

République Algérienne Démocratique et Populaire

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



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

Bliil Rachida et Benmissoum Houria

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE

Spécialité : Ressources Halieutiques

THÈME

Contribution à l'évaluation de la qualité de l'eau de
mer de la région d'Alger à travers l'oursin
Paracentrotus lividus (Lamarck, 1816).

Soutenue publiquement le /09/2020

DEVANT LE JURY

Président	M. BELBACHIR. N	MCB	U. Mostaganem
Encadreur	M ^{me} SOUALILI. D.L	Professeur	U. Mostaganem
Co-encadreur	M ^{lle} OULHIZ. A	MCB	U. Mostaganem
Examineur	M ^{me} BENMESSAOUD. N	MAA	U. Mostaganem

Année universitaire 2019/2020

Remerciements

Nous remercions Allah tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage de mener à bien ce travail.

Nous remercions vont en premier lieu aux membres du jury

Il m'est tout d'abord particulièrement agréable d'exprimer ma profonde reconnaissance, mes plus sincères remerciements et notre gratitude à notre encadreur Pr. **SOUALILI. D.L**, doyenne de la faculté SNV, d'avoir accepté de diriger ce modeste travail malgré son engagement administratif. Recevez, notre profonde reconnaissance.

Nos vifs remerciements s'adressent spécialement à notre co-encadreur Dr. **OULHIZ. A** pour sa disponibilité et son aide dans les moments importants. C'est un excellent guide et une personne qui nous a toujours soutenus et de sa confiance et précieux conseils.

Dr. **BELBACHIR. N**, chef de département des sciences de la mer et de l'aquaculture à l'université de Mostaganem, veuillez trouver ici, l'expression de nos sincères remerciements et de notre profonde gratitude d'avoir accepté de présider ce jury de mémoire nous a beaucoup marquée.

M^{me} **BENMESSAOUD. N**, nous apprécions beaucoup la spontanéité avec laquelle vous avez accepté d'examiner ce modeste travail. Recevez nos remerciements les plus sincères.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à toutes les personnes qui nous ont aidés pendant ce travail, les techniciens de laboratoire Halieutique pour leurs aides.

Enfin nous remercions tous les enseignants du département sciences de la mer et de l'aquaculture, qui ont fait de leur mieux pour nous guider au cours de notre parcours. Nous ne serons pas là sans eux.

Et merci à tous ceux et celles qui nous ont aidés

Dédicace

Pour tous ceux que j'aime, je dédie ce mémoire, ce fruit de plusieurs années aux :

Deux personnes les plus chères à mon Cœur : mes parents

Je ne saurais jamais vous exprimer ma profonde gratitude

A mes frères : Mansour, Nacer.

A mes très chère sœurs : Djamila, Nacira, Amina, Mansouria.

A toute ma famille : BLIL.

A mon amie et binôme : Houria

A tous mes amies et spécialement Ilham et Aicha.

Et enfin à ceux qui mon aider à réaliser ce mémoire

Rachida

Dédicace

Pour tous ceux que j'aime, je dédie ce mémoire, ce fruit de plusieurs années aux :

Deux personnes les plus chères à mon Cœur : mes parents

Je ne saurais jamais vous exprimer ma profonde gratitude

A mes frères : Habib, Lazrag

A ma très chère sœur Hassiba

A toute ma famille : BENMISSOUM

A mon amie et binôme : Rachida

A tous mes amies

Et enfin à ceux qui mon aider à réaliser ce mémoire.

Houria

Résumé :

Notre travail porte sur l'étude de l'évaluation de la qualité des eaux marines côtières algérienne à travers un bioindicateur, l'oursin commun, *Paracentrus lividus*. La côte est caractérisée par un substrat rocheux, riche en algues mais perturbé par la pollution (rejets urbains et industriels) et une forte activité portuaire.

Dans ce travail, plusieurs échantillons ont été récoltés au niveau de deux sites (Alger plage et Sidi Fredj). Les deux types de biotopes sont situés dans une zone à forte activité anthropique. Le développement larvaire de l'oursin *P. Lividusa* été testé au niveau du laboratoire dans différentes conditions afin de tester l'eau de mer et le sédiment des deux sites étudiés.

D'après les résultats obtenus, on a pu conclure que le site de Sidi Fredj se trouve dans la baie de Bou-Ismaïl se distingue par une meilleure qualité de l'eau de mer confirmée par un bon développement larvaire de l'oursin *P. Lividus* par rapport au site d'Alger plage qui se trouve dans la baie d'Alger.

Mots clés : Oursin *Paracentrotus lividus*, sédiment, l'eau de mer, développement larvaire, Alger plage, Sidi Fredj.

الملخص

عملنا يرتكز على دراسة تقييم لنوعية مياه البحر الخاصة بخليج ولاية الجزائر، وهذا عبر المؤشر الحيوي قنفذ البحر الذي يعيش في ولاية الجزائر اي في مياه البحر الابيض المتوسط حيث يتميز بركيزة صخرية غني بالطحالب ولكن متأثر بالتلوث (النفايات الصناعية والحضارية) ونشاط مينائي قوي.

في عملنا هذا قمنا بأخذ عينات من شاطئ الجزائر، كما قمنا بأخذ عينات من شاطئ سيدي فرج كلا الموقعين موجودين في منطقة ذات نشاط بشري عال.

بعد ان قمنا بتلقيح قنفذ البحر علي مستوى المخبر ومتابعتنا لتطور ليرقي لقنفذ البحر وبشروط خاصة اظهرت النتائج ان منطقة شاطئ الجزائر هي الاكثر تلوثا حيث لاحظنا ان التطور ليرقي لقنفذ البحر قليل بعكس منطقة شاطئ سيدي فرج التي كان فيها تطور ليرقي لقنفذ البحر الاكثر تطور نظرا لنقاوة مياهه ورواسبه وتوفر الشروط التي ساعدت على هذا التطور.

كلمات البحث: قنفذ البحر، الرواسب، مياه البحر، التطور اليرقي، خليج الجزائر، شاطئ الجزائر، شاطئ سيدي فرج.

Abstract:

Our work is around the study of the evaluate the quality of sea water of bay of Algeria and this biological indices sea urchins *Paracentrotus lividus* that live in wilaya of Algeria “Mediterranean sea“characterized substrate rocky rich in seaweed but disturbed by pollution rejections urban and industrial and strong activity of port

In this work we take the samples at the level of Alger beach and the author samples we take at the level of site of Sidi Fredj, the tow types of biotopes located in area at strong activity anthropogenic.

After the fertilization of sea urchins at the level of laboratory and we following the development larval of sea urchins and with special conditions indicated that the biotope of beach of Alger is the more disturbed because the development larval of sea urchins is low on the other the site of Sidi Fredj the development larval of sea urchins is the strong because the sea water and the sediment of this site give the favorable conditions to the sea urchins for his development larval.

Key words : Sea urchins *Paracentrotus lividus*, Sediment, larval development, Sea water, Alger beach, Sidi Fredj.

SOMMAIRE

Introduction.....	01
Chapitre I : Synthèse Bibliographique	
I.1. La mer Méditerranée.....	03
I.1.2. Dispositions générales.....	03
I.1.3. Le bassin Algérien.....	04
I.1.4. L'écosystème méditerranéen et la biodiversité	05
I.1.5. Biodiversité marine en Algérie.....	05
I.2. Généralité sur Les échinodermes	06
I.2.1. Description des échinodermes	06
I.2.2. Description des oursins.....	06
I.2.2.1. Les Oursins irréguliers.....	06
I.2.2.2. Les oursins réguliers.....	06
I.3. Présentation de l'espèce <i>P. lividus</i>	07
I.3.1. Les noms vernaculaires	07
I.3.2. Position systématique	08
I.3.3. Distribution géographique.....	08
I.3.4. Caractères morphologiques.....	09
I.3.4.1. Morphologie externe.....	09
I.3.4.2. Morphologie interne.....	10
I.3.5. Habitat de l'oursin.....	11
I.3.6. Régime alimentaire.....	12
I.3.7. Reproduction.....	12
I.3.7.1. Développement larvaire chez les oursins.....	13
I.3.9. Rôle écologique.....	15
Chapitre II : Matériel et méthodes	
II.1. Utilisation du test de la qualité du développement embryonnaire de l'oursin.....	16
II.1.1 Matériel biologique.....	16
II.1.2. Choix des sites	16
II.1.2.1. Les données générales sur la zone d'étude.....	17
II.1.2.1.1. le site de Sidi Fredj	18
II.1.2.1.2. Le site d'Alger plage	19
II.2. Méthodes d'échantillonnage.....	19
II.2.1. Prélèvement.....	19
II.2.2. Prélèvement du sédiment et l'eau de mer.....	20
II.2.3. Traitement au laboratoire.....	20
II.2.4. Test de fécondation.....	21
Chapitre III : Résultats et Discussion	
III.1. Evaluation biologique de la qualité du milieu marin à travers le test du développement larvaire chez l'oursin <i>P. lividus</i>	25

III.1.1 Résultats du test de la qualité de l'eau de mer.....	25
III.1.1.1 Premier essai.....	25
III.1.1.2 Deuxième essai.....	25
III.1.1.3 Troisième essai.....	26
III.1.2 Résultats du test de la qualité du sédiment.....	28
III.1.2.1 Premier essai.....	28
III.1.2.2 Deuxième essai.....	29
III.1.2.3 Troisième essai.....	30
Conclusion.....	32
Références bibliographiques	

Liste des Figures

Figure 1 : Présentation et localisation de la Mer Méditerranée (Millot et Taupier-Letage, 2005, modifiée par Crochelet, 2015).

Figure 2 : Photo montrant l'oursin commun *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816).

Figure 3 : Carte de répartition de l'espèce *P. lividus* (Fredj, 2002).

Figure 4 : Morphologie externe de l'oursin *Paracentrotus lividus*. (A) : Vue orale, (B) : Vue aborale (Ruppert et Barnes, 1994).

Figure 5 : Morphologie interne de l'oursin *Paracentrotus lividus* (**Ruppert et Barnes, 1994**).

Figure 6 : Représentation schématique du cycle de reproduction de *P. lividus*.

Figure 7 : Les différentes anomalies embryonnaires et larvaires chez *Paracentrotus lividus* (d'après Klöckner *et al.* 1985).

Figure 8 : Localisation des zones d'étude dans la région d'Alger (Google Earth 2020).

Figure 9 : Le site d'échantillonnage de Sidi Fredj (Google Earth 2020).

Figure 10 : Le site d'échantillonnage d'Alger plage (Google Earth 2020).

Figure 11 : Récolte des échantillons d'oursins (Ghali et Dria., 2019).

Figure 12 : gonade femelle (ovotide), gonade mâle (spermatozoïdes). (Présent travail)

Figure 13 : Mode opérationnelle pour l'obtention des gamètes de l'oursin *P. lividus* (Présent travail)

Figure 14 : Application du test du développement larvaire de l'oursin *P. lividus*. (Présent travail)

Figure 15 : Observation microscopique des ovocytes fécondés (X40).

Figure 16 : Les stades du développement embryonnaire de l'oursin. (A : Warnau et Pagano, 1994 ; B : Présent travail).

Figure 17 : Les différentes anomalies embryonnaires et larvaires chez *Paracentrotus lividus* (d'après Klockner *et al.*, 1985).

Liste des tableaux

Tableau 01 : Noms vernaculaires de l'oursin *Pracentrotus lividus*.

Tableau 02 : Les fréquences (moyennes en pourcentages \pm écart type) des différentes catégories de larves obtenues après exposition des embryons de *Paracentrotus lividus* aux différentes eaux de mer Avec N (larves normales), R (larves retardées), P1 (larves bloquées), P2 (larves anormales) et V (larves viables : larves normales +larves retardées).

Tableau 03: Les fréquences (moyennes en pourcentages \pm écart type) des différentes catégories de larves obtenues après exposition des embryons de *Paracentrotus lividus* aux différentes eaux de mer. Avec N (larves normales), R (larves retardées), P1 (larves bloquées), P2 (larves anormales), V (larves viables : larves normales +larves retardées), EMF (eau de mer filtrée), et EMNF (eau de mer non filtrée).

Tableau 04 : Les fréquences (moyennes en pourcentages \pm écart type) des différentes catégories de larves obtenues après exposition des embryons de *Paracentrotus lividus* aux différentes eaux de mer. Avec N (larves normales), R (larves retardées), P1 (larves bloquées), P2 (larves anormales), V (larves viables :larves normales +larves retardées), EMF (eau de mer filtrée), et EMNF (eau de mer non filtrée).

Tableau 05 : Les fréquences (moyennes en pourcentages \pm écart type) des différentes catégories de larves obtenues après exposition des embryons de *Paracentrotus lividus* aux sédiments et à l'eau de mer des deux sites Alger Plage et Sidi Fredj. Avec N (larves normales), R (larves retardées), P1 (larves bloquées), P2 (larves anormales), V (larves viables : larves normales +larves retardées), EMF (eau de mer filtrée), et EMNF (eau de mer non filtrée).

Tableau 06 : Les fréquences (moyennes en pourcentages \pm écart type) des différentes catégories de larves obtenues après exposition des embryons de *Paracentrotus lividus* aux sédiments et à l'eau de mer des deux sites Alger Plage et Sidi Fredj. Avec N (larves normales), R (larves retardées), P1 (larves bloquées), P2 (larves anormales), V (larves viables : larves normales +larves retardées), EMF (eau de mer filtrée), et EMNF (eau de mer non filtrée).

Tableau 07: Les fréquences (moyennes en pourcentages \pm écart type) des différentes catégories de larves obtenues après exposition des embryons de *Paracentrotus lividus* aux sédiments et à l'eau de mer des deux sites Alger Plage et Sidi Fredj. Avec N (larves normales), R (larves retardées), P1 (larves bloquées), P2 (larves anormales), V (larves viables : larves normales +larves retardées), EMF (eau de mer filtrée), et EMNF (eau de mer non filtrée).

Liste des abréviations

EMF : L'eau de mer filtrée.

EMNF : L'eau de mer non filtré.

Introduction

Introduction :

La mer méditerranée se présente comme un ensemble qui subit en continue l'influence des perturbations de l'environnement. Elle possède, en particulier, une richesse spécifique qui la place immédiatement après les écosystèmes tropicaux, en termes de biodiversité (Krakimel, 2003); et à plus haute concentration des routes commerciales, connaît depuis fort long temps de graves problèmes environnementaux (pollution, dégradation des ressources marines, des sols...) (Doglioli, 2010). A cet effet, ces polluants menacent la santé publique (Kebir, 1996).

En méditerranée, les zones côtières sont fortement influencées par les apports fluviaux et les activités anthropiques (Markaki *et al.*, 2010 ; Saccon *et al.*, 2013). Ainsi, en Algérie le littoral n'échappe pas lui à l'exposition de ces zones côtières aux pollutions, nuisances et autres dégradations de l'environnement, résultant du développement des activités économiques (Kacemi, 2008). Plus de 75 % des pollutions marines de ces zones côtières sont d'origine terrestre, notamment agricole (Bachari-Houma, 2009)

Les oursins sont reconnus pour être très sensibles aux modifications des conditions environnementales. Et ont fait l'objet d'un grand nombre de travaux, qui portent sur la biologie, l'éthologie et la dynamique des populations (Allain, 1975 ; Régis, 1978 ; Verlaque, 1984 ; Semroud et Kada, 1987 ; Byrne, 1990 ; San Martin, 1995), De plus, depuis plus d'une vingtaine d'année, les gamètes, les embryons et les larves d'oursins constituent un outil de base dans les domaines de la pharmacologie, toxicologie ou écotoxicologie (Hagstrom et Lonning, 1973). Il s'est également révélé être un excellent bioindicateur de la pollution dans le milieu marin en raison de ses habitudes sédentaires et sa sensibilité connue aux polluants (Soualiliet *al.*, 2008). Il a été utilisé dans plusieurs études en tant que bioindicateur de la pollution locale (Coteur *et al.*, 2003 ; Bayedet *al.*, 2005 ; Angioniet *al.*, 2014).

Leur sensibilité aux conditions du milieu se manifeste par des perturbations du cycle de reproduction, des baisses de fécondité ou des troubles du développement larvaire et les effets observés en zones perturbées sur les populations d'oursins ont été souvent décrits (Harmelin *et al.*, 1981 ; Delmas & Régis, 1984).

C'est dans ce contexte que cette étude a été menée où le but principal de cette étude, s'est de contribuer à évaluer la qualité des eaux côtières de la région d'Alger à travers un bioindicateur: l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) où le développement larvaire de ce dernier va permettre de déterminer la qualité du milieu du lieu étudié..

Ce travail comporte trois chapitres :

Le premier chapitre, concerne la partie traitant de la recherche bibliographique, en présentant des généralités sur la côte et le bassin Algérien, la biologie et l'écologie, ainsi que le développement embryonnaire chez l'espèce *paracentrotus lividus*.

Le deuxième chapitre comprend la partie qui décrit le matériel et méthodes utilisées. Et le troisième chapitre présentera les résultats et discussion. Et enfin, le mémoire sera finalisé par une conclusion générale.

Chapitre I

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 Présentation de la mer Méditerranée :

La mer Méditerranée est un bassin semi-fermé et couvre une superficie d'environ 2,5 million de kilomètres carrés, s'étendant d'Est en Ouest sur une distance d'environ 3800 km et communiquant avec le reste des régions. Les océans du monde traversent le détroit de Gibraltar, qui mesure environ 15 km de largeur et de profondeur d'environ 250 m (Lascartos, 1998). Elle est considérée comme une mer chaude et tempérée. A partir de -50 m et toute l'année, la température est de 13 °C avec une salinité moyenne de 38%. L'eau en surface peut atteindre 28 °C en été.

La Méditerranée ne représente que 8% de la surface et moins de 0,25% du volume des océans dans le monde et renferme environ 7% de la faune marine et 18% des plantes marines mondiales connues (FAO Fish stat, 2002).

I.1.1. Dispositions générales

La mer Méditerranée s'étend principalement dans le sens de la latitude ; ses dimensions n'étaient connues exactement qu'à partir du XVIIe siècle. Ainsi, elle s'étend d'Ouest à l'Est à plus de 47 degrés de longitude (entre 7° 40' à l'Ouest et 39° 25' à l'Est).

La Méditerranée est divisée en deux bassins principaux par le seuil sous-marin qui y relie la Tunisie Sicile (seuil siculo tunisien). À l'ouest, s'étend la Méditerranée occidentale ou latine (Bassin d'Alger - Mer Provençal et Tyrrhénienne) ; à l'Est, la Méditerranée orientale ou grecque avec ses propres différentes divisions (mer Ionienne, mer Adriatique, mer Égée et mer du Levant) (Millot et Taupier-Letage, 2005) (fig. 1).

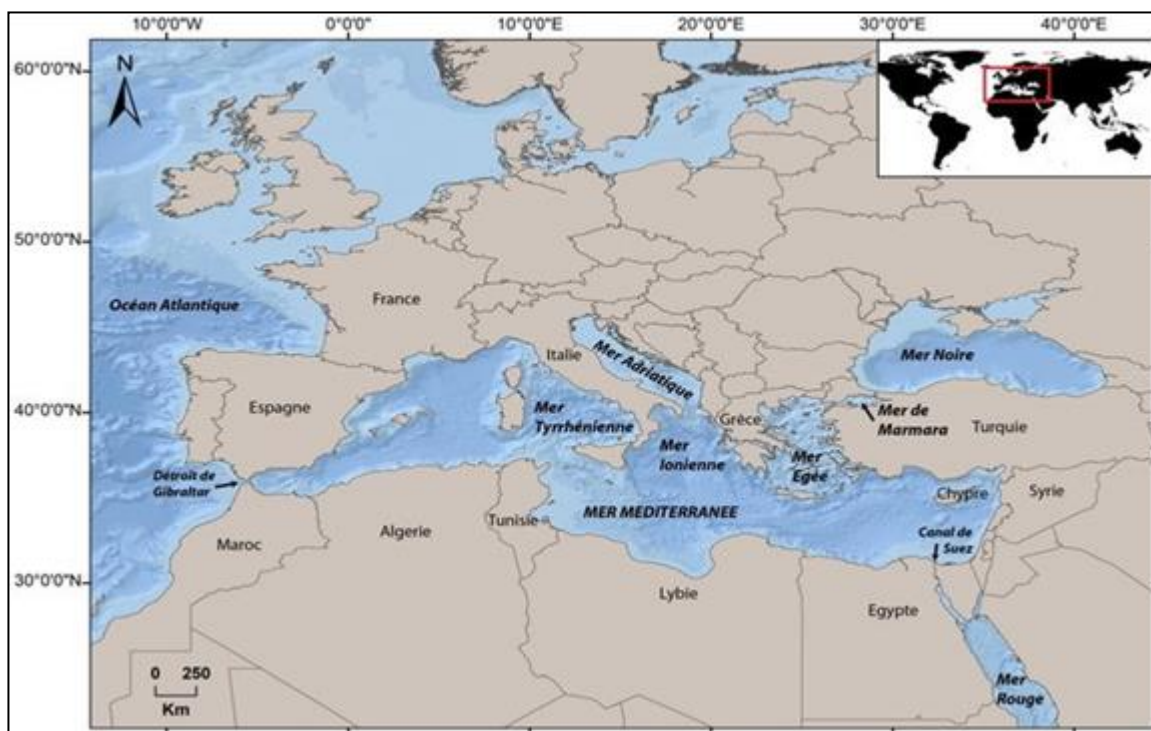


Figure1. Présentation et localisation de la Mer Méditerranée (Millot et Taupier-Letage, 2005, modifiée par Crochelet, 2015).

I.1.2. Le bassin Algérien :

Le bassin algérien occupe la majeure partie du sud-ouest de la Méditerranée. De part ses caractéristiques géographiques, ce bassin est une composante essentielle de la région pour la circulation générale des masses d'eau en Méditerranée occidentale (Millot, 1999). La profondeur du bassin algérien est de plus de 2 600 m est décrite, selon Millot (1987), comme la zone d'accumulation de mélange et de déplacement des eaux de l'océan Atlantique. Sans cette couche superficielle, les veines d'eau intermédiaire s'écouleraient vers le milieu du Bassin Algéro-Provençal.

Le bassin est un réservoir tampon d'eaux atlantiques modifiées entre le détroit de Gibraltar et la Sicile. Sa dynamique est dominée par l'interaction entre les eaux de l'océan Atlantique nouvellement formé et les eaux résidentes plus denses. Elle s'étend de Ain El-B'Har (la frontière tunisienne) à l'oued Kiss (la frontière marocaine) avec une longueur de 1 .100 km à vol d'oiseau et de 1283 km, en tenant compte des différents virages de la côte. Cette simple différence montre que la côte algérienne est droite et peu accidentée. De l'oued Kiss au Ras Ténès, il a une direction générale du Sud-Ouest au Nord-Est. Après cela et jusqu'à la frontière tunisienne, cette côte se trouve en grande partie en ligne droite et s'étend d'Ouest en Est.

I.1.3. L'écosystème méditerranéen et la biodiversité :

Selon l'article 2 de la Convention de Rio (Doubé-Bille & Kiss, 1992), on peut préciser la biodiversité comme «la variabilité des organismes vivants de toutes origines, y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques, et les complexes écologiques, dont ils font partie. Cette définition inclut la diversité à l'intérieur des espèces, entre les espèces et la diversité des écosystèmes ».

La biodiversité est toute la vie végétale et animale. Chaque interaction entre deux êtres vivants est une valeur conditionnelle pour l'équilibre de la vie. Aujourd'hui, les interactions entre l'homme et la nature sont source de déséquilibres qui menacent la biodiversité et donc l'avenir de l'espèce humaine.

La Méditerranée est une mer oligotrophe même si elle offre une biodiversité très élevée : 7% de la faune mondiale se trouve dans 1% de la surface océanique mondiale. La flore et la faune sont variées à un rythme d'endémicité particulièrement élevée (environ 30%). L'une des origines déterminantes de l'écosystème méditerranéen est l'herbier de *Posidonia oceanica*, qui abrite des espèces endémiques de la Méditerranée et qui forment des prairies sous-marines (herbiers) avec une faune et une flore extrêmement riche et variée (frayère et nourricerie) (Kantin *et al.*, 2006). Entre 10 000 à 12 000 espèces de plantes et d'animaux ont été recensées en Méditerranée. Parmi ces espèces, on compte 650 espèces de poissons (les 3/4 d'entre elles vivent dans les 50 premiers mètres de profondeur). Il est à noter que 30% des espèces méditerranéennes sont endémiques, représentées par 2000 crustacés, 1400 mollusques, 150 échinodermes, 450 méduses, 600 éponges et 1350 algues et plantes marines. De plus, il existe 5 espèces de reptiles et 21 espèces de mammifères marins (Coudre, 2002).

I.1.4.1. Biodiversité marine en Algérie :

La côte algérienne recèle une merveilleuse richesse spécifique en termes de plantes et d'invertébrés et de Poissons (DGE / ISMAL, 2000; PNT / ISMAL, 2003; PNG/ISMAL, 2003), sans compter les inventaires systématiques pour les plantes et les animaux sous-marins, qui ne sont pas encore achevés. Par ailleurs le bassin algérien représente un des points chauds" pour la biodiversité marine. Un total de 6,488 espèces marines a été déterminé grâce à 1893 travaux de recherches réalisés à nos jours sur toute la côte algérienne. Cette diversité spécifiée dans le milieu marin algérien est supérieure aux compilations bibliographiques réalisées par PNUD-Algérie (2005), qui confirme qu'il n'y a que 3.793 espèces marines sur la côte algérienne.

I.2. Généralités sur les échinodermes :

Les échinodermes sont des animaux marins benthiques remarquables par leur variété et leur diversité de stratégie de survie (reproduction, alimentation, prédation). Ils forment un groupe très Ancien. Les plus anciennes traces de fossiles remontent à la période cambrienne (il y a 700 millions d'années). Les formes à symétrie bilatérale, l'hétérostèle et seules les formes plus anciennes sont sessiles.

L'embranchement comprend les astérides (étoiles de mer), les ophiuridés (ophiures) et des Holothuries (Concombre de mer) crinoïdes (plumes de mer) et échinides (oursins) (Kouadri, 2014).

I.2.1. Description des échinides :

Les échinides (ou oursins) sont apparus il y a 450 millions d'années et coloniseront toutes les mers du globe. L'apparition des oursins irréguliers dotés d'une symétrie pentaradiée, est plus tardifs que celle des oursins réguliers, ces derniers sont apparus à partir du jurassique, il y a 180 millions d'années.

Le mot Echinides vient du mot grec "ECHINOS", qui signifie hérisson. Surtout les oursins *Paracentrotus lividus* et *Arbacia lixula* sont deux des échinides les plus importants de la Méditerranée (Nedelec 1982 ; Verlaque 1987 ; Hereu *et al.*, 2005 ; Soualili, 2008).

I.2.2. Description des oursins :

I.2.2.1. Les Oursins irréguliers :

Ces oursins ont une symétrie binaire, ainsi qu'une symétrie radiaire, en raison de la position de l'anus s'écartant des niveaux de symétrie. Les piquants de ces oursins en général beaucoup moins gros que les oursins réguliers, ils sont disposés très serrés comme les poils d'une moquette. Il existe deux classes d'oursins irréguliers : les clypéastres ou "dollars des sables", qui ont la coquille aplatie comme une lentille et spatangues, en forme de cœur, n'ont pas d'organe de mastication. Au lieu de cela, les oursins vivent sur des fonds vaseux et s'enfouissent plus ou moins dans la vase ou le sable. De nombreuses espèces se nourrissent de molécules organiques qui se mélangent aux sédiments (Tortonese et Vadon, 1987).

I.2.2.2. Les oursins réguliers :

Les oursins réguliers ont une forme de test variable, qui peut être sphérique, subsonique, cordiforme, aplatie ou discoïdal (Koehler, 1921). L'oursin régulier est caractérisé par la présence de deux pôles: un pôle distal au centre à partir duquel la bouche et le pôle apicale au centre duquel

s'ouvre l'anus: par l'axe ; il relie ces deux pôles et traverse cinq régions plans qui partagent toutes deux parties égales.

Ces cinq plans défissent 10 secteurs : cinq zones portant la podia ou les pieds ambulatoires (élément caractéristique des échinodermes, qui permet aux oursins de se déplacer lentement en bas), qui changent avec cinq zones sans podia. La coquille, appelée test, est solide ; et se compose de grandes plaques de calcaires imbriquées, l'un dans l'autre et elle est ornée de piquants mobiles (Allain, 1972).

I.3 Présentation de l'espèce *Paracentrotus lividus* :

L'oursin *P. lividus* est un oursin de la famille des Parechinidae, surnommé aussi «Oursin Violet», de taille moyenne, atteignant jusqu'à 8cm de diamètre piquants compris. Il est le plus souvent de couleur sombre (généralement violet, marron ou vert olive) mais jamais noir, ce qui permet de le distinguer de son cousin l'oursin noir (*Arbacia lixula*) (fig.2).



Figure 2. Photo montrant l'oursin commun *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816).

I.3.1 Les noms vernaculaires de l'oursin *P. lividus* :

Les noms vernaculaires de cette espèce, les plus couramment utilisés dans les pays riverains de la méditerranée, sont indiqués dans le tableau 01 (Davidson, 1981 ; Fischer *et al.*, 1987).

Tableau 01 : Noms vernaculaires de l'oursin *Paracentrotus lividus*. (Davidson, 1981 ; Fischer *et al.*, 1987).

Pays	Noms
Algérie	Quanfoud El – bahar
Tunisie	Quanfoud bahri
Liban	Toutia
France	Oursin commun, oursin de pierre et châtaigne de mer
Italie	Riccio di mare
Espagne	Erizo de mar
Malte	Rizza

I.3.2 Position systématique :

La classification systématique de l'oursin *Paracentrotus lividus* selon Fischer *et al.*, (1987) est comme suit :

Embranchement : Echinodermata

Classe : Ehinoidea

Sous classe : Regularia

Ordre : Diadematoïdea

Sous ordre : Camarodonta

Famille : Echinidea

Genre : Paracentrotus

Espèce : *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816).

I.3.3. Distribution géographique :

L'oursin, *Paracentrotus lividus*, est une espèce des mers épicontinentales avec une large distribution géographique. La distribution de *P.lividus* comprend toute la Méditerranée, ainsi que l'océan Atlantique, les îles Canaries et l'Écosse jusqu'au sud du Maroc (Regis, 1978, Tortonese Vadon, 1987 et Boudouresque & Verlaque, 2007) (Fig.3).

Il occupe surtout l'étage infralittoral (Grass *et al.* 1970). On peut le trouver à des profondeurs de - 80 mètres (Guettaf,M., 1997). La densité la plus élevée est observée entre 0 et 10 Mètres (Lawrence, 2013). Ils colonisent principalement les régions tempérées ou les conditions thermiques océaniques oscille entre 10 et 15 ° C en hiver et 18 et 25 ° C en été (Jacinto *et al.*, 2013).

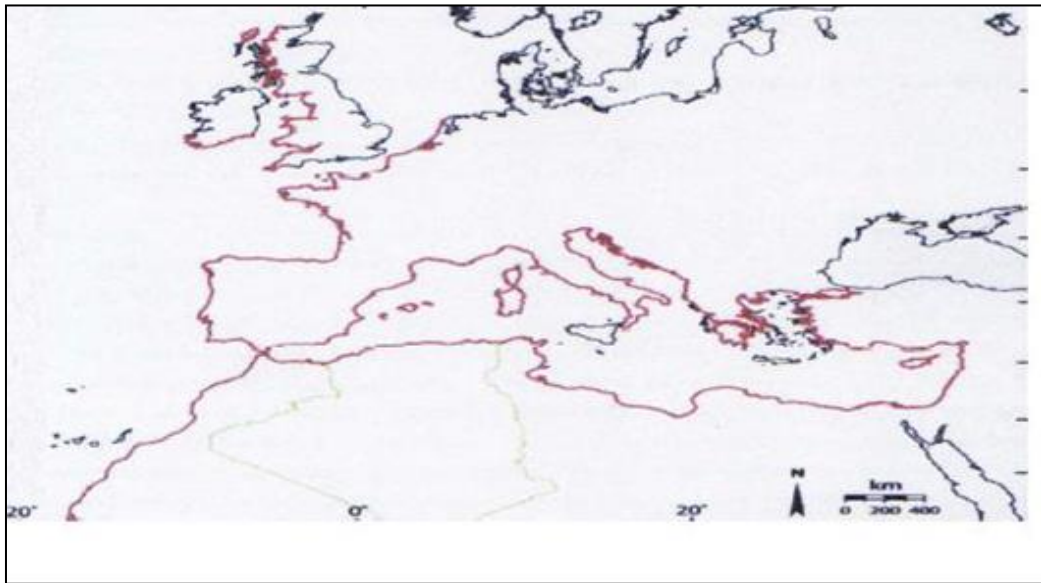


Figure 3. Carte de répartition de l'espèce *P.lividus* (Fredjg, 2002).

I.3.4 Caractères morphologiques :

I.3.4.1. Morphologie externe :

Les oursins sont caractérisés par une symétrie penta radiaire (Fig.4), 5 zones ambulacraires portant les pieds ambulacraires et 5 zones inter ambulacraires, au niveau desquelles les piquants sont mis en place chacune de ces zones se compose d'une double rangée du squelette de nature calcaire : le corps est de forme plus ou moins sphérique aplatie à ses deux pôles (Fischer et al, 1987). La partie inférieure (oral) dirigée vers le substrat comprend la bouche entourée d'une membrane, le péristome, tandis que la partie supérieure (aboral) comprend l'anus entouré d'une membrane, c'est le test de l'oursin. Ce dernier est rond (contour circulaire) peu élevé, aplati sur sa face ventrale et hérissé portant divers appendices ; Piquants, podia et pédicellaires. L'Axe de symétrie du corps passe par la bouche et l'anus déterminant les pôles oraux où se trouve l'appareil masticateur appelée Lanterne d'Aristote (Fischer *et al.*, 1987; Grosjean, 2001).

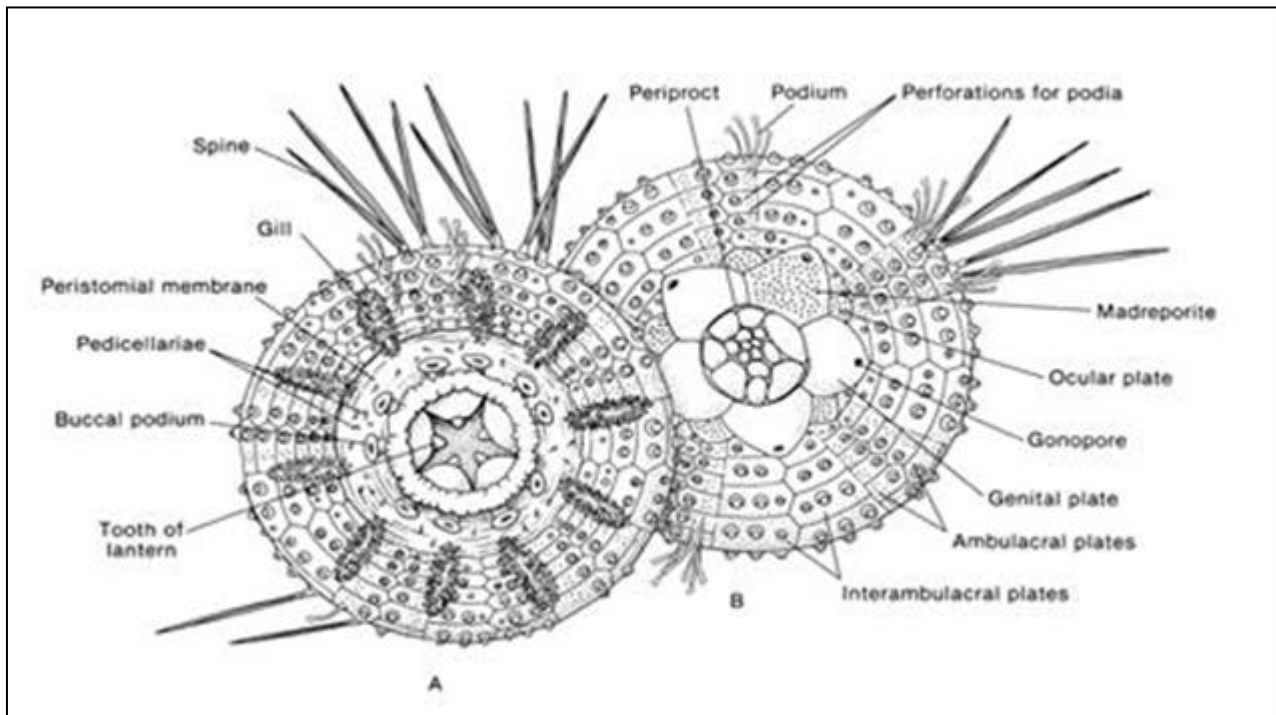


Figure 4. Morphologie externe de l'oursin *Paracentrotus lividus*. (A) : Vue orale, (B) : Vue aborale (Ruppert et Barnes, 1994).

I.3.4.2. Morphologie interne :

Comme tous les oursins réguliers, les espèces de *Paracentrotus lividus* présentent un test protégeant une grande cavité cœlomique, qui abrite en grande partie les organes digestifs et reproducteurs. Tous les autres systèmes internes : le système aquifère, les sinus, le système nerveux et le système lacunaire ou le sang sont répartis entre les sections au centre de cette cavité, qui est rempli d'eau de mer où on retrouve des globules sanguins en suspension (Tortunese, 1965).

En interne, le système digestif comprend la bouche au milieu de la face inférieure du test, dans laquelle la lanterne d'ARISTÖTE fait saillit, qui est un organe puissant composé de cinq ensembles pour complexes ou mâchoires. Chaque mâchoire comprend les dents, une rotule et un compas (Legall, 1987). La lanterne d'Aristote est reliée au corps par des fibres conjonctives et musculaires sur les auricules : l'estomac est doublé d'un siphon intestinal où la digestion et l'absorption ont lieu, au niveau de l'intestin et se termine à l'anus dorsal (Beaumont et Cassier, 1978). L'organe reproducteur est constitué de cinq gonades en position inter radiaire chacune reliée à l'extérieur par un conduit génital qui traverse le test au niveau des plaques génitales qui entourent l'anus (Boue et Chanton, 1978) (Fig.5).

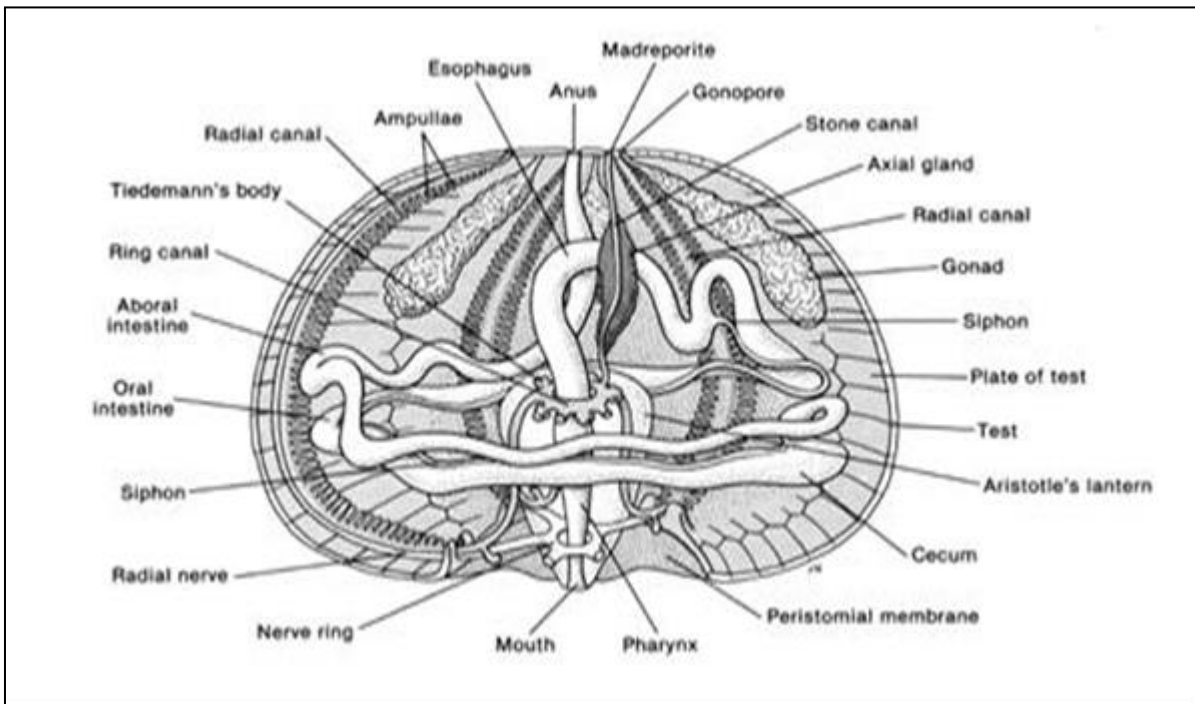


Figure 5 : Morphologie interne de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Ruppert et Barnes, 1994).

I.3.5. Habitats de l'oursin :

Cette espèce vit dans des biotopes très hétérogènes tels que : les fonds rocheux et les herbiers de Posidonie parfois sur des fonds sableux, mais toujours préférentiellement sur des fonds à faible profondeurs. Elle se trouve principalement au niveau infralittoral entre 0 m et 30 m (Mortensen, 1927). Elle a été signalée jusqu'à -80 m (Tortonese, 1965, Finaux 1968 ; Munar et Moreno, 1987). Au niveau de la partie supérieure de l'étage infralittoral, cet oursin est si abondant qu'il représente une distribution, qui est fonction de l'intensité de l'hydrodynamisme. Les individus âgés sont plus visibles. Par contre, les juvéniles se cache dans les fissures et sous les rochers (Kempf, 1962 ; Fenaux, 1968 ; Harmelin *et al.*, 1981).

L'oursin *P. lividus*, a une phase de vie pélagique correspondant à la phase larvaire, qui dure jusqu'à 30 jours et est relativement longue. À la fin de la vie larvaire, lors de la métamorphose, les post-larves tombent au fond et collent au substrat où elles vont être recrutées et commencé leur vie benthique qui dure plusieurs années. Cet oursin *P. lividus* peut résister à des températures de 4 ° C à 30 ° C et peut survivre en milieu lagunaire à des salinités entre 15 et 40 (Fernandez et Boudouresque, 1997 ; Boudouresque et Verlaque, 2007).

I.3.6 Régime alimentaire :

Il s'avère que le régime alimentaire de l'oursin *Paracentrotus lividus* est très variable et dépendant de la zone occupée, qui est considérée comme relativement électrique dans le choix de sa nourriture (Verlaque, 1987). Ce dernier est principalement herbivore mais dans certaines conditions, il peut être omnivore (Neil et Postor, 1973 ; Regis, 1978). On peut trouver dans son contenu digestif, une partie animale constituée de foraminifère, de Bryozoaires et spongiaires (Traer, 1980 ; Verlaque, 1987).

L'analyse du contenu digestif de cet oursin indique qu'il s'agit d'un animal brouteur opportuniste comme de nombreux échinides réguliers (De Ridder et Lawrence, 1982). Il consomme toutes les parties de *Posidonia oceanica*: feuilles vivantes avec ou sans épiphytes, feuilles mortes, feuilles de litière et même des parties du rhizome ainsi que les racines (Boudodouresque et Verlaque, 2001). Il consomme également principalement des algues photophiles, du genre *Podia pavonica*, *Cytoseira buliarica*, (Regis, 1978). Il montre une certaine sélectivité dans l'herbier de Posidonie (Verlaque, 1987). Par ailleurs, le régime alimentaire varie avec la taille, et donc il passe de la consommation d'organismes de la strate encroûtante épiphyte des rhizomes et des feuilles (faune sessile) chez les juvéniles avec des feuilles, à leur épiphyte chez des individus de plus de 20 mm de diamètre sans radiole (Verlaque, 1987), pour enfin, consommer préférentiellement la partie la plus épiphytée de la feuille (Traer, 1980; Nedelec *et al.*, 1984).

L'importance de la ration nutritionnelle de *Paracentrotus lividus* et la sélectivité de sa nutrition en font un facteur critique dans la distribution et l'évolution des peuplements superficiels des macrophytes benthiques en Méditerranée (Nedelec, 1982 ; Verlaque, Nedelec, 1983).

I.3.7. La reproduction :

Paracentrotus lividus est gonochorique, les sexes sont séparés et le cycle de reproduction est annuel, le plus important au printemps, deuxième moins important en automne (Fenaux 1994; Lopez *et al.*, 1998; Thomas *et al.*, 2004). Les gonades sont matures au printemps, les males possèdent des gonades allongées qui émettent un liquide blanchâtre lorsqu'elles sont mures pour les femelles ont la même forme sauf la couleur est orange et émettent un liquide orangé. Les individus matures émettent simultanément leurs gamètes dans la colonne d'eau où se produit la fécondation.

L'œuf se segmente pour produire une larve pélagique à symétrie bilatérale. Après différents stades successifs (temps évalué autour de 4 mois), elle rejoint le fond pour se métamorphoser en oursin (Lawrence, 2013 ; Grosjean, 2001).

L'ovogénèse se déroule au niveau des gonades, les gonades sont matures au printemps ; au moment de la reproduction, la lumière est remplie d'ovocytes matures et des ovules, qui sont libérées dans l'eau où la fécondation a lieu (Guettaf, 1997) (Fig.6).

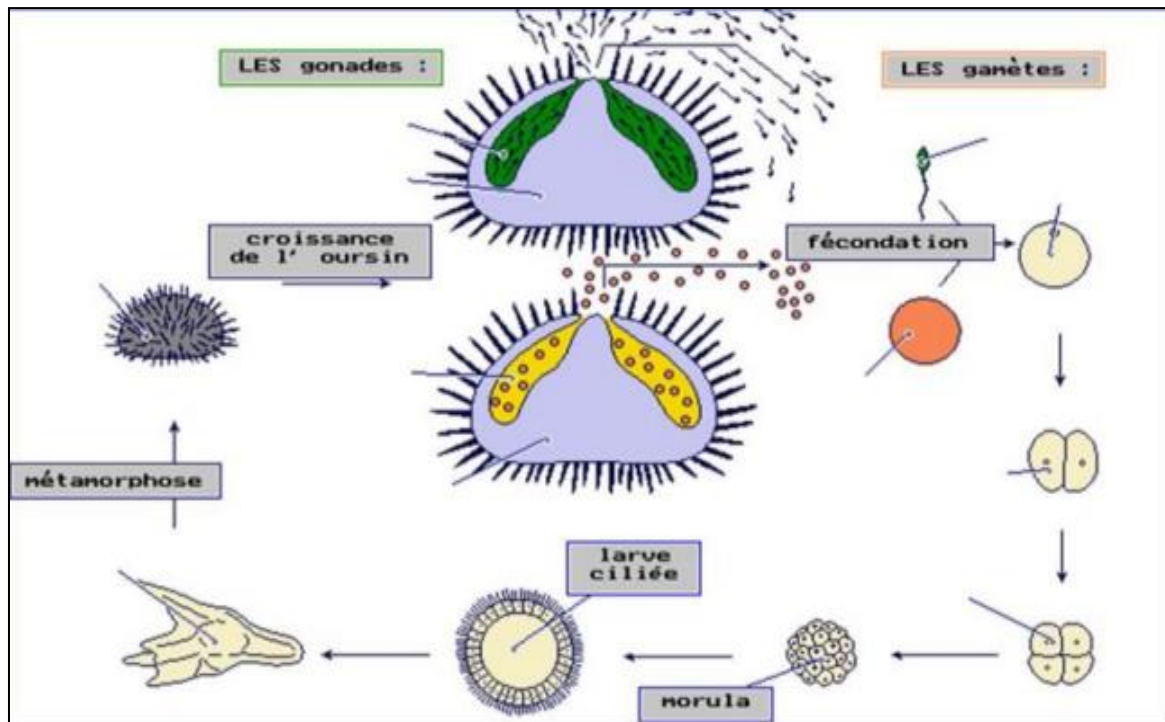


Figure 6 : Représentation schématique du cycle de reproduction de *P. lividus*.

I.3.7.1. Développement larvaire chez les oursins :

Les oursins sont des organismes ovipares gonochoriques. Le cycle des épisodes de reproduction commence par la libération de gamètes dans la colonne d'eau, souvent synchronisée au sein d'une population, et peut-être déterminée par des signaux chimiques spécifiques aux oursins (Pennigton, 1985).

L'ovogénèse se produit dans les gonades, au moment de la reproduction. Les gonades sont remplies par des ovocytes murs et des ovules qui sont libérés dans l'eau où la fécondation se produit (Guettaf, 1997). Divers auteurs ont montré une certaine homogénéité par rapport à ces périodes de pontes, car en général, le processus d'émission des gamètes (la ponte) est effectué deux fois par an en Méditerranée, la première apparition à la fin du printemps, la seconde à la fin de l'été (Allain, 1975; Byrne, 1990; Guettaf, 1997 ; Soualili, 2008 ; Soualili *et al.*, 2009).

De quarante-huit à soixante-douze heures après la fécondation, les larves de surface apparaissent avec quatre bras. Il est appelé Echinopluteus, avec une taille de 450 à 550 µm, aussi bien en laboratoire (Pressoir, 1959) qu'en milieu naturel. Cette étape (4 bras) est sensible à la qualité du

milieu dans lequel la larve se développe, mais aussi Qualité et quantité de nourriture disponible (Fenaux, 1968, 1969).

Les larves Plutéus soumises à de courtes périodes de jeun ne se développent pas du tout quand elles n'ont jamais été nourries avant. Par contre, lorsque les Plutéus ont déjà été nourris, c'est la longueur des larves, ainsi que le diamètre des post larves qui sont affectés par l'alimentation (Fenaux *et al.*, 1988). La larve appartient au méroplancton, elle vit pendant un à deux mois, jusqu'à ce que sa morphologie adulte lui permette de rejoindre son habitat benthique (Verlaque, 1984 ; Fenaux *et al.*, 1985 ; Pedrotti et Fenaux, 1992 ; Fenaux, 1994). La durée du stade larvaire de *Paracentrotus lividus* est variable et conditionnée par de nombreux facteurs, notamment l'apport en nutriments et la température (Pavillon, 1977 ; Cellario et Fenaux *et al.*, 1987). Plusieurs auteurs s'accordent à dire que la sensibilité des larves et des juvéniles est bien présente et est plus forte que les adultes. Il comprend les stades embryonnaires des invertébrés marins. Les oursins sont plus sensibles aux polluants et aux changements environnementaux tels que l'augmentation de la toxicité des éléments minéraux. De nombreux tests et travaux de Pagano et al. (1988) et Dinnel (1990) ont permis de mettre en évidence plusieurs anomalies du développement.

Les différents stades embryonnaires causés par les polluants. Anomalies morphologiques qui affectent la larve de Plutéus de *Paracentrotus lividus* ont été résumées par Klockner et al (1985) et reportées sur la figure 7.

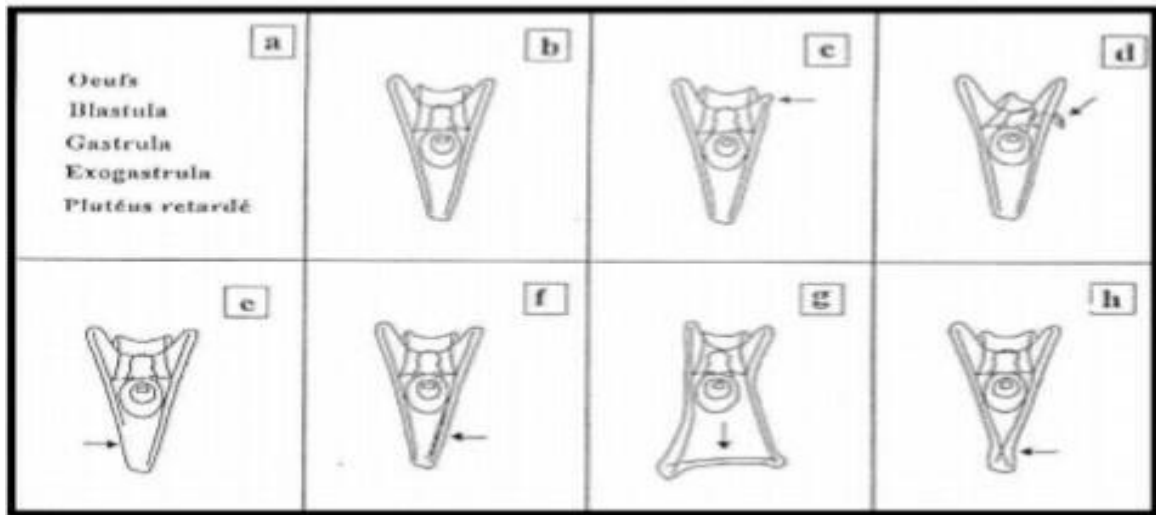


Figure 7: Les différentes anomalies embryonnaires et larvaires chez *Paracentrotus lividus* (d'après Klöckner *et al.* 1985). (a): développements retardés; (b): développement normal. (c): longueur inégale des baguettes somatiques; (d) baguette antéro-latérale tordue; (e): une baguette somatique plus courte; dédoublement d'une baguette somatique; (g): surnombre des baguettes somatiques et (h): chevauchement des baguettes somatiques.

I.3.8. Rôle écologique :

En mer Méditerranée, *P. lividus* invertébré benthique herbivore, est une espèce majeure dans la régulation des communautés algales, en particulier dans les premiers mètres de profondeur (Ruitton *et al.*, 2000; Boudouresque et Verlaque 2007).

De plus, elle est considérée comme une espèce clé des écosystèmes méditerranéens tels que : ceux à *Posidonia oceanica* (Delille, 1813), où les écosystèmes sur un substrat corallien solide, des densités élevées d'oursins peuvent pratiquement éliminer de vastes zones de végétation de grande taille et stimuler la production d'un environnement biodégradable dominé par les algues coralliennes. Il joue également un rôle important en tant qu'indicateur biologique de la pollution des écosystèmes marins côtiers. En raison de l'échantillonnage, les oursins devraient figurer parmi les biomarqueurs les plus utilisés dans les programmes d'évaluation de la qualité du milieu marin (In Guendouzi, 2011).

Chapitre II : partie 1
MATÉRIEL ET MÉTHODES

II.1 Utilisation du test de la qualité du développement embryonnaire de l'oursin

II.1.1 Matériel biologique

L'oursin *Paracentrotus lividus*, espèce bioindicatrice de pollution, a été choisi comme un outil d'évaluation de la qualité des milieux marins côtiers d'Alger, pour diverses raisons :

- Sa large distribution en Méditerranée et particulièrement sur les côtes rocheuses de l'Algérie.

- Le fait qu'il tient un rôle clé dans l'écosystème méditerranéen (herbier de Posidonies notamment) (Boudouresque et Verlaque, 2001).

- L'oursin *Paracentrotus lividus* est reconnu mondialement comme un bon indicateur de la santé du milieu marin et un bioaccumulateur (EPA, 1988 ; Chapman, 1991, 1992).

- Le développement embryonnaire chez cet oursin est bien quantifié (Kobayashi, 1981 ; Pagano *et al.* 1988 ; Soualiliet *al.* 2008). L'oursin est fortement sensible aux produits chimiques et à de nombreux contaminants.

II.1.2 Choix des sites :

Le sujet abordé au cours de ce travail a été réalisé sur deux sites différents dans la région d'Alger. Les deux sites sélectionnés sont présent dans deux baies différentes : Sidi Fredj se trouve dans la baie de Bou-Ismaïl et Alger Plage située dans la baie d'Alger (Fig 8). Les sites ont été choisis d'une part, pour leurs positions géographiques intéressantes et d'autres parts, pour leurs différences d'exposition aux différentes sources de pollution. Tout en considérant que le site de Sidi Fredj comme plus au moins référentiel, et Alger plage quant à elle comme étant une zone polluée qui reçoit plusieurs rejets d'origine urbaines et industrielles.



Fig 8 : Localisation des zones d'étude dans la région d'Alger (Google Earth 2020).

II.1.2.1 Les données générales sur la zone d'étude

La wilaya d'Alger s'étend sur 808,89 km, limitée par au nord, la mer Méditerranée, à l'est, la wilaya de Boumerdes à l'ouest, la wilaya de Tipasa et au sud, la wilaya de Blida.

La baie d'Alger est située dans la partie centrale de la côte algérienne entre les longitudes Est : de 03°01'00" E à 03°14'30" E et les latitudes Nord : de 36°44'30" N à 36°49'15" N. De forme semi-circulaire et avec une superficie approximative de l'ordre de 180 Km², elle s'inscrit en creux dans la plaine de La Mitidja. Elle est délimitée par deux caps, La Pointe Pescade (Rais Hamidou) à l'Ouest et le cap Matifou (Tamentfoust) à l'Est ainsi que par la Méditerranée occidentale au Nord. Deux Oueds se déversent dans la baie d'Alger, ce sont Oued El Hamiz et Oued El Harrach.

Quant à la baie de Bou-Ismaïl, elle est située à l'ouest d'Alger du Ras Acras jusqu'au Cap MontChenoua entre longitude 2°54'E et 2° 24'E latitude 36°48'N et 36°38'N, d'une superficie de 350 Km², est délimitée à l'Ouest par le massif du Chenoua et à l'Est par le massif de Bouzeréah. L'ouverture de la baie s'oriente selon un axe nord-ouest d'environ 40 Km.

La baie de Bou-Ismaïl peut être divisée en quatre zones géographiques :

- La baie d'El Djemila limitée à l'Est par Ras Arcata et à l'Ouest par la presqu'île de Sidi Fredj est caractérisée par une cote basse sableuse et de nombreuses formations dunaires.
- Le secteur Sidi Fredj-Oued Mazafran constitué sur environ 12 Km de plage de sables fins.

-Une côte rocheuse ; faisant suite au secteur ci-dessus, longue de 30Km dont la limite à l'Ouest est Tipaza.

-La baie du Chenoua où se jette l'oued Nador débute à partir de Tipaza : elle est bordée dans sa partie Ouest par le massif du Chenoua. Tout le fond de cette baie est occupé par une plage de sable fins. (ANRH,2007)

II.1.2.1.1 Le site de Sidi Fredj

La station est située en face d'un centre de Thalassothérapie, qui se trouve sur un plateau rocheux de la presqu'île de Sidi Fredj à 25 Km à l'ouest d'Alger et à l'Est de la baie de Bou-Ismaïl. Elle est située dans une zone semi-fermée, bien protégée des vents dominants de secteur Est et, Nord-Est. Le substrat est rocheux avec quelques bandes sableuses et composé de mélanges de blocs de différentes dimensions. Cette zone est occupée par un herbier de *Posidonia oceanica* relativement homogène, qui est entrecoupé par des inter-mattes et est également caractérisée par la présence d'une pelouse à *Cymodocea nodosa*. Par ailleurs, Sidi Fredj est une station qui comprend plusieurs complexes touristiques et un centre de thalassothérapie marqués par une importante activité en période estivale.



Fig 9: Le site d'échantillonnage de Sidi Fredj (Google Earth 2020).

II.1.2.1.2 Le site d'Alger plage :

Ce site a une profondeur allant 1-3 m. On trouve des blocs de taille moyenne, des cailloux avec algues photophiles et quelques touffes d'herbier dégradé à *Posidonia oceanica*, parfois du sable propre ou vaseux. Petit (1972) décrit la zone d'Alger Plage près de la côte à 2-3 m de profondeur, comme étant caractérisée par une végétation abondante, mêlée à des roches de taille moyenne, qui sont taraudées par les dattes de mer *Lithophaga lithophaga* avec de nombreuses cardites *Cardita aculeata* incrustées dessus. Du point de vue faunistique, il cite comme espèces caractéristiques de cette zone *Cardita trapezia*, *Arbacia barbata*, *Paracentrotus lividus*, *Lithophaga lithophaga*, *Cardita aculeata* et *Venus verrucosa*. Du point de vue floristique, il cite *Posidonia oceanica*, *Peyssonnelia squamaria*, *Padina pavonica*, *Halopteris scoparia*, et des algues calcaires encroûtantes (*Lithophyllum incrustans*). Les oursins sont présents sur un fonds rocheux avec algues photophiles. Outre la pollution industrielle, cette zone est soumise à de nombreux rejets d'oueds et d'émissaires domestiques non traités.

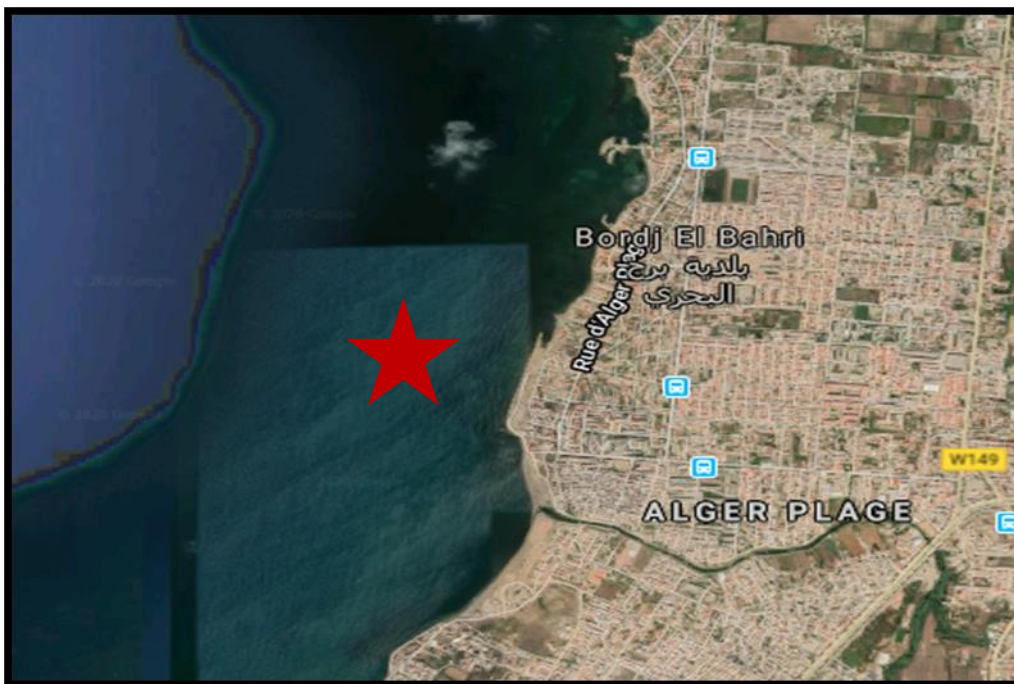


Fig 10 : Le site d'échantillonnage d'Alger plage (Google Earth 2020).

II.2. Méthodes d'échantillonnage

II.2.1 Prélèvement

Un prélèvement de 30 individus de *P.lividus* au niveau de chaque site. Le protocole d'échantillonnage prévoit un prélèvement dans les deux stations à savoir Sidi Fredj et Alger Plage.

Le transport des spécimens se fait dans une glacière pour maintenir les conditions du milieu stable et sont traités suite à cela le jour même au laboratoire (Fig 11).



Figure 11 : Récolte des échantillons d'oursins (Ghali et Dria., 2019).

II.2.2 Prélèvement du sédiment et de l'eau de mer

Simultanément au prélèvement d'oursins, le sédiment superficiel et l'eau de mer de chaque site sont prélevés et conservés dans des flacons hermétiques. Les échantillons sont transportés dans une glacière (à 4°C) et sont traités immédiatement à l'arrivée au laboratoire.

II.2.3 Traitement au laboratoire

La détermination du sexe des oursins est basée sur la couleur des gonades et leur laitance. Si les individus d'oursin sont mûrs, ils émettent un liquide blanchâtre pour les mâles et de couleur orange pour les femelles (Fig 12).

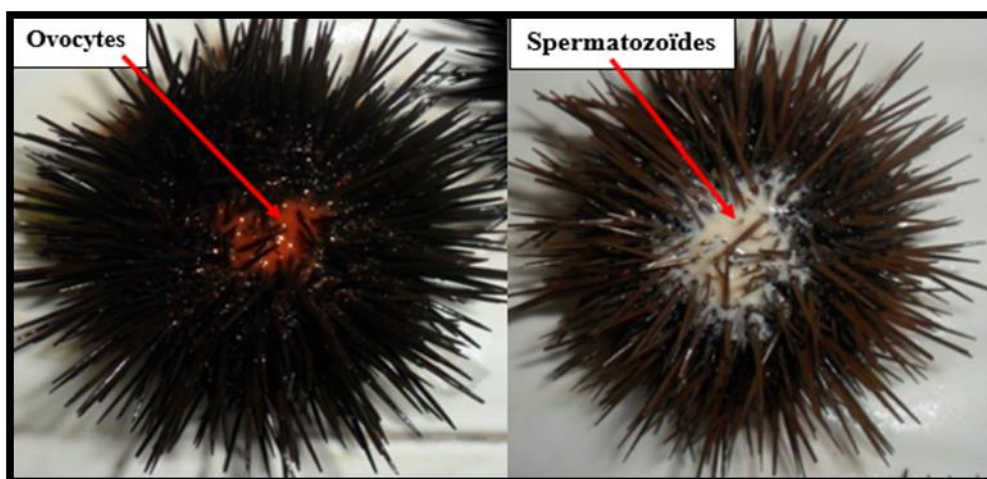


Figure 12: gonade femelle (ovotide), gonade mâle (spermatozoïdes). (Présent travail)

Une quinzaine d'oursins matures ont été lavée à l'eau de mer filtrée (de chaque site). Par la suite, la libération des gamètes a été activée par l'injection dans chaque oursin par 2 ml d'une solution de KCl (à 8%) (Fig 13).

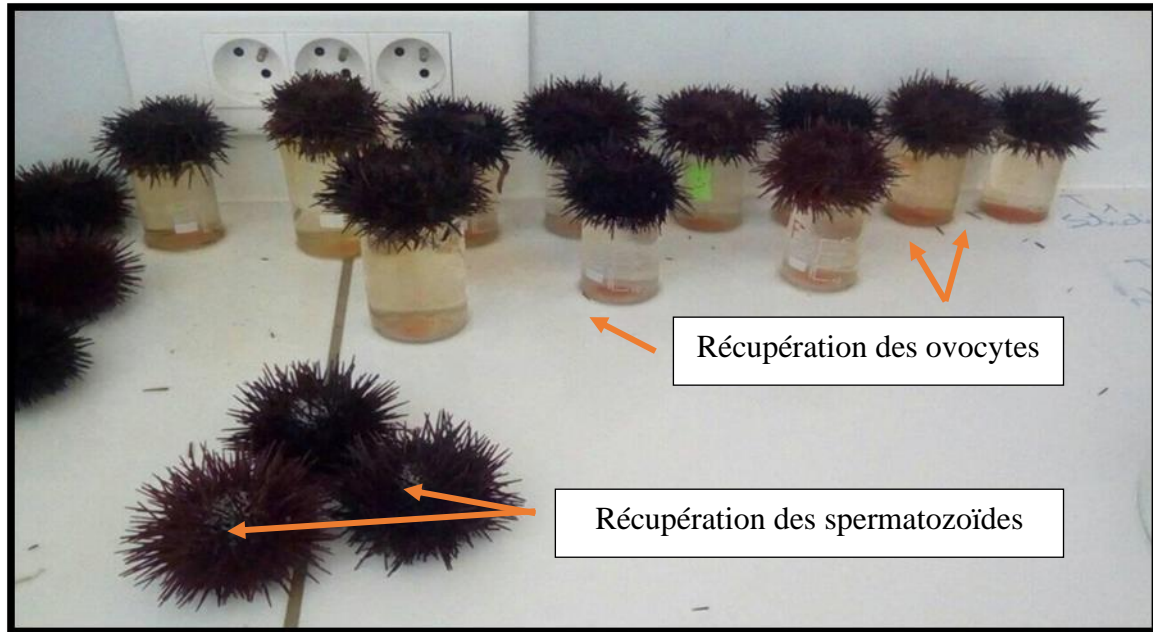


Figure 13: Mode opérationnelle pour l'obtention des gamètes de l'oursin *P.lividus*
(Présent travail)

II.2.4 Test de fécondation

L'analyse a été réalisée en fécondant les œufs de 5 femelles individuellement par le sperme poolé de 3 mâles, les boîtes de pétrie sont remplies par d'eau de mer filtrée (10 ml) et de sédiment de chaque site (0,1g). Dans chaque boîte, on a rajouté 300 μ l de gamètes femelles fécondés avec environ 60 μ l de sperme poolé de trois males (Fig 14).

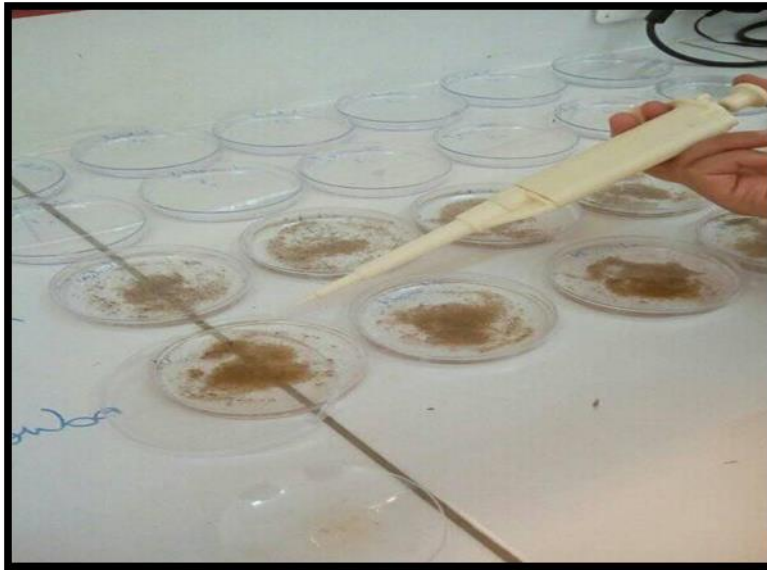


Figure 14: Application du test du développement larvaire de l'oursin *P. lividus*. (Présent travail)

Plusieurs tests et essais ont été réalisés, afin de déterminer l'effet de l'eau de mer filtrée (EMF) et de l'eau de mer non filtrée (EMNF) sur le développement larvaire des œufs d'oursins, et cela en répétant le même protocole précédant mais cette fois-ci en utilisant l'eau de mer sans passer par une filtration. Pour ensuite voir aussi l'impact de l'eau de mer et du sédiment d'un site sur le développement larvaire des œufs d'oursins prélevés de l'autre site et vis-versa.

Après une heure de contact, la qualité et le succès des fécondations sont vérifiés sous Microscope inversé par la présence d'une membrane de fécondation, sur un ensemble de 100 ovocytes.



Figure 15: Observation microscopique des ovocytes fécondés (X40).

Les boîtes sont ensuite incubées à 20°C à l'obscurité. Au bout de 72 heures, les larves sont fixées au formol dilué à 8% (4 à 5 gouttes par puit). Par la suite, les boîtes sont stockées à 4°C. Le nombre de

pluteus appartenant aux différents stades de développement embryonnaire est ensuite comptabilisé, au niveau de chaque boîte, sur un total de 100 larves.

Les stades de développement embryonnaire sont distingués et dénombrés sous microscope inverse selon les critères morphologiques adaptés de Warnau et Pagano (1994) (Fig. 16) et ainsi que Klockner *et al.*, (1985) (Fig. 7 ; chapt. I).

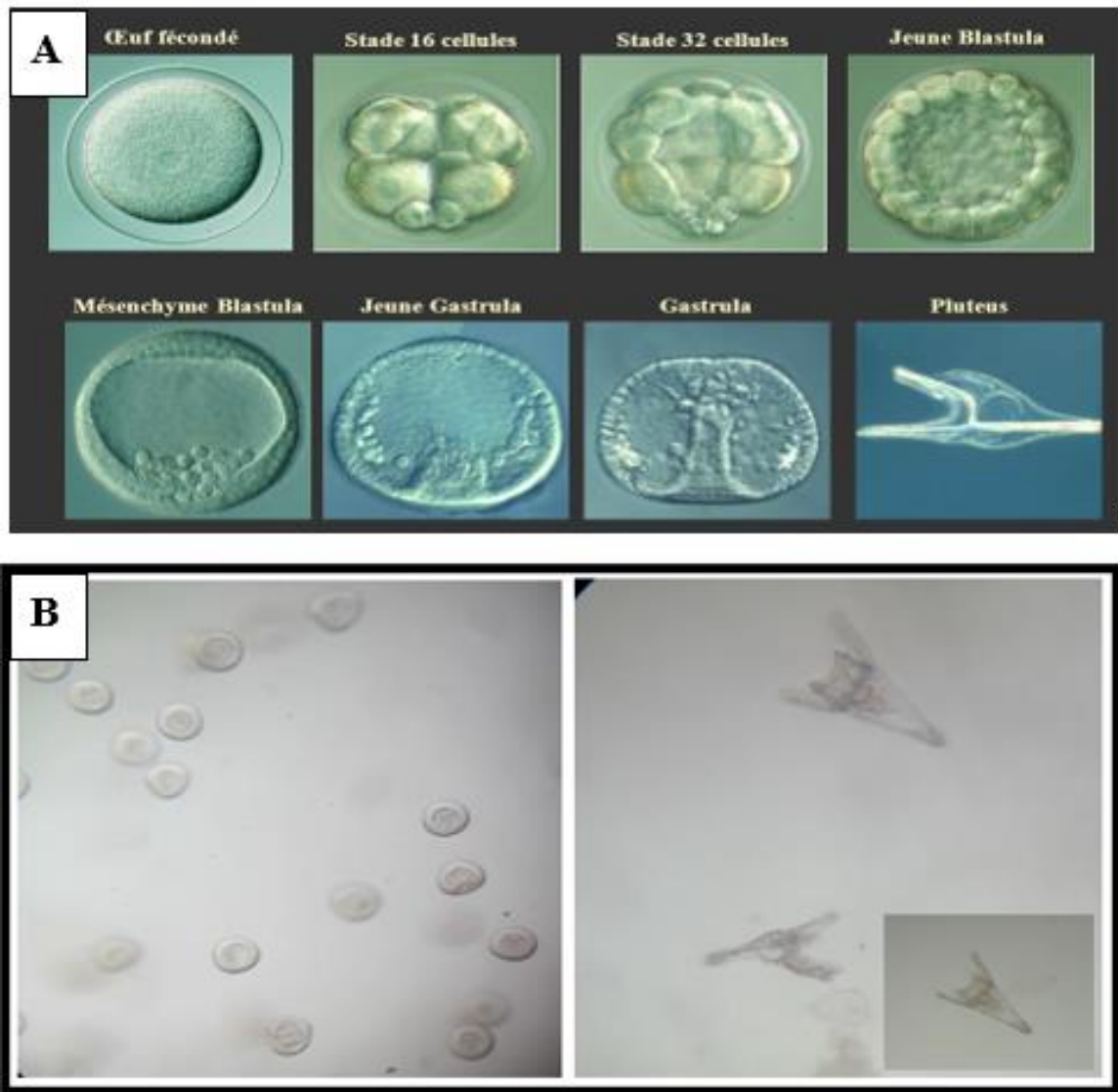


Figure 16: Les stades du développement embryonnaire de l'oursin.

(A : Warnau et Pagano, 1994 ; B : Présent travail).

Chapitre II : partie 2

RESULTAT ET DISCUSSION

III.1 Evaluation biologique de la qualité du milieu marin à travers le test du développement larvaire chez l'oursin *Paracentrotus lividus*

L'évaluation de la qualité de l'eau de mer de la région d'Alger à travers l'oursin *Paracentrotus lividus* sont révélés par les résultats ci-dessous.

III.1.1 Résultats du test de la qualité de l'eau de mer

III.1.1.1 Premier essai

Les résultats obtenus lors du premier prélèvement concernant le test de la qualité de l'eau sont illustrés dans le tableau 2, où les taux des différentes larves obtenus en exposant les œufs d'oursins de Sidi Fredj respectivement à l'eau de mer filtrée de Sidi Fredj et d'Alger Plage.

Tableau 2: Les fréquences (moyennes en pourcentages \pm écart type) des différentes catégories de larves obtenues après exposition des embryons de *Paracentrotus lividus* aux différentes eaux de mer : N (larves normales), R (larves retardées), P1 (larves bloquées), P2 (larves anormales) et V (larves viables : larves normales + larves retardées).

Origine de l'eau de mer filtrée	N (%)	R (%)	P1 (%)	P2 (%)	V (%)
Sidi Fredj	77,40 \pm 3,97	8,60 \pm 5,77	1,20 \pm 1,30	12,80 \pm 3,96	86,00 \pm 5,00
Alger Plage	81,80 \pm 10,78	7,00 \pm 5,43	1,60 \pm 2,61	9,60 \pm 6,58	88,80 \pm 6,06

D'après l'analyse du tableau 2, le milieu d'Alger plage a présenté un taux élevé de larves normales et de larves viables que celui du milieu de Sidi Fredj. Ces valeurs résultent que le EMF d'Alger plage est favorable que celle de Sidi Fredj pour une bonne croissance des oursins, et cela vu le taux élevé de larves anormales développés dans de l'EMF de Sidi Fredj (12,80 \pm 3,96%).

III.1.1.2 Deuxième essai

Le deuxième essai correspond au deuxième prélèvement où nous avons voulu expérimenter la qualité de l'eau de mer des deux sites sans passer par la filtration et la comparer à celle de l'eau de mer filtrée des deux sites.

Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau 3 où sont notés les taux des différentes larves obtenus en exposant les œufs d'oursins de Sidi Fredj respectivement à l'eau de mer filtrée et non filtrée des deux sites (Sidi Fredj et d'Alger Plage).

Tableau 3 : Les fréquences (moyennes en pourcentages \pm écart type) des différentes catégories de larves obtenues après exposition des embryons de *Paracentrotus lividus* aux différentes eaux de mer : N (larves normales), R (larves retardées), P1 (larves bloquées), P2 (larves anormales), V (larves viables : larves normales +larves retardées), EMF (eau de mer filtrée), et EMNF (eau de mer non filtrée).

Origine de l'eau de mer	N (%)	R (%)	P1 (%)	P2 (%)	V (%)
EMF Sidi Fredj	72,00 \pm 12,12	18,67 \pm 15,89	00	9,33 \pm 9,45	90,67 \pm 9,45
EMF Alger Plage	78,33 \pm 11,69	13,33 \pm 7,45	00	8,33 \pm 5,05	91,67 \pm 5,05
EMNF Sidi Fredj	88,33 \pm 7,64	7 \pm 6,93	00	4,67 \pm 2,52	95,33 \pm 2,52
EMNF Alger Plage	84,4 \pm 16,68	8,4 \pm 8,79	00	7,2 \pm 7,89	92,8 \pm 7,98

D'après l'analyse du tableau 3, on remarque que le développement des larves d'oursins a présenté des valeurs élevées de larves normales et larves viables dans les deux sites en présence d'eau de mer non filtrée (EMNF) par rapport au premier test en utilisant de l'eau de mer filtrée.

Aussi on a remarqué que le taux maximal de larves normales est celui du site de Sidi Fredj en présence d'eau de mer non filtrée (**88,33 \pm 7,64%**).

Ainsi que, tous les œufs d'oursins de Sidi Fredj exposés à l'eau de mer filtrée et non filtrée des deux sites (Sidi Fredj et d'Alger Plage) respectivement, sont développés jusqu'aux larves de pluteus (pas de larves bloquées).

L'utilisation de l'eau de mer non Filtrée des deux sites, nous a révélé des résultats remarquables concernant les larves retardées et les larves anormales, avec des taux très faibles par rapport aux valeurs obtenus du développement des œufs exposées à l'eau de mer filtrées des deux sites étudiés (Tab.3).

Sur ce, on peut conclure dans ce test, que l'eau de mer du site de sidi Fredj est plus favorable pour un développement larvaire des oursins du même site sans passé par une filtration de l'eau de mer.

III.1.1.3 Troisième essai

Le troisième essai correspond au troisième prélèvement ou l'expérimentation a été renouvelée de la même manière que le deuxième essai, c'est-à-dire en exposant les œufs d'oursins de Sidi Fredj

respectivement à l'eau de mer filtrée et non filtrée des deux sites (Sidi Fredj et d'Alger Plage). Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau 4.

Tableau 4: Les fréquences (moyennes en pourcentages \pm écart type) des différentes catégories de larves obtenues après exposition des embryons de *Paracentrotus lividus* aux différentes eaux de mer : N (larves normales), R (larves retardées), P1 (larves bloquées), P2 (larves anormales), V (larves viables : larves normales + larves retardées), EMF (eau de mer filtrée), et EMNF (eau de mer non filtrée).

Origine de l'eau de mer	N (%)	R (%)	P1 (%)	P2 (%)	V (%)
EMF Sidi Fredj	97,40 \pm 0,55	2,00 \pm 0,71	0,00	0,60 \pm 0,55	99,40 \pm 0,55
EMF Alger Plage	63,00 \pm 12,04	26,20 \pm 15,16	0,00	10,80 \pm 3,96	89,20 \pm 3,96
EMNF Sidi Fredj	66,60 \pm 11,59	27,40 \pm 7,23	0,00	6,00 \pm 4,98	94,00 \pm 5,57
EMNF Alger Plage	39,67 \pm 8,58	15,67 \pm 9,46	0,00	44,67 \pm 16,05	55,33 \pm 19,66

D'après l'analyse du tableau 4, nos résultats indiquent que le taux maximal obtenu de larves normales et larves viables est celui d'œufs développés dans l'eau de mer filtrée de Sidi Fredj (**97,40 et 99,40 %**) respectivement.

Cette expérience a révélé aussi que l'origine de l'eau de mer que ce soit filtrée ou non filtrée du site de Sidi Fredj, nous donne toujours les valeurs les plus élevées des larves normales et larves viables par rapport à l'eau de mer d'origine d'Alger plage. Malgré que, dans les conditions où les œufs d'oursin sont exposés à l'eau de mer non filtrée de Sidi Fredj, nous avons obtenu une valeur élevée de larves retardées (**27,40 \pm 7,23 %**).

Alors que, le développement larvaire de l'oursin exposé à l'eau de mer non filtrée d'Alger plage a démontré un taux très élevé de malformation de pluteus (**44,67 \pm 16,05%**).

D'après l'analyse des résultats de ces trois tableaux, le test de la qualité de l'eau de mer nous a révélé que l'eau de mer du site de Sidi Fredj est plus favorable que l'eau de mer du site d'Alger plage pour un bon développement larvaire de l'oursin *P.lividus*.

III.1.2 Résultats du test de la qualité du sédiment

Dans cette partie, notre but est de déterminer et voir la relation qui existe entre le sédiment, l'eau de mer filtrée (EMF) et de l'eau de mer non filtrée (EMNF) utilisée et le développement larvaire des œufs d'oursins des deux sites.

III.1.2.1 Premier essai

Les résultats obtenus lors du premier prélèvement concernant le test de la qualité du sédiment sont illustrés dans le tableau 5.

Tableau 5: Les fréquences (moyennes en pourcentages \pm écart type) des différentes catégories de larves obtenues après exposition des embryons de *Paracentrotus lividus* aux sédiments et à l'eau de mer des deux sites Alger Plage et Sidi Fredj: N (larves normales), R (larves retardées), P1 (larves bloquées), P2 (larves anormales), V (larves viables : larves normales + larves retardées), EMF (eau de mer filtrée), et EMNF (eau de mer non filtrée).

Milieu x	Origine du sédiment	Origine de l'eau de mer	N (%)	R (%)	P1 (%)	P2 (%)	V (%)
1	Sidi Fredj	EMF Sidi Fredj	85,00 \pm 11,25	4,40 \pm 3,36	1,00 \pm 1,4 1	9,60 \pm 9,61	89,40 \pm 8,85
2	Sidi Fredj	EMF Alger Plage	71,00 \pm 10,90	7,17 \pm 5,42	0,00	21,67 \pm 8,64	78,17 \pm 8,68
3	Sidi Fredj	EMNF Sidi Fredj	83,00 \pm 9,14	10,00 \pm 3,67	0,40 \pm 0,8 9	6,6 \pm 6,27	93 \pm 5,96
4	Alger Plage	EMF Sidi Fredj	88,83 \pm 6,11	7,00 \pm 5,90	0,67 \pm 0,8 2	3,50 \pm 3,33	95,83 \pm 2,93
5	Alger Plage	EMF Alger Plage	81,67 \pm 16,27	10,33 \pm 9,95	0,00	8,00 \pm 12,52	92,00 \pm 12,52
6	Alger Plage	EMNF Alger Plage	83,67 \pm 17,35	9,00 \pm 13,54	0,00	7,33 \pm 16,02	92,67 \pm 16,02

D'après l'analyse du tableau 5, nos résultats indiquent que le taux de larves normales situ dans le milieu 4 avec une valeur de (88,83 \pm 6,11 %). Ceci exprime un milieu de bonne qualité avec le sédiment d'Alger plage. Puis, on a observé l'absence de larves bloquées dans les 2 milieux (5, 6) qui contiennent le sédiment d'Alger plage dans le milieu 5 et 6, et le milieu 2 qui contient le sédiment du site de Sidi Fredj ce qui révèle la bonne qualité des sédiments des deux sites. Par ailleurs, on a remarqué une valeur maximale des larves anormales (21,67 \pm 8,64%) dans le milieu qui contient le sédiment du site de Sidi Fredj ; ceci confirme la que le sédiment du site de Sidi Fredj est

perturbé. Par contre on a observé un fort pourcentage des larves viables ($95,83 \pm 2,93\%$) dans le milieu 4 qui contenant le sédiment d'Alger plage et une faible valeur ($78,17 \pm 8,68\%$) dans le milieu 2 qui contenant le sédiment de site de Sidi Fredj ceci montre et confirme bien que le sédiment du site de Sidi Fredj est perturbé.

III.1.2.2 Deuxième essai

Le deuxième essai correspond au deuxième prélèvement où l'expérimentation a été renouvelée de la même manière que le premier essai, c'est-à-dire en exposant les œufs d'oursins de Sidi Fredj au sédiment de leur propre site et à celui d'Alger Plage et en utilisant à chaque fois une eau de mer soit filtrée ou non filtrée des deux sites. Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Les fréquences (moyennes en pourcentages \pm écart type) des différentes catégories de larves obtenues après exposition des embryons de *Paracentrotus lividus* aux sédiments et à l'eau de mer des deux sites Alger Plage et Sidi Fredj : N (larves normales), R (larves retardées), P1 (larves bloquées), P2 (larves anormales), V (larves viables : larves normales +larves retardées), EMF (eau de mer filtrée), et EMNF (eau de mer non filtrée).

Milieux	Origine du sédiment	Origine de l'eau de mer	N (%)	R (%)	P1 (%)	P2 (%)	V (%)
1	Sidi Fredj	EMF Sidi Fredj	$70,40 \pm 7,64$	$3,00 \pm 6,71$	0,00	$26,60 \pm 11,74$	$73,40 \pm 11,74$
2	Sidi Fredj	EMF Alger Plage	$70,00 \pm 35,36$	$24,00 \pm 31,11$	0,00	$6,00 \pm 4,24$	$94,00 \pm 4,24$
3	Sidi Fredj	EMNF Sidi Fredj	$57,50 \pm 4,50$	$16,75 \pm 4,97$	0,00	$25,75 \pm 8,26$	$74,25 \pm 9,54$
4	Alger Plage	EMF Sidi Fredj	$60,00 \pm 11,92$	$29,50 \pm 7,85$	0,00	$10,50 \pm 4,20$	$89,50 \pm 4,20$
5	Alger Plage	EMF Alger Plage	$40,00 \pm 14,14$	$29,50 \pm 2,12$	0,00	$30,50 \pm 16,26$	$69,50 \pm 16,26$
6	Alger Plage	EMNF Alger Plage	$57,00 \pm 17,81$	$23,33 \pm 20,23$	0,00	$19,67 \pm 11,28$	$80,33 \pm 12,36$

L'analyse du tableau 6, montre que dans les différents milieux, le taux maximal de larves normales (N) est enregistré dans les deux milieux 1 et 2 en exposant les œufs d'oursin au sédiment de Sidi Fredj avec des valeurs respectives de **70,40 et 70,00 %**.

Alors que les œufs d'oursins mis en contact avec le sédiment et l'eau de mer filtrée d'Alger Plage, ont présentés les valeurs les plus basses de larves viables et de larves normales (**respectivement**

69,50 et 40,00%). Ainsi qu'un taux élevé de malformations des pluteus (30,50 %) par rapport aux autres tests.

L'analyse de ce tableau confirme que la qualité du sédiment ainsi que l'eau de mer du site d'Alger plage sont les plus perturbés, ce qui signifie que le site de Sidi Fredj est le moins perturbé des deux sites étudiés.

III.1.2.3 Troisième essai

Le troisième essai correspond au troisième prélèvement où l'expérimentation a été renouvelée de la même manière que le premier et le deuxième essai ; et il a été approfondie en soumettant d'une part les embryons de *Paracentrotus lividus* au sédiment de Sidi Fredj avec l'eau de mer non filtrée d'Alger Plage et d'autre part au sédiment d'Alger Plage avec l'eau de mer non filtrée de Sidi Fredj. Les résultats obtenus sont détaillés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Les fréquences (moyennes en pourcentages ± écart type) des différentes catégories de larves obtenues après exposition des embryons de *Paracentrotus lividus* aux sédiments et à l'eau de mer des deux sites Alger Plage et Sidi Fredj : N (larves normales), R (larves retardées), P1 (larves bloquées), P2 (larves anormales), V (larves viables : larves normales +larves retardées), EMF (eau de mer filtrée), et EMNF (eau de mer non filtrée).

Milie ux	Origine du sédiment	Origine de l'eau de mer	N (%)	R (%)	P1 (%)	P2 (%)	V (%)
1	Sidi Fredj	EMF Sidi Fredj	67,40±17,70	20,80±18,05	0,00	11,80±6,42	88,20±6,42
2	Sidi Fredj	EMF Alger Plage	58,00±7,58	27,60±6,07	4,20±2,49	10,20±5,76	85,60±7,57
3	Sidi Fredj	EMNF Sidi Fredj	60,00±12,26	13,00±14,41	7,40±14,80	19,60±13,57	73,00±17,55
4	Sidi Fredj	EMNF Alger Plage	63,60±5,03	19,00±10,51	13,00±11,16	4,40±2,88	82,60±13,76
5	Alger Plage	EMF Sidi Fredj	55,00±6,32	25,60±3,05	0,20±0,45	19,20±5,63	80,60±5,73
6	Alger Plage	EMF Alger Plage	74,60±9,53	19,20±7,19	0,00	6,20±8,17	93,80±8,17
7	Alger Plage	EMNF Alger Plage	50,20±6,18	31,60±5,46	0,00	18,20±9,56	81,80±10,69
8	Alger Plage	EMNF Sidi Fredj	66,80±11,05	13,40±2,41	7,20±3,96	12,60±9,76	80,20±10,62

L'analyse du tableau 7, montre que les embryons de *Paracentrotus lividus* exposés au sédiment d'Alger Plage avec l'eau de mer non filtrée de Sidi Fredj ont révélé un taux très élevé de larves

anormales par rapport aux embryons exposés au sédiment de Sidi Fredj avec l'eau de mer non filtrée d'Alger avec des valeurs respectives de **12,60 et 4,40**.

Alors que, les embryons d'oursins exposés au sédiment et à l'eau de mer filtrée du site d'Alger plage ont présentés la valeur la plus basse de larves normales avec un taux très élevés de larves retardés et des malformations importantes au niveaux des pluteus développés.

Dans ce cas, on peut conclure que la qualité du sédiment ainsi que l'eau de mer du site d'Alger plage sont défavorable au développement larvaire d'oursin par rapport à la qualité du sédiment de Sidi Fredj.

CONCLUSION

Conclusion :

La pollution de l'écosystème marin est devenue un des problèmes majeurs posés par l'environnement. Les facteurs qui en sont responsables ne cessent de s'accroître et de le déséquilibrer surtout par l'action de l'homme. Le problème de cette pollution s'aggrave à l'heure actuelle et constitue un danger pour la santé publique, en raison de l'accroissement démographique et du développement technologique des villes, plus marquée sur les zones côtières (Soualili, 2008).

L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité des eaux marines côtières de la côte d'Alger à travers un bioindicateur, l'oursin commun, *Paracentrotus lividus*.

Les résultats du test de l'eau de mer filtrée des deux sites ont présenté un taux élevé de larves normales et de larves viables en faveur du site d'Alger plage par rapport au site de Sidi Fredj en utilisant de l'eau de mer filtrée des deux sites. Alors que le test de l'eau de mer non filtrée, le développement de la majorité des larves d'oursins a atteint le stade de pluteus avec des valeurs élevées de larves normales et larves viables en faveur du site de Sidi Fredj (88,33±7,64%).

L'utilisation de l'eau de mer non filtrée du site de Sidi Fredj reste favorable pour un bon développement larvaire d'oursin *P. lividus*.

Tandis que, les résultats obtenus lors du test de la qualité du sédiment des deux sites étudiés, les résultats nous ont montré que le contact des embryons d'oursins aux sédiments d'Alger plage ont donné un bon développement larvaire en contact avec de l'eau de mer filtrée de Sidi Fredj. Alors qu'un mauvais développement d'œufs s'est déroulé au contact du sédiment et l'eau de mer de Sidi Fredj avec un taux très élevé de larves anormale (21,67±8,64 %).

L'analyse du dernier test, montre que les embryons de *Paracentrotus lividus* exposés au sédiment d'Alger Plage avec l'eau de mer non filtrée de Sidi Fredj ont révélé un taux très élevé de larves anormales par rapport aux embryons exposés au sédiment de Sidi Fredj avec l'eau de mer non filtrée d'Alger.

Dans ce cas, on peut conclure que la qualité du sédiment du site d'Alger plage est très favorable pour un développement larvaire de l'oursin *Paracentrotus lividus* par rapport à la qualité du sédiment de Sidi Fredj.

Le site de Sidi Fredj se trouve dans la baie de Bou-Ismaïl se distingue par une meilleure qualité de l'eau de mer confirmée par un bon développement larvaire de l'oursin *P.Lividus* par rapport au site d'Alger plage qui se trouve dans la baie d'Alger.

Cette étude confirme une pollution locale dans la baie d'Alger et cela à travers le bioindicateur utilisée.

Le test de la qualité de l'eau de mer a montré que l'eau de mer de Sidi Fredj est de meilleure qualité par rapport à celle d'Alger Plage. De même pour le sédiment, où l'analyse des moyennes des taux en pourcentage a montré qu'à Sidi Fredj le taux de larves normales était relativement supérieur à celui obtenu avec du sédiment d'Alger Plage.

Cependant, les espèces d'oursins utilisées dans ces tests proviennent de Sidi Fredj, ce qui expliquerait en partie que le développement embryonnaire soit meilleur à Sidi Fredj. Il serait donc souhaitable d'utiliser des oursins provenant d'Alger Plage et de multiplier les tests, afin de compléter cette étude. Aussi, il serait intéressant de quantifier les matières en suspensions donc la production primaire dans les deux sites et de la quantifier dans l'eau et le sédiment.

Par ailleurs, nos conclusions méritent d'être confirmées par d'autres tests tels que les bioessais (en utilisant des oursins de référence) et approfondir les réflexions en complétant cette étude avec l'analyse des métaux lourds aussi bien dans le sédiment, l'eau de mer et les différents organes de l'oursin qu'au niveau des larves Pluteus. Il faut tenir compte aussi des facteurs physiques comme la température, la salinité, l'oxygène dissous, les courants et le renouvellement des eaux qui jouent un rôle sur la rétention des toxiques par les organismes en influençant le comportement, l'alimentation et le métabolisme des animaux.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

-A -

Allain J.Y., 1972 : La pêche aux l'oursin dans le monde, *Pêche Marit.*, 74 : 625-630.

Allain J.Y. 1975. Structure des populations de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata, Echinoidea) soumises à la pêche sur la côte Nord de Bretagne. *Rev Trav Inst Pêches Marit*, 39: 171-209.

Angioni, A., Cau, A., Secci, M., Addis, P., 2014. GC–ITMS analysis of PAH contamination levels in the marine sea urchin *Paracentrotus lividus* in Sardinia. *Mar. Pollut. Bull.*, 82 : 201 - 207.

-B -

Bachari-Houma F., 2009. Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire. *Thèse de Doctorat*, Université du Val de Marne.Paris XII France, 274p.

Bayed, A., Quiniou, F., Benrha, A., Guillou, M., 2005. The *Paracentrotus lividus* populations from the Northern Moroccan Atlantic coast : growth, reproduction and health condition. *J. Mar. Biol. Assoc. UK.*, 85: 999 - 1007.

Beaumont et Cassier, 1978 : Biologie animale des Protozoaires aux Métazoaires Epithélioneuriens tome I 2eme Edition, Dunod, Univ,: 447 p

Bellaouel F. Z., Mouri Y., 2018. Contribution à l'étude de quelques traits de vie de l'oursin noir *Arbacialixula* (Linnaeus, 1758) au niveau de la côte de Mostaganem (salamandre).Mémoire de master. Université de Mostaganem, p.12-13

Boudouresque C.F. et Verlaque M. 2001 :Ecology of *Paracentrotus lividus*. In Lawrence J.M. ed: Edible sea urchins: biology and ecology, Amsterdam: Elsevier Sciences, 177-216.

Boudouresque et Verlaque, 2007.Chapter 13 Ecology of *Paracentrotus lividus*. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science* 37:243-285. DOI: 10.1016/S0167-9309(07)80077-9

Boue et Chanton, 1978 : Zoologie I, 2, Invertébrés .Edit, Doin, Paris, 713p

Boue, H &Chanton, R., 1978- Zoologie I, 2, Invertébrés .Edit. Doin, Paris 713p.

Byrne M., 1990. Annual reproductive cycles of commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from an exposed intertidal and a sheltered subtidal habitat on west coast of Ireland. *Mar. Biol. GERM*, 104 :275-289. series. London, Academic Press. 347 p.

-C -

Cellario et Fenaux, 1987 : Croissance des juvéniles de *Paracentrus lividus* (Lmk) au cours de l'année qui suit la métamorphose. Étude expérimentale. In : Boudouresque C.F. ed., Colloque international sur *Paracentrus lividus* et les oursins comestibles. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr :187-197.

Chapman, 1991, 1992: Evaluation of effects associated with an oil platform using the sediment quality triad. *Environ. Toxicol. Chem.* 10:407-424. And International comparison of sediment toxicity tests in the North Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 91:253-264.

Coteur, G., Gosselin, P., Wantier, P., Chambost-Manciet, Y., Danis, B., Pernet, P., Warnau, M., 2003: *Echinoderms* as bioindicators, bioassays and impact assessment tools of sediment associated metals and PCBs in the North sea. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 45 : 190 – 202.

Coudre C., 2002. Biologie des organismes marins de Méditerranée. Côte bleue. <http://christian.coudre.pagesperso-orange.fr>.

-D -

Davidson, A., 1981. Poisson de la Méditerranée. Edition Edisud. France. p.318

De Ridder, C., Lawrence, J.M., 1982: Food and feeding mechanisms : Echinoidea . In: Jangoux, M., Lawrence, J.M. (Eds), *Echinoderm Nutrition*, Balkema, Rotterdam, pp. 57- 116.

Demnati, S., Chafi, A., Attarassi, B., Maamri, A., Haloui, B., Kharboua, M., Ramdani, M., 2002. Bioaccumulation des métaux lourds chez l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck) sur la côte Est de la Méditerranée marocaine. *Actes Inst. Agron. Vét. Maroc.* 22 : 79 - 84.

DGE/ISMAL, 2000. Etude de classement des Iles Habibas en réserve naturelle, MarchéDGE/ISMAL/001/97,215 p.

Dinnel P.A., 1990. Annotated Bibliography of Bioassays Related to Sediment Toxicity Testing in Washington State. *Final Report*. Fisheries Research Institute, Seattle, Washington FRI-UW-9017.

Doglioli A.M., 2010. Notes du cours "circulation générale en Méditerranée", Centre de l'Océanologie de Marseille, Université de la Méditerranée, Marseille, France, 55p.

Doumbe-Bille S., Kiss A., 1992. La conférence des Nations Unies sur l'environnement et ledéveloppement. *Annuaire français de droit international* : 823-843.

-E -

EPA, 1988. Seaurchin (Arbaciapunctulata) Fertilization test Method 1008.In,WeberC.I.,Horning II W.B., Klemm D.J,NeiheiselT.W.,LewisP.A.,Robinson E.L.,MenkedickJ.R.,Kessler F.A.,(eds),Short-termmethods of effluents and receivingorganisms,Report,EPA /600/4-87/028,Cincinnati,239-272.

-F-

Feaux I., 1969. Les Echinopluteus de la Méditerranée. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco.*, 68(1394):1-28.

FenauxL, Cellario C, and Rassoulzadegan R.,1988: Sensitivity of different morphological stages of the larve of *Paracentrotus lividus* (Lamarck) to quantity and quality of food.In ,Burk et al.,(eds),Echinoderm biology ,Balkemapubl.,Rotterdam ,p.259-266.

Fenaux, L., 1968. Maturation des gonades et cycle saisonier des larves chez *Arabacalixula*, *Paracentrotus lividus* et *Psammechinus microtuberculatus* (Echinides) a Villeranches sur Mer. *Vie et Milieu Série A: Biol. Mar.*, 19: 1 - 52.

Fenaux, L., 1994. Five tests of food-limited growth of larvae in coastal waters by comparisons of rates of development and form of echinoplutei. *LimnolOcean.* 39, 84–98.

Fenaux, L., Cellario, C., Etienne, M., 1985. Croissance de la larve de l'oursin *Paracentrotus lividus*. Mar. Biol., 86 : 151 - 157.

Fernandez, C., Boudouresque, C.F., 1997. Phenotypic plasticity of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in a lagoonal environment. Mar. Ecol. Prog. Ser. 152, 145–154.

Fischer, W ; Scheinder, M et Bouchot, M .L ; 1987- Fiches FAOD'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37. Révision I. Vol I. Végétaux et Invertébrés .p 760

FREDIG,G.,2002.*paracentrotus lividus* . MEDIFAUNE.

-G -

Ghali et Dria., 2019 : Contribution à l'étude biométrique de l'oursin commun *Paracentrotus lividus* (Lmk, 1816) de la côte de Mostaganem. Thèse de Master 2 Université de Mostaganem, 35p.

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

Grosjean F., 2001. Growth model of the reared sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck,1816) Thèse PhD., U.L.B., Belgique.

Guendouzi Y. 2011. Contribution à l'étude de l'impact de la pollution chimique sur l'herbier à Posidonie dans la baie d'Alger. Ecole nationale supérieure des sciences de la mer et aménagement du littoral. Ing d'état.

Guettaf, M., 1997. Contribution à l'étude de la variabilité du cycle reproductif (indice gonadique et histologique des gonades) chez *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) en méditerranée Sud Occidentale (Algérie). Thèse. Doctorat. Option Océanologie. Université D'Aix-Marseille II. France. p.132.

-H -

Hagström B.E. et Lonning S. 197. The sea urchin egg as testing object in toxicology. *Acta PharmacolToxicol*, 13: 7-49

Harmelin, J.C., Bouchon, C., Hong, J.S., 1981. Impact de la pollution sur la distribution des échinodermes des substrats durs en Provence (Méditerranée Nord occidentale). *Téthys*, 10 : 13 - 36.

-J -

Jacinto, D., Bulleri, F., Benetti-Cecchi, L., Cruz, T., 2013: Patterns of abundance, population size structure and microhabitat usage of *Paracentrotus lividus* Echinodermata :Echinoideain SW Portugal and NW Italy., *Mar. Biol.*, 160 : 1135-1146.

-K -

Kacemi M., 2008 : La loi de protection et de valorisation du littoral en algerie : un cas cadre juridique ambitieux toujours en attente le cas du pole industriel d'arzew (Oran-Algerie). *Actes du colloque international pluridisciplinaire "Le littoral : subir, dire, agir"* - Lille, France, 11p.

Kantin R., Andral B., Debard S., Denis J., Derolez V., Emery E., Ganzin N., Hervé G., Laugier T., Le Borgne M., L'Hostis D., Oheix J., Orsoni V., Raoult S., Sartoretto S., Tomasino C., 2006 : Le Référentiel Benthique Méditerranéen (REBENT MED). Avant Projet Sommaire – Annexe. R.INT.DOP/LER-PAC/06-08-Annexes.

Kebir L., 1996 : Institutions méditerranéennes : le Plan d'action pour la Méditerranée (PAM). <http://base.d-p-h.info/en/fiches/premierdph/fiche-premierdph-2229.html>.

Kempf, M., 1962 : Recherche d'écologie comparée sur *Paracentrotus lividus* (Lmk) et *Arbacialixula*. *Rec. Trav. Stn. Mar. Endoume Fr.*, 25 : 47 - 116.

Klockner et al. (1985): Invertebrate bioassays with North Sea water samples. Structural effects on embryos and larvae of serpulids oysters and sea urchins. *Helgol.Meeresunters*, 39: 1-19.

Klößner K., Rosenthal H., Willführ J., 1985: Invertebrate bioassays with North Sea water samples. Structural effects on embryos and larvae of serpulids oysters and sea urchins. *HelgolNnderMeeresuntersuchungen*, 39: 1-19.

Kobayashi, 1981: Comparative toxicity of various chemicals, Oil extracts and Oil dispersant extracts to Canadian and Japanese Sea urchin eggs. Publ. Seto. Mar. Biol. Lab., 26 (1-3) : 123-133.

Koehler R. 1921 : Faune de France. In, Lechevalier P., (ed), *Echinodermes.*, Paris.

Kouadri, S ; 2014 : Contribution à l'étude de la biologie de l'oursin comestible *paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) de la côte occidentale algérienne (Cap Carbon et Ain franin), 4 et 6p.

Krakimel J.D., 2003 : Impact du tourisme sur la biodiversité côtière de la Méditerranée. *CAR/ASP– Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spécialement Protégées.*, 116p.

-L -

Lamarck (1816) : Histoire naturelle des animaux sans vertèbres. Les Echinides. Tome troisième, deuxième section, Paris, Fr., 1-59 pp.

Lascartos A. 1998 :La Méditerranée : un Océan miniature fascinant : 7 – 9. (in PAM., 1998).

Lawrence, J.M., 2013. Sea urchins: biology and ecology. 3rd edition, Dev. Fish. Sci., 38 : 297 - 319.

Le Gall, P., Bucaille, D., 1978 :Intérêt d'un élevage intensif de l'oursin violet *Paracentrotus lividus* in, Boudouresque CF. (ed), Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles. GIS Posidonie publ, Marseille, 335-362.

Lopez, S., Turon, X., Montero, E., Palacin, C., Duarte, C.M., Tarjuelo, I., 1998:Larval abundance, recruitment and early mortality in *Paracentrotus lividus*(Echinoidea). Interannual variability and plankton-benthos coupling. Mar. Ecol. Prog. Ser. 172, 239–251.

Lawrence J.M., 2013: Sea urchins: Biology and ecology edition, Developments and Fisheries science, 38:pp297-319.

-M -

Markaki, Z., Loye-Pilot, M.D., Violaki, K., Benyahya, L., Mihapoulous, N., 2010: Variability of atmospheric deposition of dissolved nitrogen and phosphorus in the Mediterranean and possible link to the anomalous seawater N/P ratio. *Mar. Chem.*, 120: 187 - 194.

Millot C. 1987: Circulation in the Western Mediterranean Sea. *Oceanologica Acta*, 10 (2): 143-149.

Mortensen, T., 1927. Handbook of the Echinoderms of the British, *Strongylocentrotus purpuratus*, Edit nature :205-497

Munar , J., Moreno, I ., 1987. Echinodermos de las islas Baleares (Espana). In, boudouresque C.F (ed), Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles. GIS posidonie publ., Marseille, 241-253.

-N -

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

Neill, F. X., Pastor, R., 1973. Relations Troficas de *Paracentrotus lividus* (Lmk) en la zonalitoral. *Investigacindn Pesquera.*, 37(1) :1-7.

-P -

Pagano et al.1988. Comparative Toxicities of Benzene, Chlorobenzene and Dichlorobenzene to Sea Urchin Embryos and Sperm. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 40 : 481-488.

PNT/ISMAL, 2003. Plan de gestion de la zone marine située entre Cap Afia et la limite administrative Jijel-Béjaïa (Wilaya de Jijel) : Approches descriptives et analytiques de la zone marine – Evaluation du patrimoine et définition des objectifs – Plan de travail. Rapport final de la convention Parc National de Taza (PNT) et Institut National des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ISMAL), 314p, 2 Cdrom.

PNG/ISMAL, 2004. Plan de gestion de la zone marine située entre l'île des Pisans et CapBouak (Wilaya de Béjaïa) : Approches descriptives et analytiques de la zone marine –Evaluation du patrimoine et définition des objectifs – Plan de travail. Rapport final de la convention N° ND5.247.2.264.303.03 entre le Parc National de Gouraya (PNG) et l'Institut National des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ISMAL), 297p, 2 Cdrom.

PNUD – Algérie, 2005. Troisième rapport national à la conférence des parties sur la mise en oeuvre de la convention sur la diversité biologique au niveau national. Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (Alger-Algérie) – Programme des Nations des Unies pour le Développement (PNUD), 159p.

Pennigton, J.T., 1985. The ecology of fertilization of echinoid eggs: the consequences of sperm dilution, adult aggregation and synchronous spawning. *Biol. Bull.* 169, 417–430.

Pressoir, L., 1959. Contribution à la connaissance des échinopluteus de *paracentrotus lividus* (Lmk), et *psammechinus microtuberculatus* Blainv. *Bull. Inst. oceanogr., Monaco*, 56 : 1-22.

Pedrotti, M.L., Fenaux, L., 1992. Dispersal of echinoderm larvae in a geographical area marked by upwelling (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 86 : 217 - 227.

Pavillon, J., 1997. Utilisation d'un analyseur de particules en écologie marine expérimentale . Application à l'étude de l'effet de différents paramètres sur la croissance du pluteus d'oursin *Arbacia lixula*. *J. Rech. Océanogr.*, 3(3) : 21-34 .

Pagano G., Cipollaro M., Corsale G., Esposito A., Giordano G.G., Ragucci E., Trieff NM., 1988: Comparative Toxicities of Benzene, Chlorobenzene and Dichlorobenzene to Sea Urchin Embryos and Sperm. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 40: 481-488.

-R -

Régis M.B. 1978. Croissance de deux échinides du golfe de Marseille (*Paracentrotus lividus* (Lmk.) et *Arbacia lixula* L.). Aspects écologiques de la microstructure du

squelette et de l'évolution des indices physiologiques. Thèse de doctorat d'Etat en Sciences Naturelles, Université Saint Jérôme, Aix-Marseille III, France, 221 p.

Ruitton, S., Francour, P., Boudouresque, C.F., 2000: Relationships between algae, benthic herbivorous invertebrates and fishes in rocky sublittoral communities of a temperate sea (Mediterranean). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 50, 217–230.

Ruppert, E.E., Barnes, R.D., 1994: Invertebrate zoology. 6th edition. Saunders college publishers. Philadelphia. p.592. *In* : Grosjean, P., 2001. Growth model of the reared sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816). Doctoral thesis. Option : agronomic sciences and biological engineering. Free university of Brussels. Belgium. p. 272.

-S -

Saccon, P., Leis, A., Marca, A., Kaiser, J., Campisi, L., Böttcher, M.E., Savarino, J., Escher, P., Eisenhauer, A., Erbland, J., 2013 : Multi-isotope approach for the identification and characterisation of nitrate pollution sources in the Marano lagoon (Italy) and parts of its catchment area. *Appl. Geochem.*, 34 : 75 - 89.

San Martin G.A. 1995. *Contribution à la gestion des stocks d'oursins : Etude des populations et transplantations de Paracentrotus lividus à Marseille (France, Méditerranée) et production de Loxechinus albus à Chiloe (Chili, Pacifique).* These Doct, Ecol, Univ. Medit. Aix-Marseille II, 166 p.

Semroud R. et Kada H. 1987. Contribution à l'étude de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lmk) dans la région d'Alger (Algérie) : indice de réplétion et indice gonadique. Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles, C.F. Boudouresque édit. GIS Posidonie publications. Marseille, France, 117-124.

Soualili D.L., 2008. Les populations naturelles d'oursins : un outil évaluateur de l'état de santé de la baie d'Alger. Thèse de Doctorat. Université d'Alger, 34, 35, 130 p.

Soualili, D., Dubois, P., Gosselin, P., Pernet, P., Guillou, M., 2008. Assessment of seawater pollution by heavy metals in the neighborhoods of Algiers: use of the sea urchin, *Paracentrotus lividus* as a bioindicator. *ICES J. Mar. Sci.*, 65 : 132 - 139.

SOUIDI. H, 2008 – Evaluation du niveau de la pollution bactériologique chez un échinoderme l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) dans la cote oranaise orientale. Mémoire de Magister, université d'Oran, 111p.

-T -

Tomas, F., Romero, J., Turon, X., 2004. Settlement and recruitment of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in two contrasting habitats in the Mediterranean. Mar. Ecol. Prog. Ser. 282, 173–184.

Tortonese E. et Vadon C. 1987. Oursin et holothuries (ECHINODERMES) in fiche FAO didification des espèces pour les besoins de pêche Révision I, Méditerranée, Mer noire zone de pêche 37 vol I, végétaux et invertébrés : 715-739

Tortonese, E., 1965. Fauna d'Italie. *Echinodemata*. Vol. I. EdizioniCalderini. Bologna. p.422.

Traer, k., 1980. The consumption of *Posidonia oceanica* Delile by echinoids at the isle of Ischia. In, Jangoux M., (ed), Echinoderm: present and past .Balkema Publ., Rotterdam, 241-244. Université d'Oran, pp 31-32.

-V -

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

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

Verlaque, M ., 1987 : Contribution à l'étude du phytobenthos d'un écosystème photophile thermophile marin en Méditerranée Occidentale. Etude structurale et dynamique du phytobenthos et l'analyse des relations faune –flore . Thèse Doct d'Etat, Univ, Aix-Marseille II, Marseille, 389p.

Verlaque M., Nedelec H., 1983 :Note préliminaire sur les relations biotiques Paracentrotuslividus (Lmk) et herbien de Posidonies.Rapp.Comm.int.MerMedit., 28(3) ,157-158.

-W-

WarnauET Pagano (1994): Developmental toxicity of PbCl₂ in the echinoidParacentrotus lividus (Echinodermata).Bulletin Environmental Contamination andToxicology, 53-434+-441.