

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

KAMMOUCHE LOUBNA

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE

Spécialité: Bioressources Marines

THÈME

Aperçu sur la biodiversité fauno-floristique au niveau de quelques sites de la zone côtière de Mostaganem (Stidia – Aïn Brahim).

Soutenue le 07/07/2025

DEVANT LE JURY

| | | | |
|-----------|--------------------------|-----|---------------|
| Président | Dr. BEKADA Djamel Eddine | MCA | U. Mostaganem |
| Encadreur | Dr. BELBACHIR Nor Eddine | MCA | U. Mostaganem |
| Examineur | Dr. OULHIZ Aicha | MCB | U. Mostaganem |

*Laboratoire pédagogique d'Halieutique (Université de Mostaganem)
Année universitaire 2024/2025*

REMERCIEMENTS

Je tiens, en premier lieu, à remercier Dieu le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience durant toute ces années.

Je tiens à remercier M. NOR EDDINE BELBACHIR, mon directeur de mémoire, qui a accepté de m'encadrer, orienter, aider et conseiller. Mes vifs remerciements vont également aux membres du jury président M. BEKADA DJAMEL EDDINE et examinatrice M^{lle} OULHIZ AICHA pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail, de me faire l'honneur de l'examiner et de l'enrichir par leurs propositions et remarques constructives.

Un grand merci aux ingénieurs du laboratoire d'halieutique, notamment M^{me} Benmahal Amina et M^{me} Imane pour leurs disponibilités et soutiens. Mes grands remerciements vont également à toute l'équipe pédagogique de la spécialité Bioressources Marines.

Merci également à tous les différentes personnes que j'ai rencontré tout au long de ma formation de master et tous ceux et celles qui de près ou de loin, m'ont apporté aide et encouragements ; qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

DEDICACE

À la mémoire de ma chère grand-mère. Qu'Allah lui accorde Sa miséricorde

À mes parents bien-aimés, mon pilier et ma source inépuisable de soutien, qui n'ont jamais cessé de m'encourager et de croire en moi. Que Dieu vous protège et vous accorde une longue vie. Ce travail est le fruit de vos sacrifices et de votre présence constante à mes côtés. Votre fierté en ce jour est pour moi la plus belle des récompenses.

SOMMAIRE

Remerciement

Dédicaces

Résumé

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction..... 1

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur la zone côtière méditerranéenne..... 3

I.1. Origine et caractéristiques de la mer Méditerranée..... 3

I.2. Les pressions anthropiques sur le littoral méditerranéen..... 6

II. Le littoral algérien..... 8

II.1 Spécificités de la biodiversité marine en Algérie..... 9

II.2. Menaces sur les écosystèmes côtiers en Algérie..... 10

III. Concepts clés en écologie côtière..... 11

III.1. Le domaine benthique..... 11

III.2. Notion d'étage..... 12

III.2.1. L'étage supralittoral..... 13

III.2.2. L'étage médiolittoral..... 15

III.2.3. L'étage infralittoral..... 16

IV.2. Définition et rôle de la macrofaune benthiques..... 17

V. Méthodes d'étude de la biodiversité côtière..... 17

Matériel et méthodes

I. Présentation de la zone d'étude..... 20

I.1. Hydrodynamisme..... 21

| | |
|--|----|
| I.2. Température..... | 21 |
| II. Description des sites d'étude et conditions d'échantillonnage..... | 22 |
| II.1. Le site de Stidia..... | 23 |
| II.2. Le site d'Ain Brahim..... | 25 |
| III. Protocole d'échantillonnage..... | 26 |
| IV. Détermination et identification des espèces..... | 28 |
| V. Paramètres analytiques..... | 29 |
| V.1. La richesse spécifique..... | 29 |
| V.2. L'abondance relative..... | 29 |
| V.3. La densité..... | 30 |
| V.4. La fréquence..... | 30 |
| V.5. L'indice de diversité de Shannon..... | 30 |
| V.6. L'indice d'équitabilité de Pielou..... | 32 |
| V.7. L'indice de dispersion de Morisita..... | 33 |
| V.8. Le recouvrement..... | 34 |

Résultats et discussion

| | |
|---|-----------|
| I. Site de Stidia..... | 35 |
| II. Site d'Ain Brahim..... | 42 |
| Conclusion..... | 48 |
| Références bibliographiques..... | 49 |

Liste des tableaux

| | |
|---|-----------|
| Tableau 1 : Seuils et classification des peuplements à partir de l'indice de Shannon H' | 32 |
| Tableau 2 : Richesse spécifique au niveau du site de Stidia. | 35 |
| Tableau 3 : Abondance relative des espèces animales au niveau du site de Stidia. | 36 |
| Tableau 4 : Indice de dispersion spatiale de Morisita des espèces animales au niveau du site de Stidia. | 41 |
| Tableau 5 : Richesse spécifique au niveau du site d'Ain Brahim. | 42 |
| Tableau 6 : Abondance relative des espèces animales au niveau du site de Stidia. | 43 |
| Tableau 7 : Indice de dispersion spatiale de Morisita des espèces animales au niveau du site d'Ain Brahim. | 47 |

Liste des figures

| | |
|--|-----------|
| Figure 1 : Carte de la mer Méditerranée. | 4 |
| Figure 2 : Biodiversité floro-faunistique en mer Méditerranée. | 6 |
| Figure 3 : Schéma présentant Les pressions anthropiques sur le littoral méditerranéen. | 8 |
| Figure 4 : Les étages du domaine benthique en Méditerranée. | 13 |
| Figure 5 : Localisation géographique de la wilaya de Mostaganem. | 21 |
| Figure 6 : Situations géographiques des sites de prélèvements. | 23 |
| Figure 7 : Site de Stidia. | 24 |
| Figure 8 : Site d'Ain Brahim. | 25 |
| Figure 9 : Quadrat (de 30 cm de chaque cotée) utilisé pour échantillonnage | 27 |
| Figure 10 : Abondance relative (en pourcentage) des espèces animales au niveau du site de Stidia. | 37 |
| Figure 11 : Fréquence d'occurrence (en pourcentage) des espèces animales au niveau du site de Stidia. | 38 |
| Figure 12 : Fréquence d'occurrence (en pourcentage) des espèces végétales au niveau du site de Stidia. | 39 |
| Figure 13 : Densité (ind/m ²) des espèces animales au niveau du site de Stidia. | 39 |
| Figure 14 : Pourcentage de recouvrement des espèces végétales au niveau du site de Stidia. | 40 |
| Figure 15 : Abondance relative (en pourcentage) des espèces animales au niveau du site d'Ain Brahim. | 43 |
| Figure 16 : Fréquence d'occurrence (en pourcentage) des espèces animales au niveau du site d'Ain Brahim. | 44 |
| Figure 17 : Fréquence d'occurrence (en pourcentage) des espèces végétales au niveau du site d'Ain Brahim. | 45 |
| Figure 18 : Densité (ind/m ²) des espèces animales au niveau du site d'Ain Brahim. | 45 |
| Figure 19 : Pourcentage de recouvrement des espèces végétales au niveau du site d'Ain Brahim. | 46 |

Résumé

La bande littorale de Mostaganem est devenue un endroit très fragile au contact des nouvelles pressions anthropiques qui s'accroissent année après année. Pendant notre travail de terrain, nous avons constaté l'effet de l'urbanisation, des déversements de déchets et autres sources de pollution sur l'harmonie et l'équilibre de milieux naturels.

Dans ce contexte, notre travail constitue une contribution à l'étude de l'inventaire de la biodiversité faunistique et floristique de la zone intertidale des substrats durs de deux sites de la zone côtière de Mostaganem, à savoir Stidia et Ain Brahim, ceci afin d'avoir un aperçu sur l'état écologique des deux sites. Pour ce faire, nous avons eu recours à la méthode du quadrat, puis quelques paramètres analytiques (richesse spécifique, densité, recouvrement, fréquence, abondance), ainsi que quelques indices écologiques (indice de Shannon, indice de Morisita) ont été calculés.

Nos résultats indiquent une richesse spécifique presque égale entre les deux sites d'étude. Les deux espèces *Littorina neritoides* et *Chthamalus stellatus* présentent de très fortes densités aux niveaux du site de Stidia (626.67 ind/m² et 224.89 ind/m² respectivement) et la distribution de l'ensemble des espèces animales est en agrégat. *Enteromorpha compressa* présente le plus important pourcentage de recouvrement au niveau des sites (26.79 % à Stidia et 23.93 % à Ain Brahim). L'indice de diversité de Shannon indique que les deux sites sont en mauvais état écologique. Ce travail contribue modestement à enrichir les connaissances sur la biodiversité côtière de Mostaganem et souligne la nécessité d'une surveillance continue pour préserver ces écosystèmes fragiles.

Mots clés : Diversité fauno-floristique, zone côtière, Stidia, Ain Brahim, Mostaganem, quadrat.

INTRODUCTION

Introduction

Le concept de diversité biologique est apparu dans la littérature relative à l'écologie au milieu des années 1980 (Ghilarov, 1996). La Convention sur la diversité biologique, signée lors de la Conférence des Nations-Unies sur l'Environnement et le Développement - sommet Planète Terre (3-4 juin 1992, Rio de Janeiro, Brésil), définit la diversité biologique comme la diversité des organismes vivants de toutes origines, incluant les écosystèmes terrestres, marins ou aquatiques, et les complexes écologiques dont ils font partie; elle s'exprime à des niveaux multiples incluant les gènes, les espèces, les phylums, les fonctions, les communautés et les écosystèmes, les paysages et les habitats (Gray, 1997). Plus encore, elle intègre l'idée de gestion saine et d'utilisation durable de ces ressources naturelles (Stork, 1994).

L'importance que représente la diversité à tous les niveaux d'organisation biologique (génétique, spécifique, au niveau des écosystèmes, etc...) est reconnue, de même que les changements conséquents qui se produisent à tous ces niveaux et les implications négatives, directes et indirectes, qu'elles engendrent pour l'humanité. En particulier, les pertes constatées au niveau des espèces sont si rapides qu'elles sont comparées aux extinctions de masse des événements paléontologiques (May, 1988). Des informations scientifiques claires sur la biodiversité sont urgentes pour aider les citoyens, les gestionnaires et les instances décisionnelles à arrêter des choix englobant mieux tous les aspects du problème.

Les écosystèmes marins côtiers jouent un rôle très important pour protéger la biodiversité et garder l'équilibre de la nature. Mais malheureusement, ils sont de plus en plus menacés par les activités humaines comme l'urbanisation, la pollution, la pêche excessive et le tourisme massif (Boudouresque *et al.*, 2009). Les côtes algériennes, et en particulier la zone côtière de Mostaganem, sont directement concernées par ces problèmes, ce qui peut engendrer de vrais menaces écologiques (Saadi *et al.*, 2012).

Dans le cadre de ce travail, nous visons à explorer certains sites côtiers de Mostaganem, plus précisément Stidia et Aïn Brahim, afin d'étudier la biodiversité faunistique et floristique qui s'y développe. Ces milieux naturels possèdent une grande variété d'espèces mais restent encore peu étudiées (notamment au niveau des deux étages médiolittorale et supralittorale), ce qui nous oblige à mieux les connaître, afin de mieux les préserver.

L'objectif de notre travail est d'avoir un aperçu sur l'état écologique de quelques sites de la zone côtière de Mostaganem à travers des observations directes sur le terrain. Ce travail vise plus précisément à établir une liste des espèces animales et végétales au niveau des deux sites étudiés et de comprendre l'organisation de ces communautés à travers quelques paramètres analytiques. Ce mémoire s'articule autour de trois grands chapitres : une synthèse bibliographique, une présentation de la méthodologie de travail, ainsi qu'une analyse des résultats accompagnée d'une discussion approfondie.

CHAPITRE 1 :
SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur la zone côtière méditerranéenne

I.1. Origine et caractéristiques de la mer Méditerranée

La mer Méditerranée, du latin Mare Mediterraneum (littéralement : "la mer au milieu des terres"), est un vestige de l'océan Téthys. Formée il y a de cela 50 à 60 millions d'années par la convergence des plaques continentales africaine et eurasienne, elle est le fruit d'une histoire géologique complexe. Avec une surface de près de 2.5 millions de km² et une profondeur moyenne de 1460 m (profondeur maximale de 5267 m en mer Ionienne), la Méditerranée représente la mer fermée, ou plutôt semi-fermée, la plus large et la plus profonde de notre planète. Elle est connectée à l'océan Atlantique via le détroit de Gibraltar, à la mer Noire par le détroit des Dardanelles puis du Bosphore et sur la mer Rouge par le canal de Suez. Le détroit de Sicile, caractérisé par la présence d'un haut-fond (environ 460 m de profondeur) issu du prolongement du plateau continental tunisien, sépare le bassin en 2 entités relativement distinctes d'un point de vue hydrodynamique et biologique, les bassins occidental (≈ 0.85 million de km²) et oriental (≈ 1.65 millions de km²). Le plateau continental méditerranéen se caractérise quant à lui par son étroitesse. Il ne représente que 20 % seulement de la surface totale du bassin, le reste appartenant à la haute mer (Fig. 1) (Moullec, 2019).

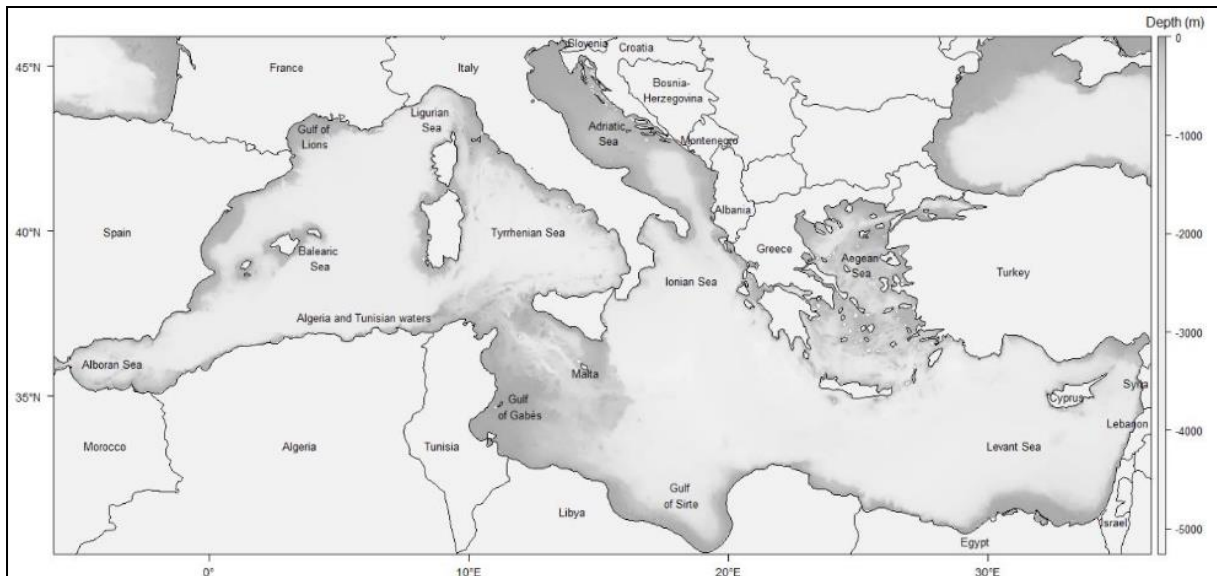


Figure 1 : Carte de la mer Méditerranée (Moullec, 2019).

Les températures de surface varient selon les saisons : entre 21 et 30 °C en été, et entre 10 et 15 °C en hiver, augmentant légèrement vers l'Est. De 100 à 200 m de profondeur, la température demeure stable autour de 13 °C. La salinité moyenne de la mer Méditerranée est d'environ 38‰, avec une variation possible d'environ $\pm 1\%$. Le climat méditerranéen se caractérise par des étés chauds et secs, des automnes et des printemps plutôt pluvieux, et des hivers généralement doux. Les températures moyennes dépassent les 20 °C entre avril et octobre, avec des pics pouvant atteindre 40 °C en été. En hiver, elles restent généralement au-dessus de 10 °C (Millot & Taupier Letage, 2005). Les conditions physico-chimiques de la mer Méditerranée sont à l'origine de la distribution et de la variabilité temporelle des processus biogéochimiques, l'enrichissement planctonique en surface dépendant principalement des apports extérieurs (bassin versant) et de la stimulation des processus liés à la formation et à la mise en mouvement des masses d'eaux de sub-surface. La disponibilité en sels nutritifs est globalement faible en Méditerranée, ce qui lui confère le statut de mer oligotrophe, caractérisé

par un gradient décroissant de production primaire (inverse au gradient de température et de salinité) allant du nord-ouest au sud-est (Bosc *et al.*, 2004). Toutefois, des exceptions existent le long des côtes où des efflorescences massives de phyto et zooplancton, premiers maillons des réseaux trophiques, peuvent survenir au printemps. Ces exceptions sont principalement dues au déversement de grands fleuves (e.g. le Rhône, le Po, l'Elbre ou encore le Nil) et à des dynamiques physiques complexes (fronts, gyres, convections hivernales par exemple) (Siokou-Frangou *et al.*, 2010 ; Moullec, 2019).

Malgré son statut oligotrophe, la mer Méditerranée est un point chaud de la biodiversité marine mondiale (Coll *et al.*, 2010; Costello *et al.*, 2010; Myers *et al.*, 2000). Considérée comme un haut lieu d'endémisme, son histoire géologique tourmentée, associée à une importante diversité climatique et hydrologique a conduit à la coexistence d'espèces issues de milieux tempérés et subtropicaux (Lejeusne *et al.*, 2010). Cet océan miniature abrite plus de 17 000 espèces marines (650 sont des espèces de poisson dont 200 sont d'intérêt commercial) et contribue de l'ordre de 7 % à la biodiversité mondiale, ce qui est considérable sachant que la Méditerranée ne représente que 0.82 % en surface et 0.3 % en volume de l'océan mondiale (Coll *et al.*, 2010; de la Hoz *et al.*, 2018). C'est un monde vivant incroyablement varié, où l'on retrouve des poissons, des crustacés, des mollusques, des méduses, des éponges, des échinodermes, mais aussi une grande diversité d'algues et de plantes marines (Fig. 2). Le taux d'endémisme avoisine quant à lui les 25 % (Bianchi and Morri, 2000; Coll *et al.*, 2010). 67 % des espèces connues sont recensées dans l'ouest de la Méditerranée, 38 % en mer Adriatique, 35 % en Méditerranée centrale, 44 % en mer Égée et 28 % au cœur du bassin Levantin (Moullec, 2019). Cette grande diversité montre à quel point l'écosystème méditerranéen est à la fois complexe et riche, avec des plantes et des animaux qui cohabitent dans un équilibre à la fois précieux et fragile (Coudre, 2002).

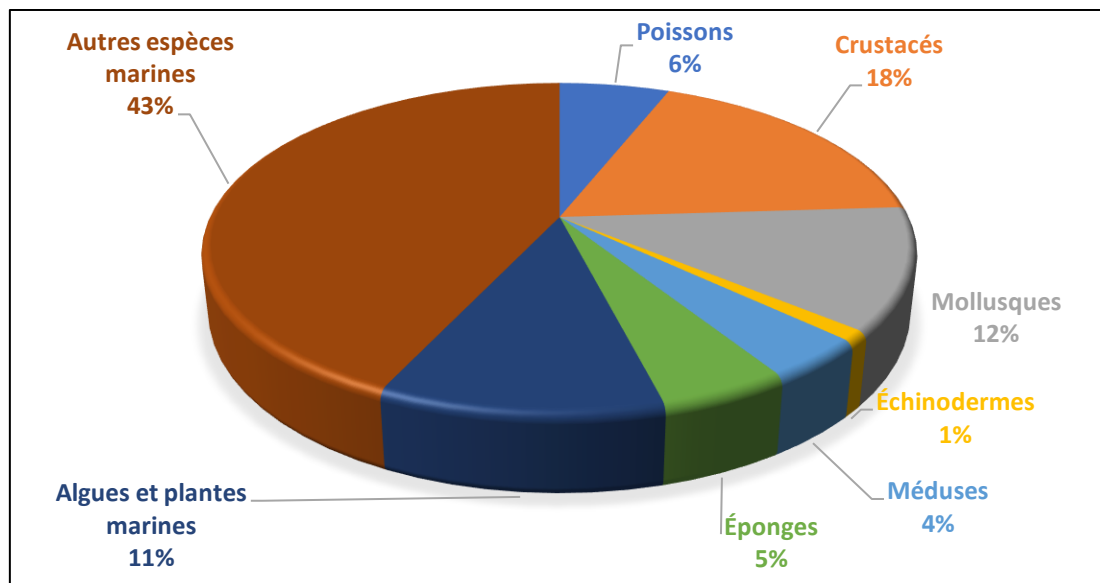


Figure 2 : Biodiversité floro-faunistique en mer Méditerranée (Coudre, 2002).

I.2. Les pressions anthropiques sur le littoral méditerranéen

Le littoral méditerranéen subit chaque jour davantage les impacts des activités humaines, mettant gravement en danger l'équilibre fragile de ses écosystèmes. Aujourd'hui, près de 450 millions de personnes vivent dans cette région, et avec des projections dépassant les 600 millions d'habitants d'ici 2050, la pression sur les zones côtières ne fait que s'intensifier. Cette forte croissance démographique entraîne l'extension rapide des villes, la modification artificielle des rivages et une surexploitation des ressources naturelles. Parmi ces pratiques, l'extraction du sable marin joue un rôle important dans l'aggravation de l'érosion des plages ; la pêche intensive représente aussi une menace constante, car elle épuise les stocks de poissons et perturbe l'équilibre fragile des écosystèmes marins. Parallèlement, le réchauffement progressif des eaux de mer favorise la prolifération d'espèces exotiques

envahissantes, qui viennent perturber l'équilibre des communautés locales. Les nuisances sonores et lumineuses causées par les activités humaines perturbent également le comportement de nombreuses espèces vivant près des côtes (Youmatter, 2020).

Le littoral fait face à plusieurs pressions résultant des activités humaines (Fig. 3). Parmi elles, le tourisme occupe une place importante. Chaque année, notamment durant la saison estivale, un grand nombre de personnes se rendent massivement vers les plages et les stations balnéaires. Quand les visiteurs affluent en grand nombre, ces milieux naturels commencent doucement à perdre leur équilibre. On voit les déchets s'accumuler petit à petit, presque sans qu'on s'en rende compte, fragilisant encore davantage ces espaces côtiers déjà si sensibles. En plus de la pression touristique, les activités industrielles et urbaines laissent aussi leur empreinte sur les eaux côtières. Il arrive malheureusement que des eaux usées soient déversées directement, sans le moindre traitement sérieux, ce qui accélère la détérioration des habitats marins et laisse ces milieux de plus en plus vulnérables face à ces agressions répétées (Plan Bleu, 2010). D'un autre côté, on ne peut ignorer l'impact de l'urbanisation galopante qui, peu à peu, redessine les paysages côtiers. Ces changements rapides viennent peu à peu fragmenter les écosystèmes naturels, coupant leur continuité et les laissant de plus en plus exposés et fragiles face aux multiples pressions exercées par l'activité humaine. Ce n'est pas seulement la pression sur les terres qui pose problème, les aménagements et les infrastructures en bord de mer apportent aussi leur lot de nuisances, souvent sous-estimées, qui finissent par rendre ces milieux encore plus vulnérables (OHM Littoral Méditerranéen, 2020).

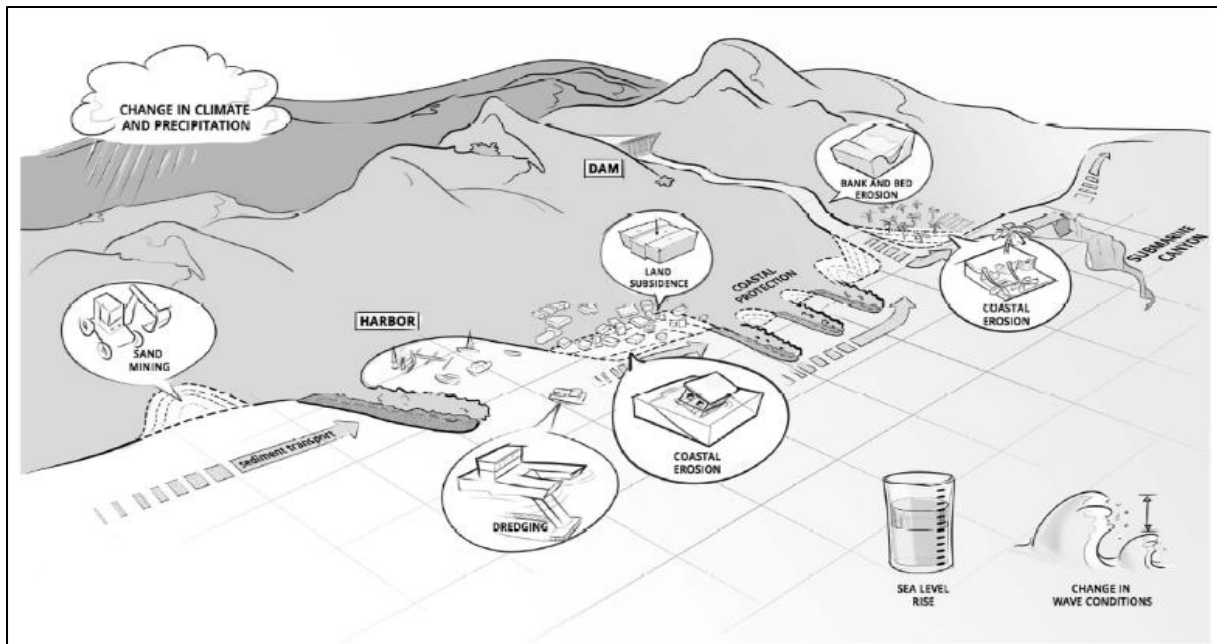


Figure 3: Schéma présentant Les pressions anthropiques sur le littoral méditerranéen

II. Le littoral algérien

Avec ses côtes qui s'étirent sur plus de 1 622 kilomètres, le littoral algérien représente l'une des plus grandes richesses naturelles du pays, à la fois précieuse et fragile, ouverte sur la mer Méditerranée, cette façade maritime dévoile une incroyable variété de paysages côtiers : plages de sable fin, falaises escarpées, baies tranquilles, estuaires et zones humides qui rythment le littoral avec une grande richesse. Cette diversité de paysages offre des conditions idéales à l'épanouissement de nombreuses espèces animales et végétales, participant activement à la richesse écologique de la région. Le littoral algérien ne se limite pas à sa richesse écologique ; il constitue aussi un espace vital, étroitement lié aux dynamiques socio-économiques du pays ; la pêche, le commerce maritime et le tourisme côtier comptent parmi les activités prédominantes du littoral, participant activement au dynamisme socio-

économique des régions côtières. Ces secteurs constituent une source directe de revenus pour de nombreuses familles, qui en dépendent pour subvenir à leurs besoins quotidiens et construire leur avenir. Pour ces communautés, le littoral constitue bien plus qu'un simple espace géographique : il est au cœur de leur mode de vie et de leur équilibre socio-économique. Ces espaces, bien qu'ils soient d'une grande valeur, subissent aujourd'hui une pression humaine de plus en plus forte. Progressivement, l'équilibre fragile de ces milieux tend à se dégrader sous l'effet d'une exploitation souvent excessive. Cette situation met en évidence l'importance de repenser les modes de gestion actuels de ces espaces. Il devient aujourd'hui essentiel de privilégier des approches plus durables et plus responsables, afin de protéger ces milieux, d'assurer leur préservation à long terme et de maintenir les fonctions écologiques qu'ils remplissent (Bouzegag *et al.*, 2021).

II.1 Spécificités de la biodiversité marine en Algérie

La côte algérienne se distingue comme l'une des régions les plus riches en biodiversité du bassin méditerranéen. Cette richesse biologique s'explique principalement par la grande diversité des habitats marins qui la composent, tels que les plages sableuses, les zones rocheuses, les herbiers de posidonie ainsi que les fonds meubles (Kadi *et al.*, 2019). Ces milieux diversifiés accueillent une riche faune et flore, comprenant des espèces endémiques, rares et parfois menacées. Les recherches menées sur la faune marine algérienne ont permis de recenser plusieurs milliers d'espèces, réparties principalement entre les poissons, les crustacés, les mollusques, les algues et les échinodermes. Cependant, de vastes portions du littoral algérien restent encore insuffisamment explorées, ce qui suggère que la biodiversité réelle pourrait être largement sous-estimée par rapport aux connaissances actuelles (Benamer *et al.*, 2017). La richesse spécifique de la côte algérienne en fait un véritable 'hotspot' de

biodiversité en Méditerranée, apportant une contribution essentielle à la diversité globale de ce bassin.

Parmi les traits caractéristiques de la biodiversité marine algérienne, on note une prédominance des algues brunes et vertes sur certaines portions du littoral, en particulier dans les zones semi-abritées. De plus, les milieux intertidaux se caractérisent par une forte présence de mollusques, notamment des gastéropodes et des bivalves. La configuration semi-fermée de la mer Méditerranée, associée aux courants marins locaux, joue un rôle déterminant dans la répartition des espèces le long du littoral algérien. Certaines espèces à affinité atlantique trouvent refuge dans l'ouest du pays, tandis que d'autres, à caractère plus oriental, sont présentes dans les zones plus chaudes de l'est (Boumehti *et al.*, 2017). Cette dynamique engendre une véritable mosaïque écologique, offrant un cadre particulièrement intéressant pour les études de biogéographie marine.

II.2. Menaces sur les écosystèmes côtiers en Algérie

Comme l'ensemble du bassin méditerranéen, les écosystèmes côtiers algériens subissent de nombreuses menaces d'origines anthropiques qui affectent l'équilibre écologique et la diversité biologique. L'une des principales menaces à ces environnements est la pollution due aux décharges urbaines, industrielles et agricoles, souvent jetées dans l'eau de mer sans traitement approprié (Benamer *et al.*, 2018). Ces polluants sont riches en matière organique, en métaux lourds et en produits chimiques, qui favorisent l'eutrophisation. En outre, l'expansion rapide des régions côtières urbaines et le développement intensif des plages pour les activités touristiques contribuent à la dégradation des habitats naturels (les herbiers marins et les zones rocheuses intertidales) (Boumehti *et al.*, 2017).

Les activités de pêche non réglementées posent aussi un gros problème. La surpêche affecte sérieusement les populations de certaines espèces marines et perturbe l'équilibre des communautés au fond de l'eau (Oulhaci, 2019). En plus, l'arrivée d'espèces envahissantes, souvent transportées par les eaux de ballast des bateaux, menace la biodiversité locale, surtout près des ports et dans les baies. D'autre part, les effets du changement climatique se font sentir le long des côtes algériennes. La montée du niveau de la mer, l'acidification des océans et les variations de la température de l'eau changent la répartition des espèces et mettent en danger la santé des écosystèmes côtiers (Saidi *et al.*, 2020). Avec toutes ces menaces, il est crucial de protéger les écosystèmes côtiers algériens. Cela demande une gestion intégrée du littoral et une sensibilisation collective à l'importance de la biodiversité marine.

III. Concepts clés en écologie côtière

III.1. Le domaine benthique

Le domaine benthique représente la surface solide constituant le fond de la mer, par opposition à la colonne d'eau (i.e. le domaine pélagique). Il englobe les fonds rocheux comme les fonds meubles de toutes natures. La diversité de la nature et de l'origine des substrats, leurs profondeurs, ainsi que la variabilité de l'hydrodynamisme contribuent à la diversité des habitats marins (Raffin, 2003). En plus de la séparation de base entre le milieu intertidal (zone de balancement des marées) et le milieu subtidal (zone marine toujours immergée), la zone marine côtière est classiquement segmentée en plusieurs étages, selon le concept d'étagement en mer à marées (Picard, 1965 ; Pérès, 1967 ; Glémarec, 1994).

III.2. Notion d'étage

Espace vertical du domaine benthique marin où les conditions écologiques, fonctions de la situation par rapport au niveau de la mer, sont sensiblement constantes ou varient régulièrement entre les deux niveaux critiques marquant les limites de l'étage. Ces étages ont chacun des peuplements caractéristiques et leurs limites sont révélées par un changement de ces peuplements au voisinage des niveaux critiques marquant les conditions limites des étages considérés (CIESM, 1957). Les étages (et les sous-étages) sont d'abord définis par leur faune et leur flore, et leurs limites par de profonds changements de cette faune et de cette flore (Peres et Picard, 1964; Ros *et al.*, 1985). Ce n'est qu'une fois ces limites biologiques mises en évidence que l'on cherche à déterminer quels sont les paramètres physico-chimiques susceptibles d'expliquer cette zonation (humectation, embruns, vagues, marée, lumière, etc.) (Boudouresque, 2005).

L'étagement des biocénoses s'appuie sur différents facteurs, le principal étant le gradient de pénétration de la lumière, qui permet de distinguer les systèmes phytal et aphytal. La profondeur limite de pénétration de la lumière dépend de la turbidité des eaux. Ainsi, le système phytal (ou végétalisé) atteint des profondeurs maximales en Corse (35m), où les eaux sont particulièrement claires. Les différents étages atteignent donc des profondeurs variables selon les régions (Kantin *et al.*, 2006).

Selon Collignon (1991), il existe deux paramètres fondamentaux qui déterminent la zonation sur le littoral: il s'agit de l'humectation et de l'éclairement. Ces étages sont représentés selon le schéma théorique (Figure 4). Par ailleurs, les caractéristiques géologiques déterminent fondamentalement l'existence et la structure des substrats durs suivant que ceux-ci seront durs et compacts, friables ou tendres. L'action des vagues et des organismes modèlera un tracé général puis des microstructures dans lesquelles les autres facteurs ambiants tels que

l'humectation pour les niveaux superficiels, la lumière ou l'hydrodynamisme pour les niveaux infralittoraux conjugueront pour créer de multiples micro-milieus aux caractéristiques souvent très tranchées (Bellan-Santini, 2005).

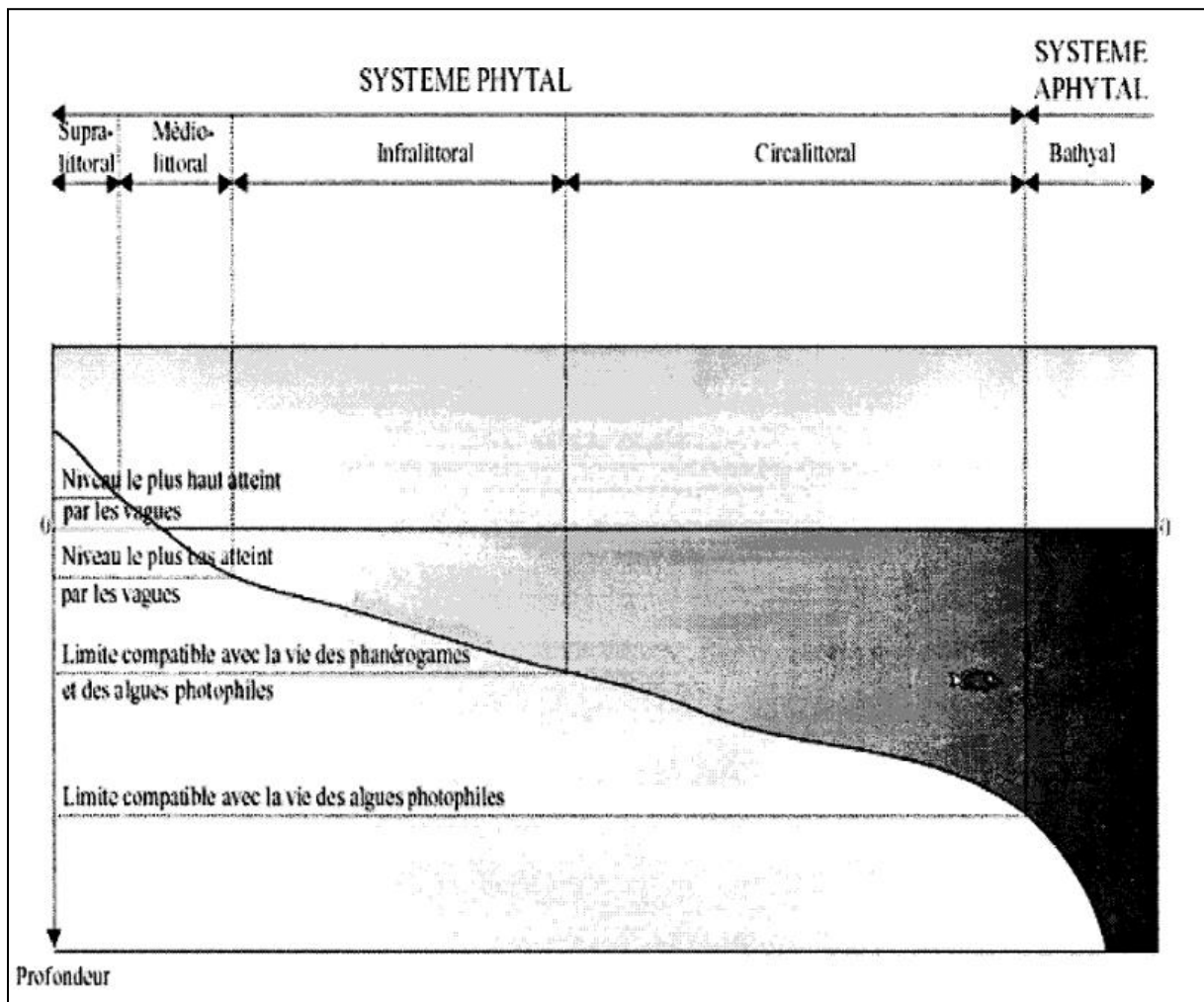


Figure 4 : Les étages du domaine benthique en Méditerranée (Bellan-Santini *et al.*, 1994).

Dans ce qui suit, nous allons aborder uniquement les étages qui nous intéressent le plus dans notre travail.

III.2.1. L'étage supralittoral

C'est l'étage où se localisent les organismes liés au milieu marin mais qui exigent ou supportent une émergence continue. Exceptionnellement, par très grandes marées dans les mers à marées ou à l'occasion de coups de vent ou d'oscillations a périodiques exceptionnelles dans les mers sans marées, une partie de cet étage peut subir une immersion temporaire courte en tous cas jamais cyclique. C'est, en somme un étage d'humectation par l'eau de mer, et qui ne subit de véritable immersion qu'exceptionnellement: par exemple, pour les mers à fortes marées, au moment de pleine mer correspondant aux équinoxes. A ces immersions très temporaires mais régulières, se substituent, pour des mers à marées faibles comme la Méditerranée, des immersions très irrégulières dues à l'intervention des houles soulevées par les coups de vents (et donc plus fréquents à la mauvaise saison) (Peres et Picard, 1964).

On y rencontre de nombreux organismes aériens adaptés à l'ambiance marine (Collignon, 1991). Cette étage assure le passage entre le milieu terrestre et le milieu marin ; les organismes marins qui y vivent doivent supporter des variations importantes de température et de salinité et résister à la dessiccation (Raffin, 2003). Sur les côtes rocheuses cet étage est recouvert par une végétation dont les éléments les plus caractéristiques sont des Lichens noirâtres du genre *Verrucaria*. La faune comprend des espèces capables de résister à des émergences prolongées comme des Gastéropodes (Littorines) et des Isopodes (*Lygia*). Sur les plages des côtes sableuses les Crustacés Amphipodes (*Talitrus*, *Orchestia*) sont abondantes et cohabitent avec de nombreux insectes, en particulier des Coléoptères Carabidés et ténébrionidés et des Diptères (Dajoz, 2006).

III.2.2. L'étage médiolittoral

Dans les mers à marées importantes et sur les substrats rocheux cet étage est recouvert par des bandes horizontales et superposées d'algues brunes qui constituent des ceintures bien visibles en mode calme lorsque l'agitation de l'eau n'est pas trop grande. En mode battu l'importance des algues est moindre (Boudouresque, 2005). L'étage médiolittoral est caractérisé par des peuplements qui supportent ou exigent des émergences quelque peu prolongées en tant que phénomène normal, sans supporter d'immersion continue ou presque continue. L'étage médiolittoral peut-être considéré comme renfermant une partie des peuplements intertidaux, et plus précisément, de ceux des peuplements de l'espace intertidal qui en sont en quelques sorte spécifiques, parce que leur niveau est tel qu'ils sont les plus régulièrement soumis aux alternances d'émergence et d'immersion. Dans les mers à très faibles marées (la presque totalité de la méditerranée par exemple) l'étage médiolittoral est limité vers le haut par le niveau le plus élevé des immersions (du fait des vagues ou des variations de niveau de la mer calme) et vers le bas par le niveau inférieur des émergences normales (Peres et Picard, 1964).

Les limites de l'étage médiolittoral sont assez difficiles à retrouver en Méditerranée où les fluctuations du niveau de la mer sont limitées aux mouvements des vagues et aux variations liées aux vents et à la pression atmosphérique. Le médiolittoral dont le facteur dominant est l'humectation pose sur le substrat meuble, un problème incontestable, du fait de l'importance de l'eau d'imbibition, qui varie en fonction des différentes textures du sédiment. On distingue suivant la granulométrie du sédiment trois biocénoses dont l'amplitude altitudinale peut varier notablement (Bellan-Santini, 2005). Les organismes présents doivent supporter des variations journalières et saisonnières de lumière, de température et de salinité (Raffin, 2003).

III.2.3. L'étage infralittoral

Dans cet étage se localisent des organismes qui exigent une immersion continue et un éclairage intense. Sur substrat rocheux on rencontre des algues brunes comme les laminaires qui remplacent les *Fucus* disparus. La limite inférieure de cet étage correspond à la disparition des herbiers de phanérogames telles que la Posidonie (Dajoz, 2006).

La limite entre le Médiolittoral inférieur et l'Infralittoral constitue le zéro biologique. En principe, l'Infralittoral n'est jamais découvert par la marée basse. Toutefois, lors des marées basses de vive-eau, ou lors des très basses mers barométriques liées à des conditions anticycloniques stables, la partie la plus superficielle (sur 10 à 60 cm de hauteur) de l'Infralittoral peut émerger brièvement; si le phénomène se prolonge, il provoque la mort de la plupart des organismes qui y sont présents (Ballesteros, 1989).

Cet étage est soumis à des fluctuations périodiques de la lumière et de la température. Celle-ci varie au cours de la journée, en fonction du rythme des marées et au cours des saisons. Les fluctuations journalières peuvent atteindre quelques degrés et la fluctuation saisonnière dépasse 10°C (Raffin, 2003).

En plus de cette subdivision verticale de la zone côtière, il existe des subdivisions horizontales qui reposent sur l'hydrodynamisme, avec trois subdivisions, appelées "modes". Ceux-ci rendent donc compte à la fois de l'action directe des courants (houle, marée), de leur influence sur la nature du substrat, de leur rôle dans le transport des particules et de leur action thermodynamique (Raffin, 2003).

Ainsi, des zones de mode battu, semi-abrité ou abrité sont distinguées selon l'exposition aux courants, à la houle et aux vents dominants. La force des vagues conditionne l'installation et la répartition des espèces, au moins de l'étage supralittoral à l'étage infralittoral. Son action est

directe en zone rocheuse et reste importante dans les zones sédimentaires. En effet, la houle et les courants de marée ont un rôle primordial dans le transport et le dépôt des particules ; leur action va alors déterminer la nature même du substrat en place (Raffin, 2003).

IV.2. Définition et rôle de la macrofaune benthiques

La macrofaune benthique désigne l'ensemble des organismes marins visibles à l'œil nu, généralement de taille supérieure à 0,5 mm, tels que les mollusques, les crustacés et les polychètes. Ces organismes jouent un rôle fondamental dans l'équilibre des écosystèmes côtiers. En fait, la macrofaune est activement impliquée dans la décomposition de la matière organique, favorisant ainsi le recyclage des nutriments essentiels à la croissance des producteurs primaires, tels que les algues et le phytoplancton. Elle contribue également à la bioturbation ou aux sommes sédimentaires, ce qui améliore la ventilation et l'amélioration de la qualité des fonds marins. En outre, la macrofaune est une ressource alimentaire clé dans plusieurs écosystèmes et joue ainsi un rôle central dans le maintien du réseau trophique côtier (Dumas, 2017). Certaines espèces benthiques servent également de Bioindicateurs, ce qui peut révéler l'état de santé de l'environnement marin et les effets des troubles environnementaux.

V. Méthodes d'étude de la biodiversité côtière

Les zones côtières se caractérisent par une grande vulnérabilité aux perturbations environnementales, telles que les altérations climatiques, les différentes formes de pollution, la détérioration des habitats naturels ou encore l'exploitation intensive des ressources marines. Pour évaluer l'ampleur de ces impacts, les chercheurs ont recours à des techniques de suivi traditionnelles, toujours largement utilisées en raison de leur fiabilité, de leur simplicité de mise en œuvre et de leur pertinence dans le cadre des investigations écologiques

contemporaines. Parmi les techniques couramment employées, l'échantillonnage par quadrats consiste à délimiter des surfaces de dimensions fixes (par exemple 50×50 cm ou 1×1 m), servant de cadre pour l'observation et l'analyse des organismes présents, ce qui permet de recenser les espèces rencontrées et d'estimer leur taux de recouvrement ou leur densité. Cette méthode s'avère particulièrement efficace pour étudier la diversité biologique sur des substrats rocheux ou sablo-vaseux, où la distribution des organismes est souvent hétérogène (English *et al.*, 1997).

Les transects linéaires constituent une technique largement répandues en écologie ; elle consiste à tracer une ligne sur une distance précise, le long de laquelle on recense les différentes espèces ainsi que les éléments caractéristiques de l'environnement. Cette technique permet de suivre l'évolution des communautés en fonction des variations des conditions écologiques le long d'un gradient donné (English *et al.*, 1997). Par ailleurs, le dragage et l'usage de filets benthiques (tel que les chaluts) visent de récolter les organismes présents dans les fonds meubles ; ce qui permet de caractériser la composition faunistique benthique d'une station donnée. Les pièges passifs, comme les nasses, permettent à leurs tour de capturer des espèces mobiles qui y entrent naturellement; cette méthode simple aide à identifier les espèces présentes et à estimer leur abondance (Simboura et Zenetos, 2002). L'analyse du macro-benthos constitue une méthode précieuse, car ces organismes ont une faible mobilité et des stades larvaires sensibles, ce qui les rend particulièrement vulnérables aux perturbations ; la composition particulière de ces organismes est fréquemment exploitée comme indicateur biologique pour évaluer la qualité écologique d'un milieu donné (Grémare, 2007).

D'autre part, la mesure des paramètres physico-chimiques simples tels que la température de l'eau, la salinité, la turbidité ou le pH est toujours utile. Ces paramètres donnent des informations importantes sur la situation actuelle de l'écosystème et son évolution. Elles

permettent aussi de mieux suivre les changements qui pourraient perturber cet équilibre fragile (Borja *et al.*, 2000).

CHAPITRE 2 :
MATERIEL ET METHODES

I. Présentation de la zone d'étude

Mostaganem est une wilaya côtière située au nord-ouest du pays, connue pour ses paysages variés entre plages, forêts et plaines agricoles. La région se distingue par son riche patrimoine culturel, influencé par plusieurs civilisations qui y ont laissé leurs empreintes au fil du temps. Elle bénéficie également d'une position géographique avantageuse, avec un accès direct à la mer Méditerranée et une proximité avec des pôles économiques stratégiques du pays. La zone présente un relief structuré autour de deux principales formations : les Monts de Dahra et le Plateau de Mostaganem. Le climat qui y règne est de type semi-aride, marqué par des hivers doux. Les précipitations annuelles oscillent entre 350 et 400 mm. La température moyenne annuelle s'établit autour de 17,9 °C, avec de faibles variations thermiques au cours de l'année. La région bénéficie également d'une alternance régulière entre les brises marines et terrestres (Bouzegag, 2020). La ville de Mostaganem s'étend au bord du golfe d'Arzew (Fig. 5), à une distance approximative de 320 kilomètres de la capitale Alger, et se trouve à environ 70 kilomètres de la ville d'Oran. Ses coordonnées géographiques sont proches de 35°55'57" de latitude nord et 0°05'21" de longitude ; ce positionnement offre à la région un accès direct à la mer Méditerranée, ce qui lui confère une ouverture maritime importante (Boussaa *et al.*, 2016).

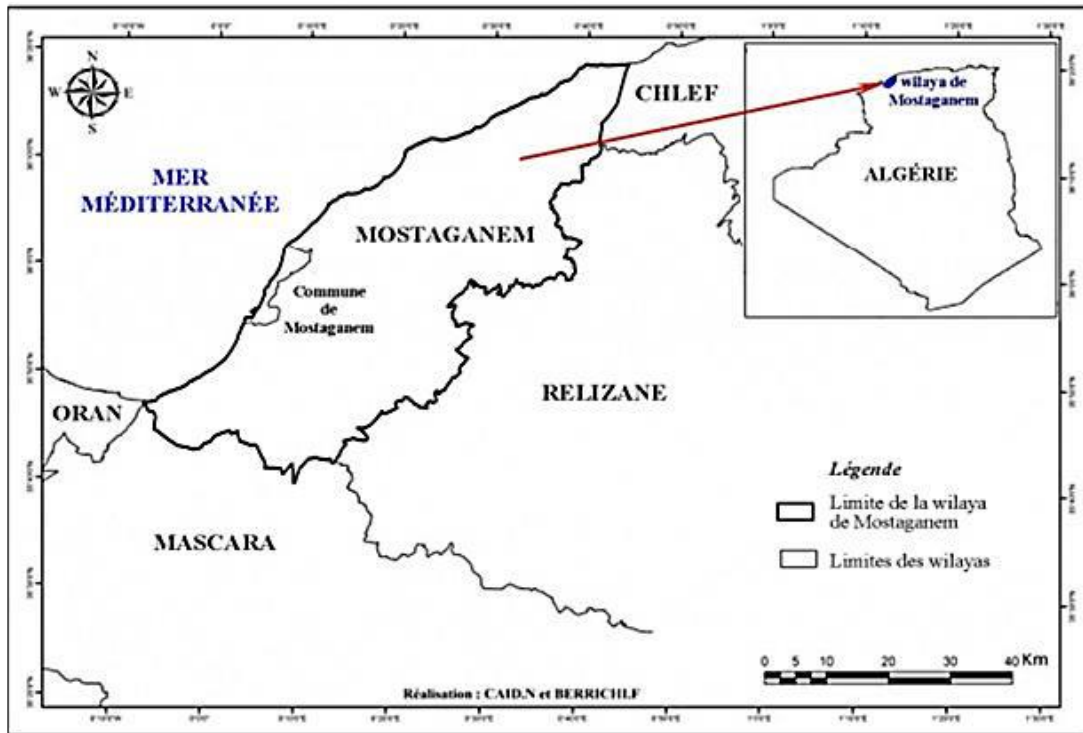


Figure 5 : Localisation géographique de la wilaya de Mostaganem (Baalache et Ahmed Benklaouz, 2023).

I.1. Hydrodynamisme

Le courant dominant au large de la région côtière de Mostaganem est d'origine atlantique. Ce courant d'une épaisseur moyenne de 200Km, pénètre par le d'étréit de Gibraltar et coule au niveau des cotes algériennes ou il prend le nom de courant algérien. La veine de courant devient instable, formant des tourbillons cycloniques de 100Km de diamètre associés à des remontées importantes d'eau profondes, ce qui rend ces zones très productives (Millot, 1987b).

I.2. Température

Lalami-Taleb (1970), montrent que les couches superficielles sont directement influençables par les températures externes en raison des échanges thermiques entre le milieu interne et l'air

ambiant, leur température varient entre 21° C et 27° C en moyenne. Les maxima de températures se situent en été (mois d'Aout) et se prolongent jusqu'au mois d'Octobre ; alors que les températures minimales se situent aux mois de février-mars. En profondeur, les températures sont plus basses et relativement stables, fluctuants ente 13° C et 14° C en toute saison.

II. Description des sites d'étude et conditions d'échantillonnage

La bande côtière de Mostaganem se distingue par une grande diversité de milieux naturels. On y retrouve des plages sableuses étendues, des zones rocheuses, ainsi que des espaces humides qui favorisent l'installation de nombreuses espèces animales et végétales. Cette région joue également un rôle important sur le plan économique grâce à la pêche, au commerce maritime et au développement touristique de ses stations balnéaires (Benhalima et Boussaid, 2022). Ces atouts environnementaux et socio-économiques font de la côte de Mostaganem une zone d'intérêt privilégiée pour l'étude de la biodiversité fauno-floristique. Par ailleurs, dans le cadre de ce mémoire, nous avons sélectionné deux sites distincts situés dans la zone côtière de Mostaganem : Stidia et Aïn Brahim (Fig. 6).



Figure 6 : Situations géographiques des sites de prélèvements.

II.1. Le site de Stidia

Le site de Stidia (Fig. 6), situé à environ 15 km à l'ouest de Mostaganem (coordonnées : 35°49'N, 0°01'O), se distingue par la présence d'un petit abri de pêche et d'une station balnéaire adjacente, elle-même proche d'une zone à vocation agricole, contribuant à un apport continu en matière terrigène et en rejets urbains. Le site de Stidia présente une zone à caractère rocheux interrompue par quelques criques, parfois sableuses (Fig. 7). Ce site est situé au pied d'une falaise d'une hauteur d'environ 30 m et une pente de 80 % ; les quelques plages sableuses, qui y existent ont un linéaire côtier assez réduit et une largeur qui ne dépasse pas une quinzaine de mètre. Stidia est également connue pour ces herbiers à *Posidonia oceanica*, ce qui reflète un écosystème marin riche et structuré (Belbachir, 2012).



Figure 7 : Site de Stidia.

La sortie pour le travail de terrain a eu lieu le 03 Mai 2025. Durant cette journée, les conditions météorologiques étaient favorables : la température variait entre 16 °C le matin et 20 °C dans l'après-midi, le ciel était globalement dégagé avec quelques passages nuageux et le vent soufflait de l'est avec une vitesse d'environ 12 km/h. La mer était calme à légèrement agitée avec des vagues atteignant 0,5 mètre de hauteur et une température de l'eau avoisinant 16 °C. Les courants étaient faibles facilitant les prélèvements.

II.2. Le site d'Ain Brahim

Le site d'Aïn Brahim se trouve au nord de la commune de Sidi Lakhdar, le long du littoral de Mostaganem (Fig. 6). Ce site est situé à une distance d'environ 6 km du centre de Sidi Lakhdar, aux alentours des coordonnées $36^{\circ}12'58''$ N et $0^{\circ}26'49''$ E, avec une altitude proche de 58 mètres (OpenStreetMap, 2025). La zone côtière d'Ain Brahim présente une alternance de rivages sableux et de formations rocheuses éparses, offrant un paysage naturel varié (Fig. 8). À proximité immédiate, on retrouve également des espaces boisés qui assurent une liaison écologique entre la mer et la forêt. Le site d'Ain Brahim est caractérisé par des modes hydrodynamiques agités parfois calmes avec couverture algale riche (Bachir Bouiadjra, 2012).



Figure 8 : Site d'Ain Brahim.

Les échantillonnages ont été effectués le 09 Mai 2025. Ce jour-là, la température oscillait entre 17 °C et 21 °C sous un ciel partiellement nuageux avec des périodes ensoleillées. Le vent soufflait du sud-est à une vitesse comprise entre 10 et 15 km/h. La mer était relativement calme avec des vagues atteignant environ 0,6 mètre de hauteur. La température de l'eau était de 16 °C et les courants restaient faibles. Il est à noter que la présence importante de rochers et la petite taille de la plage ont rendu les déplacements quelque peu compliqués.

III. Protocole d'échantillonnage

Pour l'étude de la diversité fauno-floristique des sites côtiers de Stidia et Aïn Brahim, nous avons eu recours à la méthode du quadrat, une technique largement utilisée pour l'analyse écologique des communautés benthiques (Bellan-Santini *et al.*, 1994). Le quadrat que nous avons employé est de forme carrée, mesurant 30 cm x 30 cm (Fig. 9), offrant une surface d'échantillonnage standardisée et adaptée aux observations en milieu intertidal. Le quadrat est divisé en un quadrillage de 5 cm de côté carreau (36 carreaux au total) (Fig. 9), permettant d'effectuer un comptage du nombre de carreaux occupés par les différentes espèces animales et végétales.



Figure 9 : Quadrat (de 30 cm de chaque cotée) utilisé pour échantillonnage.

Les quadrats ont été jetés de manière aléatoire le long de la zone intertidale pour garantir une couverture représentative des différents micro-habitats et une représentativité optimale de la biodiversité présente (Smith *et al.*, 1996). Un total de 25 quadrats a été utilisé pour chaque site d'étude. Au sein de chaque quadrat, toutes les espèces observées ont été inventoriées et comptées. L'utilisation de cette méthode aléatoire et directe permet une évaluation fiable de la structure et de la composition des peuplements présents dans la zone intertidale (Bellan-Santini *et al.*, 1994).

Pour collecter les données nécessaires, nous avons appliqué une prospection directe sur le terrain, en observant attentivement les espèces présentes à l'œil nu. Cependant, afin d'assurer une identification plus précise, certains spécimens ont été soigneusement prélevés et transportés au laboratoire universitaire, où ils ont été examinés sous microscope (ou

binoculaire) pour confirmer leur appartenance taxonomique, surtout lorsqu'il s'agissait de petites espèces difficilement identifiables sur place.

Les prélèvements ont été effectués de manière ponctuelle dans des zones rocheuses facilement accessibles. Le choix de cette méthode nous a permis de recueillir des informations fiables et représentatives des espèces rencontrées dans leur milieu naturel, en tenant compte de la variabilité des micro-habitats. Ce type de démarche reste essentiel lorsqu'on cherche à décrire des peuplements benthiques dans leur état réel, car il s'appuie sur des observations directes et sur des échantillons authentiques prélevés *In situ* (Oulhiz, 2012).

Les échantillonnages ont été concentrés au niveau de la zone intertidale. Cette zone est caractérisée par une alternance régulière entre immersion et exposition, créant des conditions environnementales dynamiques, souvent marquées par des variations de température, de salinité et d'humidité (Levin *et al.*, 2001). La zone intertidale se distingue par une forte pression écologique liée aux mouvements des marées et à l'action des vagues, ce qui influence la répartition des espèces et leur capacité d'adaptation. On y rencontre des organismes spécialement adaptés à ces conditions fluctuantes, capables de tolérer des périodes d'exposition à l'air et des phases d'immersion prolongée (Chapman, 1998 ; Barnes et Hughes, 1999).

IV. Détermination et identification des espèces

La détermination des espèces observées dans les sites étudiés a été une étape essentielle pour évaluer la biodiversité locale. Les espèces animales et végétales trouvées dans les quadrats ont été identifiées directement sur le terrain lorsque cela était possible. Dans les cas plus complexes, des spécimens ont été prélevés pour une identification plus précise en laboratoire.

L'identification s'est basée sur plusieurs critères :

- ✓ **Observation morphologique** : Taille, forme et couleur (Pérès & Picard, 1964).
- ✓ **Utilisation de clés de détermination** : clés d'identifications adaptées à la faune et la flore marines méditerranéennes (Bellan-Santini *et al.*, 1994).
- ✓ **Consultation de guides illustrés** : Comparaison avec des ouvrages de référence comme le *Handbook of the Marine Fauna of North-West Europe* (Hayward et Ryland, 1995).
- ✓ **Vérification via des bases de données en ligne** : WoRMS pour la faune marine (WoRMS, consulté en 2025) et AlgaeBase pour les espèces d'algues (AlgaeBase, consulté en 2025).

V. Paramètres analytiques

V.1. La richesse spécifique

La structure des peuplements a été évaluée en utilisant l'indice de richesse spécifique **S**, qui se définit comme le nombre d'espèces recensées à une échelle d'espace déterminée. Cet indice permet d'apprécier la diversité du peuplement benthique présent sur l'ensemble d'une zone examinée (Trigui *et al.*, 2007).

V.2. L'abondance relative

Correspond à la quantité relative au nombre d'individus d'une espèce donnée par unité de surface ou de volume par rapport au nombre total d'individus de toutes espèces et elle est présentée en pourcentage selon la formule suivante.

$$Ar = (Na/N) \times 100$$

Ar : Abondance relative.

Na : Nombre d'individus d'une espèce.

N : Nombre total d'individus recensés.

V.3. La densité

C'est le nombre d'individus par unité de surface. C'est le paramètre le plus important d'une population animale ; la densité est rapportée à une surface de substrat de 1 m² (ind./m²) (Grimes, 2010).

V.4. La fréquence

C'est le nombre total des prélèvements où l'espèce considérée est présente, par rapport au nombre total des prélèvements effectués. La fréquence est exprimée en pourcentage (Grimes, 2010).

$$F = (Pa / P) \times 100$$

Fa : Fréquence de l'espèce x.

Pa : Nombre des prélèvements (quadrat) où l'espèce x existe.

P : Nombre total des prélèvements réalisés.

V.5. L'indice de diversité de Shannon

Les différents indices de diversité facilitent l'étude la structure des peuplements en faisant référence à un cadre spatiotemporel concret ; ils permettent d'avoir rapidement, en un seul chiffre, une évaluation de la biodiversité de différentes communautés (Peet, 1974 ; Grall et Hily, 2003). Les indices de diversité les plus couramment utilisés sont l'indice de richesse

spécifique de Margalef suivi par l'indice de diversité de Shannon-Weaver (Costello *et al.*, 2004 ; Salas *et al.*, 2006). Selon Grimes, (2010), le calcul des indices de diversité de Shannon et de la régularité (équitabilité) permet d'évaluer la diversité spécifique et l'état d'équilibre numérique des peuplements.

L'indice de diversité de Shannon et Weaver est une mesure de composition spécifique en relation avec la dominance (D_i) des différentes espèces de l'échantillon (Daget, 1976), il est calculé par la formule suivante :

$$H' = - \sum (P_i) * \log_2 (P_i)$$

H' : Indice de Shannon.

P_i : Dominances de l'espèce i, avec $P_i = n_i/N$.

n_i : L'effectif de l'espèces i.

N : L'effectif total.

Les valeurs de l'indice de Shannon sont nulles lorsque l'échantillon ne contient qu'une seule espèce ; alors que les valeurs les plus élevées de H' correspondent à un prélèvement équilibré et diversifié (Legendre et Legendre, 1984). Glemarec et Hily (1981) situent les valeurs obtenues pour cet indice dans un milieu normal au-dessus de 3, entre 1 et 3 dans un milieu déséquilibré et tendant vers le 1 dans le cas d'un milieu pollué. Par ailleurs, Simboura et Zenetos, (2002) proposent l'échelle du tableau 1.

Tableau 1 : Seuils et classification des peuplements à partir de l'indice de Shannon H' .

| Etat écologique | Valeur de H' | Classification de la pollution |
|-----------------|-------------------|--------------------------------|
| Mauvais | $0 < H' \leq 1.5$ | Azoïque, très pollué |
| Médiocre | $1.5 < H' \leq 3$ | Fortement pollué |
| Moyen | $3 < H' \leq 4$ | Modérément pollué |
| Bon | $4 < H' \leq 5$ | Zone de transition |
| Très bon | $H' > 5$ | Site de référence |

V.6. L'indice d'équitabilité de Pielou

L'indice de Pielou (J') exprime la répartition des individus entre espèces d'un même milieu, sa valeur fluctue entre 0 et 1. Si J' tend vers 1, le peuplement est en équilibre, c'est-à-dire la distribution des individus entre les espèces est équitable (Legendre et Legendre, 1984). Par contre, une équitabilité qui tend vers zéro caractérise un peuplement déséquilibré. L'indice d'équitabilité de Pielou (1977) est calculé comme suit :

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

H'_{\max} : $\log_2 S$.

H' : indice de Shannon.

S : le nombre d'espèces récolté dans le prélèvement.

Nous avons considéré l'échelle utilisée par Grimes, (2010) pour l'Equitabilité de Pielou :

<0.4 : très déséquilibré.

0.4-0.6 : déséquilibré.

0.6-0.8 : subnormal.

0.8-1 : normal.

V.7. L'indice de dispersion de Morisita

La dispersion spatiale des espèces animales a été analysée individuellement sur l'ensemble des deux sites en calculant l'indice de dispersion de Morisita avec la formule ci-après (Morisita, 1959) :

$$MI = S * (\sum n^2 - N) / N * (N - 1)$$

MI: Indice de Morisita.

n: Nombre totale des individus dans un quadrat.

N: Nombre totale de tous les individus.

S: Nombre totale de quadrat.

Les valeurs de l'indice MI variant de plus de 1 à n indiquent que la dispersion de l'espèce est agrégée, alors que les valeurs de l'indice MI variant de 0 à 1 traduisent une dispersion régulière de l'espèce. L'espèce a une dispersion aléatoire lorsque MI =1.

V.8. Le recouvrement

Le recouvrement (R_i) est le pourcentage approximatif de la surface du substrat couverte en projection par l'espèce i . Etant donné la stratification de la végétation, le recouvrement total d'un relevé $\sum R_i$ est généralement supérieur à 100% (Bachir Bouiadjra, 2012).

CHAPITRE 3 :
RESULTATS ET DISCUSSION

I. Site de Stidia

Lors de notre étude, la richesse spécifique retrouvée au niveau de la zone intertidale du site de Stidia est de 13 espèces, dont 8 espèces animales et 6 espèces végétales (Tab. 2). Ces espèces sont réparties comme suit : Mollusque (6 espèces), Cnidaire (1 espèce), Arthropode (1 espèce), Chlorophycée (2 espèces), Rhodophycée (2 espèces), phaeophycée (1 espèce).

Tableau 2 : Richesse spécifique au niveau du site de Stidia.

| | Espèce |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| Faune | <i>Littorina neritoides</i> |
| | <i>Chthamalus stellatus</i> |
| | <i>Mytilus galloprovincialis</i> |
| | <i>Middendorfia caprearum</i> |
| | <i>Patella caerulea</i> |
| | <i>Anemonia viridis</i> |
| | <i>Cymbula safiana</i> |
| | <i>Patella rustica</i> |
| Flore | <i>Enteromorpha compressa</i> |
| | <i>Polysiphonia sertularioides</i> |
| | <i>Cladophora laetevirens</i> |
| | <i>Laurencia pinnatifida</i> |
| | <i>Lithophyllum incrustans</i> |
| Richesse spécifique S = 13 | |

L'espèce *Littorina neritoides* domine largement les espèces animales avec une abondance relative 71.83 %, suivi par *Chthamalus stellatus* avec une abondance relative de 25.77 % (Tab. 3 ; Fig. 10). Le reste des espèces animales retrouvées au niveau du site de Stidia ont une abondance relative qui varie entre 0.1 % et 1 % (Tab. 3 ; Fig. 10).

Tableau 3 : Abondance relative des espèces animales au niveau du site de Stidia.

| Espèce | Nombre d'individus | Abondance relative (%) |
|----------------------------------|--------------------|------------------------|
| <i>Littorina neritoides</i> | 1410 | 71.83 |
| <i>Chthamalus stellatus</i> | 506 | 25.77 |
| <i>Mytilus galloprovincialis</i> | 20 | 1.02 |
| <i>Middendorfia caprearum</i> | 14 | 0.71 |
| <i>Patella caerulea</i> | 8 | 0.41 |
| <i>Anemonia viridis</i> | 2 | 0.1 |
| <i>Cymbula safiana</i> | 2 | 0.1 |
| <i>Patella rustica</i> | 2 | 0.1 |

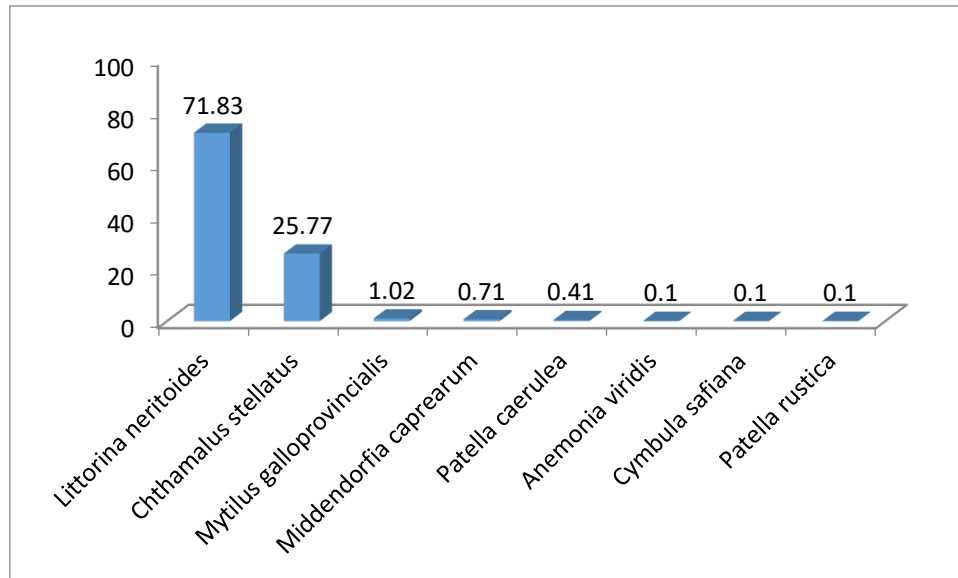


Figure 10 : Abondance relative (en pourcentage) des espèces animales au niveau du site de Stidia.

Par ailleurs, les deux espèces *Littorina neritoides* et *Chthamalus stellatus* enregistrent les plus fortes valeurs de fréquence d'occurrence (avec respectivement 36 % et 28 %), suivies par *Mytilus galloprovincialis* et *Middendorfia caprearum* avec 16 % (Fig. 11). Les espèces *Anemonia viridis*, *Cymbula safiana* et *Patella rustica* ont une très faible fréquence d'occurrence (4 %) (Fig. 11).

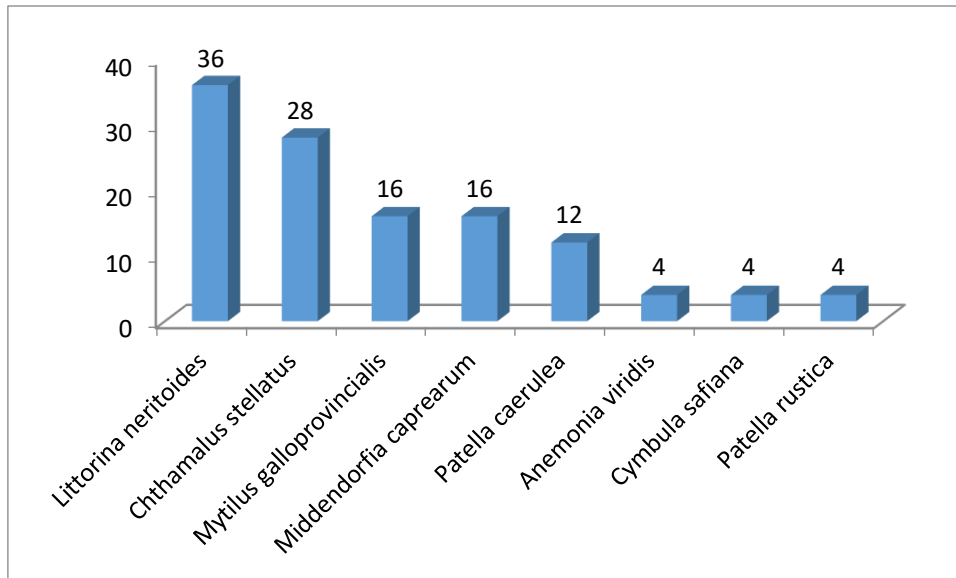


Figure 11 : Fréquence d'occurrence (en pourcentage) des espèces animales au niveau du site de Stidia.

Concernant la fraction végétale, il est à noter que les deux espèces *Enteromorpha compressa* (avec 52 %) et *Polysiphonia sertularioides* (avec 44 %) sont les plus fréquentes au niveau du site de Stidia, suivies par *Cladophora laetevirens* (avec 20 %) (Fig. 12). Les deux espèces ayant les plus faibles valeurs de fréquence d'occurrence sont *Laurencia pinnatifida* et *Lithophyllum incrustans* (avec 16 %) (Fig. 12).

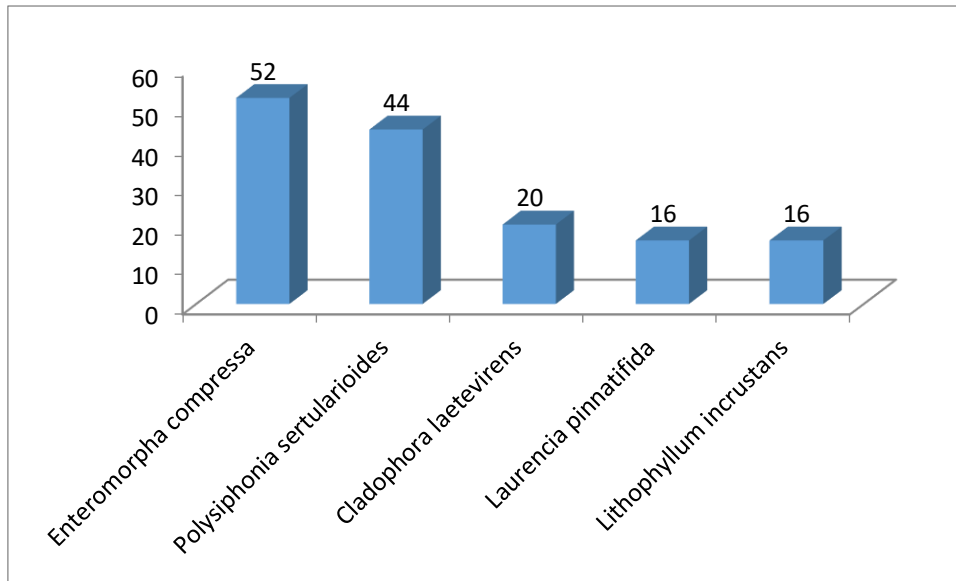


Figure 12 : Fréquence d'occurrence (en pourcentage) des espèces végétales au niveau du site de Stidia.

D'autre part, les plus importantes valeurs de densité sont obtenues chez les deux espèces *Littorina neritoides* et *Chthamalus stellatus* avec respectivement 626.67 ind/m² et 224.89 ind/m², tandis que les plus faibles valeurs sont obtenues chez les espèces *Anemonia viridis*, *Cymbula safiana* et *Patella rustica* avec 0.89 ind/m² (Fig. 13).

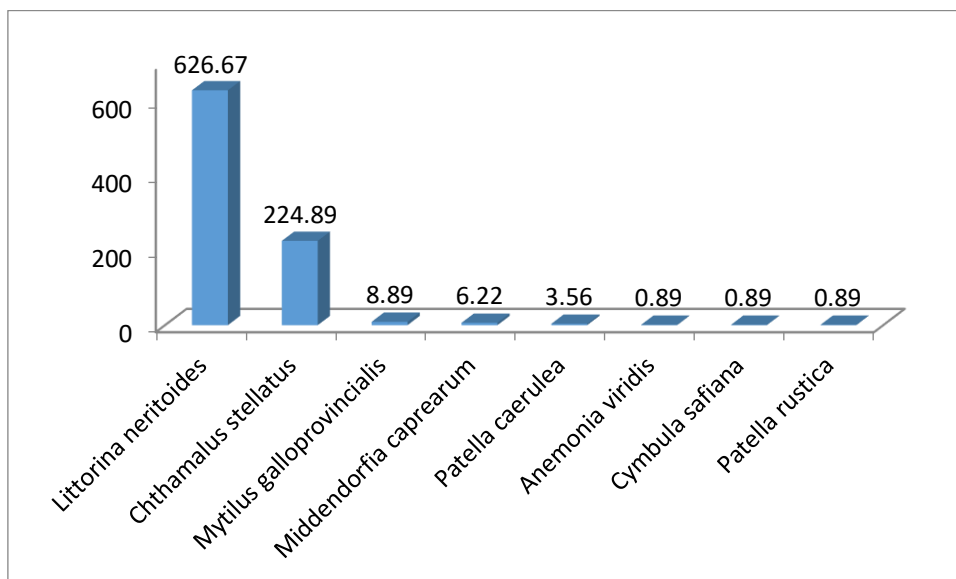


Figure 13 : Densité (ind/m²) des espèces animales au niveau du site de Stidia.

L'espèce *Enteromorpha compressa* présente le plus important pourcentage de recouvrement au niveau du site de Stidia avec 26.79 %, suivi par *Polysiphonia sertularioides* avec 6.70 % (Fig. 14). Par contre, les espèces *Cladophora laetevirens*, *Laurencia pinnatifida* et *Lithophyllum incrustans* présentent de très faibles pourcentage de recouvrement (avec respectivement 2.97 %, 2.96 % et 2.96 %) (Fig. 14).

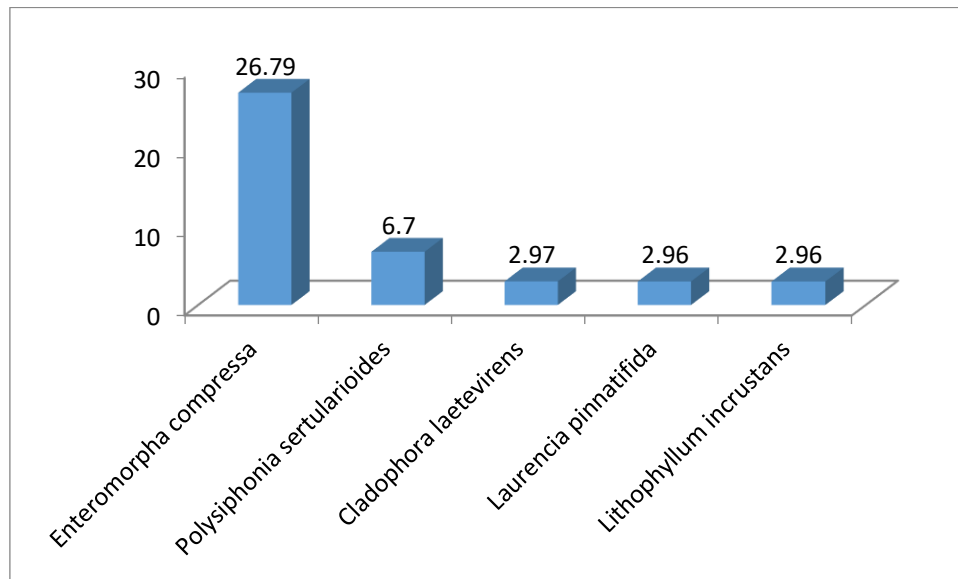


Figure 14 : Pourcentage de recouvrement des espèces végétales au niveau du site de Stidia.

L'indice de dispersion spatiale de Morisita calculé pour les espèces animales montre une tendance de distribution en agrégat pour l'ensemble des espèces animales (Tab. 4). Ce type de répartition est très courant, et on peut même affirmer qu'à partir d'une certaine échelle les individus sont toujours répartis en agrégats, car les milieux favorables aux espèces sont forcément localisés. Les causes possibles de la répartition agrégative sont au moins triples et peuvent agir isolément ou simultanément : (1) l'hétérogénéité de la ressource au sens large (certains microhabitats sont plus favorables que d'autres), (2) un comportement grégaire (la recherche active de la compagnie des individus de son espèce), (3) des capacités de dispersion faibles par rapport aux capacités de reproduction. Cette troisième cause signifie que si une

espèce est peu mobile ou a au moins des juvéniles peu mobiles, on va tendre à trouver les individus en groupes au moins à certaines périodes du cycle de reproduction. Le phénomène sera exacerbé si la capacité de reproduction est élevée (Canard et Poinot, 2004).

Tableau 4 : Indice de dispersion spatiale de Morisita des espèces animales au niveau du site de Stidia.

| Espèce | Morisita (IM) |
|----------------------------------|----------------------|
| <i>Littorina neritoides</i> | 1.87 |
| <i>Chthamalus stellatus</i> | 1.89 |
| <i>Mytilus galloprovincialis</i> | 6.00 |
| <i>Middendorfia caprearum</i> | 8.39 |
| <i>Patella caerulea</i> | 6.38 |
| <i>Anemonia viridis</i> | 25.00 |
| <i>Cymbula safiana</i> | 25.00 |
| <i>Patella rustica</i> | 25.00 |

L'indice de diversité de Shannon obtenu au niveau du site de Stidia est égal à 1.18. Selon Glemarec et Hily (1981) un indice de Shannon qui se rapproche de 1 indique un cas de milieu pollué et selon l'échelle de Simboura et Zenetos, (2002) cela signifie que le site est en mauvais état écologique. Les déversements des eaux usées provenant des habitations limitrophes au site de prélèvements pourraient être à l'origine de ce résultat. Par ailleurs, l'indice d'équitabilité de Pielou obtenu au niveau de Stidia est égal à 0.73, ce qui signifie que la distribution des individus entre les espèces est équitable. Cependant, selon l'échelle de l'indice de Pielou utilisée par Grimes, (2010), le peuplement est subnormal.

II. Site d'Ain Brahim

Lors de notre étude, la richesse spécifique retrouvée au niveau de la zone intertidale du site de Stidia est de 12 espèces, dont 7 espèces animales et 5 espèces végétales (Tab. 5). Ces espèces sont réparties comme suit : Mollusque (6 espèces), Arthropode (1 espèce), Chlorophycée (2 espèces), Rhodophycée (1 espèce), phaeophycée (2 espèce).

Tableau 5 : Richesse spécifique au niveau du site d'Ain Brahim.

| | Espèce |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| Faune | <i>Littorina neritoides</i> |
| | <i>Chthamalus stellatus</i> |
| | <i>Mytilus galloprovincialis</i> |
| | <i>Middendorfia caprearum</i> |
| | <i>Patella rustica</i> |
| | <i>Phorcus articulatus</i> |
| | <i>Cymbula safiana</i> |
| Flore | <i>Enteromorpha compressa</i> |
| | <i>Lithophyllum incrustans</i> |
| | <i>Cladophora laetevirens</i> |
| | <i>Polysiphonia sertularioides</i> |
| | <i>Pilayella littoralis</i> |
| Richesse spécifique S = 12 | |

A ain Brahim l'espèce *Littorina neritoides* domine également les espèces animales avec une abondance relative 54.7 %, suivi par *Chthamalus stellatus* et *Mytilus galloprovincialis* avec respectivement 14.4 % et 12.8 % (Tab. 6 ; Fig. 15). Le reste des espèces animales retrouvées

au niveau du site de Ain Brahim ont une abondance relative qui varie entre 2.1 % et 7 % (Tab. 6 ; Fig. 15).

Tableau 6 : Abondance relative des espèces animales au niveau du site de Stidia.

| Espèce | Nombre d'individus | Abondance relative (%) |
|----------------------------------|--------------------|------------------------|
| <i>Littorina neritoides</i> | 133 | 54.7 |
| <i>Chthamalus stellatus</i> | 35 | 14.4 |
| <i>Mytilus galloprovincialis</i> | 31 | 12.8 |
| <i>Middendorfia caprearum</i> | 17 | 7 |
| <i>Patella rustica</i> | 15 | 6.2 |
| <i>Phorcus articulatus</i> | 7 | 2.9 |
| <i>Cymbula safiana</i> | 5 | 2.1 |

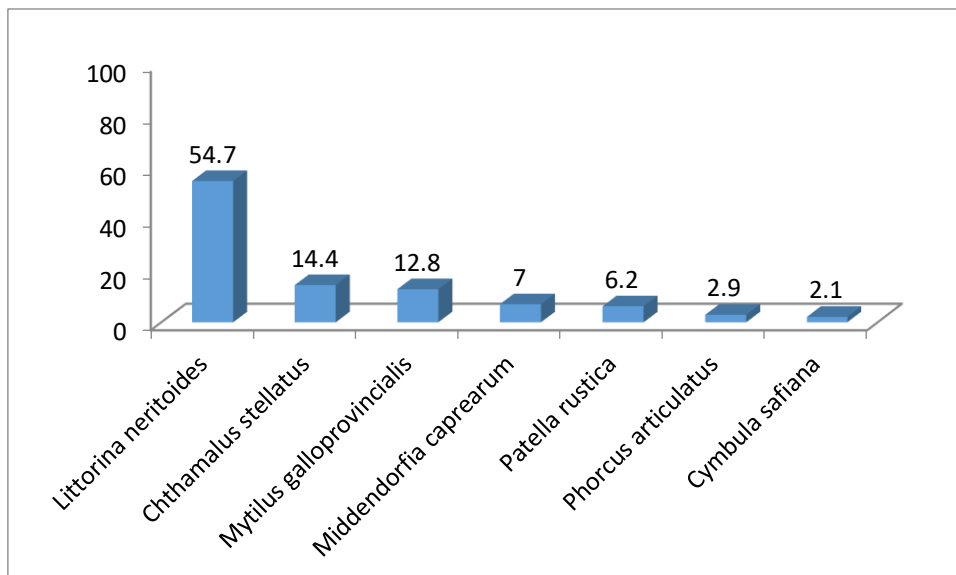


Figure 15 : Abondance relative (en pourcentage) des espèces animales au niveau du site d'Ain Brahim.

D'autre part, l'espèce *Littorina neritoides* enregistre la plus forte valeur de fréquence d'occurrence, avec 25 %, suivi par *Phorcus articulatus*, *Patella rustica* et *Middendorfia caprearum* avec 12.8 % pour ces trois espèces (Fig. 16). La plus faible valeur de fréquence d'occurrence est de 4.2 % ; elle est obtenue chez les deux espèces *Chthamalus stellatus* et *Cymbula safiana* (Fig. 16).

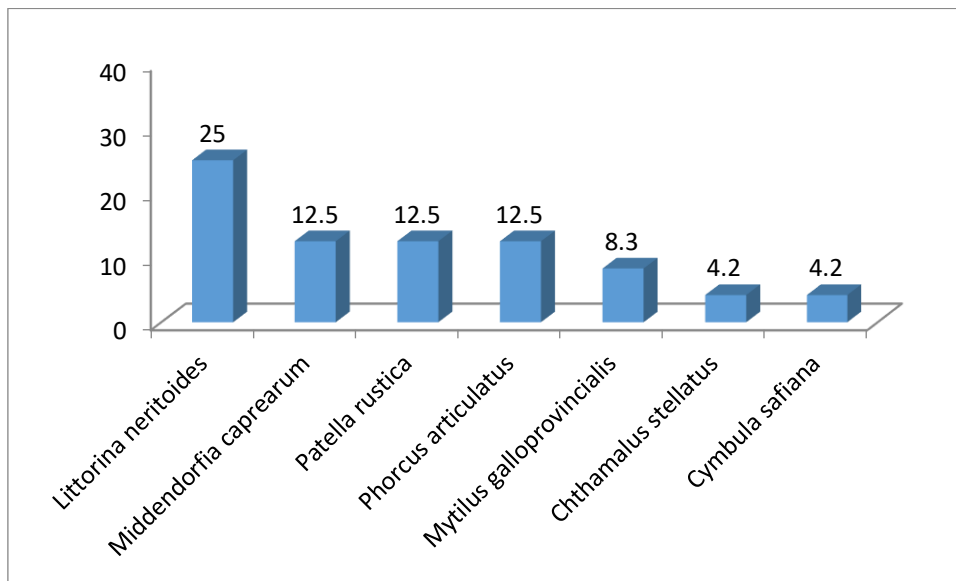


Figure 16 : Fréquence d'occurrence (en pourcentage) des espèces animales au niveau du site d'Ain Brahim.

Pour la fraction végétale, il est à noter que les deux espèces *Enteromorpha compressa* (avec 36 %) et *Polysiphonia sertularioides* (avec 32 %) sont les plus fréquentes au niveau du site d'Ain Brahim, suivies par les deux espèces *Lithophyllum incrustans* (avec 24 %) et *Cladophora laetevirens* (avec 16 %) (Fig. 17). La plus faible valeur de fréquence d'occurrence est obtenue chez l'espèce *Pilayella littoralis* (avec 8 %) (Fig. 17).

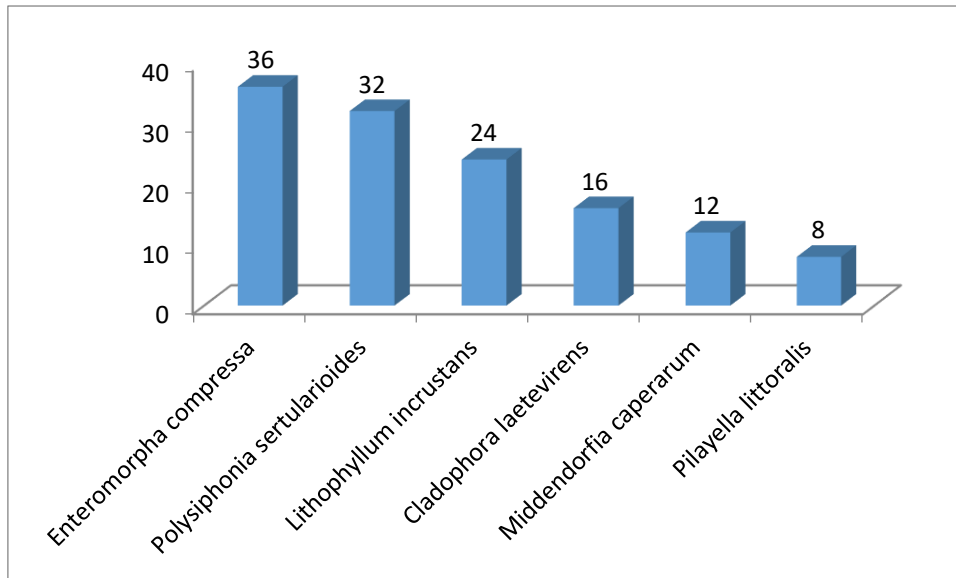


Figure 17: Fréquence d'occurrence (en pourcentage) des espèces végétales au niveau du site d'Ain Brahim.

Pour la densité, les plus importantes valeurs sont obtenues chez l'espèce *Littorina neritoides* (avec 61.57 ind/m²), suivi par les deux espèces *Chthamalus stellatus* et *Mytilus galloprovincialis* avec respectivement 16.20 ind/m² et 14.35 ind/m² (Fig. 18). Pour le reste des espèces, les valeurs de densité varient entre 2.31 ind/m² et 7.87 ind/m² (Fig. 18).

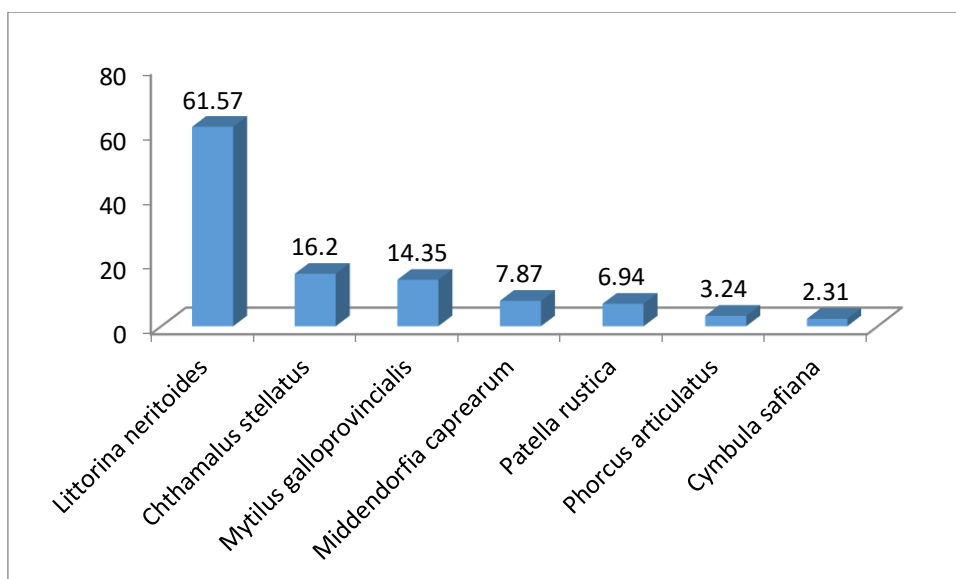


Figure 18 : Densité (ind/m²) des espèces animales au niveau du site d'Ain Brahim.

L'espèce *Enteromorpha compressa* présente le plus important pourcentage de recouvrement au niveau du site d'Ain Brahim avec 23.93 %, suivi par *Lithophyllum incrustans* avec 7.85 % (Fig. 19). Cependant, les plus faible valeurs de recouvrement sont obtenues chez les espèces *Cladophora laetevirens*, *Polysiphonia sertularioides* et *Pilayella littoralis* (avec respectivement 4.85 %, 4.37 % et 4.28 %) (Fig. 19).

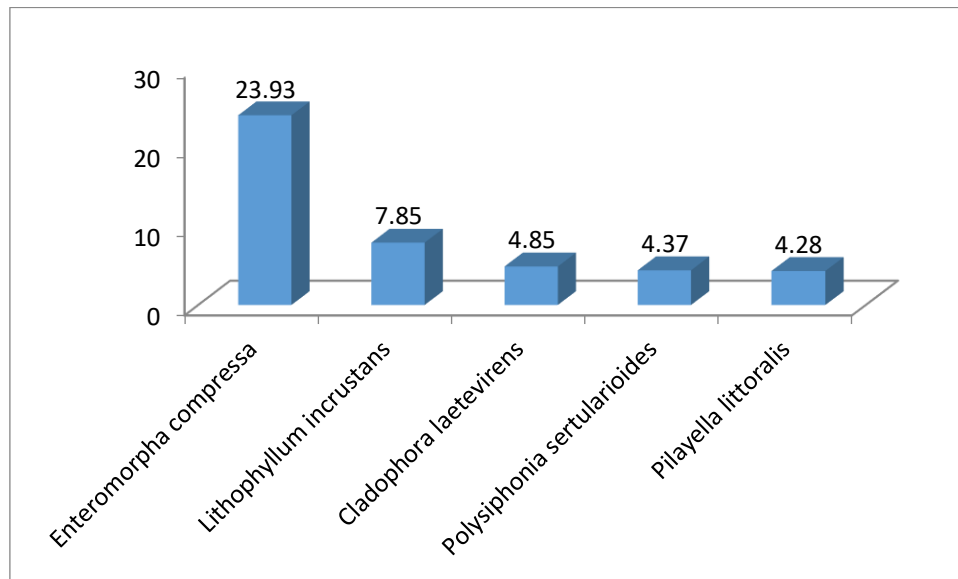


Figure 19 : Pourcentage de recouvrement des espèces végétales au niveau du site d'Ain Brahim.

Comme pour le site de Stidia, l'indice de Morisita montre une distribution en agrégat pour l'ensemble des espèces animales du site d'Ain Brahim (Tab. 7). Cela peut être expliqué par le fait que certains micro-habitats de la zone intertidale soit plus favorable que d'autre du fait de l'hétérogénéité de la ressource (Canard et Poinot, 2004).

Tableau 7 : Indice de dispersion spatiale de Morisita des espèces animales au niveau du site d'Ain Brahim.

| Espèce | Morisita (IM) |
|----------------------------------|----------------------|
| <i>Chthamalus stellatus</i> | 25 |
| <i>Cymbula safiana</i> | 25 |
| <i>Littorina neritoides</i> | 5.04 |
| <i>Middendorfia caprearum</i> | 7.35 |
| <i>Mytilus galloprovincialis</i> | 12.10 |
| <i>Patella rustica</i> | 9.29 |
| <i>Phorcus articulatus</i> | 5.95 |

L'indice de diversité de Shannon obtenu au niveau du site d'Ain Brahim est égal à 1.41. Selon Glemarec et Hily (1981) un indice de Shannon entre 1 et 3 indique un cas de milieu déséquilibré. D'autre part, selon l'échelle de Simboura et Zenetos, (2002) cela signifie que le site est en mauvais état écologique. Par ailleurs, l'indice d'équitabilité de Pielou obtenu au niveau d'Ain Brahim est égal à 0.73, ce qui signifie que la distribution des individus entre les espèces est équitable.

CONCLUSION

Conclusion

Le présent travail constitue une contribution à l'étude de l'inventaire de la biodiversité faunistique et floristique de la zone intertidale des substrats durs des deux sites de Stidia et Ain Brahim. Treize espèces ont été recensées à Stidia, dont 8 espèces animales et 5 espèces végétales ; alors que 12 espèces ont été inventoriées à Ain Brahim dont 7 espèces animales et 5 appartenant à la fraction végétale. L'espèce *Littorina neritoides* est la plus dominante au niveau des deux sites, alors que *Enteromorpha compressa* est la partie végétale qui domine. En tenant compte des différents paramètres analytiques abordés lors de ce travail, nous pouvons dire que les deux sites sont presque similaires. De plus, on se référant à l'indice de diversité de Shannon, le site d'Ain Brahim est légèrement mieux portant que le site de Stidia, mais malgré ça, les deux sites sont considérés comme déséquilibrés, du moins les parties prospectées des deux sites. Les déversements des eaux usées provenant des habitations limitrophes aux deux sites de prélèvements pourraient être à l'origine de ces résultats. Il est plus que primordial de mettre en place un programme de surveillance continue pour préserver ces zones côtières très fragiles.

En perspective, l'étude de la variation spatio-temporelle de la biodiversité portant sur un cycle saisonnier et sur plusieurs années serait nécessaire à entreprendre. Notre zone d'étude étant relativement réduite, son élargissement permettrait une étude comparative plus approfondie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographiques

Belbachir, N., & Mezali, K. (2012). *Preliminary Study of the Monthly Evolution of the Leaf Area Index of Posidoniaoceanica (L.) Delile in Two Areas of the Coastal Fringe of Mostaganem (Hadjadj, Stidia, Algeria)*. Mémoire, Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem.

Bellan-Santini, D., Lacaze, J. C., & Poizat, C. (1994). *Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée : synthèse, menaces et perspectives*. GIS Posidonie.

Benamer, S., et al. (2017). Contribution à l'inventaire de la faune et la flore marines en Algérie. *Journal Algérien de Biodiversité*.

Benamer, S., et al. (2018). Pollution côtière et impact écologique sur la biodiversité marine. *Revue Algérienne des Sciences de la Mer*.

Benhalima, Y., & Boussaid, A. S. E. (2022). *Étude de la qualité écologique des côtes de Mostaganem : utilisation de la biodiversité marine*. Mémoire de Master, Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem.

Blanpain, O. (2003). *Indicateurs de la biodiversité marine et côtière : concepts et méthodes*. Université de Bretagne Occidentale.

Boudouresque, C. F. (1971). Méthodes d'étude qualitative et quantitative du benthos (en particulier du phytobenthos). *Tethys*, 3(1), 79-104.

Boudouresque, C.F. et al. (2009). Protection et conservation des écosystèmes marins côtiers.

Boumehti, S., et al. (2017). Répartition spatiale des espèces marines en fonction des paramètres hydrologiques en Algérie. *Cahiers Méditerranéens d'Écologie*.

Références bibliographiques

- Borja, Á., Franco, J., & Pérez, V. (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40(12), 1100–1114.
- Boussaa, S., Bouzidi, H., Bouguerra, S., Touati, F., & Debbabi, K. (2016). Valorization of Algerian Sand for Photovoltaic Application. *International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)*, 6(4), 1473–1480.
- Bouzegag, A., Bouguerne, H., & Bouderbala, A. (2021). Biodiversité et valorisation du littoral algérien: Enjeux et perspectives de développement durable. *Revue des Sciences et Technologie*, 51, 51-58.
- Chapman, M. G. (1998). Relationships between spatial patterns of benthic assemblages in a mangrove forest using different levels of taxonomic resolution. *Marine Ecology Progress Series*, 162, 71-78.
- Coudre, M. (2002). *Distribution de la diversité biologique totale de la mer Méditerranée*.
- Coull, B. C. (1988). *Ecology of the marine meiofauna*. In *Introduction to the study of meiofauna* (pp. 18–38). Smithsonian Institution Press.
- Dumas, P. (2017). *Communautés macrobenthiques : de l'écologie à la gestion des ressources* (HDR, Université de La Réunion).
- English, S., Wilkinson, C., & Baker, V. (1997). *Survey manual for tropical marine resources*. Australian Institute of Marine Science.
- Feldmann, J. (1942). *Essai de classification des Polysiphonia de la Méditerranée*. Archives de Botanique.

Références bibliographiques

- Fischer, W., Bauchot, M. L., & Schneider, M. (1987). *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire*. Grémare, A. (2007). *Les indicateurs biologiques benthiques en milieu marin : intérêts et limites*. Ifremer.
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2024). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway.
- Grémare, A. (2007). *Écologie du macro-benthos et surveillance de la qualité des habitats marins*. Rapport scientifique, Université de Bordeaux.
- Hamel, G., & Lemoine, P. (1953). *Floridées de France (Rhodophycées)*.
- Hayward, P. J., & Ryland, J. S. (1995). *Handbook of the Marine Fauna of North-West Europe*. Oxford University Press.
- Kadi, N., et al. (2019). Diversité biologique et enjeux écologiques des côtes algériennes. *Revue Méditerranéenne des Sciences Marines*.
- Kantin, R., et al. (2006). *La biodiversité marine méditerranéenne: spécificités et enjeux de conservation*.
- Levin, L. A., Etter, R. J., Rex, M. A., Gooday, A. J., Smith, C. R., Pineda, J., ... & Hessler, R. R. (2001). Environmental influences on regional deep-sea species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 32(1), 51-93.
- Millot, C., & Taupier-Letage, I. (2005). *Circulation in the Mediterranean Sea* (Vol. 5K, pp. 29–66). Springer. Consulté en ligne le 13 avril 2025.
- Monbet, Y. (2004). *Biodiversité et gestion des milieux aquatiques*. Éditions Quae.

Références bibliographiques

Oulhaci, M. (2019). Évaluation de la pression halieutique sur les ressources marines algériennes. *Bulletin de la Pêche en Méditerranée*.

Oulhiz, A. (2012). Contribution à l'évaluation de la qualité des milieux marins côtiers de Mostaganem.

OHM Littoral Méditerranéen. (2020). *Suivi environnemental des zones côtières méditerranéennes*. Observatoire Hommes-Milieux Littoral Méditerranéen.

Pérès, J. M., & Picard, J. (1964). *Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée*.

Perez, T. et al. (2000). *Bio-indicateurs marins : outils pour la surveillance des écosystèmes*. CNRS Publications.

Plan Bleu. (2010). *Perspectives sur l'environnement et le développement en Méditerranée*. Sophia Antipolis : Plan Bleu.

Polonia, A., et al. (2013). *Active faulting in the western Mediterranean Sea: Implications for earthquake hazard assessment*. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(2), 145-160.

Sayah, A. (2011). Étude sur l'aquaculture (Mémoire de fin d'études, École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral – ENSSMAL). Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, Algérie.

Saadi, A., Bouderbala, A., Derras, M. (2012). Vulnérabilité des zones côtières algériennes face aux changements climatiques.

Saidi, H., et al. (2020). Effets du changement climatique sur les écosystèmes côtiers algériens. *Climat et Environnement*.

Références bibliographiques

Youmatter. (2020). *Pressions humaines sur les littoraux méditerranéens*. Consulté sur : <https://youmatter.world/fr/>

Simboura, N., & Zenetos, A. (2002). Benthic indicators to use in ecological quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems. *Ecological Indicators*, 1(3), 345–352.

World Register of Marine Species (WoRMS). Disponible sur : www.marinespecies.org
(Vérification taxonomique actualisée des espèces marines)

AlgaeBase. Disponible sur : www.algaebase.org
(Identification et classification des espèces d'algues)