

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

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



**DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE**

N°...../SNV/20

**MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES**

Présenté par

**GHALEM Ghaniyya**

Pour l'obtention du diplôme de

**Master**

**En Hydrobiologie Marine Et Continentale**

**Spécialité: RESSOURCE HALIEUTIQUE ET EXPLOITATION DURABLE**

**THÈME**

**Soutenue publiquement le 05 /06/ 2016 DEVANT LE JURY**

Président	Mr. KHERRAZ Ali	MCB U. Mostaganem
Encadreur	M. SOUALILI Dina Lila	MCA U. Mostaganem
Examineurs	Mr. BELBACHIR Nor-eddine	MAA U. Mostaganem

*Promotion 2015-2016*

## ***ABSTRACT***

A study of the reproduction of the black sea urchin *Arbacia lixula* from Mostaganem coastline was conducted at once site rocky, rich in photophilous algae but disturbed by pollution (urban and industrial discharges) and high port activity. This work, spread over 3 months (february 2016-april (**Salamander**) 2016) and performed on 81 individuals, consisted to follow the monthly evolution of physiological indices (gonad index and index of repletion), the Sex-ratio.

The **Sex-ratio** is slightly in favor of males with a slight monthly alternating between the sexes. According to the gonad index, the Spawning period is located in the mars and is possibly trigger by temperatures (20-23 C°).

The **Allometric relationships** between different morphological parameters, diameter and height of the test without spines, height and diameter of Aristotle's lantern, diameter of the test without spines and diameter of Aristotle's lantern, test diameter without spines and wet weight, test height without spines and wet weight, demonstrate the existence of a more than average allometric relationship between these different growth parameters and reflect the flattening test of the black sea urchin *A.lixula* that can be regarded as a form of adaptation to its middle.

**Keywords:** *Arbacia lixula*, Salamander, physiological indices, sex-ratio, Spawning, allometric relationships, gonad index, repletion index.

# ملخص

دراسة التكاثر عند قنفذ البحر الأسود *A.lixula* قد أجريت في ولاية مستغانم في موقع واحد (صلامندر) صخري، غني بالطحالب *Photophiles* ولكن متأثر بالتلوث (نفايات حضرية وصناعية) ونشاط مينائي قوي. هذا العمل موزع على 3 أشهر (فيفري 2016-أفريل 2016) أجري على 81 فرد، وكان لمتابعة التطور الشهري للمؤشرات. (مؤشر الغدد التناسلية والمؤشر المعوي)، نسبة الجنس (Sex-ratio).

نسبة الجنس كانت قليلة لصالح الذكور مع تناوب شهري طفيف بين الجنسين. وفقا لمؤشر الغدد التناسلية، فإن فترة الإباضة تقع في شهر مارس، ومن المحتمل أن تكون درجات الحرارة (20-23 درجة مئوية) هي الفاعل المحرك.

والعلاقات الألوومترية بين مختلف العالم المورفولوجية. قطر وارتفاع القنفذ بدون أشواك، قطر وارتفاع فك القنفذ، قطر القنفذ بدون أشواك وقطر فك القنفذ، قطر القنفذ بدون أشواك والوزن الرطب، وارتفاع القنفذ بدون أشواك والوزن الرطب، تثبت وجود علاقة أكثر من المتوسط بين مختلف معالم النمو وتعكس تسطح قنفذ البحر الأسود *A.lixula* كشكل من أشكال التكيف مع بيئته.

**كلمات المفاتيح :** *Arbacia lixula*، صلامندر، المؤشرات الفسيولوجية، نسبة الجنس، الإباضة، العلاقات

الألوومترية، مؤشر الغدد التناسلية، المؤشر المعوي.

## **RESUME**

Une étude de la reproduction de l'oursin noir *Arbacia lixula* a été réalisée à Mostaganem dans un seul site (**Salamandre**), caractérisé par un substrat rocheux, riche en algues photophiles mais perturbé par la pollution (rejets urbains et industriels) et une forte activité portuaire. Ce travail, étalé sur trois (03) mois (février 2016-avril 2016) et effectué sur 81 individus, a consisté à suivre l'évolution mensuelle des indices physiologiques (indice gonadique et indice de réplétion), du Sex-ratio et à déterminer les relations allométriques entre les différents paramètres mesurés au niveau du test et de la lanterne d'Aristôte.

Les résultats ont montré que le **Sex-ratio** est légèrement en faveur des mâles avec une légère alternance de dominance mensuelle entre les sexes. Selon l'indice gonadique la période de ponte débute au mois de mars et que le facteur déclencheur est liée aux températures favorables, qui se situent entre (20-23 C°).

Les **relations allométriques** entre les différents paramètres morphologiques, diamètre du test sans piquants, hauteur et diamètre de la lanterne d'Aristote, diamètre du test sans piquants et diamètre de lanterne d'Aristote, diamètre du test sans piquants et poids humide, hauteur du test sans piquants et poids humide, démontrent l'existence d'une relation allométrique plus que moyenne entre ces différents paramètres de croissance et témoignent de l'aplatissement du test de l'oursin noir *A.lixula* pouvant être considéré comme une forme d'adaptation à son milieu.

**Mots clés :** *Arbacia lixula*, Salamandre, indices physiologiques, Sex-ratio, ponte, relation allométriques, indice gonadique, indice de réplétion.

# REMERCIEMENTS

Au terme de ce modeste travail, je ressens aussi bien la joie que le devoir de remercier tous ceux et toutes celles qui nous ont aidé de près ou de loin à l'élaboration de la présente étude et qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à notre formation scientifique.

Je remercie très chaleureusement Mme SOUALILI, Maître de conférences A au département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture de l'université de Mostaganem, pour avoir eu la gentillesse d'accepter l'encadrement de ce travail de mémoire. Pour sa disponibilité et sa compréhension, pour m'avoir orienté et enrichie par ses conseils. Son soutien moral et ses encouragements m'ont été d'un grand apport. Je la remercie vivement.

Je remercie tous les examinateurs Dr KHERRAZ Ali, M. BELBACHIR pour s'être intéressés à mon travail et pour avoir accepté respectivement de présider ce jury et d'examiner ce travail. Qu'il me soit permis de leur exprimer ma sincère gratitude.

Un grand merci aux ingénieurs du laboratoire d'halieutique, notamment M KRIDECHE Mourad, et Mme Amina pour leurs disponibilités et soutiens.

Enfin, mes remerciements les plus intenses vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, j'espère n'avoir oublié personne, et si c'est le cas que j'en sois pardonné.

# D

# *édicace*

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents pour leur amour, leur  
patience et leurs encouragements avec

Toute ma gratitude et avec mon respect

Mes chères sœurs : Fatima, Fatiha, Fadhila et Hafida.

Mon frère : AZIZ.

Mes amis et sœurs : Malika et Zahia.

Mes amis de la promotion ressources halieutiques 2015-2016.

Tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près.

Tous ceux qui m'ont enseigné depuis le primaire jusqu'à l'université.

*Ghaniyya*

## **Index des Figures**

<b>N° Figure</b>	<b>Titre des figures</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Photo montrant l'oursin régulier <i>Arbacia lixula</i> (Linnaeus, 1758).	<b>06</b>
<b>2</b>	Photos montrant la morphologie externe de l'oursin <i>Arbacia lixula</i> Gauche : face orale, Droite : face aborale.	<b>08</b>
<b>3</b>	Test d' <i>Arbacia lixula</i> (Vue dorsale)	<b>09</b>
<b>4</b>	Radioles lisses, denses, pointues à la partie aborale, peu aplaties sur la face orale.	<b>10</b>
<b>5</b>	Les cinq dents visibles qui font partie d'un appareil masticateur complexe, la Lanterne d'Aristote.	<b>12</b>
<b>6</b>	Disposition penta-radiaire des gonades de l'oursin noir <i>A. lixula</i> . (à gauche : Mâle) et (à droite : Femelle).	<b>13</b>
<b>7</b>	Point d'échantillonnage à l'extérieur du port de <i>Salamandre</i> .	<b>23</b>
<b>8</b>	Echantillonnage de l'oursin <i>Arbacia lixula</i>	<b>24</b>
<b>9</b>	Mesures : pondérale (A), linéaires (B, C, D, E)	<b>25</b>
<b>10</b>	Liquide grenat émis par les <b>femelles</b> (à gauche) et blanchâtre produit par les <b>mâles</b> (à droite) d' <i>A. lixula</i> .	<b>26</b>
<b>11</b>	Abondances mensuels en pourcentages des mâles et des femelles au niveau de la salamandre.	<b>34</b>
<b>12</b>	Variation des indices physiologiques moyens (IGM, IRM) exprimés en mg/cm <sup>3</sup> au niveau de l'extérieur du port de Salamandre.	<b>36</b>
<b>13</b>	Evolution de l'indice gonadique moyen (IGm) en fonction de la taille des oursins chez <i>A. lixula</i> .	<b>38</b>
<b>14</b>	Evolution de l'indice de réplétion moyen (IRm) en fonction de la taille des oursins chez <i>A. lixula</i> .	<b>39</b>
<b>15</b>	Relation allométrique entre la hauteur (cm) et le diamètre (cm) du test sans piquants des oursins noirs, vivant à Salamandre.	<b>40</b>
<b>16</b>	Relation allométrique entre la hauteur de la lanterne d'Aristote (cm) et le diamètre de lanterne d'Aristote (cm) des oursins noirs, vivants à Salamandre.	<b>42</b>
<b>17</b>	Relation allométrique entre le diamètre du test sans piquants (cm) et le diamètre de la lanterne d'Aristote (cm) des oursins noirs, vivant dans le Salamandre.	<b>43</b>
<b>18</b>	Relation allométrique entre le diamètre du test sans piquants (cm) et le poids humide des oursins.	<b>44</b>
<b>19</b>	Relation allométrique entre la hauteur du test sans piquants (cm) et le poids humide (g) des oursins noirs, vivants dans le site de Salamandre.	<b>45</b>

## **Index des tableaux**

<b>N° Tableau</b>	<b>Titre des tableaux</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Classification proposée par <b>Fuji (1960)</b> .	<b>29</b>
<b>2</b>	Sex-ratio calculé pour la population <i>A. lixula</i> , vivant dans le site Salamandre.	<b>33</b>
<b>3</b>	Pourcentages et sex-ratio mensuels de la population d'oursins noirs du site d'étude (Salamandre).	<b>34</b>
<b>4</b>	Evolution des indices physiologiques moyens exprimés en mg/cm <sup>3</sup> . Moyenne ± écart type pour l'ensemble d'une population d' <i>A. lixula</i> (Salamandre).	<b>35</b>
<b>5</b>	Evolution des indices physiologiques moyens (IGm et IRm) exprimés en mg/cm <sup>3</sup> (± écart type) des différentes classes de taille d' <i>A. lixula</i> .	<b>37</b>
<b>6</b>	Equation liant la hauteur(H) et le diamètre (D) du test sans piquants chez <i>Arbacia lixula</i> dans le site étudié.	<b>40</b>
<b>7</b>	Equation liant la hauteur ( <b>h</b> ) de la lanterne d'Aristote et le diamètre ( <b>d</b> ) de la lanterne d'Aristote chez <i>Arbacia lixula</i> .	<b>41</b>
<b>8</b>	Equation liant le diamètre ( <b>d</b> ) de la lanterne d'Aristote au diamètre ( <b>D</b> ) du test sans piquants chez <i>Arbacia lixula</i> .	<b>42</b>
<b>9</b>	Equation liant le Diamètre (D) du test sans piquants et le poids (PH) humide chez <i>A. lixula</i> .	<b>43</b>
<b>10</b>	Equation liant la hauteur (H) du test sans piquants et le poids humide (PH) chez <i>A. lixula</i> dans le site étudié.	<b>45</b>

## *Liste des abréviations*

**C°** : Degré Celsius

**A** : Avril

**Cm** : Centimètre

**Ca** : Calcium

**D** : Diamètre du test sans piquants

**d** : Diamètre de la lanterne d'Aristote

**E** : Est

**F** : février, Femelle, Frai

**FAO** : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

**Fe** : Fer

**G** : Gonade

**H** : Hauteur du test sans piquants

**IGm** : Indice gonadique moyen

**IRm** : Indice de réplétion moyen

**K** : potassium

**Km** : Kilomètre

**Lmck** : Lamarck

**M** : Mars, Mâles

**m** : Mètre

**mg** : Milligramme

**mg/l** : Milligramme par litre

**ml** : millilitre

**mm** : Millimètre

**N** : Nord

**NaCl** : Chlorure de sodium

**ng/l** : Nanogramme par litre

**O** : ouest

**PdCdF** : Poids frais du contenu digestif

**PdCdS** : poids sec du contenu digestif

***PdGF*** : poids frais des gonades

***PdGS*** : poids sec des gonades

***PH*** : poids humide de l'oursin

# Sommaire

Introduction.....	1
-------------------	---

## Premier chapitre

### Généralités

1. Généralités sur les échinodermes.....	3
1.1. Caractéristiques des échinodermes.....	3
1.2. Rôles écologiques des oursins .....	3
2. Les échinides ou oursins.....	4
2.1. Description des oursins.....	4
2.2. Systématique et caractéristiques des oursins .....	4
2.2.1. Systématique.....	4
2.2.2. Les oursins réguliers.....	4
2.2.3. Les oursins irréguliers.....	5
3. Historique sur l'espèce <i>Arbacia lixula</i> .....	5
4. Présentation de l'oursin noir <i>Arbacia lixula</i> .....	6
4.1. Classification et position systématique.....	6
4.2. Description.....	7
5. Synonyme et noms vernaculaires.....	7
5.1. Synonyme.....	7
5.2. Noms vernaculaires.....	8
6. Caractères morphologiques .....	8
6.1. Morphologie externe.....	8
6.1.1. Test et structures associées .....	9
6.1.1.1. Le test.....	9
6.1.1.2. Les tubercules .....	9
6.1.1.3. Les piquants ou Radioles .....	10
6.1.1.4. Les tubes ambulacraires ou podia.....	10
6.1.1.5. Les pédicellaires .....	11
6.1.2. Coloration de l'oursin noir <i>Arbacia lixula</i> .....	11
6.2. Morphologie interne .....	11

6.2.1. Le tube digestif.....	11
6.2.2. Système ambulacraire (aquifère).....	12
6.2.3. L'appareil reproducteur .....	12
7. Biologie et écologie d' <i>Arbacia lixula</i> .....	13
7.1. Habitat .....	13
7.2. Alimentation .....	14
7.3. Reproduction et développement d' <i>Arbacia lixula</i> .....	15
7.4. Ethologie .....	17
8. intérêt écologique .....	17
9. Effet d' <i>Arbacia lixula</i> sur les écosystèmes marins .....	19

## *Deuxième chapitre*

### *Matériel et méthodes*

3.1. Présentation de la zone d'étude.....	20
3.1.1. Présentation de la Mer Méditerranée.....	20
3. 1.2. Présentation de la baie de Mostaganem.....	20
2.1.3. Données générales sur la wilaya de Mostaganem.....	20
3.1.4. Condition environnemental du Milieu .....	21
3.1.4.1. L'hydrodynamisme.....	21
3.1.4.2. La température.....	21
3.1.4.3. La salinité .....	22
3.2. Choix des stations d'étude.....	22
3.2.1. Le site de salamandre (extérieur du port).....	22
3 .3. Échantillonnage .....	23
3. 4. Traitement au laboratoire.....	24
3 .4.1. Mesure des indices biométriques.....	24
3. 4.2. Dissection et pesées des oursins .....	24
3.5. Le sex-ratio .....	26
3.5.1. Rappel théorique.....	26

3.5.2. Méthodes d'étude .....	27
3. 6. Etude des indices physiologiques .....	27
3. 6.1. Indice gonadique (IG) .....	27
3. 6.2. Indice de réplétion (IR) .....	28
3. 6.3. Suivi des stades macroscopiques de maturité sexuelle.....	28
3.7. Relations allométriques .....	30
3. 7.1. Relation entre le diamètre (D) et la hauteur (H) de test.....	31
3.7.2. Relation entre le diamètre (d) et la hauteur (h) de la lanterne d'Aristote.....	31
3.7.3. Relation entre le diamètre (D) du test et le diamètre (d) de la lanterne d'Aristote.....	32
3.7.4. Relation entre le diamètre (D) du test sans piquants et le poids (PH) humide de l'oursin.....	32
3.7.5. Relation entre la hauteur (H) du test sans piquants et le poids (PH) humide de l'oursin .....	32

### *Troisième chapitre*

#### *Résultat et discussions*

1. Sex-ratio .....	33
1.1. Sex-ratio global.....	33
1.2 Sex-ratio Mensuel .....	33
2. Suivi des indices physiologiques.....	35
2.1. Résultats du suivi de l'indice gonadique moyen (IGm) et de l'indice de réplétion moyen (IRm) chez <i>A. lixula</i> .....	35
2.2. Résultats du suivi de l'indice gonadique moyen (IGm) et de l'indice de réplétion moyen (IRm) en fonction des différentes classes de taille chez <i>A. lixula</i> .....	37
• Indice gonadique .....	37
• Indice de réplétion.....	38
3. Relations biométriques.....	39
3.1. Relation entre le diamètre(D) et la hauteur (H) du test sans piquants des oursins noirs.....	39
3.2. Relation entre le diamètre (d) et la hauteur (h) de la lanterne d'Aristote.....	41

<b>3.3. Relation entre le diamètre(D) du test sans piquants et le diamètre (d) de la lanterne d'Aristote.....</b>	<b>42</b>
<b>3.4. Relation entre le diamètre (D) du test sans piquants et le poids humide (PH) de l'oursin noir .....</b>	<b>43</b>
<b>3.5. Relation entre la hauteur (H) du test sans piquants et le poids humide (PH) de l'oursin noir .....</b>	<b>44</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>46</b>
<b>Référence.....</b>	<b>47</b>

# *Introduction*

L'oursin noir *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) fait partie des oursins, les plus abondants, dans les habitats rocheux peu profonds de la Méditerranée (Sala et al. 1998). Il est retrouvé dans les écosystèmes côtiers peu profonds (de 0 à environ 50 m de profondeur) et il est plus fréquemment rencontré sur les surfaces rocheuses verticales, exposé à un degré élevé d'hydrodynamismes. Mais, il peut aussi être retrouvé dans d'autres biotopes tels que : les fonds rocheux plats et même les fonds sableux avec des blocs de roches épars (Wangensteen, 2013).

L'espèce *Arbacia lixula* coexiste avec *Paracentrotus lividus* et a le potentiel d'influencer grandement les communautés benthiques par son activité de pâturage (Privitera et al. 2008 ; Agnetta et al. 2013 ; Agnetta et al. 2015). Malgré son importance écologique de plus en plus démontrée et admise (Bulleri et al. 1999 ; Privitera et al. 2011 ; Gianguzza et Bonaviri, 2013 ; Agnetta et al. 2015), il a été traditionnellement, moins étudié dans la mer atlanto-méditerranéenne que l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Boudouresque et Verlaque, 2013).

Par ailleurs, la partie la plus comestible de l'oursin, c'est les gonades. Ainsi, il convient de connaître le cycle de reproduction de toutes les espèces d'oursins comestibles pour pouvoir mieux les exploiter. La reproduction chez la plupart des échinodermes serait un phénomène cyclique (Chia, 1966 a ; Giese, 1959 ; Thorson, 1949). On parle de saison de reproduction ou de ponte comme d'une période, où la majorité des individus libèrent le plus de gamètes, période qui est précédée par de grandes variations de l'état de développement des gonades (Fuji, 1960).

A cet effet, le cycle de reproduction de *P. lividus* a fait l'objet de nombreux travaux et il est actuellement bien acquis (Fenaux, 1968 ; Fernandez et Boudouresque, 1997 ; Soualili et al. 2009 ; Ouréns et al. 2011 ; Tenuzzo et al. 2012 ; Gianguzza et al. 2013 ; Ouréns et al. 2013). Cependant, très peu d'études ont été consacrées à l'étude de la reproduction de l'oursin noir *Arbacia lixula* en méditerranée, les seuls travaux de recherches sur la biologie de reproduction de cette espèce concernent essentiellement le bassin méditerranée occidentale, on retrouve ceux de Fenaux (1986), de Régis (1979) ; de Pedrotti (1993), et une étude très récente par Wangenstein et al. (2013) sur la côte méditerranée espagnole.

Les données sur la biologie de reproduction de l'oursin noir en Algérie, sont quasi inexistantes. Les travaux existant sont ceux d'El akermi en (2015) réalisés au niveau de la côte de Mostaganem. Ainsi, le présent travail de recherche a pour objectif principal de décrire certains aspects biologiques de la reproduction de l'espèce *Arbacia lixula*, en déterminant les aspects de sa biologie de reproduction, en analysant les indices physiologiques (Indice Gonadique et Indice de Réplétion) avec l'identification des stades macroscopiques de maturité sexuelle ; pour de mieux cerner la période de ponte. D'autres caractères seront analysés tels que : les paramètres biométriques et les relations allométriques pour caractériser la population d'*Arbacia lixula* vivant à Salamandre dans la région de Mostaganem.

Ce travail est basé sur la détermination des paramètres biologiques (la reproduction) de l'oursin *Arbacia lixula* dans la région de Mostaganem. Il sera organisé comme suit :

- Une introduction qui mettra en lumière le contexte de cette étude et son intérêt.
- Premier chapitre ; Généralités sur les échinodermes où seront abordés les caractères généraux des oursins (la biologie et l'écologie) ;
- Le deuxième chapitre ; décrit le matériel et méthodes en détaillant les prélèvements, le traitement des échantillons et les méthodes et technique analytique utilisées ;
- Le troisième chapitre de études est consacré aux résultats et discussion ;
- Et à la fin on retrouve une Conclusion.

*Premier chapitre*  
*Généralités*

## 1. Généralités sur les échinodermes

### 1.1. Caractéristiques des échinodermes

Les échinodermes, animaux exclusivement marins, abondants, présentent une grande diversité et constituent un phylum important et fort ancien. Ils constituent l'un des groupes les mieux caractérisés du règne animal et ils se reconnaissent à première vue. Indépendamment d'autres particularités de leur organisation, ils présentent avant tout trois caractères essentiels :

- ils offrent une symétrie pentaradiée ;
- ils possèdent un squelette externe formé de nombreuses plaques calcaires ;
- et enfin ils présentent un appareil très particulier qui n'existe dans aucun autre groupe du règne animal, l'appareil aquifère qui assure des rôles variés tels que respiration, nutrition et locomotion.

Le nom échinoderme signifie la peau épineuse en grec. Cet embranchement compte 7000 espèces vivantes actuellement, dont les représentants les plus connus sont les oursins et les étoiles de mer (Jans, 1993). Les échinodermes actuels se divisent en cinq classes, les échinides, les astérides, les holothurides, les ophiurides et les crinoïdes.

### 1.2. Rôles écologiques des oursins

Les oursins jouent un rôle écologique majeur dans bon nombre d'écosystèmes méditerranéens comme les écosystèmes à *Posidonia océanica* (Delille, 1813) ou encore les écosystèmes sur substrat dur à corallinacées (selles et al., 2013). Ils jouent également un rôle important comme bio-indicateur de la pollution des écosystèmes marins côtiers (Soualili., 2008 ; Guendouzi, 2011). En raison de leur importance écologique, mode de vie sédentaire, répartition, longévité, abondance, leur capacité de filtration de la bioaccumulation, et de leur facilité d'échantillonnage, ils constituent ainsi des bio-indicateurs de choix les plus fréquemment utilisés dans les programmes d'évaluation de qualité de l'environnement marin. 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, les oursins constituent de bons indicateurs de la pollution métallique. On préconise d'utiliser surtout les intestins (organes d'assimilation) et les gonades (organes de reproduction) qui constituent les organes cibles d'accumulation des métaux toxiques. Des travaux récents ont permis de confirmer le choix des échinodermes comme excellents bio-indicateurs de la qualité du milieu marin (Soualili et al., 2008 ; Soualili,

2008 ; Sahnoun, 2009 ; Dermeche, 2010 ; Rouane Hasane, 2013) et surtout comme bio-indicateur de la pollution métallique en raison de ces capacités accumulatrices d'importantes quantités de métaux toxiques (Soualili et al., 2008 ; Dermeche, 2010).

## **2. Les échinides ou oursins**

### **2.1. Description des oursins**

Les oursins possèdent, 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 plans, qui tous partagent l'animal en deux parties égales. Ces cinq plans déterminent dix secteurs : cinq zones portant des podia, ou pieds ambulacraires (éléments caractéristiques des échinodermes, qui permettent aux oursins de se déplacer lentement sur le fond) ; 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, 1973). En général, la forme du test est variable : subsphérique, subconique, cordiforme, aplatie ou discoïdales (KOEHLER, 1927).

### **2.2. Systématique et caractéristiques des oursins**

#### **2.2.1. Systématique**

Les oursins ou échinides apparaissent il y a 450 millions d'années et vont coloniser toutes les mers du globe. Les oursins irréguliers dotés d'une symétrie bilatérale masquant la symétrie pentaradiée, sont plus tardifs que les oursins réguliers que l'on observe à partir du jurassique, il y 180 millions d'années. Les 900 espèces qui vivent de nos jours se rencontrent dans les environnements les plus variés, de l'équateur aux pôles. Même si quelques espèces arrivent à subsister dans les gonades profondeurs. La plupart des oursins se développent dans les eaux chaudes ou tempérées, proches de la surface (Mottet., 1976). Il existe deux grands groupes d'oursins : les réguliers et les irréguliers.

#### **2.2.2. Les oursins réguliers**

Les oursins possèdent une forme du test variable, qui peut être subsphérique, subconique, cordiforme, aplatie ou discoïdal (Koehler., 1927). Il 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 relie ces deux pôles, passent cinq plans qui tous partagent l'animal

en deux parties égales. Ces cinq plans déterminent 10 secteurs : cinq zones portant des podia, ou pieds ambulacraires (éléments caractéristiques 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 composée de grandes plaques calcaires imbriquée les unes dans les autres et elle est ornée de piquants mobiles (Allain., 1973).

### 2.2.3. Les oursins irréguliers

Les oursins irréguliers présentent une symétrie bilatérale, qui se juxtapose à la symétrie radiaire, 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 gros que ceux des oursins réguliers, sont disposés très serrés comme les polis 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).

### 3. Historique sur l'espèce *Arbacia lixula*

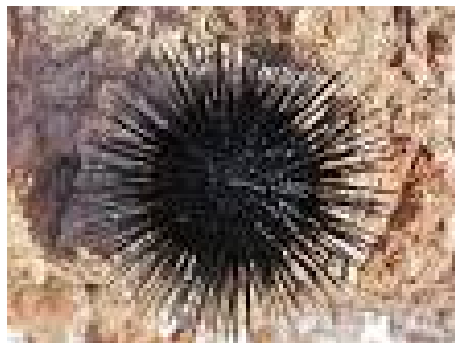
Le chercheur Linné(1758) a nommé l'espèce *Arbacia lixula* par *Echinus lixula* dans la dixième édition de son Systema Naturae et il le décrit comme un oursin continental avec dix ambulacres en paires proches, avec des zones transversales ponctuées de courts points durs. Bien que cette description puisse se référer à presque n'importe quel oursin régulier, il est communément admis qu'il correspond plus à une espèce dans le genre *Arbacia*. Cependant, le nom *Arbacia* a été donné par John Edward Gray (1835), qui a remplacé *Echinus lixula* par *Arbacia lixula*. L'espèce *lixula* qui était dans le genre *Echinus* se retrouve dans le genre *Arbacia*. Et depuis, l'oursin noir porte le nom d'*Arbacia lixula*.

La signification du nom *Arbacia* est particulièrement étrange. Agassiz (1842-1846) a écrit qu'il n'avait aucun changement spécial et Mortensen (1935) l'a appelé par un nom « absurde ». Harvey (1956) a donné l'explication la plus plausible pour le nom, le considérant comme un détournement d'Arbacès, un personnage secondaire dans le poème historique Sardanapale de Lord Byron, qui a été publié en 1821, quelques années avant le travail de Gray. Le nom spécifique utilisé par Linné, *lixula* vient probablement du nom d'un biscuit

rond aplati à base de farine et de fromage connu dans la Rome antique, tel que défini dans Mattias Martinius (1655), lexique philologicum, dérivé à son tour à partir du mot latin lixare (à bouillir dans l'eau).

## 4. Présentation de l'oursin noir *Arbacia lixula*

L'oursin noir *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) est actuellement l'un des macro-invertébrés les plus visibles dans les récifs peu profonds et rocheux de la Méditerranée (Gianguzza et Bonaviri, 2013). Il s'agit d'un oursin régulier de coloration noire, avec un épithélial uniforme, le test est relativement aplati, muni d'épines longues et dures (Figure 1).



**Figure 1.** Photo montrant l'oursin régulier *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758).  
(Photo pris de Google image)

### 4.1. Classification et position systématique

D'après Fischer W ; Bauchot M-L ; Schneider M ; 1987, la position systématique de l'espèce et comme suit :

Embranchement	:	Echinodermata
Sous-embranchement	:	Echinozoa
Classe	:	Echinoidea
Sous-classe	:	Euechinoidea
Super -ordre	:	Echinacea
Ordre	:	Arbacioida
Famille	:	Arbaciidae
Genre	:	<i>Arbacia</i>
Espèce	:	<i>lixula</i>

## 4.2. Description

L'oursin *Arbacia lixula* est un oursin régulier de taille moyenne, mesurant jusqu'à 11 cm de diamètre piquants compris, le test atteint 50 à 60 mm de diamètre. Aplati sur le dessus, il est de couleur rose mais le tégument qui le recouvre lorsqu'il est vivant est noir profond. Les piquants noirs eux-aussi et pointus mesurent jusqu'à 30 mm de long. Les podia ne possèdent pas de ventouse (face dorsale). La bouche sur la face Ventrale est large et de couleur verdâtre. L'oursin noir est surtout actif la nuit période durant laquelle il broute sur les roches les algues calcaires lithophyllum incrustants. Il se rencontre depuis la surface jusqu'à 50 mètres de profondeur en méditerranée où il est plus rare dans la zone nord-ouest et en atlantique le long des côtes portugaises jusqu'à l'Afrique de l'ouest (Wangensteen et al., 2012 ; Gianguzza & Bonaviri, 2013 ; Elmasry et al., 2013).

## 5. Synonyme et noms vernaculaires

### 5.1. Synonyme

Selon Kroh et Hansson (2012) l'espèce *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) prend plusieurs synonymes à savoir :

*Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758).

*Arbacia aequituberculata* (Blainville, 1825) (synonyme junior subjective).

*Australis Arbacia* (Lovén, 1887) (synonyme junior subjective).

*Arbacia grandinosa* (Valenciennes, 1846) (synonyme junior subjective).

*Arbacia pustulosa* (Leske, 1778) (synonyme junior subjective).

*Cidaris pustulosa* (Leske, 1778) (synonyme junior subjective).

*Echinocidaris* (Agarites) *loculatus* (Blainville, 1825) (synonyme junior subjective)

*Echinocidaris* (Tetrapygyss) *aequituberculatus* (Blainville, 1825) (synonyme junior subjective).

*Echinocidaris* (Tetrapygyss) *grandinosa* (Valenciennes, 1846) (synonyme junior subjective).

*Echinocidaris* (Tetrapygyss) *pustulosa* (Leske, 1778) (synonyme junior subjective).

*Echinocidaris aequituberculata* (Blainville, 1825) (synonyme junior subjective).

*Echinocidaris grandinosa* (Valenciennes, 1846) (synonyme junior subjective).

*Echinocidaris loculatus* (Blainville, 1825) (synonyme junior subjective).

*Echinocidaris pustulosa* (Leske, 1778) (synonyme junior subjective).

*Echinus aequituberculatus* (Blainville, 1825) (synonyme junior subjective).

*Echinus aequituberculatus* (Blainville, 1825) (Faute d'orthographe pour *Echinus aequituberculatus*).

*Echinus grandinosus* (Valenciennes, 1846) (synonyme junior subjective).

*Echinus lixula* (Linnaeus, 1758) (Transféré à *Arbacia*).

*Echinus loculatus* (Blainville, 1852) (synonyme junior subjective).

*Echinus neapolitanus* Delle (chiaje, 1825) (synonyme junior subjective).

*Echinus pustulosus* (Leske, 1778) (synonyme junior subjective).

## 5.2. Noms vernaculaires

Parmi les noms vernaculaires de cette espèce d'après la FAO (Tortonese et Vadon, 1987), on retrouve :

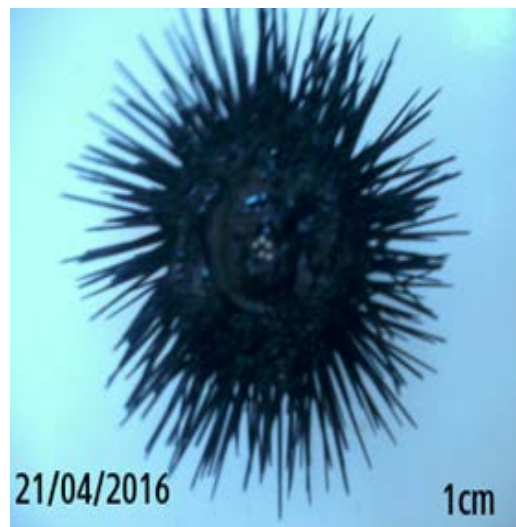
Anglais- Black sea Urchin.

Espagnole- Erizo negro.

Français- oursin noir.

## 6. Caractères morphologiques

### 6.1. Morphologie externe



**Figure 2.** Photos montrant la morphologie externe de l'oursin *Arbacia lixula*  
Gauche : face orale, Droite : face aborale. (Photos : G.GHALEM).

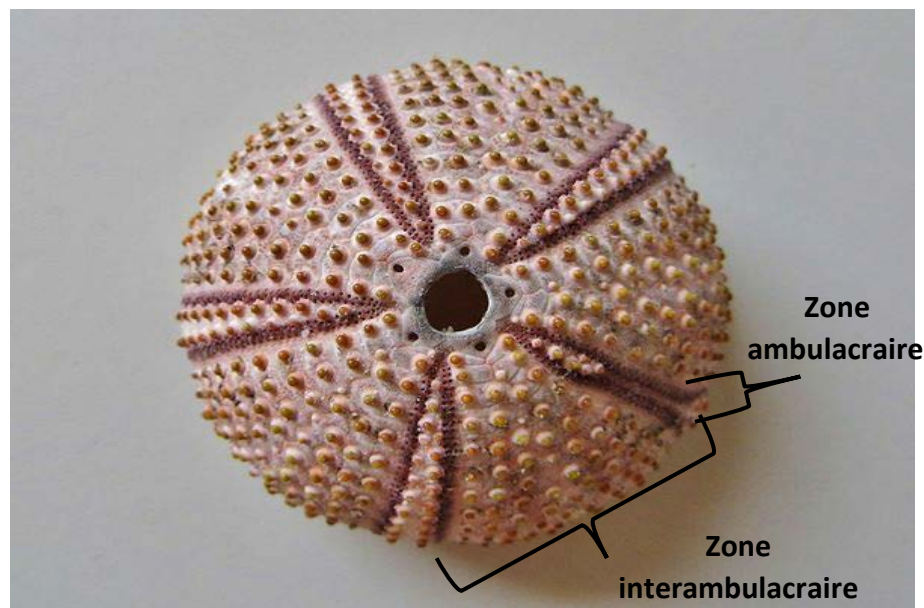
L'espèce *Arbacia lixula* possède un corps relativement déprimé ou subsonique. La bouche est en position ventrale sur la face orale (pôle inférieur dirigé vers le substrat) et est entourée par une membrane large de couleur verte et dépourvue de piquants appelée péristome. Le pôle supérieur (aboral) comprend l'anus entouré d'une membrane, le périprocte couvert de 4 ou 5

grandes plaques subtriangulaires et entouré de plaques génitales et oculaires. Les plaques génitales sont perforées par les orifices génitaux.

### 6.1.1. Test et structures associées

#### 6.1.1.1. Le test

Le test est la paroi externe des oursins est formé par l'assemblage de plaques calcaires étroitement juxtaposées assurant la rigidité du test. Ces plaques calcaires sont organisées en double rangée et sont de deux types délimitant des zones bien distinctes : les aires ambulacraires constituées de plaques perforées et les aires inter-ambulacraires formées de plaques imperforées. Sur les aires ambulacraires on observe les podia et les Radioles, et les aires inter ambulacraires sont caractérisées uniquement par la présence de nombreux Radioles ou piquants. Le test est divisé en dix secteurs, cinq aires ambulacraires en alternance avec cinq aires inter ambulacraires plus larges (Figure 3).



**Figure 3.** Test d'*Arbacia lixula* (Vue dorsale)

([https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8c/Arbacia\\_lixula](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/8c/Arbacia_lixula))

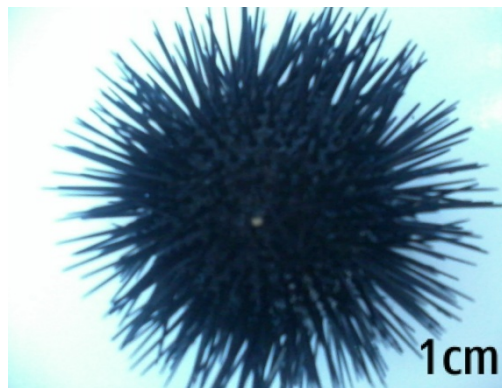
#### 6.1.1.2. Les tubercules

Chaque plaque calcaire porte un tubercule primaire central où s'articule la radiole primaire. Les tubercules primaires sont nombreux, généralement non perforés et disposés en plusieurs rangées sur les zones inter ambulacraires et en 2 rangées sur les zones ambulacraires (5 ou 6

sur chaque plaque dans la région équatoriale) ; les zones ambulacraires sont bien plus étroites et couverts de petits tubercules, mais elles s'élargissent au voisinage du péristome.

### 6.1.1.3. Les piquants ou Radioles

Les piquants sont portés par les plaques squelettiques et s'insèrent sur les tubercules, chaque plaque calcaire porte en général au moins un piquant primaire et plusieurs piquants secondaires. Les piquants primaires, alignés en rangées méridiennes, sont puissants et pointus, leur longueur est supérieure à la moitié du diamètre du corps ; sur la face inférieure (orale), leur extrémité tend à s'aplatir ; ils sont entièrement ou partiellement recouverts d'une couche corticale ; les piquants secondaires sont peu développés et ont une distribution moins régulière (figure 4). Les piquants servent à la locomotion et la défense en éloignant les prédateurs.



**Figure 4.** Radioles lisses, denses, pointues à la partie aborale, peu aplaties sur la face orale.  
(Photo : G.GHALEM).

### 6.1.1.4. Les tubes ambulacraires ou podia

Du test rayonnent latéralement plusieurs tubes ambulacraires noirs. Sur la face orale, ils sont nombreux et munis de ventouses et sur la face aborale, ils sont peu nombreux et sans ventouses. Ils sont portés par les aires ambulacraires. Ce sont des oranges cylindriques et creux qui s'étirent et se rétractent sous l'effet de la pression hydraulique due au système aquifère. Ils servent à la locomotion, respiration, creusement et au transport de la nourriture ainsi qu'à la fixation de l'oursin à un support. Les podias sont en relation avec le système aquifère.

### 6.1.1.5. Les pédicellaires

Les pédicellaires sont des petits appendices préhensiles « en forme de pince à sucre » dispersés entre les piquants. Ils s'articulent sur les petits tubercules du test.

On distingue 4 types fondamentaux :

- 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 Chamton, 1978 ; Ghyoot, 1991). Les pédicellaires globuleux sont absents et les pédicellaires tridactyles et ophiocéphales sont de tailles diverses.

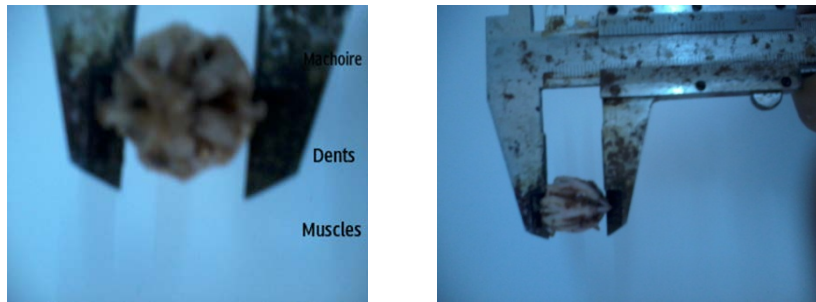
### 6.1.2. Coloration de l'oursin noir *Arbacia lixula*

L'oursin *Arbacia lixula* est de couleur noire, parfois avec des reflets violacés ou brun chocolaté. Les piquants de la face inférieure (orale) sont souvent d'un brun clair. Le test nu est rose gris avec des lignes rouges marquant l'emplacement des pores. Les petits individus sont plus clairs, de couleur brunâtre (figure 3). Cette espèce qui peut être confondue avec *Paracentrotus lividus* s'en distingue, sur le vivant, par l'étendue de la membrane péristoméale qui entoure la bouche : bouche et membrane de grande taille chez *A. lixula*, ouverture buccale petite et membrane moins visible chez *P. lividus*.

## 6.2. Morphologie interne

### 6.2.1. Le tube digestif

Le tube digestif commence par la bouche qui se trouve sur la face orale (au contact du substrat) et s'ouvre sur le péristome. Elle est armée d'un puissant appareil masticateur en forme de pyramide pentagonale, c'est la lanterne d'Aristote (figure 5). Cette dernière entoure l'œsophage et se compose de cinq mâchoires portant chacune une longue dent calcaire en forme de crochet. Les dents sont alternées avec une pièce squelettique, le compas qui assure la souplesse de l'ensemble. Les mâchoires sont articulées par des rotules. L'œsophage situé dans la lanterne d'Aristote débouche dans l'estomac qui forme une poche, suivi de l'intestin puis de l'anus en position dorsale.



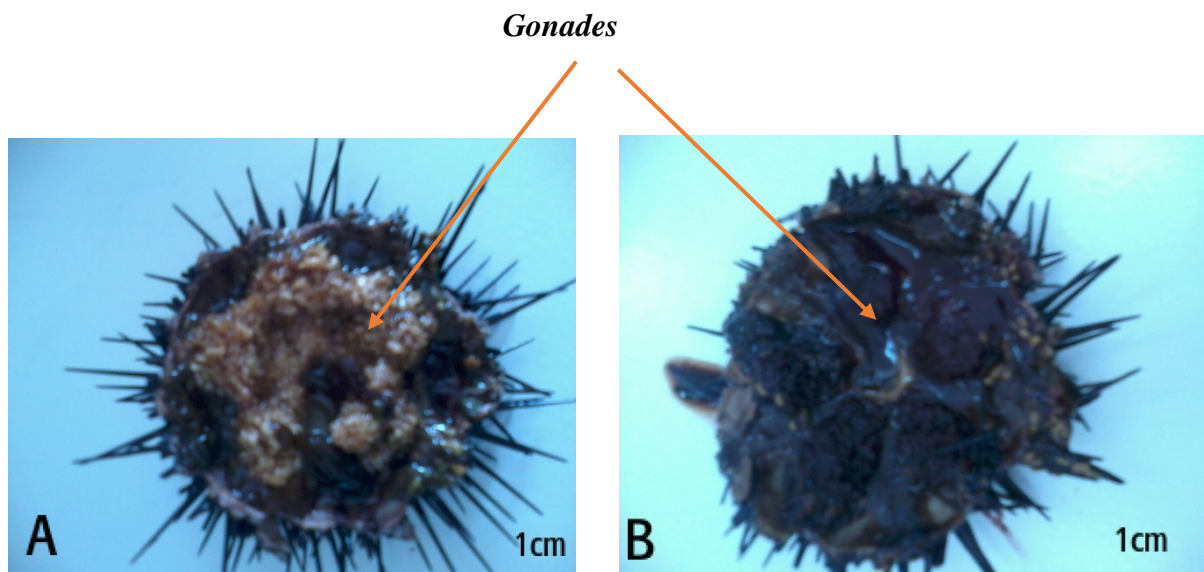
**Figure 5.** Les cinq dents visibles qui font partie d'un appareil masticateur complexe, la Lanterne d'Aristote. (Photos : G.GHALEM).

### 6.2.2. Système ambulacraire (aquifère)

Une autre caractéristique des Echinodermes est le système aquifère. C'est un réseau complexe de canaux remplis d'un liquide aqueux, de composition proche de celle de l'eau de mer, communiquant avec l'extérieur par le madréporite, plaque criblée située à la surface du corps ou dans la cavité cœlomique ; le madréporite est connecté par le canal madréporique (à paroi souvent calcaire, d'où son nom de canal du sable) à l'anneau ambulacraire périoesophagien ; ce dernier donne en général naissance à 5 canaux radiaires situés sous chaque zone radiaire. Les canaux radiaires envoient, à intervalles réguliers, des couples de petits canaux aboutissant à de petits diverticules ou ampoules communiquant avec les podia et les tentacules. Ces doubles rangées d'ampoules peuvent être fortement dilatées ou contractées, modifiant ainsi la taille des appendices rétractiles. Le système aquifère joue un triple rôle au niveau de l'alimentation, de la respiration et de la locomotion.

### 6.2.3. L'appareil reproducteur

Comme chez la plupart des oursins, chez *Arbacia lixula* les sexes sont séparés, sans dimorphismes sexuel et l'appareil génital est formé par cinq gonades reliées à cinq pores génitaux par un canal excréteur. Les pores génitaux perforent le test au niveau des cinq plaques génitales situées sur la face dorsale (aborale). Ces gonades sont disposées en cercle autour de l'anus et sont de couleur blanchâtre chez le mâle et grenat chez la femelle (figure 6). Les gamètes sont émis au niveau du pôle aboral et la fécondation est externe.



**Figure 6.** Disposition penta-radiale des gonades de l'oursin noir *A. lixula*. (à gauche : Mâle) et (à droite : Femelle). (Photos : G.GHALEM).

## 7. Biologie et écologie d'*Arbacia lixula*

### 7.1. Habitat

L'oursin noir habite les écosystèmes côtiers peu profonds (benthique sur le plateau continental, de 0 à environ 50 m de profondeur) et est plus fréquemment rencontré sur les surfaces rocheuses verticales, exposé à un degré élevé d'hydrodynamisme, mais il peut aussi être trouvé dans d'autres habitats tels que : les fonds rocheux plats et même les fonds de sable avec des blocs de roche épare. Sur les rivages exposés, *A. lixula* se produit parfois dans la partie peu profonde des parois verticales, tandis que *P. lividus* se trouve à des profondeurs plus importantes (Chelazzi et al., 1997). Ce qui explique la grande résistance d'*A. Lixula* à l'action des vagues. Ainsi, l'espèce *P. lividus* est généralement plus abondants sur les surfaces horizontales ou en pente douce, tandis que *A. lixula* est plus commun sur des substrats verticaux (Kempf, 1962 ; Régis, 1978). Les observations dans ce domaine indiquent que *P. lividus* se produit principalement dans les crevasses au bas des parois verticales, tandis que *A. lixula* est plus abondants sur des substrats verticaux (Benedetti-Cecchi et al., 1998).

Bulleri et al. (1999) ont affirmé par l'expérimentation sur une étude réalisée sur les côtes rocheuses exposées au sud de Livourne (Italie) que l'oursin *A. lixula* était toujours plus abondant que *P. lividus* sur des substrats verticaux. Les densités de l'oursin noir *A. Lixula* sont aussi relativement élevées. En plus, un modèle d'alternance entre cette espèce et *P. lividus* semble évident, de telle sorte que si *P. lividus* est plus commun dès les fonds

superficiels, *A. lixula* semble devenir plus abondante sur les communautés sciaphiles, comme le pré-coralligène et le coralligène. Il s'agit même en général d'une communauté photophile qui héberge aussi des micro-habitats sciaphiles, comme les surplombs et les grands espaces ombragés entre les éboulis qui constituent un habitat de choix pour *A. Lixula*. Par ailleurs, l'oursin noir est l'un des oursins les plus communs sur les rochers littoraux et sublittoraux et sur les pierres recouvertes d'algues calcaire.

## 7.2. Alimentation

Un ensemble complexe de facteurs physiques et biologiques influent sur l'activité de recherche de nourriture des oursins, notamment la disponibilité en nourriture, présence de prédateurs, mouvement de l'eau et la disponibilité des refuges (Vance et Schmit, 1979 ; Cowen et al., 1982 ; Carpenter, 1984 ; Vadas et al., 1986 ; Johnson et Mann, 1988 ; Scheibling et Hamm, 1991 ; Andrew, 1993 ; Benedetti-Cecchi et Cinelli, 1995 ; Sala et Zabala, 1996). L'oursin noir *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) et l'oursin comestible commun *P. lividus* (Lamarck, 1816) sont les deux espèces d'échinides dominantes dans les fonds rocheux peu profonds de la méditerranée, où elles coexistent (Palacin et al., 1998 ; Benedetti-Cecchi et al., 1998 ; Bonaviri et al., 2011 ; Agnetta et al., 2013 ; Agnetta et al., 2015). Ce sont des compétiteurs pour une alimentation d'algues, même si une telle concurrence présumée semble atténuée par une préférence sélective de *P. lividus* pour les algues dressées, tandis qu'*A. lixula* a une préférence pour les algues corallines encroûtantes (Kempf, 1962 ; Régis, 1978 ; Verlaque et Nédélec, 1983 ; Frantzis et al., 1988 ; Bulleri et al., 1999 ; Boudouresque et Verlaque, 2001 ; Privitera et al., 2008).

L'espèce *Arbacia lixula* a une souplesse trophique considérable, allant d'omnivore à une forte tendance carnivore strict. Elle est donc un omnivore qui tend à se convertir en carnivore (Wangensteen et al., 2011) et dispose d'un fort potentiel d'avoir un impact sur les zones rocheuses peu profondes (Bonaviri et al., 2011 ; Gianguzza et Bonaviri, 2013). Cet oursin se comporte comme un prédateur, il gratte et peut raser totalement le substrat des structures et les algues encroûtantes, ainsi que les animaux sessiles. Il recouvre largement son habitation avec l'oursin comestible *P. lividus* commun (Lamarck, 1816) (Agnetta et al., 2013, Agnetta et al., 2015). Il se nourrit d'algues calcaires qui se détachent du substrat (Barios et al, 2010).

Wangensteen et al. (2012) à fait allusion à un manque persistant de connaissances sur le régime alimentaire efficace d'*A. Lixula*, essentielles pour la conception et l'interprétation des études écologiques.

### 7.3. Reproduction et développement d'*Arbacia lixula*

Les oursins sont gonochoriques, sans qu'il existe un dimorphisme sexuel, ils possèdent cinq gonades qui s'ouvrent par un gonopore porté par cinq plaques génitales aborales. Les sexes sont séparés et la couleur des gonades diffère (Fenaux, 1968). Ces gonades sont situées au pôle apical sous les interradius, elles sont suspendues, par un repli de l'épithélium péri-viscérale sur les plaques inter-ambulacraires, dans la moitié apicale du coelome. Elles s'ouvrent à l'extérieur par cinq pores génitaux surmontés d'une papille sur les plaques génitale (Grasse, 1948). Les glandes génitales mâle et femelle, ont une même apparence ; elles se présentent sous la forme d'une poche (grappe) limitée par une paroi formée par un tissu de soutien et des fibres musculaires dont les contractions serviront à évacuer les produits génitaux lors de la ponte.

Le développement de ces organes reproducteurs est influencé 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 (Ebert, 1968 ; 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 ; Frantzis et Gremare 1992). Le déclenchement de l'émission des gamètes dans le milieu est déterminé par la température de l'eau. La fécondation se fait au hasard dans l'eau de mer (in Boukhelf, 2010).

Chez l'oursin noir la reproduction a lieu selon la région de mars à juin, ou de septembre à octobre, et dans certaines zones, elles a lieu toute l'année. Les oursins mâles et femelles émettent leurs gamètes en plaine eau et en très grand nombre. Après la fécondation, il y a un développement embryonnaire et la formation d'une larve nageuse planctonique Echinopluteus, très différente de l'adulte (Guettaf, 1997). Cette larve mène pendant quelques temps une vie pélagique au sein du plancton. Elle finit par tomber sur un substrat rocheux, puis subit une profonde métamorphose, avant de rassembler à un adulte en miniature.

Le cycle de reproduction d'*Arbacia lixula* dans le nord-ouest de la Méditerranée a été étudié par Fenaux (1968). Elle a étudié le cycle gonado-somatique et la présence de larves dans le plancton pendant trois ans à Villefranche-Sur-Mer (côte d'Azur). Elle a conclu que le cycle gonadosomatique culminait chaque année de mai à juin. Ce moment était cohérent avec

l'apparition des larves pluteus dans le plancton de juillet à novembre, c'est-à-dire, pendant les mois les plus chauds de l'année. Fenaux a fait valoir que ce comportement était en accord avec la nature thermophile d'*A. lixula*.

Par ailleurs, Pedrotti (1993) a étudié les caractéristiques spatio-temporelles de la distribution des larves de plusieurs espèces d'échinodermes, y compris *Arbacia lixula*, dans la mer de Ligurie, près de Villefranche-Sur-Mer. Elle a aperçu une abondance de larves d'*A. lixula* en octobre et novembre, et un pic secondaire en juin- juillet (Grasse et al., 1970 ; Boue et Chanton, 1978). Ces grappes sont constituées par des culs de sacs ou tubules distincts (acini), qui débouchent dans des canaux de second ordre, puis finissent dans le canal excréteur commun (gonoducte), s'ouvrant à l'extérieur par un pore génital. Chaque gonade est divisée en deux zones cellulaires, les grosses cellules de réserves ou phagocytes nutritifs et les petites cellules à l'origine des gamètes mâles ou femelles qui sont les cellules germinales. L'absence de larves pendant les mois intermédiaires (d'août septembre) (1993) est un résultat remarquable de Pedrotti, car il coïncide avec les mois les plus chauds et avec le frai prévu par la baisse de l'indice gonadosomatique signalé par Fenaux (1968).

Sala et al. (1998) et Hereu et al. (2012) ont étudié la distribution de la taille d'*A. lixula* dans la zone protégée des îles Mèdes Marine (côtes catalane), et ils ont noté la prédominance des classes de taille de 4-5 cm et la rareté des individus de moins de 30 mm des distributions de taille similaires ont été signalées à Marseille par Kempf (1962) et dans la côte des Pouilles (Italie SE) par Guidetti et al. (2003).

D'après plusieurs auteurs, le processus de recrutement d'*A. lixula* semble être très irrégulier en Méditerranée nord-occidentale, contrairement à la tendance annuelle régulière observée dans le recrutement des *Paracentrotus lividus* (Lozano et al., 1995 ; Lopez et al., 1998 ; Tomas et al., 2004).

Il est probable que le processus de recrutement soit modulé par différents facteurs physiques ou biologiques (encore à étudier), et ne peut pas se produire chaque année. Ce fait est peut être lié à des taux de mortalité élevés pendant le développement larvaire (Wangensteen, 2013).

#### 7.4. Ethologie

Il est bien connu que la prédation est l'un des processus biologiques, les plus importants, qui affecte la structure des communautés et le fonctionnement des écosystèmes (Hairston et al, 1960 ; Duffy et Hay, 2001). Outre les effets directs sur leurs proies, les prédateurs peuvent aussi influencer sur la structure de la communauté indirectement lorsque leurs proies interagissent fortement avec d'autres espèces de la communauté (Power, 1992).

Les connaissances actuelles sur les prédateurs d'oursin en méditerranée sont encore assez rares, et limitées à quelques zones dans le bassin (sala, 1997). Guidetti (2004) a mené une étude le long des réserves italiennes (Arenzano, Olbia, îles de Lipari, Porto Cesareo, Torre Guaceto et îles Tremiti) pour estimer le nombre.

L'observateur, caché derrière un rocher, à une distance d'environ 5-10 m (en fonction de la clarté de l'eau) a noté pour une période d'environ 15 minutes que 37 *P. lividus* sur les 150 individus offerts aux poissons prédateurs ont été effectivement consommés, soit 24,7%. Tandis que le nombre d'*A. lixula* consommé par les poissons prédateurs n'était que de 13 sur 150 individus, soit 8,7%. La prédation par les poissons diminue avec l'augmentation de la taille de l'oursin.

#### 8. intérêt écologique

Les communautés marines se trouvent dans des systèmes dynamiques qui peuvent se produire dans plusieurs états stables (Folke et al, 2004 ; Knowlton, 2004 ; Pétrites et Dudgeon, 2004). Les processus écologiques qui favorisent, le passage d'un état à un autre peuvent débiter par un déclenchement d'impulsion perturbatrice conduisant à un changement dans la composition des espèces et leur abondance relative. Le processus de rétroaction positive peut alors empêcher le retour de la communauté à des conditions antérieures (Petraitis et Dudgeon, 2004 ; Suding et al., 2004). Dans les systèmes tempérés, le pâturage des oursins exerce un contrôle important sur la composition et l'abondance des algues benthiques.

Les oursins herbivores sont l'un des principaux facteurs qui déterminent l'abondance et la répartition des algues et herbiers dans les écosystèmes marins peu profonds. D'où l'importance cruciale des oursins dans la formation de communautés benthiques (Lawrence, 1975 ; Laurent et Sanmarco, 1982 ; Sala et al., 1998 ; Gianguzza et al., 2010).

Cette importance a été démontrée par de nombreuses expériences écologiques le long des côtes Méditerranéennes (Benedetti- Cecchi et Cinelli, 1995 ; Sala et Zabala, 1996 ;

Benedetti- Cecchi et al, 1998 ; Palacin et al., 1998 ; Bulleri et al., 1999 ; Guidetti et al., 2004 ; Bonaviri et al., 2011).

Le rôle écologique d'*A. lixula* ne peut être pleinement compris, sauf dans le cadre de ses interactions avec l'oursin comestible *P. lividus*. Les oursins partagent largement leur habitat et distribution, de façon entrelacée de telle sorte que les pêcheurs Méditerranéens ont toujours pensé que c'est le male et la femelle d'une seule espèce (Tortonese, 1965 ; Corcoll, 2012). Les noms italiens communs pour *A. lixula* et *P. lividus* (de Maschio Riccio et Riccio Femina, respectivement) reflètent cette coexistence. Les foyers des deux populations d'*A. lixula* et *P. lividus* ont été proposés pour être en mesure de créer des labyrinthes dans les substrats rocheux (Kempf, 1962 ; Verlaque, 1987 ; Hereu, 2004 ; Guidetti et Dulcic, 2007 ; Bulleri, 2013), en affectant à la fois la productivité et la diversité des assemblages benthiques (Bulleri et al, 2002 ; Sala, 2004 ; Privitera et al ,2008).

De nombreuses expériences écologiques précoces visant à tester les relations entre les oursins et les zones arides de la Méditerranée n'ont pas de discrimination entre *P. lividus* et *A. lixula* (par exemple Bulleri et al.2002), et donc le rôle principal dans la création de terres arides a été attribué à *P. lividus* en raison de ses densités plus élevées. Cependant, certains travaux ont trouvé des associations significatives entre la densité d'*A. lixula* et l'extension de la tundra (Micheli et al, 2005 ; Guidetti et Dulciae, 2007), de sorte que le rôle de *A. lixula* dans la création et le maintien des zones arides est de plus en plus prouvé (Gianguzza et al, 2011 ; Privitera et al, 2011 ; Bulleri, 2013). Toutefois, les travaux d'Agnetta et al. (2005) attribuent à *A. lixula* un rôle secondaire dans la formation et le maintien des zones arides. Selon ces auteurs, c'est plutôt *P. lividus* qui détient un rôle prépondérant. Cette hypothèse a été auparavant postulée par les mêmes auteurs (Agnetta et al, 2013). Il existe de plus en plus de preuves que les populations d'*A. lixula* de la Méditerranée nord-ouest ont connu une croissance démographique au cours des dernières décennies.

Boudouresque et al. (1989) ont enregistré une augmentation de 4 fois en corse de 1980 à 1988. Hereu et al. (2012) n'ont pas trouvé de différences significatives dans la densité d'*A. lixula* dans la réserves marine des îles Mèdes (Catalogne). Malheureusement, il y a très peu d'études comparant les abondances des oursins à long terme.

## 9. Effet d'*Arbacia lixula* sur les écosystèmes marins

Qu'il soit des prédateurs ou des charognards, végétariens les échinodermes dominent fortement les écosystèmes dans lesquels ils sont subordonnés. Ils agissent directement sur le fonctionnement des écosystèmes marins (Allaili et Kerfouf, 2015).

Dans les récifs rocheux sublittoraux peu profonds de la mer Méditerranée, comme on le voit dans d'autres régions tempérées (Andrew et Underwood, 1993 ; Tegner et al., 1995 ; Scheibling, 1996), les oursins (*P. lividus* et *A. lixula*) peuvent influencer fortement les communautés benthiques, dans certains cas, en entraînant le passage d'assemblages de structure de macro-algues à des labyrinthes coralliennes (Sala et al., 1998 ; Guidetti et al., 2003). Les oursins se nourrissent sur les algues pendant la nuit et peuvent transformer une flore riche en zones arides rapidement en se déplaçant dans les fronts. Une diminution d'abondance des poissons prédateurs (par exemple due à la pêche) peut avoir des conséquences sur leurs proies (les oursins) et à la fin, sur toute la communauté benthique dans les récifs peu profonds et rocheux.

L'oursin *A. lixula* et *P. lividus* sont considérés comme des espèces clés des côtes rocheuses infralittorales méditerranéennes. A des densités élevées, l'activité de pâturage des deux espèces peut produire et entretenir des terrains arides, une condition de l'habitat particulier caractérisé par des valeurs basses de couverture d'algues extrêmement dressées avec une forte présence de substrats nus et algues corallines incrustées, pauvres en qualité de biodiversité et des écosystèmes. Inversement leur absence entraîne également des pertes dramatiques dans la structure de la biodiversité et de l'écosystème (El akermi 2015).

*Deuxième chapitre*  
*Matériel et méthodes*

### **3.1. Présentation de la zone d'étude**

#### **3.1.1. Présentation de la Mer Méditerranée**

La mer Méditerranée est située entre 30° et 44° Nord, excepté l'Adriatique qui atteint 46° Nord. C'est une mer presque fermée qui communique avec l'océan atlantique par le détroit de Gibraltar, large de 14Km et profonde de 286 m. elle est en relation avec la mer noire par le détroit du Bosphore. Traditionnellement, elle comporte deux régions ou bassins : le bassin occidental et le bassin oriental, que sépare le seuil siculo-tunisien. Actuellement la Méditerranée est divisée en trois bassins : a) le bassin Algero-prevençal est Tyrrhénien, située à l'Ouest ; b) le bassin Adriatico-Ionien, formé par la mer Adriatique et la mer Ionienne, située au centre ; c) le bassin Egée-Levantini constitué par la mer Egée et le bassin du Levant à l'Est. Chaque bassin est subdivisé en plusieurs régions, et chacune d'elle est caractérisée par son propre climat, son hydrologie et par diverses autres influences qui s'y ajoutent à l'hydronamisme.

La circulation générale de la mer méditerranée est soumise à l'influence de plusieurs courants, jets et méandres ainsi que des tourbillons, qui sont des courants circulaires fermés ou quasi fermé à de différents diamètres (Lascartos, 1998). Les masses d'eau du bassin occidental sont bien spécifique, 83% d'eau d'origine Atlantique passe par le détroit de Gibraltar et 27% provient des apports des grands fleuves.

#### **3. 1.2. Présentation de la baie de Mostaganem**

La baie de Mostaganem est située dans le golf d'Arzew sur le méridien de Greenwich et 36° Nord. Il s'étend du Cap Ivi (36°37' N-0°13 O) au Cap Carbon (35°54' N-0° 20 W) (Sellem, 1990). Le plateau continental s'élargit jusqu'au (27 à 28 km au large, à une profondeur de 120 à 130 m) et se rétrécit jusqu'au 8 à 9 km vers l'Est.

#### **2.1.3. Données générales sur la wilaya de Mostaganem**

Mostaganem est une wilaya côtière située au Nord-Ouest du territoire national, à environ 360 km à l'Ouest d'Alger et à 80 km à l'Est d'Oran. La wilaya de Mostaganem est limitée à l'Est par les wilayas de Chlef et Relizane ; au sud par les wilayas de Mascara et de Relizane ; à l'Ouest par les wilayas d'Oran et de Mascara ; au nord par la mer Méditerranée.

La wilaya de Mostaganem appartient à la partie Ouest de l'Atlas tellien et se caractérise par un climat semi-aride a été chaud (bioclimat méditerranée) sur l'étroite bande côtière, et à hiver tempéré. Les précipitations étant faibles et irrégulières, et varient entre 350 mm sur le plateau et 400 mm sur les piémonts du Dahra. La température moyenne étant de 24°C. Le territoire de Mostaganem s'étend sur une superficie de 2 269 km<sup>2</sup> avec 124 km de côtes et la wilaya dispose d'un large littoral avec de merveilleuses plages et diverses potentialités touristiques et balnéaires.

Le littoral est limité à l'Est par le cap « NAGRAWA » et la Macta à l'Ouest. Cette position géographique, le place dans une zone riche, en ce qui concerne la biomasse (stock halieutique pêché). Il s'étend sur une longueur de 124km et traverse huit (08) communes, et le cordon littoral couvre une superficie de 27.043 hectares. Le littoral est composé de plages, plus accessibles à l'Ouest qu'à l'Est, cela a les autorités à y identifier une quinzaine de zones d'expansions touristiques, dont certaines sont aujourd'hui en partie exploitées. Avec cette superficie, la wilaya occupe environ 13,075% de la superficie totale maritime nationale. Notons que la baie présente des fonds dont les 2/3 sont rocheuses et plus de 30% sont des fonds chalutables.

### **3.1.4. Condition environnemental du Milieu**

#### **3.1.4.1. L'hydrodynamisme**

Le courant dominant au large de la région de Mostaganem est d'origine atlantique. Ce dernier, pénètre par le détroit de Gibraltar et coule au niveau des côtes algériennes, où il prend le nom de « courant algérien » d'épaisseur moyenne de 200 km. La veine de courant devient instable, formant des tourbillons cycloniques de 100 km de diamètre associés à des remontées importantes d'eau de fonds (MILLOT, 1987b). Ces upwellings (courants ascendants) induisent des zones de plus forte productivité biologique (MILLOT, 1987b). Ces turbulences pénètrent dans les régions côtières et interférentes avec la veine majeure du courant lui-même. (MILLOT, 1987b).

#### **3.1.4.2. La température**

L'auteur LALAMI-TALEB en 1970, montre que les couches superficielles d'eau de mer de la mer Méditerranée sont directement influençables par les températures externes en raison des échanges thermiques entre le milieu interne et l'air ambiant, leur température varie entre 21°C et 27°C en moyenne. Les maxima de températures se situent en été (au mois d'aout) et se prolongent jusqu'au mois d'octobre. Les températures minimales se situent aux mois

février-mars. Les mois les plus chauds en été, se caractérisent par une précipitation très faible, le pourcentage d'humidité est toujours supérieur à 60%. En profondeur, les températures sont plus basses et relativement stables, fluctuants entre 13°C et 14°C en toute saisons.

### **3.1.4.3. La salinité**

L'eau de mer de la région de Mostaganem contient 35% des sels minéraux, dont 27% de NaCl, les cations les plus abondants sont : Na<sup>+</sup>, k<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> et Ca<sup>2+</sup>. Il y a 0,004 mg d'Or/m<sup>3</sup>. Selon Boudjellal (1989), la salinité estivale au niveau de cette zone est comprise entre (35,5-36) ‰, en surface, et (36,2-36,8) ‰ en profondeur. Tandis que la salinité hivernale est comprise entre (36-36,9) ‰ et une salinité superficielle qui est toujours supérieure à 37‰.

## **3.2. Choix des stations d'étude**

Un site a été choisi pour la réalisation du présent travail. Le choix a été établi selon plusieurs critères ; notamment l'état de santé du site en matière de pollution, différences de localisation géographique et pour des raisons pratiques telles que : la facilité d'accès au site sans avoir recours à une embarcation, ainsi que la nature du biotope de site. Le site choisi est respectivement la Salamandre (extérieur du port) localisé à la périphérie de Mostaganem.

### **3.2.1. Le site de salamandre (extérieur du port)**

La salamandre se situe à (35°55' 13.78''N ; 0° 03'21.63''E), a une distance de 2.81 km de l'extérieur de la ville de Mostaganem. Le site est exposé aux vents dominants Nord-Ouest et se caractérise par un hydrodynamisme continu par l'action des vagues et des houles. A des profondeurs qui dépassent les 10 mètres, le substrat est composé de roches et de blocs formant des cavités hébergeant toutes formes d'espèces (Figure 7). C'est un habitat extrêmement riches et diversifié dominé par des peuplements d'algues photophiles, dont la présence est conditionnée par la pénétration de la lumière. Il est, pour cette raison, très sensible à la turbidité de l'eau. En vue de sa position géographique dans le golfe d'Arzew, le site s'expose à différentes formes de pollutions, urbaine, agricole et industrielle (cette forme de pollution est affaiblie après la fermeture de la société SOACHLORE et la papeterie SOGIPEC). Par ailleurs, ce site se caractérise par l'abondance de l'espèce étudiée.



**Figure 7.** Point d'échantillonnage à l'extérieur du port de *Salamandre*.

### 3 .3. Échantillonnage

Une cueillette mensuelle de quarante individus (40) a été réalisée (figure 8), durant la période de 3 mois. En zone intertidale, et à une profondeur comprise entre 1 et 5 mètres au niveau du site de Salamandre. Nous rappelons que le site se caractérise par un substrat dur et riche en algues encroûtantes notamment *Lithophyllum incrustans*.



**Figure 8.** Echantillonnage de l'oursin *Arbacia lixula*

### **3. 4. Traitement au laboratoire**

#### **3.4.1. Mesure des indices biométriques**

Une fois au laboratoire, sur chaque oursin prélevé, les mensurations suivantes ont été réalisées à l'aide d'un pied à coulisse : Le diamètre (**D**) du test sans piquants, la hauteur (**H**) du test sans piquant, la hauteur (**h**) de la lanterne d'Aristote et le diamètre (**d**) de la lanterne d'Aristote (Figure 9 B, C, D, E).

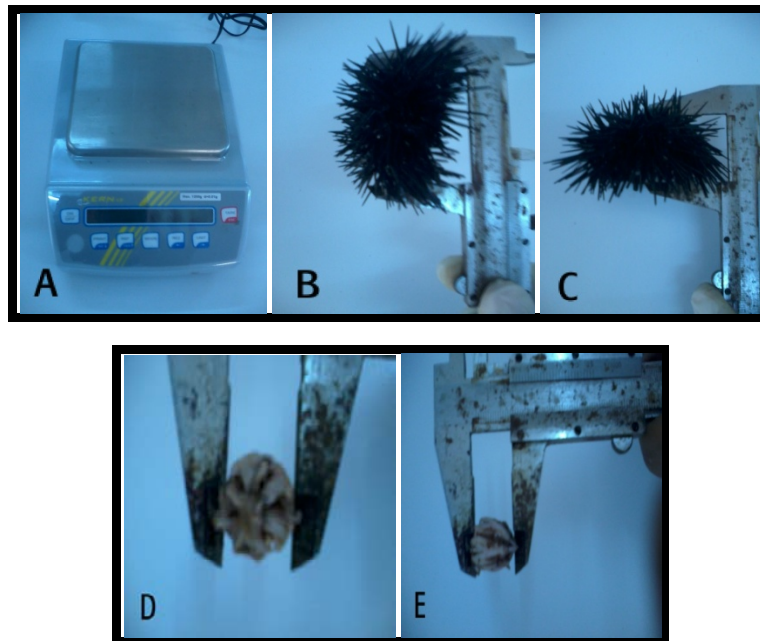
Au niveau du test, le diamètre a été évalué à l'ambitus et la hauteur dans le plan perpendiculaire, le long de l'axe oral-aboral. Pour la lanterne d'Aristote, nous avons mesuré le diamètre le plus large et la hauteur la plus grande dans le plan perpendiculaire jusqu'à l'extrémité des pyramides (à l'exclusion des dents).

#### **3.4.2. Dissection et pesées des oursins**

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.

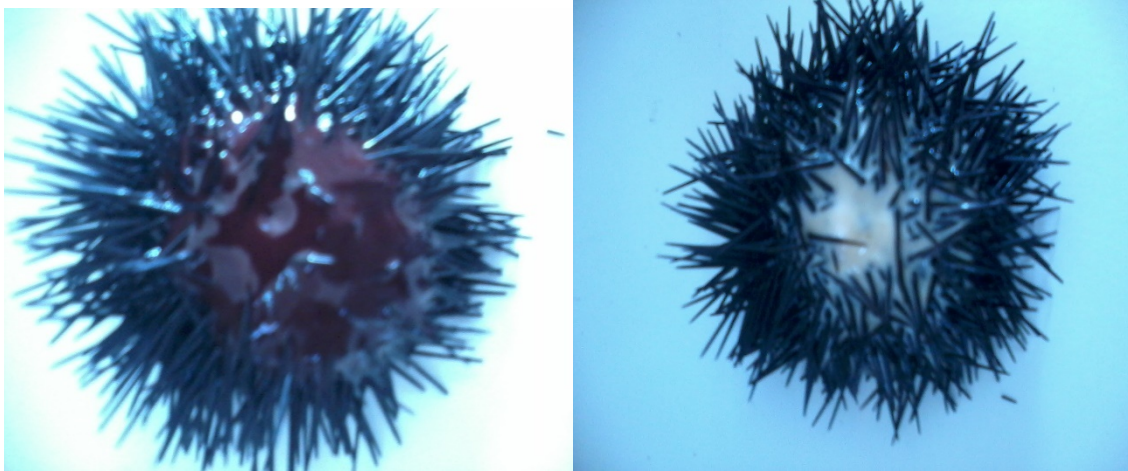
Les gonades ont été prélevées puis placées dans des coupelles en papier d'aluminium préalablement pesées (**Alg**). Après prélèvement du poids frais des gonades (**PdGF**), l'ensemble a été placé dans une étuve à 70°C, pendant 24 à 48 heures pour la détermination du poids sec des gonades et leur teneur en eau.

La pesée du poids des oursins a été effectuée avec une balance de précision au 1/10 de mg près (figure 9 A). Pour chaque individu, les poids humide et sec ont été calculés. Le tube digestif a été aussi prélevé et vidé de son contenu par pression. Le contenu digestif a été récupéré puis déposé dans des coupelles en papier d'aluminium pesées préalablement (**AICd**). Le poids frais du contenu digestif (**PdCdF**) a été réalisé en pesant les coupelles d'aluminium sur une balance de précision comme pour les gonades. Les coupelles d'aluminium ont été ensuite mises dans une étuve à 70°C pendant 24 à 48 heures, pour la détermination du poids sec du contenu digestif (**PdCdS**). La même chose a été appliquée aux lanternes d'Aristote.



**Figure 9.** Mesures : pondérale (A), linéaires (B, C, D, E)  
(Photos : G.GHALEM).

La détermination du sexe des oursins est basée sur la couleur des gonades et leur laitance. Les mâles possèdent des gonades de couleur blanche, si elles sont mûres et émettent un liquide blanchâtre, ou brun s'il y a eu émission de leurs contenus. Les femelles, par contre, présentent des gonades de couleur grenat et elles émettent un liquide grenat (Figure 10).



**Figure 10.** Liquide grena émis par les **femelles** (à gauche) et blanchâtre produit par les **mâles** (à droite) d'*A. lixula*. (Photos : G.GHALEM).

### 3.5. Le sex-ratio

#### 3.5.1. Rappel théorique

Le sex-ratio est un indice représentant l'abondance d'un sexe par rapport à l'autre dans une population d'une espèce donnée (Kartas et Quignard, 1984). Il est l'un des paramètres qui contribuent au maintien dans une certaine limite, de la capacité reproductrice de l'espèce ; et s'exprime sous différentes formes :

- Pourcentage de femelles ou taux de féminité.
- Pourcentage de mâles ou taux de masculinité.
- Rapport du nombre de mâles au nombre de femelles.
- Nombre de mâles pour 100 femelles.

### 3.5.2. Méthodes d'étude

La valeur de la 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

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

L'intervalle de confiance au risque de 5% est calculé à partir de la formule suivante (Schwartz, 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.

## 3. 6. Etude des indices physiologiques

Pour déterminer la ou les périodes de reproduction et les différentes étapes du cycle reproducteur de l'espèce, ainsi que la relation entre l'alimentation et le développement gonadique (Fenaux, 1968 ; Lawrence et al, 1987 ; Lawrence 1975 ; Régis, 1978 ; Nichols et al, 1985 ; Semroud et Kada, 1987 ; Semroud, 1993), deux indices physiologiques ont été calculés, à savoir l'indice gonadique moyen (IGm) et l'indice de réplétion moyen (IRm).

### 3. 6.1. Indice gonadique (IG)

Selon Calow (1981), la méthode la plus satisfaisante pour estimer le besoins énergétiques de la reproduction 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 (Nédécel, 1983 et utilisé par Régis, 1979, Semroud et Kada, 1987 ; San Martin, 1990 ; Soualili, 2008 ; Sahnoun, 2009 ; Belkhedim, 2009 et Dermeche, 2010).

Il s'exprime comme suit :

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

### 3. 6.2. 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 :

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

### 3. 6.3. Suivi des stades macroscopiques de maturité sexuelle

Pour réaliser cette partie nous avons adapté l'échelle de Fuji pour reconnaître les stades macroscopique de maturité sexuelle (voir le tableau ci-dessous)

Tableau : Classification proposée par Fuji (1960).

<p><b>Stade 0</b></p>	<p>Stade qui n'existe que chez les très jeunes individus dont les gonades sont formées d'un tissu ou la différence sexuelle n'est pas visible même après un examen microscopique, ce stade n'a pas été observé.</p>
<p><b>Stade 1 (post-ponte)</b></p>	<p>Observe chez les oursins qui ont déjà subi des maturations sexuelles. Les gonades sont petites, de couleur rouge – brun.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· <b>Chez les femelles</b> : les ovogonies sont pariétales. Il existe parfois quelques ovocytes déjà différenciés, tout le reste de la gonade est envahi par un tissu nutritif riche en inclusions</li> <li>· <b>Chez les mâles</b> : les spermatogonies pariétales forment des îlots et dans le tissu nutritif qui remplit la glande, on observe encore quelques spermatozoïdes en voie de phagocytose.</li> </ul>
<p><b>Stade 2 (croissance)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <b>Chez les femelles</b> : les ovocytes sont plus nombreux et commencent leur phase de croissance. Ceux qui sont près de la paroi s'allongent vers le centre de la gonade. Le tissu nutritif est encore bien développé. A la fin de ce stade, quelques ovocytes ont migré jusqu'au centre de la gonade, ils sont de forme elliptique ou arrondie. Le tissu nutritif est moins dense et des vides apparaissent.</li> <li>· <b>Chez les mâles</b> : les spermatides différenciés forment des feuilles qui, en coupe, ont l'aspect de colonnettes pénétrant dans le tissu nutritif.</li> </ul>
<p><b>Stade 3 (pré-maturation)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· <b>Chez les femelles</b> : les ovocytes ont accumulé des substances de réserves et déjà quelques-uns ont subi la mitose réductionnelle.</li> <li>· <b>Chez les mâles</b> : la spermatogenèse est active. Au bout des colonnettes se détachent les premiers spermatozoïdes. Les gonades, dès ce stade, se différencient par leur couleur. Chez les mâles : les glandes génitales sont jaunes. Chez les femelles : elles sont orange.</li> </ul>
<p><b>Stade 4 (maturation)</b></p>	<p>Les gonades femelles sont remplies d'ovules, on observe encore des ovogonies pariétales. Les gonades males sont remplies de spermatozoïdes, mais sur les bords de la glande on observe une couche où la spermatogenèse est encore active.</p>
<p><b>Stade 5 (ponte)</b></p>	<p>Les gonades sont petites, de couleur rouge sombre.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· <b>Chez les femelles</b> : le centre, peu après la ponte, montre encore quelques ovules, mais le tissu phagocytaire nutritif est plus développé et tend à remplir la gonade. Les ovocytes résiduels ont tous été phagocytés.</li> <li>· <b>Chez les mâles</b> : la quantité de spermatozoïdes résiduels, au début assez importante, diminue rapidement par phagocytose.</li> </ul>

### 3.7. Relations allométriques

L'allométrie est l'étude des échelles de relations entre une partie du corps et le corps son ensemble. Elle s'applique à presque toutes les mesures biologiques qui Co-évoluent, caractères morphologiques, physiologiques et écologiques.

Chez l'oursin, les paramètres morphologiques susceptible de se modifier sous la pression du milieu sont la forme du test (la relation diamètre-hauteur ou taux d'aplatissement), la relation diamètre-poids total du test, l'épaisseur du test, le nombre et la taille des piquants, le nombre de plaques par zone inter-ambulacraire, la taille du système apical, la couleur et le poids relatif de la mâchoire ou lanterne d'Aristote (Thompson, 1917 ; Moore, 1935 ; Hagstrom et Lonning, 1964 ; Régis, 1978, 1981 ; McPherson, 1965, 1968 ; Swan, 1966 ; Dix, 1970 ; Marcus, 1980, 1983 ; Allain, 1972, 1975 ; Ebert, 1980, 1988 ; Dafni, 1980, 1983 ; Black et al.1982, 1984 ; Telford, 1985 ; Russell,1987 ; Edwards et Ebert et al, 1991 ; Levitan, 1991 ; Sellem,1995a ; Hernández et Russell, 2010 ; Hughes et al, 2012 ; Ebert et al ; 2014).

Cette étude est basée sur les relations entre plusieurs paramètres biologiques, tels que le poids, le diamètre et la hauteur de l'oursin ou le diamètre et la hauteur de la lanterne d'Aristote.

Dans ce présent travail, on va se focaliser sur la relation entre :

Le diamètre du test (**D**) et la hauteur du test (**H**), le diamètre de la lanterne d'Aristote (**d**) et la hauteur de la lanterne d'Aristote(**h**), Le diamètre du test (**D**) et le diamètre de la lanterne d'Aristote (**d**), Le diamètre du test (**D**) et le poids humide de l'oursin (**PH**), la hauteur du test (**H**) et le poids humide de l'oursin (**PH**).

Au niveau du test, le diamètre a été évalué à l'ambitus et la hauteur dans le plan perpendiculaire, le long de l'axe oral-aboral. Pour la lanterne d'Aristote, on a mesuré le diamètre le plus large et la hauteur la plus grande dans le plan perpendiculaire jusqu'à l'extrémité des pyramides (à l'exclusion des dents).

La comparaison de la croissance entre deux variables peut être effectuée à l'aide d'équations mathématiques. Si **x** et **y** sont deux grandeurs mesurées sur un même animal, la relation d'allométrie peut s'exprimer sous la forme suivante (Huxley, 1932).

$$y = b x^a \text{ où } a \text{ (coefficient de régression) et } b \text{ sont des paramètres de croissance.}$$

Le coefficient de corrélation (**r**) exprime la dépendance entre deux variables. La précision du modèle d'allométrie est déterminée par ce coefficient, dont la corrélation est d'autant plus forte qu'il est proche de **1**.

Pour estimer l'allure de l'allométrie, la valeur du coefficient de régression **a** est comparé à une valeur théorique **1** ou **3**. Elle est égale à **1**, lorsqu'il s'agit d'une *allométrie simple* ; avec des *variables de même dimensions* telles que la hauteur et le diamètre, et elle est égale à **3** lorsqu'il s'agit d'une *allométrie cubique*, les *variables sont de dimensions différentes* telles que poids frais et la hauteur), à l'aide du test (t) de Student ( $P < 0,05$ ).

Si **a** n'est pas différent de 1 ou 3, on parle d'allométrie simple ou isométrie. Les deux variables **x** et **y** croissent à la même vitesse. Si **a** < 1 ou 3, on parle d'allométrie minorant ou négative, c'est-à-dire que la variable **y** croit moins vite que la variable **x**, quand **a** > 1 ou 3, il s'agit d'une allométrie majorant ou positive, la variable **y** croit plus vite que la variable **x**.

Pour comparer, les allométries entre les différents sites, les valeurs des coefficients de régression sont comparées 2 à 2 par le test (t) de Student ( $P < 0,05$ ) ; Le calcul des différents paramètres des relations allométriques étudiées dans le présent travail, a été effectuée à l'aide du programme (STATGRAPHICS, 2001).

### 3. 7.1. Relation entre le diamètre (D) et la hauteur (H) de test

L'équation utilisée pour déterminer cette relation est suit :

$$H = b D^a$$

**D** : Diamètre du test sans piquants (mm).

**H** : Hauteur du test sans piquants (mm).

**A** : Coefficient de régression.

**B** : paramètre de croissance.

### 3.7.2. Relation entre le diamètre (d) et la hauteur (h) de la lanterne d'Aristote

Cette relation a été déterminée par l'équation suivante :

$$h = b d^a$$

**h** : Hauteur de lanterne d'Aristote (mm).

**d** : Diamètre de lanterne d'Aristote (mm).

**a** : Coefficient de régression.

**b** : paramètre de croissance.

### 3.7.3. Relation entre le diamètre (**D**) du test et le diamètre (**d**) de la lanterne d'Aristote

Cette relation a été déterminée par l'équation suivante :

$$d = b D^a$$

**D** : Diamètre du test sans piquants (mm).

**d** : Diamètre de lanterne d'Aristote (mm).

**a** : Coefficient de régression.

**b** : paramètre de croissance.

### 3.7.4. Relation entre le diamètre (**D**) du test sans piquants et le poids (**PH**) humide de l'oursin

$$PH = b D^a$$

**D** : Diamètre du test sans piquants (mm).

**PH** : Poids humide de l'oursin (mg).

**a** : Coefficient de régression.

**b**: paramètre de croissance.

### 3.7.5. Relation entre la hauteur (**H**) du test sans piquants et le poids (**PH**) humide de l'oursin

$$PH = b H^a$$

**H** : Hauteur du test sans piquants (mm).

**PH** : Poids humide de l'oursin (mg).

**a** : Coefficient de régression.

**b** : paramètre de croissance.

*Troisième chapitre*  
*Résultat et discussion*

## 1. Sex-ratio

### 1.1. Sex-ratio global

Le Sex-ratio a été déterminée sur une cueillette de 81 oursins noirs récoltés du site de Salamandre. La répartition des sexes de la population d'*Arbacia lixula* est mentionnée sur le tableau 2.

**Tableau 2.** Sex-ratio calculé pour la population *A. lixula*, vivant dans le site Salamandre.

	<b>Males</b>	<b>Femelles</b>
<b>Effectifs</b>	43	38
<b>Total</b>	81	
<b>Pourcentage %</b>	53,08	46,91
<b>Intervalle de Confiance (IC)</b>	10,86	
<b>Sex-ratio global (rapport M/F)</b>	1,13	

L'analyse du tableau 2, montre un taux de masculinité total dans le site de salamandre de **53,08%**, les mâles sont donc plus nombreux que les femelles dont le pourcentage est de **46,91%**. Quel que soit le biotope étudié le Sex-ratio a été signalée en faveur des mâles (El akermi, 2015). Le contraire a été mentionnée chez *Paracentrotus lividus* qui a montré un taux de féminité plus élevé que le taux de masculinité à Mostaganem (Salamandre et Sidi Lakhdar) (Boukhelf, 2012) et dans différentes régions de la côte algérienne (Guettaf, 1993 ; Soualili, 2008 ; Sahnoun, 2009 ; Belkhedim, 2009 ; Dermeche, 2010 ; Kouadri Mostefai, 2014).

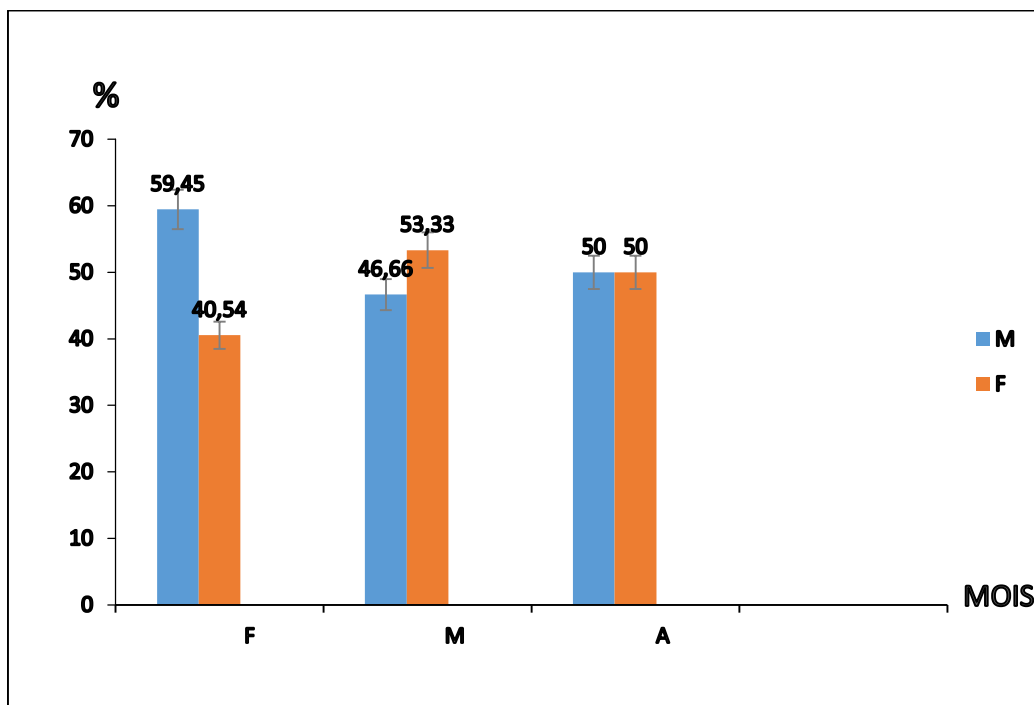
### 1.2 Sex-ratio Mensuel

Les valeurs du sex-ratio, mensuelles sont consignées dans le tableau 3 et illustrées par la figure 11. L'analyse de ce tableau montre une légère différence entre les taux de féminité et de masculinité (tableau 3). En effet, le taux de féminité est élevé durant le mois de Mars et qui est de 53,33% par rapport au taux de masculinité, et le taux de féminité est égal au taux de masculinité au mois d'Avril (tableau 3, figure 11). Pour le mois Février, le pourcentage est en

faveur des mâles par rapport aux femelles, donc ce sont les mâles qui sont les plus dominants dans notre échantillonnage.

**Tableau 3.** Pourcentages et sex-ratio mensuels de la population d'oursins noirs du site d'étude (Salamandre).

Mois	Sexes		Pourcentages		Sex-ratio mensuel
	M	F	M	F	
Février	22	15	59,45	40,54	1,46
Mars	14	16	46,66	53,33	0,88
Avril	7	7	50,00	50,00	1,00



**Figure 11.** Abondances mensuels en pourcentages des mâles et des femelles au niveau de la salamandre.

La différence dans la croissance et la mortalité pourraient être à l'origine de la dominance d'un sexe par rapport à l'autre (McPherson, 1965). Ainsi, Brookbank (1968) suggère que les mâles ont une maturité plus rapide que celle des femelles après la ponte, ce qui fait qu'à un moment donné, la population serait constituée par des oursins mâles mûrs plus nombreux que les femelles.

## 2. Suivi des indices physiologiques

Pour estimer l'activité trophique et les modalités de la reproduction d'*Arbacia lixula* dans le 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 indices permet de déterminer la période de ponte, les stades de maturation des gonades et les rythmes d'alimentation (Sellem, 1995).

Notre étude a porté sur 81 individus d'oursins noirs, pendant une période de trois (3) mois de février 2016 à avril 2016, et dont le but était de rechercher la relation qui existe entre les deux indices physiologiques moyens (IGm et IRm) au niveau d'un biotope du point de vue position géographique, composition florale et faunistique, et pollution.

### 2.1. Résultats du suivi de l'indice gonadique moyen (IGm) et de l'indice de réplétion moyen (IRm) chez *A. lixula*

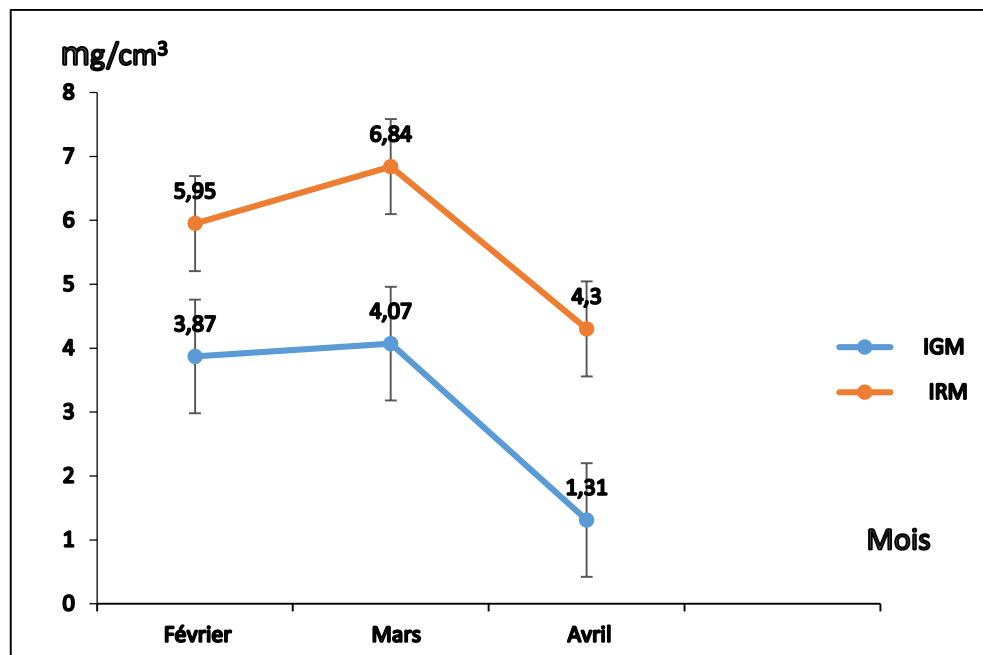
Les valeurs mensuelles calculées des indices physiologiques sont consignées dans le tableau 4 et illustrées par la figure 12.

**Tableau 4 :** Evolution des indices physiologiques moyens exprimés en mg/cm<sup>3</sup>. Moyenne  $\pm$  écart type pour l'ensemble d'une population d'*A. lixula* (Salamandre).

Mois	IGm $\pm$ ET	IRm $\pm$ ET
Février 2016	3,87 $\pm$ 2,64	5,95 $\pm$ 1,81
Mars 2016	4,07 $\pm$ 3,88	6,84 $\pm$ 3,52
Avril 2016	1,31 $\pm$ 0,68	4,30 $\pm$ 1,41
Moyenne globale	3,08 $\pm$ 2,46	5,69 $\pm$ 2,26
Variance	6,05	5,10

Le suivi mensuel de l'indice gonadique moyen (IGm) d'*A. lixula* vivant à Salamandre a montré une augmentation du février au mois de mars, marquée par l'augmentation de la valeur qui va de  $3,87 \pm 2,64 \text{ mg/cm}^3$  jusqu'à atteindre au mois de mars une valeur de  $4,07 \pm 3,88 \text{ mg/cm}^3$ . Au mois d'avril l'IGm diminue de moitié et atteint une valeur de  $1,31 \pm 0,68 \text{ mg/cm}^3$  (tableau 4, figure 12).

Quant au suivi mensuel de l'indice de réplétion moyen (IRm), la valeur augmente du mois de février ( $5,95 \pm 1,81 \text{ mg/cm}^3$ ) et atteint au mois de mars la valeur de  $(6,84 \pm 3,52) \text{ mg/cm}^3$ . L'IRm diminue ensuite et arrive à une valeur faible égale à  $(4,30 \pm 1,41) \text{ mg/cm}^3$  au mois d'avril.



**Figure 12 :** Variation des indices physiologiques moyens (IGM, IRM) exprimés en  $\text{mg/cm}^3$  au niveau de l'extérieur du port de Salamandre.

L'évolution mensuelle des valeurs moyennes de l'indice gonadique IGm de la population échantillonnée d'*Arbacia lixula*, vivant dans le site de Salamandre, montre une valeur élevée indice au mois de mars et qui chute à partir de ce mois. La valeur d'une régression exprimée élevée atteste que durant ce mois les gonades ont atteints la phase finale de la maturation gonadique qui précédera de toute évidence la ponte.

Par ailleurs, le suivi mensuel de l'IRm pour l'ensemble de la population d'oursins noirs du site de Salamandre, montre des valeurs assez élevées qui attestent que le site est assez riche en aliments pour ces oursins

## 2.2. Résultats du suivi de l'indice gonadique moyen (IGm) et de l'indice de réplétion moyen (IRm) en fonction des différentes classes de taille chez *A. lixula*

Les valeurs mensuelles calculées des indices physiologiques en fonction des classes de taille sont consignées dans le tableau 5 et illustrées par les figures 13 et 14.

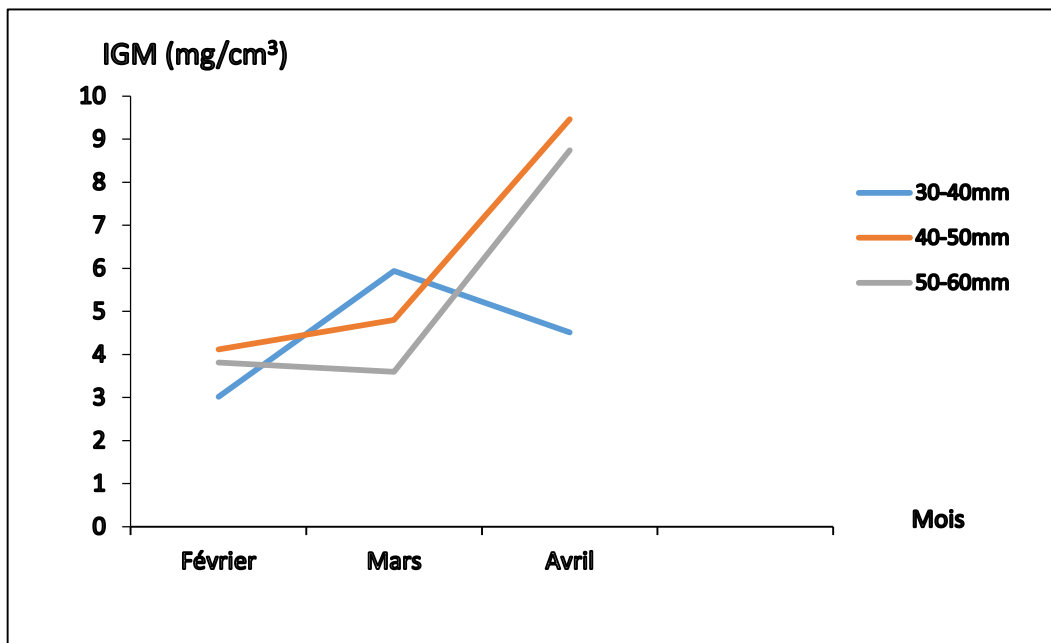
**Tableau 5 :** Evolution des indices physiologiques moyen (IGm et IRm) exprimés en  $\text{mg}/\text{cm}^3$  ( $\pm$  écart type) des différentes classes de taille d'*A. lixula*.

Mois	[30-40[mm		[40-50[mm		[50-60[mm	
	IGm $\pm$ ET	IRm $\pm$ ET	IGm $\pm$ ET	IRm $\pm$ ET	IGm $\pm$ ET	IRm $\pm$ ET
<b>Février</b>	3,02 $\pm$ 2, 08	6,31 $\pm$ 1,51	4,12 $\pm$ 3,01	6,1 $\pm$ 2,01	3,81 $\pm$ 1,72	4,61 $\pm$ 0,94
<b>Mars</b>	5,94 $\pm$ 1,42	10,93 $\pm$ 1,45	4,8 $\pm$ 2,81	8,17 $\pm$ 2,51	3,60 $\pm$ 00	4,42 $\pm$ 00
<b>Avril</b>	4,51 $\pm$ 4,40	8,47 $\pm$ 3,04	9,46 $\pm$ 5,06	6,78 $\pm$ 2,16	8,74 $\pm$ 2,72	5,5 $\pm$ 2,00
<b>Moyenne</b>	4,49 $\pm$ 2,63	8,57 $\pm$ 2,00	6,12 $\pm$ 3,62	7,03 $\pm$ 2,22	5,3 $\pm$ 1,48	4,84 $\pm$ 0,98
<b>Variance</b>	6,91	4,00	13,10	4,92	2,19	0,96

- **Indice gonadique**

L'évolution mensuelle des indices gonadiques moyens de l'oursin noir échantillonné dans le site de Salamandre, montre que les valeurs moyennes les plus élevées de l'IGm durant toute la période d'échantillonnage concerne les individus de taille moyenne de 40-50 mm, suivi de la classe de taille de 50-60 mm. Quant aux individus appartenant à la classe de taille de 30-40 mm, ces derniers présentent les valeurs les plus faibles mais qui reste aux alentours de 4,49.

Par ailleurs, l'analyse de la figure 13 montre que l'évolution de l'indice gonadique moyen en fonction des classes de taille est similaire pour les classes de taille [40-50 [mm et [50-60[mm où cet indice est en évolution progressive continue de février à Avril. Ce qui n'est pas le cas pour la classe de taille [30-40[mm, où l'indice augmente de février à mars et ensuite à partir de ce mois il diminue pour atteindre une valeur de 4,49 au mois d'Avril.



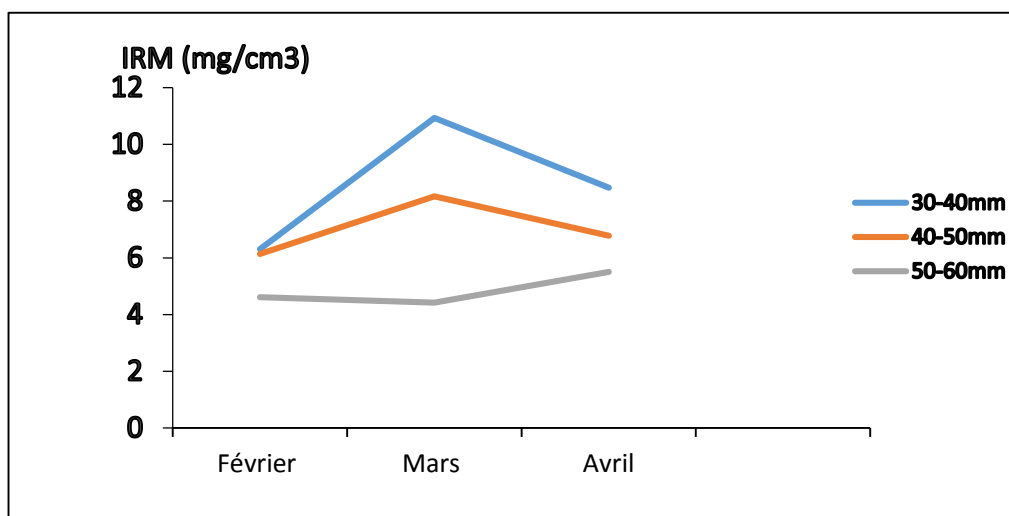
**Figure 13 :** Evolution de l'indice gonadique moyen (IGM) en fonction de la taille des oursins chez *A. lixula*.

- **Indice de réplétion**

L'indice de réplétion moyen IRm, dépend de la classe de taille des oursins, les valeurs moyennes les plus élevées ont été obtenues pour la classe de taille de [30-40[mm et les plus faibles sont obtenus chez la classe de taille [50-60[mm, (tableau 5).

L'analyse de la figure14 montre une évolution similaire de l'indice de réplétion moyen pour les classes de taille [30-40[mm et [40-50[mm, où cet indice augmente de février à mars et à partir de ce mois, cet indice diminue et atteint une valeur faible au mois d'Avril. Par contre, pour la classe de taille [50-60[mm, cet indice présente des valeurs aux alentours de 4,50.

D'après les résultats que nous avons obtenus, l'allure générale de l'évolution mensuelle de l'indice gonadique moyen de la population d'*Arbacia lixula*, vivant au niveau du site de Salamandre, montre qu'il y'a une émission des produits sexuels, à partir du mois de mars, cependant, nous constatons que l'indice gonadique reste élevée pour les individus de taille supérieures à 40mm, ceci démontre bien que cette émission des gamètes est amorcée au mois de mars mais qu'elle va se continuer et s'étaler au-delà du mois d'avril. Par ailleurs, l'activité trophique traduite par l'indice de réplétion, diminuent avec l'âge des oursins, et que le milieu de Salamandre est un milieu riche en aliments pour l'espèce *Arbacia lixula*.



**Figure 14 :** Evolution de l'indice de réplétion moyen (IRm) en fonction de la taille des oursins chez *A. lixula*.

### 3. Relations biométriques

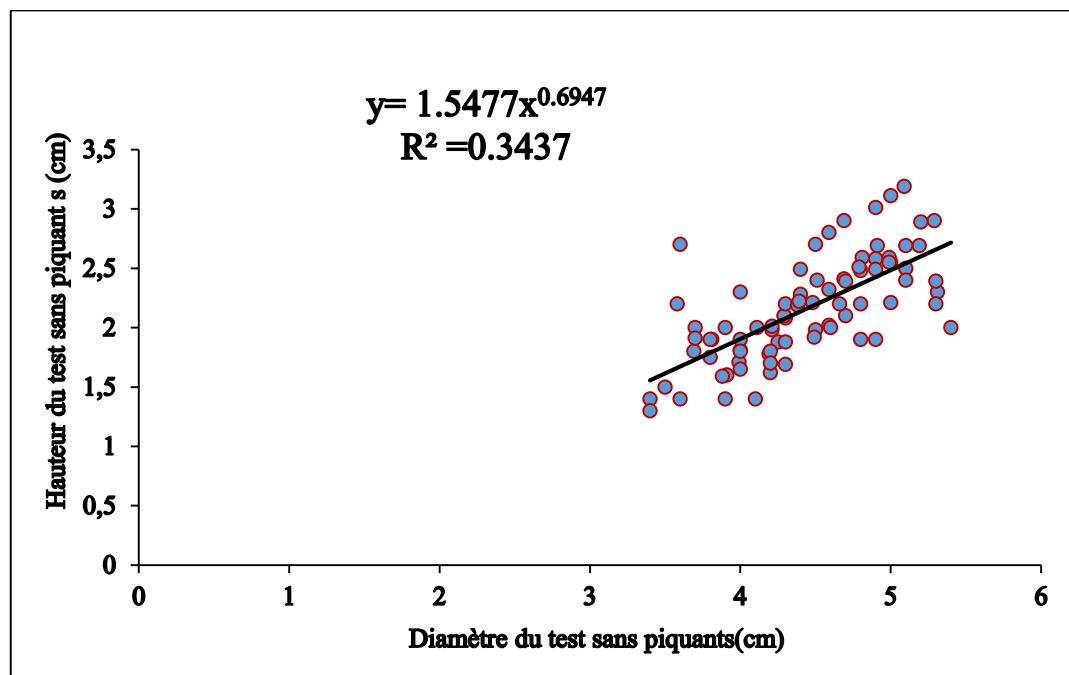
#### 3.1. Relation entre le diamètre(D) et la hauteur (H) du test sans piquants des oursins noirs

La relation entre le diamètre et la hauteur du test décrit les variations de la forme du corps durant la croissance. Sur un ensemble de 81 individus d'oursins noirs, nous avons réalisé les mensurations et les données relevées ont été ajustées à la courbe de puissance (Figure 15). La relation  $H = b D^a$  où, H est la hauteur du test et D le diamètre du test a été déterminée, ainsi que les paramètres (a et b) ont été estimés (Tableau 6).

**Tableau 6.** Equation liant la hauteur(H) et le diamètre (D) du test sans piquants chez *Arbacia lixula* dans le site étudié.  $r$  = coefficient de corrélation et  $n$  = taille de l'échantillon. Test de Student (comparaison du coefficient de régression).

Site	Equations	Comparaison des coefficients de régression avec le test « t »
Salamandre	$H = 1,55D^{0,69}$ $r = 0,59$ $n = 81$	T observé = 1,95 < t théorique = 1,96 ( $p < 0,05$ )  Allométrie minorant entre D et H

La relation entre la hauteur et le diamètre du test sans piquants pour les oursins affiche une modeste valeur de  $r$  qui est égale à 0,59 montrant une corrélation moyenne. Le coefficient de régression a (0,69) est significativement inférieur à 1. La croissance présente une allométrie minorante, qui montre bien que cet oursin dans le site de Salamandre croît plus rapidement en diamètre qu'en hauteur.



**Figure 15.** Relation allométrique entre la hauteur (cm) et le diamètre (cm) du test sans piquants des oursins noirs, vivant à Salamandre.

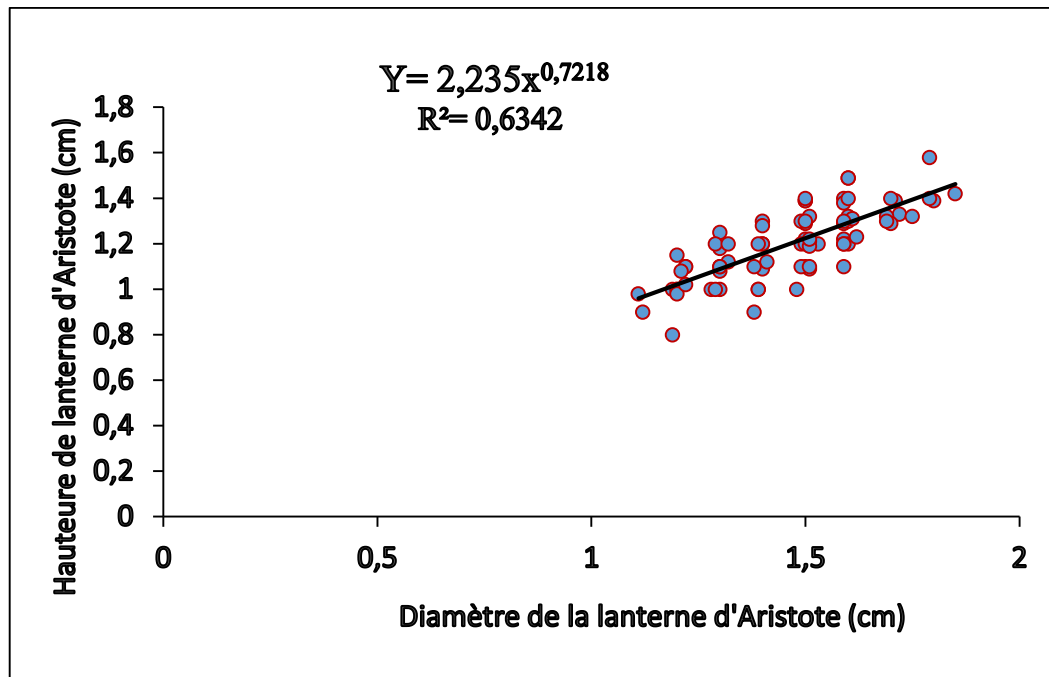
### 3.2. Relation entre le diamètre (d) et la hauteur (h) de la lanterne d'Aristote

Les données de diamètre (d)-hauteur (h) de la lanterne d'Aristote, ont été ajustées à la courbe de puissance pour étudier la croissance relative de cet organe (Figure16). Les paramètres ont été calculés et les valeurs ont été consignées sur le Tableau 7. La relation entre d et h affiche des valeurs de r assez bonnes, et le coefficient de régression est inférieur à 1 et met en évidence une relation d'allométrie minorante entre les deux variables h et d pour l'ensemble de la population d'*Arbacia lixula*, vivant à Salamandre.

**Tableau 7.** Equation liant la hauteur (h) de la lanterne d'Aristote et le diamètre (d) de la lanterne d'Aristote chez *Arbacia lixula*. **r** = coefficient de corrélation et **n** = taille de l'échantillon .Test de Student (comparaison des coefficients de régression).

Sites	Equations	Comparaison des coefficients de régression avec le test « t »
Salamandre	$h = 2,35 d^{0,72}$ $r = 0,80 \quad n = 81$	$t \text{ observé} = 2,99 > t \text{ théorique} = 1,69 \text{ (} p < 0,05 \text{)}$ Allométrie minorante entre d et h

La comparaison des différentes relations d'allométrie des oursins montre que l'ensemble des oursins présente un léger aplatissement de la mâchoire.



**Figure 16.** Relation allométrique entre la hauteur de la lanterne d'Aristote (cm) et le diamètre de lanterne d'Aristote (cm) des oursins noirs, vivants à Salamandre.

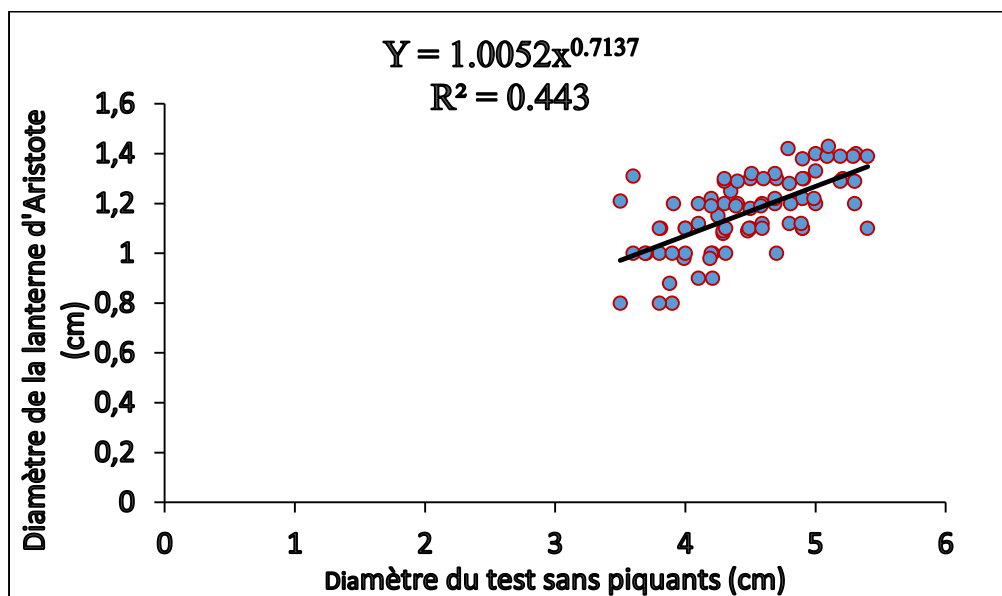
### 3.3. Relation entre le diamètre(D) du test sans piquants et le diamètre (d) de la lanterne d'Aristote

Les données correspondant à la relation entre le diamètre (**d**) de la lanterne d'Aristote et le diamètre (**D**) du test sans piquants des oursins noirs ont été ajustés à la courbe de puissance (Figure 17) et les paramètres ont été évalués et présentés sur le tableau 8.

**Tableau 8.** Equation liant le diamètre (**d**) de la lanterne d'Aristote au diamètre (**D**) du test sans piquants chez *Arbacia lixula*. **r** = coefficient de corrélation et **n** = taille de l'échantillon. Test Student (comparaison des coefficients de régression).

Site	Equations	Comparaison des coefficients de régression avec le test « t »
Salamandre	$d = 1.01D^{0.71}$ $r = 0.68$ $n = 81$	$t$ observé = 1.32 < $t$ théorique = 1.96 ( $p < 0,05$ ) Allométrie minorant entre D et d

Le coefficient de régression **a** significativement inférieur à 1, met en évidence une relation d'allométrie minorante entre **d** et **D**. L'oursin *A. lixula* présente une vitesse de croissance du diamètre de la lanterne d'Aristote plus lente que celle du diamètre du test sans piquants.



**Figure 17.** Relation allométrique entre le diamètre du test sans piquants (cm) et le diamètre de la lanterne d'Aristote (cm) des oursins noirs, vivant dans le Salamandre.

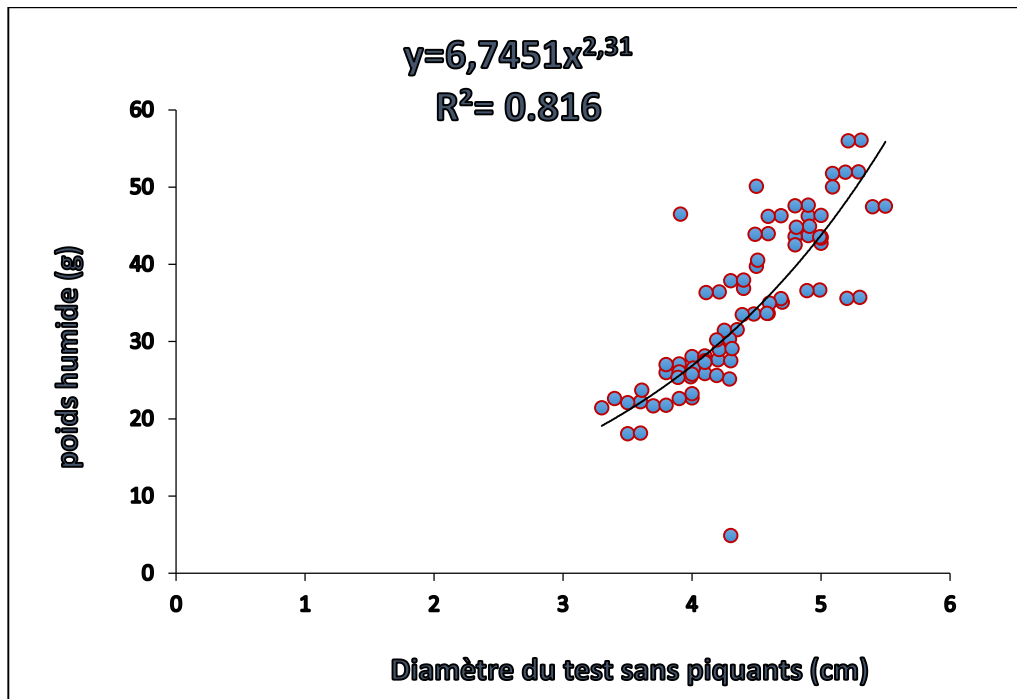
### 3.4. Relation entre le diamètre (D) du test sans piquants et le poids humide (PH) de l'oursin noir

Les données correspondant à la relation entre le poids humide (PH) et diamètre (D) du test sans piquants, de l'oursin *A. lixula*, vivant à Salamandre, ont été ajustés à la courbe de puissance (Figure 18), et les paramètres ont été calculés et reportés sur le tableau 9.

**Tableau 9.** Equation liant le Diamètre (D) du test sans piquants et le poids (PH) humide chez *A. lixula* avec ( $r$ = coefficient de corrélation et  $n$ = nombre d'individus).

Site	Equations	Comparaison des coefficients de régression avec le test « t »
Salamandre	$PH = 10,975D^{2,1695}$ $r = 0.86$ $n = 81$	$t_{\text{observé}} = 1.44 < t_{\text{théorique}} = 1,96$ ( $p < 0,05$ )  Allométrie minorante entre D et PH

L'analyse du tableau 9, montre un coefficient de régression  $a < 3$  ( $p < 0,05$ ) et la lecture de la courbe puissance, met en évidence une relation d'allométrie minorante entre les deux variables **D** et **PH** pour l'ensemble de la population d'oursin. Ce qui atteste que le poids du test croît moins vite que le diamètre du test sans piquants chez l'oursin noir *Arbacia lixula*.



**Figure 18.** Relation allométrique entre le diamètre du test sans piquants (cm) et le poids humide des oursins.

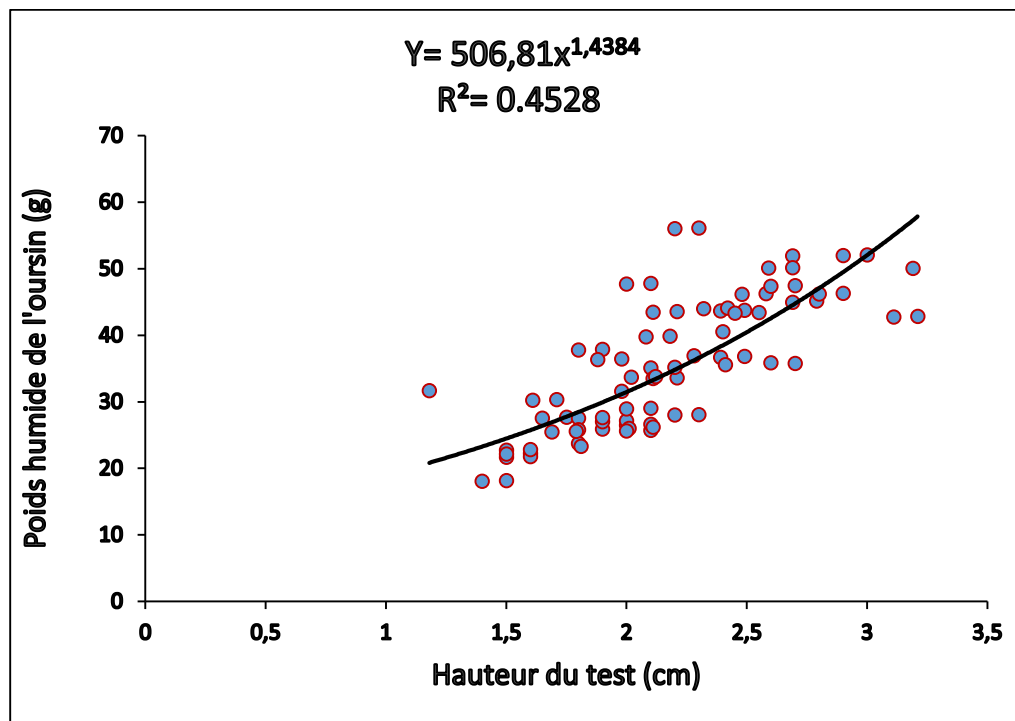
### 3.5. Relation entre la hauteur (**H**) du test sans piquants et le poids humide (**PH**) de l'oursin noir

Les données correspondant à la relation entre le poids (**PH**) humide de l'oursin et la hauteur (**H**) du test sans piquants ont été ajustés à la courbe puissance (Figure 19), et les paramètres ont été évalués et consignés sur le tableau 10.

**Tableau 10.** Equation liant la hauteur (H) du test sans piquants et le poids humide (PH) chez *A. lixula* dans le site étudié. ( $r$  = coefficient de corrélation et  $n$  = nombre d'individus).

Site	Equations	Comparaison des coefficients de régression avec le test « t »
Salamandre	$PH = 506.81H^{0,4381}$ $r = 0.64$ $n = 81$	$t$ observé = 1.31 < $t$ théorique = 1.96 ( $p < 0,05$ ) Allométrie minorante entre H et PH

Le Tableau 10 et la figure 19 montre que le coefficient de régression  $a$  est significativement inférieur à 3, ce qui met en évidence une relation d'allométrie minorante entre **PH** et **H**. Donc l'oursin *A. lixula* présente, une vitesse de croissance pondérale du test moins rapide que celle de la hauteur du test.



**Figure 19.** Relation allométrique entre la hauteur du test sans piquants (cm) et le poids humide (g) des oursins noirs, vivants dans le site de Salamandre.

# *Conclusion*

### *Conclusion*

Cette présente étude se proposait de caractériser la population de l'oursin noir *Arbacia lixula*, vivant dans le site de Salamandre.

Les résultats obtenus ont montré pour le Sex-ratio, que la population échantillonnée est légèrement en faveur des mâles. Quant au suivi des indices physiologiques, on a pu observer que la croissance gonadique et l'activité trophique présentaient une variabilité en fonction de la taille.

Aussi, les valeurs de l'indice de réplétion moyen sont significativement élevées dans le site étudié, ce qui permet de dire que ce site, présente une richesse trophique pour ces oursins, cette disponibilité de l'alimentation justifie les fortes valeurs des indices gonadiques durant la période printanière et ces oursins évoluent sans contraintes nutritives.

Les relations allométriques entre la hauteur du test et son diamètre, la hauteur de la lanterne d'Aristote et son diamètre ainsi que le diamètre du test et le poids frais corporel démontrent bien une croissance en hauteur faible par rapport au diamètre de ces caractères morphologiques et une croissance du poids moins rapide que le diamètre du test. Ceci signifie que le test chez cet échinidé est aplati et que cet aplatissement serait dû à une adaptation de cet animal à son milieu.

Enfin, cette étude nous a permis de nous familiariser avec cet échinoderme très peu connu et étudié. Et ce travail mérite d'être poursuivi et mené sur plusieurs années avec un effectif plus élevé et plus représentatif, pour pouvoir définir avec précision son rôle écologique et trophique dans l'écosystème qu'il occupe.

***Référence***

**Agassiz L. 1842.** Nomenclator zoologicus, continens nomina systematica *generum animalium tam viventium quam fossilium*. Soloduri : Jent & Gassmann.

**Agnetta D., Badalamenti F., Ceccherelli G., Di Trapani F., Bonaviri C., 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., Scinna C., Vizzini S., Gianguzza P. 2013.** Functional traits of two co-occurring sea urchins across a barn/forest patch system. *Journal of sea Research*, 76: 170-177.

**Ahmed A.B., Adel M., Karimi P., Peidayesh M. 2014.** Pharmaceutical, cosmeceutical and traditional applications of marine carbohydrates. *Adv Food Nutr Res*, 73: 197-220.

**Allaili H., Kerfouf A. 2015.** Biodiversity of Echinogical Fauna of Hard Substrates of the Algerian West Coast. *Intrnational Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR)*. Volume 19, No 1, pp 81-87.

**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.

**Allesteros E. 1981.** Some biometric data from *Paracentrotus lividus* (Lmk.), *Arbacia lixula* (L.) and *Sphaerechinus granularis* (Lmk.) (Echinodermata Echinoidea). *Oecologia aquatica*, 5: 227-23.

**Andrew N.L., Underwood A.J. 1993.** Density-dependent foraging in the sea urchin *Centrostephanus rodgersii* on shallow subtidal reefs in New South Wales, Australia. *Mar Ecol Ser*, 99: 89-98.

**Andrew N.L. 1993.** Spatial heterogeneity, sea urchin grazing, and habitat structure on reefs in temperate Australia. *Ecology*, 74: 292-302.

**Angioni A., Addis P. 2014.** Characterization of the lipid Fraction of Wild sea urchin from the sardinian sea (western Mediterranean). *J Food Sci*, 79 (02): C155-C162.

**Arafa S., Chouaibi M., Sadok S., El Abed A. 2012.** The influence of season on the gonade index and biochemical composition of the sea urchin *Paracentrotus lividus* from the Gulf of Tunis. *Scientific World journal*, 2012: 815- 935.

**Azad A.K., Christopher M., Pearce M.P.R., Scott McKinley R.S. 2011.** Effects of diet and temperature on ingestion, absorption, assimilation, gonad yilde, and gonad quality of the purple sea urchin (*Strongylocentrotus purpuratus*). *Aquaculture*, 317: 187-196.

**Barbaglio A., Sugni M., Di Benedetto C., Bonasoro F., Scnell S., Lavado R., porte C., Canadia Carnivali DM. 2007.** Gametogenesis correlated with steroid levels during the gonadal cycle of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea). *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*, 147 (147 (02): 466-74.

- Barios A., Powell K., Nehmens M. 2010.** Habitat Association of *Arbacia lixula* in the Ligurian sea. Marine Ecology Fielded Quarter 2010, University of California, Santa Crus.
- Bayed A., quiniou F., Benrha A., Guillou M. 2005.** The *Paracentrotus lividus* populations from the northern Moroccan Atlantic coast: growth, reproduction and health condition. J. Mar. Biol. Ass. U.K, 85 : 999-1007.
- Belkhdim L. 2009.** Contribution à l'étude de la biologie de l'oursin régulier *Paracentrotus lividus* (Lmck, 1816) du port d'Oran et d'Ain franin. Mémoire de Magister en Sciences de l'environnement, option : biologie et Pollution Marines, 130p, Université d'Oran.
- Belkhdim L., Dermeche S., Chahrour F., Boutiba Z. 2014.** Physiological indices and reproduction in the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) Echinodermata Echinoidea in the West coast of Algeria. International Journal of Research and Reviews in Applied Science (IJRRAS), 18 (2): 173-181.
- Benedetti- Cecchi L., Cinelli F. 1995.** Habitat heterogeneity, sea urchin grazing and the distribution of algae in littoral rock pools on the West coast of Italy (western Mediterranean). Mar Ecol Prog Ser, 126: 203-212.
- Benedetti-Cecchi L., Bulleri F., Cinelli F. 1998.** Density dependent foraging of sea urchins in shallow subtidal reefs on the West coast of Italy (western Mediterranean). Mar Ecol Prog Ser, 163 : 203-211.
- Benzohra M., Millot C. 1995.** Characteristics and circulation of the surface and intermediate water masses of the Algerian coast. Deep-sea Research, 42: 1803-1830.
- Béthoux J.P. 1980.** Mean water fluxes across sections in Mediterranean Sea, evaluated on the basis of water and salt budgets and of observed salinities. Oceanologica Acta, 3: 79-88.
- Black R., Codd C., Hebbert D., Vink S., Burt J. 1984.** The functional significance of the relative size of Aristotle's lantern in the sea urchin *Echinometra mathaei*. J Exp Mar Biol Ecol, 77: 81-97.
- Black R., Johnson M.S., Trendall J.T. 1982.** Relative size of Aristotle's lantern in *Echinometra mathaei* occurring at different densities. Mar Biol, 71 ; 101-106.
- Blainville H.M.D. 1852.** Manuel de malacologie et de conchyliologie. F.G. Levrault, paris.
- Blunt J.W., Copp B.R., Keyzers R.A., Munro M.H., Presep M.R. 2014.** Marine Natural Product. Nat Prod Rep, 31 (2): 160-258.
- Bonaviri C., Vega Fernandez T., Fenelli G., Badalamenti F., Gianguzza P. 2011.** Leading role of the sea urchin *Arbacia lixula* in maintaining the barren state in southwestern Mediterranean. Mar Biol., 158: 2505-2513.
- Booolootian R.A., Giese A.C., Tucker J.S., Farmanfarmaian A. 1959.** A contribution to the biology of a deep-sea echinoid *Allocentrotus fragilis* (Jackson). Biol Bull Woods Hole Mass, 116: 362-372.
- Boudouresque C.F., Verlaque M. 2001.** Ecology of *Paracentrotus lividus*. In Lawrence J.M. ed: Edible sea urchins: biology and ecology, Amsterdam: Elsevier Sciences, 177-216.

- Boudouresque C.F., Verlaque M. 2003.** *Paracentrotus lividus*. In Sea Urchins: Biology and Ecology, chapter 21, Developments in Aquaculture and Fisheries Science, 38:297- 327.
- Boudouresque C.F., Verlaque M., Azzolina J.F., Meinesz A., Nédélec H., Rico V. 1989.** Evolution des populations de *Paracentrotus lividus* et d'*Arbacia lixula* (Echinoidea) le long d'un transept permanent à Galeria (Corse). Travaux scientifiques, parc naturel régional et réserves naturelles de corse, 22 : 65-82.
- Boue H., Chanton R. 1978.** Zoologie I, 2, Invertébrés. Edit. Doin, Paris, 713 pp.
- Boukhelf K. 2007.** Etude de l'écosystème marin d'oued Sadaoua Sidi Lakhdar Mostaganem. (Etude hydrologique, bactériologique et physicochimique). Mém. Ingénieur. Dép. des scies. De la Mer est des ressources halieutiques.
- Boukhelf K. 2012.** Données biométriques, indices physiologiques et dosage des métaux lourds chez l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) dans la région de Mostaganem (Algérie). Mémoire de magister en sciences de l'environnement, option : Biologie et pollution marines, Université d'Oran, Algérie, 166p.
- Boutiba Z. 1992.** Les mammifères marins d'Algérie Statut, Répartition, Biologie et Ecologie. Thèse de Doctorat d'Etat, Université d'Oran, Algérie, 575p.
- Brogger M.I., Martinez M.I., Penchaszadeh P.E. 2010.** Reproduction of the sea urchin *Arbacia dufresnii* (Echinoidea: Arbaciidae) from Golf Nuevo, Argentina. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 1-5.
- Bronstein O., Loya Y. 2015.** Photoperiod, temperature, and food availability as drivers of the annual reproductive cycle of the sea urchin *Echinometra sp.* From the Gulf of Aqaba (Red sea). Coral Reefs, 34: 275-289.
- Brookbank J.W. 1968.** Spawning season and sex-ratio of echinoids. Q.Jl Fla Acad. Sci, 30 : 177-183.
- Bulleri F. 2013.** Grazing by sea urchins at the margins of barren patches on Mediterranean rocky reefs. Mar Biol, 160: 2493-2501.
- Bulleri F., Benedetti-Cecchi L., Cinelli F. 1999.** Grazing by the sea urchins d'*Arbacia lixula* L. and *Paracentrotus lividus* Lam. In the Northwest Mediterranean. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 241: 81-95.
- Bulleri F., Bertocci I., Micheli F. 2002.** Interplay of encrusting coralline algae and sea urchins in maintaining alternative habitats. Marine Ecology Progress Series, 243: 101-109.
- 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 (2): 275-289.
- Calow P. 1981.** Resource utilization and reproduction. In Townsend C.R., Calow P., (eds), Physiological ecology: an evolutionary approach to resource use, Blackwell. Sci. Publ, Oxford, 245-270.
- Carpenter R.C. 1984.** Predator and population density control of homing and behaviour in the Caribbean echinoid *Diadema antillarum*. Mar Bio, 82: 101-108.

- Chelazzi G., Serra G., Bucciarelli G. 1997.** Zonal recovery after experimental displacement in two sea urchins co-occurring in the Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 212: 1-7.
- Chia F.S. 1966.** Brooding behaviour of a six-rayed starfish, *Leptasterias hexactis*. *Biol Bull*, 130: 304-315.
- Cobb J., Lawrence J.M. 2005.** Diets and coexistence of the sea urchins *Lytechinus variegatus* and *Arbacia punctulata* (Echinodermata) along the central Florida Gulf coast. *Marine Ecology Progress Series*, 295: 171-182.
- Cochran R.C., Engelman F. 1975.** Environmental regulation of the annual reproductive season of *Stongylocentrotus Purpuratus* (Stimpson). *Biol Bull*, 148: 393-401.
- Conan P., Millet C. 1995.** Variability of the Northern current of Marseille, Western Mediterranean sea, from February to June 1992. *Oceanologica Acta*, 18 (2): 193-205.
- Corcoll A. 2012.** Eriço de mar: estudo antropológico, geolinguístico. I etimológico. PhD thesis. University of Barcelona. Spain.
- Cordeiro C.A.M.M., Harborne A.R., Ferreira C.E.L. 2014.** Patterns of distribution and composition of sea urchin assemblages on Brazilian subtropical rocky reefs. *Mar Biol*, 161: 2221-2232.
- Cowen R.K., Agegian C.R., Foster M.S. 1982.** The maintenance of community structure in a Central California giant Kelp forest. *J Exp Mar Biol Ecol*, 64: 189-201.
- Dafni J. 1980.** Abnormal growth patterns in the sea urchin *Tripneustes CT. Gratilla (L.)* Under pollution (Echinodermata, Echinoidea). *J Exp Mar Biol Ecol*, 47: 259-279.
- Dafni J. 1983.** Aboral depressions in the tests of the sea urchin *Tripneustes cf. gratilla (L.)* in the gulf of Eilat, Red sea. *J Exp Mar Biol Ecol*, 67 : 1-15.
- Dagnelie P. 1973.** Théorie et méthodes statistiques. Vol. 2, presses agronomiques de GEMBLoux, publ. 378p.
- Dawson M.N. 2001.** Phylogeography in coastal marine animals: a solution from California, *Journal of Biogeography*, 28:723-736.
- De Ridder C., Lawrence J.M. 1982.** Food and feeding mechanisms: Echinoidea. In Jangoux M., Lawrence J.M, (eds), *Echinoderm nutrition*, Balkema publ, Rotterdam, 57-116.
- Delvil M. 2009.** L'oursin comestible *Paracentrotus lividus* : optimisation des conditions de production de larves et de juvéniles benthiques en éclosérie en vue d'options de réintroduction après état des lieux de la ressource sur plusieurs sites tests varois. Mémoire de fin d'études, Diplôme d'Agronomie Approfondie (DAA), Spécialité Halieutique. Institut océanographique Paul Ricard, AgroCampus ouest. France, 1-35p.
- 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.
- Dill L.M., Heithaus M.R., Walters C.J. 2003.** Biobehaviorally mediated indirect interactions in marine communities and their conservation implications. *Ecology*, 84: 1151-1157.

- Dix T.G. 1970.** Biology of *Evechinus chloroticus* (Echinoidea: Echinometridae) from different localities. 3 Reproduction. N.Z.J. Mar. Freshw. Res., 4 : 385-405.
- Dromard C.R. 2013.** Niches trophiques des poissons herbivores des Antilles : apports des isotopes stables. Thèse de doctorat en physiologie et biologie des organismes, 306p. Université des Antilles et de la Guyane, France.
- Duffy J.E., Hay M.E. 2001.** The ecology and evolution of marine consumer-pré interactions. In: Bertness MD, Gaines SD, Hay ME (eds) Marine community ecology. Sinauer Sunderland Mass, 131-157.
- Dummond A.E. 1991.** Reproduction of the sea urchin *Stomopneustes variolaris* (Lam) on the east coast of South Africa. Invert Reprod Develop, 20(3): 259-266.
- Ebert T.A. 1968.** Growth rates of the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus* related to food availability and spine abration. Ecology, 49: 1075-1091.
- Ebert T.A. 1980.** Relative growth of sea urchin jaws: an example of plastic resource allocation. Bull Mar Sci, 30: 467-474.
- Ebert T.A. 1988.** Calibration of Natural growth lines in ossicles of two sea urchins, *Strongylocentrotus purpuratus* and *Echinometra mathaei*, using tetracycline. In, Burke R.D., Malden P.V., Lambert P., Parsley R.L., (eds), Echinoderm biology. Balkema, Rotterdam, 435-443.
- Ebert T.A., Hernández J.C., Clemente S. 2014.** Annual reversible plasticity of feeding structures: cyclical changes of jaw allometry in a sea urchin. Proc Biol Sci, 281 (1779): 2013-2284.
- 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.
- Egea E., Mérigot B., Mahé-Bézac C., Féral J.P., Chenuil A. 2011.** Differential reproductive timing in *Echinocardium ssp*: the first Mediterranean Survey allows interoceanic and interspecific comparisons. C.R. Biologies 334 (2011) 13-23.
- El Jouhari S., Rharbi N., Halla M.I., Belhsen O.K. 2014.** Reproductive cycle of the Edible Sea Urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) (Echinodermata: Echinoidea) in the Coastal Region El Jadida-Safi (Atlantic Ocean, Morocco). J Mar Biol Oceanographe 3:4.
- Elmasry E., Omar H.A., Abdel Razek F.A., El Magd M.A. 2013.** Preliminary studies on habitat and diversity of some sea urchin species (Echinodermata: Echinoidea) on the southern Levantine basin of Egypt. The Egyptian Journal of Aquatic Research, 39(4) : 303-311.
- Fenaux L. 1968.** Maturation des gonades et cycle saisonnier les larves chez *A. lixula*, *P. lividus* et *P. microtuberculatus* à Ville France sur Mer. Vie et Milieu, Série A, Biologie Marine, 19 : 1-52.
- Fenaux L. 1980.** Cycles saisonnier de reproduction et croissance larvaire chez les Echinodermes. Océanis, 6(3) :277-307.

- 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 Science et Technique. 277p.
- Fernandez C., Boudouresque C.F. 1997.** Phenotypic plasticity of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata : Echinoidea) in a lagunal environment. *Mar Ecol Prog Ser*, 152 : 145-154.
- Fisher W., Bauchot M.L., Schneider M. 1987.** Fishes FAO d'identification des espèces pour les besoin de la pêche (révision 1). Méditerranée et mer noire, zone de pêche 37. Volume 1. Végétaux invertébrés, CEE, FAO, ed. FAO, Rome, 760p.
- Folke C., Carpenter S., Walker B., Scheffer M., Elmqvist T., Gunderson L., Holling C.S. 2004.** Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annu Rev Ecol Evol Syst*, 35: 557-581.
- Fuji A. 1960.** Studies on the biology of the sea urchin III. Reproductive cycle of the two sea urchins, *Stroglyocentrotus nudus* and *S. intermedius*, in Southern Hokkaido. *Bull Fac Fish Hokkaido Uni*, 11: 49-57.
- Fuji A. 1967.** Ecological studies on growth and food consumption of Japanese common littoral sea urchin, *Strongylocentrotus intermidus* (A. Agassiz). *Memoir of the Faculty of Fisheries, Hokkaida University*, 15(2): 83-160.
- Gianguzza P., Bonaviri C. 2013.** *Arbacia*. In *Sea urchins: Biology and Ecology*, chapter 19, *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 38: 275- 283.
- Gianguzza P., Agnetta D., Bonaviri C., Di Trapani F., Visconti G., Gianguzza F., Riggio S. 2011.** The rise of thermophilic sea urchins and the expansion of barren grounds in the Mediterranean Sea. *Chemistry and Ecology*, 27: 129-134.
- Gianguzza P., Agnetta D., Bonaviri C., Milisenda G., Barcellona A., Agnetta D., Vega-Fernandez T., Badalamenti F. 2010.** Macroalgal assemblage type affects predation pressure on sea urchins by altering adhesion strength. *Marine Environmental Research*, 70:82-86.
- Gianguzza P., Chiantore M., Bonaviri C., Cattaneo-Vietti R., Vielmini I., Riggio S. 2006.** The effects of recreational *Paracentrotus lividus* fishing on distribution patterns of sea urchins at Ustica Island MPA (Western Mediterranean, Italy). *Fisheries Research*, 81: 37-44.
- Giese A. 1959.** Comparative physiologi: annual reproductive cycles of marine invertebrates. *A Rev physiol*, 21: 547-577.
- Giese A.C. 1961.** Further studies on *Alloccentrotus fragilis*, a deep-sea echinoid. *Biol Bull Woods Hole Mass*, 121 : 141-150.
- 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 de Doctorat Océanologie, Université Méditerranéenne d'Aix-Marseille II, rance, 132p.
- Guibout P. 1986.** Atlas hydrologique de la Méditerranée. IFREMER et SHOM, Brest, 174p.
- Guidetti P. 2004.** Consumers of sea urchins, *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula*, in shallow Mediterranean rocky reefs *Helgoland Marine Research*, 58: 110-116.

- Guidetti P., Franschetti S., Terlizzi A., Boero F. 2003.** Distribution patterns of sea urchins and barrens in shallow Mediterranean rocky reefs impacted by the illegal fishery of the rock-boring mollusk *Lithophaga*. *Marine Biology*, 143: 1135-1142.
- Hagestrom B. E., Lonning S. 1973.** The sea urchin egg as testing object in toxicology. *Acta Pharmacol Toxicol*, 13: 7-49.
- Hairston N.G., et Smith F. E., Slobodkin L.B. 1960.** Community structure population control and competition. *Am Nat*, 94: 421-425.
- Harvey E.B. 1956.** *The American Arbacia and Other Sea Urchins*. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- Hereu B. 2004.** The role of trophique interactions between fishes, sea urchins and algae in the northwestern Mediterranean rocky infralittoral. Thèse PhD. Universit2 de Barcelone. Espagne.
- Hernández J.C., Russell M.P. 2010.** Substratum cavities affect groth-plastisity, allometry, movement and feeding rates in the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus*. *J.Exp Biol*, 213 (3): 520-525.
- Huxley J.S. 1932.** *Problems of relative growth*. Metuen and Co, London.
- Kartas F., quignard J.P. 1984.** *La fécondité des poissons Téléostéens*. Masson. Ed. Paris. 117p.
- 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.
- Kroh A., Hansson H. 2012.** *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758), in: Kroh, A Mooi, R. (Eds.), *World Echinoidea Database*. Accessed Through: world Register of Marine Species at <Http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=124249> on 2013-05-04.
- Lascartos A. 1998.** *La méditerranée : en océan miniature*. Jasement : 7-9.
- Lalami-Taleb R. 1970.** Facteurs de répartition verticale du phytoplancton au large d'Alger. Thèse de doctorat 3ème cycle en biologie. Université d'Alger, 168p.
- Lasker R., Giese A.C. 1954.** Nutrition of the sea urchin *Stronglycentrotus purpuratus*. *Biol Bull*, 106: 328-340.
- Lawrence J.M. 1987.** Echinodermata. In, pandian T.J., Vernberg F.J., (eds), *animal energetic*. Acadimic press, Inc., San Diego, 2: 29-321.
- Levitan D. R., Sewell M. A., Chia F.S. 1992.** How distribution and abundance influence fertilization success in the sea urchin *Strongylocentrotus franciscanus*. *Ecology*, 13: 248-254.
- 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. 1958.** Systema naturae. Regnum animale: Editio decima. *Laurentius Salvius, Holmieae (Stockolm)*.
- Marcus N.H. 1980.** Genetics of morphological variation in geographically distant populations of the sea urchin, *Arbacia punctulata*. *J.Exp Mar Biol Ecol*, 43: 121-130.
- Marques V. 1984.** Effects of *Arbacia lixula* (L.) (Echinoidea) on the algal communities of Sao Miguel and Graciosa Islands (Azores Archipelago, Portugal). *Arquivos do Museu Bocage, Serie B. Notas et Suplementos 2*, 103-108.
- Martinez-Pita I., Sàncnez-Espana A.I., Garcia F.J. 2008.** Gonadal growth and reproduction in the sea urchin *Sphaerechinus granularis* (Lamarck 1816) (Echinodermata: Echinoidea) in southern Spain. *Scientia Marina*, 72 (3): 603-611.
- McPherson B.F. 1968.** Contributions to the biology of the sea urchin *Eucidaris tribuloides* (Lamarck). *Bull Mar Sci*, 18: 400-443.
- McPherson B.F. 1965.** Contributions to the biology of the sea urchin, *Tripneustes ventricosus*. *Bulletin of Marin Science*, 15: 228-244.
- Millot C. 1987.** Circulation in the western Mediterranean Sea. *Oceanologica Acta*, 10 (2) : 143-149.
- 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 Marine Curie et Université Aix-Marseille II, 175p, France.
- Neefs Y. 1952.** Sur le cycle sexuel de *Sphaerechinus 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 UK*, 65: 203-220.
- Pliveira M. 1991.** Survival of seaweeds ingested by three species of tropical sea urchins from Brazil. *Hydrobiologia*, 222: 13-17.
- Pedrotti M.L. 1993.** Spatial and temporal distribution and recruitment of echinoderm larve in the Ligurian Sea. *J mar biol Ass Uk*, 73 : 513-530.
- 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 Science Naturelles, Université Saint Jérôme, Aix-Marseille III, France, 221p.
- Régis M.B. 1980.** Etude des possibilités d'élevage des oursins réguliers en fonction de la valeur de certains indices physiologiques. *Oceanologica Acta*, 3 : 7-15.
- Régis M.B. 1981.** Aspects morphologiques de la croissance de deux echinoides du Golfe de Marseille, *Paracentrotus lividus* (Lmk.) et *Arbacia lixula* (L.). *Cah. Biol. Mar.*, 22 : 349-370.

- Remili S., Kerfouf A. 2013.** Évaluation de la qualité physico-chimique et du niveau de contamination métallique (Cd, Pb, Zn) des rejets d'eaux usées d'Oran et de Mostaganem (Littoral Ouest algérien). *Physio-Géo*, 7 : 165-182.
- Rouane-Hacene M.O. 2013.** Biosurveillance de la qualité des eaux côtières du littoral occidental algérien, par le suivi des indices biologique, de la biodisponibilité et la bioaccumulation des métaux lourds, (Zn, Cu, Pb et Cd) chez la moule *Mytilus galloprovincialis* et l'oursin *Paracentrotus lividus*. Doctorat en biologie, option : Science de l'environnement, Université d'Oran, 249p.
- Russell M.P. 1987.** Life history traits and resource allocation in the purple sea urchin *Stongylocentrotus purpuratus* (Stimpson). *J Exp Mar Biol Ecol*, 108 : 199-216.
- 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. Mémoire de D.E.S en Biologie Marine, F.SB, USTHB ? Alger, 74p.
- 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.
- Sala E. 1997.** First predators and scavengers of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in protected areas of the north-wastern Mediterranean Sea. *Mar Biol*, 129: 531-539.
- Sala E. 2004.** The past and present Topology and Structure of Mediterranean Subtidal Rocky-shore Food webs. *Ecosystems*, 7: 333-340.
- Sala E., Zabala M. 1996.** Fish predation and the structure of the sea urchin *Paracentrotus lividus* population in the N W Mediterranean. *Mar Ecol Prog Ser*, 140 : 71-81.
- Sala E., Boudouresque C.F., Harmelin-Vivien M. 1998.** Fishing trophic cascades and the structure of algal assemblages: evaluation of the old but untested paradigm. *Oikos*, 82 : 425-439.
- Sun Martin G.A. 1990.** Suivi d'une opération de Transplantation de *Paracentrotus lividus* Echinodermata Echinoidea dans la région Marseillaise. Contrat N° 87 34 00 66 IFREMER / GIS Posidonie. France. 16p.
- Sanchez-Espana A.I., Martinez-Pita I., Garcia F.J. 2004.** Gonadal growth and reproduction in the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) (Echinodermata: Echinoidea) from southern Spain. *Hydrobiologia*, 519: 61-72.
- Scheibling R.E. 1996.** The role of predation in regulating sea urchin populations in eastern Canada. *Oceanol Acta*, 19: 421-430.
- Scheibling R.E., Hamm J. 1991.** Interactions between sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) and their predators in field and laboratory experiments. *Mar Biol*, 78: 153-164.
- Scheibling R.E., Stephenson R.L. 1984.** Mass mortality of *Strongylocentrotus droebachiensis* (Echinodermata: Echinoidea) of Nova Scotia, Canada. *Mar Biol*, 78 : 153-164.

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

**Sellem F. 1990.** Données sur la biométrie de *Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula* et *Sphaerechinus granularis* et sur la biologie de *Paracentrotus lividus* dans le golfe de Tunisie. Rapp. DEA. Biol mar. Oceanol, Univ. Tunis II, Faculté des Sciences de Tunis, 158p + Annexes.

**Sellem F. 1995a.** Croissances linéaire relative d'*Arbacia lixula* (Linnaeus) dans le golfe de Tunis. Rapp. Comm. Int. Mer Medit, 34.

**Sellem F. 1995b.** Données sur l'indice gonadique et l'indice de réplétion d'*Arbacia lixula* (Linnaeus) dans le golfe de Tunis. Rapp. Comm. Int. Mer Medit, 34.

**Sellem F., Guillou M. 2007.** Reproductive biology of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats of northern Tunisia (southeast Mediterranean). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom-J MAR BIOL ASSN UK, 87 (03): 763-767.

**Sellem F., Langar H., Pesando D. 2000.** Âge et croissance de l'oursin *Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816 (Echinodermata-Echinoidea) dans le golfe de Tunis (Méditerranée). J Mar Biol Asso UK, 87: 763-767.

**Sellem F., Langar H., El Abed A. 2001.** Eléments de reproduction de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) dans le golfe de Tunis. Rapp Comm int Mer Médit, 36.

**Sermoud R. 1993.** Contribution à la croissance 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, 126p.

**Sermoud 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 édité. GIS. Posidonie publications. Marseille, France, 117-124.

**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+ annexes.

**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: 1-6.

**Taupier-Letage I., Millot C. 1988.** Surface circulation in the Algerian Bassin during 1984. Oceanol Acta, 9: 119-131.

**Tavares Y.A.G., Borzone C.A. 2005.** Aspectos ecológicos de *Echinometra lucunter* (Linnaeus, 1758) et *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1958) (Echinodermata: Echinoidea) no Sul do Brasil, in: XI Congreso Latinoamericano de Ciencias Del Mar, Exposiciones orales, 1-3.

- Tegner M.J., Dayton P.K., Edwards P.B., Riser K.L. 1995.** Sea urchin cavitation of giant kelp (*Macrocystis Purifera C Agardh*) holdfasts and its effects on kelp mortality across a large California forest. *J. Exp Mar Biol Ecol*, 191: 83-99.
- Telford M. 1985.** Domes arches and urchins the skeletal architecture of echinoids (Echinodermata). *Zoomorphology* 105: 114-124.
- Thompson D.A. 1917.** On growth and form. Cambridge Uni. Press, Cambridge.
- Thorson G. 1949.** Reproductive and larval ecology of marine bottom invertebrates. *Biol Review*, 25: 1-45.
- Tomas F., Romero J., Turon X. 2004.** Settlement and recruitment of the sea Urchin *Paracentrotus lividus* in two contrasting habitats in the Mediterranean. *Marine Ecology Progress Series*, 282: 173-184.
- Tortonese E. 1965.** Echinodermata. Fauna d'Italia Vol. VI. Calderni, Bologna.
- Tortonese E., Vadon C. 1987.** Oursin et holothuries (ECHINODERMES) in fishes FAO identification des espèces pour les besoins de pêche Révision I, Méditerranée, Mer noire zone de pêche 37 vol I., végétaux et invertébrés : 715-739.
- Tuya F., Boyra A., Sanchez-Jerez P., Barbera C., Haroun R. 2004.** Can one species determine the structure of the benthic community on a temperate rocky reef, the case of the long-spined sea-urchin *Diadema antillarum* (Echinodermata: Echinodea) in the eastern Atlantic. *Hydrobiologia*, 519: 211-214.
- Underwood A.J. 1981.** Techniques of variance in experimental marine biology and yolk Protein and zinc in the agametogenic sea urchin gonad. *Biol Bull*, (Woods Hole, MA, USA) 221: 227-237.
- Vadas R.L. 1977.** Preferential feeding: an optimization strategy in sea urchins. *Ecol Monogr*, 47: 337-371.
- Vance R.R., Schmitt R.J. 1979.** The effect of predator-avoidance behaviour of the sea urchin *Centrostephanus Coronatus*, on the breadth of its diet. *Oecologia*, 44: 21-25.
- Vasquez J.A., Castilla J.C., Santelices B. 1984.** Distribution patterns and diets of four species of sea urchins in giant kelp forest (*Macrocystis pyrifera*) of Puerto Toro, Navarino Island, Chile. *Marine Ecology Progress Series*, 19 : 55-63.
- Verlaque M. 1984.** Biologie des juvéniles de l'oursin herbivore *Paracentrotus lividus* (Lamarck) : sélectivité du broutage et impact de l'espèce sur les communautés algales de substrat rocheux en Corse (Méditerranée, France). *Botanica Marina*, 27 : 401-424.
- Verlaque M. 1987.** Relation entre *Paracentrotus lividus* (Lamarck) et le phytobenthos de Méditerranée occidentale in : Colloque International Sur *Paracentrotus lividus* et les oursins Comestibles. GIS Posidonie Publ, Marseille, pp 5-36.
- Verlaque M., Nedelec H. 1983.** Biologie de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) sur substratum rocheux en Corse (Méditerranée, France) : alimentation des adultes. *Vie et Milieu*, 33 :191-202.

**Walker C.V., Lesser M.P., Unuma T. 2013.** Sea Urchin Gametogenesis-Structural, Functional and Molecular/ Genomic Biology. In Sea Urchins: Editor: John Miller Lawrence, 38: 25-43.

**Walker C.W., Harrington L.M., Lesser M.P., Fagerberg W.R. 2005.** Nutritive phagocyte Incubation Chambers Provide a Structural and Nutritive Microenvironment for Germ Cells of *Strongylocentrotus droebachiensis*, the Green Sea Urchin. Biol Bull, 209:31-48.

**Wangensteen O.S. 2013.** Biology and phylogeography of the black sea urchin *Arbacia lixula* (*Echinoidea: Arbacioida*). Thèse de Doctorat, Université de Barcelone, Espagne.

**Wangensteen O.S. Turon X., Casso M., Palacin C. 2013.** The reproductive cycle of the sea urchin *Arbacia lixula* in Northwest Mediterranean: Potential influence of temperature and photoperiod. J.Mar Biol Asso UK, 87: 763-767.

**Wangensteen O.S., Turon X., Garcia-Cisneros A., Recasens M., Romero J., Palacin C. 2011.** A wolf in sheep is clothing: carnivory in dominant sea urchins in the Mediterranean. Marine Ecology Progress Series, 441: 117-128.

**Wasson K.M., Watts S.A. 2013.** Endocrine Regulation of the Echinoid Reproduction. In sea urchins: Biology and Ecology, Chaper 5. Developments in Aquaculture and Fisheries Science. Editor: John Miller Lawrence, 38: 59-67.

**Williamson J.E. Steinberg P.D. 2002.** Reproductive cycle of the sea urchin *Holopneustes purpurascens* (*Temnopleuridae: Echinodermata*). Marine Biology, 140 :519-532.

**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. Mémoire de DES en Océanographie, ISN, USTHB, Alger, 26p+ annexes.

**Zhadan P.M., Vaschenko M.A., Almyashova T.N. 2015.** Spawning failure in the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* in the northwestern Sea of Japon : Potential environmental of Experimental Marine Biology and Ecology, 465 : 11-23.





