généralement une fécondité élevée, mais les œufs produits en très grand nombre sont le plus souvent de petite taille, fait interprété comme un compromis lié au coût d'une fécondité élevée. Cette fécondité élevée contrebalancerait les fortes pertes démographiques au cours de la phase larvaire. Si d'un point de vue écologique et évolutif, de telles pertes sont potentiellement désavantageuses de par le gaspillage qu'elles entraînent, le cycle de vie benthopélagique demeure prépondérant chez les organismes marins (**Thorson, 1950; Eckman, 1996**).

L'avantage évolutif de l'existence d'une phase larvaire planctonique a donc été discuté, en particulier par **Pechenik (1999)** et **Bonhomme & Planes (2000)**, respectivement chez les invertébrés marins et les poissons récifaux.

Ces travaux ont souligné l'importance relative des forces sélectives agissant à court et à long terme pour expliquer le maintien d'une phase larvaire planctonique.

Les principaux avantages que confèrent l'existence d'une phase larvaire planctonique sont liés à son potentiel de dispersion loin des populations parentales (**Pechenik, 1999; Eckert, 2003; Ronce, 2007**), permettant ainsi dans le cas **des larves planctotrophes**:

- une réduction indirecte de la compétition entre les parents benthiques et leur progéniture planctonique;
- une augmentation de la probabilité que le juvénile occupe un habitat favorable dans le cas où la métamorphose est déclenchée par des molécules produites par des adultes conspécifiques;
- une réduction des risques liés à la dépression de consanguinité (croisements entre individus apparentés);
- le maintien d'une aire de répartition géographique étendue;
- une augmentation des probabilités de recolonisation après une extinction locale, et donc un avantage évolutif dans le cas où l'habitat est instable ou éphémère;
- une réduction du risque d'extinction et une augmentation de la persistance des espèces à l'échelle des temps géologiques (**Ayata, 2010**).

Ainsi, il existe de nombreux désavantages au maintien de la phase larvaire pélagique chez les invertébrés marins (**Pechenik, 1999**) :

- la dispersion peut entraîner la larve loin de l'habitat favorable de la population parentale,
- la dispersion augmente la vulnérabilité face aux prédateurs planctoniques,

- la dispersion pourrait entraîner d'importants flux géniques sur de grandes distances, ce qui réduit les possibilités d'adaptation locale et augmente la probabilité de perte de valeur sélective du fait de croisements entre individus issus de populations très éloignées « *outbreeding depression* »;
- étant donné la spécificité du substrat pour la sédentarisation et la métamorphose, la dispersion peut conduire la larve à se métamorphoser sur un substrat non-optimal ou dans des conditions désavantageuses, ce qui limiterait la capacité des adultes à se développer et à se reproduire dans des conditions optimales;
- le délai à la métamorphose observé chez certaines espèces en l'absence de substrat favorable peut réduire par la suite la survie des juvéniles et leur succès reproducteur;
- les stress subis par la larve au cours de sa vie planctonique peuvent réduire son succès post-métamorphose.

II. Mer Méditerranée comme zone d'étude

La Méditerranée est considérée comme un bassin semi fermé, il couvre une superficie d'environ 2,5 millions de Km² s'étendant d'est en ouest sur approximativement 3800 Km et communique avec l'océan Atlantique par le détroit de Gibraltar dont la largeur est d'environ 15 Km et la profondeur est d'environ 250 à 300m au seuil (**Lascartos, 1998**). Elle est en relation avec la Mer noire par les Dardanelles et le détroit du Bosphore (**Ferdj & Memardi, 2001**). La Méditerranée est située entre 30° et 44° Nord, excepté la mer Adriatique qui atteint 46° Nord.

En Méditerranée occidentale, l'axe Corse-Sardaigne isole la mer Tyrrhénienne du reste du bassin. En Méditerranée orientale, on distingue la mer Ionienne, qui atteint les plus grandes profondeurs, et le bassin levantin, séparés par un goulet entre la plate-forme de la mer Égée limitée au sud par la Crète et les hauts fonds au large de la Cyrénaïque. D'une manière générale, le plateau continental est relativement réduit, sauf dans trois zones : la mer Adriatique, la mer Égée, et la plate-forme s'étendant entre la Sicile et la Libye au large de la Tunisie (**Doglioli, 2014**).

Elle est considérée comme une mer tempérée chaude. A partir de -50 m et durant toute l'année la température est de 13°C pour une salinité moyenne de 38‰. En surface les eaux peuvent atteindre 28°C en été. Mais au dessus de la surface, en particulier, dans les premiers 50m, la chute de température est assez rapide.

La méditerranée représente seulement 8% de la superficie et moins de 0,25% du volume des océans dans le monde, renferme environ 7% de la faune marine et 18% de la flore marine mondiale connue (Lascartos, 1998).

La mer Méditerranée constitue un site d'étude privilégié du fait de ses dimensions et de sa morphologie. Elle est comparable à un mini-océan qui répond plus rapidement aux changements environnementaux pouvant ainsi servir, dans une certaine mesure, à prévoir l'évolution des systèmes océaniques (Crise et al., 1999).

II.1. Courantologie

Le fonctionnement général de la circulation en Méditerranée, qui transforme l'eau Atlantique dans l'eau Méditerranéenne (Fig. 4), et le processus de formation des eaux denses, qui fait que l'eau Atlantique se trouve au large de certaines zones septentrionales dans le bassin occidentale et orientale, ont été compris et acceptés par un consensus générale de la communauté scientifique. Par contre la circulation des différents types d'eaux à travers différentes zones est encore l'objet de débat pour ce qui concerne le bassin occidental tandis que pour le bassin oriental ce débat ne vient que de commencer (Doglioli, 2014).

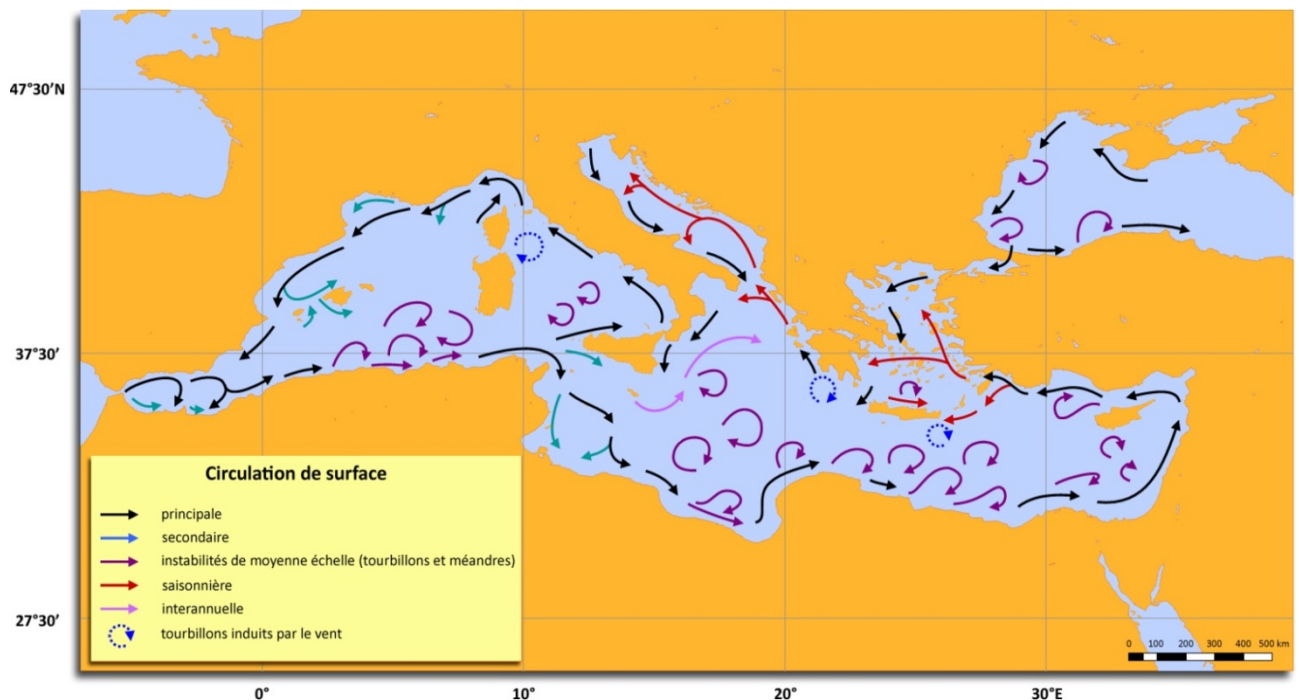


Figure 3 : Circulation générale de surface dans la mer méditerranée (d'après Millot & Taupier-Letage, 2005).

III. Morphométrie géométrique

III.1.1. Objectifs des études morphométriques

Les objectifs sont d'une part, d'identifier les homologues 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, (**Bookstein, 1991**).

III.1.2. Principe de la morphométrie géométrique

La morphométrie consiste à déterminer les données morphométriques par les mensurations d'un spécimen telles que la hauteur, la longueur ... les valeurs étant souvent réduites en pourcentage d'une autre. La morphométrie est donc une partie de l'étude scientifique de la morphologie d'un organisme.

Deux approches sont utilisées en morphométrie géométrique :

L'étude par contour ou par points d'intérêt. La seconde rencontre un plus franc succès. Elle 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, 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 procrustéenne ou à l'aide des coordonnées de Bookstein, ce qui autorise enfin la réalisation de comparaisons objectives des formes étudiées.

III. 2. Méthode des points homologues

Cette méthode consiste à analyser les coordonnées relatives de points-repères pour capturer la géométrie d'un objet.

Une définition correcte de ces points est indispensable pour légitimer la comparaison des conformations de différents objets biologiques. Les points-repères doivent être définis au préalable sur des éléments précis et homologues des structures biologiques. En effet dans le cadre de la théorie de l'évolution, les seuls éléments comparables entre différents organismes sont des éléments homologues, c'est à dire des éléments hérités d'un ancêtre commun et qui sont donc susceptibles de traduire l'histoire évolutive des organismes qui les portent (**Bookstein, 1991**).

En distingue 3 catégories de points-repères :

- les points-repères de **type I** qui sont définis à des intersections entre différents tissus biologiques et dont l'homologie n'est pas mise en question par la variation de la conformation.
- les points-repères de **type II** qui ne sont pas définis par une interaction entre plusieurs tissus, mais comme une extrémité d'un même tissu, tel qu'un maximum de courbure. Ces points-repères ont une homologie discutabile.
- les points-repères de **type III** qui ne sont pas définis par des éléments structurels précis et proches, mais par leur position relative par rapport à un élément éloigné. Ils sont aussi souvent situés à des maxima de courbures. S'ils peuvent s'avérer utiles pour la description de la forme, l'homologie de ces points-repères est encore moins évidente que celle des points de **type II**.

La morphométrie repose sur l'analyse des variations de formes et de leur covariation avec d'autres variables (**Bookstein, 1991**).

La forme (en anglais « form ») est donc l'aspect physique d'un objet dans l'espace. Elle est composée de deux éléments : la taille « size », c'est-à-dire l'échelle de l'objet, et la conformation « Shape », 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. 4**).

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.

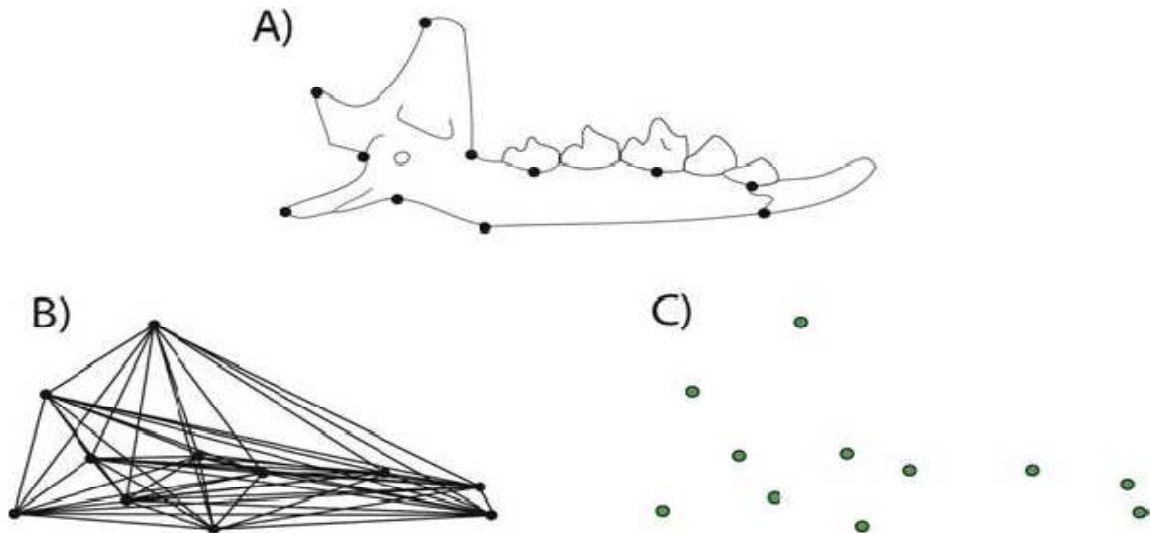


Figure 4 : Description de la géométrie d'une mandibule de Musaraigne (Soricidae : Crocidurinae) avec 11 points repères en 2 dimensions. A, Position des points repères; B, Description par les distances; C, Description par les coordonnées des points-repères.

IV. Les oursins en tant que model d'études morphométriques

IV.1. Importance des oursins dans les études morphométriques

Les échinodermes sont de parfaits modèles pour une étude morphométriques, grâce au fait de leur déplacement lent, ce qui permet de faire une étude comparative que ce soit entre espèces, entre sites ou même entre étagements, la forme sphérique du test de l'oursin, son volume ainsi que sa gibbosité facilitent les mesures biométriques.

Notre choix s'est porté sur L'oursins régulier *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816).

IV.2.1. Taxinomie de l'oursin *Paracentrotus lividus*

L'oursin comestible *Paracentrotus lividus*, espèce des mers épicontinentales, à large répartition géographique, connu dans l'atlantique de l'Irlande jusqu'aux Açores, Canaris et au Maroc, mais aussi dans toute la Méditerranée (Regis, 1987; Tortonese & Vadon, 1987).

La position systématique de l'oursin *Paracentrotus lividus* selon le "WoRMS" (World Register Marine Species) [A]est la suivante:

- * Règne : *Animalia*
- * Sous-Règne : *Eumetazoa* (Bütschli, 1910)
- * Infra-Règne : *Bilateria* (Haeckel, 1874)
- * Infra-Règne : *Deuterostomia* (Grobber, 1908)
- * Phylum : *Echinodermata* (Bruguère, 1791)
- * Sous-Phylum : *Echinozoa* (Haeckel, 1895)
- * Classe : *Echinoidea* (Leske, 1778)
- * Sous-Classe : *Euechinoidea* (Bronn, 1860)
- * Infra-classe : *Carinacea* (Kroh & Smith, 2010)
- * Super-Ordre : *Echinacea* (Claus, 1876)
- * Ordre : *Camarodonta* (Jackson, 1912)
- * Infra-Ordre: *Echinidea* (Kroh & Smith, 2010)
- * Famille : *Parechinidae* (Mortensen, 1903)
- * Genre : *Paracentrotus* (Mortensen, 1903)
- * Espèce : *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816)

IV.3. Biologie, écologie et exploitation de *P. lividus*

IV.3.1. Généralités sur *P. lividus* :

L'oursin régulier appartient au phylum des échinodermes (voir plus haut), comprenant 7000 espèces, toutes marines. Celui-ci regroupe 5 classes : la classe des Echinidés (oursins), classe des Astéridés (étoiles des mers), classe des Holothuridés (concombres des mers) , classe des Ophiuridés (ophiures) et classe des Crinoïdes (lis des mers) (Grasse, 1948).

Les échinodermes sont des coelomates deutérostomiens (c'est à dire qu'au cours de leur développement, l'anus se forme en premier à partir du blastopore), ils possèdent un certain nombre de caractéristiques dans le monde animal dont les principales sont la symétrie radiale et le système aquifère ; leur système nerveux est intimement associé à l'épiderme et en raison de l'absence de concentrations ganglionnaires, les scientifiques les nomment Deutérostomiens épithélioneuriens. Cependant, leur pouvoir de régénération est assez limité (Wirth & Debelius, 2003).

IV.3.2. Anatomie de *P. lividus*

- Anatomie externe

Les échinidés sont caractérisés par une symétrie pentaradiaire: 5 régions ambulacraires portant les pieds ambulacraires et 5 régions interambulacraires, au niveau desquelles les piquants sont mis en place. Chacune de ces régions est formée d'une double rangée squelettique de nature calcaire.

L'oursin possède un squelette calcaire continu formé de plaques soudées, c'est le test d'oursin. Il est arrondi (contour circulaire), peu élevé, aplati en face ventrale, et hérissé portant différents appendices soient ; les piquants, les podias et les pédicellaires (**Fig. 5**).

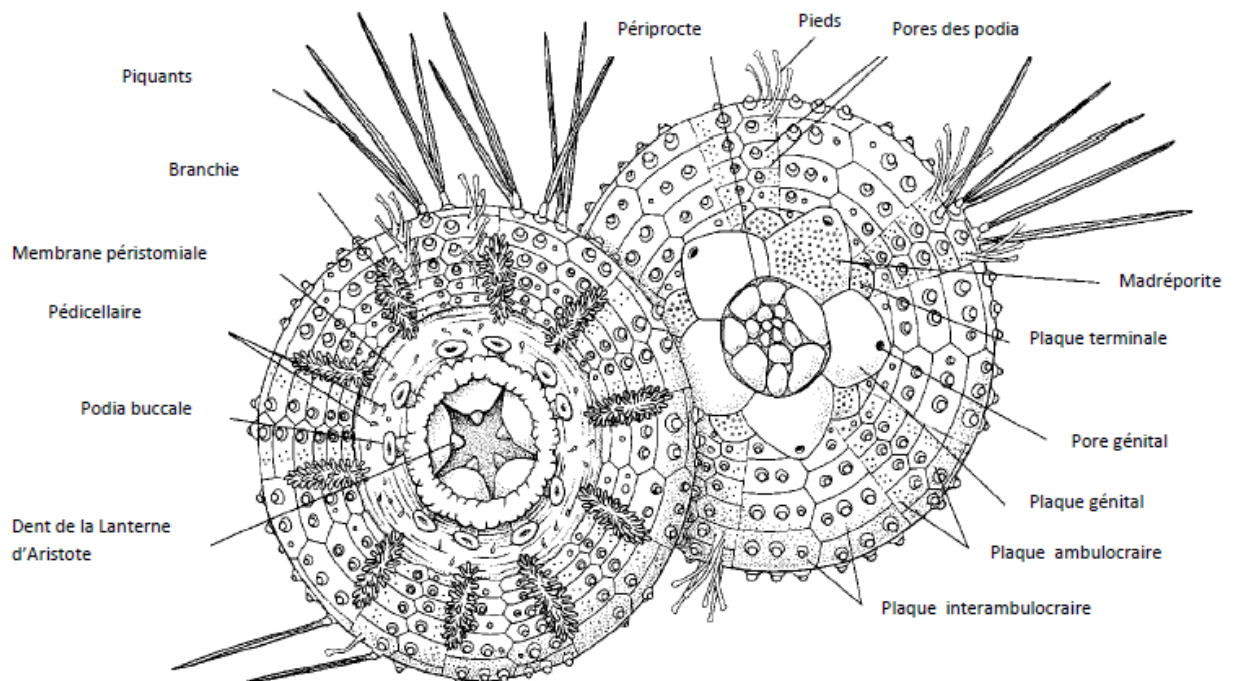


Figure 5: Morphologie externe de l'oursin régulier *P. lividus*. A : face orale B : face aborale (**Grosjean, 2001**).

L'axe de symétrie du corps passe par la bouche et l'anus déterminant les pôles oraux où se trouve l'appareil masticateur appelée lanterne d'Aristote (**Fischer et al., 1987**) (**Fig. 5**).

Péristome

Sur la face orale, la bouche s'ouvre sur le péristome qui est muni d'un puissant appareil masticateur en forme de pyramide pentagonale, c'est la lanterne d'Aristote (voir plus bas), près de la bouche, le péristome porte un cercle de 5 paires de podias modifiés.

Périprocte

Sur la face aborale, l'anus se situe au centre d'une membrane nommée périprocte (**Fig. 5**). Ce dernier est entouré de 5 plaques génitales (l'une est plus grande d'aspect criblé porte le nom de

plaque madréporique) en position interradiaire, chacune d'elles est percée d'un pore pour évacuer les produits génitaux et pourvue de 5 petites plaques ocellaires (Omar, 2013).

Tubercules et piquants

Les tubercules sont répartis sur tout le corps. Ils sont non perforés et lisses. Le test hérissé de piquants robustes, pointus, de forme et de taille très diverses (Fig. 5), ils jouent un rôle dans la protection, la défense et la locomotion. Leur couleur varie du violet, au bleu, vert foncé, brun et pourpre. Selon leur taille, les piquants et les tubercules sur lesquels ils s'articulent, sont appelés primaires, secondaires, tertiaires ou miliars (très petits) (Regis, 1987) (Fig. 6).

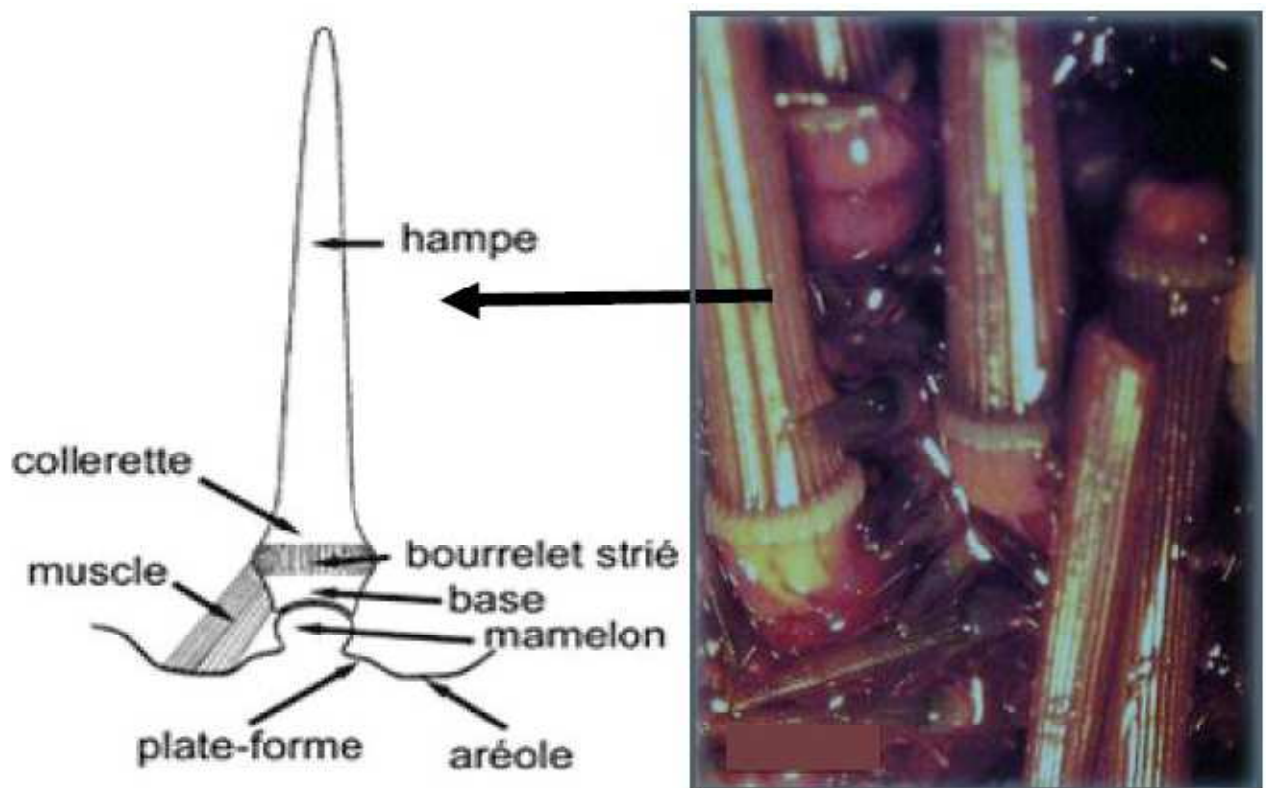


Figure 6: Présentation d'un piquant primaire de *Paracentrotus lividus* (DeRedder, 1986).

Podias

Les podias sont appelés également pieds ambulacraires qui peuvent s'allonger ou se rétracter (Fig. 5), et se terminent généralement par une ventouse. Leurs fonctions principales sont la locomotion, la respiration, la fixation et retiennent la nourriture (Le Gall et al., 1989).

Les piquants participent avec les podias à la locomotion et à l'ancrage des Echinidés sur leur substrat. Ils ont également une fonction défensive vis-à-vis des prédateurs (Barnes, 1987).

Pédicellaires

Sont des petits organes calcifiés fixés sur le test entre les piquants (Pédicellaires tridactyles ou tridentés, Pédicellaires Ophiocéphales, Pédicellaires trifoliés, pédicellaires glandulaires) (**Fig. 5**).

Ils ont des fonctions multiples : capture des proies, nettoyage du test, la défense et empêche les petits organismes de s'y fixer (**Hyman, 1955; Ghyoot, 1991**).

- **Anatomie interne**

Le coelome fournit un ensemble de cavités qui entourent les viscères à l'origine de deux systèmes creux, caractéristique des Echinodermes. Le système aquifère d'une part, en communication avec le milieu extérieur par le port aquifère, est représenté extérieurement par des pieds ambulacraires (podias) et le système périhémal (sinusaire) d'autre part, entoure le système sanguin (corps de tiedermann) ainsi que la portion axiale du système aquifère (**Grosjean, 2001**).

La lanterne d'Aristote est attachée au corps par une série de fibres conjonctives et des muscles, elle entoure l'œsophage et le tube digestif, elle est composée de 5 pyramides (**Fig. 7**) (**De Ridder, 1986**).

L'œsophage et le rectum sont axiaux et linéaires, mais l'estomac et l'intestin décrivent cinq boucles superposées. L'œsophage comprend un puissant appareil masticateur et l'intestin est tapissé par un épithélium cylindrique.

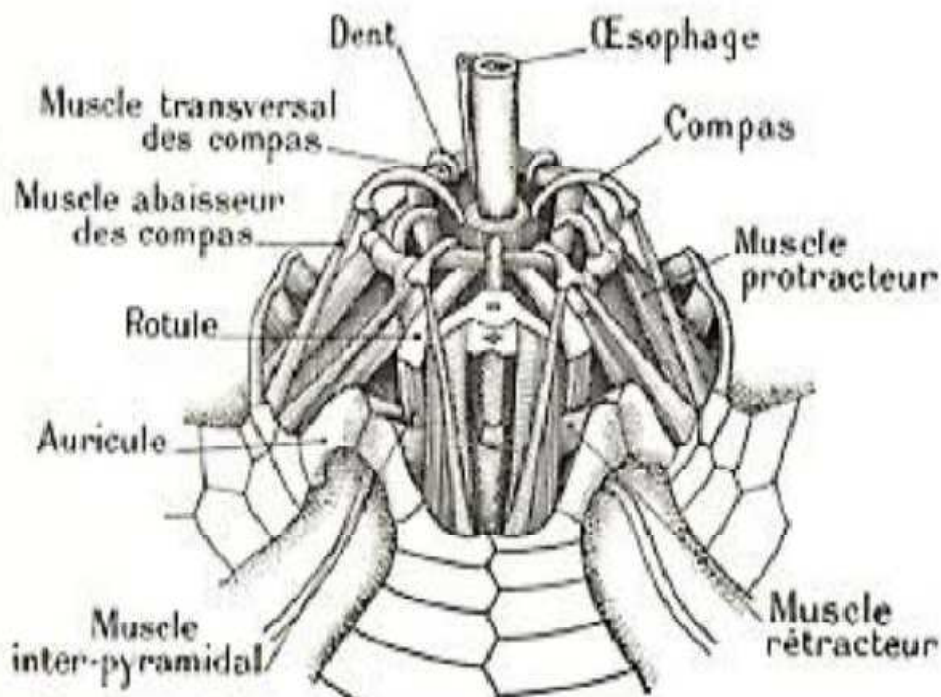


Figure 7: Représentation de la lanterne d'Aristote pentaradiée de *P. lividus* (**DeRedder, 1986**).

L'estomac est accompagné d'un siphon où circulent l'eau et les aliments (**Fig. 8**). Le système nerveux est formé de cinq nerfs radiaires juxtaposés aux canaux radiaires du système aquifère. Ces nerfs dérivent des canaux péricœsophagiens (**Soualili, 2008**).

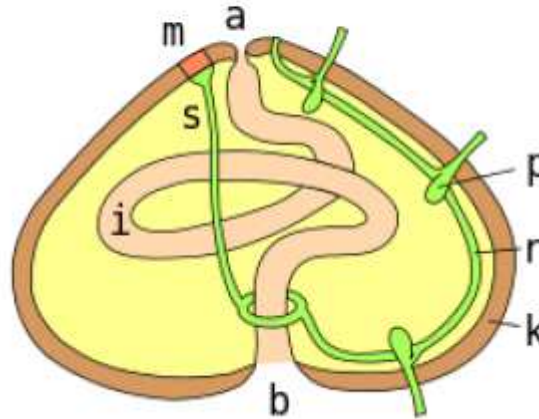


Figure 8: Anatomie circulatoire d'un oursin. a, anus; m, madréporite; s, canal aquifère; r, canal radiaire; p, ampoule podiale; k, paroi du test; i, intestin; b, bouche.

IV.3.3. Répartition géographique et habitat

L'oursin livide *P. lividus*, espèce des mers épicontinentales, à large répartition géographique, est connu dans l'Atlantique depuis l'Irlande jusqu'aux Açores, Canaries, au Maroc, et dans toute la Méditerranée (**Fig. 9**) où il occupe surtout l'étage infralittoral (**Grass et al., 1970**). On peut le trouver à des profondeurs allant jusqu'à -80m (**Guettaf, 1997**), mais il devient moins abondant dans la partie la plus orientale. Les plus fortes densités sont observées entre 0 et 10 m (**Lawrence, 2013; Lecchini et al., 2002**). De nombreux auteurs s'accordent, sur le fait que, les plus gros individus se localisent en zone subtidale, alors que les plus petits sont en zone intertidale (**Gago et al., 2001; Jacinto et al., 2013**).

Ils colonisent principalement les régions tempérées ou les conditions thermiques océaniques fluctuent entre 10 et 15°C en hiver et 18 et 25°C en été.

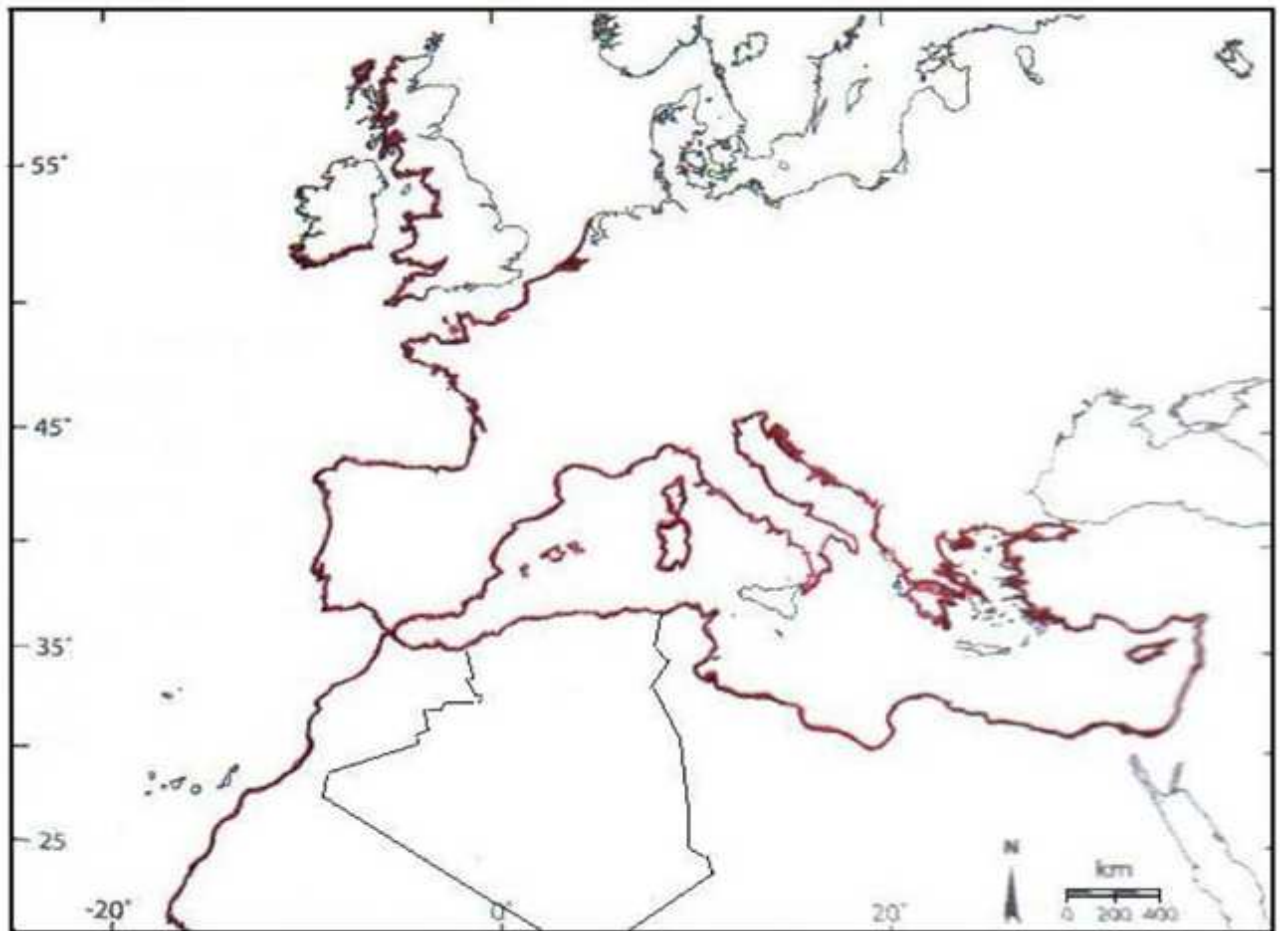


Figure 9: Distribution géographique (trait rouge) de *P. lividus* (Tortonese & Vadon, 1987).

Cette espèce préfère le peuplement d'algues denses dont elle se nourrit, et dans l'herbier à *Posidonia oceanica*. Cet organisme a été signalé aussi sur le substrat meuble tel que le sable et les fonds détritiques ; sur substrat dur. *Paracentrotus lividus* avoisine fréquemment avec un autre Échinoderme *Arbacia lixula* (Kempf, 1962), où il se protège, soit en profitant de la géomorphologie du site, soit en creusant des cavités dans la roche par mouvements rotatifs de ses piquants (Grosjean, 2001), mais aussi en creusant le substrat avec la lanterne d'Aristote ce qui le rend dans certaine région un agent d'érosion (Asgaard et al., 2008).

IV.3.4. Régime alimentaire

L'oursin *Paracentrotus lividus* est une espèce essentiellement herbivore mais dans certaines conditions il peut être omnivore (Regis, 1978).

On peut trouver dans son contenu digestif en plus de fractions végétales, une fraction animale constituée de Foraminifères, des spongiaires et des bryozoaires, ainsi que des crustacés (Verlaque, 1987).

L'analyse des contenus digestifs de *P. lividus* suggère que c'est un brouteur opportuniste comme le sont de nombreux Echinoïdes réguliers (**DeRedder et al., 1986**).

Paracentrotus lividus consomme principalement des algues photophiles du genre *Podia pavonica* et *Cystoseina buliarica* (**Regis, 1978**). Il fait preuve d'une certaine sélectivité dans l'herbier à posidonie (**Verlaque, 1987**). Cette sélectivité dans l'alimentation varie avec sa taille. Ainsi, il passe de la consommation d'organismes de la strate encroûtante épiphyte des rhizomes et des feuilles (faune sessile) chez les juvéniles aux feuilles et à leurs épiphytes chez les individus de plus de 20 mm de diamètre sans les radioles (piquants) (**Verlaque, 1987**), pour enfin consommer préférentiellement la partie la plus épiphyte de la feuille.

Chez *P. lividus*, il existe une alternance de phase de nutrition et de phase de repos alimentaire. Ces deux phases ont été signalées, chez la même espèce des côtes algériennes par **Semroud & Kada (1987)**.

En période active, la vitesse d'alimentation est constante pour tous les individus. Selon **Zanoun (1987)** (*in Sahnoun, 2009*), la période de jeûne ou la faible consommation serait liée à une maturation des gonades précédant la ponte. Cet invertébré marin peut apparemment utiliser comme énergie, la matière organique très fine dissoute dans l'eau par ses piquants. **Regis (1979)** puis **Rico (1989)** avaient considéré les mouvements des radioles liés au filtrage comme une activité alternative liée à l'alimentation. Ce mode de nutrition complémentaire devient important lorsque les macrophytes deviennent rares (**Sahnoun, 2009**).

L'importance de la ration alimentaire de *Paracentrotus lividus* et la sélectivité de son alimentation, en font un facteur déterminant dans la distribution et l'évolution des peuplements superficiels des macrophytes benthiques en Méditerranée (**Nedelec, 1982; Verlaque & Nedelec, 1983**).

IV.3.5. Reproduction

Les sexes sont séparés, mais l'oursin ne présente pas de dimorphisme sexuel. La maturité est atteinte vers 3 ans, soit pour un diamètre moyen hors piquant de 3 cm (**Grosjean, 2001**). Son cycle de reproduction est annuel, les gonades sont matures au printemps ; la gonade mâle est alors de couleur blanchâtre alors que celle de la femelle est de couleur orangé (**Fig. 10**).

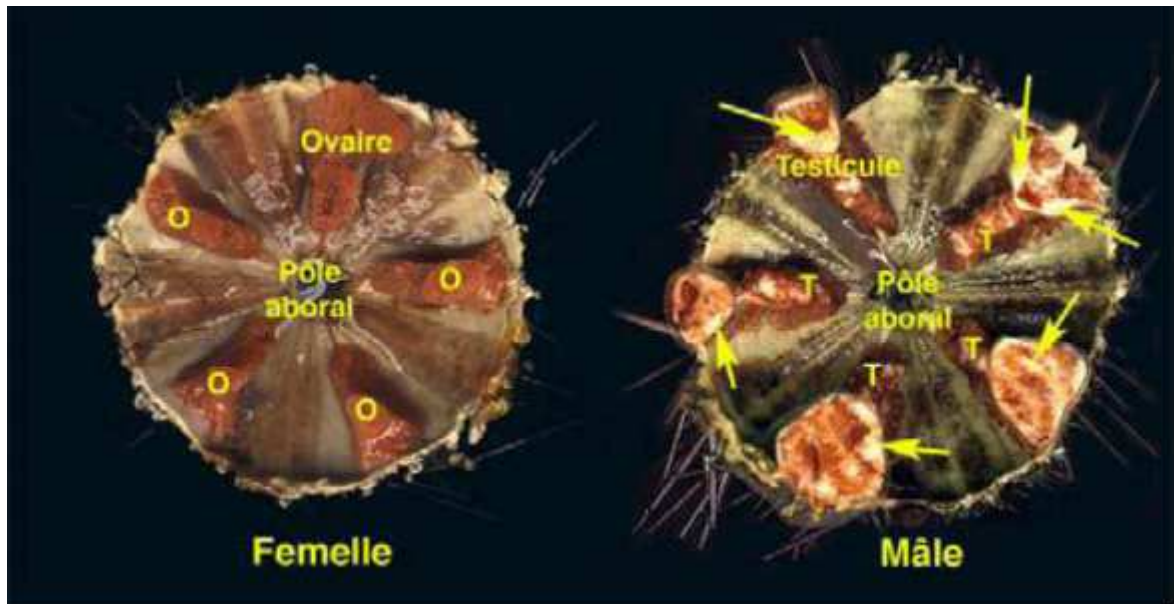


Figure 10: Gonades mâle et femelle chez *P. lividus*. [B]

Les individus matures émettent simultanément leurs gamètes dans la colonne d'eau où se produit la fécondation. L'œuf se segmente pour produire une larve pélagique à symétrie bilatérale. Après différents stades successifs (temps évalué autour de 4 mois), la larve rejoint le fond pour se métamorphoser en oursin (Grosjean, 2001; Lawrence, 2013) (Fig. 11).

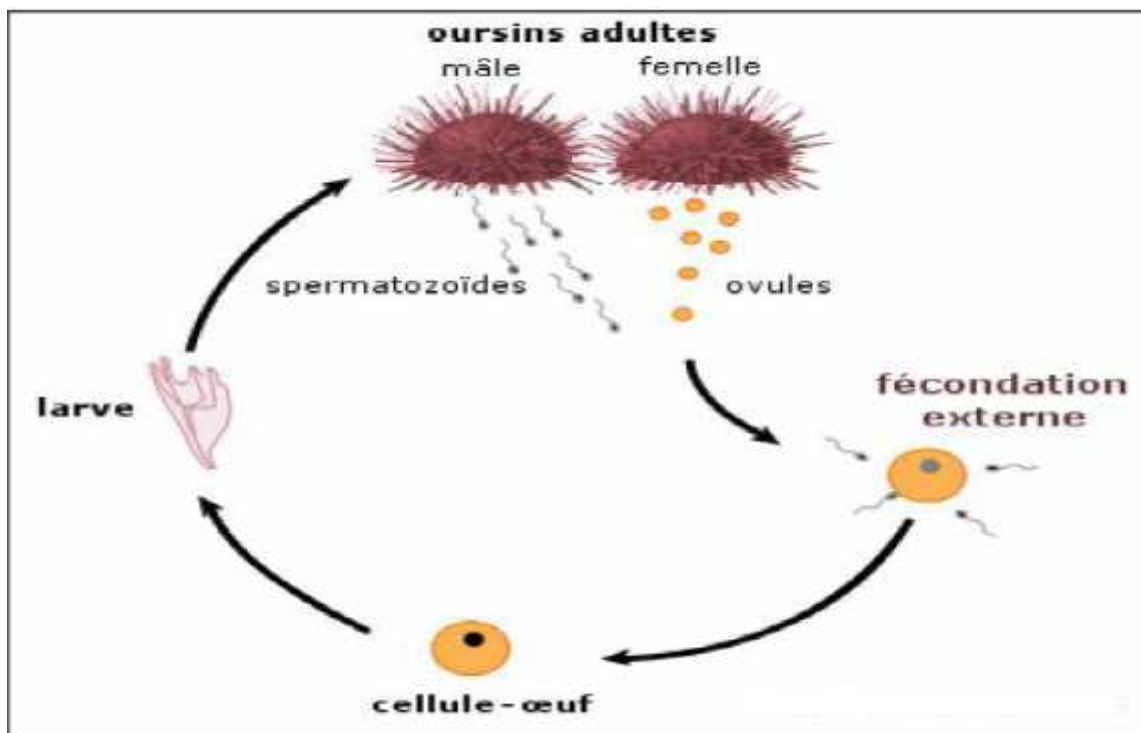


Figure 11: Représentation schématique du cycle de reproduction de *P. Lividus*. [C]

L'ovogénèse se déroule au niveau des gonades, au moment de la reproduction, la lumière se remplit par des ovocytes mûrs et des ovules qui sont libérés dans l'eau où la fécondation a lieu (**Guettaf, 1997**).

La variation de la ponte peut être changée d'un endroit à un autre, elle est influencée par des facteurs environnementaux principalement par la profondeur, la photopériode, la qualité et l'abondance de la nourriture (**Byrne, 1990**).

Différents auteurs ont montré une certaine homogénéité concernant ces périodes de ponte, car en général, elle a lieu deux fois par an en Méditerranée, la première se déroule à la fin du printemps alors que la seconde a lieu à la fin de l'été (**Byrne, 1990; Guettaf, 1997**).

Quarante huit à soixante douze heures après la fécondation apparaissent les larves pélagiques à quatre bras appelées *Echinopluteus*, d'une taille de 450 à 550 μm , aussi bien en laboratoire qu'en milieu naturel, ce stade est sensible à la qualité du milieu dans lequel se développe la larve, mais aussi à la qualité et la quantité de nourriture disponible (**Fenaux, 1968**).

Les larves *Pluteus* soumises à des courtes périodes de jeûne ne se développent pas quand elles n'ont jamais été nourries avant. Par contre, lorsque les *Pluteus* sont déjà nourris, c'est la longueur des larves, ainsi que le diamètre des post larves qui sont affectés par l'alimentation ; la durée de la phase larvaire de *Paracentrotus lividus* est variable et conditionnée par de nombreux facteurs dont l'apport nutritif et la température (**Fenaux et al., 1992**).

IV.3.6. Croissance

Pendant les 4 premières années de sa vie, l'oursin croît d'environ 1 cm de diamètre par an (piquants exclus) ensuite, sa croissance ralentie. Leur diamètre peut atteindre environ 8 cm (piquants exclus) pour une longévité qui peut dépasser les 10 ans (la longévité moyenne est de 9 ans) (**Casamajor et al., 2014**).

La taille maximale et la longévité sont cependant très variables suivant les secteurs. Un effet « latitude » est également avancé, les individus seraient plus grands et vivraient plus longtemps en Atlantique qu'en Méditerranée (**Casamajor et al., 2014**).

IV.3.7. Respiration

De nombreux oursins réguliers possèdent 10 fentes sur test. De ces fentes peuvent sortir de petits sacs tégumentaires qui jouent le rôle de branchies.

IV.4. Facteurs biotiques et abiotiques influençant les populations d'adultes

Un certain nombre d'études ont été menées dans la partie Nord-Ouest de la Méditerranée portant sur les peuplements, la biologie et l'écologie de *P. lividus*. Elles ont été réalisées dans des zones plus ou moins pêchées, parfois dans des réserves et à différentes périodes. La réflexion porte souvent sur les variations dans le temps des effectifs et des classes de taille et sur la répartition des individus en fonction des divers facteurs influençant ces populations. Il en résulte que les populations d'oursins sont soumises à de nombreuses variables naturelles et anthropiques qui rendent leur dynamique extrêmement variable dans l'espace et le temps (**Boudouresque & Verlaqu, 2007; Hereu et al., 2012**).

IV.4.1. Prédation

L'abondance et la composition spécifiques des communautés d'oursins peuvent être déterminées par la prédation (**McClanahan & Shafir, 1990; Sala & Zabala, 1996**). Une liste de 37 prédateurs (Crustacés, Mollusques, étoiles de mer, poissons et même oiseaux) de *P. lividus* est présentée par **Boudouresque & Verlaque (2007)**. En Méditerranée, les principaux prédateurs de *P. lividus* sont les poissons, et particulièrement les Sparidae *Diplodus sargus* et *Diplodus vulgaris*, capables de consommer des oursins de plus de 5 cm de diamètre, ainsi que le Labridae *Coris julis* qui est le principal prédateur des juvéniles d'oursins (**Sala, 1997**). Il a été récemment montré que des crustacés pouvaient avoir un rôle de micro-prédateurs de jeunes recrues d'oursins, particulièrement dans les zones à peuplement algaux dressés (**Bonaviri et al., 2012**). En plus des prédateurs directs (ceux qui arrivent à ouvrir les oursins), plus d'une dizaine d'espèces de poissons charognards, particulièrement des labridés, consomment les restes d'oursins laissés par les prédateurs directs (**Sala, 1997**).

En Méditerranée, les prédateurs peuvent dans certains cas contrôler les communautés d'oursins, particulièrement dans les réserves naturelles où les poissons sont plus nombreux et de plus grande taille (**Sala & Zabala, 1996; Sala et al., 1998a; Hereu et al., 2005**). En effet, l'augmentation de la prédation des oursins dans les aires marines protégées peut avoir des conséquences importantes à l'échelle des communautés. En contrôlant les abondances de *P. lividus*, les prédateurs jouent indirectement un rôle par effet cascade top-down sur les assemblages benthiques dominés par des organismes photosynthétiques (**Sala & Zabala, 1996; Pinnegar et al., 2000; Hereu, 2004; Hereu et al., 2008**) (**Fig. 12**).

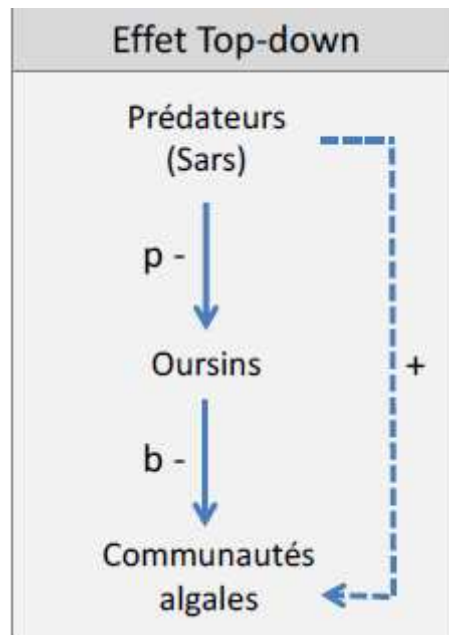


Figure 12: Schéma d'un effet cascade impliquant des poissons prédateurs avec un contrôle direct négatif par prédation (p-), les oursins herbivores avec un effet direct négatif par broutage (b-), contrôlant les communautés algales à la base du réseau trophique. Les prédateurs ont une conséquence indirecte positive (+) sur les communautés algales. (D'après Menge, 1995).

Cet effet est particulièrement marqué dans les eaux peu profondes (0 à 5 m), où les oursins sont couramment plus abondants et où les interactions prédateurs-oursins sont importantes (Vergés et al., 2012).

IV.4.2. Maladies

La plupart des maladies contractées par les oursins sont induites par des agents biotiques qui ne sont pas mortelles (Jangoux, 1984; Jangoux, 1987a; Jangoux, 1987b; Jangoux, 1987c; Jangoux, 1987d).

Toutefois, certaines maladies peuvent provoquer des événements de mortalités massives chez certaines espèces d'échinodermes (Jangoux, 1987d). Les épizooties peuvent avoir un rôle important dans la régulation des communautés d'oursins et peuvent avoir des répercussions indirectes sur les communautés benthiques de l'écosystème associé (Jangoux, 1984; Jangoux, 1987d; Tajima et al., 2007).

Pour l'espèce *P. lividus*, l'épisode de maladie dit de « l'oursin chauve » qui a eu lieu en Méditerranée nord-occidentale (Espagne, France, Italie, Croatie), entre la fin des années 1970 et le début des années 1980 a provoqué des mortalités massives en certains endroits où les densités d'oursins étaient très importantes (Boudouresque et al., 1980; Azzolina, 1987). Cette maladie transmissible non-spécifique a touché plusieurs autres espèces d'oursins réguliers

(**Maes & Jangoux, 1984**). Dans le Parc National de Port-Cros, où la pêche est interdite, après cet épisode de mortalité massive, les densités de populations d'oursins n'ont pas récupéré leurs valeurs initiales (**Hereu, 2005**). Cette maladie s'est développée dans les eaux chaudes et peu profondes. Les communautés microbiennes impliquées dans cette maladie sont opportunistes et non-spécifiques (**Jangoux & Maes, 1987; Becker et al., 2008**). Cette maladie réapparaît ponctuellement sur les côtes provençales et corses en 2009 et 2010, sans provoquer de mortalités massives. En Algérie, ce phénomène a été observé par **Bouzaza & Benbachir** en **2017** (Donnée non publiée).

IV.4.3. Intérêt économique

La consommation et la pêche des oursins dans le monde sont très anciennes. Selon **Allain (1975)**, les oursins sont régulièrement présents dans les tas de débris de cuisine depuis le début du Néolithique (5000-2500 av J.C). Cet Invertébré constitue une source économique importante, mais il est menacé par la surexploitation (**Kempf, 1962**). L'oursin comestible est très exploité commercialement, car il est très apprécié.

Toutefois, les gonades femelles sont beaucoup plus recherchées que celles des mâles (**Kempf, 1962**). Cette espèce est pêchée dans presque tous les pays méditerranéens (Espagne, Italie, ex-Yougoslavie, Tunisie, Maroc, Grèce, et Turquie); mais dans certains d'entre eux, la quantité récoltée est très faible. De plus, elle est pratiquée par des amateurs, sans statut de pêcheurs d'oursins à proprement parler (**Guetaff, 1992**).

Selon **Ouendi (2006)**, la consommation des oursins en Algérie était liée à la population d'origine européenne notamment à l'époque de la colonisation. Aujourd'hui, leur exploitation est très faible. Il s'agit principalement d'une pratique touristique et parfois traditionnelle pour les gens qui habitent au bord de la mer.

Par ailleurs, cette espèce est considérée comme bio-indicatrice de pollution, cela a conduit divers chercheurs à des études concernant son écologie (**Kempf, 1962**), sa biologie, sa physiologie (**Allain, 1975; Regis, 1981**), son alimentation, sa relation avec le phytobenthos (**Verlaque, 1987; Semroud & Kada, 1987**), son comportement vis-à-vis de la pollution, sa dynamique de population (**Allain, 1975; Azzolina, 1988**) et sa reproduction (**Fenaux, 1980; Crapp & Willis, 1975; Byrne, 1990**).

Chapitre II

Matériel et Méthodes

I. Description de la zone d'étude

I.1 Subdivision de la côte algérienne

La côte algérienne s'étend sur 1622 km (Matet, 2009), de 2° ouest jusqu'à 9° est. Elle peut se diviser en trois grands secteurs (Fig. 13):

- le secteur occidental: des la frontière algéro-marocaine à l'ouest jusqu'à Ténès à l'est (Fig. 13A);
- le secteur central : de Ténès à Dellys (Fig. 13B);
- le secteur oriental : de Dellys à l'ouest jusqu'à la frontière algéro-tunisienne à l'est (Fig. 13C) (Bouzoualegh & Zemane, 2010).

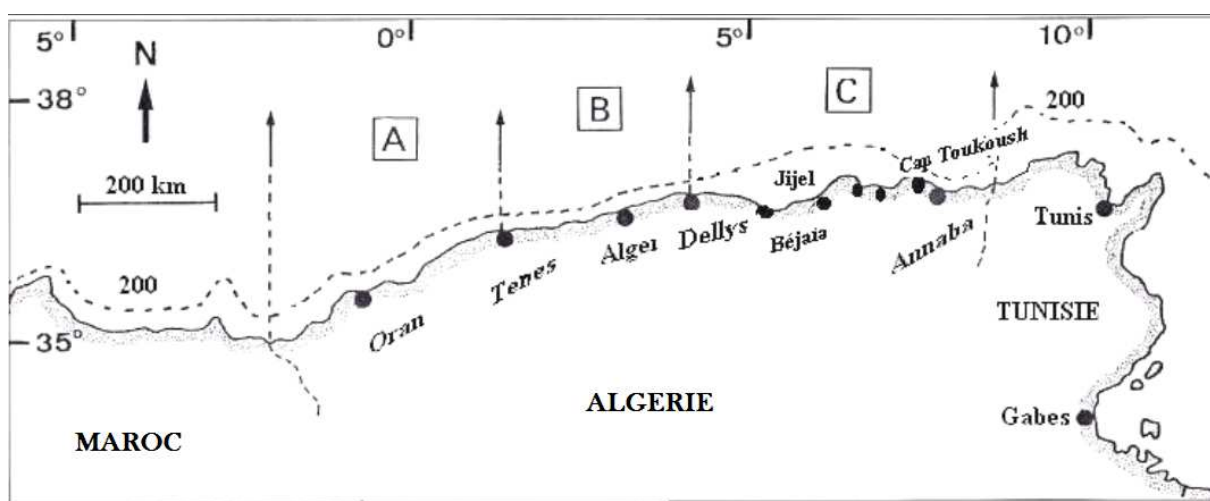


Figure 13: Carte du bassin algérien. A, région ouest; B, région centre; C, région est [D].

I.1.1 Caractéristiques de la côte algérienne

La côte algérienne se caractérise par une nature essentiellement rocheuse. De petites chaînes de montagnes séparent certaines plaines (comme la Mitidja et la plaine d'Annaba) du rivage dont le plateau continental algérien apparaît comme un plateau fragmenté et discontinu extrêmement réduit et disparaît en bordure des massifs montagneux côtiers ou des côtes élevées. Il se développe près des côtes basses, comme c'est le cas des baies et des golfes (Grimes et al., 2004).

I.1.2. Description de la zone d'échantillonnage

La présente étude a été réalisée sur une partie de la côte algérienne au niveau de la frange côtière de la wilaya de Mostaganem. Le plateau de Mostaganem est 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 est possède une

superficie côtière de 682 km² (DE, 2010). L'échantillonnage s'est effectué dans quatre stations: Stidia, Salamandre, Sidi Medjdoub et la zone de Sidi Lakhder (**Fig. 14**).

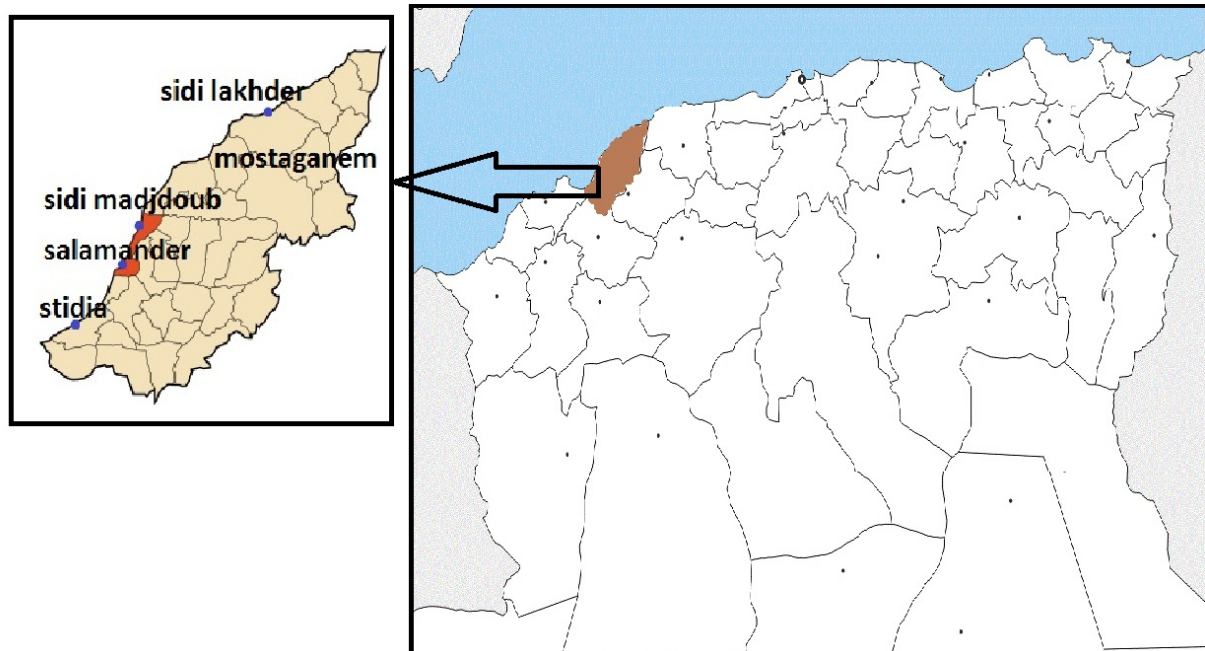


Figure 14: Carte montrant les stations de prélèvement. [E].

I.2 Description des stations d'étude

I.2.1 Description la station de Stidia

Elle se trouve à 15 kilomètres à l'ouest de la ville de Mostaganem et 5 kilomètres à l'ouest de la plage mitoyenne d'Ouréah. Elle est accessible pour les estivants venants du coté d'Oran ou du coté de Mostaganem en empruntant la N11, qui longe la plage à quelques centaines de mètres.

Elle se situe à 15 kilomètres à l'ouest du centre ville de Mostaganem (**Fig. 15**). La zone côtière de Stidia possède substrat mixte relativement saint et riche en algues photophiles.



Figure 15: Site d'échantillonnage de la station de Stidia (Présent travail, 2019).

I.2.2 Description de la station de Salamandre

L'étude s'est faite sur la plage de Salamandre située aux coordonnées $35^{\circ} 54' 37''$, 38N et $0^{\circ} 03' 14''$, 78E. Site 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.16**) (**Dermeche, 1998**).



Figure 16 : Site d'échantillonnage de la station de Salamandre (Présent travail).

I.2.3. Description la station de Sidi Medjdoub

Le site Sidi Medjdoub est situé à 4km au nord et de Mostaganem aux coordonnées $35^{\circ}58'02,04$ N et $0^{\circ}05'29,04$ E, cette zone côtière est caractérisée par un substrat rocheux qui abrite une certaine diversité benthique au niveau de l'étage médiolittorale, ainsi que par une urbanisation développée. Ajouté à cela la pression des activités estivales (loisirs, pêche...) (Observation personnelle) (**Fig. 17**)

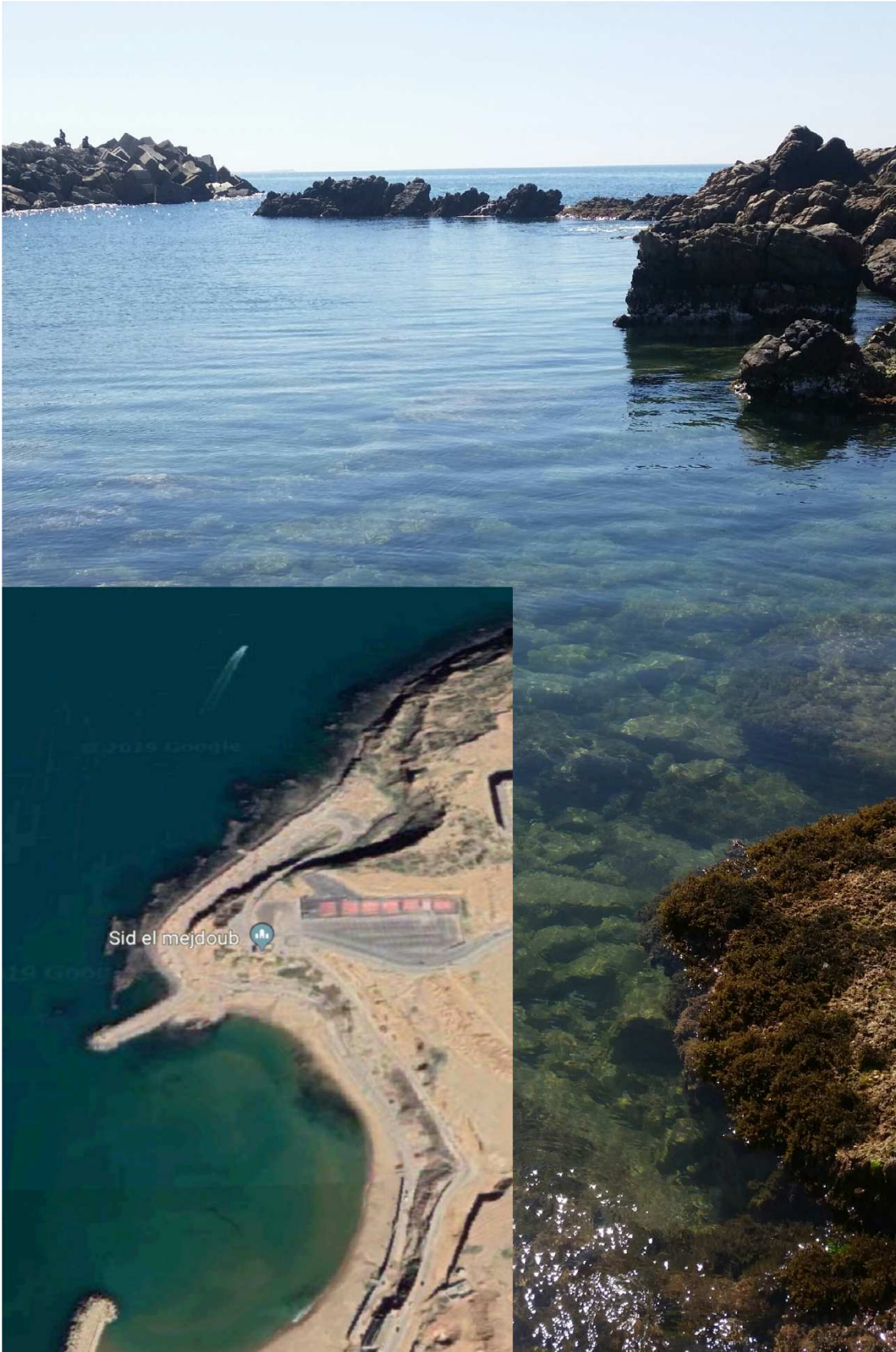


Figure 17: Site d'échantillonnage de la station de Sidi Medjdoub (Présent travail).

I.2.4. Description la station de Sidi Lakhder

La station de Sidi Lakhder se trouve sous le bassin versant de l'oued seddaoua au Nord Est, 55 km de la wilaya de Mostaganem, dont la position géographique est de $36^{\circ}12'40''63''N$ et $0^{\circ}23'20''78''E$. Zone caractérisée par une pollution de rejets d'eaux usées domestique localisées dans Oued Abid à l'est de la zone d'étude possédant un substrat meuble et roches (**Fig.18**).



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

II. Méthodologie

II.1. Collecte des échantillons

La collecte des échantillons a été faite entre les mois de Mars et de Mai 2019 dans les stations citées plus haut [Stidia (ST), Salamandre (SL), Sidi Medjdoub (MD) et Sidi Lakhder (SD)], en prélevant les individus depuis les deux étagements infralittoral et médiolittoral pour les stations ST, SL et MD, mais seulement du médiolittoral pour la station SD. L'échantillonnage des individus du médiolittoral a été réalisé à l'aide d'une louche et d'une cuirasse (**Fig.19**).



Figure 19: Echantillonnage des individus de *P. lividus* au niveau du médiolittoral (Photo prise à Stidia, Présent travail)

Un canif et une tenue de plongée avec palmes masque et tubas ont été utilisés pour l'échantillonnage des individus de l'infralittoral (**Fig.20**).



Figure 20: Echantillonnage des individus au niveau de l'infralittoral (Présent travail).

Les échantillons ont été conservés dans des bacs remplis d'eau et étiquetés afin de les transporter au laboratoire pour les traiter (**Fig. 21**).



Figure 21: Échantillon de *P. lividus* conservé pour le traitement au laboratoire.

II.2. Etiquetage des échantillons

Il est essentiel de bien étiqueter les échantillons. L'information sur les étiquettes doit être assez complète pour permettre d'identifier les échantillons avec certitude (par exemple : numéro de sortie, date de prélèvement, heure et abréviation de la station). Exemple, pour le 7eme individu *Paracentrotus lividus* de la station de Salamandre prélevé, on note « SL 07 ».

Les individus sont transportés au laboratoire dans des bacs remplis d'eau et étiquetés.

II.3 Etude taxinomique

L'identification de cette espèce est basée sur les critères morphologiques bien définis et cités dans le chapitre précédent. A première vue la couleur est le premier critère qui nous aide à identifier l'espèce. *Paracentrotus lividus* est caractérisé par ses piquants violets, olivâtres, rougeâtres ou bruns. Mais le meilleur critère d'identification de cette espèce est la forme de son périprocte. En effet, le périprocte de *P. lividus* est fragmenté et composé de plusieurs plaques de différentes tailles et formes disposées anarchiquement (**Fig. 22**).

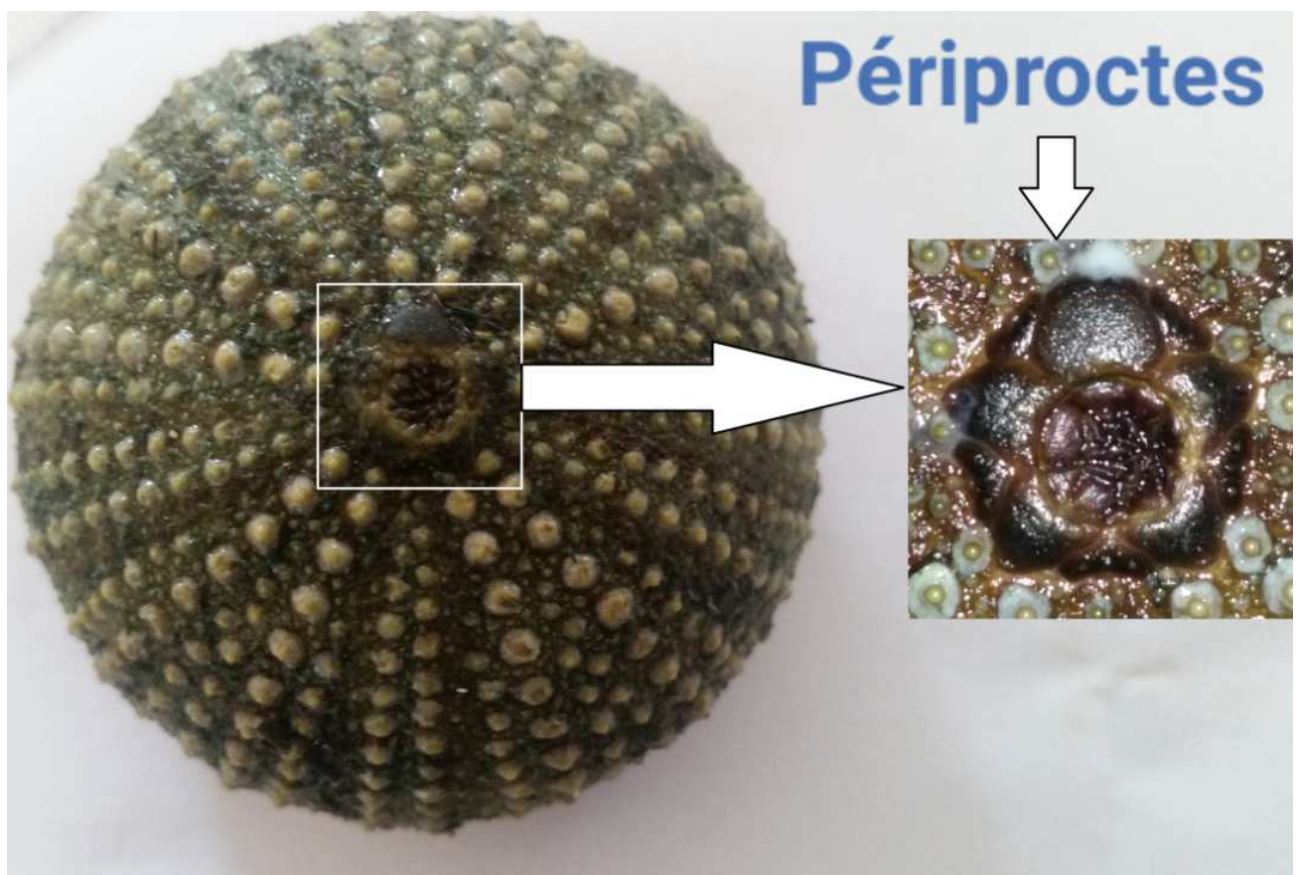


Figure 22 : Photo en vue dorsale montrant la forme du périprocte d'un individu de *P. lividus*. Individus de *Stidia* (Présent travail).

II.4 Traitement au laboratoire

Au laboratoire les échantillons sont nettoyés et arrangés sur la paillasse (**Fig. 23**), avec un code numéroté pour chaque individu (voir plus haut). Ce code sera utilisé ensuite dans l'étude statistique (voir plus bas).



Figure 23 : Préparation des individus d'oursins échantillonnés sur la paillasse (Photo prise par Kherbiche, présent travail)

II.5. Mesures biométriques

Après avoir retiré les épines du test des oursins échantillonnés, les mesures biométriques ont été réalisées en mesurant la longueur (L) et la hauteur (H) de chaque individu à l'aide d'un pied à coulisse de précision ± 0.1 mm (**Fig. 24**).

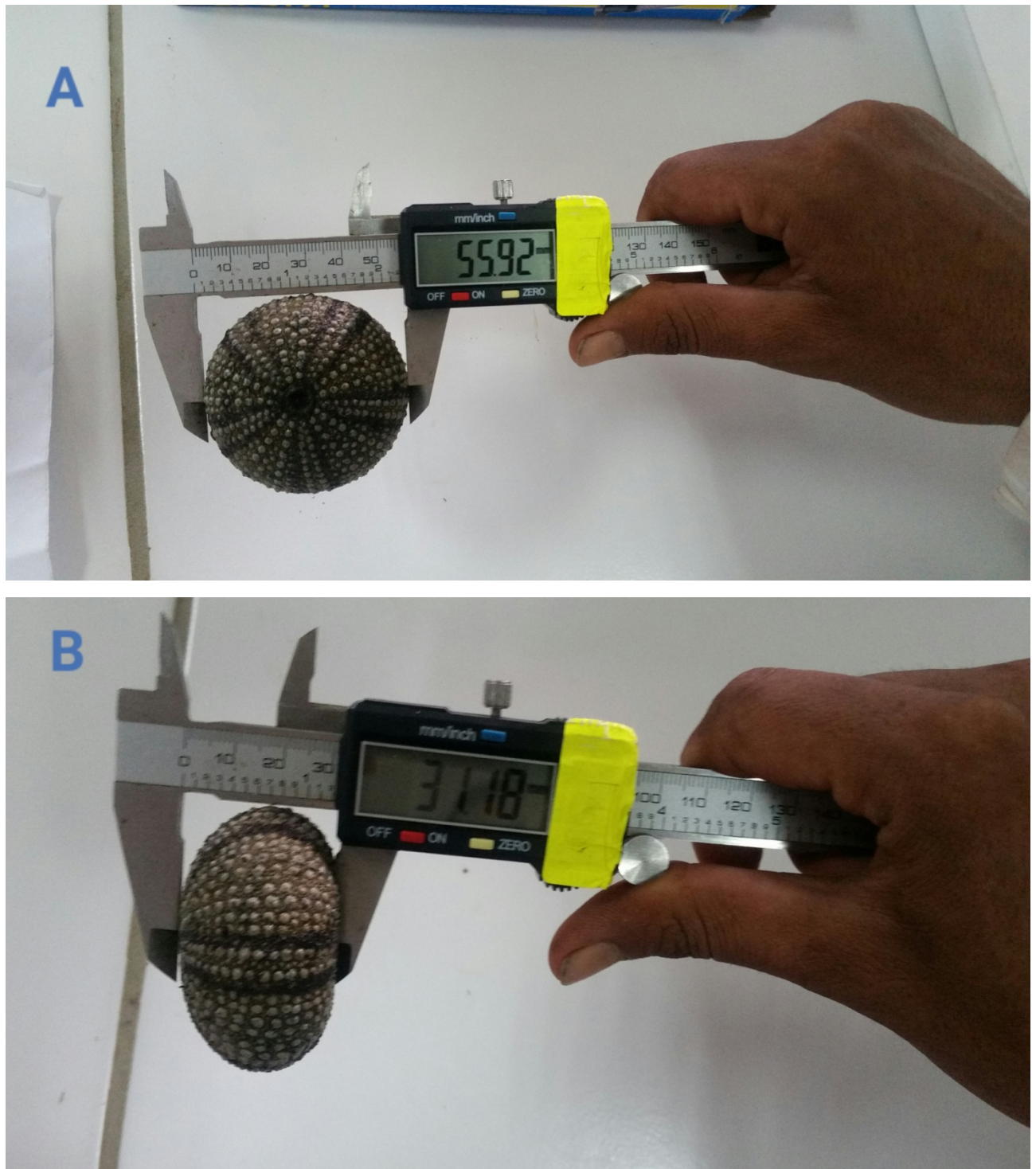


Figure 24: Mesures réalisées sur les individus de *P. lividus* de notre échantillonnage. A, mesure de la longueur (L); B, mesure de la hauteur (H) (Présent travail).

Les mensurations sont ensuite notées sur Excel après avoir identifié le sexe de chaque individu. Ce qui va nous servir pour réaliser les analyses statistiques citées juste après.

II.6. Traitement statistique des données

II.6.1. Etude corrélative

Après avoir pris toutes les mesures (L et H) de tous les individus échantillonnés. Une régression a été réalisée entre la longueur (L) et le paramètre de gibbosité (H/L) afin d'étudier les relations qui existent entre les stations considérés, entre les deux étagements et entre les deux sexes.

II.6.2. Comparaison des moyennes (test- t / ANOVA)

Afin de vérifier s'il y a un effet "étagements" (médiolittoral/infralittoral) et un effet "station" sur la variable H/L un test- t et une ANOVA ont été réalisés respectivement.

Pour ce faire l'homoscédasticité doit d'abord être vérifié par un test de normalité des échantillons (test d'Anderson-Darling) et un test d'égalité des variances (test de Levene).

II.7. Etude de la disparité par les points homologues

Cette technique morphométrique a été réalisée en se basant sur les points constituant la jonction entre les plaques madréporiques des individus échantillonnés. Pour ce faire, une photo en vue dorsale de chaque individu a été réalisée avec un bon éclairage pouvant bien faire ressortir les traits morphologiques des plaques madréporiques. Les photos sont prises sous format « .JPEG » par un appareil photo numérique (**MAGINONSON SZ 24**) (**Fig.25**). Puis les photos sont transférées sur un micro-ordinateur sous format « bitmap ».



Figure 25: Prise d'une photo en vue dorsale d'un *P. lividus* à l'aide d'un trépied et un appareil photo numérique (MAGINONSON SZ 24) (présent travail)

Ensuite, vingt (20) points homologues ont été réalisés au niveau des jonctions entre les plaques madrporiques et au niveau de chaque pore génitale l'aide du logiciel TPS Dig2 (Rohlf, 2015) (Fig. 26). Il est impératif de prendre des points existant chez tous les individus prélevés afin de faire une comparaison robuste.

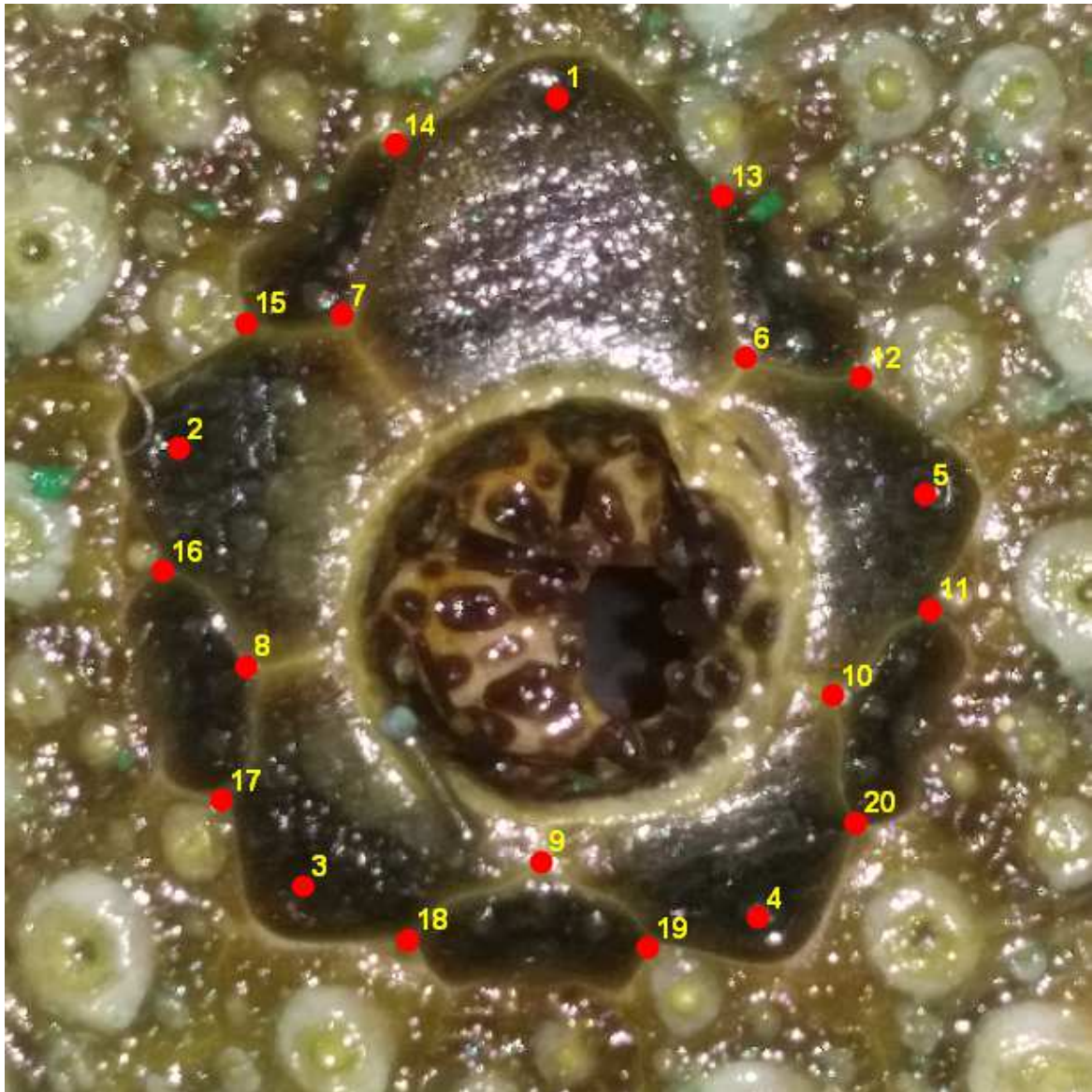


Figure 26 : Les différents points homologues réalisés pour l'étude morphométriques.

II.8. Analyse Canonique des Variances (ACV)

Cette analyse a été réalisée sur les coordonnées des vingt 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 [F].

Son objectif est d'explorer les relations pouvant exister entre deux groupes de variables quantitatives observées sur le même ensemble d'individus afin d'expliquer un groupe avec l'autres.

Après avoir transformé les coordonnées de tous les points homologues en coordonnées procrustes (voir **BOUZAZA, 2018**), tous les individus ont été classés par rapport à la station leur correspondant et à leur sexe. La variabilité des formes des oursins entre stations a été réalisée par une Analyse Canonique des Variances (ACV) à l'aide du programme IMP (**Rohlf, 1993**). Grâce au

même programme, une MANOVA « Multiple Analyse de Variance » a été réalisée en calculant le Lambda de Wilk (λ -Wilk). Ce paramètre a été calculé pour vérifier quels sont les axes de l'ACV qui sont les plus discriminants. Une classification à posteriori a été réalisée afin de confirmer l'appartenance de chaque poisson à son groupe.

Chapitre III

Résultats et discussion

A .Résultats

I. Etude biométrique

Un échantillonnage de 162 individus répartis sur les quatre stations de prélèvement a été réalisé (Tab. 1).

Tableau 1 : Nombre des individus prélevés au niveau des stations d'échantillonnage.

Station	Étage	Sexe	Nombre
Stidia	Médiolittoral	Male	15
		Femelle	15
	Infralittoral	Male	5
		Femelle	6
Salamandre	Médiolittoral	Male	13
		Femelle	19
	Infralittoral	Male	7
		Femelle	7
Sidi Medjdoub	Médiolittoral	Male	15
		Femelle	17
	Infralittoral	Male	4
		Femelle	7
Sidi Lakhder	Médiolittoral	Male	10
		Femelle	22

I.1.1. Étude corrélative

Les résultats de la corrélation entre L et la gibbosité H/L en considérant les stations de prélèvement, les étages et le sexe sont mentionnés dans les **figures 27, 28 et 29** respectivement.

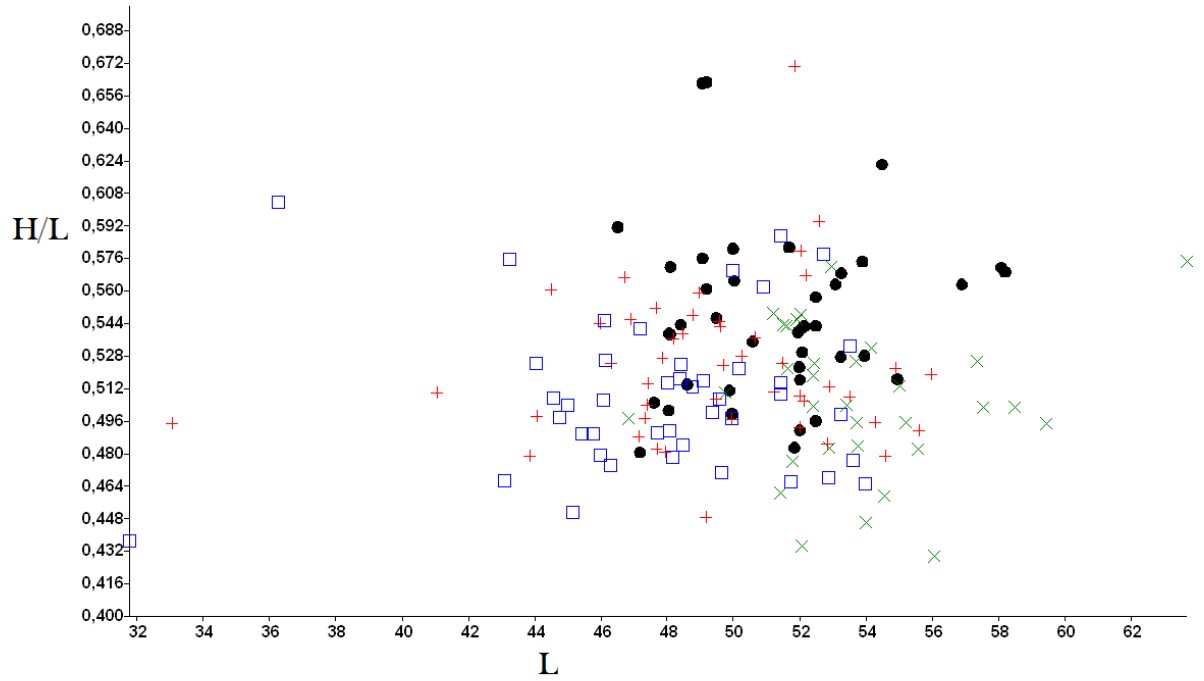


Figure 27 : Corrélation entre la longueur L et la gibbosité H/L en considérant les stations. \square Stidia $+$ Salamandre \times Sidi Lakhder \bullet Sidi Medjdoub.

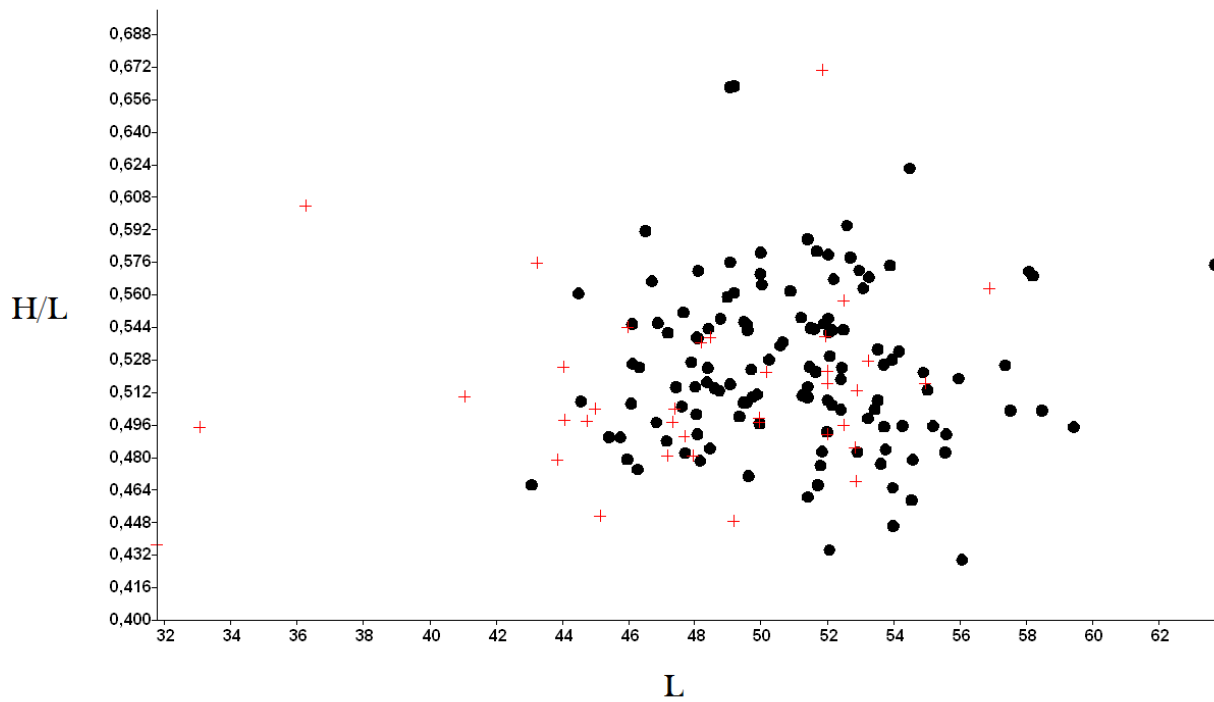


Figure 28 : Corrélation entre la longueur L et la gibbosité H/L en considérant les étagements. \bullet Individus du méditerranéen, $+$ Individus de l'infralittoral.

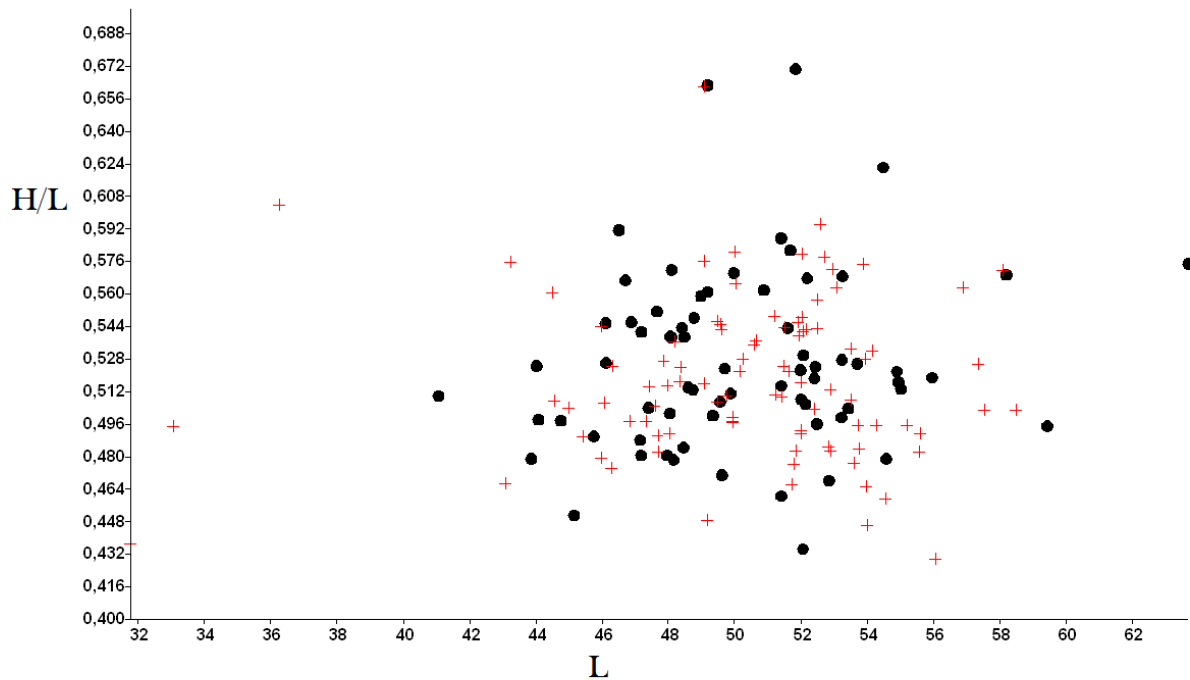


Figure 29 : Corrélation entre la longueur L et la gibbosité H/L en considérant les sexes. • Male, + Femelle.

Les **figures 27, 28 et 29** montrent qu'il n'y a pas de corrélation de type linéaire entre la variable L et la variable H/L ($r_s = 0.04$; $P > 0.05$).

II. Comparaison des moyennes

II.1.1. Etude de l'effet de l'étagement (médiolittorale/infralittorale)

L'homoscédasticité a été vérifiée chez les groupes de toutes les stations sur la variable H/L puisque la normalité a été vérifiée grâce au test d'Anderson-Darling ($P > 0.05$) et l'égalité des variances a été rencontrée aussi grâce au test de Levene ($P > 0.05$).

Le résultat du test- t montre qu'il n'y a pas d'effet « étagement » significatif sur la variable H/L ($t = 1.42$; $P = 0.15$). Les valeurs des moyennes de H/L pour les deux étagements sont mentionnées dans le **tableau 2**.

Tableau 2 : Résultat de test-*t* pour l'effet étagement sur la variable *H/L*.

	Médiolittorale	Infralittorale
La moyenne/Ecart-type	0.5244 ± 0.0401	0.5133 ± 0.0439

II.1.2. Etude de l'effet « stations »

L'homoscédasticité a été vérifiée chez les groupes de toutes les stations sur la variable *H/L* puisque la normalité a été rencontrée grâce au test d'Anderson-Darling ($P > 0.05$) et l'égalité des variances a été rencontrée aussi grâce au test de Levene ($P > 0.05$).

Cependant, les résultats de l'ANOVA montrent qu'il y a un d'effet « Stations » très hautement significatif sur la variable *H/L* ($F = 9.435$; $DDL=3$; $P < 0.001$). Les valeurs des moyennes de *H/L* pour les stations de Stidia, Salamandre, Sidi Medjdoub et Sidi Lakhder sont mentionnées dans le **tableau 3**.

Tableau 3 : Les moyennes de *H/L* pour les individus de chaque station.

Station	La moyenne	Ecart-type
Stidia	0.547	± 0 .0413
Salamander	0.522	± 0.0389
Sidi Medjdoub	0.508	± 0.0334
Sidi Lakhder	0.506	± 0.0364

La moyenne de *H/L* des individus de Stidia est la plus élevée des autres stations (**Tab. 3**).

Le test à postériori de Tukey des comparaisons par pair de stations est montré dans le **tableau 4**.

Tableau 4 : Test à postériori HSD de Tukey des comparaisons par paire des stations. Les valeurs mentionnées sont les P_Values.

Stations	Salamandre	Sidi Medjdoub	Sidi lakhder
Stidia	0.02289	5.227E-5	1.814E-5
Salamandre	-	0.36	0.21
Sidi Medjdoub	-	-	0.99

Le test à postériori de Tukey montre que la moyenne du paramètre *H/L* de la station de Stidia est la seule qui est différente significativement des autres stations (Sidi Lakhder et Salamandre et Sidi Medjdoub).

III. Etude de la disparité par les points homologues

III.1.1. Analyse Canonique des Variances «ACV»

La projection des points homologues et l'ACV en prenant en considération l'effet station sont représentés dans les **figures 30A** et **30B** respectivement. Les individus des quatre stations d'études sont représentés dans quatre groupes sur un l'axe 1 de l'ACV (Axe horizontal) (**Fig.30B**).

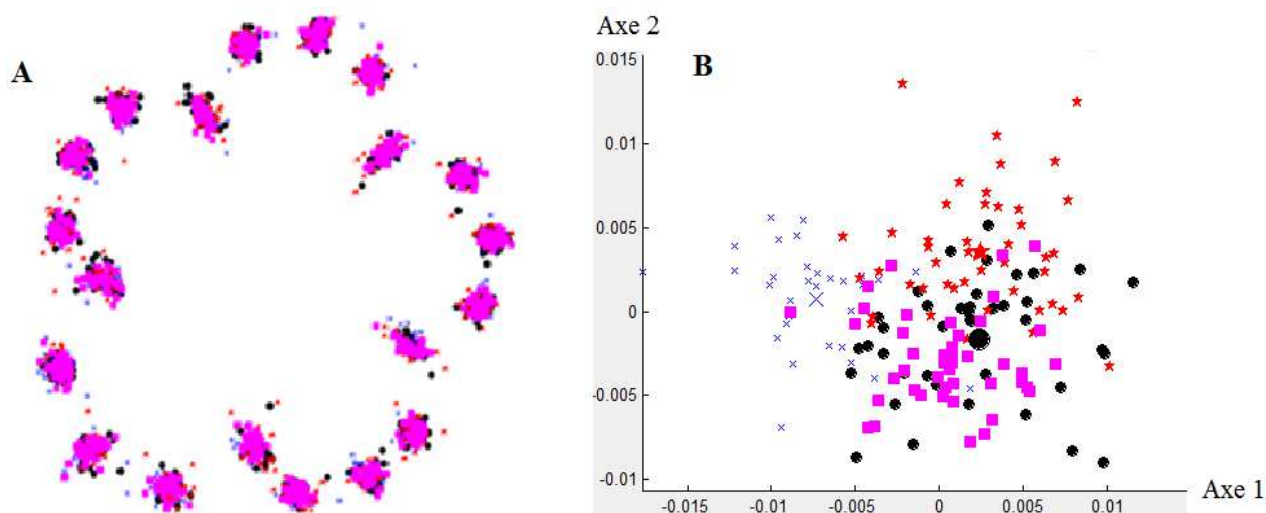


Figure 30 : Résultat de l'analyse des points homologues sur les individus de *P. lividus* en considérant les stations. A, Projection des points homologues des individus des différentes stations ; B, Distribution du nuage de point de l'ACV. ■, Stidia ; ★, Salamander ; ×, Sidi Lakhder ; •, Sidi Medjdoub.

Les résultats de la MANOVA sont mentionnés dans le **tableau 5**.

Tableau 5 : Résultats de la MANOVA pour l'effet « stations » avec une approximation De x^2 :

	Axe 1
Lambda	0.2892
x^2	174.9397
DDL	108
P_value	4.86968E-5

La **figure 30** montre que sur l'axe 1 les individus du groupe de Sidi Lakhder sont séparés des autres individus des stations de la région de Mostaganem (Stidia, Salamandre et Sidi Medjdoub).

III.1.2. Classification à postériori

La classification à postériori des individus de *P. lividus* aux groupes de classement initiaux est mentionnée dans le **tableau 6**.

Tableau 6 : Classification à postériori des groupes de classement initiaux

	Sidi Medjdoub	Sidi Lakhder	Salamandre	Stidia
Sidi Medjdoub	6	5	19	13
Sidi Lakhder	1	29	0	2
Salamandre	4	5	25	12
Stidia	3	7	14	17

Sur les 32 individus de Sidi Lakhder, 29 individus possèdent un morphotype spécifique à cette station soit 90.62 %.

Sur les 43 individus de Sidi Medjdoub, il y a seulement 6 individus possédant un morphotype spécifique à cette station soit 13.95 %.

Concernant la station de Salamandre il y a 25 individus sur 46 qui possèdent un morphotype spécifique à cette station soit 54.34 % des individus.

Enfin, pour la station de Stidia 17 individus sur 41 possèdent un morphotype spécifique à cette station soit 41.46%.

B. Discussion

Cette étude nous a montré de nouvelles perspectives taxinomiques en utilisant la technique des points homologues sur une partie du test de *Paracentrotus lividus* (les jonctions entre les plaques madréporique) jamais utilisée auparavant. En effet, les résultats de l'effet « station » sur la variable *H/L* ont montré que les tests des individus de *Stidia* sont significativement les plus gibbeux par rapport aux individus des autres stations (Salamandre, Sidi Medjdoub, Sidi Lakhder) (**Tab. 3**). Cependant, l'étude morpho-géométrique basée sur les points homologues a montré que les individus de Sidi Lakhder sont bien séparés quant aux autres stations de la région de Mostaganem (*Stidia*, Salamandre, Sidi Madjdoub). Ce phénomène pourrait être expliqué par un effet de spéciation allopatrique créant un isolement génétique entre les individus de Sidi Lakhder et les individus des stations de la région de Mostaganem. Par ailleurs, la classification à postériori (**Tab. 6**) a montré que la station de Sidi Lakhder contient le nombre le plus élevé de morphotype spécifique cette station. Ceci est dû à l'isolement géographique de la région de Sidi Lakhder par rapport aux autres stations de la région de Mostaganem (*Stidia*, Salamandre, Sidi Madjdoub) diminuant le taux de connectivité entre ces deux régions.

Concernant la station de Sidi Medjdoub qui possède le nombre le moins élevé d'individus possède une forme typique de cette station (**Tab. 6**). Le reste des individus de la station de Sidi Medjdoub possède 19 morphotypes associées à la station de Salamandre et 13 associés à la station de *Stidia* (**Tab. 6**).

Notons que 12 individus prélevés de la station de Salamandre sont classés dans la station de *Stidia* et 14 individus prélevés de la station de *Stidia* sont classés dans la station de Salamandre (**Tab. 6**). Ceci pourrait être dû au trafic maritime des bateaux de pêche entre la station de Salamandre celle de *Stidia* qui augmenterait la connectivité entre ces deux stations par l'agrippement des larves des oursins sur les filets de pêche. Ajouté à cela, les courants permanents de Méditerranée présents près des côtes algériennes (**Fig. 3**) (Chapitre 1).

Par ailleurs, l'écto-zoochorie pourrait être aussi un élément important dans le brassage des populations des stations de la région de Mostaganem (Sidi Medjdoub, Salamandre et *Stidia*). En effet, lorsque les oiseaux marins plongent pour chasser les poissons, les larves des organismes marins, telles que les oursins, peuvent s'accrocher sur leurs plumes. Ainsi, en se déplaçant, les oiseaux peuvent déposer les larves dans d'autres stations situées à des kilomètres de distance.

Un résultat similaire est observé par **Rabah (2015)** dans son étude phylogénétique basée sur la biométrie de l'espèce *Patella rustica* de la côte de Mostaganem en remarquant qu'il y avait une connectivité entre trois populations de trois stations différentes (Sidi Medjdoub, Salamandre et Stidia) suivant un ordre géographique pouvant être une conséquence de l'influence de l'hydrodynamisme près des côtes de Mostaganem. **Benmeghni & Zbala (2017)**, avaient remarqué aussi que le recrutement des deux espèces *Patella caerulea* et *P. rustica* commençait par la station de Khadra (située à l'est de Mostaganem) puis la station de Stidia (Située à l'ouest de Mostaganem) et elles ont conclu qu'il y avait une influence de l'hydrodynamisme sur le recrutement des larves de ces patelles et donc sur leur déplacement près des côtes de Mostaganem. Par ailleurs, **Ameur & Belkhira (2018)** avaient observée dans leur étude morphométrique basée sur les points homologues du crabe marbré *Pachygrabsus marmoratus* sur la côte de Mostaganem que les individus de Sidi Lakhder étaient bien séparés des autres individus de la région de Mostaganem (Sidi Medjdoub et Salamandre). Ces mêmes auteurs avaient estimait que cette différence était due à l'isolement géographique créant un isolement génétique par une spéciation allopatrique. Ce qui corrobore aux résultats de la présente étude.

Conclusion

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 l'oursin livide *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) de la côte de Mostaganem en utilisant une méthode morphométrique basée sur les points homologues afin d'expliquer les causes de leur divergence.

Notre travaille s'est établis sur quatre populations de l'espèce de *P. lividus* échantillonnées au niveau de quatre stations de la côte de Mostaganem : Stidia (ST) Salamandre (SL), et Sidi Madjdoub (MD)).

La distance géographique entre les stations a joué un rôle important dans notre étude, notamment entre Sidi Lakhder et les autres stations de la région de Mostaganem (Stidia, Salamandre et Sidi Madjdoub.).

Cette distance géographique crée un isolement génétique entre les différentes populations considérées de *P. lividus*.

La technique des points homologues a montré des nouvelles perspectives taxinomique que la classification classique ne peut atteindre.

L'effet des courants de surface pourrait avoir une influence sur le brassage ou l'isolement des différentes populations de *P. lividus* ainsi que la dissimilarité morphométrique des différentes populations de notre étude pourrait être causée par un phénomène d'adaptation lié aux pressions environnementales de l'habitat de chaque population des *P. lividus* étudiée.

La technique morpho-géométrique des points homologue n'est pas très couteuse et pourrait donner des résultats proches des études phylogénétiques fastidieuses et très couteuses.

Cependant, ces méthodes nécessitent un nombre important d'échantillons. Par ailleurs, il aurait été plus robuste de prélever les individus de l'infralittorale à des profondeurs plus importantes pour montrer de façon plus nette la différence morphométrique entre les individus des différents étage (médiolittorale/infralittorale) pour étudier l'effet de l'étagement, il est important de faire des prélèvements sur des profondeurs plus importantes pour des résultats bien précis.

Références

Bibliographiques

A

- Allain, J.Y., (1972).** Structure des populations de *Paracentrotus lividus* et de *Psammechinus miliaris* de Bretagne Nord. Bull. Mus. Nation .His, Paris, Fr. 26: pp305-315.
- Asgaard, U., Bromley, R.G., (2008).** Echinometrid sea urchins, their trophic styles and Corresponding bioerosion. *Current Developments in Bioerosion*, pp279-303.
- Ayata, S. D., (2010).** Importance relative des facteurs hydroclimatiques et des traits d’histoire de vie sur la dispersion larvaire et la connectivité à différentes échelles spatiales (Manche, Golfe Gascogne). Ecologie, Environnement. Thèse de doctorat 3e cycle, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, France. 390 p.
- Azzolina, J. F., (1987).** Evolution à long terme des populations de l’oursin comestible *Paracentrotus lividus* dans la baie de Port-Cros (Var, France). In: Boudouresque CF, editor. Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles. Marseille, France: GIS Posidonie publ. pp. 257-269.
- Azzolina, J. F., (1988).** Contribution à l’étude de la dynamique de populations de l’oursincomestible *Paracentrotus lividus* (Lmck). Croissance, recrutement, mortalité, migrations. Thèse de Doctorat 3eme cycle, Université Aix-Marseille II. 225p.

B

- Barnes, D.K.A., Verling, D.K.A., Crook, A., Davidson, I. et O’mahoney, M., (2002).** *Local population disappearance follows (20 yr after) cycle collapse in a pivotal ecological species. Marine Ecology Progress Series.* 226: 311–313.
- Barnes, R.D., (1987).** Invertebrates zoology, (Fifth edition). Saunders college publishing 893p.
- Becker (2008).** Characterization of the bacterial communities associated with the bald sea urchin disease of the echinoid *Paracentrotus lividus*. *J. Invertebr. Pathol.* 98: 136–147.
- Bonaviri, C., Gianguzza, P., Pipitone, C., Hereu, B., (2012).** Micropredation on sea urchins as a potential stabilizing process for rocky reefs. *Journal of Sea Research.* 73:18–23.
- Bonhomme, & Planes., (2000).** Some evolutionary arguments about what maintains the pelagic interval in reef fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 59: 365–383.
- Bookstein, & Fred, L., (1991)** Morphometric tools for landmark data: geometry and biology. 2e éd. Cambridge : Cambridge University Press .
- Boudouresque, C.-F., Verlaque, M., (2007).** Ecology of *Paracentrotus lividus*, in: Edible Sea Urchins: Biology and Ecology. *John Miller Lawrence*, pp 243–285.

- Bouzaza, (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. P 149.
- Boudouresque, CF, Nedelec, H, et Shepherd, SA., (1980)** The decline of a population of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the bay of Port-Cros (Var, France). *Trav Sci Parc Nation Port-Cros* Fr 6 : 243-251.
- Bouzoualegh, R & zemane, A., (2010)** Contribution a l'étude de l'écologie et de la biologie du Sparailon (*Diplodus annularis*, Linnaeus, 1758) osteichtyens sparidae, dans le bassin Algerien, mémoire d'ingénieur en halieutique, ENSSMAL, Alger.69P.
- Bush, G. L., (1975).** Modes of animal speciation. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 6(1). 339-364.
- Byrne, M., (1990).** Annual reproductive cycles of commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from an exposed intertidal and sheltered subtidal habitat on west coast of Island. *Mar. Biol. Germ.*, 104 pp 275-289.

C

- Campbell, N. A., & Reece, J. B., (1987).** septième édition, adaptation de l'édition en anglais et révision scientifique de René Lachaine et Michel Bosset, Pearson Education .
- Casamajor, Jérémy M, Noëlle B, et Nathalie C., (2014)** Analyse des ressources et des caractéristiques individuelles du stock d'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) du territoire p 12 et 64.
- Cornuet, J. M., Ravigne, V., et Estoup, A., (2010).** Inference on population history and model checking using DNA sequence and microsatellite data with the software DIYABC (v1. 0). *Bmc Bioinformatics*, 11(1). 401 p.
- Crapp G.B., & Willis M.E., (1975).** Age determination in the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck) with notes on the reproduction cycle. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 20 : 157-178
- Crise Alben, J., Berelta, J., Crispi ,G., Mosetti ,R et Solidoro., (1999).** the Mediterranean pelage ecosystem.

D

- Dajoz, R., (2012).** L'évolution biologique au XXIe siècle: les faits, les théories. *Eds Lavoisier*. 326 p.
- [DE , 2010]** Direction de l'environnement, 2010

De Ridder, C., (1986). Les échinides ; in Guille, A., Laboute, P., Menou, J.L., (eds). Guide des étoiles de mer, oursins et autres échinodermes du lagon de Nouvelle-Caledonie, Coll, Faune tropicale, ORSTOM, Paris.

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

Dermeche, S., (2010).Indice physiologique, métaux lourds et bioessais chez l'oursin commun *Paracentrotus lividus* (Lmk, 1816) de la cote oranaise (Algérie ouest). Doctora en pollution marin. Uni Oran : 6pp 23-38.

Doglioli, A.M., (2014), Notes sur la Circulation Générale en Méditerranée pour le cours d'Océanographie Générale, Université d'Aix-Marseille, Marseille, France. 64p.

E

Eckert, G., (2003). Effects of the planktonic period on marine population fluctuations. *Ecology*, 84:372–383.

Eckman, J., (1996). Closing the larval loop : linking larval ecology to the population dynamics of marine benthic invertebrates. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 200:207–237.

Eklöf, J.S., de la Torre-Castro, M., gullström, M., Uku, J., Muthiga, N., Lyimo, T., et Bandeira, S.O., (2008). Sea urchin overgrazing of seagrasses: a review of current knowledge on causes, consequences, and management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 79 :569–580.

F

Fenaux, L., (1968). Maturation des gonades et cycle saisonnier des larves chez *A. lixula*, *P. lividus* et *P. microtuberculatus* (echinides) à Villefranche-Sur-Mer. *Vie Milieu*, 19(A1). 1-52.

Fenaux, L., (1980). Cycles saisonniers de reproduction et croissance larvaire chez les Echinodermes. *Oceanis*, 6:277-307.

Fenaux, L., (1992). George S.B., Pedrotti M.L., Corre M.C., (1992). Différence dans la succession des stades morphologiques du développement larvaires des échinides en relation avec l'environnement trophique des adultes et les larves. In, *Scalera-Liaci L., Canicatti C., (eds), Echinoderm Research, Balkema publ., Rotterdam*, pp 259-266.

Ferdj & Menadi (2001). Manuel de description des données Medifaune

Fischer, W., Bauchot, M.L., et Schneider, M., (1987). Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. (Révision 1). Méditerranée et mer Noire. Zone de pêche 37. Volume II. Vertébrés. Publication préparée par la FAO, résultat d'un accord entre la FAO et la Commission des Communautés Européennes (Projet GCP/INT/422/EEC) financée conjointement par ces deux organisations. *Rome, FAO, Vol.2: 761-1530.*

Fuji, A., (1967). Ecological studies on the growth and food consumption of Japanese common littoral sea urchin, *Strongylocentrotus intermedius* (A. Agassiz) mém.Fac.Fish.Univ.Hokkaido, 15(2): P 83-160.

G

Gadoud, R & Surdeau, P., (1975) Génétique et sélection animale .J.B.Baillieres (eds).Paris.55 p.

Gago, J., Range P., et Luís O., (2001). Growth, reproductive biology and habitat selection of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the coastal waters of Cascais, Portugal. Echinoderm Research,pp 269-276.

Ghyoot, M., (1991). Les pédicellaires globifères de *Sphaerechinus granularis*, morphologie et comportement d'un appendice défensif. Thèse Doct,Univ, Bruxelles

Gil, D.E., (1978). The metapopulation ecology of the red-spotted newt, *Notophtalmus viridescens* (Rafinesque). *Ecological monographs*, 48 : 145-166.

Grasse, P., (1948). Traité de zoologie : Anatomie, Systématique, Biologie. T. XI. Echinodermes-Stomacordés-Procordés. Edit. Masson, Paris, 1077p.

Grasse, P.P., Poisson R. A., Tuzet O., (1970). Zoologie I. Invertébrés. Edit. Masson. Paris, 935p.

Grimes, S., Boutiba, Z., Bakalem, A., Bouderbala, M., Boudjllal, B., Boumaza, S., Boutiba, M., Guedioura, A., Hafferssas, A., Hemida, F., Kaidi, N., Khelifi, H., Kerzabi, F., Merzoug, A., Nouara, A., Sellali, B., Sellali, M.H., Samroud, R., Seridi, H., Taleb, M.Z., et Touahria, T., (2004). Biodiversité Marine et littorale Algérienne. *Eds Diwan, Alger, 400p.*

Grosjean, F., (2001). Growth models of the reared sea urchin *Paracentrorus lividus* (Lamarck, 1816) these PhD. U.L.B., Belgique.

Grosjean, P., (2001). Growth model of the reared sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816). Rapport de l'Université libre de Bruxelles, P 178.

Guettaf., (1997). Contribution a l'étude de la variabilité du cycle reproductif (indice gonadique et histologique des gonades) chez *Paracentrotus lividus* (Echinodermata : Echinoidea) en méditerranée Sud Occidentale (Algérie). These. Doct. Océanol. Univer. D'Aix-Marseille II. France., 1-132p.

H

Hereu, B, Linares C, Diaz D, Dantart L, Garrabou J, et Sala E, (2005). Indicateur de diversité en milieu marin: les échinodermes; Fluctuations temporelles des peuplements d'échinodermes à Port-Cros 1982-2003. Port-Cros . 29 p.

Hereu, B., (2005) Movement patterns of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in a marine reserve and an unprotected area in the NW Mediterranean. *Mar Ecol* 26: 54-62.

Hereu, B., Linares, C, Sala, E, Garrabou, J, Garcia-Rubies, A, et Diaz, D, (2012) Multiple processes regulate long-term population dynamics of sea urchins on Mediterranean rocky reefs. PLoS ONE 7(5): e36901.

Hereu, B., Zabala, M., et Sala, E., (2008). Multiple controls of community structure and dynamics in a sublittoral marine environment. Ecology 89:3423-3435.

Hyman, L.H., (1955). The Invertebrates. Vol 4. Echinodermata. Mc Craw-Hill: New York.

J

Jangoux, M., (1984). Diseases of echinoderms. Helgol. Mar. Res. 37: 207–216.

Jangoux, M., (1987a). Diseases of Echinodermata. I. *Agents microorganisms and protistans*. Dis. Aquat. Organ. 2: 147–162.

Jangoux, M., (1987b). Diseases of Echinodermata. II. *Agent metazoans (Mesozoa to Bryozoa)*. Dis. Aquat. Organ. 2: 205–234.

Jangoux, M., (1987c). Diseases of Echinodermata. III. *Agents metazoans (Annelida to Pisces)*. Dis. Aquat. Organ. 3: 59–83.

Jangoux, M., (1987d). Diseases of Echinodermata. IV. *Structural abnormalities and general considerations on biotic diseases*. Dis. Aquat. Organ. 3 : 221–229.

Jangoux, M., & Maes, P., (1987). Les épizooties chez les oursins réguliers (Echinodermata). Presented at the Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins commestibles, Bo udouresque edit., GIS Posidonie publ., Marseille, France, pp. 299–307.

K

Kempf M., (1962). Recherche d'échologie compare sur *Paracentrotus lividus* (Lamarck) et *Arbacia lixula* (L). Rec. Trav. Stumar. Endoume. Fr. 25 (39) pp. 47-116.

Kondrashov, A. S., & Mina, M. V., (1986). Sympatric speciation: when is it possible? *Biological Journal of the Linnean society*, 27(3):201-223.

L

Laporte, J., (2009). Natural kinds and conceptual change. Cambridge University Press. 221 p.

Lascartos, A., (1998). La Méditerranée : un Océan miniature fascinant : pp7-9. (in PAM., 1998).

Lawrence J.M., (2013). Sea Urchins: Biology and Ecology. 3rd edition, Developments and Fisheries Science, 38:297-319.

Le Gall P., Buccaille .D., et Dutot P., (1989). Résistance aux variations de salinité chez *Paracentrotus et Psammechinus*. Centre Régional d'Etudes Côtières, Laboratoire Maritime.

Lecchini, D., Lenfant P., et Planes., (2002). Variation in abundance and population dynamics of the sea-urchin *Paracentrotus lividus* on the catalan coast (north-westernMediterranean sea) in relation to habitat and marine reserve.

Levin, L., & Bridges, T., (1995). Ecology of marine invertebrate larvae. Chapitre: Pattern and diversity in reproduction and development. Editor Larry McEdward, 1–48.

M

Maes, P., Jangoux, M., (1984). The bald-sea-urchin disease: a biopathological approach. Helgol. Mar. Res. 37 : 217–224.

Marcopoulou-Diacantoni, A., (1967). La faune des échinides néogènes des Pays helléniques. *Annales Géologiques des Pays Helléniques* 18. 331-406. page(s): 352.

Matet., (2009). Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme. Quatrième rapport national sur la mise en oeuvre de la convention sur la diversité biologique au niveau national, mars. 120 p.

Mayr, E., (1942). Systematics and the origin of species, from the viewpoint of a zoologist. Harvard University Press, 315 p.

McClanahan, T.R., & Shafir, S.H., (1990). Causes and consequences of sea urchin abundance and diversity in Kenyan coral reef lagoons. *Oecologia* 83: 362–370.

Menge, B.A., (1995). Indirect effects in marine rocky intertidal interaction webs: patterns and importance. *Ecological Monographs* 65: 21-74.

Millot, C., & Taupier-letage, I. Circulation in the Mediterranean sea. Hdb Env Chem, 2005, Vol. 5, Part K, 29-66.

N

Nédélec, H., (1982). Ethologie alimentaire de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Galoria (Corse) et son impact sur les peuplements benthiques. Thèse de Doctorat 3ème cycle en Océanographie Biologique, Université Pierre et Marie Curie et Université Aix-Marseille II, 175p, France.

O

Omar R.H., (2013). Biosurveillance de la qualité des eaux cotières du littoral ccidental Algérien, par le suivi des indices biologiques, de la biodisponibilité et la bioaccumulation des métaux lourds (Zn, Cu, Pb et Cd) chez la moule *Mytilus galloprovincialis* et l'oursin *Paracentrotus lividus*. Doc en science de l'environnement. Département de biologie. Uinv d'Oran. 208p.

Ouendi, (2006). Biométrie et indices physiologiques de deux populations a *Paracentrotus lividus* dans la région d'Alger. *Mém, Ing, Sciences de la mer . INSMAL . Alger* p 40.

P

- Pailhe, J., (2002)** Migration, migrant, géographie de la population. In: Espace populations, sociétés. *Géographie et population*, 73-82.
- Patrissi M., Astrou A., Pere A., et Pelaprat C., (2014).** Réalisation d'une étude biologique et halieutique sur l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) en Corse. STARESO, 75 p.
- Pechenik, J., (1999).** On the advantages and disadvantages of larval stages in benthic marine invertebrate life cycles. *Marine Ecology Progress Series*, 177: 269–297.
- Pinnegar, J.K., Polunin, N.V.C., Francour, P., Badalamenti, F., Chemello, R., Harmelin-Vivien, M.L., Hereu, B., Milazzo, M., Zabala, M., D'Anna, G., et Pipitone, C., (2000).** Trophic cascades in benthic marine ecosystems: lessons for fisheries and protected-area management. *Environ. Conserv.* 27 :179-200.
- Pomente, D., & Valdeyron, G., (1985)** De la métapopulation au voisinage : la génétique des populations en déséquilibre. *Genet. Sel. Evol.*, 17 : 407 – 414.

R

- Regis, M. B., (1979).** Analyse des fluctuations des indices physiologiques chez *Paracentrotus lividus* (LMK) et *Arbacia lixula* (L). Du golfe de Marseille. Tethys, France, pp 167-181.
- Regis, M. B., (1981).** Aspects morphométriques de la croissance de deux échinoides du Golfe de Marseille, *Paracentrotus lividus* (Lmk) et *Arbacia lixula* L. *Cahier de Biologie Marine*, 22 : 349-370.
- Regis, M.B., (1978).** Croissance de deux Echinoides du golf de Marseille (*Paracentrotus lividus* (Lmk) et *Arbacia lixula* L.). Aspect écologique de la microstructure du squelette et de l'évolution des indices physiologique. Thèse Doct. Etat. Fac. Sci. Techn. St. Jerom, Univ. Aix-Marseille III, France. 221p.
- Régis, M.B., (1987).** L'oursin comestible *Paracentrotus lividus*, une ressource en danger dans le quartier maritime de MARseille., in: Colloque International Sur *Paracentrotus Lividus* et Les Oursins Comestibles. C.F. Boudouresque edit., *GIS Posidonie publ., Marseille, Fr.*, pp. 391–397.
- Rico, V., (1989).** Contribution à l'étude des préférence alimentaires et du comportement moteur de l'oursin régulier *Paracentrotus lividus*. D.E.A., Fac.Sci.Luminy, Univ.Aix- Marseille II, France., 41p.
- Rogers-Bennett, L., W. A. Bennett, H. C. Fastenau, and C. M. Dewees.1995.** Spatial variation in red sea urchin reproduction and morphology: implications for harvest refugia. *Ecol. Applic.*5:1171–1180.
- Rohlf, F.J., (2015)** The tps Dig eriesof software. *Hystrix* 26:9-12.

Ronce, O., (2007). How does it feel to be like a rolling stone? Ten questions about dispersal evolution. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 38:231-253.

S

Sahnoun, Z., (2009). étude préliminaire des indices physiologiques (Indice de Réplétion , Indice Gonadique) et dosage des métaux lourds chez l'oursin commun *Paracentrotus lividus* (Lamarck), 1816) pêché sur le littoral mostaganémois .memoire de magister . science de l'Env.Univ. d'Oran Es-senia, 105p.

Sala E, & Zabala M (1996) Predation and the structure of the sea urchin *Paracentrotus lividus* populations in the NW Mediterranean. *Mar Ecol Prog Ser* 140: 71-81.

Sala, E, Ribes M, Hereu B, Zabala M, Alva V, et Coma R, (1998) Temporal variability in abundance of the sea urchins *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* in the northwestern Mediterranean: comparison between a marine reserve and an unprotected area. *Mar Ecol Prog Ser* 168: 135-145.

Sala, E., (1997). Fish predators and scavengers of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in protected areas of the north-west Mediterranean Sea. *Mar. Biol.* 129. :531–539.

Semroud, R., & Kada, H., (1987). Contribution à l'étude de l'oursin *Paracentrotus lividus* dans la région d'Alger: indice de réplétion et indice gonadique. In Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles. GIS Posidonie, Marseilles, 117-124.

Soualili, D., Dubois, P., Gosselin, P., Pernet, P., et Guillou, M., (2008). Assessment of seawater pollution by heavy metals in the neighborhood of Algiers: use of the sea urchin, *Paracentrotus lividus*, as a bioindicator. *ICES Journal of Marine Science*, 65(2) : 132-139.

Soualili, D.L., (2008). Les populations naturelles d'oursins: un outil évaluateur de l'état de santé de l'Algérie. These Doct, Océan. Unive. U. S. T. H. B. 147p.

T

Tajima, K., Silva, J.R.M.C., et Lawrence, J.M., (2007). Disease in sea urchins, in: Edible Sea Urchins: Biology and Ecology, Advances in Marine Biology. *John Miller Lawrence*, pp. 167–182.

Thomas, F., Lefevre, T., et Raymond, M., (2010). Biologie évolutive. Eds *De Boeck*. 961 p.

Thorson, G., (1950). Reproduction and larvale cology of marine bottom invertebrates. *Biological Review* .25 :1–45.

Tortonese, (1965). Echinodermata. Fauna d'Italia vol. VI. Calderini, Bologna.

Tortonese, E., & Vadon, C., (1987). Oursins et Holothuries. In Fischer W., Bouchon M.L. and Scneider M. *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche (révision 1) Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37 vol I, végétaux et invertébrés* : 715-739.

V

Vergés, A., Tomas, F., et Ballesteros, E., (2012). Interactive effects of depth and marine protection on predation and herbivory patterns. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 450 :55-65.

Verlaque, M., & Nedelec, H., (1983). Biologie de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) sur substrat rocheux en Corse (Méditerranée, France): alimentation des adultes. *Vie et milieu*, 33(3-4) :191-201.

Verlaque, M., (1984). Biologie des juvéniles de l'oursin herbivore *Paracentrotus lividus* (Lamarck): sélectivité du broutage et impact de l'espèce sur les communautés algales de substrat rocheux en Corse (Méditerranée, France). *Botanica Marina*. 27 : 401–424.

Verlaque, M., (1987). Relations entre *Paracentrotus lividus* (Lamarck) et le phytobenthos de Méditerranée occidentale in: Colloque International Sur *Paracentrotus Lividus* et Les Oursins Comestibles. *GIS Posidonie Publ, Marseille*, pp 5-36.

W

Wirtz, P., & Debelius, H., (2003). Mediterranean and Atlantic invertebrate guide from Spain to Turkey, from Norway to Equator, Conch Books, Hackenheim, Allemagne. 305p.

WoRMS, (2015). *Pachygrapsus marmoratus* (Fabricius, 1787). in The World Register of Marine Species.

Y

Yatsuya, K., & Nakahara, H., (2004). Density, growth and reproduction of the sea urchin *Anthocidaris crassispina* (A. Agassiz) in two different adjacent habitats, *the Sargassum area and Corallina area*. *Fish. Sci.* 70 : 233–240 .

Z

Zanoun, (1987). etude des variations de l'indice de réplétion et de l'indice gonadique chez l'oursin comestible de la région d'ain chorb,mém DES,*océanographie ,ISN, USTHB*, 26 p +annexes.

Autres références bibliographiques consultées :

[A] : **Catalogue of life World Register of Marine Species (WoRMS) 2019** of *Paracentrotus lividus* .<http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=570964>.

[B] : <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/oursanilab/gonadF+Mleg2.html>

[C] : <http://www.maxiceurs.com>

[D] : <https://www.researchgate.net/figure/Carte-du-bassin-algerien-A-region-Ouest-B-region-Centre-C-region-Est-Ainsi>

[E] : https://fr.wikipedia.org/wiki/Wilaya_de_Mostaganem

[F] : [https://www.xlstat.com/fr/solutions/.../Analyse Canonique des Variances \(ACV\)](https://www.xlstat.com/fr/solutions/.../Analyse_Canonique_des_Variances_(ACV))