



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة أبو بكر بلقايد – تلمسان

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID --TLEMCEN-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers
كلية علوم الطبيعة والحياة، وعلوم الأرض والكون

Département d'Ecologie Et Environnement

Laboratoire : Valorisation des actions de l'homme pour la protection de l'environnement et application
en santé publique

Mémoire présenté par

Mme HADJADJ AOUL GHIZLENE ep BENALLAL

En vue de l'obtention du
Diplôme de MASTER

Filière: Hydrobiologie marine et continentale
Spécialité : Sciences de la Mer

Thème :

INVENTAIRE DES ECHINODERMES DU LITTORAL
OUEST ALGERIEN – CAS DE LA PLAGE DU PUIT ET
L'ÎLE DE RACHGOUNE

Soutenu le : Juillet 2024, devant le jury composé de :

Président : Mr BOUCHIKHI TANI Zoheir	Professeur	Université de Tlemcen
Examinatrice : Mme BOUBLENZ A Nesrine	MAB	Université de Tlemcen
Encadreur : Mr BENDIMERAD Mohammed El Amine	MCA	Université de Tlemcen

Année universitaire : 2023-2024

Remerciements

En tout premier lieu, je remercie le bon Dieu, tout puissant, de m'avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés et de m'avoir donné le plus beau cadeau de ma vie ma fille Lina Lilyane .

Je ne saurais oublier ma famille, mes parents, mon mari, ma belle-famille, pour leur soutien indéfectible et pour avoir toujours cru en moi. Leurs présences durant les moments sombres. Leurs encouragements ont été mon refuge et ma motivation durant tout le parcours académique.

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à mon directeur de mémoire, Mr bendimered , pour son encadrement, sa patience et sa confiance tout au long de ce travail de recherche. Ses précieux conseils, son expertise et son soutien inébranlable ont été d'une aide inestimable et ont grandement contribué à l'aboutissement de ce projet.

Merci également aux membres du jury de [ma soutenance de mémoire](#) pour avoir accepté de faire partie du jury.

Mes remerciements vont également à l'ensemble des professeurs du département d'Ecologie et Environnement de l'Université d'Abou Bakr Belkaid pour leur enseignement de qualité et les connaissances qu'ils m'ont transmises durant mes années d'études. Leur passion et leur dévouement pour la recherche m'ont inspiré et motivé à poursuivre mes propres questionnements scientifiques.

Un merci spécial à mon professeur KERFOUF Ahmed, pour son encouragement, son échange intellectuel stimulant, riche et pour tous les moments partagés.

Enfin, je tiens à remercier toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Que ce soit à travers des discussions enrichissantes, des conseils ou simplement par leur présence, leur contribution a été précieuse.

Ce mémoire est le fruit d'un travail collectif autant que personnel, et je suis profondément reconnaissante envers tous ceux qui m'ont accompagné. »

Résumé :

Les zones de balancement des marées des côtes Ouest algériennes conservent une forte diversité biologique, bien que la diversité échinologique y soit relativement limitée. Cette étude se concentre sur l'inventaire de la macrofaune benthique, en particulier des échinodermes des substrats rocheux de la zone intertidale du littoral Ouest algérien. La campagne de prélèvements a été réalisée au printemps, entre mars et mai 2024.

Les espèces d'échinodermes inventoriées sont réparties sur 02 stations et appartiennent à quatre classes : les Holothuries (concombres de mer) sont les plus représentatives avec 77%, suivies des Astérides (étoiles de mer), des Echinides (oursins) et enfin des Ophiures. La méthode des quadras a été utilisée pour permettre les analyses, en déterminant les indices suivants : l'indice de Shannon (H'), l'indice d'équitabilité de Pielou (J'), l'indice de diversité de Simpson (D) et l'indice de Hill.

L'inventaire faunistique et floristique de nos sites a révélé une abondance notable d'*Ulva lactuca* et de *Pavina pavonica*, ainsi que la présence de l'espèce invasive *Caulerpa racemosa*. L'évaluation de nos sites indique une forte diversité au niveau de nos deux stations d'étude, due certainement à la non-perturbation de l'environnement. Ses espèces d'Echinoidea semblent s'adapter à ce milieu, avec une présence de 33,33%. La station de Béni saf est la plus diversifiée, avec 8 espèces, et enregistre la valeur la plus élevée de l'indice de Shannon-Weaver à 1,75 bits en mai.

Mots Clés : côtes Ouest algériennes, Béni saf, ile de Rachgoun, zone intertidale, échinides, astérides, holothuries, ophiures.

Summary :

The tidal swing zones of the Algerian west coasts retain a strong biological diversity, although the echinological diversity is relatively limited. This study focuses on the inventory of benthic macrofauna, in particular echinoderms of rocky substrates of the intertidal zone of the western Algerian coast. The sampling campaign was carried out in the spring, between March and May 2024.

The species of echinoderms inventoried are distributed over 02 stations and belong to four classes: Holothurians (sea cucumbers) are the most representative with 77%, followed by Asterids (starfish), Echinids (sea urchins) and finally Brittle stars. . The quadra method was used to enable the analyses, by determining the following indices: the Shannon index (H'), the Piélou equitability index (J'), the Simpson diversity index (D) and the Hill index.

The fauna and flora inventory of our sites revealed a notable abundance of *Ulva lactuca* and *Pavina pavonica*, as well as the presence of the invasive species *Caulerpa racemosa*. The evaluation of our sites indicates a strong diversity at our two study stations, certainly due to the non-disturbance of the environment. Its Echinoidea species seem to adapt to this environment, with a presence of 33.33%. The Béni saf station is the most diverse, with 8 species, and records the highest value of the Shannon-Weaver index at 1.75 bits in May.

Key words: Algerian west coasts, Béni saf, Rachgoun island, intertidal zone, echinoids, asterids, sea cucumbers, brittle stars.

ملخص

تحتفظ مناطق تآرجح المد والجزر بالسواحل الغربية الجزائرية بتنوع بيولوجي قوي، على الرغم من أن التنوع الإيكولوجي محدود نسبيا. تركز هذه الدراسة على قائمة الحيوانات الكبيرة القاعية، وخاصة شووكيات الجلد الموجودة في الركائز الصخرية في منطقة المد والجزر بالساحل الغربي الجزائري. تم تنفيذ حملة أخذ العينات في الربيع، بين مارس ومايو 2024.

تتوزع أنواع شووكيات الجلد على 02 محطة وتنتمي إلى أربع فئات: الهولوثوريون (خيار البحر) هي الأكثر تمثيلا بنسبة 77%، تليها النجميات لتمكين التحليلات، من خلال تحديد المؤشرات **Quadra** (نجم البحر)، والقنفذيات (قنفاذ البحر) وأخيرا النجوم الهشة. تم استخدام طريقة ، ومؤشر هيل (**D**) ، ومؤشر التنوع سيمبسون (**J'** **Piélou**) ، ومؤشر عدالة (**H'**) التالية: مؤشر شانون

، بالإضافة إلى وجود الأنواع *Pavina pavonica* و *Ulva lactuca* كشف مخزون الحيوانات والنباتات في مواقعنا عن وفرة ملحوظة في يشير تقييم مواقعنا إلى وجود تنوع قوي في محطتي الدراسة لدينا، ويرجع ذلك بالتأكيد إلى عدم الإزعاج *Caulerpa Racemosa* الغازية الخاصة بها تتكيف مع هذه البيئة، حيث يصل تواجدها إلى 33.33%. تعتبر محطة بني صاف الأكثر **Echinoidea** البيئي. يبدو أن أنواع تنوعا، حيث تضم 8 أنواع، وتسجل أعلى قيمة لمؤشر شانون ويفر عند 1.75 بت في شهر مايو.

الكلمات المفتاحية: السواحل الغربية الجزائرية، بني صف، جزيرة رشقون، منطقة المد، القنفاذ، الشوكيات، خيار البحر، النجوم الهشة

Liste des Figures

Figure 1 : Le système ambulacraire d'un échinoderme. A- Anatomie d'un échinoderme.

B- Système ambulacraire.

Figure 2 : Hypothèse phylogénétique des échinodermes.

Figure 3 : Représentation des groupes d'échinodermes.

Figure 4 : Vue dorsale d'un individu *P.lividus* (A) et de son test dépourvu de piquant (B)

Figure 5 : L'organisation générale du test des oursins réguliers vue apicale aborale ou dorsale.

Figure 6 : Anatomie interne d'un oursin commun.

Figure 7 : Anatomie interne d'une holothurie du genre *Holothuria*.

Figure 8 : Anatomie interne d'une étoile de mer.

Figure 9 : Pieds tubulaire.

Figure 10 : Structures digestives dans une étoile de mer. Une bouche conduit à un large estomac cardiaque et à un estomac pylorique. Les cæca pyloriques s'étendent sur chaque bras (a) : Vue aborale. (b) : Vue latérale à travers le disque central et un bras.

Figure 11 : Une astérie se nourrissant d'une moule.

Figure 12 : système ambulacraire.

Figure 13 : Métamorphose en étoile de Mer.

Figure 14 : Caractéristique d'un Ophiure.

Figure 15 : *Ophiactis savignyi* (MÜLLER & TROSCHER, 1842) Ophiure a six bras.

Figure 16 : Morphologie interne d'un Ophiuridea.

Figure 17 : Morphologie de lys de mer et de comatule.

Figure 18 : Anatomie des comatules. Structure interne de la comatule *Anneissia japonica*.

Figure 19 : Concombres et Aurcins.

Figure 20 : Le bassin méditerranéen.

Figure 21 : Situation géographique de la zone d'étude.

Figure 22: Localisation de la baie de Béni Saf..

Figure 23: Situation géographique du bassin méditerranéen occidental.

Figure 24 : Occupation du linéaire côtier Nord-Ouest.

Figure 25 : Superficie urbanisée sur la bande des 3 km.

Figure 26 : GPS portable (MAP 60 CX marque GARMIN).

Figure 27 : Localisation des stations.

Figure 28 : station de l'île de reche goune .

Figure 29 : Station de l'île de reche goune.

Figure 30 : Station de Beni Saf.

Figure 31 :

Figure 34: Compagne d'échantillonnage.

Figure 35 : *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816).

Figure 36 : *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758).

Figure 37 : *Echinometra Mathaei* (Blainville, 1825).

Figure 38: *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788).

- Figure 39** : *Holothuria forskali* (Delle chiaje, 1823).
- Figure 40** : *Holothuria (Roweothuria) poli* (Delle Chiaje, 1824).
- Figure 41** : *Stichopus chloronotus* (Brandt, 1835).
- Figure 42**: *Coscinasterias tenuispina* (Lmarck, 1816).
- Figure 43** : *Echinaster sepositus* (Retzius, 1783).
- Figure 44** : *Hacelia attenuata* (Gray, 1840).
- Figure 45** : *Ophioderma Longicauda* (Bruzelius, 1805).
- Figure 46** : La richesse spécifique du mois de mars.
- Figure 47** : Richesse spécifique du mois d'avril.
- Figure 48** : Richesse spécifique du mois de mai.
- Figure 49** : Richesse spécifique totale du phylum étudié.
- Figure 50** : Pourcentage des classes des Echinodermes inventoriés.
- Figure 51** : Fréquences des classes des Echinodermes.
- Figure 52** : Répartition des espèces par station.
- Figure 53** : Répartition géographique des espèces récoltées.
- Figure 54** : Evolution de diverse mesure de diversité.
- Figure 56** : Communauté des Echinidés.
- Figure 57** : Bétonisation et urbanisation.

Liste des tableaux

Tableau 1 : Classification et répartition des Echinodermes.

Tableau 2 : Evolution de la population dans la zone d'étude.

Tableau 3 : Les différents oueds et rejets déversant dans le secteur Ouest.

Tableau 4 : Richesse spécifique planctonique des eaux Algériennes.

Tableau 5 : Positionnement et localisations des stations.

Tableau 6 : Répartition des Echinidés du mois de mars.

Tableau 7 : Répartition des Echinidés du mois d'avril.

Tableau 8 : Répartition des Echinidés du mois de mai.

Tableau 9 : Répartition des Holothuries du mois de mars.

Tableau 10 : Répartition des Holothuries du mois d'avril.

Tableau 11 : Répartition des Holothuries du mois de mai.

Tableau 12 : Répartition des Astérides du mois de mars.

Tableau 13 : Répartition des Astérides du mois d'avril.

Tableau 14 : Répartition des Astérides du mois de mai.

Tableau 15 : Répartition des Astérides du mois de mars.

Tableau 16 : Répartition des Astérides du mois d'avril.

Tableau 17 : Répartition des Astérides du mois de mai.

Tableau 18 : Présence des Echinodermes dans les 4 stations.

Tableau 19 : Valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver H' max des échinodermes par an dans les 4 stations d'études.

Tableau 20 : Valeurs de l'indice de diversité d'équitabilité de Pielou J des échinodermes par an dans les 4 stations d'études.

Tableau 21 : Valeurs de l'indice de diversité de Simpson D des échinodermes par an dans les 4 stations d'études.

Tableau 23 : Type de répartition des espèces échantillonnées.

Tableau 24 : Valeurs de l'abondance (A) et la fréquence (F) des espèces récoltées.

TABLE DES MATIÈRES

Résumé, abstract, الملّ َخَص

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

PARTIE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUES

Chapitre I : Echinodermes

1- Echinodermes	04
1-1 Généralités et taxonomie	04
1-2- Anatomie des échinodermes	04
1-3- Reproduction.....	07
1-4- Embryologie.....	07
1-5- Habitats des échinodermes.....	07
1-6- Ecologie des échinodermes	07
1-7- Echinoderme fossiles	08
2- Classification des Echinodermes	13
2-1- Classe des Echinoidea	13
2-2- Classe des Holothuroidea	16
2-3- Classe des Asteroidea.....	20
2-4- Classe des Ophiuroidea	28
2-5- Classe des Crinoidea	31
3- Les interactions des echinodermes.....	34
3-1- Les interations avec les autres animaux.....	34
3-2- Les interactions avec l'homme	35

Chapitre II : Zone d'étude

1- Présentation générale du milieu.....	37
1-1- La mer Méditerranée.....	37
1-2- Particularité de la mer méditerranéenne	37
1-3- Les sources de la pollution dans la mer Méditerranée	38

TABLE DES MATIÈRES

1-3-1- Urbanisation.....	38
1-3-2- Tourisme.....	39
1-3-3- Agriculture.....	39
1-3-4- Pêche.....	40
1-3-5- La pollution par les hydrocarbures liée au trafic maritime.....	40
1-4- Zones humides côtières de la région méditerranéenne.....	42
1-5- Endémisme.....	43
2- Localisation géographique de la zone d'étude.....	44
3- Géomorphologie et sédimentologie.....	46
4- Les courants.....	47
4-1- Masses d'eaux de surface.....	49
4-2- Eaux Intermédiaires Levantines (EIL ou LIW).....	50
4-3- Eaux profondes.....	50
4-3-1- Le bassin de concentration.....	51
4-3-2- Le bassin de dilution.....	51
5- Les houles.....	51
6- Le Climat.....	53
7- Les facteurs physico-chimiques du milieu.....	54
7-1- La température.....	54
7-2- La salinité.....	55
7-3- Les éléments nutritifs (Phosphates, Nitrates et Silicates).....	56
8- Données socio-économiques.....	57
8-1- Démographie.....	57
8-2- Répartition de la population totale et des densités selon les zones géographiques.....	57
8-2-1- Occupation humaine du littoral.....	59
8-2-2- Phénomène de la littoralisation.....	59
8-3- Urbanisation.....	59
8-4- Occupation urbaine des sols.....	60
8-5- Economie.....	61
9- Pollution.....	61
10- Recensement des sources de pollution implantées sur le littoral ouest algérien.....	63
11- Biodiversité.....	65
11-1- Espèces et les aires protégées.....	65

PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE

TABLE DES MATIÈRES

Chapitre III : Matériel et Méthodes

1- Echantillonnage	66
1-1- Choix et intérêt du groupe zoologique.....	66
1-2- Présentations des sites	67
1-3- Présentation des stations	70
1-4- Conservation des échantillons	71
1-5- Collecte des données	71
1-6- Stratégie d'échantillonnage.....	72
2- Traitement des échantillons.....	73
2-1- Tri et Déterminations des espèces	73
2-2- Description et détermination de la biodiversité avoisinantes.....	73
3- Traitement des données	75
3-1- Illustration analytique de la faune récolté.....	75
3-1-1- Richesse spécifique(S).....	74
3-1-2- Indices de raréfaction.....	74
3-1-3- Biomasse moyenne (B).....	74
3-1-4- Abondance (A).....	74
3-1-5-Dominance.....	75
3-2- Distribution des espèces par indices de diversité.....	75
3-2-1- Indice de Shannon-Wiener (H').....	75
3-2-2- Indice d'équitabilite de Piélou (J').....	76
3-2-3- Série d'indices de Hill.....	76

Chapitre IV : Résultats et Discussion

1- Structure du peuplement.....	78
1-3- Inventaire de stations étudiées	78
2- Taxonomie des espèces récoltées	78
2-1- Echinidés	78
2-2- Holothurie.....	82
2-3- Astéridés	87
2-4- Ophiuridés	90
3- Richesse spécifique du phylum.....	91
4- La répartition des classes des échinodermes	93
5- Répartition des espèces des Echinodermes récoltes.....	95
6- Biodiversités associées à la faune échinologique récolté.....	107
6-1- Identification de la couverture végétale associée aux phylums étudiés.....	107
6-2- Identification de la faune écologique associe au phylum	111
7- Classement des stations en fonction de la richesse du phylum	112
8- Classement analytique des stations	116
8-1- Indice de diversité de Shannon –Weaver (H').....	116

TABLE DES MATIÈRES

8-2- Indice d'équitabilité de Piélou J'	117
8-3- L'indice de diversité de Simpson D	119
8-4- Indice de Hill	119
8-5- Type de répartition des espèces	120
9- Diversité des sites d'échantillonnage par espèce	121
10- Actions et interactions biotiques et abiotiques	122
11- Le rôle des perturbateurs environnementaux et leurs fonctions sur la répartition echinologique	125
Conclusion	127
Références bibliographiques	130
Annexes	

INTRODUCTION

INTRODUCTION :

La côte méditerranéenne, qui marque la frontière entre les espaces terrestres et maritimes, s'étend sur environ 46 000 km. Les particularités des littoraux méditerranéens sont dues aux caractéristiques physiques de la mer Méditerranée : une mer chaude, des marées généralement faibles, une salinité élevée et un plateau continental étroit. La nature des côtes méditerranéennes varie selon les régions, influencée par le substrat géologique, la tectonique et les facteurs dynamiques d'édification ou d'érosion des rivages : côtes rocheuses aux formes de submersion remarquables, côtes d'accumulation avec plages, dunes, marais, lagunes et deltas.

Le littoral méditerranéen se caractérise également par une forte insularité. Onze pays riverains possèdent des territoires insulaires, bien que pour la Syrie et l'Albanie, ces territoires soient insignifiants. Deux de ces pays, Malte et Chypre, sont des États insulaires. Les autres îles se répartissent entre trois pays du bassin occidental (Espagne, France, Italie) et quatre pays du bassin oriental (Croatie, Grèce, Turquie, Tunisie).

Les zones humides figurent parmi les écosystèmes les plus productifs au monde. Elles constituent des réservoirs de biodiversité et fournissent l'eau et la productivité primaire indispensables à la survie d'une multitude d'espèces végétales et animales. Ces milieux abritent de fortes concentrations d'oiseaux, de mammifères, de reptiles, d'amphibiens, de poissons et d'invertébrés, et représentent également des réservoirs importants de matériel génétique végétal.

Depuis des siècles, les naturalistes s'émerveillent de la diversité et de la complexité de la vie sur Terre, en portant une attention particulière à la morphologie, considérée comme une source d'information riche et fiable sur les relations systématiques, évolutives et écologiques (McLellan et Endler, 1998). Cette fascination ancienne pour la forme biologique a influencé les perspectives actuelles sur de nombreux sujets biologiques, y compris les discontinuités taxonomiques, les méthodes de classification et les hypothèses de la relation structure-fonction (Adams et al., 2013).

Les échinodermes (du grec échine = épine, et derma = peau) sont des métazoaires, deutérostomiens et épithélioneuriens (Arab et al., 2013). Ils constituent un vaste phylum du règne animal, comptant environ 7 000 espèces. Il s'agit du phylum le plus étendu d'invertébrés exclusivement marins, dont la quasi-totalité des représentants sont benthiques. Leur distribution géographique est très large, s'étendant à toutes les mers du monde et à différentes profondeurs, des rivages aux grandes abysses. Les échinodermes présentent des tailles très variables, allant de dix centimètres de longueur ou de diamètre pour les plus petits jusqu'à deux mètres pour certains concombres de mer et étoiles de mer, sans compter les plus grands échinodermes fossiles dont les tiges pouvaient dépasser les 20 mètres de longueur (Kornprobst, 2005).

L'origine de ce phylum remonte au Cambrien, ce qui en fait l'un des groupes les plus anciens du règne animal. Initialement asymétriques ou bilatéraux, les échinodermes ont développé une symétrie pentaradiée pour des raisons encore inexplicées par les scientifiques. Toutefois, des études embryologiques les considèrent comme des proches parents des groupes annonçant les vertébrés (Menou et al., 1986).

REGARDER, MAIS NE JAMAIS TOUCHER ! Telle est la règle d'or et universelle lorsqu'il s'agit d'un animal peu connu. Peu de recherches approfondies ont été menées sur les échinodermes.

Le présent travail présente les résultats obtenus suite aux campagnes d'échantillonnage de la faune échinologique benthique réalisées sur 4 stations de la côte ouest algérienne.

Les objectifs spécifiques de cette étude sont les suivants :

- Obtenir et restituer des informations qualitatives et quantitatives sur la faune échinologique des quatre stations échantillonnées, où ces données étaient quasiment absentes ou uniquement qualitatives, et analyser la structure du peuplement de cette macrofaune benthique.
- Proposer une méthodologie d'échantillonnage adaptée à l'étude de la faune échinologique benthique, notamment l'utilisation du quadrat pour échantillonner cette faune.
- Sélectionner les stations en fonction de la pollution existante afin de surveiller l'état des milieux étudiés.

- Fournir un premier aperçu sur la faune et la flore associées à la faune récoltée et interpréter les interactions biotiques et abiotiques de la faune échinologique.

Le présent manuscrit expose les principaux résultats pour chacune des quatre stations concernées par cette étude et propose une carte benthique du peuplement étudié.

La troisième partie présente la localisation des différentes stations échantillonnées et la méthode d'échantillonnage adaptée à cette macrofaune benthique, ainsi qu'une synthèse des résultats obtenus.

Enfin, la dernière partie du présent document est consacrée à l'étude analytique en passant par les interactions entre les différentes espèces récoltées. Ainsi qu'à l'étude des perturbateurs environnementaux et de leurs effets sur la répartition des échinodermes.

ECHINODERMES

1- Echinodermes :

1-1-Généralités et taxonomie :

Les Échinodermes forment un groupe d'animaux anciens et fascinants. Bien que l'étoile de mer et l'oursin soient les Échinodermes les plus connus, il ne s'agit que de deux espèces parmi une multitude d'organismes. Les Échinodermes sont des animaux exclusivement marins. Ils sont apparus, il y a environ 500 millions d'années et ils ont dominé la faune animale pendant 350 millions d'années. Il ne reste qu'environ 6000 espèces et celles-ci se retrouvent dans 6 des 23 classes contenues dans ce phylum. Les espèces appartenant aux 17 autres classes ont maintenant disparu et ne sont donc connues que grâce aux fossiles **(Pallary, 1935)**.

Ces animaux à la peau épineuse (d'où leur nom) possèdent un squelette interne. Ils sont le seul embranchement des invertébrés qui possède un squelette interne calcaire. Ils ont un système aquifère unique et une symétrie pentaradiaire (du grec "penta" pour 5). Contrairement aux autres phylums radiaires d'animaux, qui incluent les Cnidaires et les Cténophores, les Échinodermes sont triploblastiques et ont une véritable cavité cœlomique. Le système aquifère et la cavité périveriscérale sont dérivés du cœlome embryonnaire. Par le passé, les zoologistes étaient intrigués par cette symétrie radiale, il n'était pas rare alors de réunir les trois groupes dans le phylum des Radiaires. Ceci semblait logique lorsque l'on constatait que toutes les espèces menaient une existence sessile.

1-2- Anatomie des échinodermes :

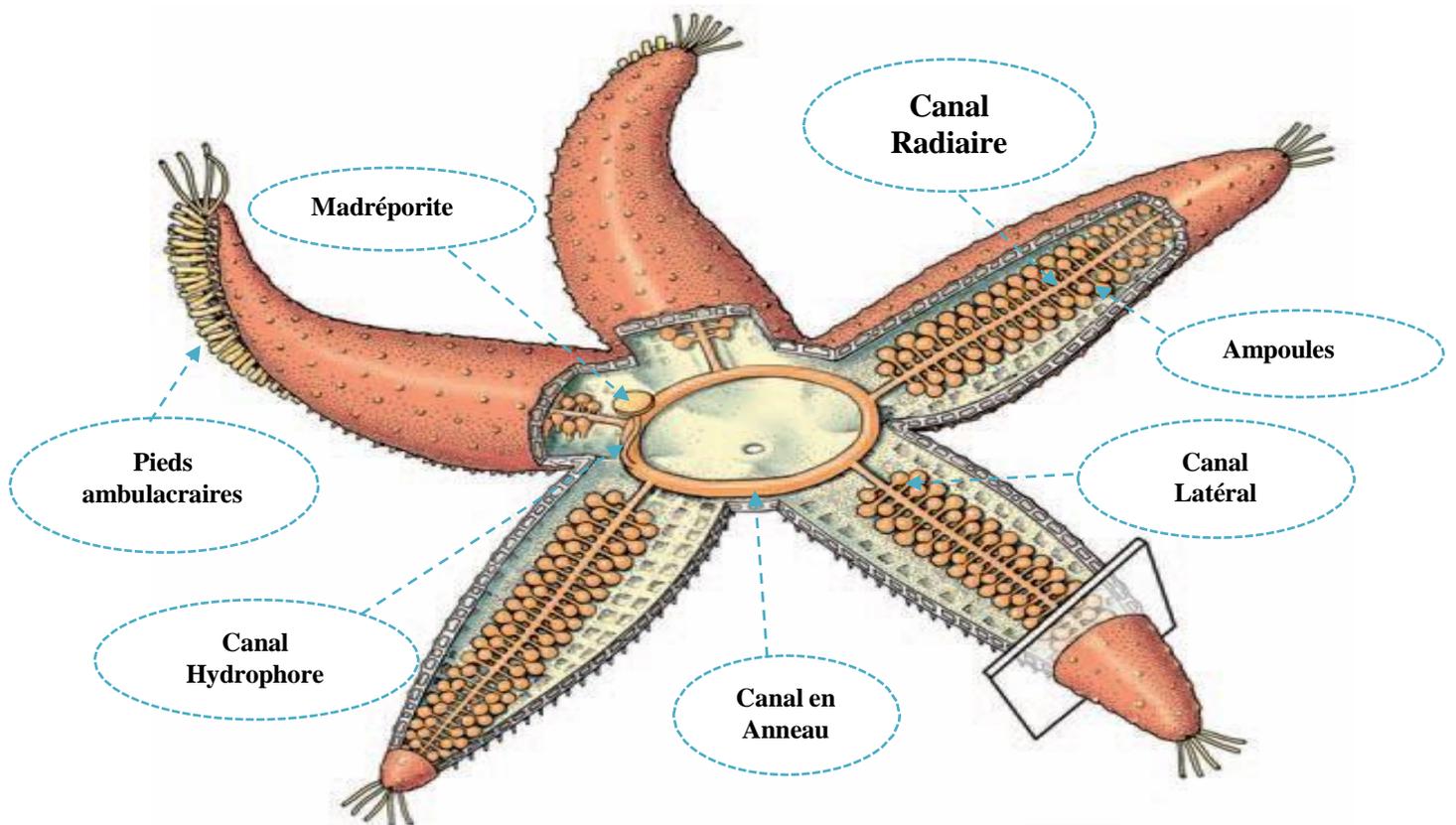
Les Echinodermes présentent extérieurement une symétrie pentaradiée superposée à une symétrie bilatérale stricte. Les larves possèdent une symétrie latérale très nette mais seuls quelques caractères de cette symétrie fondamentale subsistent chez les adultes. La symétrie pentamère d'un Echinoderme adulte typique se traduit par l'existence, autour d'un axe central passant par la bouche, de rayons divisant le corps en dix secteurs : cinq zones radiaires, pourvues, ou non, de pieds ambulacraires ou podia, alternant avec cinq zones interradiaires. **(Tortonase et Vadon, 1945)**.

L'axe du corps a une orientation variable suivant les classes de cet embranchement. Chez les Etoiles de mer et les Oursins, la bouche a une position généralement centrale sur la face inférieure (orale ou "ventrale") du corps, tandis que le madréporite et l'anous sont situés sur la face supérieure (aborale ou "dorsale"). Chez les Holothuries, le corps est généralement tubulaire, cylindrique, la bouche étant antérieure et l'anous postérieur. Les Ophiures ont une organisation voisine de celle des étoiles de mer mais la bouche et la madréporite se situent sur la face inférieure, l'anous ayant secondairement disparu. Chez les Crinoïdes, enfin, le corps comprend une tige ou pédoncule renforcé par une baguette calcaire et un calice sur lequel sont fixés les bras; dans cette classe, bouche, madréporite et anus sont situés sur le disque entouré par les bras. (**Tortonase et Vadon, 1945**).

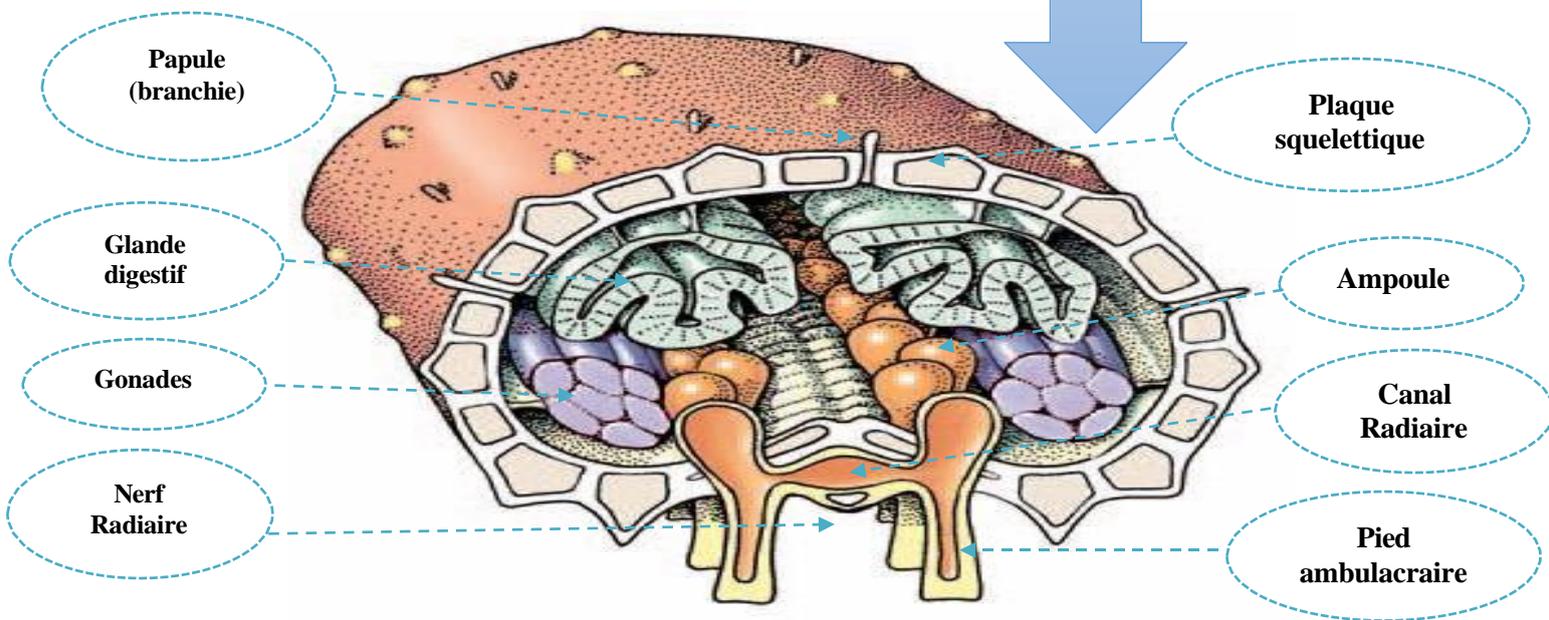
Tous les Echinodermes actuels sont caractérisés par un dermosquelette calcaire formé de plaques, soit soudées entre-elles pour former un test rigide (Oursins), soit articulées les unes aux autres (Ophiures, Astérides, Crinoïdes), soit à l'état de spicules épars (Holothuries). Le tégument est formé par l'épiderme (unistratifié). Le derme (y compris les plaques squelettiques) et une couche de fibres musculaires à disposition souvent radiaire et longitudinale. La cavité générale (cœlomique) est en grande partie remplie par les organes digestifs et reproducteurs ; l'intestin est généralement tubulaire, long et décrivant des circonvolutions, ou séculaire avec un grand nombre de prolongements. La bouche est toujours présente et souvent armée de dents mais l'anous peut manquer chez certains groupes. Les organes reproducteurs sont formés de deux à cinq sacs ou bien de deux faisceaux de tubules (Holothuries); un conduit génital formé à la confluence des sacs gonadiques aboutit à un ou plusieurs gonopores à la surface du corps. Ces organes sont enveloppés par le péritoine, membrane qui tapisse la cavité cœlomique. (**Guille et al., 1986**).

Le système vasculaire hydropneumatique, dit « système aquifère » (**Figure 1**), singularisé sous la forme de nombreux ambulacres et pédicellaires grâce auxquels les étoiles de mer, les oursins et les ophiures se déplacent sur le substrat et se procurent leur nourriture (**Sterry, 2014**).

Ce système aquifère joue un triple rôle au niveau de l'alimentation, de la respiration et de la locomotion.



A- Anatomie d'un échinoderme.



B- Système ambulacraire.

Figure 1 : Le système ambulacraire d'un échinoderme. (Allaili, 2013)

A- Anatomie d'un échinoderme. B- Système ambulacraire.

1-3- Reproduction :

Les sexes sont séparés et la reproduction gonochorique, mais il n'existe pas de dimorphisme sexuel. La disposition de l'appareil reproducteur varie selon les espèces. La plupart des espèces émettent une grande quantité de gamètes (jusqu'à plusieurs millions d'œufs peuvent être fécondés en une seule reproduction) : le sperme et les ovocytes sont libérés dans le milieu de manière synchrone grâce à un signal phéromonal, et la fécondation a ensuite lieu au hasard dans l'eau. Les larves évoluent ensuite parmi le plancton pendant plusieurs semaines (où elles sont la proie de nombreux planctonivores), subissant des métamorphoses caractéristiques des différentes classes (mais toutes sont encore à symétrie bilatérale). Arrivées au terme de leur dernier cycle larvaire, elles se rapprochent du fond jusqu'à s'y poser pour entamer leur dernière métamorphose en juvénile, et commencer leur cycle de vie (**Guille et al., 1986**). Certaines espèces ont cependant développé des modes de reproductions particuliers autofécondation, reproduction par division (chez les étoiles et les holothuries) (**Ooka et al., 2010**).

1-4- Embryologie :

Le développement des échinodermes est très compliqué. L'œuf fécondé donne naissance à une larve pélagique qui subit une métamorphose très complexe pour se transformer en échinoderme; ces larves présentent des formes très particulières et sont très différentes de l'adulte. On leur a donné autrefois des noms particuliers les larves des Échinides et des Ophiures ont été appelées Pluteux, celles des Astéries Bipinnaria et Brachiolaria, celles des Holothuries Aricularia (**Koehler, 1969**).

1-5- Habitat des échinodermes :

Les échinodermes sont exclusivement marins : on n'en connaît aucun en eau douce, y compris parmi les formes fossiles. Ils peuplent pratiquement toutes les mers ouvertes du globe (ils ont cependant disparu des mers fermées comme la Caspienne), depuis la surface jusqu'aux abysses, et de l'équateur jusqu'aux mers subglaciales (**Mah, 2014**).

1-6- Ecologie des Echinodermes :

Les échinodermes réguliers et irréguliers diffèrent fondamentalement dans leurs modes de vie. Les oursins réguliers résident principalement sur des substrats durs tels que les roches et les coraux, ainsi que dans des champs d'algues ou des herbiers marins. Ils sont généralement sensibles aux changements brusques de salinité et de température, aux fortes intensités lumineuses et aux ressacs violents. Ces facteurs environnementaux influencent le comportement des espèces des eaux peu profondes, notamment celles des récifs. Beaucoup d'oursins se cachent pendant la journée, ne sortant de leurs abris qu'à la tombée de la nuit. Certains creusent des cavités dans les roches ou les coraux à l'aide de leurs dents et de leurs piquants, devenant sédentaires et se nourrissant de débris flottants capturés avec leurs piquants et podia. D'autres oursins se couvrent de divers matériaux (coquilles, petits cailloux) qu'ils collectent sur le fond marin ou dans l'eau, les utilisant comme camouflage en les hissant sur eux à l'aide de leurs podia et piquants.

Les oursins irréguliers sont généralement fousisseurs, ils s'enfouissent à des profondeurs variable dans des sables coralliens ou vaseux (apport terrigènes), et se nourrissent des organismes et des matières organiques associés aux sédiments dans ou ils vivent (**Laboute, 1986**).

1-7- Echinodermes fossiles :

Bien qu'ils soient apparus probablement dès la fin du précambrien (il y a environ 630 millions d'années), les métazoaires (animaux pluricellulaires) ne sont diversifiés que bien plus tard, au cours du paléozoïque inférieur, en deux étapes majeures. La plus ancienne (il y a environ 542 millions d'années), couramment désignée « explosion cambrienne », est caractérisée par l'apparition massive et relativement rapide (à l'échelle des temps géologiques) des plus anciens représentants connus de tous les principaux phylums (arthropodes, brachiopodes, chordes échinodermes, mollusques, etc.) (**Valentine et al., 1999** ; **Lieberman, 2008**). L'explosion cambrienne est également marquée par l'acquisition de squelettes bio minéralisés chez de nombreux groupes d'invertébrés marins, ainsi que par un fort accroissement de la complexité des écosystèmes (réseaux trophiques, etc...) (**Butterfield, 2000 ; Vannier & Chen, 2005**) et d'importantes modifications du milieu marin « révolution agronomique » liée à une exploitation plus intense des fonds meubles par les organismes fousisseurs (**Dornbos et al., 2005**). Les relations phylogénétiques, et dans certains cas, l'état des groupes monophylétiques, reste incertaine pour les classes disparues. Échinodermes incontestables apparaissent d'abord dans le registre fossile au cours du mi-Cambrien.

Arkarua, un échinoderme possible, a été décrite à partir de la Vendien (dernière Protérozoïque) (**Gehling, 1987**).

Cette première étape est la plus spectaculaire et actuellement la mieux connue, en raison de la découverte de nombreux gisements dits « à préservation exceptionnelle »

(Konservat-Lagerstätten), dans lesquels les parties « molles » (peu ou pas minéralisées) des organismes peuvent être conservées (**Butterfield, 2003**) : Sirius Passet (Groenland, Cambrien inférieur (**Conway Morris et al., 1987**), Chengjiang (Chine, Cambrien inférieur, (**Chen, 2004 ; Hou et al., 2004 ; Zhu et al., 2005**), Burgess Shale (Canada, Cambrien moyen, **Conway Morris, 1986, Briggs et al., 1994, Caron & Jackson, 2006, 2008**) ou encore les niveaux à « anthraconite » (Orsten) de l'Alum Shale (Suède, Cambrien supérieur, **Muller & Walossek, 1985**). Ces derniers fournissent une image plus complète de la biodiversité passée que la très grande majorité des sites fossilifères, dans lesquels seuls les restes bio minéralisés sont conservés (squelettes).

La seconde phase de diversification ou « grande bio diversification ordovicienne » (Il y a environ 488 millions d'années) est caractérisée par un accroissement exponentiel de la diversité au sein de la plupart des phylums apparus au cours du Cambrien (**Webby, 2004 ; Harper, 2006**). Cette explosion de la biodiversité semble étroitement corrélée à une phase importante de diversification du micro-phytoplancton (acritarches notamment) (**Servais et al., 2008**). D'un point de vue écologique, elle se traduit par la colonisation de l'ensemble de la tranche d'eau et par une exploitation encore plus intensive et profonde des fonds marins. L'ampleur de la bio diversification ordovicienne demeure toutefois probablement largement sous-estimée car contrairement à l'exploitation cambrienne, elle n'a été documentée jusqu'à présent qu'à partir d'assemblages constitués essentiellement de restes minéralisés. Très peu de gisements à préservation exceptionnelle ont été décrits dans l'Ordovicien. De plus, ils n'ont livré que des assemblages marins peu diversifiés, associés à des conditions environnementales très particulières (fonds anoxiques) : Winnieshiek (Ordovicien moyen, Canada ; **Liu et al., 2006**), Beecher's trilobite bed (Etats-Unis, Ordovicien supérieur et surtout, Soom Shale (Afrique du Sud, Ordovicien supérieur ; **Aldridge et al., 2001 ; Whittle et al., 2007**).

La diversité fossile est plus importante que la diversité actuelle puisque sur 23 groupes d'échinodermes connus, 17 sont exclusivement fossiles. Seuls 5 groupes majeurs (**Figures 2 et 3**) ont donc été préservés dans la faune actuelle et la figure 2 présente les groupes restants.

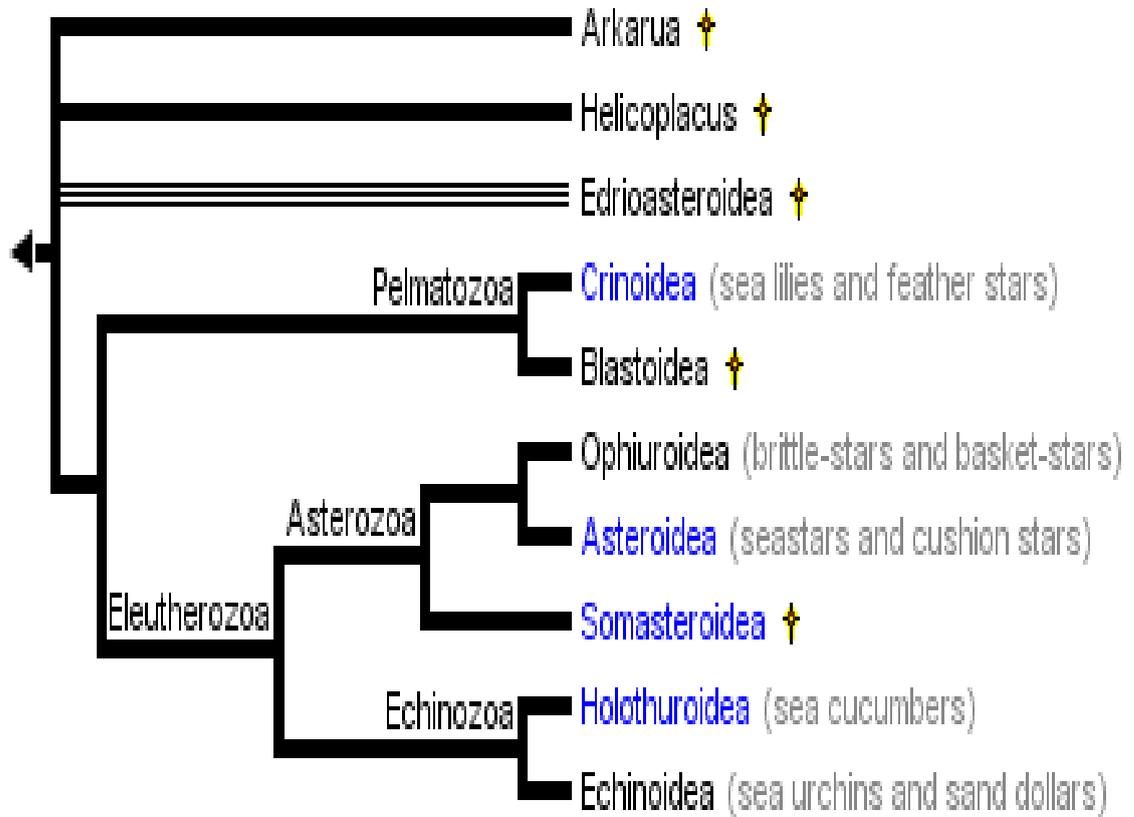
On les divise en deux groupes majeurs selon les positions relatives de la bouche et de l'anus.

1/ Les *Pelmatozoaires* (pelmat : à l'extrémité d'une tige ; zoaire : animal). Ils comprennent des Échinodermes primitifs. La bouche se trouve sur la même face que l'anus. Ils réunissent quatre lasses dont trois sont fossiles :

- classe des *Hétérostélés* ou *Plats* (**Cuénot, 1953 In Boué et Chanton, 1971**)
- classe des *Cystidés*, (de kystis : vessie)
- classe des *Blastoïdés*, (blastos : bourgeons, et eidos : forme)
- classe des *Crinoïdes* (de krinon : lis et eidos : forme) qui sont apparus au Cambrien, ont eu leur apogée au Cambrien, Silurien, Dévonien, Carbonifère et Permien et ne sont plus représentés actuellement que par les Comatules et les Encrines.

2/ **Les Éleuthérozoaires** (eleuther : libre ; zoaire : animal). L'anus, situé sur la face aborale, est opposé à la bouche. Ils réunissent quatre classes :

- Classe des *Holothurides* (ou Holothuries) (de holothurion, terme employé par Aristote dans son Histoire naturelle), apparus au Cambrien moyen ;
- Classe des *Échinides* (ou Oursins), apparus à l'Ordovicien ;
- Classe des *Astérides* (ou Astéries ou Stellérides ou Étoiles de mer), apparus à l'Ordovicien ;
- Classe des *Ophiurides* (Ophiures) (de ophis : serpent, et oura : queue) apparus à l'Ordovicien (**Boué et Chanton, 1971**).



† : Espèce éteinte

Figure 2 : Hypothèse phylogénétique des échinodermes. (David et Mooi, 1997, Littlewood et al., 1997, Sumrall et Sprinkle, 1997), D'après (Anglois, 2006).

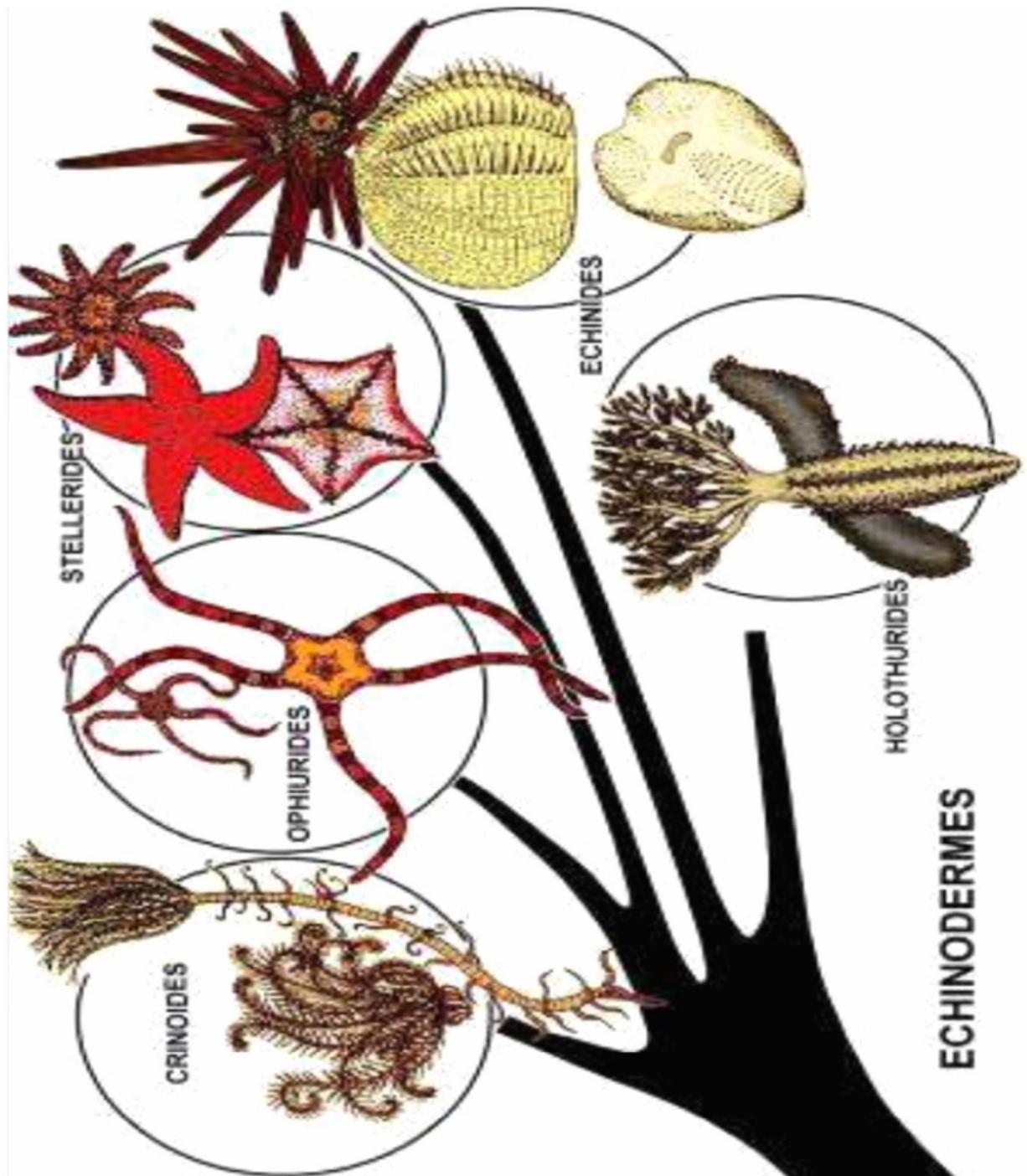


Figure 3 : Représentation des groupes d'échinodermes. (Net :1)

1- Classification des échinodermes

L'embranchement des échinodermes se divise en deux sous-phylums : les Pelmatozoaires et les Eleuthérozoaires (Arab *et al.*, 2013). Les premiers comprenant les crinoïdes et les deuxièmes qui englobent cinq classes vivantes (Les astérides, les Ophiures, les crinoïdes, les Echinides, les Holothurides). Cet embranchement contient 23 classes : 17 ont disparu et ne sont connues qu'à l'état fossiles, 5 se partagent les 6500 espèces actuelles (Tableau 01).

Tableau 1 : Classification et répartition des Echinodermes (Bouchard, 2004).

Classes	Types d'espèces	Nombres d'espèces dans le monde	Nombres d'espèces en Méditerrané
HOLOTHUROIDEA	Concombre de mer ou Bêche de mer	1100	36
ASTEROIDEA	Etoiles de mer	1800	35
OPHEUROIDEA	Ophiures	2000	21
CRINOIDEA	Lys de mer Comatules	700	2
ECHINOIDEA	Oursins violet Echinocardium	900	22

2-1- classe ECHINOIDEA :

Ces animaux forment un groupe très ancien, qui n'évolue plus, ou très peu. Ce groupe possède un ensemble de points communs caractéristiques, et les différentes classes se distinguent essentiellement par leur aspect extérieur et leur mode de vie. Les échinidés (surnommés oursins, hérisson de mer ou châtaigne de mer) sont des créatures de mer épineuses vivant dans tous les océans du monde. La taille moyenne adulte est entre 3 et 14 centimètres. Certaines espèces ont des piquants vénéneux. Ce sont des invertébrés marins de l'embranchement des échinodermata du grec ekhinos, « épine » et derma « derme ». Il existe 2 groupes d'oursins, selon la forme de leur corps : Les oursins réguliers, 440 espèces, leur contour est circulaire à ovale. Leur bouche est ventrale, leur anus dorsal, au centre (Figure 4). Ils vivent sur les récifs et les roches. Ils ont des dents et une mâchoire (la lanterne d'Aristote) grâce à laquelle ils peuvent se creuser une petite niche dans la roche. La plupart des espèces sont végétariennes. Les oursins irréguliers, 400 espèces, leur contour est allongé. La bouche et

l'anus sont sur la face ventrale, la bouche à l'avant et l'anus à l'arrière. La plupart vivent sur et dans le sable et ils sont microphages (ils mangent de toutes petites particules).

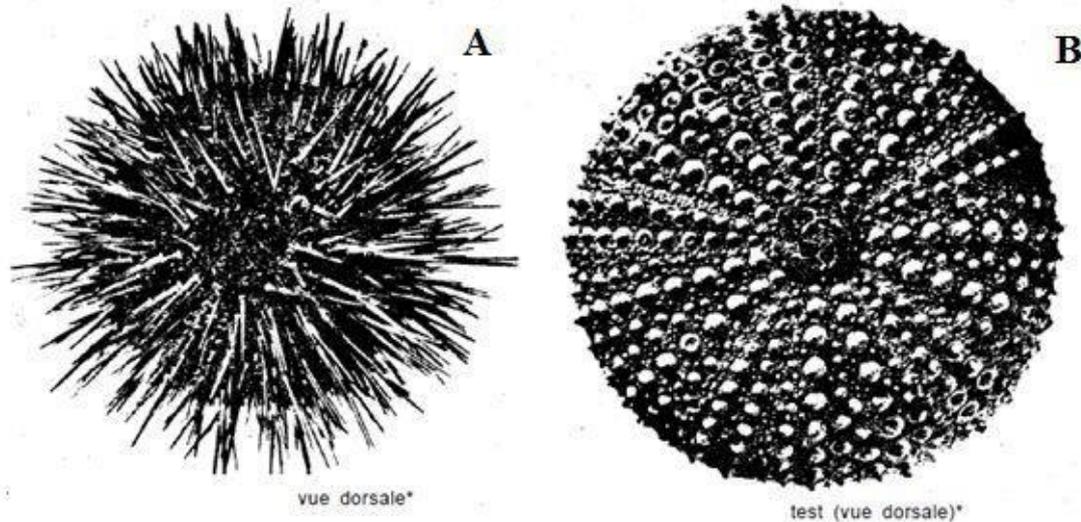


Figure 4 : Vue dorsale d'un individu *P.lividus* (Oursin régulier) (A) et de son test dépourvu de piquant (B) (Tortonese & Vadon, 1987).

Leur corps sphérique est protégé par une coquille dure, entièrement recouverte d'épines acérées. Les épines tombent après la mort de l'animal. La coquille nue s'appelle un test (**Figure 5**). Les piquants sont caractéristiques des oursins. On les trouve sur tout le test. Ils sont portés par des tubercules ou mamelons du test, articulés à leur base et animés par des muscles. Chez les Oursins le squelette dermique devient complètement immobile : il est Test d'oursin régulier Test d'oursin irrégulier A = face dorsale B = face ventrale 1 = péristome (bouche) 2 = périprocte (anus) 3 = aires ambulacraires formé de vingt rangées de plaques disposées suivant les méridiens, réunies par des sutures, et le test auquel elles donnent ainsi naissance est interrompu seulement autour des ouvertures anale et buccale. De ces plaques, les unes placées dans les zones radiaires, sont percées de trous qui laissent passer les ambulacres (plaques ou aires ambulacraires), les autres, également groupées par deux, séparent les précédentes ou paires ambulacraires elles sont dépourvues de pores et on les nomme plaques ou aires interambulacraires.

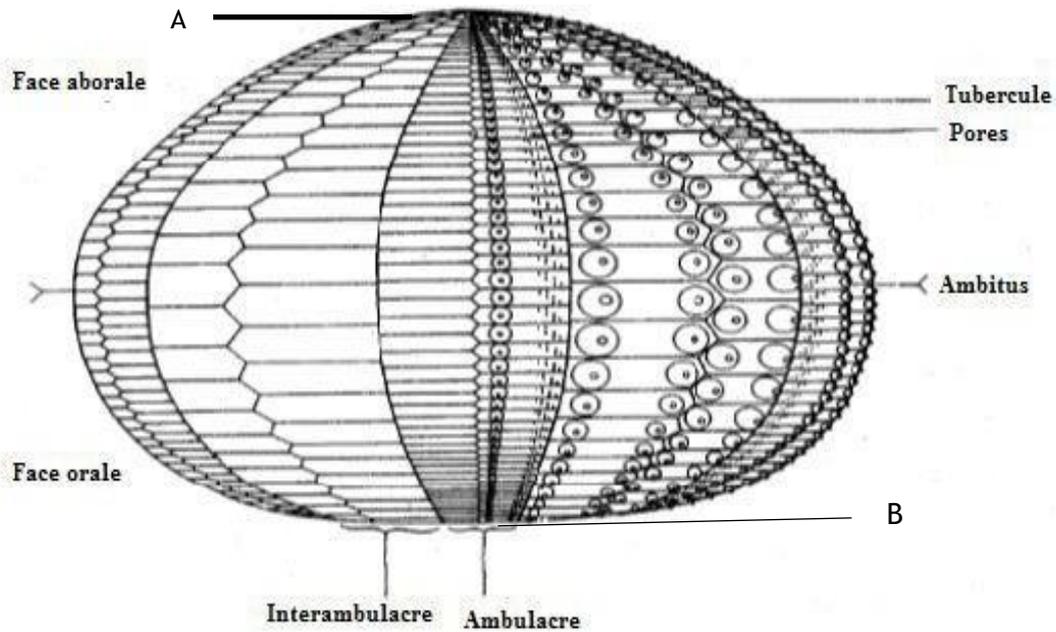


Figure 5 : L'organisation générale du test des oursins réguliers vue apicale aborale ou dorsale (**Demnard-Tellier, 2001 modifié par Allaili. H**)

Autour de l'anus, cinq plaques, qui correspondent aux zones ambulacraires présentent des ocelles et sont appelées plaques ocellaires, cinq autres plaques intermédiaires aux précédentes, correspondant par conséquent aux aires interambulacraires (**Demnard-Tellier, 2001**), sont percées de gros pores qui donnent issue aux produits génitaux et sont appelées plaques génitales ou apicales. L'une d'elles, plus grande que les autres et d'aspect criblé porte le nom particulier de plaque madréporique. Au pôle inférieur ou oral les dix rangées de plaques s'arrêtent à quelque distance du centre et circonscrivent un espace pentagonal, fermé par une membrane au centre de laquelle s'ouvre la bouche. Les deux dernières plaques de chaque rayon portent sur leur bord libre un appendice calcaire dressé à l'intérieur du test et qui, en s'unissant à son congénère, constitue une sorte d'arc appelé auricule.

Intérieurement, le tube digestif comprend la bouche au centre de la face inférieure du test, suivi de l'oesophage entouré d'un puissant appareil la lanterne d'Aristote formé de cinq ensembles complexes ou mâchoires. Chaque mâchoire comprend les dents, la rotule, le compas (**Figure 6**) (**Le Gall, 1987**).

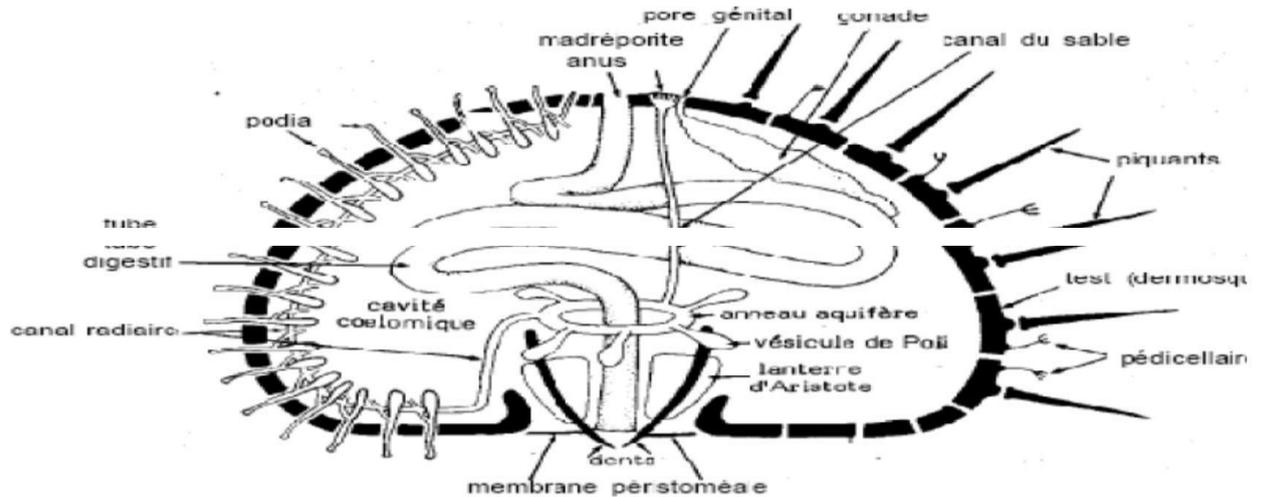


Figure 6 : Anatomie interne d'un oursin commun (Tortonese, 1965).

L'estomac doublé d'un siphon intestinal où la digestion et l'absorption se font au niveau de l'intestin et se termine par un anus dorsal (Beaumont & Cassier, 1978). L'organe reproducteur est constitué de cinq gonades en position interradiaire chacune reliée à l'extérieur par un conduit génital qui traverse le test au niveau des plaques génitales qui entourent l'anus (Boue & Chanton, 1978).

2-2- Classe HOLOTHUROIDEA :

Les *Holothuroidea* constitue la deuxième classe la plus diversifiée des échinodermes ; avec plus de 1400 espèces appartenant à 160 genres (Smiley, 1994 ; Navarro, 2012) et selon Pawson, 2007 se composent d'approximativement 1400 espèces actuelles réparties en 6 ordres, 25 familles et environ 200 genres ; cette classe est subdivisée en trois sous-classes : les *Apodacea*, les *Aspidochirotea* et les *Dendrochirotea* et six ordres (*apodida*, *molpadiida*, *aspidochirotida*, *elasipodia*, *dendrochirotida*, *dactylochirotida*), qui se distinguent d'après la présence ou l'absence des pieds ambulacraires, la forme des tentacules buccaux (digités, dendritiques, pennés ou pelletés), la présence ou l'absence de muscles rétracteurs oraux, d'arbres respiratoires et de tubes de Cuvier (Hendler *et al.*, 1995).

Les "concombres de mer" actuels sont le résultat de plus 460 millions d'années d'évolution ; le plus ancien fossile remonte à l'ordovicien inférieur (Gilliland, 1993 ; Reich,

1999 ; 2001). Ils vivent dans la zone intertidale et domine dans les communautés marines, à la fois en nombre individus et de la biomasse (Billett, 1991).

Animaux détritivores, les concombres de mer, comme leur nom l'indique, ont pour la plupart un corps mou et cylindrique, plus ou moins allongé, arrondi aux extrémités, et généralement sans appendices solides. Leur forme va de presque globulaire pour les pommes de mer (Bourjon, 2009). Les holothuries mesurent généralement de 10 à 30 centimètres de long avec des extrêmes de quelques millimètres pour *Rhabdomolgus ruber* et jusqu'à plus de 3 mètres pour *Synapta maculata*. La plupart possèdent 5 rangées de petits pieds à ventouse appelés « podia », Les podia de la face dorsale n'ont généralement pas de rôle locomoteur, et sont transformés en papilles (Guille, et al., 1986), sont en rapport avec les cinq canaux radiaires qui, avec l'anneau aquifère pourvu d'une ou plusieurs vésicules de Poli et de un ou de plusieurs "canaux de sable", constituent le système aquifère, ou système ambulacraire qui sert à la fois à la respiration, à la locomotion et à la réception sensorielle. Contrairement aux autres échinodermes, ce système s'ouvre la plupart du temps dans la cavité interne à hauteur de la plaque madréporique. De consistance souvent molle, les holothuries ont un squelette réduit formé par de microscopiques pièces calcaires, disséminées dans leur peau et autres tissus. La couronne calcaire est formée de pièces radiales et de pièces interradianales macroscopiques. La réduction du squelette est largement compensée par le système musculaire. Ce dernier est constitué de cinq bandes musculaires longitudinales en position radiale, qui sont antérieurement attachées aux pièces radiales de la couronne calcaire et postérieurement au cloaque via les muscles rétracteurs du cloaque. Le coelome de l'holothurie est une vaste cavité remplie d'un liquide (le liquide coelomique) proche de l'eau de mer dans lequel se trouvent le tube digestif, les poumons et les gonades (Figure 7). Le tube digestif fait une grande boucle et occupe la majeure partie de la cavité. Il s'ouvre antérieurement au niveau de la bouche qui est entourée de tentacules buccaux (podia modifiés servant à l'ingestion des particules alimentaires) et se termine postérieurement par un anus. Peu avant l'anus, le tube digestif s'enfle en un cloaque dans lequel débouchent les poumons, organes en forme de buisson plus ou moins touffu qui pompent et rejettent l'eau de mer par l'anus (Figure 7) (Belbachir, 2018).

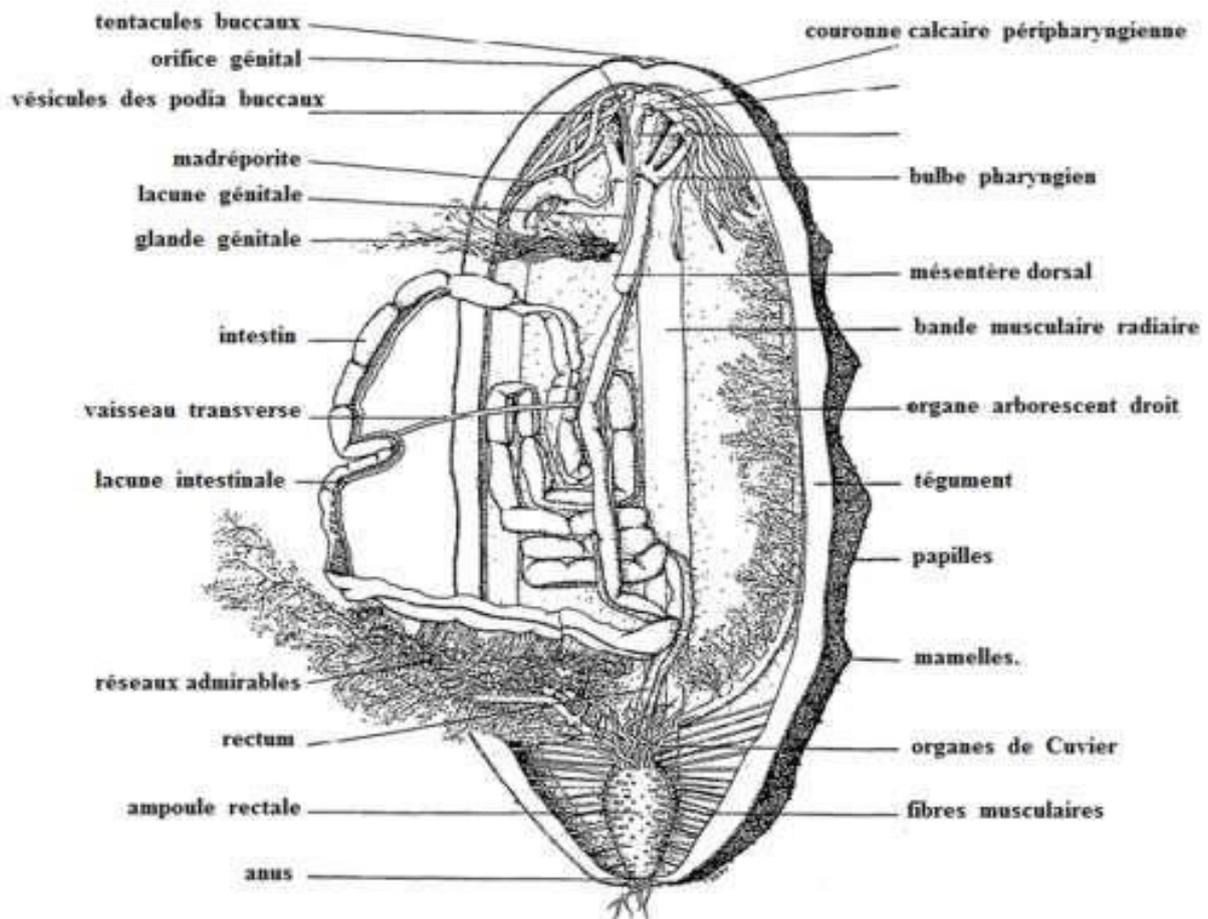


Figure 7 : Anatomie interne d'une holothurie du genre *Holothuria*. D'après Conand, 1989
Modifié par Allaili, 2020)

Certaines espèces d'holothuries se trouvent sur les substrats durs (roches, anfractuosités, récifs coralliens), d'autres en épibioses sur des végétaux ou des invertébrés ; mais la plupart d'entre elles sont caractéristiques des fonds meubles, pouvant vivre soit à leur surface, ou dans le sédiment.

Les holothurides présentant une place importante dans la chaîne alimentaire des écosystèmes marins à différents niveaux trophiques, ce sont des constituants importants de la faune benthique, et jouent un rôle important dans l'équilibre des écosystèmes côtiers (*In Benraho et Bouslama, 2005*), jusqu'à 90% de la biomasse dans les écosystèmes des fonds marins (*Hendler et al., 1995*). Souvent considérées comme des « vers marins », ils ingèrent les sédiments contenant la matière organique et des matières rejetées par les plantes et les animaux. Ces animaux remuent les couches supérieures des sédiments marins favorisant ainsi le processus de « bioturbation » (*Xing et al., 2012*). Ce processus d'accumulation des

matières organiques en décomposition peut contribuer à lutter contre les populations de parasites et d'organismes pathogènes (**Alain et al., 1986**).

Les holothuries sont des échinodermes, cousins des « étoiles de mer » et des « oursins ». Dans les zones littorales on trouve une prédominance des Aspidochirotes (**Conand, 1994**).

Les holothuries se distinguent des autres classes des échinodermes par l'existence d'un endosquelette constitué par des sclérites (= spicules) ; ces dernières représentent des millions de microscopiques pièces calcaires, isolées les unes des autres et éparpillées dans les couches dermiques du corps de l'holothurie. La morphologie, la taille et la distribution des sclérites dans les différents tissus constituent des caractères clefs dans la détermination et la classification des holothuries (**Samyn et al., 2006**).

La classification des holothuries est basée sur la présence ou l'absence de podia et des arbres respiratoires, ainsi que sur la forme des tentacules. Ces premiers critères permettent de distinguer les ordres d'holothuries. Le nombre de tentacule et le dénombrement des touffes gonadique sont également utilisés (**Alain et al., 1986**).

Les holothuries se sont adaptées à de nombreuses menaces en termes de prédation menant alors à l'évolution de métabolites secondaires spécifiques possédant de nombreuses activités biologiques. Elles ont développé une large gamme de mécanismes anti-prédation (**Bingham et al., 1986 ; Lawrence, 1987**) : une peau très épaisse et toxique, un corps capable de gonfler et de se durcir, l'auto-éviscération ou autotomie, une capacité de nage, des activités nocturnes, des tubes de Cuvier (**Figure 7**) ou encore des comportements d'enfouissement (**Francour, 1997**). Les saponines produites par les holothuries semblent constituer le mécanisme le plus efficace pour faire face aux prédateurs (**Van Dyck et al., 2011**). Les saponines sont délétères pour la plupart des organismes et fonctionnent probablement comme une barrière chimique dissuadant les prédateurs (**Caulier et al., 2011**). Les holothuries ont la particularité de dégager en permanence des toxines appelées saponines. Ces toxines sont cytotoxiques et hémolytiques, donc dangereuses pour la plupart des poissons, ce qui fait que les holothuries adultes ont généralement peu de prédateurs (**Francour, 1997**).

2-3- Classe des ASTEROIDEA :

La classe "Asteroidea" (aussi appelée étoile de mer) est l'une des plus diversifiées du phylum Echinodermata, Elle englobe près de 2000 espèces regroupées en 36 familles et environ 370 genres. Ce sont les échinodermes les plus familiers pour le grand public, leur forme unique les rend faciles à identifier et à différencier des autres créatures marines. La plupart des étoiles de mer possèdent cinq bras épais plus ou moins individualisés mais certaines peuvent en avoir plus (**Gilpin, 2006**). La surface est généralement rugueuse avec des pointes épineuses, elle recouvre une couche de plaque calcaire (**Macalister et Packard, 1879**). Les astérides pour la plupart possèdent un taux de régénération très élevé, un nouvel animal peut être régénéré à partir d'un seul bras si une partie du disque central est indemne, La bouche est située sur la surface ventrale ou orale du disque, l'anus si présent est quant à lui sur la surface aborale (**Yee Kwang et al., 2009**). Elles vivent à toutes les profondeurs de la zone intertidale à la zone abyssale (environ 6000 m) et sont présentes dans tous les océans du monde, mais on les retrouve en grande majorité dans les régions indopacifiques et dans les zones tropicales de l'atlantique (**Mah et Blake, 2012**).

L'astéride possède deux faces, l'une reposant sur le fond c'est la face orale, ambulacraire, actinale ou ventrale, et l'autre partie visible de l'animal qui est dite aborale, anti-ambulacraire, abactinale ou dorsale, celle-là même où l'on trouve l'anus et la plaque madréporique (**Figure 8**) (**Woods, 1909**). Quant à la première face, elle porte à partir de la bouche jusqu'aux extrémités des bras des rainures bien marquées surnommées "sillons ambulacraires" ces derniers renferment deux rangées de podia ou pieds ambulacraires pourvus de ventouses et ayant dans leur grande majorité une fonction locomotrice. Il existe aussi de part et d'autre de chaque 8 ambulacraires une bordure dite ambulacraire sous forme de plaque armée de piquants (**Menou et al., 1986**).

Le tégument est rugueux, épais, calcifié et tapissé par des protubérances en forme de piquants, il se compose d'un épiderme recouvrant un mésoderme qui contient des éléments squelettiques appelés ossicules, des cellules neurosensorielles et des cellules nerveuses. Le tégument entoure une vaste cavité générale où baignent les viscères, les appendices tégumentaires des astérides sont comme précédemment cité les podia et les papules, leurs répartitions sur le corps des astérides ainsi que leurs relations mutuelles servent souvent de critères de classification (**Menou et al., 1986 ; Brusca et Brusca, 2003 ; Arab et al., 2013**).

Les astérides sont généralement de couleur vive, certaines arborent un tégument jaune ou brun, d'autres orange ou violet, cette différence de coloration est due à des pigments caroténoïdes (**Khanna, 2005**), ces dernières ont déjà reçues beaucoup d'attention notamment de Lonnberg qui a trouvé ce qu'il a décrit comme de la carotène et de la xanthophylle dans différentes étoiles de mer, **Von Euler et Hellstrom** ont quant à eux, isolé en **1934** une caroténoïde acide du tégument d'*Asteria rubens*, ce pigment a ensuite été mis en évidence par **Vevers en 1952** comme étant de l'astaxhanthine qui a également été trouvée par Nishibori et Tsumaki dans *Asterina pectinifera*. De **Nicola et Goodwin** ont trouvé en **1954** de la bêta-carotène, de l'échinénone ainsi qu'un certain nombre de caroténoïdes non identifiés dans des extraits d'*Echinaster sepositus* (**Vevers et Millott, 1957**).

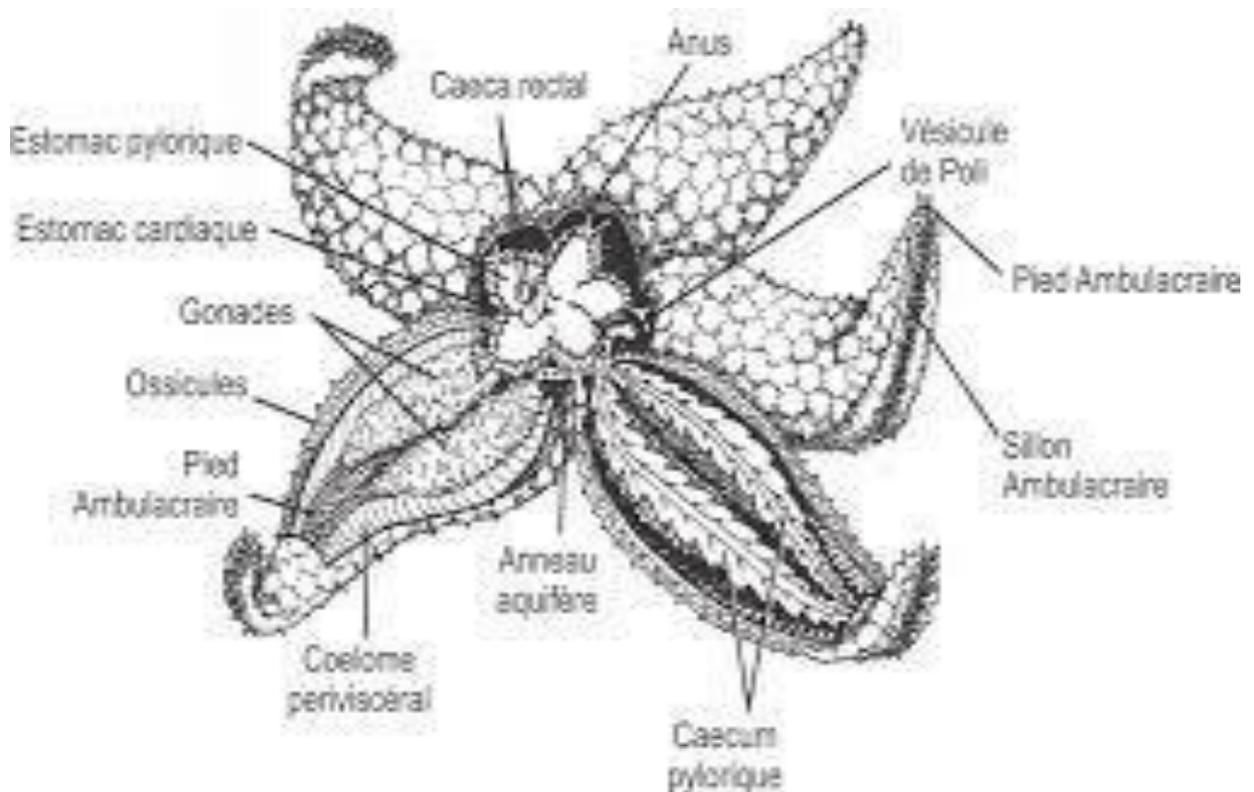


Figure 8 : Anatomie interne d'une étoile de mer (**Jon G. 2000**).

La face orale comporte les structures suivantes :

- Une bouche qui existe au milieu du disque central une ouverture appelé actinosome ou bouche, c'est une ouverture pentagonale possédant cinq angles chacun dirigé vers un bras, elle est entourée d'une membrane délicate appelée membrane

péristomiale et est munie de cinq groupes d'épines orales ou de papilles (**Khanna, 2005**).

- Les sillons ambulacraires sont des structures spécifiques à la face orale, ils se localisent au milieu de chaque bras partant de l'actinosome et s'étendant jusqu'à son extrémité, chaque sillon est bordé par deux rangées d'épines ambulacraires (**Khanna, 2005**), ce sont des cylindres creux avec des parois épaisses qui se redressent et se déplacent quand l'étoile de mer injecte de l'eau dans certaines vésicules dans son corps. Les sillons ambulacraires se terminent par des ventouses que l'animal utilise pour adhérer au substrat, leurs pieds ambulacraires ou podia se rétractent en se cachant derrière la rangée d'épines rigides si l'animal subit un assaut extérieur (**Britannica, 2008**).
- Les pieds tubulaires ou Podia (**Figure 9**) sont souples, extensibles et disposés en quatre rangées radiales dans chaque sillon ambulacraire. ils sont munis de ventouses permettant la fixation sur le substrat, ce sont des organes polyvalents car ils assurent notamment la locomotion, la nutrition la respiration et font même office d'organes sensoriels (**Khanna, 2005**).

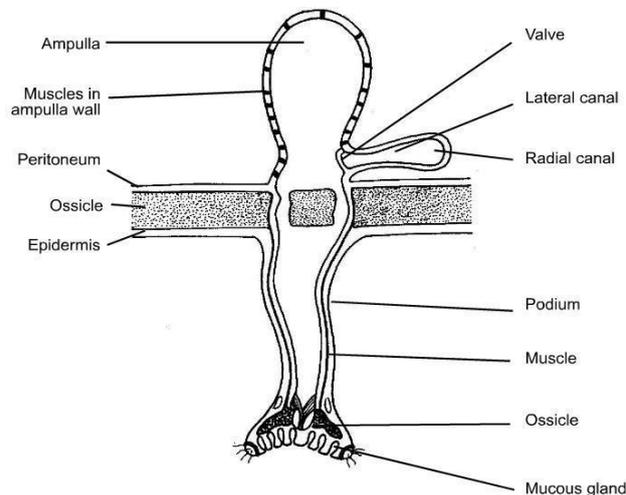


Figure 9 : Pied tubulaire (Net 2).

La face aborale est dirigée vers l'extérieur, elle est généralement de couleur orange ou violacée, elle comporte les structures suivantes :

- L'anus est situé près du centre du disque mais peut être absent chez certaines astérides (**Woods, 1909**). C'est une petite ouverture invisible à l'œil nu se situant dans un inter radius à côté de celui occupé par le madrépore (**Khanna, 2005**)
- La plaque madréporique existe une plaque squelettique spéciale de couleur claire appelée le madrépore ou plaque de tamisage, elle est située au centre de la surface aborale sur un inter-radius. le madrépore est perforé et profondément sillonné (**Brusca et Brusca, 2003**). Chaque sillon s'ouvre dans une ampoule en forme de sac à travers les canaux de pores minuscules, le nombre de pores peut être de 250 unités, les ampoules débouchent dans un canal appelé canal du sable et qui est en forme de S, ce dernier rejoint l'anneau ambulacraire entourant la bouche (**Khanna, 2005**).
- les pédicellaires se trouvent en protubérance entre les ossicules et sont en contacte directe avec la cavité générale (**Pechenik, 2009**). Elles sont petites, blanchâtres avec une structure similaire à celle d'une mâchoire ou d'un piquant (**Khanna, 2005**). les pédicellaires sont capables de répondre aux stimuli externes indépendamment du système nerveux principal et possèdent leurs propres composants neuromusculaires, elles ont pour rôle le nettoyage du tégument ainsi que la défense de l'animal (**Brusca et Brusca, 2003**).
- Les papules sont des structures minces semblables à des filaments présentes sur des pores minuscules se trouvant entre les ossicules de la surface aborale, ce sont des extensions du coelome qui peuvent aussi se retrouver complètement retranchées dans le corps, leur fonction est non seulement respiratoire ce qui en fait des structures respiratoires supplémentaires essentielles étant donné le niveau d'activité des étoiles de mer mais aussi excrétrice (**Clarkson, 1998; Khanna, 2005**).

L'endosquelette des astérides est une structure complexe, il consiste en des plaques calcaires pouvant être détachées ou unies se chevaucher ou s'unir de manière réticulée et qui sont appelé : les ossicules, ces dernières varient en taille, en forme et en fonction et peuvent être ornées de granules, d'épines ou d'autres structures caractéristiques, Cet ensemble est recouvert d'un tégument coriace et d'un tissu musculaire. Les plaques calcaires ont entre elles des articulations multiples. Deux rangées parallèles de plaques ambulacraires limitent le toit des sillons ambulacraires ces rangées sont disposées obliquement par paires et laissent entre elles, dans chaque rangée, des trous par lesquels passent les podia (**Twenhofel et Shrock,**

1935; Mutschke et Mah, 2009). Malgré le fait qu'il soit développé il ne constitue pas pour autant un test rigide comme chez les oursins. L'endosquelette confère aux astérides une certaine souplesse qui les rend capables de se mouler dans les anfractuosités du substrat (**Twenhofel et Shrock, 1935; Menou et al., 1986; Mutschke et Mah, 2009**).

L'organisation interne d'une astérie se présente comme dans la **figure 10**

- Le système digestif se compose de deux parties, la première étant un canal digestif complet mais très court et large à certains endroits et qui s'étend de la surface orale à la surface aborale, englobant la bouche, l'œsophage, l'estomac l'intestin et l'anus. Et une deuxième représentée par les glandes digestives ou cæca pyloriques (**Khanna, 2005**). La bouche s'ouvre dans un œsophage qui mène à un sac à paroi mince, l'estomac (**Hegner, 1933**). Ce dernier est divisé en deux régions, La plus grosse, appelée estomac oral ou estomac cardiaque et qui reçoit la nourriture ingérée celui-ci rejoint ensuite un plus petit estomac appelé : estomac pylorique (**Miller, 2001**), à partir de celui-ci, un tube passe dans chaque bras puis se divise en deux branches chacune possédant un grand nombre de poches latérales s'étendant jusqu'aux extrémités des bras, ces branches sont appelées cæca pyloriques, ils sont longs, de couleur brunâtres ou verdâtres et suspendus à la paroi aborale du corps par une paire de mésentères longitudinaux (**Hegner, 1933; Miller, 2001**). Ils communiquent par un conduit commun avec la chambre pylorique reliée à un intestin de taille minime qui s'ouvre par un anus excentrique. (**Jones et Cleave, 1886**) L'illustration ci-dessous retrace les organes impliqués dans la digestion d'une étoile de mer.

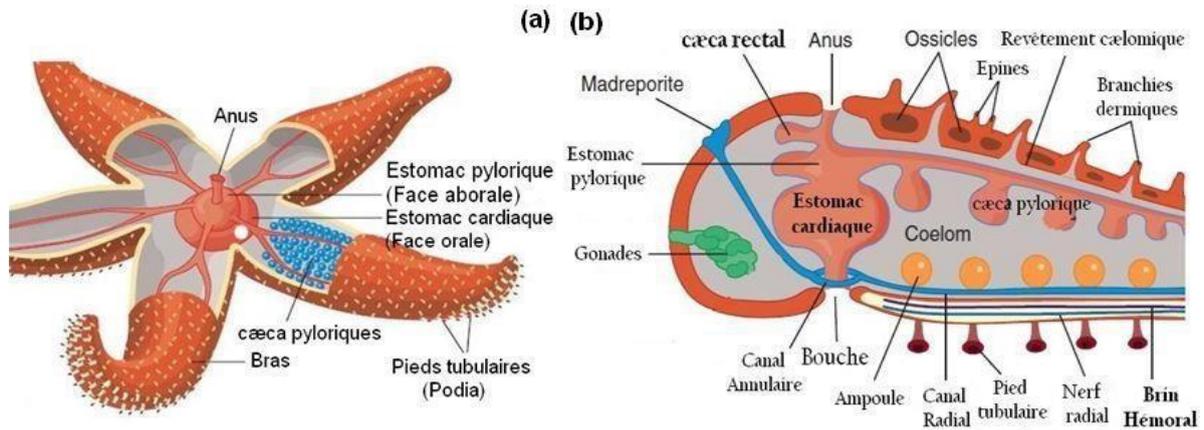


Figure 10 : Structures digestives dans une étoile de mer. (Miller, 2001).

(a) : Vue aborale. (b) : Vue latérale à travers le disque central et un bras.

Une bouche conduit à un large estomac cardiaque et à un estomac pylorique. Les cæca pyloriques s'étendent sur chaque bras

De nombreuses astérides se nourrissent en dévaginant l'estomac cardiaque par la bouche pour englober leurs proies ou en insérant l'estomac rabattu à travers l'ouverture étroite des bivalves pour digérer l'animal (**Figure 11**) (**Lewbart, 2006**), et lorsqu'elles finissent de s'alimenter l'estomac revient de nouveau à l'intérieur des étoiles de mer, il est à noter qu'elles sont par la suite capables de rester plusieurs mois sans nourriture sans que cela ait un effet négatif. (**Clarkson, 1998**) Les astéries sont connues pour leur appétit ainsi que leurs différentes stratégies d'alimentation, la plupart d'entre elles sont omnivores opportunistes, certaines pratiquent la prédation se nourrissant sur un large éventail d'invertébrés, d'éponges de corail ou d'autres échinodermes, quelques-unes pratiquent le cannibalisme d'autres se nourrissent du sédiment en remplissant leurs estomacs de boue d'où elles extraient des organismes microscopiques ainsi que de la matière organique. Une certaine partie est-elle suspensivore et trouve son alimentation en forme de particules dans l'eau de mer (**Dirk, 1970; Mutschke et Mah, 2009**).

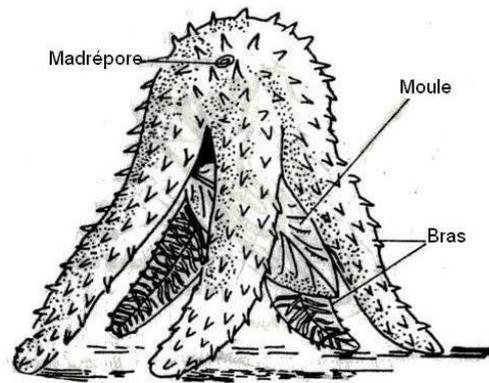


Figure 11 : Une astérie se nourrissant d'une moule (Khanna, 2005).

- Le coelome est présent sous la forme d'une grande cavité située sous la paroi du corps et qui s'étend le long des bras. Il est bordé par un épithélium cilié. Il existe un grand coelome périviscérale enveloppant les organes viscéraux, En outre, il existe également un certain nombre de compartiments coelomiques notamment le système ambulacraire, les sinus axiaux, les canaux périhémoraux et les sinus génitaux (Arab *et al.*, 2013).
- Une des structures les plus caractéristiques des étoiles de mer et qui prend ses origines du mésoderme consiste dans leurs système ambulacraire ou aquifère (Figure 12). Ce système hydraulique fait d'un assemblage clos de canaux est intimement impliqué dans de nombreux aspects de leur biologie, assurant notamment diverses fonctions entre autre la locomotion et la prise de nourriture (Jones et Cleave, 1886; Enay, 1993; Brusca et Brusca, 2003; Lewbart, 2006). Il est à noter également que la fine membrane du système ambulacraire permet les échanges respiratoires gazeux ainsi que l'excrétion des déchets azotés à travers la paroi du corps (Miller, 2001). Il communique avec l'extérieur par le biais d'un orifice pouvant être unique (pore aquifère ou hydro-pore) ou multiple (plaque madreporique ou madreporite) (Enay, 1993). Le fluide dans le système aquifère est similaire à l'eau de mer à l'exception de la présence de coelomocytes, de certaines protéines et d'une concentration de potassium plus élevée (Lewbart, 2006). Les corps de Tiedemann et les vésicules de poli sont des poches qui ornent le canal

annulaire dont la fonction peut être osmorégulatrice ou encore hydrorégulatrice au sein du système ambulacraire (**Brusca et Brusca, 2003**).

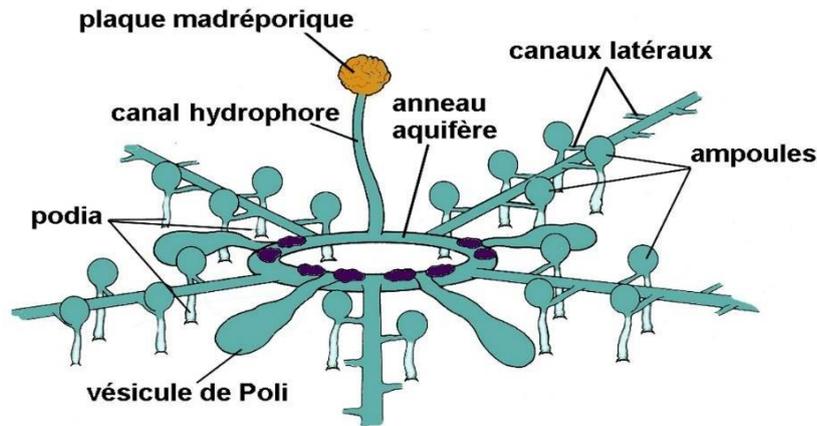


Figure 12 : système ambulacraire (Net 2).

La taille des gonades dépend du stade de reproduction de l'animal au moment de sa capture. Un conduit génital (spermiducte chez les mâles et oviducte chez les femelles) est issu de chaque gonade. Les conduits génitaux des deux gonades de chaque bras se rejoignent pour former un conduit commun qui débouche sur l'extérieur par le gonopore situé dans l'interambulacre sur le disque central. Vous ne pourrez pas voir les gonopores. Les étoiles de mer sont sexuellement dimorphes, mais les sexes sont difficiles à distinguer, Leur système reproducteur est relativement simple et intimement associé aux dérivés du cœlome (**Brusca et Brusca, 2003**). Les organes reproducteurs en l'occurrence les gonades, déchargent les ovules ou les spermatozoïdes dans l'eau à travers des pores se trouvant à l'interstice entre deux bras adjacents, la fertilisation est donc externe (**Hegner, 1933**). Ces processus sont régis par une médiation biochimique bien connue, notamment la production de stéroïdes lors de la gamétogenèse, la libération des gamètes, la maturation des ovocytes et la méiose. Étant donné la difficulté des gamètes à survivre longtemps dans l'océan, la maturation de ces derniers et la ponte doivent être coordonnées, il existe également un certain nombre de facteurs pouvant conditionner l'activité reproductrice notamment le photopériodisme, la température mais aussi certains facteurs environnementaux. Afin d'induire d'autres étoiles de mer à libérer leurs gamètes et ainsi augmenter la probabilité de fertilisation, la ponte est accompagnée par la libération de phéromones. Les embryons sont planctoniques et utilisent leurs cils pour nager, après la gastrulation les cils se différencient et une larve à symétrie bilatérale se forme appelée

"Bipinnaria" (**Figure : 13**) (a) (b)", elle se développe par la suite en larve "Brachiolaria" (**Figure : 13**) (c) qui se fixera au substrat et se métamorphosera en étoile de mer juvénile (**Figure : 13**) (d) (**Dirk, 1970; Miller, 2001**).

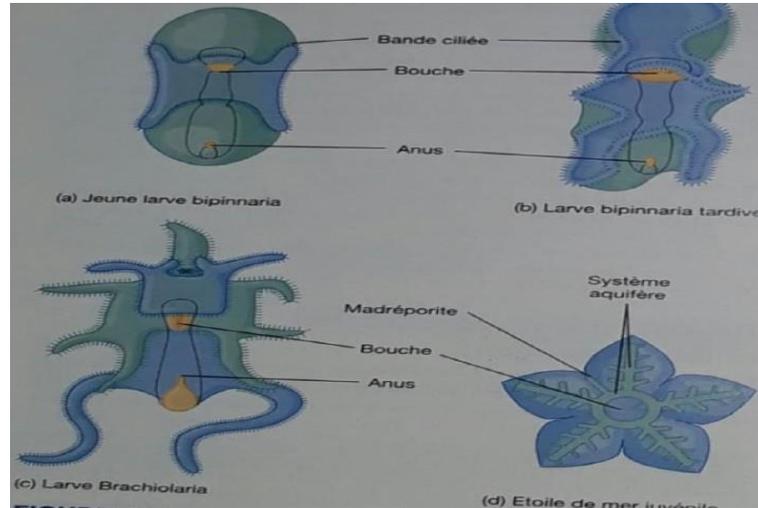


Figure 13 : Métamorphose en étoile de Mer (Net 2).

Il n'existe pas d'organes hautement spécialisés pour l'excrétion, pas de système circulatoire bien défini, et le système nerveux présente un faible niveau de spécialisation (**Van Cleave, 1931**). En effet, mises à part de nombreuses cellules nerveuses qui se localisent au niveau des cellules de l'ectoderme, il existe des crêtes de tissu nerveux, Les cordons nerveux radiaux se trouvant le long des stries ambulacraires s'unissent avec un anneau nerveux encerclant la bouche. Concernant le système circulatoire, le fluide cœlomique est maintenu en mouvement grâce à des cils et fait parvenir les éléments nutritifs absorbés à toutes les parties du corps, L'excrétion quant à elle est accomplie par des amœbocytes présentes dans le liquide cœlomique aidé par le cæca rectaux (**Hegner, 1933**).

2-4- Classe d'OPHIUROIDEA :

Les ophiures sont des organismes aux formes gracieuses et aux couleurs vives. Elles se déplacent par l'ample mouvement de leurs bras qui se tordent comme des queues se serpent.

Elles sont connues à l'état fossile depuis l'Ordovicien et sont exclusivement marines. Elles se rencontrent depuis les zones littorale jusqu'aux grands fonds. Elles sont très communes et souvent sont présentes en grandes quantité. Ainsi des chaluts effectués dans les eaux profondes remontent avec de nombreux spécimens d'ophiures (parfois plus de 400 individus). Leur nom dérive d'ophis, serpent et *oura* queues. (**Grassé P., 1979**).

Les Ophiures se caractérisent par un disque central aplatie (**Figure 14**) arrondi et pentagonale bien délimité d'où partent cinq bras longs très frêle et sveltes aux mouvements « serpentiformes » plus au moins épineux, parfois ramifiés. Quelques espèces d'Ophiures possèdent six bras (**Figure 15**).

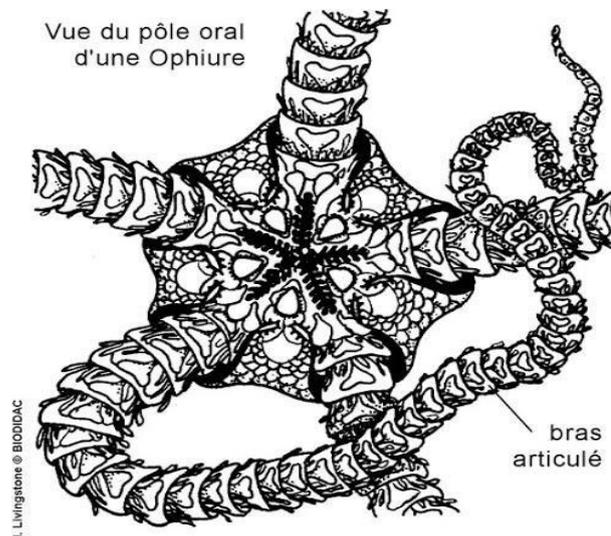


Figure 14 : Caractéristique d'un Ophiure. (Net 3)

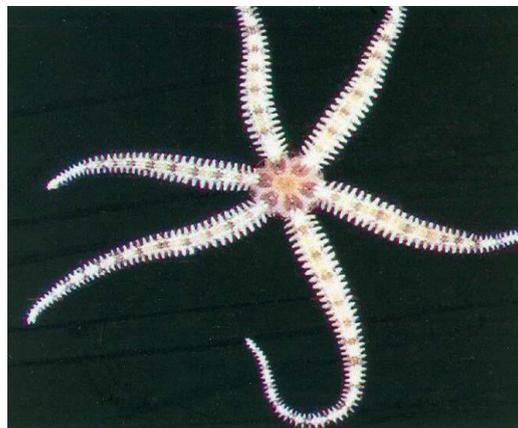


Figure 15 : *Ophiactis savignyi* (MÜLLER & TROSCHER, 1842) Ophiure a six bras (Net 3).

Elles n'ont pas de ventouses. La bouche est ventrale, il n'y a pas d'anus (**Figure 16**), les déchets alimentaires sont rejetés par la bouche. La plaque madréporique est ventrale et ne possède qu'un 1 seul trou. L'absence d'ambulacres oblige l'Ophiure à se déplacer par frétillements de ses bras flexibles, par des ondulations rappelant le reptation des Serpents Elles peuvent se déplacer rapidement à l'aide de ces longs bras, d'abord recourbés en forme

de « S » puis étendus, c'est l'espèce la plus rapide des Echinodermes. Elles sont très sciaphiles et se déplacent rapidement pour se cacher de la lumière. Elles ont pour prédateurs principaux les étoiles de mer et les poissons.

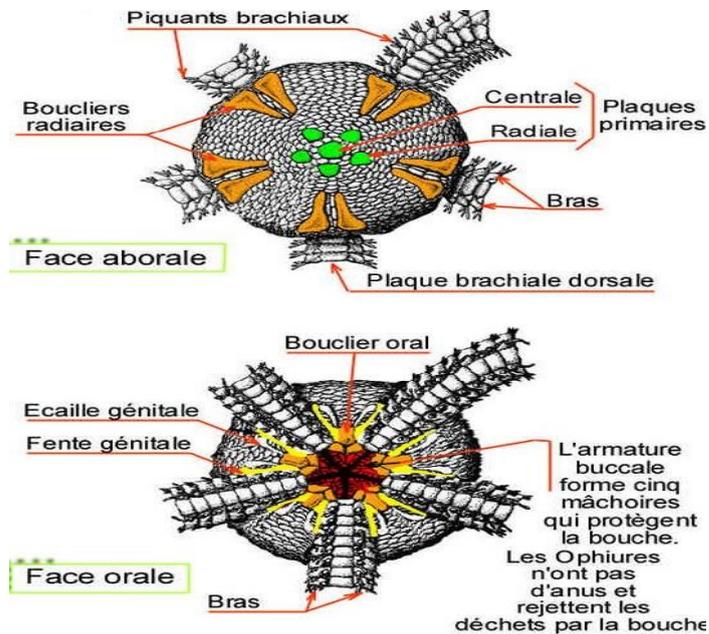


Figure 16 : Morphologie interne d'un Ophiuridea. (Berly, 2004, modifié par Allaili, 2020).

Le squelette perd sa continuité et ne forme une enveloppe rigide que dans les bras. La plaque madréporique passe sur la face ventrale. Les glandes génitales s'ouvrent sur cette même face par dix fentes. Ce squelette se compose de petites pièces placées sur deux rangs et alternant, les vertèbres, les vertèbres d'un même rang unies les unes aux autres par des muscles qui en se contractant, font « serpenter » le bras (Grassé, 1979).

Les ophiures sont en général soit mâles, soit femelles et pour la majorité des cas, les sexes ne se distinguent pas extérieurement. Lors de la période de reproduction les ophiures, comme tous les échinodermes, se rassemblent et émettent leurs produits génitaux dans l'eau de mer. En milieu profond, les ophiures présentent une reproduction qui est soit continue (avec faible nombre d'œufs de grosse taille), soit intermédiaire (fécondité moyenne et taille de œufs moyenne), soit saisonnière (fécondité importante et œufs petits). Il existe quelques cas où les ophiures sont hermaphrodites telle l'Amphipholisquamata, espèce commune de nos côtes. Cependant, il n'y a pas d'autofécondation. La multiplication asexuée existe également chez les ophiures mais elle est rare et ne se produit que chez les espèces à six bras.

2-5- Classe des CRINOIDEA :

Apparus au précambrien il y a 525 Millions d'années (Ma), bien avant les dinosaures, leur forme est alors constituée d'un pédoncule, jusqu'à 20 mètres de long à l'époque, et d'un corps (la thèque) prolongé par des bras. Ces animaux, les lys de mer, sessiles, abondent alors en couvrant de véritables prairies sous-marines. Ils passent avec succès les épreuves du temps notamment les grandes perturbations climatiques (température, anoxie des océans...) dont la plus meurtrière, celle du Permien-Trias (- 252 Ma), qui voit l'extinction de la quasi-totalité des espèces marines. C'est alors que se développent, au cours du Jurassique (-150 à -200 Ma), les formes mobiles, dont le pédoncule s'est réduit au stade post larvaire et qui constituent ce que l'on nomme aujourd'hui les comatules (**Figure 17**). En mesure de fuir leurs prédateurs et de trouver des biotopes plus propices faces aux caprices des millénaires, les comatules se sont développées considérablement pour supplanter il y a -5 Ma, les espèces pédonculées dont peu ont survécu, cantonnées aujourd'hui aux grandes profondeurs. Noter qu'il existe de rares exceptions à la notion de comatules mobiles et de lys de mer fixes, en effet certains genres de Comatulida ont restauré l'usage d'une tige.

Fossilisés ou vivants, les crinoïdes ont subi de nombreuses évolutions. Leurs morphologies très variables rendent leurs identifications taxonomiques complexes qui imposent l'analyse détaillée du squelette. Les paléontologues étudient notamment les entroques, des éléments fossiles composant les tiges et bien conservés dans certains marbres. Ainsi, conservation et variations font des crinoïdes, d'excellents traceurs permettant de dater les couches géologiques où on les trouve (**Denisio, 2016**).

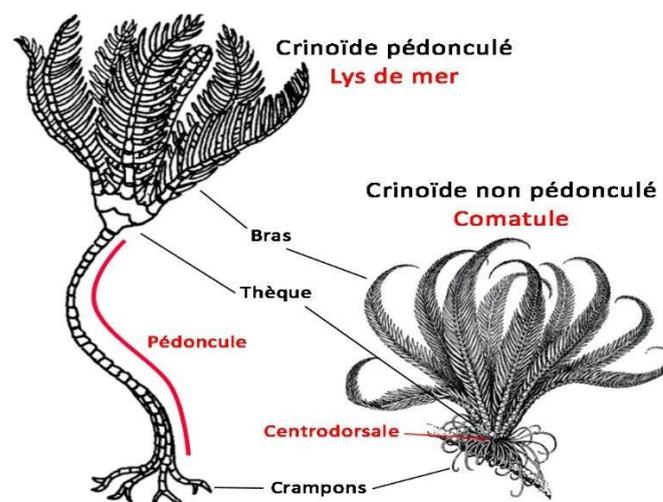


Figure 17 : Morphologie de lys de mer et de comatule (**Denisio, 2016**).

Les Crinoidea sont des organismes sessiles ou semi-sessiles qui utilisent la surface de leurs bras et tentacules pour la filtration. Les crinoïdes possèdent cinq bras, bordés par des pinnules recouvertes de nombreux podia (**Byrne & Fontaine, 1983**). La face aborale du calice (dirigée vers le substrat) est prolongée par une tige ou pédoncule chez les crinoïdes pédonculés (**Figure 18**). Ce pédonculé est formé par l'empilement de plaques hexagonales ou cylindriques. Chez les comatules, le pédoncule est remplacé par une pièce squelettique généralement conique, appelée Centro- dorsale et sur laquelle viennent s'insérer des cirres. (**Grassé, 1996**).

Les podia sont recouverts de papilles, des courtes excroissances adhésives (**Byrne & Fontaine, 1983**) qui permettent aux podia d'intercepter les particules en suspension (**Holland et al., 1986**). Une fois capturées par les podia, les particules sont transférées au sillon alimentaire de la pinnule, puis du bras, dont les cils transportent les particules jusqu'à la bouche (**Byrne & Fontaine, 1983 ; Holland et al., 1986**).

Chez les crinoïdes, les échanges gazeux s'effectuent par le jeu de pressions osmotiques au niveau de papules qui se trouvent dans des téguments minces (la perméabilité du tégument est sélective, elle permet le transfert de certains nutriments tels que des acides aminés) et au niveau des podia. Les cils vibratiles des cavités coelomiques assurent la circulation de l'eau qui distribue l'oxygène nécessaire aux divers organes vitaux. La contraction des podia génère des augmentations de pression qui font s'évacuer l'eau vers l'extérieur au travers du tube des podia. Enfin, l'anus est continuellement en action, s'ouvrant et se fermant alternativement assure une respiration anale.

De jour, l'animal se cache souvent à l'ombre (sous les pierres, dans des anfractuosités). C'est surtout la nuit qu'il sort de son refuge. Lorsqu'il se sent menacé, il prend la fuite en nageant d'un élégant mouvement alternatif des bras, et ceci sur de courtes distances. Les bras s'enroulent lorsqu'ils sont inactifs.

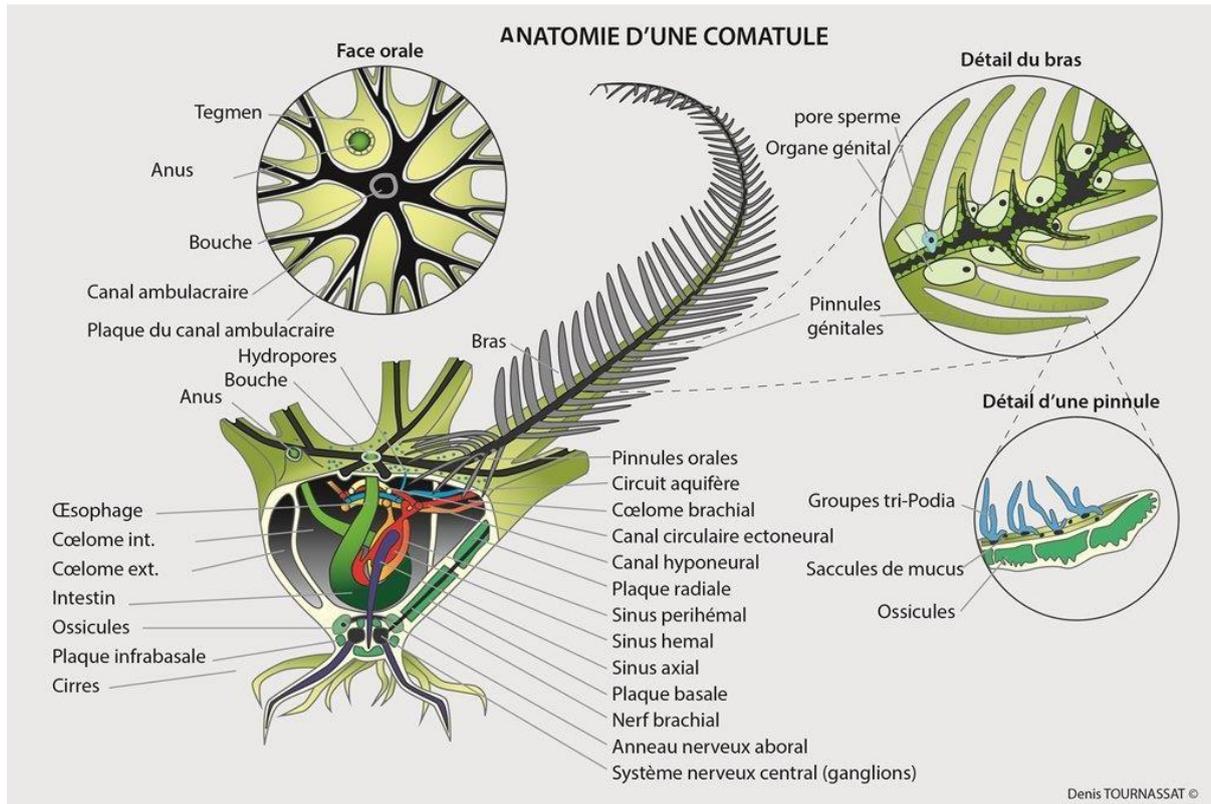


Figure 18 : Anatomie des comatules. Structure interne de la comatule *Anneissia japonica*. (Denisio, 2016).

Le squelette comprend : Des pièces arrogées autour du pôle aboral constituant le calice, la tige avec les cirres comme appendices, des pièces brachiales pour les bras et leurs ramifications, s'appuyant sur le calice, et des plaques comblant des intervalles qui ailleurs sont occupés par des téguments flexibles (plaques supplémentaires interbrachiales et interambulacraires). (Grassé, 1966). Le système nerveux est très compliqué ; on distingue un système nerveux non séparé de l'épiderme ; système nerveux épithélial, un système nerveux oral fait d'un anneau ou pentagone péri-oral avec cordons suivant les sillons ambulacraires ; et enfin un système nerveux aboral fait d'une coupe de tissu nerveux inclus dans la plaque Centro-dorsale, à l'intérieure de laquelle se trouve l'organe cloisonné ; il en part les racines des 5 nerfs (ou bandelettes) radiales (Bay-Nouailhat, 2007).

Leurs sexes sont distincts. Il n'y a pas de dimorphisme sexuel. La fécondation est externe. Les œufs fécondés sont attachés aux pinnules (ramification) jusqu'à éclosion. Il se développe alors une larve planctonique qui se fixera ensuite sur le fond à l'aide d'un pédoncule. Elle se développera pendant quelques mois. L'animal, grand de quelques millimètres seulement, ressemble au lys de mer. Puis la tête se détache et devient une comatule libre qui vit sur le fond (Maissiat, 1998).

Les crinoïdes sont des animaux filtreurs, qui se tiennent perpendiculaire au courant. Les particules alimentaires capturées et engluées sur leur nombreux bras sont acheminées vers la bouche qui se situe sur la face supérieure grâce au mouvement rythmés des petits cils. Les bras, munis de tube ambulacraires, servent à filtrer la nourriture en suspension dans l'eau de mer. Les podia contrairement aux autres classes des Echinodermes, ne servent pas à la locomotion, mais uniquement à la nutrition. Ils sont situés au fond des sillons ambulacraires creusés le long de chaque bras et acheminent la nourriture vers la bouche (**Menou, 1986**).

La présence d'un courant marin est favorable au développement des crinoïdes (organismes rhéophiles). Mais il ne doit pas dépasser 40cm/s. Les crinoïdes sont des suspensives qui capturent de microscopique organismes tels que les foraminifères, les larves, les algues, les diatomées, de petits crustacés, des radiolaires voire des détritiques organiques. Généralement les crinoïdes étalent leur bras, face au courant en un arc de filtration et captent la nourriture grâce à leur podia. La nourriture est enduite de mucus et est poussée de proche en proche vers la bouche le long des gouttières ambulacraires. Les crinoïdes pédoncules vivent fixés. Les modalités d'ancrage de la partie distale du pédoncule vont différer suivant la nature des sédiments. Sur les fonds durs, l'animal adhère généralement par un disque encroûtant. Sur les fonds meubles, les rhizoïdes pénètrent à l'avant du sédiment. Grâce à leurs extrémités acérées des organismes passifs et fixés, les Pentacrines ont les possibilités d'échapper à l'enfouissement, de se déplacer et de se réorienter dans le courant. Les comatules vivent accrocher à des supports variés tels que les canaux, les gorgones, d'autres échinodermes, des herbiers ou dans les anfractuosités des rochers. Elles se déplacent en pleine eau en nageant grâce à des mouvements esthétiques. (**Laboute, 1986**).

2- Les interactions des échinodermes :

3-1- Les interactions avec d'autres animaux :

D'étranges poissons appelés *Aurins* (*Carapus spp.*) pénètrent dans le rectum des holothuries quand ils sont encore jeunes. Ils transpercent la paroi pulmonaire et s'installent dans la cavité générale où ils se nourrissent des organes génitaux et des poumons. Les adultes ne se servent des concombres que comme abri (**Figure 19**). Les jeunes poissons se glissent la tête en avant alors que les adultes pénètrent la queue la première.



Figure 19 : Concombres et Aurins (Bouchard, 2004).

Oursins diadèmes est un bon refuge de certain espèces. Les piquants des oursins peuvent servir de refuge à de nombreux animaux (petits Crustacés, Poissons...).

Pterapogon kauderni est un poisson qui pratique l'incubation buccale : le mâle garde ses œufs puis ses petits en bouche. Une fois que les petits ont atteint 8 mm environ, il les "crache" à proximité d'un oursin diadème (*Diadema setosum*). Les petits se réfugient alors dans les piquants de celui-ci pour se protéger de leurs éventuels prédateurs. Les parents se servent aussi des piquants comme abri en cas de danger.

Certains poissons appelés poissons-rasoirs ont une forme effilée qui leur permet de se glisser entre les piquants des oursins diadèmes qui leur servent de refuge. Ils nagent la tête en bas et se glissent donc entre les piquants la tête la première.

Certaines grosses étoiles de mer ont peu de prédateurs à l'âge adulte, et de nombreuses espèces de petits invertébrés vivent donc à proximité de celles-ci pour se protéger grâce à cet abri providentiel et mobile. Ceux-ci peuvent se nourrir des restes de leur repas (commensalisme) ou des parasites de l'étoile (mutualisme). Sous les tropiques, le compagnon le plus caractéristiques des étoiles de mer est ainsi la crevette-nettoyeuse des étoiles de mer, *Periclimenes soror*, aussi appelée « petite sœur des étoiles » (Mah, 2012).

3-2- Les interactions avec l'homme :

L'homme fait partie des prédateurs de l'oursin puisqu'il consomme ses gonades. Celles-ci peuvent être dégustées crues ou rôties comme en Amérique latine. Mais attention, beaucoup d'espèces sont vénéneuses pendant leur période de reproduction, les ingérer peut provoquer des vomissements et des diarrhées ! De plus les oursins concentrent les métaux de manière relativement importante et peuvent être vecteurs du virus de l'hépatite...

Dans l'océan indien et l'océan pacifique, essentiellement au sud du Japon, aux Philippines et en Indonésie, on consomme des concombres de mer après les avoir transformés en trévang. C'est un mets de choix ! Une fois récoltés, les concombres sont ouverts et vidés puis bouillis pour qu'ils dessalent. Ensuite ils sont mis à sécher au soleil ou fumés. Le trévang est souvent utilisé pour la préparation de soupes et de ragoûts, il est découpé en dés ou en lanières et mis à bouillir ; il gonfle et prend l'aspect du tapioca.

Sur les îles Samoa, le trévang est même consommé cru !

La Chine importe chaque année 3000 tonnes de trévang pour la somme de 5 à 6 millions de dollars. (Le trévang est consommé en Chine depuis 1600 avant JC, il est aussi utilisé en médecine traditionnelle comme tonifiant puisqu'il a une haute teneur en protéines.) Les espèces les plus appréciées sont : l'holothurie à mamelles (*Holothuria nobilis*) et l'holothurie ananas (*Thelenota ananas*).

A- Un traitement contre la dengue :

La dengue est une maladie virale très répandue dans les pays tropicaux (50 000 000 cas chaque année), qui peut être mortelle, (20 000 décès par an pour la forme la plus sévère) et pour laquelle on ne connaît pas encore de traitement.

Chez *Gymnocrinus*, un crinoïde qui vit au large de la Nouvelle-Calédonie par 500 mètres de fond, on a découvert une substance (le gymnochrome) qui permettrait de guérir cette maladie. Des recherches sont en cours.

ZONES D'ETUDE

1- Présentations Générales du milieu :

1-1- La mer méditerranée :

La Méditerranée couvre une superficie d'environ 2,5 millions de km² (mer Noire exclue), ce qui représente près de 0,7 % de la surface totale des océans (**Figure 20**). Cette mer semi-fermée et intercontinentale est bordée par 21 pays et entourée par l'Afrique au Sud, par l'Asie à l'Est et par l'Europe au Nord. Les fleuves l'alimentant tout au long de ses 46 000 kilomètres de côtes présentent un taux d'endémisme élevé chez les espèces d'eau douce (**Garcia et al., 2010**). La mer Méditerranée a une profondeur moyenne d'environ 1 500 m, avec un pic à près de 5 200 m de profondeur en mer Ionienne (**Zenetos et al., 2002**).



Figure 20 : Le bassin méditerranéen (Net 4).

1-2- Particularité de la mer méditerranéenne :

La Méditerranée fut le théâtre de l'histoire pendant de nombreux millénaires et on peut dire, sans exagération, qu'elle est, pour un large part, à l'origine de la culture humaine. Elle doit cela au fait qu'elle est par excellence la mer « hospitalière », mer hospitalière par la tranquillité, relative de ses eaux.. par ses dimensions raisonnables, à l'échelle de l'homme ... par la douceur de son climat et de ses eaux.. par l'enchantement de ses paysages.. par la fascination et la fécondité de cette mer bleue... Aucun étonnement donc à ce que, dès les temps les plus reculés, cette mer ait encouragé les hommes à en faire sa conquête et à lui confier leurs bateaux, et qu'à l'heure actuelle elle soit un lieu de prédilection pour les touristes venus du Nord. (**Augier, 1973**)

La Méditerranée, par sa latitude, par son orientation parallèle au tropique, par le relief côtier accentué de ses rives, forme un domaine climatique caractéristique, entre les régions subtropicales et subdésertiques d'Afrique et d'Europe où règnent les influences océaniques. C'est une sorte de vaste bassin presque fermé par un cercle de hautes montagnes qui jouit du climat dit méditerranéen, aux étés chauds et secs, .aux hivers tièdes et humides. La Méditerranée symbolise la mer chaude. Au mois de février, qui est le mois le plus froid, la température de l'eau de surface est de 12" environ sur les côtes provençales, de 10" dans le Nord de la mer Egée, de 17" sur les côtes d'Egypte et de Syrie. Au mois d'août, qui est le mois le plus chaud, elle est de 21" dans le détroit de Gibraltar, de 22" sur les côtes de France, de 25" à Malaga, de 27" sur les côtes d'Egypte et même de 29" sur les côtes de Palestine. La différence entre les températures moyennes du mois le plus froid et du mois le plus chaud est en moyenne de 12" ; elle est de 8 à 9" sur les côtes d'Algérie, de 11" en Provence, de 13" dans le bassin oriental. (**Augier, 1973**)

1-3- Les sources de la pollution dans la mer Méditerranée :

Plusieurs sources de pollution menacent la mer Méditerranée

1-3-1- Urbanisation :

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 (**Medondes, 2004 a**)

Des données provenant du programme de surveillance et de recherche en matière de pollution dans la région Méditerranéenne, le MED POL / PAM et d'autres sources régionales montrent que de 30 à 40 millions de tonnes de déchets solides municipaux aboutissent dans la mer chaque année

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 (**Medondes, 2004 b**), 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 (**Medondes, 2004 c**).

1-3-2- Tourisme :

Grâce à leur richesse naturelle, à la beauté de leurs paysages et à leur climat agréable, les côtes méditerranéennes sont une destination prisée des touristes. Les pays méditerranéens encouragent activement le tourisme sur leurs côtes, ce qui en fait la principale source de devises étrangères de la région. Cependant, beaucoup négligent l'importance de la protection de l'environnement et de l'application des normes de développement durable. Le tourisme intensif affecte l'environnement en augmentant l'utilisation des terres et la consommation d'eau, en générant pollution et déchets, et en exerçant des pressions physiques et socioculturelles. Cela entraîne une réduction des sites naturels et des espaces libres, des modifications substantielles des paysages côtiers, ainsi que des conflits concernant l'utilisation des terres, de l'eau et d'autres ressources. (**Allaili, 2021**)

Pêche :

La Méditerranée se distingue par des conditions naturelles uniques : une mer oligotrophique, des paysages côtiers exceptionnels, une grande profondeur et un climat agréable et rare. Cette mer est également un réservoir majeur de biodiversité, abritant entre 10 000 et 12 000 espèces marines, représentant 8 à 9 % de la biodiversité océanique mondiale malgré sa petite taille (0,7 % de la surface de l'océan mondial). Les herbiers de posidonie, les zones intertidales rocheuses et les estuaires méditerranéens sont des habitats essentiels pour de nombreuses espèces, servant de frayères et de nurseries pour certaines des principales espèces de poissons. Cependant, ces espèces sont principalement menacées par la surpêche, notamment dans les pays en développement du sud de la Méditerranée où la protection de l'environnement n'est pas une priorité et où des politiques strictes pour protéger le milieu marin ne sont pas appliquées. En réponse à cette menace, plusieurs réglementations internationales et régionales ont été mises en place pour préserver ces espèces. Selon la FAO, la quantité de pêche "passive" due à la perte de filets de pêche a augmenté, bien que le nombre de chalutiers soit resté stable depuis 1982. Par ailleurs, la pêche excessive compromet la durabilité de certains stocks, et la biodiversité est perturbée par l'intrusion d'espèces non indigènes (**Perrot, 2008**).

1-3-4- La pollution par les hydrocarbures liée au trafic maritime :

Les activités industrielles autour du bassin méditerranéen menacent sérieusement la mer Méditerranée. Certaines zones, en particulier celles abritant des industries lourdes comme les industries chimiques et pétrochimiques, sont plus vulnérables que d'autres. Avec plus de 200 installations pétrochimiques et énergétiques, des usines chimiques, des unités de production de chlore et environ 80 grands cours d'eau transportant une lourde charge de pollution en provenance de l'amont, le bassin méditerranéen est actuellement dans un état de détérioration alarmant. Chaque année, près de 60 raffineries de pétrole déversent environ 20 000 tonnes d'hydrocarbures dans la mer (**Medondes, 2004b**).

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. S'est ajouté la pollution atmosphérique engendrée par ces activités.

Aussi, la mer Méditerranée est menacée par la pollution pétrolière liée au trafic maritime. Le trafic maritime dans la mer Méditerranée est un trafic dense et en même temps la Méditerranée est une route importante de transit pour transporter les marchandises.

La cause de la croissance de la pollution pétrolière de la mer Méditerranée est la croissance et le développement des opérations du transport de pétrole à travers les mers. *(Allaili, 2021)*

1-4- Zones humides côtières de la région méditerranéenne :

La Méditerranée, avec ses 46 000 km de côtes, est la plus grande mer fermée du monde. Elle abrite de nombreuses zones humides côtières, qui servent de bastions de biodiversité et sont traditionnellement utilisées par l'homme. Plus de la moitié de la population méditerranéenne vit dans les zones côtières. Cependant, la distribution des zones humides à travers la Méditerranée est inégale.

De nombreuses espèces dépendent des zones humides, au moins pendant une partie de leur cycle de vie. Pour beaucoup d'entre elles, l'eau et les zones humides sont indispensables à leur cycle biologique. Ces zones représentent la biodiversité de ces écosystèmes riches en biomasse.

Grâce à leur position, leur diversité géomorphologique, leur hydrologie, les conditions de sol et de climat ainsi que les activités humaines traditionnelles, une variété de micro-habitats, avec une végétation riche et unique, s'est développée le long du bassin méditerranéen. La biodiversité qui en résulte, tant en espèces floristiques que faunistiques, est considérée comme très élevée, malgré les pertes importantes et la dégradation des habitats sensibles, notamment au cours du vingtième siècle. Une grande partie de cette biodiversité est concentrée dans les zones humides de la région, comme en témoignent les nombreux sites méditerranéens RAMSAR désignés selon les critères de la Méditerranée **(Meziane, 2011)**.

En Algérie, avec ses 26 sites de valeur internationale classés sur la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale, de vastes pans de la biodiversité algérienne,

souvent inexplorés et méconnus, ont été mis en lumière pour la communauté scientifique nationale et internationale. Cette reconnaissance est documentée dans trois volumes appelés Atlas des zones humides algériennes d'importance internationale, publiés en 1999, 2001, 2002 et 2004. L'Algérie a classé 6 lacs d'eau douce, 6 chotts, 3 oasis, 3 gueltats, 2 marais, 1 plaine d'inondation, 1 grotte, 1 tourbière, 1 aulnaie, 1 sebkhia et 1 crique

1 Localisation géographique de la zone d'étude

Le littoral oranais s'étend de l'extrême est de la wilaya d'Ain Temouchent à la frontière algéro-marocaine. (**Figure 21**).

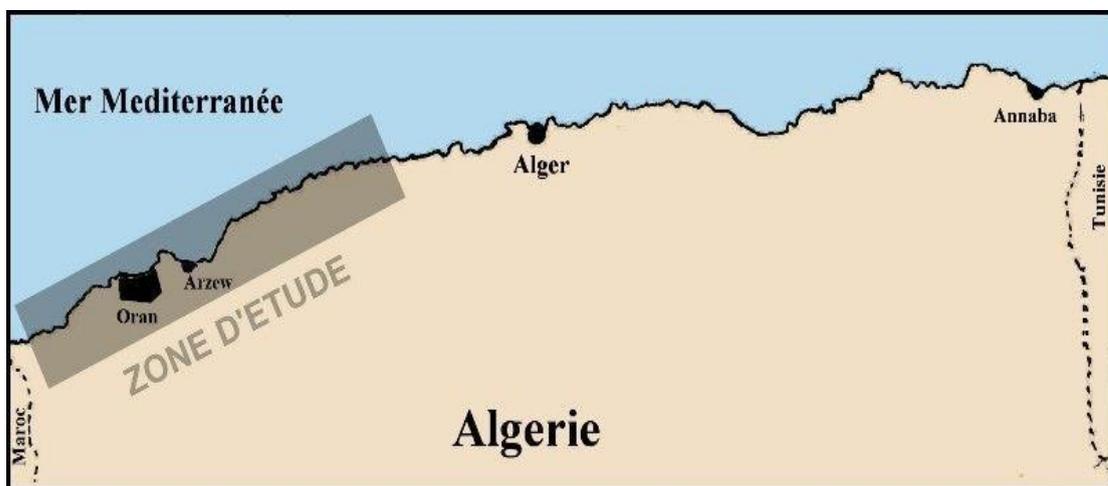


Figure 21 : Situation géographique de la zone d'étude

Le littoral oranais est un ensemble de forme de relief dont le façonnement dépend directement ou indirectement des actions de la mer. Il comprend la ligne de côte dont les plages et les falaises font partie ; ces dernières diffèrent d'une zone à une autre (**Leclaire, 1972**).

La baie de Beni saf s'étend sur 14 Km du Cap Acra à l'ouest au Cap Oulhassa à l'Est (**Figure 22**). Cette baie en arc de ciel est très ouverte aux houles (**Refès, 1996**).

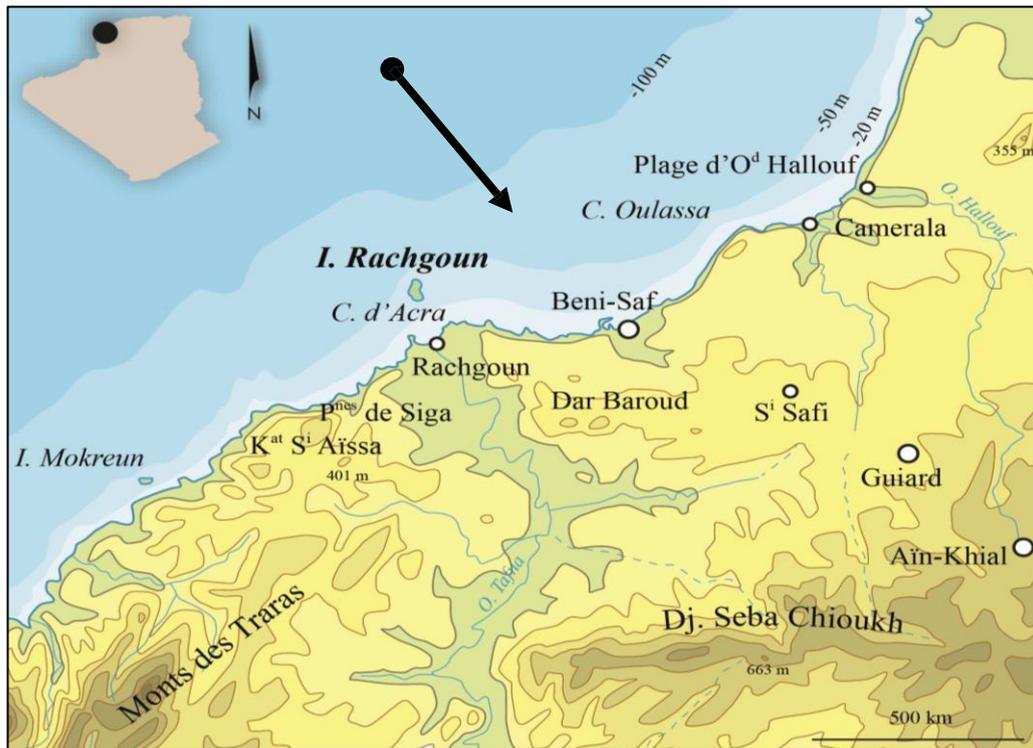


Figure 22 : Localisation de la baie de Béni Saf (Benallal *et al.*, 2020).

donnent à toute l'hydrologie méditerranéenne ses caractères les plus distinctifs. Ce flux permanent de l'Atlantique vers la Méditerranée est appelé courant atlantique ou courant algérien (**Millot, 1985**).

Pour équilibrer son bilan hydrique et son bilan salin, le bassin méditerranéen fonctionne comme une "machine" qui transforme l'eau atlantique entrante, diluée par les précipitations et les apports des fleuves, en une eau dense et salée, caractéristique de la Méditerranée. Cette eau méditerranéenne finit par s'écouler dans l'Atlantique par les profondeurs du détroit de Gibraltar.

4o

3.1. Masses d'eaux de surface

Ce sont des eaux d'origine atlantique pénètrent en surface par le Déroit de Gibraltar quittant les côtes espagnoles pour rejoindre les côtes algériennes. Ce courant se déplace sur 1200 km de long et sur 50 km, ayant une salinité estimée à 36,25 ‰ et une température de 12 à 13 C°.

Le flux atlantique va traverser la mer d'Alboran puis les côtes algériennes sous forme de gyre anticyclonique (mouvement circulaire suivant le sens des aiguilles d'une montre) ; ce même courant (courant algérien) est souvent instable et à forte intensité engendrant des courants secondaires (méandres) qui vont se diviser en deux branches (**Lascaratos, 1998**) :

- La première va se déplacer vers le nord en longeant les côtes de l'Espagne, de la

3.2. Eaux Intermédiaires Levantines (EIL ou LIW)

Les eaux de la Méditerranée subissent un refroidissement en hiver qui accroît leur densité et les oblige à plonger en profondeur, formant ainsi une couche intermédiaire épaisse de 50 à 100 m. Ces eaux circulent le long des côtes algériennes mais sans aucune orientation d'est en ouest. Au niveau du bassin Algérien l'eau levantine qui s'écoule du Déroit de Sicile arrive sous forme de poches, entraînées probablement par des tourbillons d'intensité moyenne depuis les côtes de la Sardaigne (Millot, 1987).

3.3. Eaux profondes

Les masses d'eaux superficielles et intermédiaires refroidissent encore et prolongent sous l'action des phénomènes atmosphériques d'hiver, ces eaux sont très homogènes dans tout le bassin méditerranéen avec une température fixe de 12,7° C, une salinité estimée à 38,4 ‰ et une densité évaluée à 29,11 (Millot, 1985).

3.3.1. Le bassin de concentration

La Méditerranée constitue un bassin allongé relativement étroit (détroit de Gibraltar : 15 km de largeur), comme nous l'avons cité précédemment le bassin Méditerranéen est divisé en deux grands bassins occidentaux et bassin oriental. Les pertes en eau enregistrées sont nettement supérieures que celles apportées par les précipitations et les fleuves d'où l'idée ou l'apparition du terme « bassin de concentration » (Lascaratos, 1998).

Les eaux de l'Océan atlantique pénètrent en surface par le Déroit de Gibraltar, sont moins salées. En raison de l'évaporation, elles deviennent plus salées (donc plus denses) et plongent à une profondeur intermédiaire pour regagner par la suite l'Atlantique ; de cette façon, les pertes en eaux sont compensées et la salinité maintenue constante. Le type de mouvements des eaux est dit « Lagunaire » (Lacombe, 1965).

4- Le Climat

Le climat de la région est de type méditerranéen, notamment chaud l'été et doux l'hiver, avec une saison sèche très marquée entre la mi-juin et mi-septembre, ces conditions sont dues à l'alternance de brise de mer fraîche et humide et de brise de terre chaude et sèche

5- Les facteurs physico-chimiques du milieu

5.1. La température

La température des eaux marines de surface est variable et directement influencée par celle de l'atmosphère, fluctuant ainsi en fonction des saisons. En Méditerranée, les écarts de température entre les couches superficielles et les couches profondes sont relativement modestes. Sur le littoral algérien, les eaux de surface subissent des variations thermiques notables tout au long de l'année.

À la fin du mois de janvier, la température moyenne des eaux de surface est de 14,7°C, avec des valeurs variantes entre 14,4°C et 15°C. La température minimale enregistrée est de 14,4°C. La température maximale des eaux de fond est de 15,2°C, tandis que la température la plus basse, observée à une profondeur de 98 mètres, est de 14°C. En général, l'écart de température entre les eaux de surface et celles de fond est inférieur à 0,5°C. Dans les zones peu profondes, il existe une homogénéité thermique des eaux.

7. 3. Les éléments nutritifs (Phosphates, Nitrates et Silicates)

Le bilan des éléments nutritifs en Méditerranée englobe les fractions minérales et organiques provenant de diverses sources :

- Les apports superficiels de l'eau atlantique entrante, bien que faibles et mal documentés.
- Les contributions atmosphériques et telluriques, également peu connues à l'échelle des grands bassins.

Les données historiques fiables sur la concentration en éléments nutritifs dans le bassin méditerranéen occidental remontent à 1963 pour les phosphates, à 1969 pour les nitrates et à 1972 pour les silicates. Cependant, la répartition géographique de ces données est loin d'être homogène, tant sur le plan vertical qu'entre les différentes campagnes de mesure. En 1994, la campagne française « Sémaphore », menée par un navire océanographique de la marine nationale entre Toulon et Gibraltar, a permis d'évaluer la variabilité spatiale des concentrations. Les résultats ont confirmé un profil vertical plus ou moins constant entre 400 et 800 mètres de profondeur, indiquant une homogénéité des eaux profondes à l'échelle de tout le bassin algéro-provençal. Cette homogénéité permet de comparer des données recueillies dans différentes régions de ce bassin à des périodes différentes.

L'analyse statistique des données historiques a révélé une augmentation des concentrations en phosphates et en nitrates au fil du temps, respectivement de 1963 à 1994 et de 1972 à 1994, avec un taux de croissance annuel d'environ 0,5 %. En revanche, les concentrations en silicates n'ont pas montré de variations significatives au cours de cette période (Béthoux et al., 1992 ; 1998).

6- Données socio-économiques

6.1. Démographie

À mesure que notre population croît et que l'industrialisation s'intensifie, le problème de la pollution s'aggrave. Avec l'augmentation de la population urbaine, les déchets ont commencé à contaminer l'eau et l'air. Par la suite, le développement industriel a émergé, entraînant des dommages considérables (**Ramade, 1982**).

Selon les estimations, la population de la wilaya d'Ain Témouchent s'élevait à 378 546 habitants au 31 décembre 2007, répartis de la manière suivante : 46 % résidaient dans les plaines intérieures, 25 % dans les zones littorales, et 29 % dans les zones montagneuses. La densité démographique était d'environ 159 habitants par kilomètre carré (ANDI, Ain Témouchent, 2013). Les statistiques les plus récentes indiquent que la population a atteint les 2 millions d'habitants.

Dans la ville d'Ain Témouchent, la création de nouveaux quartiers a transformé l'apparence de la ville, tandis que l'ancien tissu urbain n'a pas bénéficié des mêmes aménagements. Au cours de la dernière décennie, le chef-lieu de la wilaya a connu une expansion significative, triplant son espace. Cette expansion a donné naissance à une nouvelle structure urbaine, souvent en négligeant l'ancienne ville (ANDI, Ain Témouchent, 2013).

Environ 607 rejets sont déversés en mer, affectant 166 des 534 plages à proximité ainsi que plusieurs Oueds. On estime que parmi les 250 à 300 kilomètres de côtes sablonneuses, 80 à 85 % subissent une érosion, avec seulement 10 % restant stables. Les problèmes incluent l'extraction de sable, la disparition des dunes, la construction sur le rivage, et des aménagements lourds tels que les épis et les enrochements.

Environ 109 862,72 tonnes de déchets industriels spéciaux sont générées annuellement, avec 73 décharges recensées le long du littoral (Commissariat National du Littoral, Alger, mars 2009).

6.2. Occupation urbaine des sols

Le littoral constitue une entité géographique nécessitant une politique spécifique d'aménagement, de protection, et de valorisation. Cette zone de contact entre la terre et la mer est de plus en plus sollicitée, ce qui accentue sa vulnérabilité (Becet, 2002). L'importance économique et sociale du littoral ne cesse de croître, entraînant des conflits majeurs liés à l'occupation de l'espace. Les préoccupations écologiques émergentes mettent en lumière les infrastructures construites sans contraintes, qui détruisent irrémédiablement les richesses de la zone littorale marine.

Le littoral algérien s'étend sur 1 622 kilomètres, représentant un écosystème fragile constamment menacé de dégradation en raison de la concentration de la population, des activités économiques, et des infrastructures le long de cette bande côtière. Plus de 21 % de la longueur côtière est urbanisée, et plus de 13 % de la superficie totale de la bande des 3 km est également urbanisée (voir Figures 24 et 25).

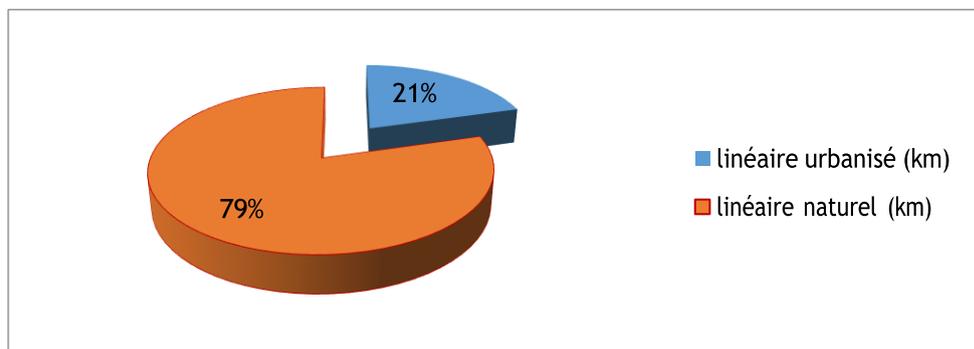


Figure 24 : Occupation du linéaire côtier Nord-Ouest (CNL, 2009)

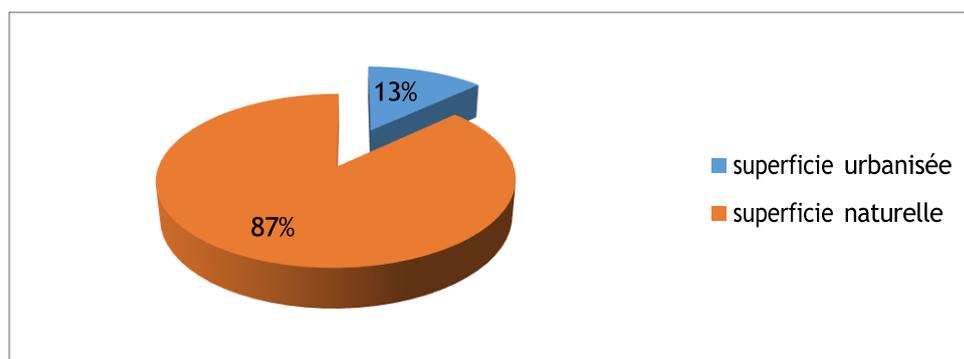


Figure 25 : Superficie urbanisée sur la bande des 3 km (CNL, 2009).

9. Pollution

Depuis des millénaires, l'homme a exploité la nature pour satisfaire ses besoins et ses désirs, générant une quantité substantielle de déchets que la nature, grâce à son pouvoir auto-épurateur, pouvait maîtriser. Cependant, ces dernières décennies, l'industrialisation intense, accompagnée de progrès techniques significatifs et d'une population humaine en constante augmentation, a engendré une libération massive de déchets divers et variés (Martinez, 1975). Ces déchets atteignent la mer par une multitude de voies et de vecteurs, l'eau restant néanmoins le vecteur le plus couramment utilisé.

Timizar (1988) précise que le réseau hydrographique débouchant sur le littoral algérien comprend 24 oueds et 16 embouchures, transportant des charges d'agents terrigènes jusqu'à la mer. Selon Blunk (1998), un tiers de la pollution générée par les activités terrestres est acheminée vers les océans par le biais de l'atmosphère

10- Recensement des sources de pollution implantées sur le littoral Ouest algérien

Plusieurs sont Les sources de pollution marine au niveau de cette zone, on peut citer :

- L'usine d'électrolyse de zinc de Ghazaouet
- La cimenterie de Beni-saf.
- La zone industrielle d'Arzew considérée comme l'un des plus importants ports pétroliers d'Algérie, à qui s'ajoute le complexe de liquéfaction du gaz (GNL).

Les rejets non traités se font directement en mer (**Tableau 3**) de ces complexes auxquels s'ajoutent les rapports telluriques provenant des complexes à l'intérieur du pays (complexe de papier Saida, complexe téléphone Tlemcen, industrie du textile Tlemcen, industrie agro-alimentaire, agriculture Mascara, etc... (**Nabi & Aouaragh, 1992**).

Tableau 3 : Les différents oueds et rejets déversant dans le secteur Ouest ((Anonyme 1, 2009).

Régions ouest	Les oueds, les rejets et leur emplacement
	<ul style="list-style-type: none"> - Oued la Tafna ; Oued de Sidi Djilloul ; Oued el Hallouf. - Les rejets du port de Beni saf , - Oued souk thlata (se déverse au niveau de la plage elbhira milieu), - Oued de Ghazaouet (se déverse au milieu du port), - Systèmes d'égouts qui collectent les eaux usées domestiques (METAP, 1994), - Les rejets industriels de la METANOF (Entreprise Nationale des Métaux non Ferreux) et de la briqueterie de Tounane (METAP, 1994). - Les rejets de 3 ports (Mers-El Kebir, d'Oran et de Kristel), - Les rejets domestiques de la ville d'Oran essentiellement chargées en matière organique et en détergents (METAP, 1993), - Les rejets industriels des 375 unités industrielles de la ville d'Oran, des 108 unités de la zone industrielle d'Es Senia et des 29 unités de la zone industrielle de Hassi Aneur(METAP, 1993). - Rejets à l'extérieur Ouest du port d'Oran (d'origine domestique), - Rejets au bassin de Ghazaouet (d'origine domestique et industrielle),

11- Biodiversité

Bien que la biodiversité côtière de l'Algérie reste peu connue, son littoral reste un élément clé de la conservation de la biodiversité marine et côtière du bassin méditerranéen.

11-1- Espèces et les aires protégées

La flore marine est, en de nombreux endroits en mauvais état, en particulier les herbiers à posidonies et les herbiers de cystoseire notamment autour des Iles Habbibas, mais rien n'indique que le tourisme soit responsable de ces dégradations. Il semblerait que la forte pollution des cours d'eau et du littoral soit à l'origine de cette situation, la cystoseire étant par exemple très sensible à la pollution par les détergents. (Borelli Simone et al., 2000)

MATERIEL ET METHODES

1- Echantillonnage :

L'étude de la diversité des milieux et des différents types et degrés de pressions des activités anthropiques a permis d'identifier plusieurs stations sur nos deux bassins. Ces stations ont été définies afin que le résultat soit représentatif de la diversité des milieux, des différents types et degrés de pressions des activités anthropiques.

1-1- Choix et intérêt du groupe zoologique :

Les échinodermes, en particulier les macrofaunes benthiques, ont un impact direct sur le fonctionnement des écosystèmes marins, qui jouent un rôle essentiel dans la chaîne alimentaire et fournissent une nourriture essentielle à de nombreux consommateurs.

Ce groupe a été choisi en raison de diverses raisons :

- Sur le plan écologique, les échinodermes sont présents à tous les niveaux de la chaîne trophique : les herbivores (Echinides), les carnivores (certains Asteroïdes), les suspensivores (Ophiuroïdes, Crinoïdes) et les détériorés (Asteroïdes, Holoturoïdes, Ophiuroïdes).
- Certaines espèces jouent un rôle essentiel dans le système, elles sont sensibles aux variations du milieu et elles sont également de bons indicateurs de la stabilité du système (bio-indicateur).

Les oursins, et en particulier *Paracentrotus Lividus*, sont les herbivores les plus importants de la Méditerranée, car des densités élevées entraînent des phénomènes de surpâturage (Kempf, 1962 ; Nédelec, 1982 ; Verlaque, 1987).

. En outre, ces poissons ou autres espèces carnivores les mangent, ce qui signifie que dans une réserve marine, une densité élevée de poisson pourrait maintenir les populations d'oursins dans des densités moyennes. On a proposé (Harmelin et al., 1981) pour d'autres espèces, telles qu'*Ophiocomina nigra*, qu'une charge organique élevée dans le sédiment entraînerait une augmentation de l'abondance de cette espèce, ce qui suggère une augmentation de la contamination organique. D'autres espèces, telles que *Holothuria sanctori*, qui sont considérées comme thermophiles, pourraient être un bon indicateur de la tendance à la prise de température. En outre, toutes ces espèces habitent les zones occupées par les algues invasives du genre *Caulerpa*. Les échinodermes pourraient donc être utilisés comme indicateurs des modifications causées par les espèces introduites au niveau de la chaîne trophique.

Outre les propriétés écologiques, ce groupe offre des avantages méthodologiques intéressants. Les échinodermes offrent une méthode d'échantillonnage in situ relativement simple, abordable, rapide, non destructif et faible. En effet, ils sont très visibles, faciles à identifier, peu mobiles et contiennent suffisamment d'échantillons pour tester statistiquement l'évolution de leurs populations. Cela facilite un protocole d'échantillonnage relativement clair. Par ailleurs, leurs dynamiques de population sont assez dynamiques pour repérer des évolutions à court ou moyen terme.

1-2- Présentations des sites :

Le sujet abordé au cours de ce travail a été réalisé au niveau de 4 stations distribuées sur une baie du littoral nord-ouest algérien, la baie de Béni Saf.

Les 04 stations sont choisies au hasard. Le **tableau 05** indique le positionnement de chaque station l'échantillonnée, à l'aide d'un GPS portable (MAP 60 CX marque GARMIN) (**Figure 31**).



Figure 26 : GPS portable (MAP 60 CX marque GARMIN).

Tableau 5 : Positionnement et localisations des stations.

Stations	Positionnement	Localisation
Station01	35° 18' 111''N 001° 28' 005''N	Plage de Rachgoune
Station 02	35° 18' 082''N 001° 24' 160''w	Béni Saf
Station 03	35° 18' 194'' N 001° 23' 736'' W	Béni Saf (Port)
Station 04	35° 21' 355'' N 001° 17' 217''W	Plage de Sidi Djelloul

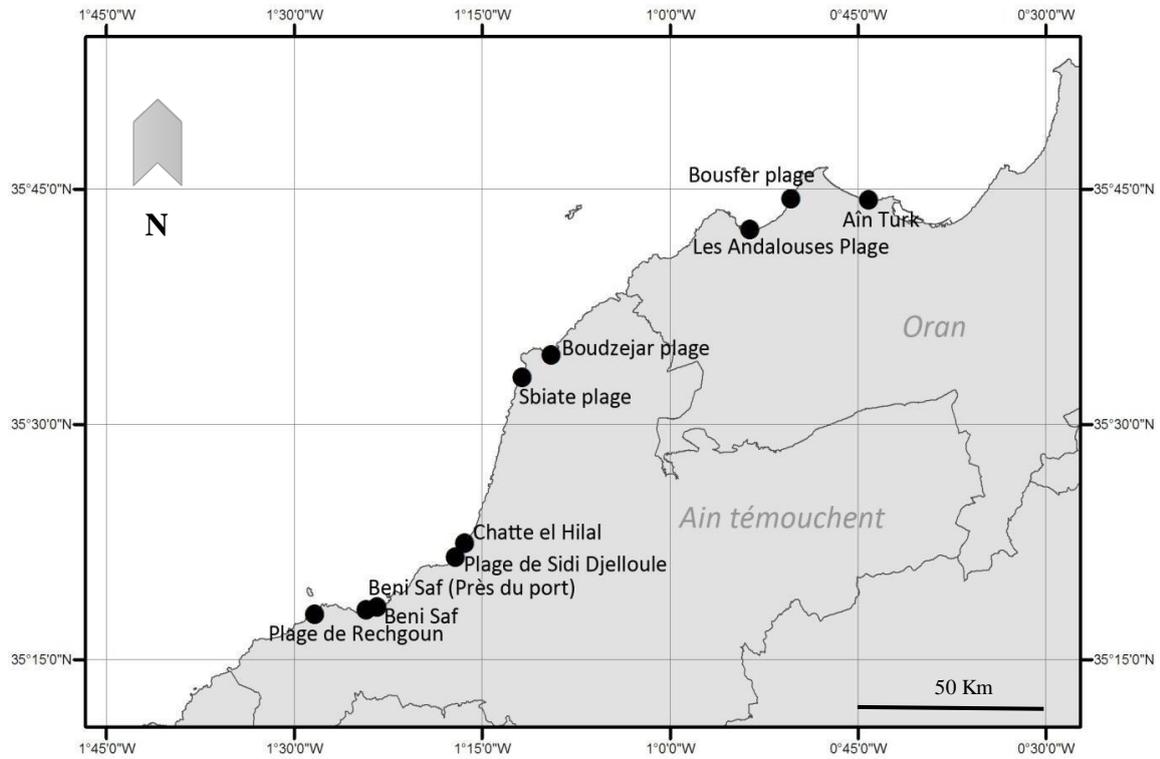


Figure 27 : Localisation des stations (Allaili, 2013).

1-3- Présentation des stations :**Figure 28 :** Station de L'île de Rachgoun.**Figure 30:** station de Beni Saf.**Figure 29:** l'île de rechgoun**Figure 31:** Station de Beni Saf.

1-4- Conservation des échantillons :

Les échantillons collectés sur le terrain ont été conditionnés immédiatement dans des bocaux stériles, fixés avec une solution d'eau de mer contenant du formol à une concentration de 4-10% de formaldéhyde, selon les recommandations de Gray et al. (1992) ainsi que d'Eleftheriou et Holme (1984). Cette méthode de fixation, avec un rapport échantillon-volume de 3:1, vise à préserver les spécimens en prévenant la détérioration des structures calcaires, grâce à l'ajout de tampons tels que le borax ou l'hexaméthylène tétramine.

Il est important de souligner que l'alcool n'est pas approprié comme fixatif initial pour les échantillons sur le terrain (ICES, 1994). Après fixation, les spécimens sont transférés dans de l'alcool (éthanol à 70% ou isopropanol à 50%) pour assurer une conservation à long terme, réduisant ainsi les risques de dommages et d'exposition aux vapeurs potentiellement nocives du formol lors des manipulations ultérieures, effectuées sous une bonne ventilation ou dans une hotte aspirante.

1-5- Collecte des données :

À chaque station, un croquis détaillé a été réalisé, indiquant la localisation des différents faciès présents. Ce processus permet d'observer les variations au fil des années et des saisons, et de décrire précisément le type et les micro-habitats de chaque station étudiée.

À chaque station, divers paramètres hydromorphologiques ont été mesurés, comprenant notamment :

- La caractérisation de l'environnement global de la station (végétation riveraine, ombrage, géologie du bassin versant, etc.) ;
- L'identification des perturbations présentes ;
- La description détaillée de la station (longueur, type de cours d'eau, etc.).
- Une description des habitats variés sur les stations a été établie, incluant les substrats, la granulométrie et la vitesse du courant.
- Les conditions météorologiques avant et au moment du prélèvement ont été consignées.
- De plus, les paramètres abiotiques ont été mesurés in situ à l'aide d'une sonde multiparamètres.

1-6- Stratégie d'échantillonnage :

Les substrats durs intertidaux se distinguent par leur grande variabilité, influencée par deux facteurs principaux : le niveau d'émersion et l'exposition à l'hydrodynamisme. Une approche stationnelle de l'estran est recommandée pour caractériser la faune des substrats rocheux intertidaux à l'échelle locale et évaluer les variations temporelles (**Grall & Hily, 2006**). Le mode semi-abrité est prédominant et permet d'étudier l'évolution de la faune qui s'y développe, bien qu'il soit vulnérable aux polluants marins et aux apports sédimentaires.

Un suivi spatio-temporel à petit terme (mars-mai) préconise un échantillonnage non destructif annuel au printemps, en utilisant des quadrats de 1 m² pour évaluer quantitativement la faune présente. Chaque quadrat est placé de manière à minimiser l'hétérogénéité du milieu en termes d'exposition et de fissures. Les observations in situ incluent l'estimation des pourcentages de roche nue et de couverture faunique, ainsi que l'abondance et la répartition des espèces (**Dauvin, 2010**).

Les échantillons ont été prélevés à la main ou à l'aide d'un couteau en acier inoxydable en fonction de la taille des organismes, et la plupart des espèces ont été identifiées sur place pour des considérations écologiques.

2- Traitement des échantillons :

2-1- Tri et Déterminations des espèces :

Au laboratoire, les spécimens ont été rincés à l'eau courante puis conservés dans de l'alcool à 70°. L'identification et le comptage ont été effectués à l'œil nu et sous une loupe binoculaire de marque et même après insertion. Les clés d'identification et ouvrages taxinomiques utilisés sont ceux de **Jangoux 2004, 1998, 1993, 1982, 1973, 1977, Llabadore 1935, 1941, Hereu et al 1982- 2003, Ifremer 1992, Pallary 1935** et avec la clé détermination de la FAO (1987), les publications suivantes ont été utilisées pour la détermination **Langois 2006, Lefebvre et al 2010 et Lozano et al 1995**.

2-2- Description et détermination de la biodiversité avoisinantes :

À chaque campagne d'échantillonnage, la récolte de la faune et de la flore environnantes a été observée et classifiée selon les principaux groupes liés à la litière végétale, notamment les Chlorophycées (algues vertes), les Rhodophycées (algues rouges) et les Phaeophycées (algues brunes). Cela visait à déterminer les associations entre l'abondance de certaines espèces et la couverture algale.

En ce qui concerne la faune, celle-ci appartient à plusieurs groupes, tels que les oiseaux, les poissons, les mollusques, les cnidaires, les crustacés, les annélides, les ascidies, etc.

3- Traitement des données :

3-1- Illustration analytique de la faune récoltée :

3-1-1- Richesse spécifique (S) :

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

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

3-1-2- Indices de raréfaction :

Les méthodes de raréfaction sont utilisées pour estimer le nombre d'espèces en fonction d'un certain nombre d'individus. Ces approches sont avantageuses car elles permettent de décrire les changements progressifs survenant dans le temps ou dans l'espace (Pearson et Rosenberg, 1978), tout en restant indépendantes de la taille de l'échantillon. Les résultats sont souvent représentés par une courbe de raréfaction, où l'axe des ordonnées peut représenter le nombre d'espèces et l'axe des abscisses peut correspondre au temps, à la distance par rapport à une source de pollution, au nombre d'individus, etc.

3-1-2- Biomasse moyenne (B)

La biomasse est exprimée par unité de surface :

$$B = \text{Biomasse par unité de surface}$$

Elle permet de distinguer des variations spatiales et temporelles des peuplements. Elle est utilisée par ailleurs dans le cadre d'autres méthodes d'analyse du milieu, comme les courbes de Comparaison Abondance/Biomasse

3-1-3- 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.

Ces différentes réponses observées se manifestent à travers l'abondance des espèces. Les profils d'abondance au fil du temps sont ainsi largement employés comme indicateurs des impacts des polluants dans les sédiments, tout comme les courbes de biomasse et de diversité spécifique.

3-1-4- Dominance

La détermination des paramètres de dominance permet d'appréhender la structure taxonomique des peuplements. La dominance est calculée à partir des abondances relatives des différents groupes taxonomiques et des rangs respectifs des principales espèces qui constituent les peuplements.

$$D - P = \sum_{i=1}^j D_{ij} \times P_{ij}$$

3-2- Distribution des espèces par indices de diversité :

La diversité est évaluée en tenant compte non seulement du nombre d'espèces, mais aussi de la répartition des individus au sein de ces espèces. Deux principaux indices ont été développés à cet effet : l'indice de Shannon-Wiener et l'indice de Simpson. En étudiant la réponse de ces indices aux variations des populations simulées, Peet (1974) les a classés en deux catégories : l'indice de Shannon, classé parmi les indices de type I, est sensible aux variations d'importance des espèces les plus rares, tandis que l'indice de Simpson, classé parmi les indices de type II, est sensible aux variations d'importance des espèces les plus abondantes.

3-2-1- Indice de Shannon-Wiener (H') :

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.

D'après (**Legendre et Legendre, 1984**), les valeurs de l'indice de Shannon sont nulles lorsque l'échantillon ne contient qu'une seule espèce. Les valeurs les plus élevées de H' correspondent à un prélèvement équilibré et diversifié. (**Glemarec et Hily, 1981**), situent les valeurs obtenues pour cet indice, dans un milieu normal au-dessus de 03, entre 01 et 03 dans un milieu déséquilibré et tendant vers le 01, dans le cas d'un milieu pollué. Cet indice est largement utilisé en écologie benthique (**Bellan, 2007 ; Davies et al., 1984 ; Gray et al., 1992 ; Glemarec, 2003 ; Simboura et al., 2007 ; Grall et Nolwenn, 2005**). Nous avons considéré l'échelle suivante pour les valeurs de l'indice H' : > 4 très équilibré ; 2 - 4 équilibré ; 1 - 2 déséquilibré et <1 très déséquilibré.

3-2-2- Indice d'équitabilité de Piélou (J'):

L'indice de Shannon est souvent accompagné par l'indice d'équitabilité de Piélou :

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

$H'_{max} = \log S$ (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). (**Legendre et Legendre, 1984**). Dans cette étude, on a considéré l'échelle suivante pour l'Equitabilité J' : <0.4 : très déséquilibré ; 0.4 - 0.6 : déséquilibré; 0.6 -0.8 : subnormal et 0.8-1 : normal. (**Benzait, 2014**).

3-2-3- Série d'indices de Hill

Hill (1973) a proposé une série d'indices dérivés des indices précédents, dont les indices notés N_1 et N_2 permettant d'appréhender les questions de mesure de la diversité dans la

plupart des cas. Le choix entre ces différents indices se fait selon leur simplicité d'utilisation et d'interprétation.

$$H^1 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i^{-1}$$

$$H^2 = \frac{1}{n}$$

L'indice de diversité de Hill permet d'associer ces 2 indices :

$$H^2_{Hill} = (H^1 / H^2) = (1/n) / (1/n^2)$$

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1- Structure du peuplement :

1-1- Inventaire de stations étudiées :

Au cours de notre campagne d'échantillonnage, nous avons recensé les espèces suivantes appartenant à 04 classes Echinidés, Astéridés, Holothuridés, Ophiurides et 07 familles, cela sur des substrats durs de la zone intertidale.

- Echinidés : *Paracentrotus Lividus*, *Arbacia Lixula*, *Echinomerta Mathaei*.
- Holothuridés : *Holothuria Tubulosa*, *Holothuria Foskali*, *Holothuria Poli*, *Stichopus chloronotus*.
- Astéridés : *Echinaster Spositus*, *Hacelia Attenuata*, *Coscinastérias tenuispina*.
- Ophiuridés : *Ophioderma Longicauda*.

2- Taxonomie des espèces récoltées :

2-1- Echinidés :

- *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) :



Figure 30: *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816)

Règne : Animalia

Phylum : Echinodermata

Classe : Echinoidea

Ordre : Camarodonta

Famille : Parechinidae

Genre : *Paracentrotus*

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

Son aire de répartition s'étend de l'Ecosse jusqu'au sud du Maroc (**Boudouresque & Verlaque 2007**). Cette espèce vit dans des biotopes très hétérogènes comme les fonds rocheux, les herbiers de posidonies et parfois sur fonds sableux ou coralligènes, mais toujours préférentiellement dans des faibles profondeurs où l'on trouve le maximum d'algues qui constituent sa principale nourriture

Paracentrotus lividus peut creuser les rochers ou utiliser les crevasses pour se fixer. Doté de ventouses puissantes, l'oursin livide est capable de résister aux assauts du déferlement en s'ancrant solidement à son support (**Fisher et al., 1987**). Cette espèce présente une forte plasticité phénotypique lui permettant de s'adapter à une large gamme de conditions 22 environnementales comme la température, l'hydrodynamisme, la qualité environnementale ainsi que la qualité et la quantité de nourriture disponible. *P. lividus* peut supporter des températures allant de 4°C à 30°C, et peut survivre en milieu lagunaire à des salinités comprises entre 15 et 40 (**Fernandez & Boudouresque 1997 ; Boudouresque & Verlaque 2007**). Cette espèce est surtout active la nuit et présente un comportement agrégatif. Elle comporte une phase de vie pélagique correspondant à la phase larvaire qui dure jusqu'à 30 jours, ce qui est relativement long. En fin de vie larvaire, lors de la métamorphose, les postlarves tombent sur le fond et se fixent au substrat sur lequel elles vont recruter et commencer leur vie benthique qui dure plusieurs années.

L'oursin commun *Paracentrotus lividus* est une espèce à sexes séparées gonochorique ne présentant pas de dimorphisme sexuel, à une vaste répartition qui s'étend des côtes Nord-Est atlantiques de l'Irlande aux côtes atlantiques du Maroc, y compris les Canaries et les Açores et sur les côtes de tout le bassin méditerranéen (**San Martin, 1995**).

Sur les substrats rocheux le *Paracentrotus lividus* ne vit pas en autarcie dans le peuplement occupé, la collecte de végétaux « en épaves » tient une place importante dans ses activités trophiques. Ce mode de nutrition « covering-feeding behaviour » paraît fréquent chez les échinides réguliers (**Ridder et Lawrence, 1982**).

➤ *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) :



Figure 31 : *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758)

Règne : Animalia

Phylum: Echinodermes

Classe : Echinoidea

Ordre : Arbacioda

Famille : Arbaciidae

Genre : *Arbacia*

Espèce : *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758)

Arbacia lixula plus communément appelé « l'oursin noir » est présent principalement en mer Méditerranée, mais aussi dans une plus faible mesure en océan Atlantique-est du Maroc jusqu'en Irlande. C'est une espèce très commune qui vit fixée sur les rochers et les pierres recouvertes d'algues. C'est une espèce des mers plutôt chaudes. Doté de ventouses puissantes, *Arbacia lixula* est capable de résister aux assauts du déferlement en s'ancrant solidement à son support (Fisher et al., 1987).

Benthique sur le plateau continental, de 0 à 40 m de profondeur environ. Un des oursins les plus communs sur les rochers littoraux et sublittoraux et sur les pierres recouvertes d'algues calcaires dont il se nourrit en les détachants du substrat (Koehler, 1927). Il affectionne tout particulièrement les parois verticales, où sa forme et ses puissants podia lui permettent de se maintenir sans problème, même au battant des vagues. Il vit facilement exposé, parfois très près de la surface, et ne porte pas spontanément d'objets pour se camoufler (Privitera et al., 2008).

Cette espèce qui peut être confondue avec *paracentrotus lividus* s'en distingue, sur le vivant, par l'étendue de la membrane (péristoméale) qui entoure la bouche : bouche et membrane de grande taille chez *A. lixula*, ouverture buccale petite et membrane moins visible chez *P. lividus* (Fisher et al., 1987).

A. lixula est omnivore avec des tendances carnivores (Wangensteen et al., 2012), et a le potentiel nécessaire pour influencer les zones à basse profondeur, son rôle dans la production et le maintien des zones stériles, est de plus en plus approuvé (Guidetti&Dulcic, 2007; Bonaviri et al., 2011; Privitera et al., 2008).

Surtout capturé à la main. Les gonades sont comestibles mais leur goût est bien inférieur à celui de *P. lividus*.

➤ *Echinometra Mathaei* (Blainville, 1825)

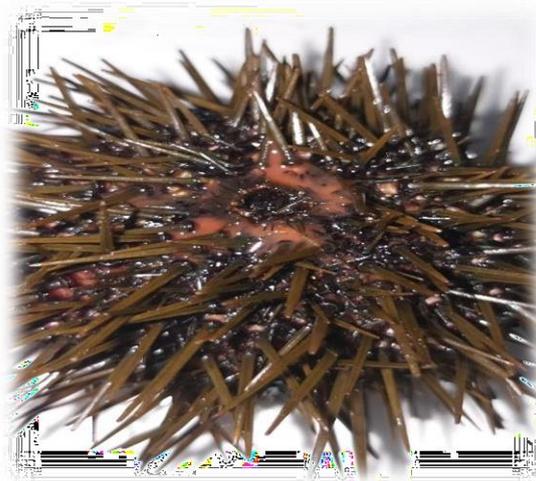


Figure 32 : *Echinometra Mathaei* (Blainville, 1825)

Règne : Animalia

Phylum : Echinodermata

Classe : Echinoidea

Ordre : Camarodonta

Famille : Echinometridae

Genre : *Echinometra*

Espèce : *Echinometra mathaei* (Blainville, 1825).

Echinometra mathaei « Oursin perforant ». Ce spécimen est alguivore mais ne refuse pas un morceau de moule ou de chair de poisson. Il trouvera sa place dans un aquarium récifal avec des invertébrés bien fixés, il n'est pas destructeur du décor. Il est absolument indispensable de distribuer régulièrement des algues si l'aquarium en est dépourvu.

Trouvé subtilement (**George, 2005**) Habite les substrats durs en forant sur les roches dans les eaux peu profondes (**Schoppe, 2000**) On le trouve également sur les avant-récifs (**Irving, 1995**) Se nourrit d'algues et de petits invertébrés. Associé à *Athanasindica* , qui se cache entre ses épines (**Schoppe, 2000**) , Les membres de la classe Echinoidea sont gonochoriques. La fécondation est externe. La couvaison est courante, les œufs sont maintenus soit sur le péristome, autour du périproct, soit profondément dans les concavités des pétaloïdes. Cycle de vie: Les embryons se transforment en larves planctotrophes (échinoplateus) et vivent plusieurs mois avant de s'enfoncer au fond en utilisant leurs pieds tubulaires pour adhérer au sol où ils se métamorphosent en jeunes oursins .

2-3- Les Astérides :**➤ *Coscinasterias tenuispina* (Lamarck, 1816) :**

Figure 33 : *Coscinasterias tenuispina* (Lamarck, 1816).

Règne : Animalia

Phylum: Echinoderme

Classe : Asterides

Ordre : Forcipulatides

Famille : Astériides

Genre : *Cocinasterias*

Espèce : *Coscinasterias tenuispina* (Lamarck, 1816).

Coscinasterias tenuispina est une espèce très commune en Méditerranée affectionne les fonds rocheux et végétaux de la zone infralittorale, depuis la surface, près de laquelle elle vit habituellement, jusqu'à une cinquantaine de mètres de profondeur. On la trouvera fréquemment dans les herbiers et sous les pierres.

Cette espèce nous a été procurée par les pêcheurs du chalutier du port de Béni Saf lors d'un chalutage au paravent et détecté sur nos sites échantillonnée cette fois-ci.

Coscinasterias tenuispina est une étoile de mer particulièrement irrégulière. Elle présente un nombre de bras variable allant de 6 à 10, le plus souvent 7 ou 8, de taille inégale, et leur disposition autour du disque central réduit et aléatoire. Cette étoile semble avoir quelque peu oublié sa symétrie radiale originelle.

La surface dorsale est couverte d'épines irrégulièrement disposées, et cernées chacune d'un petit buisson de pédicellaires. Le long des bras, ces épines sont alignées sur 5 rangs. La couleur de cet animal est variable, d'ordinaire blanche et brune, et tachetée de rouge, de jaune, de mauve, souvent de bleu.

➤ *Echinaster sepositus* (Retzius, 1783)



Figure 34 : *Echinaster sepositus* (Retzius, 1783)

Règne : Animalia

Phylum : Echinodermata

Classe : Asterides

Ordre : Spinulosida

Famille : Echinasteridae

Genre : *Echinaster*

Espèce : *Echinaster sepositus* (Retzius, 1783)

Principalement Méditerranée et Manche, plus rare en Atlantique oriental et se trouve allant des îles britanniques au Cap-Vert au large de la côte de l'Afrique du Nord-Ouest, y compris la Méditerranée (Debelius et al., 2003). Sur les côtes algériennes *Echinaster sepositus* est inventoriée par plusieurs auteurs (Koehler, 1969; Grimas et al., 2004; Grimas et al., 2010; Boumediene et Bouras, 2014). Elle fait partie de la biocénose de l'horizon moyen (5-13 m) (Boumediene et Bouras, 2014) et elle est rencontrée sur des fonds hétérogènes des étages médiolittoral et infralittoral, notamment dans l'herbier à posidonie.

Echinaster sepositus rencontre sur tous substrats durs, depuis la surface jusqu'à grande profondeur (au moins 250 m de profondeur). Elle est aussi commune dans les herbiers de posidonies.

Cette étoile de mer a un diamètre de 10 à 20 cm. Elle est de couleur rouge ou orange-rouge vif, reconnaissable de loin. Elle possède en général cinq bras, mais il arrive de rencontrer des individus avec quatre (rare) ou six à sept bras. Les bras sont longs, de section circulaire, et recouverts sur la face aborale (à l'opposé de la bouche, vue de dessus) de nombreuses petites protubérances (papules) disposées irrégulièrement. Elle porte aussi de nombreuses petites glandes qui sécrètent un mucus. Sur sa face orale (côté bouche, en dessous) on distingue les gouttières ambulacraires et les pieds terminés par des ventouses.

➤ *Hacelia attenuata* (Gray, 1840) :

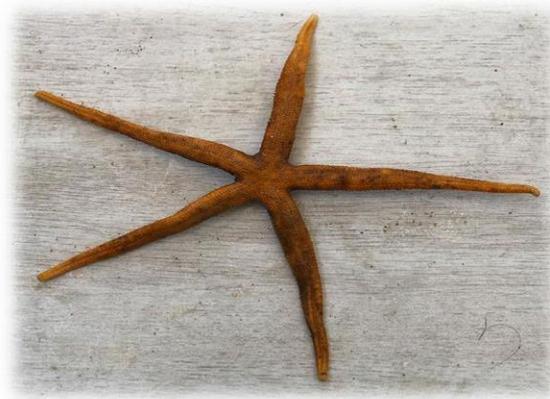


Figure 35: *Hacelia attenuata* (Gray, 1840)

Règne : Animalia

Phylum : Échinodermes

Classe : Astéroïde

Ordre : Valvatida

Famille : Ophidiastéridés

Genre : *Hacelia*

Espèce : *Hacelia attenuata* (Gray, 1840)

L'Étoile lisse est présentée dans les fonds rocheux, plus couramment sur les tombants abrupts et les grottes sur l'ensemble du plateau continental. Le Seastar lisse *Hacelia attenuata* (Gray, 1840) est relativement commune dans la mer Méditerranée se produisant également dans les Açores (Micael *et al.* 2012), Îles Canaries, le Cap - Vert, du Golfe de Guinée (Hansson 1999, Wirtz et Debelius 2003) et de Madère (Espino *et al.* 2006). Pérez- Ruzafa et Lopez-Ibor (1987), cette espèce est également signalée dans la zone appelée «Portugal», mais cette zone ne comprenait pas seulement la côte Ouest et Sud du Portugal mais aussi le golfe de Cadix (Espagne). Plus récemment, elle a été confirmé à se produire dans le golfe de Cadix (Rueda *et al.* 2011) ainsi que dans la montagne sous - marine Gorringe (Oceana 2014).

On la rencontre entre 1 m et 150 m (Hansson 1999), mais est plus fréquente dessous de la profondeur de 20 m (Espino *et al.* 2006 ; Wirtz et Debelius 2003), avec une préférence des zones à faible intensité lumineuse (Bergbauer et Humberg 2000 ; Espino *et al.* 2006).

L'envergure peut atteindre 30 cm, le corps est rouge à orangé et de texture lisse. Les bras sont de section arrondie et sont ornés d'alignements de petites dépressions nettement visibles.

2-4- Ophiuridés :**➤ *Ophioderma Longicauda* (Bruzelius, 1805) :****Figure 36 : *Ophioderma Longicauda* (Bruzelius, 1805).**

Règne : Animalia

Phylum : Echinodermata

Classe : Ophiuroidea

Ordre : Ophiurida

Famille : Ophiodermatidae

Genre : *Ophioderma*

Espèce : *Ophioderma longicaudum* (Bruzelius, 1805)

Ophiure lisse ou serpent est commune sur l'océan Atlantique oriental et largement répandue dans les mers autour de Malte en mer Méditerranée . Il vit dans des endroits sombres, sur un sol rocheux ou sablonneux, de quelques mètres de profondeur jusqu'à 100 mètres (**Micaelet al 2012**). Sa couleur varie du rouge au vert au brun foncé, presque noir, parfois orange sur les spécimens profonds. C'est une espèce sciaphilique , étant photophobes vivant sous les rochers ou préférant se réfugier dans les fissures ou crevasses, même très rapidement si elle est dérangée.

La plupart d'entre elles mangent des petits crustacés et mollusques qu'elles capturent dans le substrat. Elles sont également détritivores et nécrophages ou parfois filtrent le plancton. Elles ont un grand pouvoir de régénération et reconstituent facilement un bras amputé. Elles mènent une vie nocturne très active. (**Koehler, 1969**).

3- Richesse spécifique du phylum :

Lors de notre campagne d'échantillonnage, les échinidés occupent la première place avec 56 % de la population récolté suivis par les Holothuries avec un pourcentage de 22 % ensuite les Astérides avec 17% et enfin les Ophiurides avec le plus bas pourcentage de 5% (**Figure 37**).

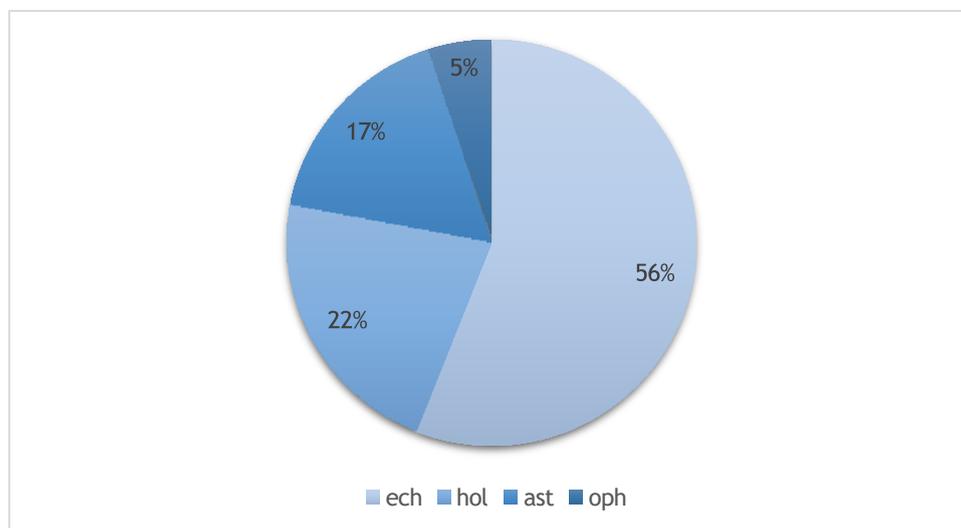


Figure 37: La richesse spécifique du mois de Mars

On mars les Échinidés occupe toujours la première place avec un pourcentage de 77%, suivi des Holothuries et Astérides d'un pourcentage de 8% et On dernier les Ophiurides avec 7% (**Figure 38**).

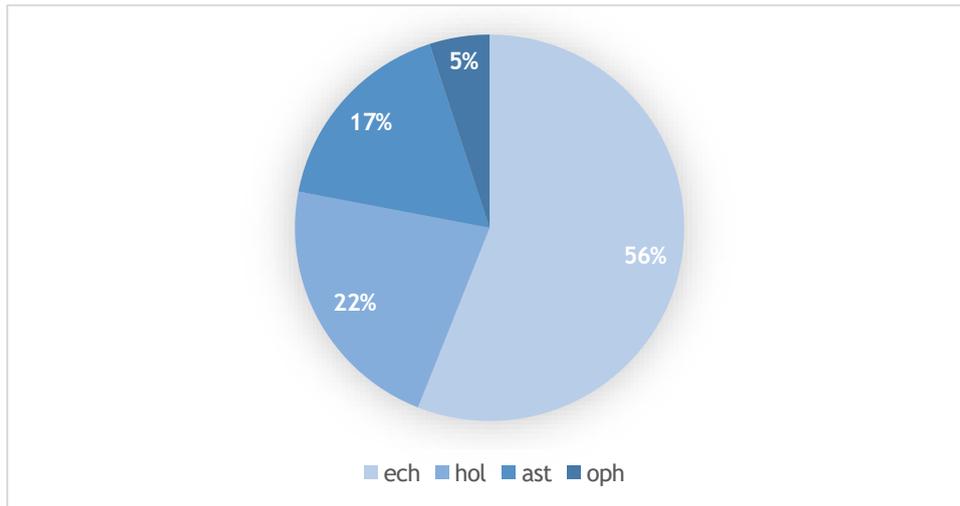


Figure 38: Richesse spécifique de mois d'Avril.

Le mois de Mai, les Echinides restent le leader avec 67%, en deuxième lieu les Astérides avec 20%, ensuite les Holothuries avec un pourcentage de 13% et enfin l'absence totale des Ophiurides. (Figure 39)

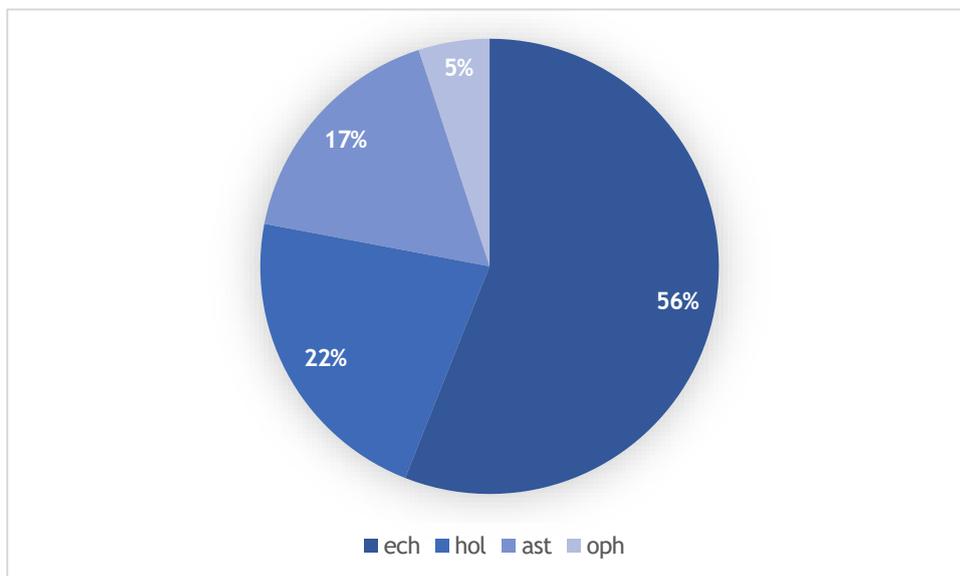


Figure 39: Richesse spécifique de mois de Mai.

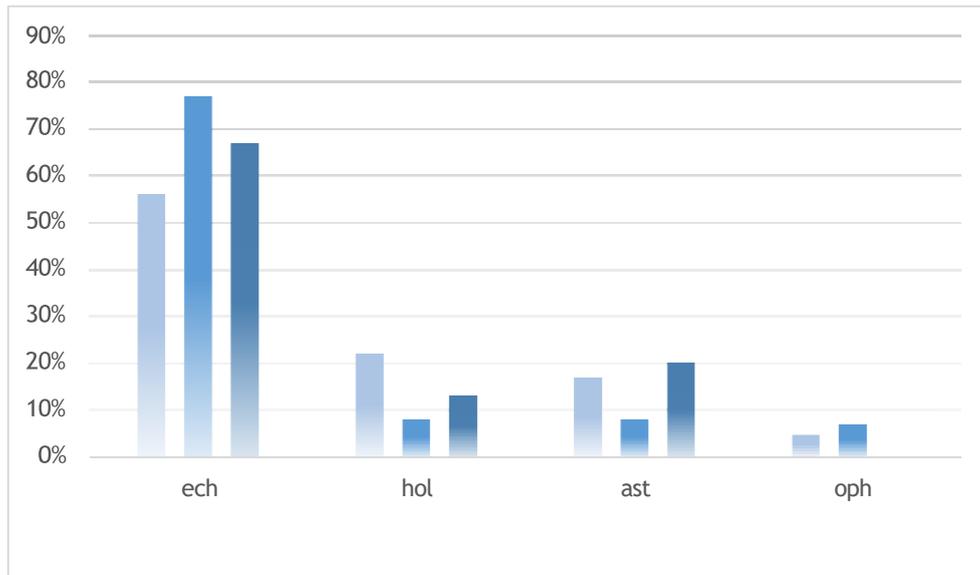


Figure 40: Richesse spécifique totale du phylum étudié.

4- La répartition des classes des échinodermes :

La répartition des espèces échinodermes selon leur pourcentage (**Figure 41**)

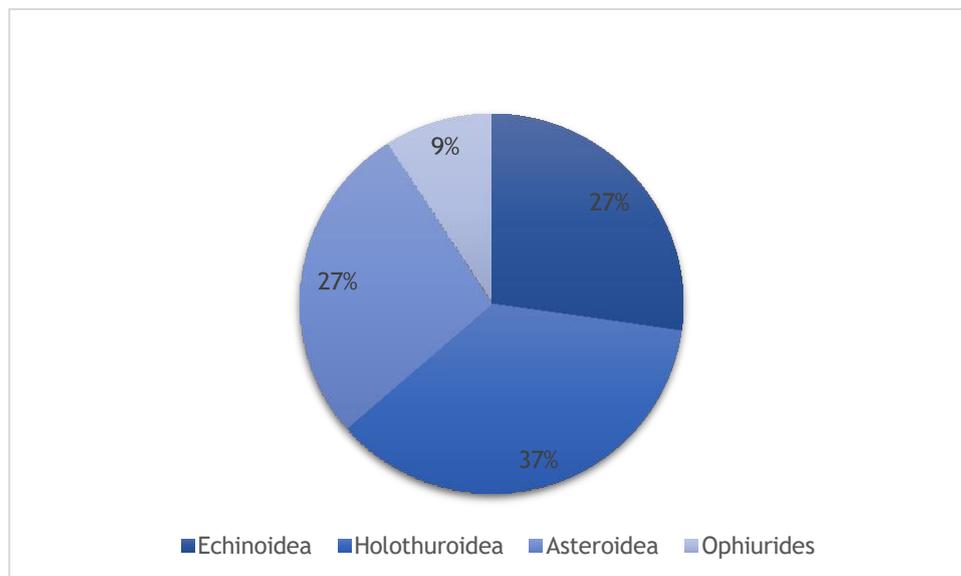


Figure 41 : Pourcentage des classes des Echinodermes inventoriés.

Les Holothuroidea apparaîtront en première position par le nombre d'espèces avec 37 %, suivit par les astéroïdea et les Echinoidea en égalité avec 27% et enfin les ophiuroidea avec un pourcentage de 9%. tout comme le confirme la figure41.

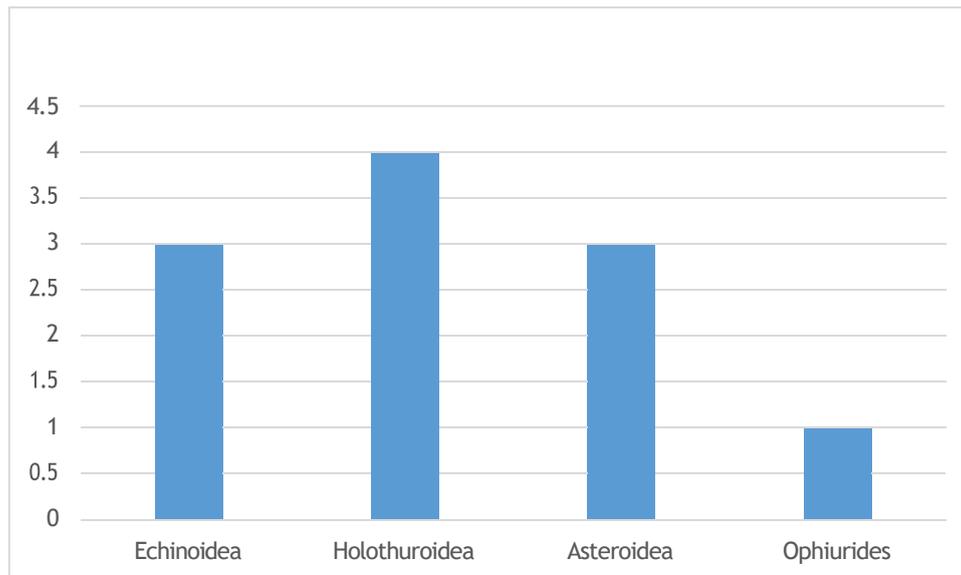


Figure 42 : Fréquences des classes des Echinodermes.

5- Répartition des espèces des Echinodermes récoltes :

5-1- Les Echinidés :

On a recensé 03 espèces répartie sur les 04 stations durant la période d'échantillonnage.

Tableau 4 : Répartition des Echinidés du mois de Mars.

Les Echinidés

Stations	<i>Paracentrotus</i>	<i>Arbacia</i>	<i>Echinometra</i>
	<i>Lividus</i>	<i>Lixula</i>	<i>mathaei</i>
01	05	02	00
02	03	00	02
03	03	04	03
04	02	02	00

Tableau5 : Répartition des échinides de mois d'Avril.*Les Echinidés*

Stations	<i>Paracentrotus</i>	<i>Arbacia</i>	<i>Echinometra</i>
	<i>Lividus</i>	<i>Lixula</i>	<i>Mathaei</i>
01	03	05	00
02	04	00	02
03	04	02	01
04	05	02	00

Tableau 6 : Répartition des échinides de mois de Mai.*Les Echinidés*

Stations	<i>Paracentrotus</i>	<i>Arbacia</i>	<i>Echinometra</i>
	<i>Lividus</i>	<i>Lixula</i>	<i>Mathaei</i>
01	05	05	00
02	04	00	03
03	06	04	03
04	06	02	00

5-3- Astérides :

On a rencontré Trois espèces durant notre campagne

Tableau 7 : Répartition des Astérides de mois de Mars.*Les Astérides*

Stations	<i>Echinaster</i>	<i>Hacelia</i>	<i>Coscinastérias</i>
	<i>Spositus</i>	<i>Attenuata</i>	<i>tenuispina</i>
01	00	00	00
02	00	00	00
03	00	01	00
04	00	00	00

Tableau 8 : Répartition des Astérides de mois d'Avril.*Les Astérides*

Stations	<i>Echinaster</i>	<i>Hacelia</i>	<i>Coscinastérias</i>
	<i>Spositus</i>	<i>Attenuata</i>	<i>tenuispina</i>
01	00	00	00
02	00	00	00
03	01	00	00
04	00	00	00

Tableau 9 : Répartition des Astérides mois d'Avril.*Les Astérides*

Stations	<i>Echinaster</i>	<i>Hacelia</i>	<i>Coscinastérias</i>
	<i>Spositus</i>	<i>Attenuata</i>	<i>tenuispina</i>
01	01	00	00
02	00	00	00
03	00	01	00
04	00	00	00

5-4- Les ophiures :

On a rencontré Une seule espèce durant notre campagne

Tableau 10: Répartition des Astérides du mois de Mars.

Stations	<i>Ophioderma</i>
	<i>Longicauda</i>
01	00
02	00
03	00
04	00

Tableau 11 : Répartition des astérides du mois d'Avril.

Stations	<i>Ophioderma</i> <i>Longicauda</i>
01	00
02	00
03	00
04	00

Tableau 12 : Répartition des Astérides du mois de Mai.

Stations	<i>Ophioderma</i> <i>Longicauda</i>
01	00
02	00
03	00
04	00

6-1- Identification de la couverture végétale associée aux phylums étudiés :

Le peuplement végétal récolté durant notre période d'étude associé aux échinodermes étudiés dans les stations échantillonnées de la côte Ouest algérienne, est constitué par une mosaïque de strate gazonnante, arbustive et encroûtante. Ces peuplements sont représentés en générale par les groupes d'espèces suivantes :

- **les algues vertes** (*chlorophycées*) :



Ulva Lactuca



Cladophoraprolifera



Dictyota fasciola



Codium decorticatum



Coplomenia SP.



Bryopsis plumosa

Ainsi que la présence de *Chaetomorpha aerea*, *entéromorpha compriméssa* et *Cladophoropsis mombranacea* et la raréfaction de la *Caulerpa racemosa*.

- **Algue rouge (Rhodophycées) :**



Laurencia pinnatifida .(Allaili,2021)



Gelidium Crinale.(Allaili,2021)



Corallineae Encroutantes.(Allaili,2021)



Coralina elongata .(Allaili,2021)



Jania Rubens .(Allaili,2021)



Griffithsia flosculosa.(Allaili,2021)

On a observé aussi l'existence de *Porphyra leucosticta*, *Gracilaria verrucosa*, *Laurencia Papillosa* et *hypnea musciformis*.

- **Algue brune**(*Phéophycées*) :



Styopcaulon scoparium.(Allaili,2021)



Padina Povanica.(Allaili,2021)



Cystoseira stricta. .(Allaili,2021)



Laminaria digitata.(Allaili,2021)



Srgassum muticum. .(Allaili,2021)



Dictyota dichotoma..(Allaili,2021)

- **Plantes à fleur** : (*phanérogames*)



Zostera sp. .(Allaili,2021)



Posidonia oceanica. .(Allaili,2021)

La composition de la flore associée aux échinodermes au niveau de la côte Ouest algérienne est variée et cela nous a permis de comprendre la relation biotique et abiotique des Echinodermes qui sont des bio-indicateurs de l'état de santé du milieu environnemental marin.

La présence de *pavina pavonica* et *Ulva* dans les deux stations confirme la préférence alimentaire des échinidés à nos trois espèces (Verlaque, 1987) ainsi que *Stypocaulon* *Scoparium* et *Laurencia Pinnatifida* qui sont abondantes, concernant *Cystoseira sp* la bien-aimé du *Paracentrotus lividus* présente à un taux de 20%. Selon les travaux de Boudresque le *Gelidium Crinale* est évité par le *Paracentrotus Lividus* et présent à 40 % dans nos stations échantillonnées et cela est dû probablement à sa morphologie, le même cas par apport au *Corallineace encroutante* et *Arbacia lixula*.

L'oursin *Paracentrotus lividus* se tient généralement entre les rhizomes de *Posidonia oceanica* (Kempf, 1962; Semroud, 1993; Guettaf, 1997) ; il monte sur les feuilles la nuit (Kempf, 1962) et parfois le jour au printemps (Azzolina, 1988) ; cet oursin est beaucoup plus actif la nuit que le jour (Shepherd et Boudouresque, 1979; Dance, 1987).

Présence de *Cladophera Prolifera* a 40% *Dictyota fasciola* à des pourcentages différents.

Douarnenez et Brest. Or, il est maintenant clairement établi que les résidus d'algues vertes constituent une des principales bases alimentaires des ophiures, même si cette espèce opportuniste.

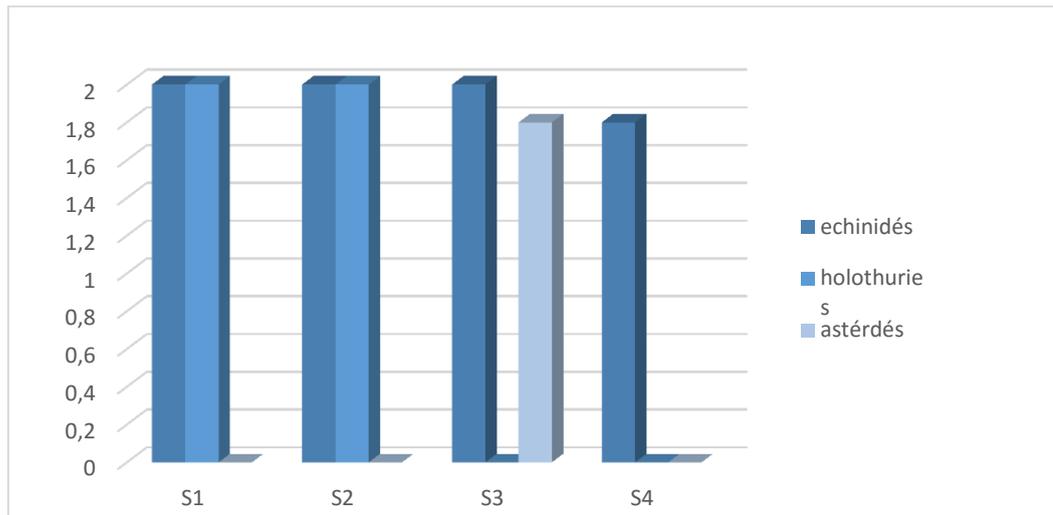


Figure 42: Répartition des espèces par station.

Tableau 13 : Présence des Echinodermes dans les 4 stations

St ati on s	<i>Para centr otus livid us</i>	<i>Ar ba cia lix ul a</i>	<i>Echino mertM athaei</i>	<i>Hol oth uria tub ulos a</i>	<i>Hol oth uria For skal i</i>	<i>Hol oth uria Poli</i>	<i>Stichop uschlor onotus</i>	<i>Cosci naste rias tenui spina</i>	<i>Ech inas ter sep osit us</i>	<i>Haceli aAtten uata</i>	<i>Ophioder maLongi cauda</i>
01	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-
02	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
03	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-
04	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

7- Classement analytique des stations :

8-1- Indice de diversité de Shannon –Weaver (H') :

Tableau 14 : Valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver H' max des échinodermes par 3 mois dans les 4 stations d'études

<i>mois</i>	<i>Stations</i>	<i>st1</i>	<i>St2</i>	<i>St3</i>	<i>St4</i>
	<i>Mars</i>	1,30	1,00	1,25	0,65
	<i>Avril</i>	0,95	1,30	1,52	1,15
	<i>Mai</i>	1,65	1,22	1,75	1,15

Selon le tableau 14 l'indice de diversité de Shannon –Weaver varie d'une station à une autre. La variation la plus élevée est au niveau de la station 3 avec une valeur maximale de 1,75 en Mai, cela veut dire que la plus grande biodiversité en termes de composition spécifique est rencontrée au niveau de cette station ainsi que la station 1 avec un indice de 1,65. Par contre ces indices atteignent leurs minimums au niveau des stations 1 et 4 avec des valeurs qui ne dépassent pas le 1 ceci nous indique que le milieu est très déséquilibré.

Quant aux autres stations H' varie entre 1 et 2, ce milieu est considéré comme déséquilibré avec une présence de quelques espèces en citons les échinodermes en premier lieu. *(Allaili, 2021)*

La diversité est conditionnée par la stabilité du milieu et les facteurs climatiques. Lorsque les conditions de vie du milieu sont favorables on rencontre beaucoup d'espèces et chacune d'entre elles est représentée par un faible effectif, l'indice de diversité est alors élevé **(Dajoz, 1971)**.

8-2- Indice d'équitabilité de Piélou J'

Tableau 15 : Valeurs de l'indice de diversité d'équitabilité de Piélou J des échinodermes dans les 4 stations d'études.

<i>Stations mois</i>	<i>st1</i>	<i>St2</i>	<i>St3</i>	<i>St4</i>
<i>Mars</i>	0,82	1,00	0,79	0,65
<i>Avril</i>	0,95	0,82	0,96	0,72
<i>Mai</i>	0,83	0,77	0,88	0,72

Les variations de l'indice d'équitabilité de Piélou (**Tableau 15**) au niveau des stations sont indépendamment de la variation de la richesse spécifique du peuplement et de l'indice de Shannon-Weaver, puisque cet indice permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces. Considérant, la station 2 parmi les stations les moins diversifiées mais la plus équilibrée au niveau des individus qu'elle contient puisqu'on trouve la présence de deux espèces d'échinodermes au même nombre d'individu pareillement que toutes les stations ou leur indice d'équitabilité de Piélou tend vers le 1.

8-3- L'indice de diversité de Simpson D :

Tableau 16 : Valeurs de l'indice de diversité de Simpson D des échinodermes dans les 4 stations d'études

<i>mois</i>	<i>stations</i>			
	<i>st1</i>	<i>St2</i>	<i>St3</i>	<i>St4</i>
<i>mars</i>	0,61	0,67	0,60	0,33
<i>avril</i>	0,54	0,61	0,80	0,52
<i>mai</i>	0,70	0,56	0,75	0,52

En observant les valeurs du tableau 16, l'inégalité dans la distribution des individus dans chaque station est évidente.

L'indice de diversité de Simpson donne plus de poids aux espèces abondantes qu'aux espèces rares. Du coup il est moins sensible que l'indice de Shannon. La présence d'espèces rares dans le peuplement ne modifie pratiquement pas la valeur de l'indice de diversité. C'est pourquoi il se prête mieux à des comparaisons entre habitats ou écosystèmes donnés. Pour cela les valeurs de cette diversité tant vers le 1 dans les stations les plus diversifiées le cas des stations 1 et 3.

8-4- Indice de Hill :

Tableau 17 : Valeurs de l'indice de diversité de Hill des échinodermes dans les 4 stations d'étude

<i>mois</i>	<i>stations</i>			
	<i>st1</i>	<i>St2</i>	<i>St3</i>	<i>St4</i>
<i>mars</i>	0,58	0,74	0,61	0,75
<i>avril</i>	0,72	0,58	0,61	0,58
<i>mai</i>	0,53	0,58	0,51	0,58

Pour l'indice de diversité de Hill représenté dans le tableau 22 qui nous a permis d'obtenir une vue encore plus précise de la diversité observée. En sachant que plus l'indice de Hill s'approche de la valeur 1, et plus la diversité est faible, ce qui est remarqué à la station 2 et 4 les moins diversifiées. Par contre, tant que cet indice s'approche du 0 le cas de la station 1 et 3 les plus riches en fonction de diversité récolter.

8-5- Type de répartition :

Tableau 18 : Type de répartition des espèces échantillonnées.

Espèces	M	S ²	type de répartition
<i>P.lividus</i>	12	21,6	C
<i>A. lixula</i>	4,5	7,8	C
<i>E. mathaei</i>	2,9	5,1	C
<i>H. tubulosa</i>	0,6	0,9	C
<i>H. forskali</i>	0,4	0,8	R
<i>H. poli</i>	0,4	0,8	R
<i>S. chloronotus</i>	0,1	0,2	R
<i>E. spositus</i>	0,6	1,1	C
<i>H. attenueta</i>	0,2	0,4	R
<i>C. tenuispina</i>	0,2	0,4	R
<i>O. longicauda</i>	0,2	0,4	R

Selon le tableau 18 on distingue deux types d'espèces Régulières et Contagieuses. Les espèces Régulières comme si le cas de l'*Holothuria forskali*, *Holothuria poli*, *Stichopus chloronotus*, *Echinaster Spositus*, *Hacelia Attenuata*, *Coscinastérias tenuispina* et *Ophioderma Longicauda* leurs variances sont supérieures à la moyenne. Par contre ou les variances sont inférieures à la moyenne les espèces sont dite Contagieuses et c'est le cas du *Paracentrotus Lividus*, *Arbacia Lixula*, *Echinomerta Mathaei*. *Holothuria Tubulosa*, *Echinaster Spositus*.

C : Contagieuses, **R** : Régulières.

8- Diversité des sites d'échantillonnage par espèce :

Tableau 19 : Valeurs de l'abondance (A) et la fréquence (F) des espèces récoltées.

Espèces	Période		Mars		Avril		Mai	
	A	F	A	F	A	F	A	F
<i>Paracentotus lividus</i>	100%	V	100%	V	100%	V	100%	V
<i>Arbacia lixula</i>	70%	IV	70%	IV	70%	IV	70%	IV
<i>Echinometra mathaei</i>	50%	III	60%	IV	60%	IV	60%	IV
<i>Holothuria tubulosa</i>	10%	I	30%	II	20%	II	20%	II
<i>Holothuria forskali</i>	10%	I	10%	I	20%	II	20%	II
<i>holothuria poli</i>	10%	I	10%	I	20%	II	20%	II
<i>Sticopus chloronotus</i>	10%	I	0%	I	0%	I	0%	I
<i>Echinaster spositus</i>	10%	I	20%	II	30%	II	30%	II
<i>Hacelia attenuate</i>	10%	I	0%	I	10%	I	10%	I
<i>Coscinasterias tenuispina</i>	10%	I	0%	I	10%	I	10%	I
<i>Ophioderma longicauda</i>	10%	I	10%	I	0%	I	0%	I

Si on analyse la structure des échinides, le *Paracentrotus lividus* (**Lamarck 1816**) occupe la première position avec une présence dans les deux stations et durant les trois mois de prélèvement (**Tableau 19**), donc cette espèce est dominante à 100 %, suivi de l'*Arbacia lixula* (**Linnaeus, 1758**) d'une abondance moins importante 60 %, en dernier l'*Echinometra mathaei* (**Blainville, 1825**) avec 50% au premier mois et 40% pour les deux dernier prélèvements.

Concernant les Holothuries, l'*Holothuria tubulosa* (**Gmelin, 1788**) est présente dans 60 % des deux stations prospectées suivie par *Holothuria forskali* (**Dell chiaje, 1823**) avec un taux de 40 % de présence. Ces deux espèces sont très connues dans la zone méditerranéenne par leur timidité donc on les trouve moins abondantes dans les terrains trop fréquentés par l'homme.

9- Actions et interactions biotiques et abiotiques :

Le *Parcentrotus lividus* vit parfois en groupe avec *Arbacia lixula*. Ces deux espèces sont également souvent associées à d'autres Echinidés et aux Holothuries telle que *Holothuria tubulosa* et *Holothuria polii*, Cette dernière est présente en Méditerranée. *Cryptochiliu mechini* est un parasite qui se trouve dans le liquide de la seconde courbure intestinale. Certains spécimens peuvent être parasités par la planaire *Syndesmis echinorum*. La langouste *Palinurus vulgaris* et quelques astérides sont des prédateurs principaux du *Parcentrotus lividus* et *Arbacia lixula*.



Figure 43: Communauté des Echinidés.

Lorsque le *Parcentrotus lividus* se trouve dans les ressources végétales abondantes (**Figure 43**), ces dernières déterminent chez les adultes un comportement d'herbivore brouteur de macrophytes non-encroûtantes (**Nedelec, 1982 ; Velaque, 1987**). D'après **Southward et Crisp (1954)**, il apparaît qu'un grand développement des algues s'oppose à la présence de *Paracentrotus*. **Kempf (1962)** constate qu'en Méditerranée, cette « explosion » des populations d'oursins est produite par le déversement de grandes quantités d'eaux usées à la mer. Relativement éclectique, il précise cependant que *Paracentrotus* consomme aussi bien des algues molles que des feuilles de Posidonies.

La consommation et la pêche des oursins dans le monde sont très anciennes. Selon **Allain (1975)**. Cet Invertébré constitue une source économique importante, mais il est menacé par la surexploitation (**Kempf, 1962**). L'oursin comestible est très exploité commercialement,

car il est très apprécié. Toutefois, les gonades femelles sont beaucoup plus recherchées que celles des mâles (**Kempf, 1962**).

Cette espèce est pêchée dans presque tous les pays méditerranéens (Espagne, Italie, ex-Yougoslavie, Tunisie, Maroc, Grèce, et Turquie) ; mais dans certains d'entre eux, la quantité récoltée est très faible. De plus, elle est pratiquée par des amateurs, sans statut de pêcheurs d'oursins à proprement parler (**Guetaff, 1992**).

Selon **Ouendi (2006)**, la consommation des oursins en Algérie était liée à la population d'origine européenne notamment à l'époque de la colonisation. Aujourd'hui, leur exploitation est très faible. Il s'agit principalement d'une pratique touristique et parfois traditionnelle pour les gens qui habitent au bord de la mer.

Arbacia Luxila a déjà expérimenté une hausse en nombre de populations dans le passé (**Francour et al., 1994; Harmelin et al., 1995**) et des avertissements ont été publiés sur son impact futur sur la méditerranée, surtout si on considère la tendance en cours vers un réchauffement global (**Gianguzza et al., 2011; Privitera et al., 2008**). Cette espèce n'est généralement pas ciblée car elle n'a aucune valeur commerciale, qui plus est, considérée comme une espèce « thermophile » en expansion suivant ainsi l'augmentation de température générale à la surface de la mer, et spécialement en méditerranée (**Gianguzza et al., 2011**).

Les Holothuries, composant important du compartiment benthique de l'herbier à *Posidonia oceanica* (**Harmelin, 1980 ; Azzolina, 1989**), participent activement au recyclage de la matière organique (**Massin, 1982**). Elles sont impliquées dans le processus de « bioturbation » (**Roberts et Bryce, 1982**), organise le retour des éléments nutritifs à la couche d'eau et mettent en valeur la production des bactéries associées au sédiment en stimulant l'activité de ces bactéries, lesquelles contribuent à la destruction de certains types de détritus ingérés par l'Holothurie comme ceux dérivés des herbiers sous-marins (**Billett, D.S.M., 1991**).

Elles fournissent un service écosystémique vital, notamment pour les récifs coralliens, plusieurs espèces étant décrites comme des « espèces clés » (**Paine, 1969 ; Power et al., 1996 ; Uthicke, Schaffelke et Byrne, 2009**). Un seul spécimen peut avaler plus de 45 kg de sédiments par an, et leurs excellentes capacités digestives leur permettent de rejeter un sédiment fin, pur et homogène.

Les holothuries font l'objet d'une industrie florissante dans le Sud-Est asiatique. Elles sont d'une part utilisées dans les mets chinois, et rentrent dans la fabrication des produits médicamenteux d'autre part (**Liao, 1979**) cela pour les espèces dite précieuses, par ailleurs, elles sont utilisées comme appâts de pêche. Actuellement l'exploitation se tourne désormais vers des espèces moins précieuses, telles que *Stichopus chloronotus* (**Conand, 2008**).

Quel que soit la profondeur à laquelle elles vivent, les holothuries hébergent sur leur peau et dans leur corps, une faune impressionnante, transformant l'holothurie en un véritable habitat mobile. Du point de vue écologique les holothuries se sont révélées être des indicateurs benthiques très sensibles à la pollution chimique d'origine industrielle (**Harmelin, 1981**). Le biotope particulier et le comportement sciaphile des holothuries font que ses espèces soient particulièrement difficiles à échantillonner et leur rareté dans quelques stations est due à la fréquentation par l'être humain.

La diversité énorme des astérides contribue à leurs rôles écologiques de grande envergure (**Gale, 2013**). Elles sont généralement considérées comme des ravageuses surtout vis à vis des moules et aquacultures d'huîtres, et servent donc d'importants indicateurs de la structure des communautés dans certains écosystèmes (**Lewbart, 2006**).

Les étoiles de mer sont impliquées dans plusieurs relations interspécifiques, notamment de symbiose et de parasitisme, par exemple avec la "crevette arlequin" qui s'alimente d'un des bras abimés d'une étoile de mer pour l'en débarrasser afin qu'elle puisse le régénérer ou alors la crevette nettoyeuse *Periclimenes soror* qui se nourrit sur les débris ou les micro-organismes qui s'accrochent au tégument des étoiles de mer, l'annélide polychète *Pherecardia striata* est un parasite de l'étoile de mer *Achanasther planci* qui s'infiltré dans les blessures de l'étoile pour la dévorer de l'intérieur (**Dahmoune, 2015**).

CONCLUSION

Conclusion :

La Méditerranée, bien que riche en histoire et en civilisation, présente une fragilité écologique croissante qui pourrait être gravement compromise dans les années à venir. Cette mer, qui a vu naître certaines des civilisations maritimes les plus brillantes de l'Antiquité, mérite mieux que le sort qui semble lui être réservé. Les invertébrés marins jouent un rôle crucial dans les chaînes trophiques, bien au-delà de leurs territoires apparents. La biodiversité échinologique de la côte ouest algérienne est un de ces maillons, révélant des interactions biotiques et abiotiques importantes. Notre étude s'est concentrée sur cette région, en particulier sur la zone intertidale des substrats durs, caractérisée par un bioclimat semi-aride. Quatre stations ont été prospectées durant la saison printanière (de Mars à Mai), recensant 11 espèces réparties en quatre classes : Echinoidea, Holothuroidea, Asteroidea, et Ophiuroidea. Les Echinoidea et Holothuroidea étaient les plus abondantes, suivies par les Asteroidea et Ophiuroidea.

Cette étude préliminaire ouvre la voie à des recherches plus approfondies sur les relations écologiques entre les échinodermes et les espèces associées. Les aspects écologiques, économiques et pharmacologiques méritent d'être explorés. Par exemple, la faune associée aux échinodermes, notamment les Echinoidea, semble liée à la structure du fond marin, avec des préférences alimentaires confirmées par la présence de certaines algues comme *Pavina pavonica* et *Ulva* au niveau des deux stations.

L'évaluation de nos sites d'échantillonnage a révélé une forte diversité à la station 3 (Béni Saf) comparée aux autres stations, en raison de la moindre perturbation de l'environnement. La station 3 s'est révélée la plus diversifiée, avec 8 espèces recensées en trois mois et un indice de Shannon-Weaver de 1,75 bits en Mars, indiquant un peuplement équilibré.

L'analyse de la répartition des espèces inventoriées a révélé deux types : le type contagieux, représenté par des espèces comme *Paracentrotus lividus*, et le type régulier, illustré par l'étoile de mer rouge *Echinaster sepositus*. Aucune espèce de type aléatoire n'a été trouvée dans nos échantillons.

Pour conclure, des missions d'inventaire complémentaires sont nécessaires pour mieux apprécier la biodiversité échinologique et étendre cette étude à toute la côte Ouest algérienne. Les données spatiales encore très hétérogènes doivent être harmonisées pour réaliser une cartographie des biotopes présentant une diversité biologique exceptionnelle.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- A. Longhurst.** "The sampling problem in benthic ecology". *Proceedings of the New Zealand Ecological Society*, 1959, 6:8-12.
- Allaili H., 2013.** Biodiversité (zoogéographie, systématique, bio écologie) des échinodermes (Echinides Astérides et Holothuries) dans les écosystèmes marins littoraux des côtes oranaises. (Cas de substrats dur). *Mémoire de Magistère. Fac des Sciences, Université Djillali Liabes*, 98p.
- Allaili H, 2021.** Biodiversité et distribution spatiale des Echinodermes du littoral oranais. Thèse de doctorat .Faculté des sciences, Université Djillali Liabes, chapitre 1 :4-65 .
- Azzolina J.F., Harmelin J.G., 1989.** Répartition et fluctuations de densité de trois espèces d'holothuries (Echinodermata) : résultats préliminaires. Internation. Workshop on Posidonia oceanica beds, Boudouresques CF., Meinesz A., Fresi E. & Gravez V, éd., *GIS Posidonie publ., Marseille, Fr., 2.*
- Billett, D.S.M., 1991.** Deep-sea holothurians. *Oceanogr. & marine Biology. Annual Review. London*, 29- 259-317.
- Grimes S., 2010.** peuplements benthiques des substrats meubles de la côte algérienne : Taxonomie, structure et statut écologique – *Thèse de doctorat, Université d'Oran – 210 p.*
- Harmelin J.G., Bouchon C, Duval C, Hong J.S., 1980.** Les échinodermes des substrats durs de l'Ile de Port - Cros, Parc National (Méditerranée Nord Occidentale). *Trav. Sci. Parc nation. Port-Cros, Fr., 6 : 25-*
- Jangoux M., 1982.-** Food and feeding mechanisms : Asteroidea. In : Echinoderm nutrition, Jangoux M. & Lawrence J. (eds.), *Balkema publ., Rotterdam : 117-159.*
- Leclaire, L. 1972.** La sédimentologie holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (Pré continent Algérien). *Mémoire de muséum National d'Histoire Naturelle, série. C, Tome XXIV, Paris, 372 p.*
- Massin C., 1982.** Effects of feeding on the environment : Holothuroidea. In : Echinoderm nutrition, Jangoux M., Lawrence J.M., éd. *Balkema A.A., Publ., Rotterdam, Netherl. : 193-197*
- Millot C., 1989,** the general circulation in western Mediterranean. *Annals of geography, flight. 549,* p. 497- 515.
- Pallary P., 1900.** Coquilles marines du littoral du département d'Oran. *J. Conch. Paris*, 48: 211 –422.
- Pallary P., 1935.** Echinodermes du Golfe d'Oran. *Bull. Stat. Agric. et Pêche Castiglione*, 3- 60.
- Roberts, D., Bryce C, 1982.** Further observations on tentacular feeding mechanisms in holothurians. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 59, 151-163.
- Verlaque, M., 1987 –** Relation entre *Paracentrotus Lividus* (Lamarck) et le phytobenthos de la Méditerranée occidental, In Boudouresque CF (ed), Colloque international sur le *Paracentrotus*

Lividus et les oursins comestible, *GSI posidonie publ*, Marseille : 5-36.