

République Algérienne Démocratique et Populaire

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



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

Oulad brahim Mansour Mohamed El Amine

Et

Sadouki Ladjale

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE

Spécialité:

Bioressource marine

THÈME

Utilisation de la biosurveillance par un Echinoderme
Paracentrotus lividus pour l'évaluation de la qualité des
eaux de la côte mostaganémoise

Soutenu le 06/07/2022

DEVANT LE JURY

Président Mr BELBACHIR Noredine

MCA

U.Mostaganem

Encadreur MmeAIT MOHAMED AMER Lilia

MCB

U.Mostaganem

Examineur Mme BENAMAR Nardjess

professeur

U.Mostaganem

Année universitaire 2021/2022

Dédicaces

**Je dédie ce travail à mes chers parents que j'ai souhaité qu'ils soient présents avec moi
rabi yarhamhom.**

**A mon oncle kadirou et mon frère Younes et mes deux belles sœur Zoubida et Sarah et
ma grand mère mamina**

A tout la famille Oulad brahim et la famille Benkheira

**A Masaoud Fethi et à monsieur Djamel Assalma qui m'ont beaucoup aidé dans ma
carrière universitaire et ils sont crédités de ma réussite au bac**

A mon amie et mon binôme : ladjale

A toutes les personnes qui m'ont soutenu : m.ikram ,

les deux frères Benzaza Yacine et Aziz , Hadjab Youcef , Hakim et tous mes amis

A toute la promotion 2021/2022 bio-ressource marine et halieutique

Mansour

Dédicace

Pour tous ceux que j'aime, je dédie ce mémoire, ce fruit de plusieurs semaines à:

Mes très chers parents qui m'ont soutenue et encouragé

Pour arriver à ce niveau universitaire

A mon frère Sofiane qui n'a pas cessé de me soutenir et de m'encourager et

Pour m'avoir plus d'une fois remonté le moral.

A toute ma famille : Sadouki

A mon amie et mon binôme : Oulad brahim Mansour

A tous mes amis : Hakim, Samir

**Je remercie vivement tous mes camarades de la promotion BRM pour les cinq belles
années Passé en votre compagnie,**

Une période qui beaucoup compté dans ma vie.

Sadouki

Remerciements

Avant toute chose, nous tenons à remercier «Allah» qui nous a donné la force et la volonté pour terminer ce modeste travail.

Qui nous soit permis d'exprimer notre dévouement et gratitude à Dieu qui nous a inspiré volonté et foi durant l'élaboration de ce travail de mémoire.

Tout d'abord, nous voudrions exprimer mes sincères gratitudees à encadreur, Professeur Madame AIT MOHAMED AMER Lilia pour nous avoir encadrées, nous la remercions pour son soutien, enseignement et sa confiance.

nous remercions également monsieur BELBACHIR Nour-Eddine, maitre de conférences enseignant chercheur et chef du département des sciences de la mer et l'aquaculture (FSNV/UMAB), d'avoir aimablement accepté examiner et d'apporter ses remarques à ce modeste travail .

nous tt, aussi, à remercier Mme. Pr BENAMAR Nardjess , professeur de conférences au département des sciences de la mer et l'aquaculture (FSNV/UMAB), d'avoir accepté de présider le jury

Je souhaite adresser mes remerciements au responsable du laboratoire pédagogique de l'halieutique madame Amina Bemmehal et madame Imane qui m'a permis de mener à bien le protocole expérimental et m'a aidé au cours des expérimentations.

Mes remerciements vont également à tous les enseignants du département des sciences de la mer et de l'aquaculture, qui ont fait de leur mieux pour nous guider au cours de ces dernières années. Nous ne serons pas là sans vous.

Résumé :

Ce travail de master cible la détermination de la sensibilité du développement embryonnaire chez l'oursin commun « *Paracentrotus lividus* » dans la région de Mostaganem. A cet effet nous avons réalisé trois échantillonnages (mars, avril, mai) depuis deux stations d'étude à savoir le port de Salamandre et la station de Sidi El Madjdoub, connue chacune pour ses propriétés biotiques et abiotiques différentes, à raison de 10 oursins par site et par mois, ce qui traduit un total de 60 spécimens.

Les essais biologiques (bioessais) sont une technique fréquemment utilisée pour évaluer les effets biologiques des polluants sur les organismes marins. Ces organismes sont un bon outil biologique d'étude de l'environnement et de l'écosystème côtier au laboratoire. L'objectif de tels essais est la mise en évidence d'effets toxiques sur des populations représentatives des écosystèmes et appartenant à des niveaux trophiques différents. L'oursin constitue un matériel de choix dans le domaine de la toxicologie environnementale, les essais biologiques sur les larves d'oursins ont été employés couramment pour évaluer la toxicité des xénobiotiques.

Les résultats de l'exposition des oursins à une gamme large de polluants se traduisent lors de notre étude par des arrêts de développement, des malformations et aussi des retards de croissance, à titre d'exemple au stade deux on a pu observer deux blastomères inégaux, et au stade jeune blastula la membrane de fécondation est complètement déchicoté ainsi au stade prisme absence de la quatrième baguette somatique dans le site polluer.

Mots clés : *Paracentrotus lividus*, port de Salamandre, Sidi El Madjdoub, Bioessais, xénobiotiques, malformation embryonnaire

Abstra :

This master's work targets the determination of the sensitivity of embryonic development in the sea urchin "*Paracentrotus lividus*" in the Mostaganem region .

To this end, we carried out three samplings (March, April, May) from two study stations, namely the port of Salamandre and the station of Sidi El Madjdoub , each known for its different biotic and abiotic properties, at a rate of 10 sea urchins per site per month, which translates to a total of 60 specimens.

Biological assays (bioassays) are a technique frequently used to assess the biological effects of pollutants on marine organisms. These organisms are a good biological tool for studying the environment and the coastal ecosystem in the laboratory. The objective of such tests is to demonstrate toxic effects on populations representative of ecosystems and belonging to different trophic levels. . The sea urchin constitutes a material of choice in the field of environmental toxicology, , larval sea urchin bioassays have been widely used to assess the toxicity of xenobiotics.

The results of exposure of sea urchins to a wide range of pollutants is reflected in our study by developmental arrests, malformations and also growth retardation, for example, at stage two, two unequal blastomeres have been observed, and at the young blastula stage the fertilization membrane is completely torn, thus at the prism stage there is no fourth somatic rod in the polluting site.

Keywords: *Paracentrotus lividus*, Salamander port, Sidi El Madjdoub, Bioassays, xenobiotics, embryonic malformation .

الملخص

يستهدف عمل هذا الماجستير تحديد حساسية التطور الجنيني في قنفذ البحر *paracentrotus lividus* في منطقة مستغانم

ولهذه الغاية أجرينا ثلاث عينات (مارس ، أبريل ، مايو) من محطتين دراسيتين هما ميناء سالامندر ومحطة سيدي المجذوب ، كل منها معروف بخصائصه الحيوية والأحيائية المختلفة ، بمعدل 10 قنفاذ البحر لكل موقع شهريًا ، وهو ما يترجم إلى إجمالي 60 عينة .

المقاييسات البيولوجية (المقاييسات الحيوية) هي تقنية تستخدم بشكل متكرر لتقييم الآثار البيولوجية للملوثات على الكائنات البحرية . هذه الكائنات الحية هي أداة بيولوجية جيدة لدراسة البيئة والنظام البيئي الساحلي في المختبر . الهدف من هذه الاختبارات هو إثبات التأثيرات السامة على المجموعات السكانية الممثلة للنظم الإيكولوجية والتي تنتمي إلى مستويات غذائية مختلفة . يشكل قنفذ البحر مادة مفضلة في مجال علم السموم البيئية ، تم استخدام المقاييسات الحيوية ليرقات قنفذ البحر على نطاق واسع لتقييم سمية الكائنات الحيوية الغريبة .

تتعرض نتائج قنفاذ البحر لمجموعة واسعة من الملوثات في دراستنا من خلال توقف النمو والتشوهات وكذلك تأخر غير المتكافئين ، وفي مرحلة الأريمة قسيم أرومي النمو كمثال في المرحلة الثانية ، يمكننا أن نلاحظ وجود اثنين من الصغيرة ، يتم تمزيق غشاء الإخصاب تمامًا في مرحلة المنشور ، وغياب العصا الجسدية الرابعة للتلوث

الكلمات المفتاحية: ميناء السلمندر ، سيدي المجذوب ، المقاييسات *Paracentrotus lividus* , الاجسام الخارجية الحيوية ، التشوه الجنيني

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Introduction	1
Partie I: Synthèse des connaissances sur la biologie et l'écologie de l'oursin commun <i>Paracentrotus lividus</i>	
1-Systématique et répartition géographique	3
1-1Systématique	3
1-2répartition géographique	4
2 - Description et structure	4
2-1- morphologie externe	4
2-2 Morphologie interne	6
2-3- Biologie et écologie de <i>P.lividus</i>	8
2-3-1- Habitat	8
2-3-2Alimentation	8
2-3-3 Reproduction, ponte et développent larvaire	9
a)Attraction du spermatozoïde	12
b) Réaction acrosomique	12
C) Adhésion du spermatozoïde	13
d) Activation de l'œuf	14
d)-1 : La segmentation	14
d-2-stade blastula	15
d-3 : Gastrulation	17
d-4 : développent larvaire	18

Partie II :Biosurveillance par les bioessais

I - Biosurveillance par les bioessais	20
I-1- concentration des polluants	20
I-1-1 La bioaccumulation	20
I-1-2 Bioconcentration	21
I-1-3 La bioamplification	21
1-2- Les différentes approches en biosurveillance	23
I-2-1 Où utiliser les bioessais marins	23
1-3- biomarqueurs	24
II-Pourquoi étudier la perturbation de la fécondation chez des bioindicateurs	25
II-1-Utilisation des bio-indicateurs	25
III-Avantages et limites des bioessais	26
IV- l'oursin et son rôle dans la biosurveillance	27

III-secteur d'étude

1- Données générales sur la wilaya de Mostaganem	28
2- Présentation du site d'étude	29
2-1 Le port de Salamandre	29
2-2 Sidi El Majdoub	30

IV- Matériel et méthodes

1-Technique d'échantillonnage	32
1-1- Prélèvement	32
1-2. Traitement au laboratoire	33
1-2-1. Frai et fertilisation	33
1-2-2 Libération des gamètes	33

V-Résultat et discussion

I-	Réalisation de la fécondation	36
II-	Les différents stades de développement embryonnaire des deux sites d'études	36
III-	Résultats similaires	40
	Conclusion	42
	Référence bibliographiques	43

Liste des figures

N°	Titre des figures	Page
01	L'oursin <i>Paracentrotuslividus</i> (lamarck,1816)	03
02	Distribution géographique (en rouge) de l'oursin <i>Paracentrotuslividus</i> (Soualili ,2008).	04
03	Morphologie générale de l'oursin <i>Paracentrotuslividus</i> (à droite : vue du côté de l'anus (dessus de l'animal), à gauche : vue du cote de la bouche (dessous).	04
04	Photo montrant la morphologie externe de l'oursin <i>Paracentrotus lividus</i>	05
05	Lanterne d'Aristote de l'oursin <i>Paracentrotus lividus</i>	06
06	Disposition pentaradiaire des gonades de l'oursin commun <i>P.lividus</i> (Ghali et Dria., 2019).	07
07	Morphologie interne de <i>Paracentrotus lividus</i> (Grosjean, 2001)	07
08	Profil topographique des quatre étages aquatique selon leur profondeur	08
09	Représentation schématique du cycle de reproduction de <i>P.lividus</i>	10
10	Mise en évidence de l'attraction des spermatozoïdes par une molécule chimiotactique. (jussieu.fr)	12
11	Contact et accolement du spermatozoïde avec la gangue de l'ovotide suivi de la pénétration de la tête spermatique.	13
12	Les différents stades de la segmentation.	15
13	Jeune blastula	16
14	Carte des territoires présomptifs de la blastula d'oursin	16
15	Développement embryonnaires chez <i>P.lividus</i> (Houillon, 1974).	17
16	Evolution de la larve d'oursin du stade dipleurula (à gauche) au stade pluteus (à droite). (Houillon, 1974).	19

17	Transferts trophique des polluants chez les organismes vivants (ownwork septembre 2012)	22
18	les différents domaines d'utilisations des bioessais	24
19	Présentation des différents types de biomarqueurs	24
20	Carte du la Wilaya Mostaganem (d-maps.2022)	29
21	Position géographique du premier site d'étude (Port de salamandre)	30
22	Position géographique dudeuxième site (SIDI MAJDOUB)	31
23	Récolte des spécimens d'oursin	32
24	Le transport des spécimens	32
25	Injection du KCL	33
26	Libération des gamètes males et femelles (orange et blanche)	34
27	Application du test du développement larvaire de l'oursin	34
28	Observation microscopique des ovocytes (x40)	35
29	Réalisation de la fécondation entre les gamètes males et femelles	36
30	Les différentes anomalies embryonnaires et larvaires chez <i>Paracentrotus lividus</i> (d'après Klockner et al, 1985)	40

Liste des tableaux :

01	Période et nombre de pontes par an de <i>Paracentrotus lividus</i> selon quelques références. (Ait Mohamed Amer., 2011)
02	Avantages et limites des bioessais (Vivien Lecomte, mis à jour le 6 janvier 2022 – Ecotoxicologie.fr)
03	climat annuel de Mostaganem (Climate-Data.org.2022
04	illustration des différents stades de clivage observés sur les deux sites d'étude (Grx40)

INTRODUCTION

L'écosystème marin, origine de la vie et source d'une incroyable, bien que parfois méconnue, diversité de régions, de plantes marines, d'animaux marins, de micro-organismes et de molécules organiques. Même si l'apparence des écosystèmes marins semble être homogène, la réalité est toute autre, il s'agit en fait d'un des écosystèmes les plus hétérogènes de la planète, comptant ainsi sur des caractéristiques très différentes entre celles des pôles et des tropiques ainsi que celles d'un bout à l'autre du monde. Les communautés d'êtres vivants qui cohabitent dans des écosystèmes des eaux marines ont prouvé la grande variété et richesse de ces régions, constituant ainsi des lieux pleins de vie dans les mangroves et les récifs, dans les systèmes pélagiques de la haute mer (**Krakimel, 2003**).

La mer méditerranéenne, un parcours commercial pour les navires, elle subit depuis fort longtemps de graves problèmes environnementaux (pollution, dégradation des ressources marines, déchets des sols...) (**Doglioli, 2010**), ces polluants menacent la santé publique (**Kebir, 1996**), de plus en plus affectés par cette activité humaine. L'industrialisation et le développement des villes et des sociétés humaines en zone côtière, sont les principales causes de l'augmentation de la pression anthropique exercée sur ces milieux (**Ghodhani et Semroud, 2010**).

L'oursin *Paracentrotus lividus* est reconnu mondialement comme un bon indicateur biologique de la santé du milieu marin et un bioaccumulateur qui est très sensible aux modifications des conditions environnementales et qu'il tient un rôle clé dans l'écosystème méditerranéen (**Boudouresque et Verlaque, 2001**). Leur sensibilité aux conditions du milieu se manifeste par des perturbations du cycle de reproduction, des baisses de fécondité ou des troubles du développement larvaire et les effets observés en zones perturbées sur les populations d'oursins ont été souvent décrits (**Harmelin et al, 1981; Delmas & Régis, 1984**).

Plusieurs études analysent la reproduction de *Paracentrotus lividus* dans le nord de la Méditerranée et l'océan Atlantique (**Fenaux, 1968, Crapp et Willis, 1975; Byrne, 1990; Lozano et al., 1995; Fernandez et Boudouresque, 1997; Sanchez-Espana et al., 2004**) localement abondantes aussi (**Semroud et Kada, 1987; Guettaf et al., 2000, Sellem et al., 2001, Soualili 2008, Ait Mohamed Amer 2011, Rouan-Hassan 2018**).

Notre sujet de recherche s'intéresse à la surveillance du milieu marin côtier et l'étude de la pollution et son impact sur le développement embryonnaire de l'oursin commun *Paracentrotuslividus*

-En effet l'esquisse de notre étude se scinde en 4 parties

1^{ère} partie: Présentation de l'espèce *Paracentrotuslividus* ainsi que sa biologie et son écologie.

2^{ème} partie : la Biosurveillance par les bioessais

3^{ème} partie : concerne les caractéristiques de la zone d'étude qui est la région de Mostaganem plus précisément dans deux stations différentes soient; le port de Salamandre qu'est un site pollué et le site de Sidi El Majdoub qu'est un site référentiel.

4^{ème} partie : réservée au matériel et méthodes où sont décrites les différentes étapes du protocole d'action utilisé.

5^{ème} partie : la présentation des résultats obtenus ainsi que la discussion relative à cette étude. Enfin une conclusion générale.

PARTIE 1

BIOLOGIE ET ECOLOGIE DE
PARACENTROTUS LIVIDUS

1-Systématique et répartition géographique :

1-1 Systématique :

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

<i>Embranchement :</i>	<i>Echinodermata</i>
<i>Sous embranchement</i>	<i>Echinozoa</i>
<i>Classe</i>	<i>Echinoidea</i>
<i>Sous classe</i>	<i>Regularia</i>
<i>Ordre</i>	<i>Diadematoidea</i>
<i>Sous ordre</i>	<i>Camarodonta</i>
<i>Famille</i>	<i>Echinidae</i>
<i>Genre</i>	<i>Paracentrotus</i>
<i>Espèce</i>	<i>Paracentrotus lividus</i> (Lamarck,1816)



Figure 01 :l'oursin *Paracentrotus lividus*

1-2répartition géographique :

L'oursin commun *Paracentrotus lividus* à une vaste répartition qui s'étendant, des côtes nord-est de l'Irlande aux côtes atlantiques du Maroc et la côte algérienne. En Méditerranée occidentale, cet oursin est très abondant, ainsi qu'en mer Adriatique; il devient moins abondant dans la partie la plus orientale du bassin Méditerranéen (*Tortonese et Vadon, 1987*). L'oursin *Paracentrotus lividus* est largement réparti dans toute la mer Méditerranée (*Boudouresque et al 2013*).

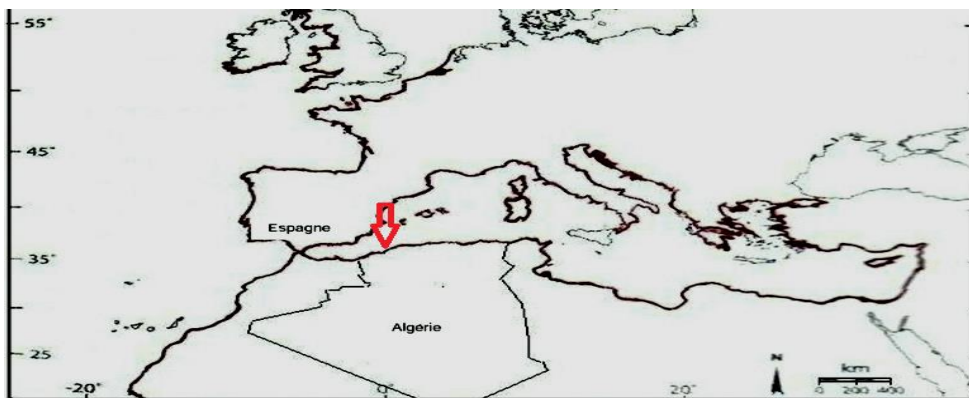


Figure 02 : Distribution géographique (en rouge) de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Soulili ,2008)

2 - Description et structure :

2-1- morphologie externe :

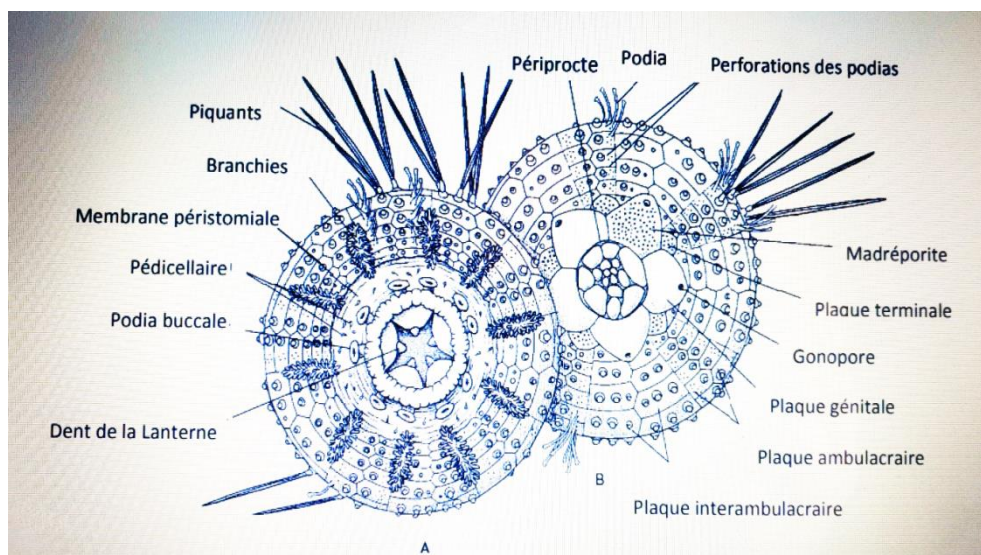


Figure 03. Morphologie générale de l'oursin *Paracentrotus lividus*(à droite vue du côté de l'anus (dessus de l'animal), à gauche : vue du côté de la bouche (dessous) (In ADDOUCHE .S et BAININE. A.2017)

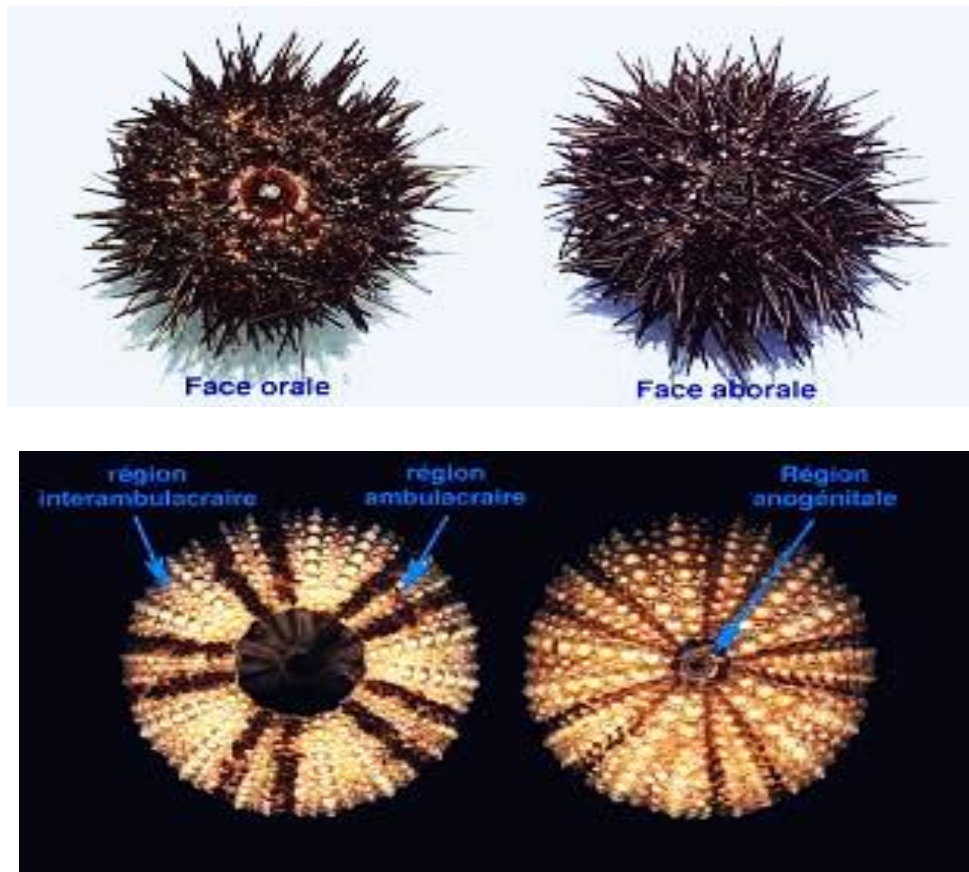


Figure 04 :Photo montrant la morphologie externe de l'oursin
Paracentrotus lividus

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 (**Fig 4**).

Le test est formé de plaques étroitement juxtaposées qui lui confèrent sa rigidité. Ce test est divisé en dix régions méridiennes (**Fig 4**). Chacune de ces régions est formée d'une double série de plaques, cinq régions ambulacraires qui alternent avec cinq régions inter ambulacraires (**Fig 4**). Il présente une symétrie pentaradiée superposée à une symétrie bilatérale. (**Hyman, 1955**)

Le test est hérissé de piquants robustes, pointus, de formes et de tailles très diverses. Leur couleur varie du violet, au vert foncé ou brun. Selon leurs tailles, les piquants et les tubercules sur lesquels ils s'articulent, sont appelés primaires (grands), secondaires (petits), tertiaires ou miliaires (très petits). (**Boue et Chamton, 1978**)

Sur chaque plaque ambulacraire et inter ambulacraire se trouve un seul tubercule et un seul piquant primaire (**Fig 4**).

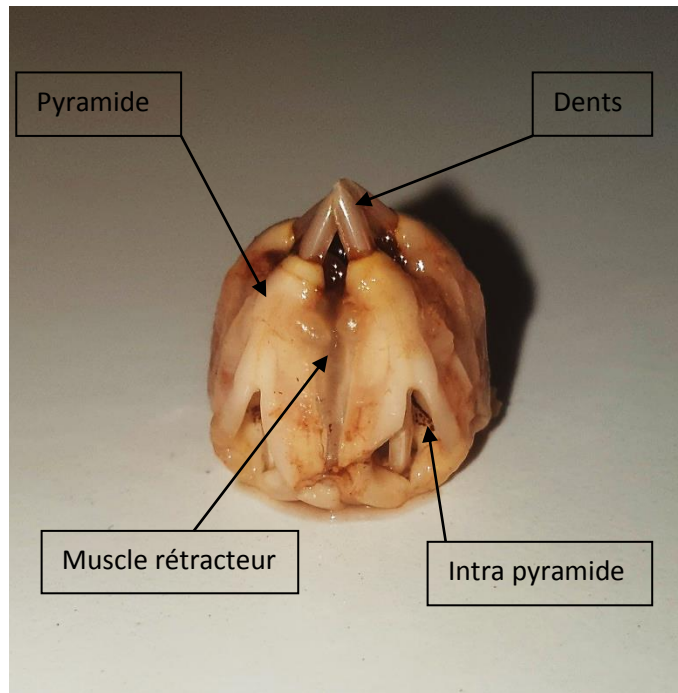


Figure05 : Lanterne d'Aristote de l'oursin *Paracentrotus Lividus*

Les plaques ambulacraires ont cinq paires de pores. Sur la face orale, la bouche s'ouvre sur le péristome et est armée d'un puissant appareil masticateur en forme de pyramide pentagonale, c'est la lanterne d'Aristote. Près de la bouche, le péristome porte un cercle de cinq paires de podia modifiés, les podia buccaux (**Fig05**).

Sur la face aborale, l'anus se situe au centre d'une membrane nommée périprocte (**Fig04**). Ce dernier est entouré de 4 plaques génitales et de cinq petites plaques oculaires).Le diamètre moyen du test de *P. lividus* est de 5cm et peut atteindre 7 à 8 cm dans des conditions favorables.(**Régis,1987**)

2-2 Morphologie interne :

L'espèce possède une cavité cœlomique protégée par un test où logent les organes digestifs, nerveux, sanguins et reproducteurs. (**Fischer et al., 1987**).

Le système nerveux est formé de cinq nerfs radiaires juxtaposés aux canaux radiaires du système aquifère. Ces nerfs dérivent des canaux péri-œsophagiens.

Le système sanguin est constitué par deux vaisseaux logant la paroi intestinale; le vaisseau marginal externe et le vaisseau interne qui se placent au côté externe et interne de la paroi intestinale. (**Roule et al., 1989**)

Le tube digestif est constitué de lanterne d'Aristote, la bouche, l'estomac, le siphon, l'intestin et l'anus (**Fischer et al., 1987**)

Chacune des 5 zones ambulacraires est parcourue par un canal radial. Ces 5 canaux partent d'un anneau ambulacraire entourant l'œsophage au-dessus la lanterne d'Aristote(**Fig. 06**)(**Grosjean, 2001**)



Figure06 :Disposition penta radiaire des gonades de l'oursin commun *P.lividus*(Ghali et Dir., 2019).

La morphologie des organes reproducteurs reflète une symétrie radiale (**Spirlet et al., 1994**). Cinq gonades s'ouvrent à l'extérieur par cinq pores génitaux surmontés d'une papille sur les plaques génitales. (**Grasse, 1948**) (**Fig07**)

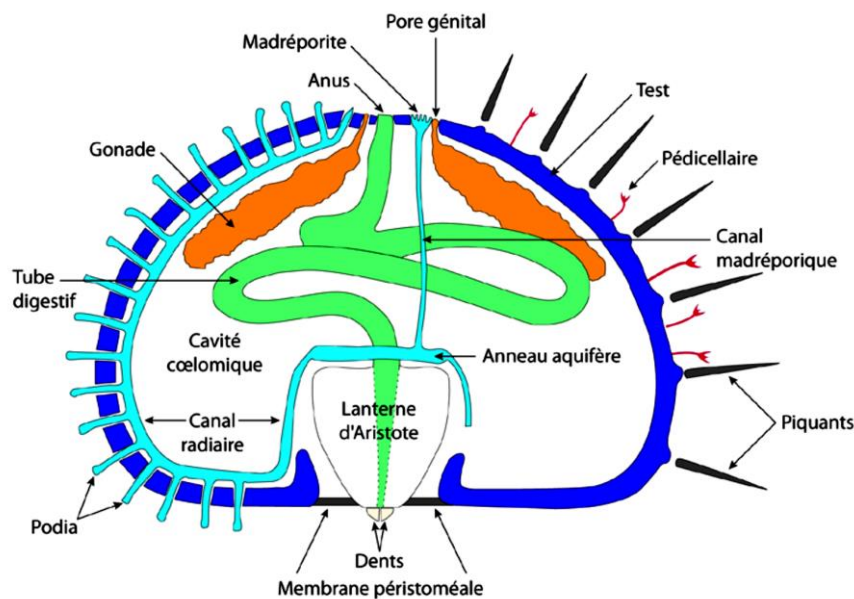


Figure07 : Morphologie interne de *Paracentrotus lividus* (Grosjean, 2001)

2-3- Biologie et écologie de *P.lividus* :

2-3-1- Habitat:

Cette espèce est présente principalement aux niveau médiolittoral inferieur et l'infra-littoral (**Fig 08**) On le trouve surtout sur les fonds rocheux toujours submergées, il est souvent localisé dans des fissures (**Kempf, 1962**), les dessous des blocs rocheux et les pentes douces, aussi sur divers types de milieux (herbiers de posidonies, parois, structures humaines...etc.) (**Regis,1978**) mais rarement sur le sable.

Semroud (1993) indique que le maximum de densité d'oursins se trouve dans les premiers mètres d'eaux mais il n'est pas rare de le rencontrer en groupe dans les mares rocheuses jusqu'à 30 m de profondeur (**Fig 8**) (**Mortensen, 1927**), et plus rarement jusqu'à 80m (**Tortonese, 1965**).

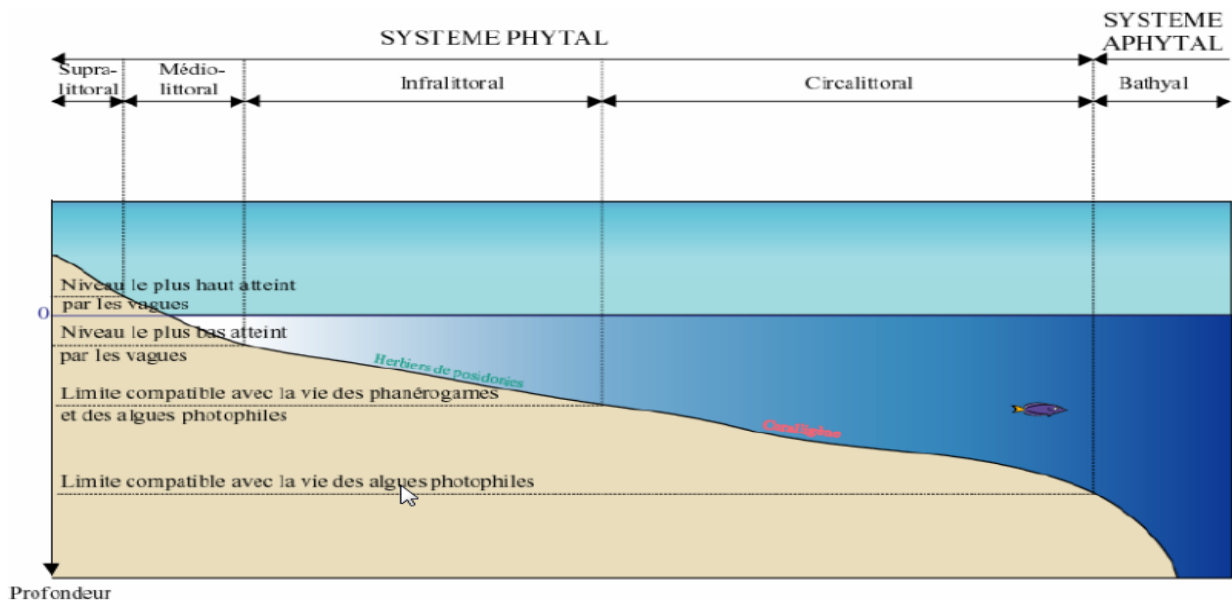


Figure08 :Profil topographique des quatre étages aquatique selon leur profondeur

2-3-2Alimentation :

Le *Paracentrotus lividus* est une espèce essentiellement herbivore mais dans certaines conditionsil peut être omnivore (**Regis 1978**). On peut trouver dans son contenu digestif en plus de fraction végétale, une fraction animale constituée de Foraminifères, des spongiaires et des bryozoaires, ainsi que des crustacés (**Verlaque, 1987**). L'analyse des contenus digestifs de cet oursin suggère que c'est un brouteur opportuniste comme le sont de nombreux Echinides réguliers(**DeRedder et al. 1986**).

Paracentrotus lividus consomme principalement des algues *photophiles* du genre *Podia pavonica* et *Cystoseira buliarica* (Regis, 1978). Il fait preuve d'une certaine sélectivité dans l'herbier à posidonie (Verlaque, 1987). Cette sélectivité dans l'alimentation varie avec sa taille. Ainsi, il passe de la consommation d'organismes de la strate encroûtant épiphyte des rhizomes et des feuilles (faune sessile) chez les juvéniles aux feuilles et à leurs épiphytes chez les individus de plus de 20 mm de diamètre sans les radioles (Verlaque, 1987), pour enfin consommer préférentiellement la partie la plus épiphyte de la feuille (Verlaque, Nedelec, 1983).

Chez *P. lividus* (Lamarck, 1816), il existe une alternance de phase de nutrition et de phase de repos alimentaire (Verlaque, Nedelec, 1983). Ces deux phases ont été signalées, chez la même espèce des côtes algériennes par Semroud et Kada (1987). En période active, la vitesse d'alimentation est constante pour tous les individus (Verlaque, Nedelec, 1983). Selon Zanoun 1987 in Sahnoun, 2009, la période de jeûne ou la faible consommation serait liée à une maturation des gonades précédant la ponte.

Cet invertébré marin peut apparemment utiliser comme énergie, la matière organique très fine dissoute dans l'eau par ses piquants. Regis (1979) et Rico (1989) considèrent les mouvements des radioles liés au filtrage comme une activité alternative liée à l'alimentation. Ce mode de nutrition complémentaire devient important lorsque les macrophytes deviennent rares (Sahnoun, 2009).

L'importance de la ration alimentaire de *Paracentrotus lividus* et la sélectivité de son alimentation, en font un facteur déterminant dans la distribution et l'évolution des peuplements superficiels des macrophytes benthiques en Méditerranée (Nedelec, 1982; Verlaque, Nedelec, 1983).

2-3-3 Reproduction, ponte et développement larvaire :

Le *Paracentrotus lividus* a une fécondation externe (Fig. 09), Les sexes sont séparés, La variabilité dans le cycle de reproduction de *P. lividus* est due à de nombreux facteurs qui influencent principalement par la profondeur, la photopériode et la température hivernale (Byrne, 1991). En général, la taille des gonades et la quantité des gamètes produite sont fortement influencées par la quantité et la qualité de la nourriture; (Dix, 1970) ; (Gonor, 1973) ; (Vadas, 1977) ; (Lawrence et lane, 1982) ; (Lawrence et al ; 1987), dont les algues, nourriture souvent préférentielle (Fuji, 1967) ; (Gonor 1972), (Régis, 1980) ; (Keats et al, 1984) ; Le

déclenchement de l'émission des gamètes dans le milieu est déterminé par la température de l'eau. La fécondation se fait au Hazard dans l'eau de mer (**in Boukhelf, 2012**)

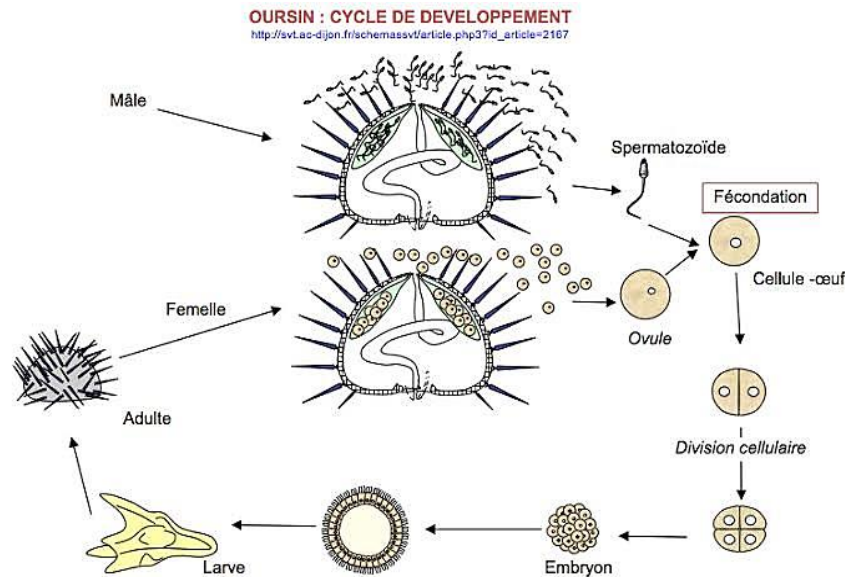


Figure09 : Représentation schématique du cycle de reproduction de *P.lividus*

Le cycle de reproduction est annuel (**Tableau.1**), les gonades sont matures au printemps ; la gonade mâle est alors de couleur orange clair alors que celle de la femelle est de couleur orangé (**FAO, 2020-2021**)

Dans une région donnée, tous les individus d'une même population d'oursin se reproduisent au même moment. Les produits génitaux sont donc émis par millions dans l'eau de mer.

Les mouvements d'eau de mer et les courants contribuent au brassage des gamètes et favorisent leur rencontre de plus, des mécanismes moléculaires spécifiques d'attraction des spermatozoïdes (chimiotactisme) et d'interaction cellulaire adhésion des spermatozoïdes préparent ces spermatozoïdes à sa reconnaissance par ovocyte.

La fécondation déclenche une cascade d'événements dont chaque étape dépend de la précédente, soit dans l'ordre, 5 étapes :

- Attraction du spermatozoïde.
- Réaction acrosomique
- Adhésion du spermatozoïde.
- Activation de l'œuf (blocage précoce de la polysperme).
- Réaction corticale (blocage tardif)

Tableau n° 1 : Période et nombre de pontes par an de *Paracentrotus lividus* selon quelques références. (In. Ait Mohamed Amer., 2011)

Référence et région	Période de ponte	Type de substrat
Méditerrané Nord occidentale FENAUX (1968) France (Ville Franche-mer) REGIS (1979) France (Marseille)	2 périodes de ponte juin et sept à novembre mai à juin et août à octobre	Herbier à <i>Posidonia ocanica</i> Herbier à <i>Cymodocea nodosa</i>
BYRNE (1990) Irlande	1 seule période de ponte mai à juillet et juin à juillet	roches avec Macrophytes
Méditerranée nord occidentale Lozano et al (1995) Espagne	Février à Juin	Roche avec Macrophytes
Méditerrané Sud occidentale GUETTAF et al (2000) Algérie (Ain Tagourait)	Février à Mars	Roches avec Macrophytes herbier à <i>Posidonia ocanica</i>
Méditerrané Sud occidentale Guettaf et al (2000) Algérie (Alger plage) Algérie (El Marsa) Algérie (El Marsa)	Avril et Mai/Août Septembre Avril à Juin/Octobre à Décembre Avril à Juin/Octobre à Décembre	Roches avec Macrophytes Roche surpâturée Herbier à <i>Posidonia ocanica</i>
Leoni et al (2000) France (Corse) in Soualili 2008	juillet à novembre	roches avec Macrophytes
Sanchez et al (2004) Espagne	Mai à Aout Mars à Août ou Septembre	Roches avec Macrophytes Herbier à <i>Zostera</i> et à algue(<i>Ulva</i>)
Jacquin et al (2006) France (Bretagne)	Mai à Juillet	Roches avec Macrophytes
Bayed et al (2005) Maroc	Mars à Mai	Cuvette rocheuse avec Macrophytes
Sellem et Guillou (2007) Tunisie (Baie de Tunis)	Avril à Juillet	Roches avec Macrophytes herbier à <i>Posidonia ocanica</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 ocanica</i> Roches avec Macrophytes et <i>Posidonia ocanica</i>
Adda Neggaz (2008) Algérie (Mostaganem)	Novembre et Décembre/ Jan à Mai	Algues photophiles
Sahnoun (2009) Algérie (Mostaganem)	De Novembre à Juin	Roches avec Macrophytes
Belkhedim (2009) Algérie (Ain Franin-Oran)	De Novembre à Juin	Roches avec Macrophytes
Dermeche (2010) Algérie (Mostaganem et Madagh)	Février à Mars	Algues photophiles et prairie de <i>Posidonie</i>

a) Attraction du spermatozoïde :

Pour maximiser la chance de rencontre entre ovules et spermatozoïdes, il est nécessaire que : les oursins se rapprochent les uns des autres avant d'émettre leurs gamètes. La diffusion des ovocytes dans l'eau de mer, crée un gradient de concentration qui guide les spermatozoïdes vers les ovotides. La membrane plasmique des spermatozoïdes contient des protéines transmembranaires **réceptrices** des ovocytes (**Horstadius; 1973**) (**Fig. 10**)

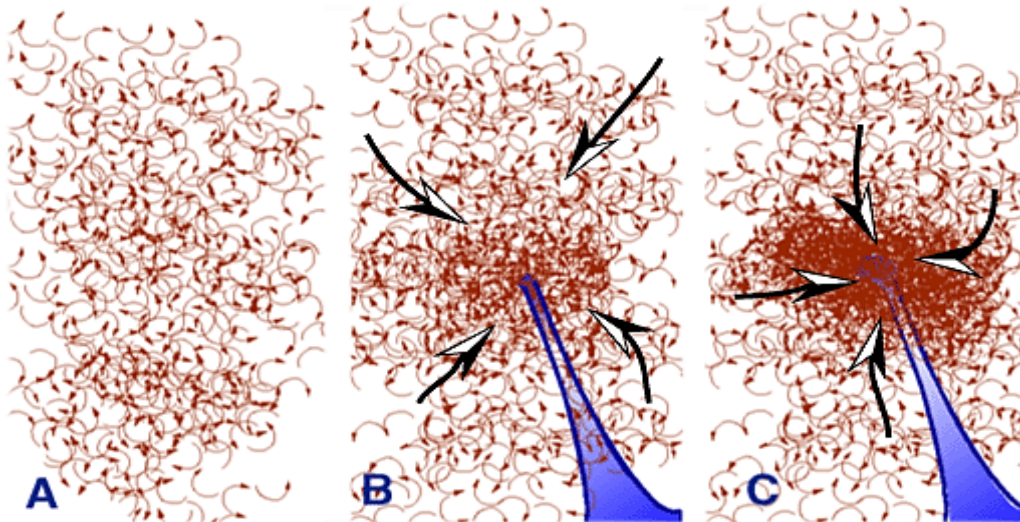


Figure 10. Mise en évidence de l'attraction des spermatozoïdes par une molécule chimiotactique. (jussieu.fr)

b) Réaction acrosomique :

Quand le contact de la gangue, le spermatozoïde subit une seconde activation qui se traduit par l'ouverture dans le milieu extérieur de la vésicule acrosomique (exocytose) puis l'extension du processus acrosomique(**Fig. 11**).

La réaction acrosomique peut être initiée expérimentalement par des extraits de gangue. Ceci implique que dans les conditions naturelles, c'est le contact avec la gangue qui provoque l'exocytose de la vésicule acrosomique. Ce processus libère des enzymes (hydrolases) qui lisent la gangue dans l'environnement immédiat de la tête du spermatozoïde.

De cette façon, à mesure qu'il progresse vers l'ovotide, le spermatozoïde se fraye un chemin à travers l'épaisseur de la gangue. Au niveau moléculaire, la réaction acrosomique est initiée par une glycoprotéine, la fucose sulfate glycoprotéine (FSG) contenue dans la gangue et reconnue par la membrane plasmique de la tête du spermatozoïde

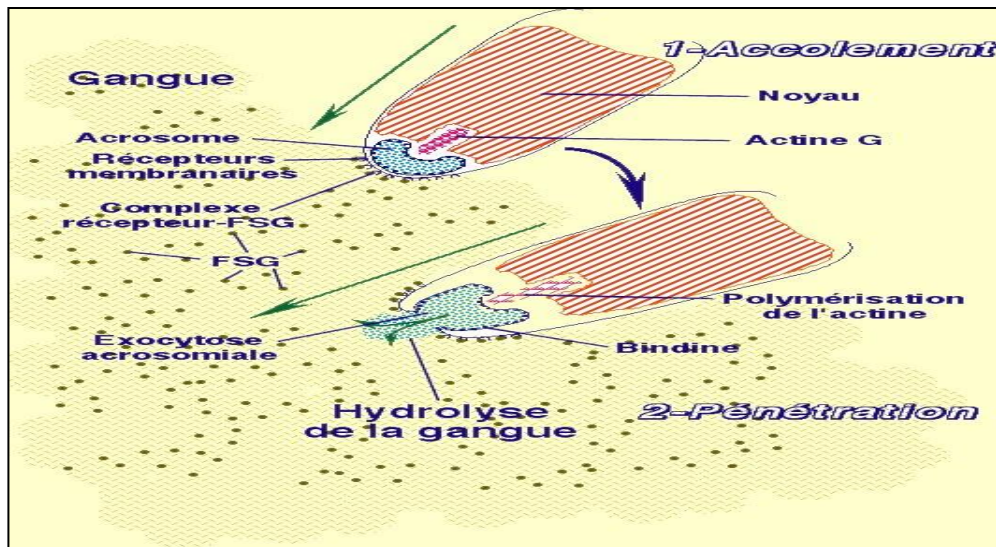


Figure 11. Contact et accolement du spermatozoïde avec la gangue de l'ovotide suivi de la pénétration de la tête spermatique.

C) Adhésion du spermatozoïde :

L'acrosome contient des protéines d'adhérences (la bindine) qui se lie à la membrane vitelline par des sites de reconnaissance (Cherr et al, 1990). Les récepteurs de la bindine sont des glycoprotéines de haut poids moléculaire intégrées à la membrane vitelline.

Les interactions bindine-récepteur sont nécessaires pour que le spermatozoïde adhère à la membrane vitelline. De plus, la spécificité d'espèce de ces interactions constitue une barrière contre les fécondations interspécifiques et contribue à maintenir la séparation naturelle entre les différentes espèces.

La lyse de la membrane vitelline est effectuée par des hydrolases présentes à la surface de la membrane plasmique du processus acrosomique (enzymes transmembranaires). Les deux membranes plasmiques du spermatozoïde et de l'ovocyte entrent en contact. La membrane plasmique de l'ovotide contient des microvillosités qui s'allongent pour entourer la tête spermatique. C'est la formation du cône de fécondation. (Cherr et al, 1990)

Les membranes plasmiques des deux partenaires fusionnent et le noyau spermatique ainsi que le contenu de la pièce intermédiaire puis le flagelle sont englobés dans le cytoplasme de l'œuf fécondé. Dès que le contact des membranes plasmiques a lieu, l'œuf entame une cascade d'événements moléculaires qui constituent l'activation du cytoplasme et mettent en place les

processus de blocage du polysperme. Et mettent en place les processus de blocage du polysperme (Cherr *et al*, 1990)

d) Activation de l'œuf :

La fécondation est le produit de la fusion de deux gamètes haploïdes (noyau à n chromosomes), femelle et mâle, donnant naissance à une cellule œuf diploïde ($2n$ chromosomes), la fécondation s'effectue dans le milieu extérieur et sans accouplement. L'œuf d'oursin ainsi formé se divise ensuite en 2, 4, 8, 16, 32, cellules, etc. Il se développe et se transforme en une larve, possédant une forme bien différente de l'adulte. Plus tard, la larve donne un oursin adulte mâle ou femelle : on parle de développement indirect. Le cycle de reproduction est ainsi bouclé (Platel, 1992 ; Collas, 2000).

L'œuf fécondé va subir une série de clivage qui se caractérise par le passage de l'état unicellulaire à l'état pluricellulaire. Des mitoses successives et rapides conduisent à la formation du stade blastula. Chaque blastomère subit une bipartition en cellules filles. La totalité du cytoplasme et des réserves ovulaires est répartie dans les cellules filles. Au terme BIOLOGIE ET ECOLOGIE DE *Paracentrotus lividus* 20 de la segmentation, la blastula est composée d'environ 2000 blastomères. Progressivement, une cavité centrale se forme, la cavité de segmentation ou blastocœle (Ait Mohamed Amer.L, 2011).

d)-1 : La segmentation :

La segmentation est totale radiaire et subégale, Le premier sillon de clivage apparaît environ une heure trente après la fécondation, les différences de taille entre les blastomères n'étant jamais importantes (Fig. 12).

-Les deux premiers plans sont méridiens, perpendiculaires et séparent quatre blastomères égaux.

-Le troisième plan équatorial sépare quatre blastomères animaux et quatre blastomères

Végétatifs contenant la ceinture pigmentée.

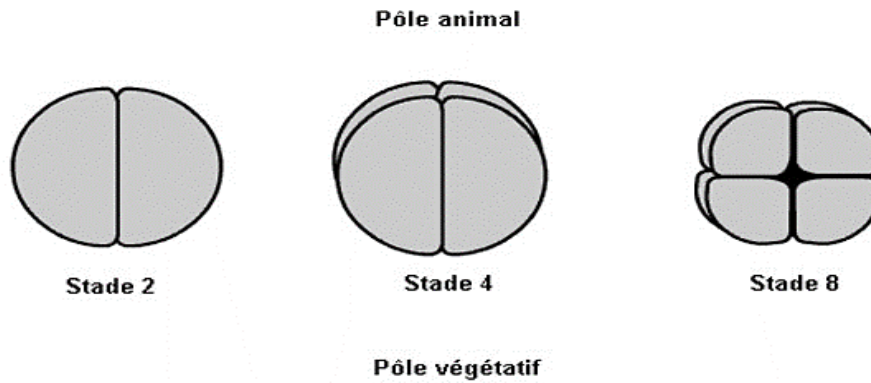


Figure12 : les différents stades de la segmentation.

Au stade 16 cellules, les quatre blastomères animaux donnent 8 blastomères organisés suivant un plan radiaire (mésomères), tandis que les blastomères végétatifs se divisent suivant un plan sous-équatorial en 4 cellules contenant le matériel pigmentaire, les macro-mères, et 4 cellules plus petites au pôle végétatif. (Mc Clay et al ; 2000).

Les micromères. Au cours des deux cycles de division ultérieurs les plans de segmentation vont diviser l'œuf de sorte qu'il comprendra cinq assises de blastomères. Les 8 blastomères animaux se divisent d'abord suivant un plan latitudinal, puis suivant un plan méridien, et forment deux couches de 16 blastomères (an. 1, an. 2). Les 4 macro mères se divisent successivement suivant un plan méridien, puis latitudinal et forment deux couches de huit blastomères (vég. 1, vég. 2). Après 2 cycles de division

Les 16 micromères formés restent au pôle végétatif en une seule assise, les différences de taille s'estompent progressivement. À la fin de la segmentation, la blastula est creusée d'une cavité, le blastocœle, qui est apparu dès le stade 8, les cellules embryonnaires s'organisent en une seule couche autour de cette cavité. Elles sont ciliées, avec une touffe apicale. La larve est nageuse au bout de 24h. (Mc Clay et al ; 2000).

d-2-stade blastula :

Dès le stade 32 blastomères, la segmentation inégale s'estompe. C'est à ce stade qu'apparaît une cavité de segmentation centrale, le blastocœle. Au stade 128 cellules, la blastula est formée par un épithélium uni stratifié et sphérique (Fig. 13). Il est limité par une membrane basale interne et la couche hyaline externe. Des jonctions serrées contribuent à maintenir la cohésion entre les cellules-2 : le stade Blastula : La face interne des cellules est

tapissée d'une structure extracellulaire formée de glycoprotéines de haut poids moléculaire, la matrice extracellulaire.

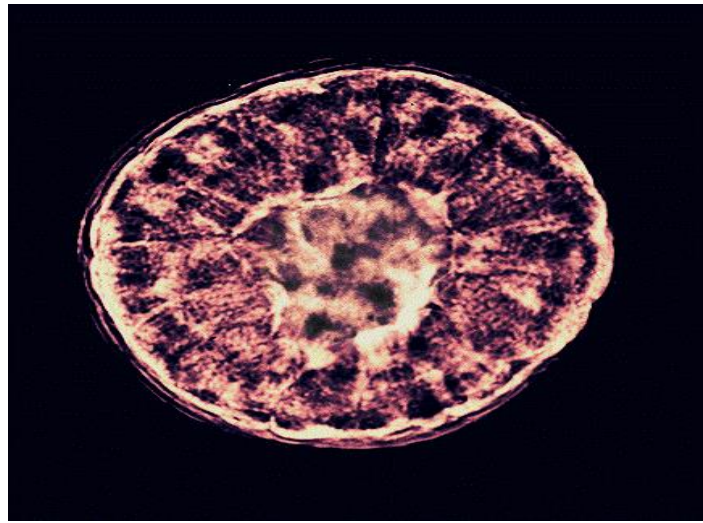


Figure13 :Jeune blastula

A la fin de la segmentation, la blastula est entièrement ciliée. Le pôle animal porte une touffe de cils plus longs difficiles à mettre en évidence.

L'œuf d'oursin est qualitativement hétérogène. En morphologie externe, on sait déjà que la répartition du pigment cortical orange ainsi que la différence de taille entre les blastomères du stade 16 cellules sont une indication de cette hétérogénéité. A la fin de la segmentation, la blastula est formée d'une mosaïque de cinq territoires présomptifs disposés de manière concentrique autour de l'axe pôle animal-pôle végétatif (**Fig. 14**). Leur devenir peut être suivi jusque dans la larve.

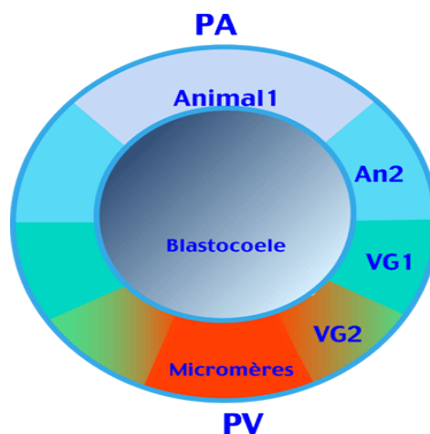


Figure14 : Carte des territoires présomptifs de la blastula d'oursin.

d-3 : Gastrulation :

La gastrulation est l'ensemble des processus morphologiques mettant en place les feuillets fondamentaux des métazoaires. Elle est caractérisée par l'apparition des mouvements cellulaires coordonnés (mouvements morphogénétiques, invagination et migration) (**Fig. 14**), la ségrégation des trois tissus fondamentaux : l'ectoderme, à l'origine de l'épiderme, le mésoderme à l'origine des mésenchymes primaire et secondaire, et l'endoderme à l'origine du tube digestif, l'apparition d'une cavité secondaire digestive, l'archentéron et le ralentissement du rythme mitotique(**Croceet Mc Clay**)(**Fig. 14**). La gastrula âgée comprend trois feuillets, le revêtement externe, ou ectoblaste, issu des pôles animal 1, animal 2 et végétatif 1 ; le revêtement interne, ou endoblaste, tapissant l'archentéron provient du végétatif 2 ; le mésoblaste, correspond d'une part au mésenchyme primaire provenant des micromères et d'autre part au mésenchyme primaire provenant des micromères et d'autre part au mésenchyme secondaire et aux vésicules entérocéliennes issus de végétatif 2. A partir des micromères s'amorce déjà le squelette larvaire(**Croceet Mc Clay**).

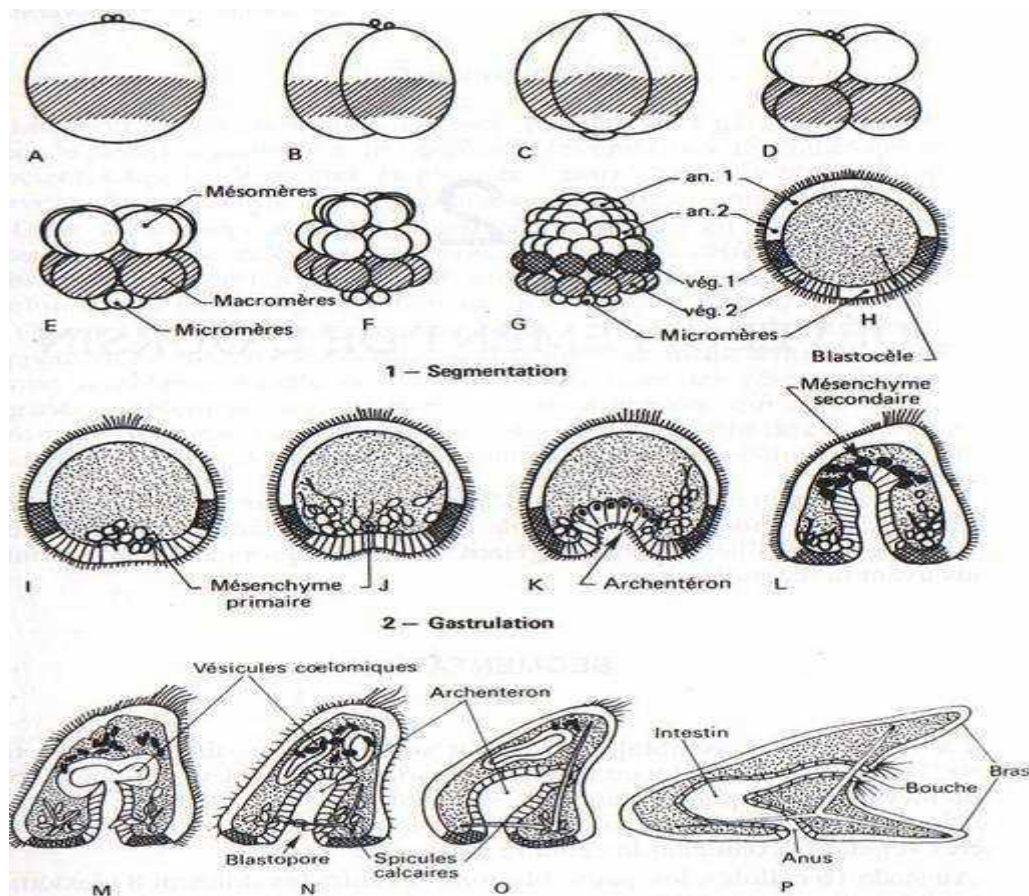


Figure15: Développement embryonnaire chez *P.lividus* (Houillon, 1974).

d-4 : développement larvaire :

A la fin de la gastrulation, les mouvements morphogénétiques ne sont pas terminés. Le modelage des tissus gastruléens conduit l'embryon vers le stade larvaire, La bouche s'ouvre au contact de l'apex de l'archentéron avec l'épiderme, sachant que le blastopore est destiné à devenir l'anus, l'ouverture secondaire de la bouche qualifie les échinodermes de deutérostomiens auxquels appartiennent également les chordés (dans lesquels sont rangés les vertébrés). A l'opposé, les protostomiens pour lesquels le blastopore donne la bouche, regroupent l'ensemble des vers, mollusques et arthropodes(**Houillon, 1974**).

La symétrie radiaire embryonnaire est progressivement remplacée par la symétrie bilatérale de la larve. La région orale s'aplatit. On lui donne le nom de larve prisme. La bouche est centrée dans une dépression dite dipleuruléenne, dont les bords sont garnis d'une bandelette ciliée. La larve est une dipleurula, Cette dépression se creuse et la bandelette ciliée forme des expansions soutenues par les spicules en croissance(**Fig. 14**).

De ces expansions naissent quatre "bras" dont deux croissent du côté de la bouche et deux du côté de l'anus (les bras oraux et les bras anaux). Postérieurement, la réunion des spicules forme un faisceau qui donne une forme allongée à la larve que l'on appelle désormais la larve pluteus.

A l'intérieur de la larve, l'archentéron se divise en trois régions. Dans le sens antéropostérieur, on distingue un court œsophage qui débouche dans une poche renflée, l'estomac, auquel fait suite le tube intestinal ouvert au niveau de l'anus.

La larve Pluteus est nageuse et planctonique. Elle avance en dirigeant sa face orale vers l'avant. La bandelette ciliée, portée par les bras oraux et anaux, permet ce déplacement en même temps qu'elle dirige les courants d'eau vers la bouche. Le pluteus se nourrit de diatomées planctoniques.

La larve pluteus est caractéristique du groupe des échinides mais aussi des ophiurides. Par contre la morphologie des larves d'astérides et d'holothurides est sensiblement différente de celle de la larve pluteus.

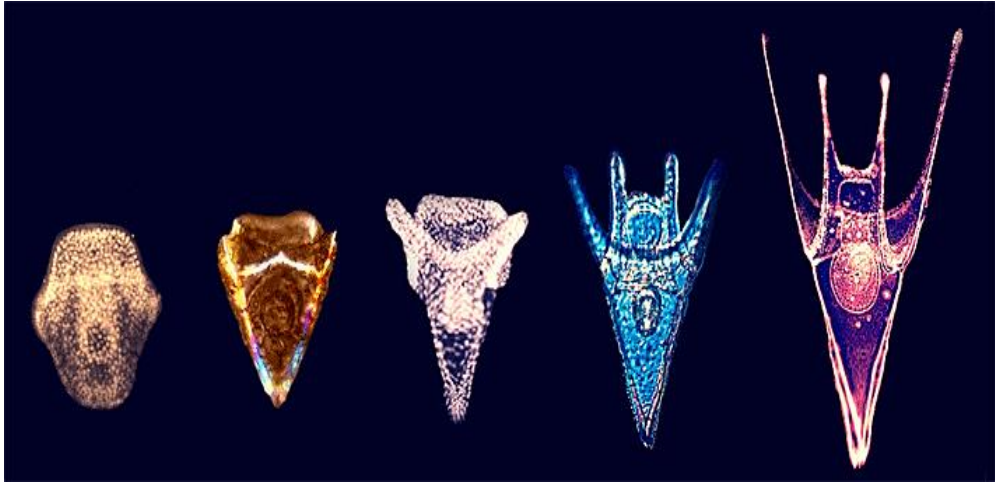


Figure16 :Evolution de la larve d'oursin du stade dipleurula (à gauche) au stade pluteus (à droite). (Houillon, 1974).

PARTIE 2 :

BIOSURVEILLANCE PAR LES BIOESSAIS

I -) Biosurveillance par les bioessais :

La biosurveillance est définie comme un ensemble de méthodes permettant de détecter des polluants dans les compartiments biologiques des milieux et d'évaluer leurs effets sur le vivant, parmi les approches utilisées en biosurveillance, les bioessais, la bioaccumulation et l'étude des réponses physiologiques chez des organismes bioindicateurs sont les méthodes les plus employées et les mieux décrites. (**Forbes and Forbes 1997**).

Les bioessais sont des méthodes biologiques *in vivo* ou *in vitro* qui permettent de mesurer la toxicité d'un polluant, d'un mélange de polluants ou encore d'échantillons environnementaux aux échelles cellulaires ou individuelles. Les bioessais *in vitro*, largement utilisés pour mesurer des effets toxiques subcellulaires (activation de récepteurs, dommages à l'ADN) (**Connon et al. 2012**), sont de plus en plus utilisés pour des raisons éthiques car ils présentent un avantage certain dans la réduction de l'utilisation d'animaux lors de campagnes de biosurveillance. Ils permettent également l'analyse d'une multitude de matrices différentes (échantillons environnementaux, extraits de capteurs passifs) et ne nécessitent qu'une petite quantité d'échantillon. Ces tests sont considérés comme très sensibles et sont mesurés à un très faible niveau d'organisation. Ils sont particulièrement utilisés en complément d'analyses chimiques pour détecter par exemple des activités dans les milieux (œstrogène, androgène, dioxin-like). Ils peuvent également être utilisés dans des approches en « analyse dirigée par l'effet » (EDA, Les bioessais *in vivo* sont des tests de toxicité qui utilisent des organismes vivants entiers. La mortalité, l'immobilisation, le taux de fécondation, le succès d'éclosion, le développement embryonnaire, la croissance ou l'activité de nage figurent parmi les effets toxiques les plus étudiés. Tous ces bioessais (*in vivo* et *in vitro*) permettent de comparer la toxicité relative de produits chimiques ou d'échantillons environnementaux spécifiques. (**Wernersson et al. 2015**))

I-1- concentration des polluants :

I-1-1La bioaccumulation :

Consiste à mesurer les concentrations de molécules chimiques ciblées dans des tissus biologiques d'une espèce exposée à une contamination ambiante. Cette approche présente l'avantage de prendre en compte la disponibilité réelle des contaminants dans le compartiment biologique. Cependant, aucune information ne peut être déduite quant au réel impact de ces molécules sur les individus. De plus, des mécanismes de détoxification

existent au sein des organismes et permettent l'élimination de certains types de substances chimiques non bioaccumulables(**Depledge and Fossi 1994**)

I-1-2Bioconcentration :

Désigne le phénomène qui, pour une substance donnée (oligoélément, polluant, radioisotope, etc.), va engendrer des concentrations dans les êtres vivants supérieures aux concentrations présentes dans le milieu.(**Kenneth S. Schmitz, in Physical Chemistry, 2018**)

Il y a bioconcentration quand pour un organisme ou une population associée à un milieu (biocénose), l'absorption et rétention de contaminants prélevés dans le milieu est supérieure à l'élimination naturelle... avec dilution dans le milieu ou adsorption sur le substrat minéral ou organique non-vivant (tourbe, charbon.)(**Marigómez, in Encyclopedia of Toxicology (Third Edition), 2014**)

Le milieu considéré est généralement l'air (qui contamine par exemple les lichens, considérés pour cette raison comme bioindicateurs), l'eau, les sols et sédiments, mais la nécromasse (ex : biocontamination par les nécrophages ou organismes du bois-mort...) ou le système digestif (et son microbiote) sont aussi des milieux où le phénomène de bioconcentration est actif (**Walter Vetter, in The Alkaloids: Chemistry and Biology, 2012**)

I-1-3La bioamplification :

Est l'absorption d'un contaminant et son accumulation dans les tissus des organismes vivants à la suite de l'ingestion d'espèces du niveau trophique précédent. La bioamplification est une forme de bioaccumulation indirecte: l'absorption des contaminants se fait par la présence d'intermédiaires. Lorsque des organismes contaminés de niveaux trophiques inférieurs sont mangés, ils vont passer les contaminants à leur prédateur. Il en résulte ainsi une augmentation de la concentration des contaminants au fur et à mesure que l'on monte dans les niveaux trophiques (**Hunt, E.G & Bischoff (1960)**).Ainsi, dans un milieu contaminé, tous les niveaux trophiques sont affectés. Les producteurs (premier niveau), puisant les nutriments nécessaires à la transformation de la matière inorganique en matière organique, vont accumuler les contaminants présents dans leur milieu (**Nieff, 2002**). Les consommateurs primaires (deuxième niveau), en plus d'absorber les contaminants en vivant

dans un milieu pollué, vont aussi accumuler les polluants que les producteurs avaient eux-mêmes absorbés(DeForest DK, Brix KV, Adams WJ (2007)).

Il en va de même pour les consommateurs secondaires et tertiaires (niveaux supérieurs), tous accumulant les contaminants absorbés précédemment par leurs proies. Ce phénomène fait que souvent les individus au sommet de la chaîne alimentaire, comme les gros poissons, les oiseaux de proie et les mammifères carnivores (béluga, être humain, etc...), possèdent une concentration de contaminants qui dépasse le seuil de toxicité(Adams WJ, Green A (2003)).

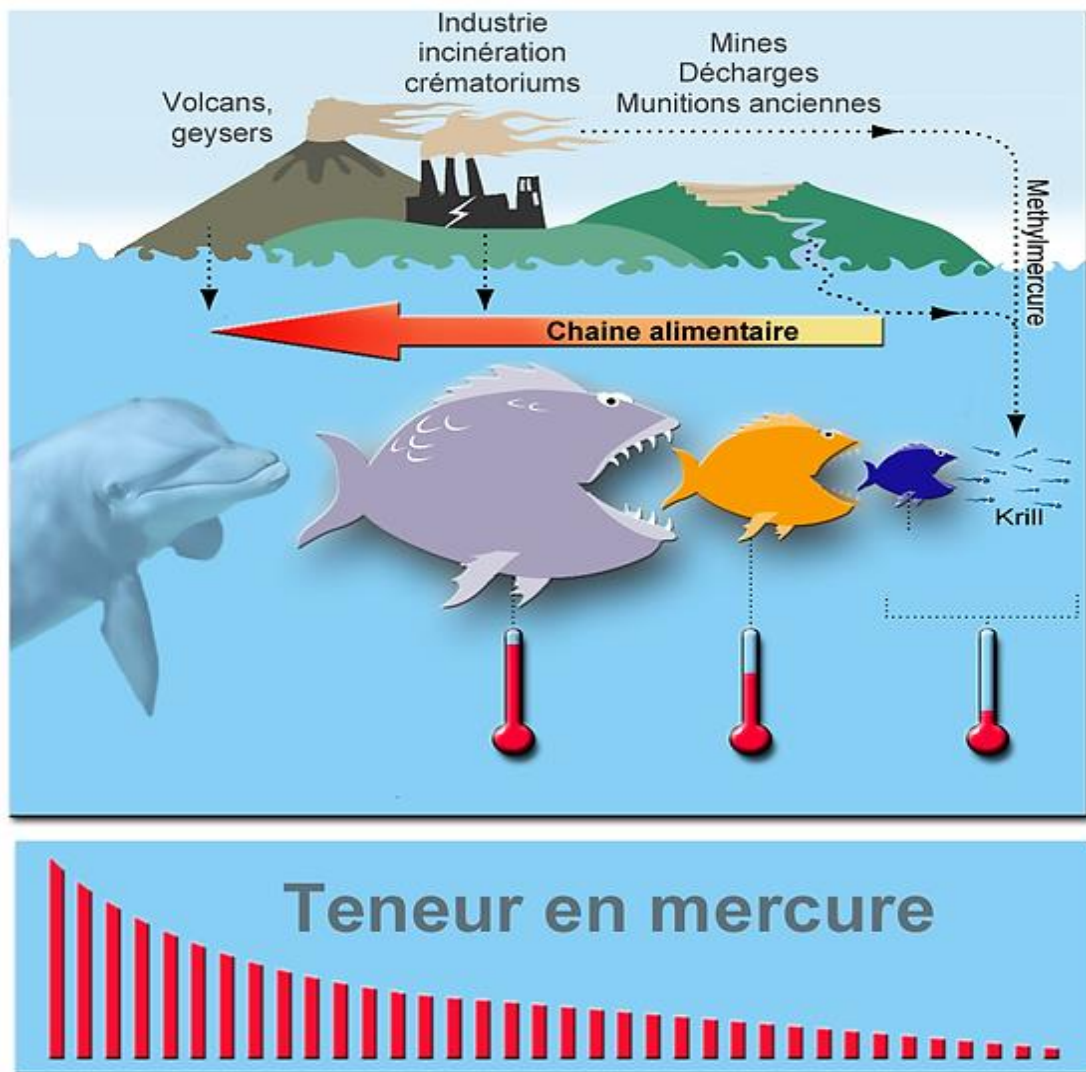


Figure17:Transferts trophique des polluants chez les organismes vivants

(ownwork septembre 2012)

1-2- Les différentes approches en biosurveillance :

La biosurveillance est divisée en deux types d'approches : la biosurveillance passive, basée sur des analyses issues d'organismes autochtones, et la biosurveillance active basée sur la transplantation de l'espèce d'intérêt sur le site d'étude, via par exemple, des dispositifs d'encagement (**Vieira et al. 2017**).

Les organismes peuvent être utilisées en biosurveillance pour évaluer (i) l'accumulation des molécules chimiques dans les tissus (bioaccumulation) et (ii) les niveaux de réponses des biomarqueurs.

Ces deux types d'analyses permettent respectivement de déterminer leur niveau d'exposition et leur état de santé. (**Le Guernic et al. 2016a; Dey et al. 2016**).

I-2-1 Où utiliser les bioessais marins :

Les bioessais de laboratoire sont largement utilisés dans la recherche scientifique pour étudier les mécanismes d'action des polluants, analyser les interactions de diverses sources de stress environnemental, comprendre les réponses de l'organisme à une substance toxique (adaptations physiologiques, développer une tolérance, etc.) ou mesurer le phénomène de bioaccumulation des polluants (**Angerville, 2009**).

Dans le cadre d'une évaluation du risque environnemental lié à une substance chimique, on utilise généralement des bioessais basés sur des espèces modèles représentatives de plusieurs niveaux trophiques (= plusieurs niveaux de la chaîne alimentaire) d'un écosystème considéré.

pour étudier les effets d'un polluant sur les rivières, on pourra associer des bioessais sur des algues, des daphnies et des poissons. Sur les bases des résultats obtenus, on retiendra la concentration d'effet (CE50 ou CSEO) la plus basse des bioessais mise en œuvre, correspondant à l'espèce la plus sensible(**Boillot, 2009**).

En alternative ou en complément d'une batterie de bioessais, il est possible de réaliser une étude en microcosme : on parle de « bioessai plurispécifique » (= plusieurs espèces). Si on reprend l'exemple précédent de la rivière, il peut s'agir d'un aquarium test contenant des algues, des daphnies et des poissons(**J. Cachot et O. Geffard, Echibioteb, 2015**).

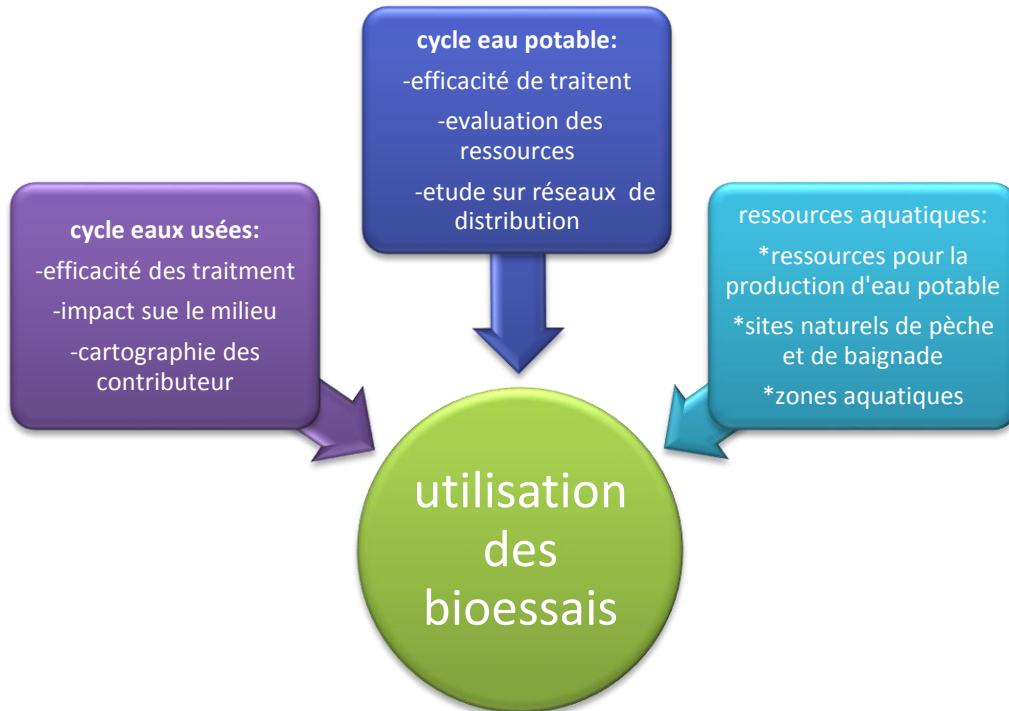


Figure18 :les différents domaines d'utilisations des bioessais

1-3- biomarqueurs :

Les biomarqueurs ont été suggérés comme des outils pertinents pour faire le lien entre l'exposition aux xénobiotiques et les effets biologiques observés lors des études sur des bioessais(**Depledge and Fossi 1994**);Ces deux approches (bioaccumulation et étude des biomarqueurs) peuvent être utilisées au travers d'approches passives ou actives qui vont être développées plus longuement dans les paragraphes suivants(**Van der Oost et al. 2003**).

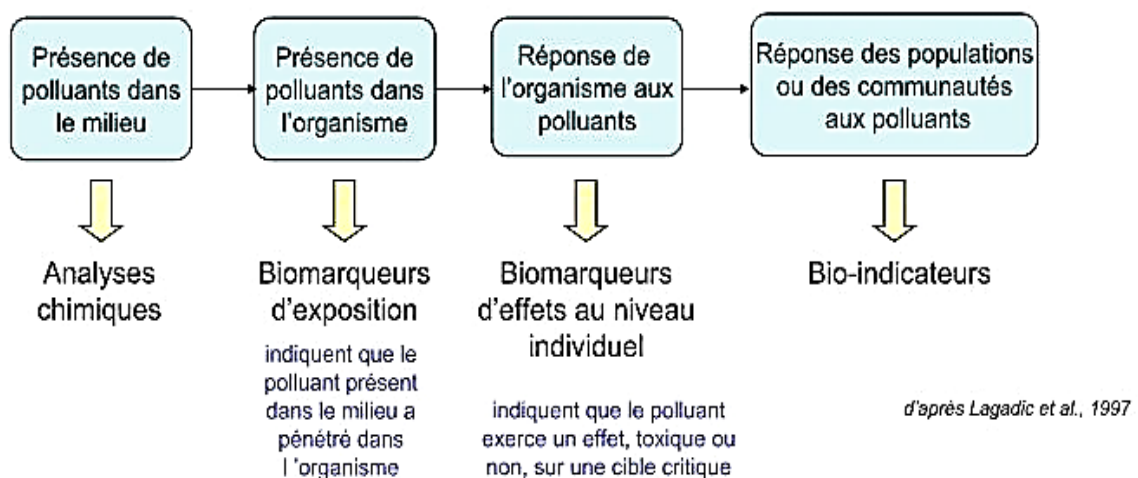


Figure 19 : Présentation des différents types de biomarqueurs

II-Pourquoi étudier la perturbation de la fécondation chez des bioindicateurs :

La préservation de la qualité de l'eau est un enjeu très important sur les plans environnemental, économique et socio-politique. Le suivi environnemental des écosystèmes aquatiques revêt donc une grande importance. Pour ce faire, il est crucial d'utiliser des indicateurs environnementaux fiables et adéquats. Le principal avantage des indicateurs biologiques réside dans le fait qu'ils permettent d'évaluer les impacts des différentes perturbations sur la faune et la flore aquatique contrairement aux indicateurs physico-chimiques qui permettent seulement de faire le diagnostic des perturbations. A ce jour, il n'existe pas de lignes directrices pour encadrer le processus de sélection des bio-indicateurs. L'objectif général de cet essai est donc de fournir aux gestionnaires un cadre normatif afin de standardiser le processus de sélection des bio-indicateurs de la qualité des milieux aquatiques et ainsi assurer une gestion adéquate de ces milieux. (**Laperche, 2014**).

II-1-Utilisation des bio-indicateurs :

Les bio-indicateurs sont utilisés pour déceler les changements qui surviennent dans l'environnement et la présence de pollution, mesurer les effets de ces perturbations sur l'écosystème et surveiller les améliorations de la qualité de l'environnement résultant de la prise de dispositions remédiatrices (**Harrag, 2012; Banaru et Perez, 2010**).

La surveillance de la qualité du milieu basée exclusivement sur le suivi des paramètres physico-chimiques ne permet pas de tirer des conclusions sur la santé de l'écosystème, puisqu'elle ne fournit pas de renseignement sur la qualité de l'habitat et est limitée à l'étude des polluants présents à des concentrations supérieures aux limites de détection des méthodes analytiques (**MDDEP, 2008**). De plus, cette méthode ne permet pas d'intégrer les effets synergiques, additifs ou antagonistes des divers polluants sur les organismes. Par ailleurs, cette approche n'est pas efficace pour la détection des molécules hydrophobes, qui se retrouvent majoritairement dans les graisses des êtres vivants (**Laperche, 2014**). La bio-indication est donc un outil indispensable pour évaluer la santé des écosystèmes de mesure (**Environmental Protection Agency (EPA), 2002**).

III-Avantages et limites des bioessais :

Tableau02 : Avantages et limites des bioessais (Vivien Lecomte, mis à jour le 6 janvier 2022 – Ecotoxicologie.fr)

AVANTAGES	LIMITES
Les protocoles normalisés (pour une partie des tests) et les conditions d'exposition contrôlées permettent de comparer la toxicité de plusieurs substances/échantillons, même si les tests n'ont pas été réalisés au même moment ou par le même laboratoire	Faible réalisme environnemental en raison : -de l'utilisation d'organismes d'élevage -de l'exposition en conditions contrôlées de laboratoire qui sont très différentes des conditions de terrain
En cas d'exposition à un échantillon environnemental, les bioessais renseignent sur la fraction biodisponible et active du ou des contaminant(s)	Il est nécessaire de mettre en œuvre une batterie de bioessais (= plusieurs bioessais différents) afin de disposer des informations suffisantes à l'évaluation de la toxicité d'une substance ou d'un échantillon
L'exposition à un mélange de substances ou à un échantillon environnemental permet de prendre en compte les interactions entre contaminants (effets additifs, synergiques ou antagonistes)	En cas d'exposition à un échantillon environnemental, ils ne permettent pas à eux seuls d'identifier la ou les molécule(s) responsable(s) des effets observés
Certains bioessais (bioessais <i>in vitro</i>) permettent de décrire les mécanismes toxicologiques en jeu	Les bioessais de laboratoire ne prennent pas en compte les effets indirects des substances toxiques tels que les interactions entre espèces ou les effets trophiques (sauf dans les microcosmes)
Les valeurs de référence (CE50, CSEO, etc.) permettent d'établir des valeurs seuils utilisées dans la réglementation, telles que la PNEC (ex. : réglementation REACH) ou la NQE (Directive Cadre sur l'Eau)	En cas d'analyse d'échantillons environnementaux (ex. : eau de rivière), le prélèvement et le stockage des échantillons peuvent « fausser » la mobilité et la biodisponibilité des polluants présents

IV- l'oursin et son rôle dans la biosurveillance :

L'oursin *Paracentrotus lividus*, joue un rôle déterminant dans la structure et l'évolution des phytocénoses benthiques (Nedelec, 1982 ; Nedelec et Verlaque, 1984), par conséquent, toute modification de leur densité ou composition démographique (Delmas et Regis, 1984 ; 1985).

P. lividus jouent également un rôle important comme bio-indicateur et un bioaccumulateur de la pollution et d'évaluation de la qualité des milieux marins côtiers de Mostaganem, pour diverses raisons :

- le fait qu'il tient un rôle clé dans l'écosystème méditerranéen (herbier de Posidonies notamment) (Boudouresque et Verlaque, 2001),

- Sa large distribution en Méditerranée et particulièrement sur les côtes rocheuses de Mostaganem (Guendouzi, 2011).

En effet, selon (Demnati et al. (2002) les oursins, par leur pouvoir élevé de concentration des métaux, leur pouvoir à survivre dans des conditions dans lesquelles d'autres organismes seraient éliminés et par leur large distribution, représentent d'excellents bioindicateurs si ce n'est les meilleurs.

PARTIE 3 :
SECTEUR D'ÉTUDE

1- Données générales sur la wilaya de Mostaganem

C'est une ville portuaire de la Méditerranée, située au nord-ouest de l'Algérie, en bordure du golfe de Mostaganem, à 80,7 km à l'est d'Oran et à 363 km à l'ouest d'Alger. Elle est l'une des plus importantes villes de l'Ouest et du littoral algérien(ONS, 2008).

Le climat de Mostaganem se caractérise par une température douce à moyenne étant de 24 °C (Tableau 3), se définis par une alternance quasi quotidienne des brises de mer et de terre et par un climat semi-aride à chauden été et tempère en hiver sur l'étruite bande côtière (l'ONT algérien 20 novembre 2018).

Tableau 03 : Climat annuel de Mostaganem (Climate-Data.org.2022)

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Température moyenne (°C)	10.9	11.4	13.6	16.1	19.4	23.5	26.3	26.9	24	20.6	15.1	12.1
Température minimale moyenne (°C)	7.2	7.5	9.5	11.8	15	18.7	21.5	22.3	20	16.6	11.6	8.6
Température maximale (°C)	15	15.7	18.3	20.8	24.1	28.6	31.7	32.2	28.8	25.3	19	16.1
Précipitations (mm)	56	45	44	38	24	4	1	3	15	34	74	49
Humidité(%)	78%	75%	74%	70%	68%	63%	62%	64%	67%	71%	74%	77%
Jours de pluie (jrée)	6	5	5	5	3	1	0	0	2	4	7	6
Heures de soleil (h)	7.3	8.1	9.0	10.1	11.1	11.9	11.9	11.1	10.1	9.0	7.6	7.1

Le territoire de Mostaganem s'étend sur une superficie de 2,269 Km² avec 124 Km de côtes et la wilaya dispose d'un large littoral avec de merveilleuses plages et diverses potentialités touristiques (Fig.16).

Le littoral est composé de plages, plus accessibles à l'ouest qu'à l'est, cela a incité les autorités à y identifier une quinzaine de zones d'expansion touristiques, dont certaines sont aujourd'hui en partie exploitées (Boukhlef, 2007).



Figure 20 : Carte de la Wilaya Mostaganem(d-maps.2022)

2- Présentation du site d'étude :

La collecte des échantillons s'est faite depuis deux stations au niveau de la wilaya de Mostaganem à savoir : « le port de Salamandre » considéré lors de cette étude comme étant un site pollué ainsi que le site de « Sidi El Majdoub » pris pour site référentiel).

2-1 Le port de Salamandre:

Le point d'échantillonnage exact des spécimens étudiés depuis le site pollué se positionnent à ($35^{\circ} 55' 13.78''N$; $0^{\circ} 03'21.63''E$), à une distance de 2.81 Km à l'ouest du centre de la ville de Mostaganem (Fig. 17)

Le site est exposé aux vents dominants fort « nord-ouest », et par conséquent exposé à différentes formes de pollutions(urbaine, industrielle, Pollution physique/chimique, Pollution par des métaux lourds, Pollution organique ou bactérienne, pollution biologique, pollution par les eaux usées)(**KHEDIMI F, BACHKET.E, 2020**).

Le choix de ce site était fondamental car il représente un lieu lointain du quai de débarquement (lieu dissimulé du contrôle), les navires effectuent leur dégazage la majorité du temps dans cette partie du port l'opération peut être nocive et polluante. (**DPRH ,2020**)



Figure21 : Position géographique du premier site d'étude (Port de salamandre)

2-2 Sidi El Majdoub :

Certains l'appellent Kharrouba, mais cette plage prend le nom de Sidi El Majdoub (Fig.18). Elle est située à trois kilomètres à l'Est du centre-ville de Mostaganem, entre le cap de Salamandre à l'ouest et la plage de Sonakter à l'Est sur un étendu de 124 km. Les coordonnées géographiques se présentent comme suit : **Latitude: 35 ° 57'57"N ; Longitude: 0 °0 5'28"E**. Notre choix s'est porté sur cette zone comme étant référentielle pour plusieurs raisons, notamment le fait qu'elle se positionne loin du port et de toute source de pollution dans toutes ses nature (agricole, industrielle,...etc), mais aussi humaine et cela est dû à la difficulté d'accès à ce site composé principalement de roche saillantes et qui fait dos à une vaste forêt. On en voit aucun recensement de station d'épuration ni de dessalement aux alentours, ce qui confère encore plus de netteté et de propreté à ce site loin de tout déversement susceptible de modifier les paramètres physico-chimiques de la station d'étude et qui se voit très riche en biodiversité floristique et faunistique selon les premières constatations faites in-situ.



Figure 22 : Position géographique du deuxième site (SIDI EL MAJDOUB)

PARTIE 4 :
MATÉRIEL ET MÉTHODES

1- Technique d'échantillonnage

1-1. Prélèvement :

Le protocole d'échantillonnage prévoit un prélèvement par mois en raison de trois mois (Mars, Avril, Mai) depuis deux stations à savoir le port de Salamandre et Sidi El Majdoub. 15 spécimens sont récoltés à partir de chaque site entre 9h et 11h à une profondeur allant d'un à 2 m (**fig 24**). Le transport des spécimens se fait dans une glacière pour maintenir les conditions du milieu stable et sont traités suite à cela le jour même au laboratoire (**fig 23**)



Figure 23: Récolte des spécimens d'oursins



Figure 24 :Le transport des spécimens

1-2. Traitement au laboratoire:

Au laboratoire les échantillons sont nettoyés et arrangés sur la paillasse. L'eau de mer utilisée lors des Bio essais provient du même site d'échantillonnage lors de ces tests biologiques, seuls les individus matures sont concernés et l'expérimentation se déroule en deux parties qui se présentent comme suit :

1-2-1. Frai et fertilisation :

L'eau de mer provenant des sites « port de Salamandre » et « sidi el Madjdoub » est filtrée à l'aide d'un système de filtration à pompe péristaltique en utilisant un filtre millipore 0,45um afin d'éliminer les débris et les microorganismes(EMF). Une quinzaine d'oursins matures ont été lavée avec cette même eau de mer filtrée, puis la ponte est induite par injection de 0,5 ml d'une solution de KCl à 0,5M dans la cavité coelomique (**Harvey, 1940**)(Fig 25).



Figure 25 : Injection du KCL

1-2-2 Libération des gamètes :

Quelques minutes après l'induction du kcl les gamètes des oursins mâles (fil blanchâtre) et femelles (fil orangé) sont libérées, et se décomptent au fond du bécher(**fig 26**)

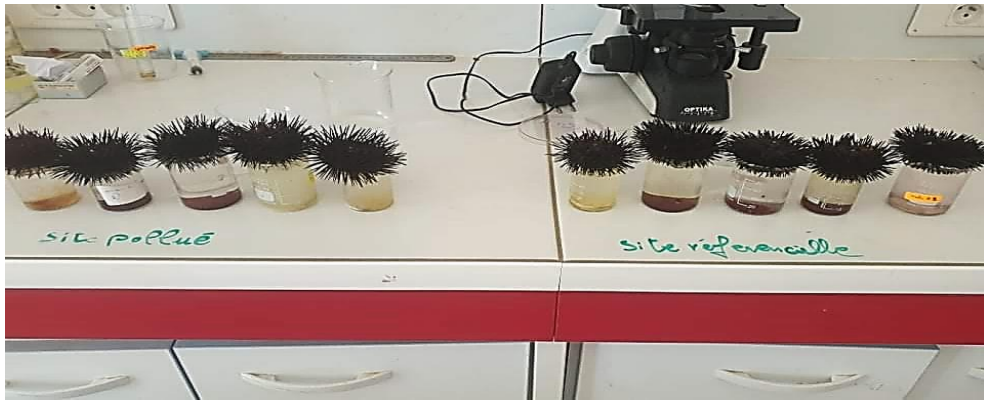


Figure 26 : Libération des gamètes male et femelles (oranges et blanches),

L'analyse a été réalisée en fécondant les œufs de 5 femelles individuellement par le sperme poolé de 3 mâles. Les boîtes de pétrie sont remplies par d'eau de mer filtrée (10 ml). Dans chaque boîte, on a ajouté 300 μ l de gamètes femelles avec environ 60 μ l de sperme poolé (Fig 27).

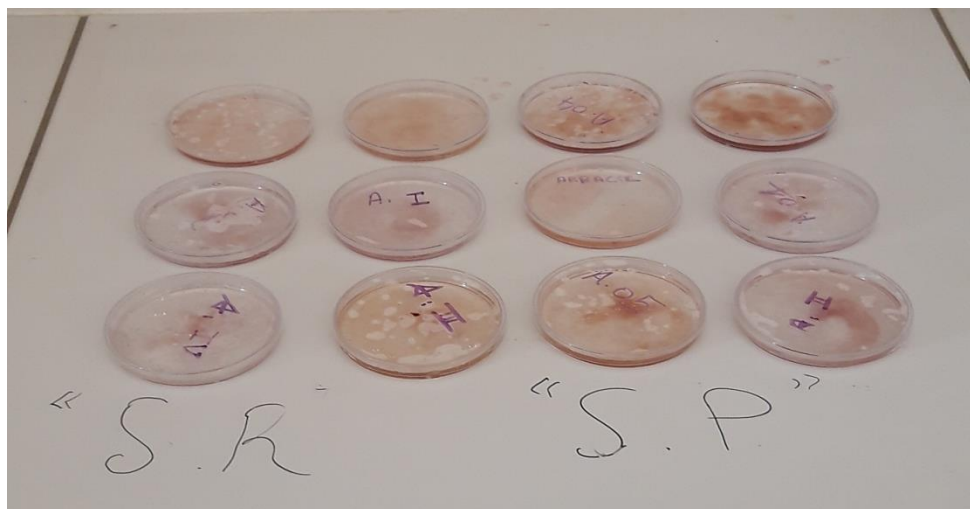


Figure 27 : Application du test du développement larvaire de l'oursin.

Après un bon moment de contact (environ 45mn) et une mise sous éclairage, la qualité et le succès des fécondations sont vérifiés sous microscope inversé par l'élévation d'une membrane de fécondation.

Au bout de 72 heures, les larves sont fixées au formol dilué à 8% (4 à 5 gouttes par puits). Par la suite, les boîtes sont laissées de côté. Le nombre des différents stades de développement embryonnaire est ensuite observé (Pluteus compris), au niveau de chaque boîte.

MATÉRIEL ET MÉTHODE

Les différents stades sont distingués et dénombrés sous photo microscope inverse(**fig28**) selon les critères morphologiques adaptés de **Warnau et Pagano (1994)**

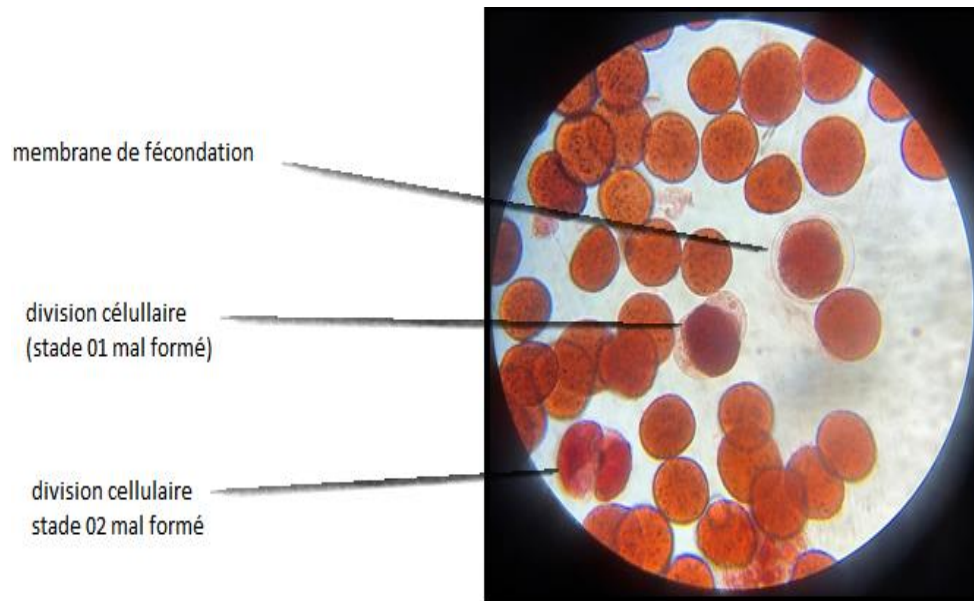


Figure 28 : Observation microscopique des ovocytes (x40).

PARTIE 5 :
RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les systèmes aquatiques continentaux et marins représentent des réceptacles pour la quasi-totalité des contaminants, via les apports directs et Indirects (Peljnenburg et al, 1997); dans ce volet, les recherches sur l'action des polluants sur le développement de l'œuf d'oursin forment une importante contribution aux progrès de nos connaissances dans le domaine de la détermination embryonnaire.

I-réalisation de la fécondation :

Depuis longtemps, l'oursin est un modèle privilégié pour les recherches sur le développement, de plus la fécondation et la croissance externe des embryons, leur cycle de division cellulaire rapide, ainsi que leur transparence, donne à l'oursin une place dans le domaine de l'écotoxicologie (Quinlou et al1997;Guillou et al 1993).Les biotests permettent d'évaluer les niveaux d'effets des polluants. ILS fournissent une réponse globale par rapport aux développements larvaires exposés à une variété de polluants chimique. Après la réalisation de la fécondation entre œuf et spermatozoïde (Fig.29). Les malformations larvaires sont déterminées par un balayage des lames au microscope optique sur plusieurs œufs soumis naturellement à une forte pollution depuis le port d'étude choisi.

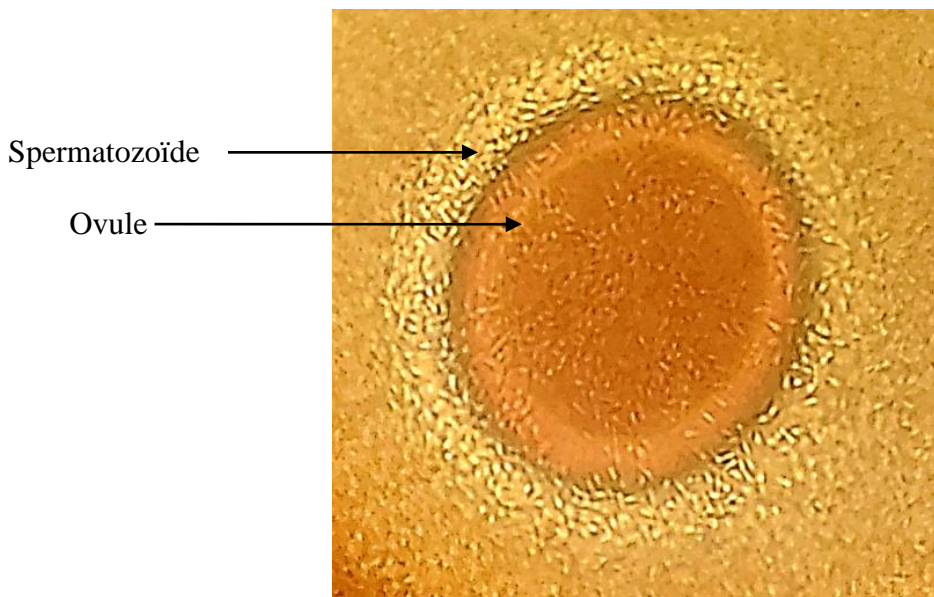


Figure 29 : Réalisation de la fécondation entre les gamètes mâles et femelles

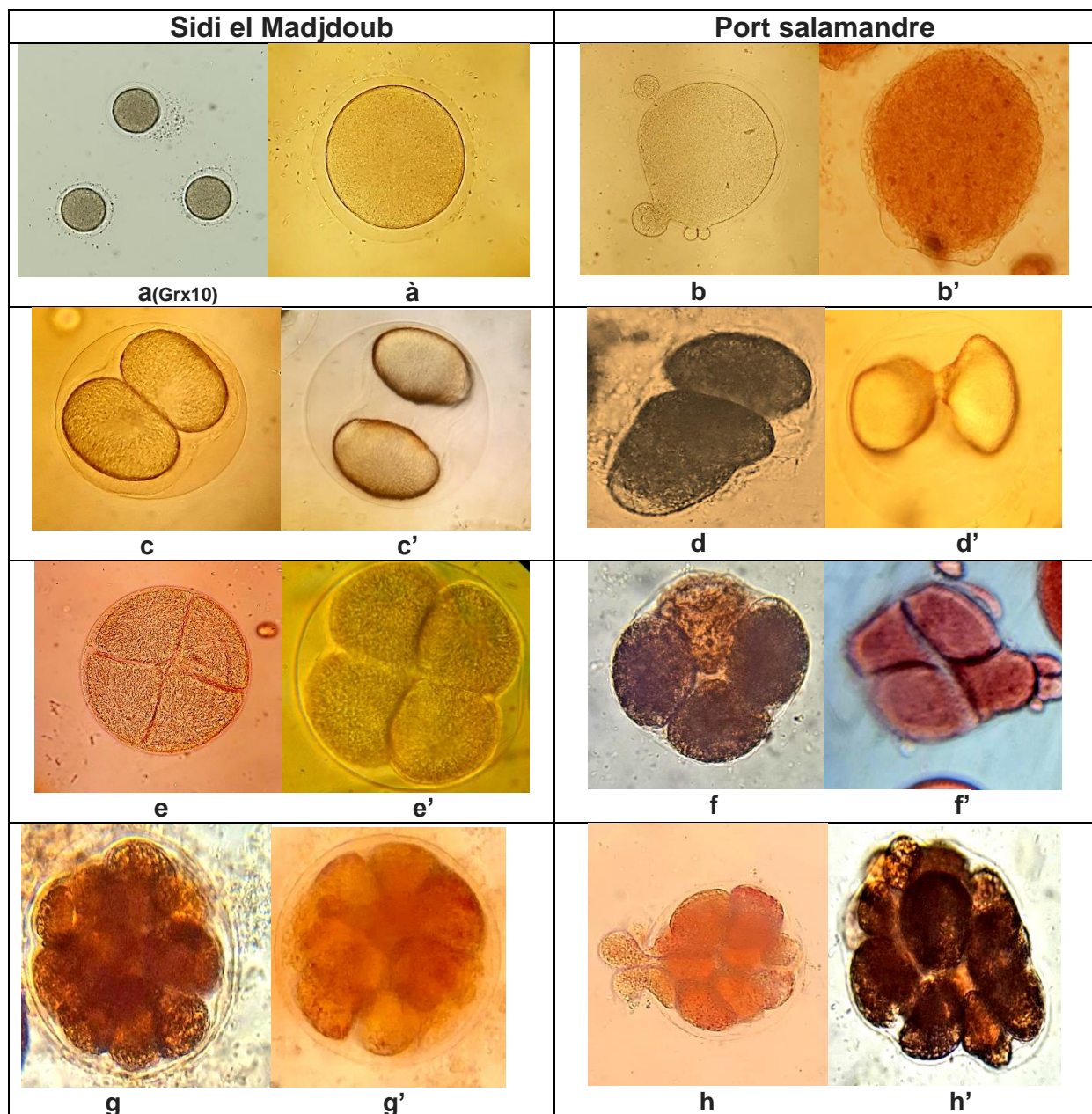
II-les différents stades de développement embryonnaire des deux sites d'études :

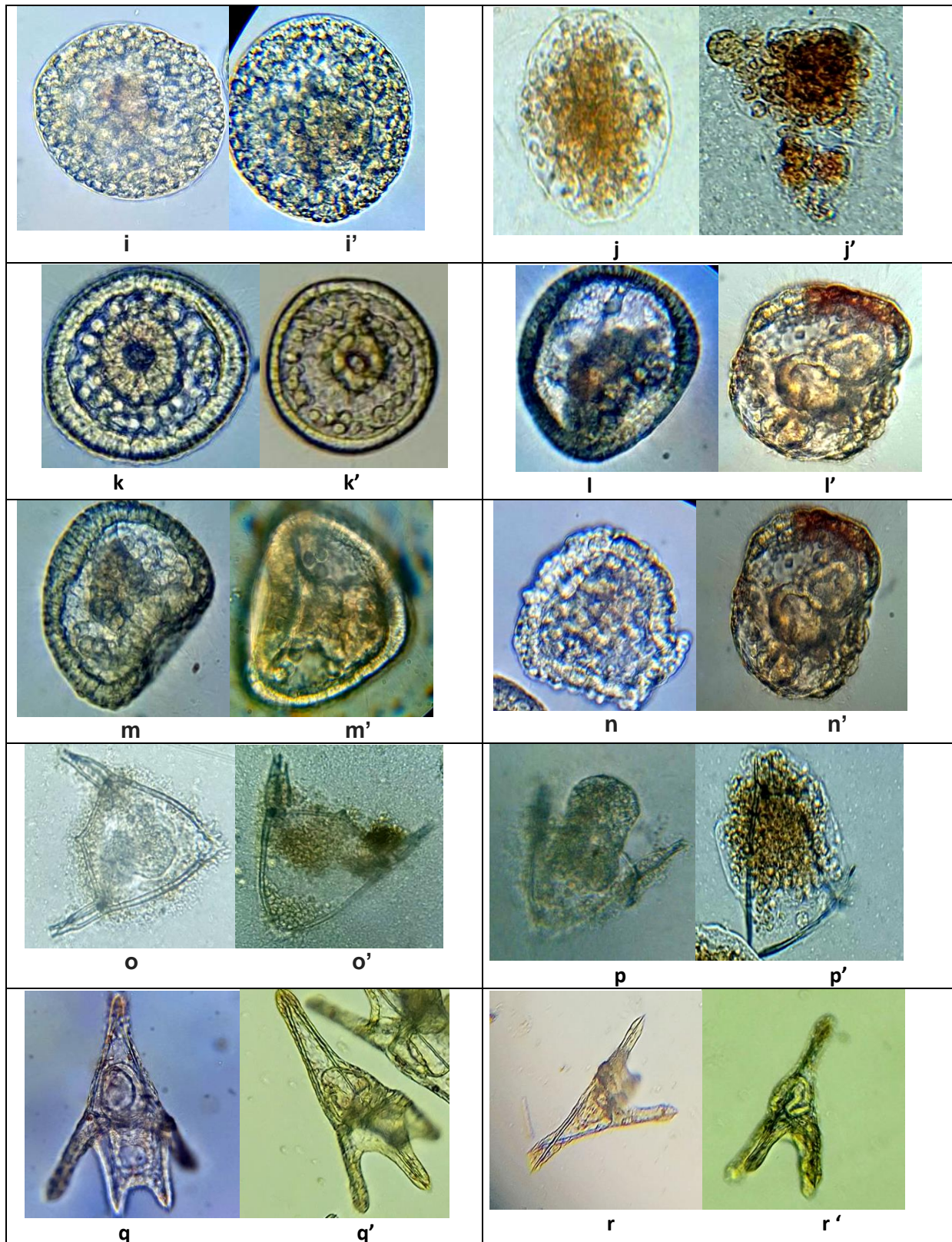
De nombreux auteurs s'accordent à souligner que la sensibilité des larves et des juvéniles est bien supérieure à celle des adultes. Les stades embryonnaires des invertébrés

marins dont font partie les oursins sont plus sensibles aux polluants et aux changements environnementaux tels que l'augmentation de la toxicité des éléments métalliques. Plusieurs tests et travaux effectués par **Pagano et al. (1988)** et **Dinnel (1990)** soulignent diverses anomalies de développement à différents stades embryonnaires, provoquées par les polluants.

Les effets des polluants existants dans le milieu étudié de nature et de concentration très variées marquent des malformation et arrêts de développement et de division à tous les stades (de l'œuf au Pluteus) (**Tableau 4**)

Tableau 4: illustration des différents stades de clivage observés sur les deux sites d'étude (Grx40)





Le développement embryonnaire chez *Paracentrotus lividus* passent par plusieurs stades. Au tableau 4 (a, à) représentent le clivage au stade UN blastomère à sa forme référentielle depuis une fécondation réalisée sur des spécimens issus de site plus au moins

propre. A l'inverse les figures (b, b') représentent le stade **UN** portant des malformations larvaires, à savoir un cytoplasme débordant de la membrane de fécondation ainsi que la non régularité de cette dernière.

(c, c') représentent quant à elle le stade **DEUX** blastomères parfaitement formés au site de Sidi El Madjdoub contrairement au site du port de Salamandre qui à cause de sa forte pollution présentent des malformations (d, d') démontrée par l'inégalité des blastomères observés.

(e, e') illustrent le stade **QUATRE**, avec une observation microscopique (Grx40) révélant la perfection de leurs division face à des blastomères inégaux au site pollué (f, f').

La même observation à été faites sur le stade **8, 16** ainsi que **BLASTULA** ((g, g'), (h, h'), (i, i'), (j, j')).

Au stade jeune **MORULA** (k, k') le développement est sans aucun défaut apparent, où on peut observer la migration cellulaire vers la périphérie et la formation d'une cavité centrale (coelome), à l'inverse, on ne voit qu'un arrêt de division à la figure « l » ainsi qu'une malformation à la figure l'.

Concernant le stade **MORULA** avancé (m, m'), l'invagination de l'archentéron a bien eu lieu et la cavité gastrique est parfaitement observable. A l'inverse (n, n') illustre des **MORULA** à l'arrêt de développement .

Le stade **PRISME** fusiforme (o, o') est très bien visible, marquant le début de formation des quatre baguettes somatiques. Sur les figures (p, p') on peut voir que la pollution a pu influencer sur le bon déroulement du développement du **PRISME**, avec la non formation des deux autres baguettes somatiques (p) ainsi que la malformation complète à la figure (p').

Finalement le dernier stade du développement embryonnaire (**PLUTEUS**) est représenté aux figure (q, q'), témoignant de la succession parfaite de la division cellulaire depuis le stade **UN** jusqu'à ce dernier à la station de Sidi El Madjdoub. Au site du port de Salamandre le **Pluteus** n'a pas pu achever sa résistance. Les anomalies morphologiques qui affectent la larve **Pluteus** de *Paracentrotus lividus* sont résumées par klockner et al.(1985) dans la figure 30. Dans notre expérience, on a pu observer deux anomalies dont la première est représentée par un chevauchement des baguettes somatiques (r), et la deuxième étant une cavité centrale gastrique irrégulière (r').

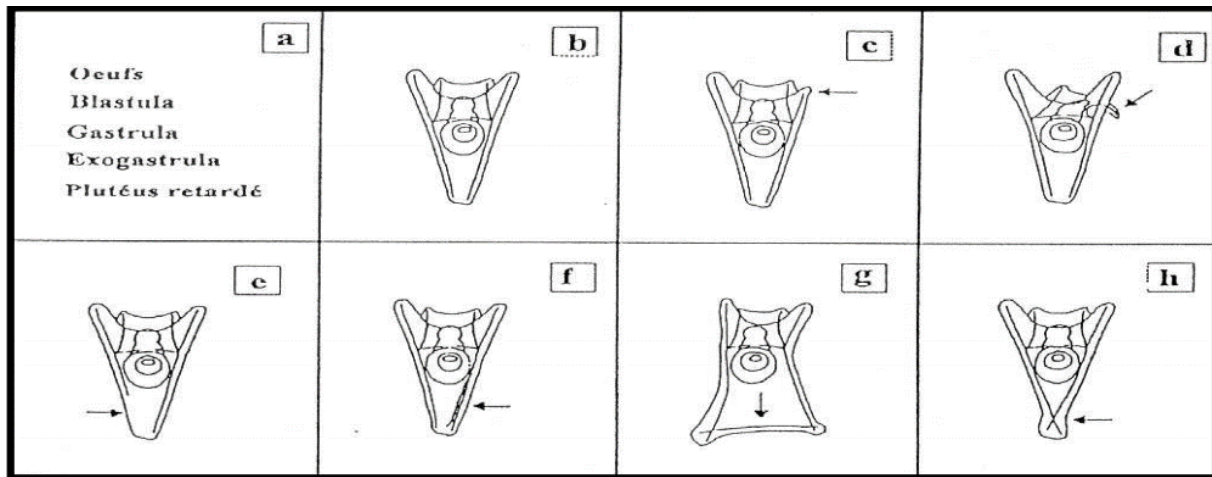


Figure 30 : Les différentes anomalies embryonnaires et larvaires chez *Paracentrotus lividus* (d'après Klockner et al, 1985). (a) : développement retardés ; (b) : développement normal. (c) : longueur inégale des baguettes somatiques ; (d) baguette antéro latérale tordue ; (e) : une baguette somatique plus courte ; dédoublement d'une baguette somatique ; (g) : surnombre des baguettes somatiques et (h) : chevauchement des baguettes somatiques.

III-résultats similaires :

Nos résultats vont dans le même sens que ceux observés par (OMAR ROUANE_HACEN et al 2018) qui eux ont pu observer qu'une contamination significative en polluant métallique sur l'oursin issu de la côte ouest algérienne atteint directement leur développement et altère leur capacité physiologique.

Latfaoui Hafsa en 2017, a pu démontrer que l'oursin commun récolté sur la baie du Béni-Saf ne laisse aucun doute quant à la concentration des polluants d'insecticide organochloré lindane, et une absence totale d'insecticide organochloré DDT. Ce qui influence directement sa reproduction ainsi que la qualité de sa gamétogénèse.

Oulhiz A et al, 2014, a évalué la qualité de l'environnement marin de la côte de Mostaganem en passant par l'oursin violet *Paracentrotus lividus*. Les résultats ont montré que la qualité du développement larvaire de *P. lividus*, révélée a confirmé un état général satisfaisant sur le site de Stidia. Or, le site de Kharouba, montre des signes de dégradation de l'environnement avec le plus faible pourcentage de larves normales (71,2%) contre le pourcentage le plus important au site témoin de Stidia (94,9%).

L'étude de **BOUKHELF et al, 2019** appuie notre conclusion sur la qualité du site d'études incriminé de Salamandre étant touché par une pollution métallique (xénobiotiques) observée aux gonades males et femelle influençant ainsi négativement la biologie de l'oursin.

AIT MOHAMED AMER en 2009 a confirmé par ses résultats aussi notre théorie du fait de la sensibilité de l'oursin commun aux polluants métalliques du point de vue de la reproduction et les différents stades de clivage abordés.

ELAKKERMI Mohammed en 2015 a observé un développement gonadique plus fort chez les populations d'oursins de Salamandre contre ceux de Stidia où les conditions trophiques sont meilleures, témoigne que les oursins de Salamandre utilisent une stratégie différente de reproduction. La richesse en matière organique de ce site est l'explication de ce meilleur rendement gamétogénique, et la conséquence directe d'une croissance somatique plus importante, où les oursins acquièrent des tailles meilleures avec un allongement avantageux des piquants.

Hall et Golding, 1998 ; Volpin Ghirardini, 2005 ; His et al, 1999 ; Manzo, 2008 ; Mannaert, 2007 ; Pétinay, 2010 ; Chataigné et Bassuyaux, 2009 ; ont tous conclu qu'une faible contamination en métaux trace affectée directement le développement embryonnaire en causant des malformations pratiquement à tous les stades.

Conclusion :

Le littoral se fragilise de jour en jour, ceci est dû à la pression anthropique qu'exerce l'homme sur son environnement en introduisant une panoplie de xénobiotique. Cette action fragilise les vivants qui se trouvent dans le milieu aquatique.

Notre étude a pris place dans la recherche en contribuant à déterminer l'action des polluant sur le développement embryonnaire d'un bio-indicateur très utilisé dans le domaine de la surveillance biologique et de l'écotoxicologique.

Entre les différents stades de développement de *P.lividus*, les embryons et les larves se sont montrés les plus sensibles et les mieux adaptés (développement rapide) pour étudier la toxicité des polluants.

Ce travail a pu montrer que le test d'embryotoxicité chez *P.lividus* permet d'évaluer le danger que représentent les polluants de plusieurs natures sur cette espèce benthique. Les résultats témoignent d'un développement embryonnaire marquant des arrêts, ainsi que des malformations au site du porte de Salamandre, ceci est dû sans doute aux particules chimique qui se retrouvent en liberté dans ce milieu. A contrario, la fécondation réalisée sur les spécimens issus du site d'étude Sidi El Majdoub a suivi un cheminement parfait des plans de clivage, du stade deux au stade Plueus, témoignant ainsi de l'épanouissement des oursins vivant dans ce milieu.

Il est donc urgent d'envisager des recherches plus poussées et une stratégie scientifique adéquate qui aura comme résultat la prise en charge des questions relatives aux sources de pollution nocives. Le suivi de la contamination côtière par les Echinodermes, reste jusqu'à aujourd'hui un excellent moyen de mise en évidence de la contamination du littoral.

Ce qui nous permet de poser des recommandations :

- Identification des polluants ainsi que leurs natures dans les milieux contaminés
- Etude de l'interaction entre les polluants et les barrières biologique et de la bioaccumulation à travers la chaine trophique.
- Utilisation d'autres bioindicateurs d'Echinodermes et évaluation de la sensibilité ou de la résistance de ces derniers face aux polluants.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adams WJ, Green A. 2003.** Inverse relationship between bioconcentration factor and exposure concentration for metals: implications for hazard assessment of metals in the aquatic environment. *Environ Toxicol Chem* 22:1017-1037
- Agnetta D., Badalamenti F., Ceccherelli G., Di Trapani F., Bonaviri C. et Gianguzza P. 2015.** Role of two co-occurring Mediterranean sea urchins in the formation of barren from *Cystoseira* canopy. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 152: 73-77.
- Agnetta D., Bonaviri C., Badalamenti F., Scianna C., Vizzini S. et Gianguzza P. 2013.** Functional traits of two co-occurring sea urchins across a barren/forest patch system. *Journal of Sea Research*, 76: 170-177.
- 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.
- Angerville R. 2009.** Ecotoxicological risks assessment related to urban stormwater discharges in waterways: application to a french city and a Haitian city. Ph.D. Thesis. Lyon: INSA de Lyon. 485 p.
- Azzolina J.F. 1988.** Contribution à l'étude de la dynamique de populations de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lmck). Croissance, recrutement, mortalité, migrations. Thèse Doct 3eme cycle, Univ Aix-Marseille II, 225p
- Boudouresque C.F. et Verlaque M. 2001.** Ecology of *Paracentrotus lividus*. In Lawrence J.M. ed: *Edible sea urchins: biology and ecology*, Amsterdam: Elsevier Sciences, 177-216.
- Boukhelf K. 2007.** Etude de l'écosystème marin d'oued Sadaoua Sidi Lakhdar Mostaganem. (Étude hydrologique, bactériologique et physicochimique). Mém. Ingénieur D'Etat. Ressources Halieutiques. Université de Mostaganem. Fac. Des. Sciences et Sciences de l'Ingénieur. Dép. des Scie. De la Mer et des Ressources Halieutiques.60
- BOUKHLEF ,k ,2012-**Données biométriques, indices physiologiques et dosages des métaux lourds chez l'oursin comestible *paracentrotus lividus* (lamark,1816) dans la région de Mostaganem (Algerie).mem.mag.univ .
- D-Ait Mohammed Amer Lilia).33-118** DeForest, D. K. & Schlekat, C. E. (2013). Species sensitivity distribution evaluation for chronic nickel toxicity to marine organisms. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 9, 580-589

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Depledge and Fossi 1994. The rational basis for the use of biomarkers as ecological tools. In Non destructive biomarkers in vertebrates (eds M.C. Fossi & C. Leonzio), Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 271-295

DeRidder C., 1986. les échinides ; in Guille,A., Laboute, P., Menou,J.L., (eds).Guide des étoiles de mer oursins et autre échinodermes du lagon de Nouvelle-Caledonie, Coll, Faune

DERMACHE, S, 2010 : Indices physiologiques, métaux lourds et Bioessais chez l'oursin commun *Paracentrotus lividus* (Lmk 1816) de la cote Oranaise (Algérie Ouest).picale,ORSTOM , Pris. differents localities, 1. General N.Z Mar.Freshwat.Res., 4 (2), 91-116.

Dix, T.G., 1970 - Biology of *Erechinus chloroticus*(Echinoidea: Echinodermata) from

DPRH ,2020) 17 juillet 2020 ... Communiqué de la Dirigeante principale des Ressources humaines envoyé le 17 juillet 2020.

Ebert T.A, 1968 - Growth rates of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* related to food availability and spine abration.Ecology. 49:1075-1091 Echinodermes-Stomacordés-Procordés. Edit. Masson, Paris, 1077p. Ecol. Monogr. 47:337-371 Walker, C. W (1982). Nutrition of gametes. In: Jangoux,

EPA 2002 - Guidelines for Ensuring and Maximizing the Quality, Objectivity, Utility, and Integrity of Information Disseminated by the Environmental Protection Agency (PDF)(61 pp, 329 K)

FISCHER, W ; SCHEINDER, M ; ET BOUCHOT, M .L ; 1987- Fiches FAO

Forbes, V.E. & Forbes, T.L. (1997). Ecotoxicologie, théorie et applications. INRA Editions, Versailles, 256 p Gonadique) et dosage des métaux lourds chez l'oursin commun *Paracentrotus lividus*

Gonor.J.J.1973 -Reproduction cycles in Oregon populations of the echinoid *Strongylocentratus purpuratus* (Stompson). Annual gonad growth and ovarian gametogenic cycles .J.exp.mar.Biol.Ecol. 12:45-64.

Grasse P. (1948). Traité de zoologie : Anatomie, Systématique, Biologie. T. XI.

Grosjean F., 2001. Growth model of the reared sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck,

Harvey, E.B., 1940 - KCL method. Biol.Bull.Mar.Biol.Lab. Woods. Hole 79: 363.

Horstadius S. 1973- Experimental embryology of echinoderms. London: Clarendon Press.

Hunt CG and Bischoff Al (1960) Inimical effects on wildlife of periodicDDD applications to Clear Lake, Caltonia Fish and Game 45.91-106

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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

KEATS D W, STEELE D.H., SOUTH G.R.,1984 a –Depth. Recherche d'écologie comparée sur *Paracentrotus lividus* (Lamarck.) et *Arbacia lixula*(L.).Rec. Trav.Stnmar. Endoume.Fr.25 (39).47-116

LAWRENCE J, LANE, J.M 1982 -The utilisation of nutriments by post metamorphic echinoderms .In Echinoderm nutrition,Jangoux M & Lawrence J.M eds., Belkema publ.Rotterdam

LAWRENCE J.M., LALWRENCE A.L. et HOLLAND M.O., 1987. annual cycle in the size of the gut of the purple sea-line, *Strongylocentrotus purpuratus* (Stimpson).Nature, 205(4977), .1222. *lividus*(Lmck) et *Arbacia lixula*, L) Aspects écologiques de la microstructure du squelette et de l'évolution des indices physiologique. Thèse de Doctorat d'état, Univ. Aix-Marseille III.

l'ONT algérien 20 novembre 2018). JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 70. 20 Rabie El Aouel 1440. 28 novembre 2018. 4. Décret présidentiel n° 18-287 du 9 Rabie El Aouel 1440. (O.F.Muller), in relation to the nature and availability of food. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 12 pages 1816) Thèse PhD., U.L.B., Belgique. 80:77-91.

Marigómez, in Encyclopedia of Toxicology (Third Edition), 2014). Pollutant-specific and general lysosomal responses in digestive cells of mussels exposed to model organic chemicals. Aquatic Toxicology, 64, 235-257. Marseille Fr., : 221 p+I-VI+12 pl.h.t.

McClay DR, Peterson RE, Range RC., 2000- A micromere induction signal is activated by beta-catenin and acts through notch to initiate specification of secondary mesenchyme cells in the sea urchin embryo. Development; 127: 5113-22.

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

Oran.p150+Annexes. D'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37. Révision I. Vol I. Végétaux et Invertébrés .p 760 D'identification des espèces pour les besoins de pêche Révision I, Méditerranée, Mer noir

Pagano G., Esposito A., et Giordano G., 1982- Fertilization and Larval development in sea urchins following exposure of gamètes and embryos to cadmium. Arch. Environ. Contam. Toxicol, G.B, 11: 45-55.

Quiniou, F., Guillou, M., Judas, A., 1999- Arrest and delay in embryonic development in sea urchin populations of the bay of Brest (Brittany, France): linkwith environmental factors. Mar. Poll. Bull. 38, 401-406.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Quiniou., F., Judas, A., et Lesquer-André E., 1997- Toxicité potentielle des eaux et des sédiments des principaux estuaires de la rade de Brest évaluées par les deux bioessais. Ann. Inst. Oceano.Paris.

Refes W., 2011. Diversité et écologie des raies (Chondrichthyens – Rajidae) de la côte algérienne. Troisième congrès Franco-tunisien de zoologie (Tabarka – Tunisie, 3 – 7 novembre 2011): 49. Regis M. B., 1978. Croissance de deux Echinoides du Golfe de Marseille (Paracentrotus lividus(Lmck)) Aspects écologiques de la microstructure du squelette et de l'évolution des indices physiologique. Thèse de Doctorat d'état, Univ. Aix-Marseille III, Marseille Fr., : 221 p+I-VI+12 pl.h.t.

Regis M. B., 1978. Croissance de deux Echinoides du Golfe de Marseille (Paracentrotus

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

Regis M.B., 1979. Analyse des fluctuations des indices physiologiques chez paracentrotus lividus (Lmk) et Arbacia lixula (L).Du golf de Marseille. Tethys, France, 167-181. Rico V., 1989. Contribution à l'étude des préférences alimentaires et du comportement moteur de l'oursin régulier paracentrotus lividus. D.E.A., Fac, Sci. Luming,Univ.Aix.Marseille II, France.,41p. reproductive out put of the green sea urchin Stroglyo centrotus droebachiensis

Riddet, J.M., Platel, R., et Menier, F.J1992- Des protozoaires aux Echinodermes, éditeur des prépara grandes écoles médecine. Edition Marketing, Paris : 216pp

Sahnoun Z. 2009. Etude préliminaire des indices physiologiques (Indice de Réplétion, Indice

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.

Semroud R. et 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

Semroud R. et 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.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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

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 Boumedienne (USTHB), Alger. pp 147.

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

Vadas, R. L. 1977- Preferential feeding: an optimization strategy in sea urchins.

Verlaque M. 1987 Contribution a tétude du phytobenthos d'un écosysteme

Warnau, M., et Pagano, G. 1994- Developmental toxicity of PbCl₂ in the echinoid *Paracentrotus lividus* (Echinodermata). Bulletin Environmental Contamination and Toxicology, 53-434+441. Zone de pêche 37 vol I, végétaux et invertébrés : pp715-739