

République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

Meftahi Khaoula et Benizza Nour El Houda

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE

Spécialité: Bioressources Marines

THÈME

Contribution à l'étude du régime alimentaire chez l'oursin
Paracentrotus lividus (Lamack, 1816) de la zone côtière
de Mostaganem

Soutenue le 09/07/2023

DEVANT LE JURY

Président	Bachir Bouiadjra Benabdellah	Pr.	U. Mostaganem
Encadreur	Belbachir Nor Eddine	MCA	U. Mostaganem
Examineur	Bekada Djamel eddine.	MCA	U. Mostaganem

Année universitaire 2022/2023

بسم الله الرحمن الرحيم

(يرفع الله الذين آمنوا منكم و الذين أوتوا العلم درجات و الله
بما تعملون خبير)

سورة المجادلة الآية رقم 11

صدق الله العظيم

Remerciement

Je tiens avant tout à exprimer ma gratitude à ALLAH le tout puissant pour m'avoir donné le courage, la patience et surtout la volonté de terminer ce travail.

En premier lieu à remercier notre encadrant **Mr Nor Eddine BELBACHIR** pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité.

En second lieu nos vifs remerciements vont également aux membres du jury président **BACHIR Bouiadjra benabdellah** et examinateur **Bekada Djamel eddine** pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions , et nous tenons aussi à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu.

Un grand merci aux ingénieurs du laboratoire d'halieutique, notamment **M Eabaydi Ahmed**, et **Mme Amina** et **Mme Imane** pour leurs disponibilités et soutiens.

Nous remercions toute personne ayant contribué de loin ou de prêt à la réussite de notre travail.

Dédicace :

Je dédie ce travail

À ma mère, pour son amour, ses encouragements et ses sacrifices qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse.

À mon cher père, pour son soutien, son affection et la confiance qu'il m'a accordé.

À ma sœur et mes frères

Asma, ilyas, Bilal, Abdelfattah,

Qui n'ont pas cessée de me conseiller.

À mon adorable petit frère Farouk, qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille

À le fils de ma sœur et sa fille

Djawed et Ines

À mon binôme Nourelhouda pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce travail.

À mes proches Fatima, Ahlam, Aya, Zineb

À mes deux grands familles Meftahi et Djeddar.

khaoula

A me très chère mère

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit Ton affection me coure, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles

A mon très cher père

Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection

A mes très chers frères

Faysal et Bencherif et mon soutien dans la vie ma belle-sœur Zineb Ils m'ont chaleureusement et encouragé tout au long de mon parcours

A les femmes de mes frères

A mon petit prince saïf eddine Hichem, que dieu le protège

A ma chère binôme MEFTAHI Khaoula qui m'a soutenu et encouragé à travers tous les moments difficiles pour la réussite de ce mémoire

A tout ma famille BENIZZA et TADJINE pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire

Nourelhouda

Résumé

Une étude du régime alimentaire chez l'espèce *Paracentrotus lividus* de la zone côtière de Mostaganem (Stidia, Hadjadj et Petit port), a été réalisée afin d'avoir un aperçu sur la contribution des différentes sources trophiques dans le régime alimentaire de ces animaux benthiques. Nos résultats montrent les sources trophiques de *Paracentrotus lividus* sont très diversifiées, mais majoritairement d'origine végétale.

Le régime alimentaire de *Paracentrotus lividus* présente une variabilité en fonction de la saison et du site prélèvement. En Hiver, les oursins étudiés préfèrent les feuilles vivante de Posidonie (20.15%) et *Ceramium sp* (10.69%) à Stidia ; *Ulva sp* (19.84%) et *Sphacelaria sp* (17.27%) à Hadjadj et préfèrent *Coralina sp* (22.21%) et *Jania sp* (21.31%) à Petit port. En Printemps, ces même oursins préfèrent *Jania sp* (22.79%) et *Polysiphonia sp* (18.93%) à Stidia ; *Ulva sp* (31.77%) et *Porphyridium sp* (14.38%) à Hadjadj et préfèrent *Jania sp* (19.06%) et *Ulva sp* (15.59%) à Petit port.

Cette étude démontre non seulement le caractère herbivore de *Paracentrotus lividus* ; mais également sa plasticité trophique lui permettant de mieux s'adapter avec les contraintes de son environnement.

Mots clés : *Paracentrotus lividus*, régime alimentaire, Mostaganem, herbivores, plasticité trophique.

Summary

A study of the diet in the species *Paracentrotus lividus* of the coastal zone of Mostaganem (Stidia, Hadjadj and Petit port), was carried out in order to have an overview of the contribution of the different trophic sources in the diet of these benthic animals. . Our results show the trophic sources of *Paracentrotus lividus* are very diverse, but mainly of plant origin.

The diet of *Paracentrotus lividus* presents variability depending on the season and the sampling site.

In Winter, the sea urchins studied prefer the living leaves of *Posidonia* (20.15%) and *Ceramium* sp (10.69%) to *Stidia*; *Ulva* sp (19.84%) and *Sphacelaria* sp (17.27%) in Hadjadj and prefer *Coralina* sp (22.21%) and *Jania* sp (21.31%) in Petit port. In Spring, these same sea urchins prefer *Jania* sp (22.79%) and *Polysiphonia* sp (18.93%) to *Stidia*; *Ulva* sp (31.77%) and *Porphyridium* sp (14.38%) in Hadjadj and prefer *Jania* sp (19.06%) and *Ulva* sp (15.59%) in Petit port.

This study not only demonstrates the herbivorous nature of *Paracentrotus lividus*; but also its trophic plasticity allowing it to better adapt to the constraints of its environment.

Key words: *Paracentrotus lividus*, diet, Mostaganem, herbivores, trophic plasticity

ملخص

دراسة النظام الغذائي لأنواع *Paracentrotus lividus* من المنطقة الساحلية تم تنفيذ مستغانم (ستيديا وحجاج و ميناء الصغير) من أجل الحصول على لمحة عامة عن مساهمة المصادر الغذائية المختلفة في النظام الغذائي لهذه الحيوانات قاعية. تظهر نتائجنا أن المصادر الغذائية لـ *Paracentrotus lividus* شديدة جدًا متنوعة ، ولكن بشكل رئيسي من أصل نباتي.

يُظهر النظام الغذائي لـ *Paracentrotus lividus* تباينًا اعتمادًا على الموسم وموقع أخذ العينات. في فصل الشتاء ، تفضل قنفاذ البحر التي تمت دراستها الأوراق الحية لـ *Posidonie* (20,15%) و *Ceramium sp* (10,69%) في ستيديا (19,84%) *Ulva sp*; و *Sphacelaria sp* (17,27%) في حجاج و يفضل *Coralina sp* (22,21%) و *Jania sp* (21,31%) في الميناء الصغير , في الربيع تفضل قنفاذ البحر نفسها *Jania sp* (22,79%) و *Polysiphonia sp* (18,93%) الى ستيديا (31,77%) *Ulva sp* و *Porphiridium sp* (14,38%) الى حجاج و تفضل *Jania sp* (19,06%) و *Ulva sp* (15,59%) الى الميناء الصغير

هذه الدراسة لا توضح فقط الطبيعة العاشبة للـ *paracentrotus lividus* . لكن بالإضافة إلى اللدونة الغذائية التي تسمح لها بالتكيف بشكل أفضل مع قيودها بيئة.

الكلمات المفتاحية: *Paracentrotus lividus* ، نظام الغذائي ، مستغانم ، أكلات العشب ، لدونة غذائي.

Index des figures

N° Figure	Titre des figures	page
1	Les principales classes des Echinodermes	3
2	Face supérieure et inférieure d'un oursin régulier	5
3	Face supérieur et inférieure et vue postérieure d'un oursin irrégulier	6
4	Paracentrotus lividus	6
5	Distribution géographique (trait rouge) de Paracentrotus lividus	8
6	Individu de Paracentrotus lividus dans un herbier de Posidonie.	9
7	Individus de Paracentrotus lividus installés dans des cavités	9
8	Morphologie externe de Paracentrotus lividus. A : Face orale , B : Face aborale	10
9	Schéma d'une coupe transversale du test d'un oursin régulier (Echinoidea)	12
10	Situations géographiques des sites de prélèvements	18
11	Site de Stidia.	19
12	Site de Hadjadj	20
13	Site de Petit port	21
14	Dissection des oursins pour l'analyse du contenu digestif	22
15	Contenu digestif sous forme de petites pelotes (flèche) chez Paracentrotus lividus	23
16	Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs de l'oursins Paracentrotus lividus du site de Stidia pendant la saison d'hiver	27
17	Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs de l'oursins Paracentrotus lividus du site de Hadjadj pendant la saison d'hiver	28

18	Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs de l'oursins <i>Paracentrotus lividus</i> du site de Petit port pendant la saison d'hiver	29
19	Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs de l'oursins <i>Paracentrotus lividus</i> du site de Stidia pendant la saison de printemps	30
20	Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs de l'oursins <i>Paracentrotus lividus</i> du site de Hadjadj pendant la saison de printemps	31
21	Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs de l'oursins <i>Paracentrotus lividus</i> du site de Petit port pendant la saison de printemps.	32

SOMMAIRE

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
Index des figures	
Introduction.....	1

Chapitre I

Etude bibliographique

I. Généralités sur les échinodermes.....	2
II. La classe des Echinides.....	3
II.1.Description.....	3
II.1.1. Les oursins réguliers.....	4
II.1.2. Les oursins irréguliers.....	5
III. Présentation de l'espèce <i>Paracentrotus lividus</i> (Lamarck, 1816).....	6
III.1. Taxonomie.....	7
III.2. Habitat et répartition.....	7
III.3. Morphologie de <i>Paracentrotus lividus</i>	10
III.3.1. Morphologie externe.....	10
III.3.2. Morphologie interne.....	12
III.4. Reproduction.....	13
III.5. Régime et comportement alimentaire de <i>Paracentrotus lividus</i>	13
III.6. Importance du mode d'alimentation des oursins.....	15
III.7. Prédation.....	15
III.8. Intérêt économique des oursins.....	15

Chapitre II

Matériel et méthodes

I. Objectif de l'étude.....	17
II. Présentation de la zone côtière de Mostaganem.....	17
II.1. Condition des milieux.....	17
II.1.1. Hydrodynamisme.....	17
II.1.2. Température.....	18
III. Présentation des sites de prélèvements.....	18
III.1. Site de Stidia.....	19
III.2. Site de Hadjadj.....	20
III.3. Site de Petit port.....	21
IV. Echantillonnage et traitement des échantillons.....	21
IV.1. Analyse des contenus digestifs.....	22
V. Analyse statistique.....	24

Chapitre III

Résultats et discussion

I. Analyse des contenus digestifs.....	25
I.2. Hiver.....	26
I.2.1. Stidia.....	26
I.2.2. Hadjadj.....	27
I.2.3. Petit port.....	28
I.3. Printemps.....	29
I.3.1. Stidia.....	29
I.3.2. Hadjadj.....	30
I.3.3. Petit port.....	31

Conclusion.....35

Références bibliographiques.....36

Introduction

Introduction

Il devient nécessaire voir primordiale de prendre en compte l'impact des herbivores sur les peuplements phytobenthiques en mer Méditerranée. En raison, d'une part d'une alimentation souvent sélective, d'autre part de l'importance de leurs populations, les herbivores peuvent jouer un rôle déterminant dans la structure du paysage végétal sous-marin. Parmi ces organismes, les Oursins ont probablement l'impact le plus considérable (**Verlaque et Nedelec, 1983**).

Les oursins ont fait l'objet d'une multitude de travaux portant sur la biologie, la dynamique des populations et l'écologie trophique (**Paine et Vadas, 1969 ; Ogden et Lobel, 1978 ; Allain, 1975 ; Régis, 1978 ; Verlaque, 1984 ; Semroud et Kada, 1987 ; Byrne, 1990 ; San Martin, 1995**). L'oursin commun *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) est l'espèce d'échinoïde la plus répandue dans les habitats sublittoraux de la mer Méditerranée (**Lozano et al., 1995 ; Boudouresque et Verlaque, 2001**). L'activité herbivore de cette espèce influence fortement la structure et la biomasse des peuplements phytobenthiques (**Verlaque et Nédélec, 1983 ; Fanelli et al., 1994**). Cependant, il est important de signalé que les travaux portant sur les habitudes alimentaires de l'oursin régulier *Paracentrotus lividus* des cotes algériennes sont très fragmentaires.

L'objectif de ce travail est d'analyser la diversité des sources trophiques consommées par l'oursin régulier *Paracentrotus lividus* prélevés à partir de trois différents sites de la zone côtière de Mostaganem, ceci pendant deux saisons distinctes, a savoir l'hiver et le printemps. Pour ce faire, nous utiliserons l'analyse quantitative et qualitative des contenus digestifs. Cette approche nous apportera des réponses sur la composition du régime alimentaire de cette espèce.

Chapitre I

Etude bibliographique

I. Généralités sur les échinodermes

En termes de nombre d'espèces, la partie la plus importante de la biodiversité connue sur terre est représentée par les invertébrés. Cet ensemble d'êtres vivants est constitué par plusieurs embranchements, dont le plus important est celui des échinodermes.

Les Echinodermes existent depuis plus de 500 millions d'années ; on en compte environ 7000 espèces vivantes et 13000 espèces fossiles (**Pawson, 2007**). On les trouve dans toutes les mers, sous toutes les latitudes et à presque toutes les profondeurs. Ce groupe renferme différents animaux (**Guille, 1986**). Cet embranchement présente trois caractères essentiels:

- Offrent une symétrie pentaradiée ;
- Possèdent un squelette externe formé de nombreuses plaques calcaires ;
- Présentent un appareil très particulier qui n'existe dans aucun autre groupe du règne animal ; l'appareil aquifère.

Le nom échinoderme vient de deux termes grecs: échions (=épineux) et derma, qui signifie « peau de hérisson », dont l'aspect est dû à l'endosquelette situé juste sous le mince tégument et composé de plaques dures riches en calcium [**In Neghli, (2014)**]. Exclusivement marins, ils constituent l'un des phylums le mieux caractérisé du règne animal. Ces espèces vivent exclusivement en mer ; on ne connaît pas une seule espèce qui ait pénétrée en eau douce ; ils supportent très difficilement une diminution dans la salinité de l'eau.

Les Echinodermes actuels se composent de cinq classes (Fig. 1) ; ces classes très différentes d'aspect sont : les astérides ou étoiles de mer (Classe Asteroidea), les ophiures (Classe Ophiuroidea), les échinides ou oursins de mer (Classe Echinoidea), les crinoïdes ou lys de mer (Classe Crinoidea) et enfin les holothuries ou concombres de mer (Classe Holothuroidea) [**In, Belbachir (2012)**].

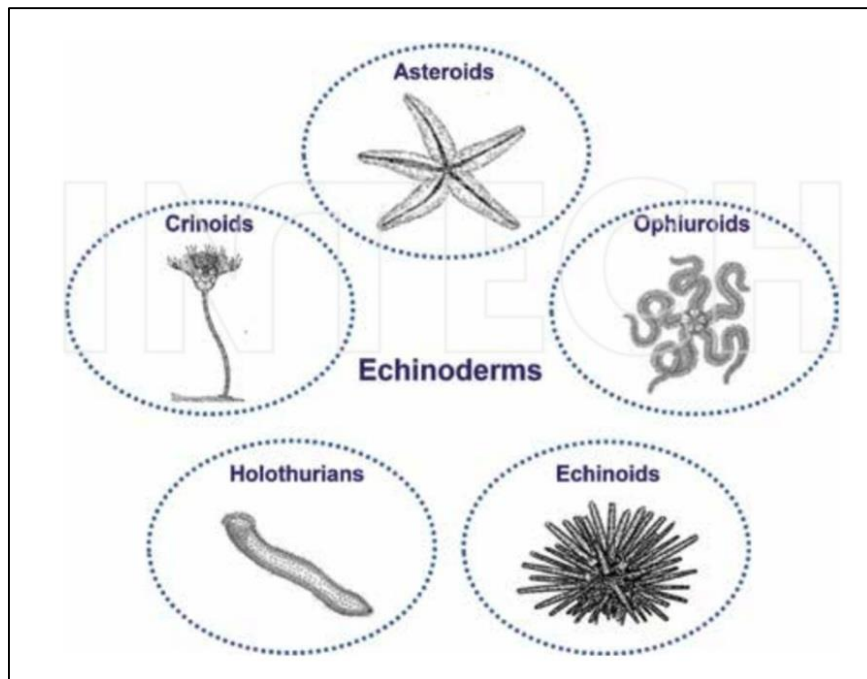


Figure 1 : Les principales classes des Echinodermes (Maria, 2017).

II. La classe des Echinides

II.1. Description

Les oursins et particulièrement *Paracentrotus lividus*, sont considérés comme les échinides les plus importants de Méditerranée (Nédelec, 1982 ; Verlaque, 1987 ; Hereu *et al.*, 2003 ; Soualili, 2008). Les échinides (ou oursins) apparaissent il y a 450 millions d'années et vont coloniser toutes les mers du globe. L'apparition des oursins irréguliers dotés d'une symétrie pentaradiée, est plus tardifs que celle des oursins réguliers ; ces derniers ont apparues à partir du jurassique, il y a 180 millions d'années. Les échinides représentés par les oursins sont des Eleuthérozoaires, animaux dont les plaques squelettiques forment une armure globuleuse creuse, appelé test. Celui-ci porte des piquants mobiles sur les zones inter-ambulacraires et des pieds tubulaires à ventouse sur les zones ambulacraires. Généralement, on retrouve cinq zones ambulacraires percées de petits pores alternent avec cinq zones inter ambulacraires munies de tubercules hémisphériques (Bergbauer et Humberg, 2000).

Les oursins possèdent un pôle distal au centre duquel s'ouvrent la bouche, et un pôle apical au centre duquel s'ouvre l'anous. Par l'axe reliant ces deux pôles, passent cinq plans déterminant ainsi dix secteurs : cinq zones portant des podia, ou pieds ambulacraires (éléments caractéristiques des échinodermes, qui permettent aux oursins de se déplacer lentement sur le fond), alternant avec cinq zones sans podia. La coquille appelée test, est solide et composée de grandes plaques calcaires imbriquées les unes aux autres et ornées de piquants mobiles (**Allain, 1973**). La forme du test est variable, elle peut être : Subsphérique, subconique, cordiforme, aplatie ou discoïdale (**Koehler, 1927**).

Les oursins subsphériques et subconiques appartiennent à la classe des Regularia à symétrie radiaire, bouche et anus étant situés aux deux pôles, tandis que les espèces cordiformes et aplaties, de la sous-classe des Irregularia, offrent une symétrie bilatérale plus nette, la position de l'anous et de la bouche variant suivant les espèces. Seuls les Regularia comprennent des espèces présentant un intérêt pour la pêche et seront donc traités ici. (**Tortonese et Vadon, 1987**).

II.1.1. Les oursins réguliers

Les oursins réguliers possèdent une forme du test variable, qui peut être soit sphérique, subconique, cordiforme, aplatie ou discoïdale (Fig. 2) (**Koehler, 1921**). L'oursin régulier se caractérise par deux pôles : un pôle distal au centre, à partir duquel s'ouvre la bouche et un pôle apical au centre duquel s'ouvre l'anous : par l'axe reliant ces deux pôles, passent cinq zones planes qui toutes partagent en deux parties égales. Ces cinq plans déterminent 10 secteurs : cinq zones portant des podia, ou pieds ambulacraires (élément caractéristique des échinodermes, qui permettent aux oursins de se déplacer lentement sur le fond), qui alternent avec cinq zones sans podia. La coquille, appelée test, est solide ; elle est composée de grandes plaques calcaires imbriquées les unes dans les autres et elle est ornée de piquants mobiles (**Allain, 1972**).

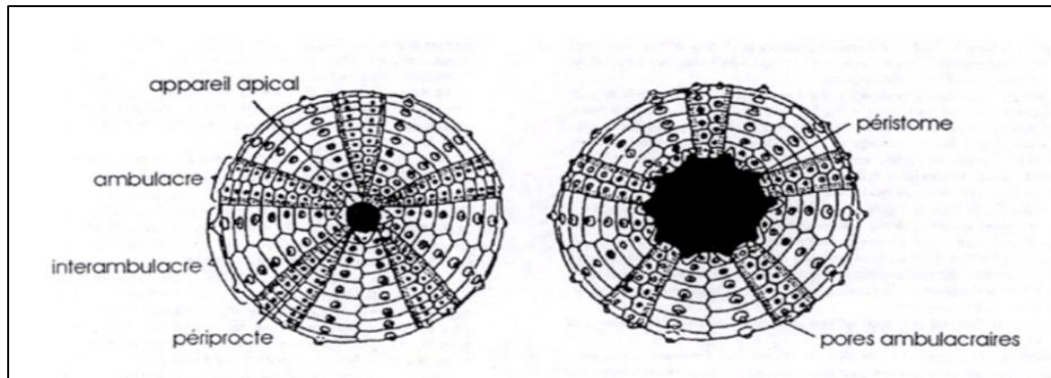


Figure 2 : Face supérieure et inférieure d'un oursin régulier (Langlois 2006)

Les deux principaux oursins réguliers de l'infra-littorale superficielle des côtes méditerranéennes, sont *Paracentrotus lividus* et *Arbacia lixula* (Nédelec, 1982 ; Verlaque, 1987 ; Hereu *et al.*, 2003 ; Soualili, 2008).

II.1.2. Les oursins irréguliers

Ces oursins ont une symétrie bilatérale, qui se juxtapose à la symétrie radiale, du fait de la position de l'anus, qui est décalée par rapport aux plans de symétrie (Fig. 3). Les épines de ces oursins sont en général beaucoup moins grasses que celles des oursins ordinaires, sont disposées très serrées comme les poils d'un tapis. On distingue deux ordres d'oursins irréguliers : les clypéastres, ou « dollars des sables » dont la coquille est aplatie comme une lentille, et spatangide, qui sont en forme de cœur, et n'ont pas d'appareil masticateur. Les oursins irréguliers vivent plutôt sur les fonds vaseux, s'enfonçant plus ou moins dans la vase ou le sable. De nombreuses espèces se nourrissent des particules organiques, qui se trouvent mêlées aux sédiments dans lesquels, ils fouissent (Tortonese et Vadon, 1987).

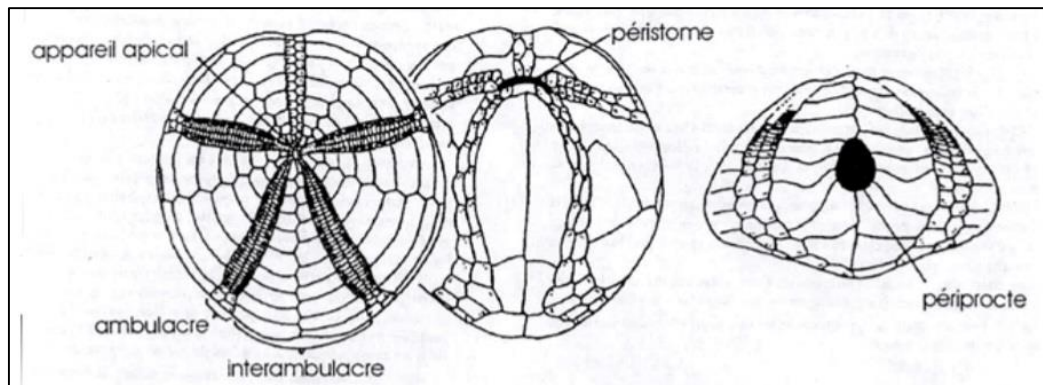


Figure 3 : Face supérieure et inférieure et vue postérieure d'un oursin irrégulier (Langlois 2006).

III. Présentation de l'espèce *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816)

L'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) Phylum Echinodermata classe Echinoidea est connu sous de nombreuses appellations telles qu'oursin commun, oursin violet, oursin comestible, ou châtaigne de mer (Fig. 4). La taille moyenne du test (hors piquants) des individus en milieu naturel est généralement compris entre 5 et 8 cm. Il s'agit d'un oursin régulier, le test est peu élevé, arrondi et aplati sur sa face ventrale. Il présente des piquants mobiles, relativement longs, pouvant atteindre 3 cm. Comme chez beaucoup d'espèces d'échinodermes, il présente une variabilité chromatique importante, allant du blanc au violet, en passant par le vert. Cette espèce fait l'objet de nombreux travaux scientifiques en raison de son intérêt économique, aussi bien sur les populations sauvages, qu'en aquaculture (Marie-Noëlle *et al.*, 2014).



Figure 4 : *Paracentrotus lividus*

III.1. Taxonomie

Selon Tortonese et Vadon (1987) la position systématique de *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) est la suivante :

Embranchement : Echinodermata

Sous-embranchement : Echinozoa

Classe : Echinoidea

Sous-classe : Regularia

Ordre : Diadematoidea

Sous-ordre : Camarodonta

Famille : Echinidae

Genre : *Paracentrotus*

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

III.2. Habitat et répartition

Paracentrotus lividus est une espèce Atlantico-Méditerranéenne ; son aire de répartition s'étend en l'atlantique, des côtes de l'Islande jusqu'au Maroc (Açores inclus) et englobe toute la Méditerranée. Elle est retrouvée surtout dans l'étage infralittoral de 0 à 30 m de profondeur (et plus rarement jusqu'à 80 m) (Motensen, 1927 ; Tortonese, 1965 ; Nedelec et Verlaque, 1983) ; elle est également très commune dans les régions où la température hivernale de l'eau de mer qui varie entre 10°C et 15°C et une température estivale qui varie entre 18°C et 25°C, tel que la Méditerranée occidentale (Boudouresque et Verlaque, 2007). Cette espèce occupe principalement le peuplement photophiles, les anfractuosités, les dessous des blocs et les herbiers à *Posidonia oceanica* (Regis, 1978a).

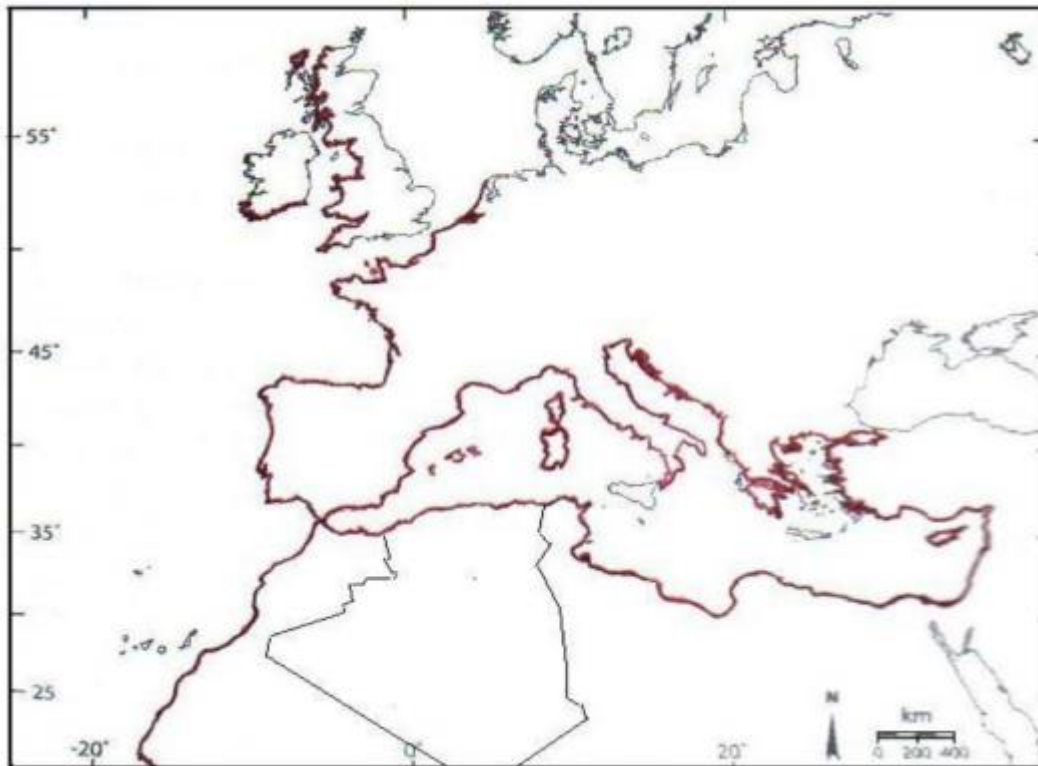


Figure 5 : Distribution géographique (trait rouge) de *Paracentrotus lividus* (Soualili, 2008)

Paracentrotus lividus se rencontre principalement sur des roches durs, les blocs et dans des herbiers à *Posidonia oceanica* (Fig. 6) et à *Zostera marina* (Mortensen, 1927 ; Tortonese, 1965 ; Ebling *et al.*, 1966 ; Verlaque, 1987). Son absence est surprenante dans les herbiers à *Cymodocea nodosa*, bien que cette plante marine soit un aliment fortement préféré, ceci pourrait être due soit à l'inadaptation du fond sableux entre les pousses de *Cymodocea nodosa* pour la locomotion, soit à une forte pression de prédation (Traer, 1980). En effet, elle est peu fréquente sur les fonds sablonneux et détritiques, fonds sur lesquels les individus s'agglutinent sur des pierres isolées, des gros coquillages et diverses refuges (Zavodnik, 1980).



Figure 6 : Individu de *Paracentrotus lividus* dans un herbier de Posidonie.

Au niveau des petites profondeurs et dans des conditions très exposées, les individus de *Paracentrotus lividus* résistent au délogement par les vagues en s'enfouissant dans le substrat (à base de grès, calcaire, granit ou de basalte), créant ainsi des cavités en forme de coupelles où ils vivent de façon permanente ou temporaire (Fig. 7). Ce comportement peut également servir de protection contre les prédateurs (**Boudouresque et Verlaque, 2007**).



Figure 7 : Individus de *Paracentrotus lividus* installés dans des cavités.

Les petits individus (<1-2 cm), particulièrement vulnérables à la prédation, vivent en permanence dans les trous, les crevasses, sous les galets et les rochers, dans la "matte" de Posidonie, et parfois sous une couverture dense d'organismes photosynthétiques multicellulaires

(Kempf 1962 ; Gamble 1966-1967 ; Kitching et Thain 1983 ; Verlaque 1984, 1987 ; Azzolina et Willsie 1987 ; Azzolina 1988 ; San Martín 1995).

III.3. Morphologie de *Paracentrotus lividus*

III.3.1. Morphologie externe

Le corps de *Paracentrotus lividus* est de forme plus ou moins sphérique aplatie à ses deux pôles (Fischer *et al.*, 1987). La partie inférieure (oral) dirigée vers le substrat comprend la bouche entourée d'une membrane, le péristome, tandis que la partie supérieure (aboral) comprend l'anus entouré d'une membrane, c'est le test de l'oursin (Fig. 8). Ce dernier est rond (contour circulaire) peu élevé, aplati sur sa face ventrale et hérissé portant divers appendices ; Piquants, podia et pédicellaires. L'Axe de symétrie du corps passe par la bouche et l'anus déterminant les pôles oraux où se trouve l'appareil masticateur appelée Lanterne d'Aristote (Fischer *et al.*, 1987 ; Grosjean, 2001).

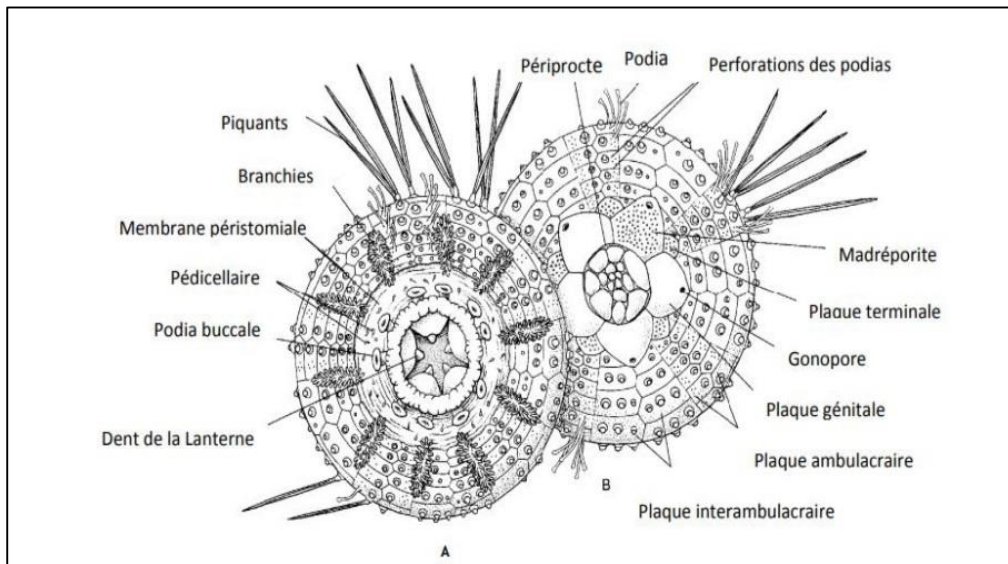


Figure 8 : Morphologie externe de *Paracentrotus lividus*. A : Face orale , B : Face aborale (Grosjean , 2001).

❖ Le péristome

Sur la face orale, la bouche s'ouvre sur, le péristome qui est muni d'un puissant appareil masticateur en forme de pyramide pentagonale, c'est la Lanterne d'Aristote, près de la bouche, le péristome porte un cercle de 5 paires de podias modifiés (**Rouane-Hacene, 2013**).

❖ Le périprocte

Sur la face aborale, l'anus se situe au centre d'une membrane nommée périprocte. Ce dernier est entouré de 5 plaques génitales (l'une est plus grande d'aspect criblé porte le nom de plaque madréporique) en position interradiaire, chacune d'elles est percée d'un pore pour évacuer les produits génitaux et pourvue de 5 petites plaques ocellaires (**Rouane-Hacene, 2013**).

❖ Les tubercules et piquants

Les tubercules sont répartis sur tout le corps. Ils sont non perforés et lisses. Le test hérissé de piquants robustes, pointus, de forme et de taille très diverses, ils jouent un rôle dans la protection, la défense et la locomotion. Leur couleur varie du violet, au bleu, vert foncé, brun et pourpre. Les oursins noirs possèdent une zone dépourvue de piquants autour de la bouche, contrairement à l'oursin violet. Selon leur taille, les piquants et les tubercules sur lesquels ils s'articulent, sont appelés primaires, secondaires, tertiaires ou miliaires (très petits) (**Regis, 1987**).

❖ Les podias

Les podias sont appelés également pieds ambulacraires qui peuvent s'allonger ou se rétracter, et se terminent généralement par une ventouse. Leurs fonctions principales sont la locomotion, la respiration, la fixation et retiennent la nourriture (**Le Gall et al., 1989**). Les piquants participent avec les podias à la locomotion et à l'ancrage des Echinidés sur leur substrat. Ils ont également une fonction défensive vis-à-vis des prédateurs (**Barnes, 1987**).

❖ Les pédicellaires

Sont des petits organes calcifiés fixés sur le test entre les piquants (Pédicellaires tridactyles ou tridentés, Pédicellaires Ophiocéphales, Pédicellaires trifoliés, pédicellaires glandulaires). Ils ont

des fonctions multiples : capture des proies, nettoyage du test, la défense et empêche les petits organismes de s'y fixer (Hyman, 1955 ; Ghyoot, 1991).

III.3.2. Morphologie interne

Paracentrotus lividus présente un test protégeant, une grande cavité coelomique (Fig. 9) ; dans cette dernière se trouve les organes digestifs et reproducteurs. Tous les autres systèmes internes, tel que le système aquifère, le système nerveux et le système sanguin, sont réparties entre les cloisonnements. Au centre de cette cavité se trouve de l'eau de mer, ou flottent des globules sanguins en suspension (Tortonese, 1965).

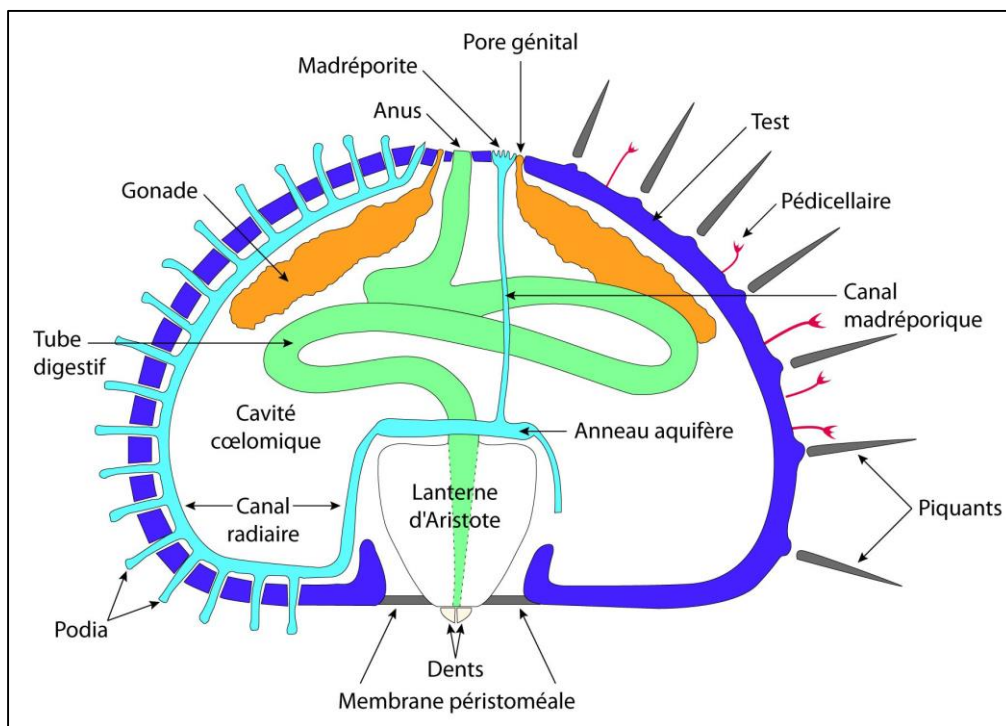


Figure 9 : Schéma d'une coupe transversale du test d'un oursin régulier (Echinoidea), (Tortonese, 1965).

Le système digestif comprend la bouche au milieu de la face inférieure du test, dans laquelle la lanterne d'ARISTÖTE fait saillit, qui est un organe puissant composé de cinq ensembles pour complexes ou mâchoires. Chaque mâchoire comprend les dents, une rotule et un compas (Legall, 1987). La lanterne d'Aristote est reliée au corps par des fibres conjonctives et musculaires sur les auricules : l'estomac est doublé d'un siphon intestinal où la digestion et l'absorption ont lieu, au

niveau de l'intestin et se termine à l'anus dorsal (**Beaumont et Cassier, 1978**). L'organe reproducteur est constitué de cinq gonades en position inter radiaire chacune reliée à l'extérieur par un conduit génital qui traverse le test au niveau des plaques génitales qui entourent l'anus (**Boue et Chanton, 1978**).

III.4. Reproduction

Les sexes sont séparés, mais l'oursin ne présente pas de dimorphisme sexuel. La maturité est atteinte vers 3 ans, soit pour un diamètre moyen hors piquant de 3 cm (**Bald et al., 2007 ; Grosjean, 2001**). Son cycle de reproduction est annuel, les gonades sont matures au printemps ; la gonade mâle est alors de couleur blanchâtre alors que celle de la femelle est de couleur orangé. Les individus mûres émettent simultanément leurs gamètes dans la colonne d'eau où se produit la fécondation. L'œuf se segmente pour produire une larve pélagique à symétrie bilatérale. Après différents stades successifs elle rejoint le fond pour se métamorphoser en oursin (**Lawrence, 2013 ; Grosjean, 2001**). Les substrats durs et non recouverts d'algues dressées sont les plus propices au recrutement (**Gago et al., 2001**). Cependant, les algues et les herbiers constituent également un substrat propice au recrutement (**Boudouresque et Verlaque, In Lawrence, 2013**).

III.5. Régime et comportement alimentaire de *Paracentrotus lividus*

La plupart des études sur la préférence alimentaire chez *Paracentrotus lividus* a été déterminée au moyen d'expériences en aquariums ; celles-ci doivent être prises avec précaution, même si elles sont généralement compatibles avec des expériences ou des observations in situ (**Lemée et al., 1996**). *Paracentrotus lividus* est une espèce essentiellement herbivore mais dans certaines conditions il peut être omnivore (**Regis, 1978**). L'analyse des contenus digestifs de cet oursin suggère que c'est un brouteur opportuniste comme le sont de nombreux Echinoides réguliers (**DeRedder et al., 1986**). Lorsque la ressource est abondante dans leur biotope, l'analyse des contenus digestifs indique que *P. lividus* est essentiellement herbivore (**Mortensen, 1943 ;**

Kitching et Ebling 1961 ; Kempf 1962 ; Ebling et al. 1966 ; Neill et Larkum 1966 ; Neill et Pastor 1973 ; Verlaque et Nédélec 1983b ; Verlaque, 1987a, 1987b). Parmi les espèces d'algues préférées par *P. lividus* : *Rissoella verruculosa* (*rhodobionta, plantae*), *Cymodocea nodosa* (*magnoliophyta, plantae*), *Cystoseira amentacea* et *Padina pavonica*.

Paracentrotus lividus consomme toutes les parties de *Posidonia oceanica*: feuilles vivantes avec ou sans épiphytes, feuilles mortes, feuilles mortes de la litière, et même des parties du rhizome ainsi que les racines (**Boudouresque et Verlaque, 2007**). Par ailleurs, Il fait preuve d'une certaine sélectivité dans l'herbier à Posidonie (**Verlaque, 1987**) ; cette sélectivité dans l'alimentation varie avec sa taille. Ainsi, il passe de la consommation d'organismes de la strate encroûtante épiphyte des rhizomes et des feuilles (faune sessile) chez les juvéniles aux feuilles et à leurs épiphytes chez les individus de plus de 20 mm de diamètre sans les radioles (**Verlaque, 1987**), pour enfin consommer préférentiellement la partie la plus épiphyte de la feuille (**Verlaque, Nedelec, 1983**).

Cette espèce semble être également opportuniste en mesure d'exploiter tout type de ressources disponibles, en particulier dans les conditions où la ressource est limitée. En effet, des organismes tel que des éponges, des hydrozoaires, des copépodes, etc., peuvent être trouvés dans ses contenus stomacaux (**Mortensen, 1943 ; Tortonese 1965, Le pasteur 1971 ; Niell et Pastor 1973 ; Régis 1978 ; Delmas et Régis 1986 ; Fernandez 1990 ; Mazzella et al., 1992**).

Chez *Paracentrotus lividus*, il existe une alternance de phase de nutrition et de phase de repos alimentaire (**Verlaque et Nedelec, 1983**). Ces deux phases ont été signalées, chez la même espèce des côtes algériennes par **Semroud et Kada (1987)**. En période active, la vitesse d'alimentation est constante pour tous les individus (**Verlaque et Nedelec, 1983**). Selon **Zanoun, (1987) In Sahnoun, (2009)**, la période de jeûne ou la faible consommation serait liée à une maturation des gonades précédant la ponte. Cet invertébré marin peut apparemment utiliser comme énergie, la matière organique très fine dissoute dans l'eau par ses piquants.

III.6. Importance du mode d'alimentation des oursins

L'importance de la ration alimentaire de *Paracentrotus lividus* et la sélectivité de son alimentation, en font un facteur déterminant dans la distribution et l'évolution des peuplements superficiels des macrophytes benthiques en Méditerranée (Nedelec, 1982 ; Verlaque, Nedelec, 1983). En effet, les populations d'oursins contrôlent les peuplements benthiques en limitant par le broutage la régénération des phytocénoses ou de certains de leurs composantes. Cette activité peut maintenir la communauté dans un état d'équilibre stable, régulant la densité de la végétation ou bien entraîner une destruction difficilement réversible de ces peuplement végétaux, bouleversant alors totalement la structure de l'écosystème (In Frantzis et al., 1988).

III.7. Prédation

Les prédateurs des oursins constituant un facteur de contrôle des populations (Savy, 1987). Sur la côte atlantique, ils sont principalement représentés par les crustacés décapodes et l'étoile de mer *Marthasterias glacialis*. En Méditerranée, l'essentiel de la prédation de *Paracentrotus lividus* est attribué aux poissons Labridé et Sparidés, mais aussi à *M. glacialis* (Dance, 1985 et Savy, 1987). On peut distinguer trois principales techniques de prédation sur les échinides :

- a) Consommation de l'oursin en entier, test et piquants compris (Labridé, sparidé et le crustacé *Palinnurus vulgaris*) ;
- b) Consommation des parties molles après cassure du test (crustacés décapodes) ;
- c) Consommation des parties molles sans cassure du test (Astérides : *Marthasterias glacialis*).

III.8. Intérêt économique des oursins

Les gonades d'oursin sont un produit très apprécié et à haute valeur commerciale dans le monde. Ainsi dès l'Antiquité, au IV^e siècle avant J-C, Aristote soulignait l'importance des oursins dans

l'alimentation des européens (**Allain, 1972**). En Asie leur consommation remonterait au IXe avec les premières arrivées d'oursins par les petits pêcheurs japonais (**Lawrence, 2001**).

En Europe l'espèce la plus importante sur le plan économique est *Paracentrotus lividus* (**Kelly, 2004**). Elle est pêchée principalement en Espagne (**Catoira, 1992; SánchezEspaña et al., 2004**), en France (**Allain, 1975; Le Gall, 1987**), en Irlande (**Byrne, 1990**), au Portugal (**Keesing et Hall, 1998**), en Italie (**Gianguzza et al., 2006; Pais et al., 2011**) et en Grèce (**Pantazis, 2009**). Le produit de ces pêcheries est destiné majoritairement au marché français. En effet, la France est le deuxième consommateur d'oursins au monde, avec une consommation annuelle de plus de 1 000 tonnes (**Andrew et al., 2002**), loin derrière le Japon, où les 127 millions d'habitants en consomment plus de 60 000 tonnes par an (**Hagen, 1996**). La France est aussi le troisième importateur d'oursin avec 200 tonnes en 2016 fournies principalement par l'Espagne (**González-Irusta, 2009**). La valeur approximative de ces importations était de 1,8 millions d'euros (**Castilla Gavilan, 2018**). Le prix de l'oursin en France varie selon l'espèce et la saison et a atteint au cours des dernières années les 100 € par kilo de gonade. Au détail, pour le consommateur, le prix oscille entre 130 € et 170 € par kilo de gonade (**FranceAgriMer et RNM, 2018**).

Chapitre II

Matériel et Méthodes

I. Objectif de l'étude

L'important rôle écologique que peuvent jouer les échinodermes dans les écosystèmes benthiques est confirmé par plusieurs auteurs. C'est pour cette raison qu'on estime qu'il est intéressant d'étudier de plus près l'une de leurs fonctionnalités les plus importantes, qui est l'alimentation.

Ce travail porte sur une analyse quantitative et qualitative des contenus stomacaux de l'oursin régulier *Paracentrotus lividus* de la frange côtière de Mostaganem. Le but est d'apprécier la contribution des différentes sources trophiques dans le régime alimentaire de cet animal benthique.

II. Présentation de la zone côtière de Mostaganem

Le plateau de Mostaganem est situé à une centaine de kilomètres à l'est d'Oran ; cette zone d'une superficie de 682Km² est comprise entre :

- La vallée du Chélif à l'est,
- Les monts de Belhacel au sud,
- La Méditerranée au nord,
- La dépression de la Maktaa au l'ouest.

II.1. Condition des milieux

II.1.1. Hydrodynamisme

Le courant dominant au large de la région côtière de Mostaganem est d'origine atlantique. Ce courant d'une épaisseur moyenne de 200Km, pénètre par le détroit de Gibraltar et coule au niveau des côtes algériennes où il prend le nom de courant algérien. La veine de courant devient

instable, formant des tourbillons cycloniques de 100Km de diamètre associés à des remontées importantes d'eau profondes, ce qui rend ces zones très productives (Millot, 1987b).

II.1.2. Température

Lalami-Taleb (1970), montrent que les couches superficielles sont directement influençables par les températures externes en raison des échanges thermiques entre le milieu interne et l'air ambiant, leur température varient entre 21° C et 27° C en moyenne. Les maxima de températures se situent en été (mois d'Aout) et se prolongent jusqu'au mois d'Octobre ; alors que les températures minimales se situent aux mois de février-mars. En profondeur, les températures sont plus basses et relativement stables, fluctuants ente 13° C et 14° C en toute saison.

III. Présentation des sites de prélèvements

L'échantillonnage a été réalisé au niveau de trois sites du littoral de Mostaganem, à savoir Stidia plage, Petit port et Hadjadj plage (Fig. 10).



Figure 10 : Situations géographiques des sites de prélèvements (Source : Google earth. Modifiée).

III.1. Site de Stidia

Situé à une distance d'environ 20 Km au Sud-ouest de la ville de Mostaganem (Coordonnées géographiques : 35° 49' N / 0° 01' O), le site de Stidia (Fig. 11) présente une zone à caractère rocheux interrompue par quelques criques, parfois sableuses. Ce site est situé au pied d'une falaise d'une hauteur d'environ 30 m et une pente de 80 % ; les quelques plages sableuses, qui y existent ont un linéaire côtier assez réduit et une largeur qui ne dépasse pas une quinzaine de mètre. Le site de Stidia est localisé entre deux grands ports, notamment celui de Mostaganem et celui du terminal d'Arzew ; ce qui constitue deux sources potentielles de pollution. Il est à signaler qu'une canalisation de rejet des eaux usées de la ville de Stidia a été installée en 2012 (Belbachir, 2012).



Figure 11 : Site de Stidia.

L'aspect sous-marin de la zone d'étude est caractérisé par un herbier à *Posidonia oceanica* installé sur substrat rocheux, qui abrite plusieurs compartiments parmi lesquelles, la macrofaune composé essentiellement de deux oursins réguliers : *Paracentrotus lividus* et *Arbacia lixula*. Les "concombres de mer" dont les espèces les plus commune sont au nombre de cinq : *Holothuria*

(*H. tubulosa* Gmelin (1788) ; *Holothuria (H.) poli* Delle Chiaje (1823) ; *Holothuria (H.) froskali* Delle Chiaje (1823) et *Holothuria (H.) sanctori* Delle Chiaje (1823).

Les prélèvements au niveau de ce site ont été réalisés sur une superficie d'environ 500 m² à une profondeur moyenne variant entre -50 cm et -1m. Cette zone est située à proximité d'un herbier à *Posidonia oceanica*.

III.2. Site de Hadjadj

Le site de Hadjadj est à une distance d'environ 40 Km au Nord-est de la ville de Mostaganem (Coordonnées géographique : 36° 08' N / 1° 80' E) (Fig. 10 ; 12). Situé entre deux embouchures, notamment celles de l'oued Chélif et de l'oued Abid, ce site, (présente une zone sableuse ouverte vers le Nord exposée totalement au vent dominant Nord-Est), se caractérise par la présence d'un système dunaire vierge à l'état naturel. L'aspect sous-marin de ce site, est majoritairement constitué de substrat sableux ; la présence de substrat rocheux n'est que ponctuel. Un herbier superficiel de Posidonies se développe à -0.7 m de profondeur, succédant à de très petites prairies de *Cymodocea nodosa* ; au-delà de -1 m de profondeur, l'herbier disparaît et laisse place à un substrat à caractère sableux (Belbachir, 2012).



Figure 12 : Site de Hadjadj.

III.3. Site de Petit port

Située au niveau de la localité de Sidi Lakhdar à 45 Km à l'Est de la ville de Mostaganem (coordonnées géographiques sont les suivantes : 36° 12' N / 0° 23' E) (Fig. 10), le site de Petit port se caractérise par un fond sableux et rocheux abritant un herbier clairsemé à *Posidonia oceanica*, associé à des algues macrophytes (Fig. 13) (Bachir Bouiadjra, 2012).



Figure 13 : Site de Petit port.

IV. Echantillonnage et traitement des échantillons

L'échantillonnage effectué uniquement à pied, a été réalisé pendant les mois de Janvier et Mars 2023 par temps calme (afin qu'on puisse récolter les échantillons avec aisance), à des profondeurs variant entre -50 cm et -1m.

Au niveau de chacun des trois sites et pour chaque saison, des prélèvements d'un lot de 30 individus ont été effectués pour *Paracentrotus lividus*. Les échantillons ont été mis dans des bacs en plastique contenant de l'eau de mer formolée à 10 % afin de les traiter ultérieurement.

IV.1. Analyse des contenus digestifs

Au laboratoire, les oursins sont ouverts à l'ambitus (cercle équatoriale) (Fig. 14). La disposition du tube digestif de l'échinides étudiés est comme suit : en partant de la bouche, l'estomac fait un tour complet en passant sur les gonades jusqu'à la zone du radius primaire ou l'intestin repart en sens inverse jusqu'à l'anus, qui est opposé à la bouche (**Tortonese, 1965**).



Figure 14 : Dissection des oursins pour l'analyse du contenu digestif.

Le contenu digestif est constitué de petites pelotes de formes et de tailles diverses (Fig.15).



Figure 15 : Contenu digestif sous forme de petites pelotes (flèche) chez *Paracentrotus lividus*

Le problème de l'analyse du contenu digestif d'une espèce se pose de façons différentes selon la nature des résultats que l'on veut obtenir. Une étude qualitative par exemple, ne nécessite que l'identification des items présents, sans descripteur particulier. En revanche, pour une étude quantitative comme la nôtre, on est obligé de préciser un descripteur de l'abondance des différents items (nombre absolu, surface ou volumes occupé, masse, etc.) dans les contenus digestifs. Quand la taille des proies est suffisamment grande, on peut les quantifier directement (séparation, dénombrement, pesée, etc.). Mais souvent, et surtout quand on étudie des espèces animales de taille relativement petite, les résultats ne peuvent être qu'approximatifs. Les faibles dimensions (microscopiques) des différents items du contenu digestif ne permettent pas leurs séparations, puis la mesure directe du descripteur choisi. Donc, les méthodes choisies ne peuvent donner qu'une estimation indirecte de la fréquence relative des items dans le contenu digestif (Frantzis *et al.*, 1988).

La méthode utilisée au cours de cette étude est la méthode des contacts de Jones (1968), modifiée par Nedelec (1982). Pour les oursins, dix lames comportant chacune 15 à 20 boulettes

prélevées au hasard sont préparé pour chaque contenu digestif. La préparation placée sous l'objectif du microscope, est déplacée au hasard. A chaque position, l'espèce se trouvant exactement au centre du champ visuel est identifiée ; il s'agit d'un contact. Lorsque deux espèces sont superposées, un contact est compté pour chacune d'elle. Les contacts vides ne sont pas pris en compte. Dix contacts sont réalisés pour chaque lame, soit 100 contacts pour l'ensemble d'un contenu digestif. La somme des contacts pour un item établis le pourcentage de sa présence dans le contenu digestif.

V. Analyse statistique

Une analyse de variance multivariée par permutation (PERMANOVA) (**Anderson, 2001**) a été utilisée pour tester la dissimilarité du régime alimentaire entre les deux facteurs (site / saison), ceci moyennant le logiciel R v3.4.1 (R Core Team, 2017).

Chapitre III

Résultats et Discussions

Résultats et discussion

I. Analyse des contenus digestifs

Les items distingués dans les contenus digestifs de l'oursin régulier *Paracentrotus lividus* sont :

➤ **Fraction végétale**

❖ Plante marine

- Feuilles de *Posidonia oceanica* (mortes et vivantes)

❖ Algues rouges

- *Polysiphonia sp*
- *Coralina sp*
- *Hypnea sp*
- *Jania sp*
- *Dasya sp*
- *Ceramium sp*
- *Acrosorium sp*
- *Antithamnion sp*
- *Gilidium sp*
- *Sphaerococcus sp*
- *Melobesia sp*

❖ Algues vertes

- *Cladophora sp*
- *Ulva sp*
- *Bryopsis sp*
- *Enteromorpha sp*
- *Ulothrix sp*

❖ Algues brunes

- *Sphacelaria sp*
- *Dictyota sp*
- *Halopteris sp*

➤ Fraction animale

- Spicules d'éponge
- Foraminifères
- Coquilles de bivalves
- Bryozoaires
- Les gastéropodes

I.2. Hiver

I.2.1. Stidia

Pendant la saison hivernale, les feuilles de Posidonie vivante constitue l'item qui domine largement la composition du contenu digestif de l'espèce *Paracentrotus lividus* avec un pourcentage de 20.15% ; vient ensuite l'algue rouge *Ceramium sp* avec un pourcentage de 10.69% (Fig. 16). Les algues rouges *Coralina sp*, *Polysiphonia sp* (avec des pourcentages de 8.55% et 8.31% respectivement) et l'algue verte *Ulva sp* et l'algue rouge *Hypnea sp* (avec des pourcentages de 8.53% et 7.48% respectivement) sont également moyennement consommées (Fig. 16). Par ailleurs, les espèces *Jania sp*, feuilles de Posidonie morte et *Cladophora sp*, ne sont que très peu consommées par *Paracentrotus lividus* (avec 5.93%, 5.87% et 3.96% respectivement) (Fig. 16). Le reste des espèces algales sont presque inexistante dans le contenu digestif des oursins, avec des pourcentages inférieurs à 3%. La fraction animale est également

présente dans le régime alimentaire de *Paracentrotus lividus*, représenté par les Bryozoaires, mais avec un très faible pourcentage de 2.52% (Fig. 16).

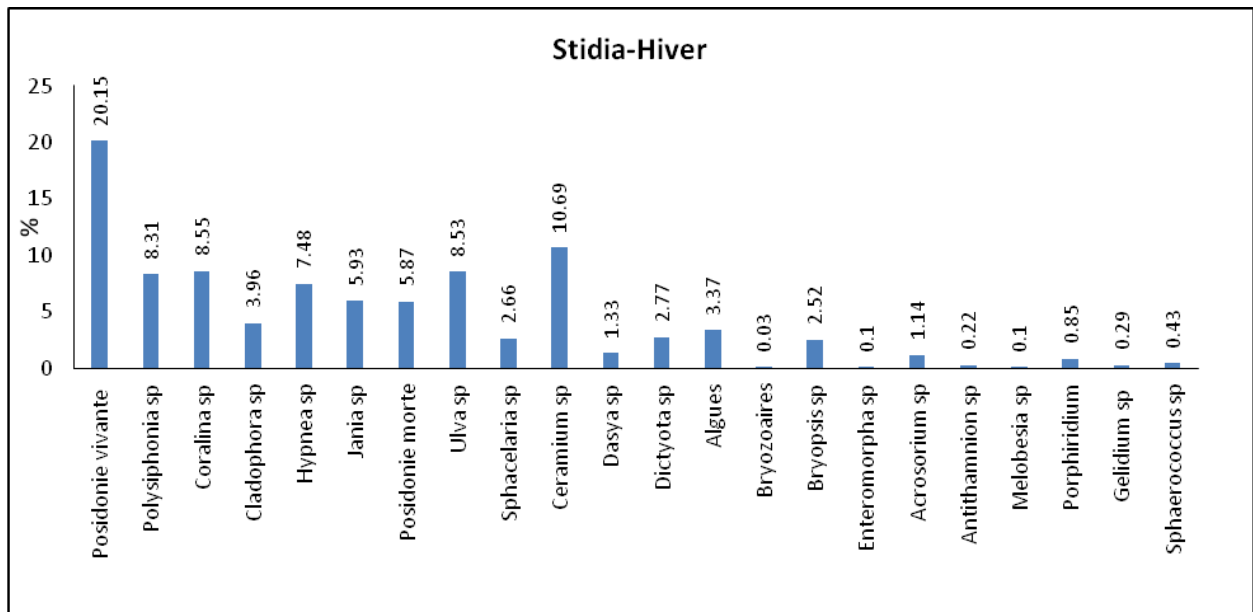


Figure 16 : Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs de l'oursin *Paracentrotus lividus* du site de Stidia pendant la saison d'hiver.

I.2.2. Hadjadj

Nos résultats montrent que pendant la saison hivernale, l'oursin *Paracentrotus lividus* du site de Hadjadj préfère largement les deux espèces algales *Ulva sp* (algue verte) et *Sphacelaria sp* (algue brune) avec un pourcentage de 19.84% et 17.27% respectivement (Fig. 17). D'autre part, les algues rouges *Ceramium sp* et *Polysiphonia sp*, les feuilles vivantes de la plante marine *Posidonia oceanica* et l'algue verte *Cladophora sp* sont moyennement représentées dans le contenu digestif de ces oursins, avec des pourcentages de 10.94%, 9.28%, 7.34% et 6.18% respectivement (Fig. 17). Par ailleurs, le reste des espèces algales ne sont que très faiblement consommées par l'oursin *Paracentrotus lividus*, avec des pourcentages ne dépassant pas les 2% (Fig. 17). Quoique très faiblement représenté dans le contenu digestif des oursins étudiés, la fraction animale est présente dans leurs régimes alimentaires, représentée par les Foraminifères

(1.3%), les Bryozoaires (0.2%), les spicules d'éponges (0.1%), ainsi que les Gastéropodes (0.07%) mais avec un très faible pourcentage de 2.52% (Fig. 17).

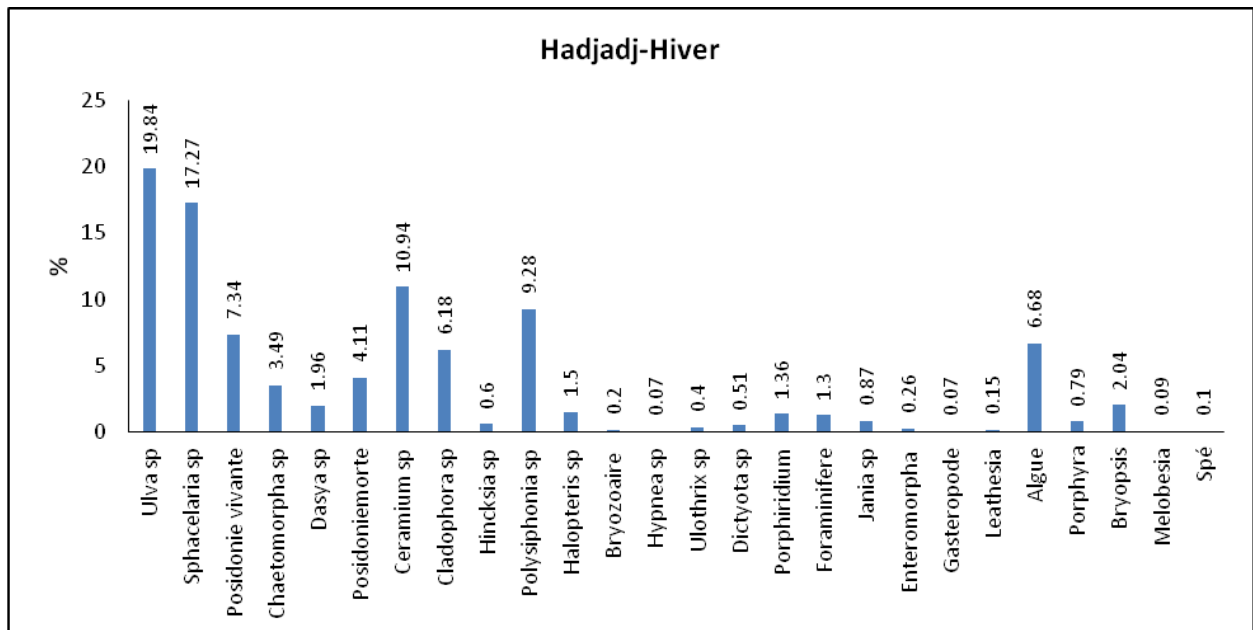


Figure 17 : Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs de l'oursin *Paracentrotus lividus* du site de Hadjadj pendant la saison d'hiver.

I.2.3. Petit port

Les résultats obtenus pour le site de Petit port pendant la saison hivernale, montrent que l'oursin *Paracentrotus lividus* consomme une importante quantité des deux espèces d'algues rouges *Coralina sp* et *Jania sp* avec des pourcentages de 22.21% et 21.31% respectivement (Fig. 18). Nos résultats montrent également que les algues vertes *Cladophora sp* et *Ulva sp*, ainsi que l'algue rouge *Hypnea sp* sont moyennement consommées par les oursins étudiés (avec 9.12%, 6.5% et 7.62% respectivement) ; alors que le reste des espèces algales ne sont que très faiblement consommées (Fig. 18). Par ailleurs, la fraction animale n'est représentée dans le régime alimentaire de *Paracentrotus lividus* que par les Foraminifères, avec un pourcentage de 0.05% (Fig. 18).

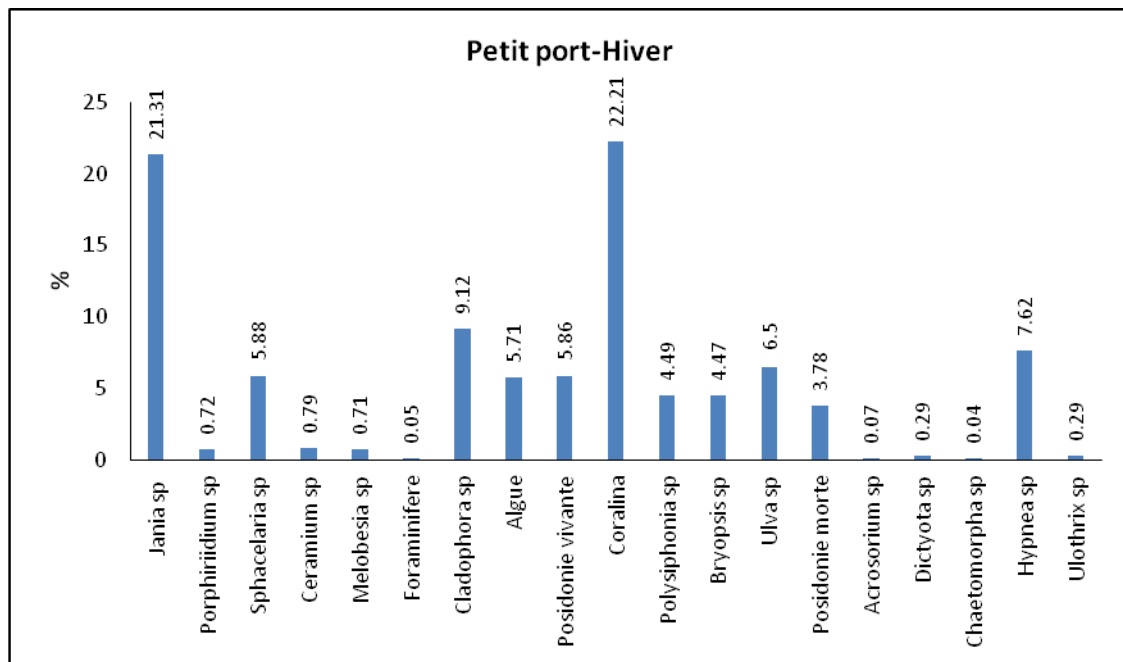


Figure 18 : Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs de l'oursin *Paracentrotus lividus* du site de Petit port pendant la saison d'hiver.

I.3. Printemps

I.3.1. Stidia

Les résultats de la saison printanière du site de Stidia montrent une dominance des deux algues rouges *Jania sp* et *Polysiphonia sp* dans les contenus digestifs de l'oursin étudié, avec des proportions de 22.79% et 18.93% respectivement (Fig. 19). D'autre part, les algues vertes *Ulva sp* et *Cladophora sp* (11.85% et 6.21% respectivement), l'algue brune *Dictyota sp* (7.28%) et l'algue rouge *Acrosorium sp* (7.06%) sont moyennement consommées par l'oursin *Paracentrotus lividus* (Fig. 19). Les feuilles de Posidonie vivante et morte constituent des aliments qui sont faiblement représentés dans le contenu digestif de l'espèce *Paracentrotus lividus* étudié, avec des pourcentages 2.15% et 1.66% respectivement (Fig. 19). La fraction animale présente dans le régime alimentaire de *Paracentrotus lividus*, n'est représentée que par les Foraminifères et les coquilles de Bivalves (avec 0.2% et 0.09% respectivement) (Fig. 19).

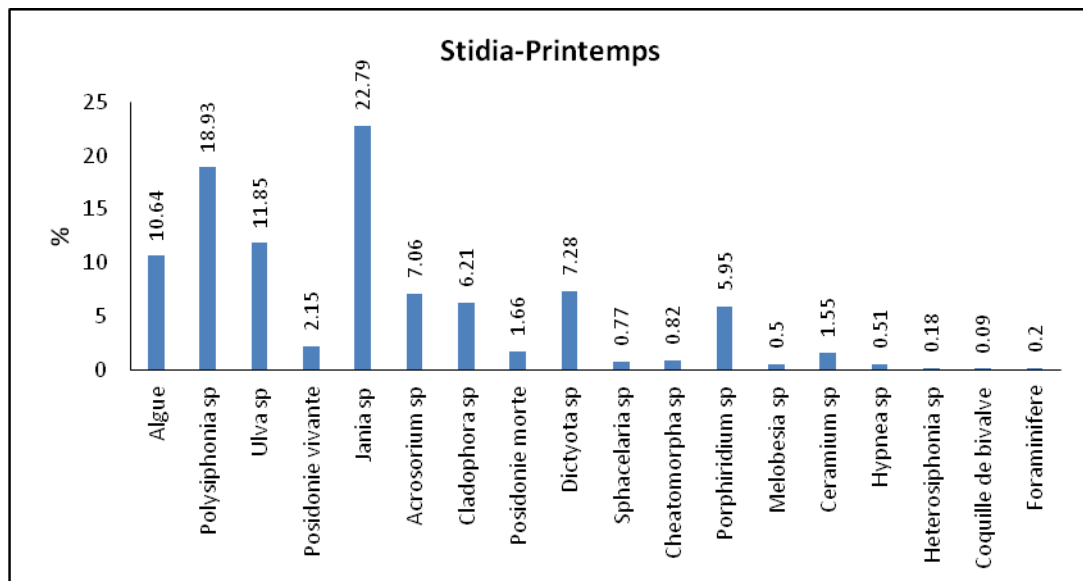


Figure 19 : Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs de l'oursin *Paracentrotus lividus* du site de Stidia pendant la saison de printemps.

I.3.2. Hadjadj

Pendant la saison printanière, l'oursin *Paracentrotus lividus* du site de Hadjadj préfère largement l'algue verte *Ulva sp*, avec un pourcentage de 31.77% ; suivi de la micro-algue *Porphyridium sp* avec 14.38% et l'algue rouge *Polysiphonia sp* avec 9.09% (Fig. 20). Les feuilles de Posidonie vivante (avec 5.36%) et celle morte (avec 5.61%) ne sont que faiblement consommées par l'oursin *Paracentrotus lividus* du site de Hadjadj pendant la saison de Printemps (Fig. 20). Par ailleurs, le reste des espèces algales ne sont que très faiblement consommées par l'oursin *Paracentrotus lividus*, avec des pourcentages ne dépassant pas les 3% (Fig. 20). La fraction animale n'est représentée dans le régime alimentaire des oursins étudiés que par les Foraminifères (0.12%) (Fig. 20).

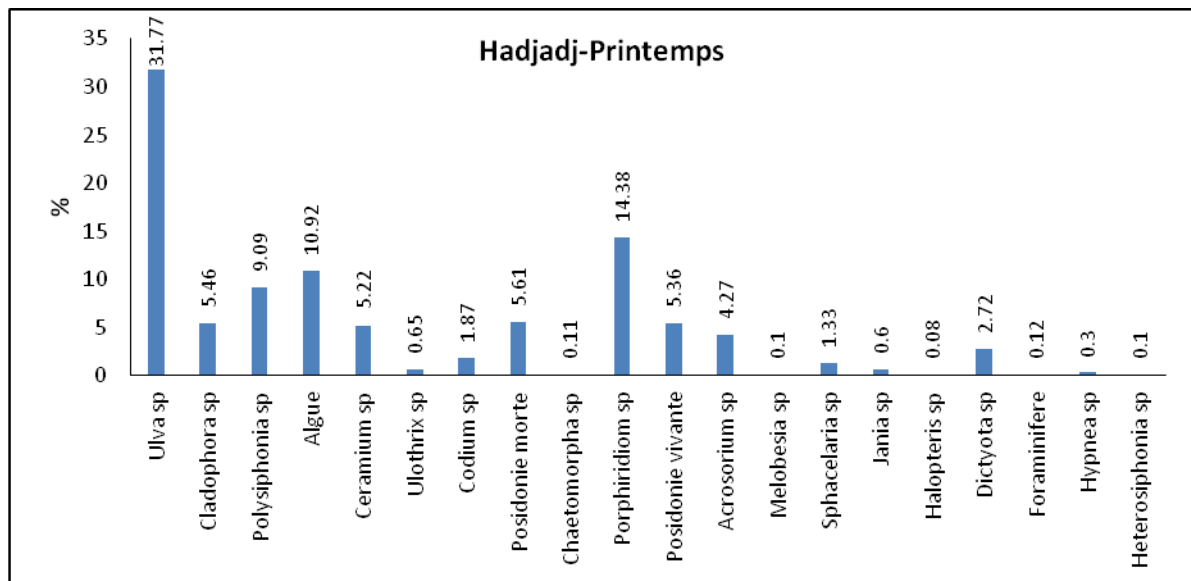


Figure 20 : Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs de l'oursin *Paracentrotus lividus* du site de Hadjadj pendant la saison de printemps.

I.3.3. Petit port

Les résultats obtenus pour le site de Petit port pendant la saison de Printemps, montrent que l'oursin *Paracentrotus lividus* consomme relativement une importante quantité des deux espèces algales *Jania sp* (algue rouge) et *Ulva sp* (algue verte), avec des pourcentages de 19.06% et 15.59% respectivement (Fig. 21). Nos résultats montrent également que *Cladophora sp* (algue verte), les feuilles vivantes de Posidonie (phanérogame marine), *Sphacelaria sp* (algue brune) et *Acrosorium sp* (algue rouge) sont moyennement consommées par les oursins étudiés (avec 8.74%, 8.53%, 7.42% et 6.06% respectivement) ; alors que le reste des espèces algales ne sont que très faiblement consommées (Fig. 21). Enfin, la fraction animale n'est représentée dans le régime alimentaire de *Paracentrotus lividus* que par les Foraminifères, avec un pourcentage ne dépassant pas 1.92% (Fig. 21).

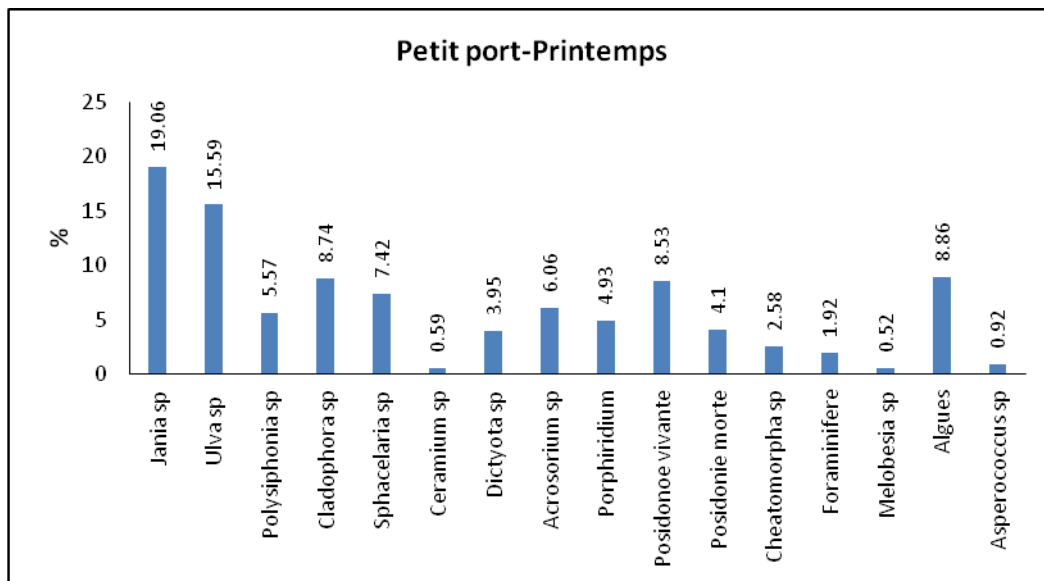


Figure 21 : Contribution des différents types d'aliments dans les contenus digestifs de l'oursins *Paracentrotus lividus* du site de Petit port pendant la saison de printemps.

L'étude du régime alimentaire chez *Paracentrotus lividus* démontre le caractère herbivore de cette espèce, ceci conforte ce qui a été mentionné dans la littérature. Les proportions obtenues sont proche de celles obtenues par **Verlaque et Nedelec, (1983)** pour certains aliments. Cependant, l'étude réalisée par ces auteurs montre une préférence pour les Phéophycées, contrairement à notre étude, ou les oursins étudiés montre une grande préférence pour les Rhodophycées. La préférence ou l'évitement d'un aliment est souvent difficile à expliquer. Certaines espèces évitées synthétisent des métabolites secondaires toxiques ou répulsifs. La calcification est également une cause d'évitement. *Paracentrotus lividus* évite la plupart des corallines incrustantes et articulées, bien que certains petits corallines articulés, par exemple *Jania rubens*, soient modérément préférés. Le choix de la nourriture peut dépendre de la morphologie et de la texture de la nourriture, ainsi que de la facilité avec laquelle l'oursin peut l'attraper (**Boudouresque et Verlaque, 2007**). La teneur en azote de la nourriture est souvent considérée comme étant en corrélation positive avec le choix de la nourriture. La consommation

de feuilles de *Posidonia oceanica*, par exemple, est favorisée lorsque leur teneur en azote est élevée (**Ruiz-Fernández, 2000**).

L'analyse statistique (PERMANOVA), nous a permis de distinguer qu'il y a une différence hautement significative entre les deux saisons ($P < 0.01$). Selon **Lawrence (1975) et Nedelec, (1982)**, le facteur saisonnier et parfois prépondérant pour la variabilité du régime alimentaire des oursins ; ces auteurs estiment que les pics des différents types de végétation se reflètent nettement dans la composition du contenu digestif des oursins. **Frantzis et al., (1988)**, estiment que lorsque les aliments préférés par *Paracentrotus lividus* ne sont pas abondantes toute l'année, ceci l'oblige à s'adapter en se penchant vers les aliments accessible dans son milieu.

L'analyse statistique (PERMANOVA), nous a également permis de distinguer qu'il y a une différence hautement significative du régime alimentaire des oursins étudiés entre les trois sites ($P < 0.01$), montrant ainsi une variabilité du régime alimentaire en fonction des régions. En effet, de nombreux auteurs, le considèrent comme relativement éclectique dans le choix de sa nourriture ; ainsi, au niveau des zones pauvres en macrophytes dressées, *Paracentrotus lividus* se comporte comme «un racleur généraliste» (**Schneider et Torun-ski, 1983 ; Verlaque et Nedelec, 1983**).

Mis a part à *Stidia* pendant la saison hivernal, la Posidonie n'est que moyennement consommée par l'oursin *Paracentrotus lividus*. On estime que l'abondance et la diversité des sources trophiques préférées par cette espèce au niveau des sites étudiés, fait qu'elle délaisse la Posidonie pour aller vers d'autres sources.

La présence de la fraction animale dans le contenu digestif de *Paracentrotus lividus* est signalé par **Wangensteen et al., (2011)** et **Frantzis et al., (1988)** ; ces derniers estiment que compte tenu leurs faible contribution, la présence de cette fraction est fortuite et liée à la présence de ces organismes sur les végétaux ingérer ; alors que d'autre auteurs parlent d'un régimes omnivores

(Montero Marques, 1984). Lawrence (1975), signale qu'on ne peut pas classer une espèce d'oursin strictement dans une catégorie de régime alimentaire, même si ses aliments dominants à un moment et à un lieu donné appartiennent à un type précis. En effet, les aliments peuvent changer en fonction du biotope, de la saison et des ressources disponibles.

Conclusion

Conclusion

Ce travail nous a permis d'en ressortir avec une idée générale sur le régime alimentaire d'une espèce appartenant à l'embranchement des échinodermes et largement répandu sur nos côtes, à savoir l'oursin régulier *Paracentrotus lividus* ; ceci afin d'avoir un aperçu sur la contribution des différentes sources trophiques dans le régime alimentaire de cet animal.

Les sources trophiques de *Paracentrotus lividus* sont très diversifiées, mais majoritairement d'origine végétale. Cette fraction végétale est essentiellement composée de feuilles de Posidonie (vivante et morte) et d'algues macrophytes (Verte, rouge pour la plupart). La fraction animale est, quant à elle, composée majoritairement de Foraminifères. La contribution de chaque type d'aliment varie en fonction de la période et du site prélèvement.

En Hiver, les oursins étudiés préfèrent les feuilles vivante de Posidonie (Phanerogame marine) et *Ceramium sp* (Algue rouge) à Stidia ; *Ulva sp* (Algue verte) et *Sphacelaria sp* (algue brune) à Hadjadj et préfèrent *Coralina sp* (Algue rouge) et *Jania sp* (Algue rouge) à Petit port. D'autre part, en printemps, ces même oursins préfèrent *Jania sp* (Algue rouge) et *Polysiphonia sp* (Algue rouge) à Stidia ; *Ulva sp* (Algue verte) et *Porphyridium sp* (micro-algue) à Hadjadj et préfèrent *Jania sp* (algue rouge) et *Ulva sp* (algue verte) à Petit port.

L'étude du régime alimentaire chez *Paracentrotus lividus* démontre non seulement le caractère herbivore de cette espèce ; mais également une plasticité trophique lui permettant, sans doute, de mieux s'adapter avec son environnement.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

Alain guille , Pierre Laboute, Jean-Louis Menou ; (1986) ; Guide des étoiles de mer, oursins, et autres échinodermes du lagon de Nouvelle-Calédonie ; 17.

Allain J.Y. 1972. La pêche aux oursins dans le monde. *Pêche Marit*, 74: 625-630

Azzolina J. F., Harmelin J. G., (1989). Repartition et fluctuation de trois espèces littorales d'holothires à Port-Cros (Méditerranée. France). *International Workshop on Posidonia beds*, Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V., édit., *GIS Posidonie publ.*, Fr., 2 :219-230.

B

Béatrice DEMICHEL ;(2020); Les Échinodermes ;05.

Boudouresque, C. F., & Verlaque, M. (2020). *Paracentrotus lividus*. *Sea Urchins: Biology and Ecology*, 447-485.

Beaumont et Cassier, 1978 : Biologie animale des Protozoaires aux Métazoaires Epithélioneuriens tome I 2eme Edition, Dunod, Univ,: 447 .

Boue, H & Chanton, R., 1978- *Zoologie I, 2, Invertébrés* .Edit. Doin, Paris 713p.

Barnes R.D. (1987). *Invertebrates zoology*, (Fifth edition). Saunders college publishing 893p.

Belbachir N., (2012). Contribution à l'étude écologique de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813) de la frange côtière de Mostaganem : Etat de santé et relation entre plante et échinoderme. *Mémoire de Magister en Biologie*. Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem. 1-181.

Belbachir N., Mezali K. et Soualili D.L., (2014). Selective feeding behaviour in some aspidochirotid holothurians (Echinodermata: Holothuroidea) at Stidia, Mostaganem Province, Algeria. *SPC Bêche-de-mer Information Bulletin*, (34): 34-37.

Benhamidi., (2002). Analyse microbiologique et physique-chimique des deux de rejets de complexe laitier de sidi Saada de Relizane et de l'unité de l'hydrolyse de Mostaganem. Mémoire d'ingénieur d'état en agronomie ; Université de Mostaganem. Algerie.

Boudouresque C.F., Meinesz A., Ledoyer M., Vitiello P., (1994). Les herbiers à Phanérogames marines. *In:* Bellan-Santini D., Lacaze J.C., Poizat C., (éds.). Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives. *Muséum National d'Histoire naturelle publ.* Paris, Fr.: 98-118.

C

Charbonnel, E., Francour, P., Harmelin, J.G. & Ody, D., (1995). Les problèmes d'échantillonnage et de recensement du peuplement ichtyologique dans les récifs artificiels. *Biol. Mar. Medit.*, 2 (1): 85-90.

Chekaba., (2002). Analyses granulométrique et chimiques du contenu digestif de cinq espèces d'Holothuries spidochirotes (Holothuroidea :Echinodarmata) de trois sites littoral :sidi-Fredj, Tamentfoust et figuier plage-algérie.memoir DEA islâm, Alger Algérie, :1-55p

Conand C., (1994). Les holothuries : ressource halieutique des lagons. *Rapp. Sci. Tech. Biol. Mar.*, (65): 1-86.

Coulon P., Jangoux M. and Bulteel P., (1991). Respiratory rate and assessment of secondary production in the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) from the Mediterranean seagrass beds. *P.S.Z.N.I. Marine Ecology* 13:63–68.

D

De Ridder C. (1986). Les échinides ; in Guille, A., Laboute, P., Menou, J.L., (eds). Guide des étoiles de mer, oursins et autres échinodermes du lagon de Nouvelle-Caledonie, Coll, Faune tropicale, ORSTOM, Paris.

DeMoor S., Waite H. J., Jangoux M. J., Flammang P. J., (2003). Characterization of the adhesive from Cuvierian tubules of the sea cucumber *Holothuria forskali* (Echinodermata, Holothuroidea). *Mar. Biotechnol.* **5(1):** 45-57.

F

Fischer, W ; Scheinder, M et Bouchot, M .L ; 1987- Fiches FAOD'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37. Révision I. Vol I. Végétaux et Invertébrés .p 760 .

Ferral et Massin., (1982). Digestive system of holothuria (H) tubulosa Echinoderm present And past ,belkema rotherdam.p49-56.

Fisher W., (1987). FICHES F.A.O. Identification des espèces pour les besoins de la pêche (révision 1). Méditerranée et mer noir. Zone de pêche 37. Volume I. Végétaux et invertébrés. *Publication préparée par la F.A.O, résultat d'un accord entre la F.A.O et la C.E.E., Rome, F.A.O., Vol. 1-760.*

Francour P., (1984). Biomasse de l'herbier à *Posidonia oceanica*: données préliminaires pour les compartiments "matte", échinoderms et poissons. *Mémoire Diplôme Etudes Approfondies Océanologie Biologique, Université Pierre et Marie Curie, Paris: 1-72.*

Francour P., (1990). Dynamique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* dans le Parc national de Port-Cros. Analyse des compartiments "matte", litière, faune vagile, échinoderms et poissons. *Thèse Doct. Océanol. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, Fr.: 1-373.*

Frantzis A ; Berthon J. F ; Maggiore F., (1988). Relations trophique entre les oursins *Arbacia lixula* et *Paracentrotus lividus* (Echinoidea Regularia) et le phytobenthos infralittoral superficiel dans la baie de Port-Cros (Var, France). *Sci. Rep. Port-cros natl. Park., Fr.: 81-140.*

G

Grosjean F., 2001. Growth model of the reared sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck,1816) Thèse PhD., U.L.B., Belgique.

Ghyoot M., (1991). Les pédicellaires globifères de *Sphaerechinus granularis*, morphologie et comportement d'un appendice défensif. These doct, Univ. Bruxelles.

Grasse J.F., Senders H.L., (1948). Pattern Of Zonation A Study Of Bathyal Megafauna Using The Research Submersible "Alivin" *Deepsea Research* 22 P 457-481.

H

Hyman L.H., (1955). The Invertebrates. Vol4. Echinodermata., Mc Craw-Hill: New-York.

Hendler G., Miller J.E., Pawson D.L., Kier P. M., (1995). Echinoderms of Florida and the Caribbean. Sea Stars, sea urchins and allies. *Smithsonian Institution Press*, Washington & London. 1-390.

J

Jon G. Houseman , Peter Heinermann (2017); les échinodermes et les chordés ; 181.

Jans D., Jangoux M., (1990). Structure fine et fonction des canalicules coelo-rectaux chez *Leptosynapta inhaerens* (Holothuroidea, Echinodermata). *Vie marine*, Marseille, H.S. 10:54-61

K

Koehler R. 1921. Faune de France. In, Lechevalier P., (ed), Echinodermes., Paris

L

Le Gall, P., Bucaille, D., 1978 :Intérêt d'un élevage intensif de l'oursin violet *Paracentrotus lividus* in, Boudouresque CF. (ed), Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles. GIS Posidonie publ, Marseille, 335-362.

Le Gall P., Buccaile .D., Dutot P., (1989). Résistance aux variations de salinité chez *Paracentrotus* et *Psammechinus*. Centre Régional d'Etudes Côtières, Laboratoire Maritime.

M

M .F dujardin ; M H hupé ; (1862), HISTOIRE NATURELLE DES ZOOPHYTES ÉCHINODERMES ; 02.

Marie-Noëlle de Casamajor ;Jérémy Mahias ;Noëlle Bru ; Nathalie Caill Milly ;(Octobre 2014) ; Analyse des ressources et des caractéristiques individuelles du stock d'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) du territoire 64 ; 11.

Maria Angello ; (octobre 2017), SEA URCHIN – FROM ENVIRONMENT TO AQUACULTURE AND BIOMEDICINE.

Mann K.H. (1978). Benthic secondary production. p. 103–118. In: Barnes R.S.K. and Mann K.H. (eds). *Fundamentals of aquatic ecosystems*. Guildford, London and Worcester: Blackwell Science Publications Billing and sons Ltd.

Massin C., (1979). Morphologie fonctionnelle de tube digestif d'*Holothuria tubulosa* Gmelin (holothuroidea:echinodermata) echinoderme present Andbalkema retherdam bruxelle 161-176

Massin C., (1982). Food and feeding mechanisms: Holothuroidea. In: *Echinoderm nutrition*. Jangoux M et Lawrence J.M., Balkema A.A., Publ., Rotterdam, Netherlands: 43-55.

Massin C., (1982b). Effect of feeding on the environnement: Holothuroidea. In: *Echinoderm Nutrition*. Jangoux M et Lawrence J.M., Balkema A.A., Publ., Rotterdam, Netherlands: 139-197

Massin C. et Jangoux M., (1976). Observations écologiques sur *Holothuria tubulosa*, *H. polii* et *H. forskali* et comportement alimentaire de *Holothuria tubulosa*. Cahier de Biologie Marine France 17:45–59.

Meglitsch P. A., (1975). Zoologie des Invertébrés III. Arthropodes, Mandibulates et Deutérostomiens. *Doin édit.* 1-362.

Mezali K., (1998). Contribution à la systématique, la biologie, l'écologie et la dynamique de cinq espèces d'holothuries aspidochirotés [*Holothuria (Holothuria) tubulosa*, *Holothuria (Lessonothuria) polii*, *Holothuria (Holothuria) stellati*, *Holothuria (Panningothuria) forskali* et *Holothuria (Platyperona) sanctori*] de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L) Delile de la Presqu'île de Sidi-Fredj. Thèse Magister. Alger, Algérie ,238p.

Mezali et al., (2003). Comportement alimentaire de cinq espèces d'holothuries aspidochirotés (HOLOTHUROIDEA : ECHENODARMATA) de la presqu'île de sidi fredj-Algérie mém.soc zool.Fr paris, France.

Mezali K., (2004a). Feeding behavior of *Holothuria tubulosa* and *Holothuria polii* of Tamentefoust area - Algeria. *Rapports P.V. du 37eme Congrès de la Commission Internationale Pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée: Barcelone Vol. 37*, p 535.

Mezali K., (2008). Phylogénie, Systématique, dynamique des populations et nutrition de quelques espèces d'holothuries aspidochirotés (Holothuroidea: Echinodermata) inféodées aux herbiers de Posidonies de la côte algéroise. *Thèse de Doctorat d'état. Institut des Sciences Biologiques / Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, Algérie.* 1- 208.

Mezali K. et Soualili D.L., (2013). Capacité de sélection des particules sédimentaires et de la matière organique chez les holothuries. *La Bêche-de-mer, Bulletin d'information de la CPS* 33:38–43.

Moriarty D.J.W., (1982). Feeding of *Holothuria atra* and *Stichopus chloronotus* on bacteria, organic carbon and organic nitrogen in sediments of the Great Barrier Reef. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, **33**: 255-263.

N

Nedelc H. (1982). Ethologie alimentaire *Paracentrotus lividus* dans la baie de Galoria (Cors) et son impact sur le peuplement benthique. Thèse Doct. 3ème cycle, Océanogr. Biol., Univ. P. Et M. Curie. Univ. Paris VI. Aix-Marseille II. France, -175p.

O

Omar R.H., (2013). Biosurveillance de la qualité des eaux cotières du littoral ccidental Algérien, par le suivi des indices biologiques, de la biodisponibilité et la bioaccumulation des métaux lourds (Zn, Cu, Pb et Cd) chez la moule *Mytilus galloprovincialis* et l'oursin *Paracentrotus lividus*. Doc en science de l'environnement. Département de biologie. Univ d'Oran. 208p.

P

Pawson., (1978). Ecology of holothurians. In: physiology of Echinodarmata, pp 63-72. Ed.by R. A. Boolootian. New York: Wiley-Interscience 1966

R

Regis M.B. (1987). L'oursin comestible *Paracentrotus lividus*, une ressource en danger dans le Quartier maritime de Marseille, France. In : Boudouresque C-F. Ed, Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles, GIS Posidonie publ. Marseille, Fr: 397p.

Regis M.B. (1978). Croissance de deux Echinoides du golf de Marseille (*Paracentrotus lividus* (Lmk) et *Arbacia lixula* L.). Aspect écologique de la microstructure du squelette et de l'évolution des indices physiologique. Thèse Doct. Etat. Fac. Sci. Techn. St. Jerom, Univ. Aix-Marseille III, France., 221p.

Regis M. B. (1979). Analyse des fluctuations des indices physiologiques chez *Paracentrotus lividus* (LMK) et *Arbacia lixula* (L). Du golfe de Marseille. Tethys, France, pp 167-181.

Rico V., (1989). Contrébuton à l'étude des préférence alimentaires et du comportement moteur de l'oursin régulier *Paracetrotus lividus*. D.E.A., Fac.Sci.Luminy, Univ.Aix- Marseille II, France., 41p.

S

Semroud R., Kada K. (1987). Contribution à l'étude de l'oursin *Paracentrotus lividus* (LMK) dans la région d'Alger (Algérie : indice de réplétion et indice gonadique : Col loque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles, C.F. Boudouresque édit., GIS. Posidonis publ., Marseille, Fr., pp117-124.

Références bibliographiques

Sahnoun Z., (2009). étude préliminaire des indices physiologiques (Indice de Réplétion , Indice Gonadique) et dosage des métaux lourds chez l'oursin commun *Paracentrotus lividus* (Lamarck), 1816) pêché sur le littoral mostaganémois .memoire de magister . science de l'Env.Univ. d'Oran Es-senia, 105p.

Samyn Y., Vandenspiegel D., Massin C., (2006). Taxonomie des holothuries des Comores. *ABC Taxa Vol., 1*: 1-130.

Sloan N.A., (1979). Microhabitat and resource utilization in cryptic rocky intertidal Echinoderms at Aldabra Atoll, Seychelles. *Mar. Biol.*, 54 : 269-279.

Sloan N.A., Von Bodungen B., (1980). Distribution and feeding of the sea cucumber *Isostichopus badiotus* in relation to shelter and sediment criteria of the Bermuda Platform. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 2 (3): 257-264.

T

Tortonese E. et Vadon C. 1987. Oursin et holothuries (ECHINODERMES) in fiche FAO didification des espèces pour les besoins de pêche Révision I, Méditerranée, Mer noire zone de pêche 37 vol I, végétaux et invertébrés : 715-739.

Tortonese, E., 1965. Fauna d'Italie. Echinodemata. Vol. I. EdizioniCalderini. Bologna. p.422.

Taghon G.L., (1982). Optimal foraging by deposit-feeding invertebrates: roles of particle size and organic coating. *Oecologia* (Berlin), **52**: 295-304.

U

Uthicke S., Karez R., (1999). Sediment patch selectivity in tropical sea cucumbers (Holothurioidea: Aspidochirotida) analyzed with multiple choice experiments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **236** (1): 69–87.

V

Verlaque M. (1987). Contribution à l'étude phytobenthos d'un écosystème photophile thermique marin en méditerranée occidentale. Etude structurale et dynamique du phytobenthos et analyse des relations faune-flore. Thèse Doc. Univ. Aix. Marseille, France., 136p.

Verlaque M., Nedelec H. (1983). Note préliminaire sur les relations biotiques *Paracentrotus lividus* (Lmk) et herbier de posidonies. Rapp. Comm. Mer Medit., 28 (3), pp157-158.

W

Wangensteen S. O; Turon, X; García-Cisneros1, A; Recasens M. J. R; Palacín C., (2011). A wolf in sheep's clothing: carnivory in dominant sea urchins in the Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series* **441**: 117–128.