

N°d'ordre...

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES  
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
Département Sciences de l'environnement

# ***THESE DE DOCTORAT EN SCIENCES***

*Présentée par:*

M<sup>elle</sup> Allaili Hadjar

*Spécialité: Sciences de l'environnement*

*Option: Ecologie Appliquée*

*Intitulé*

**Biodiversité et distribution  
spatiale des Echinodermes du  
littoral oranais**

*Soutenue le 04/04/2021.*

*Devant l'honorable jury composé de:*

*Président de jury: Bouzidi Mohamed Ali (Pr. UDL - Sidi Bel Abbès)*

*Examineur: Rouane Hacene Omar (Pr. Univ - Oran1)*

*Benamar Nardjess (Pr. Univ -Mostaganem)*

*Baaloudj Affef (MCA. Univ - Guelma)*

*Mehtougui Mohamed Samir (MCA. UDL-SidiBelAbbes)*

*Directeur de thèse: Kerfouf Ahmed (Pr. UDL - Sidi Bel Abbès)*

**Année universitaire 2020–2021**

*Louange à Dieu tout puissant, qui m'a permis de  
voir ce jour tant attendu.*

# Dédicaces

*Je dédie cette thèse à:*

*A mes très chers parents, ma grande mère.*

*Aucune dédicace, aucun mot ne pourrait exprimer à leur juste valeur la gratitude et l'amour que je vous porte. Je mets entre vos mains, le fruit de longues années d'études, de longs mois de distance de votre amour de votre tendresse, de longs jours d'apprentissage. Votre soutien et votre encouragement m'ont toujours donné de la force pour persévérer et pour prospérer dans la vie. Chaque ligne de cette thèse chaque mot et chaque lettre vous exprime la reconnaissance, le respect, l'estime et le merci d'être mes parents.*

*Je vous aime.*

*Croire en ses rêves, c'est avoir  
l'espoir de réussir. « Marvin  
Babin »*

*Merci à tous qui ont cru en moi.*

*« Don't dream your life, life your  
dreams »*

# REMERCIEMENT

*Je tiens à remercier vivement mon professeur Ahmed KERFOUF, pour la confiance qu'il m'a témoignée en acceptant la direction scientifique de mes travaux. Je lui suis reconnaissante de m'avoir fait bénéficier tout au long de ce travail de sa grande compétence, de sa rigueur intellectuelle, de son dynamisme, et de son efficacité certaine que je n'oublierai jamais. Soyez assuré de mon attachement et de ma profonde gratitude.*

*Je suis très honoré à remercier de la présence à mon jury de thèse et je tiens à remercier : Monsieur Ali BOUZIDI, vice doyen de la faculté des Sciences de la nature et de la vie, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant d'être membre de mon jury de thèse.*

*Je tiens à l'assurer de ma profonde reconnaissance pour l'intérêt qu'elle porte à ce travail. Madame Nardjess BENAMAR, Professeur à l'université de Mostaganem, pour l'honneur qu'elle m'a fait pour sa participation à mon jury de thèse en qualité de rapporteur de mon travail, pour le temps consacré à la lecture de cette thèse, et pour les suggestions et les remarques judicieuses qu'il m'a indiquées.*

*Monsieur Hacene Omar ROUANE professeur a la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie à l'université d'Oran 1, pour sa participation à mon jury de thèse en qualité de rapporteur de mon travail et pour toutes remarques intéressantes qu'il m'a faites.*

*J'associe à ces remerciements madame Affef BAALOUDJ maitre de conférences à l'université de Guelma Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre et de l'Univers pour avoir accepté d'examiner mon travail.*

*Monsieur Samir MAHTOUGUI, maitre de conférences à l'université de sidi bel abbes, Faculté des Sciences de la nature et de la vie, qui a bien voulu juger une grande partie de ce travail en tant que examinateur. Je le remercie pour le temps consacré à la lecture de ce travail ainsi que pour les commentaires m'ayant permis de l'améliorer.*

*Madame Ghizlene CHHAOUI, ingénieur de laboratoire Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, pour sa patience, disponibilité et son encouragement permanent*

*Je remercie Madame Khadidja MEZIENE, pour son intérêt permanent à mon égard et pour son soutien sur le plan humain.*

*A titre plus personnel, Je remercie chaleureusement toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Finalement je remercie mes parents et mon frère pour leurs soutiens qui m'a été bien utile durant ma thèse.*

### Résumé :

Sur la zone de balancement des marées des côtes ouest Algérien préserve une forte diversité biologique tandis que la diversité échinologique est peu varié.

Notre étude porte sur l'inventaire de la macrofaune benthique, particulièrement les échinodermes du littoral de l'Ouest algérien, des substrats rocheux la roche de la zone intertidale. La campagne de prélèvements s'est effectuée durant la saison printanière de l'année 2014 à 2018.

Les espèces d'échinodermes inventoriées sont réparties sur 10 stations, et appartiennent à 4 classes : les Holothuries (concombre de mer) sont les plus représentatifs avec 77% suivie par les Astérides (Etoiles de mer) et les Echinides (Oursins) et enfin les Ophiures. On a utilisé la méthode des quadrats, qui a permis d'utiliser les méthodes analytiques 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, réalisé au niveau de nos sites, a permis de signaler la présence d'*Ulva Lactuca* et de *pavina pavonica* en abondance remarquable, ainsi qu'une espèce invasive *Caulerpa racemosa*. L'évaluation de nos sites, nous indique la forte diversité à la station 3 (Sbiaat), dû à la non perturbation du milieu par rapport à la fragilité du littoral de la station 10 (Ain Turck), affecté par de multiples sources de nuisance, malgré la présence de quelques espèces d'échinoidea qui semblent être adaptées à ce milieu de vie avec une présence de 33.33%. La station 3 (Sbiaat) est la plus diversifiée avec 8 espèces, où la valeur de l'indice de Shannon-Weaver la plus élevée est enregistrée 2,32 bits en 2016. D'autre part, la station la affectée par la pollution, la station 10 (Ain Turck) ne compte la présence que de deux espèces.

**Mots Clés :** Diversité, Echinologique, côtes ouest Algérien, zone intertidale, échinides, Astérides, Holothuries, Ophiures

### **Summary :**

In the tidal sway zone of the western Algerian coast, Algeria preserves a strong biological diversity while the echinological diversity is little varied.

Our study focuses on the inventory of the benthic macrofauna, particularly the echinoderms of the western Algerian coast, the rocky substrates and the rock of the intertidal zone. The sampling campaign was carried out during the spring season from 2014 to 2018.

The echinoderm species inventoried are distributed over 10 stations, and belong to 4 classes: Holothurians (sea cucumbers) are the most representative with 77%, followed by Asterooids (sea stars) and Echinids (sea urchins) and finally Ophiuroids. The quadra method was used, which allowed the use of analytical methods by determining the following indices: Shannon's index ( $H'$ ), Piélou J' equitability index, Simpson D diversity index and Hill's index.

The fauna and flora inventory, carried out at our sites, revealed the presence of *Ulva Lactuca* and *pavina pavonica* in remarkable abundance, as well as an invasive species *Caulerpa racemosa*. The evaluation of our sites indicates the high diversity at station 3 (Sbiaat), due to the non-disturbance of the environment compared to the fragility of the coastline of station 10 (Ain Turck), affected by multiple sources of nuisance, despite the presence of some species of echinoidea which seem to be adapted to this environment with a presence of 33.33%. Station 3 (Sbiaat) is the most diversified with 8 species, where the highest Shannon-Weaver index value is recorded at 2.32 bits in 2016. On the other hand, the station affected by pollution, station 10 (Ain Turck) counts the presence of only two species.

### **Key words:**

Diversity, echinological, western Algerian coast, the tidal sway zone, echinids, asterides, Holothuries, ophiures.



## ملخص

في منطقة المد والجزر للساحل الغربي الجزائري يحافظ على تنوعها البيولوجي بينما التنوع الايكينولوجي يعد قليلا. ركزت دراساتنا على جرد الحيوانات البحرية الكبيرة وخاصة شوكلات الجلد للساحل الغربي الجزائري والتي تنتمي الى صخور منطقة المد. حيث تم اخذ العينات خلال موسم فصل الربيع من 2014 الى 2018.

تتوزع شوكلات الجلد التي تم جردما على 10 محطات والتي تنتمي الى 04 فئات وهي هولوثوريا (خيار البحر) الأكثر تمثيلا بنسبة 77 بالمئة تليها استرايد (نجم البحر) واكينويد (قنفذ البحر) وأخيرا اوفيرود. استخدمنا طريقة الكوادر، مما جعل من الممكن استخدام الأساليب التحليلية من خلال تحديد المؤشرات التالية: مؤشر شانون (ح)، مؤشر بيلو للأسهم (ي)، مؤشر التنوع سيبسون (د) ومؤشر هيل

لقد أتاح الجرد الحيواني والنباتات، الذي تم إجراؤه في مواقعنا، الإبلاغ عن وجود اولفا لانتوكا وبافينا بافونيكا بوفرة ملحوظة، بالإضافة إلى الأنواع الغازية كوليربا راسيموزا. يوضح تقييم مواقعنا التنوع الكبير في المحطة 3 (السيبعات) ، وذلك لعدم وجود اضطراب بيئي مقارنة بهشاشة ساحل المحطة 10 (عين ترك) ، متأثرة بمصادر متعددة للإزعاج ، رغم وجود بعض أنواع echinoidea التي يبدو أنها تتكيف مع هذه البيئة المعيشية مع وجود 33.33٪. المحطة 3 (السيبعات) هي الأكثر تنوعاً حيث تضم 8 أنواعاً ، حيث تم تسجيل أعلى قيمة لمؤشر شانون ويفر عند 2.32 بت في عام 2016. من ناحية أخرى ، فإن المحطة المتأثرة بالتلوث ، المحطة 10 (عين ترك) تحسب التواجد نوعين فقط.

**الكلمات المفتاحية:** التنوع ، علم الإيكينولوجيا ، السواحل الغربية الجزائرية ، منطقة المد والجزر ، إيكينويدس ، أستريد ، هولوثوريان ، أوفيد

## 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 & TROSCHEL, 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 Aurins.
- Figure 20 :** Le bassin méditerranéen.
- Figure 21 :** Situation géographique de la zone d'étude.
- Figure 22 :** Le golfe d'Oran.
- Figure 23:** Localisation de la baie de Béni Saf.
- Figure 24 :** Situation géographique du bassin méditerranéen occidental.

**Figure 25** : Circulation globale en Méditerranée. LIW (eau levantine intermédiaire), TDW (eau densetyrrhénienne), WMDW (eau profonde du bassin Ouest Méditerranéen), EMDW (eau profonde du bassin Méditerranéen).

**Figure 26** : Circulation de surface et vitesse des courants.

**Figure 27** : Circulation des eaux de l'Atlantique.

**Figure 28** : Valeurs moyennes mensuelles des paramètres climatiques à Oran en 2009.

**Figure 29** : Occupation du linéaire côtier Nord-Ouest.

**Figure 30** : Superficie urbanisée sur la bande des 3 km.

**Figure 31** : GPS portable (MAP 60 CX marque GARMIN).

**Figure 32** : Localisation des stations.

**Figure 33** : Station de Bousfer.

**Figure 34** : Station de Rechgoune.

**Figure 35** : Station d'Ain Turck.

**Figure 36** : Station Les Andalouses.

**Figure 37** : Station Chatt El Hillal.

**Figure 38** : Station de Sbiate.

**Figure 39** : Beni Saf près du port.

**Figure 40** : Station de Boudzejar.

**Figure 41** : Station de Sidi Djelloul.

**Figure 42** : Station de Beni Saf.

**Figure 43** : Compagne d'échantillonnage.

**Figure 44** : *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816).

**Figure 45** : *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758).

**Figure 46** : *Echinometra Mathaei* (Blainville, 1825).

**Figure 47** : *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788).

**Figure 48** : *Holothuria forskali* (Delle chiaje, 1823).

**Figure 49** : *Holothuria (Roweothuria) poli* (Delle Chiaje, 1824).

**Figure 50** : *Stichopus chloronotus* (Brandt, 1835).

**Figure 51** : *Coscinasterias tenuispina* (Lmarck, 1816).

**Figure 52** : *Echinaster sepositus* (Retzius, 1783).

**Figure 53** : *Hacelia attenuata* (Gray, 1840).

**Figure 54** : *Ophioderma Longicauda* (Bruzelius, 1805).

**Figure 55** : La richesse spécifique de l'année 2016.

**Figure 56** : Richesse spécifique de l'année 2017.

**Figure 57** : Richesse spécifique de l'année 2018.

**Figure 58** : Richesse spécifique totale du phylum étudié.

**Figure 59** : Pourcentage des classes des Echinodermes inventoriés.

**Figure 60** : Fréquences des classes des Echinodermes.

**Figure 61** : Répartition des espèces par station.

**Figure 62** : Répartition géographique des espèces récoltées.

**Figure 63** : Evolution de diverse mesure de diversité.

**Figure 64** : Communauté des Echinidés.

**Figure 65** : 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 de l'année 2016.
- Tableau 7** : Répartition des Echinidés de l'année 2017.
- Tableau 8** : Répartition des Echinidés de l'année 2018.
- Tableau 9** : Répartition des Holothuries de l'année 2016.
- Tableau 10** : Répartition des Holothuries de l'année 2017.
- Tableau 11** : Répartition des Holothuries de l'année 2018.
- Tableau 12** : Répartition des Astérides de l'année 2016.
- Tableau 13** : Répartition des Astérides de l'année 2017.
- Tableau 14** : Répartition des Astérides de l'année 2018.
- Tableau 15** : Répartition des Astérides de l'année 2016.
- Tableau 16** : Répartition des Astérides de l'année 2017.
- Tableau 17** : Répartition des Astérides de l'année 2018.
- Tableau 18** : Présence des Echinodermes dans les 10 stations.
- Tableau 19** : Valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver  $H'$  max des échinodermes par an dans les 10 stations d'études.
- Tableau 20** : Valeurs de l'indice de diversité d'équitabilité de Piéluou  $J$  des échinodermes par an dans les 10 stations d'études.
- Tableau 21** : Valeurs de l'indice de diversité de Simpson  $D$  des échinodermes par an dans les 10 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, الملخص

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

# TABLE DES MATIÈRES

## PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE

### 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'équitabilité de Pielou (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 associée au phylum.....	111
7- Classement des stations en fonction de la richesse du phylum .....	112



## TABLE DES MATIÈRES

8- Classement analytique des stations.....	116
8-1- Indice de diversité de Shannon –Weaver ( $H'$ ) .....	116
8-2- Indice d'équitabilité de Piéluou $J'$ .....	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
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>130</b>

### **Annexes**

# INTRODUCTION

**INTRODUCTION :**

La côte méditerranéenne, limite entre l'espace terrestre et l'espace maritime, s'étire sur environ 46 000 km. Certaines spécificités méditerranéennes du littoral tiennent aux caractéristiques physiques de la mer Méditerranée : mer chaude, marée généralement faible, salinité élevée, étroitesse du plateau continental. La nature des côtes méditerranéennes diffère d'une région à l'autre selon 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 offrant plages, dunes, marais, lagunes, deltas . . .

Le littoral méditerranéen se distingue également par un fort pourcentage d'insularité. Onze pays riverains possèdent des territoires insulaires. Pour deux d'entre eux (Syrie et Albanie), ceux-ci sont insignifiants. Deux autres sont des États (Malte et Chypre). Le reste des îles appartient à trois pays du bassin occidental (Espagne, France, Italie) et à quatre pays du bassin oriental (Croatie, Grèce, Turquie, Tunisie).

Les zones humides sont parmi les milieux les plus productifs du monde. Elles sont le berceau de la diversité biologique et fournissent l'eau et la productivité primaire dont un nombre incalculable d'espèces de plantes et d'animaux dépendant de leur survie. Elles interviennent de fortes concentrations d'oiseaux, de mammifères, de reptiles, d'amphibiens, de poissons, et d'invertébrés et sont aussi de greniers importants de matière génétique végétale.

Pendant des siècles, les naturalistes se sont émerveillés de la diversité et de la complexité de la vie sur terre et se sont intéressés à la morphologie, considérée comme l'une des sources d'information la plus riche et la plus fiable concernant les questions relatives aux relations systématiques, évolutives et écologiques (**McLellan et Endler, 1998**). Cette fascination de longue date avec la forme biologique a façonné les perspectives actuelles sur de nombreux sujets biologiques y compris les notions de 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, épithélioneuriens (**Arab et al., 2013**). Ils forment un vaste phylum du règne animal, avec environ 7 000 espèces, c'est même le plus vaste englobant des invertébrés exclusivement marins et dont la quasi-totalité des représentants sont benthiques. ils possèdent une distribution géographique très large, en effet on les retrouve dans toutes les mers du monde et à différentes profondeurs, des rivages aux grandes abysses, ce sont des animaux à tailles très variables allant de dix centimètres de longueur ou de diamètre pour les plus petits jusqu'à deux mètres comme certains concombres et étoiles de mer sans parler des plus grands échinodermes éteints et dont les tiges pouvaient dépasser les 20 mètres de longueur (**Kornprobst, 2005**).

L'origine de ce phylum remonte au Cambrien, ce qui en fait un des plus anciens groupes du règne animal, étant initialement asymétriques ou bilatéraux, la symétrie pentamère aurait fait son apparition pour des raisons que n'expliquent pas les scientifiques, toutefois, des études embryologiques les considère comme de proches parents des groupes annonçant les vertébrés (**Menou et al., 1986**).

REGARDER, MAIS NE JAMAIS TOUCHER !!! ... c'est la règle d'or et universelle devant un animal mal connu. Peu de recherche approfondie sont faite sur les Echinodermes.

Présent travail présente les résultats obtenus suite aux campagnes d'échantillonnage de la faune echinologique benthique réalisées sur dix stations de la côte Ouest algérienne. Il fait suite à ma mémoire de magister (**Allaili, 2013**) et le travail (**Allaili et al. 2014**) dans lequel nous avons proposé, à partir d'une étude bibliographique, un premier protocole pour l'étude de la faune echinologique benthique des côtes Ouest algériennes sur les particularités de la faune echinologique benthique et leur technique d'échantillonnage usuellement utilisées pour cette étude.

Les objectifs particuliers de la présente étude étaient les suivants :

- Obtenir et restituer des informations qualitatives et quantitatives sur la faune echinologique de ces dix stations échantillonné pour lesquelles ces données étaient quasiment absentes/ou uniquement d'ordre qualitatif et ainsi 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 quadra pour échantillonner la faune échinologique benthique.
- La sélection des stations était réalisée selon la pollution existante sur nos sites échantillonnés pour une obtention d'une surveillance de l'état de milieu étudiée.
- Cette étude a également permis d'avoir un premier aperçu sur la faune et la flore associée à cette faune récoltée et d'interpréter toutes les actions et les interactions biotique et abiotique de la faune échinologique.

Le présent manuscrit expose les principaux résultats pour chacune des dix stations concernées par cette étude puis propose une première 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, 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. Le rôle des perturbateurs environnementaux et leurs fonctions sur la répartition échinologique

# 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 périviscérale 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**).

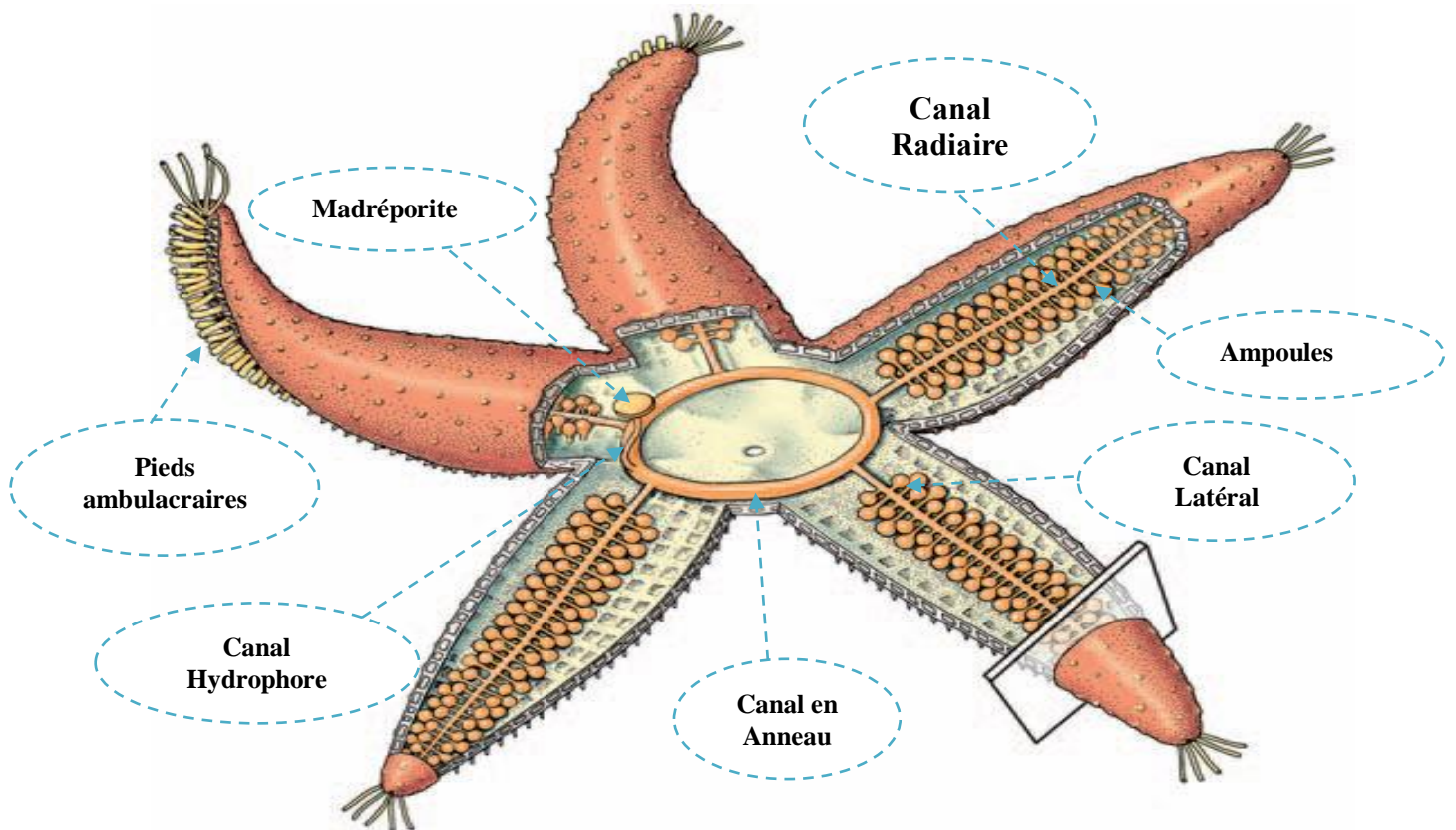
L'axe du corps a une orientation variable suivant les classes de cet embranchement. Chez les Etoiles de mer et les Oursins, la bouche a une position généralement centrale sur la face inférieure (orale ou "ventrale") du corps, tandis que le madréporite et l'anus sont situés sur la face supérieure (aborale ou "dorsale"). Chez les Holothuries, le corps est généralement tubulaire, cylindrique, la bouche étant antérieure et l'anus postérieur. Les Ophiures ont une organisation voisine de celle des étoiles de mer mais la bouche et le madréporite se situent sur la face inférieure, l'anus 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 (coelomique) 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'anus 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 coelomique. (**Guille et al., 1986**).

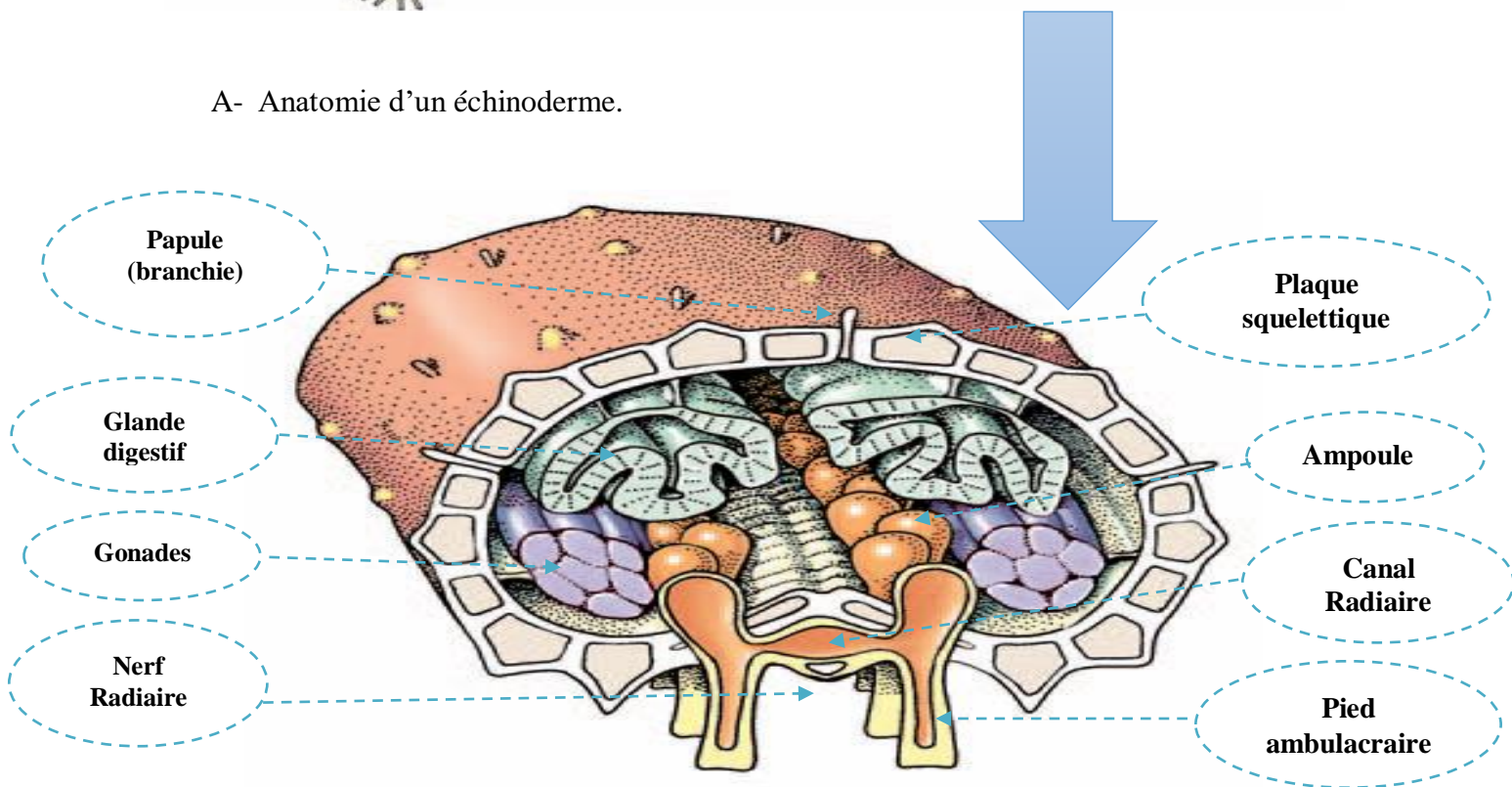
Le système vasculaire hydropneumatique, dit « système aquifère » (**Figure 1**), singularisé sous la forme de nombreux ambulacres et pédicellaires grâce auxquels les étoiles de mer, les oursins et les ophiures se déplacent sur le substrat et se procurent leur nourriture (**Sterry, 2014**).

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 ont un mode de vie fondamentalement différent. Les oursins réguliers vivent généralement sur des substrats durs (roches, coraux) ou sur des champs d'algues ou d'herbes marines (herbiers). La plus part de oursins supportent

difficilement les changements brusques de salinités et de température, les fortes intensités lumineuses, les ressacs violent. Ces facteurs de milieu influencent le comportement des espèces d'eau peu profonde et notamment celui des espèces récifales. Beaucoup d'oursins se cachent le jour, ne quittant leur abri qu'en fin de journée ou la nuit. D'autre creusent, à l'aide de leurs dents et de leurs piquants, une cavité dans les roches ou le corail ; ils peuvent y rester confinés et devenir sédentaires (ils se nourrissent alors de débris flottants qu'ils capturent avec leurs piquants et leur podia). Certains encore se couvrent de divers matériaux (coquilles, petit cailloux) qu'ils prélèvent sur le fond ou dans l'eau, et qu'ils hissent sur eux à l'aide des podia et des piquants (camouflage).

Les oursins irréguliers sont généralement fousseurs, 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 fousseurs (**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 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 profondeur 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 (fons 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.

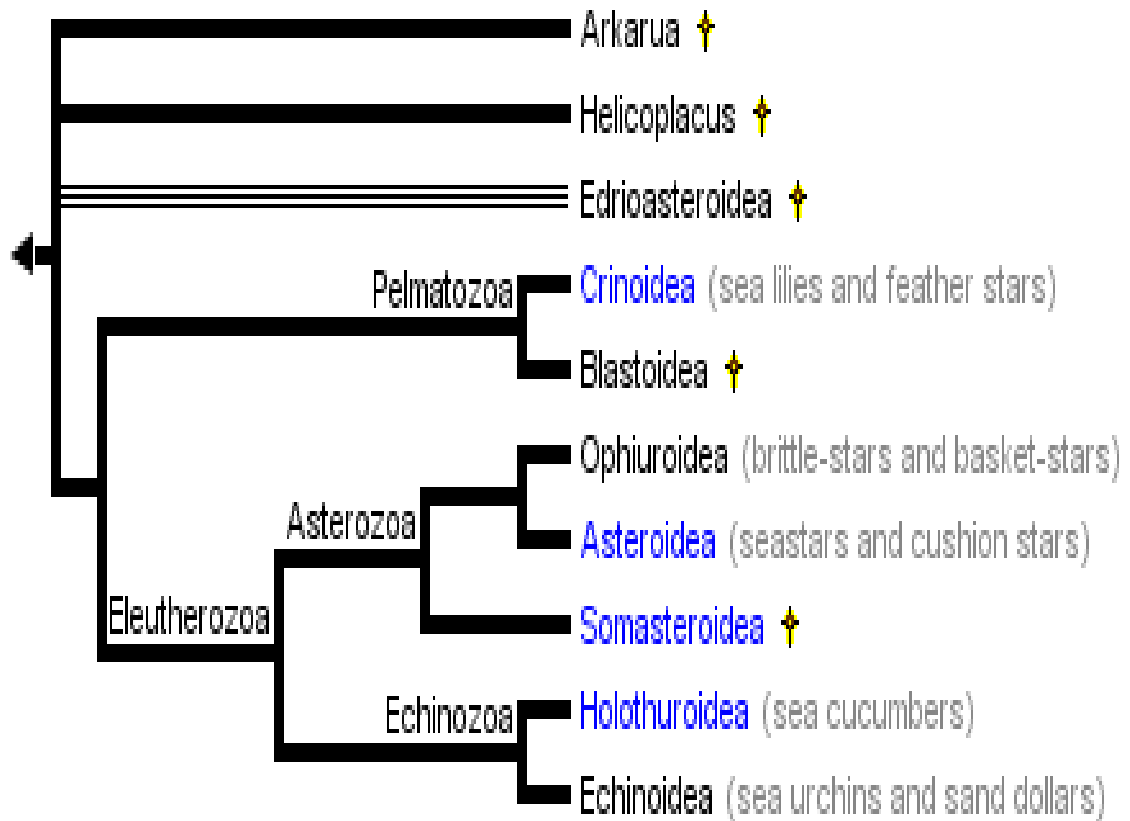
On les divise en deux groupes majeurs selon les positions relatives de la bouche et de l'anus.

**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).

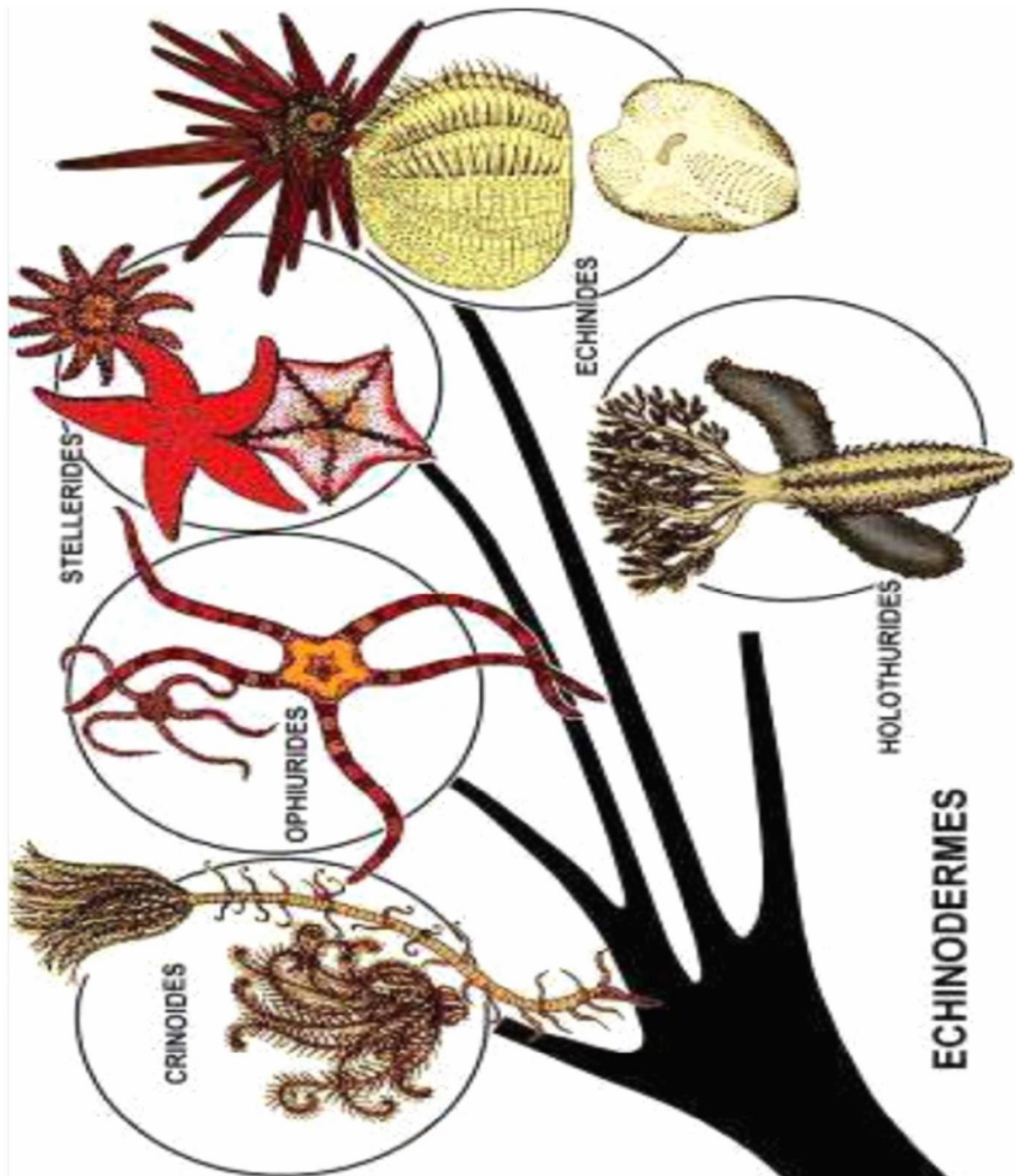


Figure 3 : Représentation des groupes d'échinodermes. (Net :1)

## 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).

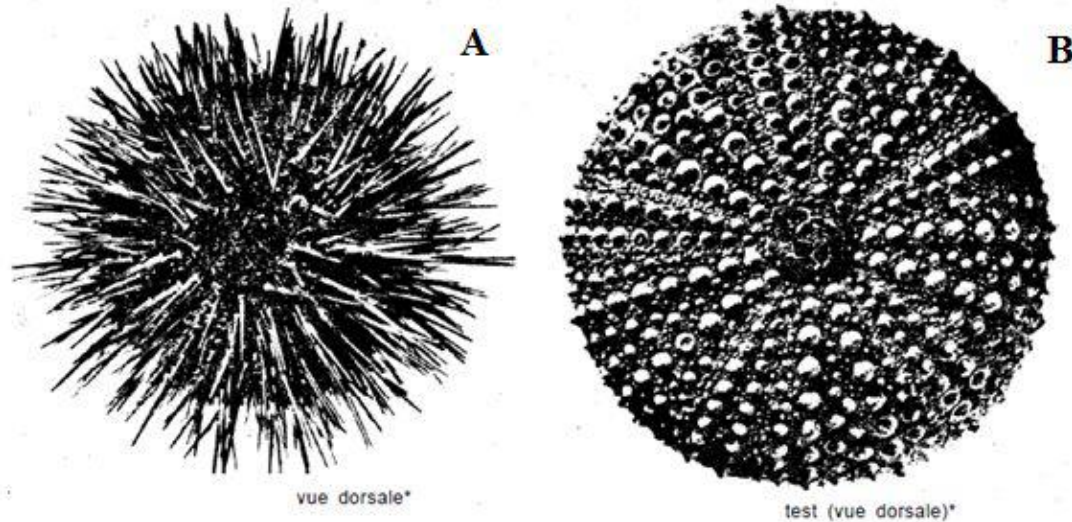
Classes	Types d'espèces	Nombres d'espèces dans le monde	Nombres d'espèces en Méditerrané
HOLOTHUROIDEA	Concombre de mer ou Bêche de mer	1100	36
ASTEROIDEA	Etoiles de mer	1800	35
OPHEUROIDEA	Ophiures	2000	21
CRINOIDEA	Lys de mer Comatules	700	2
ECHINOIDEA	Oursins violet Echinocarduim	900	22

### 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 *ekhinós*, « 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

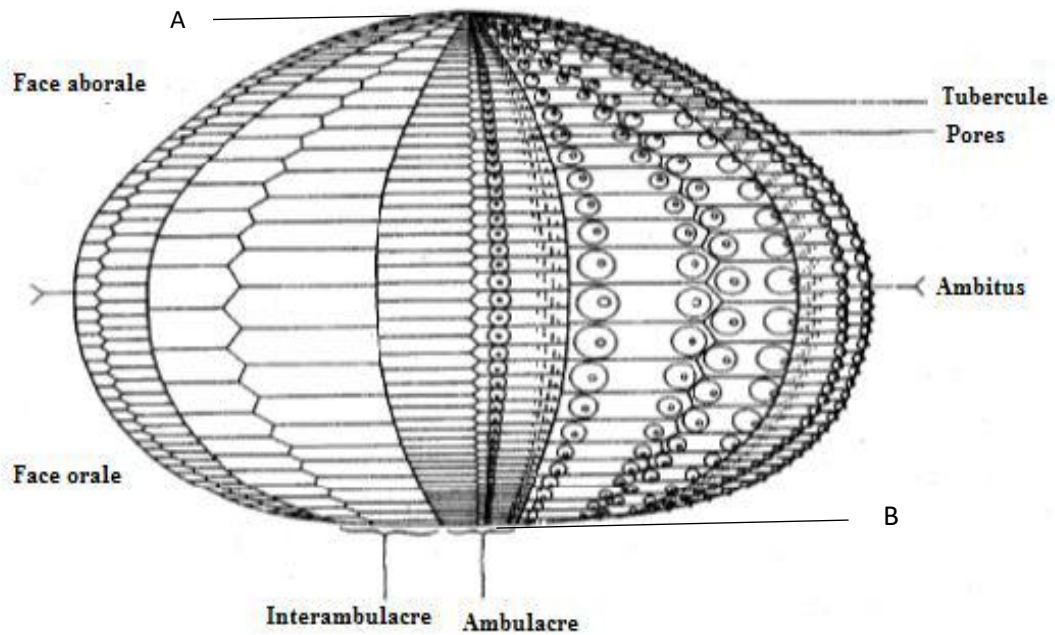


l'anus sont sur la face ventrale, la bouche à l'avant et l'anus à l'arrière. La plupart vivent sur et dans le sable et ils sont microphages (ils mangent de toutes petites particules).



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

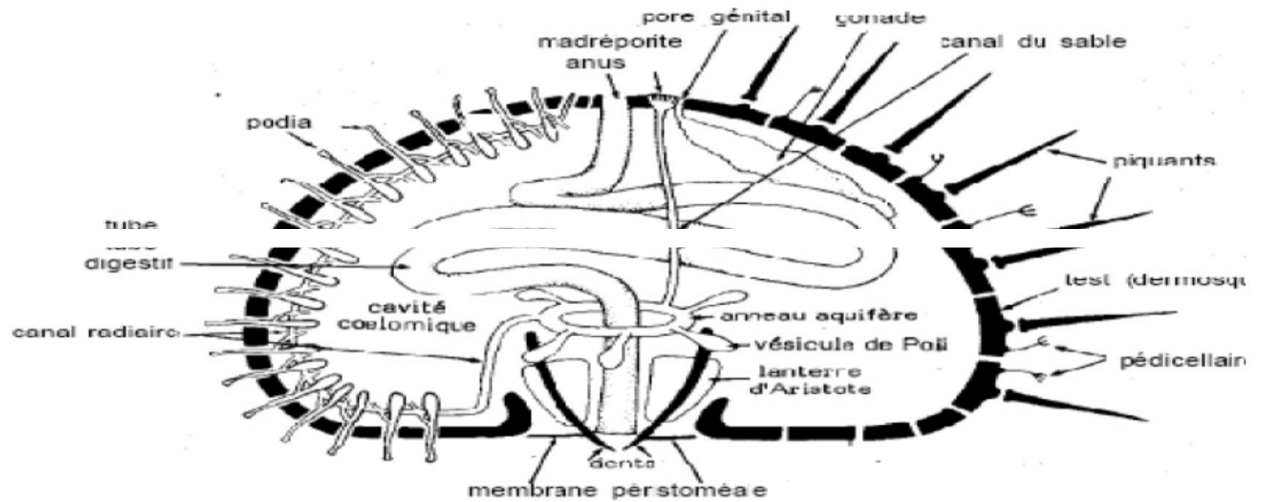
Leur corps sphérique est protégé par une coquille dure, entièrement recouverte d'épines acérées. Les épines tombent après la mort de l'animal. La coquille nue s'appelle un test (**Figure 5**). Les piquants sont caractéristiques des oursins. On les trouve sur tout le test. Ils sont portés par des tubercules 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 ou 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 interradiare 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).

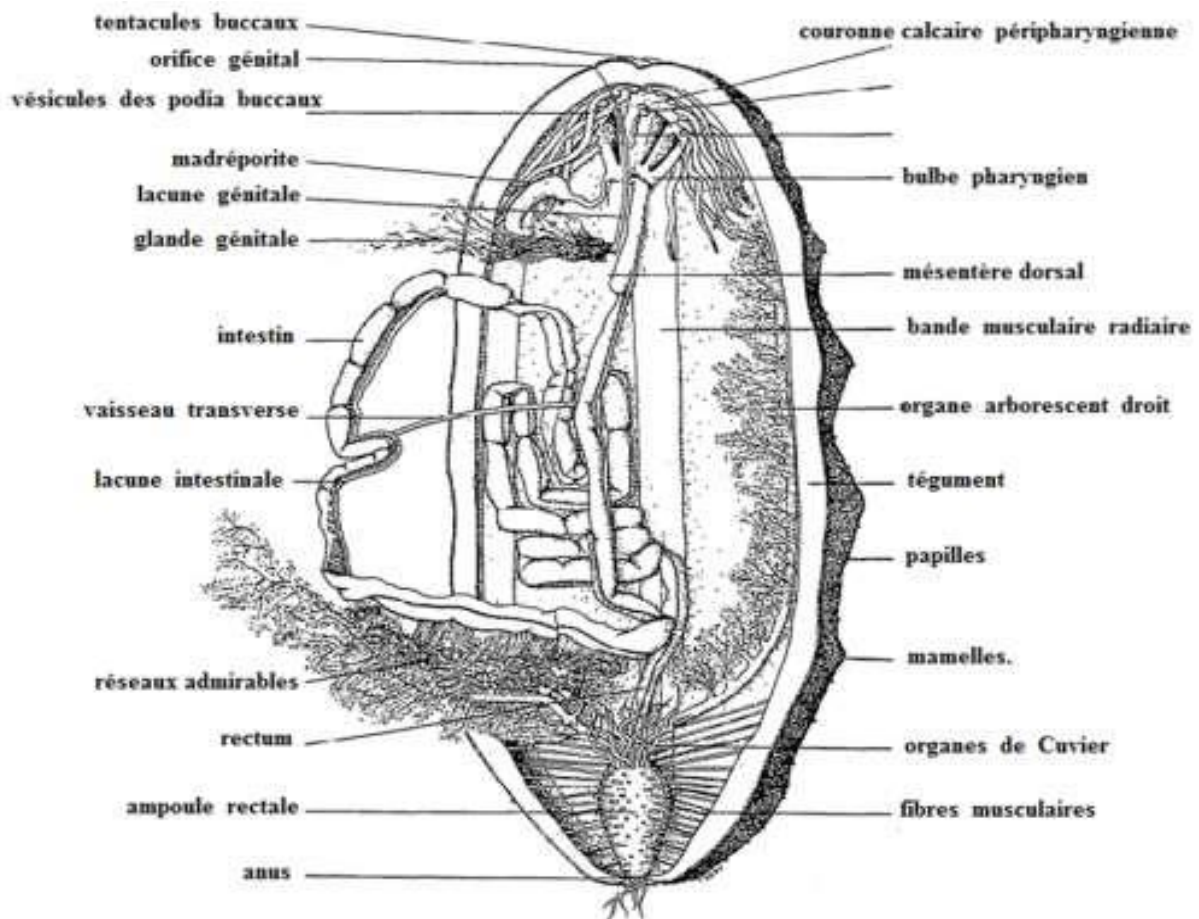
## 2-2- Classe HOLOTHUROIDEA :

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 *Aspidochirota* et les *Dendrochirota* 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**).

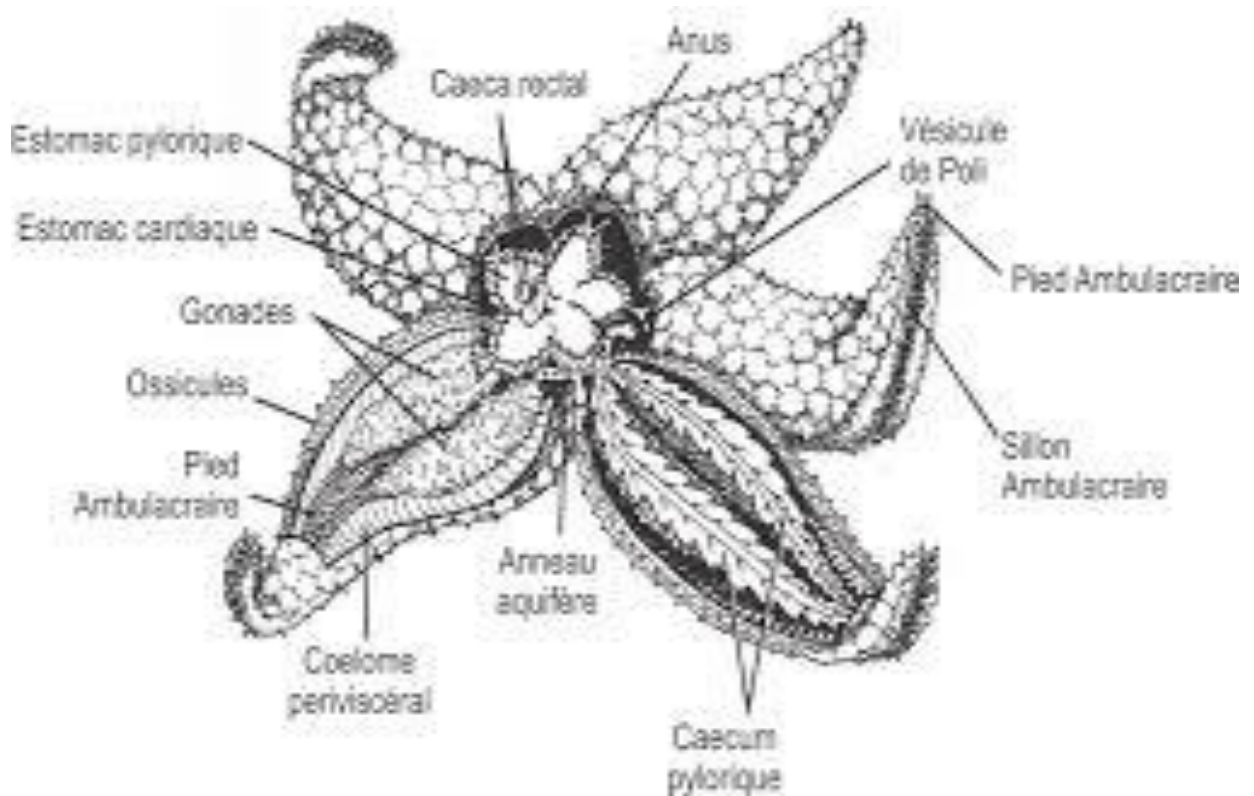
### 2-3- Classe des ASTEROIDEA :

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**).

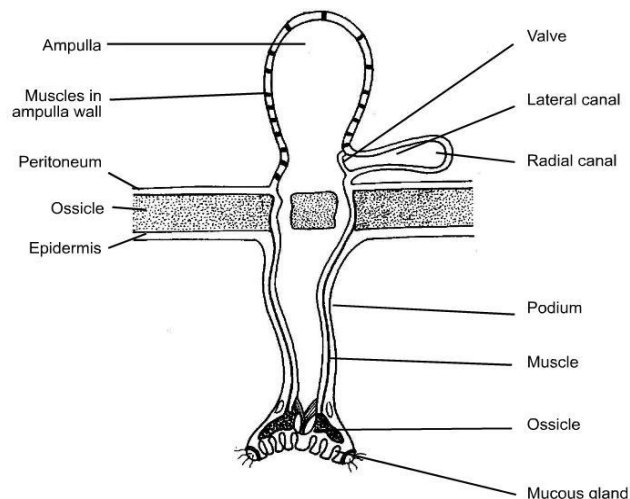
La face orale comporte les structures suivantes :

- 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 :

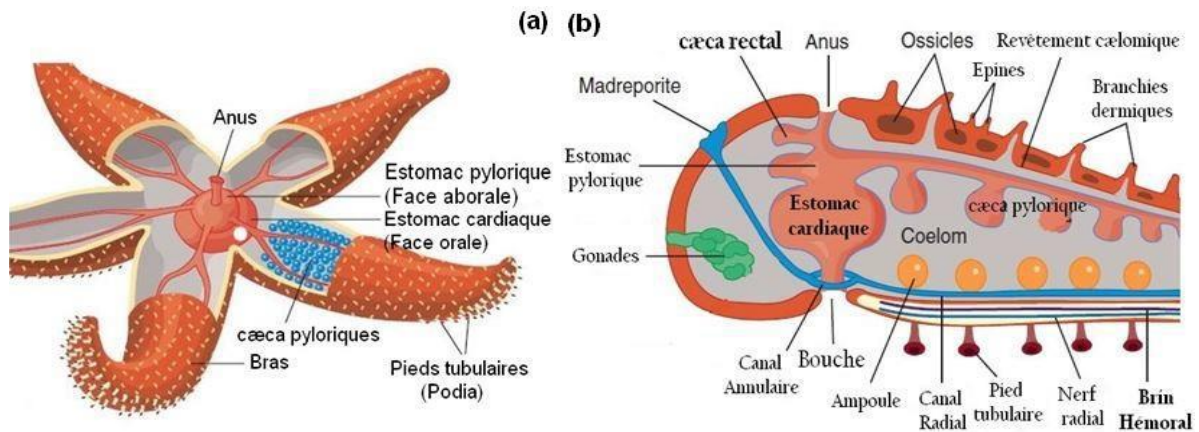
- L'anus est situé près du centre du disque mais peut être absent chez certaines astérides (**Woods, 1909**). C'est une petite ouverture invisible à l'œil nu se situant dans un inter radius à côté de celui occupé par le madrépore (**Khanna, 2005**)
- La plaque madréporique existe une plaque squelettique 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.

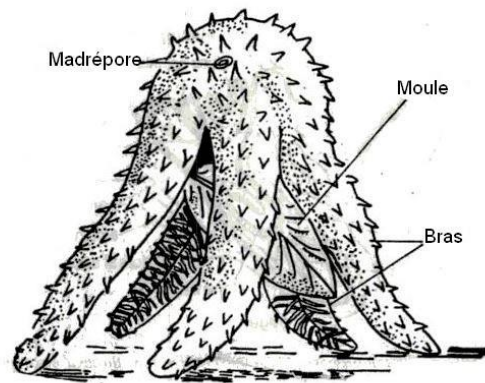


**Figure 10** : Structures digestives dans une étoile de mer. (Miller, 2001).

(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

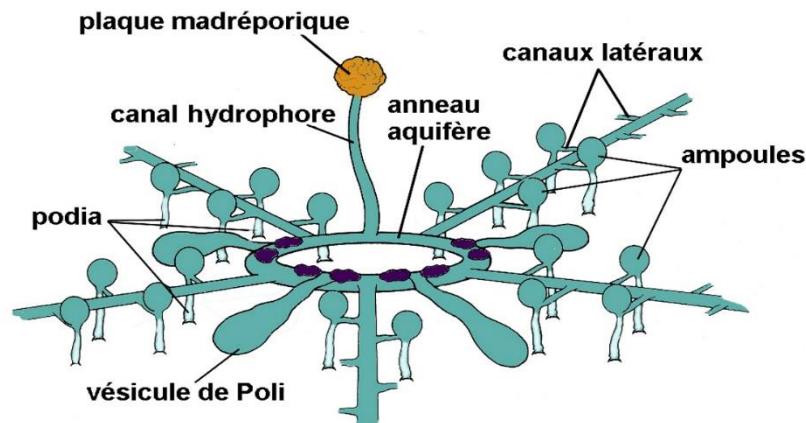
De nombreuses astérides se nourrissent en dévaginant l'estomac cardiaque par la bouche pour engloutir leurs proies ou en insérant l'estomac rabattu à travers l'ouverture étroite des bivalves pour digérer l'animal (**Figure 11**) (**Lewbart, 2006**), et lorsqu'elles finissent de s'alimenter l'estomac 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

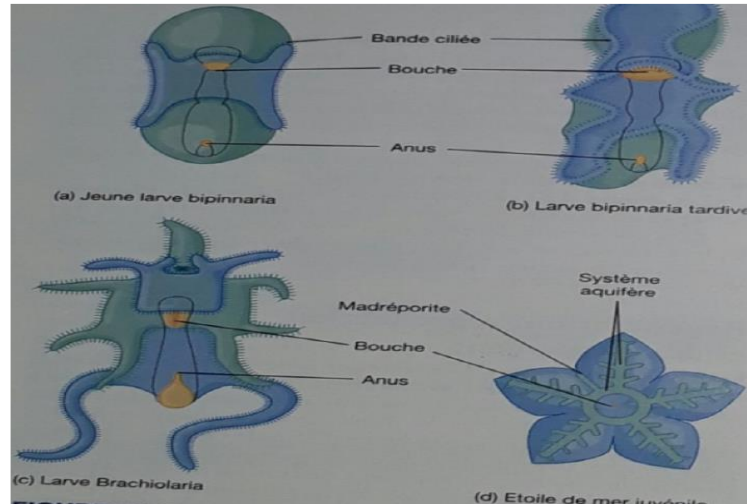
annulaire dont la fonction peut être osmorégulatrice ou encore hydrorégulatrice au sein du système ambulacraire (**Brusca et Brusca, 2003**).



**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 coelome (**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 planctonique 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).**

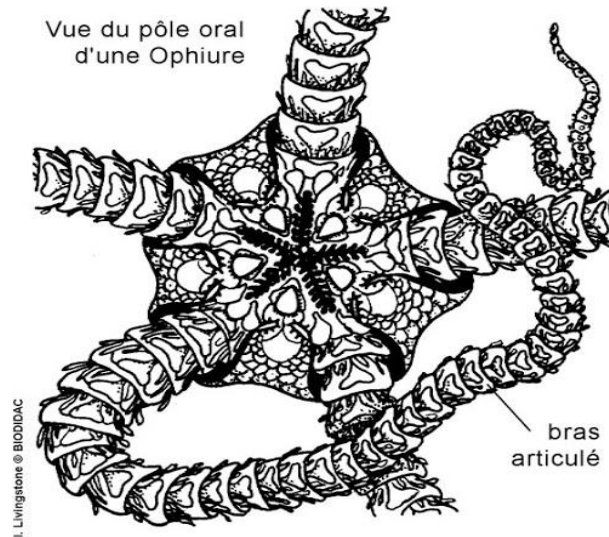
Il n'existe pas d'organes hautement spécialisés pour l'excrétion, pas de système circulatoire bien défini, et le système nerveux présente un faible niveau de spécialisation (**Van Cleave, 1931**). En effet, mises à part de nombreuses cellules nerveuses qui se localisent au niveau des cellules de l'ectoderme, 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 coelomique 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 coelomique aidé par le cæca rectaux (**Hegner, 1933**).

#### **2-4- Classe d'OPHIUROIDEA :**

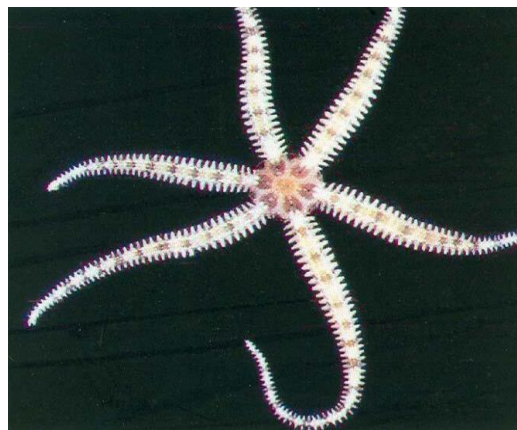
Les ophiures sont des organismes aux formes gracieuses et aux couleurs vives. Elles se déplacent par l'ample mouvement de leurs bras qui se tordent comme des queues se serpent.

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)

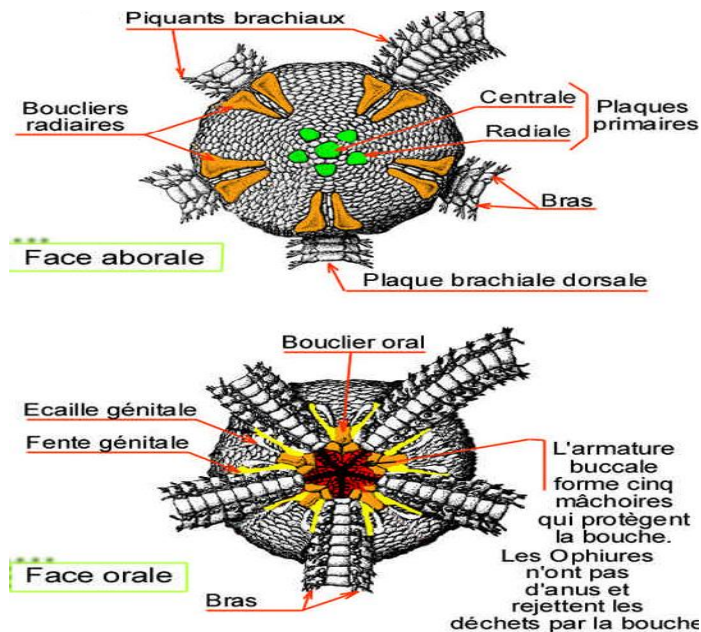


**Figure 15** : *Ophiactis savignyi* (MÜLLER & TROSCHER, 1842) Ophiure a six bras (Net 3).

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 frétilllements 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).

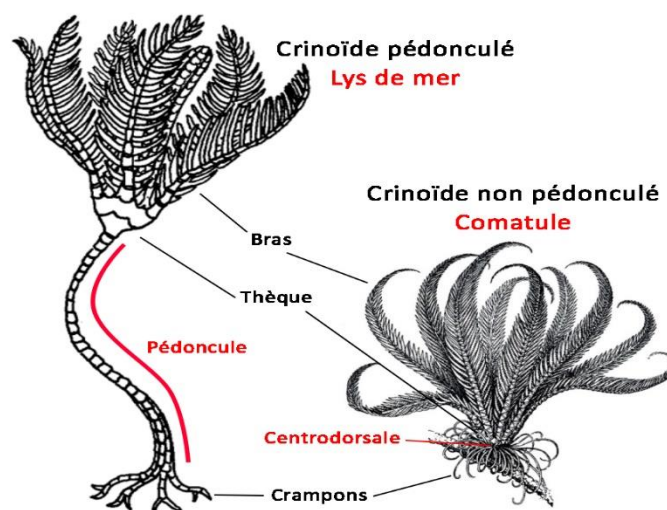
Le squelette perd sa continuité et ne forme une enveloppe rigide que dans les bras. La plaque madréporique passe sur la face ventrale. Les glandes génitales s'ouvrent sur cette même face par dix fentes. Ce squelette se compose de petites pièces placées sur deux rangs et alternant, les vertèbres, les 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'*Amphipholis squamata*, 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**).



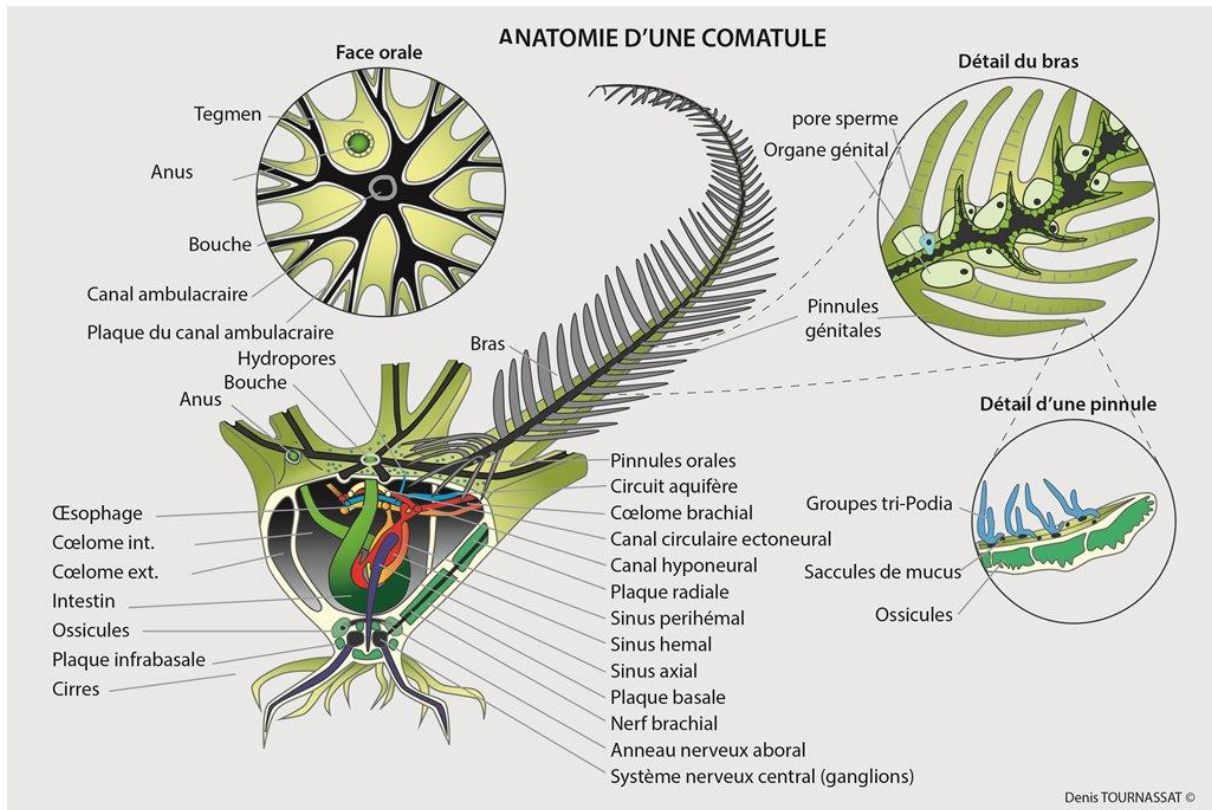
**Figure 17** : Morphologie de lys de mer et de comatule (**Denisio, 2016**).

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 cœlomiques 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 arçonnées 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 complexe ; 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 km<sup>2</sup> (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**)

C'est avec raison que la Méditerranée est le symbole de la mer bleue. Elle se distingue, en effet, des autres mers par sa couleur bleue intense dûe non seulement au reflet de l'azur du ciel mais aussi à la limpidité et la transparence de ses eaux. Les secteurs les plus bleus sont le golfe de la Grande Syrte, la mer Ionienne, le bassin oriental au Sud de la Crète et de Chypre. La transparence mesurée avec le disque de Secchi paraît avoir son maximum sur les côtes de Syrie et dans le golfe de Syrte. LUKSH a trouvé 51 m dans la mer Ionienne, 52 m au Sud de Chypre et 60 m en Syrie. Malheureusement aux eaux turbides des embouchures de fleuves, on doit ajouter les eaux troubles et polluées au voisinage des régions portuaires, industrielles et des grandes agglomérations dont l'extension galopante devient inquiétante. (**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 m<sup>3</sup> 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 :**

En raison de la richesse naturelle, la beauté des paysages et le beau climat, les côtes Méditerranéennes sont une destination des touristes. Les pays Méditerranéens encouragent le tourisme sur les côtes méditerranéennes. Le tourisme constitue actuellement la première source de devises étrangères de la région. Mais beaucoup ignorent l'importance de protéger l'environnement et d'appliquer les normes du développement durable : L'incidence du tourisme intensif sur l'environnement se traduit par l'utilisation des terres, la consommation des ressources d'eau, la pollution, les déchets et les pressions physiques et socioculturelles, la réduction des sites naturels et des espaces libres, la modification substantielle des paysages côtiers ainsi que des conflits sur l'utilisation des terres, de l'eau et des autres ressources.

### **1-3-3- Agriculture :**

En raison de la morphologie spécifique du bassin Méditerranéen, l'activité agricole est pratiquée de façon intensive dans des plaines côtières restreintes.

L'agriculture constitue la principale source non ponctuelle de pollution de la mer Méditerranée (**Medones, 2004 d**), l'utilisation de produits chimiques dans l'agriculture fait que les eaux de ruissellement emportent des pesticides, des nitrates et des phosphates (**Medondes, 2004 b**). Les pesticides sont présents dans un tiers des rejets agricoles et que l'on retrouve dans 90 % des cours d'eau (**Gachot, 2008**).

**Pêche :**

La Méditerranée se caractérise par ses conditions naturelles qui demeurent uniques: sa condition de mer oligotrophique, des paysages côtiers exceptionnels, une profondeur importante, des conditions climatiques très belles et rares.

Aussi la mer Méditerranée est un réservoir majeur de biodiversité : 10 000 à 12 000 espèces marines (faune et flore). Avec 0.7% de la surface de l'océan mondial, elle héberge donc 8 à 9% de sa biodiversité ; c'est donc un pôle de biodiversité. Les herbiers de posidonie, les zones intertidales rocheuses et les estuaires de la côte Méditerranéenne sont des habitats de première importance pour beaucoup d'espèces, et sont les zones de fraye et d'alevinage de certaines des principales espèces de poissons. Mais ces espèces sont menacées en premier lieu par la surpêche surtout dans les pays du sud de la Méditerranée qui sont des pays en voie de développement (PED) où la protection de l'environnement n'est pas parmi leurs priorités, et qui n'appliquent pas des politiques strictes pour protéger le milieu marin. En raison de cette menace plusieurs réglementations sont adoptées au niveau international et régional afin de préserver ces espèces. Selon les données de (FAO) la quantité de pêche «passive» due à la perte des filets de pêche a généralement augmenté, mais le nombre de chalutiers reste stable depuis 1982. D'autre part, la pêche excessive menace la pérennité de certains stocks, tandis que la biodiversité est perturbée par l'intrusion d'espèces non indigènes (**Perrot, 2008**).

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

Les activités industrielles existant autour du bassin Méditerranéen menacent la mer Méditerranée. Certaines zones en présence des industries lourdes telles que les industries chimiques et pétrochimiques...etc. Sont plus menacées que les autres régions.

Avec plus de 200 installations pétrochimiques et énergétiques, usines chimiques et unités de production de chlore et quelques 80 grands cours d'eaux charriant une charge importante de pollution provenant de l'amont, le bassin Méditerranéen se trouve à l'heure actuelle dans un état de détérioration. Une soixantaine de raffineries de pétrole déversent chaque année près de 20.000 tonnes d'hydrocarbures dans la mer (**Medondes, 2004 b**).

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.

Le déversement de pétrole est l'une des sources de pollution dangereuses qui menace la sécurité maritime en raison des conséquences graves résultant de cette pollution qui est plus élevée que pour d'autres mers et océans. 52 % du total des déversements d'hydrocarbures dans la mer Méditerranée provient du trafic maritime contre 48 % pour les autres mers.

En général, le transport pétrolier par voie maritime est fondamentalement moins sûr que d'autres types de transport de marchandises.

Ainsi que le soulignait le rapport provisoire du BEA-Mer sur le naufrage de l'Erika «ce navire était comme ta plupart des *product-tankers* de son âge, exploité pour le transport des produits noirs (fioul, goudrons) c'est-à-dire les plus polluants, mais les moins exigeants en matière de qualité de citernes et de qualité de nettoyage entre deux chargements. Les produits blancs (gazole, essence, kérosène, naphtha) sont beaucoup plus dangereux à cause de leur inflammabilité, mais moins polluants du fait de leur volatilité. Il s'agit en outre de produits exigeants en ce qui concerne la propreté des citernes. Ce sont généralement les *product-tankers* les plus récents qui sont affectés à leur transport. Les navires âgés, principalement affectés au transport des produits noirs, sont statistiquement plus susceptibles d'accidents que les navires récents. Force est donc de constater que les produits pétroliers les plus polluants sont transportés par les navires les moins sûrs» (**Le Couviour, 2007**).

Les conséquences de ces marées noires sont la dégradation de la vie végétale et animale dans la mer et sur les rives.

D'une part, la marée noire empêche le soleil d'éclairer les fonds marins et l'air de passer. Les minuscules végétales et animales formant le plancton disparaissent, ce qui détruit la chaîne alimentaire.

D'autre part, la marée noire met de nombreuses espèces animales en danger. Par exemple, les oiseaux, lorsqu'ils ont leurs plumes enduites de pétrole, ne parviennent même

plus à voler. De plus, si les oiseaux avalent du pétrole en lissant leur plumage, ils en meurent<sup>50</sup>. Suite au naufrage d'Erika, les statistiques estiment que : entre 75 000 et 150 000 oiseaux ont péri pendant les deux premiers mois (**Laubier, 2005**).

En plus ces marées noires ont des effets dangereux sur la santé et les activités de l'homme. Dans les zones les plus touchées par le naufrage d'Erika (Loire-Atlantique et Vendée), les teneurs relevées dans la chair des bivalves ont conduit à interdire la vente des coquillages et la pêche à pied, interdiction qui ne sera levée qu'un an et demi plus tard.

Sans oublier les effets économiques (les frais de nettoyer des marées noires), et la période nécessaire pour la remise en état des sites touchés (dix ans ont été nécessaires pour que l'écosystème marin retrouve un état équivalent à l'état antérieur à la marée noire de l'Amoco Cadiz).

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

La Méditerranée possède 46 000 kms de côtes, ce qui en fait la plus grande mer fermée du monde. Elle abrite un grand nombre de zones humides côtières, qui agissent comme bastions de la biodiversité dans la région, et sont traditionnellement utilisées par l'homme. Plus de la moitié de la population méditerranéenne vit dans les zones côtières. Ces zones sont menacées par l'augmentation constante de cette population et par le développement non-durable lié au tourisme, à l'urbanisation et aux projets industriels. De plus, les pressions hydriques croissantes et la pratique d'une agriculture non-durable dans la région détournent toujours plus d'eau des zones humides. En outre, la nécessité d'une conservation efficace des zones humides est devenue encore plus urgente afin d'atténuer les impacts du changement climatique.

Les zones humides se distribuent le long de toute la zone de la Méditerranée d'une manière non équitable.

Il existe plusieurs espèces qui dépendent des zones humides au moins pendant une partie de leur vie. Pour un nombre considérable d'entre elles l'eau et les zones humides sont absolument nécessaires pour l'accomplissement de cycle biologique de ces espèces qui en sont donc dépendante. Elles constituent la biodiversité de ces systèmes riche en biomasse.

Etant donné leurs positions, 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 et des formations végétales, ont été créées le long du bassin méditerranéen.

La biodiversité qui en a résulté dans la région, aussi bien en espèces floristiques que faunistiques, est considérée très élevée, malgré les grandes pertes et l'ampleur de la dégradation subie par les habitats sensibles, notamment au cours du vingtième siècle. Une grande partie de cette biodiversité est concentrée dans les zones humides de la région, comme illustrée dans le nombre considérable des sites méditerranéens RAMSAR qui ont été désignés sur la base des critères de la méditerranée (**Meziane, 2011**).

Aujourd'hui en Algérie avec ces 26 sites de valeur internationale classée dans la liste Ramsar des zones humides d'importance internationale, des pans entiers de la biodiversité de l'Algérie souvent inexplorés, et, par conséquent, méconnus, ont été mis sous éclairage des lampions de la communauté scientifique nationale et internationale dans 3 volumes appelés atlas des zones humides algériennes d'importance internationale. Le premier édité en 1999, le deuxième en 2001, le troisième en 2002, et le quatrième en 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 sebkha, 1 crique.

#### **1-5- Endémisme :**

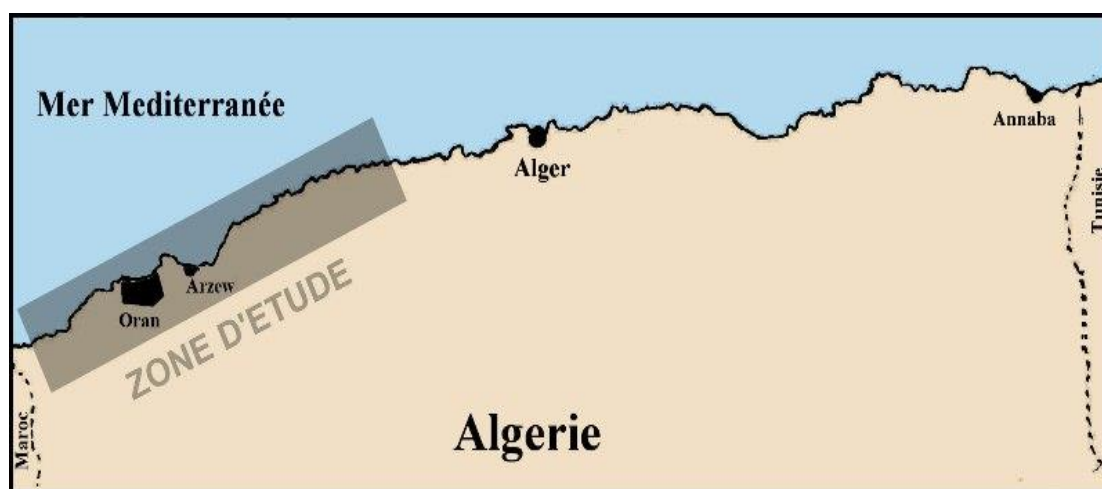
Le terme endémisme recouvre une large gamme de situations : une espèce est dite endémique dès lors que son aire de répartition est limitée à une zone particulière ; l'endémisme est donc relatif. L'endémisme peut être décrit à toute échelle géographique : un organisme peut être endémique d'une montagne ou d'un lac unique, d'une chaîne de montagnes ou d'un bassin hydrographique, d'une île, d'un pays ou même d'un continent. Le terme « endémique » fait donc référence à l'aire de répartition de l'espèce qui présente au moins une des deux spécificités suivantes : aire de répartition très localisée (un seul endroit du globe) et /ou aire de répartition caractérisée par des conditions environnementales particulières, spécifiques d'un type de milieu. Ainsi, **Anderson 1994** précise deux types d'endémisme :

– L'endémisme « confined to special areas » ou endémisme strict : il s'agit d'espèces que l'on ne retrouve que dans un certain type de milieu, d'habitat et nulle part ailleurs. Cet endémisme peut résulter d'une forte adaptation locale de l'espèce en réponse à une compétition intense par exemple.

– L'endémisme « confined to small areas » ou endémisme géographique : il s'agit d'espèces que l'on ne trouve qu'en un seul endroit, d'aire très restreinte, tel qu'un petit archipel ou une île isolée du Pacifique. Cependant, il est possible qu'une espèce endémique locale puisse aussi être une endémique stricte (Delrieu-Trottin, 2013).

## 2- Localisation géographique de la zone d'étude

Le littoral oranais s'étend de l'extrême est de la wilaya de Mostaganem 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 (Leclair, 1972).

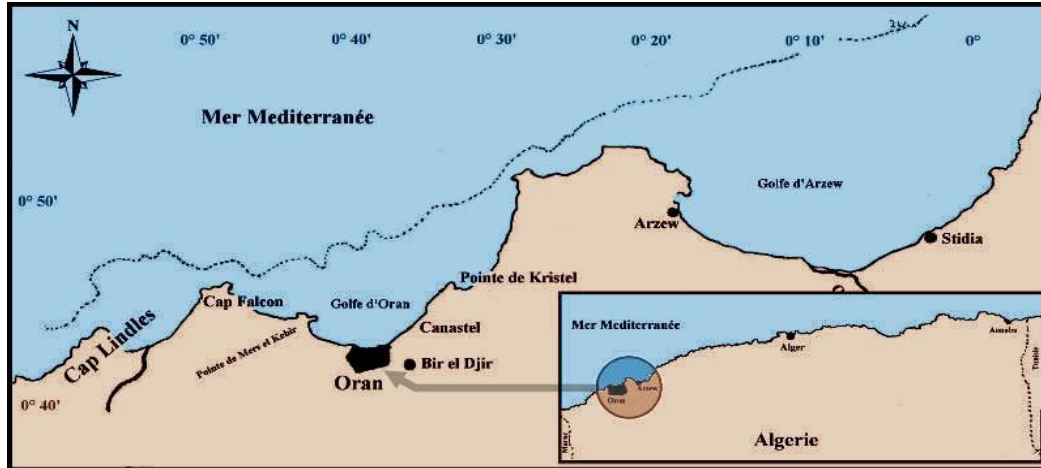
Le golfe d'Oran occupe la partie centrale du littoral oranais et s'ouvre d'Ouest en Est ; elle est bordée sur 30km de terres élevées et dessine une demi-circonférence à peu près régulière depuis le cap Falcon jusqu'au cap de l'Aiguille.

Du port d'Oran à la Pointe de Mers el Kébir, la côte est constituée essentiellement de hautes falaises (10 à 30 m de hauteur). À l'est du port d'Oran, la côte présente des falaises plus ou moins hautes interrompues de petites plages.

Deux des plus grands ports d'Algérie se trouvent dans cette zone : les ports d'Oran (Figure 22) et de Mers el Kébir. Le port de Mers el Kébir occupe presque toute la partie occidentale de la baie d'Oran. C'est un port militaire et comprend un important chantier

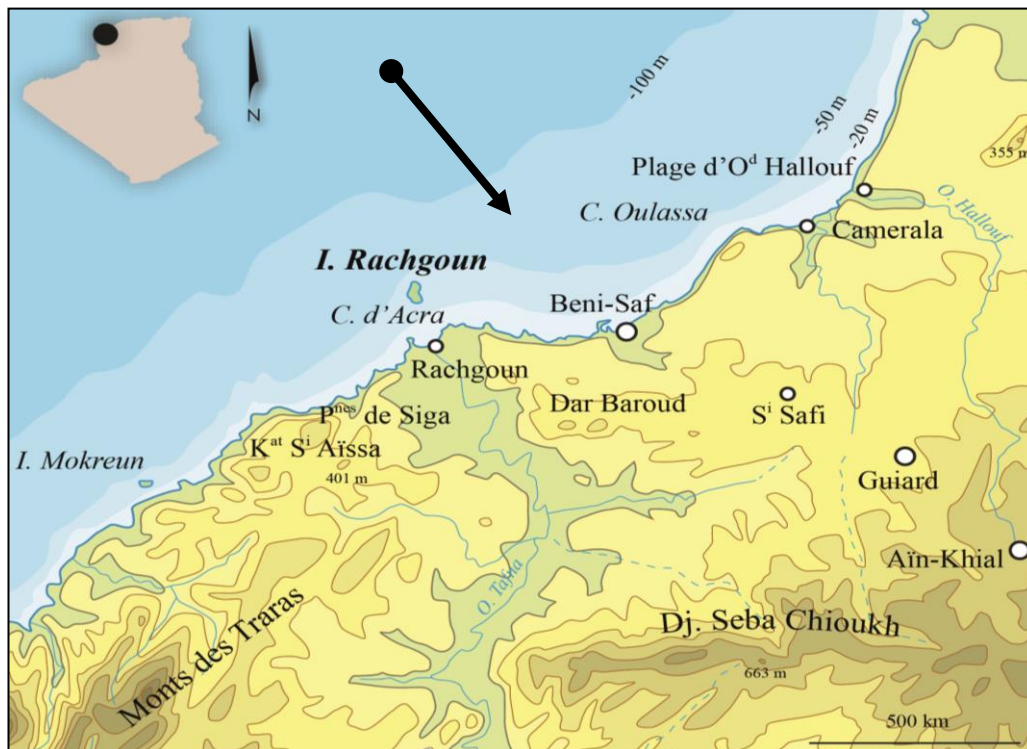


naval. La partie centrale de cette zone est occupée par le port d'Oran. A l'est de ce port se trouve le petit port de Kristel qui abrite une petite flottille de pêche artisanale.



**Figure 22:** Golfe d'Oran. (Kerfouf *et al.*, 2010)

La baie de Beni saf s'étend sur 14 Km du Cap Acra à l'ouest au Cap Oulhassa à l'Est (Figure 23). Cette baie en arc de ciel est très ouverte aux houles (Refès, 1996).



**Figure 23 :** Localisation de la baie de Béni Saf (Benallal *et al.*, 2020).

### 3- Géomorphologie et sédimentologie

Comme toutes les terres émergées autour de la Méditerranée, l'extrémité septentrionale du continent africain se prolonge en mer par une bordure sous-marine peu étendue, plus ou moins continue. Elle assure la transition avec les grands fonds du bassin algéro-baléares : la marge continentale ou le précontinent nord-africain, qui se prolonge depuis la frontière marocaine jusqu'à la frontière tunisienne (**Leclaire, 1972**).

Le littoral sud méditerranéen est constitué de 70 % de falaises abruptes entrecoupées de promontoires rocheux avec des saillies et des caps, les 30 % restants sont représentées par les plages sablonneuses bordées de cordons dunaires ou cadrées par des affleurements de roches éruptives (**Leclaire, 1972**).

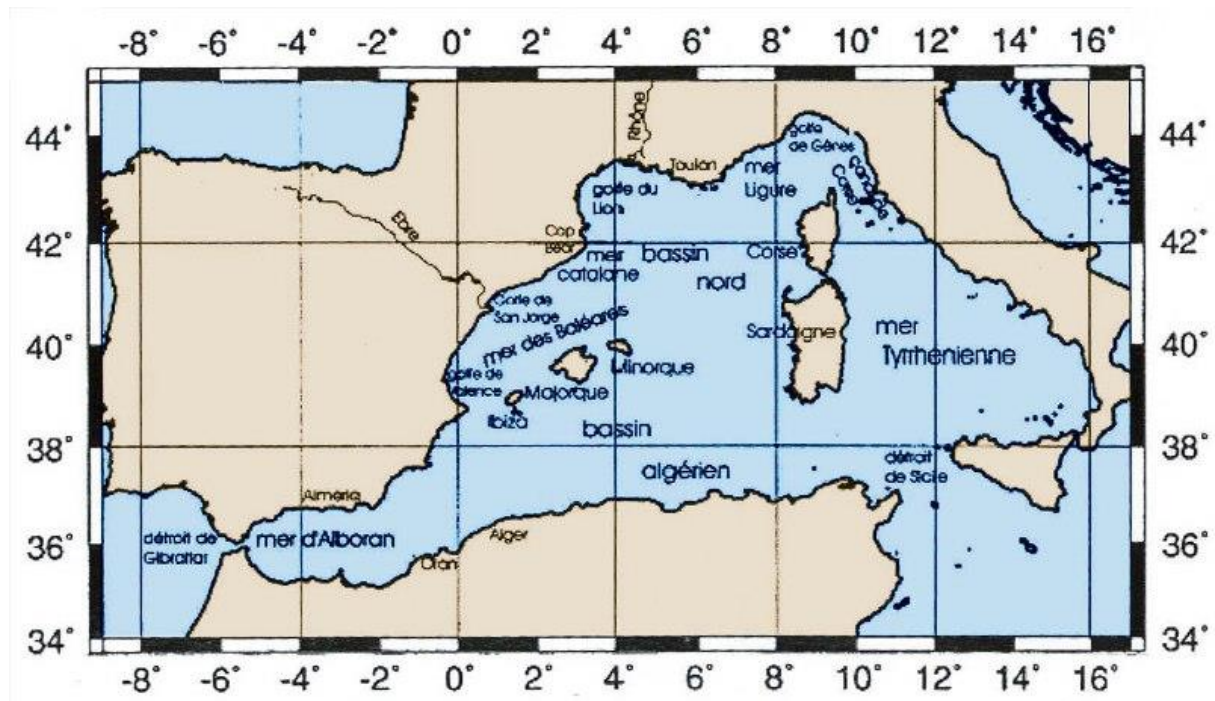
La plateforme de l'ouest algérien est l'une des plus étroites de la Méditerranée, puisque sa largeur moyenne est de 7km ; ainsi le rebord de ce plateau s'abaisse sensiblement le long du golfe d'Arzew et remonte au voisinage des massifs d'Oran, où la couverture sédimentaire est de nature variée. Le calcaire est le constituant majeur des sédiments, car il forme un tapis recouvrant tout le plateau continental ; par contre les sédiments siliceux sont faiblement représentés. Les vases calcaréo-siliceuse qui couvrent une importante superficie de la baie d'Oran sont très riches en débris de roches et en coquilles fraîches et transparentes, alors que les boues argilo siliceuse ne représentent qu'un faible pourcentage aux rebords de cette baie (**Leclaire, 1972**).

Les fonds des îles Habibas au cap Falcon, sont de nature sablonneuse, vaseuse par endroit, coquillères et parsemés par de nombreuses roches. Du cap Falcon au cap de l'Aiguille, tous les sables et les graviers calcaires sont plus ou moins argileux. Ils se divisent en deux types : les sables de la plateforme continentale et les sables du rebord. Enfin à l'est de notre zone d'étude entre la Pointe de l'Aiguille et le cap Carbon, la côte est essentiellement rocheuse (**Leclaire, 1972**).

Les matériaux constituant la couverture sédimentaire actuelle proviennent comme partout ailleurs de l'érosion continentale ou sous-marine, et de la production d'origine biologique, soit benthique soit planctonique. Le façonnement et la répartition de tous ces matériaux sont largement conditionnés par la nature même du milieu marin, c'est à dire par des caractéristiques physico-chimiques et dynamiques.

#### 4- Les courants

La Méditerranée est située entre 30° et 40° nord, c'est une mer profonde, presque fermée, communiquant avec l'océan atlantique par le détroit de Gibraltar (**Figure : 24**).



**Figure 24 :** Situation géographique du bassin méditerranéen occidental.

En Méditerranée l'évaporation étant plus intense que les précipitations et les apports fluviaux, il existe un déficit constant ; mais les apports en provenance de la Mer noire via les Dardanelles et surtout de l'Atlantique par le détroit de Gibraltar, rétablissant l'équilibre, 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 à la fois son bilan d'eau et son bilan de sel, 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, typiquement méditerranéenne. Cette eau méditerranéenne, finalement s'écoule dans l'atlantique dans les parties profondes du Déroit de Gibraltar.

La Mer méditerranée est considérée comme un bassin semi fermé qui communique avec le reste de l'océan mondial par le Déroit de Gibraltar dont la largeur est en moyenne

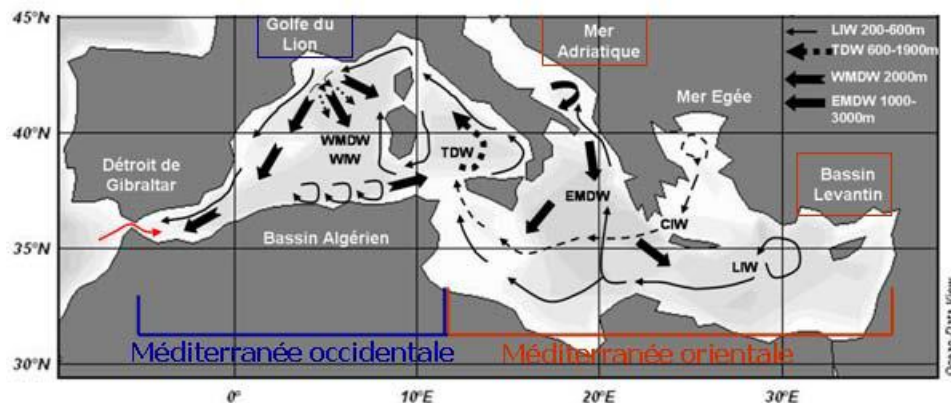
de 15 km et la profondeur de 250m au seuil. Le détroit de Sicile dont la profondeur est environ 1000 m au seuil, divisant le bassin en deux grands sous bassins, la Mer occidentale et la Mer orientale, sous divisées à leur tour en mers secondaires (**Lascaratos, 1998**).

Un certain nombre d'auteurs apportent des précisions sur la circulation des eaux en Méditerranée et le long des côtes algériennes (**Bernard, 1958 ; Lacombe et al, 1960 ; Furnestin et al., 1969**) :

- Un courant de surface ou courant atlantique qui va d'ouest vers l'est.
- Un courant profond ou courant oriental qui va de l'est vers l'ouest.

La valeur moyenne des eaux atlantiques entrantes en Méditerranée est en effet, de 1 million de m<sup>3</sup>/s (**Lacombe et al, 1960**). Ce flux détermine par son importance l'allure de la circulation générale de l'hydrologie et même des variations de niveau dans toute la Méditerranée occidentale. Parmi les principaux facteurs qui affectent la circulation générale, les vents, l'évaporation et la rotation de la terre paraissent jouer un rôle important. Les récentes investigations reposant sur l'imagerie satellitaire, on précise l'évolution du courant atlantique (**Millot et al ., 1989**).

Ce courant pénètre sous forme d'une veine de 50km de largeur à 0°, de hauteur maximale 150m et d'une vitesse supérieure à 50cm/s. il long la côte et s'en rapproche sous l'effet de la force de Coriolis (**Figure 25**).



**Figure 25** : Circulation globale en Méditerranée. LIW (eau levantine intermédiaire), TDW (eau densitérrhénienne), WMDW (eau profonde du bassin Ouest Méditerranéen), EMDW (eau profonde du bassin Méditerranéen) (**Millot, 1999 in Ait Ameur, 2007**).

A proximité d'Oran, les eaux atlantiques se resserrent près de la côte en s'enfonçant jusqu'à 100 – 200 m de profondeur et se dirigent vers l'est avec une vitesse moyenne de 0,6 nœuds.

Vers 4° à l'est, le courant se divise en deux branches dont l'une poursuit sa route vers l'est (Déroit sicilo-tunisien) en s'écartant de la côte et en diminuant de vitesse (0,5 m/s devant Alger), tandis que l'autre moins importante remonte vers le nord (bassin algéro-baléares, côte ouest de la Sardaigne et de la Corse). Orienté ouest/est tout au long du précontinent algérien, le courant atlantique induit au niveau des golfes et des baies des contres courants à vitesse très faibles tournant dans le sens des aiguilles d'une montre.

D'après les mesures par flotteurs, la vitesse moyenne en surface de ces courants est de 0,3 Km/h à Arzew (**Caulet, 1972**) et à Alger (**Grovel, 1960**).

A proximité des fonds sous-marins, la vitesse de ces courants diminue très rapidement et devient pratiquement négligeable : 1 cm/s (**Millot, 1987**).

Le flux d'eaux Océaniques entrant par le détroit de Gibraltar sous forme de méandres associe son effet avec d'autres phénomènes complexes pour engendrer des *upwellings* ou remontée des eaux profondes, d'où un apport en sels minéraux et éléments nutritifs qui permet le développement du phytoplancton et du zooplancton, premier maillon de la chaîne trophique marine nécessaire au maintien d'un équilibre stable de cet écosystème (**Boutiba, 1998**). Les *upwellings* côtiers contribuent au transfert et à la répartition des polluants (**Aubert et al, 1982**).

#### 4.1. 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°.

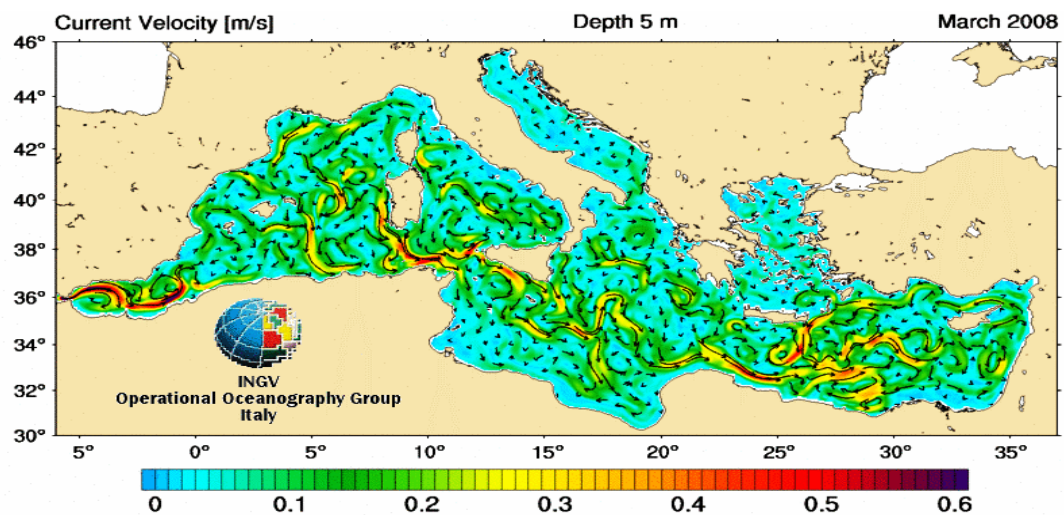
Le flux atlantique va traverser la mer d'Alboran puis les côtes algériennes sous forme de gyre anticyclonique (mouvement circulaire suivant le sens des aiguilles d'une montre) ; ce même courant (courant algérien) est souvent instable et à forte intensité engendrant des courants secondaires (méandres) 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

Espagne et de l'Espagne (courant Liguro provençal) pour revenir à l'Atlantique via le Déroit de Gibraltar.

- La deuxième gagnera la Méditerranée orientale via le déroit de Sicile.

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 (**Figure 26**). 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**).



**Figure 26** : Circulation de surface et vitesse des courants (source : INGV, 2008).

#### 4.2. 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 (**Figure 27 a**). Au niveau du bassin Algérien l'eau levantine qui s'écoule du Déroit de Sicile arrive sous forme de poches, entraîne

ées probablement par des tourbillons d'intensité moyenne depuis les côtes de la Sardaigne (**Millot, 1987**).

#### 4.3. Eaux profondes

Les masses d'eaux superficielles et intermédiaires refroidissent encore et prolongent sous l'action des phénomènes atmosphériques d'hiver (**Figure 27 b**), 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).

#### 4.3.1. 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 Détroit 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).

#### 4.3.2. Le bassin de dilution

Par contre en Méditerranée il y a des endroits où les apports des précipitations et des fleuves sont supérieurs aux pertes d'eau par évaporation (ex : la Mer noire ou la Mer rouge), dans ces régions les eaux profondes sont plutôt douces et moins denses, de ce fait nous aurons un mouvement inverse du premier où les eaux profondes remontent à la surface pour réguler la salinité des eaux. Dans ce cas de figure nous employons le terme de « bassin de dilution » et le mouvement est dit *estuarien* (Lascaratos, 1998).

### 5- Les houles

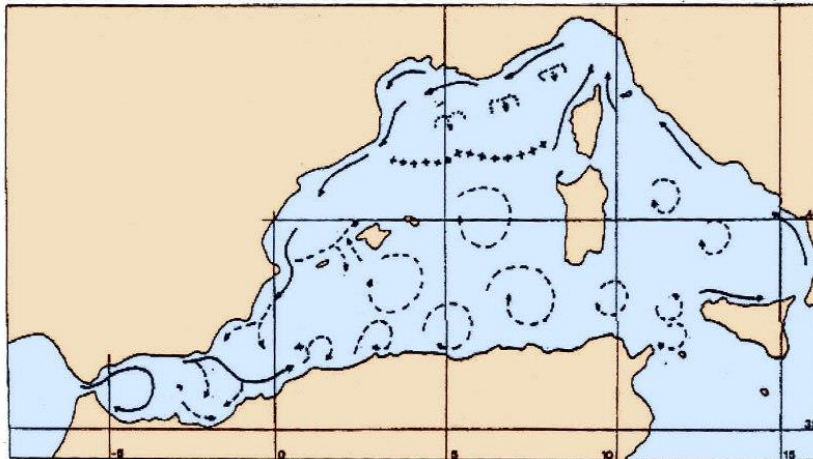
Les houles présentes au large et au niveau des côtes à la fois, agissent activement (jusqu'à 200m de profondeur) mélangeant et dispersant les différentes substances polluantes, favorisant la sédimentation et d'autres phénomènes complexes (Boutiba, 1992).

En plus de l'existence des marées et des courants permanents au large ou à la côte, les houles agissent de façon active parfois jusqu'à 200m entraînant la dispersion de substances polluantes, l'oxygénation, la rupture de stratification, et la sédimentation. Ces mouvements marins assez particuliers appelés « ondes externes » apparaissent généralement lorsque le milieu marin est soumis à une action externe qui perturbe son équilibre (Millot et al, 1989).

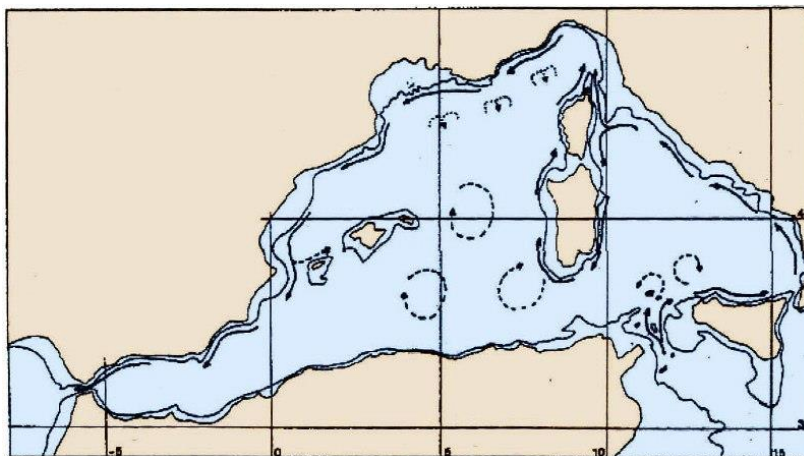
Le régime saisonnier des houles le long du littoral algérien présente deux principales directions (**Leclaire, 1972**) :

- Une direction WNW (300°) ou 80% des houles se produisent pendant l'été.
- Une direction NNE (20-40°) ou la majorité des houles se produisent pendant l'hiver.

A

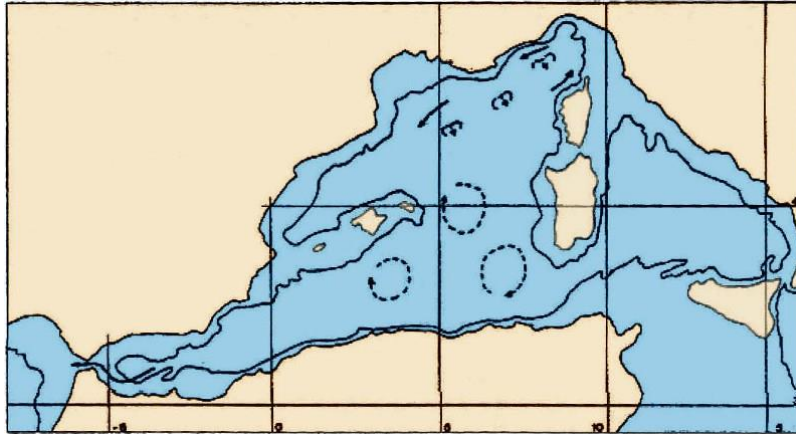


B



C





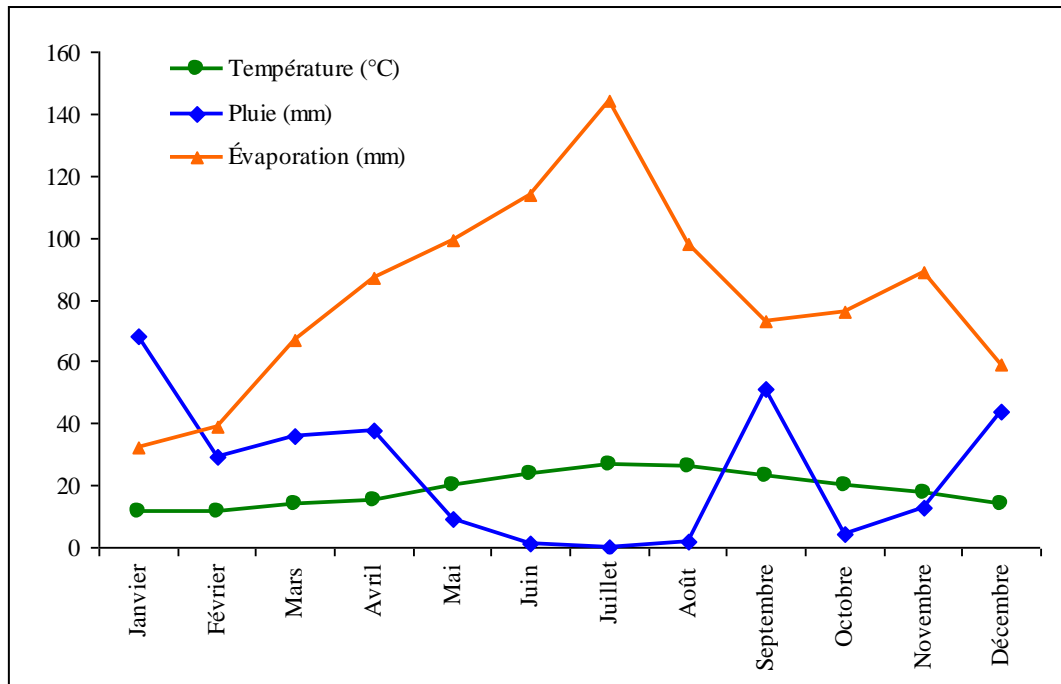
**Figure 27** : Circulation des eaux de l'Atlantique (Millot, 1987).

**A** : Eau atlantique modifiée, **B** : Eau levantine intermédiaire, **C** : Eau atlantique profonde

## 6- 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.

La pluviométrie est variable d'une année à une autre, la pluviométrie de la région d'Oran reste une des plus faibles de l'Algérie du nord, elle varie entre 350 et 400mm, et elle peut ne pas dépasser 200 à 250mm en certaines années sèches. Les caractéristiques des vents dans cette zone sont comme suite : les mois les plus pluvieux étant mois à prédominance des vents ouest et nord-ouest. Ces vents sont à l'origine de la tempête ayant frappée la ville d'Oran en 1980 alors que les mois de sécheresse sont les mois à prédominance des vents nord-est. Il existe par ailleurs des vents chauds ou *sirocco* provenant du sud-ouest. Par la répartition des pluies entre les mois humides, l'année 2009 (précipitations de 295 mm ; température moyenne de 18,7 °C – ONM, 2009) se distingue sensiblement des conditions climatiques moyennes de l'Ouest algérien, dont elle reste cependant globalement assez représentative (Figure 28).



**Figure 28** : Valeurs moyennes mensuelles des paramètres climatiques à Oran en 2009 (source : ONM, 2009).

Les données de vent de surface disponibles sont obtenues à partir des relevés météorologiques d'Oran (ONM). En 2009, les vitesses moyennes mensuelles ont été particulièrement élevées en mars et en avril (4,4 m/s) et relativement faibles en octobre (2,9 m/s).

## 7- Les facteurs physico-chimiques du milieu

### 7.1. La température

A température des eaux marines en surface n'est pas constante, elle est liée étroitement à celle de l'atmosphère et par conséquent varie en fonction des saisons. En méditerranée, les eaux se caractérisent par des écarts de température entre les couches superficielles et les couches profondes relativement peu importantes. Sur le littoral algérien, l'eau de surface subit tout au long de l'année des variations thermométriques considérables.

La température moyenne des eaux de surface, en fin janvier est de 14,7° C, les valeurs des températures des eaux de surface sont comprises entre 14,4° C et 15° C. La température la plus basse est de 14,4°C. La température maximale des eaux de fond est de 15,2° C et la plus basse est de 14°C, relevée à une profondeur de 98 m. En général, l'écart entre les eaux de surface et ceux du fond est inférieur à 0,5°C. Dans les petits fonds il y a une homogénéité thermique des eaux. Les températures des eaux du fond sont en général supérieures à celles

des eaux de surface. Les températures de surface les plus élevées sont localisées dans la partie orientale du golfe. Alors que les températures des eaux de surfaces les plus faibles sont situées au centre de la baie d'Oran (**Kerfouf, 2001**).

Les températures des eaux du fond les plus élevées sont localisées à la partie est de la baie. Par contre les eaux du fond des secteurs ouest et centre de la baie ont les plus faibles températures. La température côtière des eaux du golfe est supérieure à la température des eaux de fond du large (**Kerfouf, 2001**).

Pour le golfe d'Arzew situé à l'est de la baie d'Oran, la température des eaux de surface varie entre 14,4°C et 14,6°C et celle des eaux de fond est de 14,6°C en moyenne (**Amar, 1998**).

La température des eaux de surfaces et ceux du fond sont identiques entre la baie d'Oran et le golfe d'Arzew.

## 7.2. La salinité

Les mesures de courants et de précipitations dans le bassin méditerranéen montrent que les apports fluviaux et atmosphériques sont insuffisants pour maintenir le taux de salinité et le niveau de la mer. D'après les données de la littérature, il existe d'importantes variations de la salinité entre les différentes masses d'eau qui se superposent dans le bassin algérien (**Millot et al., 1989**). L'eau atlantique superficielle est représentée par une salinité inférieure à 37,10 ‰.

A -20m, le taux de salinité de cette eau diminue nettement et atteint une valeur de 36,42 ‰. Les eaux de surface des côtes algériennes se caractérisent par une salinité avoisinant les (37‰), à 20m cette salinité diminue et atteint son seuil le plus bas au niveau côtes oranaises (36,42‰), la salinité décroît entre 50 et 100m car le courant algérien s'éloigne des côtes (36,38‰).

A 200m la salinité se caractérise par une légère baisse. Entre 300 et 500m la salinité est sous l'influence de l'eau levantine intermédiaire (EII ou LIW) qui donne un taux sel compris entre 38,3 et 38,6‰.

La salinité moyenne des eaux de surfaces est de 36,4‰ les valeurs de la salinité des eaux de surface dans la baie d'Oran sont comprises entre 35,85‰. La salinité des eaux de fond est comprise entre 36,40 ‰ et 37,7 ‰. Les apports en eaux usées domestique du principal émissaire urbain de la ville d'Oran, et l'influence des eaux de port d'Oran, sont à l'origine du faible taux de salinité dans cette zone (**Kerfouf, 2001**).

La salinité des eaux de fond est plus faible près de la côte. Les mêmes valeurs de salinité sont observées dans le golfe d'Arzew (**Amar, 1998**)

La baie d'Oran est entièrement baignée par les eaux d'origine atlantique de faible salinité qui pénètrent par le Détroit de Gibraltar, et se mélange aux eaux superficielles de plus forte salinité. Ces masses d'eaux superficielles sont, en général, caractérisées par une salinité de 36,25 % (**Millot, 1989**).

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

Le bilan des éléments nutritifs en Méditerranée fait intervenir les fractions minérales et organiques dans :

- Les apports superficiels dans l'eau atlantique entrante (faibles et mal connus).
- Les apports atmosphériques et telluriques (très mal connus à l'échelle des grands bassins).

Les données historiques fiables de concentration en éléments nutritifs dans le bassin méditerranéen occidental datent des années 1963 pour le phosphate ; 1969 pour les nitrates et 1972 pour les silicates. Cependant la répartition géographique des données est loin d'être homogène, tant sur la verticale qu'entre les différentes campagnes. En 1994, la campagne française « Sémaphore » menée à partir d'un navire océanographique de la marine nationale, entre Toulon et Gibraltar, a permis d'évaluer la variabilité spatiale des concentrations. Les données ont tout d'abord confirmé un profil vertical plus ou moins constant de 400 à 800m de profondeur (homogénéité des eaux profondes), et une homogénéité à l'échelle de tout le bassin algéro-povençal. On est donc en droit de comparer des données prises en différentes régions de ce bassin, à des périodes différentes. L'analyse statistique des données historiques a permis de confirmer une augmentation dans le temps des concentrations en phosphates, sur la période 1963-1994, et nitrates, sur la période 1972-1994 de l'ordre de 0,5% par an et pas de variations des concentrations en silicate (**Béthoux et al., 1992 ;1998**).

L'augmentation dans le temps des concentrations profondes ne peut s'expliquer que par celle des apports atmosphériques et telluriques, calculée de l'ordre de 3% par an, ces apports étant devenus très supérieurs aux apports atlantiques superficiels. L'augmentation des apports superficiels est à mettre en relation avec l'augmentation de la population des pays riverains, +1,6% par an entre 1960 et 1983 (**UNEP, 1988**), de leur niveau de vie (+4,7% par an) et des activités industrielles et agricoles. Une augmentation minimale de 3% par an signifie un doublement des apports tous les 25 ans, et par conséquent, un doublement de la

production biologique, des phénomènes d'eutrophisation plus fréquents dans les zones d'apport de rivière (Adriatique, golfe de Gabés, golfe du Lion) et une augmentation de la consommation d'oxygène en profondeur (**Béthoux et al., 1992**).

Les bilans en phosphates et nitrates réalisés au niveau du Déroit de Gibraltar à partir des consommations profondes permettent une évaluation de la nouvelle production de 8,2 g.Cm<sup>2</sup>/an pour l'ensemble de la Méditerranée. Par comparaison aux données disponibles pour les apports atmosphériques et telluriques, ces bilans permettent également de soulever différents problèmes de transferts aux interfaces :

Le phosphore apporté par les rivières est essentiellement sous forme particulière ; le phosphate dissous apporté par les rivières ne pouvant représenter qu'environ 25% des concentrations marines (**Smith, 1972**).

L'azote dissous des fleuves et des pluies ne peut compenser qu'environ 50% du bilan en nitrates. Le complément peut venir de la captation d'azote atmosphérique par du bactérioplancton spécialisé. Différents programmes en cours sont focalisés sur deux thématiques : le phosphore limitant la nouvelle production et la captation d'azote atmosphérique. Ces dernières peuvent être deux spécificités de la Méditerranée, une adaptation de l'écosystème à une mer continentale soumise à un fonctionnement climatique en bassin de concentration. Le résultat pourrait être le rapport molaire N /P, anormalement élevé en Méditerranée (22 à 24), alors qu'il est de 15 (le bien connu rapport de Redfield) dans la plupart des océans et dans les eaux de rivières (**Smith, 1972**).

## 8- Données socio-économiques

### 8.1. Démographie

Au fur et à mesure que notre population augmente et que l'industrialisation devient plus intense, le problème de la pollution s'aggrave. Quand la population augmente et vit dans des villes, des déchets commencèrent à empoisonner l'eau et l'air, ensuite le développement industriel apparut, causant de graves dommages. (**Ramade, 1982**).

La population totale de la wilaya d'Oran est de 1875596 habitants, soit une densité de 887 habitants/km<sup>2</sup>. La ville d'Oran a connu une croissance démographique assez importante. La population ayant un âge inférieur à 15 ans représentant 26% sur le nombre total de la population, et constitue dans les années à venir une importante ressource humaine (**DPSB, Oran, 2015 in Mahtougui 2019**).

Pour celle de la wilaya d'Ain Témouchent est estimée au 31/12/2007 à 378.546 habitants, dont 46% habitant les plaines intérieures, 25% habitant la zone du littorale et 29% les zones montagneuses. La densité est de l'ordre de 159 habitants/km (ANDI, Ain Témouchent, 2013).

Les dernières statistiques en date, montre que le nombre des habitants a atteint 2 millions.

## 8.2. Répartition de la population totale et des densités selon les zones géographiques

L'évaluation de la population urbaine et de sa croissance s'appuie sur une définition statistique et administrative ; cette définition a connu des modifications au lendemain de l'indépendance, puis de légères retouches dans les recensements successifs (Tableau 2). Jusqu'au recensement de 1960, la Statistique générale de l'Algérie définissait la population urbaine en utilisant une définition différente de celle qui était utilisée en France métropolitaine (à partir de 2 000 habitants agglomérés au chef-lieu de la commune). Les services de la Statistique générale de l'Algérie déterminaient sur cette base les communes urbaines et leur population servait à la détermination de la population urbaine totale.

**Tableau 2 :** Evolution de la population dans la zone d'étude (Anonyme 03, 2010).

Commune	Superficies Km <sup>2</sup>	Hab. 1987	Hab. 1993	Hab. 1998	Hab. 2000	Hab. 2005	Taux 87-98	Hab. 2010
Oran	63.74	916,5	1089	1213,83	1.245	1.357	0.27	1.464
Ain Témouchent	6512.02	271.4	307	327,331	335	353	1.15	367
Tlemcen	9017,69	845	885	919	909	913	1.09	949

L'espace algérien est ainsi caractérisé par un très fort indice de concentration de la population ; près de 90 % de la population sont concentrés sur les 12 % de la partie nord du territoire. Bien que légèrement en recul, cette concentration reste très élevée. La densité des agglomérations urbaines sur le territoire décroît du nord au sud (Tableau 2) et la distance moyenne entre deux agglomérations de plus de 10 000 habitants varie de 20 km au nord à plus de 200 km au sud (Moriconi-Ebrard, 1993).

### 8.2.1. Occupation humaine du littoral

- 11,5% de la population totale du pays concentré au niveau de la bande littorale,
- 68% de la population des communes côtières vivent dans la bande des 3km,
- 830hab/km<sup>2</sup> forte densité de la population sur la bande littorale des 3km.

### 8.2.2. Phénomène de la littoralisation

L'évolution démographique (triplément de la population depuis 1962), l'urbanisation accélérée (31% de la population en 1966, près de 60% en 2000). Le choix de la zone littorale facile à aménager a conduit à la dégradation d'un nombre considérable de sites sensibles et remarquables. Ce qui a généré une agression du littoral, Érosion, pollution, disparition d'écosystèmes et impacts sur la biodiversité...

### 8.3. Urbanisation

La population totale de la wilaya d'Oran est de 1875596 habitants, soit une densité de 887 habitants/km<sup>2</sup>. La ville d'Oran a connu une croissance démographique assez importante. La population ayant un âge inférieur à 15 ans représentant 26% sur le nombre total de la population, et constitue dans les années à venir une importante ressource humaine (**DPSB, Oran, 2015 in Mahtougui 2019**).

L'augmentation du taux d'urbanisation à poser beaucoup de problèmes pour l'environnement et la santé publique, il s'agit de pollution de toutes formes : pollution marine, pollution des sols, pollution des eaux et pollution atmosphérique.

Pour celle de la wilaya d'Ain Témouchent est estimée au 31/12/2007 à 378.546 habitants, dont 46% habitant les plaines intérieures, 25% habitant la zone du littorale et 29% les zones montagneuses. La densité est de l'ordre de 159 habitants/km (**ANDI, Ain Temouchent, 2013**).

Dans la ville d'Ain Témouchent, lors de la création des nouveaux quartiers l'ancien tissu urbain n'a pas bénéficié des aménagements qui ont donné un nouveau visage à la ville. Depuis une décennie, le chef-lieu de wilaya a connu une grande extension qui a multiplié son espace par trois. La création de nouveaux quartiers qui ont donné un nouveau visage à la ville, a donné naissance à une nouvelle structure toute en donnant le dos à l'ancienne ville (**ANDI, Ain Témouchent, 2013**).

Environ 607 rejets sont déversés vers la mer, sur les 534 plages, 166 sont affectées par des rejets et des Oueds.

On estime que sur les 250 à 300km de sites sableux existants, 80 à 85% connaissent des situations d'amaigrissement et près de 10% seulement sont en état de stabilité. Extraction de sable, disparition des dunes, constructions sur le rivage, aménagements lourds (épis, enrochements...).

Environ 109 862.72 t/an de déchets industriels spéciaux sont générés 73 décharges sont recensées au niveau du littoral. Commissariat National du Littoral Alger, Alger, mars 2009.

#### 8.4. Occupation urbaine des sols

Le littoral est une entité géographique qui appelle une politique spécifique d'aménagement, de protection et de mise en valeur. C'est une zone de contact entre la terre et la mer qui constitue aujourd'hui un espace de plus en plus sollicité, ce qui accentue sa fragilité (Becet, 2002). Depuis, l'importance économique et sociale du littoral ne fait que croître, engendrant des conflits importants d'occupation de l'espace. L'apparition des préoccupations écologiques met en exergue les équipements réalisés sans contrainte qui détruisent irrémédiablement les richesses de la zone littorale marine.

Le littoral algérien s'étend sur 1 622 kilomètres. Il représente un écosystème fragile et constamment menacé de dégradation en raison de la concentration de la population, des activités économiques et des infrastructures le long de la bande côtière. Plus de 21% (Figure 29) du linéaire côtier est urbanisé et encore plus de 13% de la superficie totale de la bande des 3 km est urbanisé (Figure 30).

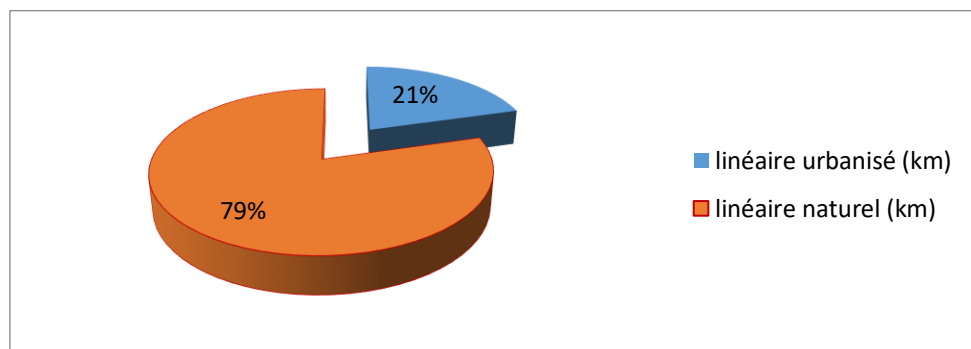
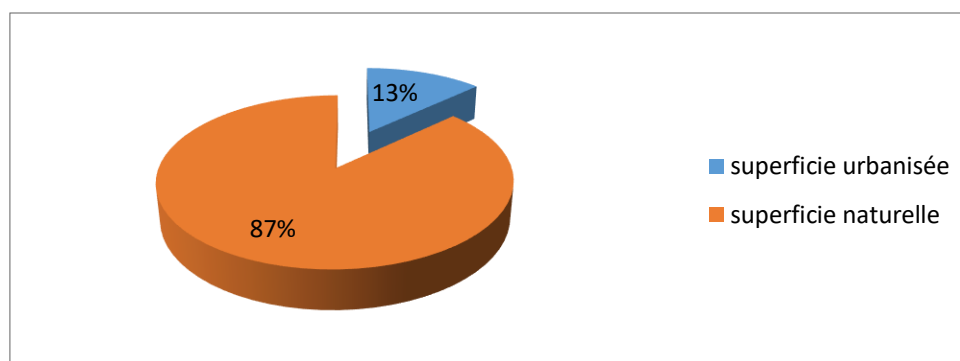


Figure 29 : Occupation du linéaire côtier Nord-Ouest (CNL, 2009)





**Figure 30** : Superficie urbanisée sur la bande des 3 km (CNL, 2009).

### 8.5. Economie

Oran est un port mixte très actif (le deuxième du pays) ainsi qu'un important centre commercial et industriel. Ses principales exportations sont le plastique, les produits chimiques, et les produits alimentaires.

L'industrie localisée dans la ville d'Oran et ses environs est très diversifiée : industries du textile et du cuir, industries chimiques et pétrochimiques, ainsi qu'agroalimentaires.

Les industries sont responsables dans la production d'environ 24935m<sup>3</sup> /jour d'eau polluée soit 26.34% des eaux rejetées (Sogreah, 1998).

### 9. Pollution

Depuis la nuit des temps, l'homme a utilisé la nature afin de satisfaire ses besoins et ses caprices. Il a produit une quantité importante de déchets que le pouvoir auto-épurateur de la nature en ces temps-là était capable de maîtriser. Ces dernières décennies, l'industrie intense suivie de progrès techniques très importants, ainsi qu'une population humaine en augmentation sans cesse, libèrent des masses de déchets en genre et en quantité importante (Martinez, 1975).

Ces derniers parviennent à la mer par une multitude de chemins et de vecteurs, mais l'eau reste cependant le vecteur le plus exploité.

Timizar (1988) précise que le réseau hydrographique aboutissant au littoral algérien comporte 24 oueds et 16 embouchures. Ce réseau véhicule des charges en agents terrigènes jusqu'à la mer. Selon Blunk (1998), le tiers de la pollution générée par les activités terrestres est transporté vers les océans par le biais de l'atmosphère.

Les eaux littorales oranaises sont exposées aux différentes formes de pollution dont l'origine demeure : les industries, et l'expansion urbanistique non contrôlée.

Ces zones côtières concentrent de nombreuses ressources et opportunités, et elles sont aussi exposées aux pollutions, nuisances et autres dégradations résultant du développement de multiples activités économiques (**Kacemi, 2006**). Les eaux littorales oranaises sont exposées aux différentes formes de pollution dont l'origine est la concentration urbaine et le développement socio-économique (**Boutiba et al., 2003**).

La concentration touristique et le développement économique et social occasionnent la dégradation des milieux naturels et le cadre de vie des citoyens. On peut citer trois sortes de pollution au niveau du littoral oranais : la pollution d'origine industrielle, la pollution d'origine ménagère, domestique, et la pollution d'origine agricole.

Les trois prennent des formes différentes selon la nature des rejets (polluants liquides, solides et gazeux, eaux de lessivage et de ruissellement).

Oran, grande métropole méditerranéenne, est citée parmi 120 principales villes côtières du bassin méditerranéen, qui sont dépourvues de systèmes d'épuration efficace. Ces égouts où aboutit la majeure partie des déchets ménagers et industriels, rejettent à la mer des détergents et d'autres produits chimiques d'origine ménagère ou industrielle. La grande majorité sont très toxiques et touchent la croissance et la reproduction des organismes marins. On peut trouver également des déchets solides même dans les plages les plus éloignées du littoral oranais : Maddagh, cap Blanc, Ain el Türck à l'ouest, Ain el Franine et Kristel à l'est (**kerfouf et al, 2001**)

D'autres rejets d'eaux usées existent au niveau des ports de Mers el kébir et de kristel.

Les rejets industriels solides sont estimés de l'ordre de 242 tonnes/jour soit 23.33% de la quantité totale des 1037 tonnes/jour, les 76.66% de rejets restant sont constitués de déchets domestiques dont la part la plus importante provient de la ville d'Oran avec un taux de 43.98% (**Sogreah, 1998**).

Par ailleurs les eaux usées domestiques sont évaluées à 69704m<sup>3</sup>/jour, elles sont rejetées à travers une cinquantaine de sites recensés sur le littoral oranais.

Sur les 50 sites de déversements dénombrés sur le littoral 10 se retrouvent à l'ouest du littoral oranais au niveau des plages des Andalouses, cap Falcon et Ain el Türck avec une capacité d'assainissement quotidienne de 3896m<sup>3</sup>. Il s'agit principalement d'eaux utilisées par le complexe touristique des Andalouses et les centres urbains de cap Falcon, Ain el Türck et Mers el kébir.

Il existe entre autres deux autres sites de déversement dans la partie centrale du littoral, le premier se trouve au fort Lamoune avec une quantité d'eau déversée de 7966m<sup>3</sup>/jour constituée de mélange d'eau domestique et industrielle. Le deuxième site est le plus important, il reçoit 40175m<sup>3</sup>/jour. Les eaux usées proviennent des zones urbaines situées au centre, à l'ouest et au sud de la ville d'Oran (**Sogreah ,1998**).

Les autres sites de déversements, se concentrent dans la partie centrale du littoral oranais et s'étendent vers le littoral du golfe d'Arzew. Le réseau d'assainissement atteint 905km sur l'ensemble du littoral dont 300km pour la ville d'Oran. Il existe :

- un réseau séparatif destiné aux eaux pluviales.
- un réseau d'assainissement pour les eaux domestique
- un réseau dit unitaire destiné aux eaux domestiques en même temps

### **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'Algerie, à qui s'ajoute le complexe de liquéfaction du gaz (GNL).

- Au niveau de Mostaganem plusieurs complexes sont implantés :

❖ La CELPAP : Entreprise Nationale de la Cellulose et du Papier, située en bordure du golfe.

❖ L'ENASUCRE : Entreprise Nationale de Sucre, située dans la partie ouest de la ville, sur la route nationale d'Oran Mostaganem.

❖ La SAAC : Société Algérienne d'Accumulateurs (unité de fabrication des accumulateurs à plomb), située dans la partie Sud-est de la ville.

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"> <li>- Oued la Tafna ; Oued de Sidi Djilloul ; Oued el Hallouf.</li> <li>- Les rejets du port de Beni saf ,</li> <li>- Oued souk thlata (se déverse au niveau de la plage elbhira milieu ),</li> <li>- Oued de Ghazaouet (se déverse au milieu du port),</li>   <li>- Systèmes d'égouts qui collectent les eaux usées domestiques (METAP, 1994),</li> <li>- Les rejets industriels de la METANOF (Entreprise Nationale des Métaux non Ferreux) et de la briqueterie de Tounane (METAP, 1994).</li> <li>- Les rejets de 3 ports (Mers-El Kebir, d'Oran et de Kristel),</li> <li>- Les rejets domestiques de la ville d'Oran essentiellement chargées en matière organique et en détergents (METAP, 1993),</li>   <li>- 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).</li> <li>- Rejets à l'extérieur Ouest du port d'Oran (d'origine domestique),</li> <li>- Rejets au bassin de Ghazaouet (d'origine domestique et industrielle),</li> <li>- Rejet au bassin de Mostaganem (d'origine industrielle),</li> <li>- Oued Mahgoun ;</li> <li>- Rejets des eaux usées urbaines de la ville d'Arzew,</li> <li>- Rejets de Bethioua et de Mostaganem,</li> <li>- Rejets industriels (industries pétrochimiques) et ceux de la centrale thermique ;</li> <li>- Rejets du port pétrolier d'Arzew,</li> <li>- Rejets du port gazier de Bethioua ,</li> <li>- Rejets au Bassin (eaux usées domestiques),</li> <li>- Rejet situé au niveau de l'oued Mahgoun (eaux domestiques et de l'hôpital),</li> <li>- Rejet (bassin3) draine les déchets de l'usine de liquéfaction,</li> <li>- Rejet (à l'extérieur du port) provient de la raffinerie et METHANOL,</li> <li>- Rejet (à l'extérieur du port) provient de l'usine d'ammoniac (SONATRACH).</li> <li>- Rejet à l'intérieur du port de Bethioua (eaux domestiques et pluviales),</li> <li>- Rejet à l'extérieur du port de Bethioua (eaux domestiques, pluviales et surtout industrielles).</li> </ul>

La baie d'Oran qui est en parfaite continuité avec le Golfe d'Arzew au large duquel sillonnent les bateaux de commerce et grands méthaniers chargés de pétrole et de substances

extrêmement toxiques lui confère un statu fragile menacée par un danger réel et permanent de pollution accidentelle (**Boutiba et al, 1996**).

## **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 macrofaunes benthiques spécialement les échinodermes agissent directement sur le fonctionnement des écosystèmes marins, maillon fondamentale dans la chaîne alimentaire, source de nourriture essentielle pour de nombreux consommateurs.

Ce groupe a été sélectionné pour plusieurs raisons :

- A un niveau écologique, les échinodermes occupent tous les niveaux de la chaîne trophique : herbivores (Echinides), carnivores (quelques Astéroïdes), suspensivores (Ophiuroïdes, Crinoïdes) et détritivores (Astéroïdes, Holothuroïdes, Ophiuroïdes).
- Quelques espèces ont un rôle clef dans le système, sont sensibles aux changements du milieu, elles sont aussi de bons indicateurs de la stabilité du système (bio-indicateur).

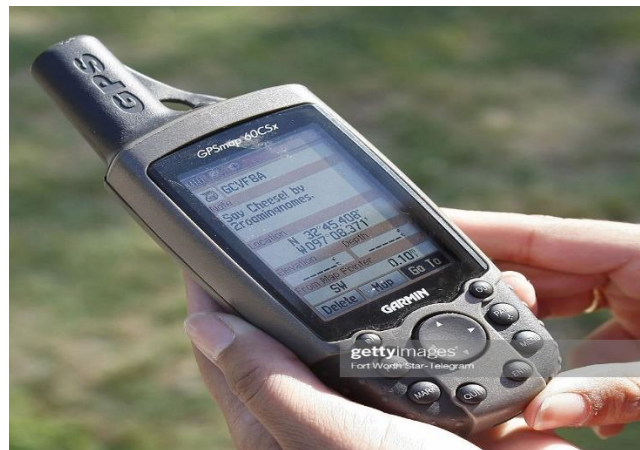
Les oursins, et en particulier *Paracentrotus Lividus*, sont considérés comme les herbivores les plus importants de la Méditerranée, parce que des densités élevées provoquent des phénomènes de surpâturage (**Kempf, 1962 ; Nédelec, 1982 ; Verlaque, 1987**). De plus, ils sont consommés par des poissons ou d'autres espèces carnivores, ce qui fait que dans une réserve marine, une forte densité de poisson pourrait maintenir les populations d'oursins dans des densités moyennes. Dans le cas d'autres espèces, comme *Ophiocomina nigra*, il a été suggéré (**Harmelin et al., 1981**) qu'une charge organique importante dans le sédiment favorisait une augmentation de l'abondance de cette espèce, indiquant ainsi une augmentation de la contamination organique. D'autres espèces, comme *Holothuria sanctori*, qualifiées de thermophiles, pourraient être un bon indicateur du réchauffement de l'eau. De plus toutes ces espèces vivent dans les habitats occupés par les algues envahissantes du genre *Caulerpa*. Ainsi, les échinodermes pourraient servir d'indicateurs des changements provoqués par les espèces introduites au niveau de toute la chaîne trophique.

En plus de l'intérêt des propriétés écologiques, ce groupe présente des avantages méthodologiques remarquables. Les échinodermes permettent un échantillonnage *in situ* relativement facile, bon marché, rapide, non destructif et faible, puisqu'ils sont bien visibles, facile à identifier, peu mobiles et sont suffisamment abondante pour pouvoir tester statistiquement l'évolution de leurs populations, permettent ainsi un protocole d'échantillonnage relativement simple. De plus, leurs dynamiques de population sont suffisamment actives pour détecter des changements à court ou moyen terme.

### 1-2- Présentations des sites :

Le sujet abordé au cours de ce travail a été réalisé au niveau de 10 stations distribuées sur deux baies du littoral nord-ouest algérien, la baie de Béni Saf et celle d'Oran.

Les 10 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**).

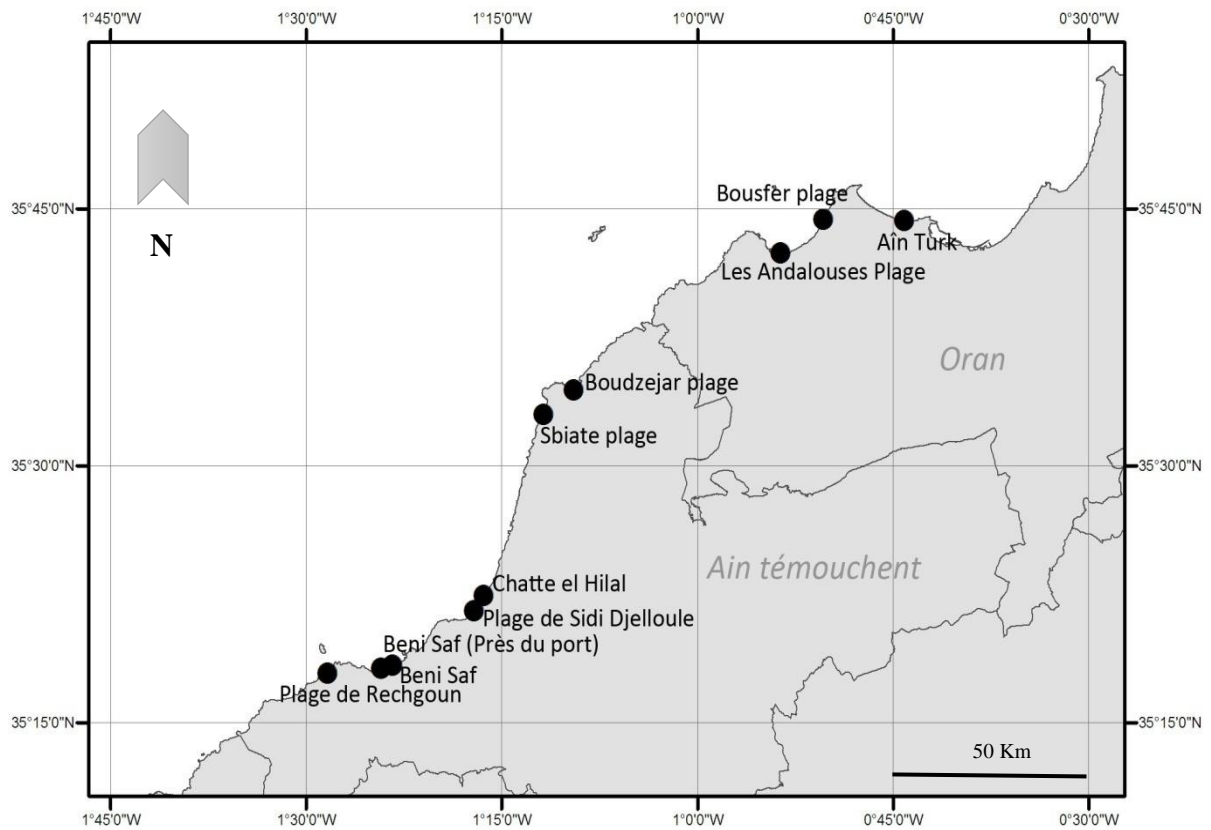


**Figure 31** : GPS portable (MAP 60 CX marque GARMIN).



**Tableau 5** : Positionnement et localisations des stations.

<b>Stations</b>	<b>Positionnement</b>	<b>Localisation</b>
<b>Station01</b>	35° 18' 111''N 001° 28' 005''N	Plage de Rechgoune
<b>Station 02</b>	35° 22' 017''N 001° 16' 0 24'' W	Chatt el Hilal
<b>Station 03</b>	35° 33' 342'' N 001° 11' 688'' W	Sbiaate plage
<b>Station 04</b>	35° 18' 082''N 001° 24' 160''w	Béni Saf
<b>Station 05</b>	35° 18' 194'' N 001° 23' 736'' W	Béni Saf (Port)
<b>Station 06</b>	35° 21' 355'' N 001° 17' 217''W	Plage de Sidi Djelloul
<b>Station 07</b>	35° 44' 029'' N 000° 50' 139'' W	Bousfer Plage
<b>Station 08</b>	35° 34' 025'' N 1° 09' 268'' W	Bouzedjar plage
<b>Station 09</b>	35° 42' 291'' N 0° 54' 283'' W	Les Andalouses
<b>Station 10</b>	35° 42' 080'' N 0° 54' 211'' W	Ain el Turk



**Figure 32 :** Localisation des stations (Allaili, 2013).

## 1-3- Présentation des stations :



Figure 33 : Station de Bousfer.



Figure 34 : Station de Rechgoun.



Figure 35 : Station Ain Turk.



Figure 36: Station les Andalouses.



Figure 37: Station Chatte El Hillal.



Figure 38: Station Sbiate.



Figure 39: Beni Saf près du port.



Figure 40: Station Boudzejar.



Figure 41: Station Sidi Djelloul.



Figure 42: Station Beni Saf.

#### 1-4- Conservation des échantillons :

L'ensemble des échantillons collectés a immédiatement été conditionné sur le terrain dans des bocaux propres en vers, fixé avec une solution d'eau de mer contenant du formol à 4-10% (formaldéhyde à 2-4%) pendant deux jours est considérée comme appropriée (**Gray et al., 1992 ; Eleftheriou et Holme, 1984**) quand on utilise un liquide dont le rapport échantillon-volume est de 3 :1. Pour obtenir une solution de formol à 5% dans un bocal d'un litre, on ajoute 50 ml de formol concentré (formaldéhyde à 37%). Un tampon, par exemple le borax (1 cuillère à soupe par litre ou 20 ml de solution saturée), des éclats de marbre ou l'hexaméthylène tétramine (8 g par litre de solution de formol à 2%), doit être ajouté pour prévenir la détérioration des spécimens sous l'effet de l'acidification, notamment la dissolution des structures calcaires. L'alcool n'est pas un fixatif adéquat (**ICES, 1994**) et ne doit pas être utilisé pour la conservation initiale des échantillons sur le terrain. Ces échantillons sont également placés à l'abri du rayonnement solaire, susceptible d'accélérer la décoloration des échantillons. Par contre, il faut conserver et entreposer les spécimens dans de l'alcool (éthanol à 70 % ou isopropanol à 50%) après la fixation. On prévient ainsi les dommages à long terme aux spécimens ayant des structures calcaires et on évite aussi l'exposition aux vapeurs toxiques (et peut-être cancérigènes) du formol lors du tri qui suit. Le transfert des spécimens du formol à l'alcool, qui doit comprendre un rinçage à l'eau, s'effectue dans des conditions de bonne aération ou avec un système d'évacuation telle qu'une hotte aspirante.

#### 1-5- Collecte des données :

Au niveau de chaque station, un croquis détaillé de la station avec localisation des différents faciès présents, a été réalisé. Cela nous permettra de voir les changements durant les années et selon les saisons de décrire le type de chaque station étudiées ainsi que l'ensemble des micro-habitats présents.

Au niveau de chaque station, un certain nombre de paramètres hydromorphologiques ont été relevés. Cela concerne notamment :

- La description de l'environnement général de la station (végétation riveraine, ombrage, nature géologique du bassin versant, etc.) ;
- L'identification de perturbation;
- La description de la station (longueur, type de sidemen, etc.) ;

- La description des différents habitats présents sur les stations (substrats, granulométrie, vitesse du courant) ;
- La description des conditions météorologiques avant et lors du prélèvement.

Les paramètres abiotiques suivants ont également été mesurés *in situ* à l'aide d'une sonde multiparamètres.

#### 1-6- Stratégie d'échantillonnage :

Les substrats durs intertidaux sont caractérisés par leur grande variabilité. Ils sont soumis à une double influence avec :

- ↗ Le niveau d'émersion ;
- ↗ L'exposition à l'hydrodynamisme.

Il s'agit de caractériser, grâce à une approche stationnelle de l'estran, la faune des substrats rocheux intertidaux à une échelle locale et d'évaluer les changements temporels. Il est préconisé de se placer en un seul mode d'exposition pour l'étude des substrats rocheux (**Grall & Hily, 2006**). Le mode semi-abrite constitue le mode le plus commun et le plus apte à donner une image des évolutions de la faune s'y développant. Le mode semi-abrite sera soumis à une double vulnérabilité : Susceptible d'être impactés par des polluants venant du large ; Eloignement moindre des effluents terrigènes.

Le "suivi spatio temporel" à long terme (2014-2018) effectuée recommande un échantillonnage non destructif et un suivi d'un par an lors de campagnes au printemps. Les quadrats de 1 m<sup>2</sup> doivent être échantillonnés. Le quadrat consiste à poser sur l'estran un carré de surface voulue et de dénombrer la faune présente à l'intérieur de ce carré constituant ainsi une estimation quantitative de la faune présente. La position de chaque carré sera choisie afin de minimiser l'hétérogénéité du milieu en termes d'exposition, de fissures. Il s'agira d'estimer *in situ* les pourcentages de roche nue et de faune en indiquant : la part de chaque espèce ; l'abondance de chaque espèce (c'est-à-dire le nombre d'organismes) (**Dauvin, 2010**).

Les prélèvements des échantillons ont été effectués directement à la main ou à l'aide d'un couteau en acier inoxydable en fonction de la taille des organismes. Ainsi que la plupart des espèces étaient identifiées sur place pour des raisons écologiques.



**Figure 43 :** Compagne d'échantillonnage.

## **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 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 utilisé pour la détermination Langois 2006, Lefebvre *et al* 2010 et Lozano *et al* 1995.

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

Dans chaque compagne d'échantillonnage; La récolte de la faune et la flore avoisinante a été observé et déterminé selon les principaux groupes par apport à la litière végétale « Chlorophcées -Algues vertes-, Rhodophycées -Algue rouges- Chlorophycées -

Algues brunes » cela pour définir l'association entre l'abondance et la concentration de certain espèce et la couverture algale.

Et ce qui concerne la faune appartient à plusieurs groupes « Oiseau, Poisson, Mollusques, Cnidaires, Crustacés, Annélides, 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 consistent à estimer le nombre d'espèces pour un certain nombre d'individus. Ces méthodes présentent l'avantage de décrire les changements progressifs s'effectuant dans le temps ou dans l'espace (**Pearson et Rosenberg, 1978**) en restant indépendants de la taille de l'échantillon. Les résultats peuvent être représentés par une courbe de raréfaction dont l'ordonnée peut représenter le nombre d'espèces et l'abscisse le temps, la distance d'une source de pollution, le 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 vont se traduire au niveau de l'abondance des espèces. Les profils d'abondance dans le temps sont donc largement utilisés comme indicateurs des effets des polluants dans les sédiments, au même titre que les courbes de biomasse et de richesse spécifique

#### **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.

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

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

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

Grâce à l'étude de la réponse de ces indices à des variations de populations virtuelles, **Peet (1974)** les a classés en deux catégories :

- l'indice de Shannon dans les indices de type I, sensibles aux variations d'importance des espèces les plus rares ;
- l'indice de Simpson dans les indices de type II, sensibles 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.

$$N^1 = EXP[H']$$

$$N^2 = 1/\lambda$$

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

$$Hill = (N^1/N^2) = (1/\lambda)/e^{H'}$$

# RESULTATS ET DISCUSSIONS

## 1- Structure du peuplement :

### 1-1- Inventaire de stations étudiées :

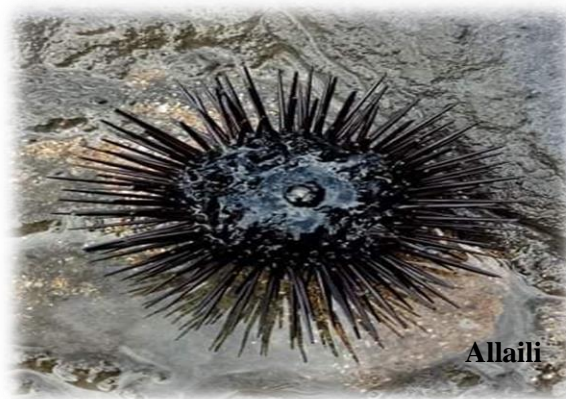
Au cours de notre campagne d'échantillonnage, 10 stations ont été prospectées durant la période de 2014 A 2018. Nous avons recensé 11 Espèces appartenant à 04 classes Echinidés, Astéridés, Holothuridés, Ophiurides et 07 familles, cela sur des substrats durs de la zone intertidale.

- 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 44:** *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 séparés 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) :



**Figure45** : *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)

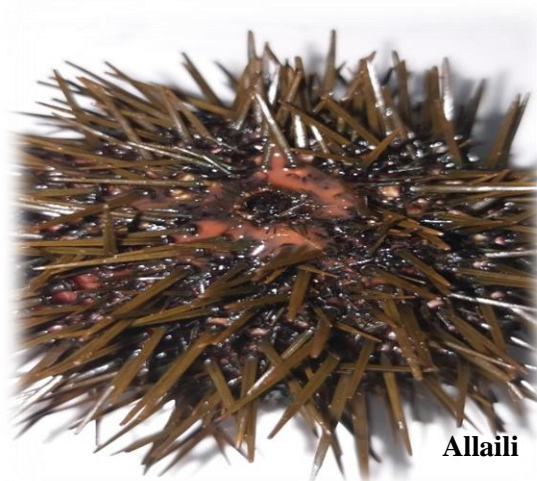


Figure 46 : *Echinometra Mathaei* (Blainville, 1825)

**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

## 2-2- Les Holothuries :

### ➤ *Holothuria tubulosa*(Gmelin, 1788) :



**Figure 47 : *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788)**

**Règne :** Animalia

**Phylum:** Echinodermes

**Classe :** Holothirioïdes

**Ordre :** Aspidochirotidés

**Famille :** Holothuriidés

**Genre :** *Holothuria*

**Espèce :** *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788)



*Holothuria tubulosa* largement représentée en Méditerranée, ainsi qu'en l'Atlantique, du détroit de Gibraltar à la baie de Biscaye (**Tortonese, 1965**). Cette espèce benthique très commune, présente de la zone littorale jusqu'à 100 m de profondeur environ, sur les fonds rocheux (**Ocaña, Sánchez Tocino, 2005**) couverts d'algues, les prairies de posidonies et autres phanérogames, le sable et la vase. On dit qu'elle se déplace à la vitesse d'un mètre toute les 10 minutes. Elle abrite très souvent des poissons du genre *Carapus*. S'éviscère facilement quand elle est dérangée (**Bulleri et al., 1999**).

Cette espèce est caractérisée par la présence des spicules rugueux et épineux, y compris des corpuscules turriformes de très petite taille et dont le disque basilaire présente une forme presque circulaire épineuse à contour ondulé. Des boucles plus ou moins arrondies à contour irrégulier et lisse, à orifices très petits et enfin des boucles rugueuses et épineuses. On note aussi la présence de plaques larges arrondies présentant plusieurs perforations

*Holothuria tubulosa* est capturée à la main, avec des dragues et des chaluts de fond. Et probablement utilisée comme nourriture dans quelques pays. Probablement une des espèces que la Turquie exporte au Japon. Des compléments d'information sont nécessaires sur son utilisation (**Fisher et al. 1987**). Et c'est l'une des espèces prédominantes de la macrofaune benthique des prairies de *Posidonia oceanica* (**Boudouresque et Meinesz, 1982, Meinardi, 2002**). C'est un représentant typique des holothuridés et est l'espèce la plus fréquente des fonds algériens (**Mezali, 2008**).

➤ *Holothuria forskali* (Delle chiaje, 1823) :



**Figure 48 :** *Holothuria forskali* (Delle chiaje, 1823).

**Règne** : Animalia

**Phylum**: Echinodermes

**Classe** : Holothirioides

**Ordre** : Aspidochirotidés

**Famille** : Holothuriidés

**Genre** : *Holothuria*

**Espèce** : *Holothuria forskali* (**Delle chiaje, 1823**)

Cette espèce est observée sur toutes les côtes françaises. On la rencontre en Atlantique, depuis l'ouest de l'Irlande jusqu'au Sénégal ainsi qu'en Méditerranée. Cette espèce se rencontre essentiellement sur les fonds rocheux ou sablo-vaseux voire parfois dans certains herbiers (Zostères). On pourra la trouver depuis les premiers mètres jusqu'à une centaine de mètres (**Bay-Nouailhat, 2004**).

Cet animal a un aspect vermiforme, allongé selon un axe bucco-anal. Ce concombre de mer, plutôt commun, mesure en moyenne 25 cm de longueur pour 5 cm de diamètre (de 15 à parfois 40 cm de long). La peau semble épaisse et molle, tandis que la bouche et l'anussont terminaux et opposés. La bouche est entourée d'une vingtaine de petits tentacules (de 18 à 22). Le corps est, la plus souvent, noir. Il arrive que certains individus soient totalement bruns, d'autres sont jaunâtres. . La face ventrale est plus claire. Elle est munie de 3 rangées de tubes surmontés d'une ventouse (ou disque podia) : ce sont les pieds ambulacraires ou podia permettant le déplacement de l'animal (**Flammang et Jangoux, 1992**). L'endosquelette d'*Holothuria forskali* est composé de très petites plaques calcaires. Ces sclérites sont moins variées et moins grandes que celles trouvées chez les espèces voisines. *Holothuria forskali* peut rejeter, par le cloaque, de longs filaments collants : les tubes de Cuvier.

➤ *Holothuria (Roweothuria) poli* (**Delle Chiaje, 1824**) :



**Figure 49:** *Holothuria (Roweothuria) poli* (**Delle Chiaje, 1824**)

**Règne :** Animalia

**Phylum :** Echinodermata

**Classe :** *Holothuroidea* (munie de podia)

**Ordre :** *Aspidochirotida* (possédant des tentacules peltés)

**Famille :** Holothuriidae

**Genre :** *Holothuria*

**Espèces:** *Holothuria (Roweothuria) poli* (**Delle Chiaje, 1824**)

C'est une holothurie cylindrique en forme de « concombre » mesurant jusqu'à 25 cm de long pour 5 cm de large. La bouche est située à l'extrémité antérieure et comporte des tentacules buccaux. Sa peau contractile est irrégulière et rugueuse, sécrète un mucus qui agglomère sur sa peau généralement recouverte d'une fine couche de sable, des algues et toutes sortes de débris (**Mezali, 1998**). Elle ne possède pas d'organes de défonce ou "tubes de Cuvier". Sa face ventrale est largement tapissée de podia blanc (observation personnelle).

Espèce essentiellement Méditerranéenne et littorale, vivent entre 0 et 12 m de profondeur, et peut-être retrouvé entre -80 et -250 m de profondeur (**Cherbonnier, 1956 in Benbachir, 2012**). Cette espèce fréquente des biotopes très variés : sable vase détritique, roche, Caulepre, et Herbier de posidonie (**Froncour, 1984 in Belbachir, 2012**)

➤ *Stichopus chloronotus* (**Brandt, 1835**) :



**Figure 50 :** *Stichopus chloronotus* (**Brandt, 1835**)

**Règne :** Animalia

**Phylum :** Echinodermata

**Classe :** *Holothuroidea*.

**Ordre :** *Synallactida*

**Famille :** *Stichopodidae*

**Genre :** *Stichopus*

**Espèce :** *Stichopus chloronotus* (**Brandt, 1835**)

Une espèce de récif principalement trouvée dans les zones peu profondes de près de la surface jusqu'à une profondeur de 15 m (**Conand, 1998**). Populations atteignant des densités élevées sur des substrats durs, avec une moyenne d'environ 0,04 par mètre carré. Les populations d'eaux peu profondes sont généralement plus petites que celles que l'on trouve dans les eaux plus profondes. Biologie mal connue (**Conand, 1998**).

*Stichopus chloronotus* est coloré dans les tons verts foncés; un autre critère d'identification de ce concombre de mer est que le corps présente un aspect velouté, il est doté de quatre rangées de papilles dont la taille est comprise entre 1 et 2 cm; la pointe de chacune de ces papilles est marquée d'une petite tache de couleur orange. Les holothuries vertes dépassent 25 cm et peuvent atteindre une trentaine de cm (voir 50 cm pour quelques spécimens). L'espèce présente une livrée caractéristique qui exclut toute confusion.

Le biotope de *Stichopus chloronotus* montre qu'elle est implantée dès la zone de surface, à faible profondeur, le plus souvent sur fond dur. *Stichopus chloronotus* est un concombre de mer que l'on trouve dans toute la région indo-pacifique sur les récifs coralliens (**Clark et Rowe 1971**). Il peut être identifié par ses papilles proéminentes à pointe orange et sa couleur vert foncé. *S. chloronotus* peut héberger plusieurs espèces, dont certaines sont considérées comme parasites (**Trott 1970; Trott et Trott 1972; Britaev et Lyskin 2002**). Cette espèce est également intéressante, car elle se reproduit à la fois par reproduction sexuée et asexuée. La reproduction asexuée se fait par fission transverse et peut entraîner des sex-ratios très asymétriques au sein d'une population (**Harriott 1980; Uthicke et al. 1999**). *S. chloronotus* se nourrit en ingérant des sédiments et en triant leur contenu organique (**Uthicke 1999**). Cette espèce souffre de peu de prédation, car elle est toxique pour les poissons, mais elle peut être consommée par les gastéropodes et certains autres animaux (**Yamanouchi 1955; Parrish 1972**).

*S. chloronotus* appartient au phylum Echinodermata et à la famille Aspidochirotida. Il a la symétrie pentaradiale des échinodermes, mais semble être bilatéral (**Ruppert et al. 2004**). Les échinodermes, y compris *S. chloronotus* sont continuellement étudiés en raison de leur utilité à des fins médicinales et biotechnologiques. Bien que la pêche à la bêche-de-mer soit une menace générale pour les concombres de mer, il semble y avoir peu de menace pour *S. chloronotus* en particulier.

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

**Figure 51 :** *Coscinasterias tenuispina*(Lmarck, 1816).

**Règne :** Animalia

**Phylum:** Echinoderme

**Classe :** Asterides

**Ordre :** Forcipulatides

**Famille :** Astériides

**Genre :** *Cocinasterias*

**Espèce :** *Coscinasterias tenuispina*(Lmarck, 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 détecte 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 autours du disque central réduit et aléatoire. Cette étoile semble avoir quelque peu oublié sa symétrie radiée 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 52 :** *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 53:** *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 confirmée 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) :



Allaili

**Figure 54 :** *Ophioderma Longicauda* (Bruzelius, 1805).

**Règne :** Animalia

**Phylum :** Echinodermata

**Classe :** Ophiuroidea

**Ordre :** Ophiurida

**Famille :** Ophiodermatidae

**Genre :** *Ophioderma*

**Espèce :** *Ophioderma longicaudum* (Bruzelius, 1805)

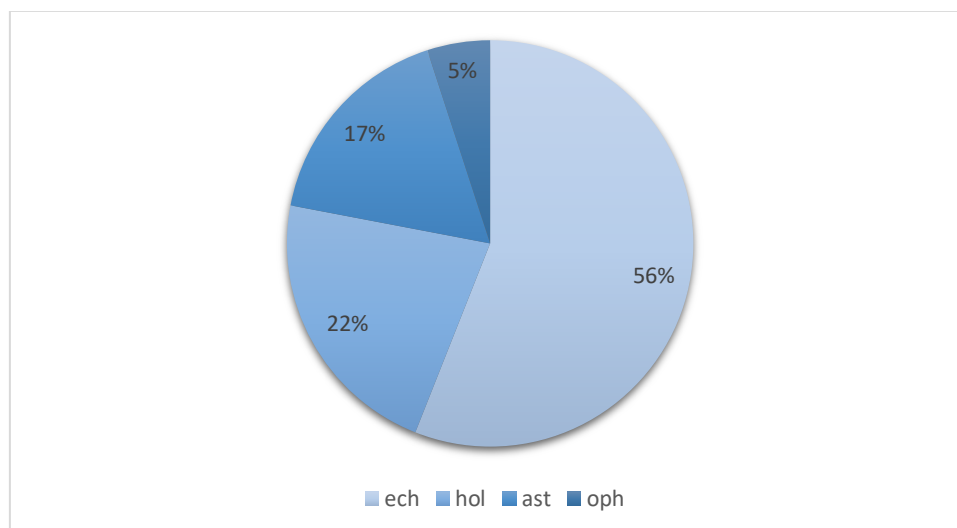


Ophiure lisse ou serpent est commune sur l'océan Atlantique oriental et largement répandue dans les mers autour de Malte en mer Méditerranée. Il vit dans des endroits sombres, sur un sol rocheux ou sablonneux, de quelques mètres de profondeur jusqu'à 100 mètres (Micalet *al* 2012). Sa couleur varie du 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).

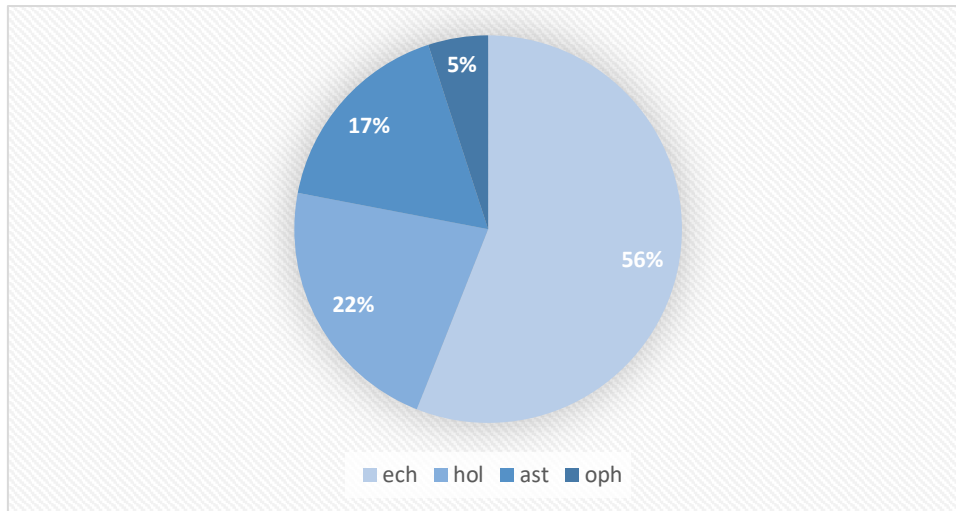
### 3- Richesse spécifique du phylum :

Lors de notre campagne d'échantillonnage de la première année, 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 55).



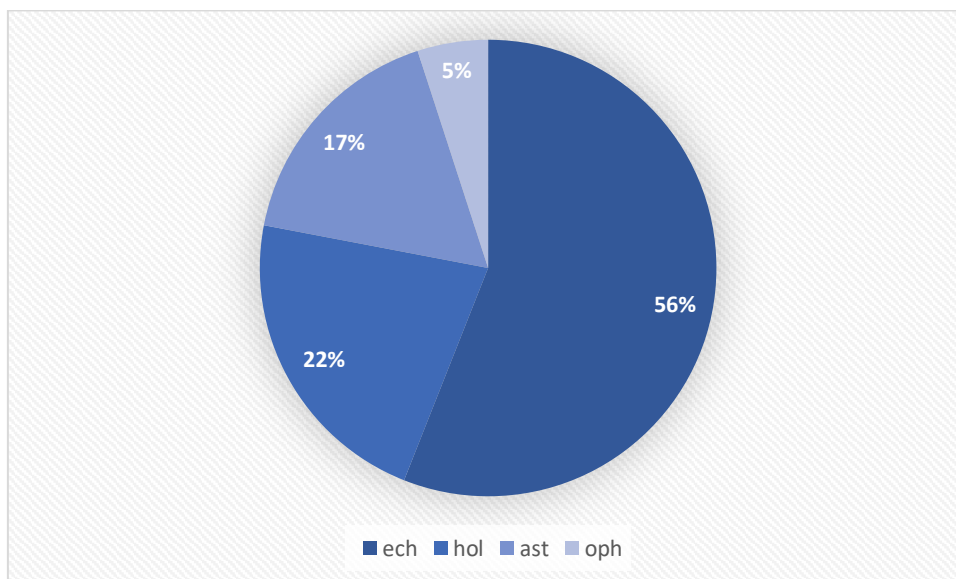
**Figure 55:** La richesse spécifique de l'année 2016

On 2017 les Échinides 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 56).

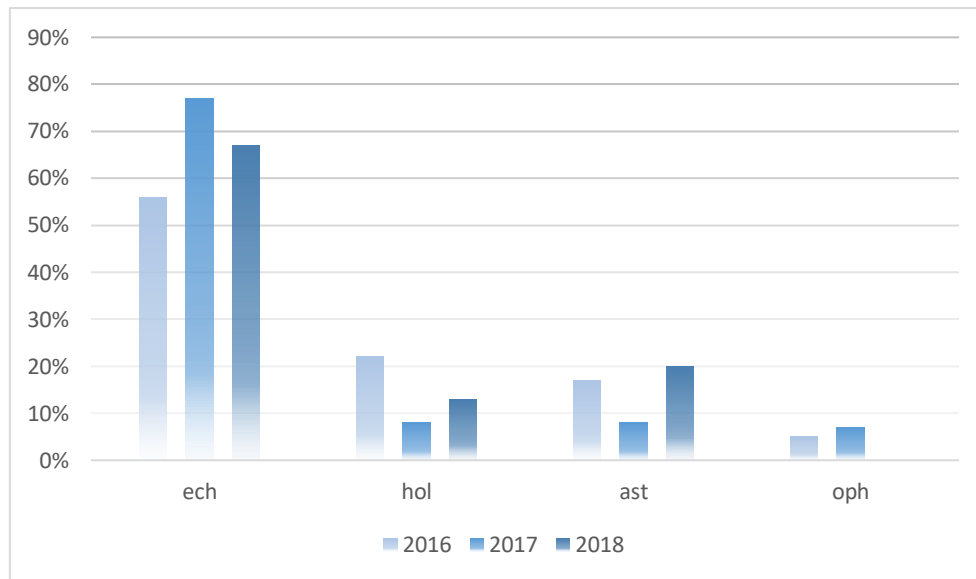


**Figure 56:** Richesse spécifique de l'année 2017.

La dernière année 2018, les Echinides reste 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 57**)



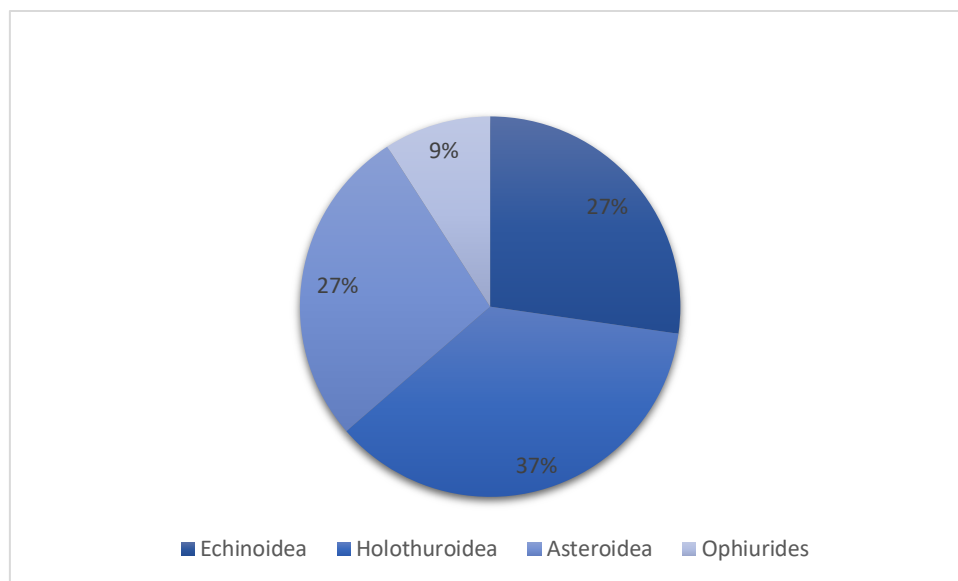
**Figure 57:** Richesse spécifique de l'année 2018.



**Figure 58:** Richesse spécifique totale du phylum étudié.

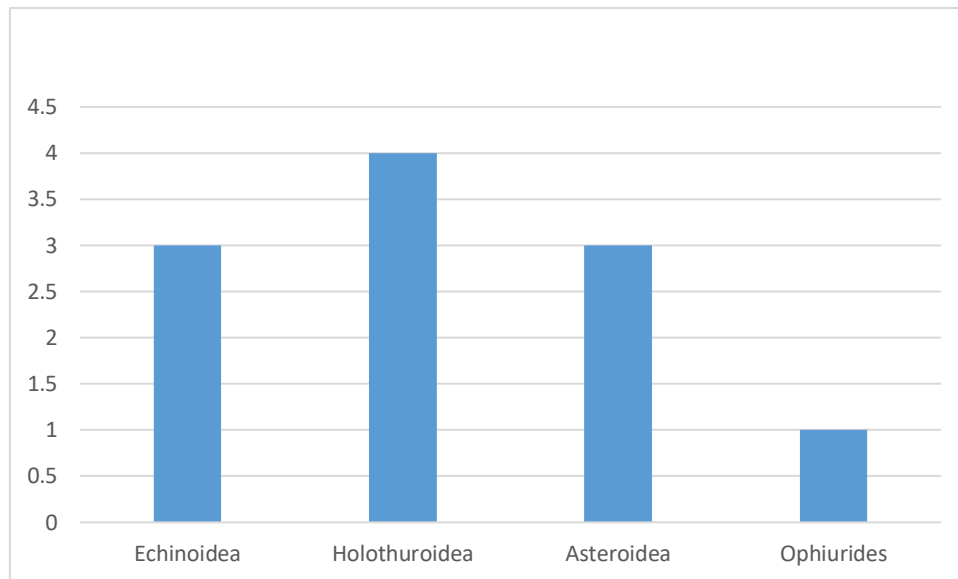
#### 4- La répartition des classes des échinodermes :

La répartition des espèces échinodermes selon leur pourcentage (**Figure 59**)



**Figure59 :** Pourcentage des classes des Echinodermes inventoriés.

Les Holothuroidea apparaissent en première position par le nombre d'espèces avec 37 %, suivies par les astéroïdes et les Echinoidea en égalité avec 27% et enfin les ophiuroïdes avec un pourcentage de 9%. tout comme le confirme la figure 60.



**Figure 60** : Fréquences des classes des Echinodermes.

Les Holothuroidea « concombre de mer » sont les plus abondants en vue de nombre d'espèces, on les trouve sur la zone rocheuse à proximité de la cote y compris les ports et tout autre abri. Les Asteroidea « étoiles de mer » viennent en 2<sup>ème</sup> position de point de vue abondance avec les Echinoidea « Oursins », ces derniers sont très abondants sur la zone rocheuse y compris les ports et tout autre abri. Les étoiles de mer, on les trouve aussi au niveau des ports, des rochers et même dans les zones les plus profondes. Les ophiures sont les plus rares ils sont généralement accrochés aux filets des pêcheurs ou récupérés par les plongeurs aussi au zone rocheuse les plus calme.

## 5- Répartition des espèces des Echinodermes récoltes:

### 5-1- Les Echinidés :

On a recensé 03 espèces répartie sur les 10 stations durant les trois années d'échantillonnage.

**Tableau 6 :** Répartition des Echinidés de l'année 2016.

#### *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
05	04	01	00
06	05	00	01
07	04	03	00
08	05	01	02
09	03	00	01
10	02	00	00

**Tableau 7** : Répartition des Echinidés de l'année 2017.*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
05	02	01	02
06	05	00	01
07	03	02	00
08	04	01	02
09	05	00	01
10	04	01	00

**Tableau 8:** Répartition des Echinidés de l'année 2018.*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
05	04	01	02
06	05	00	01
07	07	03	00
08	06	01	02
09	05	00	01
10	02	01	00

**5-2- Holothurides :**

Quatre espèces on était récolté durant notre compagnie répartie comme suit :

**Tableau 9** : Répartition des Holothuries de l'année 2016

*Les Holothuries*

Stations	<i>Holothuria</i>	<i>Holothuria</i>	<i>Holothuria</i>	<i>Stichopus</i>
	<i>tubulosa</i>	<i>forskali</i>	<i>Poli</i>	<i>chloronotus</i>
<b>01</b>	<b>01</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>02</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>03</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>01</b>	<b>00</b>
<b>04</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>05</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>06</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>07</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>01</b>
<b>08</b>	<b>00</b>	<b>01</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>09</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>10</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>



**Tableau 10** : Répartition des Holothuries de l'année 2017*Les Holothuries*

<b>Stations</b>	<i>Holothuria tubulosa</i>	<i>Holothuria forskali</i>	<i>Holothuria Poli</i>	<i>Stichopus chloronotus</i>
<b>01</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>02</b>	<b>01</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>03</b>	<b>01</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>04</b>	<b>00</b>	<b>01</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>05</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>06</b>	<b>01</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>07</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>08</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>01</b>	<b>00</b>
<b>09</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>10</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>

**Tableau 11** : Répartition des Holothuries de l'année 2018.*Les Holothuries*

<b>Stations</b>	<i>Holothuria tubulosa</i>	<i>Holothuria forskali</i>	<i>Holothuria Poli</i>	<i>Stichopus chloronotus</i>
<b>01</b>	<b>01</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>02</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>03</b>	<b>00</b>	<b>01</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>04</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>01</b>	<b>00</b>
<b>05</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>06</b>	<b>00</b>	<b>01</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>07</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>08</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>01</b>	<b>00</b>
<b>09</b>	<b>01</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>10</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>

**5-3- Astérides :**

On a rencontré Trois espèces durant notre campagne

**Tableau 12** : Répartition des Astérides de l'année 2016.

*Les Astérides*

Stations	<i>Echinaster</i>	<i>Hacelia</i>	<i>Coscinastérias</i>
	<i>Spositus</i>	<i>Attenuata</i>	<i>tenuispina</i>
<b>01</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>02</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>03</b>	<b>00</b>	<b>01</b>	<b>00</b>
<b>04</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>05</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>01</b>
<b>06</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>07</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>08</b>	<b>01</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>09</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>10</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>

**Tableau 13** : Répartition des Astérides de l'année 2017.*Les Astérides*

<b>Stations</b>	<i>Echinaster</i>	<i>Hacelia</i>	<i>Coscinastérias</i>
	<i>Spositus</i>	<i>Attenuata</i>	<i>tenuispina</i>
<b>01</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>02</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>03</b>	<b>01</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>04</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>05</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>06</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>07</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>08</b>	<b>01</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>09</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>
<b>10</b>	<b>00</b>	<b>00</b>	<b>00</b>

**Tableau 14** : Répartition des Astérides de l'année 2018.*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
05	00	00	01
06	00	00	00
07	01	00	00
08	01	00	00
09	00	00	00
10	00	00	00

**5-4- Les ophiures :**

On a rencontré Une seule espèce durant notre campagne

**Tableau 15:** Répartition des Astérides de l'année 2016.

Stations	<i>Ophioderma</i> <i>Longicauda</i>
01	00
02	00
03	00
04	00
05	00
06	00
07	01
08	00
09	00
10	00

**Tableau 16:** Répartition des Astérides de l'année 2017.

<b>Stations</b>	<b><i>Ophioderma</i></b> <b><i>Longicauda</i></b>
<b>01</b>	<b>00</b>
<b>02</b>	<b>00</b>
<b>03</b>	<b>00</b>
<b>04</b>	<b>00</b>
<b>05</b>	<b>00</b>
<b>06</b>	<b>00</b>
<b>07</b>	<b>00</b>
<b>08</b>	<b>01</b>
<b>09</b>	<b>00</b>
<b>10</b>	<b>00</b>

**Tableau 17:** Répartition des Astérides de l'année 2018.

<b>Stations</b>	<i>Ophioderma</i> <i>Longicauda</i>
<b>01</b>	<b>00</b>
<b>02</b>	<b>00</b>
<b>03</b>	<b>00</b>
<b>04</b>	<b>00</b>
<b>05</b>	<b>00</b>
<b>06</b>	<b>00</b>
<b>07</b>	<b>00</b>
<b>08</b>	<b>00</b>
<b>09</b>	<b>00</b>
<b>10</b>	<b>00</b>



## 6- Biodiversités associées à la faune échinologique récolté

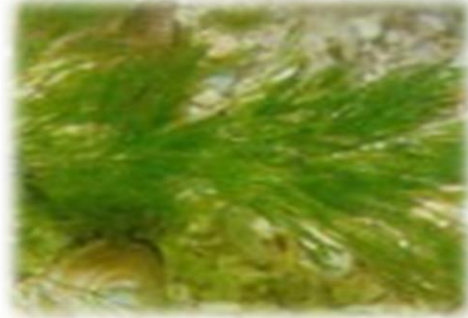
### 6-1- Identification de la couverture végétale associée aux phylums étudiés :

Le peuplement végétal récolté durant les années d'étude (2014, 2018) associé aux échinodermes étudiés dans les dix stations échantillonné 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*



*Caudium decorticatum*



*Coplomenia SP.*



*Bryopsis plumosa*

Ainsi que la présence de *Chaetomorpha aerea*, *entéromorpha compriméssa* et *Cladophoropsis mombranacea* dans quelque stations et la raréfaction de la *Caulerpa Racemosa*.

- **Algue rouge (Rhodophycées) :**



*Laurencia pinnatifida*



*Gelidium Crinale*



*Corallineace Encroutantes*



*Coralina elongata.*



*Jania Rubens.*



*Griffithsia flosculosa*

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

- **Algue brune**(*Phéophycées*) :



*Stypocaulon scoparium*



*PadinaPovanica*



*Cystoseira stricta.*



*Laminaria digitata*



*Srgassum muticum.*



*Dictyota dichotoma.*

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



*Zostera sp.*



*Posidonia oceanica.*

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 toutes les stations confirme la préférence alimentaire des échinidés à nos trois espèces (Verlaque, 1987) ainsi que *Stypocaulon*, *Scoparium* et *Laurencia Pinnatifida* qui sont abondantes dans 8 stations, 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 rapport 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.

*Holothuria tubulosa* et *Holothuria poli* préfère les inter-mattes de Posidonies ; milieu peu protégé et influencé par l'hydrodynamisme qui disperse la nourriture, alors que *Holothuria forskali* préfère les tombant de mattes de Posidonies ; milieu protégé qui se caractérise par une grande disponibilité de nourriture (Mezali, 2004 ; 2008 ; Belbachir, 2012 ; Belbachiret *al.*, 2014).

**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.

#### 6-2- identification de la faune écologique associe au phylum :

Suite à la flore associe au phylum la faune à son rôle qui semble être assez important

- Oiseaux :



*Strena hirundo.*



*Mouette.*

L'observation de la mouette et hirondelle de mer (*Strena hirundo*) autour de nos stations d'échantillonnages qui appartient à la famille des Laridae. Ces espèces sont des omnivores se nourrissent de charogne, d'oisillons d'œufs et même d'autres oiseaux adultes, ainsi que de poissons et de déchets qu'ils trouvent dans les ports, dans le sillage des bateaux et sur les décharges publics.

- Crustacés, éponges de mer et Mollusques



*Crabe*



*Mollusque*

Les oursins comptent de nombreux prédateurs tels que les étoiles de mer, les crabes etc.

Il peut cependant dans certaines conditions, être omnivore (**Niell et Pastor, 1973; Regis, 1978**), ce qui fait qu'en plus de la fraction végétale, on peut retrouver dans son contenu digestif une fraction animale, constituée de Foraminifères, de Spongiaires et de Bryozoaires (**Traer, 1980; Verlaque, 1987**) ainsi que de Crustacés (**Niell et Pastor, 1973**).

L'annélide polychète qui vit en parasitisme avec l'étoile de mer. Cette première s'infiltré dans les blessures de l'étoile pour la dévorer de l'intérieur (**Dahmoune, 2015**). Ainsi que certaine crevette qui s'alimente d'un des bras abimés d'une étoile de mer pour l'en débarrasser afin qu'elle puisse le régénérer.

#### 7- Classement des stations en fonction de la richesse du phylum :

Dans notre phylum étudié la diversité des stations est très différente d'une station à une autre, (**Figure 61, 62**)

Le classement des stations selon le nombre d'espèce d'Echinidés récoltés, (**Tableau 18**) sur nos sites d'échantillonnage est classé comme suite :

- Station 3 (Sbiaat), 5 (Beni saf près du port), 8 (Bouzedjar), sont les stations avec le plus grand nombre d'échinidés 3/3, veut dire une présence de 100 % durant les trois années d'échantillonnage.
- Station 1 (Rechgoune), 2 (Chatt el Hillal), 4 (Beni Saf), 6 (Sidi Djelloul), 7 (Bousfer), 9 (Les Andalouses), les secondes stations avec 2/3 d'échinodermes, veut dire une présence à 66.66 %.

- Station 10 (Ain Turck) la dernière station avec le minimum d'échinodermes 1/3, une présence de 33.33%.

Concernant la diversité de la classe des Holothuries par station toujours et durant nos compagnies d'échantillonnages (**Tableau 18**),

Elle est partagée comme suite :

- Station 3 (Sbiaat), la station la plus diversifiée du point de vue du nombre d'espèces par station 3/4.
- Station 1 (Rechgoune), 6 (Sidi Djelloul), 7 (Bousfer), 8 (Bouzedjar) et 9 (Les Andalouses) ce sont les stations avec 25% de nombre d'espèce par station 1/4.
- Station 2 (Chatt et Hillal), 4 (Beni Saf), 5 (Béni Saf près du port), 10 (Ain Turck) sans aucune espèce d'Holothurie détectée.

A propos des Astérides la diversité des stations est présentée comme suite :

- Station 3 (Sbiaat) la station la plus diversifiée par une présence de 2 espèces sur 3 qui présente un pourcentage de 66.66%.
- Station 1 (Rechgoune), 5 (Beni Saf près du port), 7 (Bousfer), 8 (Bouzedjar) les secondes stations avec une présence de 33.33% qui veut dire 1/3 d'Astéridés.
- Station 2 (Chatt et Hillal), 4 (Beni Saf), 6 (Sidi Djelloul), 9 (Les Andalouses), 10 (Ain Turck) sans aucune espèces d'Astérides récoltée.

Tandis que la diversité Ophiurides est beaucoup moins importante, elle répartie selon le classement suivant : (**Tableau 18**)

- Station 7 (Bousfer), 8 (Bouzedjar) ce sont deux stations les plus diversifiées avec 1 espèce d'Ophiuride détectée.
- Station 1 (Rechgoun), 2 (Chatt el Hillal), 3 (Sbiaat), 4 (Béni Saf), 5 (Beni Saf près du port), 6 (Sidi Djelloul), 9 (Les Andalouses), 10 (Ain el Turck) aucune espèce détectée dans tous nos site prospectés.

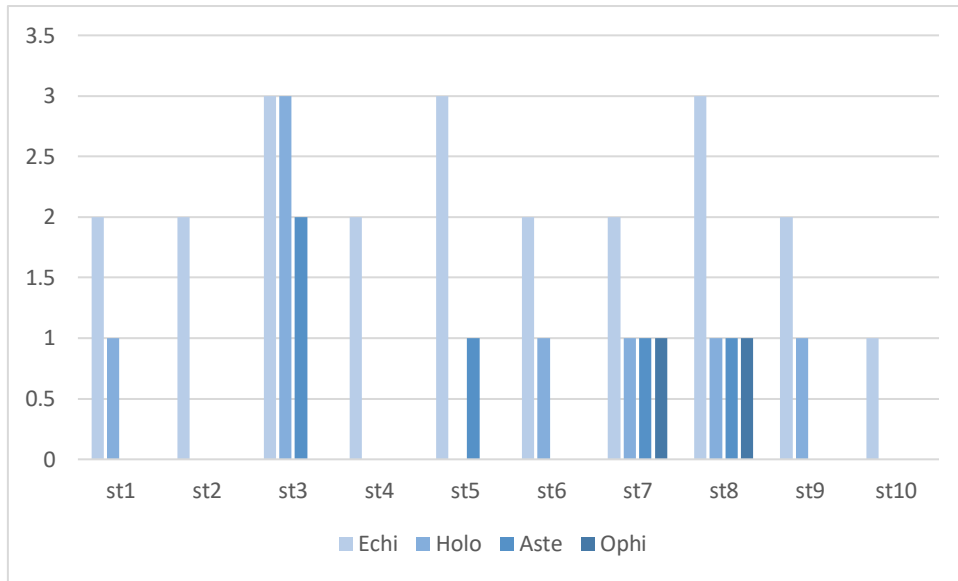


Figure 61: Répartition des espèces par station.

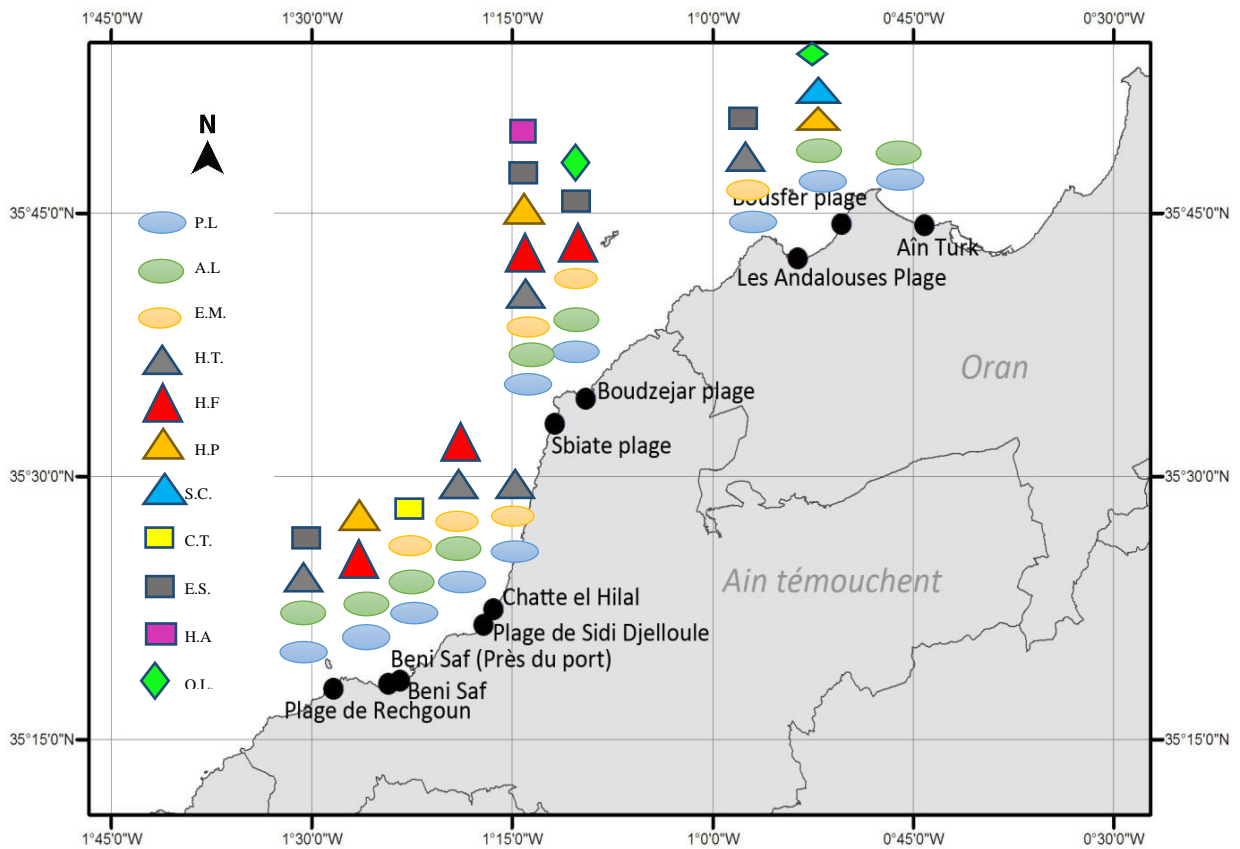


Figure 62 : répartition géographique des espèces récoltées.



St ati on s	<i>Para centr otus livid us</i>	<i>Ar ba cia lix ul a</i>	<i>Echino mertam 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	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05	+	+	+	-	-	-	-	+	-	-	-
06	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-
07	+	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+
08	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	+
09	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
10	+	-	--	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau18 : Présence des Echinodermes dans les 10 stations

## 8- Classement analytique des stations :

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

<i>stations</i>	<i>st1</i>	<i>st2</i>	<i>st3</i>	<i>st4</i>	<i>st5</i>	<i>st6</i>	<i>st7</i>	<i>st8</i>	<i>st9</i>	<i>st10</i>
<i>années</i>										
<b>2016</b>	1,30	0,97	2,13	1,00	1,25	0,65	1,75	1,96	0,81	0,92
<b>2017</b>	0,95	1,38	2,06	1,30	1,52	1,15	0,97	2,32	0,65	0,72
<b>2018</b>	1,65	0,99	2,02	1,22	1,75	1,15	1,24	1,87	1,15	0,92

**Tableau 19 :** Valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver H' max des échinodermes par an dans les 10 stations d'études.

Selon le tableau 19 l'indice de diversité de Shannon –Weaver varie d'une station à une autre et d'une année à une autre aussi. La variation la plus élevée est au niveau de la station 8 avec une valeur maximale de 2.32 en 2017, cela veut dire que la plus grande biodiversité en termes de composition spécifique est rencontrée au niveau de cette station ainsi que la station 3 avec un indice qui varie entre 2.13 et 2.02. Par contre ces indices atteignent leurs minimums au niveau des stations 9 et 10 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.

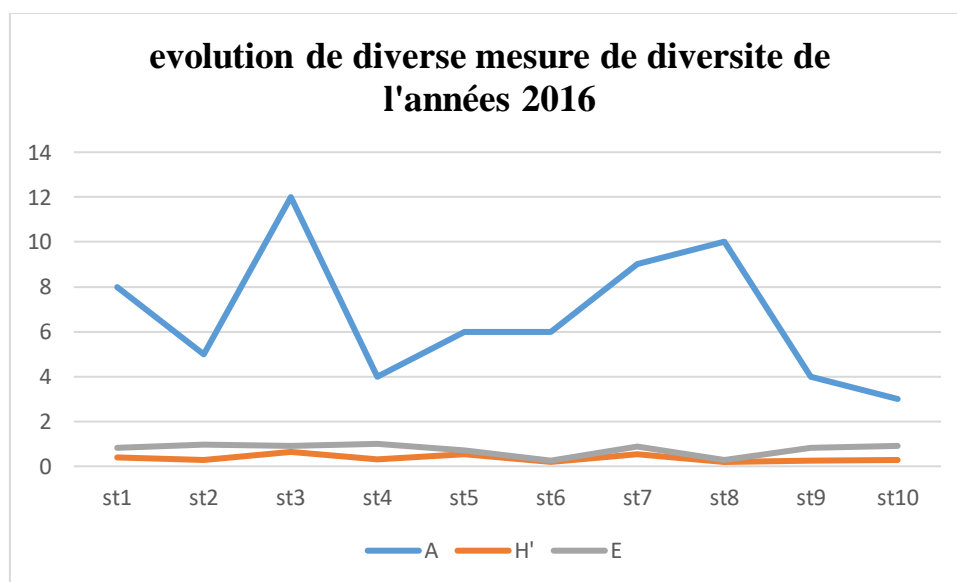
La diversité est conditionnée par la stabilité du milieu et les facteurs climatiques. Lorsque les conditions de vie du milieu sont favorables on rencontre beaucoup d'espèces et chacune d'entre elles est représentée par un faible effectif, l'indice de diversité est alors élevé (**Dajoz, 1971**).

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

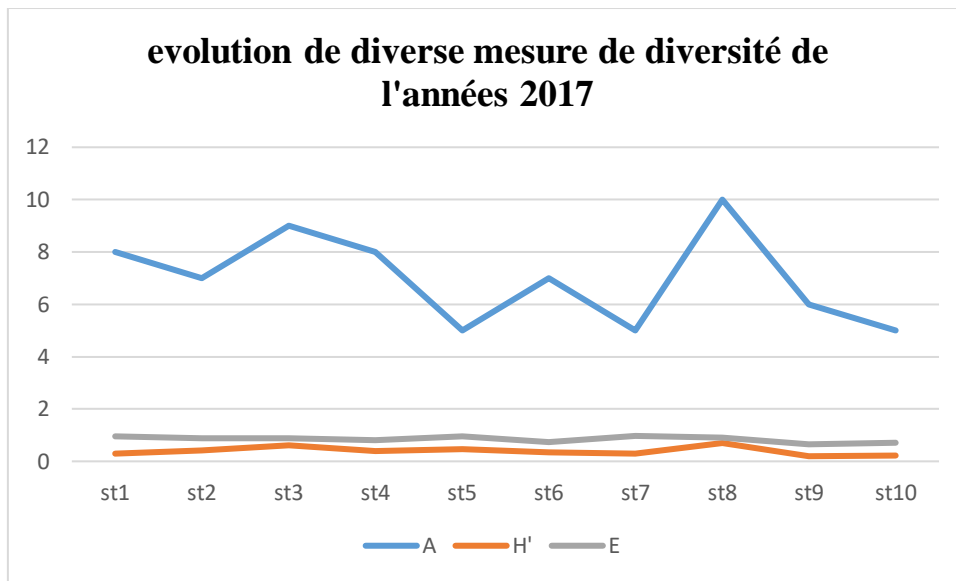
Stations années	st1	st2	st3	st4	st5	st6	st7	st8	st9	st10
2016	0,82	0,97	0,92	1,00	0,79	0,65	0,88	0,84	0,81	0,92
2017	0,95	0,87	0,89	0,82	0,96	0,72	0,97	0,90	0,65	0,72
2018	0,83	0,99	0,87	0,77	0,88	0,72	0,78	0,80	0,72	0,92

**Tableau 20** : Valeurs de l'indice de diversité d'équitabilité de Piélou J des échinodermes par an dans les 10 stations d'études.

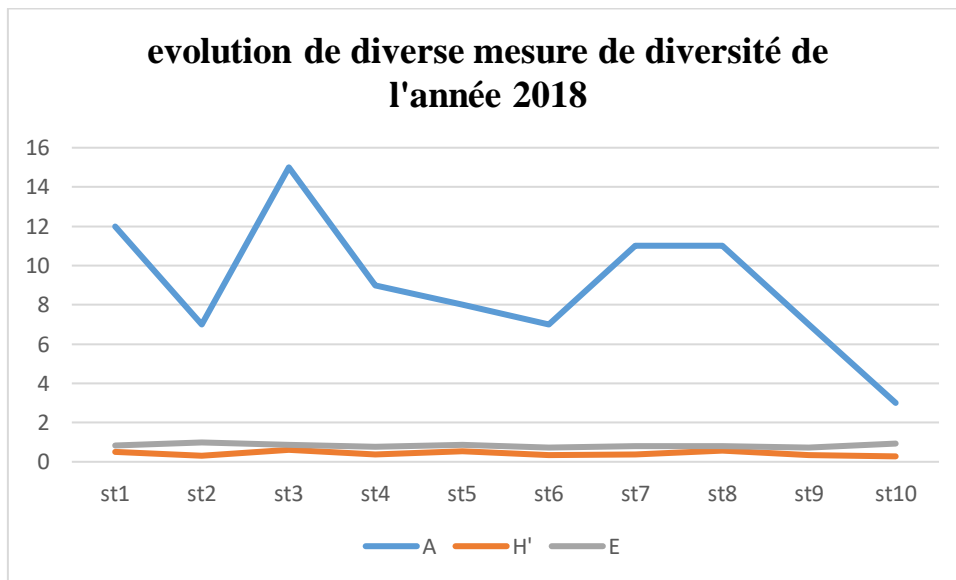
Les variations de l'indice d'équitabilité de Piélou (**Tableau 20**) au niveau des stations sont indépendamment de la variation de la richesse spécifique du peuplement et de l'indice de Shannon-Weaver, puisque cet indice permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces. Considérant, la station 4 parmi les stations les moins diversifiées mais la plus équilibrée au niveau des individus qu'elle contient puisque 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.



(a)



(b)



(c)

**Figure 63 : Evolution de diverse mesure de diversité.**

**a : 2016, b : 2017, c : 2018.**

On analysant les courbes ci-dessous qui représente l'évolution de diverse mesure de diversité des années d'étude, on observe le pic au niveau des stations 3 et 8 qui résulte la diversité élevée au niveau de ces stations durant nos années d'étude (**Figure 63**).

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

<i>années</i>	<i>stations</i>									
	<i>st1</i>	<i>st2</i>	<i>st3</i>	<i>st4</i>	<i>st5</i>	<i>st6</i>	<i>st7</i>	<i>st8</i>	<i>st9</i>	<i>st10</i>
<b>2016</b>	0,61	0,60	0,82	0,67	0,60	0,33	0,75	0,76	0,50	0,67
<b>2017</b>	0,54	0,67	0,81	0,61	0,80	0,52	0,60	0,84	0,33	0,40
<b>2018</b>	0,70	0,57	0,77	0,56	0,75	0,52	0,56	0,71	0,52	0,67

**Tableau 21 :** Valeurs de l'indice de diversité de Simpson D des échinodermes par an dans les 10 stations d'études.

En observant les valeurs du tableau 21, 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 3 et 8. Par contre la présence d'*Ophioderma Longicauda* considère comme espèce rare au niveau de la station 7 ne valorise pas sa diversité.

### 8-4- Indice de Hill :

<i>années</i>	<i>stations</i>									
	<i>st1</i>	<i>st2</i>	<i>st3</i>	<i>st4</i>	<i>st5</i>	<i>st6</i>	<i>st7</i>	<i>st8</i>	<i>st9</i>	<i>st10</i>
<b>2016</b>	0,58	1	0,69	0,74	0,61	0,75	0,56	0,54	0,79	0,72
<b>2017</b>	0,72	0,62	0,45	0,58	0,61	0,58	0,73	0,41	0,72	0,71
<b>2018</b>	0,53	0,73	0,47	0,58	0,51	0,58	0,59	0,43	0,58	0,72

**Tableau 22 :** Valeurs de l'indice de diversité de Hill des échinodermes par an dans les 10 stations d'études.

Pour l'indice de diversité de Hill représenter 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 10 les moins diversifiées. Par contre, tant que cet indice s'approche du 0 le cas de la station 3 et 8 les plus riches en fonction de diversité récolter.

#### 8-5- Type de répartition :

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

**Tableau 23** : Type de répartition des espèces échantillonnées.

Selon le tableau 23 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.

## 9- Diversité des sites d'échantillonnage par espèce :

Espèces	Années		2016		2017		2018	
	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 attenuata</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

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

Si on analyse la structure des échinides, le *Paracentrotus lividus* (**Lamarck 1816**) occupe la première position avec une présence dans toutes les stations et durant les trois années de prélèvement (**Tableau 24**), donc cette espèce est dominante à 100 %, suivi de l'*Arbacia lixula* (**Linnaeus, 1758**) d'une abondance moins importante 60 % (présent dans 6 stations sur 10) durant toute la période d'étude, en dernier l'*Echinometra mathaei* (**Blainville, 1825**) avec 50% en première année et 40% pour les deux dernier prélèvement.

Concernant les Holothuries, l'*Holothuria tubulosa* (**Gmelin, 1788**) est présente dans 60 % des 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.

Chez les Astérides la présence de *Coscinasterias tenuispina* (**Lamarck, 1816**) est dû à une prospection avec pêcheurs du port de Béni Saf et à proximité de ce dernier avec une présence de 10 %, cette présence est probablement dû au baillage des bateaux au près du port, par contre *Echinaster sepositus* (**Retzius, 1783**) est détecté dans deux stations (20%) en dessous des roches ou des plateformes.

## 10- Actions et interactions biotiques et abiotiques :

Le *Parcentrotus lividus* vit parfois en groupe avec *Arbacia lixula* (**Figure 64**). 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 mais ce n'est pas le cas de tous nos sites. *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 64:** Communauté des Echinidés.

Lorsque le *Parcentrotus lividus* se trouve dans les ressources végétales abondantes (**Figure 64**), 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 Liuxila* 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, (deposit feeders) 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 débris 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'accroche 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**).

## 11- Le rôle des perturbateurs environnementaux et leurs fonctions sur la répartition échinologique :

La diversité des stations approximatives des rejets est très faible par rapport aux autres stations non perturbées ou peu perturbées et cela est dû aux déchets ménagers liquides présentent la proportion la plus élevée sur la bande oranaise. D'autres sont canalisés par les égouts domestiques, et s'accumulent sous forme de matière organique causant une pollution bactériologique (Kerfouf, 2007). Notons que cette forme de pollution s'accroît de plus en plus suite à une absence totale dans les villes littorales de stations d'épuration des eaux usées. Le déversement des déchets a entraîné sur le littoral oranais de sérieux problèmes pour l'utilisation de ce milieu soit pour la pêche, la baignade ou la plaisance (Remili et al., 2010), bien que des problèmes de diversité.

La diversité des écosystèmes de notre littoral est aussi bien dû à l'urbanisation et la bétonisation (Figure 65B) sur quelques sites étudiés ainsi que l'artificialisation de la cote (Figure 65 A), qui augmente la turbidité des eaux à travers les rejets directs non contrôlés domestiques, urbains et industriels qui ont une liaison aussi avec le développement de la fréquentation estivale, surtout en l'absence de mesures de protection et d'encadrement d'un tourisme sauvage et tout cela influe sur l'écosystème marin et la diversité de ce dernier.



A : digue artificiel

B : Urbanisation au niveau de la plage

**Figure 65:** Bétonisation et urbanisation (A : digue artificielle de rechgoun. B : Urbanisation au niveau de la plage Chatt el Hillal)

La diversité de la faune échinologique est plus augmentée dans la station 3 (Sbiaat plage) et cela est dû à la non perturbation de cette zone dite isolée ou peu fréquentée par l'être humain. Cette station est caractérisée par une absence de bétonisation, des rejets d'égouts de toute sorte de pollution avec une présence d'une ferme marine aquacole qui n'est pas encore fonctionnelle à nos jours. Tandis qu'elle était non fréquentée par l'être humain mais cette dernière année est devenue une plage surveillée en moment estival.

Par contre au niveau des stations 9 (Les Andalouses), 10 (Ain Turck) et 2 (Chatt el Hillal) la diversité est beaucoup moins importante et cela est probablement dû à la perturbation du milieu par les rejets urbains.

# CONCLUSION

### Conclusion :

La Méditerranée cache, en réalité, comme on l'a vu, une santé fragile qui pourrait être gravement compromise dans les années à venir. Et cette mer ne mérite pas un tel destin, elle qui a vu éclore et se succéder les premières et les plus brillantes civilisations maritimes de l'antiquité et qui fut pendant si longtemps l'esprit et la pensée du monde.

Les invertébrés marins, se présentent comme des continuums de productivité. Ils ont réglé et règlent encore de nos jours les chaînes trophiques bien au-delà de leurs territoires apparents. De nombreux maillons de la vaste chaîne biologique sont à la veille d'une rupture d'équilibre. La biodiversité échinologique au niveau de la côte Ouest algérienne est l'une de ces maillons. Peu variée, elle nous a permis de comprendre la relation biotique et abiotique entre les différentes espèces qui sont bio-indicateurs de l'état de santé du milieu environnementale marin.

Ces espèces remplissent beaucoup d'exigence, et quand il s'agit d'évaluer la biodiversité des habitats des fonds marin et littoraux, il offre un grand nombre d'avantage par exemple : ils occupent un tous les niches de consommateur dans la chaîne trophique, depuis les herbivores (oursins) jusqu'aux filtreurs (ophiures, crinoïdes), aux détritivores (holothurie, ophiures) aux carnivores (étoiles de mer, ophiure).

Notre étude a été effectuée dans le littoral Ouest algérien au niveau de la zone intertidale des substrats durs, caractérisé par un bioclimat semi-aride. Dix stations ont été prospectées durant la saison printanière de 2014 à 2018. L'étude nous a permis de recenser 11 espèces réparties inégalement en quatre classes, les echinoidea et les holothuroidea les plus abondantes avec 04 espèces suivies par les astéroidea avec 03 espèces d'étoile de mer, et les ophiuroidea représentés par une seule espèce et 09 familles présenté comme suite : Ophidiastéridés, Echinasteridae, Astériides, Stichopodidae, Holothuriidae, Echinometridae, Arbaciidae, *Parechinidae*, *Ophiodermatidea*.

Ajoutons la faune et la flore associée à ce phylum, Cette étude préliminaire ouvre en fait des horizons à d'autres plus détaillées qui permettraient d'élucider les différents rapports qui lient l'échinoderme aux différentes espèces associées. Les aspects écologiques, économiques et éventuellement pharmacologiques sont donc à explorer. La faune associée aux échinodermes surtout les echinoidea semble être en relation avec la structure du fond sur

## CONCLUSION

lequel vit cette dernière. La présence de *pavina pavonica* et *Ulva* dans toutes les stations confirme la préférence alimentaire des échinidés, et de même pour la posidonie qui semble être favorite par *Holothuria tubulosa* et *Holothuria poli*.

L'évaluation de nos site d'échantillonnage nous indiqué la forte diversité de la station 3 (Sbiaat) par rapport aux autres stations et cela est dû à la non perturbation du milieu par rapport à la fragilité du littoral de la station 10 (Ain Turck) touché par de multiple source de nuisance « pollution, aménagement du littoral, érosion ... etc » qui perturbe la biodiversité et les écosystèmes littoraux et peut causer une perte et une transformation d'habitats plus une modification du fonctionnement hydrologique. Malgré la présence de quelques espèces d'échinoidea qui semblent être adaptées à ce milieu de vie avec une présence de 33.33%.

La station 3 (Sbiaat) est la plus diversifiée avec 08 espèces disponibles durant les trois années d'échantillonnages. La valeur de l'indice de Shannon-Weaver la plus élevée est enregistrée à cette station avec 2,13 bits en 2016, qui est confirmé par l'indice d'équitabilité qui tend vers le 1 avec une valeur qui égale à 0,92, cela indique que c'est un peuplement équilibré et la station est non polluée.

D'autre part on distingue que la station la plus bouleversée et modifiée par la pollution est bien la station 09 (les andalouses) avec une présence de deux espèces seulement durant toute la période d'échantillonnage et cela est signifié par la grande baisse de l'indice de Shannon-Weaver calculé à 0,65 bits, ainsi complété par l'indice d'équitabilité qui aille vers le 0 avec une valeur qui égale à 0,72.

Idem pour l'indice de Simpson et l'indice de Hill qui semble le plus synthétique. Plusieurs auteurs recommandent d'ailleurs leur utilisation (**Peet, 1974 ; Routledge, 1979**).

Pour le type de répartition au niveau des espèces inventoriées on a déduit 2 types d'espèces:

- Le type contagieux qui représente les espèces les plus communs comme le *Paracentrotus lividus*.
- Le type régulier ou on trouve l'étoile de mer rouge *Echinaster sepositus*.

Par contre, on ne trouve pas le type Aléatoire dans nos échantillons.

## CONCLUSION

Pour conclure des missions d'inventaire complémentaires doivent être entreprises pour mieux apprécier la biodiversité échinologique et l'étaler sur toute la côte Ouest algérienne de telle manière d'avoir une carte benthique plus élargie. Les données spatiales encore très hétérogènes doivent être harmonisées de manière à réaliser une cartographie permettant de visualiser les biotopes renfermant une diversité biologique exceptionnelle.



# ANNEXES



# International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)

ISSN 2307-4531  
(Print & Online)

<http://gssrr.org/index.php?journal=JournalOfBasicAndApplied>



## Biodiversity of Echinological Fauna of Hard Substrates of the Algerian West Coast

ALLAILI Hadjar<sup>a</sup>, KERFOUF Ahmed<sup>b\*</sup>

*University of Sidi Bel Abbes, Faculty of Nature Sciences and life, Department of Environmenal sciencest, Sidi  
Bel Abbés, 22000, Algeria..*

*<sup>a</sup>hallaili@yahoo.com*

*<sup>b</sup>kerfoufahmed@yahoo.fr*

### Abstract

Echinoderms, exclusively marine animals, present a great diversity and are an important and very ancient phylum. Whether they are predators, vegetarian or scavengers, echinoderms frequently dominate the ecosystems in which they are subservient. Benthic macrofauna and particularly echinoderms acting directly on the functioning of marine ecosystems, represents the fundamental link in the food chain and an essential source of food for many consumers. There has been very little work on the echinoderms found in the western Algerian coast. The objective of this work is to conduct an inventory on the echinological fauna in the intertidal zone, including the description of the morphological and ethoecological characteristics of the echinoderms in their ecosystem. To this end ten stations were surveyed. For each station, a random sampling was performed on hard substrates found in the coast of Oran. The identification of species and faunal analysis permitted to identify six species belonging to this phylum with a presence of 55.17% of Echinoids (Echinoids), 34.8% of sea cucumber (holothurian) and 10.34% of starfish (Asteroidean).

**Keywords:** echinoderms; benthic macrofauna; Macro-invertebrates; marine ecosystems; Coast of Oran; West of Algeria.

---

\* Corresponding author.

E-mail address: kerfoufahmed@yahoo.fr .

## **1. Introduction**

The rich variety of aquatic life in the water and in the coastal zone of the Mediterranean Sea, especially the Algerian coast, is facing a bleak future due to the increasing exploitation, by man, of its natural resources; the highest pressure linked to human activity is now widely concentrated along the coast. The sea and the coast are among the most threatened in the Mediterranean region. Our knowledge of biodiversity is still very poor. According to [1], we now know only the tenth of all species on the planet.

The benthic macro fauna and especially the echinoderms are invertebrates represented by 6000 marine species that are all different from one another. They are found throughout the world and at any depth. Despite this, we have very little information on this clade in the Mediterranean Sea, and especially on the Algerian west coast.

## **2. Study area**

Like all the grounds emerged around the Mediterranean, the septentrional end of the African continent is prolonged at sea by a not very wide underwater edge, more or less continues [2].

Our study area focusses on the Bays of Beni Saf and Oran which are located on the west of the Algerian coast with a span of approximately 180 km. The coast of Oran is a set of landforms that have shapes which depend, directly or indirectly, on the effect of the sea. It includes the coastline that comprises in part beaches and cliffs, which differ from one zone to another. It is also characterized by a small plateau, with large open beaches, much of which is formed by a rocky terrain [2].

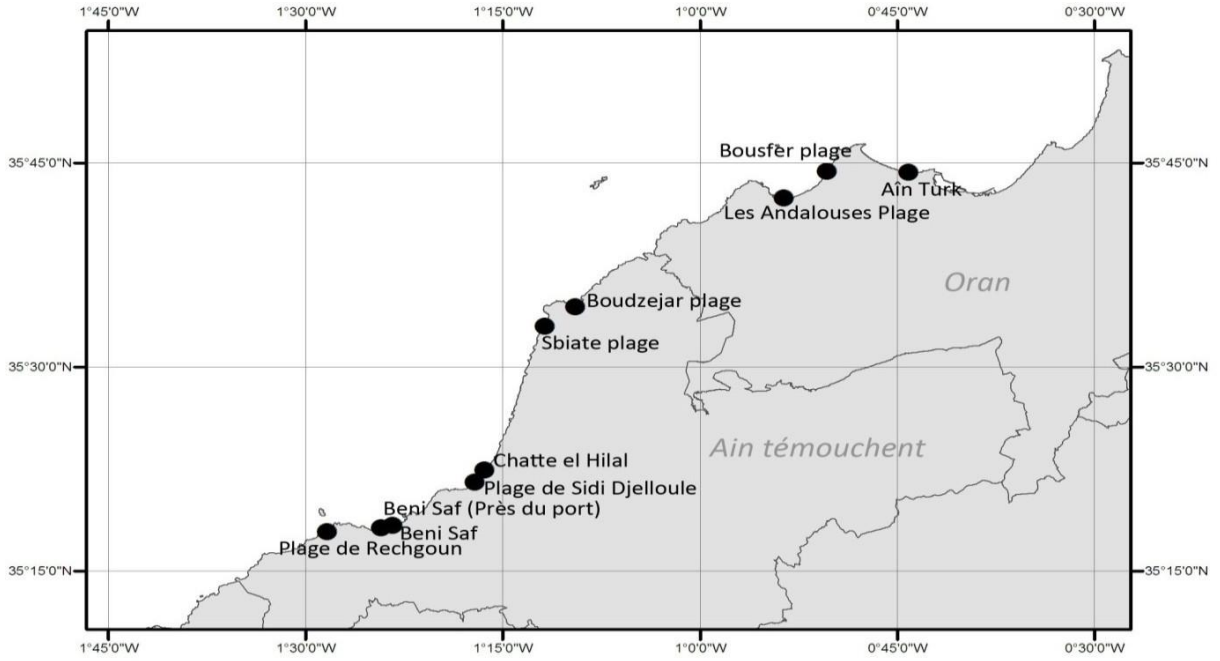
The study area is bathed by Atlantic water. Circulation appears very turbulent along the North-African continent. These turbulences would support the dispersion of possible sources of pollution and allow a relatively significant development of all the food chain [3].

## **3. Materials and Methods**

### ***3.1 Samplings and data collection***

Observations of the organisms (species) were carried with the naked eye by walking on the foreshore area of the sampling sites. The campaign survey was conducted during the period from the month of April to the month of October of 2012. Fig. 1 shows the location of 10 sampling stations whose natural substrate is hard (rocky areas) or artificial (dike) from the Bay of Oran to the Bay of Beni Saf. The station farthest East is that of Ain El Turk (station 10) and the farthest West is that of Rechgoun (station 01).

The collection of the samples was made by hand directly or using a stainless steel knife depending on the size of the organisms, at a distance between 0 and 10m from the coast, and between 20cm and 1m depth in the supralittoral zone and intertidal zone. The collected samples were placed in glass jars, fixed with 5% diluted formalin and transported to the laboratory for later identification.



**Fig. 1:** Location of study sites.

**Table 1:** Presence of echinoderms in the 10 stations.

Stations	<i>Paracentrotus lividus</i> 	<i>Arbacia lixula</i> 	<i>Holothuria tubulosa</i> 	<i>Holothuria forskali</i> 	<i>Coscinasterias tenuispina</i> 	<i>Echinaster Sepositus</i> 
	1	+	+	+	+	-
2	+	-	+	-	-	-
3	+	+	+	+	-	+
4	+	+	+	+	-	-
5	+	+	-	-	+	-
6	+	-	-	-	-	-
7	+	+	+	+	-	+
8	+	+	-	-	-	-
9	+	-	-	-	-	-
10	+	-	-	-	-	-

### 3.2 Analysis of samples

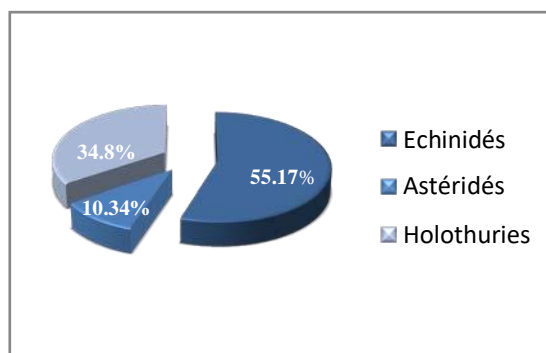
The first sorting in the laboratory is done with the naked eye and allowed a separation of species according to their affiliations to the following classes: Echinoids, Starfish, Sea Cucumbers.

The determination of harvested species is made by observation with the naked eye of the form or shape and after incision. The systematic routine was performed based on the work of [4, 5, 6, 7] and the key of determination of the FAO in 1987.

## 4. Results and Discussions

During our sampling campaign of the ten stations surveyed, we identified 6 species belonging to three classes: Echinoids, Starfish, Sea Cucumbers (see Table 1).

Our results show the dominance of Echinoids with 55.17%, followed by Sea Cucumbers with a percentage of 34.8%, and the Starfish with the lowest percentage of 10.34% (see Fig. 2).



**Fig. 2:** Species richness of the phylum studied.

By analyzing the structure of echinoids, *Paracentrotus lividus* (Lamarck 1816) ranks first with a presence in all stations, dominance of 100%, followed by *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) with an abundance of less importance of 60 % (present in 6 stations out of 10). These two species live sometime in groups and are often associated with other echinoids and Sea Cucumbers such as *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788) and *Holothuria polii* (Delle Chiaje, 1823), present in the Mediterranean Sea but have not been found in our samples.

Concerning the sea cucumbers, *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788) is present in 60% of the surveyed stations, followed by *Holothuria forskali* (Delle Chiaje, 1823) with a rate of 40% presence. These two species are well known in the Mediterranean area for their low presence. They are much more rare in zones frequented by humans. Sea cucumbers, an important component of the large benthic compartment of the seagrass *Posidonia oceanica* [8,9], actively participate in the recycling of organic material [10]. They are involved in the process of "bioturbation" [11], organize the return of nutrients to the water layer and enhance the production of bacteria

associated with sediments by stimulating the activity of these bacteria, which contribute to the destruction of certain types of litter ingested by sea cucumber as those derived from marine seagrass [12].

For the Starfish, the presence of *Coscinasterias tenuispina* (Lamarck, 1816) is due to a prospection with the fishermen of the port of Beni Saf (station 5) and close to this station with a presence of 10%, and this presence is probably due to the Bailiwick of boats near the port. On the other hand, *Echinaster sepositus* (Retzius, 1783) is detected in two stations (20%) under rocks or platforms. These Starfish are the main predators of *Paracentrotus lividus* (Lamarck 1816) and *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758).

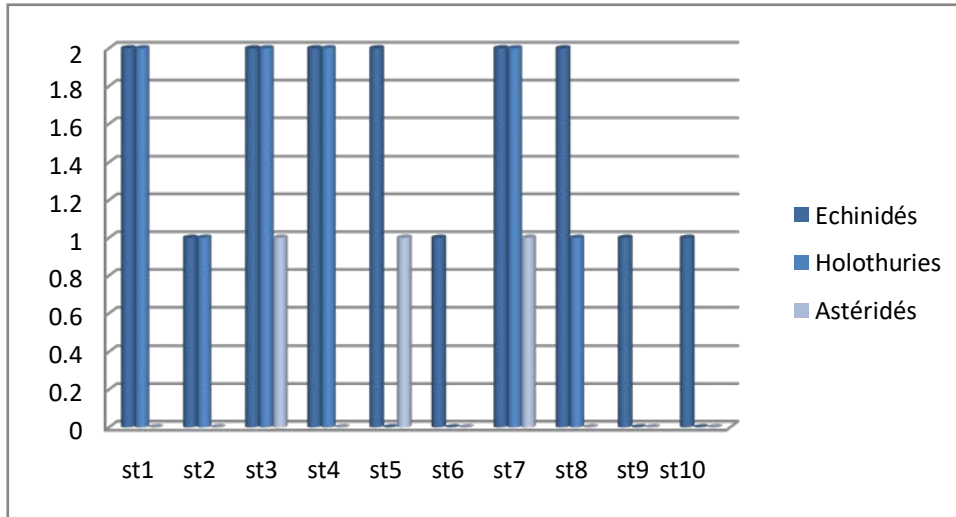


Fig. 3: Distribution of species per station.

The diversity of the echinological wildlife is increased in station 3 (Sbiaat beach) and this is due to the non-disturbance of this area that is considered isolated and rarely frequented by humans. This station is characterized by a lack of overbuilding of sewage from all kinds of pollution discharges with a presence of a marine aquaculture farm that was not yet functional. While this area was not frequented by humans, in recent years it has become a supervised beach during summer time.

By contrast at stations 9 (Les Andalouses) and 10 (Ain el Turk), the diversity is much less important and this is probably due to the disturbance of the environment by urban discharges.

## 5. Conclusions

The composition of the echinological fauna on the Algerian west coast is very varied and this has allowed us to understand the importance of echinoderms which are bio-indicators of the health of the marine environment.

This work explains the echinological wealth that is presented by three classes: Echinoids by two species: *Paracentrotus lividus* (Lamarck 1816), *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758), Sea Cucumber (Holothurian) by two species also: *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788), *Holothuria forskali* (Delle Chiaje, 1823), as well as starfish

(Asteroidean) by two species: *Coscinasterias tenuispina* (Lamarck, 1816), *Echinaster sepositus* (Retzius, 1783) and with a dominance of the edible sea urchin in all studied stations. This indicates that this herbivore species is considered a key species that is capable of determining, by the effect of its pasture, the composition and dynamics of the algal community [13], and is effective for any kind of pollution.

Our results remain to be confirmed in the long-term evaluation of the echinological benthic fauna. This populating environment should be studied primarily in terms of spatial and temporal distributions [14]. More monitoring of algal cover and associated wildlife must be made to determine the ecological status of the coast and the relation to the phylum. This will be followed by a map and a statistical study to better value our results.

## References

- [1] A. Longhurst. "The sampling problem in benthic ecology". *Proceedings of the New Zealand Ecological Society*, 1959, 6:8-12.
- [2] 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.*
- [3] Millot C., 1989, the general circulation in western Mediterranean. *Annals of geography, flight*. 549, p. 497-515.
- [4] Jangoux M., 1982.- Food and feeding mechanisms : Asteroidea. In : Echinoderm nutrition, Jangoux M. & Lawrence J. (eds.), *Balkema publ., Rotterdam* : 117-159.
- [5] Pallary P., 1900. Coquilles marines du littoral du département d'Oran. *J. Conch. Paris*, 48: 211 –422.
- [6] Pallary P., 1935. Echinodermes du Golfe d'Oran. *Bull. Stat. Agric. et Pêche Castiglione*, 3-60.
- [7] 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.*
- [8] Harmelin J.G., Bouchon C, Duval C, Hong J.S., 1980. Les échinodermes des substrats durs de l'île de Port - Cros, Parc National (Méditerranée Nord Occidentale). *Trav. Sci. Parc nation. Port-Cros, Fr., 6* : 25-
- [9] 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., Meinez A., Fresi E. & Gravez V, éd., *GIS Posidonie publ., Marseille, Fr., 2.*
- [10] 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
- [11] Roberts, D., Bryce C, 1982. Further observations on tentacular feeding mechanisms in holothurians. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 59, 151-163.

[12] Billett, D.S.M., 1991. Deep-sea holothurians. *Oceanogr. & marine Biology. Annual Review. London*, 29-259-317.

[13] Verlaque, M., 1987 – Relation entre *Paracentrotus Lividus* (Lamarck) et le phytobenthos de la Méditerranée occidentale, In Boudouresque CF (ed), Colloque international sur le *Paracentrotus Lividus* et les oursins comestible, *GSI posidonie publ, Marseille* : 5-36.

[14] 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.