

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

N°/SNV/2017

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par : Benbachir Mohammed

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER

En Hydrobiologie Marine et Continentale

Spécialité: EXPLOITATION ET PROTECTION DES RESSOURCES
MARINES VIVANTES

THÈME

**Etude morphométrique de deux espèces d'oursins réguliers,
Paracentrotus lividus (Lamarck 1816) et *Arbacia lixula* (Linnaeus
1758), prélevées dans deux étagements paraliques de la côte de
Mostaganem.**

Soutenu publiquement le : 14/09/2017.

Devant le Jury :

Présidente	Pr SOUALILI Dina Lila	Professeur U. Mostaganem.
Encadreur	Mr BOUZAZA Zoheir	MAA U. Mostaganem.
Examineur	Mr BELBACHIR Nor Eddine	MAA U. Mostaganem.

Année universitaire: 2016 /2017.

Thème réalisé au laboratoire d'halieutique (Université de Mostaganem)

Remerciements

*Tout d'abord je tiens à exprimer toute ma gratitude envers mon encadreur Mr **BOUZAZA Zoheir** (Maitre-assistant à l'université de Mostaganem), qui a fourni énormément d'efforts pour m'orienter tout au long de ce mémoire, j'ai beaucoup appris avec lui.*

*Je remercie également Mme **SOUALILI Dina-Lila** (Professeur à l'université de Mostaganem) pour avoir accepté de présider ce travail, ainsi que Mr **BELBACHIR Nor Eddine**, pour s'être intéressé à mon travail, et avoir accepté de l'examiner en siégeant au sein du Jury.*

Je tiens à exprimer tout ma reconnaissance envers mes amis Hamdaoui Hakou et Benguella Malik membres actifs du « Trident club Mostaganem », qui m'ont apporté une aide très précieuse, je n'oublierai jamais ça.

J'aimerai également remercier mes parents de m'avoir soutenu jusqu'au bout, et qui ont fait tout leur possible pour m'offrir les meilleures conditions pour réussir le travail, je remercie aussi mon ami très cher ami Amrani Cherif de m'avoir aidé et soutenu tout au long de l'année, sans oublier Limam Faiza pour ses encouragements et ses conseils.

Enfin, j'adresse mes sincères remerciements à ma famille, mes amis, et tous ceux qui m'ont aidé, soutenu et encouragé tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Résumé

Une étude morphométrique sur deux espèces d'oursins réguliers *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) et *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) prélevées de deux étagements paraliques a été réalisée sur la côte de Mostaganem. Les prélèvements ont eu lieu dans les trois stations : Stidia, Salamandre et Sidi Mejdoub. L'étude s'est portée sur l'étude de l'effet de deux facteurs physiques : « Différence d'étagement » et « l'éloignement géographique » sur la forme des tests des échantillons.

Après l'identification taxinomique basée sur la morphologie de l'espèce, nous avons pris les deux mesures biométriques : hauteur « H » et largeur « L », à partir desquels nous avons calculé la moyenne géométrique « MG » et la gibbosité « GIB ». C'est sur ce dernier paramètre que nous avons basé notre étude.

Nous avons ensuite pratiqué un « test-z » sur la population de chaque site afin de tester l'effet de l'étagement, ensuite une ANOVA a été réalisée sur l'ensemble des échantillons de la même espèce toute station confondue, afin d'analyser l'effet de l'éloignement entre les sites sur les individus. Nous avons par la suite pratiqué une ACP sur l'ensemble des individus des deux espèces afin d'observer la distribution des individus et la projection des variables quantitatives (H, L, MG et GIB).

Les résultats du « test-z » nous donnent une information très pertinente quant à l'échantillon de *P. lividus* de la station de Stidia, où la gibbosité moyenne était plutôt élevée chez la population de l'étagement médiolittoral par rapport à la population de l'infralittoral, ce qui laisse à penser que ce phénomène est une manifestation d'une spéciation parapatrique.

L'ANOVA nous a démontré que l'allopatric causée par l'effet de l'éloignement géographique entre les trois stations pourrait avoir un poids considérable sur la disparité morphologique des populations des deux espèces étudiées suivant la direction des courants marins qui longent la côte de Mostaganem.

Mots clés : Etude morphométrique, *Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula*, mesures biométriques, gibbosité, spéciation.

Abstract

A morphometric study of two species of regular sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) and *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) sampled from two paralic staging was carried out on the coast of Mostaganem. The sampling took place at three stations: Stidia, Salamandre and Sidi Mejdoub. The study examined the effect of two physical factors: "Difference in staggering" and "geographical distance" on the form of sample tests.

After the taxonomic identification based on the morphology of the two species, we took two biometric measurements: height "H" and width "L", from which we calculated the geometric mean "MG" and the gibbosity "GIB" . It is on this last parameter that we have based our study.

We performed a "z-test" on population of each station to test the effect of staging, then an ANOVA was performed on all samples of the same species at any station to analyze the effect of the distance between sites on individuals. A Principal Component Analysis (PCA) was performed on all specimens of the two species in order to observe the distribution of the individuals and the projection of the quantitative variables (H, L, MG and GIB).

The results of the "z-test" give us very pertinent information about the sample of *P. lividus* from the Stidia station, where the mean gibbosity was high in the population of the mediolittoral staging in relation to the population of the infralittoral, which suggests that this phenomenon is a manifestation of parapatric speciation.

The ANOVA shown us that allopatry caused by the effect of geographical distance between the three stations could have a considerable influence on the morphological disparity of populations of the two species studied along the direction of the marine currents along the coast of Mostaganem.

Key words: Morphometric study, *Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula*, biometric measurements, gibbosity, speciation.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Noms et coordonnées des trois stations de prélèvement avec leurs abréviations [C].....	33
Tableau 2 : Nombre d'individus des deux espèces échantillonnés au niveau des stations d'étude. (M : mâle, F : femelle).....	41
Tableau 3 : Résultat du test-z et moyennes de gibbosité des deux espèces par étage dans chaque station.....	43
Tableau 4 : Les moyennes de gibbosité des deux espèces par station.....	43
Tableau 5 : Résultat de l'ANOVA de la variable (GIB) sur l'espèce <i>P.lividus</i>	44
Tableau 6 : Résultat de l'ANOVA sur la variable (GIB) de l' <i>A.lixula</i>	44
Tableau 7 : Résultat du test HSD de Tukey pour <i>P.lividus</i>	44
Tableau 8 : Résultat du test HSD de Tukey pour <i>A.lixula</i>	44

Liste des figures

Figure 1 :Modèles de spéciation basé sur des subdivisions géographiques [A].....	6
Figure 2 :Schéma des relations spatiales entre populations (figurées par des cercles), espèces et écosystèmes (D'après Arnaud et Emig, 1987).....	8
Figure 3 :Modèle de métapopulation de Levins (1969).....	9
Figure 4 :Cycle de vie benthopélagique des invertébrés marins.(Ayata, 2010).....	10
Figure 5 :Circulation des AW en méditerranée (Milliot& Taupier-Letage, 2005).....	13
Figure 6 :Photo des deux espèces étudiées <i>Paracentrotus lividus</i> (A)et <i>Arbacia lixula</i> (B)[B]..	15
Figure 7 :Vue dorsale d'un individu <i>P.lividus</i> (A) et de son test dépourvu de piquant (B) (Tortonese&Vadon, 1987).....	17
Figure 8 :Vue dorsale d'un individu <i>A.lixula</i> (A) et de son test dépourvu de piquants (B) (Tortonese&Vadon, 1987).....	18
Figure 9 :L'organisation générale du test des oursins réguliers vue apicale aborale ou dorsale (Demnard-Tellier, 2001).....	19
Figure 10 :Organisation générale du test des oursins réguliers. Vue latérale (d'après Clark & Rowe, 1971).....	19
Figure 11 :Une grande plaque inter-ambulacraire accolée (d'après Hyman, 1959 in Meglitsch, 1967).....	20
Figure 12 :Radiole sur son tubercule (d'après Melville et Durham, 1966).....	21
Figure 13 :le système apical(d'après Loven,1874).....	21
Figure 14 :Comparaison entre les périproctes des deux espèces. (Demnard-Tellier, 2001).....	22
Figure 15 :Anatomie interne d'un oursin commun (Tortonese, 1965).....	22
Figure 16 :Lanterne d'Aristote (DeRidder&Jangoux, 1986).....	23
Figure 17 :Emission de gamètes chez le <i>Paracentrotus lividus</i>	23
Figure 18 :Emission de gamètes chez l' <i>Arbacia lixula</i>	24
Figure 19 :Développement embryonnaire chez <i>Paracentrotus lividus</i> (d'après Horstadius, 1939).....	28
Figure 20 :Echinoplutéus d' <i>Arbacia lixula</i> (d'après Fénaux, 1968).....	28

Figure 21 :La zone infratidale (flèche) dans laquelle nous avons effectué nos prélèvements.....	30
Figure 22 : La position géographique des trois sites choisis [C].....	31.
Figure 23 :Carte géographique de région de Stidia ainsi que la zone de prélèvement (flèche) [C].....	32
Figure 24 :Carte géographique de la région de Salamandre ainsi que la zone de prélèvement (flèche) [C].....	32
Figure 25 :Carte géographique de la région de Sidi Mejdoub ainsi que la zone de prélèvement (flèche) [C].....	32
Figure 26 :Récolte des échantillons de l'étagement infralittoral.....	33
Figure 27 :Préparation des individus d'oursins échantillonnés sur la paillasse.....	34
Figure 28 :Traitement des bouts de chairs.....	35
Figure 29 :Matériel utilisé afin de retirer les épines.....	35
Figure 30 :Les différentes prises du test d'un <i>Paracentrotus lividus</i>	35
Figure 31 :Incision du test à l'aide des ciseaux.....	36
Figure 32 :Comparaison entre les péripoctes des deux espèces.....	37
Figure 33 :Pied à coulisse utilisé.....	37
Figure 34 :Mensurations effectuées sur le test de l'oursin.....	38
Figure 35 :Photos montrant la face dorsale du test d'un individu de chaque espèce, où on peut voir la forme du péripocte des deux espèces <i>P.lividus</i> (A, A') et <i>A.lixula</i> (B, B').....	41
Figure 36 :Régression linéaire entre les deux paramètres largeur (L) et la hauteur (H) de tous les individus échantillonnés et mesurés de <i>P.lividus</i> (en bleu) et <i>A. lixula</i> (en rouge).....	42
Figure 37 :ACP des individus de <i>P.lividus</i> et des variables quantitatives (H, L, GIB et MG) projetée sur les deux axes F1 et F2.....	45
Figure 38 :ACP des individus de <i>A.lixula</i> et des variables quantitatives (H, L, GIB et MG) projetée sur les deux axes F1 et F2.....	46
Figure 39 :Carte géographique montrant la barrière écologique dans la station de Stidia séparant les deux étagements A et B [C].....	47

Sommaire

Sommaire :

Introduction.....	1
-------------------	---

Chapitre I : Revue bibliographique

I. Notions de base	3
I.1. Le concept d'espèce.....	3
I.1.1. Le concept biologique	3
I.1.2. Le concept morphologique.....	3
I.1.3. Le concept écologique	3
I.1.4. Le concept phylogénétique.....	3
I.2. Spéciation.....	4
I.2.1. Modes de spéciation.....	4
I.2.1.1. Spéciation allopatrique.....	4
I.2.1.2. Spéciation péripatrique.....	5
I.2.1.3. Spéciation sympatrique.....	5
I.2.1.4 Spéciation parapatrique.....	5
I.3. Connectivité des populations.....	7
I.3.1. Populations et métapopulations.....	7
I.3.2. La migration en milieu marin.....	9
I.3.3. Phase larvaire.....	10
II. La méditerranée comme zone d'étude	12
II.1. Courantologie.....	13
II.2. Description de la côte algérienne.....	13
II.2.1. Salinité.....	14
II.2.2 Température.....	14
III. Les oursins comme modèle d'étude.....	15
III.1. Importance des oursins dans les études morphométriques.....	15
III.2. Taxonomie des deux espèces étudiées	16

III.2.1. Taxonomie de l'oursin <i>Paracentrotus lividus</i> (Lamarck, 1816).....	16
III.2.2. Taxonomie de l'oursin <i>Arbacia lixula</i> (Linnaeus, 1758).....	16
III.3.2. Biologie, écologie et exploitation des deux espèces	17
III.3.2.1. Caractères morphologiques	17
III.3.2.1.1. Caractères spécifiques de chaque espèce.....	17
III.3.2.1.2. Caractères généraux des deux espèces.....	18
III.3.2.2. Reproduction, habitat et intérêt économique	24
III.3.2.2.1. <i>Paracentrotus lividus</i>	24
III.3.2.2.2. <i>Arbacia lixula</i>	26
III.3.2.3. Le développement embryonnaire	27

Chapitre II : Matériel et méthodes

I. Description de la zone d'étude.....	29
I.1 Description de la zone d'échantillonnage.....	29
I.1.1 Hydrodynamisme	29
I.1.2. Climat.....	29
I.1.3. Salinité	30
I.1.4. Vents.....	30
I.2. Description des zones d'échantillonnage	30
I.3. Choix des stations de prélèvement	31
II. Méthodologie	32
II.1. Collecte des échantillons	32
II.2. Etiquetage des échantillons	34
II.2.1. Traitement au laboratoire	34
II.3 Etude taxonomique	36
II.4. Mesures biométriques	37

II.5. Traitement statistique des données	38
II.5.1. Statistique descriptive	38
II.5.1.1. La moyenne arithmétique	38
II.5.1.2. L'écart-type	39
II.5.2. Analyse de variance (ANOVA), test-t et test-z.....	39
II.5.3. Analyse des Composantes Principales (A.C.P).....	40

Chapitre III : Résultats et discussions

I. Résultats.....	41
I.1. Taxonomie des espèces étudiées	41
I.2. Etude morphométrique.....	42
I.2.1. Corrélation Hauteur/Largeur	42
I.2.2. Etude statistique	43
I.2.2.1. Effet de différence d'étagement.....	43
I.2.2.2. Effet d'éloignement entre les différentes stations d'échantillonnage.....	43
I.2.2.2.1 Test à posteriori.....	44
I.2.3. Analyse en composantes principales « ACP ».....	45
II. Discussion	46
II.1. Corrélation.....	47
II.2. Effet d'étagement	47
II.2.1. Stidia.....	48
II.2.2 Salamandre.....	48.
II.2.3. Sidi Mejdoub.....	48.
II.3. Effet éloignement	48
II.3.1 Analyse en composantes principales « ACP ».....	49
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 la structuration démographique des communautés d'oursins peut avoir des conséquences sur l'ensemble de l'écosystème infralittoral (**Verlaque, 1984 ; Azzolina et al., 1985 ; Palacin et al., 1998 ; Bonaviri et al., 2012 ; Giakoumi et al., 2012**).

Depuis plusieurs dizaines d'années, l'importance accordée au rôle des échinodermes, 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 (**Kit-Ching et Ebling, 1961 ; Kempf, 1962 ; Lawrence, 1975 ; Verlaque, 1987**).

Parmi les oursins réguliers les plus étudiés, *Paracentrotus lividus* (**Lamarck, 1816**) et *Arbacia lixula* (**Linnaeus, 1758**) sont les plus fréquents sur les côtes algériennes. « L'oursin noir » *Arbacia lixula* a été moins étudié par rapport à son homologue atlantico-méditerranéen comestible « l'oursin livide » *Paracentrotus lividus*.

En méditerranée **Francour et al. (1994) ; Gianguzza et al. (2011)** ont étudié la relation entre *A. lixula* (considéré comme oursin thermophile) et le réchauffement des eaux méditerranéennes, **Privitera et al. (2008)** ont étudié quant à eux la compétition inter et intra-spécifique entre l'oursin noir et l'oursin livide dans une zone limitée en ressources alimentaires.

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

En Algérie **Semroud et 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.

A Mostaganem **Dermeche et al. (2009)** 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). Durant les journées scientifiques de 2017 à l'université de Mostaganem, **Lakkermi et Soualili** ont présenté une contribution à l'étude du régime alimentaire de *A. lixula*, au niveau de la côte de Mostaganem.

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 chez *Strongylocentrotus intermidus*, de **Rogers-Bennett et al. (1995)** portant sur l'impact de la reproduction sur la morphologie de « l'oursin rouge géant » *Strongylocentrotus franciscanus* ou celles de **Yatsuya et Nakahara (2004)** qui porte sur l'impact de l'habitat naturel sur la croissance morphologique d'*Anthocardis crassispina*, ainsi que de nombreuses autres études.

Notre étude a donc pour but de comprendre cette diversité de formes chez les différentes populations des deux espèces *Paracentrotus lividus* (**Lamarck, 1816**) et *Arbacia lixula* (**Linnaeus, 1758**) au niveau de quelques sites de la côte de Mostaganem en considérant deux facteurs majeurs :

- L'effet d'éloignement géographique entre les différentes populations
- L'effet de différence d'étagements auxquelles appartiennent les différentes populations.

*Chapitre I : Revue
bibliographique*

Dans ce chapitre nous allons résumer certains concepts importants, qui ont une relation avec le travail réalisé, tout en décrivant la zone d'étude et les espèces concernées.

I. Notions et principes de base

Tout d'abord nous allons aborder les principes de base qui définissent l'axe de notre étude, et qui ont fait l'objet de travaux antérieurement réalisés.

I.1. Le concept d'espèce

L'espèce est un concept ambigu dont il existe une multitude de définitions dans la littérature scientifique. **Mayr (1942)** définit le concept biologique des espèces comme étant « des groupes de populations naturelles, effectivement ou potentiellement interfécondes, qui sont génétiquement isolées d'autres groupes similaires », **Campbell & Reece (1987)** ont élargi la notion d'espèce en plusieurs concepts dans leur fameux ouvrage « *Biology* » :

I.1.1. Le concept biologique

Ce concept est basé sur l'intégralité de la définition donnée par **Mayr (1942)** (Voir ci-dessus) en y ajoutant « et engendrer 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. Le concept morphologique

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. Le 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. Le 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.

En plus de ces définitions, il en existe une vingtaine d'autres. L'utilité de chaque définition dépend de la situation abordée et des questions posées. Le concept biologique de l'espèce, qui s'appuie sur les barrières reproductives, est particulièrement utile pour étudier la spéciation (**Campbell & Reece, 1987**).

I.2. La 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 reproductrice, 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.

Les **barrières prézygotiques** (avant le zygote) rendent impossible la fécondation de plusieurs façons. Elles peuvent empêcher les membres d'espèces différentes de tenter de s'accoupler, faire échouer une tentative d'accouplement avant qu'elle réussisse, ou encore bloquer la fécondation si l'accouplement a eu lieu, selon **Mayr (1940)** ces barrières peuvent être d'ordre éthologique, géographique ou écologique. Si un spermatozoïde franchit une barrière prézygotique et féconde un ovule d'une autre espèce, diverses **barrières postzygotiques** (après le zygote) empêchent généralement le zygote hybride de devenir un adulte viable et fécond (isolement reproductif postzygotique). Ainsi, les hybrides peuvent avoir un taux de survie plus faible par suite d'erreurs survenues lors du développement embryonnaire ; ils peuvent également souffrir de problèmes postnatals qui les rendent infertiles ou incapables de vivre assez longtemps pour avoir le temps de se reproduire (**Campbell & Reece, 1987**).

I.2.1. Les modes de spéciations

Les mécanismes de spéciation sont très nombreux (**Bush, 1975**) :

I.2.1.1. Spéciation allopatrique

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

I.2.1.2. 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. 1**). 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 sympatrique

Une spéciation est dite sympatrique quand il n'existe pas des barrières extrinsèques aux flux de gènes (**Fig. 1**), 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.2.1.4. Spéciation parapatrique

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

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**).

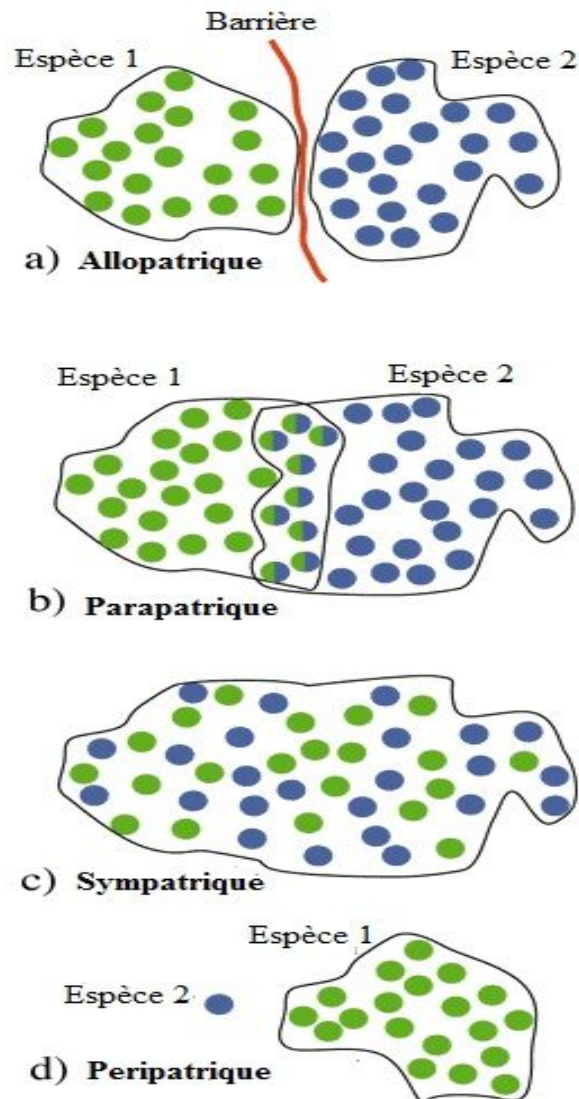


Figure 1 : Modèles de spéciation basés sur des subdivisions géographiques [A].

Dajoz (2012) mentionne d'autres modes de spéciation à l'image de la spéciation rapide (spéciation saltatrice), la spéciation par réarrangement chromosomique, et la spéciation par hybridation et duplication (Polyploïdie), **Lecointre (2009)** insiste sur la spéciation en anneau, une notion introduite par Mayr en 1942.

Le terme de spéciation **stasipatric** a été proposé par White et ses collaborateurs (**White et al., 1967**) pour expliquer la spéciation sympatric d'orthoptères acridiens morabinés d'Australie, du genre *Vandiemenella*. Ce mode de spéciation implique des remaniements portant sur des translocations ou des fusions chromosomiques à l'origine de l'isolement reproductif sympatric. Cependant, ce mécanisme de spéciation a été contesté dès son origine, et a été définitivement enterré par les travaux de **Kawakami et al., (2009)** en ce qui concerne les espèces du complexe *Vandiemenella viatica* (**Harry, 2012**).

Un autre mécanisme peut être à l'origine de la différenciation de nouvelles espèces en conditions sympatriques. Ainsi la ploïdisation par doublement un certain nombre de fois du lot chromosomique peut-il conduire à la différenciation de nouvelles espèces notamment chez les plantes, mais pas seulement. Ainsi, chez la paramécie, *Paramecium tetraurelia*, trois événements de duplication génomique ont été mis en évidence et le dernier a conduit à la formation de 15 espèces jumelles (Aury et al., 2006). La différenciation de ces espèces résulterait de pertes géniques différentes au sein de populations isolées conduisant à leur impossibilité de croisement. Avec cet exemple, nous voyons que le processus de spéciation peut conduire à la différenciation simultanée (ou quasi) de plusieurs espèces et ne conduit pas inexorablement d'une espèce vers deux nouvelles espèces, par cladogenèse, ou progressivement d'une espèce en une autre, par anagenèse.

Chez les plantes, la polyploïdisation peut suivre un événement d'hybridation, c'est-à-dire le croisement entre deux espèces différentes, et permettre la formation d'une troisième par restauration du bon déroulement des divisions cellulaires. C'est le cas, par exemple, chez les poacées cultivées comme le riz, le maïs, le blé, ou sauvages comme les spartines, plantes typiques des vasières côtières (Harry, 2012).

I.3. Connectivité des populations

I.3.1. Populations et métapopulations

La définition la plus usuelle et la plus simple de la population est: "ensemble d'individus d'une même espèce vivant en un même lieu". Mais ce lieu pour s'intégrer clairement dans un système écologique ne doit pas être quelconque: il doit correspondre au biotope, c'est-à-dire l'espace défini et délimité par la constance relative de ses facteurs abiotiques ou la prévisibilité de leurs fluctuations. Ces facteurs abiotiques n'étant relativement constants que dans une aire géographique restreinte ou très restreinte, un biotope n'aura jamais qu'une extension plus ou moins locale. Or, ce biotope est aussi, selon la définition proposée par Picard (1985) "l'espace de vie dans lequel il y a potentialité d'existence d'une biocénose déterminée". Le biotope est-il donc à la fois l'aire de vie de la biocénose et l'aire de vie d'une population ? La contradiction n'est qu'apparente, car la biocénose est formée d'un ensemble de populations de plusieurs espèces, comme le suggérait déjà la définition originelle donnée par Möbius (1877) : " Groupement d'êtres vivants correspondant par sa composition, par le nombre des espèces et des individus, à des conditions moyennes du milieu, groupement d'êtres qui sont liés par une dépendance réciproque et qui se maintiennent en se reproduisant dans un certain endroit de façon permanente" (traduction selon Dajoz, 1975). Cette définition souligne ainsi qu'une biocénose, et à fortiori une population, unité de cette biocénose, n'existe pas sans biotope et est nécessairement circonscrit dans une aire restreinte et localisée.

Définir l'écosystème comme la somme "Biocénose + Biotope" (cf. Picard, 1985) n'est donc pas satisfaisant : aussi nous proposons de considérer l'écosystème comme une entité hiérarchique regroupant l'ensemble des biocénoses ayant des caractéristiques analogues (Fig. 2) (Arnaud & Emig, 1987).

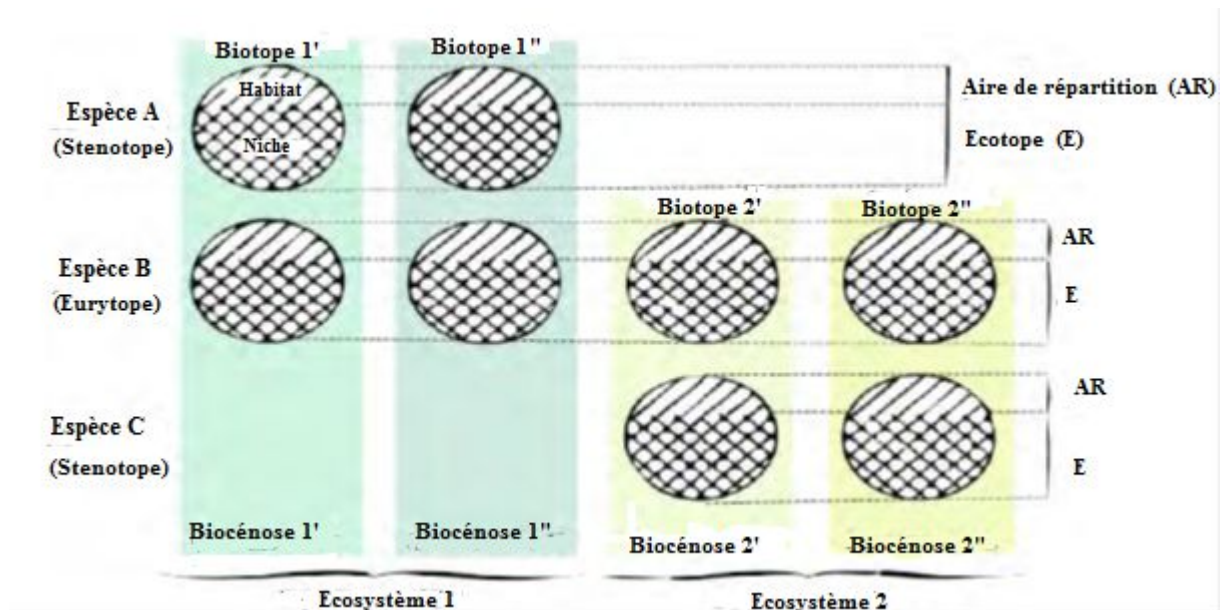


Figure 2 : Schéma des relations spatiales entre populations (figurées par des cercles), espèces et écosystèmes (D'après Arnaud et Emig, 1987).

La population est un concept pratique qui peut devenir un piège. En effet, diverses questions de génétique des populations ne peuvent pas être résolues si on se contente de les étudier à ce niveau.

Il est montré que l'intensité de la dispersion, dans la mesure où elle est génétiquement déterminée, n'est pas sélectionnée au niveau de la population au sens classique. Un modèle simple, étayé par des observations *in-situ* (sur *Carduus*), semble montrer qu'un ensemble plus vaste, la métapopulation, peut seul rendre compte des processus en jeu. De ce point de vue, l'espèce est considérée non plus comme composée de populations indépendantes mais de métapopulations où chaque population est régulièrement fondée par les autres et évolue ensuite sous l'action de phénomènes internes (Couvét et al., 1985).

Bien que l'importance des phénomènes d'extinction-recolonisation dans la persistance des populations locales fût soulignée par Wright (1940) et Andrewartha & Birch (1954) dès le milieu du vingtième siècle, le concept de métapopulation ne fut défini pour la première fois par Levins qu'en 1969 comme « une population de populations soumises à une alternance d'extinction et de colonisation » (Fig. 3). Il s'agit donc dans cette définition initiale d'un ensemble de populations structurées spatialement qui persiste malgré des extinctions locales (Ayata, 2010).

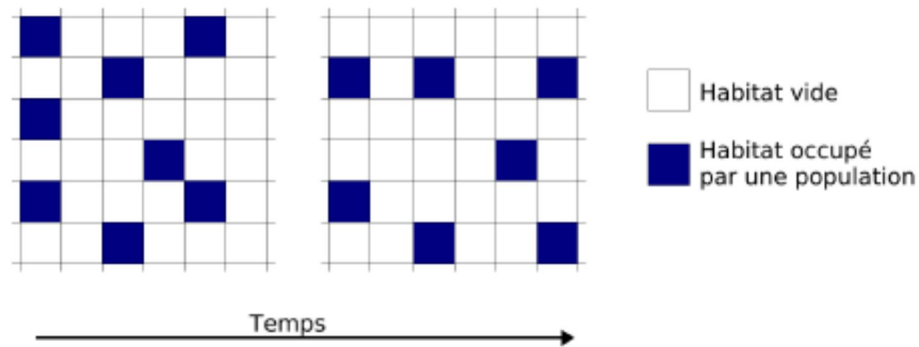


Figure 3 : Modèle de métapopulation de **Levins (1969)**, composé d'un maillage infini de fragments d'habitat (carrés) équidistants et de mêmes caractéristiques. Les fragments d'habitat sont vides (en blanc) ou occupés par une population locale (en bleu).

I.3.2. La migration en milieu marin

Le terme de migration, comme celui de territoire, n'est pas débarrassé de 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**).

La plupart des invertébrés marins possèdent une phase larvaire planctonique (**Eckman, 1996; Thorson, 1950**), tandis que les phases juvéniles et les adultes sont benthiques et plus ou moins sédentaires, inféodées au substrat. Le cycle de vie de ces organismes est alors qualifié de cycle de vie benthopélagique.

Chez ces organismes, la dispersion, qui correspond à la dissémination d'individus à partir d'un point d'émission, est principalement assurée par la phase larvaire planctonique (**Thorson, 1950**), bien que, dans une moindre mesure, la dispersion des gamètes mâles, la dispersion post-larvaire et les migrations des adultes peuvent aussi y contribuer.

Plusieurs types de comportements natatoires sur la verticale ont été observés chez les larves d'invertébrés marins, incluant en particulier un contrôle de la position des larves à une profondeur donnée ou différents comportements migratoires : **la migration tidale** en fonction du cycle lunaire de la marée, **la migration ontogénique** en fonction des stades de développement, et **la migration nyctémérale**, en fonction du cycle jour/nuit (**Ayata, 2010**).

I.3.3. 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 (**Fig. 4**) constituent le méroplancton.

Plusieurs scénarios sont possibles concernant le devenir d'une larve pélagique : celle-ci peut mourir au cours de sa vie larvaire (par exemple par prédation) ou à l'issue de son développement si elle n'a pas rencontré d'habitat favorable pour sa sédentarisation, à l'issue de son développement, la larve peut se sédentariser au niveau de la population parentale (on parle alors de rétention ou d'autorecrutement) ou au sein d'une population distante (on parle alors de migration et d'échanges larvaires entre populations), ou encore dans un nouvel habitat favorable à son installation (on parle alors de colonisation). Pour de telles espèces, le recrutement, c'est-à-dire l'apport de nouveaux individus au sein des populations adultes, et le maintien de ces dernières dépendent donc en partie des apports larvaires et de la survie ultérieure des premiers stades de développement benthiques (**Ayata, 2010**).

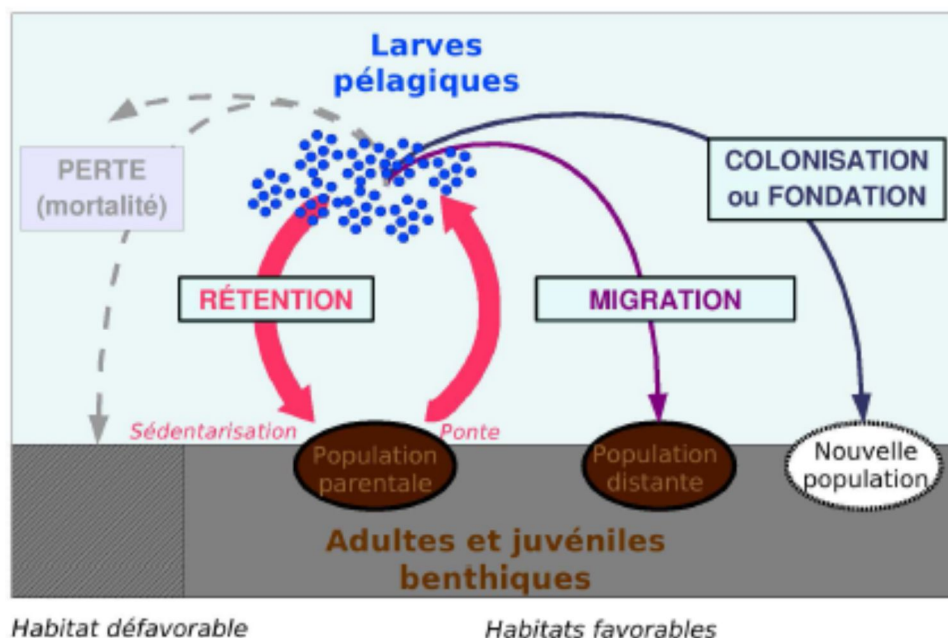


Figure 4 : Cycle de vie benthopélagique des invertébrés marins. Les phases benthiques adulte et juvénile sont représentées en marron, la phase larvaire pélagique en bleu. Le cycle de vie représenté en rose inclut les événements de ponte et de sédentarisation (retour à la vie benthique). Les devenir possibles des larves sont indiqués dans des rectangles : perte par mortalité (en gris), rétention au sein de la population parentale, i.e. autorecrutement (en rose),

migration vers une population distante, allorecrutement (en violet) et fondation d'une nouvelle population, i.e. colonisation (en bleu foncé) (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 (Eckman, 1996; Thorson, 1950). L'avantage évolutif de l'existence d'une phase larvaire planctonique a donc été discuté, en particulier par Pechenik (1999) et Bonhomme et 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.

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.

En revanche, les principaux avantages que confèrent l'existence d'une phase larvaire planctonique sont liés à son potentiel de dispersion loin des populations parentales (Eckert, 2003; Pechenik, 1999; Ronce, 2007), permettant ainsi :

- une réduction de la compétition pour la nourriture entre larves apparentées 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).

II. La mer Méditerranée comme zone d'étude

Bien que notre étude se soit établie sur la côte Algérienne, et plus précisément la région de Mostaganem, nous décrivons brièvement les caractéristiques générales de la mer méditerranée ainsi que sa courantologie influençant considérablement la répartition et le mouvement des larves des échinodermes tout au long du littoral Algérien.

La mer Méditerranée est une mer intercontinentale presque entièrement fermée, située entre l'Europe, l'Afrique et l'Asie et qui s'étend sur une superficie d'environ 2,5 millions de km². Son ouverture vers l'océan Atlantique par le détroit de Gibraltar est large de seulement 14 kilomètres.

La mer Méditerranée a une profondeur moyenne de 1500m et le point enregistré le plus profond est de 5121 mètres en mer Ionienne au creux de la fosse de Matapan (au large du Péloponnèse). Le littoral se déroule sur 46 000 kilomètres. La mer Méditerranée se divise en deux bassins bien individualisés, séparés par des hauts fonds situés entre la Sicile et la Tunisie : la Méditerranée occidentale et la Méditerranée orientale, elles-mêmes nettement compartimentées. La première recouvre une superficie d'environ 0,85 million de km² tandis que la seconde recouvre environ 1,65 million de km² pour une superficie totale de 2,5 millions de km² (3 millions de km² avec la Mer Noire, soit 1% de l'océan mondial). Le volume de la Méditerranée est de 3,7 millions de km³ (Fig. 5).

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).

II.1. Courantologie

Le fonctionnement général de la circulation en Mer Méditerranée, qui transforme l'eau Atlantique (AW) dans l'eau Méditerranéenne (MW) (Fig. 5), et le processus de formation des eaux denses, qui fait que l'AW 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).

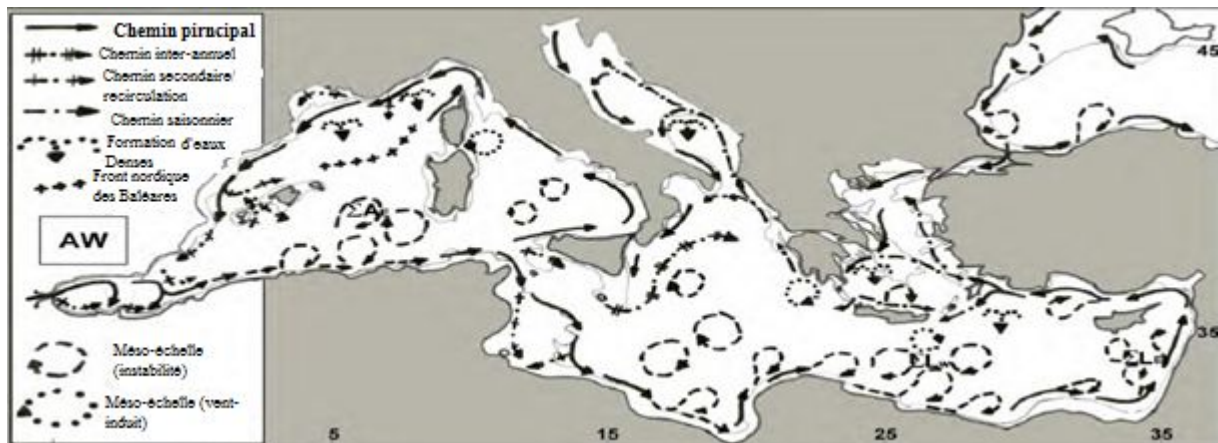


Figure 5 : Circulation des AW en méditerranée ; ΣAe : Zone d'accumulation des tourbillons dans la côte-est algérienne ; ΣLw : Zone d'accumulation des tourbillons dans la côte-ouest levantine ; ΣLe : Zone d'accumulation des tourbillons dans la côte-est levantine (Milliot & Taupier-Letage, 2005).

II.2. Description de la côte algérienne

La côte algérienne s'étend sur 1622 km, de 2° Ouest jusqu'à 9° Est, Ce littoral est caractérisé par un plateau continental réduit à l'exception dans la région de Ghazaouet (wilaya de Tlemcen) à l'extrême Ouest et la région d'El Kala (wilaya d'El Tarf) à l'extrême Est (Zeghdoudi, 2006).

Ainsi la côte algérienne peut se diviser en trois grands secteurs (Fig. 23) :

- le secteur occidental : de la frontière algéro-marocaine à l'Ouest jusqu'à Ténès à l'Est ;
- le secteur central : de Ténès à Dellys ;
- le secteur oriental : de Dellys à l'Ouest jusqu'à la frontière algéro-tunisienne à l'Est. (In Bouzoualegh & Zemane, 2010).

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. La topographie sous-marine correspond à celle de la côte (Lalami, 1979) :

- une succession de baies d'importance inégale présentent un fond à substrat meuble, favorable aux arts traïnants. Ces fonds s'étendent en pente douce jusqu'à l'isobathe 800m bien que souvent interrompus de vallées sous-marines ;
- des fonds rocheux avec des fosses profondes, correspondant aux zones littorales montagneuses.

Le plateau continental algérien apparaît comme un plateau fragmenté et discontinu extrêmement réduit et il 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)**.

Selon les observations de différents auteurs **(Lacombe & Tchernia, 1960 ; Furnestin & Allain, 1962, 1969 ; Allain, 1960 ; Allain et al., 1966)** cités par **Harchouche (2006)**, l'étude hydrologique de la région a révélé des phénomènes complexes. En effet, la zone est connue pour être soumise à l'influence des eaux superficielles d'origine atlantique et vers les profondeurs à celles des eaux des bassins orientaux et occidentaux. Le contact entre ces masses d'eaux aux caractéristiques différentes, constitue alors un milieu difficile à analyser **(In Bouzoualegh & Zemane, 2010)**.

II.2.1. Salinité

La salinité peut varier d'une région à une autre au sein du bassin méditerranéen en relation avec l'hydrodynamisme et dépend de l'évaporation, d'une part, et des arrivées des eaux douces dont le débit peut varier considérablement en fonction de la pluviométrie, d'autre part **(in Mouffok, 2008)**.

La salinité de surface est légèrement supérieure en hiver à celles des autres saisons, à cause des vents froids évaporant l'eau et augmentant la salinité. Les valeurs pour les quatre saisons varient, en général, entre 36.4‰ à l'Ouest et 37.6‰ à l'Est, les valeurs sont faibles à l'Ouest, car elles représentent les caractéristiques des eaux qui viennent de l'Atlantique qui ont une faible salinité. Dans la baie d'Oran, le taux de salinité est de 36.42 ‰ à 20 m **(Millot & Taupier-Letage, 2005)**.

En descendant à des profondeurs de 50 à 100 m, la salinité est de 36.38 ‰. Par contre, elle est de 38‰, à des profondeurs de 150 à 200 m. Sous l'influence de l'eau levantine intermédiaire à des profondeurs de 300 à 500 m, la salinité est forte et varie de 36‰ à 38.3‰ **(Assassi, 2011)**.

II.2.2. Température

Comme pour la salinité, la température est un élément fondamental en Océanographie **(Rainboth, 1980; Recasens et al., 2007; Mouffok, 2008)**. Ce facteur contrôle en surface l'intensité des échanges mer-atmosphère et conditionne largement et significativement

l'écologie des systèmes marins et côtiers. La température de l'eau est un facteur prépondérant dans la vie des organismes marins, et contribue de façon importante à la distribution géographique des espèces marines. Elle détermine les périodes de migrations et de reproduction et bien d'autres facteurs éthologiques et physiologiques.

La température moyenne de l'eau atlantique longeant les côtes algériennes est de 20,5°C, les températures sont comprises entre 10.8°C et 15.5°C en période hivernale, contrairement à l'été où ces valeurs atteignent 20°C et plus de 24°C. La colonne d'eau est divisée en trois couches, celle de surface d'eau chaude (15°C), la seconde de 500m à 2000m les températures sont de l'ordre de 13°C à 13.5°C, et les eaux froides qui se situent au-delà de 2000 m (Zemenzer, 2011).

III. Les oursins en tant que modèle d'études morphométriques

III.1. Importance des oursins dans les études morphométriques

Les échinodermes sont de parfaits modèles pour une étude morphométrique, 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 régulier, son volume ainsi que sa gibbosité facilitent les mesures biométriques.

Notre choix s'est porté sur deux espèces d'oursins réguliers *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) (Fig. 6A) et *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) (Fig. 6B), les deux espèces sont communes et disponibles même à de faibles profondeurs en méditerranée. La disponibilité des échantillons est très importante dans les études morphométriques, car ça donne plus de valeur au travail réalisé.

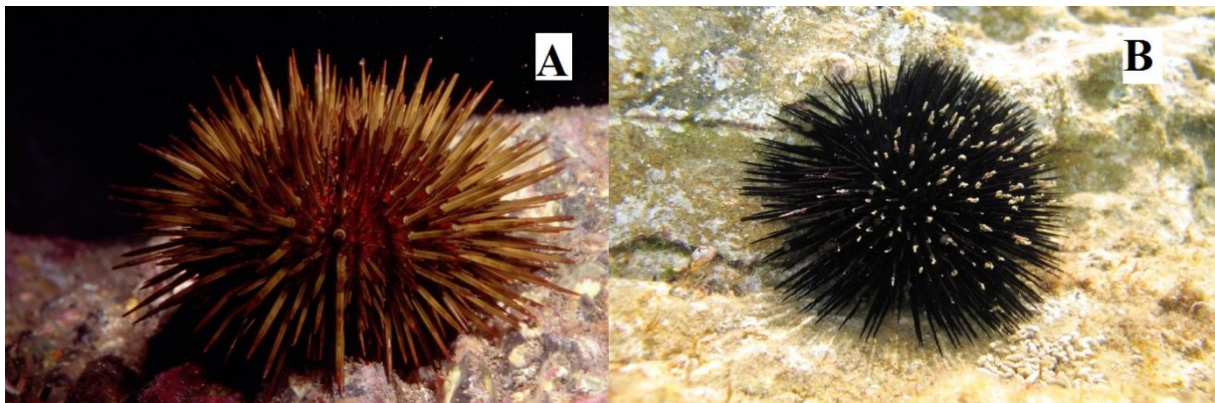


Figure 6 : Photo des deux espèces étudiées *Paracentrotus lividus* (A) et *Arbacia lixula* (B)
[B]

III.2. Taxonomie des deux espèces étudiées

III.2.1. Taxonomie de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816)

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* est la suivante :

- Règne : *Animalia*
- Sous-Règne : *Eumetazoa* (Bütschli, 1910)
- Infra-Règne : *Bilateria* (Haeckel, 1874)
- Infra-Règne : *Deuterostomia* (Grobbsen, 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)

III.2.2 Taxonomie de l'oursin *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) :

L'oursin *A. lixula* plus communément appelé « l'oursin noir » est présent principalement en mer Méditerranée, mais aussi dans une plus faible mesure en océan Atlantique-est du Maroc jusqu'en Irlande. On le trouve principalement sur les fonds rocheux, et il affectionne tout particulièrement les parois verticales, où sa forme et ses puissants podia lui permettent de se maintenir sans problème, même au battant des vagues. Il vit facilement exposé, parfois très près de la surface, et ne porte pas spontanément d'objets pour se camoufler (Privitera et al., 2008).

La position systématique de l'oursin *A. lixula* est la suivante :

- Règne : *Animalia*
- Sous-règne : *Eumetazoa* (Bütschli, 1910)
- Infra-règne : *Bilateria* (Haeckel, 1874)
- Infra-règne : *Deuterostomia* (Grobbsen, 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 : *Arbacioida* (Gregory, 1900)
- Famille : *Arbaciidae* (Gray, 1855)
- Genre : *Arbacia* (Gray, 1835)
- Espèce : *Arbacialixula* (Linnaeus, 1758)

III.3.2. Biologie, écologie et exploitation des deux espèces

III.3.2.1. Caractères morphologiques

III.3.2.1.1. Caractères spécifiques de chaque espèce

a) *Paracentrotus lividus* :

Corps légèrement déprimé. Membrane péristoméale avec un petit nombre de plaques éparses; incisions péristoméales peu marquées. Un seul tubercule et un seul piquant primaire sur chaque plaque ambulacraire et interambulacraire; tubercules et piquants secondaires bien développés sur les plaques interambulacraires; plaques ambulacraires à 5 paires de pores, exceptionnellement 4 ou 6. Piquants robustes et pointus; mâchoires des pédicellaires globuleux munies de dents latérales et d'une seule glande, pédoncule sans glande; pédicellaires tridactyles à mors longs et étroits, au bord crénelé (Fig. 7). Coloration : piquants violets, verts, olives, rougeâtres ou bruns; test nu vert, à périprocte violet (Tortonese & Vadon, 1987).

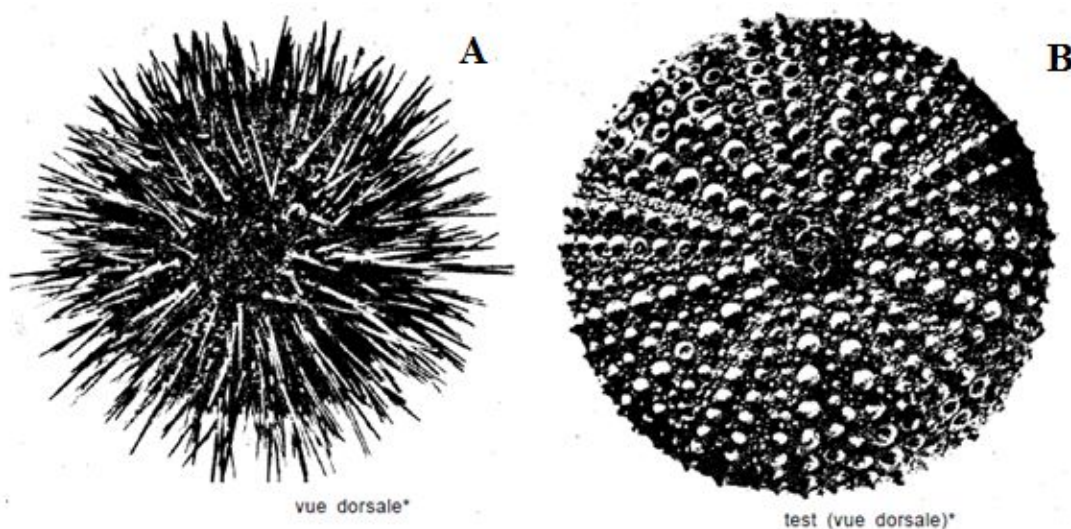


Figure 7: Vue dorsale d'un individu *P. lividus* (A) et de son test dépourvu de piquant (B) (Tortonese & Vadon, 1987).

b) *Arbacia lixula* :

Corps relativement déprimé ou subconique. Péristome très grand, membrane péristoméale nue; incisions péristoméales larges et peu profondes. Périprocte couvert de 4 ou 5 grandes plaques subtriangulaires. Tubercules primaires nombreux, généralement non perforés, disposés en plusieurs rangées sur les zones interambulacraires et en 2 rangées sur les zones ambulacraires; ces tubercules occupent toute la surface des zones interambulacraires (5 ou 6 sur chaque plaque dans la région équatoriale); les zones ambulacraires sont bien plus étroites et couvertes de petits tubercules, mais elles s'élargissent au voisinage du péristome; plaques ambulacraires à 3 paires de pores. Piquants primaires puissants et pointus, leur longueur supérieure à la moitié du diamètre du corps; sur la face inférieure (orale), leur extrémité tend à s'aplatir (**Fig. 8**), ils sont entièrement ou partiellement recouverts d'une couche corticale; piquants secondaires peu développés. Pédicellaires globuleux absents; pédicellaires tridactyles et ophiocéphales de tailles diverses. Coloration : noire, les piquants de la face inférieure (orale) souvent d'un brun clair. Test nu rose ou gris avec des lignes rouges marquant l'emplacement des pores. Petits Individus plus clairs, brunâtres (**Tortonese & Vadon, 1987**).

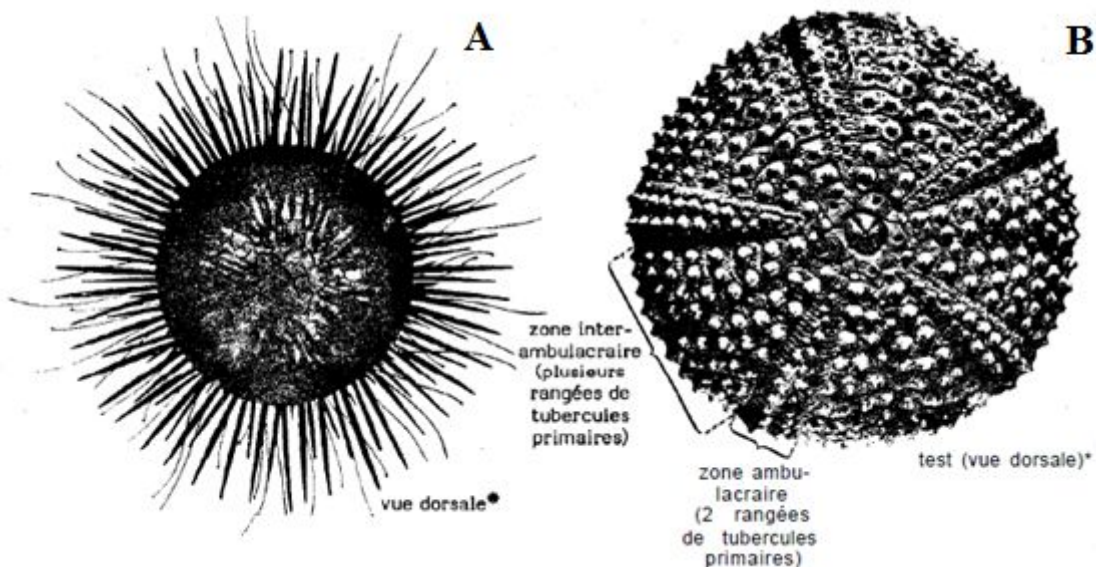


Figure 8: Vue dorsale d'un individu *A. lixula* (A) et de son test dépourvu de piquants (B) (**Tortonese & Vadon, 1987**).

III.3.2.1.2. Caractères généraux des deux espèces

Le test de ces oursins est formé de plaques calcaires juxtaposées plus ou moins soudées. On observe un grand polymorphisme du test : sphérique, hémisphérique, conique, discoïde... Le test est ouvert sur l'extérieur par 2 orifices : la bouche et l'anus (**Fig. 9**).

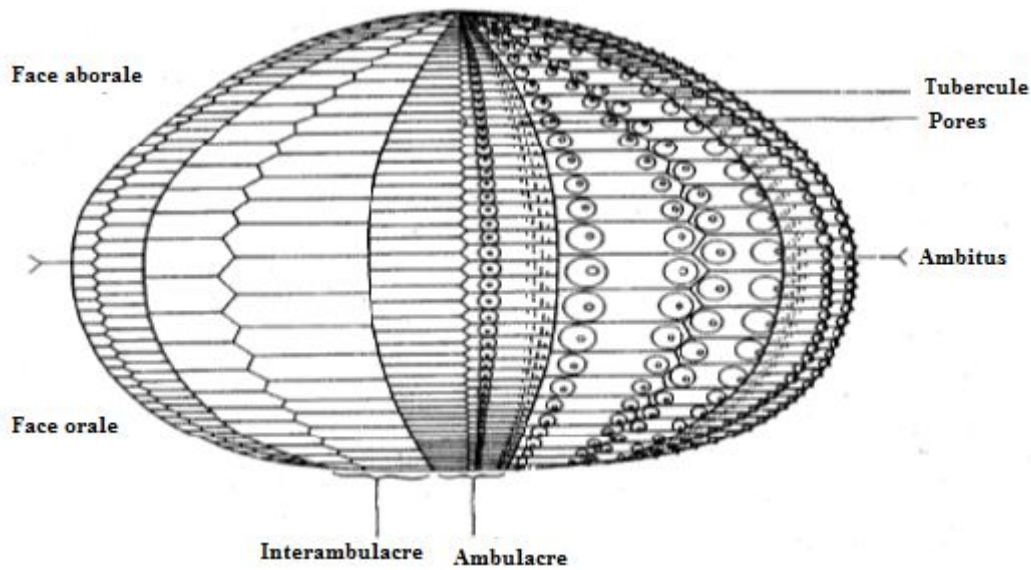


Figure 9 : L'organisation générale du test des oursins réguliers vue apicale aborale ou dorsale (Demnard-Tellier, 2001).

Le test est organisé en 2 ensembles de fuseaux méridiens de 2 colonnes de plaques chacun : 5 fuseaux ou aires ambulacraires, 5 fuseaux ou aires interambulacraires (Fig. 10) (Demnard-Tellier, 2001).

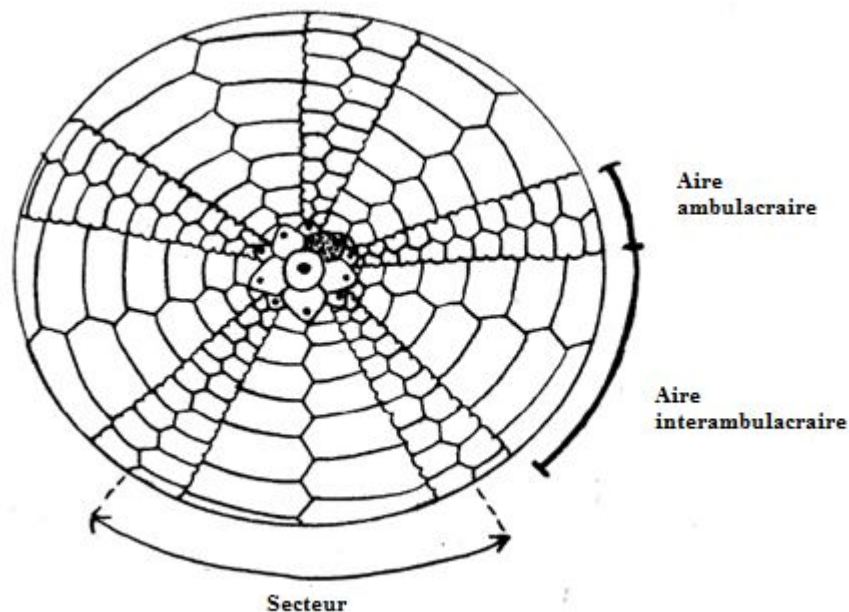


Figure 10 : Organisation générale du test des oursins réguliers. Vue latérale (d'après Clark & Rowe, 1971).

Les aires interambulacraires comportent des plaques moins nombreuses que sur les aires ambulacraires mais plus grandes, ainsi que des radioles, elles comportent également :

- Des plaques percées de petits orifices (pores) (**Fig. 11**), livrant passage à des expansions érectiles du système aquifère : les podias ;
- les radioles (voir ci-après) ;
- les podias (pieds) : petites tentacules ambulacraires ;
- les pédicellaires : petits appendices avec une pince préhensile (**Demnard-Tellier, 2001**).

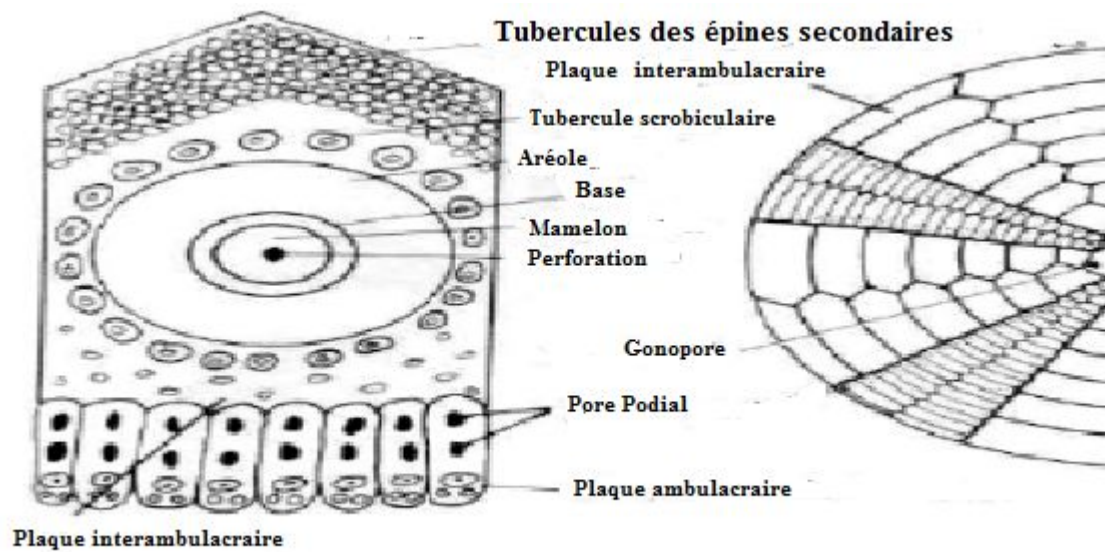


Figure 11 : Une grande plaque inter-ambulacraire accolée (d'après Hyman, 1959 in Meglitsch, 1967).

Le test est recouvert de productions squelettiques elles-mêmes très polymorphes : les radioles, ou piquants, en forme de bâtonnets (**Fig. 12**) (**Demnard-Tellier, 2001**).

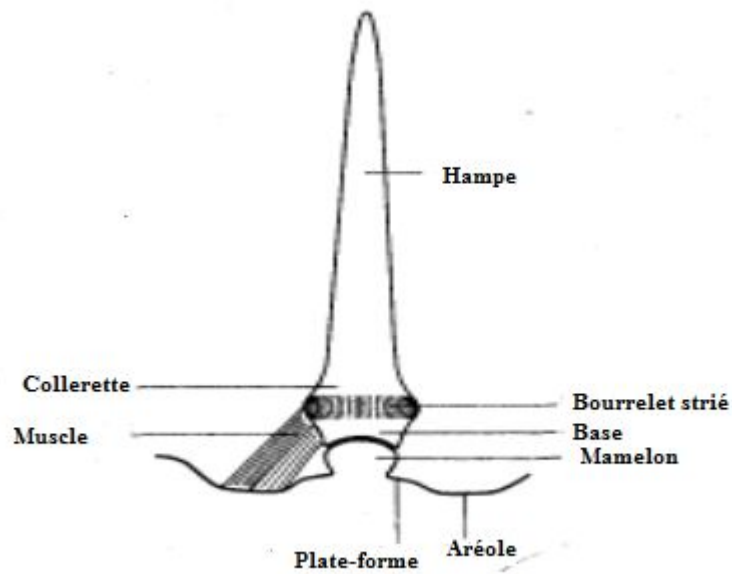


Figure 12 : Radiole sur son tubercule (d'après Melville et Durham, 1966).

Le Système apical est une rosette de 10 plaques (**Fig.13**) : 5 au bout des aires ambulacraires, percées d'un minuscule orifice où débouche un filet nerveux (plaques neurales) ; 5 grandes au bout des interambulacraires, percées d'un pore plus grand (plaques génitales). L'une de ces plaques est modifiée, c'est la madréporite, véritable filtre permettant à l'eau de mer de pénétrer dans le système aquifère.

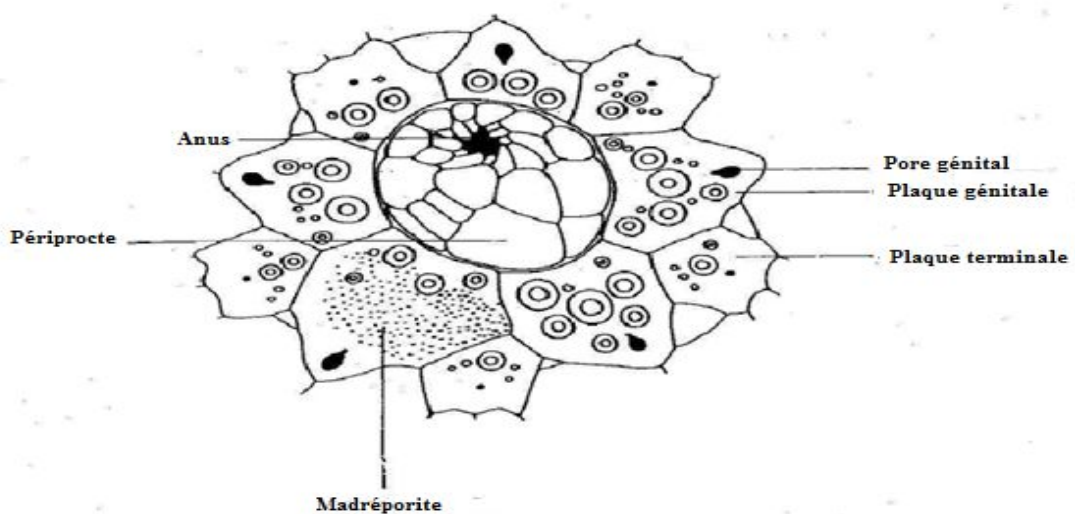


Figure 13 : le système apical (d'après Loven, 1874).

En observant la figure 14 on remarque la différence entre le périprocte du *Paracentrotus lividus* et celui d'*Arbacia lixula*, cette différence est utile pour l'identification des deux espèces *in situ*.

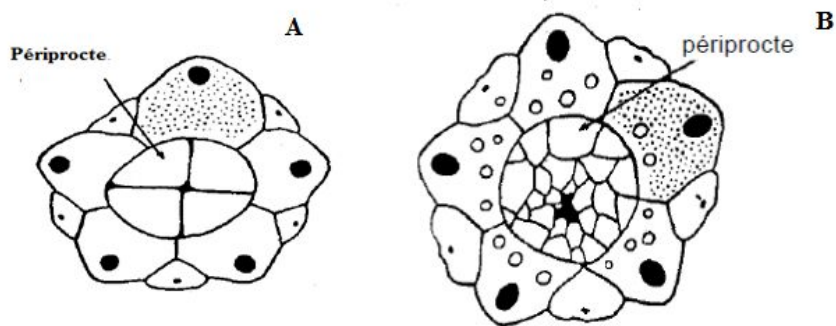


Figure 14 : Comparaison entre les périproctes des deux espèces. **A :** Périprocte d'*A. lixula*, **B :** périprocte de *P. lividus* (Demnard-Tellier, 2001).

Intérieurement, le tube digestif comprend la bouche au centre de la face inférieure du test, suivi de l'œsophage entouré d'un puissant appareil la lanterne d'Aristote formé de cinq ensembles complexes ou mâchoires. Chaque mâchoire comprend les dents, la rotule, le compas (Fig. 15) (Le Gall, 1987).

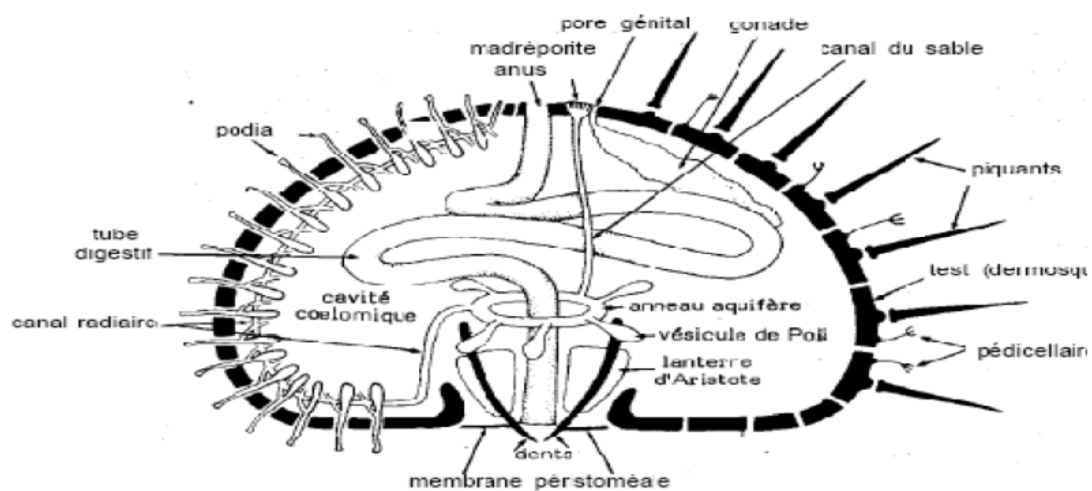


Figure 15 : Anatomie interne d'un oursin commun (Tortonese, 1965)

La lanterne d'Aristote est attachée au corps par des fibres conjonctives et des muscles sur les auricules (**Fig. 16**) (**Belkhedim, 2009**).

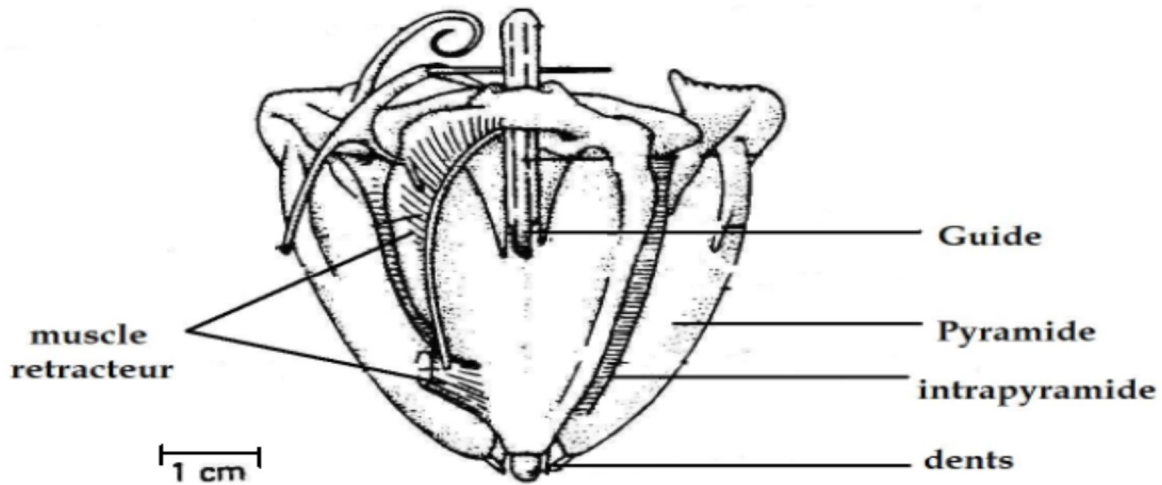


Figure 16 : Lanterne d'Aristote (**De Ridder & Jangoux, 1986**)

L'estomac doublé d'un siphon intestinal ou la digestion et l'absorption se font au niveau de l'intestin et se termine par un anus dorsal (**Beaumont & Cassier, 1978**) L'organe reproducteur est constitué de cinq gonades en position interradiaire chacune reliée à l'extérieur par un conduit génital qui traverse le test au niveau des plaques génitales qui entourent l'anus (**Boue & Chanton, 1978**).

Pour le *P.lividus* les mâles possèdent des gonades allongées qui émettent un liquide blanchâtre lorsqu'elles sont matures. Les femelles possèdent des gonades de couleur orange et émettent un liquide orangé (**Fig. 17**).

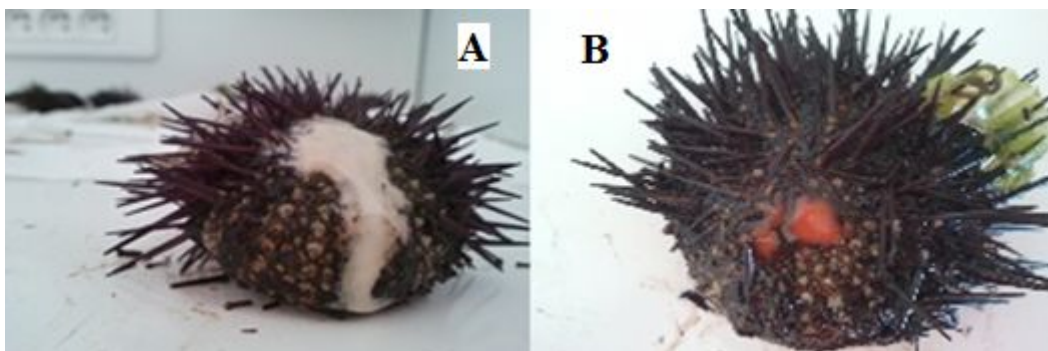


Figure 17 : Emission de gamètes chez le *Paracentrotus lividus* [male (A), femelle (B)].
(Photos prises par **Benbachir, 2017**).

L'identification du sexe chez l'*Arbacia lixula* est plus facile, les mâles possèdent des gonades allongées d'une couleur blanche à orangâtre qui émettent un liquide blanchâtre,

celles de la femelle ont une couleur rouge, et émettent un liquide d'une couleur pourpre (Fig.18).



Figure 18 : Emission de gamètes chez l'*Arbacia lixula* (Photos prises par Benbachir, 2017) [femelle (A), male (B)]

La vie des organismes pluricellulaires commence à la fécondation par l'union des cellules germinales. La fécondation est la fusion de deux gamètes haploïdes, femelle et mâle, donnant naissance à une cellule œuf diploïde (Collas et al., 1996). La fécondation s'effectue dans le milieu extérieur et sans accouplement.

III.3.2.2. Reproduction, habitat et intérêt économique

III.3.2.2.1. *Paracentrotus lividus*

P. lividus se rencontre surtout dans l'étage infralittoral entre 0 m et 30 m de profondeur (Mortensen, 1927). Il a été signalé jusqu'à -80 m (Tortonese, 1965 ; Munar & Moreno, 1987).

Il se trouve surtout dans des habitats de substrat dur (roche ou gravier avec peuplement d'algues photophiles) et dans l'herbier à *Posidonia oceanica*, par ailleurs, cet oursin a été signalé aussi sur des substrats meubles tels que le sable et les fonds détritiques (Zovodnik, 1987).

L'intensité de l'hydrodynamisme et l'action des surfaces sont des facteurs qui conditionnent la distribution de *Paracentrotus lividus* sur le substrat (Soualili et al., 2008).

L'oursin commun en Méditerranée se trouve sur substrat dur, généralement en groupe, associé à *Arbacia lixula* préférant les peuplements d'algues denses dont il se nourrit et souvent localisé dans les fissures et en dessous des blocs rocheux et les pentes douces (Kempf, 1962).

Dans les zones intertidales, *Paracentrotus lividus* vit souvent dans des cavités qu'il creuse lui-même dans les roches à l'aide de ses piquants et de ses dents (Verlaque & Nedelec, 1983) il se tient généralement entre les rhizomes de l'herbier à *Posidonia oceanica*

(Kempf, 1962 ; Semroud, 1993 ; Guettaf, 1997) et monte sur les feuilles la nuit (Kempf, 1962) et parfois le jour (Azzolina, 1988).

P. lividus est essentiellement herbivore mais dans certaines conditions, il peut être omnivore (Regis, 1979). On peut retrouver dans son contenu digestif une fraction animale constituée de Foraminifères, de Bryozoaires et de Spongiaires (Verlaque & Nedelec, 1983).

L'analyse des contenus digestifs de cet oursin suggère que c'est un brouteur opportuniste comme le sont de nombreux Echinoïdes réguliers (De Ridder & Jangoux, 1986). *Paracentratus lividus* consomme principalement des algues photophiles du genre *Padina pavonica*, *Cystoseira buliarica* (Regis, 1978). Il fait preuve d'une certaine sélectivité (Verlaque & Nedelec, 1983) dans l'herbier à Posidonies. 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 épiphyte chez les individus de plus 20 mm de diamètre sans les radioles (Verlaque & Nedelec, 1983), pour enfin, consommer préférentiellement la partie la plus épiphyte de la feuille (Traer, 1980 ; Verlaque & Nedelec, 1983).

P. lividus est gonochorique, les sexes sont séparés et le cycle de reproduction est annuel (Belkhedim, 2009).

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'abandonne de la nourriture (Byrne & Kim, 1990).

Différents auteurs ont montré une certaine homogénéité concernant ces périodes de ponte, car en général, la ponte a lieu deux fois par an en Méditerranée la première se déroulant à la fin du printemps alors que la seconde a lieu à la fin de l'été (Allain, 1975 ; Byrne & Kim, 1990 ; Guettaf, 1997). Mais la période de ponte d'une latitude à une autre, change. On parle d'une seule ponte chez l'oursin en Bretagne-Nord et Irlande qui débute en mars et se poursuit jusqu'à la mi-septembre (Fenaux, 1980)

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 (Guettaf, 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.

De plus, 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 ; Régis, 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**).

III.3.2.2.2. *Arbacia lixula* :

L'oursin noir *Arbacia lixula* (**Linnaeus, 1758**) est l'une des espèces d'échinidés les plus abondantes en méditerranée (**Benedetti-Cecchi et al., 1998 ; Palacín et al., 1998**). Malgré son importance écologique (**Bulleri et al., 1999 ; Guidetti & Dulcic, 2007 ; Bonaviri et al., 2011**), l'oursin noir a été moins étudié par rapport à son homologue atlantico-méditerranéen comestible le *Paracentrotus lividus*. Le cycle reproductif de ce dernier est désormais très bien connu (eg: **Fenaux, 1980 ; Byrne, 1990 ; Fernandez & Boudouresque, 1997 ; Sánchez-España et al., 2004**), cependant peu d'informations existent sur le cycle reproductif d'*A.lixula* (**Fenaux, 1980 ; Régis, 1979 ; Pedrotti, 1993**), bien que **Tavares (2004)** étudia sa biologie reproductive au Brésil.

En dépit du fait qu'elle a toujours été considérée comme une espèce typiquement méditerranéenne, *A.lixula* est surtout une espèce avec des affinités tropicales, qui a surement traversé la méditerranée durant le pléistocène supérieur, (**Wangensteen et al., 2012**). Elle est à présent distribuée tout au long des rives de l'atlantique tropical, incluant le Brésil, la côte africaine, les archipels micronésiens et la méditerranée, où elle connaît sa plus haute densité, environ 10 individus par m². *A.lixula* est omnivore avec des tendances carnivores (**Wangensteen et al., 2012**), et a le potentiel nécessaire pour influencer les zones à basse profondeur, son rôle dans la production et le maintien des zones stériles, est de plus en plus approuvé (**Guidetti & Dulcic, 2007 ; Bonaviri et al., 2011 ; Privitera et al., 2008**).

Cette espèce a déjà expérimenté une hausse en nombre de populations dans le passé (**Francour et al., 1994 ; Harmelin et al., 1995**) et des avertissements ont été publiés sur son impact futur sur la méditerranée, surtout si on considère la tendance en cours vers un réchauffement global (**Gianguzza et al., 2011 ; Privitera et al., 2008**).

La gamétogenèse chez les échinidés (**Walker et al., 2007**) implique l'accumulation de phagocytes nutritifs dans les gonades, suivie d'un transfert d'éléments nutritifs à partir de ces phagocytes aux gamètes en développement et le stockage des gamètes matures jusqu'à l'émission du liquide. Ce processus est considéré comme étant principalement réglementé par la photopériode (**McClintock & Watts, 1990**) ou la température (**Byrne, 1990 ; Zamora & Stotz, 1992 ; King et al., 1994**). Le cycle gamétogénique peut être suivi par des méthodes

histologiques ou par la mensuration de la croissance des gonades par rapport à la taille du corps [indice gonadosomatique (GSI)] .

Fenaux (1968) constata que la période de reproduction d'*A.lixula* atteint son pic entre mai-juin-juillet dans la Côte d'Azur. **Pedrotti (1993)** signala un pic majeur de l'abondance larvaire planctonique de cette espèce en octobre et novembre dans la même région, alors qu'un pic inférieur apparaît en juin. Les deux études ne couvraient qu'un cycle reproductif. Ainsi, des études à long terme manquaient, ce qui permettrait d'évaluer la variabilité interannuelle du comportement reproducteur d'*A.lixula* en Méditerranée (**Wangensteen, 2012**).

A.lixula est un oursin atlantico-méditerranéen particulièrement abondant en méditerranée, là où il est souvent rencontré à de faibles profondeurs et sur des surfaces rocheuses. Cette espèce n'est généralement pas ciblée car elle n'a aucune valeur commerciale, qui plus est, considérée comme une espèce « thermophile » en expansion suivant ainsi l'augmentation de température générale à la surface de la mer ,et spécialement en méditerranée (**Gianguzza et al., 2011**). Le choix d'habitat de l'oursin noir est apparemment en relation avec son comportement alimentaire. En effet, cette espèce est considérée comme étant omnivore et ce après qu'une analyse des contenus digestifs de plusieurs échantillons révéla la présence en d'une algue calcaire en grande fréquence dans le régime alimentaire de l'espèce. Cependant d'autres études ont affirmé que l'alimentation principale de l'oursin noir est représentée par la faune sessile associée avec des algues calcaire, incluant ainsi les invertébrés protégés par une coquille. Des quantités relativement importantes d'échinochromes à pigmentation rouge sont présentes dans les œufs de l'oursin noir. Ce composé coloré est également responsable de l'intense couleur violette des œufs de l'espèce. La coloration des œufs des oursins est le résultat de la déposition des caroténoïdes obtenus de son alimentation (**Tsushima & Matsuno, 1990**)

Les œufs des oursins sont ainsi une source potentielle pour une exploitation alimentaire et cosmétique, et l'oursin *A.lixula* pourrait bien s'avérer être une espèce prometteuse pour une exploitation industrielle **Tavares (2004)**.

III.3.2.3. Le développement embryonnaire :

Chez les oursins réguliers, une fois l'œuf fécondé, il subit de nombreuses transformations avant d'aboutir à l'échinoplutéus. Après s'être segmenté il devient une blastula ciliée qui mène une vie planctonique. Les éléments du pôle végétatif s'invaginent et forme l'Archentéron ; l'embryon devient progressivement une gastrula à l'allure prismatique, qui subit de profondes modifications internes et externes. Du point de vue externe la gastrula s'allonge et s'aplatit latéralement ; les cils qui la couvrent sont longs et forts. Autour de la bouche ils constituent une couronne péribuccale qui prolifère, forme des appendices en saillie près du corps. On arrive ainsi à l'échinoplutéus (**Fig. 19**).

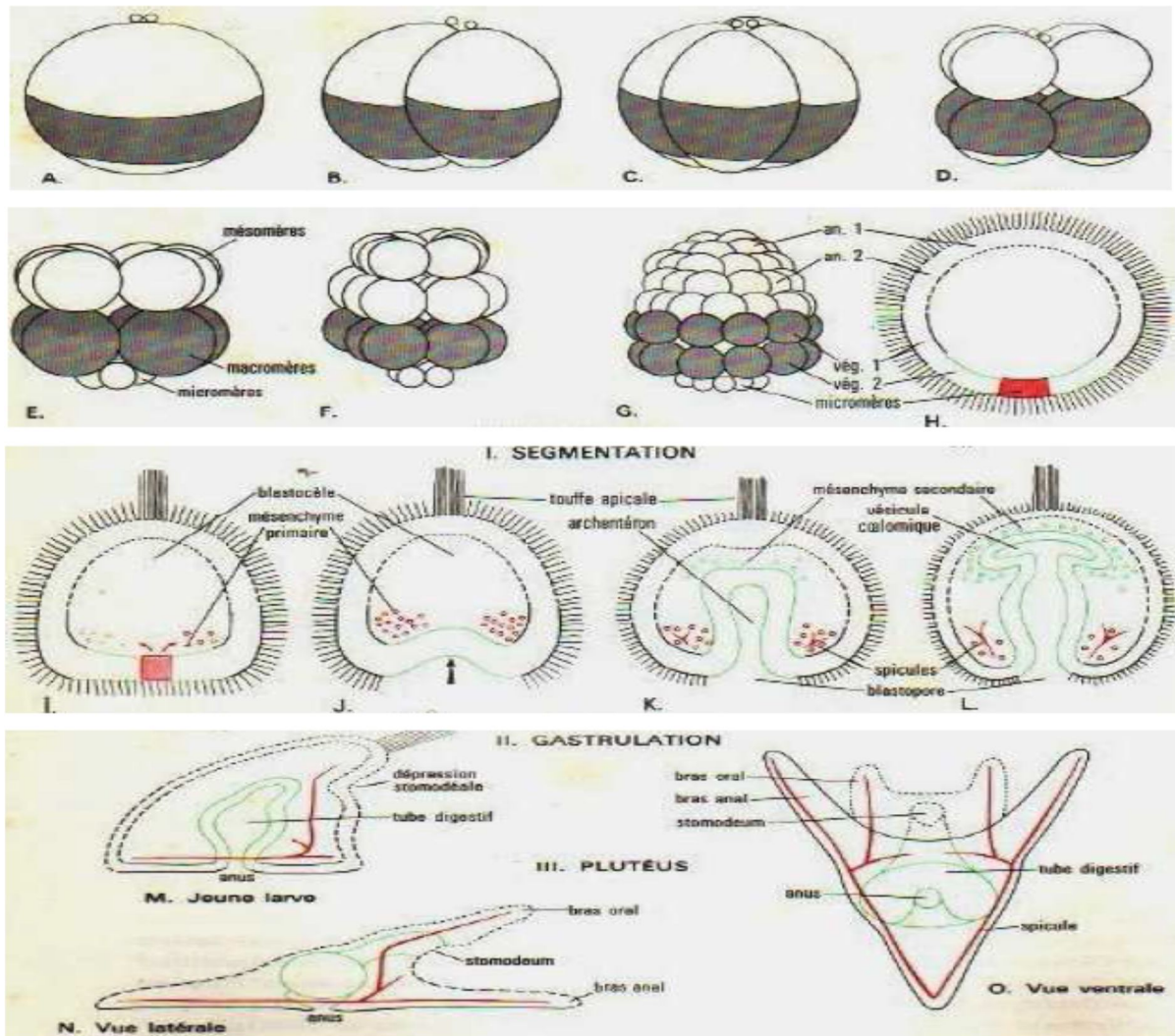


Figure 19 : Développement embryonnaire chez *Paracentrotus lividus* (d'après **Horstadius, 1939**)

Le pluteus diffère chez l'oursin d'une espèce à une autre, et le type d'échinopluteus le plus complexe est celui d'*Arbacia lixula* (**Fig. 20**) (**Fénaux, 1968**).

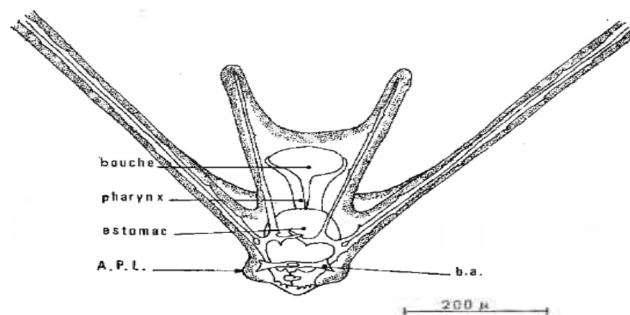


Figure 20 : Echinopluteus d'*Arbacia lixula* (d'après **Fénaux, 1968**)

Chapitre II : Matériel et méthodes

Dans ce chapitre nous allons citer et décrire toutes les étapes de la méthodologie suivie tout au long de notre étude, en commençant par décrire la zone d'étude et le matériel utilisé.

I. Description de la zone d'étude

I.1. Description de la côte de Mostaganem

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

- La vallée de Chellif à l'Est ;
- La vallée de la mina et les montagnes de Bel-Hacel au sud ;
- La Méditerranée au Nord ;
- La dépression de la Macta à l'Ouest.

I.1.1 Hydrodynamisme

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

Au fur et à mesure que ces eaux se déplacent vers l'Est, la veine de courant devient plus large environ 50Km de diamètre accompagné de phénomène d'Upwellings (**Millot, 1985b**). Ces Upwelling induisent des zones de plus fortes productivités biologiques (**Millot, 1987**).

Ces turbulences pénètrent dans les régions côtières et interfèrent avec la veine majeure du courant lui-même (**Millot, 1987**). Elles donnent naissance à des méandres tourbillons dans cette partie de la côte algérienne (**Benzohra & Millot, 1993**).

I.1.2. Climat

Lalami-Taleb (1970) montrent que les couches superficielles sont directement influençables par les températures externes en raison des échanges thermiques entre le milieu interne et l'air ambiant, elles varient entre 21°C et 27°C en moyenne. Les maximums de températures se situent au mois d'octobre, les températures minimales se situent au mois de février-mars. En profondeur, les températures sont plus basses et relativement stables, fluctuant entre 13°C et 14 °C en toute saison. **Korichi (1988)** estime qu'il existe principalement deux périodes :

- Une période froide entre novembre et mars avec une température de l'ordre de 15°C, et des précipitations moyennes de 89.49 mm.
- Une période chaude entre avril et octobre avec une température de 23°C et de faibles précipitations.

I.1.3. Salinité

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

I.1.4. Vents

Il existe dans la baie de Mostaganem deux types de vents (**Millot, 1985 in Korichi, 1988**) :

- des vents d'Ouest avec une vitesse de 2m/s dans une période comprise entre novembre et avril.
- des vents d'Est avec une vitesse moyenne supérieure à 2m/s pouvant aller jusqu'à 15
- à 20 m/s pendant 3 mois successifs entre les mois de mai et octobre.

Le mauvais temps est généralement apporté par les vents d'Ouest.

I.2. Description des zones d'échantillonnage

Nous avons basé notre étude sur l'étage infralittoral (zone infratidale) à substrat dur (**Fig. 21**). L'étage infralittoral débute un peu en dessous du niveau moyen de la mer, il s'étend vers le bas, en moyenne, jusqu'à vers 35m de profondeur cette limite inférieure varie suivant l'intensité de la pénétration de la lumière dans le milieu, elle-même fonction de la qualité de l'eau et de la topographie. Dans certaines zones où l'eau est très claire, elle peut descendre jusqu'à 40 m de profondeur, alors qu'elle peut être limitée à seulement quelques mètres dans les zones les plus turbides (**Thibaut et al., 2012**).



Figure 21 : La zone infratidale (flèche) dans laquelle nous avons effectué nos prélèvements (**Photo prise par Benbachir, 2017 dans la station Sidi Mejdoub**).

L'étage infralittoral (ou sublittoral) n'est quasiment jamais découvert. De ce fait les conditions de vie y sont les plus favorables à la diversification de la flore et de la faune. Au-delà (circalittoral) c'est la lumière qui devient le facteur limitant.

Les végétaux que l'on rencontre dans cette zone sont principalement en mode battu une algue brune, la cystoseire *Cystoseira stricta*, de couleur plutôt verte aux reflets iridescents et deux algues rouges coralligènes la coralline *Corallina elongata* et le lithophylle *Lithophyllum lichenoides*. En mode plus calme et plus ou moins pollué une autre algue rouge peut occuper tout l'espace, c'est le Harpon de Neptune *Asparagopsis armata*.

La biocénose de la roche infralittorale à algues photophiles regroupe tous les substrats durs infralittoraux recouverts par des peuplements extrêmement riches et variés d'algues photophiles en strates érigées et d'algues sciaphiles en sous-strate, dont le développement est généralement favorisé par une bonne disponibilité en lumière. Cet habitat héberge une biocénose d'une grande richesse et d'une extrême complexité.

On distingue deux horizons :

- un horizon supérieur, où l'intensité de la lumière et l'hydrodynamisme sont forts ;
- un horizon inférieur, où l'intensité de la lumière et l'hydrodynamisme sont atténués (Thibaut et al, 2012).

Comme nous l'avons mentionné dans le chapitre précédent l'oursin *P.lividus* tout comme *A.lixula* sont trouvés principalement dans les fonds à substrat dur (Kempf, 1962), ainsi ce type de substrat est généralement ciblé pour l'étude des deux espèces.

I.3. Choix des stations de prélèvement

Pour la collecte de nos échantillons nous avons choisi 3 stations au niveau de la wilaya de Mostaganem (Stidia, Salamandre et Sidi Mejdoub) (Fig. 22, 23, 24, 25, Tab. 1).



Figure 22 : La position géographique des trois sites choisis [C]



Figure 23 : Carte géographique de région de Stidia ainsi que la zone de prélèvement (flèche) [C]



Figure 24 : Carte géographique de la région de Salamandre ainsi que la zone de prélèvement (flèche) [C]



Figure 25: Carte géographique de la région de Sidi Mejdoub ainsi que la zone de prélèvement (flèche) [C].

Tableau 1 : Noms et coordonnées des trois stations de prélèvement avec leurs abréviations [C].

Abréviation de la station	Nom de la région	Coordonnées géographiques
ST	Stidia	35°49'57.7"N 0°00'57.4"W
SL	Salamandre	35°54'38.9"N 0°03'23.6"E
SM	Sidi Mejdoub	35°57'31.7"N 0°05'26.8"E

II. Méthodologie

II.1. Collecte des échantillons

La collecte des échantillons a été faite entre les mois de Janvier et de Juillet 2017 dans les stations antérieurement citées (Stidia, Salamandre et Sidi Mejdoub).

Afin de réaliser une étude comparative entre la morphométrie des oursins des faibles profondeurs et ceux qui habitent des profondeurs plus importantes nous avons divisé chaque station en deux étagements paraliques :

- L'étagement médiolittoral (A) (entre 0 et 1m de profondeur),
- l'étagement infralittoral (B) (à partir de 1m).

Les récoltes ont été faites à l'aide d'une fourchette en raison de la forte adhésion des oursins aux substrats. Pour l'infralittoral les prélèvements ont été réalisés en apnée. Les individus récoltés sont mis ensuite dans des porte-manger en plastique avec une quantité modérée d'eau de mer, ensuite ramenés au laboratoire (**Fig. 26**).



Figure 26 : Récolte des échantillons de l'étagement infralittoral. (Photo prise par Benbachir, 2007 dans la station de Salamandre)

II.2. Etiquetage des échantillons

L'étiquetage a été fait en deux parties, la première consiste à mettre des étiquettes sur les bacs avec les informations nécessaires dessus (Date, station, profondeur, espèce ...) l'étiquetage est important dans ce cas surtout quand ça nécessite plus d'une séance au laboratoire pour faire les mesures biométriques, ou quand nous faisons deux prélèvements dans deux sites différents durant le même jour.

La deuxième partie sera expliquée en détail dans la prochaine étape (traitement au laboratoire).

II.2.1. Traitement au laboratoire

Au laboratoire les échantillons sont nettoyés et arrangés par espèce sur la pailleuse (**Fig. 27**), avec un code numéroté pour chaque individu noté sur le logiciel Excel, un code que nous utiliserons ensuite dans l'étude statistique.



Figure 27 : Préparation des individus d'oursins échantillonnés sur la pailleuse (Photo prise par Benbachir, 2017)

Nous procédons ensuite au prélèvement des bouts de chair, qui sont mis après dans des microtubes contenant de l'éthanol (**Fig. 28A**). Chaque microtube est ensuite étiqueté avec le code de l'individu sur lequel on a fait le prélèvement. Les microtubes sont ensuite mis dans des portoirs à piluliers (**Fig. 28C**).

L'étiquetage des prélèvements des bouts de chairs est fait avec du papier calque sur lequel le code est écrit à l'aide d'un crayon carbone HB qui ne décolore pas dans l'alcool, le papier est ensuite mis à l'intérieur du tube (**Fig. 28B**), et pour plus de précision une étiquette externe est ajoutée. Le prélèvement des bouts de chairs est fait sur 10% des échantillons sinon plus par mesure de sécurité, l'objectif de ce prélèvement est de garder intact l'ADN des individus sur lesquels nous avons fait le prélèvement. Ces bouts de chair pourront ainsi faire l'objet d'une éventuelle étude phylogénétique.

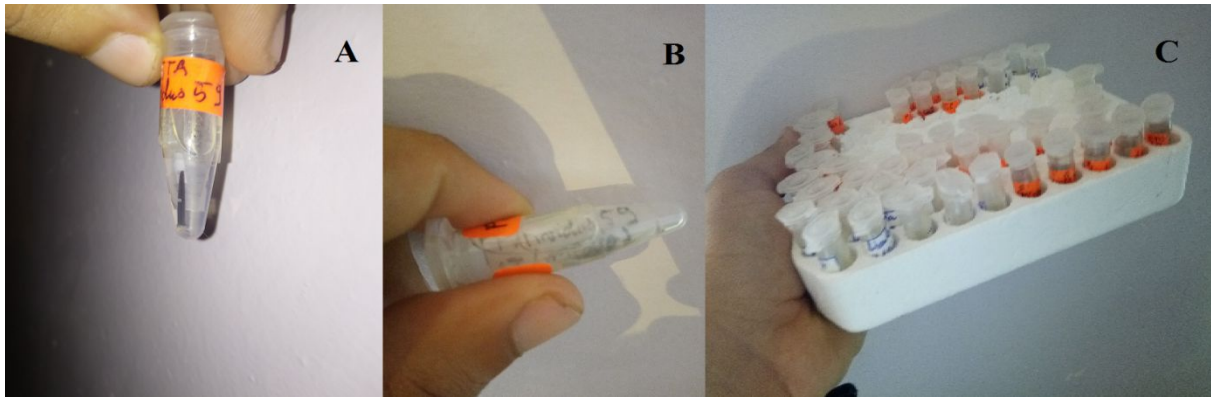


Figure 28 : Traitement des bouts de chairs. **A** : Misedu bout de chair dans le microtube rempli d'éthanol, **B** : Etiquetage, **C** : Mise des microtubes dans un portoir. (Photos prises par Benbachir, 2017).

Une fois les microtubes rangés, nous commençons à retirer les épines des oursins à l'aide d'une pince (**Fig. 29A**) ou des ciseaux arrondi/pointu en inox (**Fig. 29B**) pour ensuite pouvoir effectuer les mesures biométriques sur les tests des individus.



Figure 29 : Matériel utilisé afin de retirer les épines. **A** : Pince de laboratoire, **B** : ciseau arrondi/pointu.

Une fois les mesures terminées on prend en photo des côtés latéraux (**Fig. 30A**), dorsaux (**Fig. 30B**) et ventraux (**Fig. 30C**) de chaque individu à l'aide d'un appareil photo. Chaque individu doit être remis à sa place après chaque étape afin d'éviter les erreurs. Il est à signaler qu'il n'est pas nécessaire d'enlever toutes les épines de l'oursin si le test de ce dernier est bien arrondi.



Figure 30: Les différentes prises du test d'un *Paracentrotus lividus*. **A** : Face latérale, **B** : Face dorsale, **C** : Face ventrale. (Photos prises par Benbachir, 2017).

La dernière étape consiste à la détermination du sexe de tous les individus, pour cela il faut pratiquer une incision horizontale complète sur le test de l'oursin avec des ciseaux pointus en inox (**Fig. 31A**), pour ensuite l'ouvrir (**Fig. 31B**). Ensuite, nous déterminerons le sexe de chaque individu en suivant le principe expliqué dans le chapitre précédent.



Figure 31 : Incision du test à l'aide des ciseaux. **A** : Ciseaux pointu en inox, **B** : test d'un *Arbacia lixula* ouvert latéralement. (Photos prises par Benbachir, 2017).

II.3 Etude taxonomique

L'identification des deux espèces 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, verts olives, rougeâtres ou bruns son test nu vert, à périprocte violet. *Arbacia lixula* est de couleur noire, les piquants de la face inférieure (orale) souvent d'un brun clair. Son test nu est rose ou gris avec des lignes rouges marquant l'emplacement des pores (**Tortonese & Vadon, 1987**).

Dans le cas où l'éclairage nous fait défaut, nous procédons à la deuxième méthode. En effet, il est possible de reconnaître les deux espèces en comparant la forme du périprocte. A l'aide d'une loupe binoculaire, on peut remarquer que celui de *P.lividus* est fragmenté et composé de plusieurs plaques de différentes tailles et formes disposées anarchiquement, tandis que celui d'*A.lixula* est formé de 4 plaques triangulaires (rarement 5), disposées l'une à côté de l'autre formant ainsi les deux rayons du périprocte (**Fig. 32**).

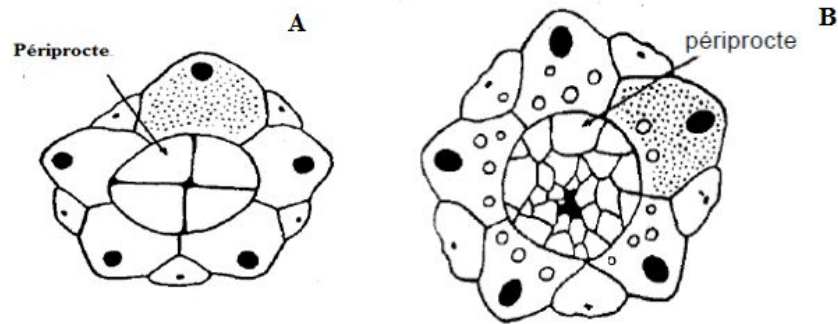


Figure 32 : Comparaison entre les périproctes des deux espèces. **A** : Périprocte d'*A. lixula*, **B** : périprocte de *P. lividus* (Demnard-Tellier, 2007).

II.4. Mesures biométriques

Après avoir retiré les épines nous pratiquerons les mesures biométriques à l'aide d'un pied à coulisse de précision 0.1mm (**Fig. 33**).



Figure 33 : Pied à coulisse utilisé. (Photos prises par Benbachir, 2017).

Notre étude biométrique est basée sur deux paramètres la hauteur « H » et la largeur « L » (**Fig. 34**). D'autres paramètres tels que la gibbosité (GIB) et la moyenne géométrique (MG) sont calculés suivant les équations :

$$\text{GIB} = H/L \text{ et } \text{MG} = \sqrt[3]{H \times (L \times 2)}$$

Les mensurations sont ensuite notées sur Excel avec le sexe pour chaque individu afin de réaliser les analyses statistiques citées juste après.



Figure 34 : Mensurations effectuées sur le test de l'oursin. **A** : Largeur, **B** : Hauteur. (Photos prises par Benbachir, 2017).

II.5. Traitement statistique des données

II.5.1. Statistique descriptive

Les données de la statistique descriptive tels que la moyenne arithmétique, l'écart-type ou encore le coefficient de corrélation ont été traitées par le programme **XLSTAT 2016**.

II.5.1.1. La moyenne arithmétique

La moyenne arithmétique est une valeur caractéristique ou représentative d'un ensemble, c'est un paramètre statistique de position car elle permet de préciser où se répartit une certaine fraction des observations; elle a aussi pour objectif de caractériser l'ordre de grandeur des observations (**Monfort, 1997**).

Pour une série brute le calcul de la moyenne est réalisé à partir de la formule suivante:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Sachant que :

X_i : valeur observée (taille d'individu)

n : nombre d'observation (effectif total d'individus échantillonnés)

II.5.1.2. L'écart-type

L'écart-type est une mesure de dispersion de données. Il est défini comme la racine carrée de la variance. Il sert à mesurer la dispersion d'un ensemble de données ; plus il est faible, plus les valeurs sont regroupées autour de la moyenne. L'écart type est aussi utilisé pour construire un intervalle de confiance attribuable à un échantillon (**Monfort, 1997**)

Sa formule mathématique est la suivante :

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Sachant que :

\bar{x} : moyenne des valeur observée

II.5.1.3. Le coefficient de corrélation

Calculer le coefficient de corrélation entre 2 variables numériques X et Y revient à chercher à résumer la liaison qui existe entre eux à l'aide d'une droite. On parle alors d'un ajustement linéaire (**Monfort, 1997**).

Le coefficient de corrélation est toujours compris entre 1 et -1:

Si $r > 0$ \longrightarrow X et Y varient dans le même sens

Si $r < 0$ \longrightarrow X et Y varient en sens inverse

Sa formule mathématique se résume comme suit :

$$r = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 \sum(Y - \bar{Y})^2}}$$

II.5.2. Analyse de variance (ANOVA), test-t et test-z

Les statistiques ANOVA complètes peuvent être calculées pour tous les effets principaux, interactions ou comparaisons planifiées entre 3 populations ou plus, et le programme peut calculer des tableaux de classification multiples (**Gourieroux & Monfort, 1989**).

Le test-t et le test-z sont dits paramétriques car ils supposent que les échantillons sont distribués suivant des lois normales. Cette hypothèse pourra être testée à l'aide des tests de normalité[C]. Ces deux tests sont utilisés afin de comparer entre seulement deux populations. On utilise le test-t pour une population à effectif inférieur à 30 individus et le test-z pour une population à effectif de 30 individus ou plus (normalité).

II.5.2.1 Test HSD de Tukey

Ce test post-hoc (ou test de comparaisons multiples) peut être utilisé pour déterminer les différences significatives entre les moyennes de groupes dans une analyse de variance (Winer et al., 1971).

II.5.3. Analyse des Composantes Principales (A.C.P)

L'A.C.P. prend en entrée plusieurs modules de données, le tableau de données est ainsi constitué de (n) individus caractérisés par (p) variable quantitatif (les données associées aux entités). Elle constitue donc une matrice composée de (n) lignes et (p) colonnes.

Le but du module d'A.C.P est de présenter l'information contenue dans ce tableau de dimension importante sous forme simplifiée. Le module va commencer par standardiser les données, c'est-à-dire les centrer et les réduire. Ensuite, il va constituer la matrice de corrélation entre les variables, puis trouver les vecteurs propres de cette matrice, ainsi que leur valeur propre associée. Il va alors calculer les coordonnées des individus et des variables sur ces vecteurs (pour la représentation graphique), ainsi que les autres paramètres. Les vecteurs propres, sont déterminés de façon à rendre compte le mieux possible de la dispersion des données présentes dans la matrice (Escofier & Pagès, 2008).

Chapitre III :
Résultats et discussion

Dans ce chapitre nous présenterons d'abord le nombre des individus prélevés sur chaque station, puis nous allons passer aux résultats des différents tests et analyses appliqués sur les échantillons, que nous allons exposer puis discuter dans la deuxième partie de ce chapitre.

I. Résultats

I.1. Taxonomie des espèces étudiées

L'identification des deux espèces s'est faite sur la base des critères morphologiques cités précédemment (Chapitre 1) en prenant en considération la forme du périprocte (**Fig. 35**). Le nombre total des échantillons est de 327 (191 de *P. lividus* et 136 de *A. lixula*) répartis à travers 3 stations (**Tab. 2**).

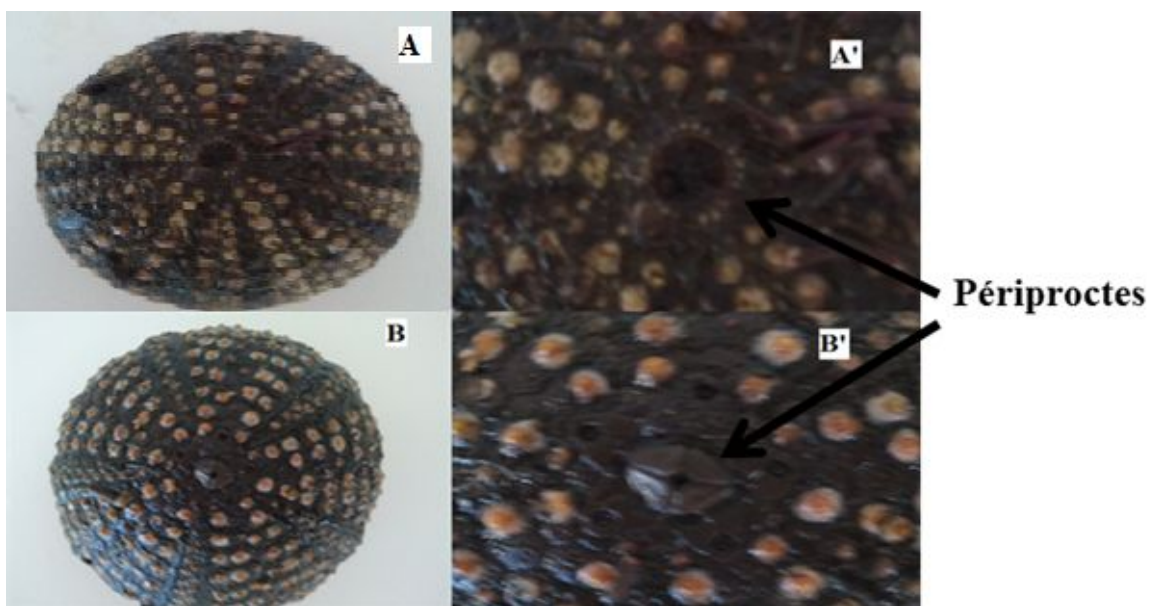


Figure 35 : Photos montrant la face dorsale du test d'un individu de chaque espèce, où on peut voir la forme du périprocte des deux espèces *P.lividus* (A, A') et *A.lixula* (B, B') (Photos prises par Benbachir, 2017)

Tableau 2 : Nombre d'individus des deux espèces échantillonnés au niveau des stations d'étude. (M : mâle, F : femelle).

Station	Etagement	Sexe	Espèce	Nombre
Stidia	A	M	<i>P.lividus</i>	7
			<i>A.lixula</i>	20
		F	<i>P.lividus</i>	59
			<i>A.lixula</i>	13
	B	M	<i>P.lividus</i>	12
			<i>A.lixula</i>	2
		F	<i>P.lividus</i>	21
			<i>A.lixula</i>	2

Salamandre	A	M	<i>P.lividus</i>	7
			<i>A.lixula</i>	16
		F	<i>P.lividus</i>	26
			<i>A.lixula</i>	18
	B	M	<i>P.lividus</i>	12
			<i>A.lixula</i>	10
		F	<i>P.lividus</i>	20
			<i>A.lixula</i>	21
Sidi Mejdoub	A	M	<i>P.lividus</i>	2
			<i>A.lixula</i>	2
		F	<i>P.lividus</i>	8
			<i>A.lixula</i>	0
	B	M	<i>P.lividus</i>	4
			<i>A.lixula</i>	17
		F	<i>P.lividus</i>	13
			<i>A.lixula</i>	15

On remarque dans le **tableau 2**, que le nombre des femelles est à chaque fois supérieur à celui des mâles chez le *P.lividus* (44 pour les mâles et 147 pour les femelles), chez l'*A.lixula* le nombre des deux sexes est plus ou moins égal (67 pour les mâles et 69 pour les femelles).

I.2. Etude morphométrique

I.2.1. Corrélation Hauteur/Largeur

Le nuage de points (**Fig. 36**), nous permet de constater qu'il y a une bonne corrélation significative entre la largeur (L) et la hauteur (H) chez les deux espèces *P. lividus* ($r=0.82$, $p<0.05$) et *A. lixula* ($r=0.83$, $p<0.05$) de notre échantillon.

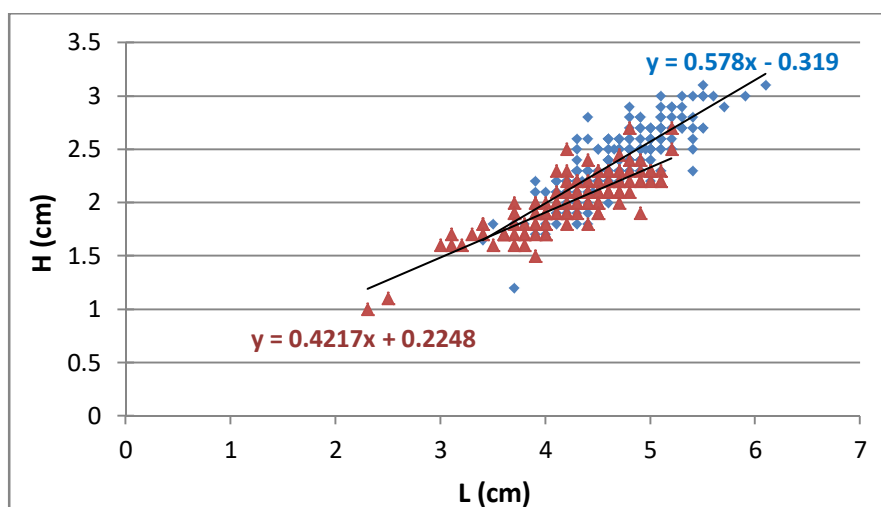


Figure 36 : Régression linéaire entre les deux paramètres largeur (L) et la hauteur (H) de tous les individus échantillonnés et mesurés de *P. lividus* (en bleu) et *A. lixula* (en rouge).

I.2.2. Etude statistique

I.2.2.1. Effet de différence d'étagement:

Le test-z nous permet de constater s'il y a ou non un effet de différence des deux étagements sur la variable gibbosité (GIB). Les résultats de ce test pour chaque espèce au niveau de chaque station sont mentionnés dans le **tableau 3**.

Tableau 3 : Résultat du test-z et moyennes arithmétique des gibbosités des deux espèces par étagement dans chaque station.

Stations	Espèces	Etagements	Moyennes GIB	P-value
Stidia	<i>P.lividus</i>	A	0.523±0.035	*
		B	0.507±0.035	
	<i>A.lixula</i>	A	0.439±0.043	NS
		B	0.472±0.028	
Salamandre	<i>P.lividus</i>	A	0.486±0.051	NS
		B	0.523±0.026	
	<i>A.lixula</i>	A	0.469±0.033	NS
		B	0.472±0.028	
Sidi Mejdoub	<i>P.lividus</i>	A	0.498±0.032	NS
		B	0.493±0.042	
	<i>A.lixula</i>	A	0.466±0.016	*
		B	0.468±0.029	

Nous pouvons remarquer sur le tableau 3 que l'effet de différence d'étagement sur la variable GIB n'est significatif que sur le groupe d'individu de *P. lividus* de Stidia et le groupe d'individu d'*A. lixula*.

I.2.2.2. Effet d'éloignement entre les différentes stations d'échantillonnage:

L'ANOVA nous permet de conclure si l'éloignement entre les stations peut avoir un effet sur la gibbosité moyenne des groupes d'individus d'oursins échantillonnés au niveau de chaque station. Ces moyennes sont mentionnées sur le **tableau 4**.

Tableau 4 : Les moyennes de gibbosité des deux espèces par station.

	Stidia	Salamandre	Sidi Mejdoub
<i>P.lividus</i>	0.517	0.504	0.495
<i>A.lixula</i>	0.491	0.470	0.467

Le résultat de l'ANOVA pour chaque espèce montre qu'il y a un effet d'éloignement des stations sur la variable GIB au sein de chaque espèce (**Tab. 5, 6**).

Tableau 5 : Résultat de l'ANOVA de la variable (GIB) sur l'espèce *P. lividus*.

Source	DDL	Somme des carrés des écarts	Moyenne des carrés des écarts	F	P-Value
Modèle	2	0.013	0.006	4.286	0.015
Erreur	188	0.285	0.002		
Total corrigé	190	0.298			

Tableau 6 : Résultat de l'ANOVA sur la variable (GIB) de l'*A. lixula*.

Source	DDL	Somme des carrés des écarts	Moyenne des carrés des écarts	F	P-Value
Modèle	2	0.013	0.006	5.643	0.004
Erreur	133	0.150	0.001		
Total corrigé	135	0.163			

I.2.2.2.1 Test à posteriori

Le test à posteriori HSD de Tukey nous permet de comparer l'effet de l'éloignement par paire de station chaque espèce mise à part. Les résultats de ce test sont présentés sur les **tableaux 7 et 8**.

Tableau 7 : Résultat du test HSD de Tukey pour *P. lividus*.

Contraste	P-Value	Significatif
ST vs SM	0.030	Oui
ST vs SL	0.108	Non
SL vs SM	0.538	Non

Nous observons dans le **tableau 7** qu'il y a un effet significatif entre les individus de *P. lividus* de Stidia et de Sidi Mejdoub, cependant il n'existe pas d'effet significatif quand on compare Stidia avec Salamandre et Salamandre avec Sidi el Mejdoub.

Tableau 8 : Résultat du test HSD de Tukey pour *A. lixula*.

Contraste	P-Value	Significatif
ST vs SM	0.011	Oui
ST vs SL	0.009	Oui
SL vs SM	0.924	Non

Nous observons dans le **tableau 8** qu'il y a un effet significatif quand on compare les échantillons d'*A. lixula* de Stidia avec ceux de Sidi Mejdoub et ceux de Stidia avec ceux de Salamandre ; par contre il n'y a pas d'effet significatif entre les individus de Salamandre et ceux de Sidi Mejdoub.

I.2.3. Analyse en composantes principales « ACP »

Pour chaque espèce, nous avons réalisé une ACP en se basant sur les 4 variables quantitatives (hauteur, largeur, gibbosité et moyenne géométrique) calculées sur les individus de chaque étage (A et B) et au niveau de chaque station, soit 6 groupe d'individus. Afin d'avoir une répartition plus claire du nuage de point de l'ACP des individus nous avons utilisé les moyennes de chaque groupe d'individus (**Fig. 37, 38**).

Pour *P. lividus* nous avons choisi les deux premiers axes (F1 et F2), sur lesquels est projeté 99.94% de l'information.

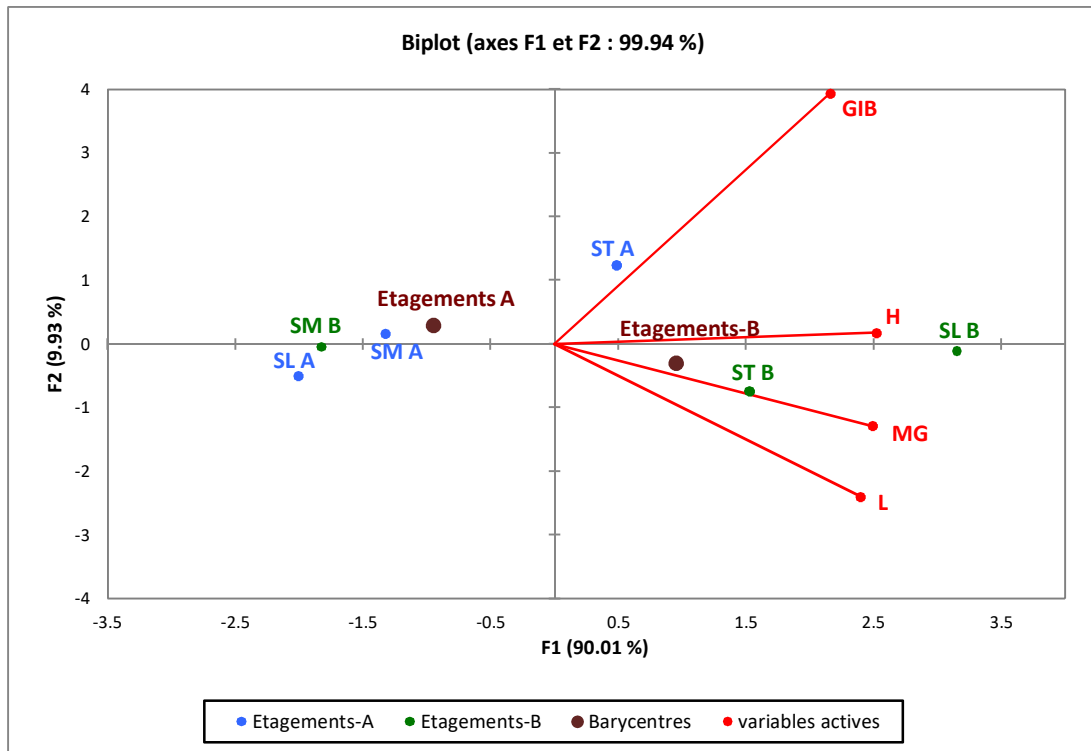


Figure 37 : ACP des individus de *P. lividus* et des variables quantitatives (H, L, GIB et MG) projetée sur les deux axes F1 et F2.

Dans la **figure 37** nous pouvons observer que le paramètre GIB sur lequel nous basons notre étude est plus projeté sur l'axe F2 qui donne une information sur le type de forme des tests des oursins prélevés (Gibbeux ou aplati), l'axe F1 nous donne plus d'information sur la taille du test, la hauteur est ainsi le paramètre le mieux projeté sur cet axe.

Nous observons également que les individus de l'étagement A de *Stidia* sont les plus gibbeux. Par ailleurs, ceux de l'étagement infra du même site sont les plus aplatis. Nous pouvons remarquer que les individus de l'étagement B de salamandre représentent quant à eux les plus grandes hauteurs

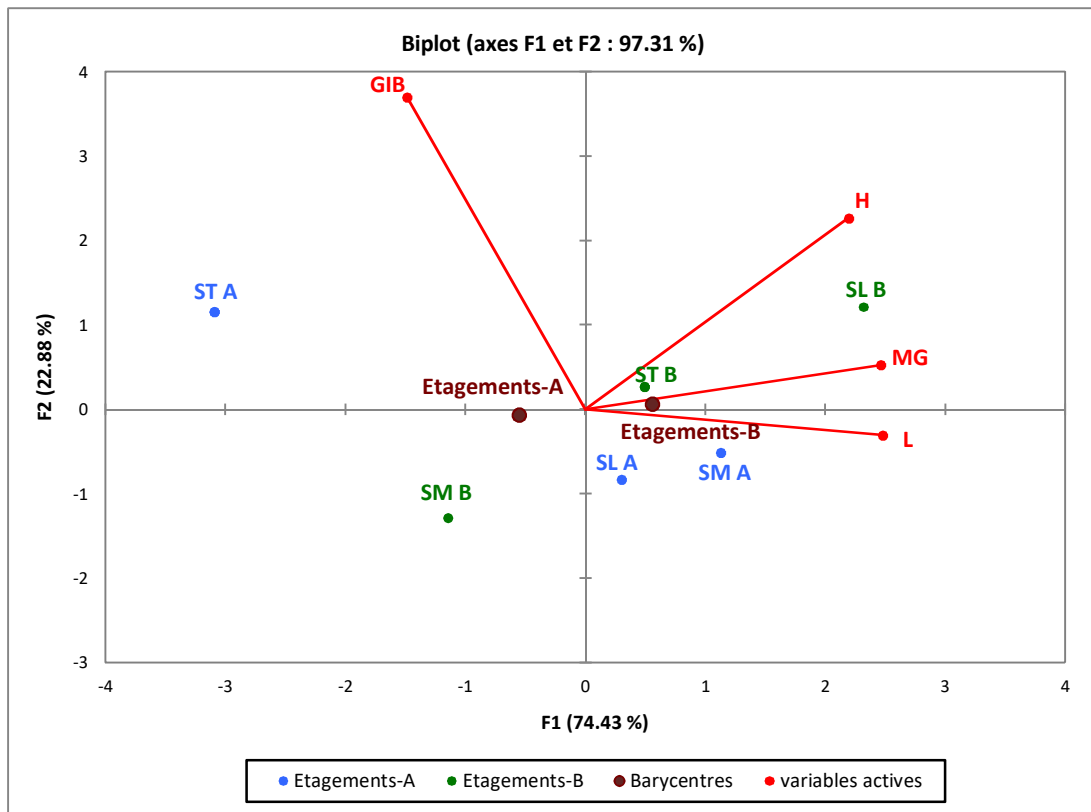


Figure 38 : ACP des individus d'*A. lixula* et des variables quantitatives (H, L, GIB et MG) projetée sur les deux axes F1 et F2.

Pour *A. lixula*, nous avons choisi les deux premiers axes (F1 et F2), sur lesquels est projeté 97.31% de l'information.

L'axe F2 contient un pourcentage important de l'information (22.88%), et sur lequel le paramètre GIB est le mieux projeté de toutes les autres variables, la largeur est le paramètre le plus projeté sur le premier axe qui contient le grand pourcentage d'information, et comparé au graphe de la figure 40, le paramètre de la hauteur présente une projection important sur le deuxième axe.

Les individus de l'étagement A de *Stidia* sont les plus gibbeuses également pour *A. lixula*, les individus de l'étagement B de *Salamandre* présentent les plus grandes hauteurs.

II. Discussion

II.1. Corrélation

L'étude corrélative nous a montrée qu'il y a une relation très étroite entre la hauteur (H) et la longueur (L) chez *P. lividus* et *A. lixula* avec des valeurs de $r = (0.82 ; 0.83)$ respectivement. Ceci montre que l'on pourrait calculer H en fonction de L. De plus, le paramètre GIB pourrait avoir des valeurs plus ou moins stables nous permettant de l'utiliser afin d'avoir une idée sur l'aspect qualitatif des tests des oursins étudiés.

II.2. Effet d'étagement

II.2.1. Stidia

- a) *P. lividus* : le test-z est significatif, ce qui veut dire qu'il y a une différence entre les moyennes de GIB des individus des deux étagements (A et B). Cette différence est peut-être due à la présence d'une barrière rocheuse au point d'échantillonnage qui sépare les deux étagements (**Fig. 42**), cette barrière aurait pu faire objet d'obstacle pour les migrations des individus vers des profondeurs plus importantes, ce qui offre un parfait exemple d'une barrière écologique et nous pousse à penser à une possible spéciation parapatrique.
- b) *A. lixula* : Le test-z n'est pas significatif, ce qui peut être expliqué par le nombre restreint des individus de l'étagement infra. Il est également à signaler que nous avons observé une diminution considérable des effectifs d'*A. lixula* à des profondeurs supérieures à 3m.

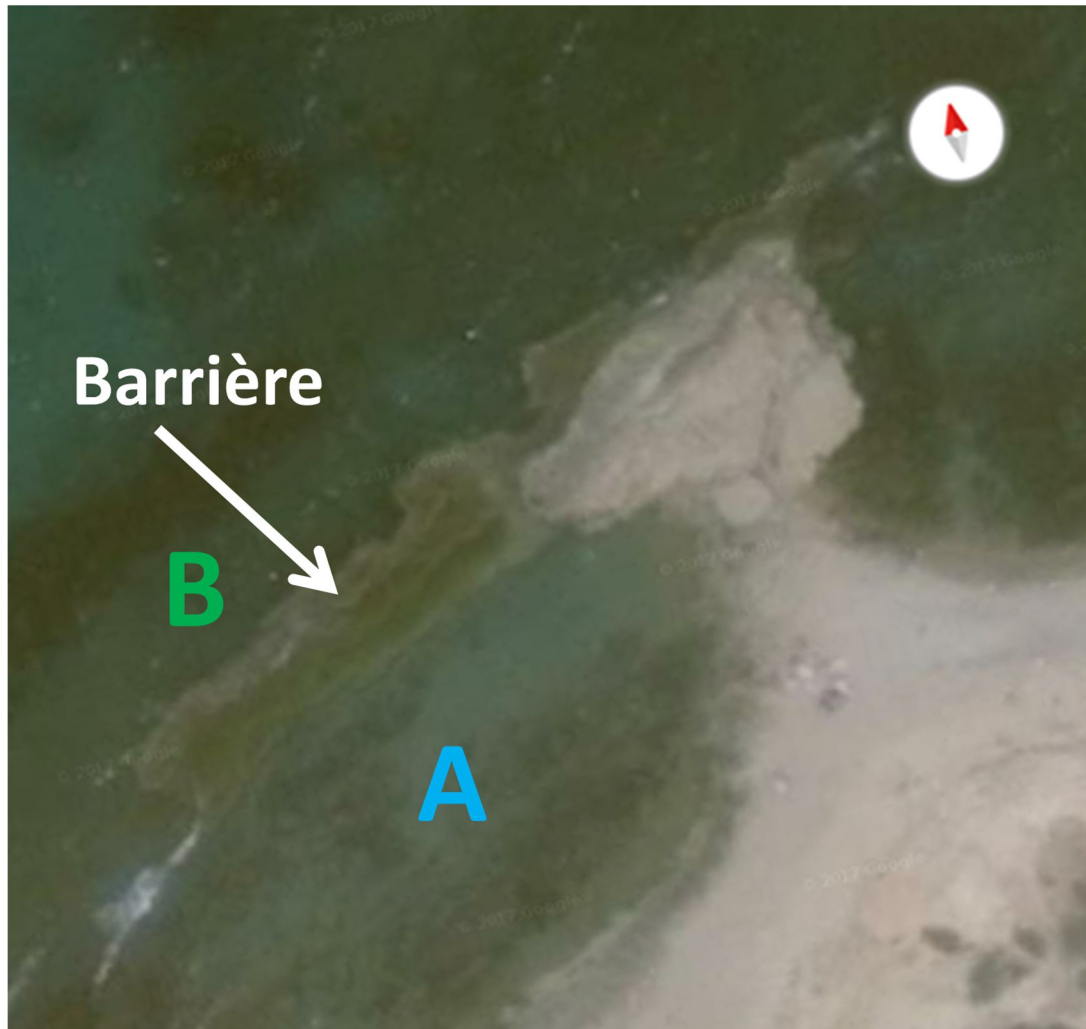


Figure 39 : Carte géographique montrant la barrière écologique dans la station de Stidia séparant les deux étagements A et B [C]

II.2.2. Salamandre

- a) *P. lividus* : Le test-z n'est pas significatif, il n'y a donc pas de différence entre les individus des deux étagements. Il faut tout de même signaler que l'échantillonnage de l'étage (A) a été fait dans une zone différente de celle où l'échantillonnage de l'étage (B) a été fait.
- b) *A. lixula* : Pas de différence entre les deux étagements si on se réfère au test-z, cela est peut-être dû à l'absence de barrière écologie, car contrairement au *P. lividus* l'échantillonnage des individus d'*A. lixula* des deux étagements a été pratiqué dans la même zone, où seule la profondeur sépare les deux populations. Les effectifs d'*A. lixula* sont généralement inférieures à ceux de *P. lividus*, ce qui laisse à penser que les lignées de *A. lixula* soient très proches possédant les même caractéristiques morphologiques.

II.2.3. Sidi Mejdoub

- a) *P. lividus* : Dans ce cas aussi il n'y a pas d'effet significatif inter-étagement puisque le test-z donne aussi un résultat non-significatif. On peut néanmoins observer que la moyenne de la gibbosité de la population de l'étagement A (0.498 ± 0.032) est supérieure à celle de l'étagement B (0.493 ± 0.042). La distance entre les deux zones d'échantillonnage aurait bien pu jouer un rôle dans cette légère différence. Il aurait été plus intéressant de faire un prélèvement à des profondeurs beaucoup plus importantes au niveau de l'étagement B.
- b) *A. lixula* : Contrairement à Stidia, les profondeurs de Sidi Mejdoub sont peuplées d'*A. lixula* en nombre considérable d'après notre observation, nous avons également observé un effectif très restreint de cette espèce au niveau de l'étagement A entre le mois de mars et le mois de juin, on pourrait supposer une migration verticale, vers des profondeurs plus importantes.

II.3. Effet éloignement

L'éloignement géographique est un facteur important pour une spéciation allopatrique, pour notre cas, l'ANOVA nous a confirmé l'existence d'un effet d'éloignement entre les stations sur la gibbosité des oursins.

Le test à posteriori HSD de Tukey nous précise la différence qui existe entre les stations dans notre étude.

- a) *P. lividus* : La population de Stidia semble différente de celle de Sidi Mejdoub, ce qui est sûrement dû à l'éloignement entre les deux sites, par contre l'éloignement entre Stidia et Salamandre et entre Salamandre et Sidi Mesjdoub ne semble pas avoir un effet sur la différence de moyenne de GIB (**Tab. 7**). Ce phénomène pourrait être expliqué par le fait que la zone de Salamandre soit au milieu des deux

autres stations et qu'elle pourrait faire alors objet d'une station intermédiaire suivant la direction des courants marins qui crée un brassage progressif des populations allant de Sidi Mejdoub vers Stidia. Rabah (2015), dans son étude sur la phylogénie de l'espèce *Patella rustica* en prenant comme zone d'étude les mêmes stations que le présent travail, a montré qu'il y a eu, en effet, une continuité de parenté morphologique depuis Sidi Mejdoub jusqu'à Stidia.

- b) *A. lixula* : On observe une différence considérable entre la moyenne de GIB de la population de Stidia et la moyenne de GIB des deux autres populations. Cependant, pour ces dernières il ne semble pas y avoir de différences considérables au niveau de leur moyenne du paramètre GIB. Comme nous l'avons signalé plus, le fait que *A. lixula* n'est pas retrouvée en grand nombre, il semblerait que cette espèce puisse provenir de lignées très proches. Ce qui pourrait donner un aspect morphologique similaire des deux stations proches (Salamandre et Sidi Mejdoub) par un effet de parenté assez marqué les éloignant morphologiquement des individus de Stidia situés à une distance beaucoup plus importante (Fig. 21).

II.4. Analyse en composantes principales « ACP »

- a) *P. lividus* : Pour Stidia, l'ACP confirme les résultats du test-z sur la différence entre les populations des deux étagements, la population de l'étagement A de Stidia est la plus gibbeuse, contrairement à celle de l'étagement B du même site. La présence d'une barrière écologique a sûrement séparé les deux populations de cette espèce. Cela pourrait bien être l'exemple typique d'une spéciation parapatrique. Le test-z ne signale aucune différence significative entre les populations des deux profondeurs de la station de Salamandre, néanmoins on observe que la population de l'étagement B présente les plus grandes hauteurs, ce qui peut être expliqué par l'absence de barrière contrairement à Stidia, l'éloignement entre les deux populations aurait bien pu perturber l'analyse. A Sidi el Mejdoub, on observe une légère différence non-significative entre les deux populations, avec une gibbosité supérieure chez celle de l'étage A. L'absence d'une barrière écologique pourrait bien en être la cause, car cela permettrait aux individus de se déplacer entre étagement, du coup le temps que pourrait passer un oursin dans une profondeur donnée n'est pas suffisant pour être affecté par la pression hydrostatique.
- b) *A. lixula* : Les résultats sont très similaires par rapport à l'oursin livide, les populations de Stidia nous offrent encore un parfait exemple d'allopatricie, à Salamandre les conditions différentes des deux populations, auraient bien pu affecter nos tests (les populations des deux étagements sont prélevées à des zones légèrement distantes). A Sidi Mejdoub, le nombre restreint de l'effectif de cette espèce à l'étagement A nous empêche de conclure malgré le résultat significatif du test-z, néanmoins on peut remarquer que la population de l'étagement B présente des valeurs basses de gibbosité.

Conclusion

Conclusion

L'objectif de notre étude est de savoir si les facteurs « Différence d'étagement » et « Eloignement géographique », pourraient avoir un effet sur la morphologie de l'oursin. Le fait d'avoir observé que certains individus de même volume moyen étaient plus ou moins aplatis que d'autres, nous a poussé à se poser la question sur la possible présence d'une spéciation.

Notre travail s'est basé sur la morphométrie de deux espèces d'oursins réguliers, l'oursin livide *Paracentrotus lividus* (Lamarck 1816) et l'oursin noir *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758). Ces deux espèces assez communes de la cote de Mostaganem fréquentent généralement les mêmes zones. L'oursin livide est connu pour sa forme légèrement déprimée, sa couleur allant du violet jusqu'au vert et son périprocte fragmenté, l'oursin noir quant à lui possède une coloration noire, une forme sub-conique et un périprocte divisé en 4 partie (rarement 5).

La différence d'étagement a eu un effet particulier sur la disparité morphologique entre la population de *P. lividus* du médiolittoral et celle de l'infralittoral au niveau de la station de Stidia. L'existence d'une barrière rocheuse entre les deux étagements a sûrement joué un rôle dans cette disparité morphologique et son absence des deux autres stations a dû diminuer la significativité de la différence qui existe entre les deux populations des deux étagements.

L'éloignement géographique entre les stations a quant à lui, joué un rôle important dans notre étude, on remarque en effet que la distance qui sépare Sidi Mejdoub et Stidia selon le test à posteriori fait que les deux populations de *P. lividus* de ces deux stations possèdent des individus aux caractéristiques morphologiques différentes. Cependant, la population de *P. lividus* de Salamandre, qui se trouve géographiquement entre Stidia et Sidi Mejdoub, semble être une population d'individus aux caractères morphologiques intermédiaire aux populations des deux autres stations. Pour *A. lixula* la population de Stidia semble être très différente des deux autres, l'effectif naturellement diminué de l'oursin noir par rapport à l'oursin livide a sûrement minimisé les possibilités d'un déplacement larvaire important au gré des courants depuis les autres stations vers Stidia.

Nous avons pu conclure à la fin de ce travail qu'une étude morphométrique sur les oursins réguliers nécessite un nombre important d'échantillons. Pour étudier l'effet de l'étagement, il est important de faire des prélèvements sur des profondeurs plus importantes que 3 ou 4m, sans oublier de prendre en compte le temps de fixation des individus dans une même zone, des études phylogéniques supplémentaires renforceraient encore plus les résultats, et nous permettraient de tirer de bien meilleures conclusions.

Références
Bibliographiques

A

AGNETTA, D., BONAVERI, C., BADALAMENTI, F., SCIANNA, C., VIZZINI, S., et GIANGUZZA, P. (2013). *Functional traits of two co-occurring sea urchins across a barren/forest patch system. Journal of Sea Research.* 76, 170–177.

ALLAIN C., (1960). Topographie dynamique et courants généraux dans le bassin occidental de la Méditerranée (golfe Du Lion, Mer Catalane, Mer d'Alboran, secteur à l'est de la Corse). *Revue des travaux de l'Institut des pêches maritimes*, 24 (1): 121-45.

ALLAIN C., FURNESTIN M.L. et MAURIN C., (1966). Essai de synthèse sur l'océanographie physique et biologique dans la zone d'influence du courant atlantique en Méditerranée du sud et du levant. *Commission internationale pour l'exploration scientifique de la Méditerranée.*, schéma présenté à la Conférence d'experts réunis à Split (décembre 1965), 38p.

ALLAIN C. & FURNESTIN J., (1969). Hydrologie de la Méditerranée occidentale (secteur Méridional et golfe du Lion) en automne 1963. Campagne de la «Thalassa» du 12 octobre au 27 novembre. *Ibid.*, 33(1):5-78.

ALLAIN, J.Y. (1975). Structure des populations de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (*Echinodermata, Echinoidea*) soumises à la pêche sur les côtes nord de Bretagne. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*, 39(2), 171-212.

ANDREWARTHA, H. & BIRCH, L. (1954). *The distribution and abundance of animals.* University of Chicago Press, 506 p.

ARNAUD, P. M., & EMIG, C. C. (1987). La population, unité fonctionnelle de la biocoenose. In *Biologie des Populations. Actes du Colloque National du Centre National de la Recherche Scientifique*, Lyon. 69-72.

ASSASSI, C., (2011). Projet de modélisation Application du modèle ROMS dans le bassin algérien « Le Courant algérien ». Master. Université de la Méditerranée. Aix-Marseille II.20 p.

AURY, J. M., JAILLON, O., DURET, L., NOEL, B., JUBIN, C., PORCEL, B. M., et ARNAIZ, O. (2006). *Global trends of whole-genome duplications revealed by the ciliate Paramecium tetraurelia.* *Nature*, 444(7116), 171.

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 3^e cycle, Université Pierre et Marie Curie - Paris VI, France. 390 p.

AZZOLINA, J.-F., BOUDOURESQUE, C.-F., NEDELEC, H., (1985). Dynamique des populations de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Port-Cros (Var): données préliminaires. *Scientific Reports. Port-Cros Natl Park* 11, 61–81

AZZOLINA, J. F. (1988). Contribution à l'étude de la dynamique des populations de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lmck): croissance, recrutement, mortalité, migrations (Doctoral dissertation, Université d'Aix-Marseille II. Faculté des sciences). 482 p.

B

BARNES, D.K.A., VERLING, D.K.A., CROOK, A., DAVIDSON, I., 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.*

BEAUMONT, A., & CASSIER., P. (1978). Biologie animale. Des protozoaires aux Métazoaires Epithélioneurions (Tome I). *Editions Dunod*, Paris. 459 p.

BELKHEDIM, L. (2010). Contribution à l'étude de la biologie de l'oursin régulier *Paracentrotus lividus* (Lmck, 1816) du Port d'Oran et d'Ain Franin (Doctoral dissertation, Université Ahmed Ben Bella d'Oran1 Es Senia). 110 p.

BENEDETTI-CECCHI, L., BULLERI, F., et CINELLI, F. (1998). *Density dependent foraging of sea urchins in shallow subtidal reefs on the westcoast of Italy (western Mediterranean). Marine Ecology Progress Series, 203-211.*

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

BENZOHRRA, M. & MILLOT, C. (1993). *Characteristics and circulation of the surface and intermediate water masses of Algeria. Deep-Sea Research. 42(10), 1803-1830.*

BONAVIRI, C., FERNANDEZ, T. V., FANELLI, G., BADALAMENTI, F., et GIANGUZZA, P. (2011). *Leading role of the sea urchin *Arbacia lixula* in maintaining the barren state in southwestern Mediterranean. Marine Biology, 158(11), 2505.*

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.*

BOUE, H., & CHANTON, L. R. (1978). Zoologie: Invertébrés. Vol I. *Eds Doin*. 744 p.

BOUZOUALEGH, R., & ZEMANE, A., (2010). Contribution à l'étude de l'écologie et de labiologie du Sparailon (*Diplodus annularis*, Linnaeus, 1758) osteichtyens sparidae, dans le bassin Algérien, mémoire d'ingénieur en halieutique, ENSSMAL, Alger. 69 p.

BULLERI, F., BENEDETTI-CECCHI, L., & CINELLI, F. (1999). *Grazing by the sea urchins *Arbacia lixula* L. and *Paracentrotus lividus* (Lmk). In the Northwest Mediterranean. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 241(1), 81-95.*

BUSH, G. L. (1975). *Modes of animal speciation. Annual Review of Ecology and Systematics*, 6(1), 339-364.

BYRNE, R. H., & KIM, K. H. (1990). *Rare earth elements scavenging in seawater. Geochimica et Cosmochimica. Acta*, 54(10), 2645-2656.

C

CAMPBELL, N. A., & REECE, J. B. (1987). *LG Mitchell Biology*. 1458 p.

CLARK, A. M., & ROWE, F. W. E. (1971). *Monograph of shallow-water Indo-West Pacific Echinoderms* 238 p.

COLLAS, P., COURVALIN, J. C., et POCCIA, D. (1996). *Targeting of membranes to sea urchin sperm chromatin is mediated by a lamin B receptor-like integral membrane protein. The Journal of Cell Biology*, 135(6), 1715-1725.

CRAPP, G. B., & WILLIS, M. E. (1975). *Age determination in the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck), with notes on the reproductive cycle. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 20(2), 157-178.

COUVET, D., GOUYON, P.H., KJELLBERG, F., et VALDEYRON G. (1985). La différenciation nucléo-cytoplasmique entre populations. C.R. Académie des sciences., Paris. Série III, t, 300, 665-668.

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.

D

DAJOZ R., 1975. Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée (3e édition). Paris, Gauthier-Villars, 1-549.

DAJOZ, R. (2012). L'évolution biologique au XXIe siècle: les faits, les théories. *Eds Lavoisier*. 326 p.

DEMNARD-TELLIER, I. (2001). Infogérance internationale-Une gestion très délicate-La globalisation aidant, l'infogérance internationale fait de plus en plus d'adeptes. Mais attention, la gestion contractuelle d'une opération. *Informatique Professionnelle*, 32(194), 42-49.

DE RIDDER, C., & JANGOUX, M. (1985). Origine des sédiments ingérés et durée du transit digestif chez l'oursin spatangide, *Echinocardium cordatum* (Pennant) (Echinodermata). In *Annales de l'Institut océanographique* Vol. 61, No. 1, 51-58.

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

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.

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

EKLÖF, J.S., DE LA TORRE-CASTRO, M., GULLSTRÖM, M., UKU, J., MUTHIGA, N., LYIMO, T., 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.

ESCOFIER J & PAGES B. (2008). *Analyses factorielles simples et multiples objectifs, méthodes et interprétation*, Eds Dunod, Paris. 267 p.

F

FRANCOUR, P., BOUDOURESQUE, C. F., HARMELIN, J. G., HARMELIN-VIVIEN, M. L., & QUIGNARD, J. P. (1994). *Are the Mediterranean waters becoming warmer? Information from biological indicators*. *Marine Pollution Bulletin*, 28(9), 523-526.

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.

FERNANDEZ, C., & BOUDOURESQUE, C. F. (1997). *Phenotypic plasticity of Paracentrotus lividus (Echinodermata: Echinoidea) in a lagoonal environment*. *Marine Ecology Progress Series*, 145-154.

FRANCOUR, P., BOUDOURESQUE, C. F., HARMELIN, J. G., HARMELIN-VIVIEN, M. L., et QUIGNARD, J. P. (1994). *Are the Mediterranean waters becoming warmer? Information from biological indicators*. *Marine Pollution Bulletin*, 28(9), 523-526.

FURNESTIN J. & ALLAIN Ch., (1962). Hydrologie De la Méditerranée occidentale au nord du 42ème parallèle en automne 1958(campagne du « Président Théodore Tissier », 27septembre au 18 octobre1958). *Ibid.*, 26(2), 133-62.

G

GIAKOUMI, S., CEBRIAN, E., KOKKORIS, G.D., BALLESTEROS, E., SALA, E., 2012. *Relationships between fish, sea urchins and macroalgae: The structure of shallow rocky sublittoral communities in the Cyclades, Eastern Mediterranean. Estuarine, Coastal and Shelf Science.* 109, 1–10.

GIANGUZZA, P., AGNETTA, D., BONAVIRI, C., DI TRAPANI, F., VISCONTI, G., GIANGUZZA, F. et RIGGIO, S.(2011), The rise of thermophilic sea urchins and the expansion of barren grounds in the Mediterranean Sea. *Chem. Ecol.* 27, 129–134.

GODET, L., LE MAO, P., GRANT, C. et OLIVIER, F. (2010). *Marine invertebrate fauna of the Chausey archipelago: an annotated checklist of historical data from 1828 to 2008. Cahiers de Biologie Marine,* 51: 147-165.

GOURIEROUX, C., & MONFORT, A. (1989). Statistique et modèles économétriques: Notions générales, estimation, prévision, algorithmes (Vol. 1). *Economica.* 372p.

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

GUIDETTI, P., & DULCIC, J. (2007). *Relationships among predatory fish, sea urchins and barrens in Mediterranean rocky reefs across a latitudinal gradient. Marine Environmental Research,* 63(2), 168-184.

GUETTAF., M. (1997). Contribution à l'étude de la variabilité du cycle reproductif (indice gonadique et histologie des gonades) chez *Paracentrotus lividus* (*Echinodermata : echinidae*) en Méditerranée Sud Occidentale (Algérie). Thèse de Doctorat en Océanologie. Université d'Aix Marseille II, France. 1-132.

H

HARCHOUCHE K., (2006). Contribution à la systématique du genre *Spicara* ; écologie, biologie et exploitation de *Spicaramaena* (Poisson, Téléostéen) des côtes algériennes. Thèse de doctorat d'état, U.S.T.H.B., Alger: 230 p.

HARRY, M., (2012). Cas d'espèces et espèce de cas : espèce et spéciation. *Atala*, 15, 51-71.

HEMIDA, F., (2005). Les Sélaciens de la côte algérienne : bio-systématique des requins et des raies ; écologie, reproduction et exploitation de quelque populations capturées. These de Doctorat d'Etat, USTHB : 272 p.

HARMELIN, J. G. (1999). *Visual assessment of indicator fish species in Mediterranean marine protected areas. Il Natura lista Siciliano*, 23, 83-104.

HORSTADIUS, S. (1939). *The mechanics of sea urchin development studied by operative methods. Biological Reviews*, 14(2), 132-179.

HYMAN, L. H. (1959). *The invertebrates: smaller coelomate groups, Chaetognatha, Hemichordata, Pogonophora, Phoronida, Ectoprocta, Brachipoda, Sipunculida, the coelomate Bili-teria.* Volume V, Editor: McGraw-Hill 783 p.

K

KAWAKAMI T., BUTLIN R.K., ADAMS M., PAULL D.J. et COOPER S. (2009). *Re-examination of a proposed case of stasipatric speciation: phylogeography of the Australian morabine grasshoppers (Vandiemena viatica species group).* *Molecular Ecology*, 18, 3429-3442.

KEMPF, M. (1962). Recherches d'écologie comparée sur *Paracentrotus lividus* (Lmk.) et *Arbacia lixula* (L.). Recueil des travaux de la station marine d'Endoume, 25(39), 47-115.

KING, C. K., & RIDDLE, M. J. (2001). *Effects of metal contaminants on the development of the common Antarctic sea urchin Sterechnus neumayeri and comparisons of sensitivity with tropical and temperate echinoids.* *Marine Ecology Progress Series*, 215, 143-154.

KIT-CHING, J.A., EBLING, F.J., (1961). *The ecology of Lough Ine XI. The control of algae by Paracentrotus lividus (Echinoida).* *Journal of animal ecology. U.K*, 30 (2) : 373-383.

KOEHLER, R. (1921). Echinodermes. Faune de France, 1: 1-216.

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

KORICHI, H-S., (1988). Contribution a l'étude biologique de deux espèces de saurels *Trachurus trachurus* (Linné, 1758) et *Trachurus mediterraneus* (Stindachner, 1868) et la dynamique de *Trachurus trachurus* (Linné, 1758) en baie de Bou Ismail (Alger). Thèse de Magister, ISMAL, Alger: 260 p.

L

LACOMBE, H., & TCHERNIA, P., (1960)- Quelques traits généraux de l'hydrologie méditerranéenne. *Cahiers océanographiques*, 8: 1-527.

LALAMI-TALEB, R., (1970). Facteurs de répartition verticale du phytoplancton au larged'Alger. Thèse de Doctorat. 3ème cycle en biologie. Université d'Alger. 168 p.

LALAMI, Y., (1979). Etude biologique et halieutique du Rouget de vase (*Mullus barbatus* L.) des côtes algériennes. Thèse Doctorat en Sciences (Sciences Naturelles) Université des Sciences Techniques, Languedoc, Montpellier, France. 510 p.

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

LAWRENCE, J.M., (1975). *On the relationships between marine plants and sea urchins.* *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review.*, UK., 13 : 213-286.

LE GALL, P. (1987). La pêche des oursins en Bretagne. In *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*, 311-324.

LECOINTRE, G (2009). Guide critique de l'évolution. *Eds Belin.* 571p.

LESSIOS, H.A., LOCKHART, S., COLLIN, R., SOTIL, G., SANCHEZ-JEREZ, P., ZIGLER, K.S., PEREZ, A.F., GARRIDO, M.J., GEYER, L.B. et BERNARDI, G. (2012). *Phylogeography and bindin evolution in Arbacia, a sea urchin genus with an unusual distribution.* *Molecular Ecolology*, 21, 130–144.

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

LEVINS, R. (1969). *Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control.* *American Entomologist*, 15(3), 237-240.

LOVEN, S. L. (1874). Etudes sur les Echinoides (Vol. 11). *Eds PA Norstedt & Soner.* 91 p

M

MARTIN, J. (2011). Les invertébrés marins du golfe de Gascogne à la Manche orientale. *Eds Quae*. Versailles. 299 p.

MATET, (2009). Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Environnement et du Tourisme. Quatrième rapport national sur la mise en œuvre 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.

MCCLINTOCK, J. B., & WATTS, S. A. (1990). *The effects of photoperiod on gametogenesis in the tropical sea urchin Eucidaris tribuloides (Lamarck) (Echinodermata: Echinoidea)*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 139(3), 175-184.

MEGLITSCH, P. A. (1967). *Invertebrate Zoology, Editions Alibris*. 961 p.

MELVILLE, R. V., & DURHAM, J. W. (1966). *Skeletal morphology. Treatise on invertebrate paleontology, Echinodermata*, 3(1), 220-251.

MILLOT, C., (1985). *Some features of the Algerian current. Journal of geophysical research* 90(C4).7169-7176.

MILLOT, C., (1987a). *The circulation of the Levantine intermediate water in the Algerian basin. Journal of geophysical research*, 92(C8): 8265-8276.

MILLOT, C., (1987b). *Circulation in the western Mediterranean Sea. Oceanography activities* 10(2):144-149.

MILLOT, C., & TAUPIER-LETAGE, I. (2005). *Circulation in the Mediterranean sea. The Mediterranean Sea*, 323-334.

MOEBIUS, K., (1877). *Die Auster und die Austern-wirtschaft*. Berlin: von Wiegandt, Hempel & Parey, 126p.

MONFORT A. (1997). Cours de Statistique Mathématique, *Eds Economica*, Paris, 333 p

MOUFFOK, 2008. Eléments d'approche sur la reproduction, la croissance, la répartition, et la pêche de la crevette rouge, *Aristeus antennatus* (Risso, 1816) de la frange côtière oranaise. These de Doctorat. Univ Es-senia ; Oran : 124 p.

MUNAR, J., & MORENO, I. (1987). *Echinodermos de las Islas Baleares (España)*. In Boudouresque Ch-F. *Ed. Colloque International sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*, GIS Posidonie Publications. 25-241.

P

PALACIN, M., ESTEVEZ, R., BERTRAN, J., & ZORZANO, A. (1998). *Molecular biology of mammalian plasma membrane amino acid transporters. Physiological reviews*, 78(4), 969-1054.

PAILHE, J. (2002) *Migration, migrant, géographie de la population. In: Espace, populations, sociétés. Géographie et population*, 73-82.

PALACIN, M., ESTEVEZ, R., BERTRAN, J., et ZORZANO, A. (1998). *Molecular biology of mammalian plasma membrane amino acid transporters. Physiological reviews*, 78(4), 969-1054.

PATRISSI M., ASTROU A., PERE A., 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.

PEDROTTI, M. L. (1993). Spatial and temporal distribution and recruitment of echinoderm larvae in the Ligurian Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 73(3), 513-530.

PICARD J., 1985. Réflexions sur les écosystèmes marins benthiques: hiérarchisation, dynamique spatio-temporelle. *Tethys*, 11(3), 230-242

PRIVITERA, D., CHIANTORE, M., MANGIALAJO, L., GLAVIC, N., KOZUL, W., et CATTANEO-VIETTI, R. (2008). *Inter-and intra-specific competition between Paracentrotus lividus and Arbacia lixula in resource-limited barren areas. Journal of Sea Research*, 60(3), 184-192.

R

RAINBOTH, R., (1980). *Can Sex reversal be environmentally induced? Institut für Zoologie, der Johannes Gutenberg University, Mainz, Federal Republic of Germany. J. Biology of Reproduction*, 22, 49-59 (1980) .11 p.

RECASENS, L., SABATES, A., DEMESTRE, M., MARTIN, P., et SANCHEZ, P., (2007). *Relationship between temperature and fisheries: the case of Pagellus acarne in the NW Mediterranean. Rapp. Comm. Int. Mer Medit*, 38, 580-581 p.

REGIS, M.-B. (1979). Analyse des fluctuations des indices physiologiques chez deux échinoides (*Paracentrotus lividus* (Lmk) et *Arbacia lixula* L.) du golfe de Marseille. *Tethys*, 9(2): 167-181.

REGIS, M. B. (1981). Aspects morphométriques de la croissance de deux échinoides du Golfe de Marseille, *Paracentrotus lividus* (Lmck) et *Arbacia lixula* L. *Cahier de Biologie Marine*, 22, 349-370.

REGIS, 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. GIS Posidonie Publications. Marseille, 391-397.

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

SANCHEZ-ESPAÑA, A. I., MARTINEZ-PITA, I., et GARCIA, F. J. (2004). *Gonadal growth and reproduction in the commercial sea urchin Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) (Echinodermata: Echinoidea) from southern Spain. *Hydrobiologia*, 519(1-3), 61-72.

SAPORTA, G. (2006). Probabilités, analyse des données et statistique. *Editions Technip*. 619 p.

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.

SEMROUD, R. (1993). Données sur des floraisons anciennes de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile dans la région d'Alger (Algérie). *Posidonia Newsletter*, 4(2), 31-35.

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.

T

THIBAUT, T., BLANFUNE, A., & MARKOVIC, L.(2004) Biocénoses des fonds durs de l'infralittoral. Ifremer. 13 p.

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.

TORTOSESE, E., (1965). Echinodermata. Faune d'Italie, Bologne, *Eds Calderini*. 419 p.

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.

TRAER, K., (1980). *The consumption of Posidonia oceanica Delile by Echinoids at the Isle of Ischia.* In: Jangoux M (ed) *Echinoderms: present and past.* Balkema, Rotterdam, pp 241–244.

TSUSHIMA, M., & MATSUNO, T. (1990). Comparative biochemical studies of carotenoids in sea-urchins—I. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: *Comparative Biochemistry*, 96(4), 801-810.

TAVARES, Y. A. G. (2004). Biologia reprodutiva dos equinóides *Echinometralucunter* (Linnaeus, 1758) e *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) (Echinodermta:Echinoidea) na Ilha da Galheta, litoralparanaense, Brasil (Tese de doutorado). *Universidade Federal do Paraná, Brasil.* 573-580.

V

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, Marseille. 5-36.

W

Walker, C. W., Unuma, T., et Lesser, M. P. (2007). *Gametogenesis and reproduction of sea urchins.* *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 37, 11-33.

WANGENSTEEN, O. S., TURON, X., PEREZ-PORTELA, R., & PALACIN, C. (2012). *Natural or naturalized ? Phylogeography suggests that the abundant sea urchin Arbacia lixulais a recent colonizer of the Mediterranean.* *PLoS One*, 7(9), 67-450.

WHITE M.J.D., BLACKITH R.E., BLACKITH R.M. et CHENEY J. (1967). *Cytogenetics of the viatica group of morabine grasshoppers. I. The “coastal” species.* Australia. *J. Zool.* 15, 263-302.

WINER, B. J., BROWN, D., & MICHELS, K. (1971). *Statistical Principles in Experimental Design .* New York: MacGraw-Hill, 1991. Acknowledgments The authors also

want to express appreciation to Nancy K. Dess, PhD, professor of psychology, Occidental College, for her help with the statistical analysis of the data. 169-172.

WRIGHT, S. (1940). *Breeding structure of populations in relation to speciation. American Naturalist*, 74:232–248.

Z

Zamora, S & Stotz, W. (1992). *Ciclo reproductivo de Loxechinus albus (Molina 1782) (Echinodermata: Echinoidea) en Punta Lagunillas, IV Región, Coquimbo, Chile. Revista Chilena de Historia Natural*, 65, 121-133.

ZEGHDOUDI., (2006). Modélisation bioéconomique des pêcheries méditerranéennes, application aux petits pélagiques de la baie de Bousmail (Algérie). Mémoire de master, Université de Barcelone, 61 p.

ZEMENZER, S. (2011). Application du modèle ROMS dans la Méditerranée occidentale. Circulation de LIW dans le bassin Algérien. Master Université de la Méditerranée. Aix Marseille II. 22p.

Autres références bibliographiques consultées :

- [A] : [http://www. http://bio.research.ucsc.edu](http://www.bio.research.ucsc.edu)
- [B] : <http://www.marinespecies.org>
- [C] : <https://www.google.dz/maps/>
- [D] : <https://www.xlstat.com>