



DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

Mémoire de fin d'études

Présenté par

AFOUN Imane Asma

&

Khalifa Zohra Elbatoul Saadia

Pour l'obtention du diplôme de

Master en hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : Bioressource Marine

Thème

Optimisation du potentiel de reproduction chez
Paracentrotus lividus vivant dans la baie de
Mostaganem (Stidia)

Soutenue le /09/2021

Jury

| | | | |
|-------------|--------------------|------------|---------------|
| Président : | BOUZAZA Zoheir | MCA | U. Mostaganem |
| Encadreur : | SOUALILI Dina Lila | Professeur | U. Mostaganem |
| Examineur: | OULHIZ Aicha | MCB | U. Mostaganem |

Remerciements

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage, la santé, la patience et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Nous voulons exprimer par ces quelques lignes nos remerciements notre gratitude envers tous ceux en qui par leur présence, leur soutien, leur disponibilité et leur conseil, nous ont encouragé d'accomplir ce travail.

Ce mémoire a été réalisé au Laboratoire Protection, Valorisation des Ressources Marines Littorales et Systématique Moléculaire de la Faculté Science de la Nature et de la Vie de l'Université Abdelhamid Ibn Badis à Mostaganem, sous la direction du Professeur Karim MEZALI, nous tenons à le remercier pour son soutien et sa confiance.

Nous tenons tout d'abord à témoigner, toute notre reconnaissance et gratitude à notre encadreur, Madame SOUALILI Dina Lila, Professeur au département des sciences de la mer et de l'Aquaculture et Doyenne de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie - Université Abdelhamid In Badis de Mostaganem. Merci d'avoir accepté de diriger ce travail et d'y avoir consacré un temps considérable, malgré votre lourde responsabilité en qualité de doyenne. Nous la remercions profondément d'être toujours là pour nous écouter, nous guider à retrouver le bon chemin et surtout la confiance en soit.

Un grand merci aux membres de jury, qui ont accepté de juger ce modeste travail :

Nous remercions Dr BOUZAZA Zoheir, Maitre de Conférences "A" et Adjoint du Chef de Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture, de la FSNV/Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem, pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant de présider et d'examiner ce mémoire ; Qu'il nous soit permis d'exprimer ici l'expression de notre profond respect ;

Nous tenons également à exprimer nos remerciements au Dr OULHIZ Aicha, Maitre Conférence "B" et enseignant chercheur au département des sciences de la mer et de l'Aquaculture de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie - Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem. Merci pour l'intérêt que vous portez à ce travail ainsi que pour le temps considérable passé à la lecture de ce mémoire ;

Nos remerciements vont également à toute l'équipe du département de science de la mer et de l'aquaculture pour leurs aides informatique et logistique.

Nos vifs remerciements aux ingénieurs des laboratoires pédagogiques de l'halieutique et d'agronomie : Mmes Rachida, Amina et Imene.

On ne pourra pas oublier d'adresser nos sincères remerciements à nos parents, ils nous ont dotés d'une éducation digne, et nous ont toujours soutenu, encouragé et supporté au cours de

la réalisation de ce mémoire, on remercie aussi tous nos proches et amis, qui nous ont soutenus.

Et enfin, nous remercions toute personne ayant contribué de loin ou de près à la réussite de notre travail, aux personnes, qui bien que leurs noms ne figurent pas dans ce document, étaient toujours prêtes à aider et à contribuer dans le bon déroulement de ce travail.

Résumé

Le présent travail a pour objectif principal d'évaluer le potentiel reproductif chez l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) vivant dans la côte Mostaganemoise plus précisément à Stidia au niveau des deux stations qui possèdent un substrat mixte riche en algues photophiles, le premier est considéré comme site propre et le deuxième comme site perturbé impacté par les activités anthropiques et les rejets urbains.

Cette étude a été réalisée du mois d'avril au mois de juin 2021, où un total de 150 individus d'oursin ont été échantillonnés et traités. On a réalisé dans un premier temps le suivi mensuel des mesures des indices biométriques (diamètre D, hauteur H et poids de l'oursin), (Diamètre D_{la} et Hauteur H_{la} de lanterne d'Aristote), et des indices physiologiques (indice gonadique moyen **IGm** et indice de réplétion moyen **IRm**). Simultanément à ce suivi une étude granulométrique a été entamée. Les résultats de ces analyses ont montré par le suivi des indices que la période de ponte se déroule au printemps (avril à juin) et que les deux sites sont riches en nutriments. Dans un second temps, on a réalisé des tests de fécondation in-vitro en utilisant les oursins, eau de mer et sédiment provenant des deux sites (propre et pollué). Aussi pour tester la qualité du milieu de ces différents sites, on a utilisé le test du développement larvaire de l'oursin *Paracentrotus lividus*, espèce largement utilisée pour ce type d'analyse.

Les principaux résultats de notre étude ont montré que, le sédiment des deux sites est composé des fractions 0.1mm (sable fin) et 0.2mm (sable moyen) avec une dominance de la fraction 0.2mm, le taux de matière organique (MO) de site propre est supérieur à celle de site pollué.

Le taux des IRm et IGm montre une différence significative entre les 3 mois (avril, mai, juin) selon le test d'ANOVA ($p < 0.05$). Par contre, aucune différence significative n'est marquée entre les sites.

Le pourcentage de fécondité représente des valeurs différentes qui est de 87% dans le site propre, et de 65.33% dans le site pollué et de 91.66% dans le site pollué avec des oursins provenant du site propre.

Le test de développement larvaire indique une qualité de milieu plus au moins saine dans le site propre, et une qualité médiocre par rapport au niveau de l'autre site.

Mots clefs : *Paracentrotus lividus*, Stidia, site propre, site pollué, indices physiologiques, IGm, IRm, reproduction, développement larvaire.

Absract

The main objective of this work is to assess the reproductive potential of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) living in the coast of Mostaganem, more precisely in Stidia at two stations which have a mixed substrate rich in photophilic algae, the first is considered as a clean site and the second as a disturbed site impacted by human activities and urban waste.

This study unroll from April to June 2021, where a total of 150 sea urchin individuals were sampled and processed. We first carried out the monthly monitoring of the measurements of the biometric indices (diameter D, height H and weight of the sea urchin), (Diameter D_{la} and Height H_{la} of Aristotle's lantern), and physiological indices (average gonadal index **IGm** and average repletion index **IRm**). Simultaneously with this monitoring a particle size study was initiated. The results of these analyzes showed by monitoring the indices that the spawning period takes place in the spring (April to June) and that the two sites are rich in nutrients. In a second step, we carried out in-vitro fertilization tests using sea urchins, sea water and sediment from the two sites (clean and polluted). Also to test the quality of the environment at these different sites, we used the larval development test of the sea urchin *Paracentrotus lividus*, a species widely used for this type of analysis.

The main results of our study showed that, the sediment of two sites is composed of the fractions 0.1mm (fine sand) and 0.2mm (medium sand) with a dominance of the fraction 0,2mm, the OM rate of the own site is higher. to that of a polluted site.

The rate of MRI and IGm shows a significant difference between the 3 months (April, May, June) according to the ANOVA test ($p < 0.05$). On the other hand, no significant difference is marked between the sites.

The fertility percentage represents different values which is 87% in the clean site, and 65.33% in the polluted site and 91.66% in the polluted site with sea urchins warning of the clean site.

The larval development test indicates more or less healthy quality of the medium in the clean site, and poor quality compared to the level of the other site.

Keywords : *Paracentrotus lividus*, stidia, clean site, polluted site, physiological indices, reproduction, and larval development.

Table de matière

| | |
|-------------------|---|
| Introduction..... | 2 |
|-------------------|---|

CHAPITRE I : Généralité sur l'espèce *Paracentrotus lividus*

| | |
|--|----|
| I. Généralités sur les échinodermes | 3 |
| I.1. Description des échinodermes..... | 3 |
| I.1.1. Les oursins irréguliers | 3 |
| I.1.2. Les oursins réguliers | 3 |
| I.2. Classification et distribution géographique | 5 |
| I.2.1. Classification | 5 |
| I.1.2. Distribution géographique | 5 |
| I.3. Description et structure | 6 |
| I.3.1. Anatomie externe | 6 |
| I.3.2. Anatomie interne | 8 |
| I.4 Biologie et écologie de l'espèce | 10 |
| I.4.1. Habitat | 10 |
| I.4.2. Régime alimentaire | 11 |
| I.4.3. Reproduction, ponte, développement larvaire | 12 |
| I.4.5. Intérêt économique | 15 |

CHAPITRE II : Zone d'étude

| | |
|--|----|
| II.1. Caractéristiques de la Méditerranée | 16 |
| II.2. Présentation de la baie de Mostaganem | 18 |
| II.2.1. Caractéristiques physique de la côte de Mostaganem | 18 |
| II.2.2. Stidia..... | 18 |

CHAPITRE III : Matériel et méthode

| | |
|--|----|
| III.1. Choix de la station d'étude | 21 |
| III.2. Méthode de prélèvement | 22 |
| III.2.1. Analyse granulométrique | 22 |
| III.2.2. Matière organique | 24 |
| III.2.3. Etude physiologique | 24 |
| III.2.3.1. Prélèvement | 24 |

| | |
|--|----|
| III.2.3.2. Traitement au laboratoire | 25 |
| III.2.4. Etude des indices physiologique | 28 |
| III.2.4.1. Indice gonadique (IG) | 28 |
| III.2.4.2. Indice de réplétion (IR) | 29 |
| III.2.5. Sex-ratio..... | 29 |
| III.3. Tests biologiques | 30 |
| III.3.1 Ponte (la libération des gamètes)..... | 30 |
| III.3.2 Test de la qualité du développement embryonnaire de <i>P.lividus</i> | 32 |
| CHAPITRE IV : Résultats et discussion | |
| IV.1 Granulométrie et matière organique | 36 |
| IV.1.1 Granulométrie | 36 |
| IV.1.2 Matière organique | 36 |
| IV.2 Sex-ratio | 37 |
| IV.2.1 Calcul du sex-ratio chez les deux populations de <i>P.lividus</i> étudiées | 37 |
| IV.2.2 Suivi mensuel du sex-ratio de <i>Paracentrotus lividus</i> | 38 |
| IV.2.2.1 Variabilité du sex-ratio chez <i>P.lividus</i> dans le site propre | 38 |
| IV.2.2.2 Variabilité du sex-ratio chez <i>P.lividus</i> dans le site pollué | 39 |
| IV.3 Suivi des indices physiologiques moyens (indices gonadique et indice de réplétion)..... | 40 |
| IV.3.1 Evolution de l'indice gonadique moyen (IGm) et de l'indice de réplétion moyen (IRm) chez <i>P.lividus</i> | 40 |
| IV.3.1.1 Evolution de l'indice gonadique moyen (IGM) et de l'indice de réplétion moyen (IRM) chez <i>P.lividus</i> , vivant dans le site propre de Stidia | 41 |
| IV.3.1.2 Evolution de l'indice gonadique moyen (IGM) et de l'indice de réplétion moyen (IRM) chez <i>P.lividus</i> , vivant dans le site pollué de Stidia..... | 42 |
| IV.4 Résultats du test biologique | 45 |
| IV.4.1 Fécondation..... | 45 |
| IV.4.2 La qualité du développement embryonnaire de <i>P.lividus</i> | 46 |
| Conclusion..... | 48 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES | |

Liste des titres des figures

| | | |
|------------------|--|----|
| Figure 01 | Distribution géographique (en rouge) de l'oursin <i>Paracentrotus lividus</i> (in Soualili,2008). | 5 |
| Figure 02 | Morphologie externe de l'oursin régulier <i>P. lividus</i> A : face orale B : face aborale (Grosjean, 2001). | 6 |
| Figure 03 | Piquant et son tubercule (DeRidder,1986) | 7 |
| Figure 04 | : A piquant primaire, B Piquant secondaire,C podia, D Pédicellaire globifère, E Pédicellaire ophiocéphale, F Pédicellaire tridentés, G Pédicellaires trifoliés (khalifa, 2021). | 8 |
| Figure 05 | Anatomie interne de l'oursin commun <i>P.lividus</i> (Tortonese, 1965) | 9 |
| Figure 06 | Lanterne d'Aristote (DeRidder, 1986) | 9 |
| Figure 07 | Disposition pentaradiaire des gonades de l'oursin commun <i>P.lividus</i> A : Gonade mâle ; B : Gonade femelle (Khalifa et Afoun, 2021). | 10 |
| Figure 08 | Cœlomes des échinidé | 11 |
| Figure 09 | Lanterne d'Aristote d'un échinidé (Afoun et khalifa, 2021) | 11 |
| Figure 10 | Schéma du cycle de reproduction de <i>Paracentrotus lividus</i> (les SVT de M. CLERC – Jimdo) | 12 |
| Figure 11 | Les différentes anomalies embryonnaires et larvaires chez <i>Paracentrotus lividus</i> (Klockner et al., 1985). (a): développement retardés; (b): développement normal. (c): longueur inégale des baguettes somatiques; (d) baguette antéro latérale tordue; (e): une baguette somatique plus courte; dédoublement d'une baguette somatique; (g): surnombre de baguettes somatiques et (h): chevauchement des baguettes somatiques | 14 |
| Figure 12 | Profil topographique des quatre étages aquatiques selon leur profondeur. (inAit Mohamed Amer., 2011). | 18 |
| Figure 13 | Localisation de la zone d'étude ; la Wilaya de Mostaganem (Megherbi., 2015). | 19 |
| Figure 14 | Stidia sur la cote de Golfe d'Arzew (Kies & Kerfouf, 2014). | 20 |
| Figure 15 | Le site d'échantillonnage propre dit couzina (Afoun et Khalifa ,2021) | 21 |
| Figure 16 | Le site d'échantillonnage le petit port (Afoun et khalifa, 2021) | 22 |

| | | |
|------------------|---|----|
| Figure 17 | Figure 17 : a) Sédiment humide, b) Séchage des sédiments dans l'étuve MEMMERT (Afoun, 2021) | 22 |
| Figure 18 | a) sédiment sec, b) Tamiseuse A S200 (Khalifa et Afoun, 2021) | 23 |
| Figure 19 | Différentes fraction de sédiment tamisa (Khalifa et afoun, 2021) | 23 |
| Figure 20 | a)Creusets remplis de sédiment, b) Four à moufle | 24 |
| Figure 21 | Photos montrant la mesure de diamètre (à gauche) et hauteur (à droite) d'oursin <i>Paracentrotus lividus</i> (Afoun et khalifa 2021) | 25 |
| Figure 22 | Photos montrant la mesure de diamètre (à gauche) et hauteur (à droite) de lanterne d'Aristote(Khalifa et Afoun, 2021) | 25 |
| Figure 23 | Photos montrant la mesure pondérale <i>Paracentrotus lividus</i> (Khalifa et Afoun ,2021) | 26 |
| Figure 24 | Photos montrant la dissection réalisée sur l'oursin <i>Paracentrotus lividus</i> (Khalifa et Afoun, 2021) | 26 |
| Figure 25 | Photos montrant la pesée réalisée sur une balance à précision, les gonades et contenus digestifs d'oursins <i>Paracentrotus lividus</i> (Khalifa et Afoun, 2021) | 27 |
| Figure 26 | Poids sec de contenu digestif (Khalifa et Afoun, 2021) | 27 |
| Figure 27 | a) Liquide orange émis par les femelles b) blanchâtre produit par les mâles de <i>Paracentrotus lividus</i> (khalifa et Afoun, 2021) | 28 |
| Figure 28 | Mode opérationnelle pour l'obtention des gamètes ; a) injection KCl, b) libération des gamètes (orange et blanc) ; c) récupération des ovocytes (khalifa et Afoun, 2021) | 31 |
| Figure 29 | Sperme poolé de trois mâles dilués dans 30ml d'EMF (khalifa et Afoun, 2021) | 31 |
| Figure 30 | Mode opérationnelle a-b) application du test de développement larvaire c) incubation à l'air libre de T 20°C (khalifa et Afoun, 2021) | 33 |
| Figure 31 | a) observation optique x10 des ovocytes ; b) observation | 33 |

| | | |
|------------------|--|----|
| | optique x10 des ovocytes entourés de membrane de fécondation (khalifa et Afoun ,2021) | |
| Figure 32 | Fixation des pluteus par le formole (khalifa et Afoun , 2021) | 34 |
| Figure 33 | Les stades de développement embryonnaire de l'oursin. De gauche à droite: œuf fécondée, stade 2 cellules, stade 4 cellules, stade 16 cellules, morula, blastula, gastrula et larve pluteus (Khalifa et Afoun, 2021) | 35 |
| Figure 34 | Pourcentage mensuelle des mâles et des femelles au niveau du site propre au niveau de stidia (Avril-Juin) | 38 |
| Figure 35 | Pourcentage mensuelle des mâles et des femelles au niveau du site pollué au niveau de stidia (Avril-Juin) | 39 |
| Figure 36 | Variations mensuelle des indices physiologiques moyens (IGm, IRm) exprimés en mg/cm ³ au niveau de site propre de la station du Stidia. | 41 |
| Figure 37 | Variations mensuelle des indices physiologiques moyens (IGm, IRm) exprimés en mg/cm ³ au niveau de site pollué de la station du Stidia. | 42 |
| Figure 38 | Pourcentage (écart-type) d'œufs fécondés obtenus par les différents tests de fécondation en 2021 | 45 |
| Figure 39 | Pourcentage des larves normales et larves anormales obtenus par les différents tests de fécondation en 2021 | 46 |

Liste des tableaux

Tableau 1 : Période et nombre de pontes par an de *P.lividus*.

Tableau 2 : Pourcentages des deux sexes de la population *P.lividus* dans les deux sites.

Tableau 3: pourcentage et sex-ratio mensuel des populations d'oursin *paracentrotus lividus* des deux sites étudiés

Tableau 4: Evolution des indices physiologiques moyens exprimés en mg/cm^3 . Moyenne \pm écart type pour l'ensemble des deux populations de *P.lividus* (S1 & S2 de Stidia)

Tableau 5 : Evolution des indices physiologiques moyens exprimés en mg/cm^3 . Moyenne \pm écart type pour l'ensemble des deux populations de *P.lividus* (S1 & S2 de Stidia)

Tableau 6 : Pourcentage (écart-type) d'œufs fécondés obtenus par les différents tests du fécondation en 2021

Tableau 7 : Fréquence (moyenne et écart type) des différents catégories des larves obtenus après les trois tests biologique de fécondation L.N : larves normales ; L.AN : larves anormales ; L.B : Larves blastulas ; L.R : Larves retardées ; L.V Larves viables (larves normales + larves anormales).

Tableau 8 : Pourcentage des larves normales et anormales sur 100% de larves viables

Liste des abréviations

°C : Degré Celsius

Cm : centimètre

Cm³ : Centimètre cube

D : Diamètre

D³ : Diamètre cube

Dla : Diamètre de lanterne d'Aristote

E MF : Eau de mer filtrée

F : Femelle

g : Gramme

H : Hauteur

h : heure

Hla : Hauteur de lanterne d'Aristote

Hab : Habitant

IC : Indice de confiance

IGm : Indice gonadique moyen

IRm : Indice de réplétion moyen

J : Juin

KCL : Chlorure de potassium

Km : Kilomètre

Km² : Kilomètre carré

L.AN : Larve anormale

L.N : Larve normale

L.B : Larve bloquée

L.R : Larve retardée

L.V : Larve vitale

M : Mai ; Mâle ; Mètre ; Mole ; Moyenne

Mm : Millimètre

Mg : Milligramme

N : Nord ; nombre total des males et des femelles.

O.F : Œuf fécondée

O.NF : Œuf non-fécondée

O : Oursin

O1 : Oursin du site propre

O2 : Oursin du site pollué

P : *Paracentrotus* ; pourcentage des femelles dans la population étudiée,

PdGF : Poids déterminé de la gonade fraîche

PdCdF : Poids déterminé de contenu digestif frais

PdGs : Poids déterminé de la gonade sèche

PdCds : Poids déterminé de contenu digestif sec

PH : Poids humide de l'oursin

PS : Poids sec de l'oursin

Pr : Propre

Pl : Pollué

Q : Pourcentage des mâles

R : Rapport entre la hauteur et le diamètre de lanterne d'Aristote

S1 : Site propre

S2 : Site pollué

Spr 1 : Fécondation des œufs d'oursins de site propre avec l'eau et sédiment de leur propre site

Spl 2 : Fécondation des œufs d'oursins de site pollué avec l'eau et sédiment de leur propre site

Sprpl 3 : Fécondation des œufs d'oursins de site propre avec l'eau et sédiment de site pollué

T : Température

Tvg : Tube vide gonade

Tvcd : Tube vide contenu digestif

W : Oueſt

μl : Microlitre

μm : Micromètre

INTRODUCTION

I. Introduction

L'oursin *Paracentrotus lividus* se rencontre au sein des peuplements d'algues photophiles de la roche superficielle (**Kempf, 1962 ; Pérès et Picard, 1964**), des anfractuosités, des dessus de blocs, et particulièrement dans les herbiers à *Posidonia oceanica* (**Nedec et al, 1981 ; Azzolina, 1988 ; Boudouresque et al, 1989**).

L'espèce *P.lividus* est un élément fondamental des écosystèmes littoraux (**Fernandez, 1996**) ; Il a fait l'objet d'un grand nombre de travaux dont les plus importants concernent sa biologie, son éthologie et sa croissance (**Fenaux, 1968 ; Régis, 1978 ; Harmelin, 1981 ; Ballesteros, 1981 ; Nedelec, 1982 ; Kada, 1986 ; Semroud et Kada, 1987 ; Zenoun, 1987 ; Sadoud, 1988 ; Chtini et Sellal, 1994 ; Soualili, 2008 ; Sahnoun, 2009**).

La consommation des oursins dans le monde est très ancienne (**Giot et al, 1958 ; Giot, 1970**), et en particulier l'oursin comestible *P.lividus* constitue une ressource alimentaire fort appréciée dans plusieurs régions du monde (**Fernandez, 1996**). En Algérie, la consommation des oursins est peu importante, et reste très locale et traditionnelle (**Soualili, 2008**).

Le comportement alimentaire de *P.lividus* est souvent déterminant dans la genèse et l'évolution des phytocénoses benthiques (**Semroud, 1993**).

Les nombreuses études sur la croissance des Echinoidea ont permis de mettre en évidence, la variabilité de la croissance qui pourrait être effectuée par de nombreux paramètres tels que, la saison (**Azzolina, 1988**), âge des individus (**Régis, 1978 ; Gage, 1992**), la température (**Le Gall et al, 1990 ; Lares et Mc Clintok, 1991 ; Guillou et Michel, 1994**), le cycle de reproduction (**Greenwood, 1980 ; Azzolina, 1988 ; Guillou et Michel, 1994**), ou les conditions trophiques (**Greenwood, 1980 ; Larson et al, 1980 ; Keats et al, 1983 ; Lumingas, 1994**). Par ailleurs, au niveau du littoral Algérien les travaux réalisés sur cette espèce, ont concernés sa reproduction (**Guettaf, 2000 ; Soualili, 2008 ; Soualili et al, 2009 ; Dermeche et al, 2010 ; Belkhedim et al, 2010**). Cependant, les travaux restent insuffisants au niveau du littoral algérien.

A cet effet, notre travail s'intéresse d'une part à l'étude des indices physiologiques par le calcul de l'indice gonadique moyen (**IGm**) et l'indice de réplétion moyen (**IRm**) qui permettent d'évaluer l'état physiologique de *P.lividus* afin de déterminer ses périodes de ponte, et d'autre part au calcul du sex-ratio pour savoir l'abondance d'un sexe par rapport à l'autre. Notre étude

Introduction

s'est intéressée à des mensurations morphologiques telles que la mesure des piquants afin d'évaluer l'état phytobentique de l'écosystème occupé.

L'objectif de ce travail vise à évaluer le potentiel reproductif chez l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816), dans la côte ouest de Mostaganem dans la région de Stidia. Ainsi, ce travail servira à déterminer les paramètres bioécologiques de cette espèce dans la région de Mostaganem, et par conséquent de comparer son évolution dans d'autres régions de la côte méditerranéenne (**Semroud et al, 1987 ; Sadoud, 1988 ; Semroud, 1993 ; Guettaf, 1997 ; Soualili, 2008**).

Dans le premier chapitre de ce mémoire dédié à l'étude bibliographique dans laquelle, on retrouvera la présentation de l'espèce *Paracentrotus lividus* ainsi que son écologie, son régime alimentaire et sa reproduction.

Le deuxième concerne les caractéristiques de la zone d'étude qui est la région de l'ouest de la côte de Mostaganem plus précisément à Stidia, dans deux sites : site propre (couzina) et le site pollué.

Le troisième chapitre « matériel et méthodes », ce chapitre est destiné à donner et expliquer le matériel et la méthodologie suivis durant toute la période soient les trois mois de l'échantillonnage. En effet, des séries de mesures linéaires et pondérales sont prises en considération et sont utilisées pour déterminer certains indices physiologiques qui permettront d'étudier l'activité bioécologique de cet invertébré.

Le quatrième chapitre regroupe les différents résultats obtenus au cours de l'expérimentation ainsi que des discussions relatives aux comparaisons avec les résultats d'autres études obtenus pour cette espèce.

Enfin, une conclusion générale jointe par une série de perspectives fera l'objet d'une finalisation.

CHAPITRE I :
GENERALITES SUR L'ESPECE *Paracentrotus lividus*

I. Généralités sur les échinodermes

I.1. Description des échinodermes

Les échinides (ou oursins) sont apparues, 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. Le mot Echinides vient du grec «ECHINOS» qui signifie hérisson. Les oursins et particulièrement *Paracentrotus lividus* et *Arbacia lixula* sont considérés comme les échinides les plus importants de Méditerranée (Soualili, 2008).

Les échinodermes sont des coelomates deutérostomiens (c'est à dire qu'au cours de leur développement, l'anus se forme en premier à partir du blastopore), ils possèdent un certain nombre de caractéristiques dans le monde animal dont les principales sont la symétrie radiale et le système aquifère ; leur système nerveux est intimement associé à l'épiderme et en raison de l'absence de concentrations ganglionnaires. Cependant, leur pouvoir de régénération est assez limité (Wirtz, Debelius, 2003). Les échinodermes comprennent 7000 espèces, toutes marines, ils regroupe 5 classes : la classe des Echinidés (oursins), classe des Astéridés (étoiles des mers), classe des Holothuridés (concombres des mers), classe des Ophiuridés (ophiures) et classe des Crinoïdes (lis des mers) (Grasse, 1948).

I.1.1 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 déporté par rapport aux plans de symétrie. Les piquants de ces oursins généralement beaucoup moins gras que ceux des oursins réguliers, sont disposés très serrés comme les poils d'une moquette. On distingue deux ordres d'oursins irréguliers : les clypéastres, ou « dollars des sables » dont la coquille est aplatie comme une lentille, et spatangidés, 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).

I.1.2 Les oursins réguliers

Les oursins réguliers possèdent une forme du test variable, qui peut être su sphérique, subsonique, cordiforme, aplatie ou discoïdal (Koehler, 1921). L'oursin régulier est caractérisé par deux pôles : un pôle distal au centre, duquel s'ouvrent la bouche et un pôle apical au

centre duquel s'ouvre l'anus : par l'axe reliant ces deux pôles, passent cinq zones plans qui tous 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**).

I.2. Classification et distribution géographique

I.2.1. Classification :

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

Embranchement : Echinodermata

Sous Embranchement : Echinozoa

Classe : Echinoidea

Sous Classe : Regularia

Ordre : Diadematoidea

Sous Ordre : Camarodonta

Famille : Echinidae

Genre : *Paracentrotus*

Espèce : *lividus*(Lamarck 1816)

I.1.2. Distribution géographique :

L'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lamarck 1816), espèce de mer épicontinentales, à large répartition géographique (**Figure01**), connu dans l'atlantique depuis l'Irlande jusqu'aux Açores, Canaries, et au Maroc, mais aussi dans toute la Méditerranée (**Regis,1987**).

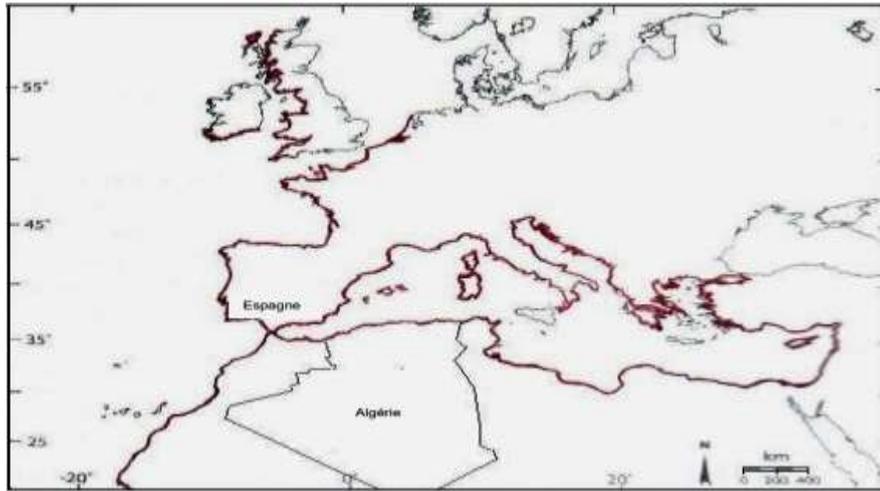


Figure 01 :Distribution géographique (en rouge) de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Soualili,2008).

I.3. Description et structure

I.3.1 Anatomie externe

L'espèce *Paracentrotus lividus* a un corps de forme globuleuse légèrement aplati aux deux pôles ; la face orale où se trouve la bouche et la face aborale où se trouve l'anus. Le test est formé de plaques étroitement juxtaposées qui lui confèrent sa rigidité. Ce test est divisé en dix régions méridiennes. Chacune de ces régions est formée de d'une double série de plaques, cinq régions ambulacraires qui alternent avec cinq régions inter ambulacraire. Il présente une symétrie pentaradiée superposés à une symétrie bilatérale (Soualili, 2008).

Le test hérissé porte différents appendices : les piquants, les sphères, les podias, et les pédicellaires (**figure 02**), et appelé généralement squelette dermique et sa rigidité est due aux fibres collagéniques et/ou musculaires qui relient les plaques squelettiques entre elles (De Ridder, 1992). Le diamètre moyen du test de *P.lividus* est de 5 cm et peut atteindre 7 à 8 cm dans des conditions favorables (Soualili, 2008).

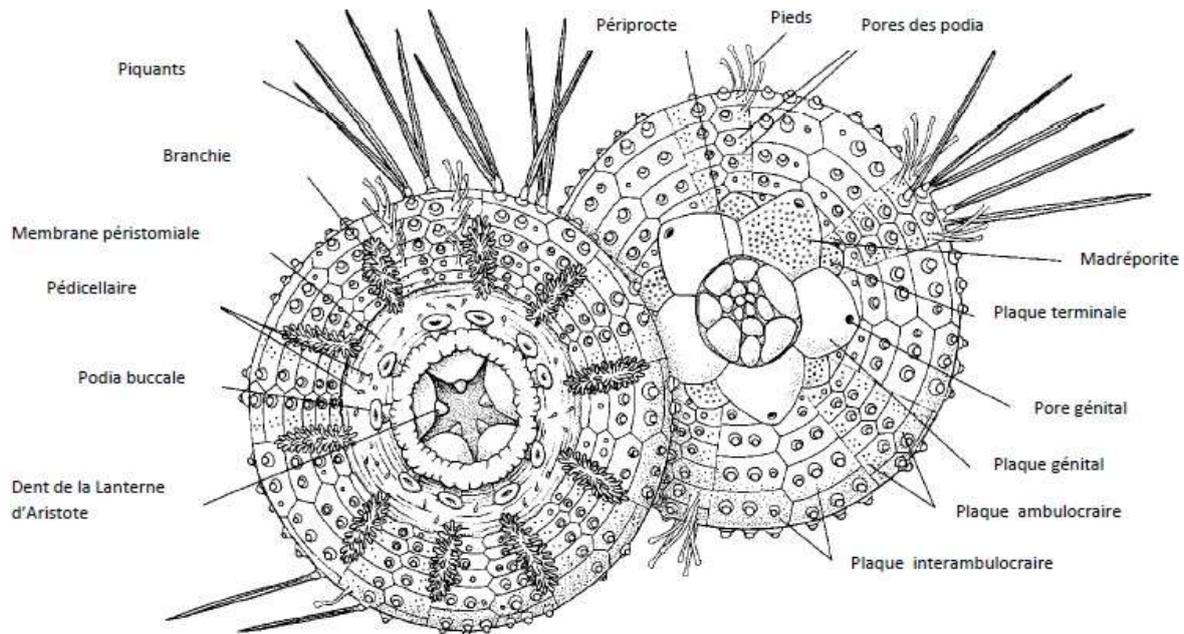


Figure 02 : Morphologie externe de l'oursin régulier *P.Lividus*

A : face orale B : face aborale (Grosjean, 2001).

A/ Les piquants : ce sont des appendices calcifiés répartis sur toute la surface du test particulièrement dans les zones interambulacraires de la couronne. Ils jouent un rôle dans la protection, la défense et la locomotion (Regis, 1987). Selon leur taille, les piquants et les tubercules, sur lesquels ils s'articulent, sont appelés primaires (grands), secondaires (petits), tertiaires ou miliars (très petits). Le piquant comprend, du sommet vers la base, une hampe (formant la majeure partie du piquant), un bourrelet strié, et une base dont la partie inférieure est déprimée (Smith, 1980, DeRidder, 1986). Le tubercule comprend un mamelon sur lequel s'ajuste la partie concave de la base du piquant, et une zone annulaire périphérique légèrement déprimée, l'aréole (Figure 03).

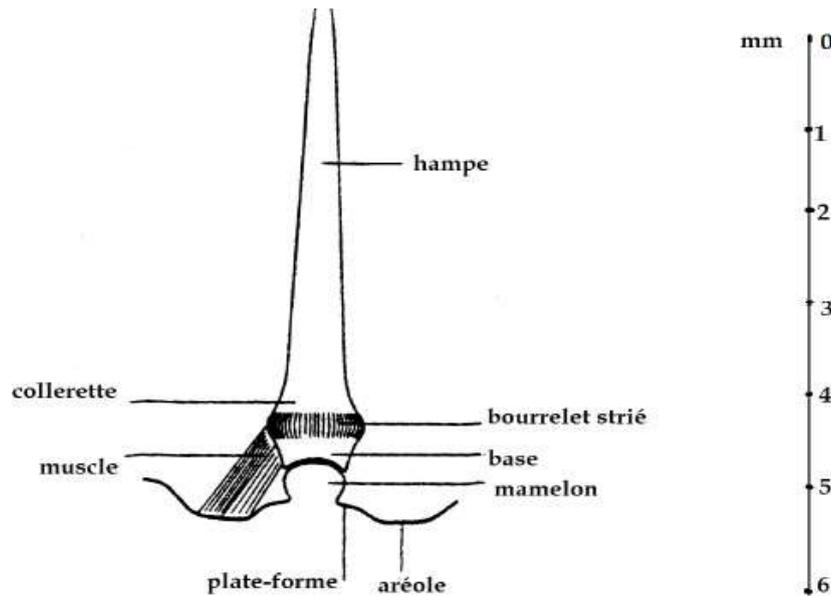


Figure 03 : Piquant et son tubercule (DeRidder,1986)

B/Les podia : 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 (Legall, 1989) (Figure 03).

Les piquants participent avec les podia à la locomotion et à l'ancrage des Echinides sur leur substrat. Ils ont également une fonction défensive vis-à-vis des prédateurs (Strathmann, 1981 ; Marsh *et al.*, 1986 ; Lawrence, 1987).

C/Les pédicellaires : sont des petits organes calcifiés fixés sur le test entre les piquants.

On distingue 4 types :

- Pédicellaires tridactyles ou tridentés ;
- Pédicellaires ophiocéphales ;
- Pédicellaires trifoliés ;
- Pédicellaires glandulaires ;

Ils ont des fonctions multiples : capture des proies, le nettoyage du test, la défense et empêche les petits organismes de s'y fixer (Hyman,1955 ; Campbell,1974 ; Boue et Chanton,1978 ; Ghyoot,1991).(Figure04).

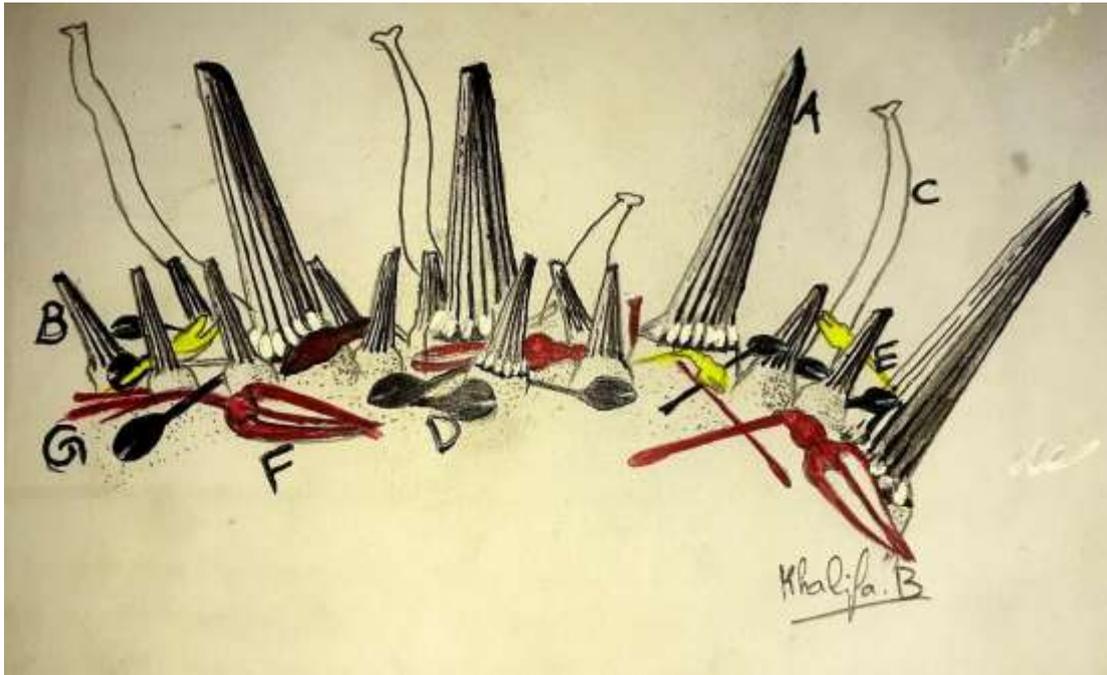


Figure 04 : A piquant primaire, B Piquant secondaire, C podia, D Pédicellaire globifère, E Pédicellaire ophiocéphale, F Pédicellaire tridentés, G Pédicellaires trifoliés (**khalifa, 2021**).

I.3.2. Anatomie interne :

Paracentrotus lividus présente un test, une cavité cœlomique, qui est cloisonnée en chambres et en formations glandulaires. Dans cette vaste cavité, logent les organes digestifs, nerveux, sanguins et reproducteurs (**Soualili,2008**).

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 (**Legall, 1987**) (**Figure 05**). La lanterne d'Aristote est attachée au corps par des fibres conjonctives et des muscles sur les auricules (**DeRidder,1986**) (**Figure06**).

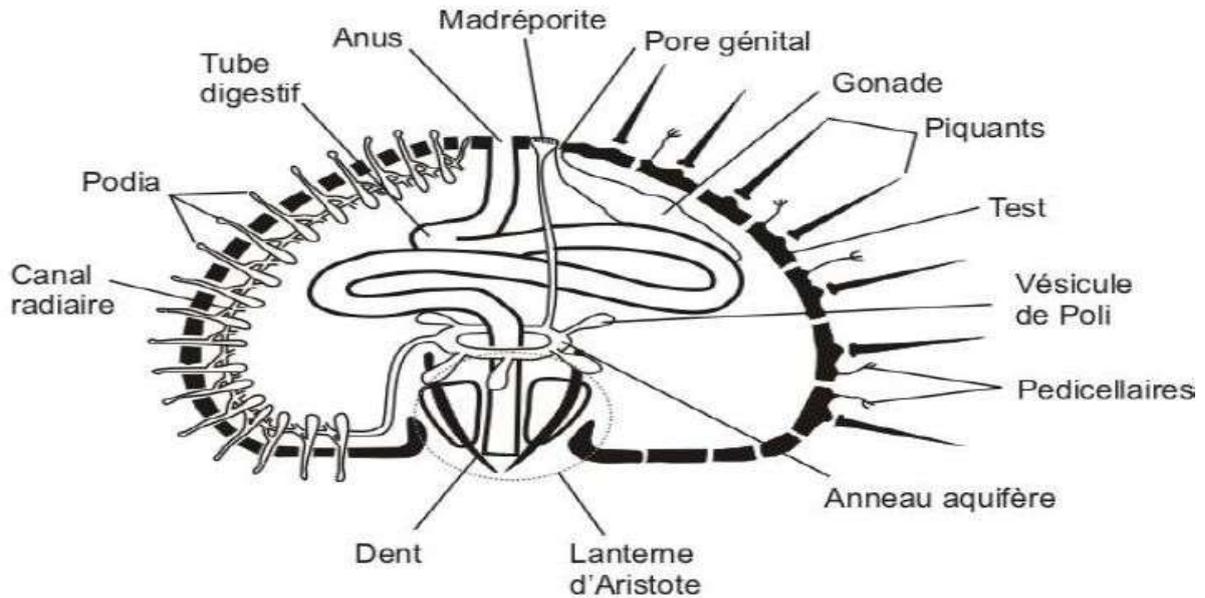


Figure 05: Anatomie interne de l'oursin commun (Tortonese, 1965)

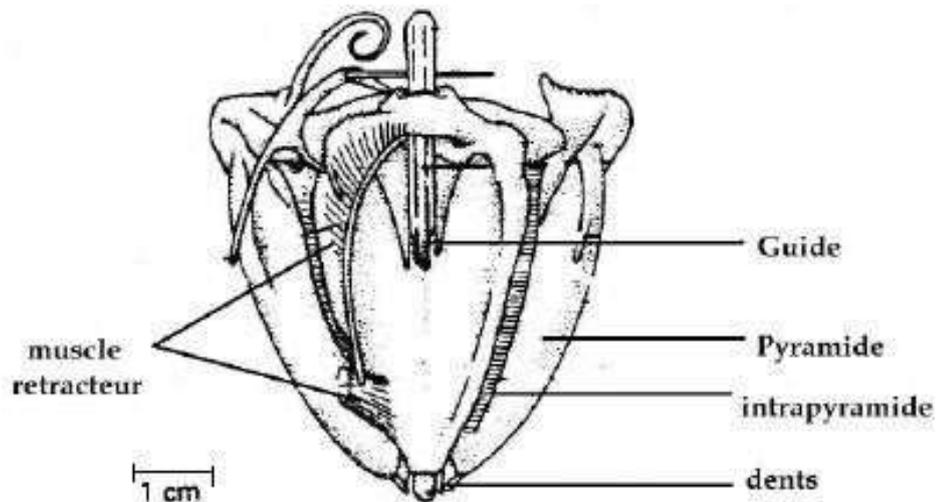


Figure 06 : Lanterne d'Aristote (DeRidder, 1986)

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 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).

Les mâles possèdent des gonades allongées qui émettent un liquide blanchâtre lorsqu'elles sont mures pour les femelles les gonades ont la même forme et sont de couleur orange émettent un liquide orangé (**Figure 07**).



Figure 07 : Disposition pentaradiaire des gonades de l'oursin commun *P.lividus*

A : Gonade mâle, B : Gonade femelle (**Khalifa et Afoun, 2021**).

I.4 Biologie et Ecologie de l'espèce :

I.4.1. Habitat :

Paracentrotus lividus se rencontre surtout dans l'étage infralittoral entre 0 m et 30 m de profondeur (**Mortensen, 1927**). Il a été signalé jusqu'à - 80 m (**Tortonese, 1965, Fenaux 1968 ; Munar et Moreno, 1987**).

Il se trouve surtout dans des habitats de substrat dur (roche ou gravier avec peuplement d'algues photophiles) et dans l'herbier à *Posidonia oceanica*. Par ailleurs, l'oursin a été signalé aussi sur des substrats meubles tels que le sable et les fonds détritiques (**Zovodnik, 1987**).

L'intensité de l'hydrodynamisme et l'action des surfaces sont des facteurs qui conditionnent la distribution de *Paracentrotus lividus* sur le substrat (**Soualili, 2008**).

L'oursin commun en Méditerranée se trouve sur substrat dur, généralement en groupe, associé à un autre Echinoderme *Arbacia lixula* (**Linnaeus, 1758**) préférant les peuplements d'algues

denses dont il se nourrit et souvent localisé dans les fissures et en dessous des blocs rocheux et les pentes douces (**Kempf, 1962**).

Dans les zones intertidales, *Paracentrotus lividus* vit souvent dans des cavités qu'il creuse lui-même dans les roches à l'aide de ses piquants et de ses dents (**Verlaque et Nedelec, 1983**) il se tient généralement entre les rhizomes de l'herbier à *Posidonia océanica* (**Kempf, 1962 ; Semroud, 1993 ; Guettaf, 1997**) et monte sur les feuilles la nuit (**Kempf, 1962**) et parfois le jour (**Azzolina, 1988**).

I.4.2. Régime alimentaire :

Paracentrotus lividus est essentiellement herbivore mais dans certaines conditions, il peut être omnivore (**Neill et Postor, 1973 ; Regis, 1978**). On peut retrouver dans son contenu digestif une fraction animale constituée de Foraminifères, de Bryozoaires et de Spongiaires (**Traer, 1980 ; Verlaque, 1987**).

L'analyse des contenus digestifs de cet oursin suggère que c'est un brouteur opportuniste comme le sont de nombreux Echinoides réguliers (**DeRidder et Lawrence, 1982**).

Paracentrotus lividus consomme principalement des algues photophiles du genre *Padina pavonica*, *Cystoseina buliarica*, (**Regis, 1978**). Il fait preuve d'une certaine sélectivité (**Verlaque, 1987**) dans l'herbier à Posidonies. 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 épiphyte chez les individus de plus 20 mm de diamètre sans les radioles (**Verlaque, 1987**), pour enfin, consommer préférentiellement la partie la plus épiphytée de la feuille (**Traer, 1980 ; Nedelec et Verlaque, 1984**). (Figure 08) (Figure09).

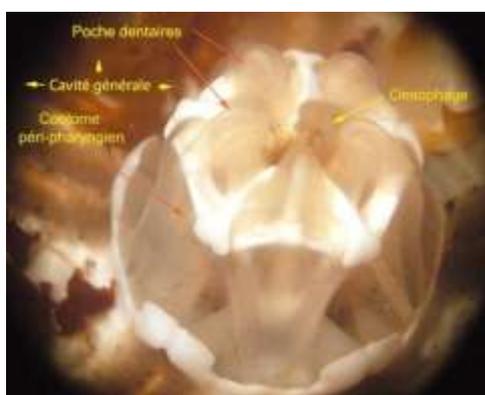


Figure 08 : Cœlomes des échinidés



Figure 09 : Lanterne d'Aristote d'un échinidé
(**Afoun et khalifa, 2021**)

I.4.3. Reproduction, ponte, développement larvaire :

Paracentrotus lividus est gonochorique, les sexes sont séparés et le cycle de reproduction est annuel.

L'ovogénèse se déroule au niveau des gonades, au moment de la reproduction la lumière se remplit par des ovocytes mûrs et des ovules qui sont libérés dans l'eau ou la fécondation à lieu (Tableau, 1) (Guettaf, 1997).

La variation de la ponte peut être changé d'un endroit à un autre elle est influencée par des facteurs environnementaux principalement par la profondeur, la photopériode, la qualité et l'abondance de la nourriture (Byrne, 1990, San Martin, 1995).

Différent auteurs ont montré une certaine homogénéité concernant ces périodes de ponte, car en général, la ponte a lieu deux fois par an en Méditerranée ; la premier se déroulant à la fin du printemps alors que la seconde a lieu à la fin de l'été (Allain, 1975 ; Byrne, 1990 ; Guettaf, 1997 ; Soualili et al., 2009). Mais, la période de ponte d'une altitude à un autre change. On parle d'une seule ponte chez l'oursin en Bretagne Nord et Irlande qui débute en mars et se poursuit jusqu'à la mi-septembre (Fenaux, 1980) (Tableau 1).

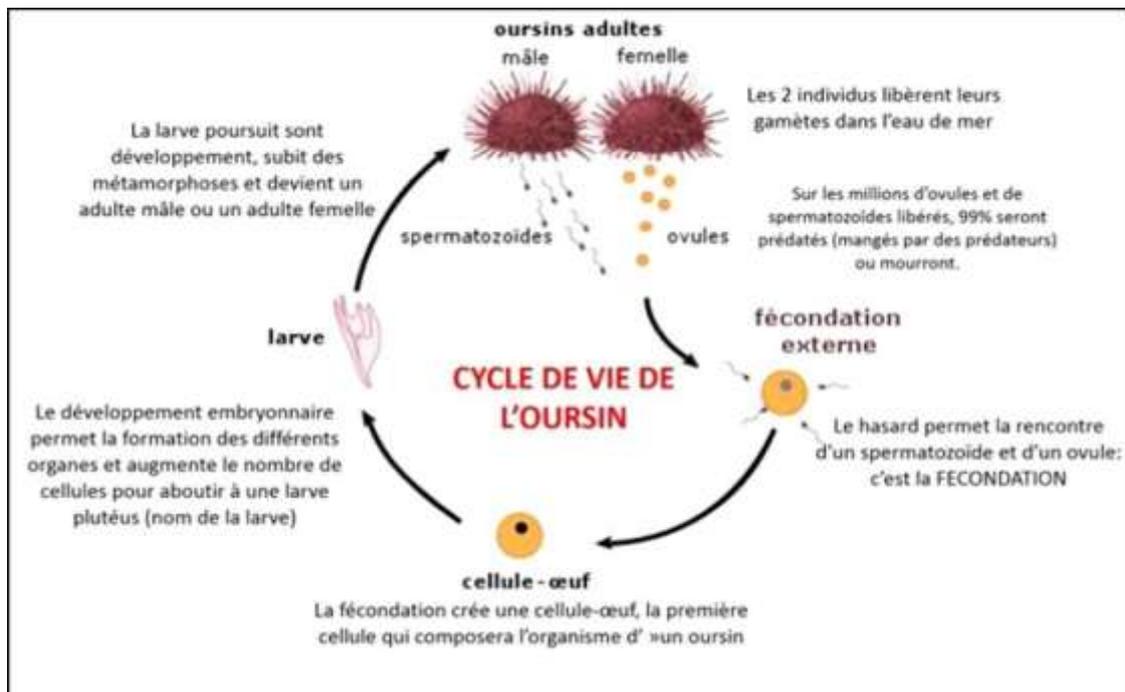


Figure 10 : Représentation schématique du cycle de reproduction de *paracentrotus lividus* (les SVT de M. CLERC – Jimdo)

Tableau 1 : Période et nombre de pontes par an de *P.lividus*.

| Références et régions | Période de ponte | Type de substrat |
|--|--|--|
| ADDA NEGGAZ (2008) (Mostaganem) SAHNOUN (2009) (Mostaganem) | Une seule ponte novembre et décembre /jan à mai | Algues photophiles |
| JACQUIN et al (2006) France (Bretagne) | mai à juillet ou août juin | Roches avec Macrophytes |
| BAYED et al (2006) Maroc | mars à mai | Cuvette rocheuse avec Macrophytes |
| SANCHEZ-Epana et al (2004) Espagne | mai à aout mars à aout ou septembre | Roches avec Macrophytes Herbier à <i>Zostera</i> et à algue (<i>Ulva</i>) |
| Méditerranée Nord occidentale LOZANO et al (1995) Espagne | février à juin | Roches avec Macrophytes |
| LEONI et al (2000) non publié) France (Corse) in SOUALIL 2008 | juillet à novembre | Roches avec Macrophytes |
| Méditerranée Sud occidentale GUETTAF et al (2000) Algérie (Ain Tagourait) | février à mars | Roches avec Macrophytes Herbier à <i>Posidonia oceanica</i> |
| SELLEM et GUILLOU (2007) Tunisie (Baie de Tunis) | avril à juillet | Roches avec Macrophytes Herbier à <i>Posidonia oceanica</i> |
| SOUALILI (2008) Algérie (Alger plage) (Sidi Fredj) (Tamentfoust) | juin à septembre juillet à décembre avril à décembre | Roches avec Macrophytes Herbier à <i>Posidonia oceanica</i> Roches avec Macrophyteset <i>Posidonia oceanica</i> |
| Méditerranée Nord occidentale FENAUX (1968) France (Ville France-mer) REGIS(1979)France (Marseille) | 2 périodes de ponte juin et sept à novembre mai à juin et août à oct | Herbier à <i>Posidonia oceanica</i> Herbier à <i>Cymodocea nodosa</i> |
| Méditerranée Sudoccidentale GUETTAF et al(2000) Algérie (Algerplage) Algérie (EL Marsa) Algérie (El Marsa) | avril et mai/ aout sept avril à juin/ oct à déc avril à juin / oct à déc | Roches avec Macrophytes Roche surpaturée Herbier à <i>Posidonia oceanica</i> |
| BYRNE (1990) Irlande | 1 seule période de ponte mai à juillet et juin à juillet | Roches avec Macrophytes |

Quarante-huit à soixante-douze heures après la fécondation apparaissent des larves pélagiques à 4 bras appelées Echinopluteus, d'une taille de 450 à 550µm, aussi bien en laboratoire (**Pressoir, 1959**) qu'en milieu naturel. Ce stade (4 bras) est sensible à la qualité du milieu dans lequel se développe la larve, mais aussi à la qualité et la quantité de nourriture disponible (**Fenaux, 1968 et 1969**).

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

La durée de la phase larvaire de *Paracentrotus lividus* est variable et conditionnée par de nombreux facteurs dont l'apport nutritif et la température (**Pavillon, 1977 ; Cellario et Fenaux, 1978 ; Fenaux et al., 1992**).

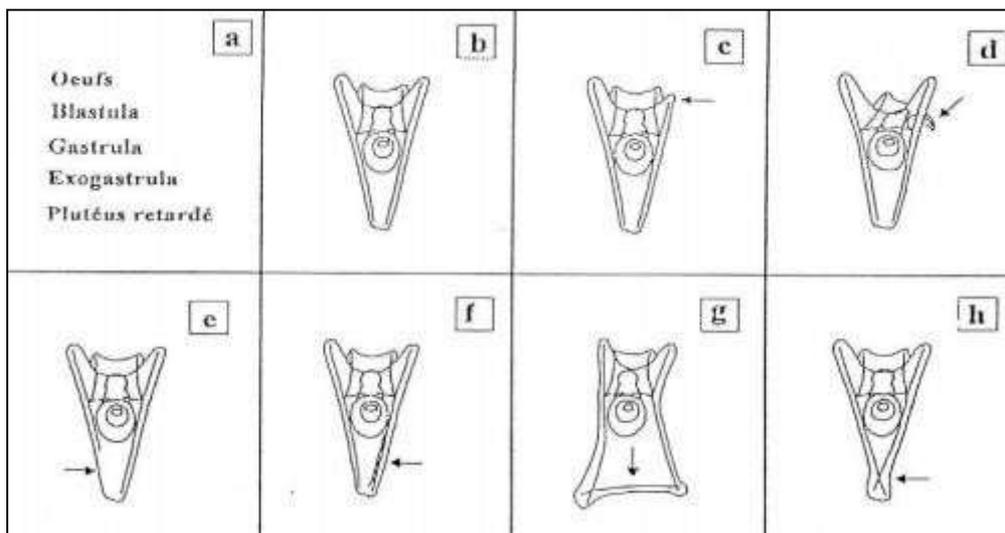


Figure 11 : Les différentes anomalies embryonnaires et larvaires chez *Paracentrotus lividus* (d'après **Klockner et al., 1985**). (a): développement retardés; (b): développement normal. (c): longueur inégale des baguettes somatiques; (d) baguette antéro latérale tordue; (e): une baguette somatique plus courte; (f) doublement d'une baguette somatique; (g): surnombre de baguettes somatiques et (h): chevauchement des baguettes somatiques.

I.5 Intérêt économique

La consommation et la pêche des oursins dans le monde sont très anciennes. Selon **Allain (1972)**, les oursins sont régulièrement présents dans les tas de débris de cuisine depuis le début du Néolithique (5000-2500 av J.C). 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, 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 (**Guettaf, 1992**).

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 traditionnelle pour les gens qui habitent au bord de la mer (**Ouendi et Menad, 2006**). De plus, cette espèce est considérée comme bioindicatrice de pollution, cela a conduit divers chercheurs à des études concernant son écologie (**Kempf, 1962**), sa biologie, sa physiologie (**Allain, 1975; Regis, 1981**), son alimentation (**Nedelec, 1982; Nedelec et al, 1983; San Martin, 1987; Guillou, 2006**), sa relation avec le phytobenthos (**Verlaque, 1987a, 1987b ; Semroud et Kada , 1987**), son comportement vis- à-vis de la pollution (**Harmelin et al., 1981 ; Soualili et al., 2008**), sa dynamique de population (**Allain. 1973, 1975; Azzolina. 1988; Le Direach et al., 1985**), et sa reproduction (**Fenaux, 1968 ; Crapp et Willis, 1975; 1980; Fernandez, 1990 Byrne. 1990**); **Guettaf, 2000; Soualili, 2008; Soualili et al., 2009; Dermeche et al.,2010;Belkhedim et al., 2010**).

CHAPITRE II :

ZONE D'ETUDE

II.1. Caractéristiques de la Méditerranée :

La Méditerranée se présente au plan structurel comme un ensemble de deux bassins (Occidental et oriental) séparés par un seuil dont la profondeur entre la Sicile et la Tunisie ne dépasse pas les quatre cents mètres. Cette mer présente une circulation profonde déficiente et a jusqu'à sa plus grande profondeur, une température qui est voisine de celle de l'Océan Atlantique au détroit de Gibraltar.

La Méditerranée est considérée comme une mer tempérée chaude. A partir de 50 m et durant toute l'année la température est de 13 °C pour une salinité moyenne de 38 ‰ (**Thibaut, 2001**).

En surface les eaux peuvent atteindre 28 °C en été. L'insolation, souvent très vive, augmente en été la température de la mer au contact du rivage, en hiver, la terre étant plus froide que la mer, l'inverse se produit (pendant des hivers très rigoureux, on a vu de la glace se former au niveau du rivage dans le golfe de Salonique et des bassins du port de Marseille). En dessous de la surface, en particulier, dans les premiers 50 m, la chute de température est assez rapide (**Thibaut, 2001**). C'est une mer relativement profonde dont la profondeur moyenne est estimée à 1500 m. Le point le plus profond de la Méditerranée est située dans l'une des fosses de Matapan (Grèce) 5121m. Le plateau continental n'excède pas les 200 m de profondeur. La superficie de la Méditerranée (3.5 millions km²) représente 1% de la superficie de tous les océans et mers du monde. La Méditerranée se développe sur 4000 km d'est en ouest et sa largeur la plus grande est de 800 km (entre le fond du golfe de Gênes et la Tunisie) et seulement de 138 km entre la Sicile et la Tunisie (**Thibaut, 2001**).

Le courant général va de l'Ouest vers l'Est, entre en surface par le détroit de Gibraltar, suit les côtes algériennes, continue le long de la côte nord de la Sicile et remonte vers le Nord-Ouest en suivant les côtes italiennes. Il est dirigé vers l'Ouest dans le Golfe de Gênes et sur les côtes de Provence et vers le Sud-Ouest sur les côtes d'Espagne formant ainsi dans le bassin occidental un circuit complet en sens inverse des aiguilles d'une montre. Entre la Sicile et la Tunisie, existe un courant quasi- permanent dirigé vers l'Est, ce courant suit les côtes de Libye et d'Égypte pour arriver à Port-Saïd (**Thibaut, 2001**).

Il remonte les côtes de Palestine et de Syrie vers le Nord Ouest et le Nord. Il se dirige vers l'Ouest au niveau des côtes d'Asie Mineure, où il est influencé par les vents. En mer Égée il remonte vers le Nord, mais à cause du courant des Dardanelles (3-4 nœuds), très puissant, s'écoulant de la Mer Noire, le courant général redescend vers le Sud au milieu de la Mer Égée

et le long des côtes grecques. Au Cap Matapan, il porte à l'Ouest et remonte la mer Ionienne en contournant la Grèce.

Un autre courant suit vers le Sud les côtes de Sicile et termine ainsi le circuit du bassin oriental **(Thibaut, 2001)**.

Les peuplements benthiques sont définis par une zonation verticale dont l'unité de base est l'étage. C'est l'espace vertical du domaine benthique marin où les conditions écologiques, fonctions de la situation par rapport au niveau de la mer, sont sensiblement constantes ou varient régulièrement entre deux niveaux critiques marquant, les limites de l'étage.

Chaque étage a des peuplements caractéristiques et ses limites sont révélées par un changement de ces peuplements au voisinage des niveaux critiques, marquant les conditions limites des étages concernés. En Méditerranée on rencontre successivement **(Figure. 12)**:

- l'étage supralittoral, zone d'humectation par les embruns, l'immersion y est exceptionnelle,
- l'étage médiolittoral ou zone d'humectation par les vagues et les marées, divisé en sous étages supérieur seulement mouillé par les vagues et inférieur, immergé lorsque les eaux sont hautes, sinon seulement mouillé par les vagues, lorsque les eaux sont basses,
- l'étage infralittoral ou zone constamment immergée, dont la limite inférieure est la profondeur encore compatible avec la vie des Magnoliophytes et des algues photophiles (de - 20 à - 45 m),
- l'étage circalittoral s'étend jusqu'à la profondeur extrême compatible avec la vie d'algues pluricellulaires sciaphiles (-45 à -120 m),

Les étages inférieurs bathyal, abyssal et hadal sont absents en Méditerranée **(Thibaut, 2001)**.

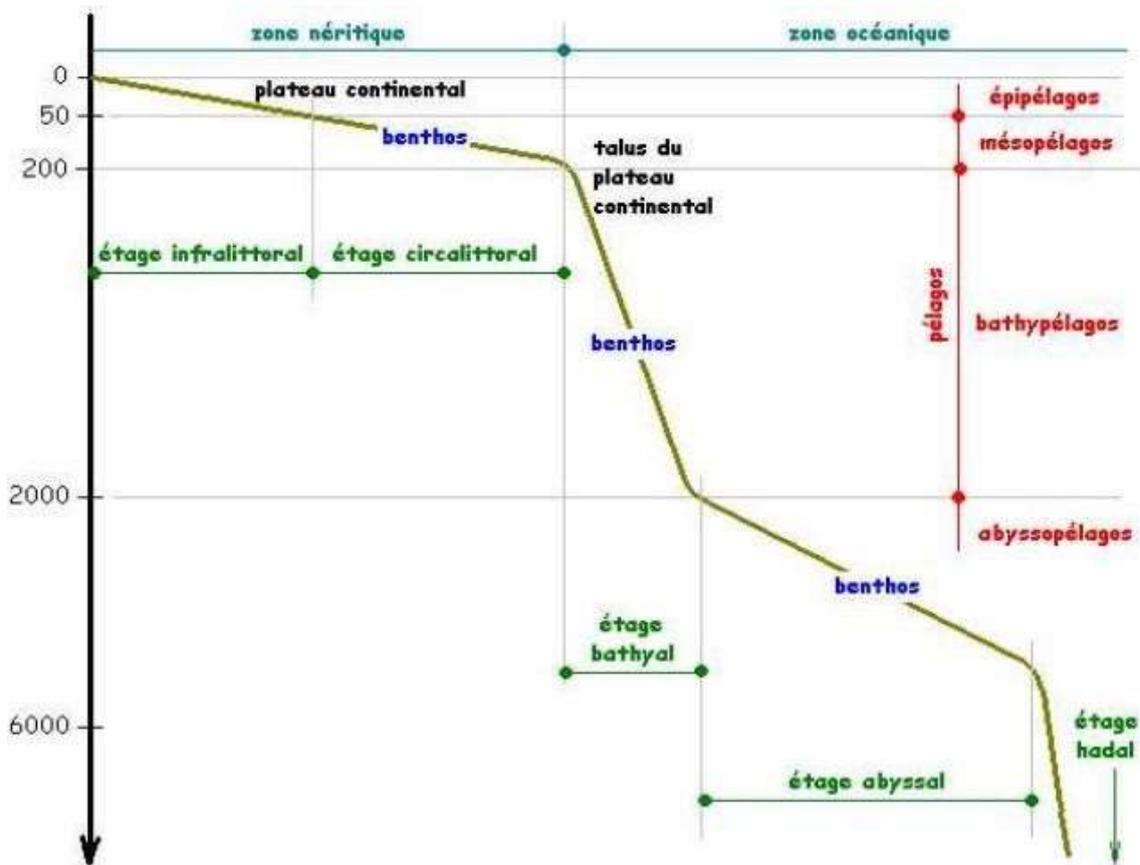


Figure 12: Profil topographique des quatre étages aquatiques selon leur profondeur. (In Ait Mohamed Amer, 2011).

II.2. Présentation de la baie de Mostaganem :

II.2.1. Caractéristiques physique de la côte de Mostaganem :

Elle est située au Nord-Ouest du Territoire National et couvre une superficie de 2269 Km², avec une façade maritime de l'ordre de 120km; Entre les coordonnées géographiques (0°8' Ouest 36°29' Nord) et (0°46' Est 35°37' Nord).

La région de Mostaganem se caractérise par un climat semi-aride à hiver tempéré et une pluviométrie qui varie entre 350mm et 400mm et un relief qui s'individualise en deux principales unités morphologique.

- Les Monts Dahra

- Le Plateau de Mostaganem sa population est passée de 504 991 habitants¹ à 629 445 habitants 1998 pour arriver à 737 118 habitants en 2008, soit un taux d'accroissement 1.7 (1998-2008) avec une densité de 333 hab. /Km² (**Figure 13**).

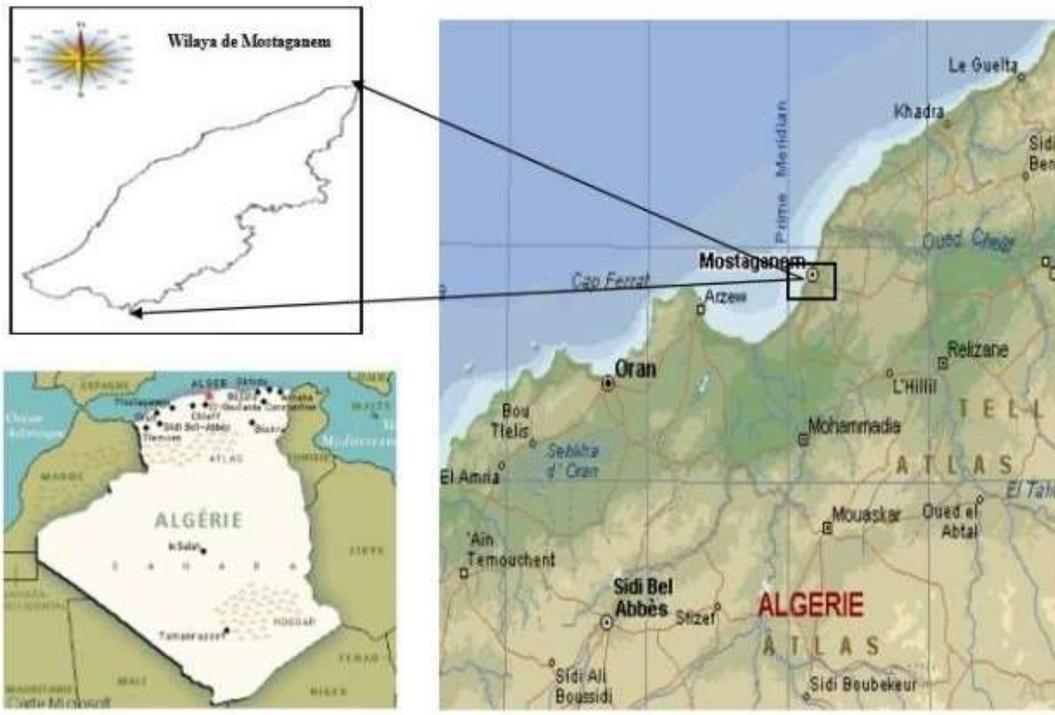


Figure 13 : Localisation de la zone d'étude ; la Wilaya de Mostaganem (Megherbi., 2015).

II.2.2. Stidia

Stidia situé à 15 km à l'Ouest de la ville de Mostaganem, dans le centre du golfe d'Arzew, limité par Carbon Cap à l'Ouest et cape de Salamandre à l'Est (**Figure14**).

La zone côtière est structurée autour des plaines sous - littoral. Elle est caractérisée par une zone littorale boisée qui s'étend sur une superficie de 1474 hectares. Et par une dune célèbre qui s'étend sur 409 hectares parallèlement à la shore ainsi que la présence de la zone humide importante de Mactaa, classé en 2001 dans le cadre de la convention de Ramsar.

Cette caractéristique présente un intérêt considérable pour l'écologie, l'agriculture et tourisme balnéaire. Le climat de la région est typique de la Méditerranée, chaud l'été et doux l'hiver, avec une saison sèche très marquée mi-juin et en Septembre et saison saupoudré en Octobre à Décembre (**Kies&Taibi, 2011 ; Kies et al., 2012**).

Le littoral de Stidia (Mostaganem) possède un écosystème très riche et varié. Six stations réparties le long de la côte Stidia révèle 74 espèces d'algues de Rhodophyceae 31.08% (23 espèces), 33.78% des Phaeophyceae (25 espèces) et 35.14% des Chlorophyceae (26 espèces) (Kies&Taibi, 2011 ; Kies *et al.*, 2012).

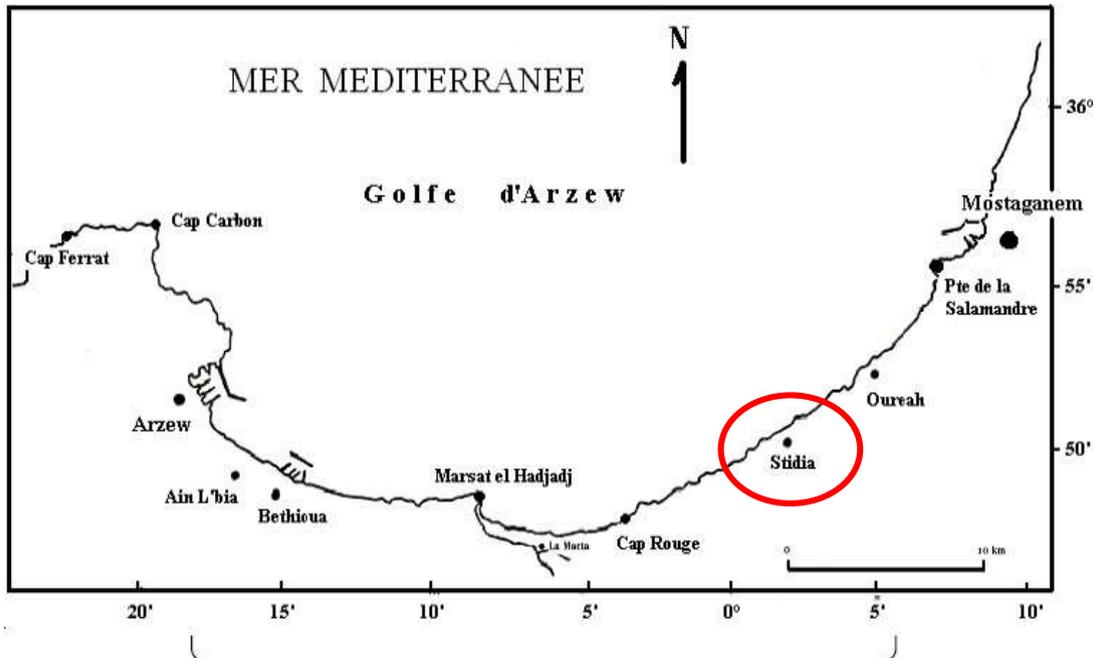


Figure 14: la station Stidia au niveau de la côte du Golfe d'Arzew (Kies et Kerfouf, 2014).

La ville de Stidia compte en 2008 une population de 12988 habitants avec un taux d'accroissement annuel moyen de 3.15%. La densité moyenne de la population a évolué de 151.87 hab / km² en 1987 à 206.98 hab / km² en 1998 pour atteindre 240.3 hab / km² en 2008 (Kies&Taibi, 2011 ; Kies *et al.*, 2012). Elle reçoit une faille importante des estivants en particulier assister à chaque année sa place d'intérêt (plage, forêt, la sérénité de l'environnement) en été.

CHAPITRE III :

MATERIEL ET METHODE

III.1. Choix de la station d'étude

Deux sites de prélèvement ont été pris en compte au cours de cette étude, ils se situent dans la station de Stidia qui se trouve à 15 km à l'Ouest de Mostaganem dont la position géographique est de 35° 50' Nord de latitude et 0° 01' Ouest de longitude. Morphologiquement, ce site est dominé de par un trait de côte rocheux avec des fonds sableux et on y trouve des prairies d'herbiers à posidonie.

Le premier site situé à l'ouest du petit port de pêche dont la position géographique est de 35°49'42''N et 0°01'23''W, est considéré comme une zone peu impactée par l'action anthropique (**Figure 15**).(**Google Earth,2021**)



Figure 15 : Le site d'échantillonnage dit el couzina (**Afoun et Khalifa ,2021**)

Le deuxième site se caractérise par la présence d'un petit port de pêche, dont la position géographique est de 35°49'52''N 0°01'04''W, il se trouve carrément sous l'influence d'importants rejets urbains et des déchets et les engins de pêche (**Figure 16**). Il est avoisinant, une petite ville touristique qui elle-même se trouve près d'une terre agricole. Ce qui assure un apport terrigène et rejets urbains continues (**Mezali, 2007**).



Figure 16: Le site d'échantillonnage le petit port (Khalifa et Afoun, 2021)

III.2. Méthode de prélèvement

III.2.1. Analyses granulométriques

À l'aide d'une spatule, 150 g sédiment humide de chaque échantillon sont utilisés. Les échantillons sont séchés à 80 c° pendant 24 heures dans une étuve (MEMMERT) (Figure 17). Après séchage on a pesé les échantillons secs à l'aide de balance électronique dont la précision est de 0.01g puis placé dans le tamis et les classements des grains s'obtiennent par tamisage (2 mm ; 1 mm ; 0.2 mm ; 0.1 mm ; 0.08 mm ; 0.05 mm ; <0.05 mm)(Figure18).



Figure 17 : a) Sédiment humide,

b) Séchage des sédiments dans l'étuve
MEMMERT (Afoun, 2021)

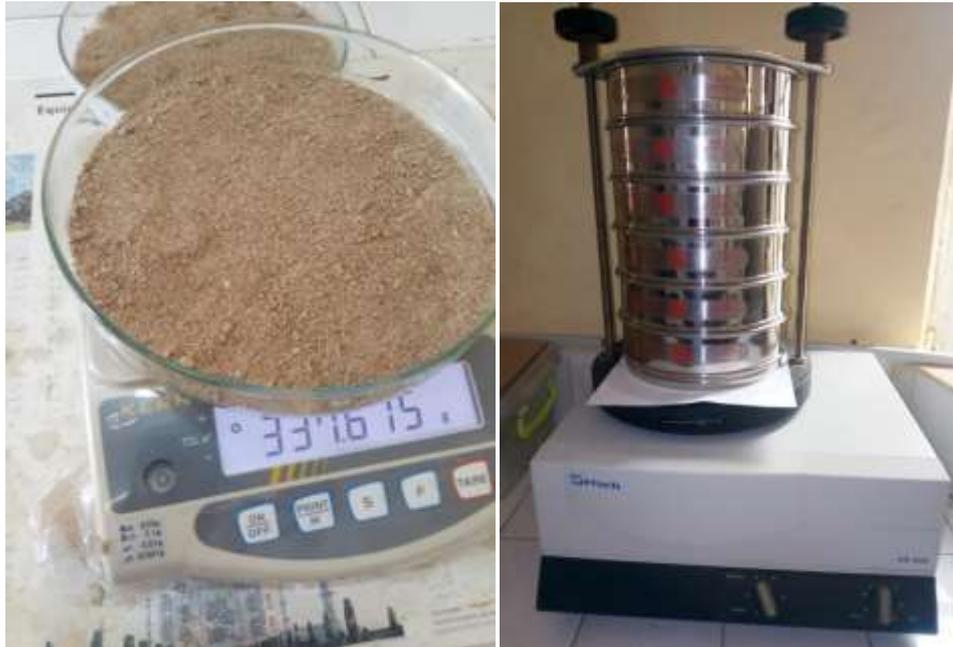


Figure 18 : a) sédiment sec b) Tamiseuse AS200 (Khalifa et Afoun, 2021)

La tamiseuse AS200 est programmée pour 20 minutes de vibrations à une fréquence de 40 vibrations/sec. Après tamisage ; on mesure le sédiment de chaque fraction et à l'aide de brosse en plastique passe sur les mailles du tamis pour récupérer quelques grains. Puis mis dans des béchers avec étiquette comportant les références de l'échantillon (**Figure19**).



Figure 19 : Différentes fraction de sédiment tamisa (Khalifa et afoun, 2021)

III.2.2. Matière organique

Après l'analyse granulométrique, une partie de l'échantillon sec est utilisée pour la détermination du taux de matière organique, 2g d'échantillon mis dans un creuset préalablement séché et pesé avant de l'introduire dans le four à moufle (NABERTHEM) à 600°C pendant 2 heures. Le creuset et son contenu sont pesés après le refroidissement dans un dessiccateur (Figure20).



Figure 20 : a) Creusets remplis de sédiment

b) Four à moufle

- Calcul de pourcentage de matière organique dans les sédiments selon la formule suivante :

$$MO (\%) = [(M1 - M2) / M1] * 100$$

III.2.3. Etude physiologique

III.2.3.1. Prélèvement

Les prélèvements ont été réalisés en apnée en partant du bord de la plage vers le large à une profondeur comprise entre 1m et 3m durant une période de 3 mois (Avril, mai, juin) de l'année de 2021, une quarantaine d'individus d'oursins a été échantillonnés sur des substrats rocheux à algues photophiles et posidonie. En parallèle, le sédiment superficiel a été prélevé et conservé dans des boîtes de 25cm de diamètre. Les échantillons sont transportés dans une glacière à 4°C et sont traités le même jour au laboratoire.

III.2.3.2. Traitement au laboratoire

Les oursins sont mesurés à l'aide des outils inoxydables pour éviter toute forme de contamination, chaque individu récolté est mesuré à l'aide d'un pied à coulisse gradué au 1/10 de mm de précision. Ainsi, les paramètres mesurés sont comme suit : le diamètre du test (**D**) sans piquants, la hauteur du test (**H**) sans piquants (**Figure 21**), la hauteur de la lanterne d'Aristote (**hla**) et le diamètre de la lanterne d'Aristote (**dla**) (**Figure 22**).

À l'aide d'une balance à précision exprimé en milligramme à 1/10 mg près, des mesures ont été réalisées sur chaque individu pour déterminer le poids frais humide de chaque individu récolté (**PH**) (**Figure 23**).

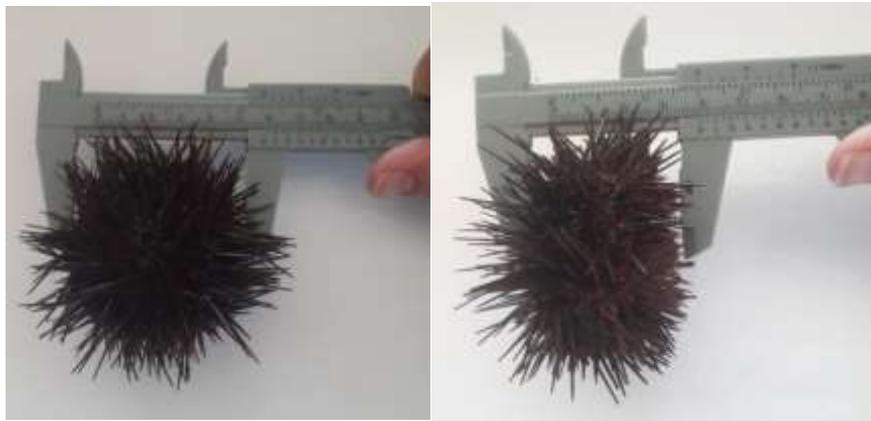


Figure 21 : Photos montrant la mesure de diamètre (à gauche) et hauteur (à droite) d'oursin *Paracentrotus lividus* (**Khalifa et Afoun, 2021**)



Figure 22 : Photos montrant la mesure de diamètre (à gauche) et hauteur (à droite) de lanterne d'Aristote (**Khalifa et Afoun, 2021**)



Figure 23 : Photos montrant la mesure pondérale *Paracentrotus lividus* (Khalifa et Afoun, 2021)

Ensuite, une fois les mesures métriques ont été réalisées, les oursins ont été disséqués à l'aide de gros ciseaux propres. Pour cela, les tests ont été coupés selon le plan équatorial (l'ambitus) pour obtenir deux demi-oursins. Dans le demi-oursin supérieur (face aborale), on observe les 5 gonades permettant la détermination du sexe (**Figure 24**).



Figure 24 : Photos montrant la dissection réalisée sur l'oursin *Paracentrotus lividus* (Khalifa et Afoun, 2021)

Les gonades sont récupérées et mises dans des tubes en verre pesés auparavant (**Tvg**) à l'aide d'une balance de précision au 1/10^ede mg afin de déterminer le poids frais des gonades (**PdGF**), la même opération est réalisée pour le contenu digestif (tube digestive + contenus); le contenu digestif est récupéré, dans des tubes en verre pesés auparavant (**TvCd**) afin de déterminer le poids frais du contenu digestif (**PdCdF**)(**Figure 25**), et ensuite mis les deux préparations (gonades et contenu digestif) sont mises dans une étuve à 80 °C et après une période comprise entre 48h à 72 heures dans l'étuve, les deux types de préparations sont pesées, pour déterminer le poids sec des gonades (**PdGS**) et le poids sec du contenu digestif (**PdCdS**)(**Figure 26**).

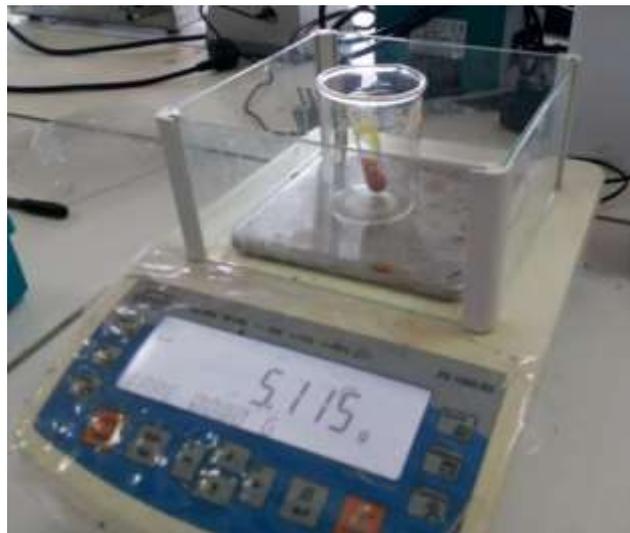


Figure 25 : Photos montrant la pesée réalisée sur une balance à précision, les gonades et contenus digestifs d'oursins *Paracentrotus lividus* (**Khalifa et Afoun, 2021**)



Figure 26 : Poids sec de contenu digestif (**Khalifa et Afoun, 2021**)

La détermination du sexe des oursins est basée sur la couleur des gonades et leur laitance. Les mâles possèdent des gonades de couleur jaunâtre si elles sont mûres et émettent un liquide blanchâtre, ou brun s'il y a eu émission de leurs contenus. Les femelles présentent des gonades de couleur orange et elles émettent un liquide orange (**Figure 27**).

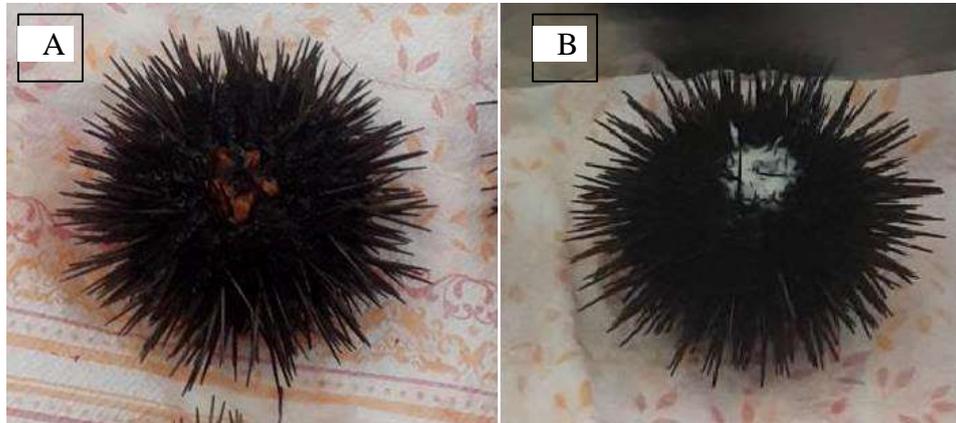


Figure 27: a) Liquide orange émis par les femelles b) blanchâtre produit par les mâles de *Paracentrotus lividus* (khalifa et Afoun, 2021)

III.2.4. Etude des indices physiologique

Pour déterminer la relation entre l'alimentation et le développement gonadique (Fenaux, 1968 ; Lawrence et al, 1987 ; Régis, 1978 ; Semroud, 1993), deux indices physiologiques sont réalisés à savoir l'indice gonadique (IG) et l'indice de réplétion (IR).

III.2.4.1. Indice gonadique (IG)

Selon Calow (1981), la méthode la plus satisfaisante pour estimer le coût reproductif est le calcul de la proportion d'énergie investie dans la reproduction par rapport à l'énergie absorbée. La partition des ressources dans les différents compartiments d'un organisme se mesure en unité d'énergie, en longueur, volume ou poids. Dans cette étude, la quantification de la reproduction est basée sur le calcul de l'indice gonadique, c'est-à-dire du rapport du poids sec de la gonade à celui du corps. L'indice couramment utilisé est la masse des gonades sur celle du corps (Lasker et al. 1954 ; Keats et al. 1984 ; Nichols et al. 1985 ; et Lumingas, 1994). Dans le cas présent, nous avons jugé plus aisé de remplacer le poids du corps par le diamètre du test au cube, paramètre testé chez les oursins par (Nédélec, 1983 et utilisé par Régis, 1979, Semroud et Kada, 1987 ; San Martin, 1990 ; Soualili, 2008 ; Sahnoun, 2009 ; Belkhedim, 2009 ; Dermeche, 2010, Elakkermi, 2014).

Il s'exprime comme suit :

$$IG = \frac{\text{Poids sec des gonades (mg)}}{(\text{Diamètre horizontal du test})^3 (\text{cm}^3)}$$

III.2.4.2. Indice de réplétion (IR)

L'indice de réplétion représente l'intensité de collecte de la nourriture macroscopique (Regis, 1978). L'indice généralement utilisé correspond au poids du contenu digestif sur celui de l'animal (Regis, 1978 ; Lawrence et al, 1982). Comme pour l'indice gonadique, nous avons remplacé par commodité, dans cette étude, le poids total par le diamètre du test au cube (Nedelec, 1983).

Il s'exprime comme suit :

$$IR = \frac{\text{Poids sec du contenu digestif (mg)}}{(\text{Diamètre horizontal du test})^3 (\text{cm}^3)}$$

III.2.5. Sex-ratio :

Le sex-ratio est un indice représentant l'abondance d'un sexe par rapport à l'autre dans une population. Le sex-ratio est exprimé par différentes formules.

La valeur du sex-ratio est donnée par l'expression :

$$\text{Taux de féminité} = \frac{\text{Effectif des femelles}}{\text{Effectif des femelles} + \text{effectif des mâles}} \times 100$$

Ou

$$\text{Taux de masculinité} = \frac{\text{Effectif des mâles}}{\text{Effectif des mâles} + \text{effectif des femelles}} \times 100$$

L'analyse de cet indice est effectuée sur l'ensemble de la population en fonction de la taille de l'individu (sex-ratio en fonction de la taille), et en fonction des mois de prélèvements (sex-ratio en fonction des saisons).

L'intervalle de confiance au risque de 5% est calculé à partir de la

formule suivante (Schwartzs,1983).

$$IC = \pm 1.96\sqrt{PQ/N}$$

P : pourcentage des femelles dans la population étudiée.

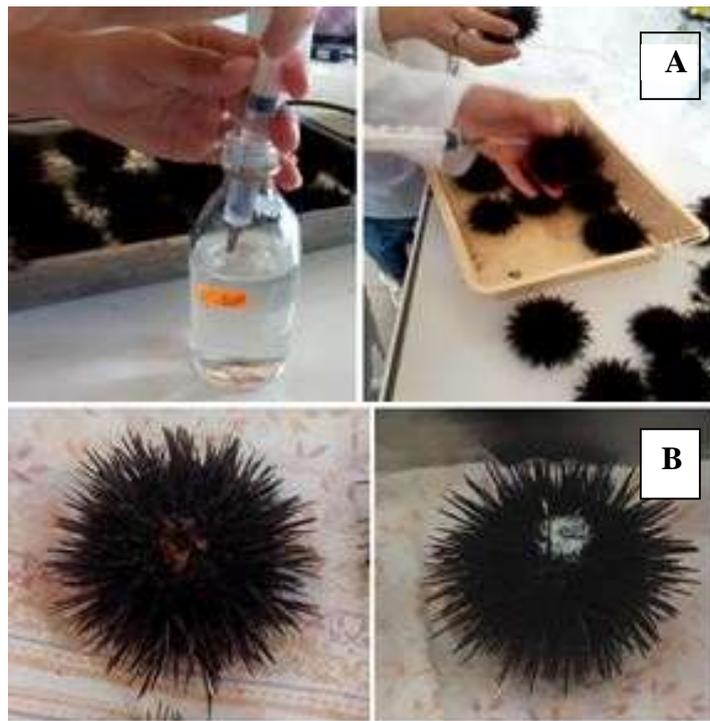
Q : pourcentage des mâles

N : nombre total des mâles et des femelles.

III. 3 Tests biologiques

III.3.1 Ponte (la libération des gamètes)

Une vingtaine d'oursin de chaque site (de site01 propre, de site 02 pollué), a été rincé par l'eau de mer filtrée (EMF) de chaque site provenant de la station de Stidia du site propre et du site pollué. La méthode est inspirée de **Guillou et Quiniou (2000)**. La libération des gamètes est activée par injection d'une solution de KCL 0,5M à travers la membrane péristomiale. Quelques minutes après l'injection du KCL les oursins mâles et femelles émettent leurs produits génitaux. Six oursins femelles sont placés au-dessus d'un bécher en verre de 100ml remplis d'eau de mer filtrée (EMF), la face aborale où se trouve les pores génitaux, est en contact avec EMF d'où l'écoulement et la décantation des œufs sous formes d'anneaux orange vers le fond (**Figure 28**).



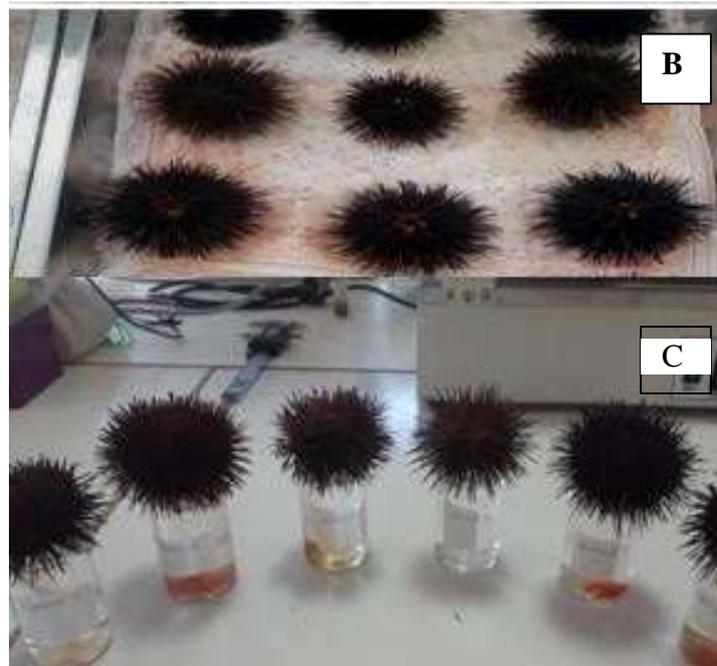


Figure 28 : Mode opératoire pour l'obtention des gamètes ; a) injection KCl, b) libération des gamètes (orange et blanc) ; c) récupération des ovocytes (**Khalifa et Afoun,2021**)

Après 30min de décantation, pour éliminer les œufs de mauvaise qualité, les premiers 10ml de la solution d'œufs sont éliminés et remplacés par 10ml d'eau de mer filtrée.

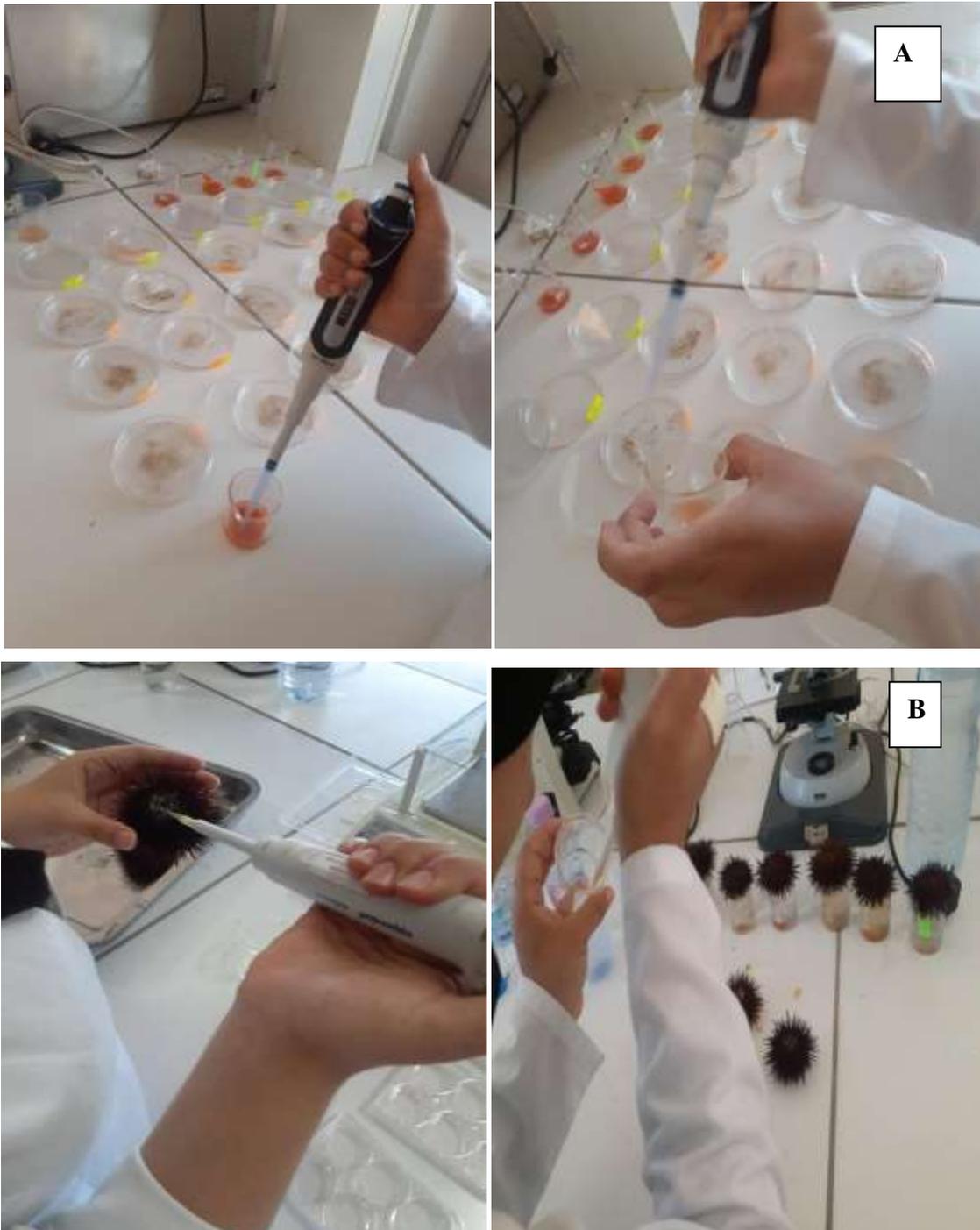
Quant aux gamètes mâles (un liquide blanchâtre), le sperme de trois mâles sont mélangés c'est-à-dire une goutte de sperme de chaque mâle est mélangé et dilués dans 30ml d'EMF, et bien homogénéisés (**Figure 29**).



Figure 29 : Sperme poolé de trois mâles dilués dans 30ml d'EMF (**Khalifa et Afoun,2021**)

III.3.2 Test de la qualité du développement embryonnaire de *P.lividus*

Le test a été réalisé en fécondant les œufs de chaque femelle par le sperme poolé de 3 mâles, dans des boîtes pétri contenant 20ml d'eau de mer filtrée (EMF), et de 0,1g de sédiment séché et tamisé, de diamètre 100 μ m de chaque site. Dans chaque boîte on a rajouté 300 μ l des gamètes femelles fertilisés avec 60 μ l de sperme mâles poolé (**Figure 30**).



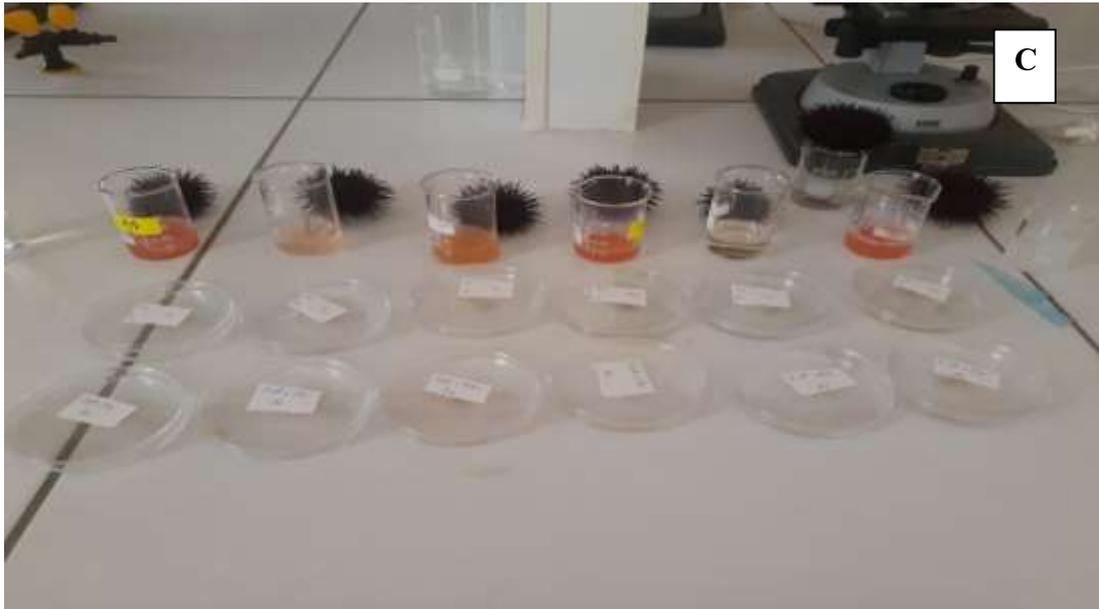


Figure 30 : Mode opérationnelle
a-b) application du test de développement larvaire
c) incubation à l'air libre de T 20°C (**Khalifa et Afoun, 2021**)

Une heure après le contact entre les ovules et le sperme, pour savoir la qualité et le succès de fécondation en vérifiant sous microscope optique la présence d'une membrane de fécondation sur un ensemble de 100 ovocytes (**Figure 31**).

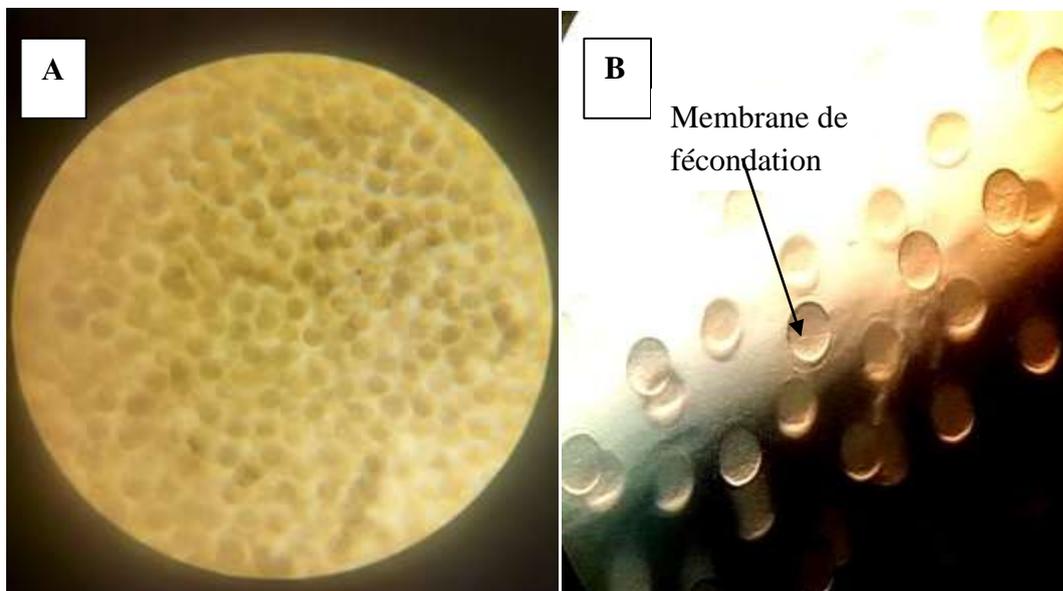


Figure 31 : a) observation optique x10 des ovocytes ; b) observation optique x10 des ovocytes entourés de membrane de fécondation (**khalifa et Afoun,2021**)

b) observation optique x10 des ovocytes avec membrane de fécondation

Les boîtes sont ensuite incubées à une température de 20°C à l'obscurité. Au bout de 72 h. Les larves sont fixées au formol dilué à 5% (4 à 5 gouttes par boîte) (**Figure 32**).



Figure 32 : Fixation des pluteus par le formole (**khalifa et Afoun , 2021**)

Par la suite, les plaques sont stockées à 4°C. Le nombre de pluteus appartenant aux différents stades de développement embryonnaire est ensuite comptabilisé, au niveau de chaque boîte, sur un total de 100 larves.

Les stades de développement embryonnaire sont distingués et dénombrés sous photo Microscope inverse selon les critères morphologiques adaptés de Warnau et Pagano (1994) (**Figure 33**).



Figure 33 : Les stades de développement embryonnaire de l'oursin. De gauche à droite : œuf fécondée, stade 2 cellules, stade 4 cellules, stade 16 cellules, morula, blastula, gastrula et larve pluteus (**Khalifa et Afoun, 2021**)

CHAPITRE IV :

RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV.1 Granulométrie et Matière organique

IV.1.1 Granulométrie

Les résultats de l'analyse granulométrique du sédiment des sites propre et pollué de Stidia sont dressés dans le Tableau 2.

Tableau2 : Granulométrie du sédiment provenant des sites propre et pollué de Stidia

| Echantillon S1 (site propre) | | | | Echantillon S2 (site pollué) | | | |
|--|----------------|--------------|-------------|--|---------------|---------------|-------------|
| Masse humide ; M0=150,052 (g) , Masse séché ; M1=111,087 (g) | | | | Masse humide ; M0=150,016 (g) , Masse séché ; M1=111,020 (g) | | | |
| Tamis (mm) | Refus (g) | Refus (g) % | masse total | Tamis (mm) | Refus (g) | Refus (g) % | masse total |
| 2 | 0 | 0 | 110.309 g | 2 | 0.372 | 0.335 | 110.545 g |
| 1 | 0.019 | 0.017 | | 1 | 0.158 | 0.142 | |
| 0,2 | 101.003 | 90.92 | | 0.2 | 97.985 | 88.259 | |
| 0,1 | 9.245 | 8.32 | | 0.1 | 11.885 | 10.705 | |
| 0,08 | 0.016 | 0.014 | | 0,08 | 0.093 | 0.084 | |
| 0,05 | 0.019 | 0.017 | | 0,05 | 0.029 | 0.026 | |
| <0,05 | 0.007 | 0.006 | | <0,05 | 0.023 | 0.021 | |

L'analyse granulométrique montre que le sédiment de l'ensemble des échantillons des deux sites de Stidia présente un bon classement et est composé essentiellement des fractions 0.1 mm (sable fin) et 0.2 mm (sable moyen) avec une dominance nette de ce dernier. La fraction 2mm (graviers) est seulement dominante dans le site pollué et pour la fraction de 1 mm (sédiment très grossier) est de grand pourcentage dans le site pollué (0.142%) par rapport au site propre (0.017%).

IV.1.2 Matière organique :

Selon les calculs, la concentration de matière organique dans le sédiment est de 0.38% du site propre, et de 0.36% du site pollué.

Dans cette étude, il semble les échantillons composés de peu de sable grossier, sable moyen et fin contiennent peu de matière organique.

IV.2 Sex-ratio

IV.2.1 Calcul du Sex-ratio chez les deux populations de *P.lividus* étudiées

Le sex-ratio a été déterminé chez *Paracentrotus lividus* vivant dans les deux sites de Stidia sur un échantillon comprenant **120** individus dans les deux séparément (pollué et non pollué) au niveau de Stidia. La répartition des sexes de la population *Paracentrotus lividus* est mentionnée sur le **Tableau03**

Tableau3: Pourcentages des deux sexes de la population *P.lividus* dans les deux sites.

| Site | Effectif | | Total | Pourcentage | | Intervalle de confiance | Sex-ratio global M/F |
|------|----------|----|-------|-------------|-----|-------------------------|----------------------|
| | M | F | | M | F | | |
| 1 | 26 | 34 | 60 | 43% | 57% | 12.53 | 0.76 |
| 2 | 31 | 29 | 60 | 52% | 48% | 12.64 | 1.07 |

Le taux de féminité totale dans le site pollué est de **57%**, les femelles sont plus nombreuses que les mâles dont le pourcentage est de **43%**. Par contre, dans le deuxième site les mâles sont plus nombreux que les femelles dont le pourcentage est de **52%**, les femelles marquent **48%**. Par ailleurs, chez *Arbacia lixula* (Elakkermi, 2014) a montré que le taux de masculinité est plus élevé au taux de féminité à Stidia. Cependant, on ne peut pas statuer sur ce résultat de manière définitif car il s'agit seulement d'un échantillonnage étalé sur trois mois.

IV.2.2 Suivi de la sex-ratio mensuelle chez la population *Paracentrotus lividus*

Tableau 4 : Pourcentage et sex-ratio mensuel des populations d'oursin *Paracentrotus lividus* des deux sites au niveau de Stidia

| Mois | Site propre | | | | | | Site pollué | | | | | |
|--------------|-------------|----|---------------|-----------|-----------|--------------------|-------------|----|-------------|-----------|-------|--------------------|
| | Sexe | | pourcentage % | | (IC) ± | Sex-ratio (M/F) | Sexe | | Pourcentage | | (IC) | Sex-ratio (M/F) |
| | M | F | M | F | | | M | F | M | F | | |
| AVRIL | 6 | 14 | 30 | 70 | 20.08 | 0.43 | 13 | 7 | 65 | 35 | 20.9 | 1.86 |
| MAI | 7 | 13 | 35 | 65 | 20.09 | 0.54 | 8 | 12 | 40 | 60 | 21.47 | 0.67 |
| JUIN | 11 | 9 | 55 | 45 | 21.8 | 1.22 | 12 | 8 | 60 | 40 | 21.47 | 1.5 |

IV.2.2.1 Variabilité du Sex-ratio chez *P.lividus* dans le site propre

Le taux de féminité est élevé dans le site propre durant les deux mois (Avril et Mai) avec des valeurs respectives de **70%** et **65%** par rapport au taux de masculinité avec une valeur de **30%** et **35%**. Par contre, durant le mois de juin le taux de masculinité marque une valeur supérieure à celle de féminité avec une valeur de **45%**. Le sex-ratio aussi est en faveur des femelles par rapport aux mâles.

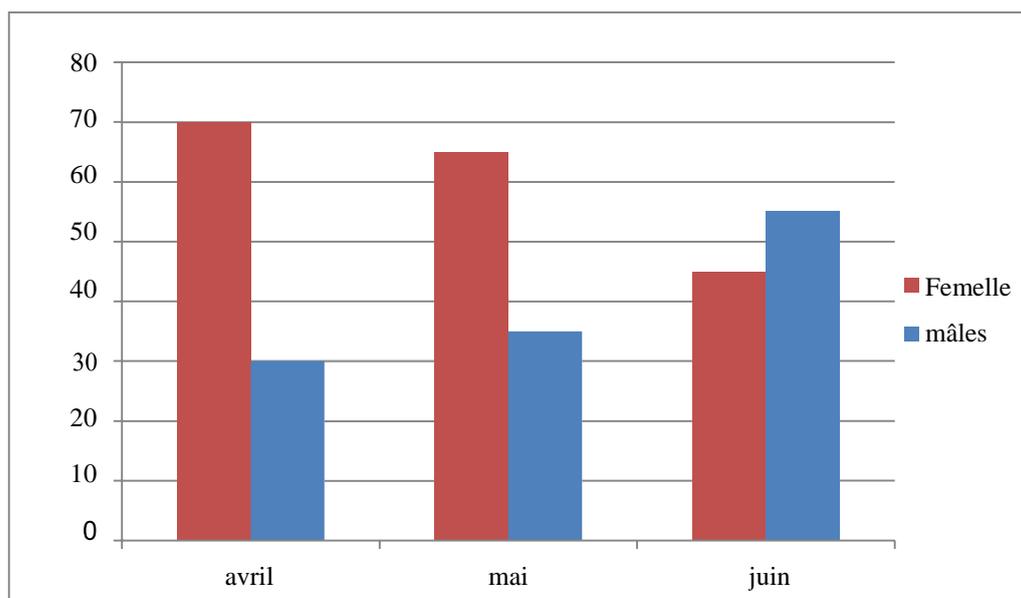


Figure 34 : Pourcentage mensuelle des mâles et des femelles au niveau du site propre au niveau de stidia (Avril-Juin)

IV.2.2.2 Variabilité du Sex-ratio chez *P.lividus* dans le site pollué

Le taux de masculinité est élevé dans le site pollué durant le mois d'avril avec une valeur de **65%** par rapport au taux de féminité dont la valeur est de **35%**, et durant le mois de juin avec une valeur de **60%** et le taux de féminité est de **40%**, le contraire est observé dans le mois de mai où le taux de féminité est supérieur de **60%** au taux de masculinité dont la valeur est de **40%**. Le sex-ratio reste toujours en faveur des femelles par rapport aux mâles.

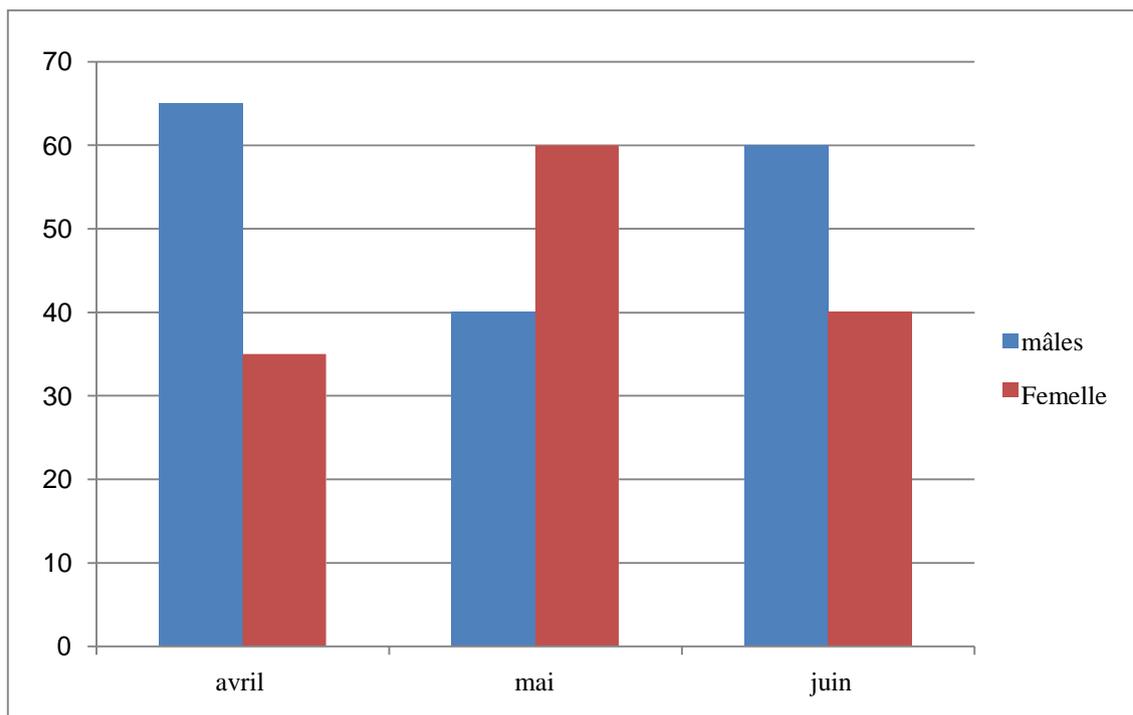


Figure 35 : Pourcentage mensuelle des mâles et des femelles au niveau du site pollué au niveau de stidia (Avril-Juin)

Dans le présent travail, le taux de femelles est supérieur à celui des mâles durant les mois Avril et Mai dans le site propre et en Mai dans le site pollué. Par contre, le taux de femelle est inférieur au male en juin dans le site propre et en avril et juin dans le site pollué. La dominance des femelles par rapport aux les mâles chez *P.lividus* concordent avec celles mentionnées par **Elakkermi, 2015** à stidia, **Soualili, 2008** dans la baie d'Alger, **Belkhedim, 2009** à Oran, **Boukhelf, 2012** à Mostaganem et **Kouadri Mostefai, 2014** à Arzew. Par ailleurs, **Neefs, 1952** chez l'oursin granuleux (*Sphaerechinus granularis*) en France dans la région de Brest a signalé une dominance sexuelle alternée chez cette espèce. Par ailleurs, chez l'oursin perforant (*Echinometra lucunter*) étudié au Brésil (État de Pernambouco) sur la côte ouest de

l'atlantique le sex ratio global et mensuel est égal à 1 où aucune différence entre le taux des deux sexes n'a été relevée (Lima et al., 2009).

IV.3 Suivi des indices physiologiques moyens (indice gonadique et indice de réplétion)

Pour estimer l'activité trophique et les modalités de la reproduction chez *Paracentrotus lividus* au niveau du littoral Mostaganémois, nous avons étudié les variations mensuelles de l'indice de réplétion (IR) et de l'indice gonadique (IG). Le premier est défini comme le rapport de la masse du tube digestif sec sur le diamètre du test au cube, le deuxième indice est égal au rapport de la masse de la gonade sèche sur le diamètre du test au cube. L'interférence de ces deux phénomènes permet de déterminer la période de ponte, les stades de maturation des gonades et les rythmes d'alimentation (Sellem, 1995). Notre étude s'est déroulée sur 120 spécimens d'oursins, pendant une période de trois (03) mois de Avril 2021 à Juin 2021, et dont le but était de rechercher la relation qui existe entre les deux indices physiologiques (IG et IR) au niveau de deux biotopes différents du point de vue position géographique, composition florale et faunistique, et pollution.

IV.3.1 Evolution de l'indice gonadique moyen (IGM) et de l'indice de réplétion moyen (IRM) chez *P.lividus*

Tableau 5 : Evolution des indices physiologiques moyens exprimés en mg/cm³. Moyenne \pm écart type pour l'ensemble des deux populations de *P.lividus* (S1 et S2 de Stidia)

| MOIS | site propre | | site pollué | |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | IG m \pm | IR m \pm | IG m \pm | IR m \pm |
| avril | 4.33 \pm 2.67 | 5.07 \pm 1.83 | 4.79 \pm 2.85 | 5.12 \pm 1.84 |
| mai | 5.14 \pm 2.03 | 4.63 \pm 1.20 | 5.61 \pm 2.19 | 6.85 \pm 1.74 |
| juin | 4.86 \pm 2.77 | 4.15 \pm 1.96 | 3.16 \pm 2.42 | 4.43 \pm 1.89 |
| Moyenne sur les trois mois | 4.76 \pm 2.49 | 4.62 \pm 1.71 | 4.52 \pm 2.66 | 5.47 \pm 2.07 |

Les valeurs des IGM et IRM sont comparées entre elles globalement par mois et ensuite par site avec le test ANOVA à un seul facteur et un seuil de probabilité de 0.05.

Le test d'ANOVA des IGM entre les mois (mois, à $p < 0.05$) montre une différence significative avec la valeur de $p = 0.044$, alors que ce test d'ANOVA des IGM entre les deux sites révèle qu'il n'y a pas de différence significative au seuil $p < 0.05$.

Le test d'ANOVA des IRm entre les mois (mois, à $p < 0.05$) illustre une différence significative avec la valeur de $p = 0.000035$, tandis que ce test d'ANOVA des IRm entre les sites ne révèle pas de différence significative à ce seuil.

- La différence des IGm entre les mois est significative ($p = 0.044$) pour les deux sites tandis que la différence des IGm entre les sites est non significative.
- La différence des IRm entre les mois est statistiquement significative ($p = 0.000035$) pour les deux sites alors que la différence des IRm entre les sites est non significative.

IV. 3.1.1 Evolution de l'indice gonadique moyen (IGM) et de l'indice de réplétion moyen (IRM) chez *P.lividus*, vivant dans le site propre de Stidia

Le suivi mensuel de l'indice gonadique moyen (IGm) du site propre de stidia a montré une augmentation du mois d'Avril au mois de Mai, marqué par une valeur qui a débuté de $4.33 \pm 2.67 \text{ mg/cm}^3$ pour atteindre la valeur maximale de 5.14 ± 2.03 . Ensuite cet indice diminue et atteint une valeur de $4.86 \pm 2.77 \text{ mg/cm}^3$ au mois de juin (**tableau5, figure 36**).

Quant au suivi mensuel de l'indice de Réplétion moyen (IRm), les valeurs se rapprochent et varient, de $5.07 \pm 1.83 \text{ mg/cm}^3$ en Avril et décroît légèrement pour atteindre respectivement des valeurs de $4.63 \pm 1.20 \text{ mg/cm}^3$ et $4.15 \pm 1.96 \text{ mg/cm}^3$ en mois de Mai et Juin (**Tableau5, Figure 36**).

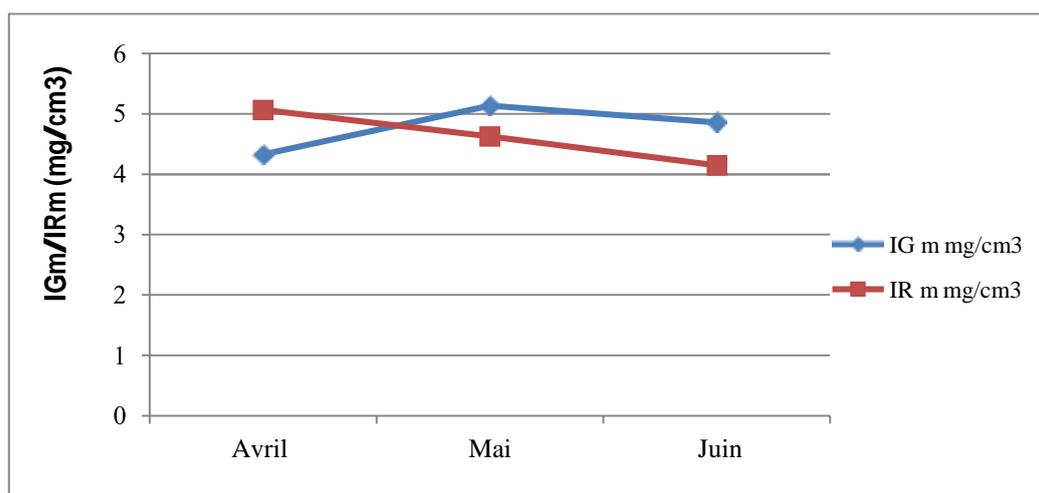


Figure 36 : Variations mensuelle des indices physiologiques moyens (IGm, IRm) exprimés en mg/cm^3 au niveau de site propre de la station du Stidia

IV. 3.1.2 Evolution de l'indice gonadique moyen (IGM) et de l'indice de réplétion moyen (IRM) chez *P.lividus*, vivant dans le site Pollué de Stidia

Concernant le site pollué de Stidia, le suivi mensuel de l'indice gonadique moyen (IGm) montre un accroissement continu dès le mois d'avril où la valeur de l'IGm passe de 4.79 ± 2.85 mg/cm³ pour atteindre au mois de mai une valeur élevée qui est de 5.61 ± 2.19 mg/cm³. Par ailleurs, cette valeur diminue au mois de juin et atteint la valeur minimale de 3.16 ± 2.42 mg/cm³ (tableau5, figure 37).

Quant au suivi de l'indice de Réplétion moyen (IRm) dans le site pollué, ce dernier enregistre une valeur de 5.12 ± 1.84 mg/cm³ au mois d'avril, et atteint la valeur de 6.85 ± 1.74 mg/cm³ au mois de mai, ensuite au mois de juin cet indice diminue atteint la valeur de 4.43 ± 1.89 mg/cm³ (Tableau5, Figure 37).

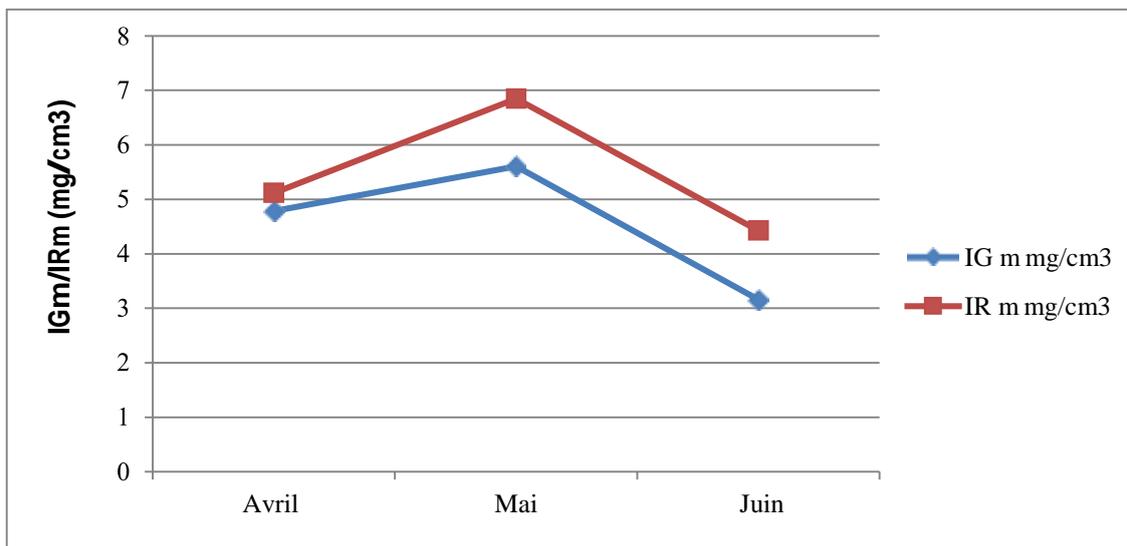


Figure 37 : Variations mensuelle des indices physiologiques moyens (IGm, IRm) exprimés en mg/cm³ au niveau de site pollué de la station du Stidia

L'évolution mensuelle des IGm des deux populations de *Paracentrotus lividus* est similaire dans les deux sites (propre & pollué) de Stidia et les deux pics se situent au même mois (Mai). La valeur du pic de site propre (5.14 ± 2.03 mg/cm³) est légèrement plus faible que celle de site pollué (5.61 ± 2.19 mg/cm³), cette différence est sans signification statistique. Cette valeur pic suivie d'une régression exprime bien la croissance ultime des gonades et donc la phase finale de la maturation gonadique qui précédera de toute évidence la ponte, surtout en cette saison.

Les valeurs minimales des IGm sont observées en mois de Juin avec une valeur de 4.33 ± 2.67 mg/cm³ dans le site propre et de 3.16 ± 2.42 mg/cm³ dans le site pollué.

Les valeurs minimales des IGm sont observées en mois d'avril avec une valeur de 4.33 ± 2.67 mg/cm³ dans le site propre et en mois de juin avec une valeur de 3.16 ± 2.42 mg/cm³ dans le site pollué.

Ces deux valeurs sont analogues et semblent correspondre pour *P.lividus* au stade de début de ponte et peut correspondre pour certains individus au stade post-ponte des gonades. Ces oscillations traduisent bien la saisonnalité de l'activité gonadique de *Paracentrotus lividus* au niveau des deux sites et démontrent le positionnement du début de l'émission des gamètes durant ce mois de mai. En Algérie, **Elakkermi** (2015) a obtenu des résultats comparables avec une période de ponte qui débute au mois de mai dans le site de Stidia et la salamandre pour l'espèce *Arbacia lixula*. En Tunisie, **Sellem** (1995) a obtenu des résultats comparables avec une période de ponte allant de mai à juillet et dans le nord de l'Espagne. une étude de quatre années réalisées par **Wangensteen et al.** (2013) sur *Arbacia lixula* a localisé la période de ponte dans le même intervalle de temps (mai-juillet). En Espagne, sur la côte basque (sud-est du golfe de Gascogne) et sur la côte de Galice, une activité gonadique saisonnière avec un IG maximum en phase printanière (avril-mai) ont été également observés chez *Paracentrotus lividus*, (**Frantzis et al., 1988 ; Garmendia et al., 2010 ; Ouréns et al., 2011 ; Ouréns et al., 2013 ; Agnetta et al., 2015**). Dans la côte ouest de l'Irlande *Paracentrotus lividus* commencent à libérer ses gamètes en juin et termine à la fin de l'été ou au début de l'automne (**Byrne, 1990**) et en Croatie, dans la Mer adriatique (baie de Bistrina) le pic de reproduction a lieu en avril (**Tomsic et al., 2010**). Dans le golfe de Tunis en Tunisie, chez *Paracentrotus lividus* l'IG atteint sa valeur maximale en mars (16.71%) et la période de ponte s'étale entre avril et juillet et coïncide avec la régression de l'IG (**Sellem et Guillou, 2007; Arafa et al., 2012**). Au Maroc sur la côte atlantique nord, *Paracentrotus lividus* montre un accroissement gonadique entre janvier et mars, corrélé avec une forte production algale, une augmentation de la température de l'eau et un taux de consommation élevé ; la période de ponte est printanière (mars-juin) (**Bayed et al., 2005**) alors que sur la côte atlantique sud à El jadida- Safi. la ponte débute en mai et se prolonge jusqu'au début août avec un indice gonadique maximal entre la fin de l'hiver et le début du printemps (**El Jouhari et al., 2014**). A Alger et ses alentours ainsi qu'à Oran. *Paracentrotus lividus* se reproduit selon un cycle saisonnier avec un IG maximal au printemps suivi de la période de ponte qui coïncide avec la température et la disponibilité alimentaire (**Belkhedim, 2009 ; Soualili et Guillou, 2009**),

Alors que dans la Mer Ionienne en Italie cette espèce d'oursin se reproduit toute l'année (**Tenuzzo et al., 2012**). Nos résultats sur *Paracentrotus lividus* semblent en concordance avec ceux obtenus chez *Arbacia lixula* et *Paracentrotus lividus* par **Elakkermi** (2015) à Mostaganem dans deux sites différents d'un point de vue alimentaire et pollution Salamandre et Stidia.

Toutes ces données démontrent la saisonnalité de la reproduction chez la plupart des oursins et l'emplacement de la période de ponte généralement en période printanière, estivale et pouvant se prolonger jusqu'en automne ainsi que l'impact des facteurs exogènes. Vraisemblablement la température sur la ponte des oursins comme cela a été suggéré par plusieurs auteurs (**Epherra et al., 2014**)

Le suivi mensuel de l'IRm pour l'ensemble des deux populations d'oursins des deux sites montre une évolution irrégulière pour les deux sites. En effet. Les valeurs de l'IRm augmentent ou diminuent d'un prélèvement à un autre. Pour le site propre. La valeur élevée de l'IRm est de $5.07 \pm 1.83 \text{ mg/cm}^3$, le minimum est observé en juin ($4.15 \pm 1.96 \text{ mg/cm}^3$) tandis que dans le site pollué la valeur augmente en mois de mai ($6.85 \pm 1.74 \text{ mg/cm}^3$) avec un minimum en juin ($4.43 \pm 1.89 \text{ mg/cm}^3$)

Nous constatons que les valeurs des IRm sont plus fortes dans le site pollué par contre la différence des IRm entre les deux sites est non significative d'après le test ANOVA. Cela démontre l'abondance de nourriture dans ce site. En effet. L'indice de réplétion est le reflet des conditions alimentaires aux plans quantitative et qualitative, plus les ressources trophiques sont réduites plus l'indice de réplétion est faible.

D'après nos résultats et globalement. Un IR faible coïncide avec un IG élevé et l'IR augmente en période de ponte. Ce qui montre l'allocation énergétique au profit de la croissance et maturation gonadique. Des résultats comparables ont été notés chez l'oursin *Paracentrotus lividus* étudié à Mostaganem dans deux biotopes différents (Salamandre et Stidia) (**Elakkermi, 2015**), (Salamandre et Sidi Lakhdar) (**Boukhelf, 2012**) et à Arzew (Cap Carbon) ainsi qu'à Oran (Ain Franin) (**Kouadri Mostefai, 2014**). Nos résultats sont également en corrélation avec ceux obtenus par **El Jouhari et al.** (2014) dans la côte atlantique sud à El Jadida-Safi au Maroc chez l'oursin livide où une chute de l'indice gonadique coïncidant avec la phase de ponte des individus a été décelée avec une augmentation de l'IR.

IV.4 Résultats du test biologique

IV.4.1 Fécondation

Les fécondations ont été réalisées par exposition des œufs d'oursins de site propre (SPr) et pollué (SPl) à l'eau de mer et sédiment de leur propre site. Exposition des œufs d'oursins de site propre à l'eau de mer et sédiment du site pollué (Tableau 6).

Tableau 6 : Pourcentage (écart-type) d'œufs fécondés obtenus par les différents tests de fécondation en 2021

| Origine des oursins | Origine de l'eau de mer et sédiment | Fécondation | Œufs fécondés M (écart type) |
|---------------------|-------------------------------------|-------------|------------------------------|
| sites propre | site propre | (SPr) 1 | 87 ± 7.92 |
| site pollué | site pollué | (SPl) 2 | 65.33 ± 7.03 |
| site propre | site pollué | (SPrPl) 3 | 91.66 ± 7.76 |

Le pourcentage le plus bas est obtenu dans le site pollué avec une valeur de 65.33%, le pourcentage de fécondité obtenu dans le site propre est de 87%, lorsqu'on expose les œufs du site propre avec l'eau de mer et le sédiment de site pollué. Le pourcentage de la fécondité remonte et donne une valeur de 91.66%

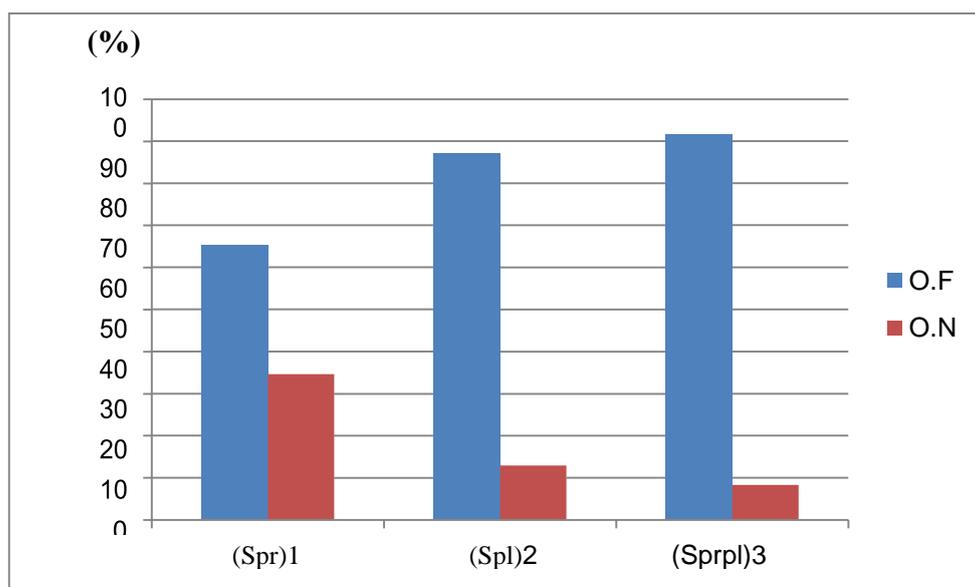


Figure 38 : Pourcentage (écart-type) d'œufs fécondés obtenus par les différents tests de fécondation en 2021

IV.4.2 La qualité du développement embryonnaire de *P.lividus*

Le Tableau 7 exprime les taux de différentes catégories de larves obtenu dans les tests biologique

Tableau 7 : Fréquence (moyenne et écart type) des différentes catégories des larves obtenus après les trois tests biologique de fécondation L.N : larves normales ; L.AN : larves anormales ; L.B : Larves blastulas ; L.R : Larves retardées ; L.V Larves viables (larves normales + larves anormales).

| | L.B | L.R | L.N | L.AN | L.V |
|------------------|---------------|---------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| (SPr) 1 | 22.83 ± 19.77 | 20.5 ± 20.4 | 45.5 ± 32.77 | 11.5 ± 9.09 | 57 ± 39.007 |
| (SPi) 2 | 18.5 ± 8.73 | 11.83 ± 4.57 | 19.83 ± 4.44 | 49.83 ± 16.46 | 69.66 ± 13.18 |
| (SPrPi) 3 | 17 ± 15.78 | 14.33 ± 14.67 | 15.33 ± 15.89 | 36.66 ± 22.10 | 52 ± 28.96 |

Tableau 8 : Pourcentage des larves normales et anormales sur 100% de larves viables

| | L.V | % L.N | % L.AN |
|-----------------|------------|--------------|---------------|
| (SPr)1 | 57 | 79.82 | 19.39 |
| (SPi)2 | 69.66 | 28.47 | 71.53 |
| (SPrPi)3 | 52 | 29.48 | 70.5 |

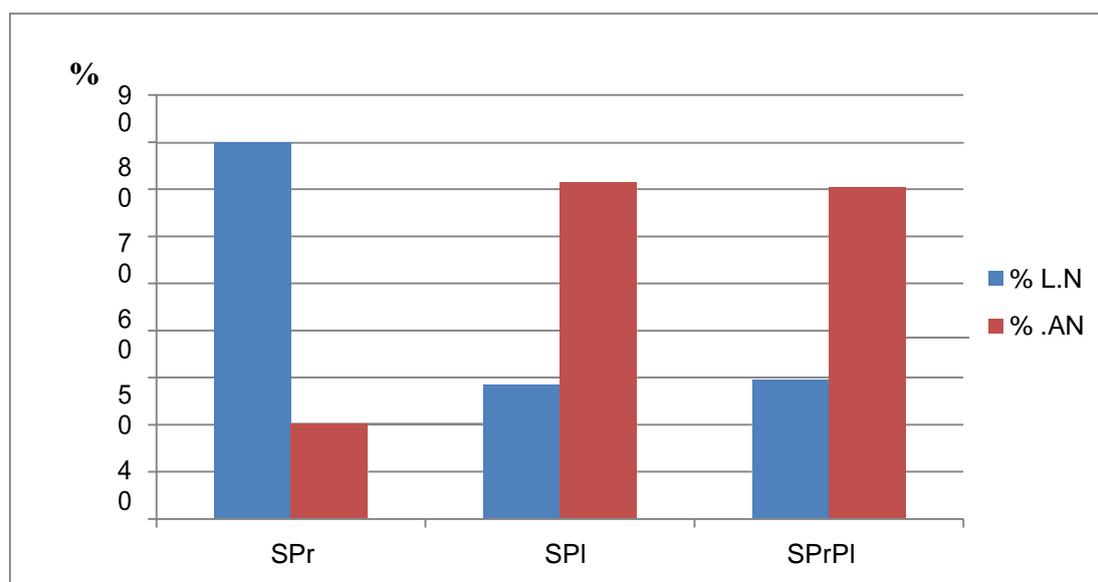


Figure 39 : Pourcentage des larves normales (LN) et larves anormales (LAN) obtenus par les différents tests de fécondation en 2021

D'après le tableau 7, le faible taux de larves viables est mentionné dans le site pollué après l'exposition des œufs d'oursin propre à l'eau de mer et sédiment de site pollué avec une valeur de (52%), le pourcentage des larves viables est observé chez les larves anormales avec une valeur de (70.5%) supérieur à la valeur des larves normales qui est de (29.48%) (**Tableau 8, Figure 39**), de (14.33%) de larves retardées, et de (17%) larves bloquées (**Tableau 7**). Quant à la valeur la plus élevée de larves viables, elle est observée dans le site pollué avec une valeur de 69.66%, marquée par (71.53 %) des larves anormales sont plus nombreux que les larves normales (28.47%) (**Tableau8, Figure 39**), larves bloquées (18.5%), et les larves retardées (11.83%). Dans le site propre le taux des larves viables est de (57%), La majeure partie des larves viables représentent les larves normales avec une valeur de (79.82%) qui est supérieur au taux des larves anormales dont la valeur (20.18%), il est bien remarqué un taux élevé de larves bloqués et larves retardés par rapport aux deux autres sites.

D'après le test d'ANOVA nous avons observé une différence significative entre les sites, pour les larves normales (site confondu) : $p = 0.000095 < 0.05$, pour les larves viables (sites confondus) : $p = 0.000001 < 0.05$.

CONCLUSION

Conclusion

Le littoral, avec le temps est devenu plus fragile, touché par de multiples sources de nuisances (pollution, aménagements littoraux, érosion...) qui perturbe la stabilité des écosystèmes littoraux.

L'oursin *Paracentrotus lividus* a une vaste distribution en Atlantique et sur le pourtour Méditerranéen. L'intérêt croissant porté pour cette espèce est dû, d'une part à rôle important dans l'équilibre des communautés sublittorales, où cette espèce est considérée comme un organisme-clé et, d'autre part, à son importance économique. L'objectif principal de ce travail était de mieux connaître la biologie de la reproduction de l'oursin du littoral mostaganemois, surveiller l'évolution de la population dans deux biotopes différents (site propre et site pollué de la station de Stidia).

L'observation mensuelle des variations des indices physiologiques (IGm, IRm) ont permis de savoir la meilleure période de ponte pour les deux sites étudiés, et le lien entre ces deux indices a été mis en évidence ; la période de forte consommation est liée à la période de maturation maximale des gonades.

La répartition des sexes au sein de la population *Paracentrotus lividus* présente un déséquilibre en faveur des femelles quelle que soit le biotope étudiés dans le bassin méditerranéen comme cela a été signalé d'ailleurs par différents auteurs.

L'augmentation temporelle de la température pendant les trois mois d'échantillonnage (Avril, Mai, Juin 2021) souligne aussi le rôle de celle-ci dans le déclenchement de la ponte dans les deux sites. Cependant, il existe d'autres facteurs environnementaux qui interviennent dans ce phénomène physiologique de la reproduction de cette espèce.

Quant aux résultats des tests de qualité du milieu des sites étudiés, basés sur la qualité du développement larvaire de l'oursin *Paracentrotus lividus*, montrent bien que pour les deux sites, les fécondations ont été réussies et que les oursins sont à leur optimum de fertilité.

Conclusion

Enfin, d'autres études sur *Paracentrotus lividus* restent à faire pour une meilleure connaissance de la biologie de cette espèce en Algérie, mais aussi pour une optimisation de la ressource, telles que :

- L'étude biochimique des gonades et des intestins.
- L'étude histologique des gonades d'oursins dans plusieurs sites.
- Etudier l'évolution des indices physiologiques tout au long d'une année d'échantillonnage, avec un plus grand nombre d'individus.
- Etude de la croissance morphométrique et pondérale, aussi que le régime alimentaire.
- L'étude de la dynamique des populations sur une période étalée.
- Etude de l'influence de divers paramètres écologique trophique et Anthropique sur l'évolution de l'espèce serait souhaitable dans un but organoleptiques en vue d'une éventuelle exploitation de cette ressource.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AIT MOHAMED AMER L., 2011. Utilisation de Bioessais pour l'évaluation de l'impact anthropique sur l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) de la côte orientale oranaise.

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

Allain J.Y., 1975. Structure des populations de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata, Echinoidea) soumises à la pêche sur la côte Nord de Bretagne. *Rev. Trav. Inst. Pêches Marit.*, 39: 171-209.

Azzolina J.F., 1988. Contribution à l'étude de la dynamique des populations de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lmk). Croissance, recrutement, mortalité, migration. Thèse de doctorat Ecologie, Univ .Aix –Marseille II, Marseille, Fr., : 242pp.

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

Belkhdim L., 2010. Contribution a l'étude de la biologie de l'oursin régulier *Paracentrotus lividus* (Lmk, 1816) du port d'Oran et d'Ain Franin .mem.mag.univ.oran.p100+Annexes

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

Byrne M., 1990. Annual reproductive cycles of the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from an exposed intertidal and a sheltered subtidal habitat on the west coast of Ireland. *Mar. Biol.*, 104: 275-289.

Calow P., 1981. Resource utilisation and reproduction. In, Townsend C.R., Calow P., (eds), *Physiological ecology: an evolutionary approach to resource use*, Blackwell. Sci. Publ., Oxford, 245-270.

Campbell A.C., 1974. Observation on the activity of Echinoid pedicellairae. *Mar, Behav, Physiol* .3:17-34

Cellario C., Fenaux L., 1987. Croissance des juvéniles de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) au cours de l'année qui suit la métamorphose, étude expérimentale. In, Boudouresque C.F., (ed), *Colloque International sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles*, GIS Posidonie. Publ., Marseille, 157p

Crapp G.B., Willis M.E., 1975. Age determination in the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lmk) with notes on the reproduction cycle. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 20: 157-178.

De Ridder C., Lawrence J.M., 1982. Food and feeding mechanisms: Echinoidea. In, Jangoux M., Lawrence J.M., (eds), Echinoderm nutrition, Balkemapubl., Rotterdam, 57-116.

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.

Dermeche S., 2010. Indices physiologiques, bioessais et dosage des métaux lourds chez l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) de la côte oranaise (ouest Algérien). Thèse de Doctorat, LRSE, 137p. Université d'Oran.

Ebert T.A., 1980. Relative growth of sea urchin jaws: an example of plastic resource allocation. Bull. Mar. Sci., 30: 467-474.

Edwards P.B., Ebert T.A., 1991. Plastic responses to limited food availability and spine damage in the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 145(2): 205-220

Elakkermi M., 2015. Etude de la biologie de reproduction d'*Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) de la côte de Mostaganem. Mémoire de Magister Option : Connaissance, Valorisation et Gestion de la Biodiversité Marine Côtière, Université de Mostaganem. 116p + Annexes.

Fenaux L., 1968. Maturation des gonades et cycle saisonnier des larves chez *A. lixula*, *P. lividus* et *P. microtuberculatus* à Villefranche-sur-Mer. Vie et Milieu, Série A, Biologie Marine, 19 : 1- 52

Fenaux L., 1969. Les Echinopluteus de la Méditerranée. Bull. Inst. Océanogr. Monaco., 68 (1394): 1-28.

Fenaux L., 1980. Cycles saisonniers de reproduction et croissance larvaire chez les Echinodermes. Oceanis, 6: 277-307.

Fenaux L., Cellario C., Rassoulzadegan F., 1988. Sensitivity of different morphological stages of the larva of *Paracentrotus lividus* (Lamarck) to quantity and quality of food. In, Burk et al., (eds), Echinoderm biology, Balkema publ., Rotterdam, 259-266.

Fenaux L., George S.B., Pedrotti M. L., Corre M.C., 1992. Différences dans la succession des stades morphologiques du développement larvaire des échinides en relation avec

l'environnement trophique des adultes et des larves. In, Scalera-Liaci L., Canicatti C., (eds), Echinoderm Research, Balkema publ, Rotterdam, 173-180.

Fernandez C., 1996. Croissance et nutrition de *Paracentrotus lividus* dans le cadre d'un projet aquacole avec alimentation artificielle. Thèse de Doctorat. Université de Corse. Faculté des Sciences et Techniques. 277p.

Gage J.D., 1992. Natural growth bands in the sea urchin *Echinus esculentus*: result from tetracycline tagging. Mar. Biol., 114:607-616

Ghyoot M., 1991. Les pédicellaires globifères de *Sphaerechinus granularis*, morphologie et comportement d'un appendice défensif. Thèse Doct, Univ, Bruxelles.

Grasse P., 1948. Traité de zoologie : Anatomie, Systématique, Biologie. T. XI. Echinodermes-Stomacordés-Procordés. Edit. Masson, Paris, 1077p

Greenwood P.J., 1980. Growth, respiration and tentative energy budget for two populations of the sea urchins *Parechinus angulosus* (Leske). Estuar. Coast. Mar. Sci., 10: 347-367.

Guettaf M., 1997. Contribution à l'étude de la variabilité du cycle reproductive (indice gonadique et histologie des gonades) chez *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinidae) en Méditerranée sud occidentale (Algérie). Thèse Doct. Océanologie, Univ Médit. Aix. Marseille II, France, 132p

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

Guettaf M., 1992. Contribution à la connaissance de l'indice gonadique de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinidea) en Méditerranée NordOccidentale. Vie Milieu, 45 (2) : 129-137

Guillou M., Michel C., 1994. The influence of environmental factors on the growth of *Sphaerechinus granularis* (Lamarck) (Echinodermata: Echinoidea). J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 178: 97-111

Harmelin J.C., Bouchon C., ET HONG J.S., 1981. Impact de la pollution sur la distribution des échinodermes des substrats durs en Provence (Méditerranée nord occidentale). Téthys, 10(1) : 13-36.

Hyman L.H., 1955. The Invertebrates. Vol 4. Echinodermata. Mc Craw-Hill : New York.

Keats D.W., Steel D.H., South G. R., 1983. Food relations and short term aquaculture potential of the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) in New foundland.

M.S.R.L. Technical Reports., 24: 1-24

Keats D.W., Steele D.H., South G.R., 1984. Depth-dependent reproductive output of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis* (O. F. Muller), in relation to the nature and availability of food. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 80: 77-91.

Kempf M., 1962. Recherches d'écologie comparée sur *Paracentrotus lividus* (Lmk.) et *Arbacia lixula* (L.). Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume, 25 (39) : 47-116

KIES F., KERFOUF A., 2014. Impact of the climate change on the West coast of Algeria: Gulf of Oran, Arzew and Mostaganem. Sustainability, Agri, Food and Environmental Research, 2014, 2(3): 1-15

KIES F., MEZALI K., SOUALILI D., 2012. Modélisation sous R de la pêche de Mostaganem et des flux de nutriments (N, P,Si) de l'Oued Chélif (Algérie), Editions Universitaires Européennes-EUE, ISBN: 978-3-8381-8346-6.

KIES F., TAIBI NE., 2011.Influences del'Oued Chélif sur l'écosystème marin dans la zone de l'embouchure –wilaya de Mostaganem, Editions Universitaires Européennes-EUE, ISBN: 978-613-1-58966-9, PP. 77-94.

Kouadri Mostefai S., 2014. Contribution à l'étude de la biologie de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) de la côte algérienne occidentale (Cap Carbon et Ain Franin). Mémoire de Magister en Sciences de l'Environnement, option : Ecologie Marine, 90p, Université d'Oran.

Lares M.T., McClintock J.B., 1991b. The effects of temperature on the survival, organismal activity, nutrition, growth, and reproduction of the carnivorous sea urchin *Eucidaris tribuloides*. Mar. Behav. Physiol., 19(2): 75-96.

Larson B.R., Vadas R.L., Keser M., 1980. Feeding and nutritional ecology of *Strongylocentrotus droehachiensis* in Maine, USA. Mar. Biol., 59: 49-62

Lasker R., Giese A.C., 1954. Nutrition of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus*. Biol Bull., 106: 328-340.

Lawrence J. M., 1987. Echinodermata . In, Pandian T, J., Vernberg F, J., (eds), animal energetics , Academic Press , Inc., San Diego , 2:229-321

Lawrence J.M., Lane P., 1982. The utilisation of nutrients by postmetamorphic echinoderms. In, Jangoux M. et al., (eds), Echinoderm nutrition. Balkema, Rotterdam, 331- 372

Le Direac'h J.P.E., Charbonnel M., Marchadour., 1987. Le problème de l'évaluation des stocks chez *Paracentrotus lividus* (Lmk.): exemple d'une campagne de dénombrement autour de l'île du Frioul (Marseille; France). In, Boudouresque C.F., (ed), Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles. GIS Posidonie publ., Marseille, 199-220.

Le Gall P., Bucaille D., Grassin J.B., 1990. Influence de la température sur la croissance de deux oursins comestibles, *Paracentrotus Lividus* et *Psammechinus miliaris*. In, De Ridder C., Dubois Ph., Lahaye M.C., Jangoux M., (eds), Echinoderm Research. Balkema publ, Rotterdam, 183-188.

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

Levitan D.R., 1991. Skeletal changes in the test and jaws of the sea-urchin *Diadema antillarum* in response to food limitation. Mar. Biol., 11: 431-435.

Lima E.J.B., Gomes P.B., Souza J.R.B., 2009. Reproductive biology of *Echinometra lucunter* (Echinodermata: Echinoidea) in a northeast Brazilian sandstone reef. An Acad Bras Cienc, 81(1):51-59.

Linnaeus C., 1758. Systema naturae. Regnum animale: Editio decima. Laurentius Salvius, Holmiae (Stockholm).

Lumingas L., 1994. La plasticité chez l'oursin *Sphaerechinus granularis* en rade de Brest (Bretagne, France). Thèse Doct, U.B.O., Brest, 193p.

Marsh L., S., SMITH S., 1986. Sea Stringers, 133p, Western Australia Museum.

Mezali K., 2007. Etude de la pollution de la cote de Mostaganem et étude systématique et écologique de la patelle *patella ferruginea* (Gmelin, 1791) dans la zone de stidia, Algérie. 7ème Congrès Maghrébin des Sciences de Mer & 1er Congrès Franco-Maghrébin de zoologie et d'Ichtyologie sous le thème : Environnement aquatique et ses ressources, Connaissances, gestion et valorisation- El Djadida (Maroc).

Mortensen T., 1927. Handbook of the Echinoderms of the British, *Strongylocentrotus*

purpuratus, Edit nature : 205-497.

Munar J., Moreno I ., 1987. Echinodermos de las islas Baleares (Espana). In, boudouresque C.F (ed), Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles. GIS posidonie publ., Marseille, 241-253.

Nédélec H. 1982. Ethologie alimentaire de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Galoria (Corse) et son impact sur les peuplements benthiques. Thèse de Doctorat 3ème cycle en Océanographie Biologique, Université Pierre et Marie Curie et Université Aix-Marseille II, 175p, France.

Nédélec H., Verlaque M., 1984. Alimentation de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck) dans un herbier à *Posidonia oceanica* (L.) De lile en Corse (Méditerranée - France). In, Boudouresque et al., (eds), International workshop *Posidonia oceanica* beds., GIS Posidonie publ., Marseille, 1: 349-364

Nédélec H., Verlaque., M., DALLOT S., 1983. Note préliminaire sur les fluctuations de l'activité trophique de *Paracentrotus lividus* dans l'herbier de posidonies. R.C. Int. Explo. Mer Médit., 28 :153-155 .

Neefs Y., 1952. Sur le cycle sexuel de *Sphaerichinus granularis* (Lmk). C. R. Acad. Sci, Paris France, 234 : 2233-2235.

Nichols D., Bishop G. M., Sime A.A.T., 1985. Reproductive and nutritional periodicities in populations of the european sea urchin, *Echinus esculentus* (Echinodermata: Echinoidea) from the English Channel. J. Mar. Biol. Ass., U. K., 65: 203-220.

Niell F.X., Pastor R., 1973. Relaciones tróficas de *Paracentrotus lividus* (Lmk) en la zona litoral. In vestigacion Pesquera., 37(1): 1-7.

Ouendi D et Menad T., 2006. Biométrie et indices physiologiques de deux populations a *Paracentrotus lividus* dans la région d'Alger. Mém, Ing, Sciences de la mer .INSMAL . Alger p : 40.

Pavillon J.F., 1977. Utilisation d'un analyseur de particules en écologie marine expérimentale. Application à l'étude de l'effet de différents paramètres sur la croissance du Pluteus d'oursin *Arbacia lixula*. J. Rech. Océanogr., 3 (3):21-34

Peris J,M., PicardJ., 1964. Nouveau Manuel de Bionomie benthique de la Méditerranée.

Rec, Tmavstar, Mar., Endoume : 31-137.

Pressoir L., 1959. Contribution à la connaissance des échinoplutés de *Paracentrotus lividus* Lmk., et *Psammechinus microtuberculatus* Blainv. Bull. Inst. Oceanogr., Monaco, 56: 1–22.

Régis M.B., 1978. Croissance de deux échinides du golfe de Marseille (*Paracentrotus lividus* (Lmk.) et *Arbacia lixula* L.). Aspects écologiques de la microstructure du squelette et de l'évolution des indices physiologiques. Thèse de doctorat d'Etat en Sciences Naturelles, Université Saint Jérôme, Aix-Marseille III, France, 221 p.

Régis M.B., 1979a. Particularités microstructurales du squelette de *Paracentrotus lividus* et *Arbacia lixula* : Rapports avec l'écologie de ces échinoides. Mar. Biol., 54: 373-382.

Régis M.B., 1979b. Analyse des fluctuations des indices physiologiques chez deux échinoides (*Paracentrotus lividus* (Lmk) et *Arbacia lixula* (L.)) du golfe de Marseille. Téthys, 9 (2): 167-181.

Régis M.B., 1981. Aspects morphométriques de la croissance de deux Echinoides du Golfe de Marseille, *Paracentrotus lividus* (Lmk) et *Arbacia Lixula* (L). Cah .Biol. Mar., 22 :349- 370

Sadoud L., 1988. Contribution à l'étude de la biologie de l'oursin *Paracentrotus lividus* des régions d'Ain Chorb et du port d'Alger. Mem. D.E.S. Biol. Mar. U.S.T.H.B. Alger., 1-74

Sahnoun Z., 2009. Etude préliminaire des indices physiologiques (Indice de Réplétion, Indice Gonadique) et dosage des métaux lourds chez l'oursin commun *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) dans la région de Mostaganem. Mémoire de Magister en Sciences de l'Environnement, option : Biologie et Pollution marines, université d'Oran.

San Martin G.A., 1990. Suivi d'une opération de Transplantation de *Paracentrotus lividus* Echinodermata Echinidea dans la région Marseillaise. Contrat N°87 34 00 66 IFREMER /GIS Posidonie. France. 16p

San Martin G.A., 1987. L'oursin *Loxechinus albus* au Chili: biologie, écologie et exploitation. In: Boudouresque et al., eds., International workshop *Posidonia oceanica* beds., GIS Posidonie publ., Marseille, 377-390.

San Martin G.A., 1995. Contribution à la gestion des stocks d'oursins : Etude des populations et transplantations de *Paracentrotus lividus* à Marseille (France, Méditerranée) et production de *Loxechinus albus* à Chiloe (Chili, Pacifique). Thèse Doct, Ecol, Univ. Médit. Aix-Marseille II, 166 p

Schwartz D., 1983. Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes, Ed. Flammarion Médecine/ Sciences (Paris), France, 1-318.

Semroud R., 1993. Contribution à la connaissance de l'écosystème à *Posidonia oceanica* (L). Delile dans la région d'Alger (Algérie) : Etude de quelques compartiments. Thèse de Doctorat Sciences en écologie marine. Université des Sciences et Technologie Houari Boumediene (USTHB), Alger, 129p.

Semroud R., Kada H., 1987. Contribution à l'étude de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lmk) dans la région d'Alger (Algérie) : indice de réplétion et indice gonadique. Colloque international sur *Paracentrotus lividus* et les oursins comestibles, C.F. Boudouresque édit. GIS Posidonie publications. Marseille, France, 117-124.

Smith A.B., 1980. The structure and arrangement of echinoid tubercules. Philos. Trans. R. Soc. Lond. (B) 289: 1-54.

Soualili D.L., 2008. Les populations naturelles d'oursins : un outil évaluateur de l'état de santé de la baie d'Alger. Thèse de Doctorat en Océanographie, option Ecologie marine. Université Houari Boumediene (USTHB), Alger. pp 147

Soualili D.L., Guillou M., 2009. Variation in the reproductive cycle of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck) in three differently polluted locations near Algiers (Algeria). Marine Biodiversity Records, 2

Strathmann R.R., 1981. The role of spine in preventing structural damage to echinoid tests. Paleobiology. 7: 400-406.

THIBAUT T., 2001. Etude fonctionnelle, contrôle et modélisation de l'invasion d'une algue introduite en Méditerranée : *Caulerpataxifolia*. Thèse de doctorat : Océanologie biologique et environnement marin : Paris 6 : 2001.

Tortonese E., 1965. Fauna d'halia. Vol. Echinodermata. Calderini édit., Bologna. 1- 422

Tortonese E., 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.

Traer K., 1980. The consumption of *Posidonia oceanica* Delile by echinoids at the isle of Ischia. In, Jangoux M., (ed), Echinoderm: Present and past. Balkema publ., Rotterdam, 241- 244

Verlaque M., 1987a. Contribution à l'étude du phytobenthos d'un écosystème photophile thermophile marin en Méditerranée Occidentale. Etude structurale et dynamique du phytobenthos et analyse des relations faune-flore .Thèse Doct d'Etat, Univ. Aix-Marseille II, Marseille, 389p

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

Verlaque M., Nédélec H., 1983a. Biologie de *Paracentrotus lividus* (Lmk.) sur substrat rocheux en Corse Alimentation des adultes. Symbioses, 15(4): 221-222.

Warnau M., Pagano G., 1994. Developmental toxicity of PbCl₂ in the echinoid *Paracentrotus lividus* (Echinodermata). Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, 53-434+-441.

Wirtz P., Debelius H., 2003. Mediterranean and Atlantic invertebrate guide from Spain to Turkey, from Norway to Equator, Conch Books, Hackenheim, Allemagne, 305p

ZANOUN H., 1987 -Etude des variations de l'indice de réplétion et de l'indice gonadique chez l'oursin comestible (*P.lividus* »Lmk ») de la région d'Ain Chorb, *Mém, DES; océanographie, Océanographie, ISN, USTHB, 26 P.*