

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS MOSTAGANEM
FACULTE DESSCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE



DEPARTEMENT DE BIOLOGIE

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Magister

En: biologie

Spécialité : Ecosystèmes côtiers marins et réponse au stress

Thème

Contribution à l'évaluation de la qualité des milieux marins côtiers de Mostaganem à travers les bioindicateurs de la Macrofaune benthique.

Présenté par : M^{lle} **OULHIZ Aicha**

Soutenu à Mostaganem le : / 06 / 2012

Devant le jury composé de :

M. MOUATS A.	Prof. Université de Mostaganem	Président
M. TAIBI N.	MCA. Université de Mostaganem	Examineur
M. LARID M.	MCA. Université de Mostaganem	Examineur
M. KARFOUF A.	MCA. Université de Sidi Bel Abbas	Examineur
Mme SOUALILI D. L	MCA. Université de Mostaganem	Encadreur
M. MEZALI K.	MCA. Université de Mostaganem	Co-encadreur

Année Universitaire 2011-2012

Remerciements

J'exprime mes remerciements à Dieu le tout puissant qui m'a donné le courage, patience et santé durant toutes mes années d'études.

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde reconnaissance à mes deux encadrateurs sans qui ce travail n'existerait tout simplement pas.

*Il m'est très difficile d'exprimer en quelques lignes ma profonde gratitude pour mon encadrateur, **Soualili Dina Lila**, Maître de conférences (A) au département des Ressources Halieutiques de l'Université de Mostaganem, d'avoir accepté de m'encadrer. Je le remercie chaleureusement pour son soutien, compréhension et surtout ses encouragements. C'est avec un grand plaisir que je rédige mes chaleureux remerciements d'avoir grandement contribué, à améliorer le document final.*

*Mes reconnaissances vont également à mon co-encadrateur, **Mezali Karim**, Maître de conférences (A) au département des Ressources Halieutiques de l'Université de Mostaganem, pour avoir accepté de m'aider à réaliser ce travail et pour sa disponibilité sur terrain. Merci infiniment !*

De même, je souhaite exprimer ma reconnaissance envers les membres du jury pour avoir accepté de juger ce travail.

*Je suis très honorée que Monsieur **Mouats Aziz**, Professeur au département d'Agronomie de l'Université de Mostaganem, ait accepté la présidence du jury de cet ouvrage. Qu'il trouve ici l'expression de toute ma gratitude et remerciements.*

*J'exprime ma profonde reconnaissance à Monsieur **Taibi Naserddine**, Maîtres de Conférences au département des Ressources Halieutiques de l'Université de Mostaganem, pour avoir eu l'amabilité d'accepter de m'examiner. Je tiens à lui remercier spécialement car jamais je n'oublierai ses constants encouragements et son soutien moral au cours de mes années d'études.*

*Je souhaite également exprimer tous mes remerciements à Monsieur **Larid Mohamed**, Maîtres de Conférences (B) au département d'agronomie de l'Université de Mostaganem, de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'être membre de ce jury. Je lui adresse mes plus sincères gratitude.*

*Je tiens à exprimer mes chaleureux remerciements à Monsieur **Karfouf Ahmed**, Maîtres de Conférences (A) au département des sciences de l'environnement de l'Université de Sidi Bel Abbès, d'avoir pris le temps pour participer à ce jury en tant qu'examineur. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.*

*Je remercie sincèrement Monsieur **Berqani Abdellah**, Professeur au département d'agronomie de l'Université de Mostaganem, de m'avoir accueilli dans son laboratoire et permis de réaliser mes travaux dans des bonnes conditions. Ici Je lui exprime ma profonde gratitude.*

Je voudrais aussi adresser toute ma gratitude à l'ensemble de mes professeures et enseignants, qui ont contribué à alimenter mes connaissances et qui m'ont fourni les outils nécessaires à la réussite de mes études universitaires. Ici, ils trouveront mon témoignage de reconnaissance.

*Toute ma reconnaissance va également a Monsieur **Bouziane**, chef de service du bureau d'hygiène -APC de Mascara- de m'avoir accepté de terminer mes travaux au sein de son laboratoire.*

*J'adresse toutes mes amitiés à Monsieur **Kridèche**, responsable du laboratoire d'halieutique de l'Université de Mostaganem.*

Mes vifs remerciements à l'ensemble des personnes qui m'ont fourni les données et une grande partie de ma documentation bibliographique, merci mes amies de la bibliothèque de Biologie et d'agronomie de l'Université de Mascara.

Enfin, ces remerciements ne pourraient être clos si j'oubliais toute ma famille et mes ami(e)s pour m'avoir soutenu/supporté pendant ces années. En premier lieu, bien sûr, je voudrais remercier ma mère pour m'avoir toujours poussé à « aller de l'avant » sans jamais me contraindre ni me bousculer.

*Un grand merci à tous mes frères et sœurs pour leur soutien et encouragement, de m'avoir accompagnés sur terrain et pour s'être intéressés à mon travail. Sans oublier biens sur ma meilleure amie « **Nassima** » qui m'a soutenu et aider dans les situations les plus difficiles.*

A l'hommage de mon défunt père.

Je dédie ce travail à une personne qui m'est très chère.

RESUME

Les écosystèmes côtiers marins de Mostaganem comme ceux de toute la côte méditerranéenne, sont des espaces fragiles, vulnérables, limités et convoités. Ce sont des milieux de plus en plus affectés par les activités humaines, par l'augmentation de la densité urbaine au niveau des côtes, qui déversent ses rejets dans les eaux marines côtières, et qui causent une pression écologique intense sur ces milieux. A cet effet, plusieurs bioindicateurs issus de la macrofaune benthique sont largement utilisés dans l'évaluation et le suivi de la qualité de l'environnement marin afin de parvenir à contrer cette dégradation du milieu.

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette présente étude. Elle est basée sur l'évaluation et l'identification de la macrofaune benthique des substrats rocheux de l'étage Médiolittoral de la zone côtière de la Wilaya de Mostaganem. Ainsi, trois sites ont été choisis à savoir : Stidia, Kharouba et Hadjadj. L'évaluation de la qualité écologique de ces différents sites a été réalisée en utilisant les indices biologiques tels que : les descripteurs statistiques [Richesse Spécifique (S); Abondance (A) et Dominance (D)] et les indices de diversité [Indice de Shannon Wiener (H') et indice d'équitabilité de Pielou (J')]. Aussi nous avons choisi de tester la qualité du milieu de ces différents sites, en utilisant le test du développement larvaire de l'oursin *Paracentrotus lividus*, espèce largement utilisée pour ce type d'analyse.

Les résultats obtenus, révèlent un peuplement caractérisé par une organisation diversifié et en état d'équilibre au niveau du site de Stidia et de Hadjadj, à l'exception du site de Kharouba qui présente les premiers signes de dégradation et de perturbation du milieu. Les résultats obtenus dans cette étude, méritent d'être compléter et confirmer par d'autres études qui permettront un suivi sur plus long terme des changements spatio-temporels au niveaux de la faune et de la flore du milieu, pour une meilleure conservation de la richesse biologique de nos côtes marines.

Mots clefs: Ecosystèmes côtiers marins, Peuplements benthiques, Indices écologiques, *Paracentrotus lividus*, Développement larvaire, Mostaganem.

Abstract

The coastal marine ecosystems of Mostaganem, like all the coastline of the Mediterranean Sea, are a fragile space, vulnerable, limited and coveted. It is the environments were increasingly affected by human activities and by increasing urban density level scores, which discharge their waste into coastal marine waters, and causing an intense ecological pressure on these marine environments. To this end, several bioindicators from benthic macrofauna are widely used in the evaluation and monitoring of the quality of the marine environment.

It is within this context that the present study is carried out. It is based on the assessment and identification of benthic macrofauna of the rocky shores of the intertidal coastal area of the Wilaya of Mostaganem where no study have been undertaken on rocky shore. Thus, three stations were selected namely : Stidia, Kharouba and Hadjadj. The evaluation of the ecological quality of these sites was performed using biological indices such as the statistical descriptors [richness (S) Abundance (A) Dominance (D) and diversity indices (Shannon Wiener Index (H') and equitability index of Pielou (J)]. We chose to test the environmental quality of these stations, using the test of the larval development of the sea urchin *Paracentrotus lividus*, a species widely used for this type of analysis.

The obtained results reveal that the faunal populations are characterized by a diverse organization in a healthy state at both stations of Stidia and Hadjadj. Whereas Kharouba station shows the first signs of damage and disturbance .

Key words : Coastal marine ecosystems, benthic algal species, ecological indices, *Paracentrotus lividus*, Larval development, Mostaganem.

المخلص

إن الأنظمة البيئية البحرية الساحلية لولاية مستغانم مثلها مثل كل السواحل البحرية للبحر الأبيض المتوسط، عبارة مساحات هشة، ضعيفة ومحدودة والمرغوبة أكثر. إنها البيئات الأكثر تعرضا وبشكل متزايد للأنشطة البشرية من خلال زيادة مستوى كثافة المناطق الحضرية على السواحل والتي تصب نفاياتها في المياه البحرية الساحلية مسببة ضغطا بيئيا مكثفا على هذه المناطق. و لهذا استخدمت العديد من الكائنات البيولوجية المؤشرة و الدالة (المستنبطة من مجموعة الكائنات المتواجدة بقاع البحر) في تقييم ورصد نوعية البيئة البحرية و هذا من أجل محاربة تدهور هذه البيئات.

من خلال كل هذه الظروف أنجزت هذه الدراسة و التي تقوم على تقييم وتحديد هوية الكائنات المتواجدة بقاع المناطق الصخرية لسواحل البحرية لولاية مستغانم وهذا باختيار ثلاثة مواقع : استيدية ، خروبة وحجاج. إن التقييم للنوعية البيئية لهذه المواقع قد تم باستخدام المؤشرات البيولوجية مثل الواصف الإحصائي [الغنى، الوفرة، مؤشرات التنوع شانون ('H') ومؤشر التوازن بيلو (J)]. إلى جانب هذا تمت اختبارات لمعرفة نوعية الوسط للمواقع المدروسة، وذلك باستخدام اختبار لنمو اليرقات لقفذ البحر *Paracentrotus lividus* , والذي يمثل النوع الأكثر استخداما لهذا النوع من التحاليل.

إن النتائج قد كشفت عن وجود تنوع بيولوجي مع حالة توازن للكائنات البحرية المتواجدة في مواقع استيدية وحجاج، على خلاف موقع خروبة و التي قد أظهرت العلامات الأولى لتلف واختلال الوسط. و إن النتائج التي حصل عليها من خلال هذه الدراسة، ينبغي استكمالها والتحقق منها من خلال دراسات أخرى لمتابعة التغيرات على المدى الطويل للكائنات البحرية الحيوانية منها والنباتية، من أجل الحفاظ الأفضل للتنوع و الثراء البيولوجي لسواحلنا البحرية.

كلمات مفتاحية : النظم البيئية الساحلية, كائنات القاع البحري, المؤشرات البيئية, قفذ البحر *Paracentrotus lividus*, نمو اليرقات , مستغانم.

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Répartition des surfaces par les écosystèmes marins en Méditerranée (Source : Plan Bleu. Univ. Nice Sophia Antipolis).....	6
Figure 2. Distribution de la diversité biologique totale de la mer Méditerranée (d'après Coudre, 2002).....	16
Figure 3. Les différentes pressions exercées sur le littoral méditerranéen (Source : Plan Bleu).....	17
Figure 4. Anatomie de l'Oursin (d'après Coudre, 2002).....	23
Figure 5. L'oursin comestible <i>Paracentrotus lividus</i> dans son milieu naturel associé à l'oursin <i>Arbacia lixula</i> . (Photos prise dans le site de Hadjadje).....	24
Figure 6: Les différentes anomalies embryonnaires et larvaires chez <i>Paracentrotus lividus</i> (d'après Klöckner <i>et al.</i> , 1985).....	26
Figure 7. Carte de la côte de Mostaganem avec les trois sites de notre échantillonnage (photos prises de Google earth, 2011 ; INCT institut national de cartographie et de télédétection).....	28
Figure 8. Localisation des stations de prélèvement du site de Stidia (source : Google earth, 2011).....	29
Figure 9. Localisation des stations de prélèvement du site de Hadjadj (source : Google earth, 2011).....	29
Figure 10. Localisation des stations de prélèvement du site de Kharouba (source : Google earth, 2011).	30
Figure 11. Quadra de 50 cm ² utilisé pour l'étude de la macrofaune du substrat dur (Présent travail).....	32
Figure 12. Emission (A) et Récupération (B) des produits génitaux males et femelles chez <i>Paracentrotus lividus</i> (présent travail).....	36
Figure 13. (A) vue générale du site de Stidia. (B) les embarcations de pêche.....	38
Figure 14. Biocénose des laissés marins a dessiccation lente constitué essentiellement de feuille mortes de <i>Posidonia oceanica</i> formant des banquettes sur la côte (photo prise dans le site de Stidia en 2011).....	39
Figure 15. Proportion des groupes zoologiques au niveau de la station 1 de Stidia.....	39
Figure 16. Diversité zoologique de la macrofaune de la station 1 de Stidia.....	40
Figure 17. Proportion des groupes zoologiques au niveau de la station 2 de Stidia.....	41
Figure 18. Diversité zoologique de la macrofaune de station 2 de Stidia.....	41
Figure 19. Proportion des groupes zoologiques au niveau de la station 3 de Stidia.....	42
Figure 20. Diversité zoologique du macrofaune de la station 3 de Stidia.....	43
Figure 21. Répartition spatiale de la richesse du peuplement des groupes zoologiques du site de Stidia (Mars-Juin 2011).....	43
Figure 22. Les deux stations du site de Kharouba. A : mode battu et B : mode calme (photos prises en Mai 2011).....	44
Figure 23. Sources de pollution [déchets solides (A) et eaux usées (B)] dans le site de Kharouba (photos prises en Avril 2011).....	44
Figure 24. Proportion des groupes zoologique de la station 1 de Kharouba.....	45
Figure 25. Proportion des groupes zoologiques de la station 2 de Kharouba.....	46
Figure 26. Diversité zoologique de la macrofaune de station 2 de Kharouba.....	46
Figure 27. Variabilité spatiale de la richesse du peuplement des groupes zoologiques du site de Kharouba (Mars-Juin 2011).....	47
Figure 28. A) Les terres agricoles et B) les cabanons à proximité du site de Hadjadj (photos prises en avril 2011).....	48
Figure 29. Proportion des groupes zoologiques de la station 1 de Hadjadj.....	48
Figure 30. Diversité zoologique de la macrofaune de la station 1 de Hadjadj.....	49
Figure 31. Proportion des groupes zoologiques de la station 2 de Hadjadj.....	50

Figure 32. Diversité zoologique de la macrofaune de la station 2 de Hadjadj.....	50
Figure 33. Variabilité spatiale de la richesse du peuplement des groupes zoologiques du site de Hadjadj (Mars-Juin 2011).....	51
Figure 34. Variabilité de la richesse spécifique et de l'abondance de la macrofaune benthique des différentes stations.....	53
Figure 35. Variabilité de la richesse spécifique et de l'abondance de la macrofaune benthique des trois stations choisies :(SSt2 de Stidia et KSt 2 de Kharouba et HSt1 de Hadjadj).....	54
Figure 36. La distribution de l'abondance et de la dominance des groupes zoologiques des trois stations choisies (Mars-Juin 2011).....	55
Figure 37. Les mollusques retrouvés dans les trois sites étudiés : 1) les Monoplacophores (patelles) et 2) les Polyplacophores (photos prises dans le présent travail).....	56
Figure 38. Les mollusques retrouvés dans les trois sites étudiés. 3) Les Gastéropodes : A) Les Gastéropodes (Prosobranches) et B) les Gastéropodes (Opistobranches) (photos prises dans le présent travail).....	57
Figure 39. Les Echinodermes retrouvés dans les trois sites étudiés (photos prises dans le présent travail).....	57
Figure 40. Les Arthropodes retrouvés dans les trois sites étudiés : 1) les Crustacés et 2) les Isopodes (photos prises dans le présent travail).....	58
Figure 41. Les Cnidaires retrouvés dans les trois sites étudiés (photos prises dans le présent travail).....	59
Figure 42. Répartition des valeurs de l'indice de diversité en fonction des stations du site de Stidia.....	61
Figure 43. Répartition des valeurs de l'indice de diversité en fonction des stations du site de Kharouba.....	61
Figure 44. Répartition des valeurs de l'indice de diversité en fonction des stations du site de Hadjadj.....	62
Figure 45. Synthèse des indices de diversité des trois sites étudiés.....	63
Figure 46. Pourcentages (moyenne et écart type), de larves normales (A) et anormales (B) obtenus après exposition des embryons de populations naturelles de <i>P.lividus</i> à l'eau de mer du site de Stidia et aux sédiments des différents sites.....	64
Figure 47. Schéma de protocole expérimental du test de fécondation des oursins adapté par Quiniou 1999. Annexe	77

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Indices de Vigueur, d'Organisation et de Résilience	9
Tableau 2. Liste de la macrofaune benthique du substrat dur des trois sites étudiés.....	52
Tableau 3 (Suite). Liste de la macrofaune benthique du substrat dur des trois sites étudiés.....	53
Tableau 4. Les différents indices de diversité spécifique et de la richesse du peuplement des sites et des stations étudiées	59
Tableau 5. Etats des peuplements en fonction de l'indice d'Equitabilité d'après Daget (1979)..	60
Tableau 6. Les résultats globaux des différents indices de diversité spécifique et de la richesse du peuplement des sites étudiés	62
Tableau 7. Fréquences (moyennes et (<i>écart type</i>)) des différentes catégories de larves obtenues après exposition des embryons de <i>Paracentrotus lividus</i> aux sédiments des différents sites	65
Tableau 8. Résultats des tests d'ANOVA suivi du test de Dunnett des différentes catégories de larves obtenues après exposition des embryons de <i>Paracentrotus lividus</i> aux sédiments des différents sites	65

SOMMAIRE

RESUME

ABSTRACT

الملخص

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION	1
CHAPITRE I. SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE	
1.1. NOTION SUR LES RESEAUX DE SURVEILLANCE.....	3
1.2. CARACTERISTIQUES DE LA ZONE CÔTIÈRE	
1.2.1. Caractéristiques de la zone côtière.....	4
1.2.2. Les écosystèmes marins côtiers	4
1.2.2.1. Les herbiers de posidonies (<i>Posidonia oceanica</i>)	4
1.2.2.2. Les concrétions coralligènes	5
1.2.2.3. Les zones de fonds meubles et fonds rocheux	5
1.2.2.4. Les communautés biologiques profondes de la pleine eau	5
1.2.3. La diversité menacée des écosystèmes côtiers	6
1.2.4. La variabilité des écosystèmes côtiers	7
1.2.5. La "santé" (intégrité) d'un écosystème	7
1.3. GENERALITES SUR LES POLLUANTS MAJEURS EN MILIEUX MARINS CÔTIÈRES	
1.3.1. L'urbanisation	10
1.3.2. Le tourisme	10
1.3.3. L'agriculture	10
1.3.4. La pêche	11
1.3.5. La pollution par les hydrocarbures liée au trafic maritime	11
1.4. LES INDICATEURS DE LA BIODIVERSITE MARINE ET CÔTIÈRE	
1.4.1. Qu'est-ce qu'un indicateur de biodiversité ?	11
1.4.2. Les indicateurs de la qualité de l'environnement marin	12
1.4.3. Concepts et utilisation des bioindicateurs	13
1.4.4. Caractéristiques de l'indicateur	13
1.4.4.1. Indicateurs de réponse	14
1.4.4.2. Indicateurs d'état	14
1.4.5. Exemples d'espèce indicatrice de la qualité des eaux marines	14
1.5. LES CARACTERISTIQUES ECOLOGIQUES DES CÔTES MEDITERRANNEES	
1.5.1. La mer Méditerranée et ses caractéristiques générales	14
1.5.1.1. L'écosystème méditerranéen et la biodiversité	15
1.5.1.2. Particularités des côtes rocheuses méditerranéennes	17
1.5.2. Caractéristiques de la côte algérienne	17
1.5.2.1. Caractéristiques et état actuel de la biodiversité marine des substrats durs	18
1.5.2.2. Etat du milieu marin côtier en Algérie	19

1.6. EXEMPLE DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE "OURSINS" : OUTILS D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES MILIEUX CÔTIERS

1.6.1. Position Systématique et répartition géographique de l'oursin <i>Paracentrotus lividus</i>	22
1.6.2. Description de l'anatomie de l'oursin	22
1.6.3. Écologie	23
1.6.4. Reproduction	24
1.6.5. Développement larvaire chez les oursins	25

CHAPITRE II: MATERIEL ET METHODES

2.1. CHOIX DES STATIONS ETUDIEES

2.1.1. La station de Stidia	28
2.1.2. La station de Hadjadj (Ex- Bosquet)	28
2.1.3. La station de Kharouba	30

2.2. METHODES DE TERRAIN

2.2.1. Détermination des différents peuplements benthiques de l'étage médiolittorale des sites étudiés	31
2.2.1.1. Prélèvement de la macrofaune benthique	31
2.2.2. Les tests de la qualité du développement embryonnaire des populations naturelles de <i>P. lividus</i> (L.).....	32
2.2.2.1. Prélèvement d'oursin	32
2.2.2.2. Prélèvement du sédiment	32

2.4. METHODE D'ANALYSE

2.4.1. La Détermination et l'identification des espèces	33
2.4.2. Le calcul des indices biologiques	33
2.4.2.1. Richesse spécifique (S)	33
2.4.2.2. Abondance (A)	34
2.4.2.3. Indices de diversité	34
2.4.2.3.1. Indice de Shannon-Wiener (H')	34
2.4.2.3.2. Indice d'équitabilité de Piélou (J')	35
2.4.3. Mode opératoire du test de la qualité des milieux marins côtiers	35
2.4.3.1. Méthodes utilisées pour l'obtention des gamètes	35
2.4.2.2. Test de la qualité du développement embryonnaire de <i>P. lividus</i>	37

CHAPITRE III. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. EVALUATION DE LA COMPOSITION DE LA MACROFAUNE

3.1.1. Détermination de la richesse spécifique des différents sites étudiés	38
3.1.1.1. Le site de Stidia	38
3.1.1.1.1. Station 1 (SSt1)	39
3.1.1.1.2. Station 2 (SSt2)	40
3.1.1.1.3. Station 3 (SSt3)	42
3.1.1.2. Le site de Kharouba	44
3.1.1.2.1. Station 1 (KSt1)	45
3.1.1.2.2. Station 2 (KSt2)	45
3.1.1.3. Le site de Hadjadj	47
3.1.1.3.1. Station 1 (HSt1)	48
3.1.1.3.2. Station 2 (HSt2)	49

3.1.2. Composition de la macrofaune des côtes rocheuses de Mostaganem	51
3.2. LA DIVERSITE SPECIFIQUE	
3.2.1. Le site de Stidia	60
3.2.2. Le site de Kharouba	60
3.2.3. Le site de Hadjadj	61
3.3. SYNTHESE DES RESULTATS DE L'EVALUATION DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE	62
3.4. DETERMINATION DU SYSTEME ALGALE DES SITES ETUDIES	63
3.4.1. Les différentes espèces algales identifiées au niveau du site de Stidia	63
3.5. EVALUATION BIOLOGIQUE DE LA QUALITE DU MILIEU MARIN A TRAVERS LE DEVELOPPEMENT LARVAIRE DE L'OURSIN <i>Pacentrotus lvidus</i>	64
3.6. DISCUSSION GENERALE	67
CONCLUSION	69
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	71
ANNEXES	
6.1. Annexe 1. schéma de protocole expérimental du test de fécondation des oursins adapté par Quiniou 1999.....	77
6.1. Annexe 2. liste de la macrofaune benthique du substrat dur	78

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les écosystèmes méditerranéens présentent un intérêt écologique majeur par rapport aux autres zones biogéographiques de la biosphère. Ils possèdent, en particulier, une richesse spécifique qui les place immédiatement après les écosystèmes tropicaux, en termes de biodiversité (Krakimel, 2003). Le bassin méditerranéen, zone marine à plus haute concentration des routes commerciales, connaît depuis fort longtemps de graves problèmes environnementaux (pollution, dégradation des ressources marines, des sols...) (Doglioli, 2010). Ces polluants menacent fortement la santé publique (Kebir, 1996). Les écosystèmes marins côtiers sont des milieux de plus en plus affectés par cette activité humaine. L'industrialisation et le développement des villes et des sociétés humaines en zone côtière, sont les principales causes de l'augmentation de la pression écologique exercée sur ces milieux (Ghodbani et Semmoud, 2010).

Le littoral en Algérie n'échappe pas lui aussi à cette urbanisation accrue des villes, où les zones côtières sont aussi exposées aux pollutions, nuisances et autres dégradations de l'environnement, résultant du développement des activités économiques (Kacemi, 2008). Plus de 75 % des pollutions marines de ces zones côtières sont d'origine terrestre, notamment agricole (Bachari-Houma, 2009).

Parmi les côtes algériennes, on retrouve celles de Mostaganem, qui s'étendent sur 20 Km de côtes, où les rejets urbains des agglomérations côtières représentent l'une des principales sources de la pollution. La région de Mostaganem, représente le parent pauvre en étude de la biodiversité marine. Aussi, aucune étude de suivi et d'impact de cette pollution n'a été réalisée au niveau de ces zones côtières. Il est donc important, dans cette région de commencer à faire les inventaires de la faune et la flore, afin d'établir des listes des espèces pour estimer dans un premier temps la biodiversité de ces côtes. Et dans un deuxième temps de rechercher les espèces que l'on peut utiliser dans un réseau de biosurveillance pour faire le suivi et déterminer l'impact de la pollution au niveau de ces zones côtières.

Par ailleurs, on retrouve les espèces de la macrofaune benthique, utilisées comme bioindicateurs, qui présentent de nombreux avantages et sont de plus en plus abondamment prises en compte dans les réseaux de biosurveillance par les chercheurs (Belanger, 2009; Blanchet, 2004).

Les communautés de la macrofaune benthiques intègrent les perturbations de l'environnement et répondent par des fluctuations de leurs paramètres de structure, comme le nombre d'espèces et l'abondance par exemple. (Bayed et Bazairi, 2008).

Notre étude se propose donc, de contribuer à évaluer la qualité des eaux côtière en établissant d'une part, un inventaire de la macrofaune du médiolittorale, et d'autre part d'estimer la qualité des eaux côtière à travers un bioindicateur: l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) communément utilisé. Cet oursin nous est apparu comme un bon outil pour évaluer la qualité des eaux côtières de Mostaganem pour différentes raisons :

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

Le développement embryonnaire chez l'oursin est bien quantifié (Kobayashi, 1981 ; Pagano *et al.*, 1988 ; Soualili, 2008) ;

Paracentrotus lividus tient un rôle clé dans l'écosystème méditerranéen (herbier de Posidonies notamment) (Boudouresque et Verlaque, 2001).

Le but final recherché par cette étude, est de pouvoir déterminer l'état de santé des plages étudiées à partir de l'utilisation de la macrofaune benthique comme outil de diagnostic de la qualité de ces milieux.

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

- Identification et description des principaux peuplements de la macrofaune, existants au niveau des sites étudiés, afin d'avoir une idée globale de la biodiversité marine de l'étage médiolittoral;

- Déterminer la qualité des milieux côtiers des zones étudiées, à travers l'estimation de la qualité du développement embryonnaire de l'oursin *Paracentrotus lividus*.

Le présent travail comporte trois grands chapitres où on retrouve:

- * le chapitre 1, consacré à la synthèse bibliographique, présentant des généralités sur les réseaux de surveillance, les caractéristiques de la zone côtière, les polluants majeurs en milieu marin côtier, les caractéristiques écologiques des côtes Méditerranéennes et enfin l'intérêt d'utilisation de l'oursin *P. lividus* comme bioindicateur de la qualité des milieux côtiers marins;

- * Le deuxième chapitre décrit les prélèvements, le traitement des échantillons et les méthodes et techniques analytiques utilisées;

- * La troisième chapitre de l'étude est consacré aux résultats obtenus qui sont ensuite analysés et discutés.

CHAPITRE I

SYNTHESE

BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I. SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. NOTION SUR LES RESEAUX DE SURVEILLANCE

Le milieu marin et les ressources qui lui sont associées constituent des enjeux nationaux et internationaux majeurs en matière d'économie et de santé publique. Le milieu marin et la bordure littorale constituent un réceptacle recevant des rejets urbains et industriels contenant une grande variété de polluants (Blanchet, 2004).

De cette pression anthropique croissante, le milieu marin, et en particulier le littoral, subit en de nombreux endroits des perturbations impliquant la diminution de la richesse spécifique et de la ressource, l'apparition de pathologies chez les organismes marins, conséquences d'une modification des habitats et d'une contamination des compartiments biotiques et abiotiques croissants. Cette altération de la qualité des eaux littorales et des écosystèmes peut parfois se traduire par une atteinte à la santé des usagers (Berland, 1996; Krakimel, 2003).

Fort de ce constat, la protection du milieu marin nécessite un contrôle des apports à la mer, la surveillance de la qualité des eaux littorales et la gestion des ressources. L'organisation de réseaux au niveau national ou régional permet de répondre à trois questions majeures:

* Y'a t-il détérioration ou amélioration de la qualité des eaux littorales et des écosystèmes associés ?

* Les changements du milieu naturel sont-ils la conséquence de perturbations anthropiques ?

* Quelles sont les actions à mener en termes de prévention, en cas d'altération du milieu marin ?

L'évaluation globale de la qualité du milieu marin implique de prendre en compte les mesures de divers paramètres et de les confronter. Il s'agit :

* Des paramètres physicochimiques (température, salinité, turbidité, pH, O₂ dissous, sels nutritifs, métaux lourds, hydrocarbures, composés organochlorés, etc...) dans l'eau, dans les sédiments, dans la matière vivante permettant d'apprécier les caractéristiques globales de l'environnement;

* Des paramètres biologiques tels que l'abondance, la richesse spécifique, la capacité de résistance des organismes à la contamination, des mesures d'effet (Queguiner, 2009).

A l'échelle de la planète, les réseaux couvrent une grande variété d'espaces littoraux et intègrent la mesure de nombreux paramètres selon des techniques diverses. L'objectif des scientifiques est de mieux comprendre les perturbations causées par les espaces urbains au milieu naturel pour préserver le bon état écologique de la mer.

1.2. CARACTERISTIQUES DE LA ZONE CÔTIÈRE

1.2.1. La zone côtière

La zone côtière est une zone de transition entre les écosystèmes purement terrestres et les écosystèmes purement marins. Cette zone de transition est aujourd'hui considérée comme une composante importante de la biosphère à la fois pour la diversité des types d'écosystèmes et dans la diversité des ressources (Queguiner, 2009).

La zone côtière est une zone d'interactions intenses où les processus globaux à dominante continentale et les processus globaux à dominante océanique se recouvrent et interagissent avec pour conséquence la mise en place de différents types d'écosystèmes, tous caractérisés par diverses particularités environnementales (climatiques, géomorphologiques, physiques, chimiques et biologiques) (Berland, 1996). Les écosystèmes naturels de la zone côtière sont, de ce fait, sujets à des changements variables qui vont aboutir à la formation de systèmes côtiers originaux, dynamiques et productifs mais, aussi, vulnérables à des pressions additionnelles liées en particulier à l'anthropisation croissante des côtes (Blanchet, 2004). Cette dernière provient essentiellement de la forte urbanisation de ces côtes. Il est à noter qu'actuellement, près de 50% de la population terrestre (soit 2,5 milliards d'habitants), vit à moins de 150 Km des côtes. Au cours des 50 prochaines années, ce chiffre devrait passer à plus de 6 milliards, un chiffre supérieur à la totalité de la population mondiale actuelle (Queguiner, 2009).

1.2.2. Les écosystèmes marins côtiers

1.2.2.1. Les herbiers de posidonies (*Posidonia oceanica*)

L'espèce *Posidonia océanica* (L.) Delile, est une espèce endémique de la Méditerranée, abondante entre 0 et 50 m de profondeur sur une large partie de la côte. Elle, joue un rôle écologique clé souvent comparé à celui de la forêt (Gaynor, 2009).

Les herbiers de posidonies constitue le premier écosystème de Méditerranée en termes de biodiversité, puisqu'ils abritent un quart des espèces marines recensées, pour une surface évaluée

à seulement 1,5 % des fonds (Boudouresque *et al.*, 2006). Lieu de frayère et de nurserie pour de nombreuses espèces commerciales, ils constituent l'un des habitats sensibles pour le maintien d'une pêche artisanale. Facteur important de l'oxygénation de l'eau, ils piègent et fixent les sédiments, protégeant ainsi le littoral de l'érosion et favorisent la transparence de l'eau, atout important pour le tourisme balnéaire. Enfin leurs racines forment la matre qui piège sur des temps longs du carbone, contribuant ainsi à l'absorption du CO₂ anthropique (Mangos *et al.*, 2010).

1.2.2.2. Les concrétions coralligènes

Les concrétions coralligènes sont édifiées par l'accumulation d'algues calcaires qui se développent dans des conditions de faible luminosité, entre 40 et 120 m de profondeur, ou près de la surface dans les grottes ou sur les parois verticales. Elles abritent une très grande diversité d'invertébrés fixés. Par ailleurs, elles constituent le deuxième écosystème de Méditerranée en termes de biodiversité caractérisée par un fort taux d'endémisme. Un grand nombre des espèces présentes offre un intérêt commercial, certaines font l'objet d'une exploitation traditionnelle très ancienne (éponges, corail rouge, etc...) (Mangos *et al.*, 2010).

1.2.2.3. Les zones de fonds meubles et fonds rocheux

Les zones de fonds meubles et fonds rocheux, représentent les autres écosystèmes de faibles fonds (0-100m) (Mangos *et al.*, 2010). Ces zones sont très diversifiées et riches en espèces de faune et flore qui présentent un fort intérêt en termes de sensibilité à la qualité de l'eau. Ce sont des lieux d'une intense production biologique reposant sur une forte production primaire (phytoplancton et végétaux benthiques marines), dont l'enrichissement des eaux côtières en matière organique et minérale d'origine terrestre représente l'élément moteur de cette forte production (Frontier *et al.*, 2008; Kantin *et al.*, 2006).

1.2.2.4. Les communautés biologiques profondes de la pleine eau

Au-delà de 100m de profondeur, les communautés biologiques présentent un caractère endémique marqué, surtout au niveau des points remarquables de biodiversité comme les canyons, les coraux profonds ou les montagnes sous marines. Ces écosystèmes particuliers sont extrêmement fragiles, sensibles aux macro-déchets et aux polluants chimiques. Ils font actuellement l'objet de procédures de protection, notamment *via* l'interdiction de certains modes de pêche (Mangos *et al.*, 2010) (Figure 1).

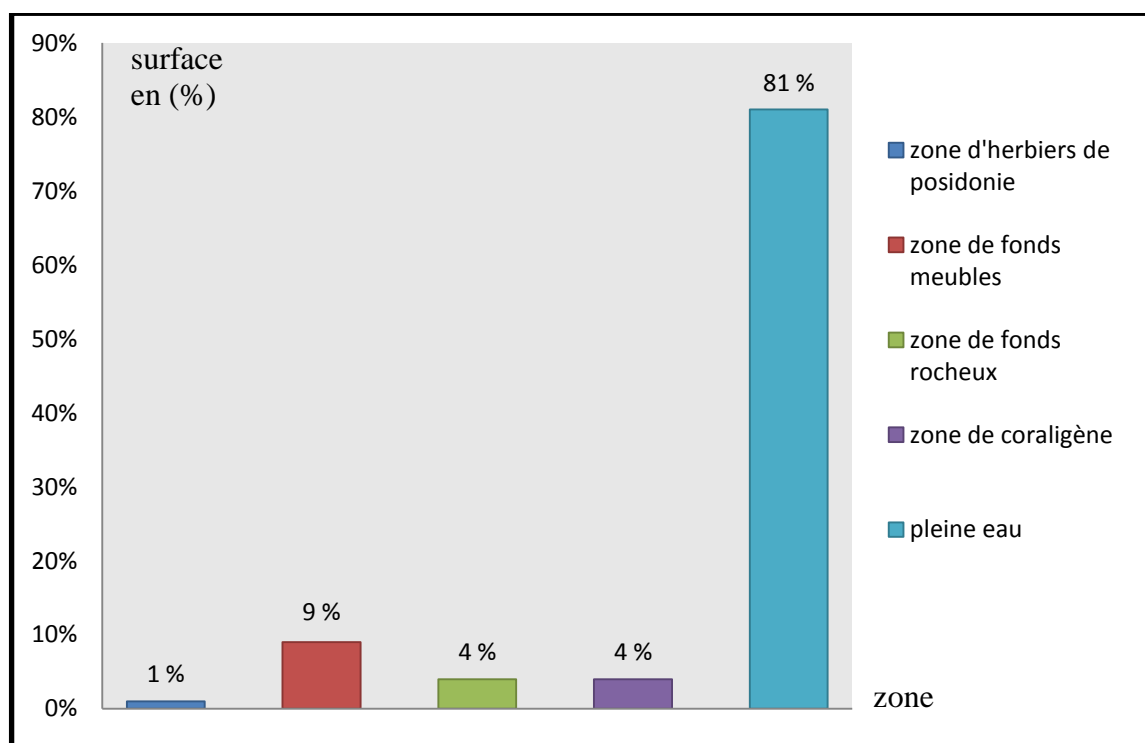


Figure 1. Répartition des surfaces par les écosystèmes marins en Méditerranée
(Source : Plan Bleu. Univ. Nice Sophia Antipolis).

1.2.3. La diversité menacée des écosystèmes côtiers

La zone côtière est le foyer d'un nombre important de communautés biologiques distinctes incluant les récifs coralliens, les mangroves, les prés salés et les zones humides, les herbiers de phanérogames et les champs d'algues, les assemblages estuariens ou encore les lagunes, les forêts et les prairies côtières. Cette diversification des écosystèmes côtiers est le reflet d'adaptations spécifiques à plusieurs facteurs environnementaux agissant de façon concomitante : des environnements marins de faible profondeur ; des fluctuations entre des conditions marines et dulçaquicoles ou encore entre des conditions aquatiques et terrestres. Ces conditions environnementales particulières sont elles mêmes liées à l'interaction d'éléments atmosphériques, marins, dulçaquicoles et terrestres à la frontière entre les océans et le continent. Dans les écosystèmes côtiers, vont ainsi se mettre en place des habitats qui seront sujets à des régimes trop extrêmes pour des organismes purement terrestres ou purement aquatiques : forts gradients de salinité, alternance émergence-immersion, fluctuations de l'hydrologie et des apports d'énergie à haute fréquence. (Stirn, 1982; Queguiner, 2009).

1.2.4. La variabilité des écosystèmes côtiers

Les conditions environnementales auxquelles sont soumis les écosystèmes côtiers ne sont pas constantes mais au contraire varient de façon périodique, saisonnière et annuelle, ou apériodique, suivant les oscillations caractéristiques des grands cycles du climat. Sur le plan géographique, les écosystèmes côtiers se distinguent entre eux par leur taille allant du plus petit estuaire jusqu'aux fjords ou aux baies et rades côtières. Bien que leurs tailles diffèrent de plusieurs ordres de grandeur, ces systèmes vont cependant montrer des propriétés communes et des processus particuliers qui vont être déclinés selon l'appartenance à une zone climatique donnée.

Un écosystème donné peut varier de plusieurs façon (modifications de la diversité, de la production, etc....) sur des échelles de temps journalière à décennale. Les écosystèmes côtiers seront, donc, le siège d'une forte variabilité à diverses fréquences résultant des modifications des régimes de courant, de la force des vagues (liée elle-même aux régimes de vents), de l'intensité des marées, des conditions climatiques régionales, des processus géomorphologiques ou encore des apports de nutriments ou de substances chimiques provenant du continent, de l'atmosphère ou de l'océan. Au cours des dernières décennies, l'Homme a accéléré le rythme des changements imposés aux systèmes naturels. Les impacts, autrefois locaux ou régionaux, sont maintenant globaux et affectent le climat de la planète (Queguiner, 2009).

Les écosystèmes marins côtiers subissent des modifications permanentes des vitesses de production, de l'abondance des organismes et de la structure des communautés. Les premières études indiquent que, en réponse à l'augmentation régulière de l'impact anthropique, les fluctuations d'abondance et de production sont souvent soudaines et imprévisibles. Les grandes oscillations climatiques semblent jouer un rôle majeur, souvent cependant mal appréhendé, dans la variabilité des écosystèmes marins et notamment celle des écosystèmes côtiers (Queguiner, 2009).

1.2.5. La "santé" (intégrité) d'un écosystème

Les différents experts scientifiques, admettent que beaucoup de biotopes de la zone côtière sont en mauvaise santé. Puisqu'il n'existe pas de critère ni de références communément acceptés, le principal souci est le risque encouru suite à l'exposition à des organismes pathogènes ou à des substances toxiques présents dans l'eau de mer, le sédiment ou les espèces. Pour d'autres, la santé des écosystèmes réside dans la possibilité de disposer d'eaux propres et dans la fonctionnalité du système qui permet de maintenir une productivité optimale tout au long de la chaîne trophique (Monbet, 2004).

La métaphore de la « santé » des écosystèmes par analogie à celle de la santé humaine n'est pas récente. Elle est utilisée depuis près d'un demi-siècle. Toutefois, en pratique, la santé des écosystèmes est rarement bien définie (tant qualitativement que quantitativement) et il existe des limitations tant pratiques que théoriques dans l'application de ce concept. En l'état actuel de nos connaissances, il est souvent difficile de dire, à partir de l'observation des modifications subies par un écosystème, si celles-ci sont bénéfiques ou au contraire désastreuses. De plus, des changements identiques peuvent être bon pour certains et mauvais pour d'autres selon la valeur que chacun leur accorde. D'après le tableau 1, des progrès récents ont été faits dans la conceptualisation et la mesure de la santé des écosystèmes (Rapport *et al.*, 1998; Costanza et Mageau, 1999; Boesh et Paul, 2001), qui nous permettent de décrire et mesurer plus efficacement la santé des écosystèmes. Costanza et Mageau (1999) proposent la définition suivante:

Un système écologique est sain et ne présente pas de « syndrome de détresse » si il est stable et pérenne, c'est à dire qu'il est actif et maintient son organisation et son autonomie dans la durée et s'il est résilient face à d'éventuels stress. La notion de santé des écosystèmes doit faire appel à la fois à la structure (les espèces et les populations qui en font partie) et à la fonction (flux d'énergie dans le réseau trophique) de l'écosystème. Costanza (1992) a passé en revue les limitations des différents concepts de la santé des écosystèmes et a conclu que cette notion devait inclure trois composantes: Vigueur, Organisation et Résilience (V-O-R) (Tableau 1).

- **La vigueur** d'un système est simplement la mesure de son activité, de son métabolisme ou de sa productivité. Par exemple la production primaire brute dans un système écologique et la production nationale brute dans un système économique.

- **L'organisation** représente le nombre et la diversité des interactions entre les composantes du système (complexité des relations trophiques et autres interactions). L'organisation d'un système est reflétée non seulement par sa diversité spécifique, mais également par le degré de connectivité entre les différentes espèces constitutives.

- **La résilience** concerne l'aptitude du système à maintenir sa structure et à conserver sa résistance face à des stress variés et répétés plus ou moins sévères. Le concept de résilience d'un système englobe deux notions : la première se réfère au temps que met le système à se relever d'un stress (Pimm, 1984), c'est à dire le temps qu'il lui faut pour retrouver son état initial et la deuxième concerne l'intensité du stress que peut supporter le système (Holling, 1986). C'est à dire à quel degré de stress le système ne retrouvera jamais son état initial.

Un écosystème en bonne santé est donc celui qui produit activement (V), maintient son organisation biologique dans la durée (O), et sa résilience face au stress (R) (Monbet, 2004).

Tableau 1. Indices de Vigueur, d'Organisation et de Résilience. (PPB= Production Primaire Brute ; PPN= Production Primaire Nette).

Indices de santé	Concepts	Mesures	Origine	Méthodes
Vigueur	Fonction Production	PPB, PPN, Métabolisme	Ecologie Economie Biologie	Mesure
Organisation	Structure Biodiversité	Indice de diversité Information mutuelle moyenne Prédictabilité	Ecologie	Analyse du réseau
Résilience		Scope for Growth Temps de recuperation de l'écosystème (Pimm, 1984) Capacité de résistance au stress (Holling, 1986). Ascendance	Ecologie	Modèles de simulation
Combinaisons		Indice biotique d'intégrité	Ecologie	

1.3. GENERALITES SUR LES POLLUANTS MAJEURS EN MILIEUX MARINS CÔTIERS

Plus de 80 % des pollutions viennent de la terre, causée par les rejets d'origine anthropique arrivant par ruissellement et déversement des rejets directement de différentes formes de pollution. Les conséquences de ces pollutions sont diverses. Les matières en suspension peuvent étouffer des écosystèmes de grand intérêt, les nutriments provoquent la prolifération des macroalgues et du phytoplancton opportuniste. Les micropolluants perturbent la physiologie des espèces et se concentrent dans les sédiments et le long des chaînes trophiques jusqu'à l'homme. Ainsi, plusieurs sources de pollution menacent la mer Méditerranée (UNEP, 2011).

1.3.1. L'urbanisation

Dans la région méditerranéenne, il existe vingt et un états qui comptent plus de 400 millions résidants. Ce chiffre devrait passer à 520-570 millions en 2030, pour atteindre approximativement 600 millions en l'an 2050 et, éventuellement, plus de 700 millions à la fin du 21ème siècle. La concentration croissante de personnes (presque 35 % vivent dans les zones côtières) entraîne cependant l'augmentation d'activités pour satisfaire aux besoins humains donc l'augmentation de taux des déchets et donc les risques de pollution sur la qualité et la quantité des ressources naturelles. Sans oublier les effets des déchets solides municipaux, les matières plastiques représentent à elles seules 75% des déchets de surface et des fonds marins en Méditerranée.

L'absence d'installations de traitement des eaux usées est un grand problème dans la région méditerranéenne, quelques 48 % des centres urbains sont dépourvus d'installations de traitement des eaux usées, avec pour conséquence le déversement de plus de trois milliards m³ d'eaux non traitées dans la mer par an. S'ajouté à ses pollutions, l'augmentation des activités industrielles liées à l'urbanisation donc la pollution (Albakjaji, 2011).

1.3.2. Le tourisme

Le tourisme constitue actuellement la première source de devises étrangères de la région. Mais beaucoup ignorent l'importance de protéger l'environnement et d'appliquer les normes du développement durable. Le nombre des touristes va passer à 235-250 millions en 2025. L'incidence du tourisme intensif sur l'environnement se traduit par l'utilisation des terres, la consommation des ressources d'eau, la pollution, les déchets et les pressions physiques et socioculturelles, la réduction des sites naturels et des espaces libres, la modification substantielle des paysages côtiers ainsi que des conflits sur l'utilisation des terres, de l'eau et des autres ressources (Albakjaji, 2011 et UNEP, 2011).

1.3.3. L'agriculture

En raison de la morphologie spécifique du bassin Méditerranéen, l'activité agricole est pratiquée de façon intensive dans des plaines côtières restreintes. L'agriculture constitue la principale source non ponctuelle de pollution de la mer Méditerranée, l'utilisation de produits chimiques dans l'agriculture fait que les eaux de ruissellement emportent des pesticides, des nitrates et des phosphates. Les pesticides sont présents dans un tiers des rejets agricoles et que l'on retrouve dans 90 % des cours d'eau. Les agriculteurs qui consomment près des 2/3 de l'eau utilisée pour l'arrosage des cultures et des plantes, sont les principaux responsables de la pollution par les nitrates et les pesticides. Les impacts de l'agriculture dans les modifications de l'environnement côtier du bassin Méditerranéen sont plus indirects que directs:

- Dans la plupart des pays, tous les types de pratiques agricoles et d'utilisation des terres sont traités comme des sources diffuses de pollution aquatique et sont donc difficiles à quantifier. Les terres agricoles constituent l'une des ressources où les pressions du développement sont les plus fortes, notamment sur la bande littorale étroite bordée de régions désertiques sur la côte sud;

- Les principales pressions issues de l'agriculture correspondent à l'érosion du sol et au surplus de nutriments lorsque des engrais sont utilisés en excès (UNEP, 2011).

1.3.4. La pêche

Les espèces sont menacées, en premier lieu, par la surpêche surtout dans les pays du sud de la Méditerranée, qui sont des pays en voie de développement où la protection de l'environnement n'est pas parmi leurs priorités, et qui n'appliquent pas des politiques strictes pour protéger le milieu marin. D'autre part, la pêche excessive menace la pérennité de certains stocks, tandis que la biodiversité est perturbée par l'intrusion d'espèces non indigènes (Albakjaji, 2011; UNEP, 2011).

1.3.5. La pollution par les hydrocarbures liée au trafic maritime

Les activités industrielles existant autour du bassin méditerranéen menacent la mer Méditerranée. Certaines zones en présence des industries lourdes telles que les industries chimiques et pétrochimiques, sont plus menacées que les autres régions. Avec plus de 200 installations pétrochimiques et énergétiques, usines chimiques et unités de production de chlore et quelques 80 grands cours d'eaux charriant une charge importante de pollution provenant de l'amont, le bassin méditerranéen se trouve à l'heure actuelle dans un état de détérioration. Une soixantaine de raffineries de pétrole déversent chaque année près de 20.000 tonnes d'hydrocarbures dans la mer. Il est connu que, les activités industrielles ont des effets néfastes sur l'environnement, comme les rejets des déchets dangereux dans les cours des eaux qui finissent toujours dans la mer donc des risques sur l'écosystème. A ceci, s'est ajoutée la pollution atmosphérique engendrée par ces activités. Aussi, la mer Méditerranée est menacée par la pollution pétrolière liée au trafic maritime qui est un trafic dense et en même temps la Méditerranée est une route importante de transit pour transporter les marchandises (Albakjaji, 2011).

1.4. LES INDICATEURS DE LA BIODIVERSITE MARINE ET CÔTIÈRE

1.4.1. Qu'est-ce qu'un indicateur de biodiversité ?

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

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

On peut distinguer deux types d'indicateurs :

- * Les descripteurs simples décrivant une situation isolée, mesurée ou observée (exemple: tonnage d'algues collectées). Il s'agit de variables indicatrices, dans le sens où elles permettent de caractériser indirectement l'état du milieu, soit par la mesure, soit par l'estimation à l'aide d'un modèle;

- * Les descripteurs composites, obtenus à partir de l'agrégation d'un ensemble d'informations scientifiques et de données de terrain ; on parle aussi d'indice (Blanpain, 2003).

1.4.2. Les indicateurs de la qualité de l'environnement marin

Certaines espèces sont plus sensibles que d'autres et nécessitent des conditions particulières pour se maintenir dans leur milieu naturel. Lorsque les conditions du milieu naturel sont altérées, par exemple dans le cas de contamination par des polluants, ces espèces peuvent être affectées de plusieurs façons reflétant ainsi le déséquilibre des conditions initiales du milieu naturel. De telles espèces sont appelées indicateurs biologiques (ou indicateurs écologiques) en raison de leur capacité à caractériser l'état d'un écosystème soumis à un stress environnemental, ainsi qu'à permettre de détecter ou prévoir des changements significatifs pouvant survenir à l'intérieur de ce même écosystème (Belanger, 2009).

Les organismes vivant sur/ou dans les sédiments marins (macrobenthos) présentent souvent une mobilité réduite. La plupart d'entre eux possèdent également des stades larvaires sensibles. Cette double caractéristique les rend extrêmement dépendants des variations de leur environnement. Toute perturbation significative de l'environnement induit des modifications de la composition spécifique du macrobenthos. Ces modifications suivent des évolutions comparables au fur et à mesure que l'on s'éloigne dans l'espace de la perturbation. Ce processus s'accompagne en général d'une diminution de la biodiversité. L'analyse de la composition spécifique du macrobenthos est souvent utilisée comme indicateur de la qualité des habitats marins (Grémare, 2007).

Un bioindicateur est un élément appartenant au monde du vivant (molécule, végétal, animal, fongique, etc...) donnant des informations sur son milieu et son environnement. Du fait de

leurs particularités écologiques, ces bioindicateurs constituent l'indice précoce de modifications biotiques ou abiotiques de l'environnement dues à des activités humaines.

On distingue deux types de bioindicateur:

* Les bioindicateur d'accumulation : Il s'agit d'organisme, partie d'organisme ou communauté d'organismes qui accumulent certaines substances présentes dans son environnement;

* Les bioindicateur d'effet ou d'impact: Il s'agit d'organisme, partie d'organisme ou communauté d'organismes qui présentent des modifications ou non en fonction de leur exposition à diverses substances présentes dans leur environnement. Ces modifications proportionnelles ou non à l'exposition se traduisent entre autres, par des modifications d'ordre morphologique, cellulaire, comportementale, etc...

En plus des caractéristiques de l'indicateur, le bioindicateur doit être bien connu sur le plan scientifique (alimentation, reproduction, voie d'exposition au polluant, place dans la chaîne alimentaire, etc...

1.4.3. Concepts et utilisation des bioindicateurs

La surveillance de la qualité de l'environnement peut se faire suivant deux approches:

(i) la détection des polluants et leur quantification; (ii) l'évaluation des effets des polluants sur les organismes vivants, soit au niveau des individus, soit au niveau des populations et / ou communautés. Aucune de ces approches ne se suffit à elle-même pour fournir des informations fiables et complètes sur l'état de l'environnement. Il est aujourd'hui admis que c'est de l'association de ces différentes approches que dépend une évaluation pertinente de la qualité de l'environnement. Ainsi, les bioindicateurs peuvent être utilisés dans des programmes de surveillance des milieux aquatiques pour:

- Emettre des signaux précoces de problèmes environnementaux;
- Identifier les relations de cause à effet entre les altéragènes et les effets biologiques;
- Evaluer l'état de stress global de l'environnement à travers différentes réponses d'organismes indicateurs;
- Evaluer l'efficacité de mesures réparatrices sur la santé des systèmes biologiques (Perez *et al.*, 2000).

1.4.4. Caractéristiques de l'indicateur

Un indicateur efficace doit répondre à plusieurs critères:

- Robuste, fiable, précis: il doit refléter effectivement les variations de ce qu'il est censé synthétiser;

- Compréhensible et utilisable par tous les acteurs (protocole simple et applicable d'année en année);
- Met en évidence les liens entre les différents composants de l'écosystème;
- Faible coût.

1.4.4.1. Les indicateurs de réponse

Ils illustrent l'état d'avancement des mesures prises en faveur de la restauration, de la protection et/ou de la gestion des écosystèmes et de la biodiversité.

1.4.4.2. Les indicateurs d'état

Ils se rapportent à la qualité et la quantité de la diversité génétique, spécifique et écosystémique. Exemple : État de la diversité spécifique ; indicateurs relatifs à la population d'une seule espèce (espèce indicatrice); richesse spécifique (taille de population et variations); aire de répartition; probabilité d'extinction (Monbet, 2004).

1.4.5. Exemples d'espèce indicatrice de la qualité des eaux marines

Ces espèces, qui disparaissent dans les milieux pollués parce que leur faible capacité d'adaptation les rend particulièrement sensibles à un contaminant. C'est le cas des oursins, de la phanérogame marine *Posidonia oceanica* ou encore de l'algue *Cystoseira stricta*, caractéristique des zones rocheuses, agitées et bien aérées. La posidonie est un excellent indicateur écologique de la qualité des eaux aussi bien au niveau populationnel qu'individuel. Par exemple, la position bathymétrique de la limite inférieure de la population est un bon indicateur de la transparence des eaux sus-jacentes. Au niveau individuel, la Posidonie fournit aussi des renseignements sur la qualité des eaux grâce à la longueur moyenne de ses feuilles pouvant subir en milieu pollué une importante réduction de croissance (jusqu'à 50%) et grâce aussi au nombre de ses cellules à tanin qui augmente dans les zones turbides, proches des émissaires. Quant à la cystoseire, sa disparition se note en zone du débouché en mer de l'émissaire d'eaux usées.

1.5. LES CARACTERISTIQUES ECOLOGIQUES DES CÔTES MEDITERRANNEES

1.5.1. La mer Méditerranée et ses caractéristiques générales

La Méditerranée est une mer intérieure profonde, semi-fermée, tempérée, avec un plateau continental étroit qui possède, malgré sa faible productivité, une forte diversité biologique (Doglioli, 2010). Elle est divisée en deux bassins principaux : le bassin occidental à l'est et le bassin oriental à l'ouest. (Kantin *et al.*, 2006). La Méditerranée, seule mer située entre trois continents, Europe-Asie-Afrique, est unique par sa diversité topographique et le cloisonnement par des seuils

en bassins profonds distincts et en autant de mers secondaires. Elle baigne 23 pays le long de ses 46 000 Km de côtes. (Doglioli, 2010).

Elle couvre environ 2,5 millions de Km² (5 fois la superficie de la France), soit moins de 0,8 % de l'Océan mondial ou seulement un 1/35^{ème} de l'océan Atlantique. La Méditerranée est une mer étroite, sa largeur ne dépasse pas 432 milles nautiques (environ 800 Km) entre Gênes et Tunis et il n'y a point de côte à plus de 200 milles (= 370 Km). Sa profondeur moyenne est de 1650 m (3800 m dans l'Océan mondial), et sa profondeur maximale atteint 5093 m, ce qui est un peu moins de la moitié de la fosse la plus profonde du Pacifique. Cette mer est isolée, ne correspondant que par le détroit de Gibraltar avec l'Atlantique et par le canal de Suez avec la Mer Rouge. La mer Méditerranée (avec la mer noire et la mer d'Azov) couvre une superficie de 3 Millions de Km². En Méditerranée, les estimations tournent autour de 10 000 à 12 000 métazoaires (7091 cités dans la bibliographie) soit 6 à 7 % de la faune mondiale. (Fischer *et al.*, 1987).

La température de l'eau en surface variable suivant la saison (entre 21 et 30°C l'été et entre 10 et 15 °C l'hiver), elle augmente d'Ouest en Est, à partir de 100 à 200 m la température devient constante ($\pm 13^\circ\text{C}$). La salinité est en moyenne de 38 ‰, augmente d'Est en Ouest (de 37‰ à 39‰). (Kantin *et al.*, 2006).

1.5.1.1. L'écosystème méditerranéen et la biodiversité

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

Le terme **Biodiversité** (Bios = vie" => Diversité de la vie) et c'est l'écosystème marin qui est le plus riche en terme de diversité d'espèces. La biodiversité est l'ensemble du vivant végétal et animal. Chaque interaction entre deux êtres vivants est une valeur conditionnelle de l'équilibre de la vie. Les interactions entre l'homme et la nature sont aujourd'hui une source de déséquilibre qui met en danger la biodiversité et par là même, l'avenir de l'espèce humaine.

La mer Méditerranée abrite 8 à 9 % de sa biodiversité, 10 000 à 12 000 espèces de végétaux et d'animaux ont été recensées en Méditerranée. Parmi ces espèces, on retrouve 650 espèces de poissons (dont les 3/4 vivent dans les 50 premiers mètres de profondeur). Il est à noter que 30 %

des espèces méditerranéennes sont endémiques représentées par 2000 crustacés, 1400 mollusques, 150 échinodermes, 450 méduses, 600 éponges et 1350 algues et plantes marines (Figure 2). A cela s'ajoutent 5 espèces de reptiles et 21 espèces de mammifères marins (Coudre, 2002).

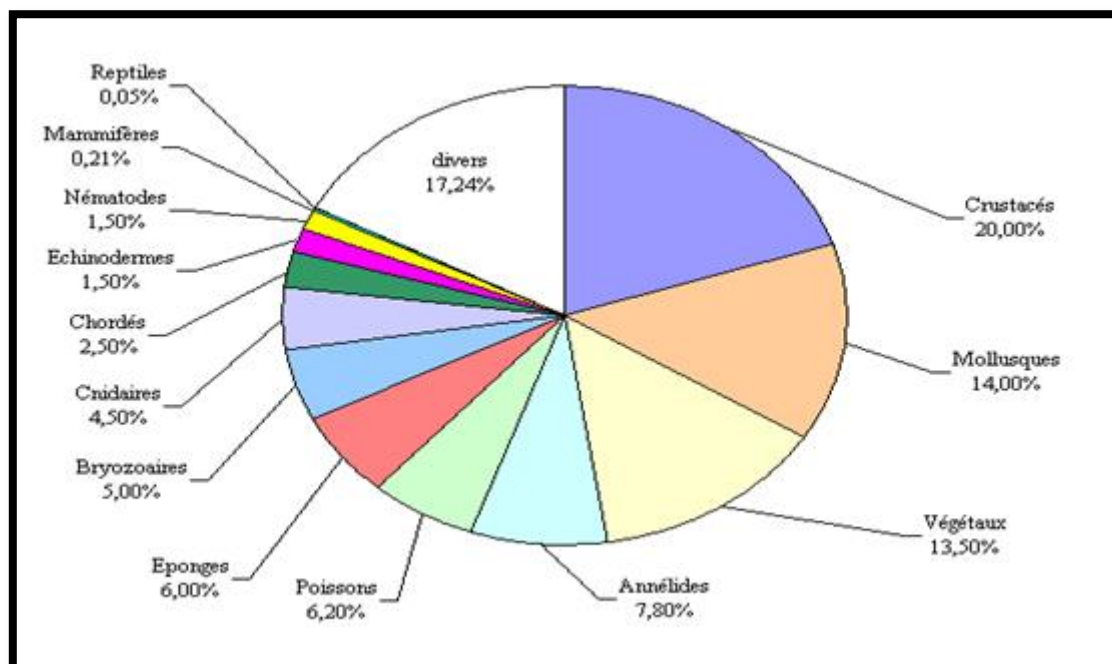


Figure 2. Distribution de la diversité biologique totale de la mer Méditerranée (d'après Coudre, 2002).

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

La population totale des pays côtiers méditerranéens est de 450 millions d'habitants environ (7% de la population mondiale) à laquelle il faut ajouter environ 200 millions de touristes internationaux. Avec près de la moitié de la population méditerranéenne vivant près des côtes. Le littoral méditerranéen figure parmi les secteurs les plus densément peuplés et les plus fortement urbanisés de la planète (Markovich, 2009).

Au cours des dernières décennies les zones côtières ont été le théâtre d'un développement accéléré un peu partout sur la planète (Belanger, 2009). Le littoral méditerranéen est également le siège de nombreuses activités économiques telles que la pêche, l'industrie, l'agriculture ou le tourisme qui connaissent un essor rapide. Le tourisme est sans doute l'activité dont le développement a été le plus notable. La zone côtière est le siège de diverses sources de perturbation, aussi bien naturelles qu'anthropogéniques. (Blanchet, 2004; Bayed et Bazairi, 2008).

Or, l'intense urbanisation et l'essor touristique considérable constituent d'importantes menaces de pollution d'origine tellurique et de dégradation du milieu côtier. (Hamdi, 2007; Markovich, 2009). Ces derniers menacent la santé publique et risquent de compromettre le développement du milieu (Kebir, 1996) (Figure 3).

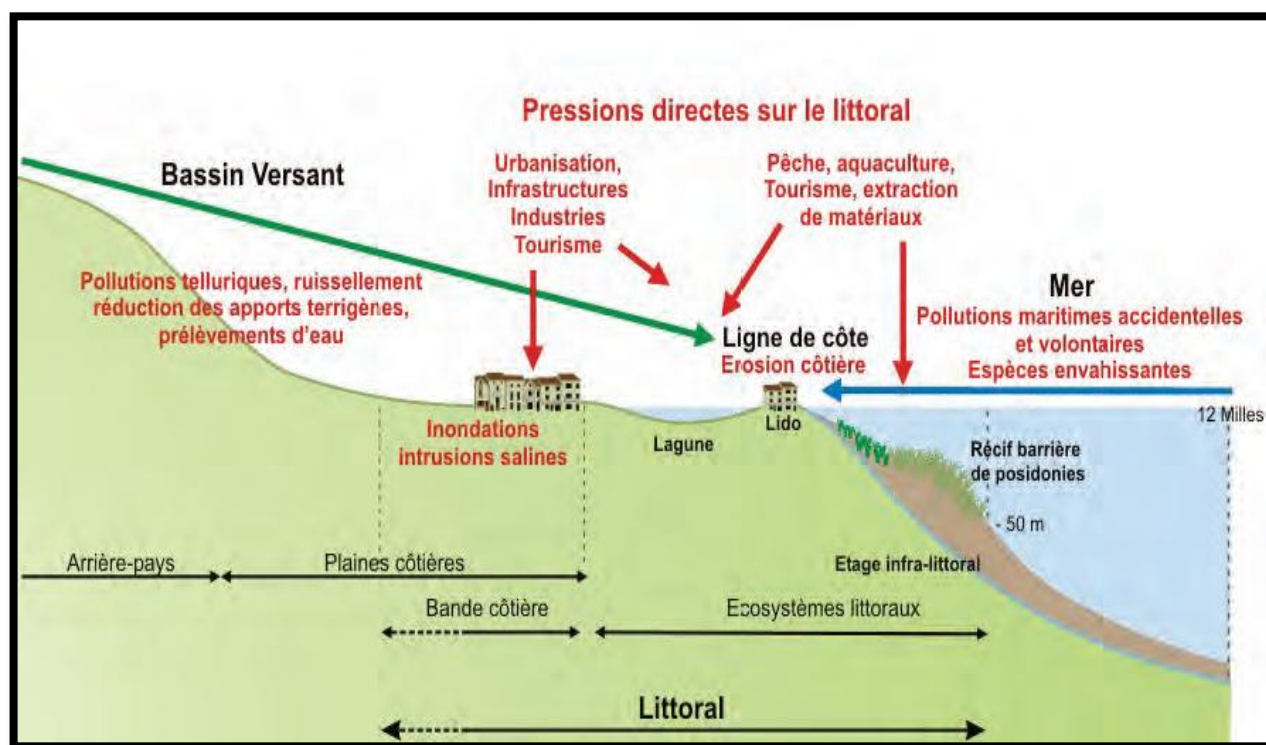


Figure 3. Les différentes pressions exercées sur le littoral méditerranéen (Source : Plan Bleu).

1.5.1.2. Les particularités des côtes rocheuses méditerranéennes

Les côtes rocheuses méditerranéennes sont caractérisées par des étages supérieurs très réduits et l'absence de marées conséquentes qui font d'une part, que l'étage médiolittoral est très étroit et que, d'autre part, il est difficile d'observer ou de récolter les algues sans se baigner ou parfois plonger; l'agitation de l'eau ou le niveau d'éclairement ont plus d'importance que la durée d'émergence pour expliquer la répartition des algues. Cependant, l'étage supralittoral est tellement grillé par le soleil, qu'il n'y a rien en dehors de quelques « algues bleues » et de très rares lichens; le médiolittoral, quant à lui, comporte peu d'espèces, à part quelques algues vertes ou brunes en lame, tube ou filaments similaires à celles de l'Atlantique. Parfois, on retrouve une algue rouge en lame frisottée, et très localement, c'est une algue calcaire (*Lithophylum tortiusum*) formant un encorbellement (ou trottoir) très solide sur lequel on peut marcher et qui s'avance vers le large (Manneville, 2010).

1.5.2. Caractéristiques de la côte algérienne

L'Algérie occupe la plus grande partie de la façade méditerranéenne sud occidentale. Le fonctionnement de l'écosystème marin côtier est tributaire de l'influence et de l'interaction de deux milieux différents : le milieu marin du large et le continent. Le long des côtes algériennes, la circulation de l'eau atlantique (courant algérien) laisse une empreinte indélébile dans les eaux du littoral. Elle induit une dynamique côtière assez caractéristique qui assure le renouvellement des eaux des baies et contribue à la détermination incontestable des niveaux de fertilité trophique. Quant au milieu continental, son influence dépend de la quantité et de la qualité de ses apports. Celles-ci sont elles-mêmes en relation avec les conditions naturelles et anthropiques des bassins versants de la frange littorale (Grimes, 2003).

En Algérie, le développement économique et social a négligé l'environnement côtier, alors que l'ensemble de nos ressources halieutiques provient de la mer, et 95 % de nos échanges commerciaux ainsi que la totalité de nos exportations en hydrocarbures se font par la mer. D'autre part, le littoral algérien offre d'importantes potentialités touristiques qu'il convient de préserver contre la pollution et la dégradation de l'environnement. Environ les deux tiers de la population algérienne sont concentrés sur le littoral qui représente 4% du territoire seulement, tandis que 8% de la population sont dispersés à travers le Sahara qui s'étend sur 87% du territoire national. En 1998 la population des wilayas littorales a été estimée à 12 564 151 habitants soit 43% de la population nationale. Outre la forte concentration de la population permanente, le littoral algérien constitue la destination privilégiée d'une population supplémentaire d'estivants. (Kacemi, 2008). Ainsi, la côte algérienne est caractérisée par:

- Une façade maritime (longueur) 1280 Km;
- Une bande (zone) littorale (largeur) 70 Km en moyenne, soit 19 % de la superficie de l'Algérie;
- Une population des wilayas côtières de $12,5 \times 10^6$ habitants, soit 43 % de la population nationale, donc une densité de la population littorale qui s'élève à 300 habitants par Km².

Par ailleurs, les côtes algériennes sont, aussi, caractérisées par une diversité des formes morphologiques tout au long du littoral algérien. Les 1280 Km de côtes sont en grande partie constitués par des reliefs rocheux, de plus ou moins forte dénivellation par rapport au niveau marin. Dans ce linéaire caractérisé, comme partout ailleurs, par la jeunesse de son relief s'insèrent des formes de côtes basses d'accumulation, comme les plages et les dunes, qui constituent un enrichissement avéré de notre patrimoine côtier (Grimes, 2003).

1.5.2.1. Caractéristiques et état actuel de la biodiversité marine des substrats durs

En Algérie, depuis la frontière algéro-marocaine jusqu'au Cap Bon, les peuplements des côtes sont caractérisés par la présence de la plupart des espèces typiquement méditerranéennes, auxquelles s'ajoutent un bon nombre d'espèces d'origine atlantique, aussi bien sénégalaises que nord atlantiques. Les intrusions actuelles ou récentes d'espèces atlantiques le long de nos côtes sont favorisées par le courant d'entrée d'eaux atlantiques, lié au caractère déficitaire en eau de la Méditerranée; leur importance diminue progressivement d'Ouest en Est en ce qui concerne les espèces d'origine nord-atlantique.

Par ailleurs, il est difficile de réunir actuellement des données réellement significatives sur l'évolution des peuplements marins et de sa diversité biologique au niveau des substrats durs. En effet, pour pouvoir constater la disparition ou seulement la régression sensible et significative de certaines espèces, il est nécessaire de disposer d'inventaires précis et de recensements quantitativement valables à des dates suffisamment espacées. Or, de telles données n'existent guère, même si la situation diffère grandement d'un groupe systématique à l'autre, il n'y a pas de "veille" écologique. Par ailleurs, les études d'impacts préliminaires aux interventions sur le littoral sont en général très succinctes ou inexistantes. Cela fait qu'il est difficile de donner des preuves tangibles de la disparition de telle ou telle espèce. (Grimes, 2003).

1.5.2.2 Etat du milieu marin côtier en Algérie

La majorité de la population est installée sur le littoral de la côte algérienne. Cette forte concentration démographique a entraîné une urbanisation démesurée, le taux d'urbanisation est passé de 26 % en 1962 à 59,4% en 1998 (Kacemi, 2008). La quasi-totalité des activités socio-économiques est concentrée également sur la frange côtière où se localisent les grandes agglomérations urbaines : Alger, Oran et Annaba, ainsi que les grands pôles industriels : Arzew, Béjaïa et Skikda (Grimes, 2003). De plus, à toutes ses formes de pression sur la frange littorale, s'ajoute l'apport des bassins versants des plus importants cours d'eau, drainant vers la mer les eaux usées engendrées par les activités humaines terrestres. Toutes ces activités engendrent des sources de pollution, dont, les effets peuvent être décrits comme suit :

- Les débris solides: matières en suspension (organiques et minérales), les débris de plastiques et de métaux, les déchets flottants provenant des décharges côtières, des rejets de navires, des déchets abandonnés sur les côtes et les plages. Ces déchets de nature persistante s'accumulent sur les plages, dans les ports, et affectent de ce fait l'esthétique des zones de baignade et des zones touristiques;

- Les éléments nutritifs en excès (phosphore et azote) véhiculés par les eaux de ruissellement agricoles, sont liés essentiellement à l'utilisation excessive d'engrais par l'agriculture et de détergents anioniques par l'industrie, et les eaux usées domestiques rejetées sans traitement préalable. Ces éléments provoquent une eutrophisation au niveau des zones plus ou moins confinées, qui se manifeste souvent sous forme d'une prolifération anarchique d'algues phytoplanctoniques (eaux colorées) et une pollution des plages par les algues macrophytes en décomposition;

- Les déchets organiques (bactéries et organismes pathogènes) présents dans les eaux usées domestiques non traitées, les eaux de ruissellement des zones d'élevages agricoles, affectent la salubrité des plages, des baies et des golfes. Ces matières organiques sont décomposées en consommant l'oxygène dissous de l'eau et entraînent une réduction de l'oxygène du milieu, une augmentation de la turbidité, des dommages à la végétation sous-marine et une contamination des organismes, notamment les organismes filtreurs;

- Les produits chimiques d'origine industrielle tels que les métaux lourds et les composés d'origine organique, introduits dans le milieu marin directement par le déversement dans la mer et les émissaires d'eaux usées émanant des complexes industriels ou par les Oueds. Ces polluants se concentrent selon la capacité de diffusion et de dilution de la zone de rejets dans la matrice sédimentaire. Ces éléments sont bioaccumulés dans les organismes marins à travers la chaîne alimentaire et se concentrent dans les tissus des mollusques, des crustacés et des poissons (démersaux), les rendant impropres à la consommation humaine (Grimes, 2003).

Concernant la côte de l'ouest algérien, la répartition de la population dans l'Oranie montre une forte densité dans le Nord, 24 % de la population réside dans les communes à façade maritime. Les plus forts taux de croissance sont par ailleurs enregistrés dans les communes périphériques aux zones fortement urbanisés : Oran, Mostaganem, Arzew, Ghazaouet et Béni-Saf (Ghodbani, 2009).

Dans la wilaya de Mostaganem, représentée par un littoral de 124 Km, sont localisées des zones industrielles d'envergure, des infrastructures portuaires ainsi que 15 zones d'extension et stations touristiques. Outre, le trafic maritime qui reçoit annuellement plus de 300 navires de commerce, en sus des embarcations de pêche domiciliées, le chenal, situé pas loin du port et emprunté par les méthaniers et pétroliers à destination ou en provenance des ports d'Arzew et Bethioua, constitue une source potentielle permanente de pollution par les hydrocarbures. De plus, l'Oued Cheliff charrient les rejets liquides de huit wilayas d'un côté, et de l'autre, Arzew et son gigantesque pôle industriel, "enveniment", lentement et sûrement, le littoral marin de la côte de Mostaganem. La multiplicité des formes de dégradation de l'environnement nous renseigne non

seulement sur le poids de l'action anthropique mais, aussi, sur la fragilité des écosystèmes composant le littoral qui se manifeste à travers l'urbanisation et l'artificialisation de la côte, l'exploitation intensive des ressources naturelles comme le sable dunaire, l'eau ou le stock halieutique etc....

1.6. EXEMPLE DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE "OURSINS": OUTILS D'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DES MILIEUX CÔTIERS

Les invertébrés benthiques représentent une partie importante des écosystèmes marins tant au niveau de la diversité et de l'abondance qu'au niveau de leur rôle dans l'équilibre des communautés (Kaiser, 2001 ; Bélanger, 2009). Les organismes et communautés benthiques se révèlent être particulièrement adaptés pour l'évaluation de l'état des écosystèmes dans lesquels ils se développent. Leur mobilité limitée les empêchant de fuir les perturbations leur permet de donner une illustration fiable des conditions du site où ils se sont développés et où ils ont été récoltés. Les peuplements se composent de multiples espèces, ayant des sensibilités spécifiques et des réponses différentes aux perturbations (Grall et Coïc, 2006). De plus, de nombreuses espèces d'invertébrés benthiques présentent les qualités recherchées chez un bon bioindicateur soit un mode de vie sédentaire, une grande résistance aux polluants, une large répartition, une grande abondance et une taille facilitant leur collecte (Chainho *et al.*, 2006 ; Bélanger, 2009).

Les écosystèmes marins côtiers représentent près d'un tiers des richesses écologiques de notre Biosphère (Galzin, 2007). Parmi le macrobenthos, les organismes utilisés par les chercheurs jusqu'à présent sont les échinodermes et les mollusques (Bélanger, 2009).

Les oursins représentent des outils intéressants pour évaluer l'impact potentiel des substances ou rejets arrivant dans le milieu marin côtier. C'est à travers les embryons et larves de ces oursins, (qui sont moins tolérants aux polluants que les adultes des mêmes espèces), représentés par des stades critiques, que se fait l'évaluation de la qualité du milieu marin (Spromberg et Birge, 2005). De plus, leur répartition dans les franges d'eaux côtières ainsi que leur importance commerciale font d'eux des espèces de choix pour la réalisation des tests de développement larvaire et des bio-essais. Les résultats de ces tests permettent de déterminer la qualité biologique d'un milieu à partir des perturbations rencontrées au niveau du développement larvaire de ces oursins (Quiniou *et al.*, 1999). En présentant un protocole basé sur l'emploi de la phase du développement embryon-larvaire (simple, rapide et sans coût), on peut faire des tests de routine pour évaluer le degré de perturbation et estimer la qualité d'un milieu. A cet effet, dans notre étude nous avons utilisé

l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) comme outil d'évaluation de la qualité des milieux étudiés.

1.6.1. Position Systématique et répartition géographique de l'oursin *Paracentrotus lividus*

La position systématique de *Paracentrotus lividus* est la suivante, selon Tortonese et Vadon (1987).

Embranchement	Echinodermata = Echinodermes
Classe	Echinoidea = Echinides
Sous classe	Regularia = Oursins réguliers
Ordre	Echinoidea = Echinoides
Famille	Echinidae = Echinidés
Genre	<i>Paracentrotus</i>
Espèce	<i>lividus</i> Lamarck 1816.

Les noms vernaculaires : oursin-pierre (nom français FAO); oursin violet (nom usuel); châtaigne de mer (nom atlantique).

L'oursin *P. lividus* est une espèce Atlantico-Méditerranéenne; son aire de répartition englobe toute la Méditerranée, ainsi que l'Atlantique Est, des côtes d'Irlande et d'Ecosse jusqu'au Maroc et au Sahara occidental (Açores inclus) (Tortonese et Vadon, 1987).

1.6.2. Description de l'anatomie de l'oursin

Le corps est globuleux, aplati ventralement et couvert de piquants. La face ventrale ou orale qui porte la bouche est appliquée contre le rocher. Le pôle supérieur correspondant à la face dorsale ou aborale porte l'anus qui est opposé à la bouche. Le test ou carapace à symétrie rayonnée de type 5 est formé de plaques calcaires soudées recouvertes par une peau hérissée de piquants. Ils peuvent se déplacer préférentiellement la nuit, grâce à des pieds à ventouse ou pieds ambulacraires, sur des distances allant jusqu'à 3 mètres (Figure 5). Les plaques ambulacraires du squelette interne de l'oursin sont percées de 2 rangées de pores qui permettent le passage des 2 canaux qui relient le pied locomoteur à une vésicule interne. Une plaque squelettique calcaire particulière, la plaque madréporique qui se trouve sur la face supérieure ou dorsale et qui est criblée de trous, permet l'entrée et la sortie de l'eau de mer rendant les pieds ambulacraires flasques ou turgides par modification de la pression interne.

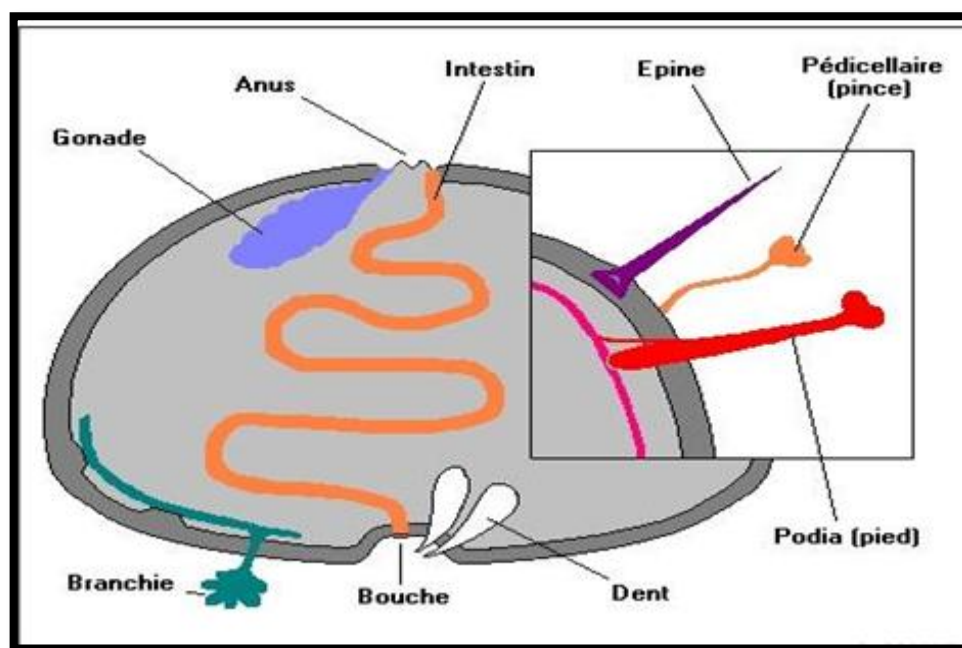


Figure 4. Anatomie de l'Oursin (d'après Coudre, 2002).

Les oursins réguliers vivent généralement dans des milieux agités, donc très oxygénés. La respiration est permise par 10 branchies situées sur le cercle péribuccal (Delvil, 2009).

L'oursin est un consommateur macrophage herbivore brouteur (mangeur de grosses particules d'origine végétale : *Posidonia oceanica*, *Ulva lactuca*, etc... (Delvil, 2009). Il possède une armature buccale puissante (5 mâchoires et 5 dents constituant la lanterne d'Aristote) : il se nourrit surtout d'algues, de posidonies et de petites proies capturées à l'aide de pédicellaires (Semroud et Kadal, 1987; Semroud, 1993). Sa respiration s'effectue par toute la peau, les pieds ambulacraires et 5 petites branchies situées autour de la bouche.

1.6.3. Écologie

L'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Figure 4), au niveau écologique, comme la majorité des échinodermes, occupe le statut d'herbivore par excellence dans la chaîne trophique. Il constitue une clef dans les écosystèmes marins, il est sensible aux changements du milieu. Les échinodermes sont des organismes considérés comme de bons indicateurs de la stabilité du système, et la présence de certaines espèces est synonyme d'un milieu aquatique sain (Verlaque, 1987).



Figure 5. L'oursin comestible *Paracentrotus lividus* dans son milieu naturel associé à l'oursin *Arbacia lixula*. (Photos prise dans le site de Hadjadj).

Les oursins, et particulièrement *Paracentrotus lividus*, sont considérés comme les herbivores, les plus importants de Méditerranée, parce que leurs présence en densités élevées provoquent des phénomènes de surpâturage (Nédelec, 1982 ; Verlaque, 1987). De plus, ils sont consommés par des poissons ou d'autres espèces carnivores. Une forte densité de poissons pourrait maintenir les populations d'oursins dans des densités moyennes. Ainsi, les échinodermes pourraient servir d'indicateurs des changements provoqués par les espèces introduites au niveau de toute la chaîne trophique et ils pourraient signaler par leur absence totale une perturbation du milieu aquatique.

L'oursin *P. lividus* vit en peuplements denses, dans des cavités creusées par des mouvements de rotation dans les rochers éclairés de l'étage infralittoral en mode calme: c'est un animal benthique foreur. Il est incapable de supporter une sécheresse prolongée, il mène une vie libre et grégaire, mais il reste toujours immergé; en effet sa peau qui recouvre le test est sans protection. Il peut supporter une agitation hydrodynamique non négligeable (mode semi battu).

1.6.4. Reproduction

L'oursin est un ovipare à sexes séparés, la libération des cellules mâles et des cellules femelles a lieu dans l'eau; la fécondation (union des gamètes) est donc externe. Chez tous les échinodermes, l'œuf petit, pauvre en vitellus (réserves) se segmente, donne une larve ciliée nageuse et pélagique à symétrie bilatérale la *dipleurula*, excepté chez les Crinoïdes et certaines Holothuroides (larve en tonnelet). Chez l'oursin la larve *pluteus*, après métamorphose donne un

jeune oursin qui vit sur le fond. La reproduction s'effectue toute l'année mais elle est optimale de septembre à mars. Les mâles possèdent 5 glandes génitales jaunâtres qui sécrètent une laitance blanche, alors que les femelles ont une laitance rougeâtre.

L'oursin *P. lividus* est gonochorique, sa reproduction a lieu à la fin du printemps et à l'automne (Semroud, 1993). Son appareil génital est constitué par cinq gonades communiquant avec le milieu extérieur par des canaux qui traversent le test au niveau de l'anus. Chaque gonade (mâle ou femelle) est une poche limitée par une paroi (tissu de soutien et musculaire) qui permettra l'évacuation des produits génitaux (Delvil, 2009). Ce sont des animaux à fécondation externe, les gamètes femelles (des ovotides de grande taille) et mâles (spermatozoïdes flagellés) étant émis dans l'eau de mer (Semroud, 1993). Chez beaucoup d'espèces, l'émission des gamètes est coordonnée dans le temps et provoque également le rassemblement des oursins. Il est évident que la reproduction est plus efficace lorsque tous les individus rejettent leurs gamètes en même temps, il est, donc, normal que de tels comportements aient été sélectionnés. Les organes génitaux des oursins sont observables (et consommables) après avoir enlevé l'appareil masticateur et l'appareil digestif (L'appareil masticateur complexe des oursins réguliers est dénommé lanterne d'Aristote) (Figure 4).

1.6.5. Développement larvaire chez les oursins

Chez les oursins, la fécondation dans l'eau de mer libérera une multitude d'œufs flottants au gré des courants, qui donneront eux-mêmes, après quarante huit à soixante douze heures de la fécondation des larves pélagiques à 4 bras appelées *Echinopluteus*, d'une taille de 450 à 550 μm , en milieu naturel (Fenaux, 1969). Cette drôle de larve ne ressemble pas du tout aux parents, sa forme évoquant plutôt la tour Eiffel. Elle nage activement avant de tomber sur le fond pour se transformer en petit oursin. Ce stade (4 bras) est sensible à la qualité du milieu dans lequel se développe la larve mais aussi à la qualité et la quantité de nourriture disponible.

Les larves *pluteus* soumises à de courtes périodes de jeûne ne se développent pas du tout quand elles n'ont jamais été nourries avant ; par contre, lorsque les *pluteus* ont déjà été nourris, c'est la longueur des larves ainsi que le diamètre des post-larves qui sont affecté par l'alimentation (Fenaux *et al.*, 1988).

De nombreux auteurs s'accordent à souligner que la sensibilité des larves et des juvéniles est bien supérieure à celle des adultes. Les stades embryonnaires des invertébrés marins dont font partie

les oursins sont plus sensibles aux polluants et aux changements environnementaux tels que l'augmentation de la toxicité des éléments métalliques.

Plusieurs tests et travaux effectués par Pagano *et al.* (1988) et Dinnel (1990) soulignent diverses anomalies de développement à différents stades embryonnaires, provoquées par les polluants. Les anomalies morphologiques qui affectent la larve *pluteus* de *Paracentrotus lividus* sont résumées par Klöckner *et al.* (1985) dans la figure 6 ci-dessous.

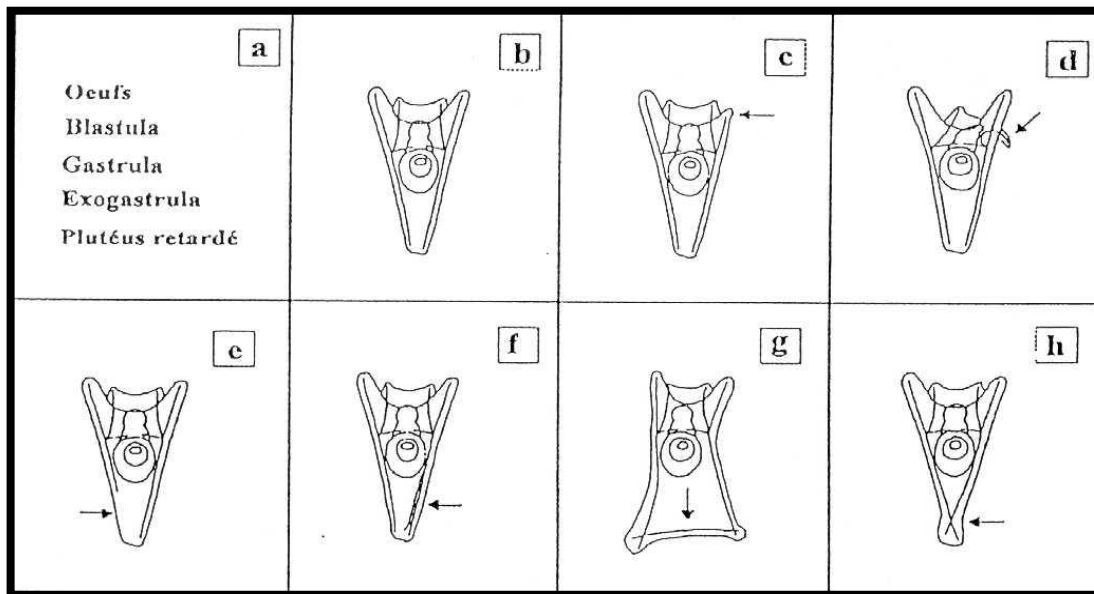


Figure 6: Les différentes anomalies embryonnaires et larvaires chez *Paracentrotus lividus* (d'après Klöckner *et al.*, 1985). (a): développements retardés; (b): développement normal. (c): longueur inégale des baguettes somatiques; (d) baguette antéro-latérale tordue; (e): une baguette somatique plus courte; dédoublement d'une baguette somatique; (g): surnombre des baguettes somatiques et (h): chevauchement des baguettes somatiques.

CHAPITRE II

MATERIEL

ET METHODES

CHAPITRE II. MATERIEL ET METHODES

2.1. CHOIX DES SITES D'ETUDE

La zone d'étude est située le long du littoral de la Wilaya de Mostaganem. Elle est caractérisée par un plateau de superficie de 682Km², Elle est située à une centaine de kilomètre à l'Est au Sud-Est d'Oran comprise entre :

- La vallée du Chelif à l'Est ;
- La vallée de Lamina et les Monts de Bel-Hacel au Sud ;
- La Méditerranée au Nord ;
- Et la dépression de la Mactaa à l'Ouest.

La ville de Mostaganem recèle de grandes potentialités, dont, un port mixte comprenant toutes les opérations d'import-export et les activités de pêche. Trois sites ont été sélectionnés, caractérisés par un substrat rocheux : Stidia, Kharouba et Hadjadj plage (Figure 7). Les sites (comprenant des stations) ont été choisis d'une part, pour leurs différences d'exposition aux différentes sources de pollution, et d'autres parts pour la richesse biologique qui y règne.

Les trois sites d'étude (Stidia, Kharouba et Hadjadj plage) sont influencés par le courant occidental de la Méditerranée, caractérisé par un apport d'eau atlantique entrant par le détroit de Gibraltar. Le flux moyen de cette eau est de l'ordre de 1 million de m³/s soit 31600 Km³/an. Ce flux détermine par son importance, la circulation générale de la méditerranée occidentale. Ces eaux ont une salinité inférieure à 36,5‰, au fur et à mesure de leur progression vers l'Est, elles se méditerranéisent, le long des côtes algériennes et atteignent une salinité de 37‰ en été. Ainsi, les salinités des eaux algériennes hors des zones d'embouchures varient peu (Lacombe et Tchernia, 1960; Grovel, 1961).

Le gradient de température est plus important. En effet, les températures des eaux superficielles augmentent rapidement en été depuis le détroit de Gibraltar (16-17 °C) jusque vers l'Est (21 °C). En hiver, elles varient peu et sont relativement uniformes (autours de 14 °C). Les salinités et les températures sont globalement constantes sur l'ensemble de la couche d'eau superficielle jusqu'à la profondeur de 100-200 mètres (Lacombe et Tchernia, 1960).

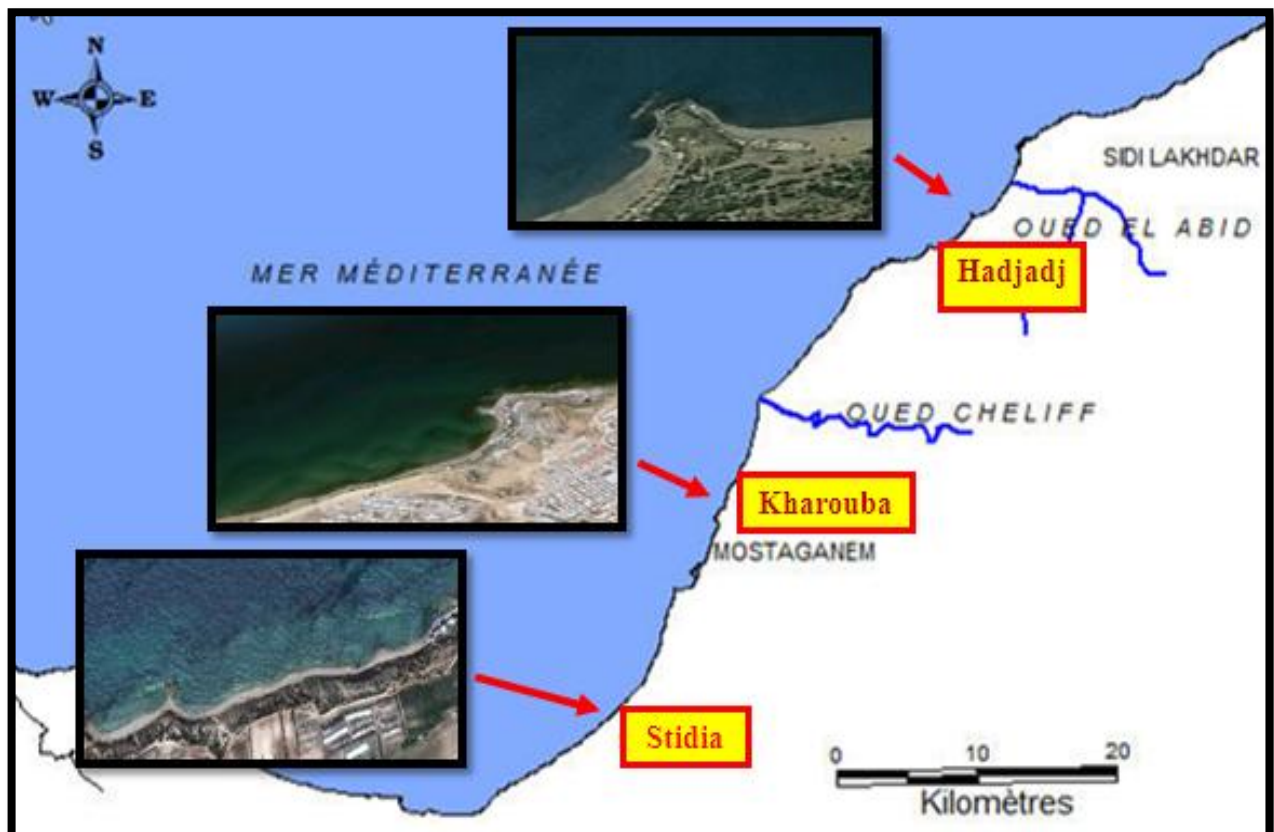


Figure 7. Carte de la côte de Mostaganem avec les trois sites de notre échantillonnage (photos prises de Google earth, 2011 ; INCT institut national de cartographie et de télédétection).

2.1.1. Le site de Stidia

Le site de Stidia se situe à 15 Km à l'Ouest de Mostaganem aux coordonnées $35^{\circ} 50'$ Nord de latitude et $0^{\circ} 01'$ Ouest de longitude. Ce site se caractérise par la présence d'un petit port de pêche avoisinant, une petite ville touristique qui elle-même se trouve près d'une terre agricole. Ce qui assure un apport terrigène et rejets urbains continues (Mezali, 2007) (Figure 8). Morphologiquement, ce site est dominé par un trait de côte rocheux avec des fonds sableux et on y trouve des prairies d'herbier à Posidonies.

2.1.2. Le site de Hadjadj (Ex- Bosquet)

Ce site se trouve à 40 Km, vers l'Est du chef-lieu de la wilaya de Mostaganem, aux coordonnées suivantes : Latitude : $36^{\circ}14'$ et Longitude : $0^{\circ}30'$. C'est une zone très délimitée par des forêts limitrophes, des terres agricoles et son cordon «dunaire» abritant un nombre assez conséquent de cabanons, qui offre toutes les commodités pour un agréable séjour aux estivants, avec deux grandes plages sablonneuses séparées par une zone rocheuse colonisée par des peuplements benthiques très riches. D'une longueur jusqu'au 7000 mètres et une capacité de 30.000 baigneurs,

et avec bien sur des apports de plus en plus intéressants de rejets solides et en eaux usées en période d'été (Figure 9).



Figure 8. Localisation des stations de prélèvement du site de Stidia (source : Google earth, 2011).



Figure 9. Localisation des stations de prélèvement du site de Hadjadj (source : Google earth, 2011).

2.1.3. Le site de Kharouba

Le site de Kharouba, se trouve à 3 Km à l'Est de la ville de Mostaganem aux coordonnées 35° 58' Nord de latitude et 0° 05' Est de longitude. Cette plage est caractérisée par un trait de côte rocheux et accidenté avec quelques petites plages sableuses. De plus, il y'a une source de rejets domestiques à l'Est de celle-ci (Figure 10). Deux stations ont été étudiées dans le site de Kharouba, représentées par un zoobenthos très riche et un herbier à Posidonie de type dense avec une macrofaune associée, dominée par la présence des échinodermes tels que: les Echinidés, les Astéroïdes et les Holothuroïdes (Mezali, 2007).

Il est à noter, qu'on retrouve au niveau de ce site un petit port de pêche, qui sert aussi de lieu touristique. Ce qui peut augmenter l'activité anthropique, donc une des causes de pollution surtout en période estivale. D'autant plus que cette pollution est accentuée par la présence d'un bateau échoué depuis quelques années, localisé aux environs de la plage.



Figure 10. Localisation des stations de prélèvement du site de Kharouba (source : Google earth, 2011).

2.2. METHODES DE TERRAIN

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

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

2.2.1.1. Prélèvement de la macrofaune benthique

Pour l'intervention sur le terrain, il est nécessaire d'attendre que les perturbations climatiques disparaissent. Les prélèvements sont réalisés dès que les conditions requises le permettent: la station doit être accessible et le fond doit être visible.

Il faut, aussi, prospector globalement les stations, cette prospection se fait prioritairement sur les supports les plus représentatifs pour les peuplements benthiques. Un échantillonnage de type « aléatoire simple » (répartition aléatoire des échantillons sur une surface) fait appelle à un matériel: quadra de $(50\text{ cm})^2$, couteau, sachets de congélation et bocaux, étiquettes, appareil photo numérique et un flacon contenant le formaldéhyde à 36 % (Figure 11).

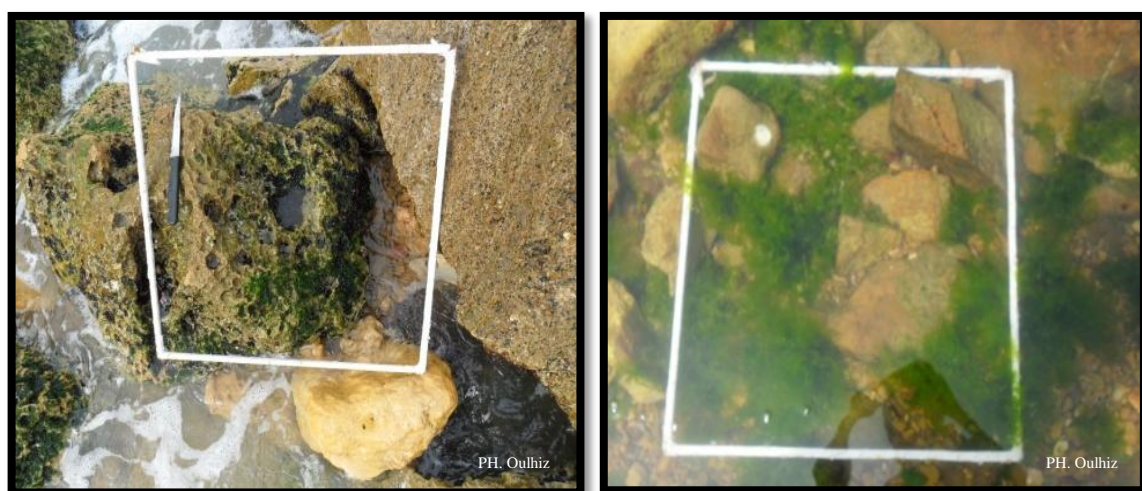


Figure 11. Quadra de $(50\text{ cm})^2$ utilisé pour l'étude de la macrofaune du substrat dur (Présent travail).

L'échantillonnage, a été fait en utilisant la même méthode sur toutes les zones à étudier, en relevant et en enregistrant tout le long des 20 m sur le substrat rocheux la catégorie de benthos se trouvant directement sous nos mains. Lors du passage, l'inventaire de la population d'invertébrés s'effectue par mètre carré au hasard pour quantifier l'abondance et la composition de la population d'invertébrés mobiles ou fixées présentes. La surface totale balisée est de 100 m². Et sur cet ongle on a pu alors donner et présenter les caractéristiques faunistiques du site étudié.

2.2.2. Utilisation des tests de la qualité du développement embryonnaire de l'oursin *Paracentrotus lividus* (L.)

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

- Sa large distribution en Méditerranée et particulièrement sur les côtes rocheuses de Mostaganem;
- le fait qu'il tient un rôle clé dans l'écosystème méditerranéen (herbier de Posidonies notamment) (Boudouresque et Verlaque, 2001);
- l'oursin *Paracentrotus lividus* est reconnu mondialement comme un bon indicateur de la santé du milieu marin et un bioaccumulateur (EPA, 1988; Chapman *et al.*, 1991; 1992);
- le développement embryonnaire chez cet oursin est bien quantifié (Kobayashi, 198 ; Pagano *et al.*, 1988; Soualili, 2008). L'oursin est fortement sensible aux produits chimiques et à de nombreux contaminants.

2.2.2.1. Prélèvement d'oursins

Pour la récolte des oursins : les prélèvements ont été effectués en zone peu profonde allant de 1 à 3 mètres, au niveau du site d'étude Stidia, Des spécimens d'oursins de *P. lividus*, de taille allant de 4cm à 6cm de diamètre ont été prélevés de Juin à Octobre 2011 (période correspondant à la pleine maturité des gonades (Semroud et Kada, 1987; Guettaf *et al*, 2000 et Soualili, 2008).

2.2.2.2. Prélèvement du sédiment

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

2.4. METHODE D'ANALYSE

2.4.1. Détermination et identification des espèces

A l'aide des ouvrages nécessaires et des clés de détermination et de la collection des invertébrés (macrofaune benthiques) des côtes de la méditerranée (Coudre, 2002), on peut déterminer la nature des taxons, triés et consulter au fur et à mesure la liste faunistique et floristique du net (Côte bleue). Et pour approfondir le travail quantitatif, on détermine la dominance. Pour cela, il faut obtenir correctement les paramètres suivants : le nombre d'espèces, le nombre d'individus de chaque espèce (l'abondance).

2.4.2. Le calcul des indices biologiques

2.4.2.1. Richesse spécifique (S)

La Richesse spécifique S est représentée par le nombre total ou moyen d'espèces recensées par unité de surface.

$$S = \text{nombre d'espèces de la zone d'étude}$$

Cet indice S peut être utilisé pour analyser la structure taxonomique du peuplement. Il permet également de distinguer :

- des variations spatiales : des secteurs faunistiquement riches et des secteurs plus pauvres ;
- des variations temporelles : des minima et maxima en fonction des saisons et des stations.

Cependant, il présente l'inconvénient d'être fortement dépendant de la taille des échantillons (le nombre d'espèces échantillonnées augmentant avec la surface échantillonnée) et du type d'habitat (la richesse spécifique varie en fonction du type de substrat, de la profondeur, de la salinité...). (Grall et Coïc, 2006).

2.4.2.2. Abondance (A)

$$A = \text{nombre d'individus d'une espèce}$$

Face à une pollution, les espèces vont suivre trois types de réaction selon leur sensibilité :

- Disparaître, pour les plus sensibles ;
- Se maintenir, pour les indifférentes ;
- Profiter des nouvelles conditions mises en place et se développer, pour les tolérantes et les opportunistes. (Grall et Coïc, 2006).

Ces différentes réponses vont se traduire au niveau de l'abondance des espèces. Les profils d'abondance dans le temps sont, donc, largement utilisés comme indicateurs des effets des polluants dans les sédiments, au même titre que les courbes de biomasse et de richesse spécifique.

2.4.2.3. Indices de diversité

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

Les principaux indices d'équitabilité consistent, le plus souvent, à établir le rapport entre la diversité mesurée et la diversité théorique maximum, pour une taille d'échantillon et un nombre d'espèces données. Cependant, la valeur du nombre total d'espèces de la population échantillonnée reste pratiquement impossible à déterminer. Il est, donc, d'usage de prendre le nombre total d'espèces de l'échantillon comme valeur pour les calculs. Cependant, cette valeur sous-estimant le nombre réel d'espèces et étant fortement dépendante de la taille des échantillons, l'équitabilité se trouve toujours surestimée. En somme, l'indice d'équitabilité basé sur l'indice de diversité donne plus ou moins de poids aux espèces et leur abondance.

2.4.2.3.1. Indice de Shannon-Wiener (H')

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

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

Où :

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

S = nombre total d'espèces;

n_i = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon;

N = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon.

Il est nécessaire de préciser la base du logarithme utilisée [base 2 (la plus courante), base 10, etc...].

L'indice de Shannon permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Ainsi, une communauté

dominée par une seule espèce aura un coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont codominantes. La valeur de l'indice varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce dominant très largement toutes les autres) à $\log S$ (lorsque toutes les espèces ont même abondance).

2.4.2.3.2. L'indice d'équitabilité de Piélou

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

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

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

2.4.3. Mode opératoire du test de la qualité des milieux marins côtiers

Le test de la qualité des milieux marins côtiers est basé sur l'analyse de la qualité du développement embryonnaire de l'oursin *Paracentrotus lividus*. Pour cela, on a utilisé la méthode de Guillou *et al* (2000) et adaptée par Soualili (2008).

2.4.3.1. Méthodes utilisées pour l'obtention des gamètes

L'obtention des produits génitaux de l'oursin *Paracentrotus lividus* peut se faire par diverses méthodes à savoir:

- **la méthode du choc thermique** de 10°C consiste à mettre des géniteurs (maintenus auparavant dans de l'eau entre 16°C et 20°C) dans un bécher contenant de l'eau préparée la veille (filtrée et chauffée à 28°C) et l'obtention des gamètes sera de la même méthode osmotique;
- **la méthode mécanique** nécessite une dissection, l'oursin est disséqué pour observer les gonades, en faisant un prélèvement avec une pipette pasteur stérile. Si les spermatozoïdes sont immobiles, c'est que les mâles ne sont pas matures. Si les ovocytes sont petits (<20microns) et paraissent percés, les femelles sont immatures;
- **la méthode chimique** que l'on a utilisée dans cette étude et qui consiste à libérer les gamètes des oursins par injection de 0,5 ml d'une solution de KCL à 0,5 M à travers la membrane péristomiale. Les oursins mâles et femelles émettent leurs produits sexuels, quelques minutes après l'injection de KCL (environ 30 min au max).

Les gamètes femelles sont récupérés dans des béciers contenant 50 ml d'eau de mer filtré (EMF) ; les oursins sont placés de manière à ce que les pores génitaux se trouvent en contact avec la surface de l'eau, les œufs s'écoulent et décantent peu à peu sur le fond (Figure 12).

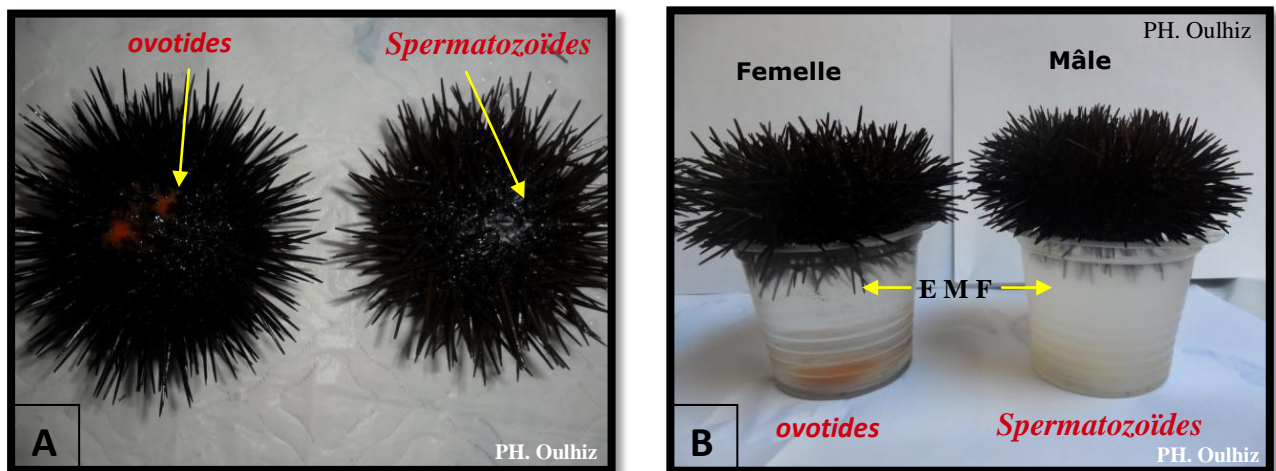


Figure 12. Emission (A) et Récupération (B) des produits génitaux males et femelles chez *Paracentrotus lividus* (présent travail).

Après une ponte intense de 30 mn, pour les femelles, les ovocytes ou œufs non fécondés sont tamisés sur une soie de 200 μm de diamètre. Quant aux mâles, le sperme est tamisé à travers une soie de 60 μm . Cette filtration est réalisée dans le but d'éliminer les débris et détritus qui se sont mélangés aux gamètes. Cette filtration permet de recueillir des gamètes dans une éprouvette, dont, le volume est ajusté à 50 ml avec de l'eau de mer filtrée (EMF). Ils sont mis à décanter 10 mn ; puis les 10 premiers ml de la solution des œufs sont éliminés et remplacés par de l'EMF; cette opération est renouvelée une seconde fois. Ceci permet d'éliminer les œufs les moins denses, de moins bonne qualité.

2.4.2.2. Test de la qualité du développement embryonnaire de *P. lividus*

L'analyse a été réalisée en fécondant les œufs de 5 femelles individuellement par le sperme poolé de 3 mâles, des oursins provenant de la station de Stidia. Une fois les œufs fécondés sont obtenus, on les laisse se développer en contact du sédiment provenant des différents sites étudiés.

Les œufs fécondés sont ensuite mis à incuber 72h à température ambiante. A l'issue de cette incubation, les larves obtenues sont fixées par adjonction de formol (30 μl de formol : solution commerciale à 35 %). Ensuite, le nombre d'œufs et de larves appartenant aux différents stades de développement embryonnaire est comptabilisé sur un total de 100 larves. Les pourcentages de

chaque stade sont ensuite calculés. Les différences sont testées par une ANOVA à un facteur (Site, $P < 0.05$).

CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSIONS

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. EVALUATION DE LA COMPOSITION DE LA MACROFAUNE

3.1.1. 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 et que les groupes zoologiques caractérisant cette richesse sont : les Mollusques, les Arthropodes, les Echinodermes et les Cnidaires.

3.1.1.1. Le site de Stidia

Le site de Stidia est caractérisé par une large bande rocheuse allant jusqu'à 15m tout le long de la côte. Dans ce site, on retrouve toute forme de roches, blocs, et galets au niveau des trois stations. Cependant, la station 1, est caractérisée par une plage à sable fin, très fréquenté par les baigneurs (ce qui constitue une source importante de pollution en période estivale). Quant à la station 2, cette dernière est caractérisée par la présence d'un petit port de pêche et une petite ville touristique et toute la station est entourée de terre agricole. Ce qui assure un apport important en sels nutritifs. Tout ceci influe sur la faune et la flore benthique qui y existe. Et enfin, la station 3 présente une richesse floristique très remarquable située loin de tous apports anthropiques qui perturbe ce lieu (Figure 13).

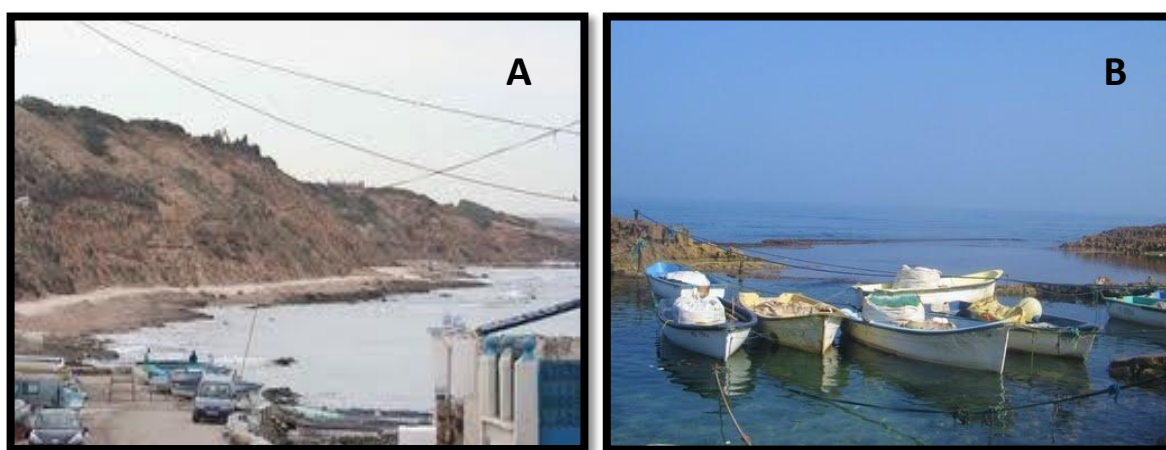


Figure 13. (A) vue générale du site de Stidia. (B) les embarcations de pêche.

Dans l'ensemble des stations de ce site, les apports hivernaux et printaniers de laissés marins forment d'épais matelas constitués essentiellement de débris végétaux (essentiellement des restes de Posidonies, *Posidonia oceanica* et d'autres algues vertes et rouges de l'étage inférieur du médiolittoral et de l'étage infralittoral (Figure 14).



Figure 14. Biocénose des laissés marins a dessiccation lente constitué essentiellement de feuille mortes de *Posidonia oceanica* formant des banquettes sur la côte (photo prise dans le site de Stidia en 2011).

Au niveau des trois stations, nous avons répertorié 28 espèces, soit 1538 individus de la macrofaune benthique, avec un nombre total d'individus de 325, 922, 291 respectivement dans les trois stations st1, st2, st3 dans l'ordre. Ce qui correspond à 21,13% ; 59,94% ; 18,92%. Et avec 20, 25, 16 espèces de la richesse globale. Cette richesse est considérable, pourtant ces 28 espèces, sont bien loin de représenter la richesse faunistique totale existant sur cette plage.

3.1.1.1. La station 1 (SSt1)

Dans la station 1 de Stidia, la macrofaune du médiolittoral est représentée par 20 espèces et 325 individus. Les spécimens récoltés appartiennent aux différents groupes recensés suivants: les Mollusques, les Arthropodes, les Cnidaires et les Echinodermes avec des fréquences respectives de 88,30 % ; 9,23 % ; 0,31% et 2,15% (Figure 15).

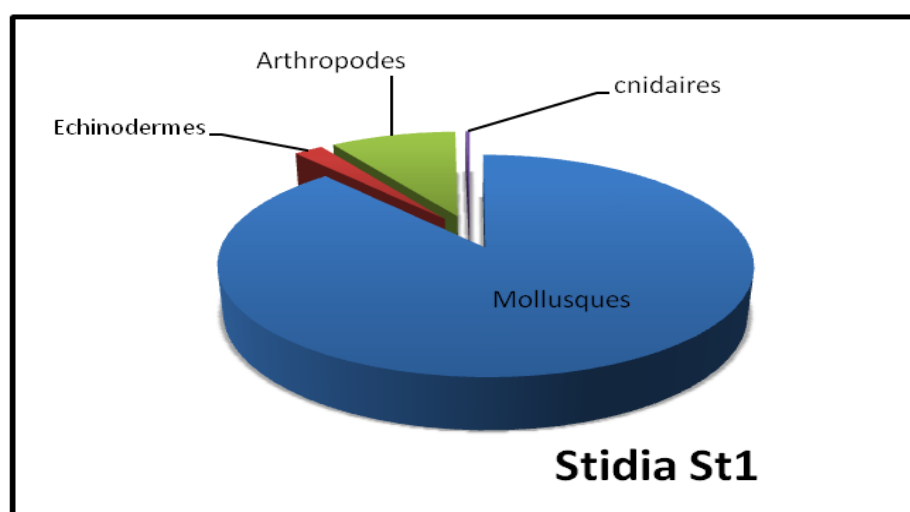


Figure 15. Proportion des groupes zoologiques au niveau de la station 1 de Stidia.

Parmi les Mollusques recensés, les Gastéropodes (Prosobranches) sont assez bien représentés avec 7 taxa, suivi par les Monoplacophores avec 4 taxa et ensuite viennent les Arthropodes, représentés par les Crustacés avec 3 taxa.

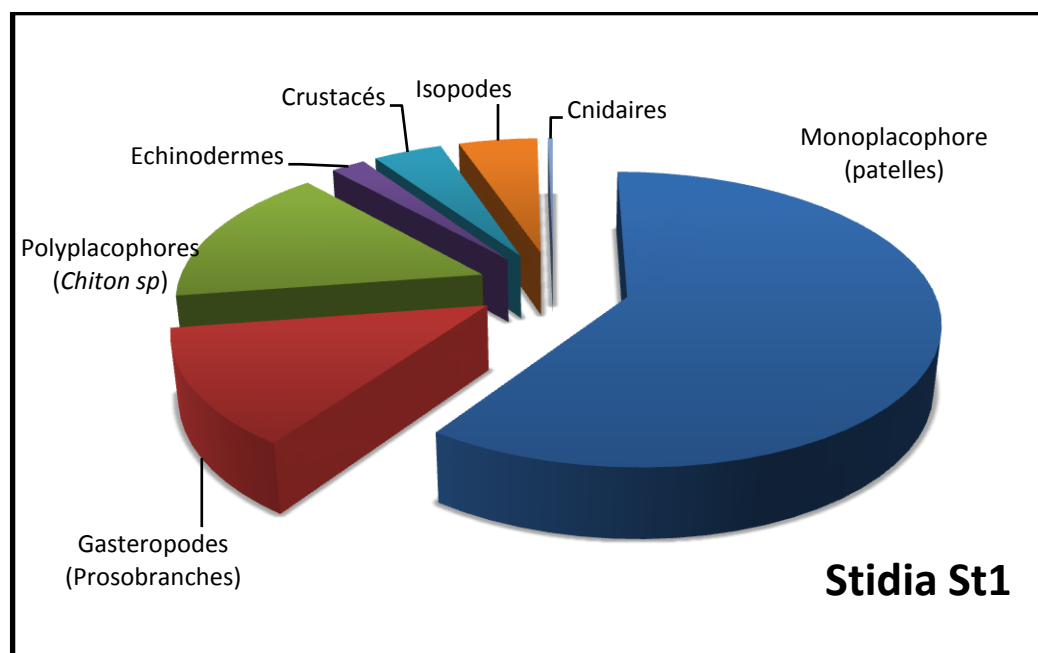


Figure 16. Diversité zoologique de la macrofaune de la station 1 de Stidia.

Le groupe des Monoplacophores (Patelles) représente 59,69% de la diversité totale. Suivie par les Polyplacophores (*Chiton sp*) 15,69% et les Gastéropodes (Prosobranches) 12,92%. Les Cnidaires contribuent modestement à la diversité totale, avec seulement 0,31% (Figure 16).

3.1.1.1.2. La station 2 (SSt2)

La station 2 de ce site présente la richesse spécifique la plus élevée. On retrouve 25 espèces (au total 922 individus). Les quatre groupes taxonomiques sont divisés ainsi : Mollusques (75,16 %), des Arthropodes (8,24 %), des Cnidaires (3,31%) et des Echinodermes (13,55%) (Figure 17).

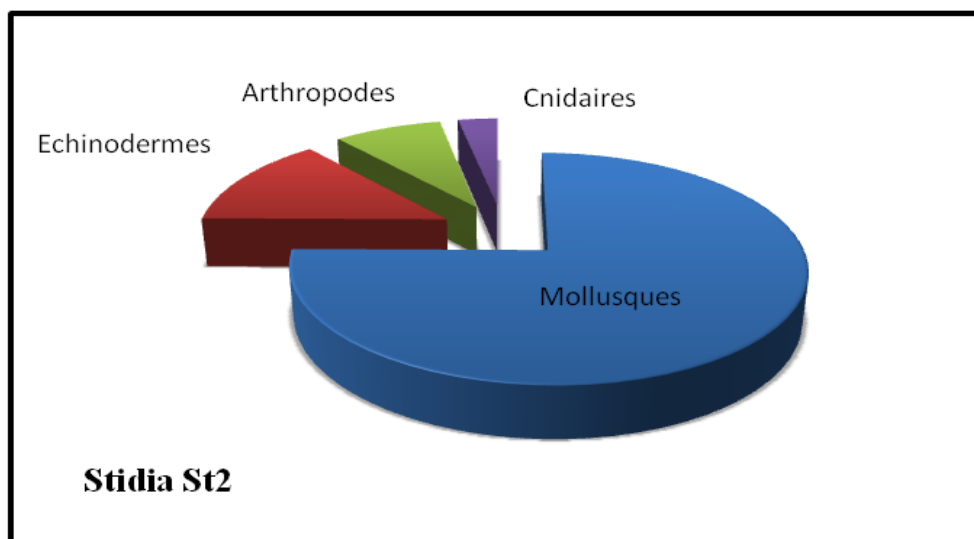


Figure 17. Proportion des groupes zoologiques au niveau de la station 2 de Stidia.

Les Monoplacophores et les Gastéropodes (Prosobranches) présentent mieux les Mollusques (avec chacun 6 taxa). Par ailleurs, c'est toujours les Crustacés qui présentent l'embranchement des Arthropodes avec 5 taxa alors que les isopodes ne sont représentés que par une seule espèce.

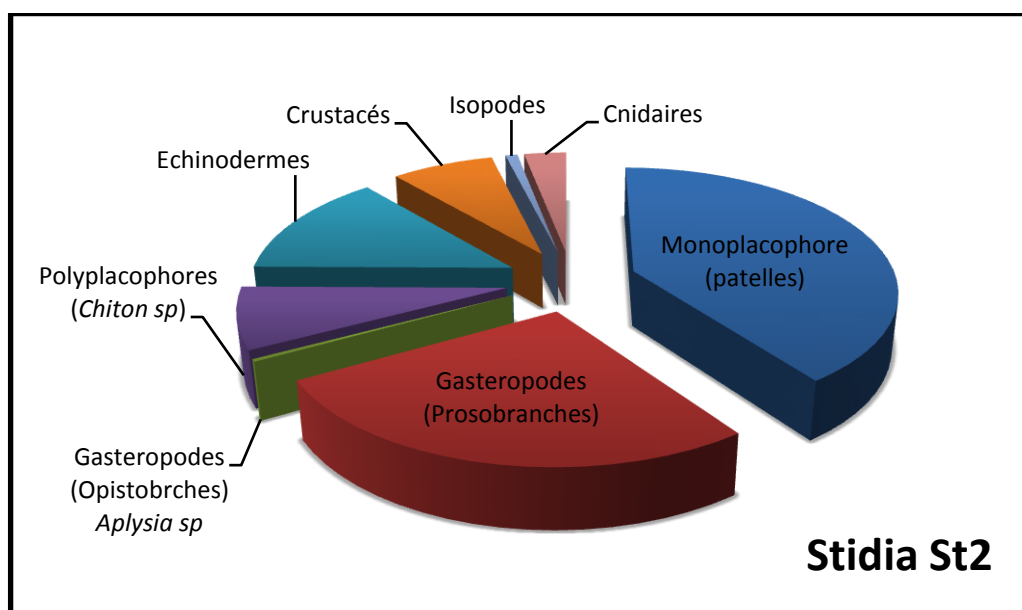


Figure 18. Diversité zoologique de la macrofaune de station 2 de Stidia.

Les groupes des Monoplacophores présents avec 40,02% suivi par les Gastéropodes (Prosobranches) avec 26,89%, ont les diversités, les plus, élevées, puis viennent les Echinodermes avec 13,55%. Il est à remarquer que les Isopodes et les Gastéropodes (Opistobranches) contribuent moins à cette diversité avec des représentations respectives de 0,86% et 0,32% (Figure 18).

3.1.1.1.3. La station 3 (SSt3)

Les espèces recensés sur substrat rocheux sur la station 3 du site de Stidia, montre une faible richesse spécifique par rapport aux deux autres stations. Au total 291 individus (toutes espèces confondues) ont été dénombrés et représentés par 70,10% de Mollusques, 18,55% d'Arthropodes, 29,89% de Cnidaires et 11,34% d'Echinodermes.

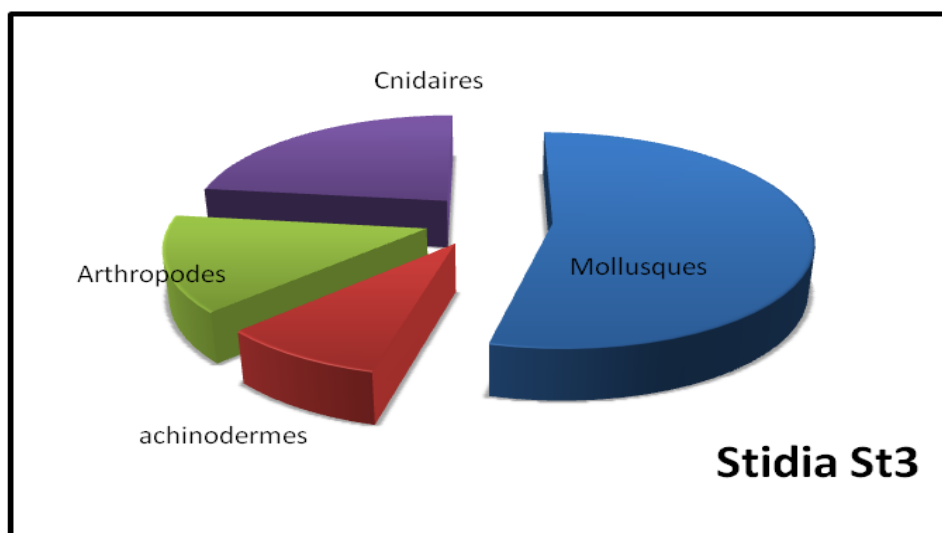


Figure 19. Proportion des groupes zoologiques au niveau de la station 3 de Stidia.

Les espèces recensés sur substrat rocheux sur la station 3 du site de Stidia, montre une faible richesse spécifique par rapport aux autres stations. On a noté dans cette station 291 individus (toutes espèces confondues) présentés comme suite: les Mollusques 70,10%, les Arthropodes 18,55%, les Cnidaires 29,89% et les Echinodermes 11,34% (Figure 19).

Les Mollusques doivent leur grande diversité aux Gastéropodes (Prosobranches). Pour cette station les Crustacés sont représenté par l'embranchement des Arthropodes avec seulement 3 taxa par rapport à la station précédente. Par ailleurs, dans cette station, on remarque la présence des cnidaires avec 2 taxa seulement.

Dans l'ensemble de cette diversité zoologique, les Gastéropodes (Prosobranches) sont les mieux représentés avec plus de 47,42% de la richesse spécifique totale, suivie des cnidaires avec 29,89%. Quant aux Monoplacophores (patelles), les Crustacés et les Echinodermes, ces derniers présentent des diversités très proche qui varient respectivement de 16,15% ; 14,43% et 11,34%. Cependant, on remarque l'absence totale des Polyplacophores (Figure 20).

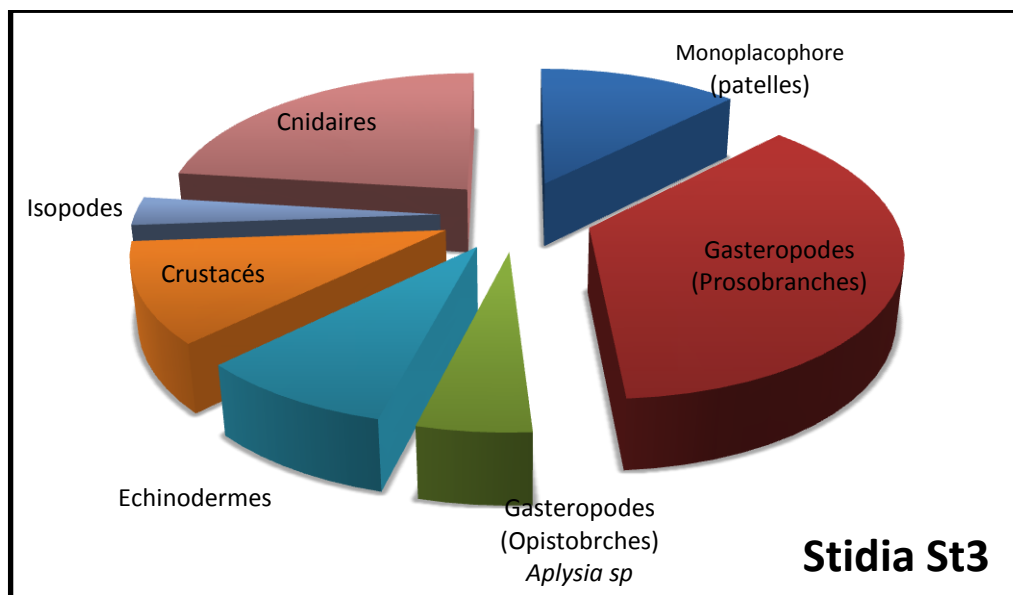


Figure 20. Diversité zoologique du macrofaune de la station 3 de Stidia.

La répartition de **la richesse globale du site de Stidia**, illustrée par la figure 21, montre la présence des quatre groupes zoologiques au niveau des trois stations comme suite : Les Mollusques figurent en majorité par rapport aux autres groupes suivis par les Arthropodes. Pour les Cnidaires, c'est le groupe le plus représenté dans la station 3 et les Echinodermes dans la station 2.

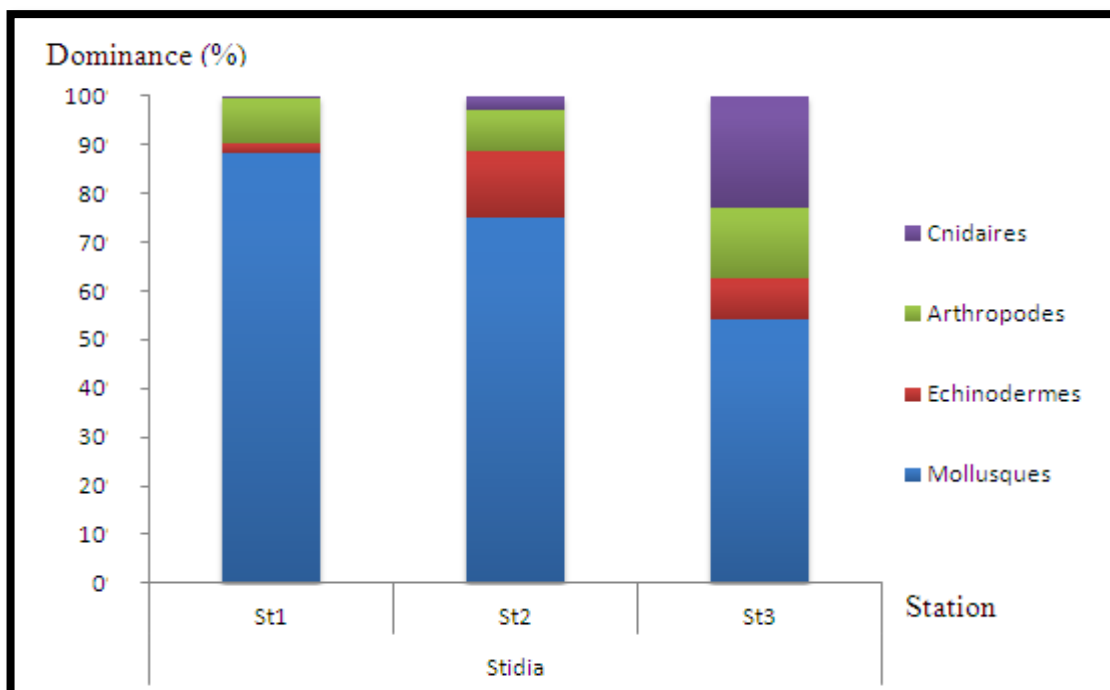


Figure 21. Répartition spatiale de la richesse du peuplement des groupes zoologiques du site de Stidia (Mars-Juin 2011).

3.1.1.2. Le site de Kharouba

Deux stations ont été choisies pour ce site, caractérisées chacune par un substrat rocheux de l'étage médiolittoral. Le mode est battu pour la station 1 et calme pour la station 2 (Figure 22). Ces deux stations sont influencées par les conditions de submersions, dues aux vagues et aux variations irrégulières du niveau de la mer. Le médiolittoral supérieur dans notre cas n'est mouillé que par les embruns des vagues. Ces deux stations sont séparées par une plage de sable au milieu, où on retrouve une petite activité de pêche de quelques petits métiers. Ce site est entouré par une agglomération très importante avec des déversements directe d'eaux usées et des rejets solides (Figure 23).



Figure 22. Les deux stations du site de Kharouba. A : mode battu et B : mode calme (photos prises en Mai 2011).



Figure 23. Sources de pollution [déchets solides (A) et eaux usées (B)] dans le site de Kharouba (photos prises en Avril 2011).

Le site de Kharouba plage (dit aussi Sidi El Madjdoub) est le site le plus pauvre en diversité spécifique. On a noté la présence de 16 espèces (soit 1434 individus au total) répertoriés sur l'ensemble de nos échantillons.

3.1.1.2.1. La station 1 (KSt1)

La totalité de la population répertoriée au niveau de cette station, n'est représentée que par les Mollusques à 100% avec 947 individus. La plus forte diversité spécifique est présentée par les Monoplacophores (avec 6 taxa), suivis par les Gastéropodes (Prosobranches) (avec 4 taxa) (Figure 24).

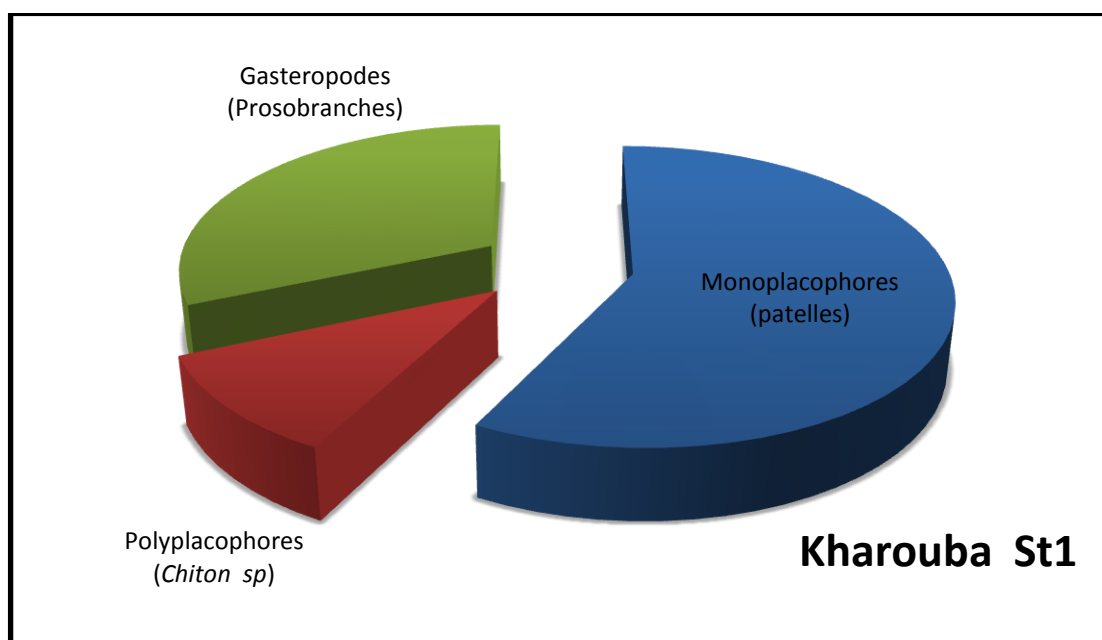


Figure 24. Proportion des groupes zoologiques de la station 1 de Kharouba.

La richesse macrozoobenthique globale, est représentée dans cette station par 57,65% de Monoplacophores, 31,57% de Gastéropodes (Prosobranches) et 10,77% de Polyplacophores.

3.1.1.2.2. La station 2 (KSt2)

Un total de 487 individus a été enregistré pour la macrofaune des substrats rocheux de cette station. Ces espèces sont réparties inégalement entre les groupes zoologiques (Figure 25). Dans cette diversité zoologique, les Mollusques dominent largement avec 62,62%. On retrouve ensuite les Cnidaires et les Echinodermes avec une abondance quasi-similaire, avec respectivement 17,65% et 16,22%. Par contre, la plus faible dominance est marquée par les Arthropodes 3,49%.

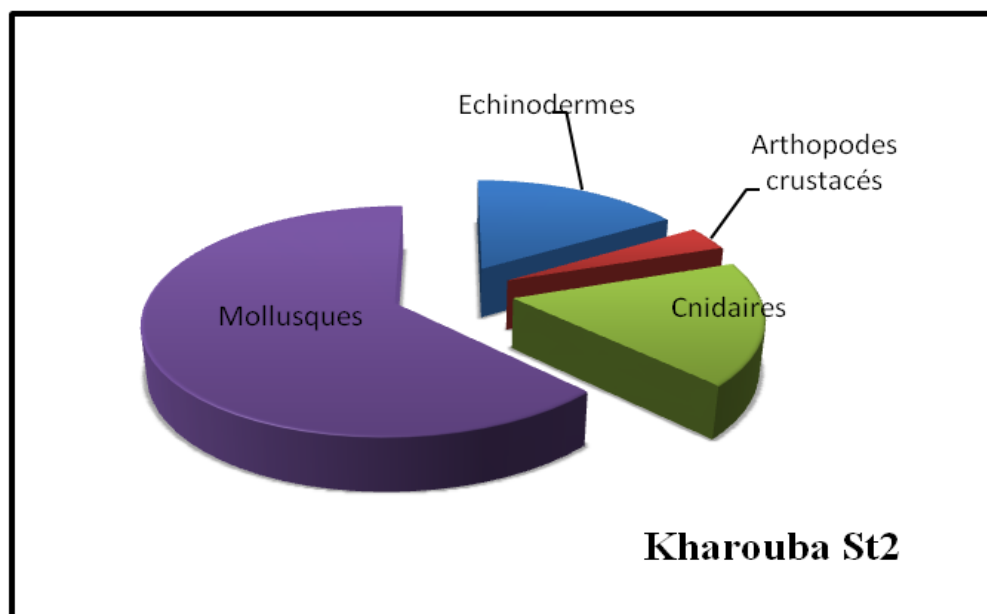


Figure 25. Proportion des groupes zoologiques de la station 2 de Kharouba.

Les Gastéropodes représentés par 43,32% dans cette diversité zoologique sont le groupe zoologique le plus dominant, pour l'abondance totale des Mollusques, suivis par les Monoplacophores avec (15,81%), les Echinodermes avec (16,22%) et les Cnidaires avec (17,65%). Une similarité dans la représentation entre les Polyplacophores et les Arthropodes (essentiellement des crustacés) est observée avec (3,46%) (Figure 26).

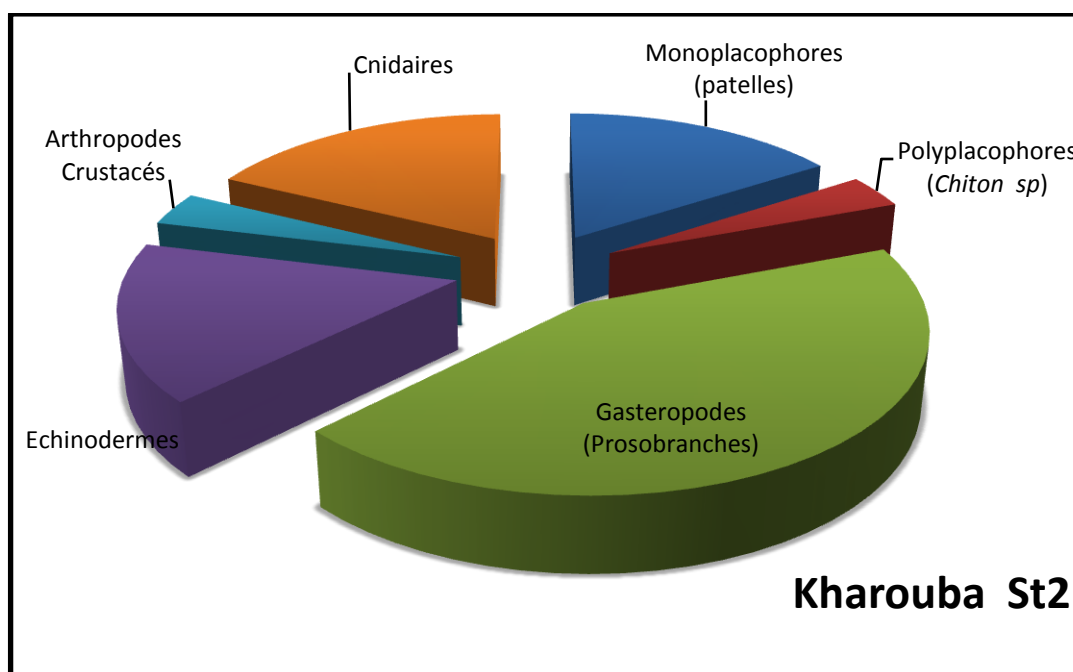


Figure 26. Diversité zoologique de la macrofaune de station 2 de Kharouba.

La répartition de **la richesse globale du site de Kharouba**, illustrée par la figure 27, révèle que la station 2 est plus riche en espèces par rapport à la station 1. Elle est représentée par six groupes zoologiques et une richesse spécifique de 14 espèces.

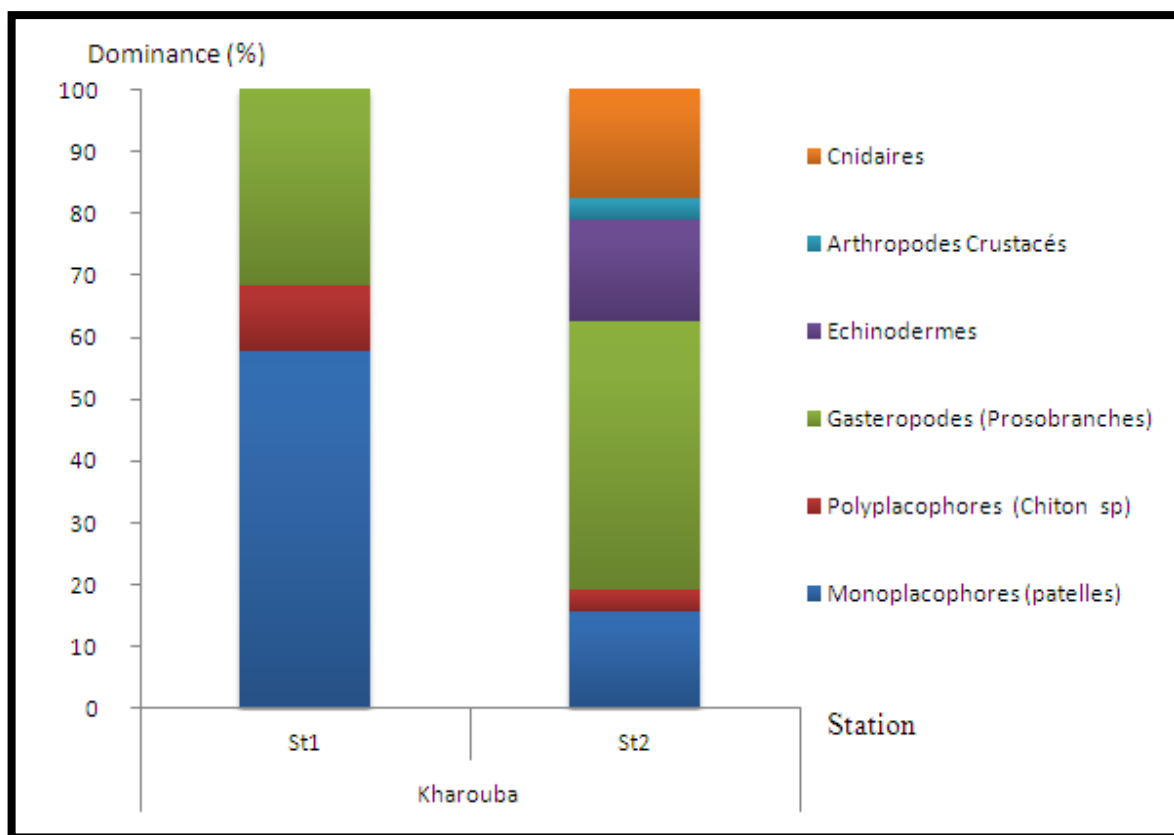


Figure 27. Variabilité spatiale de la richesse du peuplement des groupes zoologiques du site de Kharouba (Mars-Juin 2011).

3.1.1.3. Le site de Hadjadj

Concernant le site Hadjadj, deux stations ont été étudiées pour les deux modes : mode battu pour la station 1 et mode calme pour la station 2. Une richesse floristique bien remarquable a été observée pour ce site. La zone rocheuse est située entre deux plages sablonneuses très vastes avec des cabanons et des localités réservés pour l'été. Ce site est donc plus calme que les deux autres sites (Stidia et Kharouba), malgré la présence de quelques pêcheurs par cannes. Et comme tout le littoral Mostaganemois, les plages de ce site sont entourées par des terres agricoles (Figure 28).

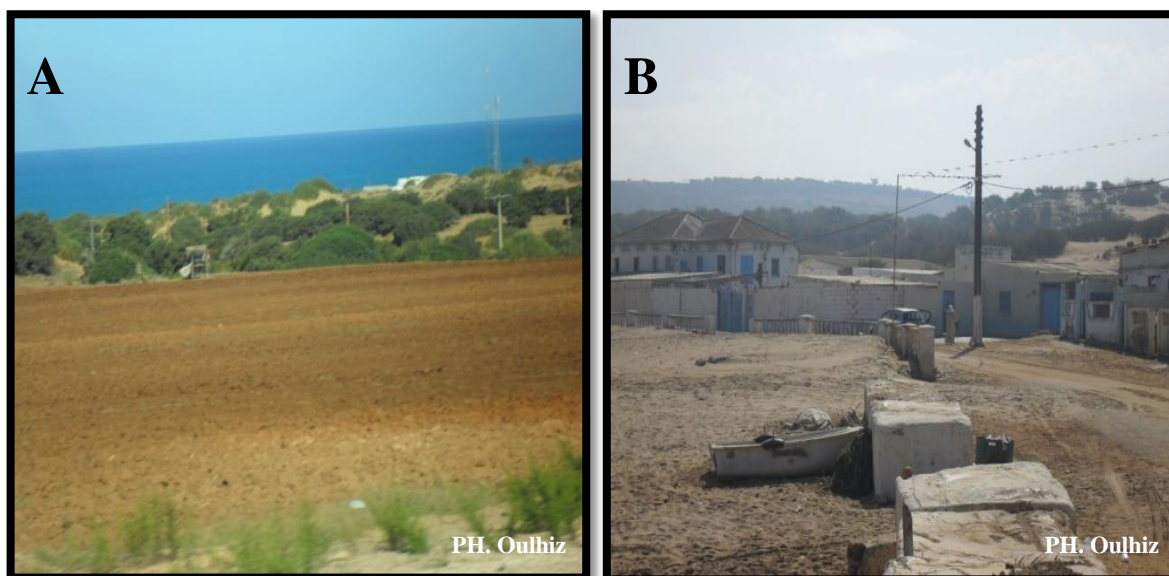


Figure 28. A) Les terres agricoles et B) les cabanons à proximité du site de Hadjadj (photos prises en avril 2011).

A travers les prélèvements analysés des populations d'invertébrés, 21 taxons ont été identifiés avec 1021 individus, repartis sur quatre grandes familles (Cnidaires, Mollusques, Echinodermes et Arthropodes).

3.1.1.3.1. La station 1 (HSt1)

L'analyse du peuplement de la macrofaune des côtes rocheuses de cette station, présente un nombre total de 592 d'individus ; dont les Mollusques dominant (66,21%) suivie par une représentation similaire pour les Echinodermes et les Cnidaires (12,50% et 12,33% respectivement). Par ailleurs, les Arthropodes sont représentés seulement par 5,74% (Figure 29).

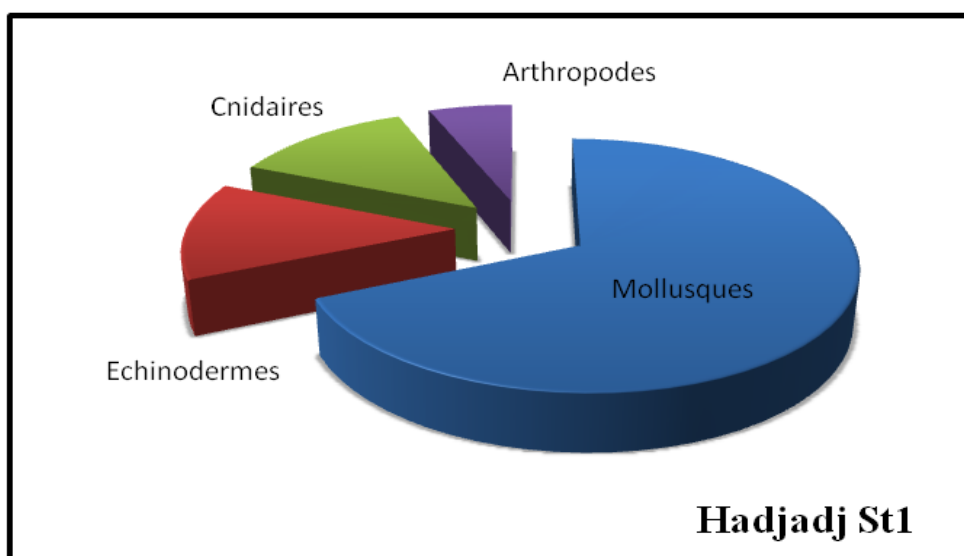


Figure 29. Proportion des groupes zoologiques de la station 1 de Hadjadj.

Parmi les Mollusques, les Gastéropodes sont les plus dominants avec une abondance de 35,98% et une richesse de 7 taxa par rapport aux Monoplacophores qui ne sont représentés que par 27,19% et 6 taxa. Les Echinodermes viennent en dernier, avec une abondance de 12,5% et une richesse de 3 taxa. Quant aux Polyplacophores, ils ne représentent que 3,04% de la totalité des espèces recensées. Par ailleurs, les Arthropodes sont représentés par 2 taxa de Crustacés et 5,74% et une seule espèce représente les Cnidaires avec une abondance bien remarquée de 12,33% (Figure 30).

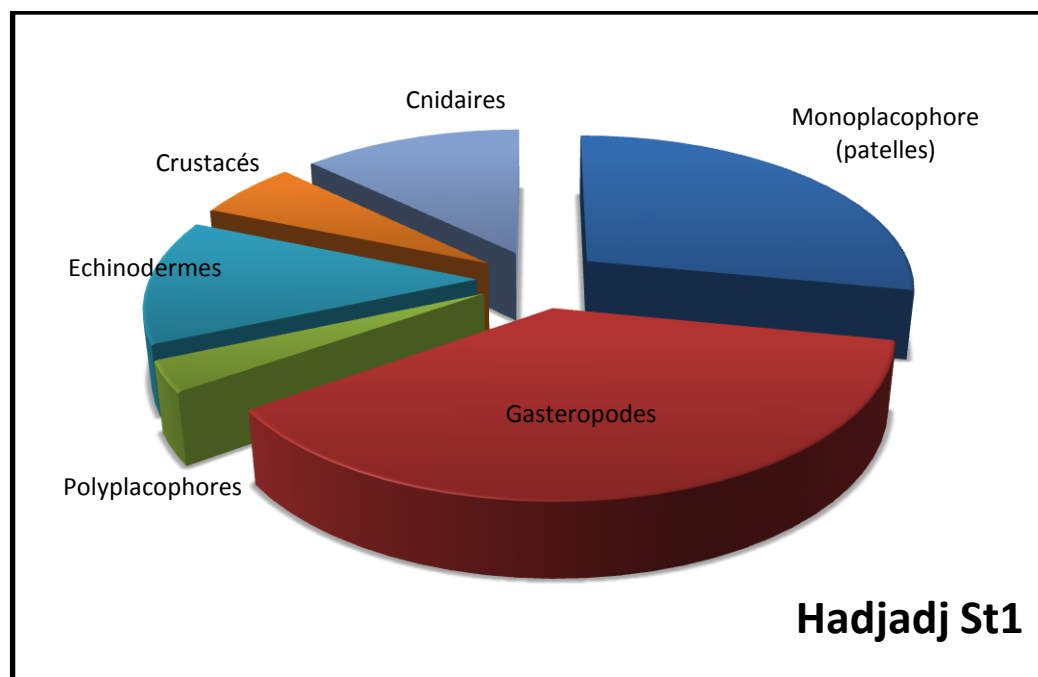


Figure 30. Diversité zoologique de la macrofaune de la station 1 de Hadjadj.

3.1.1.3.2. La station 2 (HSt2)

Dans cette station, l'embranchement des Mollusques constitue l'essentiel de la macrofaune benthique totale (429 individus), avec une dominance de 58,50% (Figure 31). Les Cnidaires et les Echinodermes ont presque la même représentativité avec respectivement une abondance de 18% et en dernier viennent les Arthropodes avec la plus faible dominance.

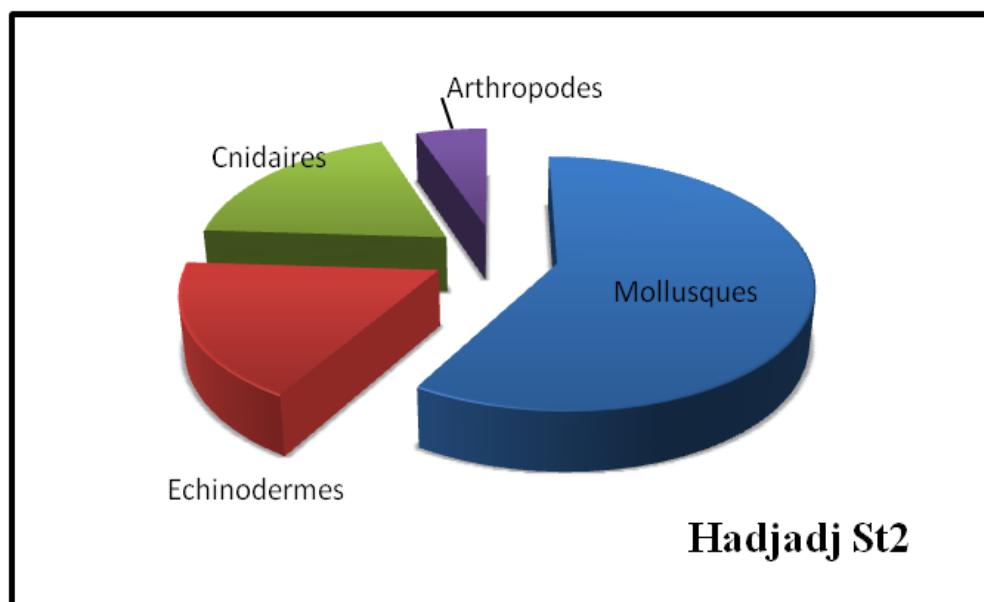


Figure 31. Proportion des groupes zoologiques de la station 2 de Hadjadj.

Dans cette station, les Gastéropodes sont les plus dominants (31,93%) avec une richesse spécifique de 3 taxa. Le nombre élevé d'individus du groupe des Mollusques, s'explique par la présence d'un nombre relativement élevé des Gastéropodes et des Patelles (194 individus en moyenne). En Comparant avec le groupe des Arthropodes, un faible nombre d'individus (23 individus) présente uniquement les Crustacés par une seule espèce (*Pachygrapsus marmoratus*) (Figure 32).

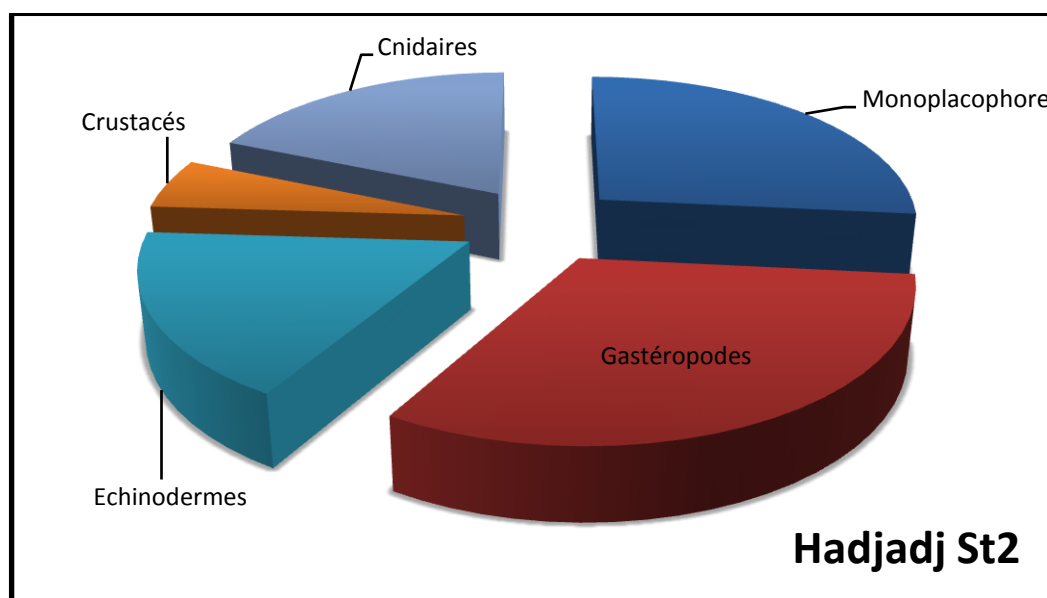


Figure 32. Diversité zoologique de la macrofaune de la station 2 de Hadjadj.

La répartition de **la richesse globale du site de Hadjadj**, illustrée par la figure 33, montre que le peuplement de ce site est bien diversifié, marqué dans la station 1 par une abondance globale de 592 individus (soit 57,98%). Cependant, dans la station 2, les Polyplacophores ne sont pas représentés. Dans l'ensemble, les groupes taxonomiques qui existent dans ce site sont bien répartis dans les deux stations.

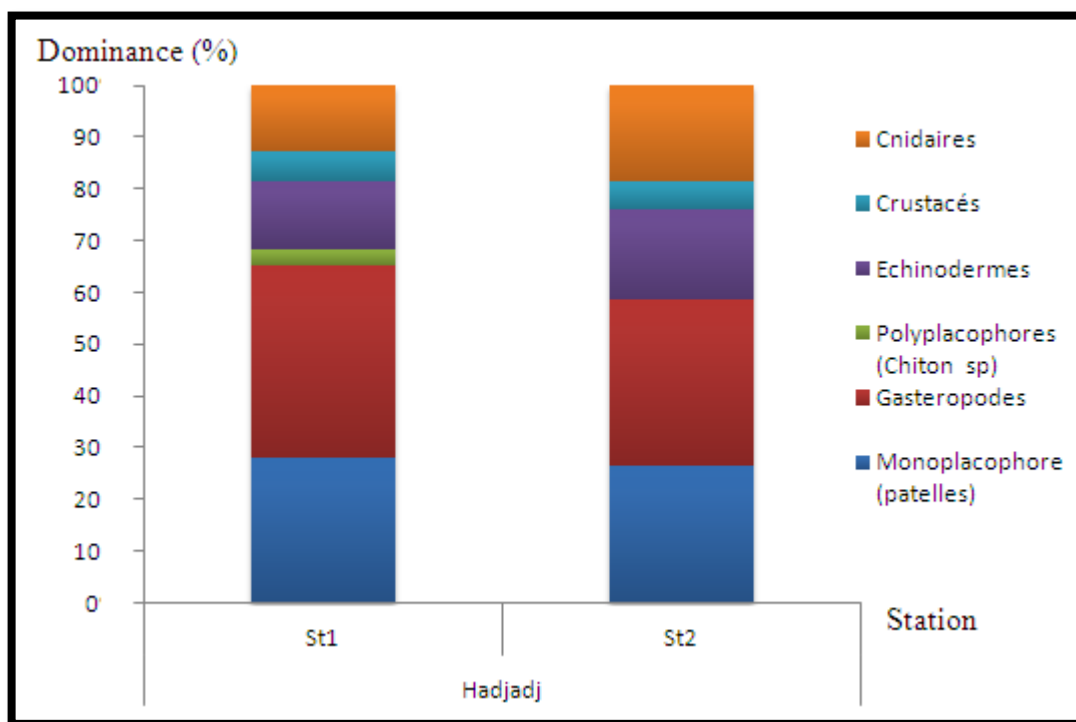


Figure 33. Variabilité spatiale de la richesse du peuplement des groupes zoologiques du site de Hadjadj (Mars-Juin 2011).

3.1.2. Composition de la macrofaune des côtes rocheuses de Mostaganem

Les graphes (34, 35, 36) illustrent l'abondance globale et la richesse spécifique de la macrofaune du médiolittoral des sites étudiés. Ce dernier, montre que les stations : SSt2 de Stidia et KSt2 de Kharouba et HSt1 de Hadjadj, sont les plus riches et diversifiées en espèces. A cet effet, ces stations sont choisies pour faire une comparaison de la diversité et la richesse spécifique entre les sites étudiés.

Le site de Stidia ainsi que le site de Hadjadj plage présentent tout les deux une forte richesse spécifique (respectivement 25 et 21 espèces) par rapport au site de Kharouba (14 espèces)

Les tableaux 2 et 3 illustrés par les figures (37, 38, 39, 40, 41) présentent la richesse spécifique de la faune inventoriée au niveau des trois sites étudiés.

Tableau 2 : Liste de la macrofaune benthique du substrat dur des trois sites étudiés.

Les espèces	Site de Stidia	Site de Hadjadj	Site de Kharouba
MOLLUSQUES			
1. Monoplacophores (patelles)			
<i>Patella vulgata</i> (Linnaeus, 1758)	***	**	***
<i>Patella nigra</i> (da Costa, 1771)	**	Abs	**
<i>Patella caerulea</i> (Linnaeus, 1758)	**	*	*
<i>Patella ferruginea</i> (Gmelin, 1791)	*	*	Abs
<i>Siphonaria pectinata</i> (Linnaeus, 1758)	***	***	***
<i>Diodora graeca</i> (Linnaeus, 1758)	Abs	*	*
<i>Patella depressa</i> (Pennant 1777)	**	*	***
2. Polyplacophores			
<i>Chiton sp</i>	***	*	***
3. Gastéropodes			
3.1. Gastéropodes (Prosobranches)			
<i>Littorina sp</i>	***	***	***
<i>Gibbula umbilicalis</i> (da Costa 1778)	*	*	***
<i>Gibbula divaricata</i> (Linnaeus, 1758)	**	**	**
<i>Conus ventricosus</i> (Gmelin, 1791)	*	*	Abs
<i>Columbella rustica</i> (Linnaeus, 1758)	**	*	Abs
<i>Cerithium vulgatum</i> (Bruguère, 1792)	**	Abs	Abs
<i>Pisania striata</i> (Gmelin, 1791)	*	*	Abs
<i>Thais haemastoma</i> (Linnaeus, 1767)	*	**	*
3.2. Gastéropodes (Opistobranches)			
<i>Aplysia fasciata</i> (Poiret, 1789)	*	*	Abs
ECHINODERMES			
<i>Paracentrotus lividus</i> (Lamarck, 1816)	**	**	*
<i>Arbacia lixula</i> (Linnaeus, 1758)	***	**	**
<i>Holothuria tubulosa</i> (Gmelin, 1788)	*	*	Abs

* : presence (n < 50) ; ** : presence (n > 50) ; *** : presence (n > 100) ; Abs : absence

Tableau 3 (Suite) : Liste de la macrofaune benthique du substrat dur des trois sites étudiés.

ARTHROPODES			
1. Crustacés			
<i>Carcinus maenas</i> (Linnaeus, 1758)	*	*	Abs
<i>Pachygrapsus marmoratus</i> (Fabricius, 1787)	*	**	*
<i>Eriphia verrucosa</i> (Forsskal, 1775)	*	Abs	Abs
<i>Porcellana platycheles</i> (Pennant, 1777)	*	Abs	Abs
<i>Clibanarius erythropus</i> (Latreille, 1818)	**	Abs	*
2. Isopodes			
<i>Dynamene bidentata</i> (Adams, 1800)	*	Abs	Abs
<i>Idotea sp</i>	*	Abs	Abs
CNIDAIRES			
<i>Anemonia viridis</i> (Forsk. 1775)	*	**	***
<i>Actinia equina</i> (Linnaeus, 1758)	*	Abs	Abs

* : presence (n < 50) ; ** : presence (n > 50) ; *** : presence (n > 100) ; Abs : absence.

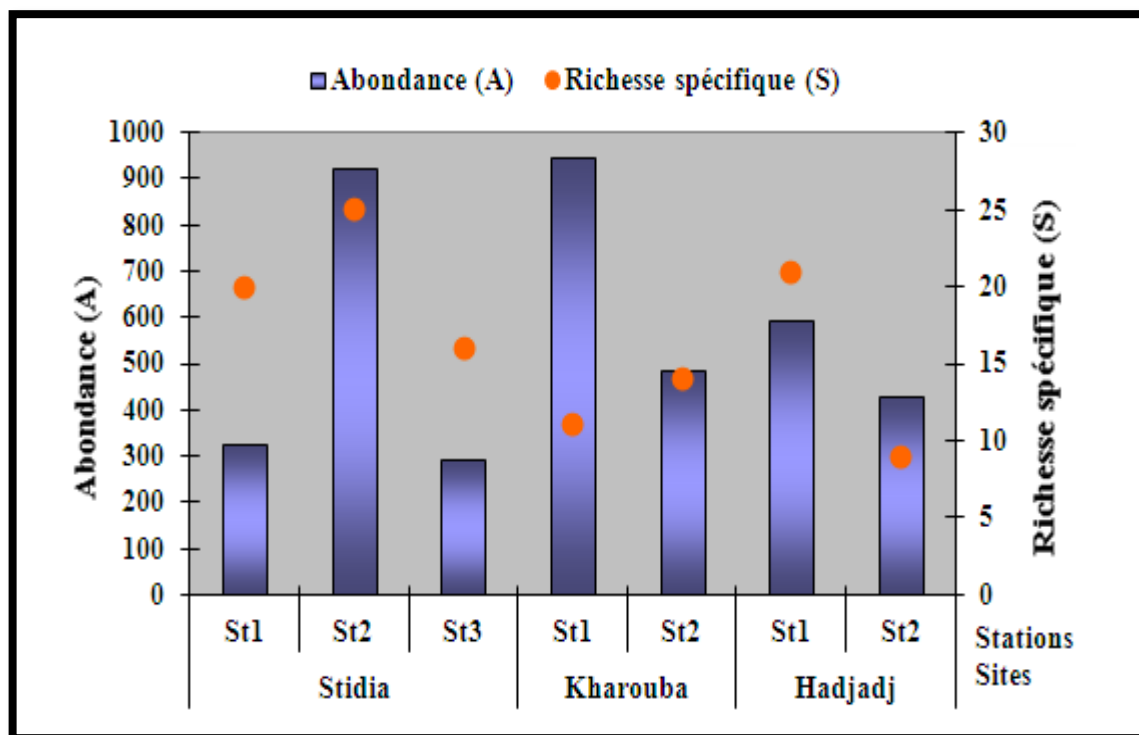


Figure 34. Variabilité de la richesse spécifique et de l'abondance de la macrofaune benthique des différentes stations.

Un total de 29 taxons appartenant aux quatre embranchements : Arthropodes, Mollusques, Cnidaires et Echinodermes a été identifié. La figure 34 illustre la distribution de ces groupes taxonomique, où a été recensé un total de 2559 individus, représenté par : 1538 dans le site de Stidia, 1434 dans le site de Hadjadj et 1021 dans le site de Kharouba plage.

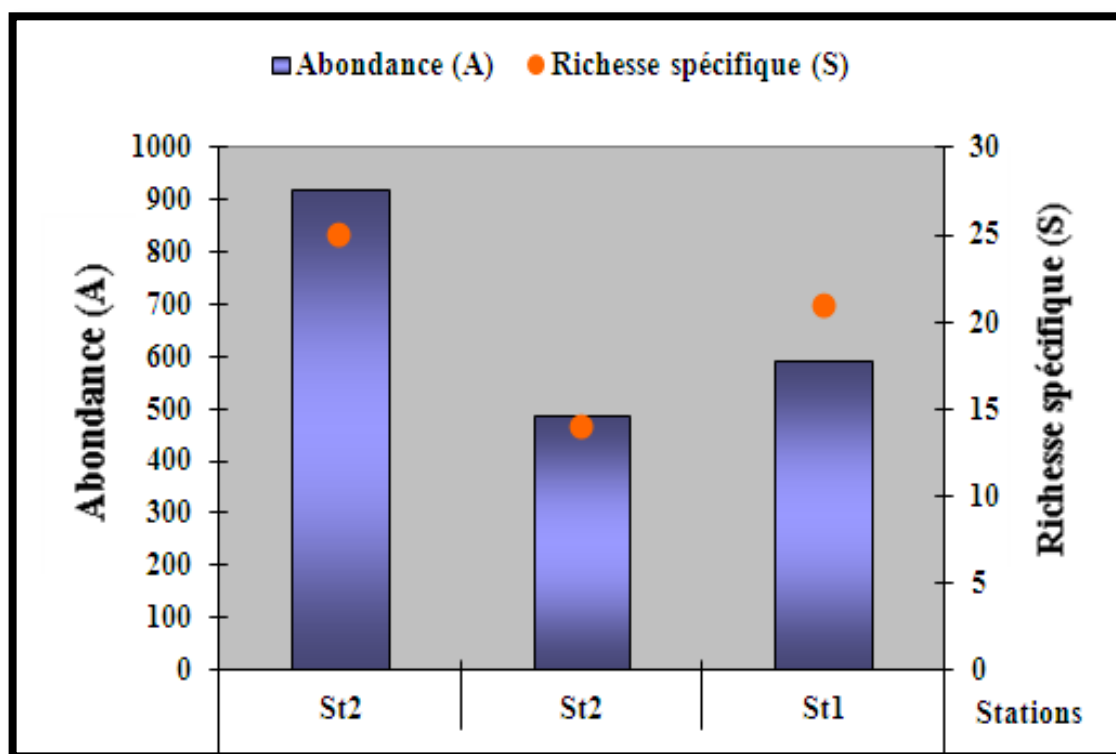


Figure 35. Variabilité de la richesse spécifique et de l'abondance de la macrofaune benthique des trois stations choisies : (SSt2 de Stidia et KSt 2 de Kharouba et HSt1 de Hadjadj).

Les trois stations choisies, les mieux représentatives de chaque site, sont prises en compte pour comparer la distribution des peuplements recensés (Figure 35).

D'une manière générale, les espèces qui prédominent appartiennent au groupe des Mollusques dans l'ensemble des sites, suivi par les Echinodermes. Quant aux deux autres groupes, leurs pourcentages varient d'un site à un autre. La distribution des abondances et des dominances ainsi que la richesse spécifiques montrent des variabilités entre les sites (voir figure 36).

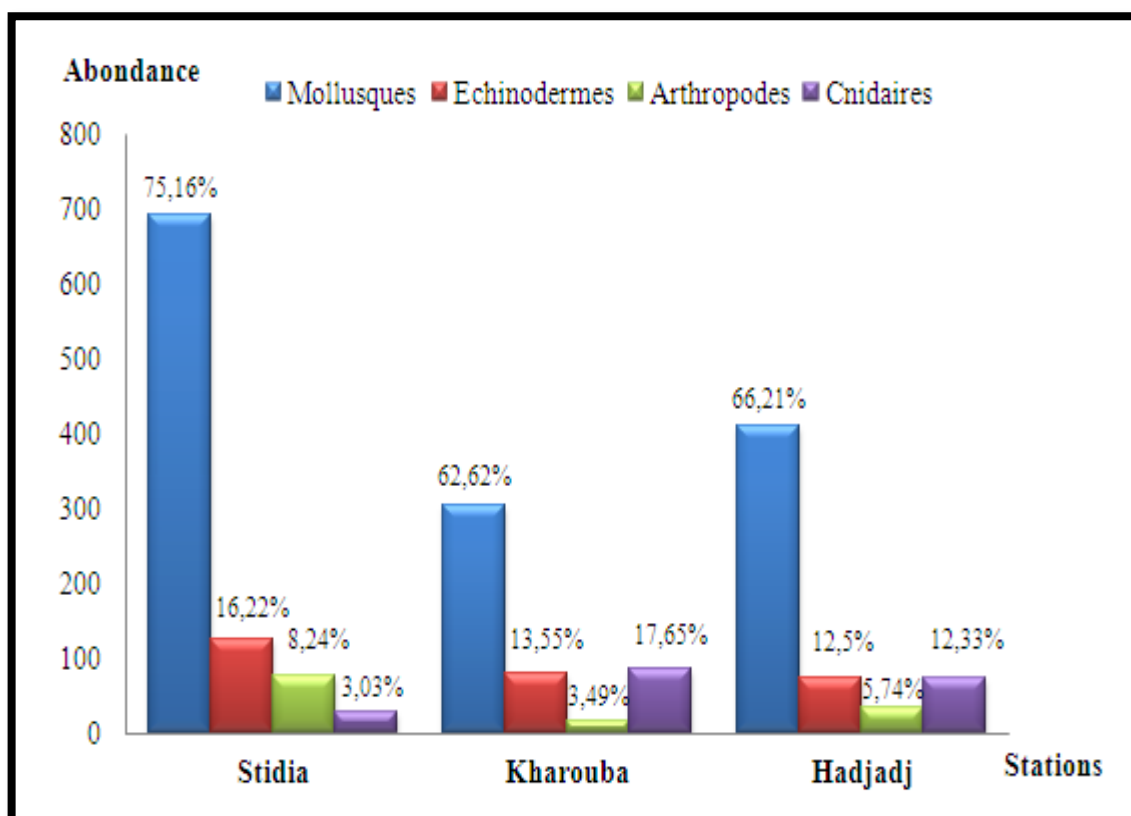


Figure 36. La distribution de l'abondance et de la dominance des groupes zoologiques des trois stations choisies (Mars-Juin 2011).

* Pour les Mollusques, représentés par les trois grandes familles (Gastéropodes, Monoplacophores et les polyplacophores) (Figure 37 et 38), c'est le site de Hadjadj plage qui est représenté par la plus forte richesse marquée par les Gastéropodes avec 8 taxa, les Monoplacophores avec 6 taxa et une seule espèce pour les polyplacophores, suivi par le site de Stidia. Et c'est le site de Kharouba qui est représenté par la plus faible richesse spécifique.

* Pour les Echinodermes, c'est le site de Kharouba qui est le plus pauvre en espèces représenté par 2 espèces d'oursins (*Paracentrotus lividus* et *Arbacia lixula*) (Figure 39) par rapport aux deux autres sites qui ont la même richesse spécifique (2 espèces d'oursins *Paracentrotus lividus* et *Arbacia lixula* et une espèce d'Holothurie aspidochirote *Holothuria (H.) tubulosa*) (Figure 39).

LES MOLLUSQUES

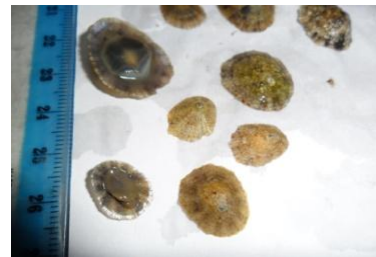
1) Les Monoplacophores (patelles)



Patella intermedia (Bernique)
= *Patella depressa* (Pennant 1777)



Patella ferruginea (Gmelin, 1791)
(Patelle géante)



Patella caerulea (Linnaeus, 1758)
(Patelle méditerranéenne)



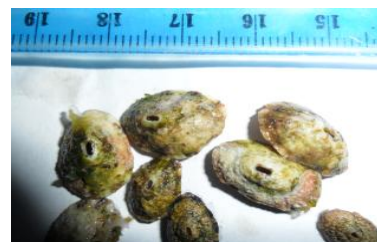
Patella nigra (da Costa, 1771)
(Patelle noire)



Siphonaria pectinata (Linnaeus, 1758)



Patella vulgata (Linnaeus, 1758)
(Patelle commune)



Diodora graeca (Linnaeus, 1758)
(Fissurelle)

2) Les Polyplacophores

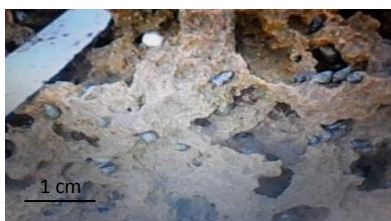


Chiton sp

Figure 37. Les mollusques retrouvés dans les trois sites étudiés : 1) les Monoplacophores (patelles) et 2) les Polyplacophores (photos prises dans le présent travail).

3) Les Gastéropodes

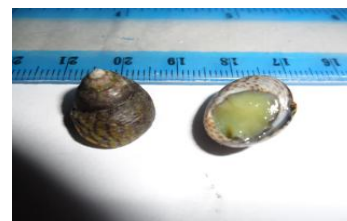
A) Les Gastéropodes (Prosobranches)



Littorina sp



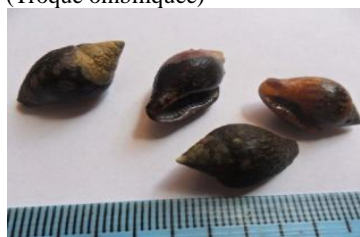
Gibbula umbilicalis (da Costa 1778)
(Troque ombiliquée)



Gibbula divaricata (Linnaeus, 1758)
(Troque divergent)



Conus ventricosus (Gmelin, 1791)
(Cône de Méditerranée)



Columbella rustica (Linnaeus, 1758)



Cerithium vulgatum (Bruguière, 1792)
(Cérith commun, Cornet)



Pisania striata (Gmelin, 1791)
(Buccin truité)



Thais haemastoma (Linnaeus, 1767)
(Grand pourpre)

B) les Gastéropodes (Opistobranches)



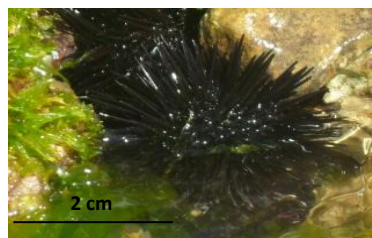
Aplysia fasciata (Poiret, 1789)
(Lièvre de mer)

Figure 38. Les mollusques retrouvés dans les trois sites étudiés. 3) Les Gastéropodes :
A) Les Gastéropodes (Prosobranches) et les Gastéropodes (Opistobranches)
(photos prises dans le présent travail).

LES ECHINODERMES



Paracentrotus lividus (Lamarck, 1816)
(Oursin comestible)



Arbacia lixula (Linnaeus, 1758)
(Oursin noir)



Holothuria tubulosa (Gmelin, 1788)
(Concombre de mer, holothurie tubuleuse)

Figure 39. Les Echinodermes retrouvés dans les trois sites étudiés (photos prises dans le présent travail).

* Pour les Arthropodes, c'est le site de Stidia qui est le plus représenté en espèces, avec 5 taxa pour les Crustacés et les deux espèces pour les Isopodes (*Dynamene bidentata* et *Idotea sp*) (Figure 40). Tandis que les deux autres sites, ils ne sont représentés que par 2 taxa de crustacés (*Pachygrapsus marmoratus* et *Clibanarius erythropus* pour le site de Kharouba et *Pachygrapsus marmoratus* et *Carcinus maenas* pour le site de Hadjadje (Figure 40).

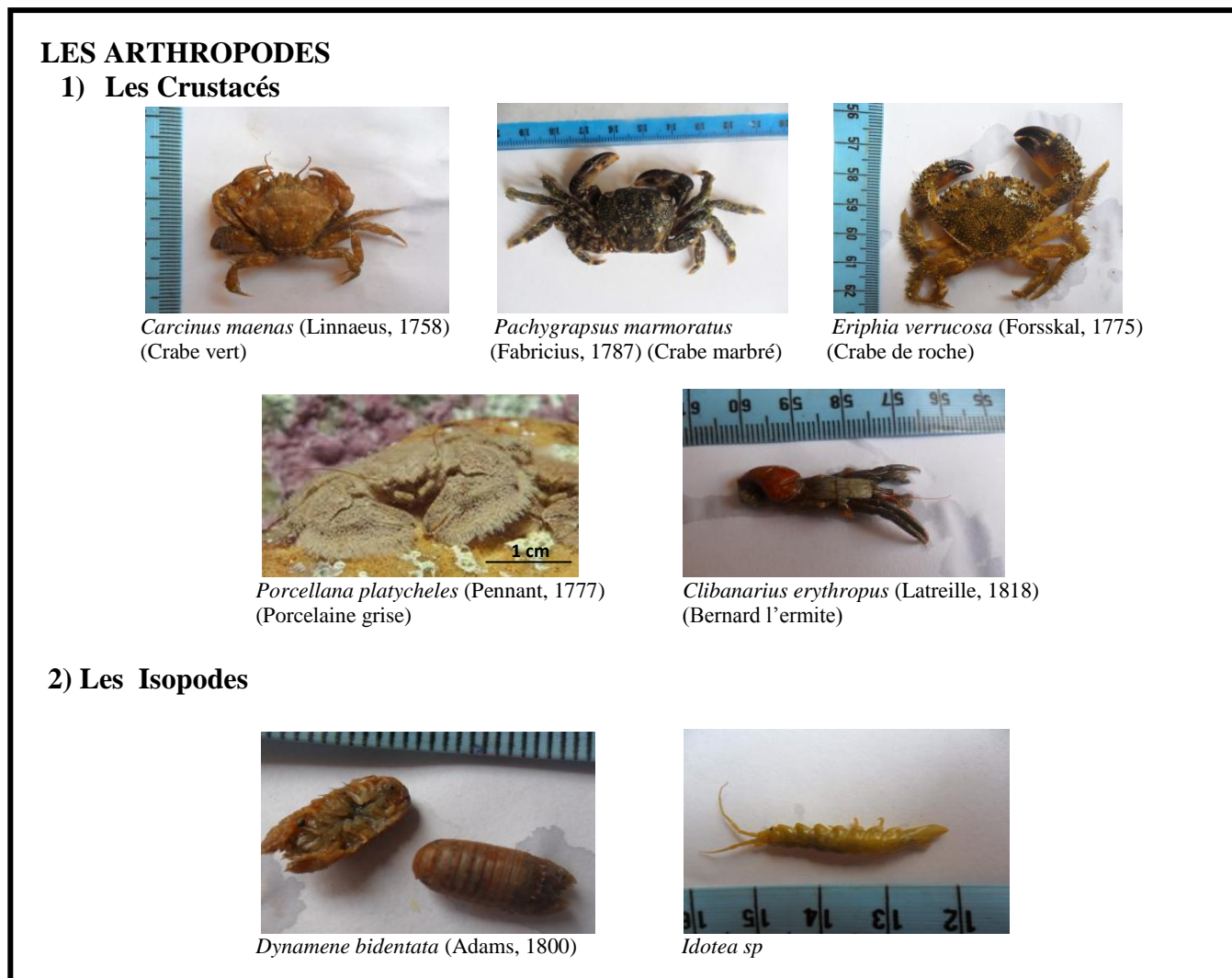


Figure 40. Les Arthropodes retrouvés dans les trois sites étudiés :

1) les Crustacés et 2) les Isopodes (photos prises dans le présent travail).

* Pour les Cnidaires, c'est le site de Stidia qui est le mieux représenté par ce groupe par rapport aux deux autres sites. On retrouve surtout par les deux espèces *Anemonia viridis* et *Actinia equina* (Figure 41).

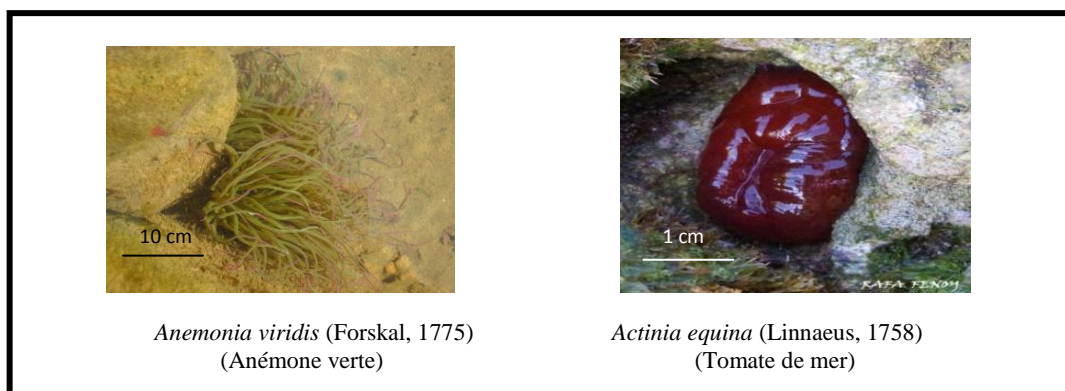


Figure 41. Les Cnidaires retrouvés dans les trois sites étudiés (photos prises dans le présent travail).

3.2. LA DIVERSITE SPECIFIQUE

Pour déterminer la structure du peuplement des différentes stations des sites étudiés, on a calculé différents indices à chaque site (Tableau 4).

L'analyse des valeurs des différents indices calculés dans cette étude permet d'estimer avec plus de précision la diversité spécifique des différents sites. L'indice de diversité de SHANNON, présente l'avantage de traduire la manière dont le peuplement est organisé. La comparaison d'un peuplement à l'autre se fait souvent par l'intermédiaire de l'équitabilité.

Tableau 4. Les différents indices de diversité spécifique et de la richesse du peuplement des sites et des stations étudiées.

	Stidia			Kharouba		Hadjadj	
	St1	St2	St3	St1	St2	St1	St2
Abondance (A)	325	922	291	947	487	592	429
Dominance (D)	21,13	59,94	18,92	66,03	33,96	57,98	42,01
Rs (S)	20	25	16	11	14	21	9
I.Sh (H')	2,19	2,69	2,41	1,68	2,20	2,77	1,60
I.E (J')	0,73	0,84	0,87	0,72	0,83	0,91	0,72

D'après les résultats de ce tableau, les indices de diversité et d'équitabilité présentent des valeurs qui se rapprochent pour les stations respectives suivantes : station 2 du site de Stidia (SSt2), station 2 du site de Kharouba (KSt2) et station 1 du site de Hadjadj (HSt1). Cependant, dans la station SSt2, l'abondance est relativement plus élevée par rapport aux stations KSt2 et HSt1. Par contre, la valeur de dominance est plus faible à la station KSt2.

En vu de ces résultats, on peut conclure que les stations SSt2 et KSt2 présentent les peuplements de macroinvertébrés, les plus diversifiés. En revanche, les plus faibles valeurs des

indices de diversité et d'équitabilité sont obtenues pour la station KSt et la HSt 2, où elles semblent être les moins diversifiées avec des valeurs moins élevées de l'indice de diversité (H') et d'équitabilité (J') et de richesse spécifique (S). Ces deux stations (KSt 1 et HSt 2) ont des valeurs très proches en indices de diversité malgré que la station KSt 1 présente des valeurs élevées en abondance et dominance.

D'après Daget (1979), des seuils sont fixés pour déterminer l'état d'un peuplement. Une équitabilité supérieure ou égale à 0,8 indique généralement un peuplement équilibré (Tableau 5).

Tableau 5. Etats des peuplements en fonction de l'indice d'Equitabilité d'après Daget (1979).

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

3.2.1. Le site de Stidia

Le peuplement est plus diversifié dans les stations 3 et 2 avec des valeurs très élevées, contrairement à la station 1 où la valeur de l'indice de l'Equitabilité (J') est le plus faible qui indique que le peuplement de cette station est diversifiée mais en légère déséquilibre ($0,5 \leq J' < 0,80$). Et que le peuplement de la station 2 et la station 3 est parfaitement diversifié et équilibré ($J' < 0,80$). L'indice (J') faible avec un indice de (H') élevé, confirme la dominance des Monoplacophores (Patelles) dans la station 1 de ce site (Figure 42).

3.2.2. Le site de Kharouba

Pour le site de Kharouba, c'est la station 2 qui montre le peuplement macrozoobenthique, le plus structuré avec une diversité marquée par une valeur élevée de l'indice de diversité (H') et aussi, bien en équilibre signalé par un indice d'Equitabilité élevé ($J' < 0,80$). La station 1 de ce site, indique aussi qu'il y a une dominance des Monoplacophores (Patelles) traduit par un faible indice d'Equitabilité ($0,5 \leq J' < 0,80$) (Figure 43).

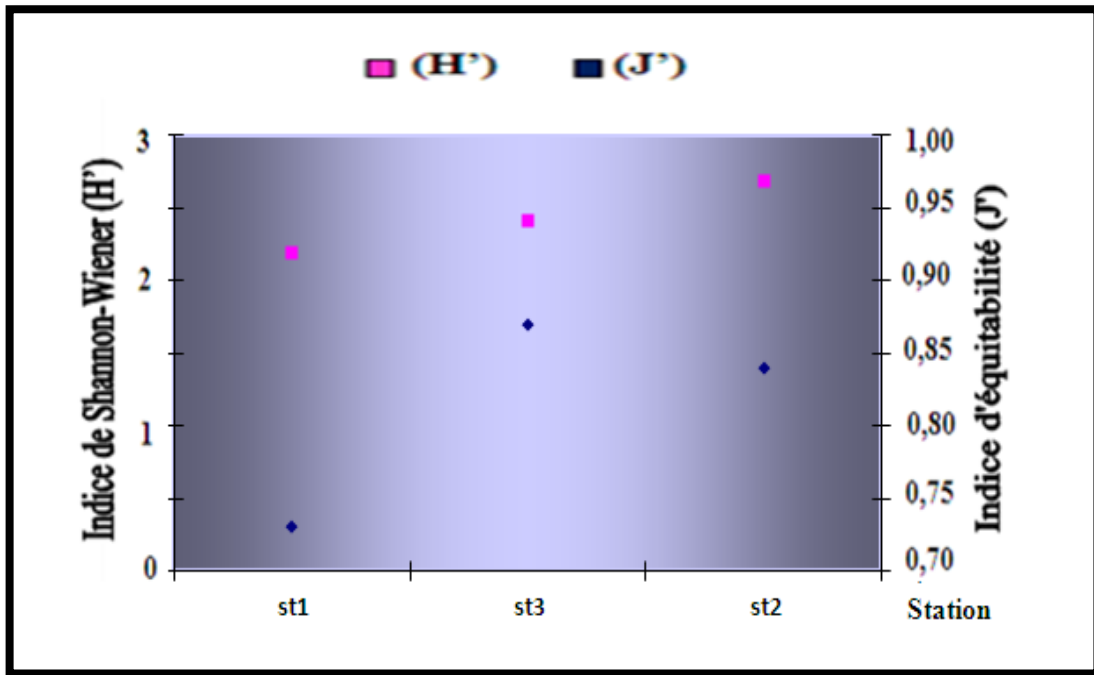


Figure 42. Répartition des valeurs de l'indice de diversité en fonction des stations du site de Stidia.

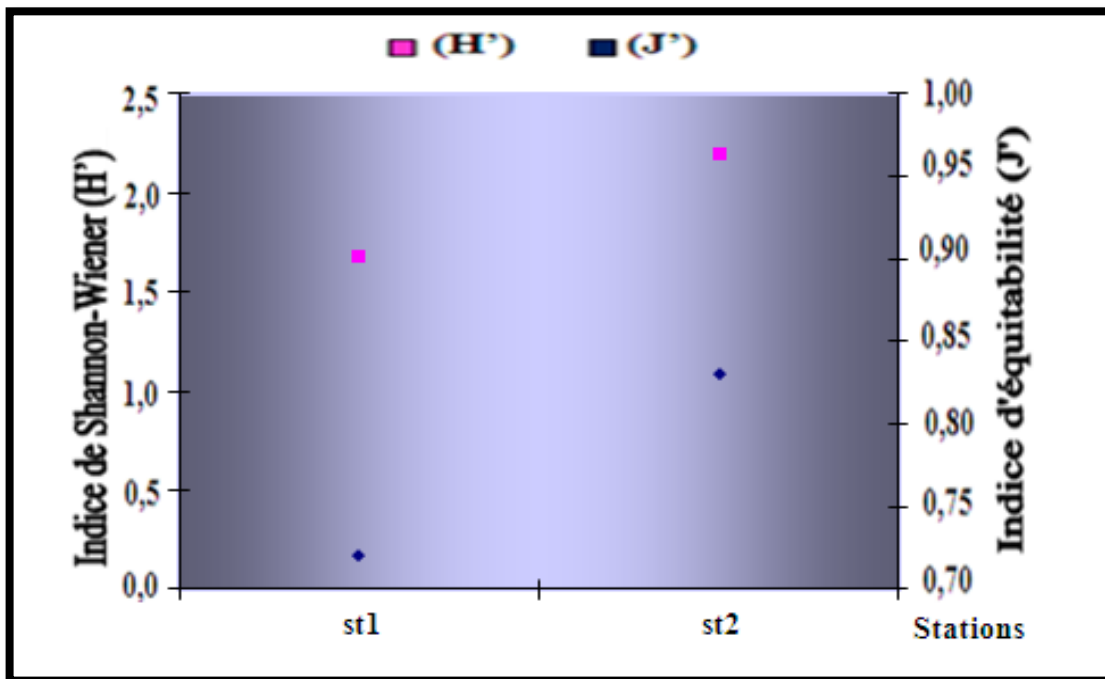


Figure 43. Répartition des valeurs de l'indice de diversité en fonction des stations du site de Kharouba.

3.2.3. Le site de Hadjadj

La faune benthique des côtes rocheuses de la station 1, possède des valeurs les plus élevées de l'indice de Shannon-Weaver (H') et d'équitabilité (J'). Donc, ce peuplement est bien structuré et parfaitement équilibré, contrairement à la diversité élevée de la station 2 représentée par un indice

d'Equitabilité faible ($0,5 \leq J' < 0,80$), ce qui montre un état en léger déséquilibre marqué par une abondance des Gastéropodes (Prosobranches) (Figure 44).

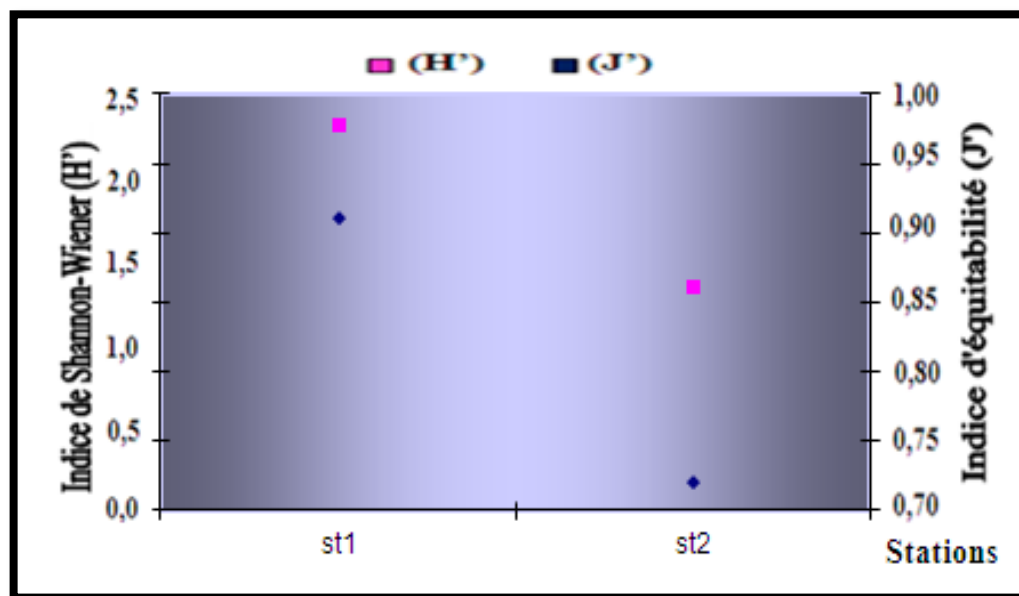


Figure 44. Répartition des valeurs de l'indice de diversité en fonction des stations du site de Hadjadj.

3.3. SYNTHÈSE DES RESULTATS DE L'ÉVALUATION DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE

Pour déterminer la structure du peuplement des différents sites étudiés, on a calculé la diversité spécifique relative à chaque site (voir tableau 6).

Tableau 6. Comparaison des valeurs des indices de diversité spécifique et de la richesse du peuplement obtenues dans les sites étudiés.

	Kharouba	Hadjadj	Stidia
Abondance (A)	1430	1021	1538
Dominance (D)	35,91	25,56	38,51
Rs (S)	15	21	28
Shannon H'	2,26	2,60	2,97

Le tableau 6 montre que le site de Stidia présente, les valeurs les plus élevées en Abondance, en dominance et en richesse spécifique ainsi qu'en indice de diversité par rapport aux deux autres sites Hadjadj et Kharouba.

Lorsque l'indice de diversité est faible, c'est que le peuplement est peu diversifié, donc, malgré que le site de Kharouba présente des valeurs élevées en abondance et en dominance par rapport au site de Hadjadj, il reste moins diversifié avec une richesse spécifique plus faible.

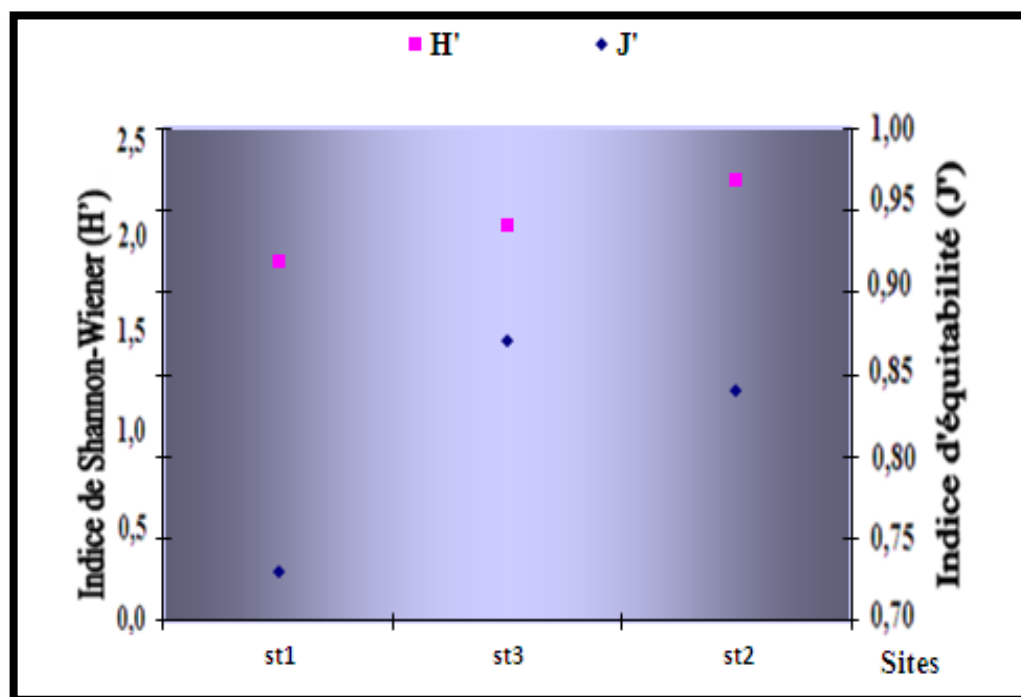


Figure 45. Synthèse des indices de diversité des trois sites étudiés.

La figure 45 montre que le site de Stidia présente le peuplement le plus diversifié avec une valeur de l'indice de Shannon H' (2,97) très élevée par rapport aux sites de Hadjadj et Kharouba.

3.4. DETERMINATION DU SYSTEME ALGALE DES SITES ETUDIES

Les communautés de macro-algues forment un habitat privilégié pour de nombreux invertébrés et poissons. Ce sont des zones de nourrissage et de reproduction vitale pour de nombreuses espèces. Avec le phytoplancton, ces macro-algues sont à la base des chaînes trophiques littorales.

Dans cette étude, on a procédé à une identification des principales espèces d'algues appartenant à la zone rocheuse du médiolittorale supérieure, seulement, au niveau du site de Stidia, étant donné que cette dernière présentait une couverture algale, plus dense que dans les deux autres sites. Pour le site de Hadjadj, la station 1 présente une variété algale importante par rapport à la station 2. Tant dis que le site de Kharouba, représente le site le plus pauvre en couverture algale. Cette identification a eu lieu durant la période printanière de l'année 2011. La présence des algues a été observée à un demi mètre de profondeur (- 0,5m) sur une superficie allant de 10 à 15 m vers le large.

3.4.1. Les différentes espèces algales identifiées au niveau du site de Stidia

Les algues vertes : *Ulva sp* (*Ulva lactuca* - *Ulva intestinalis* - *Ulva rigida*, *Enteromorpha intestinalis*), *Cladophora sp*, *Caulerpa sp* (*Caulerpa prolifera*, *Caulerpa racemosa*).

Les algues brunes : *Cystoseira sp* (*Cystoseira stricta*, *Cystoseira tamariscifolia*), *Sargassum sp*, *Padina pavonia*, *Peregrina colpomenia*, *Dictyotaceae sp*.

Les algues rouges : Janie rouge (*Jania sp*), *Laurencia papillosa*, *Laurencia pinnatifida*.

3.5. EVALUATION BIOLOGIQUE DE LA QUALITE DU MILIEU MARIN A TRAVERS

LE DEVELOPPEMENT LARVAIRE DE L'OURSIN *PARACENTROTUS LIVIDUS*

Les résultats des tests de la qualité du développement larvaire sont reportés sur le tableau 7 et illustrés par la Figure 46.

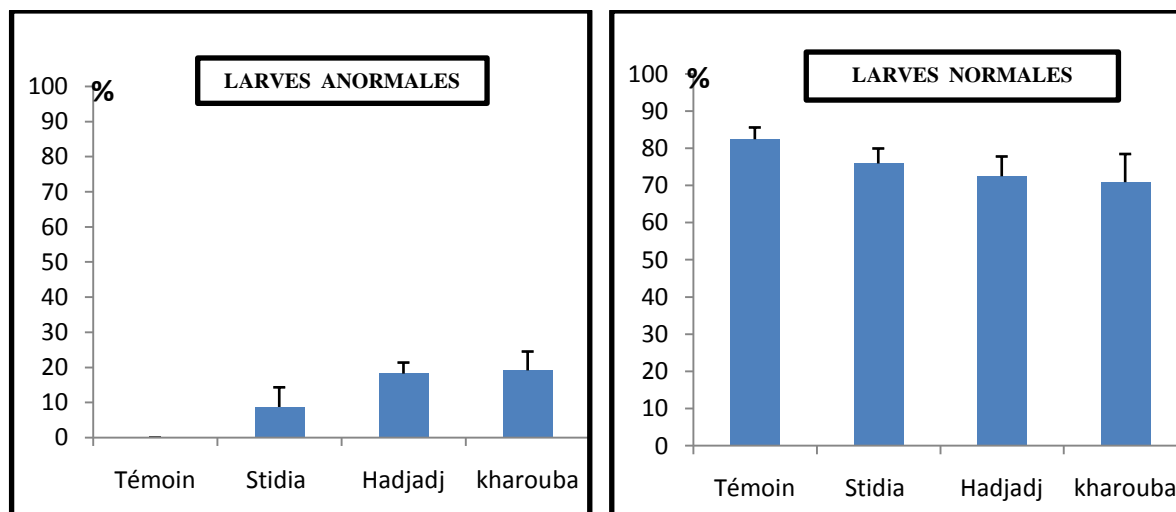


Figure 46. Pourcentages (moyenne et écart type), de larves normales (A) et anormales (B) obtenus après exposition des embryons de populations naturelles de *Paracentrotus lividus* à l'eau de mer du site de Stidia et aux sédiments des différents sites. Un total de 100 larves est dénombré par exposition.

L'analyse de la figure 46 et du tableau 7 montre que le pourcentage de larves normales, le plus bas est obtenu dans le site de Kharouba avec une valeur de 71,2%. Quant à la valeur la plus élevée, elle est obtenue dans le témoin avec un pourcentage de 94,9%. Il est à noter que le témoin est réalisé à partir de l'eau de mer filtrée (EMF) de Stidia.

On remarque aussi que le taux de larves normales du site de Stidia est plus proche du témoin. Par ailleurs, les pourcentages de larves normales obtenus, en soumettant les œufs de

l'oursin *P. lividus* aux sédiments récoltés à Stidia, à Hadjadj et à Kharouba, sont respectivement de 78,1%, 71,5% et 71,2%. Une analyse de variances (Anova) à un seul facteur (station) a été effectuée à un seuil de 0,05 pour comparer le pourcentage de larves normales obtenu dans les différents sites et dans le témoin (Tableau 7).

Tableau 7. Fréquences [moyennes et (*écart type*)] des différentes catégories de larves obtenues après exposition des embryons de *Paracentrotus lividus* aux sédiments des différents sites. L.N: larves normales; L.AN: larves anormales (L.MF+L.B); L.MF: larves malformées ; L.B: larves blastula.

	L.N	L.AN	L.MF	L.B	L.R
Témoin (EMF de Stidia)	94,9 (5,2-)	00	00-	00	5,1 (5,2)
Stidia	78,1 (3,6)	8,7 (5,5)	6,8 (4,6)	1,8 (2,7)	13,2 (6,4)
Hadjadj	71,5 (7,8)	18,2 (3,1)	16,6 (3,7)	1,5 (0,6)	10,3 (4,6)
Kharouba	71,2 (11,1)	19,1 (5,3)	13,6 (3,6)	5,4 (1,7)	9,7 (12,4)

Tableau 8. Résultats des tests d'ANOVA suivi du test de Dunnett (Dun) des différentes catégories de larves obtenues après exposition des embryons de *Paracentrotus lividus* aux sédiments des différents sites. L.N: larves normales; L.AN: larves anormales (L.MF+L.B); L.MF: larves malformées ; L.B: Larves blastulas; Dun : résultat du test de Dunnett comparant différents taux de larves au contrôle.

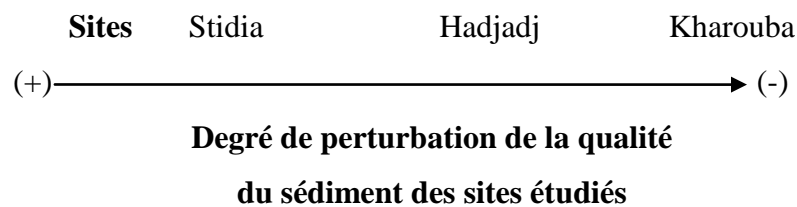
	LN	L.MF	L.AN
ANOVA à un seul facteur	P = 0.024	P = 0.009	P = 0.009
Dun Stidia S	P = 0.04	P = 0.15	P = 0.14
Dun Hadjadj H	P = 0.02	P = 0.007	P = 0.006
Dun Kharouba K	P = 0.01	P = 0.01	P = 0.01

L'analyse de variance à un seul facteur du pourcentage de larves normales, a montré une différence significative entre les sites et le témoin à ($P = 0.024 < 0.05$) (Tableau 8). Ainsi, on remarque que le taux de larve anormales et larves malformées sont significativement différents entre les sites ($P = 0.009 < 0.05$). L'application du test de Dunnett, a permis de comparer les différents pourcentages de larves normales obtenus dans les différents sites avec le contrôle (dans notre cas : le témoin). Ce test a montré que les pourcentages de larves normales obtenus dans les

différents sites Stidia, Hadjadj et Kharouba, sont significativement différents du témoin à ($P < 0.05$).

Aussi, l'application du test de Tukey HSD, a montré que les sites de Hadjadj et de Kharouba sont significativement différents du témoin. Dans l'ensemble, tous les tests statistiques appliqués aux différentes catégories de larves ont montré une différence avec ceux obtenus avec le témoin, sauf pour le site de Stidia, où aucune différence significative des différentes catégories de larves avec le témoin, n'a été décelée.

L'analyse de la qualité des sédiments des sites étudiés de Mostaganem a montré que Kharouba est le site le plus perturbé des trois et on peut classer le degré de perturbation des sites selon le gradient suivant:



3.6. DISCUSSION GENERALE

Le littoral de Mostaganem est caractérisé par des côtes rocheuses de mode battu, ouvertes aux vents dominants, riche et diversifiée en espèces de la macrofaune typiquement méditerranéennes. Ces résultats sont confortés par ceux trouvés tout le long de la côte ouest algérienne par Grimes en 2003. Aussi, l'utilisation de bioindicateurs choisis au sein des communautés marines affectées, représente un des moyens d'évaluer l'impact du développement humain sur les écosystèmes marins et de prévenir les situations critiques par la mise en place d'outils de restauration et de conservation (Usseglio-Polatera *et al.*, 2000 ; Key *et al.*, 2006;). Aussi, plusieurs travaux sur le macrobenthos (que se soit, du substrat meuble, ou rocheux) indiquent l'efficacité de leur utilisation en tant que bioindicateurs de la qualité de l'environnement marin côtier (Fresi *et al.*, 2005; Hyland, 2005; Liehr *et al.*, 2005; Occhipinti-Ambrogi, 2005; Rumohr, 2005; Belanger, 2009).

Dans la région de Mostaganem, les peuplements benthiques du substrat rocheux des milieux marins côtiers, n'ont pas été traités et aucune recherche n'a été faite sur les côtes rocheuses de Mostaganem en utilisant le macrozoobenthos. Donc, nous ne disposant pas de données sur l'état initial de la macrofaune dans cette région. A cet effet, nous avons comparé nos résultats avec ceux obtenus par d'autres auteurs au niveau d'autres régions d'Algérie. La composition zoologique de l'étage médiolittoral des sites étudiés de Mostaganem est comparable à celle effectuée par Grimes (2003), au niveau des côtes Oranaises, la similarité concerne essentiellement la structure et la composition d'espèces pour les grands groupes zoologiques tels que les Mollusques, les Arthropodes, les Cnidaires et les Echinodermes.

L'analyse des indices de diversité de Shannon-Weaver et de régularité de Piélou met en évidence une présence de peuplements benthiques généralement structurés sur les côtes de Stidia et Hadjadj. Par contre, la faible organisation des peuplements benthiques du site de Kharouba pourrait être liée au stress que subissent ces espèces macrobenthiques, en contact avec la pollution anthropique causée par les pêcheurs et le piétinement des baigneurs depuis des années. Il est à noter, que cette plage a été pendant longtemps, la plage favorite des vacanciers de la wilaya de Mostaganem, et ainsi elle était exposée à une surcharge en matière organique, provenant des eaux usées domestiques, rejetées directement des habitations de proximité. Ce qui n'est pas le cas des deux autres sites, (Stidia et Hadjadj), où les effets de la pollution se limitent à la période estivale.

CONCLUSION

CONCLUSION

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

C'est pour cela, que cette étude a pris place dans la recherche en contribuant à la détermination de la macrofaune du médiolittoral et à l'utilisation de bioindicateurs pour évaluer la qualité des eaux marines côtières de Mostaganem. En effet, la grande majorité de la macrofaune benthique composée d'invertébrés, est largement répandue sur les côtes rocheuses. C'est ce qui les rend intéressants, dans leurs utilisations comme outils de suivi à court ou à long terme de l'évolution de l'environnement marin côtier.

Ainsi, la présente étude a permis d'inventorier quelques espèces du macrozoobenthos de l'étage médiolittoral, et de définir à un certain niveau hiérarchique les grands groupes zoologiques, qui représentent ces peuplements benthiques. Le schéma général d'organisation structurelle de ces peuplements montre que les sites de Stidia et Hadjadj se manifestent par un peuplement dense et diversifié par rapport au site de Kharouba.

D'une manière générale, les espèces qui prédominent appartiennent au groupe des Mollusques dans l'ensemble des sites, suivi par les Echinodermes. Quant aux deux autres groupes, les Cnidaires et les Arthropodes, leurs pourcentages varient d'un site à un autre et c'est le site de Stidia qui est le mieux représenté par ces derniers par rapport aux deux autres sites.

L'indice de Shannon utilisé ainsi que celui de l'équitabilité, reflètent mieux l'état d'équilibre du milieu marin côtier, en traduisant la manière dont ces peuplements sont organisés. Les résultats obtenus ont montré, que le site de Stidia est caractérisé par les valeurs, les plus élevées, en abondance, en dominance et en richesse spécifique ainsi qu'en indices de diversité par rapport aux deux autres sites Hadjadj et Kharouba. Aussi, malgré que, le site de Kharouba présente des valeurs élevées en abondance et en dominance par rapport au site de Hadjadj, il reste le moins diversifié.

Dans l'ensemble, l'analyse de la composition des peuplements macrozoobenthiques a révélé un état général satisfaisant des sites de Stidia et de Hadjadj. Cependant, le site de Kharouba, semble présenter les premiers signes de dégradation et de perturbation du milieu.

Quant aux résultats des tests de qualité des eaux des sites étudiés, basés sur la qualité du développement larvaire de l'oursin *Paracentrotus lividus*, ces derniers ont montré que la qualité de l'eau du site de Stidia était la moins perturbée des trois sites étudiés. Cependant, le taux de larves normales le plus bas a été obtenu en soumettant les œufs fécondés de ces oursins au sédiment du site de Kharouba, ce qui confirme les résultats de l'analyse de la composition des peuplements macrozoobenthiques où le site de Kharouba apparaît comme le site le plus perturbé.

Par ailleurs, nos résultats restent à être confirmés par un suivi sur un plus long terme de l'évolution de la macrofaune benthique. Les peuplements benthiques devront être principalement étudiés en termes de répartition spatiale et temporelle. Aussi, une étude de l'endofaune est préconisée dans ce type d'étude afin de statuer sur l'état écologique des différents sites. Un suivi de la couverture algale saisonnière devrait être réalisé pour compléter l'inventaire de la flore des côtes de Mostaganem. Toutes ces études permettront d'évaluer à long terme les éventuels changements du milieu, et de proposer les espèces adéquates à utiliser pour une meilleure surveillance de la biodiversité des écosystèmes côtiers marins.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abousamara F., 2004. Lignes directrices pour l'élaboration d'indicateurs d'états écologique et de réduction du stress. *Rapports techniques du PAM/PNUE*, 114 p.

Albakjaji M., 2011. *La pollution de la mer Méditerranée par les hydrocarbures liée au trafic maritime*. Université de PARIS-Est, 298p.

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

Bayed. A et Bazairi H., 2008. Variations interannuelles de la macrofaune benthique des substrats meubles de la baie d'Oued Laou (Mer d'Alboran, Maroc). *Travaux de l'Institut Scientifique*, Rabat, série générale, n°5, p. 99-106.

Belanger D., 2009. Utilisation de la faune macrobenthique comme bioindicateur de la qualité de l'environnement marin côtier. Essai de maîtrise d'écologie internationale. Faculté des sciences. Université de Sherbrooke. Québec, Canada, 74 p.

Berland B., 1996. Introduction. *In: Efflorescences toxiques des eaux côtières françaises, écologie, écophysiologie, toxicologie*. Berland et Lassus, (eds), IFREMER, p. 9-12.

Blanchet M. H., 2004. Structure et fonctionnement des peuplements benthiques du bassin d'Arcachon. *Thèse de doctorat*. Université Bordeaux I, 226p.

Blanpain O., 2003. Détermination d'indicateurs de la qualité du milieu marin de la rade de Brest. Communauté Urbaine de Brest. ISIM - Département STE, 57p.

Boesch d.F., Paul J.F., 2001. An overview of coastal environment health indicators. *Human Ecol. Risk Ass.*, 7: 1409-1417.

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

Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L., 2006. Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. *RAMOGE*. p. 162-174.

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

Chapman P.M., Power E.A., Dexter R.N., Andersen H.B., 1991. Evaluation of effects associated with an oil platform using the sediment quality triad. *Environ. Toxicol. Chem.*, 10: 407-424.

Chapman P.M., Swartz R.C., Roddie B., Phelps H.L., Van den Hurk P., Butler R., 1992. An international comparison of sediment toxicity tests in the North Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 91: 253-264.

Collignon J., 1991. Ecologie et biologie marines. Introduction à l'halieutique, Masson. Paris, 298p.

- Costanza R., 1992.** Toward an operational definition of health. *In Ecosystem Health: New Goals for Environmental Management*. Publisher: Island Press., p. 239-256
- Costanza R., Mageau M., 1999.** What is a healthy ecosystem? *Aquat. Ecol.*, 33, p.105-115.
- Coudre C., 2002.** Biologie des organismes marins de Méditerranée. Cote bleue. <http://christian.coudre.pagesperso-orange.fr>.
- Daget J., 1979.** Les modèles mathématiques en écologie. *Masson*, Paris, 112 p.
- Delvil M., 2009.** L'oursin comestible *Paracentrotus lividus* : optimisation des conditions de production de larves et de juvéniles benthiques en éclosure en vue d'opérations de réintroduction après état des lieux de la ressource sur plusieurs sites tests varois. Ouest., (eds)., 35 p.
- Dinnel P.A., 1990.** Annotated Bibliography of Bioassays Related to Sediment Toxicity Testing in Washington State., *Final Report.*, Fisheries Research Institute, Seattle, Washington FRI-UW-9017.
- Doglioli A.M., 2010.** Notes du cours "circulation générale en Méditerranée", Centre de l'Océanologie de Marseille, Université de la Méditerranée, Marseille, France, 55p.
- EPA., 1988.** Sea urchin (*Arbacia punctulata*) Fertilization Test Method 1008. *In*, Weber C.I., Horning II W.B., Klemm D.J., Neiheisel T.W., Lewis P.A., Robinson E.L., Menkedick J.R., Kessler F.A., (eds), *Short-term methods of effluents and receiving organisms*, Report, EPA/600/4-87/028, Cincinnati, 239-272.
- Fenaux L., 1969.** Les Echinopluteus de la Méditerranée. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco.*, 68 (1394): 1-28.
- Fenaux L., Cellario C., Rassoulzadegan F., 1988.** Sensitivity of different morphological stages of the larva of *Paracentrotus lividus* (Lamarck) to quantity and quality of food. *In*, Burk et al., (eds), *Echinoderm biology*, Balkema publ., Rotterdam, p. 259-266.
- Fischer W., Schneider M., Bauchot M.L., 1987.** Fiches FAO d'identification pour les besoins de la pêche Méditerranée et Mer noire Vol.1 *Végétaux et invertébrés*, Vol.2 *Vertébrés*. CEE, FAO. *In* Cote bleue.
- Fresi E., Scardi M., Penna M., 2005.** Assessing environmental quality in benthic ecosystems : the role of community structure models. Indicators of stress in the marine benthos, *IOC workshop report* No. 195, p. 45.
- Frontier S., Pichod-Viale D., Leprêtre A., Davoult D., et Luczak C., 2008.** Ecosystèmes : Structure, Fonctionnement, Evolution. *Dunod*, 576 p.
- Galzin R., 2007.** Fonctionnement et évolution d'un écosystème fragile. Écosystèmes aquatiques : ressources et valorisations. *Agropolis International*, Vol. 6, 68p.
- Gaynor R., 2009.** Mediterranean seagrass ecosystem (Linnaeus) Delile. Marbef : Marine Biodiversity and Ecosystem Functioning. http://www.theseusproject.eu/wiki/Mediterranean_seagrass_ecosystem.
- Ghodbani T., 2009.** Environnement et littoralisation de l'Ouest algérien. *Thèse de doctorat en géographie*, Université d'Oran et Université de Paris 8, 306p.

Ghodbani T., Semmoud B., 2010. Urbanisation côtière en Algérie, Processus et impacts sur l'environnement : Le cas de la baie d'Aïn el Turck. Ressources marines : états des lieux, usages et gestion. <http://etudescaribeennes.revues.org/4431>.

Grall J et Coic N., 2006. Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Ifremer DYNECO/VIGIES/06-13/REBENT., 91p.

Gray J.S., McIntyre A.D., Stirn J., 1992. Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique. 11eme partie- Evaluation biologique de la pollution marine, à l'égard en particulier au benthos. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'Agriculture. Rome. FAO, document technique sur les pêches 324. 55 p.

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

Grimes S., 2003. Biodiversité marine et littorale Algérienne. Sonatrach-Université d'Es Sénia Oran. 362 p.

Grovel A., 1961. Contribution à l'étude sédimentologique de la baie d'Alger et de la baie de Bernard. Thèse de 3^{ème} cycle, Univ d'Alger, 45 p.

Guerin L et Desroy N., 2008. Protocole d'observation pour le suivi de la macrofaune benthique subtidale et intertidale des sédiments meubles côtiers dans le cadre DCE. *IFREMER - LER Saint-Malo*.

Guettaf M., San Martin G.A., Francour P., 2000. Interpopulation variability of the reproductive cycle of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in the southwestern Mediterranean. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, 80: 999-907.

Guillou M., Quiniou E., Huart B., Pagano G., 2000. Comparison of embryonic development and metal contamination in several populations of the sea urchin *Sphaerechinus granularis* (Lamarck) exposed to anthropogenic pollution. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 39: 337-344.

Hamdi H., 2007. Contribution à la connaissance de la biodiversité associée à l'herbier à *Posidonia oceanica* dans le site sensible des grottes (Bizerte). Mémoire d'ingénieur en Environnement et Ressources Marines. Tunisie, 145p.

Holling C.S., 1986. The resilience of terrestrial ecosystems: Local surprise and global change. In Sustainable Development of the Biosphere. *Cambridge University Press*, Cambridge, U.K. Chap. 10: 292-317.

Hyland J., 2005. Developing indicators of stress in the marine benthos: the UNESCO/IOC ad-hoc benthic indicator group. Indicators of stress in the marine benthos, *IOC.Workshop. Report* No.195, 8p.

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

Kaiser J., 2001. Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk Assessment. *Science Publishers, Inc., Enfield, USA*, ISBN 1-57808-162-9.

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

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

Key P.B., Wirth E.F., Fulton M.H., 2006. A review of grass shrimp, *Palaemonetes* spp., as a bioindicator of anthropogenic impacts. *Environmental bioindicators* 1., 115-128.

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

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

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

Lacombe H., Tchernia P., 1960. Quelques traits généraux de l'hydrologie méditerranéenne. *Cah. Oceanogr.*, XII, 8 : 528-547.

Liehr G.A., Zettler M.L., Leipe T., Wilt G., 2005. The ocean quahog *Arctica islandica* L. : a bioindicator for contaminated sediments. *Marine biology.*, 147 : 671-679.

Limam A., 2004. Projet régional pour le développement d'aire protégée marines et côtières dans la région Méditerranéenne (projet MedMAP) Activité MP3: Elaboration du plan de gestion de la partie marine du parc national de Zembra et Zemretta. *Rapport global des travaux de prospection marine.*, 115p.

Mangos A., Sauzade D., Bassino J.P., 2010. Les écosystèmes marins côtiers. Environnement et Développement en Méditerranée. *Les Cahiers du Plan Bleu n°8.*, 44p.

Manneville O., 2010. Les lichens et algues de nos côtes, surtout rocheuses. Compléments à la conférence gentiana. *LECA-SAJF-UJF.*, Grenoble, 10p.

Markovich M., 2009. Etat de l'environnement et du développement en Méditerranée. PNUE/PAM-Plan Bleu, Athènes, 20p.

Mezali K., 2007. Etat de pollution de la cote de Mostaganem et étude systématique et écologique de la patelle géante *Patelle ferruginea* (Gmlin, 1791) dans la zone de *Stidia* (Algérie). *7^{ème} congrès magrébin des sciences de la mer et 1^{er} congré Franco-Magrébin de zoologie et d'ichtyologie sous le thème : Environnement aquatique et ses ressources, Connaissance, Gestion et valorisation. El Djadida (Maroc)*, 115p.

Monbet. Y., 2004. Bioindicateurs. Indices biotiques et la directive cadre eau. Éléments généraux sur les indicateurs notamment appliqués aux invertébrés ; concerne également *Z. marina.*, 24p. ftp.ifremer.fr/ifremer/delao/gt_benthos_dce/Bioindicateurs_monbet.doc.

Nédelec H., 1982. Ethologie alimentaire de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Galeria (Corse) et son impact sur les peuplements de phytobenthoniques. *Thèse Doct. 3^{ème} cycle*, Univ. Pierre et Marie Curie., Univ. Paris VI. Fr, 175p.

Occhipinti-Ambrogi A., Forni G et Marchini A., 2005. Testing different approaches for quality assessment using the benthic community : examples from the northern adriatic sea. Indicators of stress in the marine benthos, *IOC Workshop Report No. 195*, p. 23-26.

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

Perez T., Sartoretto S., Soltan D., Capo S., Fourt M., Dutrieux E., Vacelet J., Harmelin J.G., Rebouillon P., 2000. Etude bibliographique sur les bioindicateurs de l'état du milieu marin. Système d'évaluation de la Qualité des Milieux littoraux – Volet biologique. *Rapport Agences de l'Eau, 4 fascicules.*, 642 p.

Pimm S.L., 1984. The complexity and stability of ecosystems. *Nature*, 307 : 321-326.

Queguiner B., 2009. Biogéochimie Côtière. Centre d'Océanologie de Marseille, Aix-Marseille Université ; CNRS ; LOPB UMR 6535, Laboratoire d'Océanographie et de Biogéochimie, OSU/Centre d'Océanologie de Marseille.

Quiniou F., Guillou M., Judas A., 1999. Arrest and delay in embryonic development in sea urchin populations of the Bay of Brest (Brittany, France); link with environmental factors. *Mar. Pollut. Bull.*, 38 (5): 401-406.

Rapport D.J., Constanza R., Mc Michael A.J., 1998. Assessing ecosystem health. *Trends Ecol. Evol.*, 13: 397-402.

Rumohr H., 2005. A 5-step succession model for the Baltic – a future management tool?, Indicators of stress in the marine benthos. IOC workshop report No. 195, p. 12-14.

Semroud R., Kada H., 1987. Contribution à l'étude de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck) dans la région d'Alger (Algérie): Indice de réplétion et indice gonadique. *In*, Boudouresque *et al.*, (eds), *International workshop Posidonia oceanica beds.*, GIS Posidonie publ., Marseille, 117-124.

Semroud R., 1993. Contribution à la connaissance de l'écosystème à *Posidonia océanica* (L.). Delile dans la région d'Alger (Algérie): Etude de quelques compartiments. *Thèse Doct, Sciences. Ecol. Mar.*, U.S.T.H.B., Alger, 129p.

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

Spromberg J.A., Birge J., 2005. Modeling the effects of chronic toxicity on fish populations: the influence of life history strategies. *Environ. Toxicol. Chem.*, 24: 1532-1540.

Stirn J., 1982. Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique 8ème partie. Evaluation des modifications des écosystèmes marins dues à la pollution. FAO/PNUF.

Tortonese E., Vadon C., 1987. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer d'Europe. Echinodermes. Zone de pêche 37, Révision 1, 1: 715–739.

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

Usseglio-Polatera P., Bournaud M., Richoux P., Tachet H., 2000. Biological and ecological traits of benthic freshwater macroinvertebrates: relationships and definition of groups with similar traits, *Freshwater Biology*, 43: 175-205.

Verlaque M., 1987. Relation entre *Paracentrotus lividus* (Lamarck) et le phytobenthos de Méditerranée Occidentale. In, Boudouresque C.F., (ed), *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*. GIS Posidonie, Marseille, p. 5-36.

Documents consultés

Hamdi H., 2007. Contribution à la connaissance de la biodiversité associée à l'herbier à *Posidonia oceanica* dans le site sensible des grottes (Bizerte). *Mémoire d'ingénieur en Environnement et Ressources Marines*. Tunisie, 145p.

Documents consultés en ligne

- <http://www.mostaganem-aujourd'hui.com/> Littoral de Mostaganem.
- <http://paleopolis.rediris.es/benthos/index.html/> *Bionomie benthique Méditerranéenne*.
- <http://www.aquaportail.com/> Glossaire de la vie : dictionnaire biologie, dictionnaire, botanique, zoologie, aquariophilie, aquariologie et aquaculture.
- <http://www.euziere.org/> Les Ecologistes de l'Euzière. Association Languedoc-Roussillon pour la diffusion de l'écologie scientifique.
- <http://www.mer-littoral.org/>
- <http://www.tageo.com/index.htm>
- <http://www.marinespecies.org> : WoRMS (WRMarineSpecies)
- <http://www.cotebleue.org/>
- <http://www.googleearth.com/> Google Earth 2011, www.googlemap.com
- <http://www.inct.mdn.dz/> INCT institut national de cartographie et de télédétection.

Annexe 1.

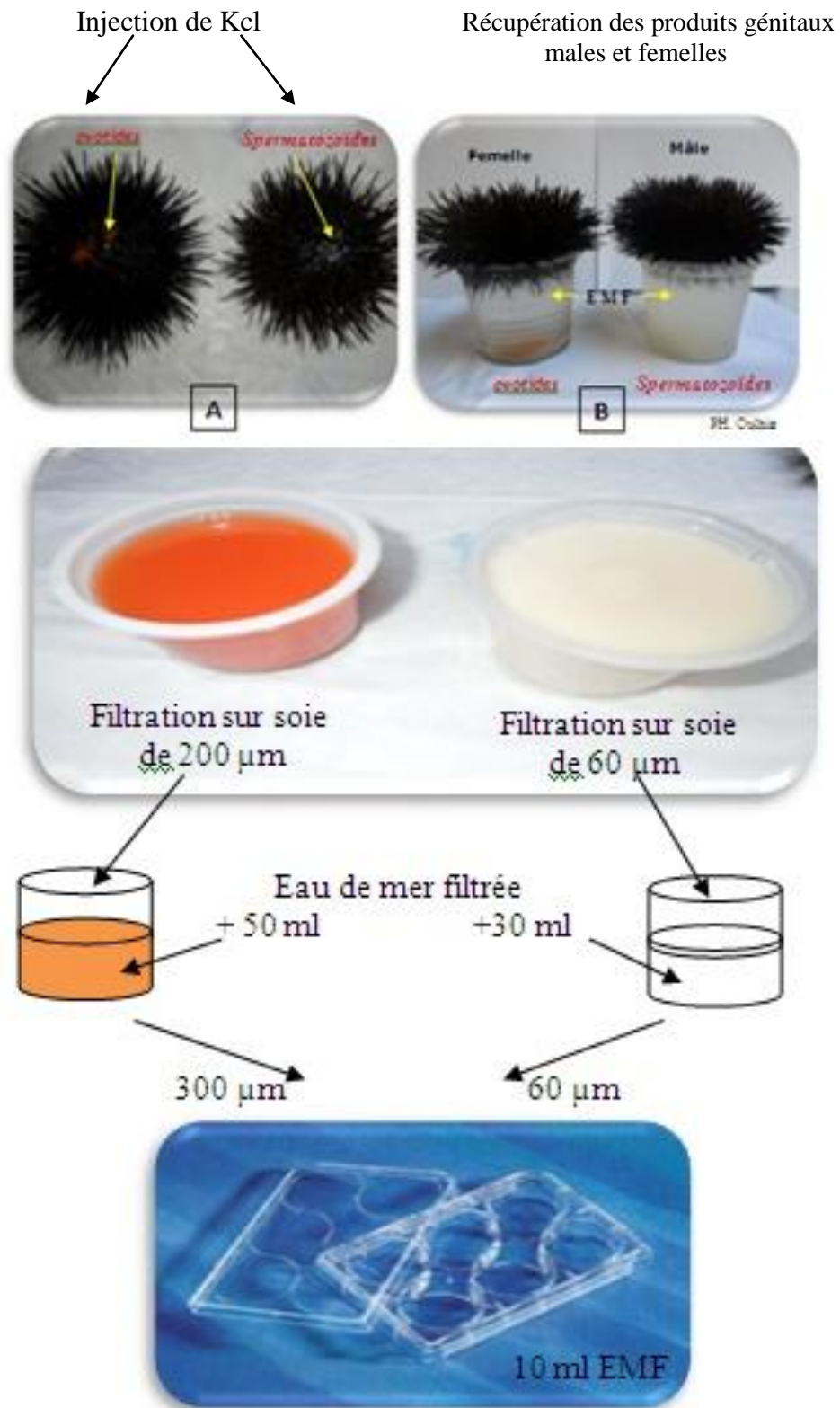


Figure 47: schéma de protocole expérimental du test de fécondation des oursins adapté par Quiniou 1999.

Annexe 2.

LISTE DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE DU SUBSTRAT DUR

MOLLUSQUES

***Monoplacophores (patelles)**

Patella vulgata (Linnaeus, 1758)

Patella nigra (da Costa, 1771)

Patella caerulea (Linnaeus, 1758)

Patella ferruginea (Gmelin, 1791)

Siphonaria pectinata (Linnaeus, 1758)

Diodora graeca (Linnaeus, 1758)

Patella intermedia = *Patella depressa* (Pennant 1777)

***Polyplacophores**

Chiton sp

***Gastéropodes**

/Gastéropodes (Prosobranches)

Littorina sp

Gibbula umbilicalis (da Costa 1778)

Gibbula divaricata (Linnaeus, 1758)

Conus ventricosus (Gmelin, 1791)

Columbella rustica (Linnaeus, 1758)

Cerithium vulgatum (Bruguère, 1792)

Pisania striata (Gmelin, 1791)

Thais haemastoma (Linnaeus, 1767)

/Gastéropodes (Opistobranches)

Aplysia fasciata (Poiret, 1789)

ECHINODERMES

Paracentrotus lividus (Lamarck, 1816)

Arbacia lixula (Linnaeus, 1758)

Holothuria tubulosa (Gmelin, 1788)

ARTHROPODES

***Crustacés**

Carcinus maenas (Linnaeus, 1758)

Pachygrapsus marmoratus (Fabricius, 1787)

Eriphia verrucosa (Forsskal, 1775)

Porcellana platycheles (Pennant, 1777)

Clibanarius erythropus (Latreille, 1818)

***Isopodes**

Dynamene bidentata (Adams, 1800)

Idotea sp

CNIDAIRES

Anémone verte : *Anemonia viridis* (Forsk., 1775)

Tomate de mer : *Actinia equina* (Linnaeus, 1758)

RESUME

Les écosystèmes côtiers marins de Mostaganem comme ceux de toute la côte méditerranéenne, sont des espaces fragiles, vulnérables, limités et convoités. Ce sont des milieux de plus en plus affectés par les activités humaines, par l'augmentation de la densité urbaine au niveau des côtes, qui déversent ses rejets dans les eaux marines côtières, et qui causent une pression écologique intense sur ces milieux. A cet effet, plusieurs bioindicateurs issus de la macrofaune benthique sont largement utilisés dans l'évaluation et le suivi de la qualité de l'environnement marin afin de parvenir à contrer cette dégradation du milieu.

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette présente étude. Elle est basée sur l'évaluation et l'identification de la macrofaune benthique des substrats rocheux de l'étage Médiolittoral de la zone côtière de la Wilaya de Mostaganem. Ainsi, trois sites ont été choisis à savoir : Stidia, Kharouba et Hadjadj. L'évaluation de la qualité écologique de ces différents sites a été réalisée en utilisant les indices biologiques tels que : les descripteurs statistiques [Richesse Spécifique (S); Abondance (A) et Dominance (D)] et les indices de diversité [Indice de Shannon Wiener (H') et indice d'équitabilité de Piélou (J')]. Aussi nous avons choisi de tester la qualité du milieu de ces différents sites, en utilisant le test du développement larvaire de l'oursin *Paracentrotus lividus*, espèce largement utilisée pour ce type d'analyse.

Les résultats obtenus, révèlent un peuplement caractérisé par une organisation diversifié et en état d'équilibre au niveau du site de Stidia et de Hadjadj, à l'exception du site de Kharouba qui présente les premiers signes de dégradation et de perturbation du milieu. Les résultats obtenus dans cette étude, méritent d'être complétés et confirmés par d'autres études qui permettront un suivi sur plus long terme des changements spatio-temporels au niveaux de la faune et de la flore du milieu, pour une meilleure conservation de la richesse biologique de nos côtes marines.

Mots clefs: Ecosystèmes côtiers marins, Peuplements benthiques, Indices écologiques, *Paracentrotus lividus*, Développement larvaire, Mostaganem.