



DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

BELALIA Rania et REZGUI Cherifa

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE

Spécialité : Biologie et écologie des milieux aquatiques

THÈME

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

Soutenue le ../../2026

DEVANT LE JURY

Président : BENMESSAOUD. N

MAA

U. Mostaganem

Examinateur : TERBECHE. M

MCB

U. Mostaganem

Encadrant : OULHIZ. A

MCB

U. Mostaganem

Année universitaire 2025/2026

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude envers ALLAH le Tout-Puissant et Miséricordieux, qui nous a guidées, et qui nous a accordé la force, le courage et la patience nécessaires pour accomplir ce modeste travail.

Nous exprimons notre vive reconnaissance et nos chaleureux remerciements à notre encadrant, M^{elle}. OULHIZ. A, nous la remercions sincèrement pour la confiance qu'elle nous a accordée, pour son encadrement précieux, sa grande disponibilité ainsi que son soutien constant tout au long de la réalisation de ce travail.

Notre gratitude s'adresse également à M^{me} BENMESSAOUD. N pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre mémoire.

Nos sincères remerciements vont aussi à M^{me} TERBECHE. M pour avoir aimablement accepté d'examiner notre travail et d'y apporter ses précieuses remarques afin de l'enrichir.

Nous tenons également à remercier l'ensemble des enseignants et le personnel du département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture, qui ont instauré un environnement propice à notre apprentissage et n'ont ménagé aucun effort pour nous transmettre leurs connaissances tout au long de notre cursus universitaire.

Enfin, nous ne saurions clore ces remerciements sans exprimer notre gratitude la plus affectueuse à nos chers parents pour leur amour inconditionnel, leurs prières et leurs sacrifices continuels. Nos pensées reconnaissantes vont aussi à nos familles respectives ainsi qu'à tous nos ami(e)s qui nous ont soutenues de près ou de loin.

Dédicaces

Ce mémoire, qui concrétise des années de persévérance et d'efforts, est dédié du fond du cœur
à ceux qui ont éclairé mon parcours.

À mes chers parents, mon père et ma mère, qui sont les véritables piliers de mon existence.
Votre amour inconditionnel, vos sacrifices quotidiens et vos prières continues ont été mon
plus grand guide. Que Dieu vous préserve, vous protège et vous accorde une longue
vie à mes côtés.

À mes chères sœurs, pour leur tendresse unique, leur présence réconfortante et leurs
encouragements quotidiens qui ont toujours su dissiper mes doutes.

À ma précieuse binôme et amie, Chérifa Rezgui. Ce travail est le fruit de notre sérieux
et d'une complicité sans faille. Merci pour cette collaboration exemplaire et pour tous ces
moments partagés durant notre projet.

À ma grande famille, incluant mes oncles, mes tantes et mes proches, pour l'intérêt et la
bienveillance qu'ils ont manifestés tout au long de mes études.

À ma chère amie Siham Beladjal, dont l'aide concrète et le soutien indéfectible ont été
déterminants pour l'aboutissement de ce mémoire. Merci d'avoir répondu présente dans les
moments cruciaux.

À cette personne si spéciale et discrète, qui a choisi de rester dans l'ombre tout en étant mon
pilier le plus solide. Merci pour ta patience infinie, tes encouragements silencieux et pour
avoir cru en moi à chaque étape difficile.

À vous tous, qui avez partagé de près ou de loin un morceau de cette aventure, je vous dédie
ce travail.

Rania

À tout voyage un point de départ, et à chaque mer un havre de paix. Ce parcours scientifique
n'aurait jamais atteint le rivage du succès sans la grâce d'Allah, puis le soutien des êtres les
plus chers à mon cœur.

J'essuie le fruit de cet humble travail et de cette recherche :

À mes précieux parents, les piliers de ma vie et ma source d'inspiration : Mon cher père et ma
tendre mère, que Dieu les préserve et leur accorde une longue vie. Vous êtes le secret de
chacun de mes pas vers la réussite.

À ceux avec qui le bonheur s'accomplit et les joies se multiplient : À mes frères, pour leur
soutien indéfectible et leur présence constante à mes côtés.

À celle qui a éclairé mon chemin vers la recherche scientifique : Mon honorable encadrant,
Dr. Oulhiz, en guise de reconnaissance pour ses précieux conseils, ses orientations judicieuses
et sa patience tout au long de la réalisation de ce travail.

À ma compagne de route et partenaire dans cet accomplissement : Celle avec qui j'ai partagé
la fatigue, la passion et chaque pas de cette recherche sur le terrain, ma chère amie Rania.

À tous mes collègues et amis : Qui m'ont encouragée tout au long de mon parcours d'études
et de recherche.

À vous tous, je dédie ce travail.

Cherifa

RÉSUMÉ

L'anthropisation croissante du littoral méditerranéen, représentée par l'étalement urbain et la multiplication des rejets d'effluents non traités, induit une dégradation sévère de la qualité des masses d'eaux côtières. La zone côtière de la wilaya de Mostaganem n'échappe pas à cette crise environnementale qui menace des écosystèmes pourtant dotés d'une forte valeur patrimoniale. Afin d'évaluer l'ampleur de ces altérations, nous avons évalué l'état de santé de ces milieux en utilisant les communautés de la macrofaune benthique comme descripteurs écologiques et outils de bioindication.

Notre étude repose sur un suivi qualitatif et quantitatif des peuplements invertébrés des substrats rocheux de l'étage médiolittoral. L'expérimentation s'appuie sur l'échantillonnage de trois stations soumises à des différentes pressions anthropiques distinctes : Stidia, Kharouba et Hadjadj. L'analyse structurale et la caractérisation biocénétique de ces sites ont été menées par le calcul de paramètres de base, à savoir la richesse spécifique (**S**), l'abondance (**A**) et la dominance (**D**), couplés aux indices de diversité de Shannon-Wiener (**H'**) et d'équitabilité de Pielou (**J'**).

Les indices écologiques ainsi calculés montrent clairement qu'une dégradation progressive des conditions le long de la côte. La station de Stidia se distingue par un peuplement bien diversifié avec distribution biologique homogène, confirmant le caractère relativement protégé de ce site. Et que le milieu de la station de Hadjadj montre un équilibre modéré. Tandis que, le site de Kharouba présente une faune fortement déséquilibrée, conséquence directe des perturbations anthropiques subies. Ces constats montrent qu'il est urgent de créer des réseaux de surveillance sur le long terme pour mieux protéger la biodiversité du littoral mostaganémois.

Mots-clés : Eaux côtières, Macrofaune benthique, Médiolittoral, Indices écologiques, Biodiversité, Mostaganem.

الملخص:

تؤدي تأثيرات النشاط البشري المتزايد على الساحل المتوسطي، الذي يتجلى في التوسع العمراني وتزايد تصريف النفايات السائلة غير المعالجة، إلى تدهور حاد في جودة المسطحات المائية الساحلية. ولا تستثنى المنطقة الساحلية لولاية مستغانم من هذه الأزمة البيئية التي تهدد النظم الإيكولوجية التي تتمتع بقيمة إرثية عالية. ولمعرفة مدى حجم هذه التغيرات، قمنا بتقييم حالة صحة هذه البيئات باستخدام مجتمعات الحيوانات القاعية الكبيرة كمؤشرات بيئية وأدوات بيولوجية.

تستند دراستنا إلى متابعة نوعية وكمية المجتمعات اللاقارية الموجودة بالقاع الصخري في الطبقة الساحلية المتوسطة. وتستند التجربة على أخذ عينات من ثلاث محطات تتعرض لضغوط بشرية مختلفة ومتميزة: ستيديا، خروبة وحجاج. وقد أُجري التحليل الهيكلي و التصنيف البيولوجي لهذه المواقع من خلال حساب معايير أساسية، وهي الثراء النوعي (S)، والوفرة (A)، والنسبة (D)، مقترنة بمؤشرات التنوع (H) ومؤشر التوزيع (J).

تُظهر المؤشرات البيئية المحسوبة على هذا النحو بوضوح تدهورًا تدريجيًا للمحيط على طول الساحل. وتتميز محطة ستيديا بتنوع كبير في الكائنات الحية مع توزيع بيولوجي متجانس، مما يؤكد الطابع المحمي نسبيًا لهذا الموقع. أما بيئة محطة حجاج فتُظهر توازنًا معتدلًا. في حين أن موقع خروبة يعاني من خلل شديد في التوازن الحيواني، وهو نتيجة مباشرة للاضطرابات التي تسبب فيها الإنسان. وتُظهر هذه النتائج الحاجة الملحة لإنشاء شبكات مراقبة طويلة الأمد من أجل حماية التنوع البيولوجي للساحل المستغانمي بشكل أفضل.

الكلمات المفتاحية: المياه الساحلية، الحيوانات القاعية الكبيرة، المنطقة الساحلية المتوسطة، المؤشرات البيئية، التنوع البيولوجي، مستغانم.

Abstract:

The impact of increasing human activity on the Mediterranean coast, manifested in urban expansion and the growing discharge of untreated liquid waste, is leading to a sharp deterioration in the quality of coastal water bodies. The coastal region of the province of Mostaganem is no exception to this environmental crisis, which threatens ecosystems of high heritage value. To ascertain the extent of these changes, we assessed the health of these environments using macroinvertebrate communities as ecological indicators and biological tools.

Our study is based on a qualitative and quantitative monitoring of invertebrate communities present on the rocky seabed in the middle coastal zone. The study is based on sampling at three stations subject to distinct and varying human pressures: Stidia, Kharouba and Hadjadj. Structural analysis and biological classification of these sites were carried out by calculating key parameters, namely species richness (S), abundance (A) and dominance (D), combined with diversity indices (H') and distribution indices (J').

The environmental indices calculated in this way clearly show a gradual deterioration of the environment along the coast. The Stidia site is characterized by a high diversity of organisms with a homogeneous biological distribution, confirming the relatively protected nature of this site. The environment at the Hadjadj station, on the other hand, shows a moderate balance. Meanwhile, the Kharouba site suffers from a severe imbalance in its animal fauna, a direct result of human-induced disturbances. These results highlight the urgent need to establish long-term monitoring networks in order to better protect the biodiversity of the Mostaganem coast.

Keywords : coastal waters, large benthic fauna, mediolittoral, ecological indicators, biodiversity, Mostaganem..

Liste des figures

FIGURE 1: SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA MEDITERRANEE (UNEP/MAP 2003).....	3
FIGURE 2: LA COTE ALGERIENNE (MAPPEMONDE, 2021), (MODIFIE).....	4
FIGURE 3: REPARTITION PROPORTIONNELLE DES PRINCIPAUX GROUPES TAXONOMIQUES DE LA BIODIVERSITE MEDITERRANEENNE. (COLL, 2010).....	7
FIGURE 4: CARTE DE LA COTE DE MOSTAGANEM AVEC LES TROIS SITES DE NOTRE ECHANTILLONNAGE (PHOTOS PRISES DE GOOGLE EARTH, 2026).....	14
FIGURE 5: CARTE DE LOCALISATION DES DEUX STATIONS D'ETUDE DU SITE DE STIDIA	15
FIGURE 6: CARTE DE LOCALISATION DES DEUX STATIONS D'ETUDE DU SITE DE HADJADJ	16
FIGURE 7: CARTE DE LOCALISATION DES DEUX STATIONS D'ETUDE DU SITE DEKHAROUBA (SOURCE : IMAGE GOOGLE EARTH (2026)).....	16
FIGURE 8: ÉCHANTILLONNAGE DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE PAR LA METHODE DES QUADRATS (OULHIZ, 2012).	17
FIGURE 9: DIVERSITE ZOOLOGIQUE DE LA MACROFAUNE DE LA STATION 1 DE STIDIA. ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
FIGURE 10: DIVERSITE ZOOLOGIQUE DE LA MACROFAUNE DE LA STATION 2 DE STIDIA. ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
FIGURE 11: REPARTITION SPATIALE DE LA RICHESSE FAUNISTIQUE DU SITE DE STIDIA. ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
FIGURE 12: DIVERSITE ZOOLOGIQUE DE LA MACROFAUNE DE LA STATION 1 DE KHAROUBA. ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
FIGURE 13: DIVERSITE ZOOLOGIQUE DU MACROFAUNE DE LA STATION 2 DE KHAROUBA. ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
FIGURE 14: REPARTITION SPATIALE DE LA RICHESSE FAUNISTIQUE DU SITE DE KHAROUBA. ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
FIGURE 15: DIVERSITE ZOOLOGIQUE DE LA MACROFAUNE DE LA STATION 1 DE HADJADJ. ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
FIGURE 16: DIVERSITE ZOOLOGIQUE DE LA MACROFAUNE DE LA STATION 2 DE HADJADJ. ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
FIGURE 17: REPARTITION SPATIALE DE LA RICHESSE FAUNISTIQUE DU SITE DE HADJADJ. ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	
FIGURE 18: REPARTITION DE LA STRUCTURE TAXONOMIQUE GLOBALE DU MACROFAUNE BENTHIQUE AU NIVEAU DES TROIS SITES ETUDIES.	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
FIGURE 19: LES INDICES DE DIVERSITE (H' ET J') DES TROIS SITES ETUDIES. ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.	

Liste des tableaux

TABEAU 1: LES DIFFERENTS INDICES DE DIVERSITE SPECIFIQUE ET DE LA RICHESSE DU PEUPLEMENT DES SITES ET DES STATIONS ETUDIEES. N : NOMBRE TOTALE (A) ABONDANCE, S : RICHESSE SPECIFIQUE (NOMBRE D'ESPECES).	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
---	------------------------------------

Table des matières

Introduction	1
1 Généralités :	3
1.1 Marge continentale de la Méditerranée occidentale :	3
1.1.1 Marge continentale algérienne :	3
1.1.2 La zone côtière de Mostaganem :	4
1.1.2.1 Caractéristiques géographiques et environnementales de la côte Mostaganémoise :	5
1.2 Définition sur la biodiversité :	5
1.2.1 L'écosystème méditerranée et sa biodiversité :	6
Biodiversité marine en Algérie :	7
1.3 Les étagements marins côtiers :	8
1.3.1 L'étagement médiolittoral :	8
1.3.2 L'étagement médiolittoral :	8
1.3.2.1 Dynamique de l'étagement biologique et structuration de l'étage médiolittoral :	8
1.4 La « santé » (intégrité) d'un écosystème :	9
1.4.1 Les polluants majeurs en milieux marins côtiers :	9
1.4.2 L'impact des flux anthropiques sur les milieux marins côtiers : Erreur ! Signet non défini.	
1.5 Concepts et utilisation des bioindicateurs :	Erreur ! Signet non défini.
1.5.1 Les Bioindicateurs : Outils de Diagnostic Écologique :	Erreur ! Signet non défini.
1.6 Indicateurs de réponse et indicateurs d'état :	Erreur ! Signet non défini.
2 Matériel et méthodes :	14
2.1 Étude de la biodiversité :	14
2.1.1 Données générales sur la wilaya de Mostaganem :	14
2.1.2 Choix des sites d'étude :	14

2.1.3	Échantillonnage de la macrofaune de l'étage médiolittoral des sites étudiés	17
2.1.4	Traitement des indices de structure et de diversité biologique :	17
2.1.4.1	La Dominance (D).....	18
2.1.4.2	La richesse spécifique (S)	18
2.1.4.3	L'abondance totale (A).....	18
2.1.4.4	L'indice de diversité de Shannon-Wiener (H')	18
2.1.4.5	L'indice d'équitabilité de Pielou (J')	18
3	Résultats et discussions :	19
3.1	Détermination de la richesse spécifique des différents sites étudiés :	19
3.1.1	Le site de Stidia :	19
3.1.1.1	La station 1 (St1) :	19
3.1.1.2	La station 2 (St2) :	Erreur ! Signet non défini.
3.1.1.3	Diversité zoologique interne du macrofaune :	Erreur ! Signet non défini.
3.1.2	Le site de Kharouba :	Erreur ! Signet non défini.
3.1.2.1	La station 1 (St1) :	Erreur ! Signet non défini.
3.1.2.2	La station 2 (St2)	Erreur ! Signet non défini.
3.1.2.3	Diversité zoologique interne du macrofaune :	24
3.1.3	Le site de Hadjadj :	25
3.1.3.1	La station 1 (St1) :	25
3.1.3.2	La station 2 (St2) :	26
3.1.3.3	Diversité zoologique interne du macrofaune :	27
3.2	L'Analyse de l'évolution de la richesse globale :	28
3.2.1	L'Analyse du profil de répartition de la macrofaune des trois sites :	29
3.3	Interprétation des indices de diversité (H') et d'équitabilité de Pielou (J') :	20
	Conclusion.....	33
	Références Bibliographiques :	34

Introduction :

Le milieu marin méditerranéen constitue un patrimoine naturel d'une grande importance écologique grâce à la diversité des espèces qu'il renferme et à la variété de ses habitats. Cette richesse biologique résulte de conditions environnementales particulières qui favorisent le développement de nombreuses espèces, dont certaines sont spécifiques à cette région (Krakimel, 2003 ; Myers *et al.*, 2000). Toutefois, malgré son intérêt écologique, la Méditerranée, est aujourd'hui confrontée à diverses formes de dégradation liées aux activités humaines.

L'augmentation de la population sur les zones côtières, le développement industriel, l'intensification des activités portuaires ainsi que les rejets domestiques et agricoles ont profondément modifié l'équilibre naturel de nombreux écosystèmes marins (Doglioli, 2010 ; Boudouresque *et al.*, 2012). Ces pressions se manifestent notamment par une altération de la qualité des eaux, une régression de certains habitats et des changements dans la composition des peuplements biologiques (Kebir, 1996).

Les zones côtières algériennes n'échappent pas à cette situation. Soumises à des activités humaines de plus en plus importantes, elles nécessitent un suivi régulier afin d'évaluer leur état écologique et de mettre en place des stratégies de gestion adaptées (Ghodhani et Semmoud, 2010 ; Grimes *et al.*, 2018). Dans cette optique, les organismes marins constituent des outils précieux pour apprécier les effets des perturbations environnementales (Bellan-Santini, 1980). Parmi les différents groupes biologiques utilisés dans les études de surveillance, la macrofaune benthique occupe une place essentielle en raison de sa sensibilité aux variations du milieu (Dauvin, 2007).

Le présent travail a été réalisé sur le littoral de la baie de Mostaganem dans le but de contribuer à l'évaluation de la qualité écologique des eaux marines côtières. Cette étude repose sur l'analyse de la macrofaune benthique comme indicateur biologique de l'état du milieu. Pour répondre à cet objectif, un inventaire qualitatif et quantitatif des organismes benthiques a été effectué au niveau des stations étudiées. Les résultats obtenus contribueront à une meilleure compréhension de l'état environnemental du littoral Mostaganémois et de l'impact des pressions exercées sur ce milieu.

Ce mémoire est structuré en trois chapitres. Le premier présente les bases théoriques et bibliographiques relatives à la biodiversité marine et aux bioindicateurs. Le deuxième expose la méthodologie adoptée ainsi que la description de la zone d'étude. Enfin, le troisième chapitre est consacré à l'analyse et à la discussion des résultats obtenus avant la conclusion générale.

I. Généralités :

I.1 Marge continentale de la Méditerranée occidentale :

La marge continentale de la Méditerranée occidentale constitue un système géologique complexe dont les traits fondamentaux se sont structurés au cours du Cénozoïque, suite à l'ouverture du bassin algéro-provençal. Ce système se distingue par une dualité tectonique et morphologique: tandis que sa partie septentrionale présente des marges passives telles que le Golfe du Lion, la marge continentale algérienne forme la bordure méridionale du bassin algéro-baléares sur une longueur dépassant les 1 000 km. Cette dernière est classée comme une marge active résultant de la réactivation d'une ancienne marge passive sous l'effet des forces de compression entre les plaques Afrique et Eurasie. Enfin, la structure de la région se caractérise par des blocs basculés et une croûte amincie (atteignant 16 km sous la mer d'Alboran), constituant un domaine privilégié pour l'étude de la tectonique verticale et de l'activité sismique liée au réseau de canyons sous-marins qui la parcourent (Vanne, 1979).



Figure 1 : Situation géographique de la Méditerranée (UNEP/MAP 2003).

I.1.1 Marge continentale algérienne :

La marge continentale algérienne se singularise par une faible étendue et une côte très escarpée, elle est l'une des plus étroites de la Méditerranée occidentale avec une largeur moyenne de 7 km. Dans certains cas, elle disparaît pratiquement ou se réduit à une corniche sous-marine de moins d'un kilomètre de large où les fortes valeurs de la pente continentale la singularisent davantage avec une moyenne pour la côte algérienne de 10°. Sur le plan hydrographique, cette marge est entaillée par un réseau complexe de vallées sous-marines et de canyons profonds, tels que ceux d'Arzew, de Béjaïa et Annaba, dont la formation

coïncide avec les réseaux hydrographiques actuels ou anciens (Fig1). (Vanney & Genesseeux, 1979).

Leclaire (1972) note de faibles extensions de la marge continentale, qui sont importantes uniquement dans le golfe Ghazaouet, le golfe d'Arzew, la baie de Bou Ismaïl, le golfe de Skikda et le golfe de Annaba ; alors que, des déclivités supérieures à 10 % de la pente continentale sont enregistrées à Ras Falcon (14 %), Ras Ténès (10 %), Ras Caxine (16 %), Ras Tedlès (10 %) et Ras Bougarouni (20 %) (Caulet, 1972 ; Refes, 2011 ; Kennouche, 2017).



Figure 2 : La côte algérienne (Mappemonde, 2021), (modifié).

I.1.2 La zone côtière de Mostaganem :

Le littoral de la wilaya de Mostaganem, qui s'étend sur environ 124 km, se distingue par une hétérogénéité morphologique remarquable, alternant entre des falaises abruptes et de vastes baies sableuses. Sur le plan hydrographique, cette zone subit l'influence directe de l'embouchure de l'Oued Cheliff, qui joue un rôle prépondérant dans l'apport sédimentaire et la dynamique saline des eaux côtières (Larid *et al.*, 2012). Ce secteur est soumis à une érosion côtière significative, accentuée par la dérive littorale, provoquant un recul du trait de côte particulièrement visible dans les zones de sable fin comme celle de Sidi Majdoub (Amroune *et al.*, 2015).

Sur le plan de la biodiversité marine, et en accord avec les travaux de Queguiner (2009) cités dans votre document, les fonds marins de Mostaganem abritent des prairies de *Posidonia oceanica*. Ces herbiers constituent un écosystème pivot, agissant à la fois comme zone de frayère et comme rempart naturel contre l'énergie des houles (Belbachir, 2014). Cependant, la zone côtière fait face à d'importantes pressions anthropiques liées à l'urbanisation rapide et

aux rejets industriels à proximité du pôle portuaire. Ces facteurs induisent des modifications des paramètres physico-chimiques du milieu marin, menaçant l'équilibre des écosystèmes fragiles de la région (Kies *et al.*, 2018).

I.1.2.1 Caractéristiques géographiques et environnementales de la côte de Mostaganem :

La géomorphologie littorale de la côte de Mostaganem, se caractérise par une forte hétérogénéité des paysages, associant :

- ✓ Des systèmes sédimentaires meubles (plages de sable et massifs dunaires).
- ✓ Des structures rocheuses abruptes (falaises).
- ✓ Des plaines littorales basses.

Le climat de la région est de type méditerranéen. Il se définit par une saisonnalité marquée : des étés chauds et secs succédant à des hivers doux et humides. La zone de Mostaganem abrite des écosystèmes à forte valeur patrimoniale, notamment les zones marines côtières se caractérisant par des habitats spécifiques abritant une faune et une flore hautement adaptées aux conditions du milieu.

La frange côtière concentre des activités anthropiques denses et diversifiées qui exploitent les ressources naturelles locales (développement de la pêche et de l'aquaculture ; une activité agricole au niveau des plaines littorales, ainsi qu'une activité portuaire couplée à un tourisme balnéaire en pleine expansion favorisé par l'attractivité des plages.

Ces activités anthropiques engendrent des problèmes environnementaux et une vulnérabilité des écosystèmes : érosion côtière et recul du trait de côte, pollution marine et dégradation de la qualité des eaux due aux rejets urbains, agricoles et industriels, surexploitation des ressources

I.2 Définition sur la biodiversité :

Le terme « biodiversité », contraction de « diversité biologique », a été introduit au milieu des années 1980 par des naturalistes préoccupés par la dégradation accélérée des milieux naturels. Ce concept visait à alerter la société sur la nécessité de protéger ce patrimoine biologique (Lévêque, 1997 ; Lévêque & Mounolou, 2001). Il a connu une diffusion mondiale lors de la signature de la Convention sur la Diversité Biologique (CDB) à Rio de Janeiro en 1992 (Marty *et al.*, 2005). Selon l'article 2 de cette convention, la biodiversité se définit comme :

La variabilité des organismes vivants de toutes origines, y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques, et les complexes écologiques

dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre les espèces, ainsi que celle des écosystèmes. (Doumbe-Bille & Kiss, 1992).

Cette définition souligne que la biodiversité s'articule autour de trois échelles d'organisation complémentaires (Marty *et al.*, 2005) :

- ✓ La diversité génétique : Elle représente la variabilité de l'information génétique contenue chez les individus, les populations et les espèces. Elle est le moteur de l'adaptation et de l'évolution.
- ✓ La diversité des espèces (spécifique) : Elle correspond à la richesse et à l'abondance des différentes espèces vivant dans un espace donné.
- ✓ La diversité des écosystèmes : Elle concerne la variété des habitats, des communautés biologiques et des interactions entre les organismes et leur environnement.

I.2.1 L'écosystème méditerranée et sa biodiversité :

La mer Méditerranée est classée comme un environnement marin unique, combinant son caractère oligotrophe (pauvre en nutriments) avec une biodiversité immense. Bien qu'elle ne représente que 1 % de la surface océanique mondiale, elle abrite environ 7 % à 9 % de la biodiversité marine totale.

On dénombre entre 10 000 et 12 000 espèces d'organismes vivants (faune et flore) dans ce bassin. La Méditerranée se distingue par un taux d'endémisme très élevé, proche de 30 %, ce qui signifie que ces espèces n'existent nulle part ailleurs. L'herbier de Posidonie (*Posidonia oceanica*) est l'une des espèces endémiques les plus emblématiques. Il forme de vastes prairies sous-marines qui servent de zones de frayères et de nurserie essentielles pour de nombreuses espèces.

La répartition relative de la biodiversité méditerranéenne (Fig.3) montre une dominance marquée des invertébrés et des groupes végétaux dont :

- ❖ Crustacés : Ils représentent 20 % de la diversité totale (environ 2000 espèces).
- ❖ Mollusques : Ils constituent 14 % (environ 1400 espèces).
- ❖ Plantes marines et algues : Elles contribuent à hauteur de 13,5 % (environ 1350 espèces).
- ❖ Poissons : Ils représentent 6,2 % (650 espèces), dont 75 % vivent dans les 50 premiers mètres de profondeur.
- ❖ Le reste est réparti entre d'autres groupes tels que les Annélides (7,8 %), les Éponges (6 %) et les Bryozoaires (5 %).

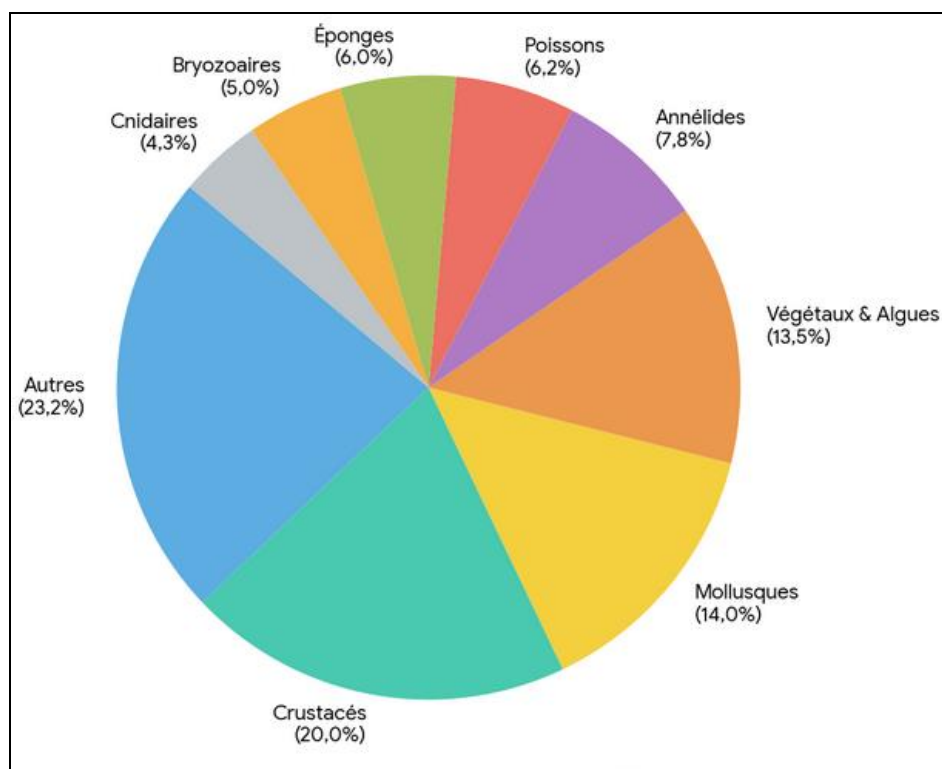


Figure 3 : Répartition proportionnelle des principaux groupes taxonomiques de la biodiversité méditerranéenne. (Coll, 2010).

I.2.1.1 Biodiversité marine en Algérie :

À l'instar de l'ensemble du bassin méditerranéen, la façade maritime algérienne est reconnue comme un véritable « point chaud » (hotspot) de biodiversité marine. Cette zone se distingue par une hétérogénéité biologique remarquable, englobant une vaste gamme de taxons allant des peuplements végétaux aux communautés d'invertébrés et de poissons.

L'analyse de la richesse spécifique en Algérie met en évidence les points suivants : Les synthèses scientifiques réalisées entre 1893 et l'époque actuelle révèlent la présence de 6 488 espèces marines répertoriées sur l'ensemble des côtes nationales.

Ce recensement dépasse significativement les estimations antérieures, notamment celles fournies par le PNUD-Algérie en 2005, qui ne comptabilisaient que 3 793 espèces. Cette richesse est documentée à travers plusieurs travaux de référence menés par des organismes spécialisés, tels que le DGE/ISMAL (2000), le PNT/ISMAL (2003) et le PNG/ISMAL (2003).

I.3 Les étagements marins côtiers :**I.3.1 L'étagement médiolittoral :**

L'étage supralittoral ou hygrohalin, appelé aussi zone supratidale est la partie la plus haute du littoral. Cet étage est marginalement submergé aux grandes marées de vive-eau ou par les plus hautes vagues des tempêtes, mais est régulièrement soumis à l'action des vagues et est humecté par les embruns. Cet étage qui assure la transition entre les domaines marin et terrestre est dominé par les lichens et les végétaux halophiles terrestres.

I.3.2 L'étagement médiolittoral :

L'étage médiolittoral (parfois appelé étage hydrohalin) est la partie du littoral de balancement des marées où il y a alternance d'immersions et d'émersions. Cet étage est délimité vers le haut par le niveau le plus haut atteint par les hautes mers de vive-eau et vers le bas par le niveau le plus bas des basses mers de vives-eau. Il est, avec l'étage supralittoral et l'étage infralittoral, l'un des trois étages constituant l'estran.

I.3.2.1 Dynamique de l'étagement biologique et structuration de l'étage médiolittoral :

La distribution des organismes marins le long du littoral de Mostaganem n'est pas le fruit du hasard, mais répond à une organisation spatiale rigoureuse définie par le concept de l'étagement. Cette zonation verticale est dictée par un équilibre complexe entre les facteurs abiotiques, tels que l'hydrodynamisme et la dessiccation, et les interactions biologiques comme la compétition pour l'espace.

Au cœur de ce système, l'étage médiolittoral se distingue comme une zone de transition critique, soumise aux fluctuations cycliques de l'immersion et de l'émersion. Pour les écosystèmes rocheux de nos stations d'étude, notamment à Stidia et Hadjadj, ce compartiment constitue un véritable « laboratoire naturel » où la biodiversité doit s'adapter à des stress thermiques et salins extrêmes.

L'importance de cet étage réside également dans sa capacité à héberger des espèces bio-indicatrices de premier plan. C'est précisément dans la frange inférieure du médiolittoral que l'oursin *Paracentrotus lividus* trouve ses conditions optimales de développement, profitant des anfractuosités rocheuses pour se protéger des assauts hydrodynamiques. Ainsi, l'étude de la structuration de cet étage est indispensable pour évaluer l'impact des pressions anthropiques sur la stabilité écologique des populations benthiques de la région. (Guettag 1997, Refes 2011).

I.4 La « santé » (intégrité) d'un écosystème :

L'évaluation de l'état des milieux marins s'appuie de plus en plus sur le concept de « santé de l'écosystème ». Bien que cette terminologie soit métaphorique, empruntée au domaine médical, elle permet de diagnostiquer la viabilité fonctionnelle d'un biotope face aux perturbations (Monbet, 2004). Un système écologique est considéré comme sain lorsqu'il préserve ses fonctions essentielles et maintient une productivité stable au sein de sa chaîne trophique, sans présenter de signes de dégradation structurelle.

Selon les approches théoriques stabilisées (Costanza et Mageau, 1999 ; Rapport *et al.*, 1998), la santé d'un écosystème repose sur trois piliers fondamentaux interdépendants :

- ✓ **La Vigueur (V) :** Elle reflète le dynamisme métabolique du système. Elle se mesure principalement par le flux d'énergie et la productivité primaire. Un écosystème vigoureux est celui qui maintient une activité biologique optimale (Costanza, 1992).
- ✓ **L'Organisation (O) :** Ce paramètre évalue la complexité des interactions entre les différentes communautés biologiques. Une organisation robuste se traduit par une grande diversité spécifique et une connectivité trophique élevée, garantissant ainsi la stabilité du réseau (Boesh et Paul, 2001).
- ✓ **La Résilience (R) :** Il s'agit de la capacité d'auto-récupération du milieu. Un écosystème résilient peut absorber des stress externes (pollutions, changements climatiques) et retrouver son état d'équilibre initial sans altération définitive de sa structure (Holling, 1986).

En résumé, l'intégrité d'un écosystème côtier est la résultante de sa capacité à produire activement (Vigueur), à structurer ses populations (Organisation) et à résister aux perturbations anthropiques ou naturelles (Résilience).

I.4.1 Les polluants majeurs en milieux marins côtiers :

L'équilibre des écosystèmes marins littoraux subit aujourd'hui des pressions anthropiques sans précédent. Il est établi que la majeure partie de la pollution marine (plus de 80 %) est d'origine tellurique, issue des rejets domestiques, industriels et agricoles qui rejoignent le milieu marin par ruissellement ou déversement direct. Les impacts de ces polluants sont multiples et préoccupants : les matières solides en suspension provoquent l'asphyxie des habitats benthiques, tandis que l'excès de nutriments stimule une eutrophisation sévère, caractérisée par une prolifération algale incontrôlée. De plus, l'accumulation des

micropolluants le long de la chaîne trophique constitue une menace sérieuse pour la biodiversité marine ainsi que pour la santé humaine (UNEP, 2011).

Cette dégradation environnementale résulte de la synergie de plusieurs facteurs socio-économiques et industriels que nous détaillons ci-après :

❖ **L'urbanisation**

L'essor démographique sur le littoral méditerranéen représente un défi écologique majeur. Avec des projections dépassant les 600 millions d'habitants à l'horizon 2050, la pression sur les écosystèmes côtiers s'intensifie. Ce phénomène se traduit par une gestion problématique des déchets solides, où les plastiques constituent environ 75 % des débris marins. Par ailleurs, le manque d'infrastructures de traitement est flagrant : près de la moitié des zones urbaines rejettent leurs effluents sans épuration préalable, libérant annuellement plus de 3 milliards de m³ d'eaux usées dans le milieu récepteur (Albakjaji, 2011).

❖ **La pêche**

La pérennité des ressources halieutiques est aujourd'hui menacée par une exploitation intensive et souvent non régulée, particulièrement dans les pays du sud de la Méditerranée. L'absence de politiques de protection environnementale rigoureuses favorise la surpêche, ce qui fragilise les stocks naturels. En plus de cette pression, l'équilibre biologique est perturbé par l'introduction d'espèces invasives non indigènes, modifiant durablement la structure de la biodiversité locale (Albakjaji, 2011 ; UNEP, 2011).

I.4.2 L'impact des flux anthropiques sur les milieux marins côtiers :

La frange littorale subit des apports massifs de contaminants issus de multiples matrices : des effluents domestiques (matière organique, tensioactifs) et industriels (solvants, xénobiotiques), des intrants agricoles (pesticides, apports excessifs en azote et phosphore), ainsi que des rejets liés au transport maritime (hydrocarbures, biocides antisalissures) et au macro-recrutement de polymères. Le compartiment subaquatique traduit ces pressions par des dysfonctionnements écologiques systémiques. L'augmentation de la turbidité par les matières en suspension induit une chute de l'irradiance, asphyxiant les communautés benthiques. L'enrichissement excessif en nutriments (N, P) déclenche des phénomènes d'eutrophisation marqués par des efflorescences algales opportunistes et des crises d'anoxie sévères. Au niveau écotoxicologique, les hydrocarbures provoquent des phénomènes de toxicité aiguë et chronique chez la faune et la flore. Les métaux lourds pénètrent les réseaux trophiques via des processus de bioaccumulation et de bioamplification à chaque niveau de la chaîne alimentaire.

Les micropolluants organiques (POP) perturbent l'homéostasie hormonale des organismes en tant que perturbateurs endocriniens, tout en manifestant des propriétés cancérogènes et mutagènes. Enfin, les débris plastiques, soumis à la fragmentation mécanique, génèrent des microplastiques qui altèrent l'intégrité physique et biologique des organismes par ingestion et occlusion digestive.

I.5. Concepts et utilisation des bioindicateurs :

La surveillance de l'état de santé des écosystèmes repose traditionnellement sur deux axes complémentaires : (i) le suivi physico-chimique pour quantifier les polluants et (ii) l'analyse biologique pour évaluer l'impact réel de ces substances sur le vivant. Toutefois, il est aujourd'hui admis qu'une expertise fiable nécessite l'intégration de ces deux approches.

Dans ce contexte, les bioindicateurs s'imposent comme des outils de diagnostic essentiels, permettant de :

- ✓ Détecter les premiers signes de dégradation environnementale avant que les dommages ne deviennent irréversibles.
- ✓ Établir des corrélations directes entre la présence d'agents stressants (polluants, altéragènes) et les réponses biologiques observées.
- ✓ Synthétiser l'état de santé d'un écosystème à travers les réactions physiologiques ou comportementales d'espèces sentinelles.
- ✓ Mesurer l'efficacité des stratégies de remédiation et de gestion environnementale sur la récupération des fonctions biologiques (Perez *et al.*, 2000).

I.5.1 Les Bioindicateurs : Outils de Diagnostic Écologique :

Les bioindicateurs et les biomarqueurs sont des outils d'évaluation biologique essentiels pour surveiller l'état de santé des écosystèmes face aux pressions anthropiques. L'infographie structure leur utilisation autour de quatre axes scientifiques complémentaires :

a) L'Alerte Précoce (Écotoxicologie Moléculaire) :

Les polluants infiltrés (souvent invisibles à l'état de traces dans l'eau) pénètrent les organismes sentinelles (ex. : huîtres, poissons). Utilisation de biomarqueurs pour détecter des altérations à l'échelle cellulaire ou moléculaire, notamment des dommages à l'ADN. Anticiper les dégradations écologiques avant que les effets ne deviennent irréversibles à l'échelle de la population.

b) L'Analyse de Causalité (Relations Dose-Réponse) :

Identification des relations de cause à effet entre des familles de contaminants spécifiques (métaux lourds, pesticides, hydrocarbures aromatiques polycycliques ou HAP) et la faune. Mesure des réponses biologiques macroscopiques. Anomalies du développement, chutes de la reproduction (ex. : chez les insectes ou les abeilles) et altérations physiologiques ou comportementales chez les poissons.

c) L'Évaluation du Stress Global (Approche Systémique) :

Intégration de multiples signaux d'alarme provenant de diverses espèces sentinelles (oiseaux, amphibiens, mollusques, insectes). Traduction des comportements et des réponses physiologiques en un Indice de Santé Global. Modéliser le niveau de stress écologique global sur une échelle allant de « Bon » à « Pauvre » (dégradé). Évaluation comparative d'un site perturbé par l'activité industrielle (« Avant ») et après l'application de mesures de remédiation (« Après »).

d) Suivi de la restauration :

Suivi de la dynamique du cycle des nutriments et du rétablissement de l'indice de biodiversité. Valider scientifiquement le succès des stratégies de dépollution et le retour à l'équilibre fonctionnel de l'écosystème. (Perez *et al.*, 2000 ; Ramade, 2007)

I.6 Indicateurs de réponse et indicateurs d'état :

Dans le cadre de l'évaluation environnementale, il est essentiel de différencier deux types d'indicateurs complémentaires permettant d'aboutir à un diagnostic précis :

a) Les indicateurs d'état :

Ces outils servent à décrire la « situation actuelle » de l'écosystème à un instant T. Ils fonctionnent comme une photographie du milieu, se concentrant sur la mesure des variables physico-chimiques (telles que le taux d'oxygène dissous, la température ou la concentration des métaux lourds dans l'eau). Leur objectif est de déterminer si le milieu est conforme aux normes environnementales requises.

b) Les indicateurs de réponse :

Contrairement aux précédents, ces indicateurs s'intéressent à la « réaction » des organismes vivants face aux pressions exercées sur eux. Ils traduisent les changements biologiques et

physiologiques qui apparaissent chez les espèces sensibles (comme les mollusques ou les crustacés) suite à l'exposition aux polluants. Ces indicateurs permettent de mesurer l'impact réel et biologique des substances, et non seulement leur simple présence quantitative dans le milieu.

Se baser uniquement sur les indicateurs d'état peut être trompeur. Un polluant présent à faible dose (état) peut engendrer des dommages graves sur la reproduction ou la croissance (réponse) à cause du phénomène de bioaccumulation. L'association des deux permet donc de :

- ✓ Identifier la source du dysfonctionnement écologique (l'état).
- ✓ Évaluer la gravité de ce déséquilibre sur le vivant (la réponse).

1 Matériel et méthodes :

1.1 Étude de la biodiversité :

1.1.1 Données générales sur la wilaya de Mostaganem :

La zone d'étude (Fig.4) se situe sur le littoral de la wilaya de Mostaganem, s'étendant sur environ 120 km de façade maritime. Cette région est soumise à un climat méditerranéen semi-aride, caractérisé par des variations saisonnières importantes de température de l'eau (allant de 13°C en hiver à plus de 26°C en été) et une salinité moyenne comprise entre 36 et 38 ‰. Le relief contrasté, alternant entre caps rocheux et plages sableuses, influence fortement la répartition des habitats benthiques.

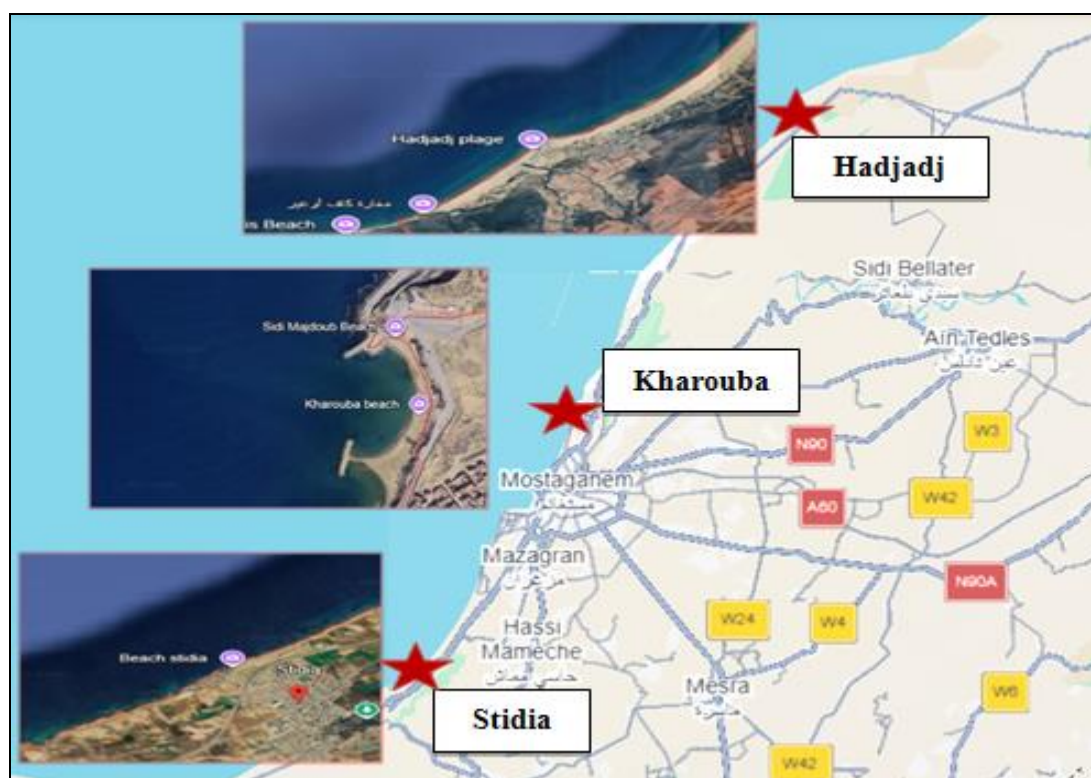


Figure 1 : Carte de la côte de Mostaganem avec les trois sites de notre échantillonnage (photos prises de Google earth, 2026).

1.1.2 Choix des sites d'étude :

Le choix des sites (Stidia, Hadjadj, Kharouba) a été motivé par la nécessité de comparer des zones présentant des niveaux de pression anthropique distincts. Cette approche comparative est essentielle pour évaluer l'impact des activités humaines sur la structure des peuplements benthiques et la qualité globale du milieu marin.

➤ Le site de Stidia :

Le site de Stidia (Fig.5) est caractérisé par une activité portuaire modérée et une urbanisation croissante. Ce site est soumis à des pressions physiques liées aux infrastructures

et l'aménagement de la plage, ainsi que la période estivale, influençant directement la biodiversité locale (Mallek, 2021).



Figure 2: Carte de localisation des deux stations d'étude du site de Stidia

➤ **Le site de Hadjadj :**

Le site de Hadjadj (Fig.6) se distingue par une forte pression agricole dans son arrière-plan (intérieur des terres). Il est particulièrement exposé aux risques de ruissellement de nutriments (azote, phosphore) et de pesticides, ce qui favorise l'eutrophisation et modifie la composition des communautés algales et faunistiques. (Ounissi, 2020)



Figure 3 : Carte de localisation des deux stations d'étude du site de Hadjadj

➤ **Le site de Kharouba (dite Sidi El Majdoub)**

Le site de Kharouba (Fig.7) est une zone périurbaine proche du centre-ville, exposée aux rejets d'eaux usées traitées ou non. Ce site est représentatif de la pollution côtière urbaine (Soualili, 2022).



Figure 4: Carte de localisation des deux stations d'étude du site de Kharouba (Source : Image Google Earth (2026))

1.1.3 Échantillonnage de la macrofaune de l'étage médiolittoral des sites étudiés :

L'échantillonnage a été réalisé selon la méthode des quadrats (25 cm / 25 cm) (Fig.8) disposés le long de la zone étudiée (de 40 à 50 m²). Cette méthode permet de recueillir des données qualitatives et quantitatives sur les différentes populations de la macrofaune benthique. Selon Collingnon (1991), elle possède l'avantage d'être simple, efficace et pratique. 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. Les organismes récoltés, au début de notre travail, ont été portés dans une solution de formol neutralisé à 4% pour stopper la dégradation des tissus et au laboratoire, le tri a été effectué sous loupe binoculaire, suivi de l'identification taxonomique jusqu'au niveau de l'espèce à l'aide de guides d'identification spécialisés du net (Coudre, 2002 ; Côte bleue et Nature, 2002 ; WoRMS) Une fois la liste d'identification a été établie, 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 tout le long du site étudié. Un appareil photos est utilisé aussi pour plus d'aide à l'identification des espèces (sur site à l'état naturelle).



Figure 5 : Échantillonnage du macrofaune benthique par la méthode des quadrats (Oulhiz, 2012).

1.1.4 Traitement des indices de structure et de diversité biologique :

Afin de quantifier la structure des peuplements macrobenthiques et d'évaluer l'état de santé écologique des sites de Stidia, Kharouba et Hadjadj, nous avons appliqué les descripteurs statistiques et les indices de diversité suivants :

1.1.4.1 La Dominance (D)

La dominance permet de mettre en évidence les espèces qui prédominent numériquement dans un milieu donné.

$$D (\%) = (n_i / N) \times 100$$

Où : n_i : Nombre d'individus de l'espèce (i) ; N : Effectif total de la station.

1.1.4.2 La richesse spécifique (S)

La richesse spécifique représente le nombre total d'espèces identifiées dans chaque unité d'échantillonnage. Elle est l'expression la plus simple de la biodiversité.

1.1.4.3 L'abondance totale (A)

Elle correspond au nombre total d'individus présents par unité de surface, tous taxons confondus :

$$A = \sum n_i$$

Où : n_i : Nombre d'individus appartenant à l'espèce (i).

1.1.4.4 L'indice de diversité de Shannon-Wiener (H')

Cet indice permet d'évaluer la complexité et la stabilité d'un écosystème. Il exprime la quantité d'information fournie par l'échantillon sur la structure du peuplement :

$$H' = - \sum (n_i / N) \log (n_i / N)$$

Où : H' : Indice de diversité ; n_i : Nombre d'individus de l'espèce (i) ; N : Nombre total d'individus (toutes espèces confondues).

1.1.4.5 L'indice d'équitabilité de Piélou (J')

Il traduit le degré de régularité de la répartition des individus entre les espèces. Il permet de vérifier si le milieu est dominé par une espèce particulière ou si les effectifs sont équilibrés.

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

Où : J' : Indice d'équitabilité (compris entre 0 et 1) ; H' : Indice de Shannon-Wiener calculé ; $H'_{\max}$: Diversité maximale théorique, égale à $\log_2 S$; S : Richesse spécifique.

III. Résultats et discussions :

III.1 Détermination de la richesse spécifique des différents sites étudiés :

Dans l'ensemble de notre étude, on a remarqué que la richesse faunistique globale est très importante au niveau des zones d'échantillonnage. Les groupes zoologiques caractérisant cette richesse sont majoritairement : les Mollusques, les Arthropodes, les Echinodermes et les Cnidares.

III.1.1 Le site de Stidia :

Le site de Stidia est caractérisé par une large bande rocheuse allant jusqu'à 15 m tout le long de la côte. Au niveau de ce site, on retrouve une diversité de substrats (roches, blocs et galets) répartie sur les stations d'études. Ce milieu subit également des influences anthropiques saisonnières liées à la fréquentation estivale et aux activités de pêche locales, ce qui influe directement sur la faune et la flore benthiques, notamment à travers les laisses de mer constituées de débris de *Posidonia oceanica*.

Au niveau des deux stations étudiées pour ce site, nous avons répertorié un effectif global de 609 individus de la macrofaune benthique. Ce nombre total d'individus est distribué respectivement comme suit : 362 individus pour la station St1 et 247 individus pour la station St2, ce qui correspond à des proportions de 59,44 % et 40,56 % de l'effectif global du site. Quant à la richesse spécifique (S), elle a enregistré 20 espèces au niveau de la station 1 (St1) et 19 espèces au niveau de la station 2 (St2). Cette richesse locale est considérable, bien que ces espèces ne représentent qu'une fraction de la diversité faunistique totale potentiellement présente sur ce littoral.

III.1.1.1 La station 1 (St1) :

Dans la station 1 de Stidia (Fig.9), la macrofaune du médiolittoral est représentée par 20 espèces et 362 individus. Les spécimens récoltés appartiennent aux différents groupes recensés, avec une dominance absolue des Mollusques qui affichent un taux de 85,36 % de la communauté totale. En seconde position, nous enregistrons les Echinodermes avec un pourcentage de 8,01 %, suivis par les Arthropodes (représentés par les Crustacés) avec 4,97 %. Enfin, les Cnidares constituent le groupe le moins représenté avec seulement 1,66 % de l'effectif global de cette station.

Sur le plan écologique, cette forte prolifération des Mollusques s'explique par la nature du substrat rocheux médiolittoral de la station St1. Ce type de milieu offre des supports de colonisation parfaits pour ces espèces, possédant des adaptations morphologiques (coquilles

solides, pieds fixateurs) leur permettant de résister au fort hydrodynamisme induit par l'action des vagues.

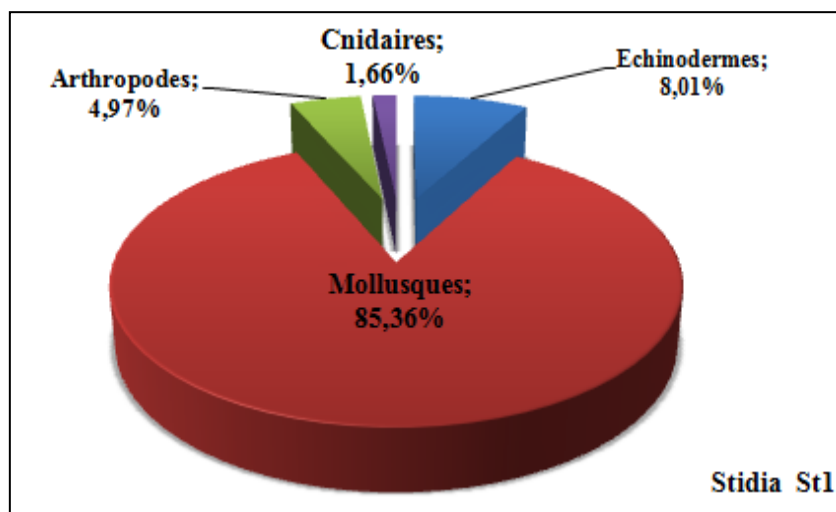


Figure 9 : Diversité zoologique de la macrofaune de la station 1 de Stidia.

III.1.1.2 La station 2 (St2) :

La station 2 de ce site présente une légère baisse quantitative de l'abondance qui passe à 247 individus pour une richesse spécifique de 19 espèces. Malgré cette variation de l'effectif global, le profil de répartition des grands groupes zoologiques (fig10) reste très homogène par rapport à la première station. Les Mollusques maintiennent fermement leur dominance en atteignant un taux de 85,43 %.

Pour les autres embranchements, les proportions restent très similaires : les Echinodermes représentent 7,69 % de la population, suivis par les Arthropodes qui enregistrent une présence de 5,26 %, tandis que les Cnidaïres arrivent en dernière position avec un taux de 1,62 %.

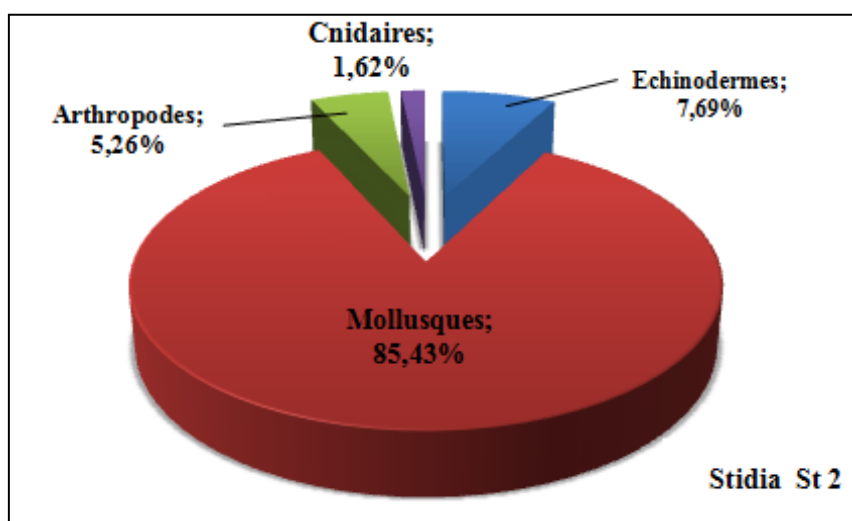


Figure 10 : Diversité zoologique de la macrofaune de la station 2 de Stidia.

Cette stabilité structurelle entre St1 et St2 montre que les deux stations partagent des conditions environnementales globales équivalentes, offrant ainsi des niches écologiques comparables pour l'établissement des peuplements benthiques.

III.1.1.3 Diversité zoologique interne du macrofaune :

L'examen approfondi de la composition taxonomique interne (Fig.11) permet de mettre en relief les variations spécifiques au sein des peuplements des deux stations du site de Stidia :

Au sein des Mollusques, les Gastéropodes (Prosobranches) s'imposent comme le groupe taxonomique majeur et dominant au niveau des deux stations, affichant les effectifs les plus élevés (dépassant 50 % de représentativité à St1 et St2). Ils sont directement suivis par les Monoplacophores (patelles) qui occupent également une place importante sur le substrat. En revanche, les autres taxons tels que les Crustacés (Arthropodes), les Echinodermes (Oursins) et les Cnidaires (Anémones) présentent des proportions nettement inférieures et restreints dans les deux stations.

La dominance conjointe des Gastéropodes (Prosobranches) brouteurs et des Patelles reflète parfaitement la nature biogénique du littoral de Stidia. La présence d'une large bande rocheuse associée à l'accumulation de matière organique végétale notamment les lasses de mer et les débris algaux et de *Posidonia oceanica* observés sur le terrain favorise le comportement trophique microphage et brouteur de ces espèces. La légère différence d'effectifs des Arthropodes et Echinodermes entre St1 et St2 s'explique probablement par le relief rocheux et la densité des algues, qui offrent à ces invertébrées nourritures et abri.

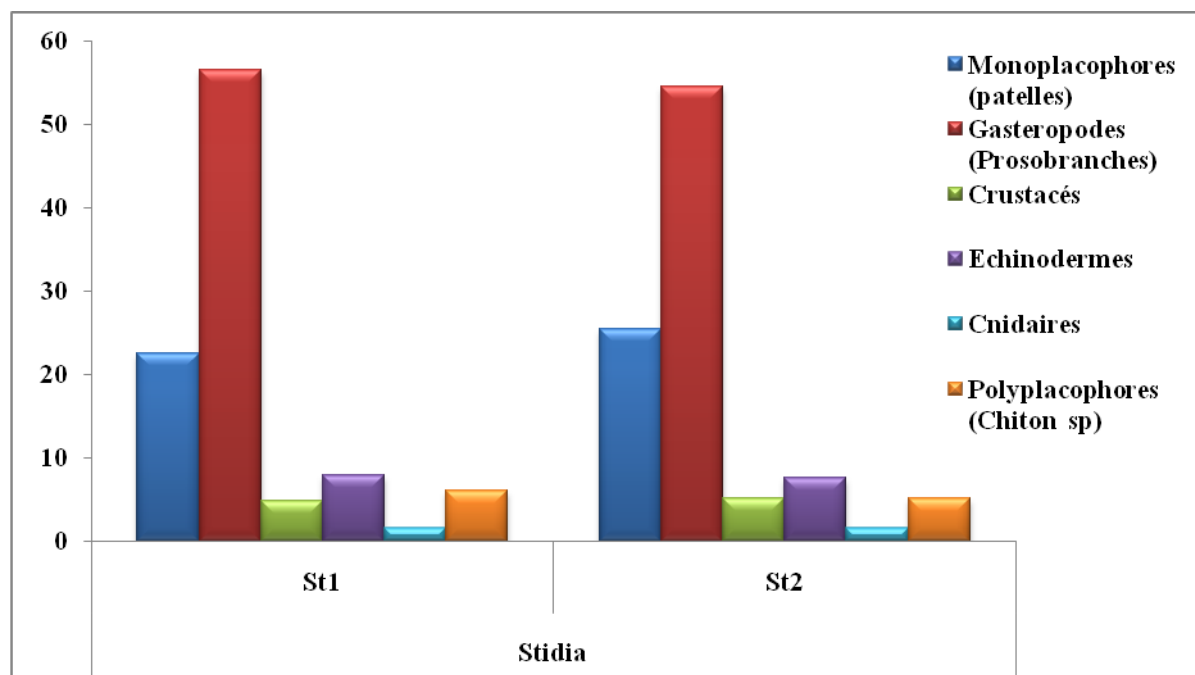


Figure 11 : Répartition spatiale de la richesse faunistique du site de Stidia.

III.1.2 Le site de Kharouba :

Le littoral de Kharouba (Sidi El Majdoub) se distingue par sa configuration rocheuse soumise à des pressions anthropiques variables, notamment durant la période estivale, ce qui influence la dynamique des communautés benthiques locales.

Les recherches menées sur ce site ont permis de récolter un total de 297 individus. Ce peuplement est réparti de manière inégale entre les deux stations, avec 188 individus recensés à la station St1 (63,30 %) et 109 individus à la station St2 (36,70 %). En revanche, on note une homogénéité parfaite concernant la richesse spécifique (S), puisque 15 espèces ont été identifiées au niveau de chacune des deux stations (St1 et St2).

III.1.2.1 La station 1 (St1) :

Les inventaires réalisés au niveau de cette première station (188 individus pour 15 espèces) mettent en évidence une prédominance marquée des Mollusques, qui représentent à eux seuls 51,60 % de la totalité de la faune recensée.

Le second groupe le plus représentatif est celui des Cnidares, qui affichent un taux élevé de 38,83 %. Les Echinodermes occupent la troisième position avec seulement 7,98 %, alors que les Arthropodes (Crustacés) s'avèrent très minoritaires, ne constituant que 1,59 % de l'effectif total (Fig12).

D'un point de vue écologique, la forte représentativité des Mollusques est étroitement liée à la nature du substrat rocheux de la zone médiolittorale. Ce support rigide offre des niches écologiques optimales et des surfaces de fixation idéales pour ces organismes, dont les adaptations morphologiques (coquilles robustes, pieds ventouses) leur permettent de supporter l'impact direct des vagues et le fort hydrodynamisme.

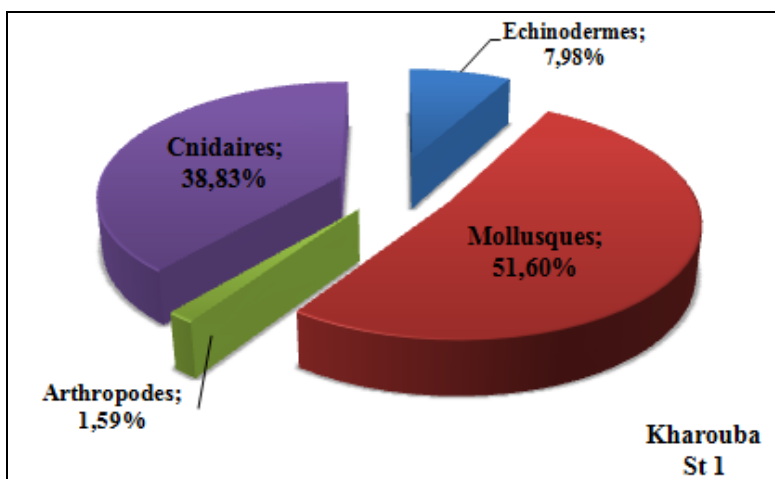


Figure 12 : Diversité zoologique de la macrofaune de la station 1 de Kharouba.

III.1.2.2 La station 2 (St2)

Bien que la station St2 enregistre une baisse quantitative de son abondance globale (109 individus), la structure générale du peuplement (Fig.13) reste identique sur celle de la première station. Les Mollusques confirment leur position dominante en regroupant 54,13 % des effectifs.

Les autres taxons suivent une tendance similaire : les Cnidares maintiennent un taux élevé de 37,61 %, suivis par les Echinodermes (5,51 %). Les Arthropodes occupent la dernière place avec une proportion discrète de 2,75 %.

La forte ressemblance entre les deux stations s'explique par des conditions environnementales identiques, qui favorisent l'installation des mêmes types de peuplements au niveau du site.

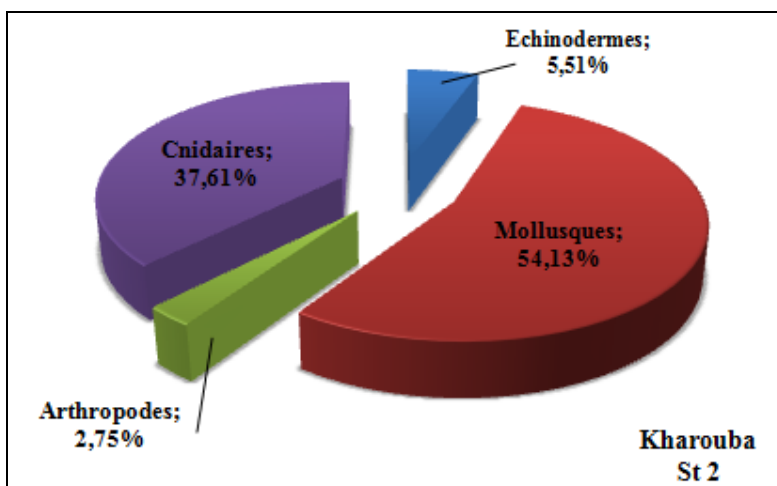


Figure 13 : Diversité zoologique de la macrofaune de la station 2 de Kharouba.

III.1.2.3 Diversité zoologique interne du macrofaune :

L'analyse détaillée de la composition taxonomique interne, illustrée par l'histogramme (Fig.14), révèle les particularités propres aux peuplements de Kharouba :

Au sein de l'embranchement des Mollusques, ce sont exclusivement les Monoplacophores (patelles) qui dominent au niveau des deux stations, affichant les effectifs les plus élevés. Ils partagent l'espace avec les Cnidaires, qui occupent également une place importante sur le substrat. À l'inverse, les Gastéropodes (Prosobranches) ainsi que les Polyplacophores (*Chiton sp*) ne se manifestent qu'avec des proportions très faibles.

Le site rocheux de Kharouba est idéal pour la vie marine, en particulier pour les espèces qui broutent et se nourrissent de débris. Les légères différences d'une zone à l'autre s'expliquent simplement par la similarité du relief et la quantité d'algues disponibles.

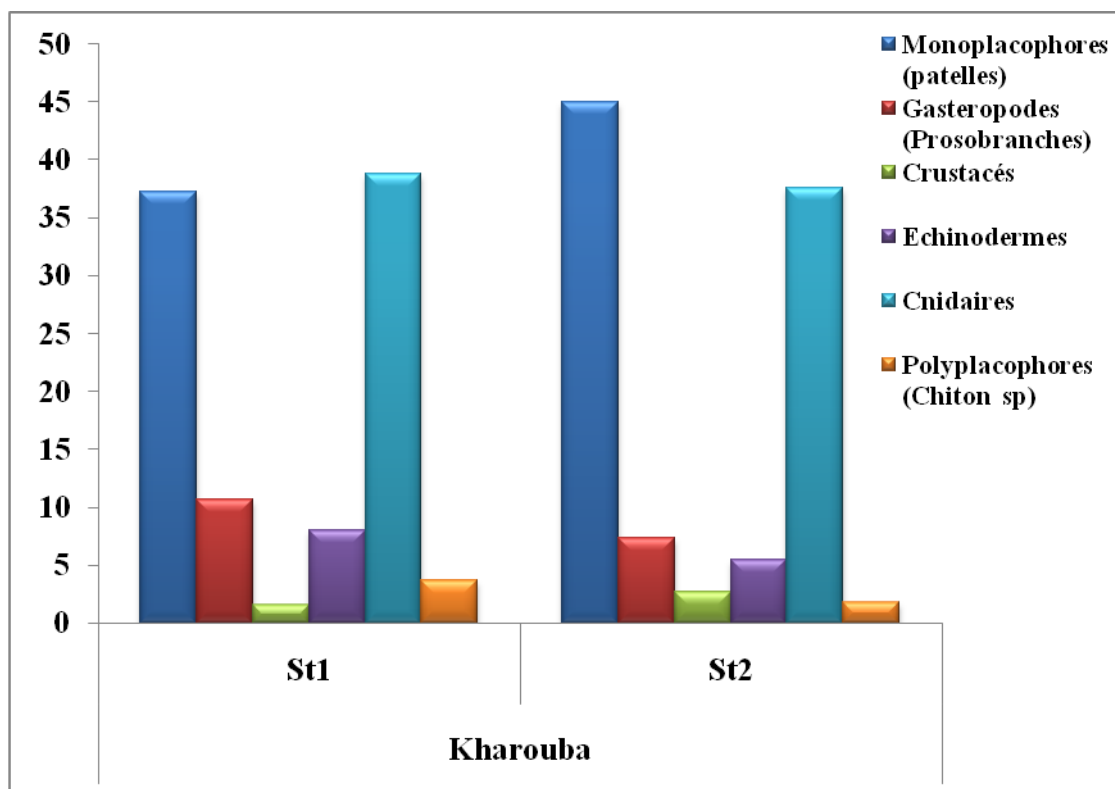


Figure 14 : Répartition spatiale de la richesse faunistique du site de Kharouba.

III.1.3 Le site de Hadjadj :

Le site de Hadjadj présente des caractéristiques écologiques d'un grand intérêt pour l'étude du macrofaune benthique littorale. Les échantillonnages réalisés au niveau de ce site ont permis de recenser un effectif global important de 546 individus, répartis de façon assez équilibrée entre les deux stations : 294 individus au niveau de St1 (53,85 %) et 252 individus au niveau de St2 (46,15 %). En ce qui concerne la richesse spécifique (S), elle révèle une légère fluctuation avec 17 espèces répertoriées à la station 1 (St1) contre 15 espèces à la station 2 (St2).

III.1.3.1 La station 1 (St1) :

Au niveau de cette première station, l'analyse globale du peuplement benthique (Fig15) met en évidence la nette prédominance des Mollusques qui représentent 53,74 % de la communauté totale.

Les Cnidares se classent en deuxième position avec un taux représentatif de 26,87 %, suivis de près par les Echinodermes qui affichent une présence non négligeable de 17,35 %. En revanche, les Arthropodes (Crustacés) demeurent très minoritaires au sein de cette communauté, n'enregistrant qu'un faible pourcentage de 2,04 % de l'effectif total.

D'un point de vue écologique, cette structuration montre que le milieu offre des conditions de fixation et de développement optimales pour les Mollusques. L'environnement et la stabilité de la zone médiolittorale permettent à ces espèces de développer des stratégies adaptatives efficaces face à l'hydrodynamisme du milieu.

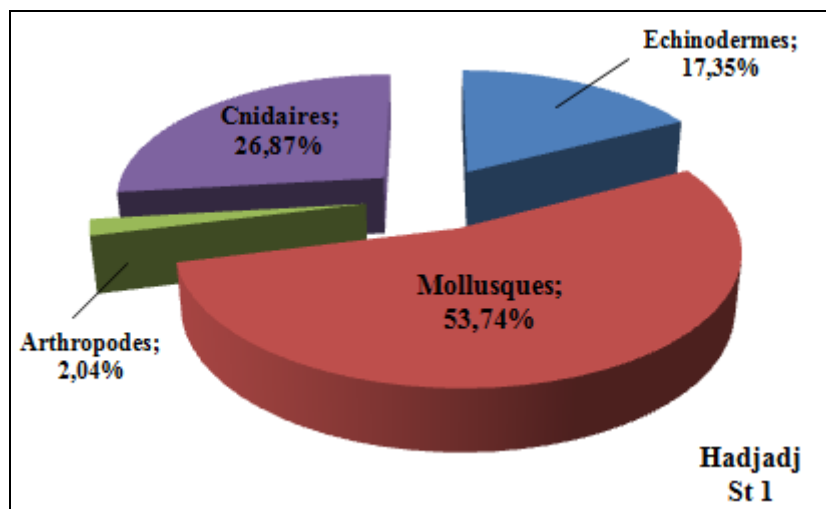


Figure 15 : Diversité zoologique de la macrofaune de la station 1 de Hadjadj.

III.1.3.2 La station 2 (St2) :

À la station St2, bien que l'on observe une légère diminution quantitative de l'abondance (252 individus), la répartition globale des grands groupes zoologiques (fig.16) maintient une tendance similaire à celle observée à St1. Les Mollusques conservent leur dominance avec un taux de 49,21 %, suivis par les Cnidares atteignant 28,97 % du peuplement. Alors que les Echinodermes augmentent également pour représenter 19,84 %. Enfin, les Arthropodes restent identiques à la station St1 avec une proportion discrète de 1,98 %.

La présence des trois embranchements majeurs (Mollusques, Cnidares, Echinodermes), confirme une relative stabilité structurelle entre les deux stations de Hadjadj, indiquant qu'elles partagent des facteurs environnementaux homogènes.

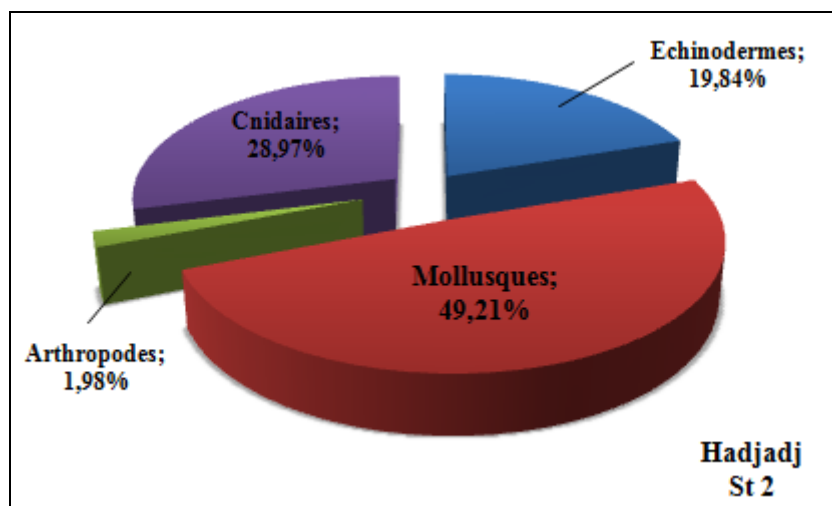


Figure 16 : Diversité zoologique de la macrofaune de la station 2 de Hadjadj.

III.1.3.3 Diversité zoologique interne du macrofaune :

L'analyse détaillée de la composition taxonomique du site, illustrée par la figure 17, permet de mettre en lumière les spécificités propres au site de Hadjadj :

Contrairement aux sites précédents, on remarque ici un équilibre remarquable et une compétition spatiale intense entre trois taxons majeurs au niveau des deux stations : les Cnidares, les Gastéropodes (Prosobranches), et les Monoplacophores (patelles). Les effectifs des Cnidares restent stables sur les deux sites. Pour les Mollusques, les Gastéropodes dominent des deux stations, suivis de près par les Monoplacophores (patelles) qui dominent la station St1 par rapport à la station St2.

En parallèle, l'embranchement des Echinodermes montre une présence légèrement élevée en station St2 que la station St1. À l'inverse, les Polyplacophores (Chiton sp) et les Crustacés n'occupent que des effectifs très réduits avec des taux faibles pour la station St1 que la station St2. Cette distribution quantitative traduit la richesse biologique du littoral de Hadjadj.

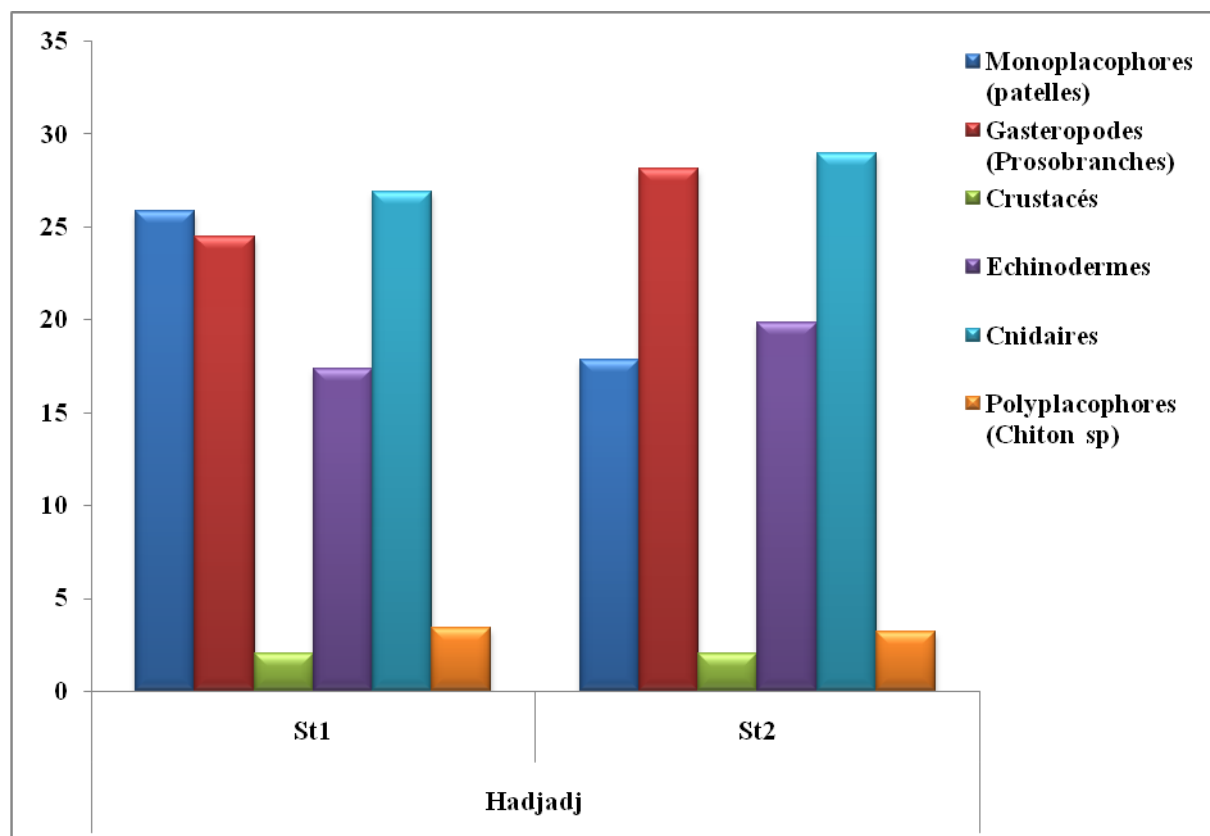


Figure 17 : Répartition spatiale de la richesse faunistique du site de Hadjadj.

III.2 L'Analyse de l'évolution de la richesse globale :

L'analyse comparative des indices écologiques structuraux (abondance, richesse spécifique, indice de Shannon et d'équitabilité) entre les trois sites d'étude (Stidia, Kharouba et Hadjadj) met en évidence de fortes différences spatiales (Tab.1), influencées par les caractéristiques environnementales et les pressions anthropiques propres à chaque station.

Tableau 1 : Les différents indices de diversité spécifique et de la richesse du peuplement des sites et des stations étudiées. N : nombre totale (A) abondance, S : richesse spécifique (nombre d'espèces).

	Stidia		Kharouba		Hadjadj	
	St 1	St 2	St 1	St 2	St 1	St 2
Abondance (A)	362	247	188	109	294	252
Richesse (S)	20	19	15	15	17	15

Selon le tableau 1, les données quantitatives globales révèlent que le site de Stidia présente l'abondance globale la plus élevée avec un nombre de 609 individus (362 pour la station St1 et 247 pour la station St2), suivi par le site de Hadjadj avec 546 individus (294 pour la station St1 et 252 pour la station St2). En revanche, le site de Kharouba affiche les effectifs faunistiques les plus bas, n'enregistrant que 297 individus au total (188 pour la station St1 et 109 pour la station St2).

Cette distribution quantitative s'explique par la qualité biotique des milieux. À Stidia et Hadjadj, la présence d'un substrat rocheux stable associé à d'importants dépôts de laisses de mer (débris de *Posidonia oceanica*) crée un environnement trophique idéal. Ces banquettes de matière organique végétale constituent à la fois une source de nourriture abondante pour les organismes brouteurs et un refuge contre l'hydrodynamisme.

À l'inverse, la faible abondance observée à Kharouba témoigne d'un milieu fortement stressé. Ce site subit des perturbations majeures liées aux activités anthropiques qui altèrent la qualité de l'eau et s'avèrent nuisibles pour une grande partie de la macrofaune benthique, limitant ainsi le développement quantitatif des populations.

Concernant la richesse spécifique (S), elle reste relativement élevée à Stidia (S = 20 et 19) et à Hadjadj (S = 17 et 15), tandis qu'elle demeure moindre et stable à Kharouba (S = 15 pour les deux stations). Cela démontre que seules les espèces opportunistes ou tolérantes aux perturbations parviennent à se maintenir dans les eaux de Kharouba (tel que l'anémone verte).

III.2.1 L'Analyse du profil de répartition de la macrofaune des trois sites :

Le profil de répartition des groupes zoologiques (Fig.18) varie considérablement d'un site à un autre, reflétant directement les adaptations des espèces aux conditions locales :

La communauté zoologique est largement dominée par les Gastéropodes (Prosobranches) qui atteignent leur maximum absolu à 55,83 % à Stidia, suivis par les Monoplacophores (patelles) et les Cnidaire à Kharouba (40,07 % et 38,38 % respectivement). Alors que, le site de Hadjadj se caractérise par une distribution beaucoup plus équilibrée entre les quatre groupes zoologiques principaux (Cnidaire, Gastéropodes, Monoplacophores et Echinodermes).

À l'inverse, pour les trois sites, les autres groupes y sont très minoritaires, notamment les Polyplacophores et les Crustacés.

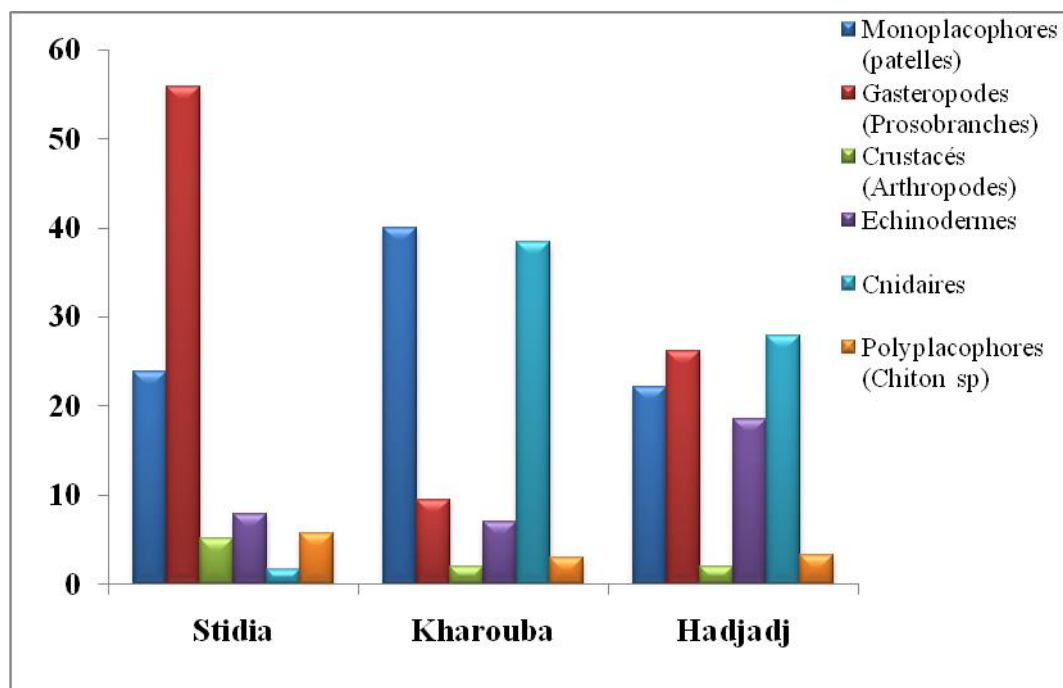


Figure 18 : Répartition de la structure taxonomique globale de la macrofaune benthique au niveau des trois sites étudiés.

III.3 Interprétation des indices de diversité (H') et d'équitabilité de Pielou (J') :

Les indices de diversité (Fig.19) apportent une lecture précise de l'organisation et de la stabilité de ces écosystèmes côtiers.

Le site de Stidia présente les valeurs de l'indice de Shannon les plus élevées et strictement identiques dans les deux stations ($H' = 2,73$). Associé à une régularité remarquable de l'indice d'équitabilité (0,93 et 0,91 pour les stations St2 et St1 respectivement), cela indique que le peuplement benthique y est en parfait équilibre. La faune est diversifiée et les individus sont équitablement répartis entre les espèces. Suivis par le site de Hadjadj, dont les indices de diversité traduisent également une bonne santé écologique ($H' = 2,44$ à St1 et 2,31 à St2 ; $J' = 0,86$ et 0,85 respectivement).

Alors que, le site de Kharouba enregistre les valeurs les plus basses avec un indice de Shannon de 2,02 (pour la station St1) et 2,05 (pour la station St2), et une équitabilité de 0,75 et 0,76 (respectivement). Ces faibles valeurs confirment l'existence d'un déséquilibre écologique provoqué par les activités anthropiques qui stress le milieu en éliminant les espèces sensibles au profit de quelques taxons résistants.

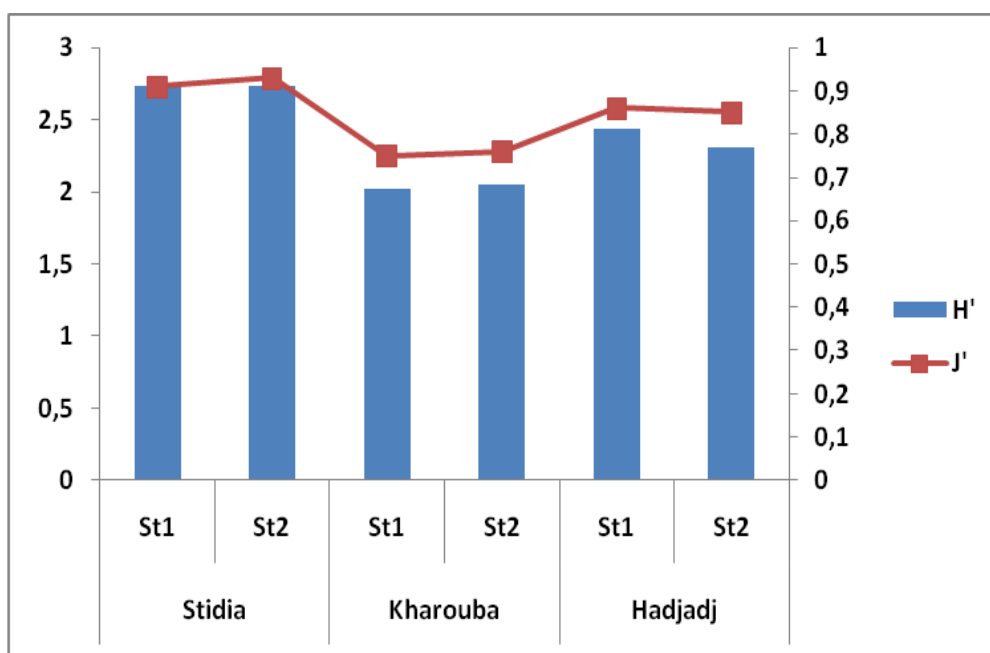


Figure 19 : Les indices de diversité (H' et J') des trois sites étudiés.

Pour évaluer avec rigueur l'état de santé écologique et le degré de stabilité des peuplements macrobenthiques, nous nous sommes référés aux seuils de l'indice d'équitabilité (J') définis par Daget (1979). Selon cette classification, les résultats révèlent des indices d'équitabilité élevés ($> 0,80$), allant de 0,85 à 0,93 (à Hadjadj et à Stidia respectivement). Ces valeurs classent ces peuplements dans la catégorie d'un "Peuplement équilibré", reflétant une distribution saine et homogène des espèces.

Alors que le site de Kharouba, représente des valeurs de l'indice d'équitabilité de 0,75 pour la station St1 et de 0,76 pour la station St2. Et en se référant à Daget (1979), ces résultats ($< 0,80$) décrivent la diversité tel un "Peuplement en léger déséquilibre", montrant le stress anthropique exercé sur le site qui provoque une perturbation du milieu favorisant le développement d'espèces opportunistes. Ces résultats ont été approuvés par les constats de Bakalem (2008) dans la baie d'Alger et de Grimes *et al.* (2012) sur les communautés benthiques de l'Ouest algérien, où la proximité de la pollution anthropique (surtout les rejets urbains) abaisse l'indice de Pielou (J').

Alors que, la comparaison avec les critères de la rive nord de la Méditerranée (Simboura & Zenetos, 2002 ; Bellan-Santini, 2006) indique que notre valeur maximale à Stidia ($H' = 2,73$) classe ce milieu dans un état écologique moyen (*Moderate ecological status*) sous l'effet de

facteurs hydrodynamiques naturels, tandis que Kharouba s'apparente aux zones dégradées (*Poor ecological status*) soumises à de fortes perturbations.

Les travaux récents de Benzaoui *et al.* (2022) sur l'évaluation macrobenthique des côtes algériennes, ainsi que l'étude de Belal *et al.* (2024) concernant l'impact des rejets anthropiques à l'Ouest de l'Algérie, et des travaux de confirment parfaitement notre diagnostic sur Kharouba. Ces auteurs démontrent que l'accroissement urbain subi ces dernières années agit comme une perturbation sévère, provoquant une diminution de l'équitabilité (J') similaire au seuil de 0,75 que nous avons enregistré à Kharouba.

En revanche, pour le site de Stidia ($J' = 0,93$), nos données s'accordent avec les observations de Hamidi *et al.* (2023) sur les zones intertidales rocheuses semi-exposées de la côte Ouest, qualifiant ces milieux de refuges écologiques où la macrofaune benthique maintient un équilibre structural optimal malgré les fluctuations climatiques globales.

Une étude clé publiée par García-Gómez *et al.* (2022) sur l'application des indices biotiques en Méditerranée occidentale (Espagne et France) indique que les zones soumises à un hydrodynamisme naturel modéré, bien que non polluées, affichent des indices de Shannon entre 2,5 et 3,0. Cela confirme notre hypothèse pour Stidia ($H' = 2,73$) : cette valeur n'est pas le signe d'une pollution, mais plutôt le reflet de facteurs hydrodynamiques locaux régissant la zone médiolittorale.

De plus, les modèles de résilience benthique développés par Bianchi *et al.* (2024) sur le littoral italien confirment notre conclusion sur le site de Kharouba : les perturbations sévères du milieu provoquent une diminution de l'équitabilité de Pielou (J').

Conclusion :

Le suivi scientifique de la côte de Mostaganem démontre que ce littoral fait face à des agressions anthropiques d'intensités très variables selon les secteurs. Ces perturbations impactent directement la biodiversité marine ainsi que l'organisation interne des écosystèmes. Ce constat valide la nécessité d'appliquer une surveillance biologique continue. Notre étude s'est concentrée sur ce problème en ciblant la macrofaune benthique du médiolittoral rocheux. Ce groupe d'invertébrés marins a prouvé sa pertinence comme bioindicateurs pour mesurer l'état écologique des trois stations choisies : Stidia, Kharouba et Hadjadj, avec deux stations par site nommés St1 et St2. La structure de cette macrofaune benthique a été caractérisée à travers le calcul de l'Abondance (A), Dominance (D) et de la Richesse spécifique (S), combinés aux indices de diversité de Shannon-Wiener (H') et d'équitabilité de Pielou (J').

Les analyses structurelles du macrozoobenthos révèlent que les communautés benthiques s'organisent surtout autour du groupe zoologique des Mollusques avec une prédominance marquée par des Gastéropodes et des Monoplacophores (patelles), suivis par les Arthropodes, qui sont représentés majoritairement par les Crustacés. L'étude de la distribution spatiale met en évidence une forte similarité biocénotique entre les stations de Stidia et de Hadjadj, qui affichent des valeurs de richesse spécifique et d'abondance caractéristiques à des milieux stables. Leur peuplements est bien diversifié et affiche un équilibre biologique proche de l'état naturel, loin des sources majeures de nuisances. À l'inverse, la station de Kharouba se distingue par une dégradation du peuplement benthique et un effondrement de ses indicateurs biologiques, traduisant un stress anthropique critique.

Cette approche globale confirme l'utilité pratique de la macrofaune benthique en bioindication environnementale. Contrairement aux analyses chimiques rapides, l'observation de ces peuplements offre une image cumulative des agressions réelles subies par le milieu marin. Pour consolider ces résultats et ouvrir de nouvelles perspectives, plusieurs actions doivent être menées par la suite. Il faudrait d'abord lancer un programme de suivi pluriannuel pour comprendre les variations saisonnières et la dynamique spatio-temporelle de ces invertébrés. Ensuite, élargir le réseau d'échantillonnage à d'autres zones de la wilaya de Mostaganem permettrait d'obtenir une cartographie écologique complète. Enfin, coupler ces inventaires biologiques à des analyses physico-chimiques régulières de l'eau et de la matrice sédimentaire s'avère indispensable pour cibler et quantifier précisément l'origine des flux polluants.

Références Bibliographiques :

I. Ouvrages, Articles et Thèses :

- Albakjaji, M. (2011). La pollution de la mer Méditerranée : Le rôle des conventions internationales et du droit comparé dans la protection de l'environnement marin. Thèse de doctorat, Université de Perpignan, France.
- Amroune, A., Bouazza, M., & Mahé, G. (2015). Dynamique sédimentaire et érosion du trait de côte : Cas de la plage de Sidi Majdoub (Mostaganem, Algérie). *Journal de Recherche Maritime*, 14(2), 45-58.
- Belal, A., Grimes, S., & El-Almi, S. (2024). Impact des rejets anthropiques sur la structure des peuplements macrobenthiques le long du littoral Ouest de l'Algérie. *Marine Pollution Bulletin*, 198, 115-128.
- Belbachir, N. (2014). Écologie et rôle fonctionnel des herbiers à *Posidonia oceanica* dans la baie de Mostaganem (Algérie). Mémoire de Magister, Université de Mostaganem, 120 p.
- Bellan-Santini, D. (1980). Relation entre la pollution organique et l'ensemble de la faune de la roche superficielle. *Progress in Water Technology*, 12(1), 331-350.
- Bianchi, C. N., Morri, C., & Rigo, I. (2024). Benthic resilience models along the Western Mediterranean rocky shores under severe anthropogenic pressure. *Ecological Indicators*, 159, 111-124.
- Boesch, D. F., & Paul, J. F. (2001). An assessment of indices of ecosystem integrity. *Ecosystem Health*, 7(2), 91-98.
- Boudouresque, C. F., Personnic, S., & Astruch, P. (2012). Impacts des activités humaines sur les écosystèmes marins de la Méditerranée. *GIS Posidonie*, Marseille, 85 p.
- Caulet, J. P. (1972). Les sédiments argileux du précontinent algérien : Distribution et nature. *Géologie Méditerranéenne*, 3(1), 23-34.
- Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Lasram, F. B. R., Aguzzi, J., ... & Voultsiadou, E. (2010). The biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, patterns, and threats. *PLoS ONE*, 5(8), e11842.
- Collignon, J. (1991). Écologie des populations marines. Éditions Masson, Paris, 212 p.
- Costanza, R. (1992). Toward an operational definition of ecosystem health. In *Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management* (pp. 239-256). Island Press, Washington, DC.
- Costanza, R., & Mageau, M. (1999). What is a healthy ecosystem? *Aquatic Ecology*, 33(1), 105-115.

Dauvin, J. C. (2007). Paradox of estuarine and coastal quality assessments: The Baltic Sea and the English Channel/North Sea examples. *Marine Pollution Bulletin*, 54(10), 1547-1554.

DGE/ISMAL. (2000). Inventaire et état de la biodiversité marine en Algérie. Rapport de la Direction Générale de l'Environnement et de l'Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral, Alger, 145 p.

Doglioli, A. M. (2010). Modélisation hydrodynamique et transport de polluants dans les zones côtières méditerranéennes. Éditions Universitaires Européennes, 142 p.

Doumbe-Bille, S., & Kiss, A. (1992). La Convention de Rio de Janeiro sur la diversité biologique. *Annuaire Français de Droit International*, 38(1), 831-845.

García-Gómez, J. C., Guerra-García, J. M., & Espinosa, F. (2022). Application of biotic indices in Western Mediterranean rocky shores: The role of local hydrodynamism on macrofauna distribution. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(5), 341-355.

Ghodbani, T., & Semmoud, B. (2010). La gestion intégrée des zones côtières (GIZC) en Algérie : Le cas du littoral d'Oran. *Physio-Géo*, 4, 115-132.

Grimes, S., Ruellet, T., & Dauvin, J. C. (2018). Évaluation de la qualité écologique des eaux côtières algériennes par l'utilisation de la macrofaune benthique. *Marine Pollution Bulletin*, 130, 210-224.

Guettaf, M. (1997). Contribution à l'étude du cycle sexuel et du régime alimentaire de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck) sur le littoral algérois. Thèse de Magister, ISMAL, Alger, 115 p.

Hamidi, S., Kerfouf, A., & Boutiba, Z. (2023). Écologie et structure des peuplements macrobenthiques des zones intertidales rocheuses semi-exposées de la côte Ouest algérienne. *Revue des Sciences de l'Eau*, 36(2), 145-159.

Holling, C. S. (1986). The resilience of terrestrial ecosystems: Local surprise and global change. *Sustainable Development of the Biosphere*, 14, 292-317.

Kebir, S. (1996). Impact de l'anthropisation sur la qualité des eaux de la frange côtière ouest algérienne. Thèse de Magister, ISMAL, Alger, 95 p.

Kies, F., Kerfouf, A., & Boutiba, Z. (2018). Impact des rejets industriels et urbains sur les eaux côtières de la région de Mostaganem (Algérie occidentale). *Revue des Sciences de l'Eau*, 31(3), 195-207.

Krakimel, B. (2003). Biodiversité marine en Méditerranée : Particularités et endémisme. *Revue des Sciences de la Mer*, 11(2), 45-56.

Larid, M., Neffah, S., & Grimes, S. (2012). Gestion intégrée des zones côtières en Algérie : Cas du littoral de Mostaganem et de l'embouchure de l'Oued Cheliff. *Techniques Sciences Méthodes*, (5), 62-75.

- Leclaire, L. (1972). La sédimentation holocène sur le précontinent algérien. Thèse de Doctorat d'État, Faculté des Sciences de Paris, 552 p.
- Lévêque, C. (1997). La biodiversité. Biologie d'aujourd'hui, Masson, Paris, 128 p.
- Lévêque, C., & Mounolou, J. C. (2001). Biodiversité : Dynamique biologique et conservation. Dunod, Paris, 248 p.
- Mallek, M. (2021). Impact des aménagements côtiers sur la biodiversité benthique du littoral ouest algérien. Thèse de Doctorat, Université de Mostaganem, 165 p.
- Mappemonde. (2021). Cartographie dynamique du domaine littoral et découpage administratif des côtes algériennes. Éditions du Cadastre National, Alger.
- Marty, P., Vivien, F. D., Lepart, J., & Larrère, C. (2005). Les biodiversités : Objets scientifiques et enjeux publics. Espace et Territoires, ENS Éditions, 260 p.
- Monbet, P. (2004). Le concept de santé des écosystèmes appliqué aux milieux estuariens et côtiers : Indicateurs biologiques et chimiques. Revue d'Écologie Marine, 25(4), 311-325.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 403(6772), 853-858.
- Oulhiz, T. (2012). Application de la méthode des quadrats pour l'évaluation quantitative du macrobenthos rocheux. Journal des Sciences Halieutiques, 8(3), 112-124.
- Ounissi, M. (2020). Écotoxicologie et dynamique des nutriments dans les zones côtières soumises à des pressions agricoles en Algérie. Revue d'Écologie Marine, 42(1), 45-59.
- Pérès, J. M., & Picard, J. (1964). Nouveau manuel de benthologie marine de la mer Méditerranée. Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume, 31(47), 5-137.
- Perez, T., Garrabou, J., & Harmelin, J. G. (2000). Les bioindicateurs de qualité de l'environnement marin en Méditerranée : Approches moléculaires et écologiques. Mésogée, 58, 15-27.
- PNG/ISMAL. (2003). Plan National de Gestion de la Biodiversité Marine et Côtière en Algérie. Rapport technique, Alger, 98 p.
- PNT/ISMAL. (2003). Rapport sur les Écosystèmes Marins Remarquables en Algérie. Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral, 76 p.
- PNUD-Algérie. (2005). Rapport sur la situation de la diversité biologique en Algérie. Programme des Nations Unies pour le Développement, Alger, 112 p.
- Queguiner, B. (2009). Rapport d'expertise sur la flore marine benthique de la Méditerranée occidentale. Document technique, COM, Marseille, 54 p.

Ramade, F. (2007). Introduction à l'écotoxicologie : Fondements et applications. Dunod, Paris, 432 p.

Rapport, D. J., Costanza, R., & McMichael, A. J. (1998). Assessing ecosystem health. Trends in Ecology & Evolution, 13(10), 397-402.

Refes, W. (2011). Structure et dynamique des peuplements benthiques de la côte algérienne. Thèse de Doctorat, Université d'Alger, 245 p.

Soualili, D. (2022). Évaluation de la pollution urbaine et de son impact sur les bioindicateurs benthiques de la baie de Mostaganem. Marine Pollution Bulletin (Série Algérie), 14(2), 88-101.

UNEP. (2011). Assessment of the status of marine pollution from land-based activities in the Mediterranean Sea. UNEP/MAP, Athens, 180 p.

UNEP/MAP. (2003). Geographical and environmental overview of the Mediterranean Sea. United Nations Environment Programme / Mediterranean Action Plan, Athens.

Vanney, J. R., & Genesseeux, M. (1979). Les canyons sous-marins de la marge continentale algérienne : Morphologie et évolution. Géologie Méditerranéenne, 6(4), 415-430.

II. Sites Web et Bases de Données :

Côte bleue et Nature. (2002). Inventaire et guide de la faune et de la flore marines de la Méditerranée. Disponible en ligne at <http://www.cotebleue.org>.

Coudre, C. (2002). Guide d'identification de la faune et de la flore sous-marines de la Méditerranée. Document technique en ligne.

WoRMS Editorial Board. (2026). World Register of Marine Species. Disponible en ligne at <http://www.marinespecies.org>.