

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

BOUABDALLAH Halima

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE

Spécialité:

Ressource Halieutique

THÈME

*Evaluation écologique des eaux marines côtières
de Mostaganem par l'utilisation de la macrofaune
benthique.*

Soutenue le .././2025

DEVANT LE JURY

Président BELBACHIR. N

MCA

U. Mostaganem

Encadreur OULHIZ. A

MCB

U. Mostaganem

Examineur BENMESSAOUD.

MCB

U. Mostaganem

Année universitaire 2024/2025

Remerciements

Avant tout, je remercie Allah tout-Puissant de m'avoir donné le courage, la volonté et patience pour terminer ce travail.

Je voudrais exprimer mes sincères remerciements et ma gratitude à tous ceux qui m'ont soutenu et accompagné tout au long du processus de rédaction de ce mémorandum.

Tout d'abord, je voudrais exprimer mes remerciements et ma reconnaissance à mon encadrant, **M^{elle} OULHIZ. A**, pour ses précieux conseils et ses encouragements continus pour mener à bien ce travail.

Je tiens à remercier le **M^{er} BELBACHIR. N**, enseignant-chercheur au département des sciences de la mer et de l'aquaculture, d'avoir accepté de présider le jury.

Je voudrais également remercier **M^{me} BENMESSAOUD. N**, enseignant-chercheur au département des sciences de la mer et de l'aquaculture d'avoir aimablement accepté d'examiner et d'apporter ses remarques à ce modeste travail.

Je tiens également à remercier tous les professeurs du Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture, qui nous ont généreusement fait profiter de leurs connaissances et de leurs conseils durant mes années d'études.

Dédicace

Je dédie ce travail :

*A ma mère, qui m'a encouragé et accompagner à
chaque instant par ses prières et son soutien
constant.*

*A ma famille, mon père, ma sœur Siham, mon frère
Amine, mes oncle Lakhdar et tante Naima, merci
pour vos encouragements continus.*

*A mes chères amies, Romaissaa , Sara, Imane,
Asmaa, merci pour cinq années de partage, de
soutien et de souvenirs inoubliables.*

Halima

Résumé :

Les écosystèmes côtiers de Mostaganem connaissent une dégradation environnementale croissante due à l'activité humaine. Cette dégradation est due à l'expansion urbaine croissante le long du littoral, qui rejette des déchets dans les eaux marines côtières et perturbe l'environnement. Par conséquent, les grands animaux benthiques ont été utilisés comme bioindicateurs pour évaluer et surveiller la qualité du milieu marin afin de remédier à cette dégradation environnementale.

Sur cette idée, cette étude a permis d'évaluer et d'identifier la macrofaune benthique des substrats rocheux des côtes marines de la province de Mostaganem, en sélectionnant trois sites : Stidia, Kharouba et El Marsa. Une évaluation de la qualité environnementale de ces différents sites a été réalisée à l'aide d'indicateurs biologiques tels que les données statistiques (richesse, abondance, indices de diversité de Shannon (H') et indice d'équitabilité (J')). Nous avons également évalué la qualité de l'eau des trois sites étudiés, en adoptant le test du développement larvaire des oursins (*P. lividus*). Les résultats obtenus, ont montré que le site de Stidia est plus diversifié et d'équilibré, contrairement aux sites de Kharouba et de El Marsa, qui montrent des signes de perturbation environnementale.

Mots clés : Côtes marines, Peuplements benthiques, Indices de diversité, Oursin, Développement larvaire, Mostaganem.

Abstract :

The coastal ecosystems of Mostaganem are experiencing increasing environmental degradation due to human activity. This is due to increased urban expansion along the coast, which releases waste into coastal marine waters, disrupting the environment. Accordingly, large benthic animals have been used as bioindicators to assess and monitor the quality of the marine environment in order to address this environmental degradation.

On this basis, this study made it possible to evaluate and identify the benthic macrofauna organisms of the rocky substrates of the marine coasts of the province of Mostaganem, by selecting three sites: Stidia, Kharouba and El Marsa. An assessment of the environmental quality of these different sites was carried out using biological indicators such as: Statistical data (richness, abundance, Shannon diversity indices (H') and Belleau evenness index (J)) were collected. We also adopted the environmental quality test for these studied sites, using the sea urchin larval development test, which is the most commonly used type for this type of analysis. The results of the analysis of the composition of benthic macrofauna, in addition to the larval development tests of the sea urchin *P. lividus*, showed that the Stidia site is more diverse and balanced, unlike the Kharouba and El Marsa sites, which show signs of environmental disturbance.

Keywords: Marine coastal ecosystems, Benthic communities, Ecological indices, *Paracentrotus lividus*, Larval development, Mostaganem.

المخلص:

تتعرض الانظمة البيئية الساحلية لولاية مستغانم لتدهور بيئي متزايد نتيجة النشاط البشري من خلال زيادة التوسع الحضري على السواحل التي تطرح نفاياتها في المياه البحرية الساحلية، مسببة اضطرابا في الوسط البيئي. وبناءا على ذلك، استخدمت الحيوانات القاعية الكبيرة كمؤشرات حيوية لتقييم و رصد نوعية البيئة البحرية من اجل مواجهة هذا التدهور في البيئة.

على هذا الأساس، أتاحت هذه الدراسة تقديم تقييم وتحديد الكائنات الحية القاعية الكبيرة في الطبقات الصخرية للسواحل البحرية لولاية مستغانم، وذلك باختيار ثلاثة مواقع: ستيديا، خروبة، والمرسى. وتم تقييم جودة البيئة في هذه المواقع المختلفة باستخدام مؤشرات بيولوجية مثل: جمع البيانات الإحصائية (الثراء، الوفرة، مؤشرات شانون للتنوع (H') ومؤشر بيلو للتساوي (J)). كما اعتمدنا إختبار جودة البيئة لهذه المواقع المدروسة، باستخدام إختبار تطور يرقات قنفذ البحر، وهو النوع الأكثر استخدامًا لهذا النوع من التحليل.

وأظهرت نتائج تحليل تركيب الكائنات الحية القاعية الكبرى، بالإضافة إلى اختبارات نمو يرقات قنفذ البحر *P.lividus*، أن موقع ستيديا أكثر تنوعًا وتوازنًا، على عكس موقعي الخروبة والمرسى، اللذين يظهران علامات اضطراب بيئي.

الكلمات المفتاحية: النظم البيئية الساحلية البحرية، السكان القاعية، المؤشرات البيئية، *Paracentrotus lividus*، تطور اليرقات، مستغانم.

Table de Matières

Introduction	1
Chapitre I : Synthèse bibliographique	
I. Caractéristiques écologiques des côtes méditerranéennes	3
I.1. La mer méditerranée	3
I.1.1. L'écosystème de la méditerranée et la biodiversité marine	4
I.2. Le bassin algérien	5
I.1.2.1. Caractéristique des côtes algériennes	6
I.3. Caractéristique de la zone côtière	6
I.3.1. Les écosystèmes côtiers marins	7
I.3.1.1. La zone humide	7
I.3.1.2. Les concrétions coralligènes	8
I.3.1.3. Les herbiers marins	8
I.3.1.4. Les zones de fond meuble et fond rocheux	8
I.3.1.5. Les communautés biologiques profondes de la pleine	8
I.3.1.6. Les marais salants et estuaires	9
I.3.2. Les adaptations écologiques des écosystèmes côtières	9
I.3.3. Les facteurs de variabilité des écosystèmes marins côtiers	10
I.3.3.1. Facteurs naturelles	10
I.4. Indicateurs de la biodiversité marine et côtière	12
I.4.1. Types d'indicateurs	12
I.4.2. Caractéristique de l'indicateur	13
I.4.3. La macrofaune benthique indicatrice de la qualité de l'environnement marin	13
I.4.3.1. « Oursin » indicateur biologique de la qualité de milieux côtiers	13
I.4.3.2. La systématique et répartition géographique	14
I.4.3.3. Description et structure	15
I.4.3.4. L'alimentation	16
I.4.3.5. L'habitat	17
I.4.3.6. Le cycle de vie et développement larvaire	17

Chapitre II. Matériel et méthodes

II.1. Etude de la biodiversité	20
II.1.1 Données générales sur la wilaya Mostaganem.....	20
II.1.2 Choix des sites d'études	20
II.1.2.1. Site de Stidia.....	21
II.1.2.2. Site de Kharouba.....	21
II.1.2.3. Site d'El Marsa (à Abd El Malek Ramdan)	22
II.1.3. Echantillonnage de la macrofaune de l'étage médiolittoral des sites étudiés	23
II.1.4. Méthode d'analyse de la biodiversité.....	24
II.1.4.1. La Détermination et l'identification des espèces.....	24
II.2. Utilisation du test de la qualité du développement embryonnaire de l'oursin.....	25
II.2.1. Prélèvement des échantillons	26
II.2.1.1 Libération des gamètes	26
II.2.1.2. Test de la qualité du développement embryonnaire de <i>P. lividus</i>	26

Chapitre III.2. Résultats et discussion

III.2.1. Evaluation de la richesse spécifique biodiversité des sites étudiés.....	29
III.2.1.1. Site de Stidia.....	29
III.2.1.2. Site de Kharouba.....	32
III.2.1.3. Site d'El Marsa (Abd El Malek Ramdan)	35
III.2.1.4. Diversité spécifiques	37
III.2.2. Evaluation biologique de la qualité du milieu marin à travers le développement larvaire de l'oursin <i>Paracentrotus lividus</i>	40
III.2.2.1. Analyse de fécondité.....	40
III.2.2.1. Analyse du développement larvaire.....	40
Conclusion.....	42
Références bibliographiques.	

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Carte de la mer Méditerranée (Hemida, 2005).....	4
Figure 2 : Distribution de la diversité biologique totale de la méditerranée. (Coudre, 2002).	5
Figure 3 : Carte du bassin algérien (A : région Ouest ; B : région Centre ; C : région Est) (Hemida, 2005).....	6
Figure 4 : Principales causes ayant une incidence sur la biodiversité marine (Amara, 2010).....	10
Figure 5 : La répartition (en rouge) de l'oursin <i>P. lividus</i> en Méditerranée (In Soualili, 2008)...	14
Figure 6 : L'anatomie externe de l'oursin <i>Paracentrotus lividus</i> (LAKHDARI, 2015).....	15
Figure 7 : Morphologie interne de <i>Paracentrotus lividus</i> (Grosjean, 2001)	16
Figure 8 : Dissection de la région aborale (Lakhdari, 2015)	16
Figure 9 : Chronologie du cycle de vie de l'oursin <i>Paracentrotus lividus</i> (Miard et Couvray, 2014)	18
Figure 10 : Les différentes anomalies embryonnaires et larvaires chez <i>Paracentrotus lividus</i> (Klößner <i>et al.</i> , 1985).....	18
Figure 11 : Carte de la côte de Mostaganem avec les trois sites étudiés. (Google earth, 2025) ..	20
Figure 12 : Les deux stations de Stidia	21
Figure 13 : Les stations étudiées du site de Kharouba.	22
Figure 14 : Le site d'El Marsa (Abd El Malek Ramdan)	22
Figure 15 : Quadra utilisé pour l'étude de la macrofaune du substrat dur (Présent travail).....	23
Figure 16 : (A) Injection du KCL, (B) Libération des gamètes mâles et femelles chez <i>Paracentrotus lividus</i> (Présent travail). 26	
Figure 17 : Application du test du développement larvaire de l'oursin (Présent travail).....	27
Figure 18 : Observation microscopique d'œuf fécondée (X10) (Présent travail).	27
Figure 19 : Les différents stades observés du développement embryonnaire de l'oursin <i>Paracentrotus lividu</i> . De gauche à droite (et de haut en bas) : Premières divisions de l'œuf, blastula, jeune gastrula, gastrula, jeune larve et larve pluteus (Présent travail).	28
Figure 20 : Les deux stations 1 du site de Stidia, station1 (A) et station2 (B) (Présent travail)	29
Figure 21 : Proportion des groupes zoologiques au niveau de la station 1 de Stidia.	30
Figure 22 : Proportion des groupes zoologiques au niveau de la station 2 de Stidia	31
Figure 23 : Répartition de la richesse biologique du site de Stidia.	32
Figure 24 : Les deux stations du site de Kharouba, station1 (A) et station2 (B) (Présent travail).....	32

Figure 25 : Proportion des groupes zoologiques au niveau de la station 1 de Kharouba	33
Figure 26 : Proportion des groupes zoologiques au niveau de la station 2 de Kharouba	34
Figure 27 : La répartition de la richesse globale du site de Kharouba	34
Figure 28 : Les deux stations du site de d'El Marsa	35
Figure 29 : Proportion des groupes zoologiques au niveau de la station 1 d'El Marsa	36
Figure 30 : Proportion des groupes zoologiques au niveau de la station 2 d'El Marsa.	36
Figure 31 : La répartition de la richesse globale du site d'El Marsa	37
Figure 32 : Evolution des indices de diversité (H') et (J') des trois sites.....	38
Figure 33 : Analyse de test du développement larvaire de l'oursin exposé aux sédiments	41

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Evolution des indices de diversité (H') et (J') des trois sites.....	38
Tableau 2 : Etats des peuplements en fonction de l'indice d'Equitabilité d'après Daget (1979).....	39
Tableau 3 : Les pourcentages (en %) d'œufs fécondés de chaque site.....	40
Tableau 4 : Fréquences (moyennes) des différentes catégories de larves obtenues après exposition des embryons de <i>Paracentrotus lividus</i> aux sédiments des différents sites.....	40

INTRODUCTION

Introduction :

La mer méditerranée représente seulement 0,82% de la surface totale des océans (Defant, 1961) et 0,32% de leur volume et pourtant elle présente une diversité remarquable de faune et de flore marquée d'un fort taux d'endémisme. Les zones côtières représentent une interface entre la mer et la terre, et revêtent une grande importance sur le plan humain en raison de leur position géographique stratégique. Environ 60% de la population mondiale y réside.

Cependant, l'intensification des activités anthropique liée à la croissance démographique engendre de nombreux problèmes environnementaux dans ces régions, ce qui affecte indirectement la biodiversité marine et menace son équilibre et sa durabilité (Amara, 2011).

La côte Algérienne s'étend sur un linéaire côtier de 1622 km et abrite 85% de la population du pays, qui sont concentrés sur 12% de la surface totale du pays (Rabehi *et al.*, 2018 ; Djabri *et al.*, 2019;). Toutefois, l'exploitation et le développement de cette côte présentent certains risques côtiers liés aux problèmes pollution et dégradation de l'environnement résultant du développement des activités économiques (Kacemi, 2008). Plus de 75% de la pollution marine est due à la confiscation des terres agricoles (Bachari-Houma, 2009).

Mostaganem fait partie du littoral Algérien qui s'étend sur 20 km, caractérisée par des côtes rocheuses et sablonneuses, baies profondes échancrées, caps saillants, et une ceinture de hauts fonds sont les éléments les plus caractéristiques (Bouras, 2009 ; 2012 ; Bouras, 2014 et Hussein, 2015). Les conditions environnementales diversifiées, en plus de la bioclimatologie favorable de la côte Ouest algérienne, y compris Mostaganem, offrent un environnement riche caractérisé par une grande diversité biologique et écologique (Bouras, 2007 ; Hussein, 2007 et Hussein, 2015). Les côtes de Mostaganem sont soumises à des pressions écologiques dues aux activités humaines, notamment aux eaux usées et déchets urbains, qui entraînent des pollutions. De nombreuses études ont traités les côtes de Mostaganem et cette étude vise à évaluer les eaux marines côtières de Mostaganem à travers des indicateurs vitaux qui permettent de détecter les perturbations et les changements écologiques dans ces zones.

La macrofaune benthique sert comme bioindicateurs en raison de leurs multiples avantages, ce qui les rend de plus utilisés par les chercheurs dans les réseaux de surveillance écologique, en (Blanchet, 2004 ; Bayed et Bazairi, 2008).

Paracentrotus lividus (Lamarck, 1816) est considérée comme l'espèce d'oursin la plus abondante et facilement disponible (Tejada et al, 2013), mais reconnus pour être très sensibles à la modification des conditions environnementales, les rendant de bons indicateurs biologiques de pollution marine (Augier, 1987 ; Kobayashi, 1971). Leur sensibilité aux conditions environnementales se manifeste par des perturbations dans leur cycle de

reproduction, des baisses de fécondité ou des troubles du développement larvaire, et ces effets sont plus visibles dans les zones perturbées (Harmelin *et al.*, 1981 ; Delmas et Régis, 1984).

Deux objectifs principaux constituent l'essentiel de ce travail à savoir :

- Identifier des communautés de la macrofaune benthique présentes sur la côte de Mostaganem, en mettant l'accent sur la variation de diversité entre les sites étudiés.
- Détermination de la qualité des eaux côtières en estimant la qualité du développement larvaire des oursins *P. lividus*.

Ce travail est divisé en trois grands chapitres :

- ❖ Le premier chapitre présente la synthèse bibliographique, traitant des caractéristiques écologiques des côtes Mostaganémoise, les caractéristiques de la biodiversité marine et côtière, les indicateurs de la biodiversité, la macrofaune benthique et l'oursin comme indicateur biologique de la qualité du milieu marin côtier.
- ❖ Le deuxième chapitre est divisé en deux parties, consacrés à l'étude de la partie expérimentale et l'analyse et discussion des résultats obtenus.
- ❖ Pour enfin, une conclusion qui achève le document final.

CHAPITRE I :

Synthèse bibliographique

I. Caractéristiques écologiques des côtes méditerranéennes :

I.1. La mer méditerranée :

La Méditerranée est une mer intérieure profonde et semi-fermée, caractérisée par un climat et tempéré et un plateau continental étroit. Malgré sa faible productivité, elle est riche en diversité biologique (Doglioli, 2010). Elle est divisée en deux bassins principaux : le bassin occidental à l'est et le bassin oriental à l'ouest. (Kantin *et al.*, 2006). La mer méditerranée est entourée de trois continents : L'Asie, l'Europe et l'Afrique. Elle se caractérise par sa diversité topographique et sa division en bassins profonds séparés par des seuils et contenant plusieurs mers secondaires. Elle baigne 23 pays le long de ses 46 000 Km de côtes (Doglioli, 2010) (Fig.1). C'est une mer presque fermée qui communique avec l'Océan Atlantique par le détroit de Gibraltar, large de 14km et profond de 286m et cet étroit passage ne permet pas d'échanges d'eau importants entre les deux bassins. Elle est en relation avec la Mer Noire par les Dardanelles et le Détroit du Bosphore. Elle a une superficie de 2 966 000km² pour une longueur de 3860 km, de Gibraltar à la côte orientale de la mer Noire et une largeur moyenne d'environ 700 Km ; elle est maximale entre Trieste et la grande Syrte (1665km).

Au sud-est l'unique relation avec la mer Rouge est le canal artificiel de Suez. Ce relatif isolement a rendu possible l'existence d'espèces endémiques à l'intérieur de ce bassin (Hemida, 2005).

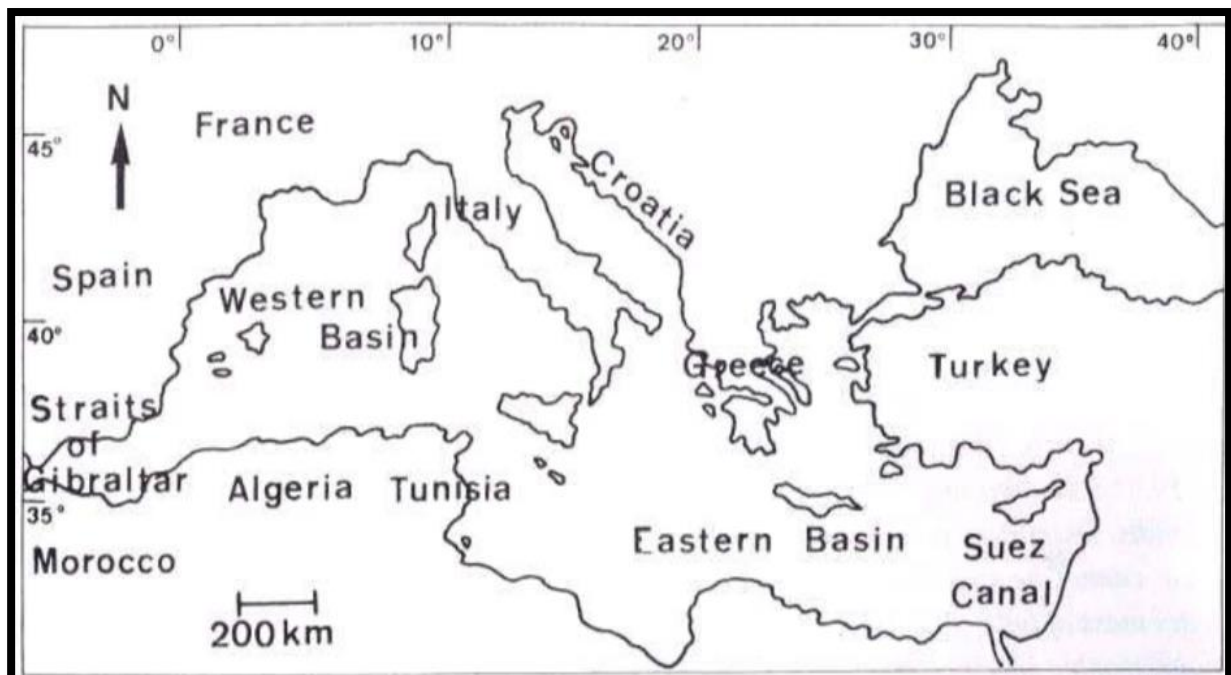


Figure 1 : Carte de la mer Méditerranée (Hemida, 2005)

La Méditerranée est divisée en trois bassins (Hemida, 2005) :

- Le bassin Algéro-Provençal et Tyrrhénien, situé à l'ouest ;
- Le bassin Adriatico-Ionien formé par la Mer Adriatique et la Mer Ionienne, situé au centre ;
- Le bassin Egée-Levant in constitué par la mer Egée et le bassin du Levant à l'Est.

I.1.1. L'écosystème de la méditerranée et la biodiversité marine :

La Méditerranée est une mer oligotrophe, présentant une très grande biodiversité : 7% de la faune mondiale est présente dans 1% de la surface mondiale des océans. La flore et la faune sont variées avec un taux d'endémisme particulièrement élevé (près de 30%). Une des richesses spécifiques de l'écosystème méditerranéen est l'herbier de *Posidonia oceanica*, espèce endémique méditerranéenne formant des prairies sous-marines (herbier), abritant une faune et une flore extrêmement riche et diversifiée (zone de frayère et nourricerie) (Kantin *et al.*, 2006).

La Méditerranée dans son ensemble compte environ 45 000 Km de côtes. Si 54 % des côtes sont rocheuses, 46 % sédimentaires, et abritent des écosystèmes importants et fragiles tels que les plages, les dunes, les récifs coralliens, les lagunes, les marais, les estuaires ou les deltas (Markovich, 2009).

La mer Méditerranée abrite 8 à 9 % de sa biodiversité, 10 000 à 12 000 espèces de végétaux et d'animaux ont été recensées en Méditerranée. 650 espèces de poissons dont les 3/4 vivent dans les 50 premiers mètres de profondeur. 30% des espèces méditerranéennes sont endémiques représentées par 2000 crustacés, 1400 mollusques, 150 échinodermes, 450 méduses, 600 éponges et 1350 algues et plantes marines (Fig.2). A cela s'ajoutent 5 espèces de reptiles et 21 espèces de mammifères marins (Coudre, 2002).

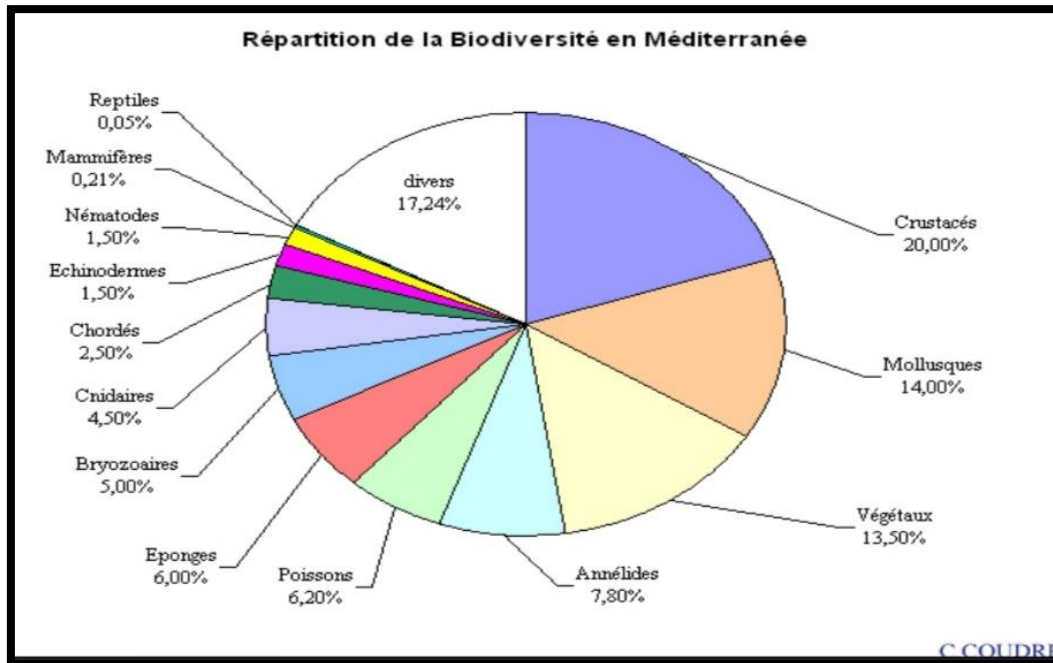


Figure 2 : Distribution de la diversité biologique totale de la méditerranée. (Coudre, 2002).

I.2. Le bassin algérien :

La côte algérienne est située au sud du bassin occidental méditerranéen, elle forme avec les côtes Baléares et Sardes : le bassin algérien (fig.3). Elle s'étend de Ain B'Har (frontière tunisienne) à l'oued Kiss (frontière marocaine) sur une longueur de 1.100 km à vol d'oiseau et 1.283 km en prenant en compte les différentes sinuosités de la côte. Cette différence minimale montre que la côte algérienne est rectiligne et peu découpée. De l'oued Kiss à Ras Ténès, elle présente une direction générale Sud-Ouest à Nord-Est ; par la suite et jusqu'à la frontière tunisienne, cette côte est sensiblement en ligne droite et a une direction Ouest à Est (Hemida, 2005).

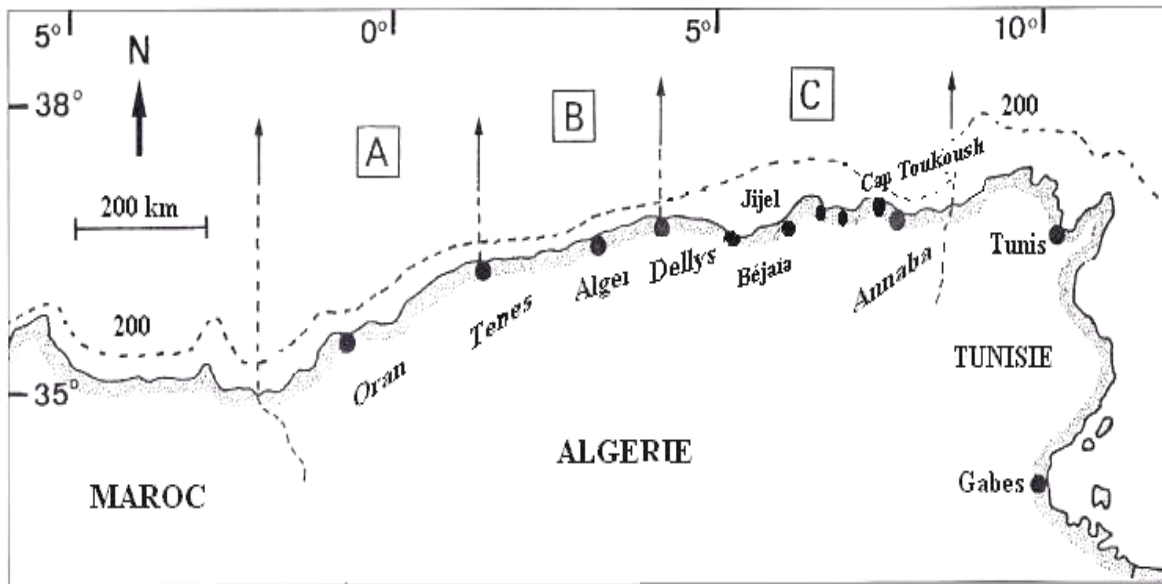


Figure 3 : Carte du bassin algérien (A : région Ouest ; B : région Centre ; C : région Est)
(Hemida, 2005)

I.1.2.1. Caractéristique des côtes algériennes :

La côte algérienne (de longueur 1280 Km) se caractérise par une nature essentiellement rocheuse. De petites chaînes de Montagne 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 traînants. 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.

Les différents secteurs de la côte sont caractérisés par un plateau continental très réduit, voire Absent. Le talus continental est très étroit ; sa largeur est d'environ 10 milles marins. Les fonds de 100m sont situés à moins de 5 milles marins des côtes. Cependant dans le golfe d'Arzew à l'Ouest et celui d'Annaba à l'Est, le talus est en pente douce et s'étale sur une grande distance. Un littoral d'une largeur de 70 Km en moyenne, soit 19 % de la superficie de l'Algérie (Kacemi, 2008).

I.3. Caractéristique de la zone côtière :

Les zones côtières marines abritent des écosystèmes riches et variés, essentiels à la vie marine. La zone côtière est une zone de transition entre les écosystèmes purement terrestres et

les écosystèmes purement marins. Cette zone de transition est aujourd'hui considérée comme une composante importante de la biosphère à la fois pour la diversité des types d'écosystèmes et dans la diversité des ressources. Cette biodiversité est aujourd'hui menacée par les activités humaines et le changement climatique. La variabilité des écosystèmes côtiers reflète leur sensibilité aux perturbations. La santé de ces milieux est cruciale pour l'équilibre écologique et la survie de nombreuses espèces. (Queguiner, 2009).

La zone côtière est une zone d'interactions intenses où les processus globaux à dominante continentale et les processus globaux à dominante océanique se recouvrent et interagissent avec pour conséquence la mise en place de différents types d'écosystèmes, tous caractérisés par diverses particularités environnementales (climatiques, géomorphologiques, physiques, chimiques et biologiques) (Berland, 1996).

Les écosystèmes naturels de la zone côtière sont, de ce fait, sujets à des changements variables qui vont aboutir à la formation de systèmes côtiers originaux, dynamiques et productifs mais, aussi, vulnérables à des pressions additionnelles liées en particulier à l'anthropisation croissante des côtes (Blanchet, 2004). Cette dernière provient essentiellement de la forte urbanisation de ces côtes. Il est à noter qu'actuellement, près de 50% de la population terrestre (soit 2,5 milliards d'habitants), vit à moins de 150 Km des côtes (Queguiner, 2009).

I.3.1. Les écosystèmes côtiers marins :

I.3.1.1. La zone humide :

Les zones humides, ou *wetlands* en anglais, sont des écosystèmes de transition entre la terre et l'eau, tant par leur emplacement géographique que par leur fonctionnement hydrologique. La zone humide désigne un terrain, exploité ou non, qui est généralement inondé ou saturé en eau douce, salée ou saumâtre, de manière permanente ou temporaire. Lorsqu'elle est présente, la végétation est principalement composée de plantes hygrophiles pendant au moins une partie de l'année (Girard *et al.*, 2007).

Les zones humides, représentent un patrimoine naturel remarquable grâce à leur grande biodiversité et aux rôles écologiques qu'elles assurent (Mede, 2012). Ce sont des milieux où l'eau constitue l'élément dominant, influençant fortement les conditions environnementales ainsi que la vie animale et végétale qui y est liée. Elles se forment notamment là où la nappe phréatique affleure à la surface du sol (Annani, 2013).

I.3.1.2. Les concrétions coralligènes :

Les concrétions coralligènes se forment par l'accumulation progressive d'algues calcaires, qui croissent dans des environnements à faible luminosité, entre 40 et 120 mètres de profondeur, ou bien près de la surface dans des grottes ou sur des parois verticales. Ces structures hébergent une grande variété d'invertébrés fixés. Elles représentent également le deuxième écosystème le plus riche en biodiversité en Méditerranée, avec un taux d'endémisme élevé. De nombreuses espèces qui y vivent présentent un intérêt commercial, certaines étant exploitées depuis longtemps de manière traditionnelle, comme les éponges ou le corail rouge (Mangos *et al.*, 2010).

II.3.1.3. Les herbiers marins :

Les herbiers marins constitués de posidonies, de cymodocées et de zostères sont parmi les plantes sous-marines les plus représentatives de la Méditerranée. Ils jouent un rôle essentiel dans la stabilisation des écosystèmes marins et la protection des côtes lors des fortes tempêtes. Ces herbiers favorisent également la pérennité des populations de poissons en leur fournissant un habitat, une source de nourriture et des conditions propices à la reproduction, que ce soit pour les espèces côtières ou celles vivant au large. Les herbiers de posidonies représentent le premier écosystème de la Méditerranée en termes de biodiversité, car ils abritent environ un quart des espèces marines recensées, malgré ne couvrir que 1,5 % des fonds marins (Boudouresque *et al.*, 2006).

I.3.1.4. Les zones de fond meuble et fond rocheux :

Les zones de fonds meubles et de fonds rocheux constituent d'autres écosystèmes marins peu profonds (0-100 m) (Mangos *et al.*, 2010). Ces zones sont particulièrement diversifiées et riches en espèces de faune et de flore, et elles sont d'un grand intérêt en raison de leur sensibilité à la qualité de l'eau. Elles sont des sites de forte production biologique, fondée sur une production primaire intense (phytoplancton et végétation benthique marine), où l'enrichissement des eaux côtières en matières organiques et minérales d'origine terrestre constitue le principal moteur de cette production élevée (Kantin *et al.*, 2006 ; Frontier *et al.*, 2008).

I.3.1.5. Les communautés biologiques profondes de la pleine

Au-delà de 100 mètres de profondeur, les communautés biologiques deviennent particulièrement endémiques, surtout dans des zones à forte biodiversité telles que les

canyons, les coraux profonds et les montagnes sous-marines. Ces écosystèmes spécifiques sont très fragiles et sensibles aux macro-déchets et aux polluants chimiques. Actuellement, des mesures de protection sont mises en place, notamment par l'interdiction de certaines techniques de pêche (Mangos *et al.*, 2010).

I.3.1.6. Les marais salants et estuaires :

Les marais salants et les estuaires jouent un rôle essentiel dans la préservation de la santé des écosystèmes marins côtiers. Ces zones de transition entre la mer et la terre offrent un habitat crucial pour une grande diversité d'espèces marines et terrestres, notamment les poissons, les oiseaux et les végétaux. Selon (Turner *et al.*, 2006), les marais salants favorisent la biodiversité en régulant les niveaux de salinité de l'eau, ce qui est indispensable pour certaines espèces marines. Les estuaires, quant à eux, servent de pépinières pour de nombreuses espèces de poissons, offrant des conditions optimales pour leur reproduction et leur développement avant leur migration vers la mer. Ces écosystèmes agissent également comme des filtres naturels, piégeant les polluants et les nutriments excédentaires, contribuant ainsi à purifier l'eau et à réguler les cycles biogéochimiques. Leur préservation est donc cruciale pour maintenir l'équilibre écologique des zones côtières et garantir la durabilité des ressources marines (Turner *et al.*, 2006).

I.3.2. Les adaptations écologiques des écosystèmes côtiers :

La zone côtière abrite une grande diversité de communautés biologiques distinctes, telles que les récifs coralliens, les mangroves, les marais salants, les zones humides, les herbiers de phanérogames, les champs d'algues, les milieux estuariens, les lagunes, ainsi que les forêts et prairies côtières. Cette richesse écologique résulte d'adaptations spécifiques à une multitude de facteurs environnementaux qui agissent simultanément. Ces facteurs incluent des eaux peu profondes, des variations entre les milieux marins et d'eau douce, ainsi qu'entre les environnements aquatiques et terrestres. Ces conditions particulières découlent de l'interaction complexe entre les éléments atmosphériques, marins, continentaux et dulçaquicoles à la jonction entre mer et terre. Les écosystèmes côtiers développent ainsi des habitats soumis à des contraintes extrêmes, inadaptées aux organismes strictement marins ou terrestres : gradients de salinité marqués, alternance entre immersion et émergence, variations rapides de l'hydrologie et des flux énergétiques. (Stirn, 1982 ; Quéguiner, 2009).

I.3.3. Les facteurs de variabilité des écosystèmes marins côtiers

Les zones côtières sont soumises à une multitude de facteurs naturels et anthropiques (Fig.4) qui influencent leur équilibre écologique. Parmi ceux-ci, les dynamiques hydrologiques telles que les vagues, les marées et les courants, jouent un rôle central dans la structuration des littoraux. À cela s'ajoutent des facteurs chimiques, géologiques et climatiques qui perturbent la biodiversité marine et la productivité des écosystèmes. L'étude de ces interactions permet de mieux comprendre les menaces qui pèsent sur les milieux côtiers et d'envisager des stratégies de préservation adaptées (Amara, 2010).

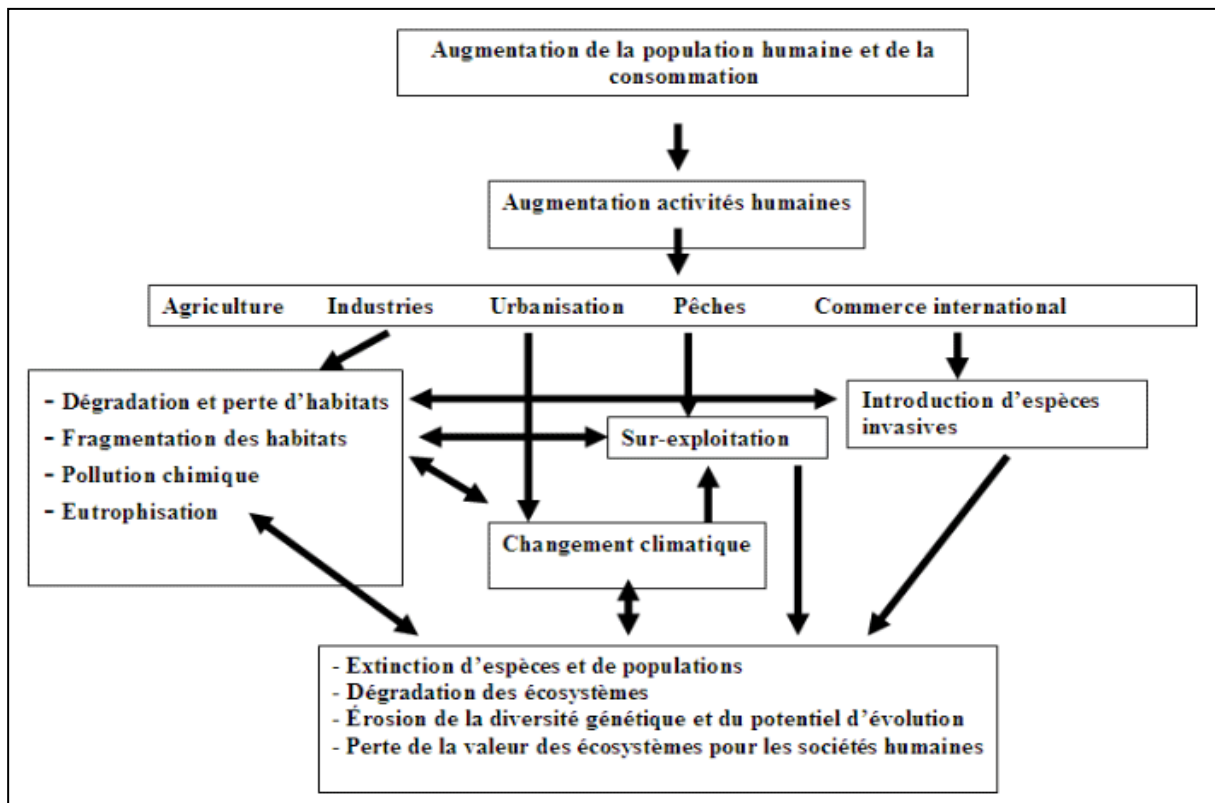


Figure 4 : Principales causes ayant une incidence sur la biodiversité marine (Amara, 2010).

I.3.3.1. Facteurs naturelles :

➤ Dynamiques hydrologiques : vagues, marées et courants. Elles jouent un rôle fondamental dans la structuration des zones côtières. Les vagues façonnent les rivages à travers des processus d'érosion et de dépôt, tandis que les marées influencent l'étendue des zones intertidales. Ces facteurs hydrodynamiques conditionnent la distribution des habitats et la biodiversité et le transport des sédiments et nutriments, les courants marins favorisent également la productivité primaire des écosystèmes (Bhuiyan, 2022).

➤ Influence du climat : réchauffement et phénomènes extrêmes. Les effets du changement climatique sur les zones côtières se manifestent par un réchauffement des eaux,

qui modifie la distribution des espèces et la structure des communautés marines. La fréquence accrue des tempêtes et ouragans entraîne des perturbations majeures dans ces écosystèmes fragiles (IPCC, 2022).

➤ Facteurs chimiques : acidification et eutrophisation.

L'acidification des océans, causée par l'absorption accrue de CO₂ atmosphérique, perturbe la calcification des organismes marins tels que les coraux et mollusques. Ce phénomène a des conséquences graves sur les récifs coralliens et les chaînes trophiques associées (IPCC, 2022). Par ailleurs, l'eutrophisation issue des apports nutritifs agricoles entraîne la prolifération d'algues toxiques, réduisant la disponibilité en oxygène pour les espèces benthiques (Bhuiyan, 2022).

➤ Facteurs géologiques et géographiques.

L'érosion côtière, accentuée par la montée du niveau marin, modifie profondément les paysages littoraux. La destruction des habitats naturels tels que les mangroves ou les marais salés réduit les fonctions écologiques essentielles, notamment la protection contre les inondations et la reproduction des espèces. L'urbanisation croissante accentue la vulnérabilité des écosystèmes (Bhuiyan, 2022).

➤ Facteurs humains : L'urbanisation, pêche, agriculture, tourisme et hydrocarbures.

Dans la région méditerranéenne, il existe 21 états qui comptent plus de 400 millions résidents (presque 35 % vivent dans les zones côtières) et qui vont passer à 520-570 millions en 2030 et plus de 700 millions à la fin du 21^{ème} siècle. Cette concentration croissante entraîne une augmentation d'activités urbaine et industrielles, un taux de déchets important (solide et liquide). La surpêche, particulièrement dans les pays du sud de la Méditerranée, représente une menace majeure pour les espèces et en raison de la morphologie spécifique du bassin Méditerranéen, l'activité agricole est pratiquée de façon intensive dans des plaines côtières restreintes (utilisation de produits chimiques : pesticides, des nitrates et des phosphates (Albakjaji, 2011). De nombreuses personnes négligent l'impact du tourisme et l'importance de la protection de l'environnement et de la mise en œuvre des normes du développement durable en changeant significativement les paysages côtiers, l'utilisation des terres, de l'eau et d'autres ressources (Albakjaji, 2011 et UNEP, 2011). Sans oublier, la pollution pétrolière causée par les accidents de navires pétroliers et le nettoyage des soutes en mer. On estime à six millions de tonnes par an la quantité d'hydrocarbures introduite dans les océans par l'activité humaine ce qui constitue par conséquent une cause fondamentale de la pollution des océans, contamination des organismes marins, augmentation des matières en suspension, (Dauvin, 1997).

I.4. Indicateurs de la biodiversité marine et côtière :

Un indicateur est une donnée qui a été sélectionnée à partir d'un ensemble statistique plus important car elle possède une signification et une représentativité particulière. Les indicateurs condensent ainsi l'information et simplifient l'approche de phénomènes environnementaux, souvent complexe, ce qui en fait des outils de communication précieux (Blanpain, 2003).

De manière générale, un indicateur est le résumé d'une information complexe qui offre la possibilité aux différents acteurs (scientifiques, gestionnaires, politiques et citoyens) de dialoguer entre eux. Un indicateur de biodiversité doit permettre de quantifier la biodiversité et ses variations de répartition spatio-temporelle. Il doit aider à évaluer quantitativement et qualitativement l'état de santé et la richesse du monde vivant (Monbet, 2004).

I.4.1. Types d'indicateurs :

- **Les descripteurs simples**, décrivant une situation isolée, mesurée ou observée (exemple : tonnage d'algues collectées). Il s'agit de variables indicatrices, dans le sens où elles permettent de caractériser indirectement l'état du milieu, soit par la mesure, soit par l'estimation à l'aide d'un modèle ;
- **Les descripteurs composites**, obtenus à partir de l'agrégation d'un ensemble d'informations scientifiques et de données de terrain ; on parle aussi d'indice. (Blanpain, 2003).
- **Indicateur de réponse**, mettent en évidence les progrès réalisés dans la mise en œuvre des mesures prises pour restaurer, protéger et gérer durablement les écosystèmes et la biodiversité.
- **Indicateur d'état**, se rapportent à la qualité et la quantité de la diversité génétique, spécifique et écosystémique, exemple : État de la diversité spécifique ; indicateurs relatifs à la population d'une seule espèce (espèce indicatrice); richesse spécifique (taille de population et variations); aire de répartition; probabilité d'extinction (Monbet, 2004).

I.4.2. Caractéristique de l'indicateur :

Un indicateur efficace doit répondre à plusieurs critères:

- Robuste, fiable, précis: il doit refléter effectivement les variations de ce qu'il est censé synthétiser;
- Facile à comprendre et accessible à tous les acteurs, grâce à un protocole clair et simple pouvant être appliqué chaque année.
- Il montre les relations entre les différentes composantes de l'écosystème.
- Faible coût

I.4.3. La macrofaune benthique indicatrice de la qualité de l'environnement marin :

Les organismes (macro-benthos) qui vivent sur ou dans le sédiment marins sont souvent caractérisés par leur manque de mouvement, et la plupart d'entre eux passent par des stades larvaires sensibles, ce qui les rend très sensible à toute perturbation environnementale. Toute perturbation significative de l'environnement induit des modifications de la composition spécifique du macro-benthos. L'analyse du macro-benthos est souvent utilisée comme indicateur pour évaluer la qualité des habitats marins, ce qui en fait outil efficace pour surveiller l'état environnemental de l'eau (Grémare, 2007).

I.4.3.1. « Oursin » indicateur biologique de la qualité de milieux côtiers :

Les invertébrés benthiques sont considérés comme un bon bioindicateur, en termes de mode de vie sédentaire, une grande résistance aux polluants, une large répartition, une grande abondance et une taille facilitant leur collecte (Chainho *et al.* 2006 ; Bélanger, 2009).

Parmi le macrobenthos, les organismes utilisés par les chercheurs jusqu'à présent sont les échinodermes et les mollusques (Bélanger, 2009).

Pour cela, l'oursin *Paracentrotus lividus* a été utilisé pour plusieurs raisons :

- Les embryons et les larves d'oursins sont moins tolérants aux polluants, contrairement aux adultes de la même espèce, en passant par des étapes critiques (Spromberg et Birge, 2005).
- Les oursins sont répartis dans les eaux côtières et une importance commerciale qui les rend privilégiés pour la réalisation de tests de croissance larvaire et d'expériences biologiques. (Quiniou *et al.* 1999).

I.4.3.2. La systématique et répartition géographique

La position systématique de l'oursin *Paracentrotus lividus* est la suivante (Tortonese, Vadon, 1987) :

Embranchement	Echinodermata
Sous embranchement	Echinozoa
Classe	Echinoidea
Sous classe	Regularia
Ordre	Diadematoidea
Sous ordre	Camarodonta
Famille	Echinidae
Genre	<i>Paracentrotus</i>
Espèce	<i>Paracentrotus lividus</i> (Lamarck, 1816)



L'oursin commun *Paracentrotus lividus* est représenté sur le littoral méditerranéen (Fig.5). Son aire de répartition s'étend de l'Ecosse jusqu'au sud de Maroc (Boudouresque et Verlaque, 2007). En Méditerranée occidentale, cet oursin est très abondant et en mer Adriatique, il devient moins abondant dans la partie la plus orientale du bassin Méditerranéen (Tortonese et Vadon, 1987).

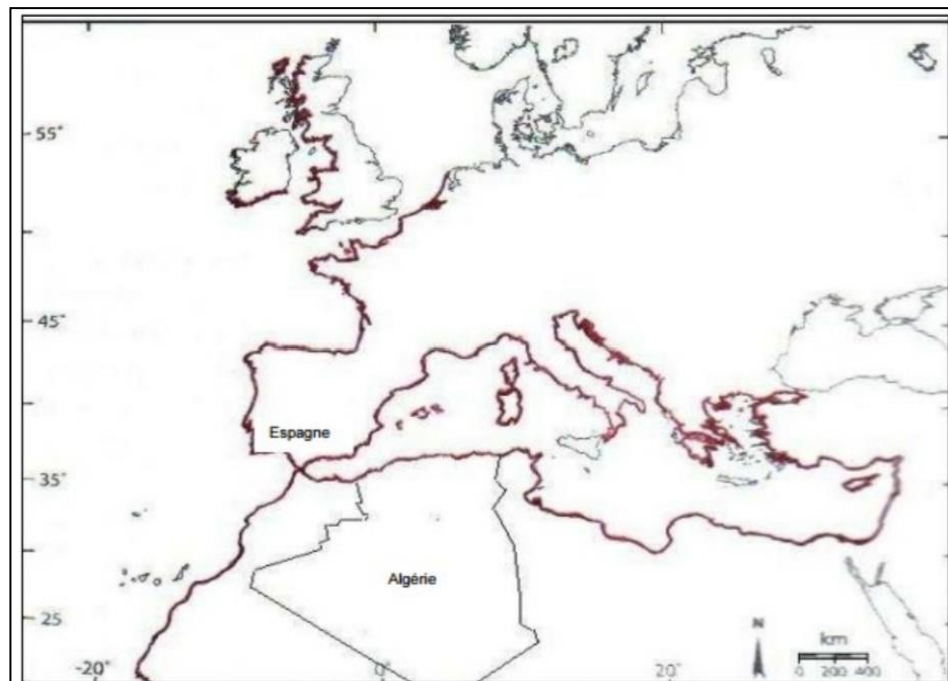


Figure 5 : La répartition (en rouge) de l'oursin *P. lividus* en Méditerranée (In Soualili, 2008).

I.4.3.3. Description et structure :

➤ Morphologie externe :

Paracentrotus lividus a un corps de forme globuleuse légèrement aplati aux deux pôles; la face orale où se trouve la bouche et la face aborale se trouve l'anus (Fig.6). Le test est formé de plaques étroitement juxtaposées qui lui confèrent sa rigidité. Ce test est divisé en dix régions méridiennes. Chacune de ces régions est formée d'une double série de plaques, cinq régions ambulacraires qui alternent avec cinq régions inter ambulacraires. Il présente une symétrie pentaradiée superposée à une symétrie bilatérale (Hyman, 1955).

Le test est hérissé de piquants robustes, pointus, de formes et de tailles très diverses. Leur couleur varie du violet, au vert foncé ou brun. Selon leurs tailles, les piquants et les tubercules sur lesquels ils s'articulent, sont appelés primaires (grands), secondaires (petits), tertiaires ou miliars (très petits) (Boue et Chamton, 1978).

Sur la face aborale, l'anus est situé au centre d'une membrane appelée périprocte, entourée de quatre plaques génitales et de cinq petites plaques oculaires. Le test de *P. lividus* présente un diamètre moyen de 5 cm, pouvant atteindre 7 à 8 cm dans des conditions favorables (Régis, 1987).

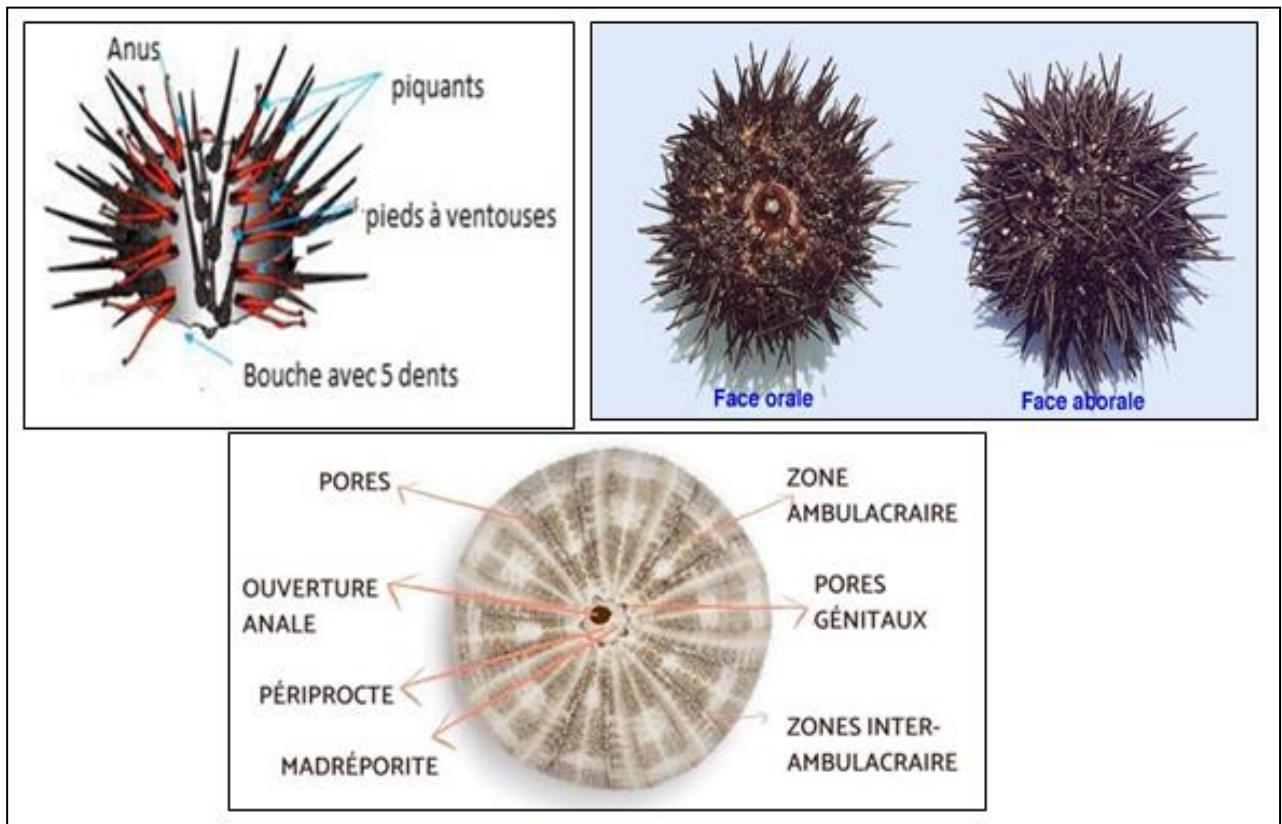


Figure 6 : L'anatomie externe de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lakhdari, 2015).

➤ **Morphologie interne :**

L'espèce présente une cavité coelomique entourée d'un test rigide, abritant les systèmes digestif, nerveux, sanguins et reproducteurs (Fig.7) (Fischer *et al.*, 1987). Le système nerveux comprend cinq nerfs radiaires alignés le long des canaux radiaires du système aquifère, issus des canaux péri-oesophagiens. Le système circulatoire se compose de deux vaisseaux situés au niveau de la paroi intestinale : un vaisseau marginal externe et un vaisseau interne, respectivement localisés du côté externe et interne de cette paroi. (Roule *et al.* 1989).

Le tube digestif est constitué de lanterne d'Aristote, la bouche, l'estomac, le siphon, l'intestin et l'anus (Fischer *et al.*, 1987).

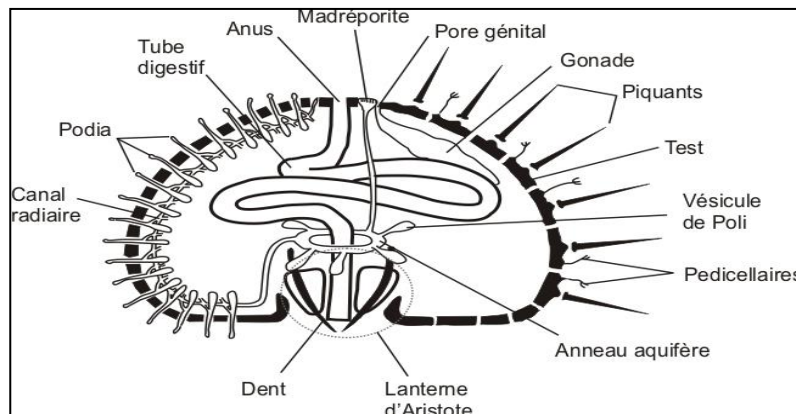


Figure 7 : Morphologie interne de *Paracentrotus lividus* (Grosjean, 2001).

Chacune des 5 zones ambulacraires est parcourue par un canal radial. Ces 5 canaux partent d'un anneau ambulacraire entourant l'oesophage au-dessus la lanterne d'Aristote (Fig.8) (Grosjean, 2001). La morphologie des organes reproducteurs reflète une symétrie radiale (Spirlet *et al.*, 1994). Cinq gonades (Fig...) communiquent avec l'extérieur par l'intermédiaire de cinq pores génitaux, chaque situé sur une papille portée par les plaques génitales (Grasse, 1948).

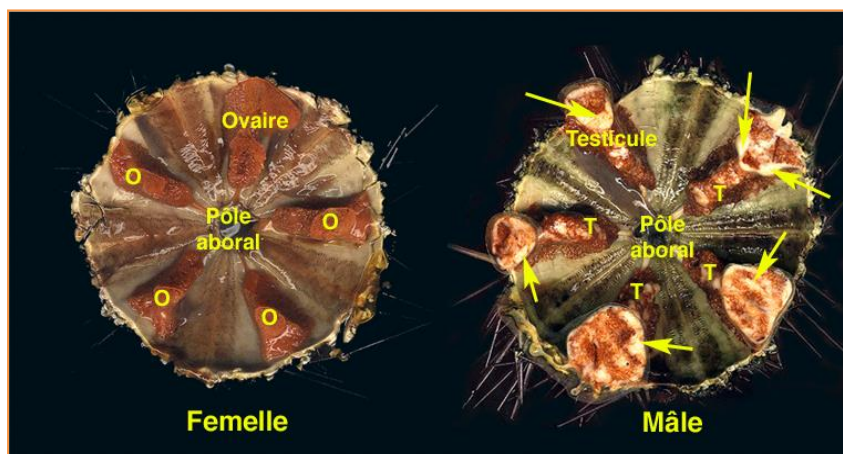


Figure 8 : Dissection de la région aborale (Lakhdari, 2015).

I.4.3.4. L'alimentation :

Le *Paracentrotus lividus* est principalement herbivore, mais il peut devenir omnivore dans certaines conditions (Regis 1978). On peut y retrouver, en plus de la fraction végétale, une fraction animale composée de foraminifères, de spongiaires, de bryozoaires, ainsi que de crustacés (Verlaque, 1987). *Paracentrotus lividus* consomme principalement des algues *photophiles* du genre *Podia pavonica* et *Cystoseira buliarica* (Regis, 1978). Il fait preuve d'une sélectivité particulière dans l'herbier de posidonie (Verlaque, 1987).

Chez *Paracentrotus lividus*, il y a une alternance entre des périodes de nutrition et des périodes de repos alimentaire (Verlaque et Nedelec, 1983). Ces deux phases ont été observées aussi sur les côtes algériennes par Semroud et Kada (1987). Pendant la phase active, tous les individus ont une vitesse d'alimentation constante (Verlaque et Nedelec, 1983). Selon Zanoun (1987) cité dans (Sahnoun, 2009), la période de jeune ou de faible consommation serait liée à la maturation des gonades avant la ponte.

I.4.3.5. L'habitat :

L'oursin *Paracentrotus lividus* se trouve souvent au niveau du médiolittoral inférieur et l'infra-littoral, sur les fonds rocheux toujours submergés. On le trouve surtout, localisé dans des fissures, et les dessous des blocs rocheux (Kempf, 1962), aussi dans des milieux différents (tel que l'herbier de posidonies) (Regis, 1987).

La structure de l'habitat joue un rôle important dans les communautés d'oursins. Les micro-habitats favorisent le recrutement et la survie des juvéniles. Les oursins *Paracentrotus lividus* peuvent vivre dans une large gamme de biotopes pour lesquels les paramètres environnementaux peuvent être plus ou moins stables et la nourriture plus ou moins disponible (Tegner & Dayton 1977).

I.4.3.6. Le cycle de vie et développement larvaire :

Les oursins sont des organismes ovipares gonochoriques. Le cycle commence lors des épisodes de reproduction avec l'émission des gamètes dans la colonne d'eau (Fig.9). La reproduction peut également être déclenchée par un bloom phytoplanctonique, une hausse de la température ou des facteurs hydrodynamiques (Edward et Miner, 2007). La variation de la ponte peut être changée d'un endroit à un autre. Sur les côtes méditerranéennes, deux périodes de reproduction sont observées chaque année : une principale au printemps et une secondaire, moins intense, à l'automne (Fenaux 1994 ; Lopez *et al.* 1998 ; Tomas *et al.* 2004).

Quarante-huit à soixante-douze heures après la fécondation apparaissent des larves pélagiques à 4 bars appelées Echinopluteus (Fig...), d'une taille de 450 à 550 μm , aussi bien en laboratoire (Pressoir, 1959) qu'en milieu naturel. Ce stade (4 bars) est sensible à la qualité du milieu dans lequel se développe la larve, mais aussi à la qualité et la quantité de nourriture disponible (Fenaux, 1968 et 1969).

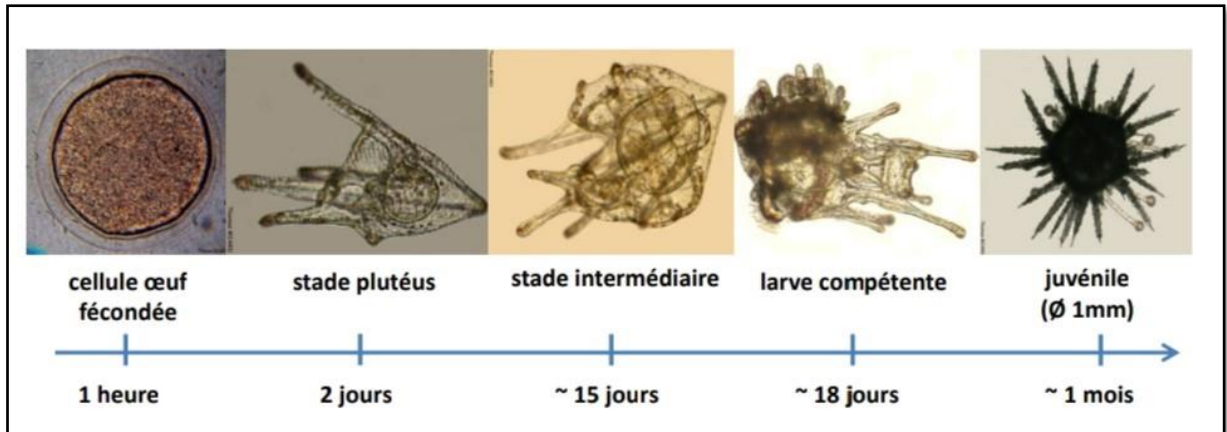
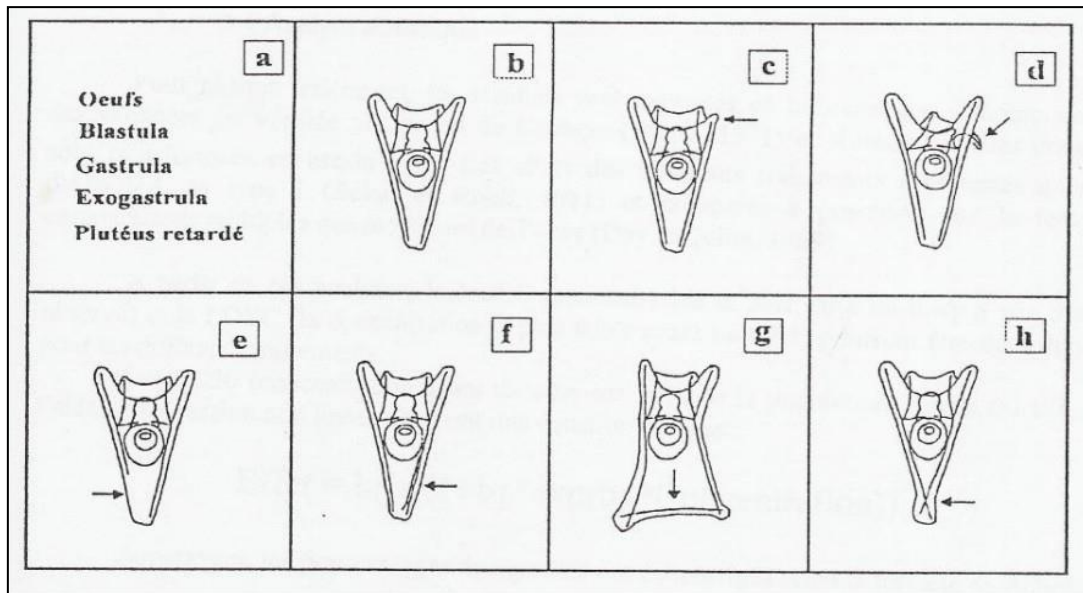


Figure 9 : Chronologie du cycle de vie de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Miard et Couvray, 2014).

De nombreux auteurs s'accordent à souligner que les stades embryonnaires des invertébrés marins dont font partie les oursins sont plus sensibles aux polluants et aux changements environnementaux tels que l'augmentation de la toxicité des éléments métalliques. Plusieurs tests et travaux effectués par Pagano *et al.* (1988) et Dinnel (1990) soulignent diverses anomalies de développement à différents stades embryonnaires, provoquées par les polluants. Les anomalies morphologiques (Fig.10) qui affectent la larve pluteus de *Paracentrotus lividus* sont résumées par klockner *et al.* (1985).



Figur 10 : Les différentes anomalies embryonnaires et larvaires chez *Paracentrotus lividus* (Klößner *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 ; f: dédoublement d'une baguette somatique ; g: surnombre des baguettes somatiques et h: chevauchement des baguettes somatiques.

CHAPITRE II : Partie 1 :

Matériel et méthodes

II.1. Etude de la biodiversité

II.1.1 Données générales sur la wilaya Mostaganem

Mostaganem est située sur la mer Méditerranée au nord-ouest de l'Algérie, bordée à l'ouest par Oran, à l'est par Cheliff, au sud, par les wilayas de Mascara et Relizane. La wilaya est dotée d'un littoral de 124 Km. Le climat de Mostaganem est caractérisé par une température de 24 degrés Celsius, dominée par un climat méditerranéen chaud en été et deux autres climats semi-arides, l'un chaud et l'autre froid (Climate-Data.org, consulté 2025).

Mostaganem est considéré comme une zone agricole et une zone touristique visitée par environ dix millions de touristes chaque été, en raison de son long littoral. La pêche est l'une des activités économiques les plus importantes de Mostaganem, comptant trois ports (Salamandre, Mostaganem et Sidi Lakhdar).

II.1.2 Choix des sites d'études

Mostaganem a été choisi selon sa situation géographique unique et la diversité de ses habitats et de zones littorales (Sidi Mansour, Stidia, Ain Brahim, etc.), des marais (La Macta), et embouchures de rivières (Cheliff) (Mostari *et al.*, 2020). Trois zones d'étude côtières ont été choisies tout au long de la cote de Mostaganem (Stidia, Kharouba et El Marsa à Abd El Malek Ramdan) (Fig.11). Ces trois sites sont caractérisés par des plages sablonneuses et rocheuses, et exposés à diverses sources de pollution dues au tourisme, à la densité de population et aux activités de pêche maritime.

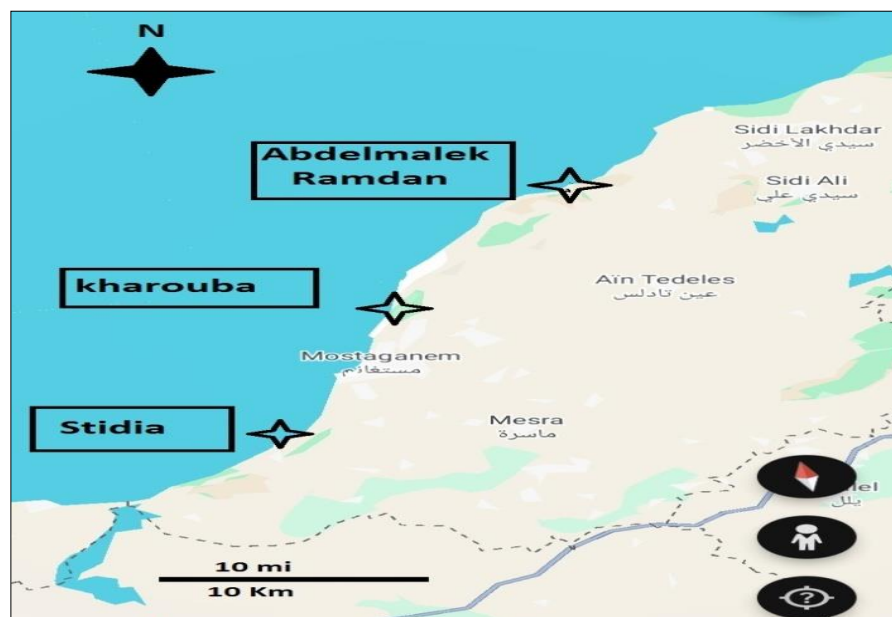


Figure 11 : Carte de la côte de Mostaganem avec les trois sites étudiés. (Google earth, 2025).

II.1.2.1. Site de Stidia

Le site de Stidia (Fig.12) se situe à 15 Km à l'Ouest de Mostaganem aux coordonnées 35°50' Nord de latitude et 0°01' Ouest de longitude. Le méridien de Greenwich le traverse. Stidia est une commune côtière d'une superficie de 55 km², avec un littoral composé de substrat rocheux et de fond sableux riche en biodiversité et des prairies d'herbier à Posidonies. Stidia est une petite zone touristique entourée de terres agricoles, dont plusieurs activités y sont pratiquées, comme la pêche et la plongée (Mezali, 2007 ; Oulhiz, 2012).



Figure 12 : Les deux stations de Stidia.

II.1.2.2. Site de Kharouba

Le site de Kharouba (Fig.13), se trouve à 3 Km à l'est de la ville de Mostaganem aux coordonnées 35° 58' Nord de latitude et 0° 05' Est de longitude. Cette plage est caractérisée par un trait de côte rocheux et accidenté avec quelques petites plages sableuses. Kharouba est une zone riche en organismes benthiques et une prairie dense de plantes de posidonie avec une macrofaune associée, dominée par la présence des échinodermes tels que : les Echinidés et les Holothuroides (Mezali, 2007). Ce site est situé dans une petite zone portuaire de pêche, proche d'une agglomération urbaine importante ce qui entraîne une augmentation de l'activité humaine, et constitue ainsi l'une des causes de la pollution, surtout pendant l'été.



Figure 13: Les stations étudiées du site de Kharouba.

II.1.2.3. Site d'El Marsa (à Abd El Malek Ramdan)

Le site d'El Marsa (Fig.14) est situé à l'Ouest de la wilaya de Mostaganem, sur la côte Méditerranéenne. Aux coordonnées $36^{\circ} 06'$ Nord de la latitude et $0^{\circ} 16'$ Est de longitude. La zone se caractérise par son terrain côtier diversifié, qui comprend des plages de sable et de rochers, ainsi que des dunes de sable. La région d'El Marsa est une destination touristique grâce à ses nombreuses plages qui attirent les visiteurs pour les loisirs et les activités marines comme la pêche.



Figure 14: Les stations étudiées du site d'El Marsa (Abd El Malek Ramdan).

II.1.3. Echantillonnage de la macrofaune de l'étage médiolittoral des sites étudiés

L'objectif d'une stratégie d'échantillonnage est de parvenir, à faire une estimation la plus précise possible des paramètres étudiés et de leur variabilité (dans notre cas : abondances, dominance et richesses spécifiques). Et comme pour toutes les recherches écologiques descriptives, dans ce travail, on a tenté de décrire le plus possible l'aspect réel des peuplements benthiques à partir d'observations et de prélèvements ponctuels de ces peuplements. La récolte des données s'est faite à partir de la méthode distincte, qui est une méthode basée sur la prospection visuelle directe. Selon Collingnon (1991), c'est la seule méthode possible pour l'étude des substrats rocheux du domaine médiolittoral d'accès facile. On a ainsi procédé à des observations qualitatives (inventaire) et quantitatives (des comptages), qui amènent à plus d'informations possible sur l'état de la macrozoobenthos comme l'on préconisé (Abousamra, 2004 ; Limam *et al.*, 2004 et Guerin et Desroy, 2008).

Pour l'intervention sur le terrain, il est nécessaire d'attendre que les perturbations climatiques disparaissent. Les prélèvements sont réalisés dès que les conditions requises le permettent :

- ✓ la station doit être accessible et le fond doit être visible ;
- ✓ Il faut, aussi, prospector globalement les stations, cette prospection se fait prioritairement sur les supports les plus représentatifs pour les peuplements benthiques.
- ✓ Un échantillonnage de type « aléatoire simple » (répartition aléatoire des échantillons sur une surface) fait appelle à un matériel: quadra de (50/50 cm) (Fig.15).



Figure 15 : Quadra utilisé pour l'étude de la macrofaune du substrat dur (Présent travail).

L'échantillonnage, a été fait en utilisant la même méthode sur toutes les stations étudiées, en enregistrant sur le substrat rocheux la catégorie de benthos se trouvant directement sous nos mains. Lors du passage, l'inventaire de la population d'invertébrés s'effectue par mètre carré au hasard pour quantifier l'abondance et la composition de la population d'invertébrés mobiles ou fixées présentes. La surface totale balisée est de 50 m² par station, et sur cet ongle on a pu alors donner et présenter les caractéristiques faunistiques du site étudié.

II.1.4. Méthode d'analyse de la biodiversité

II.1.4.1. La Détermination et l'identification des espèces

A l'aide de plusieurs sites d'internet (Coudre, 2002 et Côte bleue et Nature, 2002), on a pu déterminer la nature des taxons des invertébrés (macrofaune benthiques) des côtes rocheuses de l'étage médiolittorale des sites étudiés. Et pour approfondir le travail quantitatif, on a déterminé le nombre d'espèces et le nombre d'individus de chaque espèce (l'abondance), afin de calculer les différents calculs des indices biologiques :

a) Richesse spécifique (S)

La Richesse spécifique S est représentée par le nombre total ou moyen d'espèces recensées par unité de surface. Cet indice S peut être utilisé pour analyser la structure taxonomique du peuplement.

b) Dominance (D)

La dominance c'est le taux (pourcentage en %) de chaque espèce par rapport à la totalité (nombre totale) des individus dénombrés.

c) Indices de diversité

La diversité prend en compte non seulement le nombre d'espèces, mais également la distribution des individus au sein de ces espèces. Deux principaux indices ont été utilisés : l'indice de Shannon-Wiener, et l'indice de l'Equitabilité.

c.1) Indice de Shannon-Wiener (H')

L'indice de Shannon permet de calculer le niveau de diversité d'espèces dans un milieu donné. L'indice de Shannon-Wiener est le plus couramment utilisé et est recommandé par différents auteurs (Gray *et al*, 1992). Il est donné par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log p_i$$

Où : p_i = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce : $p_i = n_i/N$.

L'indice de Shannon permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Ainsi, une communauté dominée par une seule espèce aura un coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont codominantes. La valeur de l'indice varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce dominant très largement toutes les autres) à $\log S$ (lorsque toutes les espèces ont même abondance).

c.2) L'indice d'équitabilité de Pielou

$$J' = H'/H'_{max}$$

Où : $H'_{max} = \ln S$ (S = nombre total d'espèces).

L'indice d'équitabilité permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équirépartition des individus dans les espèces). Ces deux indices restent dépendants de la taille des échantillons (Gray *et al.*, 1992).

II.2. Utilisation du test de la qualité du développement embryonnaire de l'oursin

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

- ✓ Sa large distribution en Méditerranée et particulièrement sur les côtes rocheuses de Mostaganem.
- ✓ 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 et Soualili *et al.*, 2008). L'oursin est fortement sensible aux produits chimiques et à de nombreux contaminants.

II.2.1. Prélèvement des échantillons

Pour la récolte des oursins, les prélèvements ont été effectués en zone peu profonde allant de 1 à 3 mètres, au niveau du site d'étude Stidia. Des spécimens d'oursins de *P. lividus*, ont été prélevés, de taille allant de 4cm à 6cm de diamètre. Un total de 25 individus de l'espèce d'oursin *Paracentrotus lividus* a été récolté dans le site de Stidia.

Simultanément au prélèvement d'oursins, l'eau de mer et le sédiment superficiel de chaque site ont été 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.2.1.1 Libération des gamètes

Au niveau du laboratoire, les oursins prélevés ont été lavés à l'eau de mer filtrée, pour ensuite, la libération des gamètes a été activée par l'injection dans l'aire péristomiale de chaque oursin par 2 ml d'une solution de KCl (à 4%) (Fig.16).

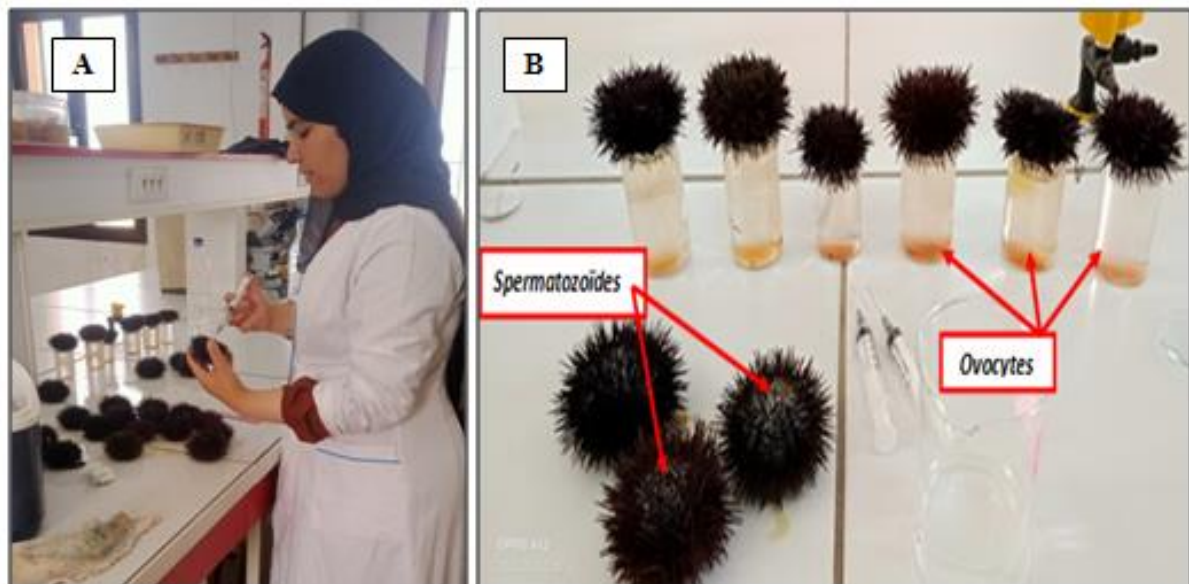


Figure 16 : (A) Injection du KCL, (B) Libération des gamètes mâles et femelles chez *Paracentrotus lividus* (Présent travail).

II.2.1.2. Test de la qualité du développement embryonnaire de *P. lividus*

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 (20 ml) et de sédiment de chaque site (0,5g). Dans chaque boîte, on a rajouté 300 µl de gamètes femelles fécondés avec environ 60µl de sperme poolé (Fig.17).

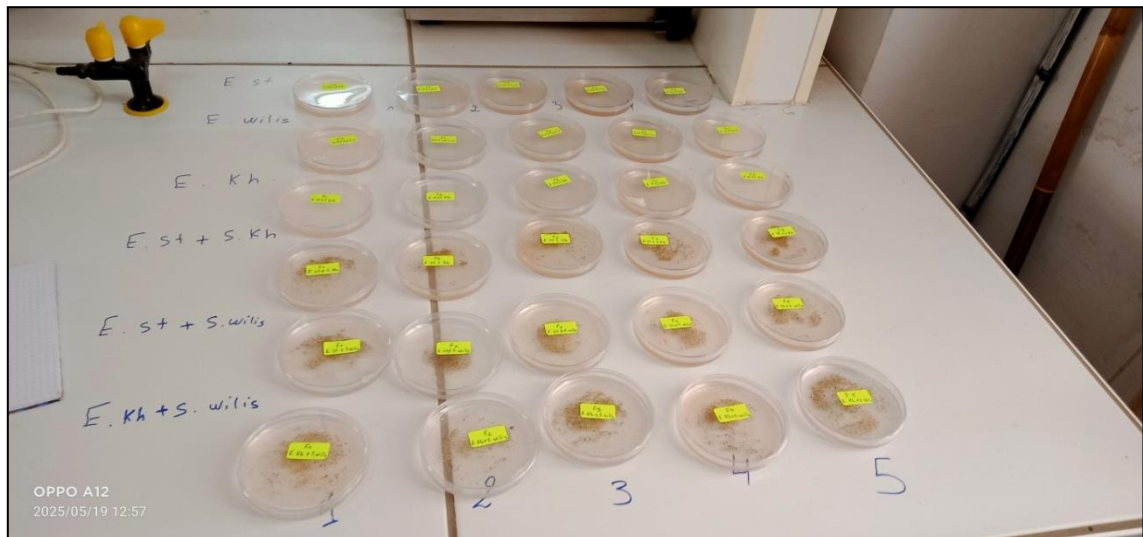


Figure 17 : Application du test du développement larvaire de l'oursin (Présent travail).

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 (Fig.18), sur un ensemble de 100 ovocytes.

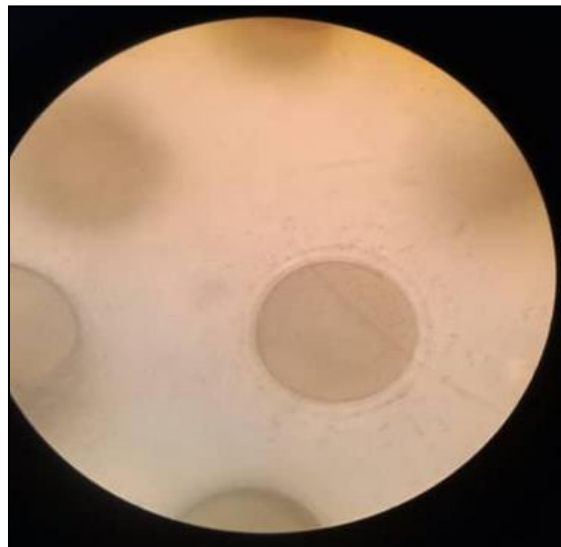


Figure 18 : Observation microscopique d'œuf fécondée (X10) (Présent travail).

Les boîtes sont ensuite incubées à température ambiante à l'obscurité. Au bout de 72 heures, les larves sont fixées au formol dilué à 8% (4 à 5 gouttes par boîtes). Par la suite, le nombre de pluteus appartenant aux différents stades de développement embryonnaire est comptabilisé, au niveau de chaque boîte, sur un total de 100 larves.

Les stades du développement embryonnaire sont distingués et dénombrés sous microscope inverse selon les critères morphologiques adaptés de Warnau et Pagano (1994) (Fig.19).

Les stades les correspondent aux 4 catégories suivantes : Pluteus normal (**N**), Pluteus retardé (présentant un développement retardé) (**R**), Pluteus anormal avec malformations squelettiques et/ou anomalies d'intestin (**AN**), Embryons dont le développement s'est terminé à l'étape de blastula ou de gastrula (**B**).

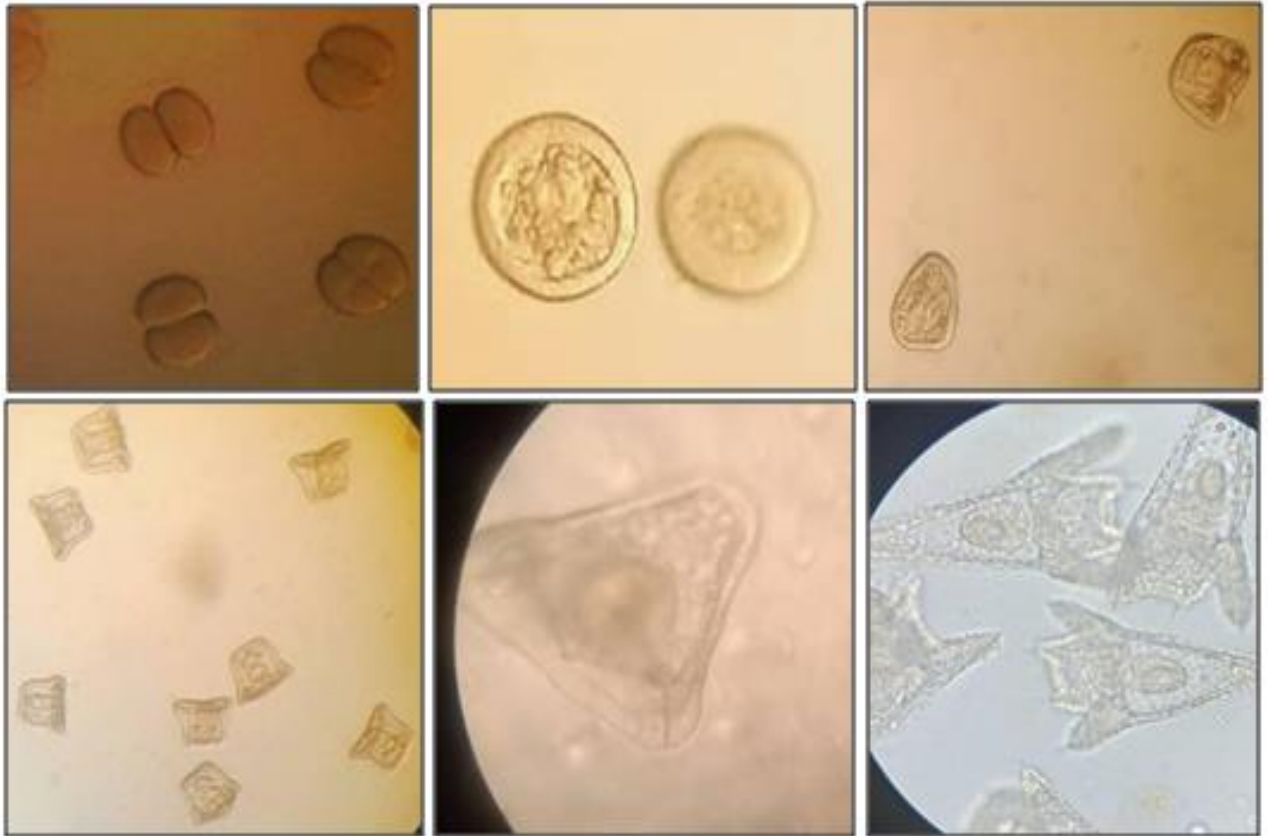


Figure 19 : Les différents stades observés du développement embryonnaire de l'oursin *Paracentrotus lividu*. De gauche à droite (et de haut en bas) : Premières divisions de l'œuf, blastula, jeune gastrula, gastrula, jeune larve et larve pluteus (Présent travail).

CHAPITRE II : Partie 2:

Résultats et discussions

II.2. Résultats et discussion :

II.2.1. Evaluation de la richesse spécifique biodiversité des sites étudiés :

Au cours de notre étude, il a été constaté que la diversité animale est très riche et que cette diversité est représentée dans les groupes zoologiques suivants : les Mollusques, les Arthropodes, les Echinodermes et Les Cnidaires.

II.2.1.1. Site de Stidia :

Le site de Stidia est caractérisé par une large bande rocheuse tout le long de la côte. La première station (St1), est caractérisée par un petit port de pêche et d'une petite ville touristique pour attirer les visiteurs. Elle est également entourée de terres agricoles riches en minéraux, ce qui affecte la biodiversité de faune et de flore benthiques. Quant à la deuxième station (St2), présente une grande richesse floristique, et des restes morts de *Posidonia oceanica* trouvés sur la plage. Cette station est éloignée des diverses activités anthropiques (Fig.20).



Figure 20 : Les deux stations 1 du site de Stidia, station1 (A) et station2 (B) (Présent travail).

a) Station 1 (St1) :

Dans la station 1 de Stidia, la macrofaune du médiolittoral est représentée par 24 espèces et 1510 individus au total. Les spécimens récoltés appartiennent aux différents groupes recensés suivants: les Mollusques, les Arthropodes, les Cnidaires et les Echinodermes avec des fréquences respectives de 70,33% ; 27,48% ; 1,53% et 0,66% (Fig.21).

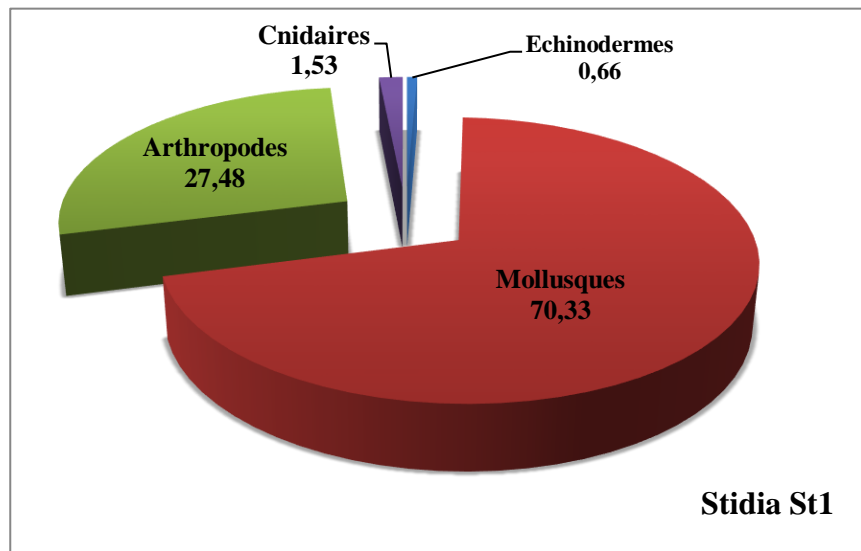


Figure 21 : Proportion des groupes zoologiques au niveau de la station 1 de Stidia.

Les mollusques sont les plus répandus à la station 1. Ils sont divisés en quatre groupes taxonomiques : Monoplacophores (patelles, avec 5 taxa) et Prosobranches (contient 5 taxa), et Polyplacophores et opisthobranches présentés que par une seule espèce. Par ailleurs, les Crustacés présentent l'embranchement des Arthropodes avec 5 taxa alors que les Isopodes présentés que par une seule espèce. Alors que, les pourcentages les plus faibles sont présentés par les Cnidaires (1 seule espèce) et les Echinodermes (deux espèces d'oursin).

b) Station 2 (St2) :

Dans la station 2 de Stidia, la macrofaune du médiolittoral est représentée par 22 espèces et une abondance de 1257 au total. Les quatre groupes taxonomiques sont divisés ainsi : Mollusques (61,57%), des Arthropodes (27,13 %), des Cnidaires (0,8%) et des Echinodermes (10,5%) (Fig.22). La distribution des espèces de la station 2 est la même que sur la station 1, sauf les Cnidaires sont présentés uniquement par une seule espèce.

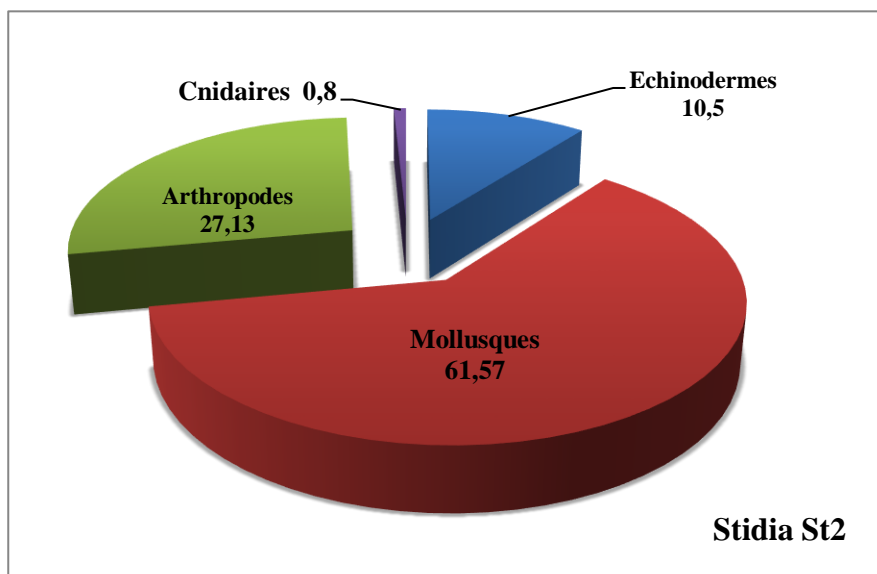


Figure 22 : Proportion des groupes zoologiques au niveau de la station 2 de Stidia.

La répartition de la richesse globale du site de Stidia, illustrée par la figure 23, montre la présence des quatre groupes zoologiques au niveau des deux stations comme suite : les Mollusques figurent en majorité par rapport aux autres groupes, suivis par les Arthropodes. Alors que pour les Cnidaires, c'est le groupe le plus représenté dans la station 1 et les Echinodermes dans la station 2.

Le groupe des Mollusques de la station 1 se compose de quatre catégories taxonomiques. En comparant les ratios des Mollusques, il est clair que la station 1 montre un taux élevé, par rapport à la station 2, présenté par les chitons.

La classe des Arthropodes est représentée dans des proportions similaires des deux stations 1 et 2 à environ 27 %.

Les Echinodermes représentent une proportion plus élevée de 10,5% dans la station 2, contre 0,66% dans la station 1. En revanche, les Cnidaires sont légèrement abondants dans la station 1, représentant 1,52%, tandis que leur proportion diminue à 0,79% dans la station 2.

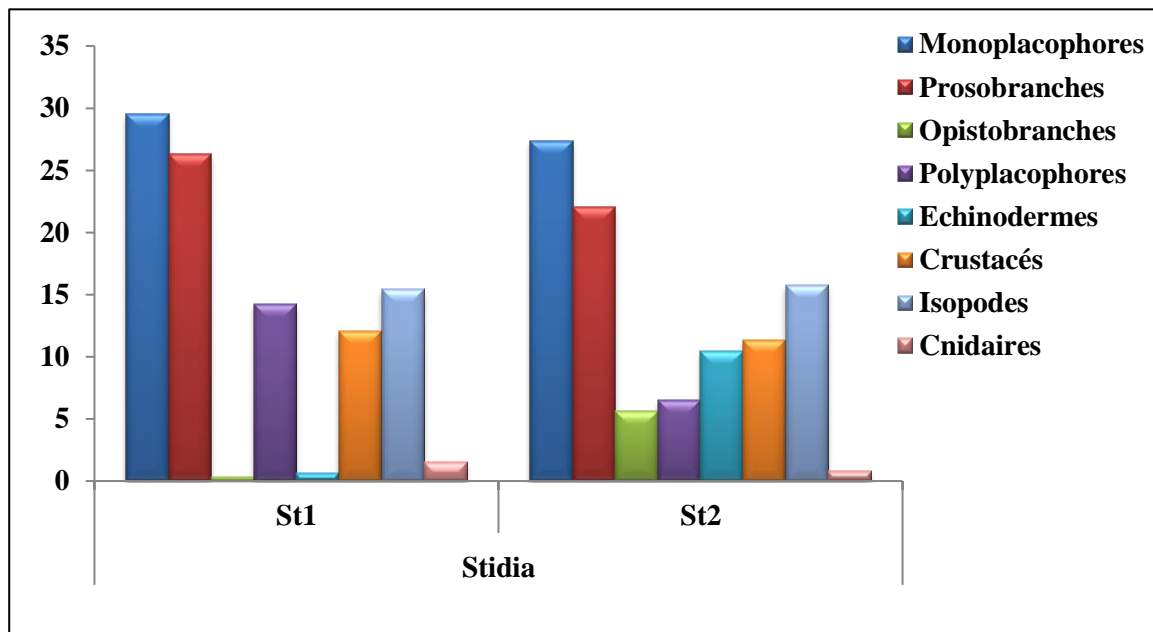


Figure 23 : Répartition de la richesse biologique du site de Stidia.

II.2.1.2. Site de Kharouba :

Deux stations ont été choisies pour ce site, caractérisées chacune par un substrat rocheux de l'étage médiolittoral (Fig.24). Le mode est calme pour ce site, devenant battu en période hivernale (mauvais temps). Dans la station 2, on retrouve une petite activité de pêche de quelques petits métiers.



Figure 24: Les deux stations du site de Kharouba, station1 (A) et station2 (B) (Présent travail).

a) Station 1 (St1) :

Les groupes de macrofaune sur les côtes rocheuses de cette station représentent 20 espèces, dont 1710 individus, dominées par les Mollusques (64,55%), suivis des Echinodermes (19,75%) et la plus faible abondance est enregistrée chez les Arthropodes et les Cnidaires (8,76% et 6,94% respectivement) (Fig.25).

Les Mollusques sont représentés par quatre groupes zoologiques : Monoplacophores avec 5 taxa, Gastéropodes (6 taxa) et Polyplacophores (un seul taxa). C'est toujours les Crustacés qui présentent l'embranchement des Arthropodes avec 4 taxa, par rapport aux Isopodes présenté par qu'une seule espèce (*Idotea sp*). Par ailleurs, on remarque la présence des Echinodermes par deux oursins et les Cnidaires avec une seule espèce seulement (*Anemonia Viridis*).

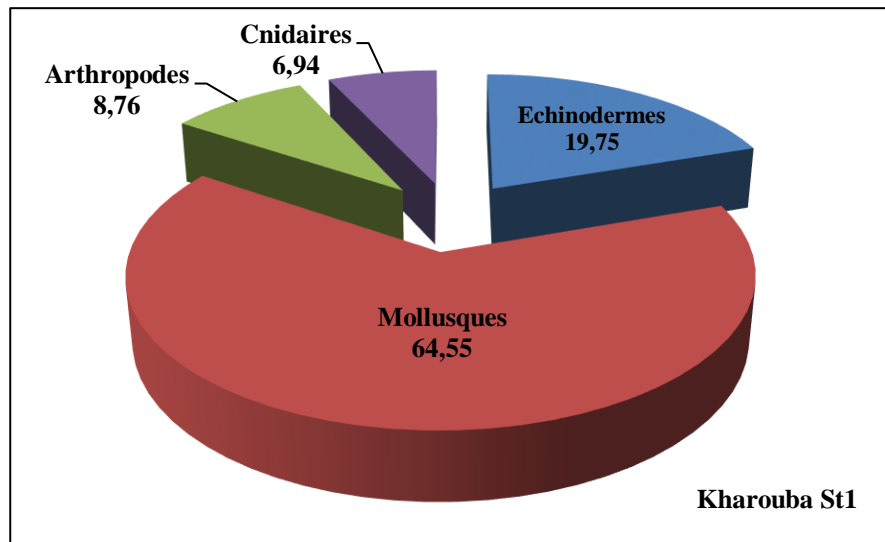


Figure 25: Proportion des groupes zoologiques au niveau de la station 1 de Kharouba.

a) Station 2 (St2)

La station 2 représente 21 espèces de macrofaune, dont les Mollusques constituent la majorité (68,05%), suivis des Arthropodes et des Echinodermes (15% et 12,32% respectivement) et en dernier viennent les Cnidaires avec un taux le plus faible (4,63%) (Fig.26).

Les mollusques sont représentés par 14 espèces, les Arthropodes par 5 espèces, les Echinodermes par 2 espèces. Cette distribution d'espèces est la même que la première station, contrairement au groupe des Cnidaires, dont ils sont présentés par deux taxa.

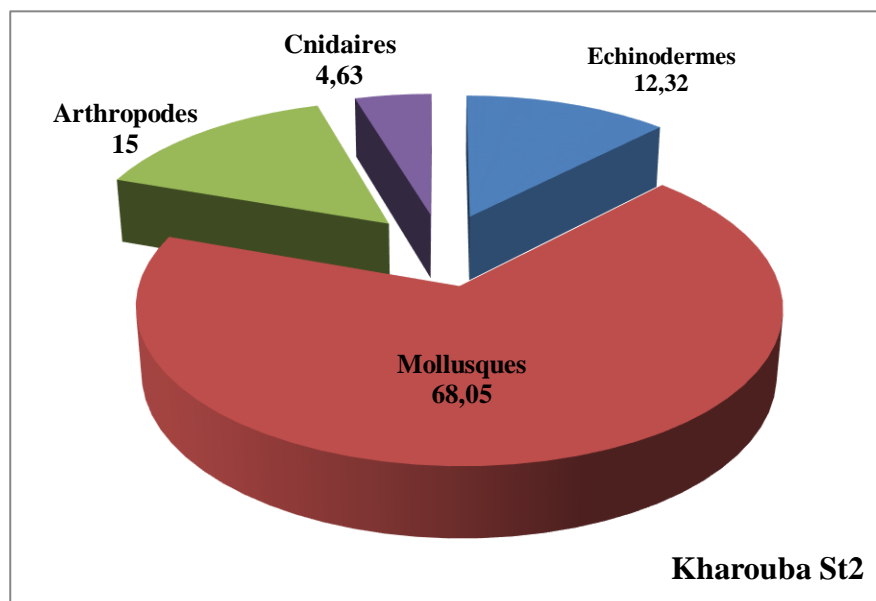


Figure 26 : Proportion des groupes zoologiques au niveau de la station 2 de Kharouba.

La répartition de la richesse globale du site de Kharouba (Fig.27), présenté au total par 21 espèces et une abondance de 2654 individus, dont les Mollusque constituent la majorité par rapport aux autres groupes, avec une dominance des Gastéropodes pour la station (St2) que la station (St1). Alors que, pour les Cnidaires et les Echinodermes (présentés en anémones verte et l'oursin *Arbacia lixula*), c'est la station (St1) qui présente la plus grande richesse, contrairement à la station (St2).

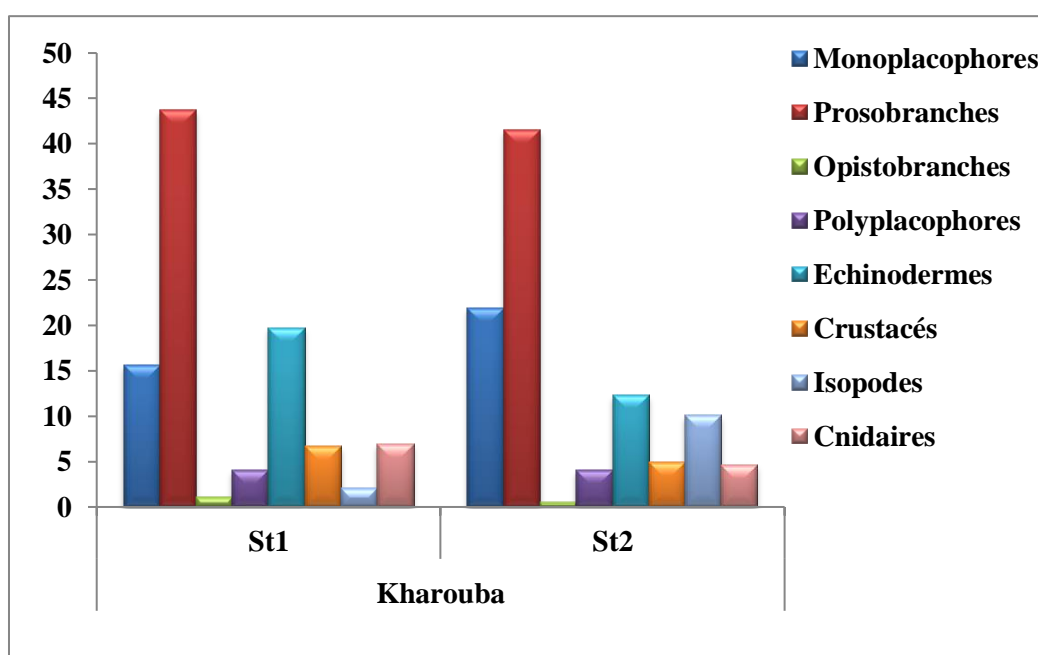


Figure 27 : La répartition de la richesse globale du site de Kharouba.

II.2.1.3. Site d'El Marsa (Abd El Malek Ramdan) :

Concernant le site d'El Marsa (Fig.28), les zones rocheuses sont situées entre deux plages sablonneuses très vastes avec plusieurs résidences (cabanons d'été). Il dispose de petits métiers pour l'activité de pêche, les plages de ce site sont entourées par des terres agricoles.



Figure 28 : Les deux stations du site de d'El Marsa.

a) Station 1 (St1) :

La macrofaune de la station 1 (Fig.29) est représentée par 21 espèces (avec un total d'individu de 3038), dominées par l'embranchement des Mollusques (82,39%), avec 12 espèces au totale : 6 taxa de Gastéropodes, 5 espèces de patelles et une seule espèce *Chiton sp.* On trouve ensuite, l'embranchement des Arthropodes (16,26%), représenté par 7 espèces (entre Crustacés et Isopodes). Les Cnidaires sont représentés par une seule espèce (tomate de mer : *Actinia equina* à 1,35%). Alors que, cette station est dépourvue des Echinodermes.

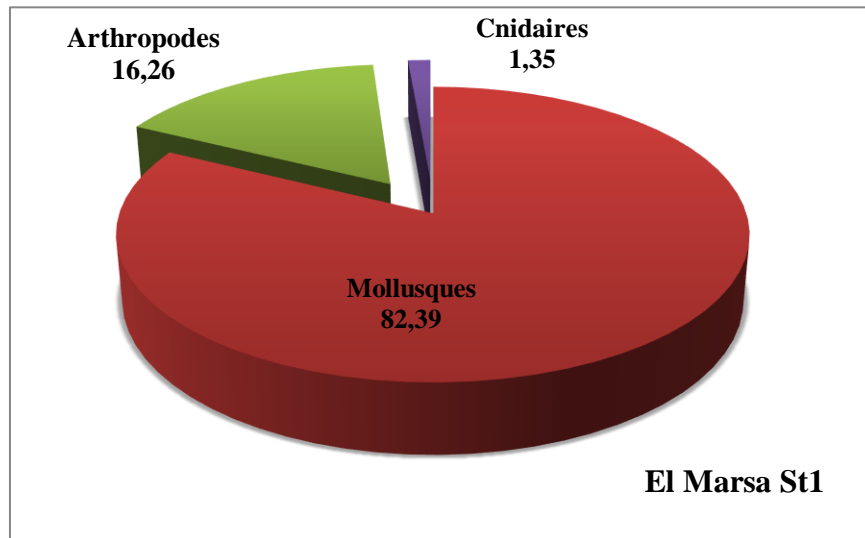


Figure 29 : Proportion des groupes zoologiques au niveau de la station 1 d'El Marsa.

b) Station 2 (St2) :

Un total de 18 espèces (présenté en 2272 individus) a été enregistré pour la macrofaune des substrats rocheux de cette station. Ces espèces sont réparties inégalement entre les mêmes groupes zoologiques (Fig.30). Dans cette diversité zoologique, l'embranchement des mollusques dominant largement avec 78,74% (représenté par 5 patelles, 6 taxa de Gastéropodes et une seule espèce des polyplacophores). Suivi par la division l'embranchement Arthropodes (avec 20,68%) représenté par 4 taxa de Crustacés et une seul espèce d'Isopodes. On a remarqué aussi qu'une seule espèce présente les Cnidaires par un taux très faible de 0,57% seulement, et que les Echinodermes (sous forme d'oursins) ont été aussi absent pour cette station.

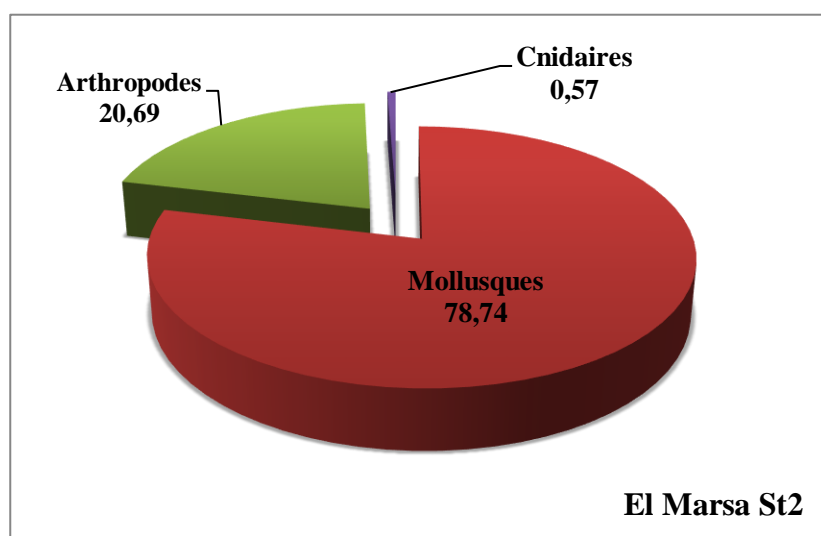


Figure 30 : Proportion des groupes zoologiques au niveau de la station 2 d'El Marsa.

La répartition de la richesse globale du site d'El Marsa (Abd El Malek Ramdan) (Fig.31) est de 20 espèces, dont les Gastéropodes (Prosobranches) dominent les deux stations 1 et 2 (53,79% et 46,39% respectivement) par rapport aux autres groupes zoologiques, suivis par les patelles (20,94 et 27,16 % pour (ST1 et ST2, respectivement).

Le plus remarquable, c'est que, les Cnidaires (présentés uniquement par *Actinia equina*) étaient moins abondants dans les deux stations (1,35% et 0,57% respectivement), avec une absence totale d'Echinodermes.

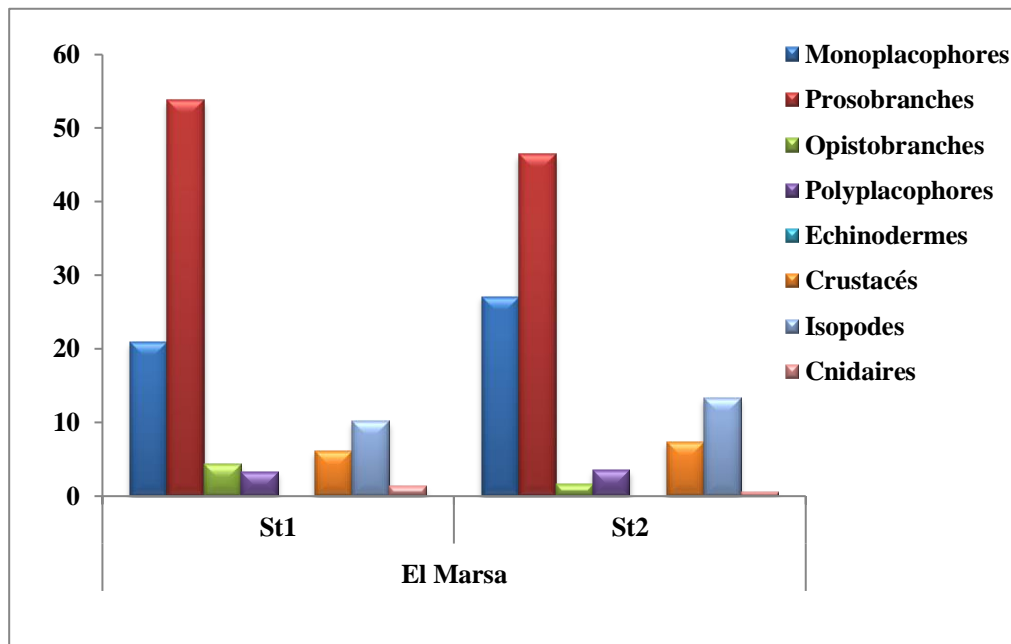


Figure 31 : La répartition de la richesse globale du site d'El Marsa.

II.2.1.4. Diversité spécifiques :

Pour déterminer la structure du peuplement des différentes stations des sites étudiés, on a calculé différents indices à chaque site (Tab.1 et Fig.32). Pour étudier en détail la diversité spécifique des différents sites, les valeurs des indicateurs biologiques sont analysées :

- **Indice de Shannon-Wiener (H') :** permet de calculer le niveau de diversité d'espèces dans un milieu donné.
- **L'indice d'équitabilité de Pielou (J') :** permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces.

Tableau 1 : Les différents indices de diversité spécifique et de la richesse du peuplement des sites et des stations étudiées.

	Stidia		Kharouba		El Marsa	
	St 1	St 2	St 1	St 2	St 1	St 2
Abondance (A)	1510	1257	1710	2654	3038	2272
S	21	22	20	21	20	18
H'	2,64	2,81	2,56	2,7	2,55	2,54
J'	0,87	0,91	0,85	0,89	0,85	0,88

N : nombre totale (A) abondance, *S* : richesse spécifique (nombre d'espèces)

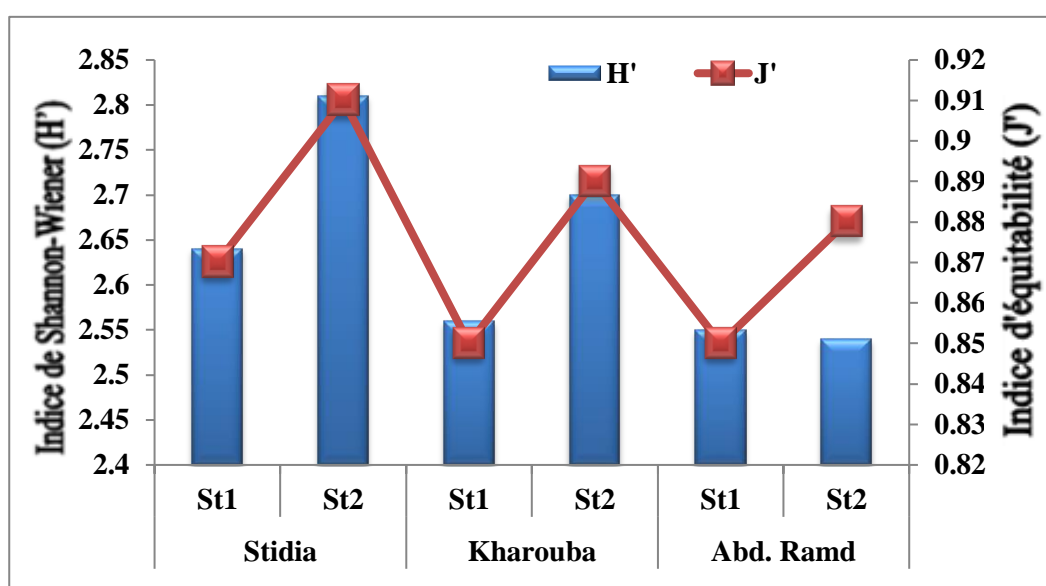


Figure 32 : Evolution des indices de diversité (H') et (J') des trois sites.

D'après les résultats de ce tableau, les indices de diversité variaient d'un site à d'autre (et d'une station à autre dans le même site). La valeur la plus élevée de l'indice de Shannon (H') a été enregistrée dans la station (St2) du site de Stidia (2,81), suivie par (St2) de Kharouba et (St1) de Stidia (2,7 et 2,64 respectivement). Alors que, les valeurs proches ont été enregistrées à la fois dans les autres stations (St1) de Kharouba, (St1 et St2) d'El Marsa.

Tandis que pour l'indice d'équilibre (J'), la valeur la plus élevée a été enregistrée pour la station (St2) de Stidia. Contrairement aux deux stations (St1) de Kharouba et d'El Marsa, la valeur de (J') calculée était la plus faible (à 0,85).

D'après Daget (1979) (Tab.2), des seuils sont fixés pour déterminer l'état d'un peuplement. Une équitabilité supérieure ou égale à 0,8 indique généralement un peuplement équilibré.

Tableau 2 : Etats des peuplements en fonction de l'indice d'équitabilité (Daget, 1979).

Etat du peuplement	Indice d'Equitabilité (J')
Peuplement inexistant	$J' = 0$
Peuplement en déséquilibre fort	$0 < J' \leq 0,20$
Peuplement en déséquilibre	$0,20 < J' \leq 0,50$
Peuplement en léger déséquilibre	$0,50 < J' \leq 0,80$
Peuplement équilibré	$J' \geq 0,80$

D'après nos résultats et en se référant à Daget (1979) :

- ✓ Pour le site de Stidia, la station 2 est plus diversifiée que la station 1, avec un indice de diversité (H') plus élevés, malgré le nombre élevé de l'abondance (A). Et que les deux stations présentent un indice d'Equitabilité ($J' \geq 0,80$) ce qui rend les peuplements des stations bien équilibrés.
- ✓ Quant au site de Kharouba, c'est la station (St2) qui est la plus diversifié (avec un une abondance d'espèces plus élevé) par rapport à la station (St1), présentant aussi des valeurs importantes d'indices de diversité (H' et J').
- ✓ Alors que, le site d'El Marsa (Abd El Malek Ramadan), le peuplement de la macrofaune côtière présente des valeurs qui se proches des indices de diversité (H') et d'équitabilité pour les deux stations (St1 et St2), bien que, la station (St1) est plus riche en espèces et en nombre total d'individus que la station (St2).

Les résultats indiquent que la station (St2) de Stidia présente une distribution des espèces plus équitable ainsi qu'une diversité biologiques élevée (H'), suivis par la station (St2) de Kharouba et la station (St1) d'El Marsa.

II.2.2. Evaluation biologique de la qualité du milieu marin à travers le développement larvaire de l'oursin *Paracentrotus lividus* :

II.2.2.1. Analyse de fécondité :

Les résultats des tests de la qualité du développement larvaire pour la fécondité de chaque site étudié sont reportés sur le tableau 3.

Tableau 3 : Les pourcentages (en %) d'œufs fécondés de chaque site.

Site	Témoin	Stidia	Kharouba	El Marsa
Taux de fécondité	99,33	83,5	81	82

L'analyse du tableau 3 montre que le taux de fécondité le plus bas a été enregistré à Kharouba (81%) et que le taux de fécondité le plus élevé a été enregistré à notre Témoin, préparé avec uniquement l'eau de mer de Stidia. Alors que la présence du sédiment de chaque site a une influencé remarquable sur le développement larvaire de l'oursin. Et c'est le milieu de Stidia qui présente les valeurs de fécondité les plus élevées (83%).

II.2.2.1. Analyse du développement larvaire :

Les résultats des tests de la qualité du développement larvaire sont reportés sur le tableau 4 et illustrés par la figure 32.

Tableau 4 : Fréquences (moyennes) en (%) des différentes catégories de larves obtenues après exposition des embryons de *Paracentrotus lividus* aux sédiments des différents sites.

L.N: larves normales; **L.AN**: larves anormales ; **L.R**: larves retardé ; **L.B**: larves blastula.

	L.N	L. R	L. B	L. AN
Témoin	80	8,94	11,06	0
Stidia	77,23	9,6	10,75	2,42
Kharouba	65	11,83	15	8,17
El Marsa	74,75	8,41	11,59	5,25

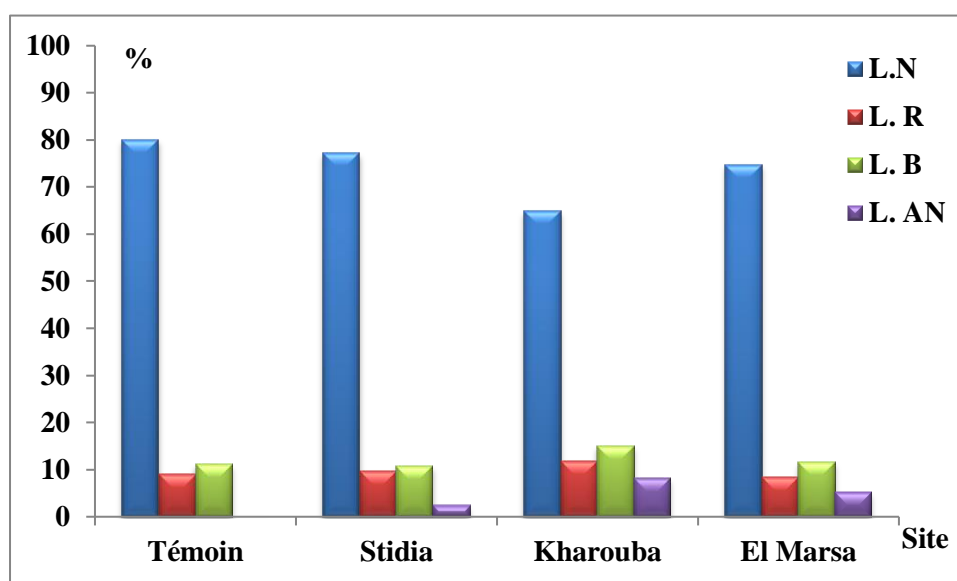


Figure 33 : Analyse de test du développement larvaire de l'oursin exposé aux sédiments : Larves normales (L.N) ; Larves anormales(L.AN) ; Larves retardé (L.R) ; Larves blastula (L.B).

L'analyse de la Figure 32 et du tableau 4, montre que le pourcentage de larves normales le plus bas est obtenu dans le site de Kharouba avec une valeur de 65%. Quant à la valeur la plus élevée, elle est obtenue dans le témoin avec un pourcentage de 80%, suivi par Stidia et El Marsa (77,23 et 74,75 respectivement). Il est à noter que le milieu du témoin est réalisé uniquement à partir de l'eau de mer filtrée (EMF) de Stidia.

Les proportions de larves anormales et retardées variaient selon les sites, par rapport au témoin. Ainsi, le site de Kharouba a présenté des valeurs les plus élevées en larves (retardées, bloquées et anormales ; 11,83, 15 et 8,17 % respectivement) par rapport aux autres sites, suivi par le site d'El Marsa avec des valeurs plus basses en larves normales (Kharouba et El Marsa ; 65 et 74,75%, respectivement). Alors que, la présence du sédiment du site de Stidia, a révélé une perturbation du développement des larves d'oursins par rapport au témoin. L'analyse de la qualité des sédiments des sites étudiés de Mostaganem a montré que Kharouba est le site le plus perturbé.

En comparant nos résultats à ceux de Kalleche (2019), les proportions de larves normales semblent plus élevées (94,2 et 83,8% pour Stidia et Kharouba, respectivement) par rapport à nos résultats ; avec une similarité en taux de malformation des larves au niveau des deux sites.

CONCLUSION

Conclusion

La côte marine algérienne y compris le littoral de Mostaganem, est soumise à une croissance démographique importante et à une urbanisation, marquée par un trafic maritime intense et une exploitation massive de ses ressources. Les écosystèmes propres aux zones littorales et les communautés spécifiques riches et variées qu'ils abritent, subissent les menaces les plus importantes. Le littoral, avec le temps est devenu plus fragile, touché par de multiples sources de nuisances (pollution, aménagements littoraux, érosion...) qui perturbe la stabilité de ces écosystèmes littoraux.

Dans ce sens, la présente étude visait à identifier la macrofaune benthique de la zones côtières de Mostaganem, où les Mollusques, les Arthropodes et les Cnidaires sont largement répandus dans les trois sites. Quant aux échinodermes, ils sont présents à Kharouba et Stidia, et absents au site El Marsa. En général, les espèces les plus dominantes sont les Mollusques, suivis par les Arthropodes sur toutes les stations. Quant aux Cnidaires, ils sont moins présents.

L'analyse de la biodiversité des ces côtes en utilisant les indices de diversité de Shannon (H') et indice de d'équitabilité (J'), a montré que le peuplement du site de Stidia (en deuxième station) est plus diversifié et plus équilibré, suivis par la station (St2) de Kharouba et la station (St1) d'El Marsa et cela, par rapport aux autres stations étudiées.

Quant aux tests de qualité des eaux marines côtières basés sur le développement larvaire de l'oursin (*Paracentrotus lividus*), les résultats ont montré que la qualité de l'eau du site de Stidia était moins perturbée que les autres sites, là où une bonne apparence des larves normales a été enregistrée, indiquant la convenance écologique pour une bonne reproduction. Cependant, le taux de larves normaux le plus faible a été obtenu en exposant les œufs d'oursin fécondés aux sédiments, confirmant que le site de Kharouba est plus perturbé. Cela indique que le site de Stidia est en bon état, car il bénéficie de conditions environnementales et abrite une grande diversité floristique favorisant l'installation de la macrofaune benthique. Tandis que certaines stations des sites de Kharouba et d'El Marsa semblent montrer des signes de dégradation de l'environnement, indiquant une intervention anthropique continue sur ces sites.

Les résultats obtenus à partir de cette étude montrent que la situation écologique nécessite davantage d'attention à travers des études futures sur l'évolution des grands organismes dans différents endroits, pour déterminer la situation écologiques et son impact sur l'écosystème marin côtier.

Recommandations :

- ✓ Surveillance de l'écosystème côtier en utilisant la macrofaune comme bioindicateurs.
- ✓ Identification des polluants et de leur nature dans les zones perturbées.
- ✓ Sensibiliser les riveraines à l'importance de l'environnement côtier et de la biodiversité.
- ✓ Réduire le rejet direct d'eaux usées non traitées dans la mer.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Référence bibliographique

- 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 :171-172.
- Albakjaji M., 2011.** *La pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures liée au trafic maritime.* Université de PARIS-Est, 298p.
- Amara, R., 2003.** Localisation et diagnostic de l'état de santé des nourriceries d'espèces d'intérêt halieutique en Manche Orientale et sur le littoral atlantique. Rapport de contrat final Liteau du MEDD, 90 p.
- Amara, R., T. Meziane., C. Gilliers., G. Hermel., P. Laffargue., 2007.** Growth and condition indices in juvenile sole (*Solea solea* L.) measured to assess the quality of essential fish habitat. Marine Ecology Progress Series 351 :209-220. DOI : 10.3354/meps07154
- Amara, R., J. Selleslagh., G. Billon., C. Minier., 2009.** Growth and condition of 0-group European flounder, *Platichthys flesus* as indicator of estuarine habitat quality. Hydrobiologia 67 :87-98.
- Amara, R., 2011.** Impact de la pollution sur les écosystèmes côtiers : exemple de la Manche orientale. Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement, Hors-série 9. <https://journals.openedition.org/vertigo/10990>
- ANNANI F., 2013.** Essai de biotypologie des zones humides du constantinois .Thèse de Doctorat Ecologie animale. Université Badji Moktar Annaba. 277 p.
- 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 et Bazairi H., 2008.** Variations interannuelles de la macrofaune benthique des substrats meubles de la baie d'Oued Laou (Mer d'Alboran, Maroc). *Travaux de l'Institut Scientifique*, Rabat, série générale, n°5, p. 99-106.
- Belanger D., 2009.** Utilisation de la faune macrobenthique comme bioindicateur de la qualité de l'environnement marin côtier. Essai de maîtrise d'écologie internationale. Faculté des sciences. Université de Sherbrooke. Québec, Canada, 74 p.
- Berland B., 1996.** Introduction. *In: Efflorescences toxiques des eaux côtières françaises, écologie, écophysiologie, toxicologie.* Berland et Lassus, (eds), IFREMER, p. 9-12.
- Bhuiyan, M. K. A. (2022).** Impacts of ocean acidification and other (global change) stressors on marine invertebrates. Université de Cádiz.
- Blanchet M. H., 2004.** Structure et fonctionnement des peuplements benthiques du bassin d'Arcachon. *Thèse de doctorat.* Université Bordeaux I, 226p.
- Blanpain O., 2003.** Détermination d'indicateurs de la qualité du milieu marin de la rade de Brest. Communauté Urbaine de Brest. ISIM – Département STE, 57p.
- 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 C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L, 2006.** Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. *RAMOGE*. p. 162-174.
- 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 Aiasland. Mar. Biol. GERM, 104 :275-289. series. London, Academic Press. 347 p.
- Canadian Journal of Earth Sciences (2019).** Coastal erosion and habitat loss.

Chainho P., Costa J.L., Chaves M.L., Lane M.F., Dauer D.M., Costa M.J., 2006. Seasonal and spatial patterns of distribution of subtidal benthic invertebrate communities in the Mondego River, Portugal – a poikilohaline estuary. *Hydrobiologia*, p. 59-74.

Climate-Data.org, consulté 2020 .« *Climat Mostaganem: Température Mostaganem, diagramme climatique pour Mostaganem - Climate-Data.org* [archive] », sur fr.climate-data.org (consulté le 14 octobre 2020).

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

Dauvin J.C. (coordinateur), 1997. Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et mer du Nord. Synthèse, menaces et perspectives. Patrimoines Naturels, n° 28, pp. 1-359.

Defant,A.(1961) .physical oceanography(2 vol). Oxford etc., Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord : pergamon.

Djabri, L., Bouhsina, S., Hani, A., Chaffai,H., Bougherira,N., Abdeslam,I., Fehdi,C., Baali, F.(2019). Essai de cartographie du risque d'intrusion marine par une approche multicritères : cas de la nappe de collo (N-E, ALGERIEN). Larhyss journal, **38** : 7-20.

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

Fenaux et al., 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 ,Balkema publ.,Rotterdam ,p.259-266.

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

Fernandez, C., 1996. Croissance et nutrition de *Paracentus lividus* dans le cadre d'un projet aquacole avec alimentation artificielle. (Thèse de doctorat en océanologie). Université de Corse. Fac. Sci. Tec. 227 pp.

FISCHER, W ; SCHEINDER, M ; ET BOUCHOT, M .L ; 1987- Fiches FAO Forbes, V.E. & Forbes, T.L. (1997). Ecotoxicologie, théorie et applications. INRA Editions, Versailles, 256 p (Gonadique) et dosage des métaux lourds chez l'oursin commun *Paracentrotus lividus*.

Frontier S., Pichod-Viale D., Leprêtre A., Davoult D., et Luczak C., 2008. Ecosystèmes : Structure, Fonctionnement, Evolution. *Dunod*, 576 p.

Galzin R., 2007. Fonctionnement et évolution d'un écosystème fragile. Écosystèmes aquatiques : ressources et valorisations. *Agropolis International*, Vol. 6, 68p.

Gaynor R., 2009. Mediterranean seagrass ecosystem (Linnaeus) Delile. Marbef : Marine Biodiversity and Ecosystem Functioning http://www.theseusproject.eu/wiki/Mediterranean_seagrass_ecosystem.

GIRARD M C., WALTER C., BERTHELIN J., RÉMY J C., 2007. Sols et environnement Un cours complet, des exercices, des suppléments en ligne – Master. Ecoles d'ingénieurs. Capes/Agrég. 2^{ème} édition. Ed. Dunod. 881p.

Gosselin, P., Jangoux, M., 1998. From competent larva to exotrophic juvenile: a morphofunctional study of the perimetamorphic period of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata, Echinoida). *Zoomorphology* 118, 31–43.

Grasse P. (1948). Traité de zoologie : Anatomie, Systématique, Biologie. T. XI.

Grémare A., 2007. Le macrobenthos : un indicateur de la qualité de l'environnement marin. Écosystèmes aquatiques : ressources et valorisations. *Agropolis International*, Vol. 6, 68p.

Grosjean F., 2001. Growth model of the reared sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck).

- Grosjean, P., Spirlet, C., Jangoux, M., 2003.** A functional growth model with intraspecific competition applied to sea urchin, *Paracentrotus lividus*. Can J Fish Aquat Sci 60, 237–246.
- Hemida, F. 2005.** Les Sélaciens de la cote algérienne : Biosystématique des Requins et des Raies ; Ecologie, Reproduction et Exploitation de quelques populations capturées (Thèse de doctorat d'état, université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, 2005. 204p.
- Himmelman, J.H., 1986.** Population biology of green sea urchins on rocky barrens. Mar. Ecol. Prog. Ser. 33, 295–306.
- Hyman L.H. 1955.** The Invertebrates. Vol 4. Echinodermata. Mc Craw-Hill: New York.
- IPCC (2022).** Rapport du GIEC – Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. www.ipcc.ch
- 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.
- LALAMI Y., 1979.** Etude biologique et halieutique du Rouget de vase (*Mullus barbatus* L.) des côtes algériennes. Thèse Doctorat es Sciences (Sciences Naturelles) Univ. Sc Tech. Languedoc, Montpellier : 510p.
- Le Soir d'Algérie, 2007.** [Virée à Mostaganem: Au pays du mystique et des mille et un mystères \[archive\]](#), Le Soir d'Algérie du 07/07/2007.
- 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.
- Mangos A., Sauzade D., Bassino J.P., 2010.** Les écosystèmes marins côtiers. Environnement et Développement en Méditerranée. *Les Cahiers du Plan Bleu* n°8., 44p.
- Markovich M., 2009.** Etat de l'environnement et du développement en Méditerranée. PNUE/PAM-Plan Bleu, Athènes, 20p.
- McEdward, L., Miner, B.G., 2007.** Echinoid larval ecology, in: Edible Sea Urchins: Biology and Ecology. Second Edition., Developments in Aquaculture and Fisheries Science. John M. Lawrence, U.S.A., pp. 71–93.
- MEDE (Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie), 2012.** rapport Sur Les oiseaux et les homes Des zones humides en partage. 40 p.
- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2014.** 5^{ème} Rapport National Sur la mise en œuvre de la Convention sur la diversité biologique au niveau national, 128 p. www.cbd.int/doc/world/dz/dz-nr-05-fr.pdf
- Monbet. Y., 2004.** Bioindicateurs. Indices biotiques et la directive cadre eau. Éléments généraux sur les indicateurs notamment appliqués aux invertébrés ; concerne également Z. Marina., 24p.
- Mostari, A., Benabdeli, K., et Vela, E. (2020).** Le littoral de Mostaganem (Algérie), une «zone importante pour les plantes» (ZIP) autant négligée aue menacée. *Fitosociologia Mediterranea*, 30, 207-233.
- Ouréns, R., Fernández, L., Fernández-Boán, M., Naya, I., Freire, J., 2013a.** Reproductive dynamics of the sea urchin *Paracentrotus lividus* on the Galicia coast (NW Spain): effects of habitat and population density. *Mar. Biol.* 160, 2413–2423.

- 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.
- 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 échinoplutés de *paracentrotus lividus*(Lmk), et *psammechinus microtuberculatus* Blainv. *Bull,Inst,oceanogr.*, Monaco,56 :1- 22.
- Queguiner B., 2009.** Biogéochimie Côtière. Centre d’Océanologie de Marseille, Aix-Marseille Université ; CNRS ; LOPB UMR 6535, Laboratoire d’Océanographie et de Biogéochimie, OSU/Centre d’Océanologie de Marseille.
- Quiniou F., Guillou M., Judas A., 1999.** Arrest and delay in embryonic development in sea urchin populations of the Bay of Brest (Brittany, France); link with environmental factors. *Mar. Pollut. Bull.*, 38 (5): 401-406.
- Rabehi, W., Guerfi, M., Mahi, H. (2018).** Cartographie de la vulnérabilité des communes de la baie d’Alger. Approche socio-économique et physique de la cote. Méditerranée. *Revue géographique des pays méditerranéens/Journal of Mediterranean geography*, Electronic version
URL : <http://journals.openedition.org/mediterranee/8625,ISSN:1760-8538>.
- Regis M. B., 1978.** Croissance de deux Echinoides du Golfe de Marseille (*Paracentrotus Regis M.B. 1979* - Analyse des fluctuations des indices physiologiques chez *Paracentrotus lividus* (Lmk) et *Arbacia lixula* (L).Du golf de Marseille. *Tethys*, France, 167-181.
- ResearchGate (2018).** Coastal Ecology and Geomorphology. Lien
- Sahnoun Z. 2009.** Etude préliminaire des indices physiologiques (Indice de Réplétion, Indice Gonadique) et dosage des métaux lourds chez l’oursin commun *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) dans la région de Mostaganem. Mémoire de Magister en Sciences de l’Environnement, option : Biologie et Pollution marines, université d’Oran.
- 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
-
- 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, 130p.
- Soualili D.L. et Guillou M. 2009.** Variation in the reproductive cycle of the sea urchin *paracentrotus lividus* (Lamarck) in three differently polluted locations near Algiers (Algeria). *Marine Biodiversity Records*, 2
- Spromberg J.A., Birge J., 2005.** Modeling the effects of chronic toxicity on fish populations: the influence of life history strategies. *Environ. Toxicol. Chem.*, 24: 1532-1540.
- Stirn J., 1982.** Manuel des méthodes de recherche sur l’environnement aquatique 8ème partie. Evaluation des modifications des écosystèmes marins dues à la pollution. FAO/PNUE.
- Tegner, M.J., Dayton, P.K., 1977.** Sea urchin recruitment patterns and implications of commercial fishing. *Science* 196, 324–326.
- 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., Vadon C., 1987.** Fiches FAO d’identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer d’Europe. Echinodermes. Zone de pêche 37, Révision 1, 1: 715–739.
- Tortones E., Vadon C., (1987).** Oursin et Holothuries (Echinoderme) in fiche FAO d’identification des espèces pour les besoins de pêche Révision I, Méditerranée, Mer noire zone de pêche 37 vol I, végétaux et invertébrés : pp715-739.

Turner, R. E., et al. (2006). « Wetland loss and coastal change. » Environmental Conservation.

Turon, X., Giribert, G., Lopez, S., Palacin, C., 1995. Growth and population structure of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats. Mar. Ecol. Prog. Ser. 122, 193–204.

UNEP., 2011. Projet de Déclaration de Manille sur le progrès de la mise en oeuvre du programme d'action mondial pour la protection du milieu marin contre la pollution due aux activités terrestres. UNEP/GPA/IGR.3/5., 23p.

Verlaque M. 1987 Contribution a tétude du phytobenthos d'un écosysteme.