

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : Halieutique

Thème :

**Dynamique, biologie et écologie de l'oursin comestible
Paracentrotus lividus (Lamarck, 1816) de la côte algéroise**

Présenté par :

CHENOUF Sara

Soutenu le 21 /09/2015 devant le jury composé de :

Mme BOUMAZA Salima	Maître de conférences B (ENSSMAL)	Présidente du jury
Mr SEMROUD Rachid	Professeur (ENSSMAL)	Promoteur
Mme KORICHI Hamida	Maître assistante A (ENSSMAL)	Examinatrice
Mr HEMIDA Farid	Professeur (ENSSMAL)	Examineur

Promotion : 2015

Remerciements

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce à la contribution de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

Je voudrais tout d'abord adresser toute ma gratitude au directeur de ce mémoire, M. le professeur SEMROUD. R, pour m'avoir accueilli au sein de son équipe. Son encadrement m'a beaucoup appris. Je le remercie pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion, sans oublier sa confiance, et la grande liberté qu'il m'a laissée dans mon travail.

Je tiens à remercier Mme BOUMAZA. S de m'avoir fait le grand honneur d'accepter la présidence du jury, qu'elle trouve ici l'expression de mon profond respect.

Merci également à M. le professeur HEMIDA et Mme Dr KORICHI qui ont bien voulu faire partie du jury, d'examiner et enrichir ce travail par leurs commentaires et leur expérience.

Je voudrais en particulier remercier M. KHAZIMI, avec qui j'ai énormément appris et qui m'a accompagné dans mon travail en ayant la patience de répondre, toujours avec pertinence, à mes nombreuses questions et grâce à qui mon premier contact avec la pratique s'est déroulé dans de très bonnes conditions. Un grand merci pour l'aide, le soutien et surtout la disponibilité malgré ses multiples occupations, ainsi que les différents conseils qui ont grandement facilité mon travail.

Un grand merci à Mme Dr. KORICHI et M. le professeur HEMIDA qui m'ont donné beaucoup de conseils et de bonnes critiques sur mon travail. Grâce à leurs remarques, mon travail est plus complet.

Tous mes remerciements vont à l'ensemble des personnels de l'ENSSMAL qui m'ont apporté leur aide, merci aux bibliothécaires, aux techniciens ainsi qu'aux agents de l'école, sans oublier l'équipe de l'institut de Sidi Fredj pour leur accueil, leur aide et leur collaboration.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté à me rencontrer et répondre à mes questions durant mes cinq années.

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

A ma mère et mon père, témoignage d'amour, de soutien, de sacrifice, et de motivation, merci pour votre présence dans ma vie

A mes sœurs et mes frères chéris (es) : (Hasna, Manel, Marwa, Ismail et Daido), exemple de persévérance, courage et générosité

A Djoud-Karam

A ma tante Fatiha et son mari tonton Lkhayar, model de soutien, patience et de sacrifice, merci pour votre accueil et pour avoir tout fait pour que les conditions soient optimales

A ma tante Saïda et mes oncles tonton Mohamed et tonton Kader, pour leur aide et leurs encouragements

A ma grande mère chérie, exemple de la grande dame

A tata Baya, pour son accueil et son aide

A mes amies : Nezly, Nihed, Lamia, Shara, Selma, ..., pour tous les moments qu'on a passé ensemble, votre implication personnelle et sincère m'a vraiment transmis la force d'affronter mes propres limites et de les dépasser

A l'équipe de 'Halo communication' (Hocine, Eleine et Hanane)

A tous mes amis (es).

Sara CHENOUF

Sommaire

Introduction	11
Chapitre 1 : Généralités	14
1 Présentation de l'espèce	14
1.1 Description des Echinoïdea :	14
1.2 Position systématique de l'espèce <i>Paracentrotus lividus</i>	14
1.3 La morphologie de l'espèce.....	15
1.3.1 La morphologie externe	15
1.3.2 La morphologie interne	16
1.4 Régime alimentaire	18
1.5 Reproduction, ponte, développement larvaire	18
1.6 Répartition géographique et bathymétrie.....	19
1.7 Écologie de l'espèce	20
Chapitre 2 : Matériel et méthodes	21
1 Présentation des stations	21
1.1 Sidi Fredj	21
1.2 El Djamila.....	22
1.3 Tamentfoust	22
2 Méthode d'échantillonnage	22
2.1 Dénombrement et mesure	22
2.2 Traitement au laboratoire.....	23
3 Etude de la biologie.....	24
3.1 Les indices physiologiques	24
3.1.1 L'indice gonadique	24
3.1.2 L'indice de réplétion	25

3.2	Le sex-ratio	25
3.3	Etude statistique	25
4	Etude de la dynamique.....	27
4.1	La structure démographique de la population	27
4.1.1	Méthode de Bhattacharya (1967).....	27
4.2	Etude de la croissance.....	27
4.2.1	Estimation des paramètres de croissance de Von Bertalanffy	28
5	Etude de l'écologie.....	31
5.1	La densité.....	31
5.2	Etude statistique	31
Chapitre 3 : Résultats et discussions		32
1	Etude de la biologie	32
1.1	Les indices physiologiques	32
1.1.1	Au niveau de la station d'El-Djamila	32
1.1.2	Au niveau de la station de Tamentfoust.....	33
1.1.3	Au niveau de la station de Sidi Fredj	34
1.1.4	Indices physiologiques par sexe.....	38
1.2	Le sex-ratio	40
2	Etude de la dynamique.....	45
2.1	Analyse des structures d'âge	45
2.1.1	Clé âge-longueur par la méthode de Bhattacharya (1967).....	45
2.1.2	Détermination des paramètres de croissance par la méthode Tomlinson et Abramson (1961).....	48
2.2	Analyse des structures de taille.....	48
2.2.1	Distribution fréquence-taille	48
2.2.2	Détermination des paramètres de croissance	56

3	Etude de l'écologie.....	61
3.1	Densité et diamètre moyen	61
	Conclusion.....	69
	Bibliographie.....	72
	Annexes	80

Liste des figures

Figure 1. Morphologie externe de l'oursin <i>Paracentrotus lividus</i>	16
Figure 2. La zone anale (A) et la zone buccale (B) de l'oursin <i>Paracentrotus lividus</i>	16
Figure 3. Anatomie interne de l'oursin régulier <i>Paracentrotus lividus</i>	17
Figure 4. Disposition pentaradiaire des gonades femelles (A) et males (B) chez <i>Paracentrotus lividus</i>	18
Figure 5. Développement larvaire de <i>Paracentrotus lividus</i>	19
Figure 6. Carte de la répartition géographique de <i>Paracentrotus lividus</i> (MapCreator 2.0) ..	19
Figure 7. Carte de localisation des trois stations d'étude dans la cote algéroise.....	21
Figure 8. Variation mensuelle de l'IGm et l'IRm de <i>Paracentrotus lividus</i> dans la région d'El-Djamila (année 2000)	33
Figure 9. Variation mensuelle de l'IGm et l'IRm de <i>Paracentrotus lividus</i> dans la région de Tamentfoust (année 1997).....	34
Figure 10. Variation mensuelle de l'IGm et l'IRm de <i>Paracentrotus lividus</i> dans la région de Sidi Fredj (année 1996).....	35
Figure 11. Evolution mensuelle de l'IGm (A) et de l'IRm (B) dans les trois stations : El-Djamila, Tamentfoust et Sidi Fredj	37
Figure 12. Variation mensuelle de l'IGm et de l'IRm des femelles (F) et des males (M) de <i>Paracentrotus lividus</i> dans les deux régions : El Djamilia et Tamentfoust	39
Figure 13. Variation mensuelle du sex-ratio de <i>Paracentrotus lividus</i> dans les deux stations : El-Djamila et Tamentfoust	41
Figure 14. Variation du sex-ratio de <i>Paracentrotus lividus</i> dans les deux régions : El-Djamila et Tamentfoust	43
Figure 15. Décomposition en groupe d'âges par la méthode de Bhattacharya (1967) des individus de la station d'El-Djamila, (FISAT II)	46
Figure 16. Décomposition en groupe d'âges par la méthode de Bhattacharya (1967) des individus de la station de Tamentfoust, (FISAT II)	47

Liste des figures

Figure 17. Décomposition en groupe d'âges par la méthode de Bhattacharya (1967) des individus de la station de Sidi Fredj, (FISAT II).....	48
Figure 18. Distribution mensuelle de fréquence de taille de <i>Paracentrotus lividus</i> dans la région d'El-Djamila.....	50
Figure 19. Distribution de fréquence de taille de tous les individus de <i>Paracentrotus lividus</i> échantillonnés dans la région d'El-Djamila	51
Figure 20. Distribution mensuelle de fréquence de taille de <i>Paracentrotus lividus</i> dans la région de Tamentfoust.....	52
Figure 21. Distribution de fréquence de taille de tous les individus de <i>Paracentrotus lividus</i> échantillonnés dans la région de Tamentfoust	53
Figure 22. Distribution mensuelle de fréquence de taille de <i>Paracentrotus lividus</i> dans la région de Sidi Fredj	54
Figure 23. Distribution de fréquence de taille de tous les individus de <i>Paracentrotus lividus</i> échantillonnés dans la région de Sidi Fredj.....	56
Figure 24. Courbes de croissance linéaire théorique de Von Bertalanffy de <i>Paracentrotus lividus</i> pour les trois stations	60
Figure 25. Variation mensuelle de la densité moyenne et du diamètre moyen de <i>Paracentrotus lividus</i> dans la station d'El- Djamila.....	62
Figure 26. Variation mensuelle de la densité moyenne et du diamètre moyen de <i>Paracentrotus lividus</i> dans la station de Tamentfoust	64
Figure 27. Variation mensuelle de la densité moyenne de <i>Paracentrotus lividus</i> dans la station de Sidi Fredj	65
Figure 28. Variation mensuelle de la densité moyenne de <i>Paracentrotus lividus</i> dans les trois stations.....	66
Figure 29. Diamètre moyen de <i>Paracentrotus lividus</i> des trois stations.....	66

Liste des tableaux

Tableau 1. Période et nombre de pontes par an de <i>Paracentrotus lividus</i> d'après divers auteurs	36
Tableau 2. Le sex-ratio global de <i>Paracentrotus lividus</i> dans les deux stations : El-Djamila et Tamentfoust.....	40
Tableau 3. Comparaison des diamètres moyens par sexe et par station de <i>Paracentrotus lividus</i>	44
Tableau 4. Les groupes d'âge obtenus par la méthode de Bhattacharya (1967) de <i>Paracentrotus lividus</i> de la station d'El-Djamila.....	46
Tableau 5. Les groupes d'âge obtenus par la méthode de Bhattacharya (1967) de <i>Paracentrotus lividus</i> de la station de Tamentfoust	47
Tableau 6. Les groupes d'âge obtenus par la méthode de Bhattacharya (1967) de <i>Paracentrotus lividus</i> de la station de Sidi Fredj	47
Tableau 7. Paramètres de croissance obtenus par l'Analyse de structure d'âge (méthode de Tomlinson et Abramson (1961))	48
Tableau 8. Paramètres de croissance de <i>Paracentrotus lividus</i> estimés par la recherche automatique d'ELEFAN I	56
Tableau 9. Paramètres de croissance de <i>Paracentrotus lividus</i> obtenus par différents auteurs	57
Tableau 10. Paramètres de croissance de <i>Paracentrotus lividus</i> obtenus par l'analyse des distributions des fréquences de taille	57
Tableau 11. Diamètres moyens théoriques déterminés à partir de l'équation de Von Bertalanffy	59
Tableau 12. Variation mensuelle de la densité moyenne en (individu/m ²) et du diamètre moyen (mm) de <i>Paracentrotus lividus</i> dans la station d'El-Djamila	61
Tableau 13. Variation mensuelle des effectifs des trois classes d'âge dans la station d'El-Djamila.....	62
Tableau 14. Variation mensuelle de la densité moyenne (individu/m ²) de <i>Paracentrotus lividus</i> dans la station de Tamentfoust	63

Liste des tableaux

Tableau 15. Variation mensuelle du diamètre moyen (mm) de <i>Paracentrotus lividus</i> dans la station de Tamentfoust	63
Tableau 16. Variation mensuelle de la densité moyenne en (individu/m ²) de <i>Paracentrotus lividus</i> dans la station de Sidi Fredj.....	65
Tableau 17. Densités et diamètres moyens de <i>Paracentrotus lividus</i> obtenus par différents auteurs	67

Introduction

Il existe de par les mers et les océans environ 1070 espèces d'oursins identifiées, tous appartenant à la classe des Echinoïdea, que l'on retrouve dans les eaux chaudes, tempérées et même polaires, de la côte jusque dans les grands fonds (Kroh et Mooi, 2010).

Les oursins, particulièrement *Paracentrotus lividus*, présentent une vaste distribution géographique qui englobe aussi bien l'Atlantique Est que la Méditerranée. Ils sont considérés comme les herbivores les plus importants.

L'espèce vit dans deux biotopes préférés. Elle occupe les rochers littoraux recouverts de peuplements d'algues photophiles et s'accommode également des herbiers phanérogames. Dans les herbiers à *Posidonia oceanica*, *P. lividus* est considérée comme le principal consommateur des feuilles. Il représente l'une des principales espèces de cet écosystème. A travers son activité de pâturage, *Paracentrotus lividus* contrôle, localement, la dynamique des herbiers (Hayward et Ryland, 1990 ; Guidetti et Mori, 2005).

Son rôle écologique, comme opportuniste, est important dans les différents écosystèmes. Il est considéré comme régulateur de certaines populations phyto-planctoniques et il joue un rôle primordial dans l'évolution des peuplements superficiels de Macrophytes benthiques (Azzolina, 1988).

P. lividus, de par son abondance à faible profondeur et par le rôle qui joue dans les écosystèmes méditerranéens, est un organisme modèle en biologie, en biologie et en écologie marines (Guidetti et Mori, 2005). Il est utilisé dans de nombreuses études scientifiques, en particulier sur la chimie des eaux méditerranéennes, il remplit le rôle d'une espèce indicatrice et accumulatrice des éléments polluants et il est utilisé comme espèce bio-indicatrice de l'état de santé du milieu marin (Soualili *et al.*, 2008).

La pêche et la consommation des oursins dans le monde sont très anciennes. Les pays grands consommateurs sont le Japon, le Chili, les U.S.A, la Corée, l'ex U.R.S.S et au 6ème rang la France. La pêche de *Paracentrotus lividus* se réalise sur les côtes atlantiques comme sur les côtes méditerranéennes (Guettaf, 1992 ; Lawrance, 2007).

En Méditerranée, la France est le plus grand pays consommateur d'oursins. Ils sont pêchés dans quasiment tous les pays méditerranéens (l'Espagne, l'Italie, la Yougoslavie, l'Algérie, la Tunisie, le Maroc, la Grèce et la Turquie), mais, pour certains d'entre eux, comme l'Algérie, la quantité pêchée est très faible, malgré un stock très appréciable au niveau littoral. Au niveau de

ce dernier pays, la pêche est faite par des amateurs sans statut de pêcheurs d'oursins (Le Direac'h, 1988).

La production mondiale d'oursins est d'environ 72 000 tonnes dont 34 800 tonnes pour le Chili et 11 650 tonnes pour le Japon, les premiers producteurs. Consommé d'octobre à avril (quand il est plein), il se pêche à la main, à la « radasse » (amas de filets) ou au gangui (poche de 2 m d'ouverture). Sa pêche est très réglementée (pas d'oursins inférieurs à 4 cm de diamètre) et fermée de mai à septembre en France. En raison de sa diminution, l'élevage tend à se développer (FAO, 2014).

Cependant, malgré les réglementations, la plupart des auteurs sont d'accord pour signaler que les populations de *Paracentrotus lividus* deviennent de moins en moins abondantes dans le nord méditerranéen et que l'activité de pêche de cet oursin est en danger (Allain, 1972 ; Regis, 1978 ; Azzolina, 1988 ; Le Direac'h, 1988 ; Lawrance, 2007 in Patrissi *et al.*, 2014). Il apparaît clairement que *Paracentrotus lividus* constitue une ressource économique importante, mais est en même temps en danger à cause de la surexploitation, d'où l'importance des études déjà faites sur cette espèce, sur son écologie, sa biologie, sa physiologie et sur son comportement trophique.

Si en Algérie, la consommation des oursins est rare, cette ressource ne souffre pas de surpêche comme dans d'autres pays, son stock est disponible et inexploité.

Les études réalisées en Algérie sur *Paracentrotus lividus* et non encore publiées (Semroud com. pers.) ont porté surtout sur la biologie (Semroud et Kada, 1987 ; Zanoun, 1987 ; Sadoud, 1988 ; Semroud, 1993 ; Chtini et Sellal, 1994). Ces études ont portées surtout sur la reproduction (indices physiologiques) en particulier. En revanche, les études relatives à l'écologie et la dynamique des populations sont rares ou inexistantes. Il nous a donc paru intéressant de donner, pour la première fois, quelques résultats sur la dynamique des populations d'une part et d'approfondir nos connaissances sur la biologie et l'écologie de cette espèce d'autre part.

L'objectif de cette étude est d'apporter quelques données nouvelles sur l'espèce présente en Algérie et en particulier sur celle des côtes algéroise. Une comparaison est réalisée sur trois populations situées dans trois régions distinctes : El-Djamila, Tamentfoust et Sidi Fredj. Il porte essentiellement sur la dynamique des populations et en partie sur la biologie et l'écologie, en vue d'optimiser son exploitation avenir. Cela en utilisant des données de trois travaux, proviennent de la station de Sidi Fredj échantillonnées en 1996, de Tamentfoust dont l'échantillonnage est effectué en 1997, enfin, un échantillon effectué à El-Djamila en 2000.

Introduction

Le premier chapitre concerne des données générales sur la présentation de l'espèce étudiée et la zone d'étude ;

Le deuxième chapitre s'intéresse à l'échantillonnage et aux travaux effectués au laboratoire, ainsi que les méthodes statistiques utilisées ;

Dans le troisième chapitre, les résultats sont présentés, interprétés et discutés.

Une conclusion succincte clôture ce travail.

Chapitre 1 : Généralités

1 Présentation de l'espèce

1.1 Description des Echinoïdea :

Les Oursins sont des Echinodermes sans bras, enfermés dans un test généralement rigide, le dermosquelette, formé de plaques calcaires imbriquées. De nombreuses espèces ont des piquants (d'où leur nom). Leur forme est variable : subsphérique, subconique, cordiforme, aplatie ou discoïdale. Les oursins subsphériques et subconiques appartiennent à la classe des Regularia à symétrie radiaire, bouche et anus étant situés aux deux pôles, tandis que les espèces cordiformes et aplaties, de la sous-classe des Irregularia, offrent une symétrie bilatérale plus nette, la position de l'anus et de la bouche variant suivant les espèces. Seuls les Regularia comprennent des espèces présentant un intérêt pour la pêche (Fischer *et al.*, 1987). Ils habitent l'intertidale jusque aux fosses abyssales (Kroh et Mooi, 2015).

Les oursins réguliers ont un test calcaire rond, aplati et parfois globuleux. Ils ont des épines longues, très pointues qui ont une grande variété de couleurs. Les gonades sont considérées comme un mets de choix en Méditerranée. Ils habitent les zones rocheuses entre 1 et 53 m (Elmasry *et al.*, 2014).

En Méditerranée, les Oursins réguliers sont représentés par 11 espèces appartenant à 6 familles et 2 ordres. Quatre espèces seulement ont des gonades considérées comme comestibles et sont trouvées régulièrement ou non sur les marchés ; la plus importante de ces espèces est *Paracentrotus lividus* (Fischer *et al.*, 1987).

1.2 Position systématique de l'espèce *Paracentrotus lividus*

La position systématique retenue pour *P. lividus* dans le présent travail est déterminée à partir des différents travaux notamment ceux de Lamarck (1816), Blainville (1825), Risso (1826), Zirpolo (1927) et Agassiz et Desor (1846) : (Kroh, 2015)

Règne : Animalia

Embranchement : Echinodermata

Sous-embranchement : Echinozoa

Classe : Echinoidea

Infra-classe : Carinacea

Sous-classe : Euechinoidea

Super-ordre : Echinacea

Ordre : Camarodonta

Infra-ordre : Echinidea

Famille : Parechinidae

Genre : Paracentrotus Lamarck, 1816

Espèce : *Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816.

1.3 La morphologie de l'espèce

1.3.1 La morphologie externe

Paracentrotus lividus est un échinidé benthique qui possède une symétrie pentamère, un corps de forme sphérique plus ou moins aplatie à ses deux pôles (Fischer *et al.*, 1987).

Le pôle aboral (supérieur) comprend la zone anale appelée aire apicale, elle est constituée par le périprocte, une membrane autour de l'anus, formée de 10 plaques intradermiques calcifiées, 5 plaques ambulacraires qui alternent avec 5 plaques inter-ambulacraires. Autour du périprocte, se situent 5 plaques génitales placées en position interradiaire, chacune percée d'un pore génital pour évacuer les produits génitaux, une de ces plaques génitales est le madréporite encore appelée plaque aquifère, mettant en communication le système ambulacraire avec l'eau de mer ; en alternance avec les plaques génitales, 5 plaques basales plus petites sont situées en position radiaire (Figure 1 et 2).

Le pôle opposé dit oral (inférieur) est constitué par une paroi latérale courbe dite couronne formée de 10 doubles rangées de plaque s'étendant de l'aire apicale à l'ouverture du test dans la face inférieure (Grassé, 1948). L'ouverture centrale de la couronne, est occupée par le péristome, une membrane nue qui entoure une bouche garnie de 5 dents calcaires, formant un appareil masticateur, appelé « lanterne d'Aristote » (figure 2) (Tortonese et Vadon, 1987).

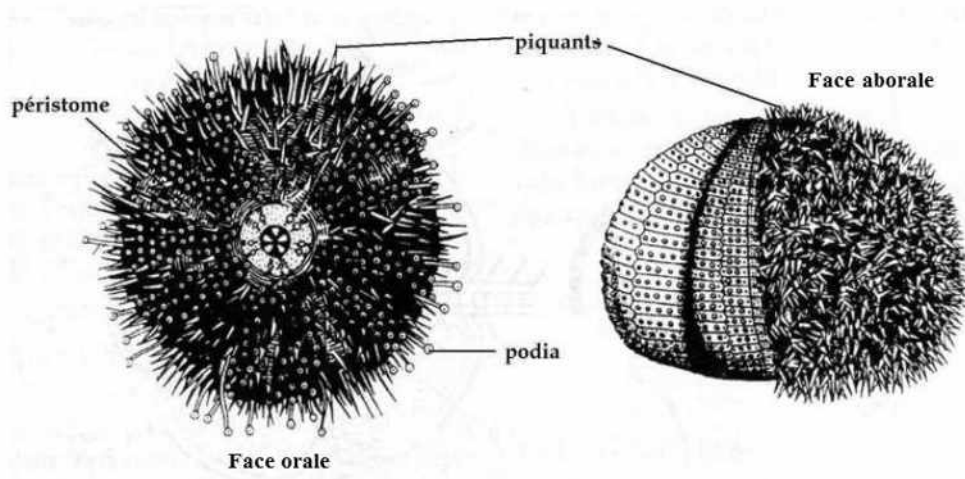


Figure 1. Morphologie externe de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Tortonese et Vadon ,1987)

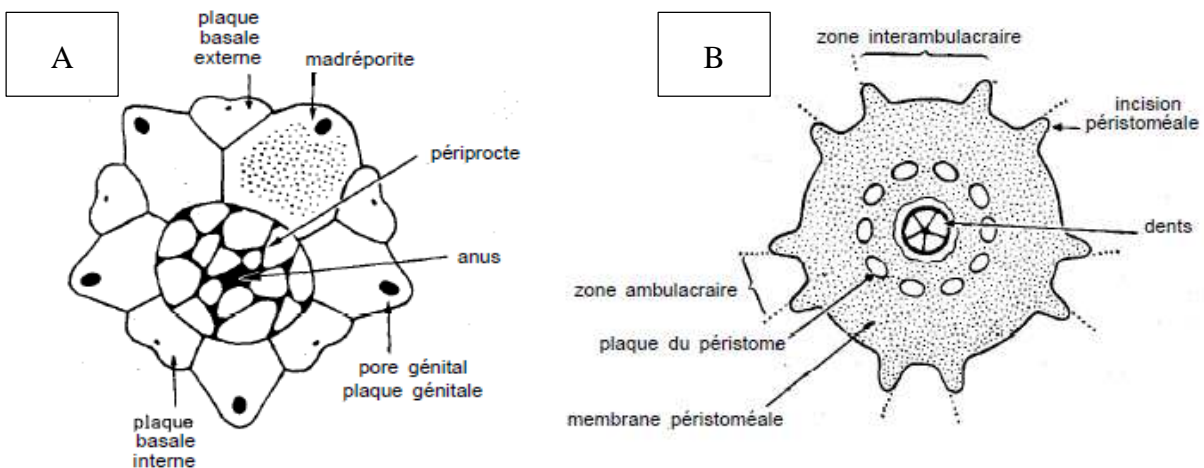


Figure 2. La zone anale (A) et la zone buccale (B) de l'oursin *Paracentrotus lividus* (Tortonese et Vadon ,1987)

Le test hérissé, appelé généralement squelette dermique, porte différents appendices : les piquants, les sphérides, les podia, et les pédicellaires.

1.3.2 La morphologie interne

À l'intérieur (Figure 2) se trouve le tube digestif qui comprend la bouche au centre de la face orale du test, suivi de l'œsophage entouré d'un puissant appareil, la lanterne d'Aristote, attaché au corps par une série de fibres conjonctives et des muscles sur les auricules, et formé de cinq ensembles complexes ou mâchoires, où l'on trouve les cinq dents ; l'intestin est tapissé par un épithélium cylindrique (Soualili *et al.*, 2008). L'estomac doublé d'un siphon intestinal où la

digestion et l'absorption se font au niveau de l'intestin et se termine par un anus dorsal (Beaumont et Cassier, 1973).

Le système nerveux oral est formé d'un anneau périoesophagien, d'où partent cinq rubans radiaux, un pour chaque zone ambulacraire. Ceux-ci envoient deux nerfs pour chaque tentacule ambulacraire, l'un se termine dans la ventouse du tentacule, l'autre forme un plexus sous-épidermique et innerve les appendices du test.

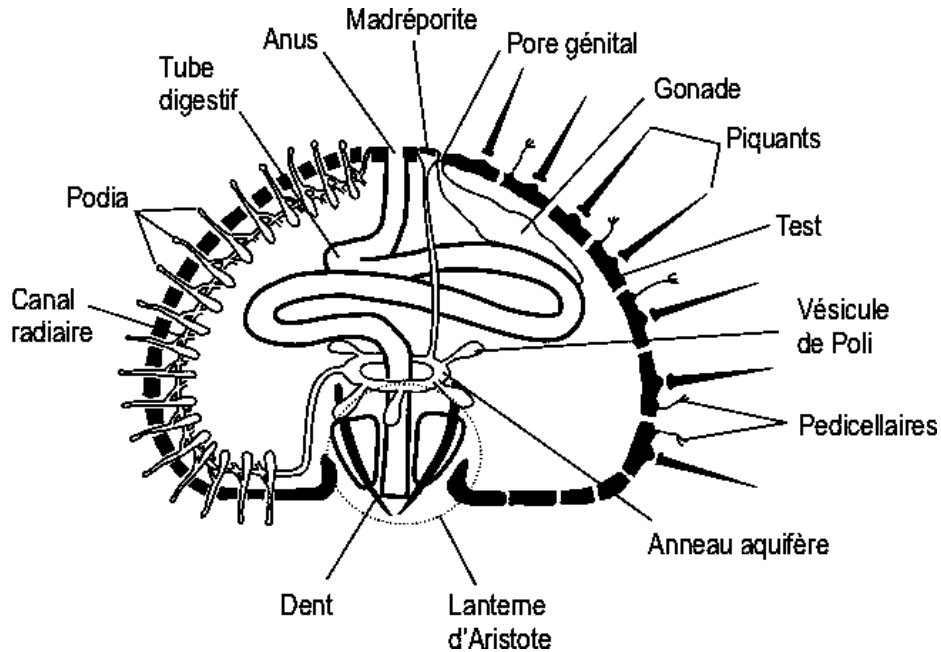


Figure 3. Anatomie interne de l'oursin régulier *Paracentrotus lividus* (Ifremer, 2011)

L'organe reproducteur est constitué de cinq gonades en position inter radiaire chacune reliée à l'extérieur par un conduit génital qui traverse le test au niveau des plaques génitales qui entourent l'anus (Figure 3).

Les sexes sont séparés, et les gonades constituent la partie comestible.

Les mâles possèdent des gonades allongées qui émettent un liquide blanchâtre lorsqu'elles sont mûres, pour les femelles, elles possèdent des gonades de la même forme que les mâles mais de couleur orange et émettent un liquide orangé.



Figure 4. Disposition pentaradiaire des gonades femelles (A) et males (B) chez *Paracentrotus lividus* (Boukhelf, 2012)

1.4 Régime alimentaire

Paracentrotus lividus est généralement considéré comme une espèce herbivore et il y a eu de nombreuses observations de ce comportement d'alimentation dans le milieu naturel (Regis, 1978 ; Wangensteen *et al.*, 2010 ; Murillo-Navarro et Jiménez-Guirado, 2012), mais dans certaines conditions, il peut être omnivore (Regis, 1978). On peut retrouver dans son contenu digestif une fraction animale constituée de Foraminifères, de Bryozoaires et de Spongiaires (Tortonese et Vadon, 1987 ; Tyler-Walters *et al.*, 1998 ; Pinna *et al.*, 2012).

En Méditerranée, il fait preuve d'une sélectivité dans l'herbier à *Posidonia oceanica*. Cette sélectivité dans l'alimentation, varie avec sa taille. Ainsi, il passe de la consommation d'organismes de la strate encroûtant épiphyte des rhizomes et des feuilles chez les juvéniles aux feuilles et à leurs épiphyte chez les individus de plus de 20 mm de diamètre sans les piquants (Verlaque, 1987), pour enfin, consomme préférentiellement la partie la plus épiphyte de la feuille (Nédélec, 1982 ; Berthon, 1987).

1.5 Reproduction, ponte, développement larvaire

Paracentrotus lividus est une espèce gonochorique (c'est-à-dire qu'il existe des individus mâles et femelles distincts) et ovipare (à fécondation externe). Le système reproducteur est composé de 5 gonades. La reproduction de *P. lividus* suit un cycle annuel : le développement des gonades a lieu durant l'été et l'automne, la maturation se déroule le long de l'hiver. Les gamètes sont ensuite libérés au printemps, début d'été.

Quant au développement larvaire (Figure 4), il s'effectue quarante-huit à soixante-douze heures après la fécondation ; l'œuf se segmente pour donner une larve pélagique à 4 bras à symétrie

bilatérale appelée Echinopluteus, d'une taille de 450 à 550 μ m ; cette larve Pluteus subira une série de transformations (métamorphoses) avant de donner un jeune oursin.

La durée de la phase larvaire de *P. lividus* est variable et conditionnée par de nombreux facteurs dont l'apport nutritif et la température (Fenaux *et al.*, 1985).



Figure 5. Développement larvaire de *Paracentrotus lividus* (Jouvion-Moreno, 2004)

1.6 Répartition géographique et bathymétrique

Paracentrotus lividus est une espèce atlantico-méditerranéenne. Son aire de répartition (Figure 5) s'étend dans l'Atlantique, des côtes de l'Irlande jusqu'au Maroc, (Açores incluses) et elle a une vaste répartition toute au long des côtes du bassin méditerranéen (San Martin, 1995), et très abondante en Méditerranée occidentale (Shepherd et Boudouresque, 1979).

On la rencontre surtout dans l'étage infralittoral, de 0 à 30m de profondeur où elle fréquente plutôt les niveaux supérieurs (0 à 15m), et plus rarement jusqu'à 80m (Le Direac'h, 1985 ; Boudouresque et Verlaque, 2007).

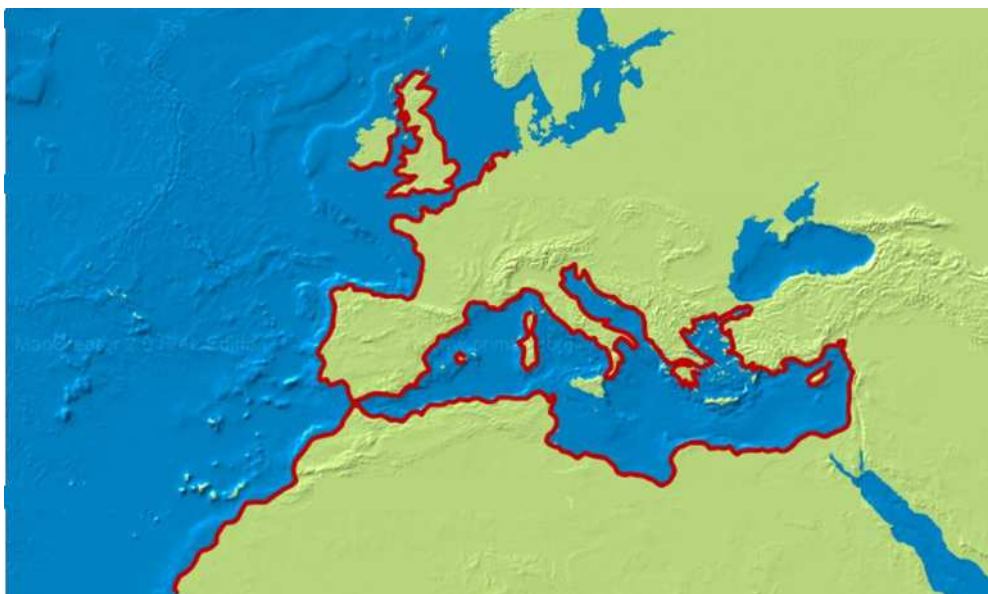


Figure 6. Carte de la répartition géographique de *Paracentrotus lividus* (MapCreator 2.0)

1.7 Écologie de l'espèce

En Méditerranée, *Paracentrotus lividus* se trouve surtout au sein des peuplements d'algues photophiles de la roche littorale superficielle mais aussi dans les herbiers de Posidonies. En 'accidentelles' il a été signalé sur des fonds à *Peysonnelia polymoepha* (Carpine, 1958) et sur les concrétions coralligènes où *P. lividus* ronge la couche de lithothamniées sur quelques centimètres d'épaisseur en forme ainsi une loge. Le même phénomène a été observé sur des falaises littorales (Laubier, 1966).

Sa densité est généralement maximale dans les premiers mètres d'eau, contrairement à *Sphaerechinus granularis* et *Psammechinus microtuberculatus* d'autres Echinidae que l'on retrouve en mer Méditerranée (Dance, 1985 ; Azzolina, 1988).

Sur substrat dur, il voisine fréquemment avec *Arbacia lixula* (L.), préférant les peuplements d'algues denses, fissures, cupules creusées dans la paroi, dessous de blocs rocheux et les pentes douces de façon plus générale, laissant à *A. Lixula* les parois plus abruptes ou dépourvues de végétation (Augier et Boudouresque, 1970 ; Regis, 1978).

Dans l'herbier à *P. oceanica*, *Paracentrotus lividus* se tient généralement entre les rhizomes, mais il monte sur les feuilles la nuit pour se nourrir, et parfois de jour au printemps (comportement lié à la reproduction) (Azzolina, 1988).

Il utilise comme refuges différents habitats qu'ils soient rocheux ou caractérisé par des prairies de *Posidonia oceanica* et de *Cymodocea nodosa* (Semroud, 1993).

Le long de la côte Algérienne, *Paracentrotus lividus* est une espèce dominante dans les écosystèmes d'eau peu profonde où l'on peut trouver des densités importantes (Semroud, 1993).

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

Au cours de ce travail, nous avons utilisé des données de trois travaux non exploités. Elles proviennent de la station de Sidi Fredj échantillonnées entre Mai et Aout 1996, de Tamentfoust dont l'échantillonnage a été fait du mois de Juin au mois de Septembre 1997, enfin, un échantillon effectué de Juin à Aout 2000 à El Djamila.

1 Présentation des stations

Le choix de ces trois zones tient compte des différences qui existent entre elles : leur localisation géographique, les conditions du milieu en particulier le biotope et l'influence de la pollution sur le développement des biocénoses (Figure 7).

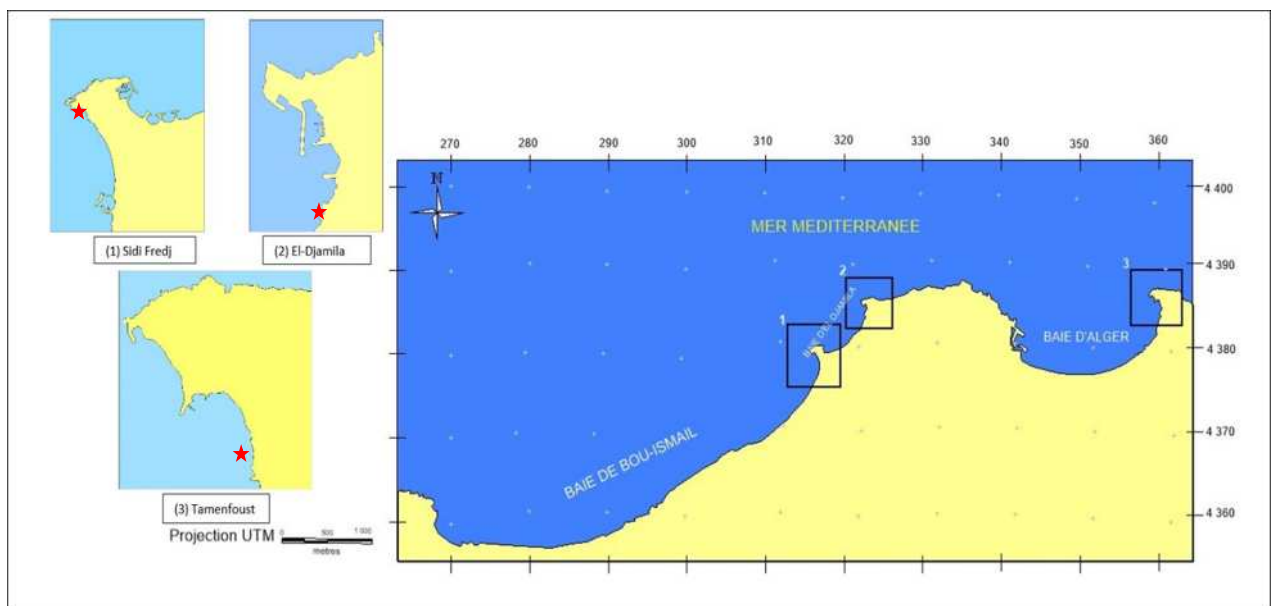


Figure 7. Carte de localisation des trois stations d'étude dans la cote algéroise

1.1 Sidi Fredj

Située à 24 kilomètres environ à l'Ouest d'Alger, c'est une station balnéaire importante, dont les coordonnées géographiques sont : $2^{\circ}51'11.59''$ Longitude Est, et $36^{\circ}45'10.09''$ Latitude Nord. C'est au niveau de la presqu'île de Sidi Fredj, face au complexe de la Thalassothérapie que les prélèvements sont effectués entre 1 et 4 m de profondeur. Le biotope est caractérisé par un substrat dur photophile, d'éboulis et par la présence d'un herbier à Posidonies peu dense. La zone est soumise aux légers rejets des eaux usées de la thalasso et protégée des vents Est et Nord-Est ; c'est une zone moins affectée par la pollution que la baie d'Alger (Soualili *et al.*, 2008).

1.2 El Djamila

El-Djamila (la Madrague) située à une vingtaine de kilomètres à l'Ouest d'Alger, caractérisée par la station dont les coordonnées sont : 36°47'43.89''Nord, 2°53'57.16''Est. La zone d'étude correspond à un biotope caractérisé par un substrat dur sur un transect réalisé entre 0.30m et 1.80 m, recouvert par un peuplement d'algues en particulier d'algues encrustantes et de corallines. Abrisé des vents, le site est caractérisé par une profondeur n'excédant pas les 2 m. Cette station enregistre un taux de pollution élevé, du fait des rejets réguliers d'eaux usées en particulier et la présence du port de pêche situé à environ 1 km du point de prélèvement

1.3 Tamentfoust

La station de Tamentfoust, située à l'extrémité Est de la baie d'Alger et à l'Ouest du Cap Matifou, dont les coordonnées géographiques sont : 36°48'24'' latitude Nord et 3°14'13'' longitude Est. Cette station est une zone non abritée, de mode agité, exposée aux vents et aux courants dominants Ouest et Nord-Ouest, par contre, elle est protégée des vents et des courants dominants Est et Nord-Est (Maouche, 1987).

La station d'étude, se localise à une trentaine de kilomètres d'Alger. Le transect est réalisé à une profondeur de 5m. Le biotope est caractérisé par un substrat rocheux avec un herbier de *Posidonia oceanica* peu dense. Le substrat qui est fortement incliné à certains endroits présente un biotope riche en algues photophiles et présente un abri favorable pour bon nombre d'animaux et particulièrement les populations d'oursins : *Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula* et *Sphaerechinu sgranularis*.

2 Méthode d'échantillonnage

2.1 Dénombrement et mesure

Les données ayant servi à l'étude de l'écologie et la dynamique des populations de *P. lividus* proviennent d'un dénombrement régulier réalisé *in situ* en plongée autonome une fois par mois, dans les trois régions : El-Djamila, Tamentfoust et Sidi Fredj. Ils sont réalisés le long de transects permanents. Bouchon (1981) donne cette définition du transect : "technique de prélèvement consistant à énumérer ou mesurer toutes les unités de peuplement interceptées par un segment de droite matérialisée sur le terrain" (*in* Azzolina, 1988).

Les dénombrements se font à l'aide d'un cadre métallique de 1 m², subdivisé en 25 quadrats de 20 x 20 cm - permettant une recherche efficace - que l'on place à cheval sur le ruban gradué (le penta-décamètre) de telle sorte que celui-ci coupe le cadre exactement en son centre. Le cadre est déplacé, mètre par mètre jusqu'à la fin du transect : 20 m à El-Djamila, 10 m à Tamentfoust

et Sidi Fredj. Les individus chevauchants les bords du cadre ne sont comptabilisés, par convention, que sur deux des côtés du cadre (Le Direac'h, 1985 ; Azzolina, 1988 ; Semroud, 1993).

Pour chaque individu dénombré, des mesures *in situ* de diamètre (diamètre horizontal du test à l'ambitus (plus fort diamètre) sans piquants (Ds) et de hauteur (H) ont été effectuées en utilisant un pied à coulisse étroit, facilitant l'insertion entre les piquants, la face orale des *P. lividus* étant placée contre le pied à coulisse. La mesure est arrondie au mm inférieur. Après mesure, les individus dénombrés sont remis à la place qu'ils occupaient (Azzolina *et al.*, 1982 ; Le Direac'h, 1985 ; Semroud, 1993).

Les valeurs sont notées sur une tablette de PVC où on indique le numéro du quadrat, la date du relevé, le diamètre, la nature du substrat (roche, éboulis, herbier) et la faune et la flore associées (algues, mollusques, échinodermes...) et sont mises au propre au laboratoire.

Les oursins devant servir à réaliser l'étude de la biologie, proviennent d'un échantillonnage mensuel de 30 à 60 individus réalisé entre 11 et 12 heures le même jour.

2.2 Traitement au laboratoire

Les individus sont transportés au laboratoire. Des mesures sont faites à l'aide d'un pied à coulisse au 1/10^{ème} de millimètre près à savoir le diamètre horizontal du test à l'ambitus (plus fort diamètre) sans piquants (Ds) entre autre.

La dissection des oursins se fait en découpant la calotte orale et on sépare le contenu digestif et les gonades du test. Quand cela est possible, le sexe de chaque oursin est déterminé, par examen direct de la gonade. La forme des gonades chez les mâles est allongée, leur couleur est orange si elles sont mûres et brune s'il y a eu émission de liquide blanchâtre ; les femelles par contre, présentent des gonades de même forme et de même couleur - un peu plus foncée que celle des mâles - et émettent un liquide orangé.

Généralement, c'est grâce à cette laitance émise par le conduit génital qu'il est possible de déterminer macroscopiquement le sexe de l'oursin, car souvent la couleur n'est pas un critère suffisant (Semroud, 1993).

Dans du papier aluminium préalablement préparé, numéroté et pesé, les gonades, le contenu digestif et le test avec les piquants sont soigneusement déposés séparément.

Les échantillons sont mis ensuite à sécher dans une étuve à 70°C pendant 24h pour les gonades et le contenu digestif, et 48h pour le test et piquants. Les gonades, le contenu digestif ainsi que

le test avec les piquants sont pesés à l'aide d'une balance de précision au milligramme près, et les poids secs sont notés :

PsG : poids sec des gonades en milligramme ;

PsTD : poids sec du contenu digestif en milligramme ;

PsT : poids du test avec les piquants en gramme.

3 Etude de la biologie

3.1 Les indices physiologiques

La maturation des produits génitaux et l'émission des gamètes nécessitent l'apport de nombreux métabolites provoquant une dépense énergétique importante, d'où l'unité de l'étude des paramètres biologiques ; l'indice de réplétion (IR), et l'indice gonadique (IG), traduisant l'état physiologique de l'espèce étudiée.

L'étude des fluctuations de deux indices physiologiques : l'indice de réplétion IR, et l'indice gonadique IG est nécessaire dont diverses formules reviennent à traduire l'importance des gonades par rapport à un paramètre relatif à l'ensemble de l'individu (Regis, 1979).

Les données sur ces indices, dans la littérature, concernent surtout des individus de grandes tailles (diamètre du test supérieur à 30mm) (Semroud, 1993).

Pour l'étude de la variation de ces deux indices physiologiques de *Paracentrotus lividus*, nous avons effectué des prélèvements mensuels de 30 à 60 individus, ayants un diamètre (sans les piquant) compris entre 39 et 54 mm dans la région d'El-Djamila, entre 20 et 90 mm à Tamentfoust et entre 30 et 75 mm à Sidi Fredj.

3.1.1 L'indice gonadique

Selon Calow (1981), la méthode la plus satisfaisante pour estimer le coût reproductif est le calcul de la proportion d'énergie investie dans la reproduction par rapport à l'énergie absorbée. L'indice gonadique a été utilisé pour la première fois par Moore (1934), sur les Echinoïdea, et par Kempf (1962), Regis (1978) et Nedelec (1982) par la suite (Semroud et Kada, 1987). Le calcul de l'indice gonadique correspondant au rapport du poids sec des gonades sur celui du test sert à la quantification de la reproduction, il est exprimé par plusieurs formules :

- Le rapport entre le volume des gonades en (ml) et le volume du test en (ml) (Moore, 1934).
- Le rapport entre le poids sec des gonades et le poids sec du test (Regis, 1978).

- Le rapport entre le volume des gonades en (ml) et le poids humide total en (ml) (Fenaux, 1968).
- Le rapport entre le poids sec des gonades et le diamètre du test sans les piquants au cube, testé chez les oursins par Nedelec (1983) et utilisé par (Regis, 1979) ; (Semroud et Kada, 1987).

C'est ce dernier rapport qui a été retenue.

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

3.1.2 L'indice de réplétion

L'indice de réplétion représente l'intensité de collecte de la nourriture macroscopique (Regis, 1978).

C'est un indice qui nous permet de connaître l'état de la cavité gastrique remplie.

La formule généralement utilisée est celle proposée par Nedelec (1983) correspondre au rapport entre le poids sec du contenu digestif et le diamètre sans piquants du test au cube, l'indice est exprimé en (mg Ps/cm³).

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

3.2 Le sex-ratio

Malgré la quantité de travaux consacrés à la reproduction chez les échinides, le sex-ratio des diverses espèces d'Echinoïdea est un sujet qui a peu retenu l'attention des auteurs.

Le sex-ratio est un indice physiologique qui détermine l'abondance d'un sexe par rapport à l'autre au sein de la population considérée. Le suivi mensuel de cet indice contribue au maintien de l'équilibre entre les deux sexes pour une reproduction optimale. Plusieurs formules expriment le sex-ratio, en général, il est égal au rapport de l'effectif des femelle sur l'effectif des mâle (F/M).

La répartition globale des sexes, seule, ne fournit pas de renseignements sur ces variations avec les saisons et avec la taille. Il faut compléter cet aspect du travail par une étude du sex-ratio en fonction de ces paramètres (Hemida, 1987).

3.3 Etude statistique

Pour déceler l'évolution mensuelle des indices physiologiques, nous avons testé s'il y a une différence entre les valeurs de celui-ci selon les trois régions.

Une comparaison des diamètres moyens des mâles et des femelles a été aussi faite dans chacune des stations.

Pour cela un test non paramétrique de comparaison de Kruskal-Wallis (Dagnelie, 1975) a été établi, après avoir fait un test de normalité (test de Anderson-Darling (Anderson et Darling, 1952)) et d'homogénéité des variances (test de Levene (Levene, 1960)).

Ce test de comparaison est la généralisation à K populations du test de la somme des rangs de Wilcoxon-Mann-Whitney bilatéral. Il est considéré comme l'alternative non paramétrique de l'ANOVA dès que la distribution sous-jacente des données n'est plus gaussienne (Capéraà et Van Cuseum, 1988).

On dispose des mesures des valeurs de X dans k échantillons indépendants E_1, \dots, E_k , de tailles respectives n_1, \dots, n_k . On souhaite comparer les k moyennes expérimentales, c'est-à-dire tester l'hypothèse nulle (**H0**) : « $\mu_1 = \dots = \mu_k$ ».

Comme ci-dessus, on trie les valeurs obtenues dans la réunion des k échantillons par ordre croissant, puis on associe à chaque valeur son rang dans la liste si elle n'apparaît qu'une fois, la moyenne des rangs de ses apparitions si elle apparaît plusieurs fois (par exemple, une valeur apparaissant aux 8^e et 9^e positions sera associée les deux fois à 8,5). Pour chaque échantillon E_i , on calcule la somme r_i des rangs des valeurs qui en sont issues. On pose :

$$h = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{r_i^2}{n_i} - 3(n+1)$$

Où $\sum_{i=1}^k n_i$ est l'effectif global. On note H la variable aléatoire associée.

- Si n_1, \dots, n_k sont assez grands (> 5 en général), sous (H_0), H suit approximativement la loi du χ^2 à $k - 1$ degrés de liberté. On lit χ_α^2 dans la table du χ^2 tel que $P(H \geq \chi_\alpha^2) = \alpha$ et on rejette (H_0) au risque d'erreur α si $h \geq \chi_\alpha^2$. Autrement on accepte (H_0).
- Dans le cas où on dispose de 3 échantillons de petite taille (≤ 5), on lit dans les tables du test de Kruskal et Wallis ci-dessous le nombre h_α tel que, sous (H_0), $P(H \geq h_\alpha) = \alpha$. On rejette (H_0) au risque d'erreur α si $h \geq h_\alpha$. Autrement on accepte (H_0) (Capéraà et Van Cuseum, 1988).

4 Etude de la dynamique

Actuellement, les études de la dynamique des populations d'organismes marins se multiplient et elles sont particulièrement intéressantes lorsque la biomasse (ou l'effectif) et la structure démographique varient en fonction de facteurs connus et mesurables (Laurec et Le Guen, 1981). A partir de cette quantification, on formule des modèles mathématiques plus ou moins adaptés à la réalité de l'observation des phénomènes étudiés.

L'application des modèles mathématiques classiques à la dynamique des populations d'Echinoïdea exploités, n'est pas très aisée. L'interprétation du résultat des équations est délicate en raison de l'étalement des périodes de ponte au cours de l'année, étalement qui rend difficile la séparation et le suivi des cohortes (San Martin, 1995). En fait, il paraît plus intéressant d'approfondir les connaissances sur la biologie et les besoins physiologiques des oursins.

4.1 La structure démographique de la population

L'âge de *Paracentrotus lividus* peut être déterminé par la méthode directe : lecture des stries d'accroissement (Azzolina, 1988) ou par les méthodes indirectes : l'estimation statistique (méthode de Petersen, Harding, Bhattacharya et Gheno Le Guen). Pour notre étude l'évaluation de l'âge de *Paracentrotus lividus* a été réalisée à partir d'un effectif de 2604 individus dans la zone d'El-Djamila, 917 individus à Tamentfoust et 680 à Sidi Fredj, à l'aide de la méthode suivante :

4.1.1 Méthode de Bhattacharya (1967)

Sur un graphique, on porte en abscisses les différences entre les logarithmes népériens des effectifs des classes "suivantes" et des classes concernées. On cherche ensuite les régions où des points consécutifs sont alignés sur des pentes négatives. Le nombre de droites obtenues représente le nombre de sous-populations gaussiennes. La taille moyenne des individus de chaque sous-population est donnée par l'intersection de la droite correspondante avec l'axe des abscisses (Le Direac'h, 1988).

4.2 Etude de la croissance

La croissance consiste essentiellement à établir une relation entre une variable mesurable (taille ou poids) caractérisant un individu et l'âge de cet individu (Hemida, 1987).

Concernant les Echinoïdea, plusieurs méthodes ont été utilisées, pour quantifier leur croissance : analyse de la distribution des fréquences de tailles (Crapp et Willis, 1975) ; étude

des stries d'accroissement dans certaines plaques du test (Allain, 1978 ; Azzolina, 1988) ; mesure de la croissance *in situ* (Regis, 1978 ; Azzolina, 1988 ; Delmas, 1992) ; mesure de la croissance *in vitro* (Cellario et Fenaux, 1987 ; Fenaux *et al.*, 1987). La méthode de marquage et recapture n'a pas été utilisée avec succès chez les oursins en raison de la faible durée des marque posées (Dance, 1985 ; Le Direac'h, 1988 ; Tajima, 1991). (San Martin, 1995) ; Azzolina, 1988).

Les modèles mathématiques qui ont été utilisés pour décrire la croissance théorique de *P. lividus* sont celui de Von Bertalanffy et le modèle logistique. Le premier modèle est le plus utilisé, il est devenu l'un des fondements de la biologie des pêches dans la mesure où il sert de sous-modèle dans des modèles plus complexes décrivant la dynamique des populations d'organismes vivants (Sparre et Venema, 1996), en plus c'est le modèle qui s'ajuste le mieux à la croissance de *P. lividus* d'après les observations de Allain (1978) en Atlantique (Bretagne nord) et Azzolina (1988) en Méditerranée (Port-Cros, Var) (San Martin, 1995).

4.2.1 Estimation des paramètres de croissance de Von Bertalanffy

L'équation de la croissance linéaire de la loi de Von Bertalanffy (1938) s'écrit comme suit :

$$D_t = D_\infty (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

Avec :

D_∞ : (diamètre asymptotique) : le diamètre moyen que l'oursin atteindrait s'il avait grandi jusqu'à un âge très avancé (en fait jusqu'à un âge infini).

k : coefficient de croissance ou de catabolisme.

t_0 : "l'âge" que l'individu aurait eu à la taille zéro s'il avait toujours grandi selon un modèle défini par l'équation. D'un point de vue biologique, t_0 n'a pas de sens, étant donné que la croissance commence à l'éclosion lorsque la larve a déjà une certaine longueur (Sparre et Venema, 1996), t_0 a en général une valeur négative.

D_t : le diamètre à l'âge t .

La distribution des tailles des individus de l'échantillon influence l'estimation des paramètres k et L_∞ (Laurec et Le Guen, 1981). Le modèle de Von Bertalanffy signale que ces paramètres sont extrêmement sensibles aux intervalles d'échantillonnage et aux traitements mathématiques utilisés pour les obtenir (San Martin, 1995).

a. A partir des structures d'âge

- Méthode d'Abramson et Tomlinson (1961)

C'est une méthode basée sur un principe d'ajustement des valeurs observées de type moindre carrées, elle permet d'estimer la dispersion des points observés par rapport à la courbe ajustée en interférant la variance. L_{∞} , k et t_0 sont estimés de façon non linéaire dans le cas d'une croissance de type Von Bertalanffy. Les calculs nécessitent l'emploi d'un programme informatique qui fournit, en tenant compte de l'ensemble des valeurs expérimentales, les paramètres de l'équation ainsi que les valeurs théoriques calculés (Sparre et Venema, 1996).

Les couples d'âge-longueur calculés auparavant, ont été retenus pour les calculs de cette méthode par le programme FISAT II : outils d'évaluation des stocks de la FAO-ICLARM (Gayanilo *et al.*, 2005).

b. A partir des structures de taille

Sans connaissance préalable de l'âge, les paramètres de croissance de l'équation de Von Bertalanffy, K et L_{∞} , pourraient être obtenus à partir des distributions de fréquence de taille des individus.

- Méthode d'ELEFAN I

Parmi les méthodes informatiques, la méthode d'ELEFAN I (Electronic Length Frequency Analysis) a été utilisée à l'aide du logiciel FISAT II, cette méthode a été introduite par Pauly et David (1981), elle porte sur l'estimation de paramètres de croissance par analyse de fréquences de longueur (Sparre et Vennema, 1996).

C'est une méthode non paramétrique qui utilise un ou plusieurs échantillons collectés à des dates différentes. C'est une méthode de progression modale. Pour chaque couple de valeurs exploratoires des paramètres de l'équation de Von Bertalanffy et pour chaque date correspondant à une distribution en taille, les modes théoriques aux âges sont calculés. La technique consiste à déterminer les paramètres L_{∞} et K qui maximisent le nombre de modes expliqués. L'ajustement est réalisé par l'intermédiaire d'un coefficient R égal au rapport du nombre de modes expliqués (Explained Sum of Peaks, ESP) sur le nombre de modes disponibles ou modes observés (Available Sum of Peaks, ASP) : $R = (ESP/ASP)*1000$. Le meilleur ajustement est celui présentant le rapport le plus élevé (Sparre et Vennema, 1996).

En résumé les principes de fonctionnement d'ELEFAN I sont : (Pauly et Moreau, 1997)

- 1- Tout d'abord constituer une base de données (distributions de fréquence de tailles datées, en un seul ou plusieurs échantillons, éventuellement irréguliers et répartis sur une année ou d'avantage).
- 2- Restructuration des échantillons par le programme. Chaque fréquence observée est comparée à la moyenne mobile pour identifier les maxima et les minima de la nouvelle distribution de fréquences.
- 3- Calcul de l'ASP, dont la valeur maximale correspondrait aux coordonnées du point de passage de la courbe de croissance optimale à déterminer ultérieurement.
- 4- Introduire les valeurs initiales des paramètres d'une courbe de croissance de Von Bertalanffy.
- 5- Calcul du tracé de la courbe de croissance en la faisant passer par chacun des pics et servant comme point de départ. La courbe rencontre les autres échantillons et ELEFAN I en fait la somme dite ESP. Le point de départ correspondant au rapport (ESP/ASP) maximum est mémorisé.
- 6- Le processus est repris par le programme si les paramètres d'entrée sont modifiés, et il est arrêté une fois que le rapport ESP/ASP ne puisse plus être augmenté. Les paramètres peuvent être fixés ou laisser au programme le choix de trouver pour chaque couple L_{∞} , K le meilleur rapport ESP/ASP.

- Méthode de Pauly (1985)

Il est possible d'utiliser la relation empirique établie par Pauly (1985) pour déterminer la valeur de D_{∞} :

$$D_{\infty} = D_{\max} / 0.95$$

Dont D_{\max} est le diamètre du plus grand individu mesuré dans un échantillon représentatif.

Connaissant L_{∞} et K, l'estimation du paramètre t_0 est obtenue à partir de l'expression empirique de Pauly (1980) *in* (Pauly, 1985) :

$$\text{Log}_{10} (-t_0) = - 0.3922 - 0.2752 \text{Log}_{10} L_{\infty} - 1.038 \text{Log}_{10} k$$

5 Etude de l'écologie

5.1 La densité

La densité est définie comme étant le nombre d'individus par unité de surface. Elle est exprimée en nombre d'individus d'oursin par mètre carré (ind/m²).

5.2 Etude statistique

Des comparaisons de la densité entre les mois pour chaque région d'étude et entre les trois régions ont été réalisées. Pour s'assurer qu'une condition est remplie pour procéder en suite à l'analyse de comparaison, des tests de normalité (test de Anderson-Darling (Anderson et Darling, 1952)) et d'homogénéité des variances (test de Levene (Levene, 1960)) ont été réalisés ; cela nous a permis de choisir le test le plus efficace à cette étude. Lorsque cette condition est remplie, un test de comparaison d'ANOVA a été effectué, sinon, un autre test dit non paramétrique de Kruskal-Wallis (Dagnelie, 1975) a été réalisé.

En fait, le choix de ces tests a été fait en raison de leur fiabilité ainsi que la facilité de leur application.

Chapitre 3 : Résultats et discussions

1 Etude de la biologie

1.1 Les indices physiologiques

1.1.1 Au niveau de la station d'El-Djamila

L'évolution mensuelle de l'indice gonadique moyen (IGm) montre des variations de grande amplitude (figure 8). La valeur minimale est enregistrée en Septembre ($1.55 \text{ mg Ps} / \text{cm}^3$) et la valeur maximale en Juillet ($4.44 \text{ mg Ps} / \text{cm}^3$) (tableau 1, annexe I). L'IGm montre un accroissement à partir du mois de Juin pour atteindre son maximum en Juillet, c'est la phase de la maturation des gonades, au mois d'Aout la valeur d'IGm diminue se traduisant par une émission des produits sexuels, indiquant une ponte estivale. Plusieurs auteurs ont mis en évidence l'existence de cette période de ponte : (Fenaux, 1968 ; Régis, 1978 ; Semroud et Kada, 1986 ; Saadoud, 1988 ; Sellem, 1990 ; Semroud, 1993 ; Guettaf, 1992).

Durant la période de ponte estivale, l'évolution mensuelle de l'indice de réplétion moyen (IRm) montre une chute brutale en passant par une valeur maximale de $10.89 \text{ mg Ps} / \text{cm}^3$ au mois de Juin à une valeur minimale de $4.19 \text{ mg Ps} / \text{cm}^3$ au mois de Juillet (tableau1, annexe I). Cette diminution traduit une baisse de l'activité trophique, et elle est due à une mobilisation de l'énergie nécessaire pour l'émission des produits génitaux. A partir du mois de Juillet, l'IRm commence à augmenter (Figure 8). Les mêmes résultats sont obtenus par Sellem (1990) et Chtini et Sellal (1994).

L'augmentation de l'IR coïncide avec la diminution de l'IG qui est expliquée par la fin de la période de ponte estivale et aussi la reprise de l'activité trophique.

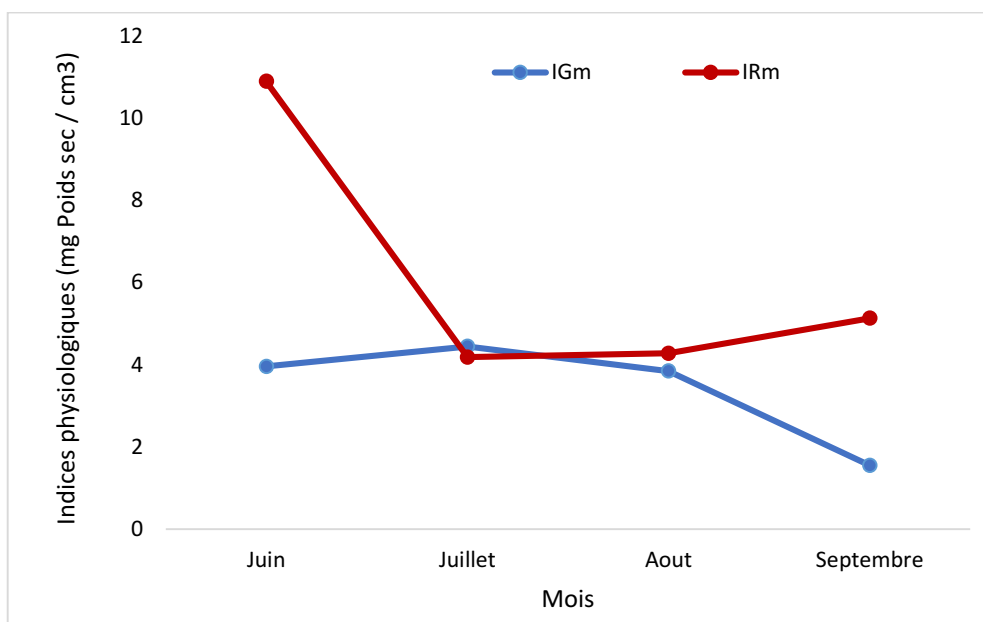


Figure 8. Variation mensuelle de l'IGm et l'IRm de *Paracentrotus lividus* dans la région d'El-Djamila (année 2000)

1.1.2 Au niveau de la station de Tamentfoust

Le suivi mensuel de l'indice gonadique moyen et de l'indice de réplétion moyen montre des fluctuations plus ou moins importantes (figure 9) et tableau 2 (annexe I).

L'évolution de l'IGm montre une diminution à partir du mois de Mars pour atteindre sa valeur minimale (2.13 mg Ps / cm³) au mois de Mai, cette diminution traduit une émission des produits sexuels probablement, puis IGm commence à augmenter pour atteindre son maximum (4.07 mg Ps / cm³) au mois de Juillet, indiquant la phase de la maturation des gonades. Au mois d'Aout l'IG diminue une seconde fois indiquant la période de la ponte estivale.

L'IRm évolue inversement par rapport à l'IGm, il augmente à partir du mois de Mai pour atteindre un pic au mois de Juin (6.5 mg Ps / cm³) moins important que celui de mois de Mars (6.69 mg Ps / cm³), c'est la phase d'intense consommation suivi par la suite d'une diminution pour atteindre son minimum en Juillet (5.35 mg Ps / cm³), la période de faible consommation, puis il y a une reprise d'augmentation jusqu'au mois de Septembre.

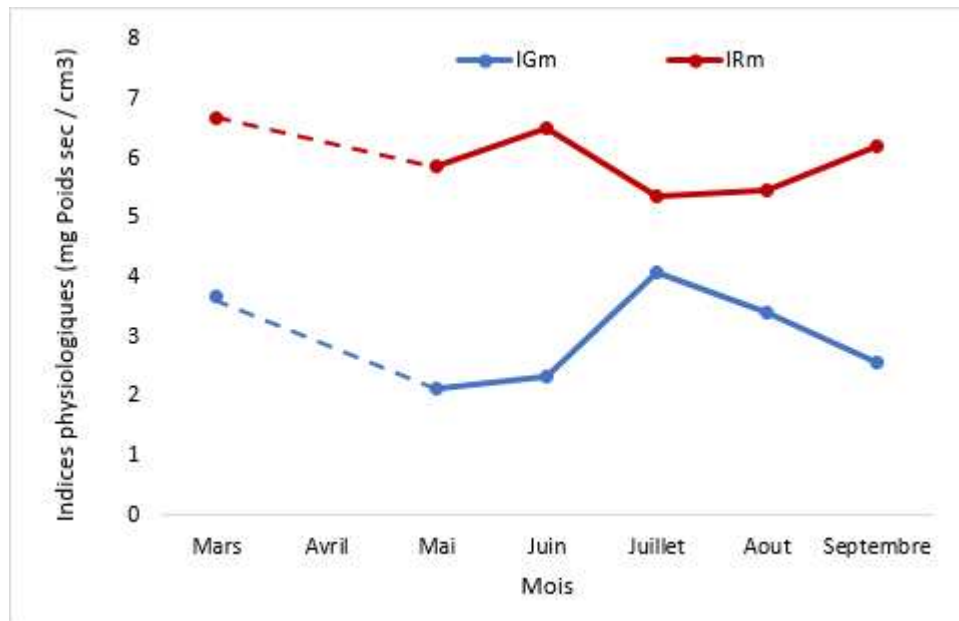


Figure 9. Variation mensuelle de l'IGm et l'IRm de *Paracentrotus lividus* dans la région de Tamentfoust (année 1997)

1.1.3 Au niveau de la station de Sidi Fredj

Le suivi mensuel de l'IGm et de l'IRm montre une évolution similaire de ces indices (figure 10).

A partir de mois de Mai, ces deux indices augmentent pour atteindre leur maximum au mois de Juin (4.95 mg Ps / cm³ pour IGm et 10.28 mg Ps / cm³ pour IRm). Une diminution progressive est constatée jusqu'au mois de Septembre (tableau 3, annexe I). Par ailleurs, l'allure des courbes met en évidence des variations importantes entre les deux indices.

L'augmentation des valeurs de IRm et de IGm à partir de mois de Mai correspond à une activité trophique importante et à la maturation des gonades, alors que la diminution de ces valeurs entre Juin et Septembre est expliquée par une faible (ou une absence) consommation et à une ponte estivale.

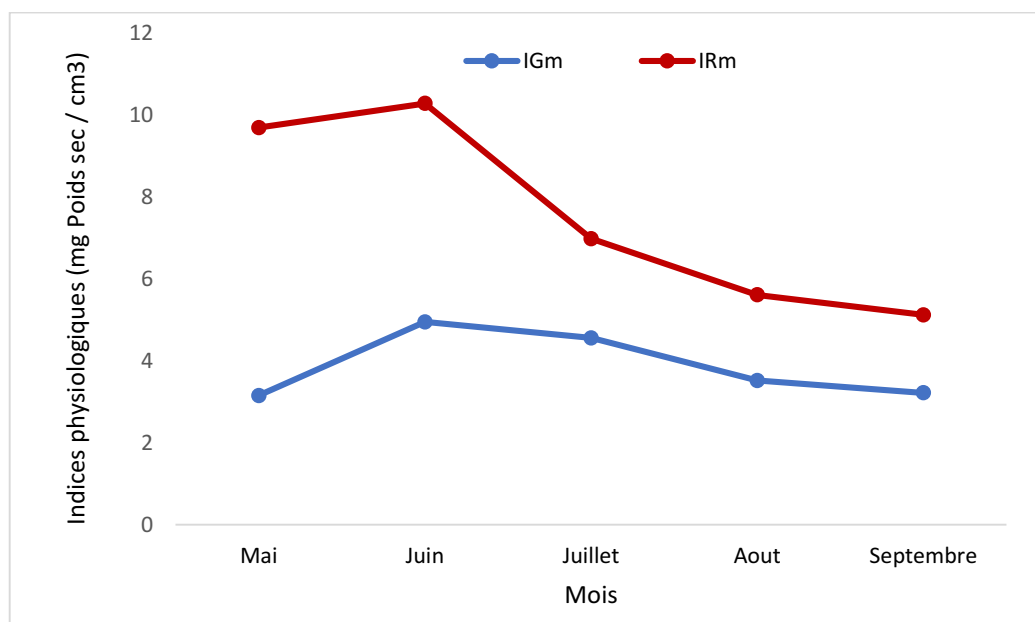


Figure 10. Variation mensuelle de l'IGm et l'IRm de *Paracentrotus lividus* dans la région de Sidi Fredj (année 1996)

Les indices moyens gonadiques dans les trois stations présentent une évolution similaire en fonction des mois, sauf que dans la station de Sidi Fredj où l'indice gonadique atteint son maximum au mois de Juin, alors que dans les deux autres stations l'IGm atteint son maximum au mois de Juillet. Nous remarquons aussi que les valeurs d'IGm sont plus élevées dans la station de Sidi Fredj que dans les autres stations d'étude (figure 11).

Le test non paramétrique de Kruskal-Wallis (1952) montre que pour les stations étudiées nous avons une différence significative des valeurs d'IGm de mois de Juin entre les trois stations, le même résultat est trouvé au niveau de mois de Septembre (annexe IV, tableau 2).

Les indices moyens de réplétion montrent la même évolution en fonction des mois dans les trois stations, sauf qu'entre le mois d'Aout et le mois de Septembre l'IRm dans la station de Sidi Fredj continue à diminuer alors qu'il augmente dans les deux autres stations. Les valeurs de l'IRm sont plus élevées dans la station de Sidi Fredj que dans les autres stations.

Le test non paramétrique de Kruskal et Wallis (1952) montre que pour les stations étudiées il existe une différence significative entre les valeurs d'IRm des trois stations au niveau des mois de Juin et Juillet (annexe IV, tableau 3).

Il est remarqué que dans la région de Sidi Fredj, la période de ponte est précoce par rapport aux deux autres régions, la valeur maximale d'IGm est au mois de Juin à Sidi Fredj, alors qu'elle atteint son maximum au mois de Juillet dans les stations d'El-Djamila et Tamentfoust.

Chapitre 3 : Résultats et discussions

La plupart des travaux relatifs à la reproduction de l'espèce en Méditerranée indiquent que *P. lividus* présente généralement deux périodes de ponte par année, une au mois de Mars-Avril dite printanière, et l'autre en Juin-Juillet, dite ponte estivale. Les périodes de prélèvements effectués pour cette étude (Mai à Septembre) étant relativement courtes, nous n'avons pas pu observer la ponte printanière qui a lieu en général au mois de Mars.

Par ailleurs, le cycle de reproduction de *Paracentrotus lividus* dans la cote algéroise est caractérisé par deux pontes importantes, la ponte printanière est observée par Semroud et Kada (1986) et Semroud (1993) qui ont travaillé sur la région d'Alger, et la ponte estivale remarquée dans le présent travail. Nos données sont conformes à celles relevées dans la littérature aussi (tableau 1).

Ces fluctuations de ces indices physiologiques, dans les trois stations, pourraient être dues à la différence de biotopes (qualité de la nourriture, profondeur) comme elles pourraient être liées aux conditions climatiques et la qualité du milieu (pollution) d'après Semroud (1993). Elles seraient probablement liées aussi à la période d'échantillonnage.

Tableau 1. Période et nombre de pontes par an de *Paracentrotus lividus* d'après divers auteurs

Zone d'étude	Période de ponte	Ponte/an	Référence
Irlande (côte sud-ouest)	Janvier à Mars et Août à Septembre	2	Crapp et Willis (1975)
Irlande (côte ouest)	Mai (Juin) à Août (Septembre)	1	Byrne (1990)
France (Bretagne)	Mars à Septembre	1	Allain (1975)
France (Marseille)	Avril à Mai et Juillet à Octobre	2	Régis (1979)
France (Villefranche s/m)	Juin et Septembre à Novembre	2	Fenau (1968)
Algérie (Alger)	Mars et Août à Septembre	2	Semroud et Kada (1987)
Algérie (Alger)	Mars et Août à Septembre	2	Semroud (1993)
Espagne (Cubelles)	Février (Mars) à Avril et Août	2	Lozano <i>et al.</i> (1995)
Maroc	Mars à Juin	1	Bayed <i>et al.</i> (2005)
Tunisie	Avril à Juin	1	Sellem et Guillo (2007)
Algérie (Alger)	Juin à Juillet et Septembre à Novembre et en Hiver	Étalée sur l'année	Soualili (2008)
Algérie (Oran)	Novembre à Juin	1	Belkhedim (2009)
Algérie (Mostaganem)	Mars à Mai et Juillet à Août	2	Dermeche (2010)
Algérie (Mostaganem)	Printemps au début d'été et Automne	2	Boukhelf (2012)
Algérie (Oran)	Mars à Mai et Septembre à Novembre	2	Belkhedim <i>et al.</i> (2014)

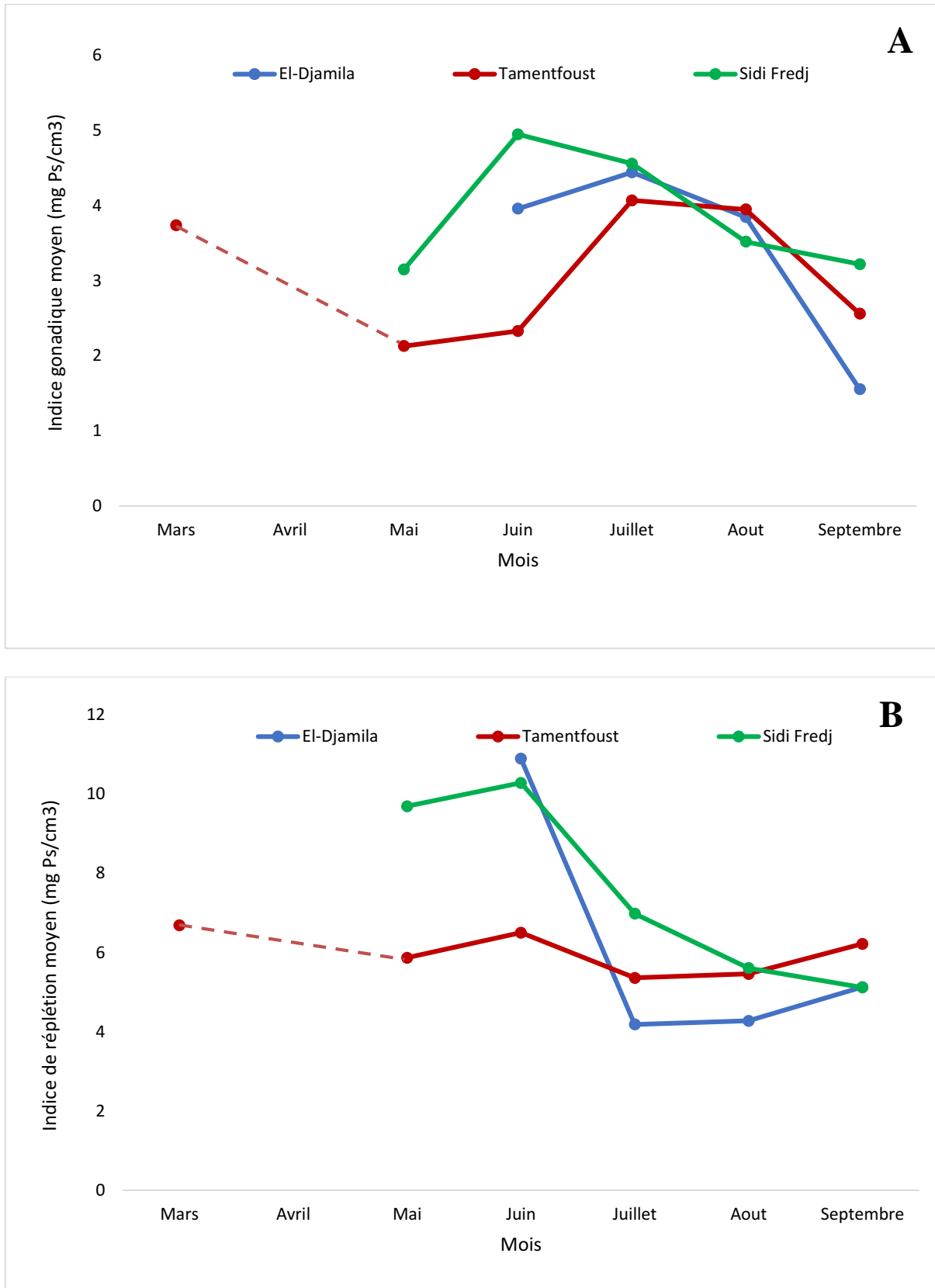


Figure 11. Evolution mensuelle de l'IGm (A) et de l'IRm (B) dans les trois stations : El-Djamila, Tamentfoust et Sidi Fredj

1.1.4 Indices physiologiques par sexe

La figure 12 montre que l'évolution mensuelle de l'indice gonadique moyen (IGm) est similaire pour les mâles et les femelles au niveau d'El-Djamila. Le même résultat est obtenu pour l'indice de réplétion (IR). Alors qu'à Tamentfoust, les courbes de IGm ont la même évolution en fonction des mois, mais les valeurs de l'IGm des mâles sont plus élevées que ceux des femelles entre Juin et Septembre. Concernant l'indice de réplétion moyen (IRm), ce dernier présente des fluctuations entre les mâles et les femelles, les valeurs sont plus élevées chez les femelles entre Mai et Juin ainsi qu'à partir du mois d'Aout.

Les résultats du test non paramétrique de Kruskal-Wallis (1952) montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre les valeurs de l'IGm des mâles et des femelles au niveau de la station d'El-Djamila. Concernant la station de Tamentfoust, ce test n'a pas été réalisé en raison de manque de données.

Ces variations pourraient être liées au biotope et aux conditions environnementales.

Chez les Echinoïdea, le taux d'alimentation est faible même il peut atteindre son minimum lorsque les gonades sont très développées. Cela est expliqué par le fait qu'à la fin de la gamétogenèse, le besoin de nourriture est moins important et il est nécessaire que pour la maintenance de la croissance, d'après Leighton (1968). Par conséquent, une perte de synchronisme dans l'alimentation et donc dans la maturation des gonades. Cela est confirmé par plusieurs auteurs qui ont travaillé sur *Paracentrotus lividus* ainsi que d'autres espèces (Fenaux, 1981 ; Sellem, 1990 ; Fernandez, 1990) in Guettaf, 1992 ; Sellem *et al.*, 2000).

Parmi les facteurs intrinsèques intervenants sur le déroulement du cycle de reproduction chez l'oursin, la nourriture joue un rôle important sur la maturation des gonades (Fenaux, 1981) ; (Klinger *et al.*, 1988; Lawrence *et al.*, 1997; McBride *et al.*, 1997; Barker *et al.*, 1998) in (Tomsic *et al.*, 2010).

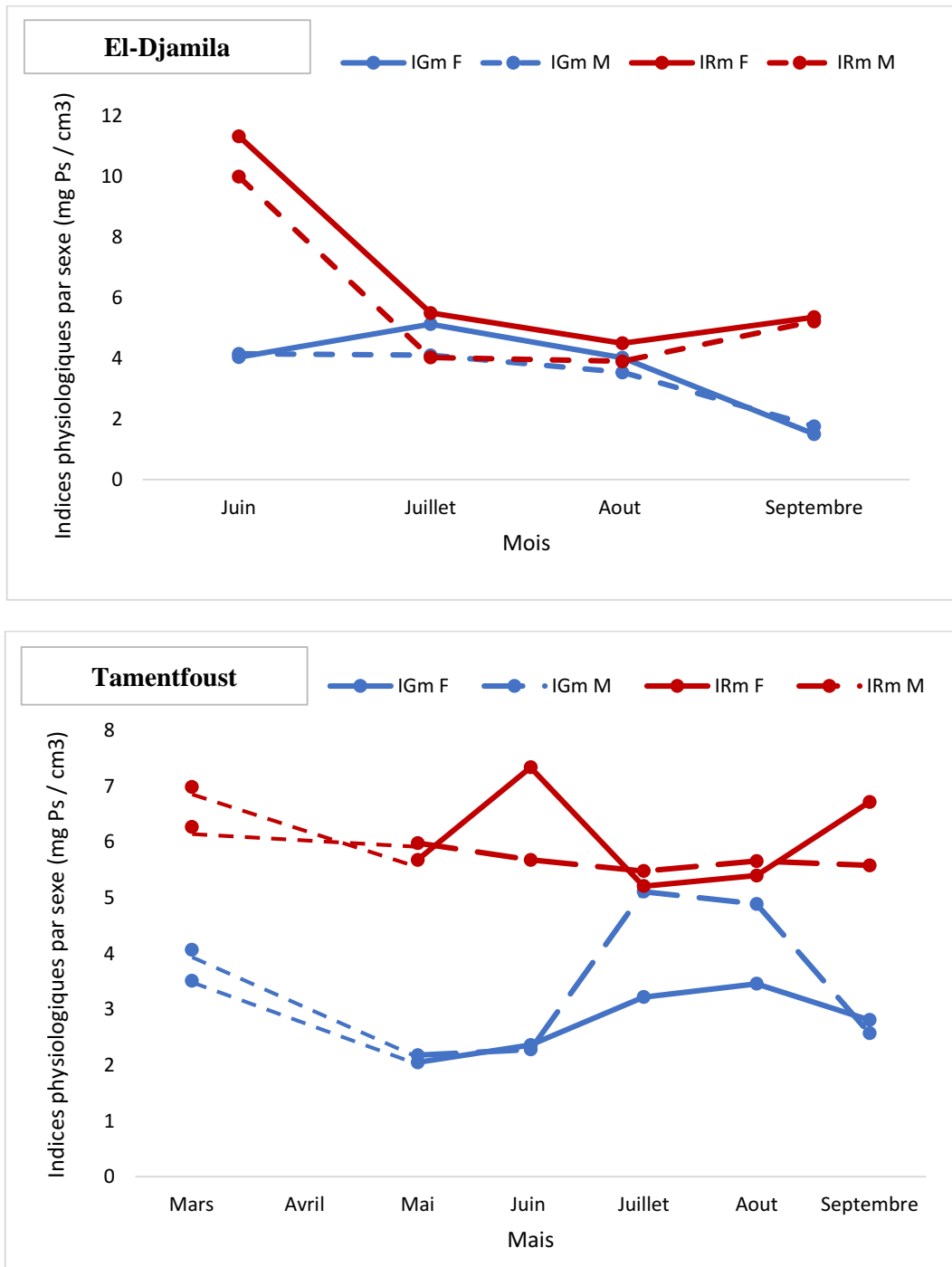


Figure 12. Variation mensuelle de l'IGm et de l'IRm des femelles (F) et des males (M) de *Paracentrotus lividus* dans les deux régions : El Djamilia et Tamentfoust

1.2 Le sex-ratio

L'étude a porté sur un ensemble de 120 individus dont 67 femelles et 53 mâles dans la station d'El-Djamila, et de 352 individus dont 181 femelles et 171 mâles dans la station de Tamentfoust. Les résultats obtenus concernent le sex-ratio global, le sex-ratio par mois (saisons) et par classe de taille.

- **Sex-ratio global**

Tableau 2. Le sex-ratio global de *Paracentrotus lividus* dans les deux stations : El-Djamila et Tamentfoust

El-Djamila						Tamentfoust					
Effectif			Pourcentage		Sex-ratio	Effectif			Pourcentage		Sex-ratio
F	M	Total	F	M		F	M	Total	F	M	
67	53	120	55.83	44.17	1.26	181	171	352	51.42	48.58	1.06

Les limites de confiance sont ainsi définies :

- Dans la région d'El-Djamila :

Femelles : 51.42 ± 5.22

Mâles : 48.58 ± 5.22

- Dans la région de Tamentfoust :

Femelles : 55.83 ± 8.88

Mâles : 44.17 ± 8.88

Une dominance des femelles est toujours remarquée dans les deux stations par rapport aux mâles. Ceci est confirmé par les résultats de Soualili (2008) dans la baie d'Alger, et les résultats obtenus par Sahnoun (2009) au niveau de Mostaganem.

La répartition globale des sexes, seule, ne fournit pas de renseignements sur ces variations avec les saisons et avec la taille. Il faut compléter cet aspect du travail par une étude du sex-ratio en fonction de ces paramètres.

- Sex-ratio en fonction des mois (saisons)

Les taux de féminité et de masculinité ainsi que les sex-ratios ont été calculés mensuellement de Mars à Septembre pour la station de Tamentfoust et de Mai à Septembre pour la station d'El-Djamila, concernant la station de Sidi Fredj, le sex-ratio n'a pas été calculé à cause d'un manque de données. Le tableau 1 (annexe II) représente les valeurs du sex-ratio par mois avec leurs intervalles de confiance au risque de 5 %. La figure 13 montre graphiquement les variations du sex-ratio.

Entre le mois de Mai et mi-Juin, le sex-ratio est en faveur des femelles dans la station d'El-Djamila avec une nette diminution, alors que dans la station de Tamentfoust, il est en faveur des males avec une légère augmentation, après, il a tendance à s'équilibrer en mi-Juin pour les deux stations.

Au mois de Juillet, le taux de masculinité est supérieur au taux de féminité pour la station d'El-Djamila, pour avoir un équilibre une seconde fois en mi-Juillet et devient après inférieur au taux de féminité ; alors que dans la station de Tamentfoust, le sex-ratio est toujours en faveur des femelles entre la mi-Juin et le mois de Septembre.

Le sex-ratio a tendance à s'équilibrer surtout en période de ponte.

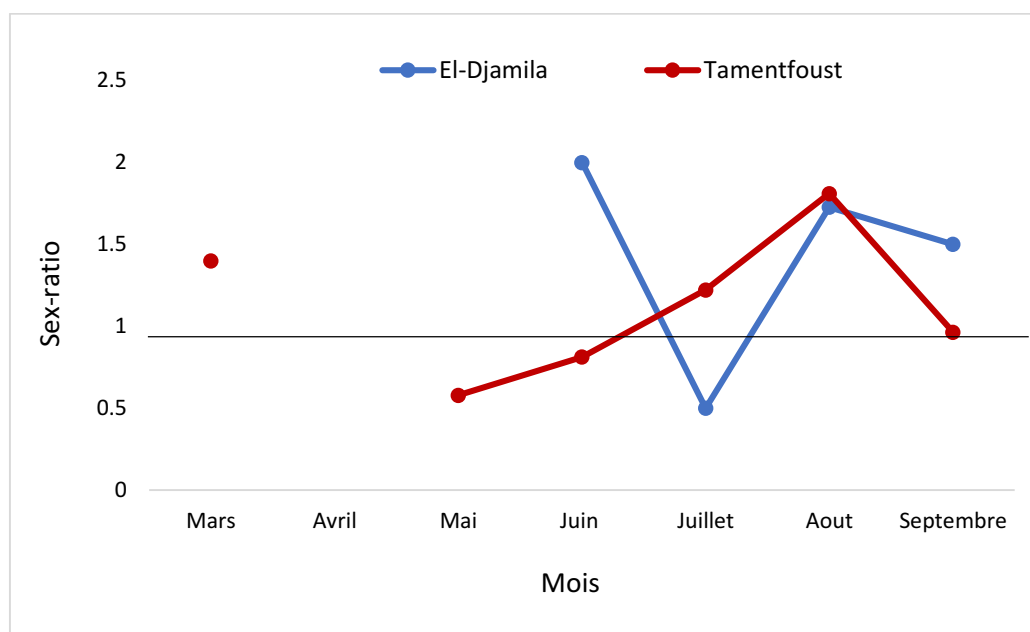


Figure 13. Variation mensuelle du sex-ratio de *Paracentrotus lividus* dans les deux stations : El-Djamila et Tamentfoust

Dans cette étude, le sex-ratio est en général en faveur des femelles par rapport aux mâles dans les deux stations, cela est en accord avec les résultats obtenus par différents auteurs qui ont travaillé sur *Paracentrotus lividus* en Algérie comme Gettaf (1993) ; Soualili (2008) ; Sahnoun (2009) et Belkhedim (2009).

- **Sex-ratio en fonction des tailles**

Nous avons dressé des courbes d'abondance pour les mâles et les femelles des deux stations en fonction des tailles (diamètre sans les piquants) à partir des tableaux 2 et 3 (annexe II).

Les résultats des fréquences des mâles et des femelles de *Paracentrotus lividus* en fonction des classes de taille dans les deux stations (El-Djamila et Tamentfoust) ainsi que leur intervalle de confiance au risque de 5% sont regroupés dans les tableaux 2 et 3 (annexe II), illustrés par la figure 14.

La répartition des sexes par classe de taille présente une allure unimodale dans les deux stations, cette répartition est représentée par une taille de 46.5 mm à 73.33% pour les femelles et 43.5 à 54.55% pour les mâles dans la station d'El-Djamila, ainsi qu'elle est représentée par une taille de 57mm à 53.19% pour les femelles et 52mm à 53.76% pour les mâles à Tamentfoust.

Dans la station d'El-Djamila, nous avons noté une dominance des mâles pour l'ensemble des classes de taille, excepté les classes 30-33mm, 45-48mm, 51-54mm où les femelles dominent, et la classe 54-57mm où le sex-ratio est équilibré. Alors qu'au niveau de Tamentfoust, une répartition similaire des mâles et des femelles est observée.

Un taux de féminité maximal (100%) est représenté par la classe 30-33mm au niveau d'El-Djamila, et un taux de masculinité maximal (100%) est représenté par les classes 29.5-34.5mm et 79.5-84.5mm à Tamentfoust ; mais il est à noter que maximum deux individus ont été observés dans ces gammes de taille.

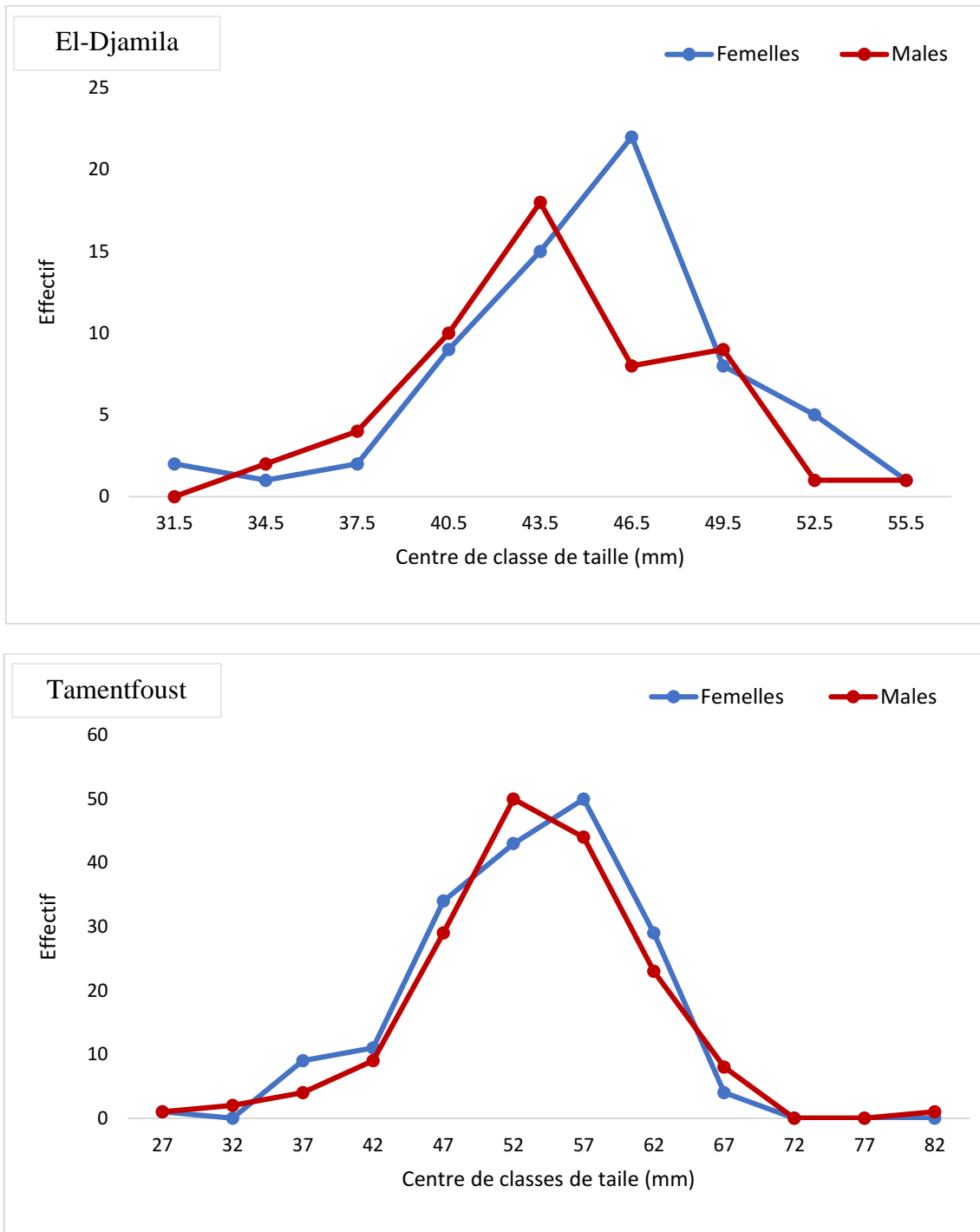


Figure 14. Variation du sex-ratio de *Paracentrotus lividus* dans les deux régions : El-Djamila et Tamentfoust

Chapitre 3 : Résultats et discussions

Les données des tableaux 2 et 3 (annexe II) ont été utilisées pour calculer les diamètres moyens par sexe dans les deux stations qui figurent dans le tableau 3.

Tableau 3. Comparaison des diamètres moyens par sexe et par station de *Paracentrotus lividus*

Région	El-Djamila		Tamentfoust	
Sexe	Femelle	Male	Femelle	Male
Effectif	67	53	181	171
D _{moy} (mm)	45.02	44.01	52.88	53.40
δ (mm)	4.65	4.35	7.25	7.54

Les diamètres moyens des mâles et des femelles sont proches dans les deux stations, pour confirmer ce résultat, un test de comparaison a été établi.

La comparaison des tailles moyennes des mâles et des femelles par le test de Kruskal-Wallis (1952) montre que la différence est non significative pour les deux régions, car la valeur de p-value est inférieure à celle de α (0.05) (annexe IV, tableau 4).

Ces résultats ne concordent pas avec ceux obtenus par Sadoud (1988) à Ain-Chorb qui trouve une dominance de la taille des femelles.

Pour comparer les tailles moyennes des mâles et des femelles entre les deux stations, un test non paramétrique de Kruskal et Wallis (1952) est établi. Les résultats de ce test montrent que la différence est significative (annexe IV, tableau 5).

Cela peut être expliqué par les conditions du milieu qui diffèrent par le biotope et/ou par la profondeur qui se situe entre 0.5 et 2 m à El-Djamila alors qu'elle est de 5 m à Tamentfoust.

La figure 13 montre qu'à Tamentfoust, le nombre maximal des mâles est représenté par des individus dont le diamètre du test est de 52 mm et que celui des femelles en plus grand nombre est 57 mm. Par contre au niveau de la station d'El-Djamila, où les mâles ont un diamètre de 43.5 mm et les femelles de 46.5 mm. De plus nous remarquons une maturation précoce des mâles par rapport aux femelles dont la croissance est plus rapide à celle des femelles, ce qui nous laisse penser qu'à une période donnée du cycle de développement, la population serait

constituée par un nombre de mâles mûrs plus important que celui des femelles. Cela peut être l'origine de la dominance d'un sexe par rapport à l'autre.

Il est à noter que la population d'oursins d'El-Djamila présente une maturation plus rapide que celle de Tamentfoust, vu qu'à El-Djamila, le plus grand nombre d'individus mûrs est représenté par des individus de taille inférieure à celui de la station de Tamentfoust. L'absence de grands individus (>55.5mm) dans les prélèvements à El-Djamila pourrait s'expliquer par la différence des conditions du milieu (profondeur par exemple) ou bien par la courte période d'échantillonnage.

2 Etude de la dynamique

2.1 Analyse des structures d'âge

2.1.1 Clé âge-longueur par la méthode de Bhattacharya (1967)

La méthode de décomposition de Bhattacharya (1967) a permis de déterminer le diamètre moyen de chaque sous-population, l'application de cette méthode a été faite à partir du programme FISAT II (1.2.0).

Les tableaux 4, 5 et 6 regroupent les valeurs moyennes des groupes d'âge obtenus pour chacune des stations, et le nombre d'individus pour chaque âge. Les différentes composantes obtenues sont représentées par les graphiques dans la figure 15, 16 et 17.

D'après les résultats des clés âge-longueur obtenues, la répartition des individus en groupes d'âge effectués par la méthode de Bhattacharya donnent 10 groupes pour la région d'El-Djamila, 6 groupes pour Tamentfoust et 10 groupes d'âges à Sidi Fredj. La longévité maximale chez *Paracentrotus lividus* peut dépasser 13 à 15 ans, selon Régis (1978) ; Delmas (1992) et Tomsic *et al* (2010).

Le nombre d'individu observé pour chaque groupe d'âge dans les trois stations montre que les groupes d'âges 7, 4 et 6 sont les groupes les plus représentés à El-Djamila, Tamentfoust et Sidi Fredj respectivement, avec une absence de l'âge 1 et 2 dans la région de Sidi Fredj.

Comme il est habituellement admis, le taux annuel de croissance diminue au fur et à mesure que les individus avancent en âge. En effet, selon Régis (1979), les individus dont le diamètre est compris entre les individus dont le diamètre est compris entre : 5 et 10 mm ont un taux annuel moyen de croissance de 6 mm ; les individus de 30 et 35 mm présentent un taux annuel moyen de croissance de 3,5 mm et les individus ayant un diamètre entre 40 et 45 mm ont un taux annuel moyen de croissance est de 2 mm.

Chapitre 3 : Résultats et discussions

Ce qui n'est pas le cas des résultats obtenus. Le taux de croissance de diminue pas en fonction de l'âge, cela pourrait être expliqué par l'absence des petits individus, surtout au niveau de la station d'el-Djamila et Sidi Fredj, et selon Boudouresque et Verlaque (2013), cette variabilité du taux de croissance est la conséquence de la compétition intra-spécifique.

D'après Sparre et Venema (1996), le recrutement peut influencer les données d'entrée destinées à l'analyse de Bhattacharya qui seront par conséquent biaisées. Car en effet, les petits individus sont sous-représentés dans les échantillons de fréquence, du fait qu'ils n'ont pas encore quitté la zone d'alevinage qui est le plus souvent située sur les substrats de surface.

Tableau 4. Les groupes d'âge obtenus par la méthode de Bhattacharya (1967) de *Paracentrotus lividus* de la station d'El-Djamila

Groupe d'âge (an)	Diamètre moyen (mm)	Ecart-type	Population	Taux de croissance
1	8.58	1.31	14	3.08
2	11.66	1.58	74	7.23
3	18.89	1.98	234	3.15
4	22.04	0.57	163	7.66
5	29.7	1.2	221	6.05
6	35.75	1.66	281	4.57
7	40.32	2.12	616	3.51
8	43.83	0.82	202	3.37
9	47.2	1.75	77	8.69
10	55.89	0.39	4	-

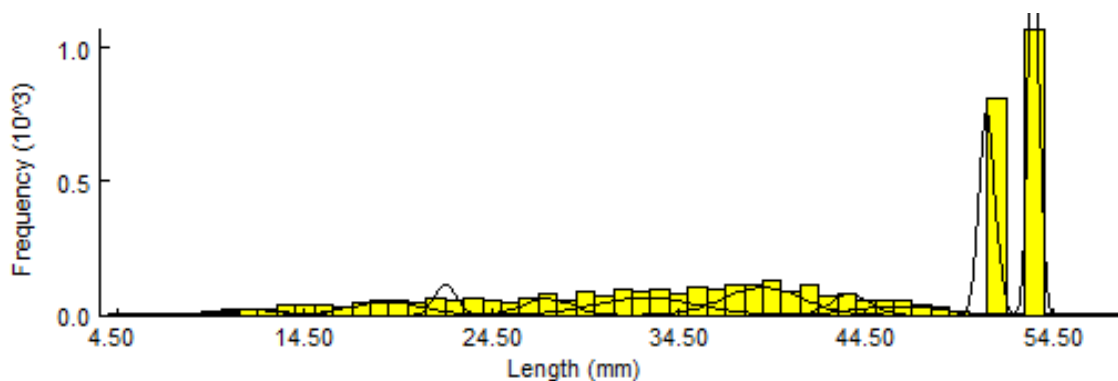


Figure 15. Décomposition en groupe d'âges par la méthode de Bhattacharya (1967) des individus de la station d'El-Djamila, (FISAT II)

Tableau 5. Les groupes d'âge obtenus par la méthode de Bhattacharya (1967) de *Paracentrotus lividus* de la station de Tamentfoust

Groupe d'âge (an)	Diamètre moyen (mm)	Ecart-type	Population	Taux de croissance
1	11.82	4.46	189	10.99
2	22.81	3.52	122	21.99
3	44.8	7.72	208	11.84
4	56.64	6.58	388	10.21
5	66.85	4.14	134	20.21
6	87.06	4.2	4	-

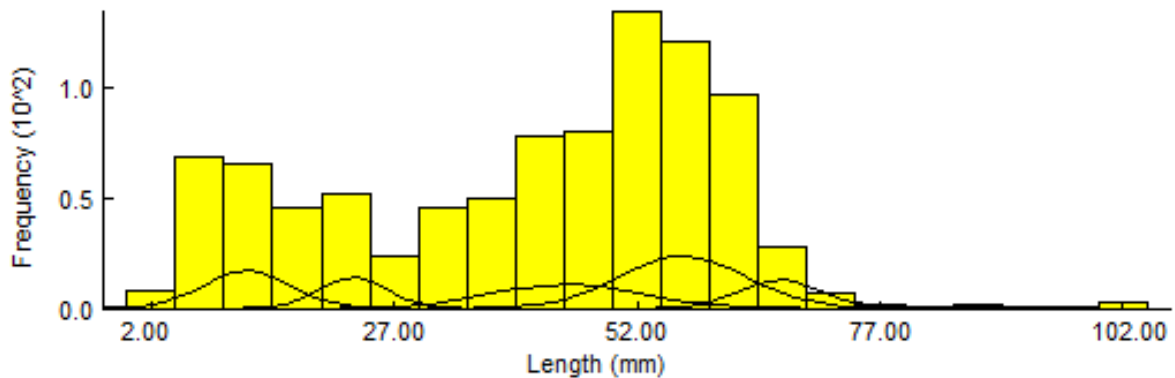


Figure 16. Décomposition en groupe d'âges par la méthode de Bhattacharya (1967) des individus de la station de Tamentfoust, (FISAT II)

Tableau 6. Les groupes d'âge obtenus par la méthode de Bhattacharya (1967) de *Paracentrotus lividus* de la station de Sidi Fredj

Groupe d'âge (an)	Diamètre moyen (mm)	Ecart-type	Population	Taux de croissance
3	36	1.58	6	6.1
4	42.1	0.52	45	6.42
5	48.52	2.76	181	4.86
6	53.38	2.03	286	2.62
7	56	3.72	177	6.76
8	62.76	1.1	46	4.02
9	66.78	1.81	14	4.89
10	71.67	1.19	6	-

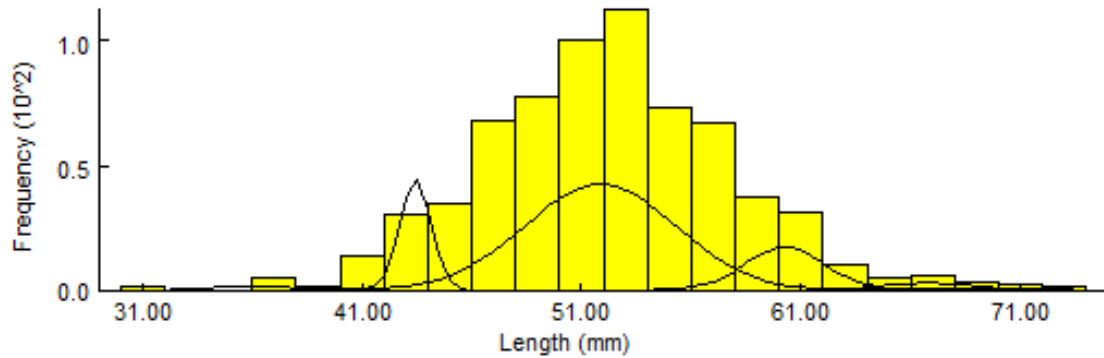


Figure 17. Décomposition en groupe d’âges par la méthode de Bhattacharya (1967) des individus de la station de Sidi Fredj, (FISAT II)

2.1.2 Détermination des paramètres de croissance par la méthode Tomlinson et Abramson (1961)

Pour le calcul des paramètres de l’équation de croissance de Von Bertalanffy par l’analyse des structures d’âge, la clé âge-longueur obtenue par la méthode de Bhattacharya a été introduite dans le programme FISAT II (1.2.0). La valeur de t_0 est calculée à partir de l’équation empirique de Pauly (1985).

Les résultats obtenus montrent que la valeur de D_∞ est inférieure à celle du diamètre maximal observé à la station de Tamentfoust ainsi que celle de Sidi Fredj. Le tableau 7 récapitule les valeurs de ces paramètres.

Tableau 7. Paramètres de croissance obtenus par l’Analyse de structure d’âge (méthode de Tomlinson et Abramson (1961))

	D_∞ (mm)	K (ans^{-1})	t_0 (ans)
El-Djamila	66.72	0.5	- 0.94
Tamentfoust	58.76	0.36	- 0.35
Sidi Fredj	66.72	0.5	- 0.58

2.2 Analyse des structures de taille

A partir des diamètres sans les piquants mesurés chez *Paracentrotus lividus*, des tableaux de distribution de fréquences de classe de taille ont été établis et représentés par des histogrammes.

2.2.1 Distribution fréquence-taille

A El-Djamila, l’intervalle de classe de 1mm, utilisé par Azzolina (1988), nous donne 53 classes de tailles : 4 – 5, 5 – 6, ...etc, la dernière classe est de 57 – 58 mm, cet intervalle semble plus proche de la précision de la mesure.

Chapitre 3 : Résultats et discussions

Un intervalle de classe de 3mm (Fenaux *et al.*, 1987), a été aussi utilisé et nous a donné 18 classes de tailles : 4 – 7, 7 – 10, ... etc, et la dernière classe est de 57 – 58mm, cet intervalle risque de masquer des classes de tailles qui correspondent à de vrais classes d'âge, surtout au niveau des petites tailles (moins de 20mm) en raison de leur vitesse de croissance mensuelle estimée à 1 à 1.5mm / mois (Fenaux *et al.*, 1987 ; Azzolina, 1988).

L'intervalle de classe choisi est celui de 1mm. Nous avons utilisé un pas de 3mm pour obtenir des histogrammes plus clairs. Les valeurs mensuelles des fréquences de taille sont regroupées dans le tableau 2 (annexe III) et les histogrammes sont représentés dans la figure 18.

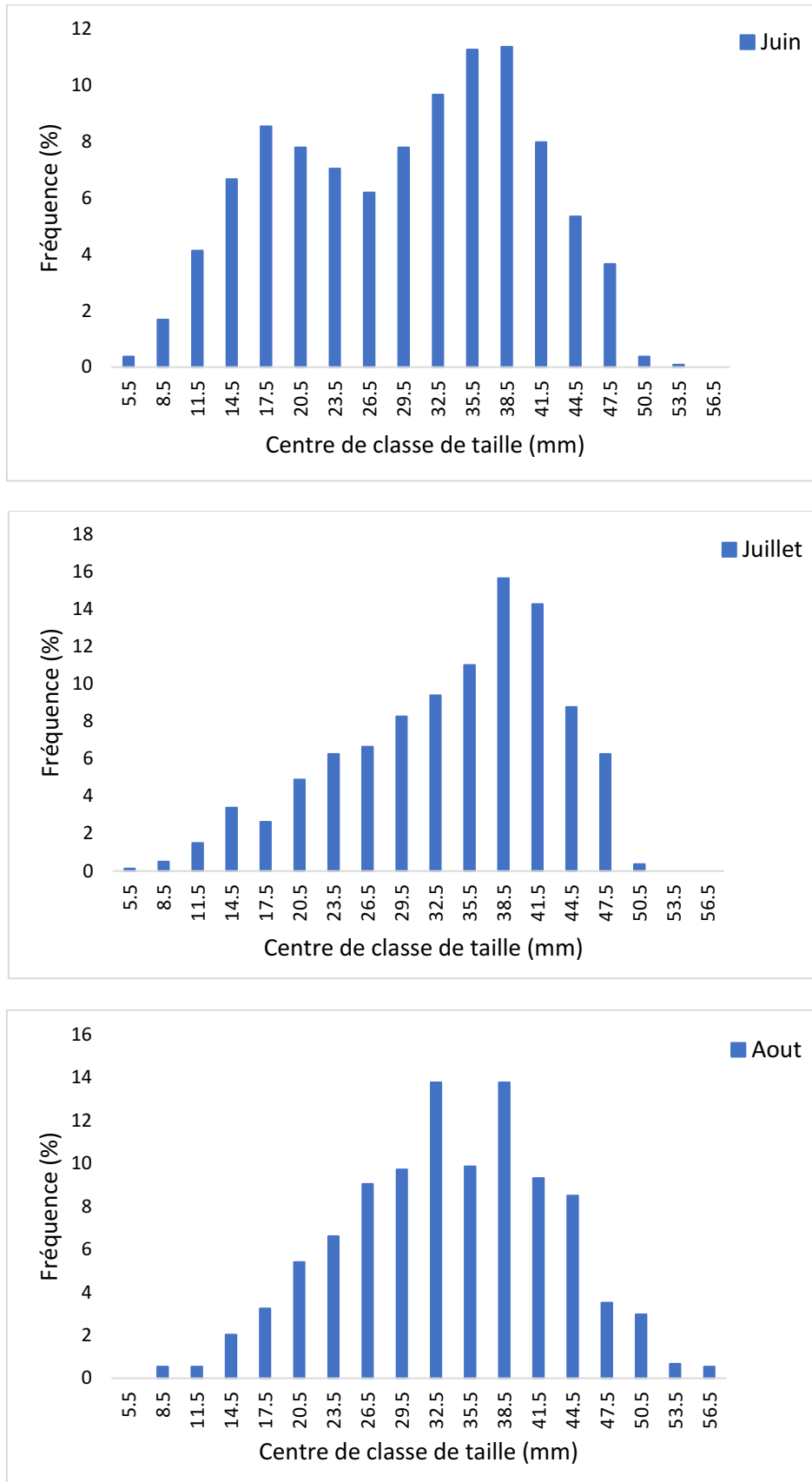


Figure 18. Distribution mensuelle de fréquence de taille de *Paracentrotus lividus* dans la région d'El-Djamila

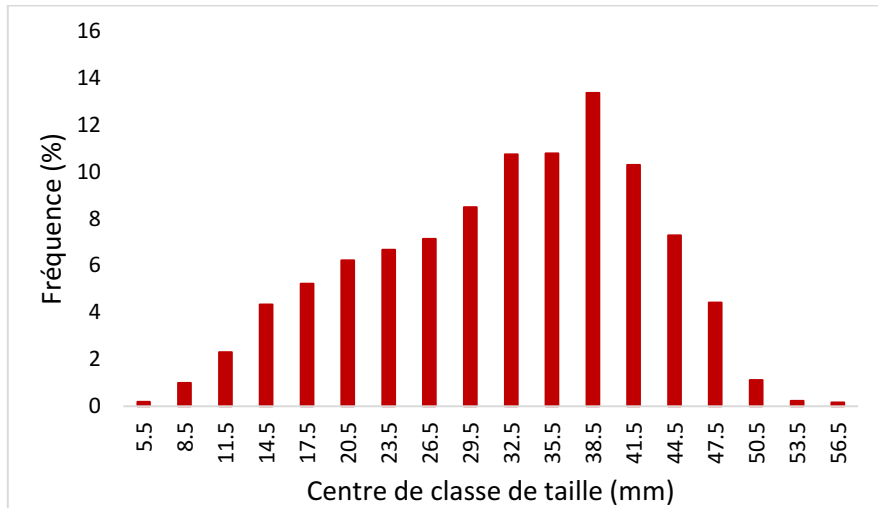


Figure 19. Distribution de fréquence de taille de tous les individus de *Paracentrotus lividus* échantillonnés dans la région d'El-Djamila

A Tamentfoust, un intervalle de classe de 5mm a été retenu, après avoir testé plusieurs intervalles de classes, qui nous a permis d'obtenir 21 classes de tailles. Les valeurs mensuelles des fréquences de taille sont regroupées dans le tableau 3 (annexe III) et les histogrammes sont représentés dans la figure 20.

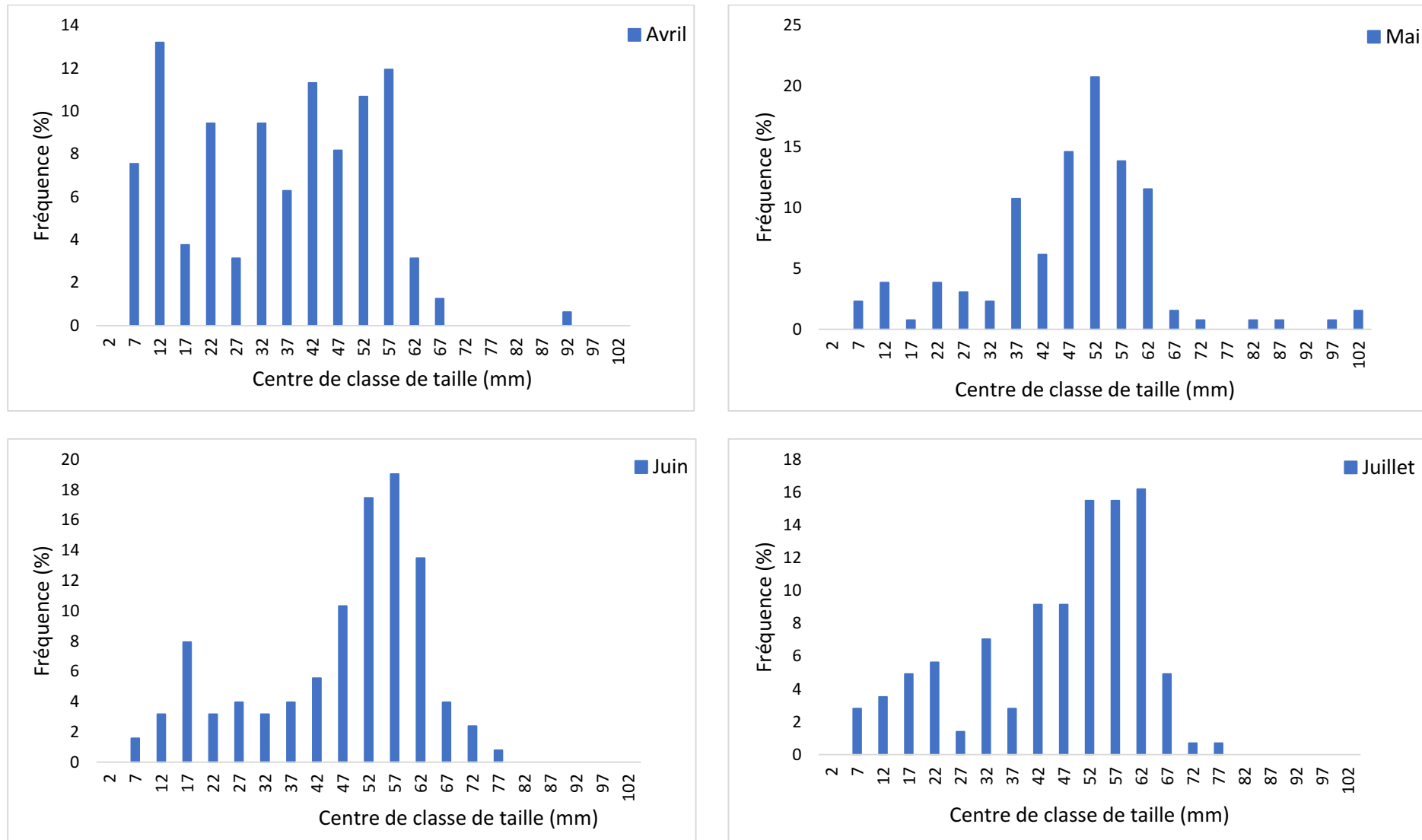


Figure 20. Distribution mensuelle de fréquence de taille de *Paracentrotus lividus* dans la région de Tamentfoust

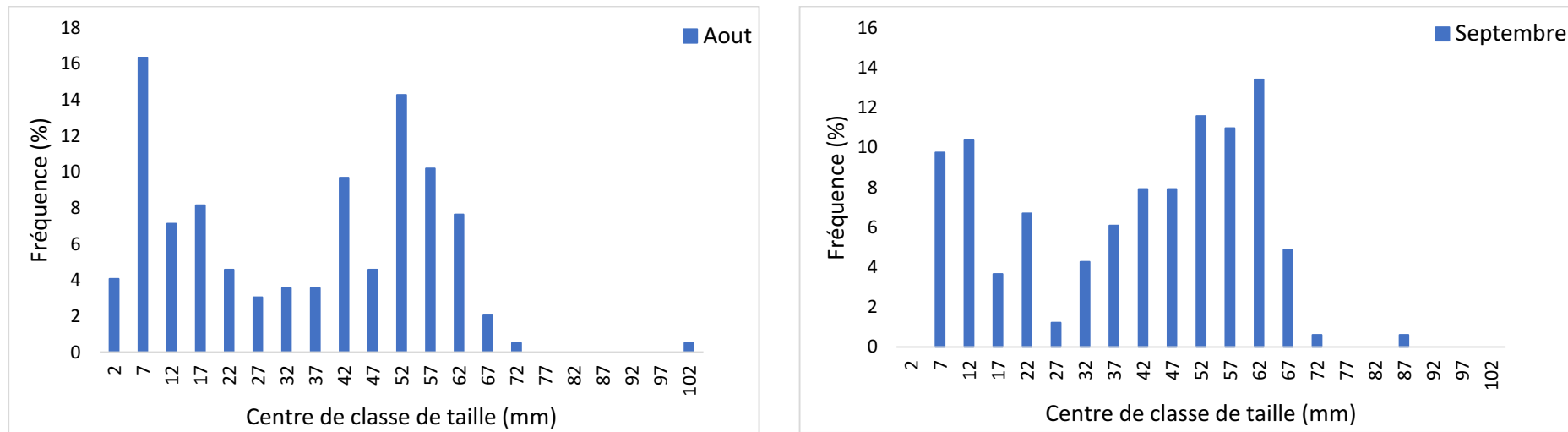


Figure 20 (suite). Distribution mensuelle de fréquence de taille de *Paracentrotus lividus* dans la région de Tamentfoust

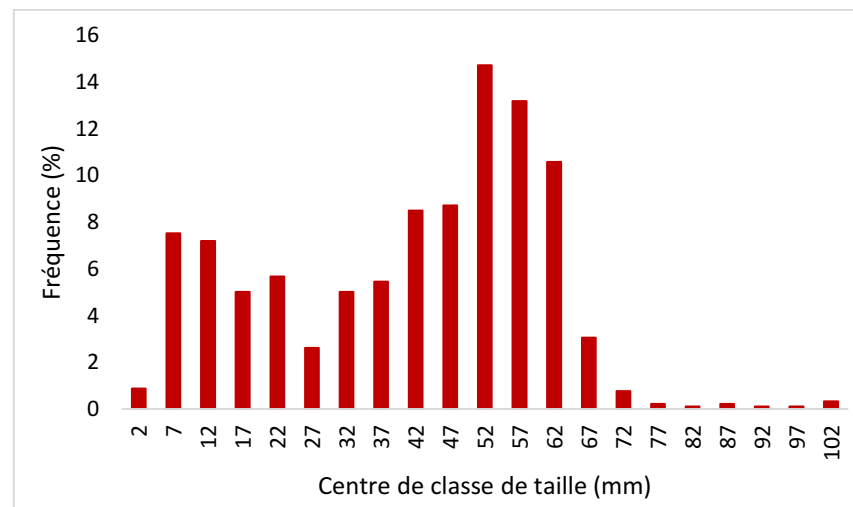


Figure 21. Distribution de fréquence de taille de tous les individus de *Paracentrotus lividus* échantillonnés dans la région de Tamentfoust

Chapitre 3 : Résultats et discussions

Enfin, à Sidi Fredj, un intervalle de classe de 1mm, utilisé par Azzolina (1988), nous donne 43 classes de tailles : 30 – 31, 31 – 32, ... etc, la dernière classe est de 73 – 74 mm, cet intervalle semble plus proche de la précision de la mesure, aussi, il a été retenu pour la détermination de la clé âge-longueur et le calcul des paramètres de croissance. Un pas de 2 mm a été utilisé pour donner des histogrammes plus clairs (figure 22 et figure 23).

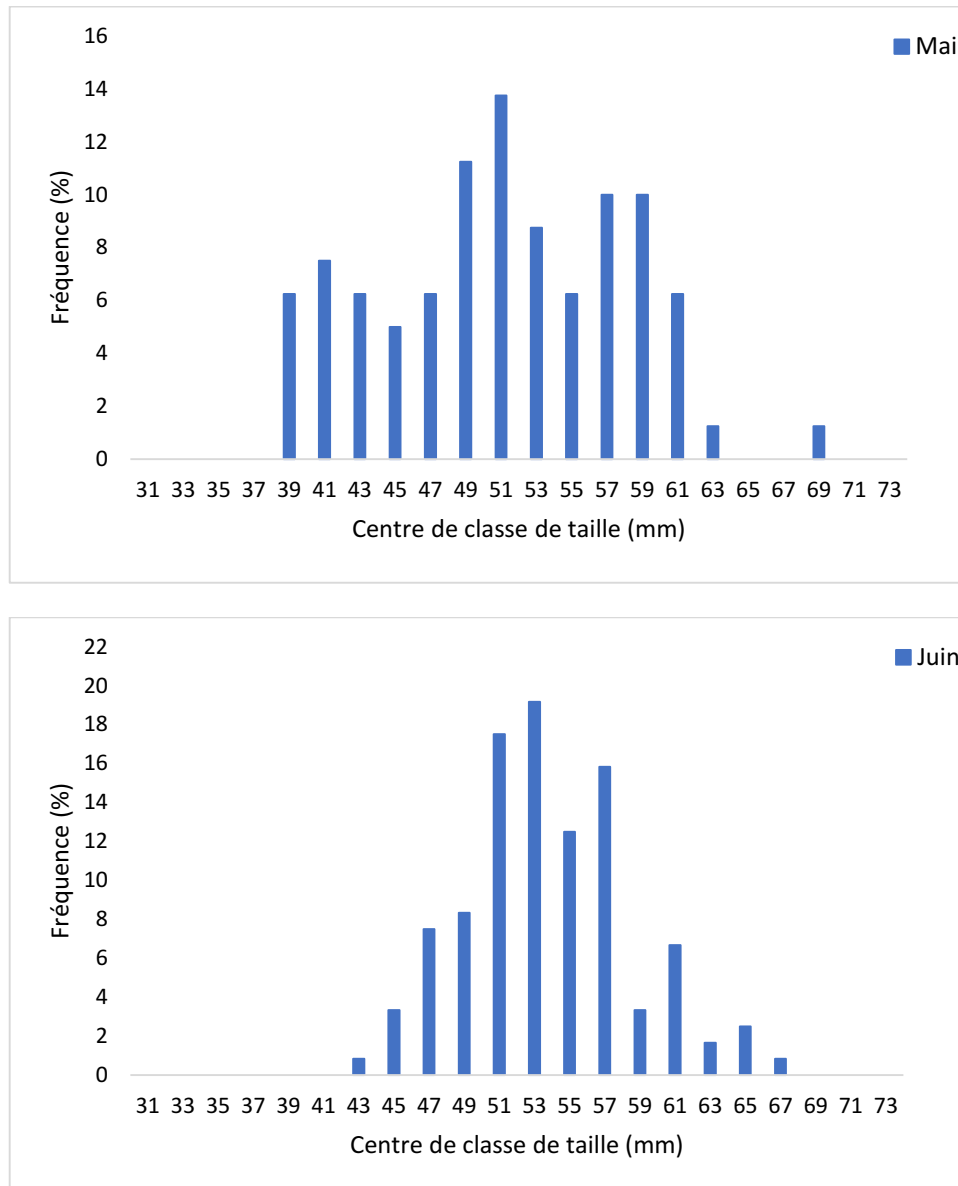


Figure 22. Distribution mensuelle de fréquence de taille de *Paracentrotus lividus* dans la région de Sidi Fredj

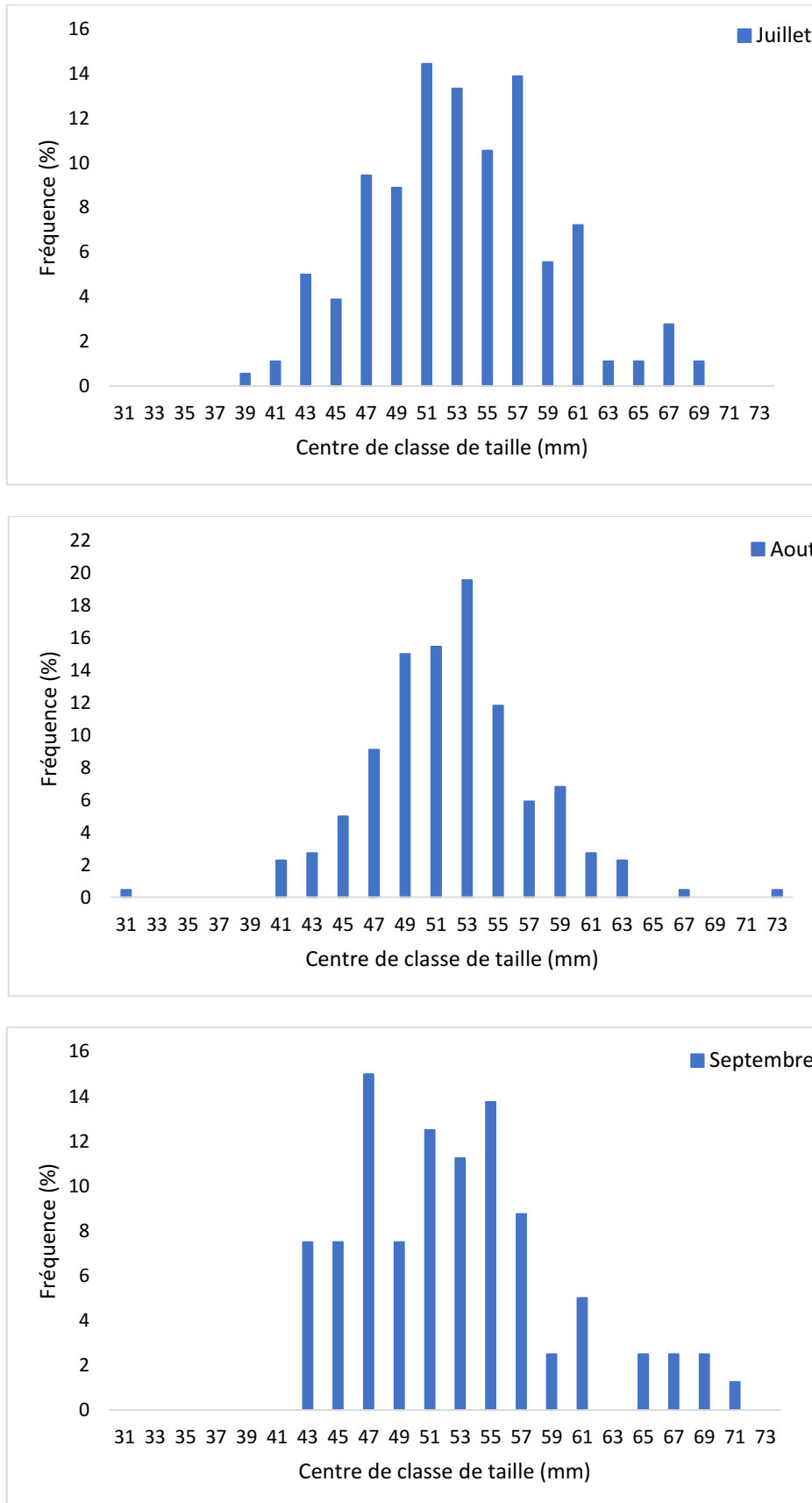


Figure 22 (suite). Distribution mensuelle de fréquence de taille de *Paracentrotus lividus* dans la région de Sidi Fredj

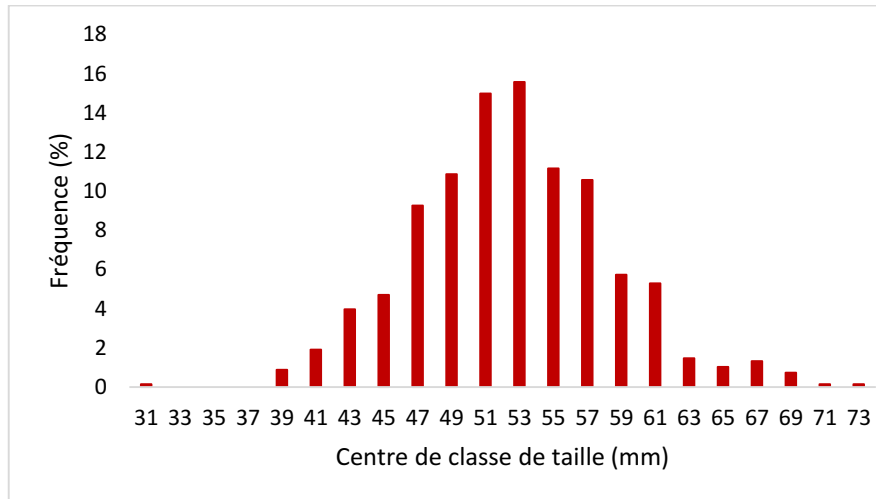


Figure 23. Distribution de fréquence de taille de tous les individus de *Paracentrotus lividus* échantillonnés dans la région de Sidi Fredj

2.2.2 Détermination des paramètres de croissance

L'analyse des fréquences de taille a été faite par la méthode d'ELEFAN I à l'aide du programme FISAT II (2.1.0) (Gayanilo, et al., 2005) pour la détermination de D_∞ et K.

La valeur de D_∞ estimée par la recherche automatique dans le programme ELEFAN I est supérieure aux valeurs observées, pour les trois stations d'étude. Cependant le paramètre de croissance K est surestimé. Le tableau 8 regroupe les valeurs de D_∞ et K des trois stations.

Tableau 8. Paramètres de croissance de *Paracentrotus lividus* estimés par la recherche automatique d'ELEFAN I

Stations	D_∞ (mm)	K (an^{-1})
El-Djamila	60.38	1
Tamentfoust	133.6	1
Sidi Fredj	133.6	1.1

Afin d'évaluer la fiabilité de l'estimation du coefficient de courbure K "Scanning for K", il est recommandé de parcourir les variations de R_n en fonction de K (0.10 à 10 sur une échelle logarithmique) pour une même valeur de D_∞ . Les valeurs obtenues sont 60.38mm, 0.38/an pour la station d'El-Djamila, 133.6mm, 0.51/an pour Tamentfoust et 77.18mm, 0.26/an pour Sidi Fredj.

Le diamètre asymptotique D_∞ a été estimé par la méthode de Pauly (1985), et l'évaluation du coefficient K est effectuée par la méthode de Pauly et Munro (1984) en utilisant les valeurs de \emptyset' à partir de la littérature qui permettent après l'estimation de \emptyset' moyen (tableau 9). Cette valeur permet de déterminer K en considérant D_∞ obtenu par la méthode de Pauly (1985).

Tableau 9. Paramètres de croissance de *Paracentrotus lividus* obtenus par différents auteurs

Auteur	Région	Année	L_{∞} (mm)	k (an ⁻¹)	t ₀ (an)	Ø'
Allain	Côtes Nord de Bretagne (France)	1972	61	0.2222	/	2.92
Allain	Atlantique Est (Bretagne, France)	1978	61.8	0.222	-0.716	2.93
Fenaux <i>et al</i>	Villefranche (France)	1987	51.5	2.12	-0.0032	3.75
Azzolina	Méditerranée nord-occidentale (Port Cros)	1988	58.96	0.2676	-0.134	2.97
Turon <i>et al</i>	Tossa (Espagne)	1995	77.451	0.252		3.18
	Cubelles (Espagne)	1995	53.67	0.287		2.92
Sellem <i>et al</i>	Sud-Ouest de la Méditerranée (Tunisie)	2000	52.83	0.689	-0.015	3.28
Tomsic <i>et al</i>	Mer Adriatique (Croatie)	2010	70.7	0.182	-1.403	2.96
Ø' moyen						3.11

Les résultats des paramètres de croissance obtenus par les différentes méthodes sont représentés dans le tableau 10.

Tableau 10. Paramètres de croissance de *Paracentrotus lividus* obtenus par différentes méthodes

Stations	D_{\max} (mm)	Pauly (1985)		ELEFAN I			Tomlinson et Abramson (1961)		
		$D_{\max}/0.95$	k (an ⁻¹)	D_{∞} (mm)	k (an ⁻¹)	t ₀ (an)	D_{∞} (mm)	k (an ⁻¹)	t ₀ (an)
El-Djamila	57.5								
		60.53	0.35	60.38	0.38	-0.35	60	0.15	-0.94
Tamentfoust	102	107.37	0.11	133.6	0.51	-0.21	58.76	0.39	-0.35
Sidi Fredj	73.5	77.37	0.22	77.18	0.26	-0.30	66.72	0.50	-0.58

Pour la station d'El-Djamila, la valeur de D_{∞} (60.38mm) estimée par la méthode d'ELEFAN I est supérieure à la valeur maximale observée ($D_{\max} = 57.5\text{mm}$), et inférieure à la valeur de l'approximation de Pauly $D_{\max}/0.95 = 60.53\text{mm}$.

La valeur de D_{∞} (60mm), déterminée par la méthode de Tomlinson et Abramson, est inférieure à celle déterminée par la méthode d'ELEFAN I, et supérieure à la valeur maximale observée.

Chapitre 3 : Résultats et discussions

Le diamètre asymptotique retenu correspondra à la meilleure estimation du coefficient K, en comparant par les résultats obtenus par les différents auteurs de la littérature.

Nos résultats retenus (60 mm, 0.15/an, -0.026 an) sont proches de ceux obtenus par Alain (1972) en France (61 mm, 0.22/an), Azzolina (1988) au Port Cros (58.96 mm, 0.26/an, -0.13 an).

Concernant la station de Tamentfoust, La valeur de D_{∞} (133.6mm) estimée par la méthode d'ELEFAN est supérieure à la valeur maximale observée ($D_{\max} = 102$ mm), et à la valeur de l'approximation de Pauly (1985) $D_{\max}/0.95 = 107.37$ mm.

Le diamètre asymptotique retenu correspondra à la meilleure estimation du coefficient K, en comparant par les résultats obtenus par les différents auteurs de la littérature.

Nos résultats de D_{∞} obtenus par l'approximation de Pauly et la méthode d'ELEFAN I sont loin de ceux obtenus par les différents auteurs, alors que la valeur de D_{∞} obtenue par la méthode de Tomlinson et Abramson (58.76 mm) est très proche de celle obtenue par Azzolina (1988) au Port Cros (58.96mm), et celle de Alain (1972) aux côtes Nord de la Bretagne (France) (61 mm), mais elle est inférieure à la valeur du diamètre maximal observé.

Pour la valeur de K, celle obtenue par la méthode de Pauly et Munro (1984) en utilisant les valeurs de $\bar{\emptyset}$ moyen (0.11/an) est la valeur retenue en raison qu'elle rapproche le plus des valeurs obtenues par la littérature, Alain (1972) en France (0.22/an), Azzolina (1988) au Port Cros (0.26/an) et Turan *et al* (2010) en Espagne (0.25/an). Donc, les paramètres de croissance retenus sont 107.37mm pour D_{∞} et 0.11/an pour k.

A Sidi Fredj, la valeur de de l'approximation de Pauly $D_{\max}/0.95 = 77.37$ mm est supérieure à la valeur maximale observée ($D_{\max} = 73.5$ mm), et à celle estimée par la méthode d'ELEFAN I D_{∞} (77.18mm).

La valeur de D_{∞} (66.72mm), déterminée par la méthode de Tomlinson et Abramson (1961), est inférieure à la valeur maximale observée.

Le diamètre asymptotique retenu correspondra à la valeur obtenue par la méthode de ELEFANI, en comparant par les résultats obtenus par les différents auteurs de la littérature, les valeurs des paramètres de croissance ($D_{\infty} = 77.18$ mm, $K = 0.26$ /an) rapprochent des résultats obtenus par Turan *et al* (1995) ($D_{\infty} = 77.45$ mm, $K = 0.18$ /an) en Espagne.

Chapitre 3 : Résultats et discussions

L'équation de croissance linéaire de la loi de Von Bertalanffy (1938) de *Paracentrotus lividus* pour chaque région est donnée alors comme suit :

$$D_t = 60 (1 - e^{-0.15 (t + 0.94)}) \text{ (El-Djamila)}$$

$$D_t = 107.37 (1 - e^{-0.11 (t + 1.1)}) \text{ (Tamentfoust)}$$

$$D_t = 77.18 (1 - e^{-0.26 (t + 0.3)}) \text{ (Sidi Fredj)}$$

A partir de ces équations nous avons déterminé les diamètres moyens des différentes distributions de taille (tableau 11), pour que nous puissions tracer la courbe théorique de croissance linéaire de *Paracentrotus lividus* pour chaque station d'étude (figure 24).

Tableau 11. Diamètres moyens théoriques déterminés à partir de l'équation de Von Bertalanffy

Age (an)	Diamètre (mm)		
	El-Djamila	Tamentfoust	Sidi Fredj
0	7.89	7.50	9.39
1	15.15	24.05	23.88
2	21.40	35.26	35.27
3	26.77	42.85	44.24
4	31.40	47.99	51.29
5	35.39	51.47	56.83
6	38.81	53.82	61.20
7	41.76	55.42	64.63
8	44.30	56.50	67.33
9	46.49	57.23	69.45
10	48.37	57.72	71.12
11	49.99	58.06	72.43
12	51.39	58.28	73.47
13	52.59	58.44	74.28
14	53.62	58.54	74.92
15	54.51	58.61	75.43
16	55.27	58.66	75.82

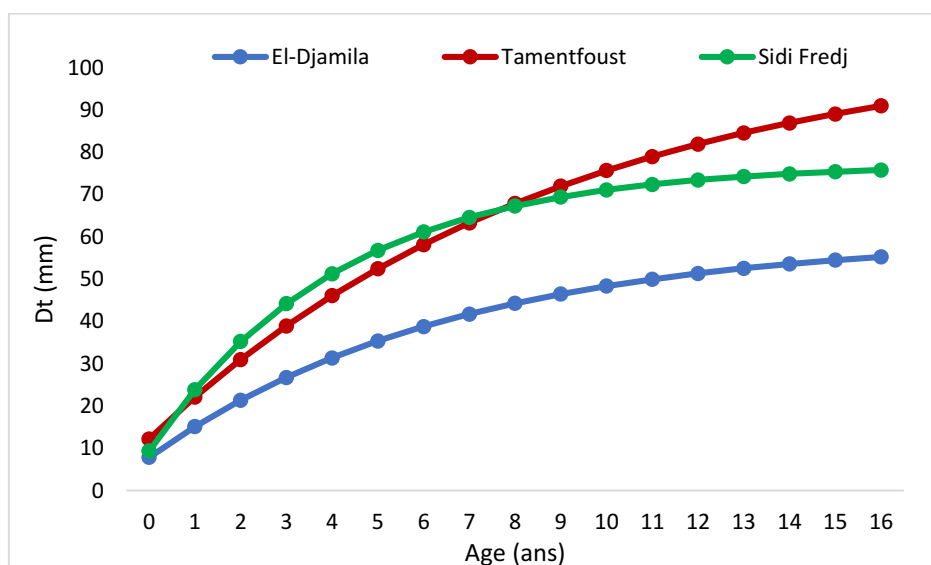


Figure 24. Courbes de croissance linéaire théorique de Von Bertalanffy de *Paracentrotus lividus* pour les trois stations

Selon Sparre et Venema (1996), il ne faut pas comparer les paramètres un par un, mais comparer les courbes de croissance.

De ce fait, la figure 24 montre que la croissance chez *Paracentrotus lividus* est plus rapide chez les petits individus et que sa vitesse de croissance diminue en fonction de l'âge. Cela est confirmé par Fenaux *et al* (1987) et Azzolina (1988).

Au niveau des trois stations, nous avons remarqué que la croissance linéaire théorique de *P. lividus* à El-Djamila est très lente par rapport aux deux autres stations. Concernant Tamentfoust et Sidi Fredj, la croissance linéaire théorique est identique entre 0 et 2 ans et entre 6 et 9 ans, avec une légère distinction entre 2 et 6 ans. Au-delà de 9 ans nous avons remarqué une différence de croissance où elle est plus rapide à Tamentfoust.

Cette variation de croissance chez *P. lividus* remarquée par Azzolina (1988) pourrait être liée aux variations des facteurs environnementaux comme la température et la salinité de l'eau, la qualité et la disponibilité de la nourriture et le développement des gonades, (Azzolina, 1988 ; Fernandez, 1997).

Selon Sparre et Venema (1996), la différence des paramètres de croissance peut exister entre les stocks de la même espèce, ainsi des cohortes successives peuvent se développer différemment selon les conditions du milieu. Mais aussi cette variation est probablement due à

l'échantillonnage, aux méthodes utilisées, ou probablement à la sensibilité du modèle de Von Bertalanffy aux clés âge-longueur utilisées, car les méthodes indirectes de détermination de l'âge sont imprécises, et à un âge donné peuvent correspondre plusieurs classes de taille.

Selon Régis (1978), Delmas (1992) et Tomsic *et al* (2010), les individus de 20 mm ont en général un âge de 2 ans, et ceux de 40 mm ont 4 à 5 ans d'âge.

Les résultats obtenus pour les populations de Tamentfoust et de Sidi Fredj montrent que la croissance de *P. lividus* est plus rapide ; les individus de 20 mm de diamètre ont un âge de 1 an et demi, et ceux de 40mm atteignent 2 ans et demi à 3 ans et demi. Cela concorde avec les résultats obtenus par Sellem *et al* (2000) en Tunisie. Ces résultats pourraient suggérer que la croissance de *P. lividus* est plus rapide en Méditerranée sud-occidentale qu'en Méditerranée nord-occidentale et qu'en Atlantique.

3 Etude de l'écologie

3.1 Densité et diamètre moyen

El-Djamila

Le suivi mensuel de la densité et du diamètre moyen durant une période de trois mois (du mois Juin au mois d'Aout) au niveau de la station d'El Djamila nous a permis d'obtenir des densités comprises entre 37 et 53 individus/m² soit une moyenne de 43 individus/m², avec des diamètres du test compris entre 29.5 et 33.9 mm et une moyenne de 32.3 mm (tableau 12).

Tableau 12. Variation mensuelle de la densité moyenne en (individu/m²) et du diamètre moyen (mm) de *Paracentrotus lividus* dans la station d'El-Djamila

Mois	Dm (mm)	Effectif	Superficie (m ²)	Densité (indv/m ²)
Juin	29.5	1065	20	53
Juillet	33.9	798	20	40
Aout	33.7	741	20	37
Moyenne	32.3	2604		

La figure 25 montre que lorsque la densité des oursins augmente, le diamètre moyen, par contre diminue et inversement une diminution de la densité entraîne une augmentation de diamètre. San Martin (1995) fait remarquer, dans une étude sur une population d'oursins au niveau de la Cote Bleue (France Méditerranée) que ce phénomène est très marqué en période printanière en Avril particulièrement. Cela s'explique par le recrutement des jeunes individus issu de la ponte de Mars.

Chapitre 3 : Résultats et discussions

En outre, nous remarquons une diminution très importante et rapide de l'effectif des jeunes individus (Diamètre < 25.5mm), de 363 individus nous passons à 136 individus de juin à août, avec une augmentation du diamètre moyen, alors que l'effectif des grands individus (Diamètre > 35.5mm) augmente de 394 individus à 422 individus pour la même période, ce qui explique l'évolution inverse de la densité et du diamètre moyen. Les résultats sont représentés dans le tableau 13.

Tableau 13. Variation mensuelle des effectifs des trois classes d'âge dans la station d'El-Djamila

Classe d'âge	Juin	Juillet	Aout
Petits individus $D < 25.5$ mm	363	136	120
Moyens individus $25.5 < D < 35.5$ mm	308	240	276
Grands individus $D > 35.5$ mm	394	422	345
Effectif total	1065	798	741

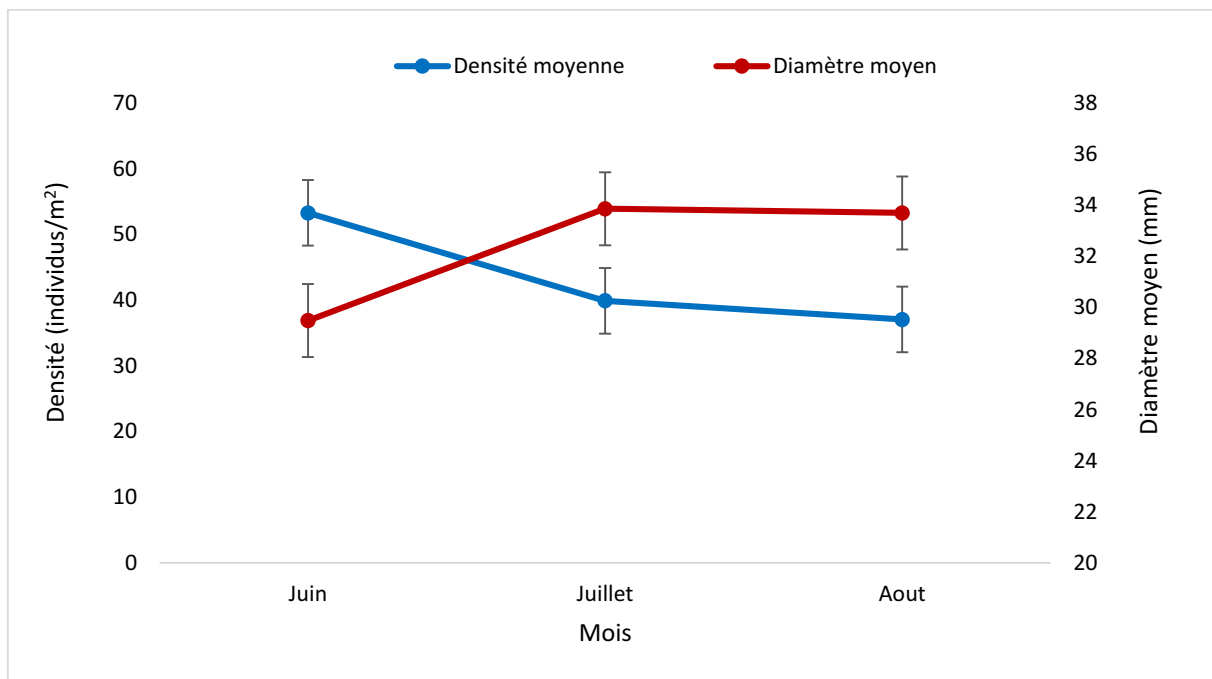


Figure 25. Variation mensuelle de la densité moyenne et du diamètre moyen de *Paracentrotus lividus* dans la station d'El-Djamila

Tamentfoust

Au niveau de la région de Tamentfoust, résultats du tableau 14 et 15 et la figure 25 montrent que la population de *Paracentrotus lividus* est représentée par une densité comprise entre 13 et 20 individus/m² du mois d'avril au mois de septembre et dont la densité moyenne est de 14 individus/m² et des diamètres moyens compris entre 34.24 et 47.65 mm pour cette même population et dont le diamètre moyen est de 41.6mm.

Tableau 14. Variation mensuelle de la densité moyenne (individu/m²) de *Paracentrotus lividus* dans la station de Tamentfoust

Mois	Effectif	Superficie (m ²)	Données brutes		
			Densité (indv/m ²)	Variance	Ecart-type
Avril	159	10	16	44.6	6.68
Mai	130	10	13	7.4	2.72
Juin	126	10	13	34.64	5.88
Juillet	142	10	14	83.36	9.13
Aout	196	10	20	101.65	10.08
Septembre	164	10	16	54.84	7.4
	917				

Tableau 15. Variation mensuelle du diamètre moyen (mm) de *Paracentrotus lividus* dans la station de Tamentfoust

Mois	Diamètre moyen (mm)	Ecart-type	Diamètre min (mm)	Diamètre max (mm)
Avril	35.36	1.8	34.82	35.38
Mai	47.65	1.69	46.9	47.49
Juin	46.56	1.68	46	46.59
Juillet	45.80	1.66	45.32	45.86
Aout	34.24	2.12	33.97	34.57
Septembre	39.87	2.02	39.6	40.22
Moyenne	41.6			

Pour cette région, nous observons que d'Avril à Juillet, une diminution de la densité dont une valeur minimale de 12 individus/m² au mois de Juin; celle-ci augmente par la suite pour atteindre son maximum au mois d'Aout avec 18 individus/m² (figure 26). Cette augmentation peut s'expliquer par un recrutement estival. En Septembre, la densité diminue une nouvelle fois, cette diminution, par contre, pourrait être due d'une part, à une mortalité causée par la maladie dite calvetie des oursins, qui a été remarquée au sein de la station d'étude au mois de Septembre,

et/ou à la prédation de *Paracentrotus lividus*, par *Marthasterias glacialis*, *Sparus aurata*, *Diplodus annularis*, d'autre part.

Concernant le diamètre moyen, une augmentation de celui-ci est observée en Mai (47.65 mm), puis, une diminution qui se poursuit jusqu'au mois d'Août pour atteindre un minimum de 34.24 mm, et de nouveau ce diamètre augmente au mois de Septembre.

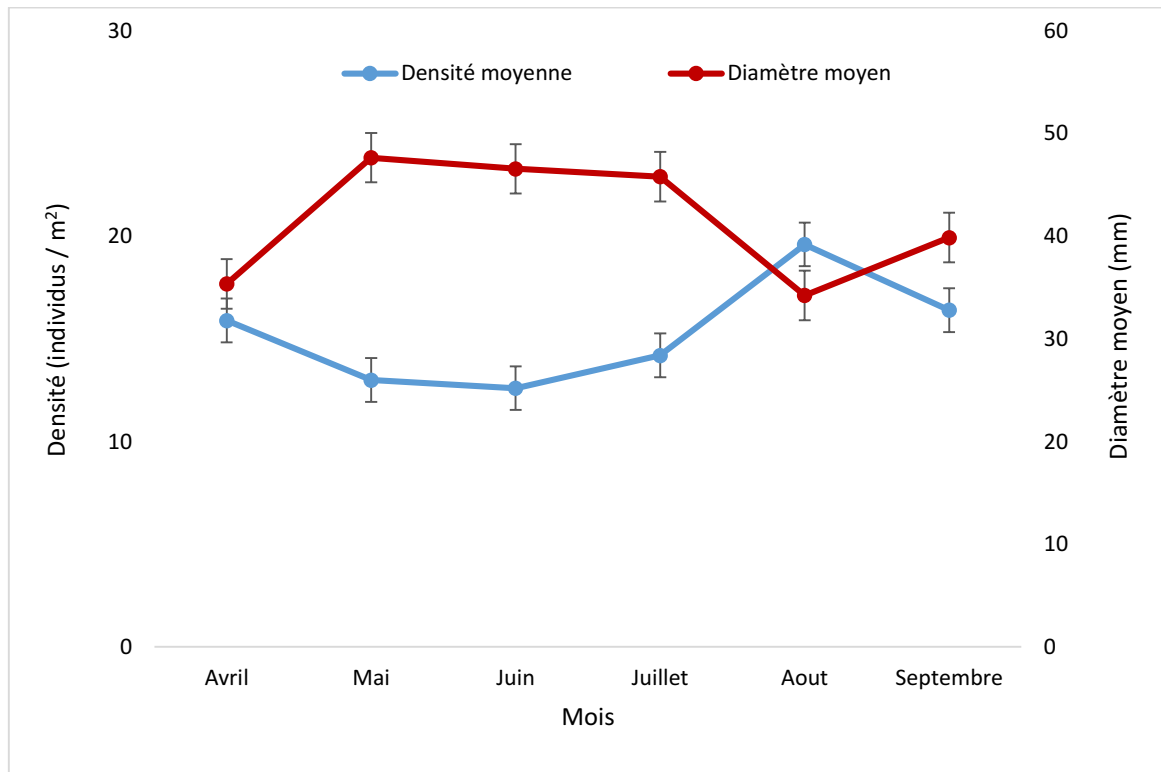


Figure 26. Variation mensuelle de la densité moyenne et du diamètre moyen de *Paracentrotus lividus* dans la station de Tamentfoust

Sidi Fredj

Au niveau de Sidi Fredj, les densités de *Paracentrotus lividus* sont comprises entre 8 et 22 individus/m², avec une moyenne de 14 individus/m² (tableau 16 et la figure 27).

En raison de manque de données, les diamètres moyens ne sont pas présentés dans cette station.

Tableau 16. Variation mensuelle de la densité moyenne en (individu/m²) de *Paracentrotus lividus* dans la station de Sidi Fredj

Mois	Effectif	Surface (m ²)	Densité (indv/m ²)	Variance	Ecart-type
Juin	861	40	22	417	20.4
Juillet	227	20	11	45	6.7
Aout	217	28	8	16	4
	1305				

Du mois de Juin au mois d'Aout, nous remarquons une diminution de la densité.

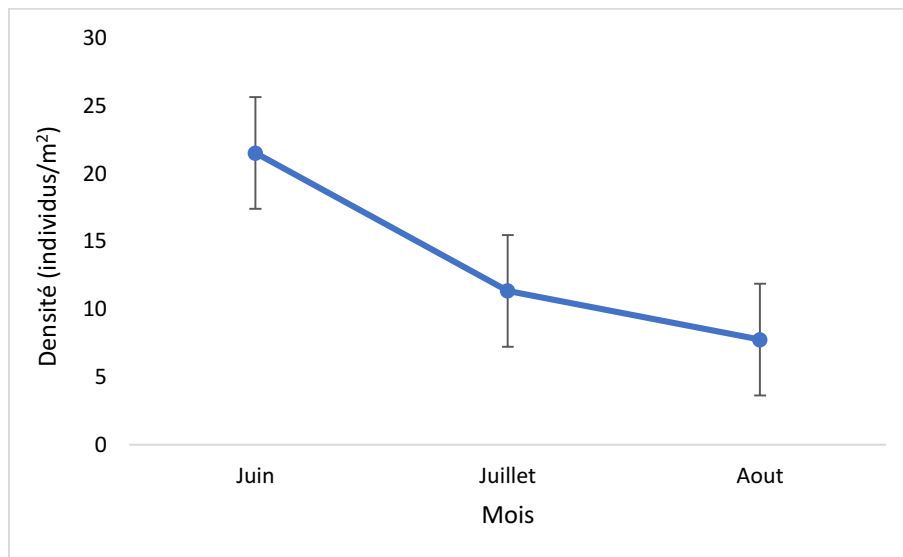


Figure 27. Variation mensuelle de la densité moyenne de *Paracentrotus lividus* dans la station de Sidi Fredj

La figure 28 montre que la station d'El-Djamila présente des densités entre 37 et 53 individus/m² avec une valeur maximale au mois de juin, au niveau de Tamentfoust, la densité est comprise entre 13 et 20 individus/m² avec un maximum au mois de juin, alors que à Sidi Fredj le mois d'Aout présente des densités les plus élevées (20 individus/m²) par rapport aux autres mois où elle est entre 8 et 11 individus/m².

Chapitre 3 : Résultats et discussions

Il est remarqué que la population de la station d'El-Djamila présente des densités plus élevée par rapport aux autres populations des stations étudiées et aux résultats rencontrés dans la littérature (tableau 17). Pour ce qui concerne les stations de Tamentfoust et Sidi Fredj les densités moyennes sont relativement proches à celles mesurées par Semroud (1993) à El-Marsa. Par contre les diamètres moyens sont comparables pour les trois stations (figure 28 et 29).

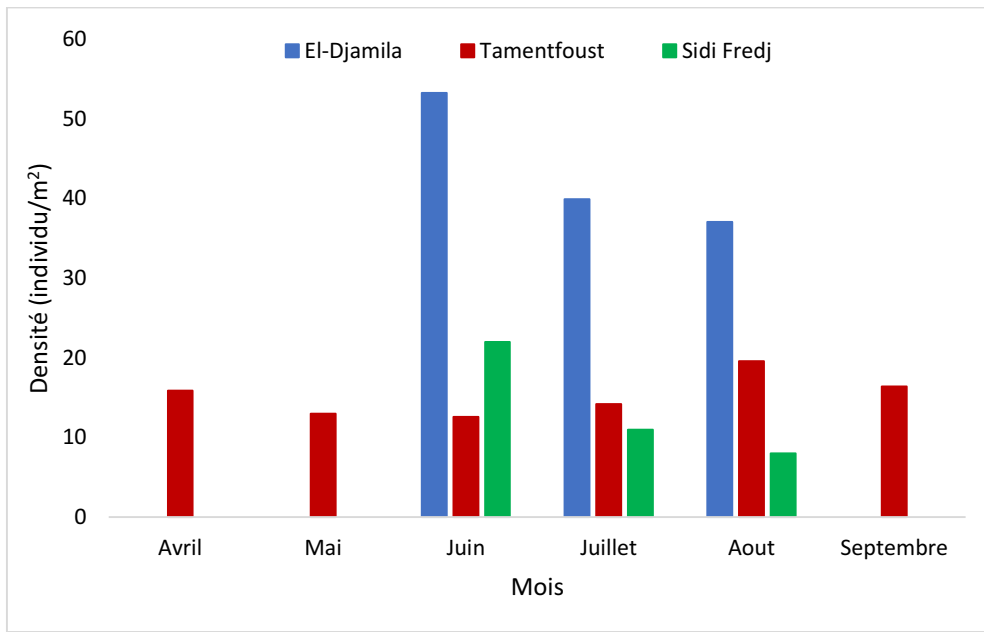


Figure 28. Variation mensuelle de la densité moyenne de *Paracentrotus lividus* dans les trois stations

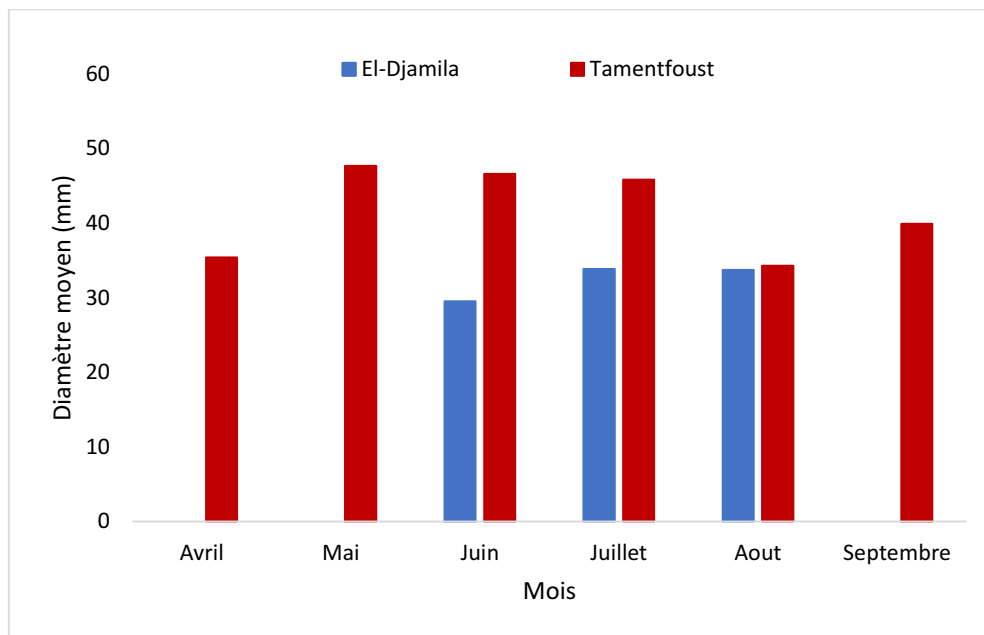


Figure 29. Diamètre moyen de *Paracentrotus lividus* des trois stations

Tableau 17. Densités et diamètres moyens de *Paracentrotus lividus* obtenus par différents auteurs en Méditerranée et en Atlantique

Auteur	Localité	Densité (ind/m ²)	Diamètre moyen (mm)	Substrat	Profondeur (m)
Delmas (1992)	Ile maire (France)	2 – 7	-	Roche	2 – 8
Semroud (1993)	El-Marsa	11.2 – 25.6	34.9	Roche	2
Turon (1995)	Tossa de Mar (Espagne)	2 – 11	-	Roche	3 – 10
San Martin (1995)	Cote Bleue (France)	3.3 – 15	32.2 – 47.2	Roche	0.5 – 2.5
Gianguzza <i>et al</i> (2006)	Italie	4 - 7	32.1	Roche	4 - 8
Ceccherelli <i>et al</i> (2008)	Italie	10	60 - 80	Roche	-
Jacinto <i>et al</i> (2013)	SW Portugal	7.8	20	Roche	3 - 6
	NW Italie	1.8	42	Roche	3 - 6
Présent travail	El-Djamila	37 - 53	29.5 – 33.9	Roche	0.3 – 1.8
	Tamentfoust	13 - 20	34.24 – 47.65	Roche	5
	Sidi fredj	8 - 20	-	Roche + Posidonie	1.5 - 4

Les résultats de test de normalité de Anderson-Darling (1954) (tableau 1, annexe IV) effectué pour les données des trois stations montrent que la valeur de p-value est inférieure à celle de α (0.05), donc l'hypothèse H_0 (distribution normale) est rejetée et l'hypothèse H_1 (les données ne suivent pas une loi Normale) est retenue. D'autres tests (test de Lilliefors, test de Jarque-Bera) ont été réalisés et conforte cette décision.

En raison des données qui ne sont pas issues d'une population normalement distribuée, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis (Dagnelie, 1975) a été réalisé. Les résultats de ce test montrent qu'au niveau de chaque station, la différence des densités en fonction des mois est significative ($p\text{-value} < \alpha$), cette différence est remarquée particulièrement au niveau du mois de juin (annexe IV, tableau 6).

Ainsi, les résultats de la comparaison des densités moyennes entre les trois stations par le test de de Kruskal-Wallis (annexe IV, tableau 7) montrent une différence significative, la valeur de p-value est inférieure à celle de α (0.05). Ces résultats confirment les observations déjà remarquées.

Quand nous avons analysé la structure des tailles de *Paracentrotus lividus* au niveau des stations d'étude, nous avons remarqué un pic de densité au niveau des petites classes de taille (les recrues <20mm), et un autre pic situé sur les grandes classes de tailles (> 40mm) (figure 4 et 5

Chapitre 3 : Résultats et discussions

Annexe IV). Selon Hereu *et al* (2006), le pic des grandes tailles correspond à l'accumulation des oursins adultes dans ces classes, cela pourrait être expliqué par le manque d'exploitation de cette espèce dans la région d'étude. Ce phénomène a été remarqué à Port-Cros, Iles Mèdes et Porquerolles, qui sont des réserves marines protégées où l'exploitation est strictement interdite.

L'analyse de la variation des densités en fonction des diamètres de *Paracentrotus lividus*, a montré que la population de Tamentfoust présente une densité plus riche des recrues, qui par contre, est faible à El-Djamila. Le recrutement semble donc potentiellement très fort sur les lieux préférés de cette espèce selon la qualité du biotope (Hereu *et al.*, 2006). Pour ce qui est de la densité des grands individus, elle est relativement élevée au niveau des deux stations. D'après Hereu *et al* (2006), les communautés profondes, qu'elles soient de roche ou dans l'herbier de Posidonie, présentent des tailles très grandes. Dans notre cas, le nombre élevé des individus de grandes tailles est la conséquence de la non exploitation.

En raison du manque de données, sur la population de Sidi Fredj, aucune interprétation n'a pu se faire sur la variation des densités en fonction du diamètre du test.

Conclusion

Cette étude a porté sur l'oursin commun *Paracentrotus lividus*, en raison de son abondance le long du littoral algérien et par la présence d'un stock non exploité à ce jour. Il a pour objectif d'apporter quelques résultats sur la dynamique des populations, sur la biologie et sur l'écologie de l'espèce au niveau de trois stations de l'algérois. Compte tenu de leur emplacement, du type de biotope, de la profondeur et de la qualité du milieu, une comparaison des données est réalisée.

Ces données, préliminaires pour l'heure, peuvent dans le cadre de l'exploitation de cette ressource être intégrées dans le plan de gestion des pêcheries totalement occulté de nos jours par les gestionnaires en charges du secteur.

L'étude de la croissance a été abordée par l'analyse des structures d'âge et l'analyse des structures de taille. La répartition des individus en groupes d'âge montre que les trois stations sont représentées par des populations ayant un âge compris entre 4 et 7 ans.

A partir des résultats obtenus, il apparaît que *Paracentrotus lividus* présente une croissance plus rapide au niveau de Tamentfoust et Sidi Fredj par rapport à la station d'El-Djamila ainsi qu'à celles citées dans la littérature. Ces variations de la vitesse de la croissance pourraient être liées aux variations des facteurs du milieu comme la température et la salinité de l'eau, la qualité et la disponibilité de la nourriture et le développement des gonades, comme elle est probablement due à l'échantillonnage, aux méthodes numériques utilisées.

Il apparaît que les études sur la dynamique des populations d'Echinoïdea exploités n'est pas très aisée. L'application des modèles mathématiques ainsi que l'interprétation des résultats sont délicates en raison, d'une part, de l'étalement probable des périodes de ponte au cours de l'année, étalement qui rend difficile la séparation et le suivi des cohortes et d'autre part, en raison des variations environnementales.

Parmi plusieurs méthodes de description du cycle de reproduction de *Paracentrotus lividus*, nous avons utilisé l'analyse des indices physiologiques. L'analyse des variations mensuelles de l'IGm et de l'IRm au niveau des trois stations a permis de localiser la période de ponte estivale et de conclure que le cycle de reproduction de *Paracentrotus lividus* dans la côte algéroise est caractérisé par deux pontes importantes, une printanière et l'autre estivale.

Cependant il est admis selon la littérature que la variation des périodes et de nombre de pontes de *Paracentrotus lividus* d'une année à l'autre, pour un même site, ou d'un site à l'autre est due

principalement à l'influence de la qualité de la nourriture, la profondeur, les conditions climatiques et la qualité du milieu (pollution).

Le lien entre les deux indices physiologiques IRm et IGM a été ainsi établi. La période de forte consommation est liée à une période de maturation maximale des gonades.

Au niveau des stations d'étude, la répartition des sexes au sein de la population de *Paracentrotus lividus* est en faveur des femelles. Les résultats obtenus montrent qu'il n'y a pas une différence entre le diamètre des mâles et des femelles.

L'étude de l'écologie de *Paracentrotus lividus* au niveau des trois stations montre que les densités maximales se trouvent dans la station superficielle. Le plus grand effectif est constaté à El-Djamila, la station la moins profonde (37-53 individus/m²), suivi par la station de Sidi Fredj avec une densité comprise entre 8-22 individus/m² et enfin la station de Tamentfoust où les densités sont les moins élevées (13-20 individus/m²).

Les résultats obtenus sur les densités pour les trois stations montre qu'elles varient en fonction des mois, elles atteignent leur maximum en été (Juin à Août), ce pic de densité peut s'expliquer par un recrutement estival lié à la ponte printanière sûrement, mise en évidence par d'autres auteurs.

Enfin, ce travail ne présente qu'une approche descriptive de la dynamique de *Paracentrotus lividus* dans la côte algéroise, l'étude des facteurs influençant cette dynamique serait souhaitable en vue d'une éventuelle exploitation de cette ressource.

Au terme de ce travail quelques perspectives de recherche et quelques recommandations peuvent être proposées :

Il apparaît nécessaire de poursuivre l'étude des populations d'oursin durant un cycle ou plusieurs cycles annuels pour les raisons suivantes :

- Approfondir l'étude sur la structure des populations et sur l'influence de divers paramètres écologiques, trophiques et anthropique, en augmentant le nombre de mesures et en appliquant la méthode directe de détermination de l'âge en plus des méthodes statistiques qui peuvent présenter des biais.
- Suivre les populations d'oursins à différentes profondeurs en fonction des biotopes pour déterminer l'effet de la profondeur sur la croissance selon les saisons, ce qui serait très utile pour leur exploitation.

Conclusion

- Etaler l'étude pour définir de manière précise la meilleure période du développement des gonades au cours de l'année et pour suivre l'évolution de la densité et donc par la même du recrutement.
- Utiliser d'autres méthodes complémentaires telles que l'histologie des gonades en plus du suivi temporel des indices physiologiques, ce qui nous permettrait d'obtenir plus de précision sur le déroulement précis du cycle de reproduction.
- Revenir sur les sites et voir un peu ce qui s'est passé actuellement.

Bibliographie

ALLAIN, J.Y. (1972). Structure des populations de *Paracentrotus lividus* (LAMARCK) (Echinodermata, Echinoidea) soumises à la pêche sur les côtes nord de Bretagne. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.* Vol. 39, p.171-212.

ALLAIN, J.Y. (1978). Age et croissance de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) et de *Psammechinus miliaris* (Gmelin) de côtes nord de Bretagne (Echinoidea). *Cahiers de Biologie Marine.* Vol. 19, p.11-21.

ANDERSON, T.W et DARLING, D.A. (1952). Asymptotic Theory of Certain "Goodness of Fit" Criteria Based on Stochastic Processes. *The Annals of Mathematical Statistics.* Vol. 23, p.193-212.

ANRH, 2013. Agence Nationale des Ressources Hydrauliques . Alger.

AUGIER, H et BOUDOURESQUE, C.F. (1970). Végétation marine de l'île de Port-Cros (Parc Natinal) V. La baie de Port-Man et le problème de la regression de l'herbier de Posidonies. *Bull. Mus. nat.* Vol. 30, p.145-164.

AZZOLINA, J.F. (1988). Contribution à l'étude de la dynamique des populations de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (LMCK): croissance, recrutement, mortalité, migrations. *Thèse de Doctorat. Université d'Aix-Marseille II, Faculté des sciences de Luminy, 208 p.*

AZZOLINA, J.F et al. (1982). Dynamique des populations de *Paracentrotus lividus* dans la baie de Port-Cros (VAR): Données préliminaires. *Sci. Rep. Port-Cros natl. Park, Fr.* Vol. 11, p. 61-81.

BAYED, A et al. (2005). The *Paracentrotus lividus* populations from the northern Moroccan Atlantic coast: growth, reproduction and health condition. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* Vol. 85, p.999-1007.

BEAUMONT, A et CASSIER, P. (1973). Biologie animale, des protozoaires aux métazoaires épithélioneuriens. *Tome 1. 2^e éd. Paris : Dunod.*

BELKHEDIM, L. (2009). Contribution à l'étude de la biologie de l'oursin régulier *Paracentrotus lividus* (Lmck,1816) du Port d'Oran et Ain Franin. *Thèse de Magister : Oran : Université d'Oran, Faculté des sciences, Département de biologie. 100 p.*

BELKHEDIM, L et al. (2014). Physiological Indices and Reproduction in the Sea Urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) Echinodermata Echinoïdea in the west coast of Algeria. *IJRRAS. Vol. 18, p. 173-181.*

BERTHON, J.F. (1987). Relations trophiques entre quelques espèces d'échinodermes et le phytobenthos dans la baie de Port-Cros (Var, France). *DEA : Université Pierre et Marie Curie, France. 72 p.*

BOUCHARD, M. 2004. Muséum-aquarium de Nancy. *Muséum-aquarium de Nancy.* [En ligne]. Consulté le [30/12/2014]. Disponible à l'adresse : <www.museumaquariumdenancy.eu>.

BOUDOURESQUE, C.F et VERLAQUE, M. (2007). Ecology of *Paracentrotus lividus*. *Elsevier Science, p. 243-285.*

BOUDOURESQUE, C.F et VERLAQUE, M. (2013). Ecology of *Paracentrotus lividus*. Developments in aquaculture and fisheries science. *Paracentrotus lividus*. France : *Elsevier Science. Vol. 38, p. 297-327.*

BOUKHELF, K. (2012). Données biométriques, indices physiologiques et dosage des métaux lourds chez l'oursin comestibles *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) dans la région de Mostaganem (Algérie). *Thèse de Magister : Oran : Université d'Oran, Faculté des sciences, Département de biologie, Laboratoire: Réseau de surveillance environnementale, 153 p.*

CAPERAÀ, P et VAN CUTSEM, B. (1988). Méthodes et modèles en statistique non paramétrique: exposé fondamental. *s.l. : Presses de l'Université de Laval et Dunod, 358 p.*

CARPINE, C. (1958). Recherches sur les fonds à *Peyssonnelia polymorpha* (Zan.) Schmitz de la région de Marseille. Monaco : Bulletin de l'Institut océanographique, 50 p.

CRAPP, G.B et WILLIS, M.E. (1975). Age determination in the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck), with notes on the reproductive cycle. *J. exp. mur. Biol. Ecol. North-Holland Publishing Company. Vol. 20, p. 157-178.*

DAGNELIE, P. (1975). Analyse statistique à plusieurs variables. *Gembloux : presses agronomiques de Gembloux, 362 p.*

DANCE, C. (1985). Contribution à l'étude des Echinoides réguliers du Parc National de Port-Cros: Déplacement de *Paracentrotus lividus*, prédation de *Paracentrotus lividus* par *Martherias*

glacialis, relation taille-poids chez *Sphaerechinus granularis*. *Rapp. D.E.A. Université Aix-Marseille III, Marseille*, 80 p.

DERMECHE, S. (2010). Indices physiologiques, métaux lourds et bioessais chez l'oursin commun *Paracentrotus lividus* (Lmck, 1816) de la côte oranaise (Algérie Ouest). *Thèse de Doctorat en pollution marine : Université d'Oran*, p. 6-38.

ELMASRY, E.Z et al. (2014). Preliminary studies on habitat and diversity of some sea urchin species (Echinoidea) on the southern Levantine basin of Egypt. Egypt : National Institute of Oceanography and Fisheries. *Egyptian Journal of Aquatic Research*. Vol. 39, p. 303-311.

FAO. (2014). Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture : Possibilités et défis. Rome, 255p.

FENAUX, L. (1968). Maturation des gonades et cycle saisonnier des larves chez *Arbacia lixula*, *Paracentrotus lividus* et *Psammechinus microtuberculatus* (Echinides) à Ville-sus-mer. *Vie et milieu*. Vol. 19 (1-A), p. 1-52.

FENAUX, L et al. (1985). Croissance de la larve de l'oursin *Paracentrotus lividus*. *Marine Biology*. Springer-Verlag, 86, p. 151-157.

FENAUX, L et al. (1987). Suivi écologique de l'évolution d'un peuplement de *Paracentrotus lividus* (Lamarck) dans la baie de Villefranche-sur-Mer. [éd.] Boudouresque, C.F: *Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles, GIS Posidonie publ*, p. 187-197.

FERNANDEZ, C. (1997). Effect of diet on the biochemical composition of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) under natural and rearing conditions (effect of diet on biochemical composition of urchins). France: *Elsevier*. Vol. 118, p. 1377-1384.

FISHER, W et al. (1987). Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, Méditerranée et Mer Noire, zone de pêche 37, Révision 1. Rome : FAO. Vol. I, 760 p.

GAYANILO, F. C. Jr et al. (2005). FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II). Revised version. User's guide. *FAO Computerized Information Series fisheries*, 252 p.

GRASSÉ, P.P. (1948). Traité de Zoologie - Anatomie, Systématique, Biologie - Tome XI - Echinodermes, Stomocordés, Procordés. Paris : *Masson et Cie*, 1077 p.

GUETTAF, M. (1992). Contribution à la connaissance de la variabilité de l'indice gonadique de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Echinoderata: Echinidae) dans la region

marseillaise. *Mémoire DEA. Océanologie : Marseille : Université d'Aix-Marseille II, Faculté des sciences de Luminy, Marseille, France, 30 p.*

GUIDETTI, P. (2004). Consumers of sea urchins, *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula*, in shallow Mediterranean rocky reefs. *Helgol Mar Res. Vol. 58, p. 110–116.*

GUIDETTI, P et MORI, M. (2005). Morpho-functional defences of Mediterranean sea urchins, *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula*, against fish predators. *Marine Biology. Vol. 147, p. 797-802.*

HAYWARD, P. J et RYLAND, J. S. (1990). The Marine Fauna of the British Isles and North-West Europe. *New York : Oxford Science Publications. Vol. II: Molluscs to Chordates, 386 p.*

HEMIDA, F. 1987. Contribution à l'étude de l'anchois *Engraulis encrasicolus* (LINNE, 1758) dans la région d'Alger: Biologie et Exploitation. *Thèse de Magister : Alger : Université de Science et de Technologie Houari Boumediene (USTHB). Institut des Sciences de la nature, 134 p.*

HEREU, B et al. (2006). Diversité d'Echinodermes dans les fonds marins de Porquerolles : *Université de Barcelone. 42 p.*

Ifremer. (2011). Ifremer : pêche dans le monde. [En ligne]. *Consulté le [06/05/2015]. Disponible à l'adresse : <wwz.ifremer.fr>.*

JOUVION-MORENO, M. (2004). UPMC. [En ligne]. *Consulté le [19/06/2015]. Disponible à l'adresse : <www.biologie.upmc.fr>.*

KNOEPFFLER-PEGUY, M et al. (1987). Compte rendu d'une expérience sur les préférences alimentaires de *Paracentrotus lividus* (Echinoïdes) à Banyuls-Sur-Mer. [éd.] *Boudouresque C.F: Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles, GIS Posidonie publ, p. 59-64.*

KROH, A et MOOI, R. (2010). Global diversity of sea urchins (Echinodermata: Echinoidea): *Echinoderm Research 2010, 7th European Conference on Echinoderms. Universitätsverlag Göttingen, p. 11-13.*

KROH, A et MOOI, R. (2015). The World Echinoidea Database. The World Echinoidea Database. [En ligne]. *Consulté le [10/01/2015]. Disponible à l'adresse : <www.marinespecies.org/echinoidea/index.php>.*

KROH, A. (2015). *Paracentrotus lividus*. In: Kroh, A. et Mooi, R. (2015) World Echinoidea Database. World Register of Marine Species. [En ligne]. Consulté le [15/07/2015]. Disponible à l'adresse : < www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=124316>.

LAUBIER, L. (1966). Le coralligène des Alberes. monographie biocénotique. *Annales de l'Institut océanographique. Masson et Cie (Niort, impr. Soullisse et Cassegrain), p. 137-316.*

LAUREC, A et LE GUEN, J.C. (1981). Dynamique des populations marines exploitées. Tome 1 Conceptions et modèles. *Centre National Pour l'Exploitation des Océans. CNEXO/Centre Océanologique de Bretagne, 117 p.*

LE DIREAC'H, J.P. (1985). Dynamique des populations et évaluation des stocks de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lamarck) sur l'archipel du Frioul (Rade de Marseille) Cartographie des peuplements benthiques du havre de Morgirot. *D.E.A : France: Université d'Aix-Marseille. Faculté des Sciences de Luminy, p. 1-78.*

LE DIREAC'H, J.P. (1988). Evaluation des stocks et dynamique des populations de l'oursin comestible (*Paracentrotus lividus*) dans la région marseillaise. Analyse des circuits de commercialisation et proposition de gestion. *Contrat ADER-PACA / Secrétariat d'état à la mer. France : Laboratoire d'Ecologie du Benthos. Faculté des Sciences de Luminy, p. 1-411.*

LEVENE, H. (1960). Robust tests for equality of variances. In 'Contributions to Probability and Statistics: Essays in Honor of Harold Hotelling'. *Stanford University Press, California, p. 278-291.*

LOZANO, J et al. (1995). Biological cycles and recruitment of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats. *Marine Ecology Progress Series (Mar Ecol Prog Ser). Vol. 122, p. 179-191.*

MAOUCHE, S. (1987). Mécanismes hydrosédimentaires en baie d'Alger (Algérie): Approche sédimentologique, géochimique et traitement statistique. *Thèse de Magister: Perpignon: Université de Perpignon, 282 p.*

MOORE, H.B. (1934). A comparison of the biology of *Echinus esculentus* in different habitats. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom (New series). Port Erin. Ile de Man. Vol. 19, p. 169-885.*

MURILLO-NAVARRO, R et JIMÉNEZ-GUIRADO, D. (2012). Relationships between algal food and gut and gonad conditions in the Mediterranean sea urchin *Paracentrotus lividus*(Lam): Espagne. *Mediterranean Marine Science. Vol. 13, p. 227-238.*

NEDELEC, H. (1982). Ethologie alimentaire de *paracentrotus lividus* dans la baie de Galeria (Corse) et son impact sur les peuplements phytobenthiques. *Thèse de Doctorat : Paris : Université Paris VI, p. 1-175.*

PATRISSI, M et al. (2014). Réalisation d'une étude biologique et halieutique sur l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) en Corse. *STARESO, 75 p.*

PAULY, D et MOREAU, J. (1997). Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques. Collection Polytech. *Cépaduès. Toulouse, 288 p.*

PAULY, D. (1985). Quelques méthodes simples pour l'estimation des stocks de poissons tropicaux. *FAO Doc. Tech. Pêches. Vol. 234, 56 p.*

PINNA, S et al. (2012). Habitat preferences of the sea urchin *Paracentrotus lividus*. *MEPS. Vol. 445, p. 173-180.*

REGIS, M.B. (1978). Croissance de deux Echinoïdes 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 : Université Aix-Marseille : Faculté des sciences et techniques de Saint-Jérôme III, 221 p.*

REGIS, M.B. (1979). Etude des possibilités d'élevage des oursins réguliers en fonction de la valeur de certains indices physiologiques. *Oceanologica Acta. Vol. 3, p. 7-16.*

RUITTON, S. (1993). Comportement alimentaire et indices physiologiques de *Paracentrotus lividus* (Echinidae) dans un peuplement à *Caulerpa taxifolia* (Chlorophyte). *Mémoire : Université d'Aix Marseille II.*

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) pêché sur le littoral mostaganémois. *Thèse de Magistère : Université d'Oran : 102 p.*

SAN MARTIN, G.A. (1995). Contribution à la gestion des stocks d'oursins: Etude des populations et transplantations de *Paracentrotus lividus* à Marseille (France, Méditerranée) et production de *Loxechinus albus* à Chiloe (Chili, Pacifique). *Thèse de Doctorat : Université de Aix-Marseille II : Faculté des Sciences de Luminy, p. 1-95.*

SCHWARTZ, D. (1983). Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. *Achévé d'imprimer par Corlet, Imprimeur, S.A. Condé-sur-Noireau. Paris, France, 270 p.*

SELLEM, F et GUILLOU, M. (2007). Reproductive biology of *Paracentrotus lividus*. *HAL*. Vol. 87, p. 736-767.

SELLEM, F et al. (2000). Eléments de reproduction de l'oursin *Paracentrotus lividus* (LAMARCK, 1816) dans le Golfe de Tunis. *Rapp.Comm.int.Mer Médit.* Vol. 36, 417 p.

SELLEM, F et al. (2000). Age et croissance de l'oursin *Paracentrotus lividus* Lamarck, 1816 (Echinodermata-Echinoidea) dans le golfe de Tunis (Méditerranée). *Oceanologica Acta. Elsevier SAS.* Vol. 23, p. 607-613.

SEMROUD, R. (1993). Contribution à la connaissance de l'écosystème à *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans la région d'Alger (Algérie): Etude de quelques compartiments. *Thèse de Magister : Alger : Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene (USTHB)-Institut des Sciences de la Nature*, 219 p.

SEMROUD, R et KADA, H. (1987). Contribution à l'étude de *Paracentrotus lividus* (Lmk) dans la région d'Alger (Algérie): Indice de réplétion et indice gonadique. [éd.] *Boudouresque C.F: Colloque international sur Paracentrotus lividus et les oursins comestibles, GIS Posidonie publ*, p. 117-124.

SHEPHERD, S.A et BOUDOURESQUE, C.F. (1979). A preliminary note on the movement of the sea urchin *Paracentrotus lividus*. *Trav. sci. Parc nation. Port-Cros, Fr*, p. 155-158.

SOUALILI, D. (2008). Les populations naturelles d'oursins : un outil évaluateur de l'état de santé de la région d'Alger. *Thèse de Doctorat : Océanologie : Université U.S.T.H.B*, 147 p + annexes.

SOUALILI, D et al. (2008). Assessment of seawater pollution by heavy metals in the neighbourhood of Algiers: use of the sea urchin, *Paracentrotus lividus*, as a bioindicator. *Oxford Journals. ICES Journal of Marine Science*, p. 132-139.

SOUTHWARD, A.J et CRISP, D.J. (1954). The Distribution of Certain Intertidal Animals around the Irish Coast. *Royal Irish Academy. Section B: Biological, Geological, and Chemical Science.* Vol. 57, p. 1-29.

SPARRE, P et VENEMA, S.C. (1996). Introduction à l'évaluation des stocks de poissons tropicaux. *Rome: FAO.* Vol. 1, 401 p.

TOMSIC, S et al. (2010). Growth, size class frequency and reproduction of purple sea urchin, *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) in Bistrina Bay (Adriatic Sea, Croatia). *ACTA ADRIATICA*. Vol. 51, p. 67-77.

TORTONESE, E et VADON, C. (1987). Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche, Méditerranée et Mer noire, Oursins et Holothuries (Echinodermes). Zone de pêche 37. Révision 1. FAO : Rome, p. 715 - 739.

TURON, X et al. (1995). Growth and population structure of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea) in two contrasting habitats. *Marine Ecology Progress Series (Mar Ecol Prog Ser)*. Vol. 122, p. 193-204.

TYLER-WALTERS, H et LEAR, D. (1998). Marine Biological Association of the UK. MarLIN. [En ligne]. Consulté le [25/04/2015]. Disponible à l'adresse : <www.marlin.ac.uk>.

VERLAQUE, M. (1987). Contribution à l'étude du phytobenthos d'un écosystème photophile thermophile marin en Méditerranée occidentale. Etude structurale et dynamique du phytobenthos et analyses des relations Faune-Flore. *Thèse de Doctorat : France*, 389 p.

WANGENSTEEN, O. S et al. (2010). Another wolf is sheep's clothing: the black sea urchin *Arbacia lixula* (L.) is carnivorous in the Mediterranean. *Echinoderm Research 2010, 7th European Conference on Echinoderms. Germany: Universitätsverlag Göttingen*, p. 111-112.

ZEGHDOUDI, E. (2006). Modélisation bioéconomique des pêcheries méditerranéennes. Application aux petits pélagiques de la baie de Bou-Ismaïl. *Thèse de Doctorat : Université de Barcelone*, 59 p.

Annexes

Annexe I

Tableau 1. Variation mensuelle de IGm (mg Ps gonade / cm³) et IRm (mg Ps tube digestif / cm³) de *Paracentrotus lividus* dans la Baie d'El Djamila

Mois	IGm	IRm
Juin	3.96	10.89
Juillet	4.44	4.19
Aout	3.85	4.28
Septembre	1.55	5.13

Tableau 2. Variation mensuelle de IGm (mg Ps gonade / cm³) et IRm (mg Ps tube digestif / cm³) de *Paracentrotus lividus* dans la région de Tamentfoust

Mois	IGm	IRm
Mars	3.74	6.69
Avril	-	-
Mai	2.13	5.87
Juin	2.33	6.5
Juillet	4.07	5.36
Aout	3.95	5.46
Septembre	2.56	6.22

Tableau 3. Variation mensuelle de IGm (mg Ps gonade / cm³) et IRm (mg Ps tube digestif / cm³) de *Paracentrotus lividus* dans la région de Sidi Fredj

Mois	Effectif	IGm	IRm
Mai	80	3.15	9.69
Juin	120	4.95	10.28
Juillet	180	4.56	6.98
Aout	220	3.52	5.61
Septembre	80	3.22	5.12

Tableau 4. Variation mensuelle de IGm (mg Ps gonade / cm³) et IRm (mg Ps tube digestif / cm³) de *Paracentrotus lividus* dans la région d'El-Djamila, Tamentfoust et Sidi Fredj

Mois	El-Djamila		Tamentfoust		Sidi Fredj	
	IGm	IRm			IGm	IRm
Mars	-	-	3.74	6.69	-	-
Avril	-	-	-	-	-	-
Mai	-	-	2.13	5.87	3.15	9.69
Juin	3.96	10.89	2.33	6.5	4.95	10.28
Juillet	4.44	4.19	4.07	5.36	4.56	6.98
Aout	3.85	4.28	3.95	5.46	3.52	5.61
Septembre	1.55	5.13	2.56	6.22	3.22	5.12

Tableau 5. L'indice gonadique moyen (IGm) et l'indice de réplétion moyen (Irm) en (mg Ps / cm³) des femelles (F) et des males (M) de *Paracentrotus lividus* dans les deux régions : El Djamila et Tamentfoust

Mois	El-Djamila				Tamentfoust			
	Igm F	Igm M	Irm F	Irm M	Igm F	Igm M	Irm F	Irm M
Mars	-	-	-	-	3.51	4.07	6.99	6.27
Avril	-	-	-	-	-	-	-	-
Mai	-	-	-	-	2.05	2.18	5.68	5.98
Juin	4.04	4.15	11.33	10	2.36	2.28	7.34	5.68
Juillet	5.13	4.1	5.5	4.03	3.22	5.11	5.21	5.48
Aout	4.02	3.54	4.5	3.9	3.46	4.89	5.4	5.66
Septembre	1.5	1.76	5.36	5.22	2.81	2.57	6.72	5.58

Annexe II

Tableau 1. Variation mensuelle du sex-ratio de *Paracentrotus lividus* dans les deux régions : El-Djamila et Tamentfoust

Mois	El-Djamila							Tamentfoust						
	Effectif			Pourcentage		IC	Sex-ratio	Effectif			Pourcentage		IC	Sex-ratio
	F	M	Total	F	M			F	M	Total	F	M		
Mars	-	-	-	-	-	-	-	35	25	60	58.33	41.67	12.47	1.4
Avril	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mai	-	-	-	-	-	-	-	22	38	60	36.67	63.33	12.19	0.58
Juin	20	10	30	66.67	33.33	16.87	2	26	32	58	44.83	55.17	12.80	0.81
Juillet	10	20	30	33.33	66.67	16.87	0.5	33	27	60	55	45	12.59	1.22
Aout	19	11	30	63.33	36.67	17.24	1.73	38	21	59	64.41	35.59	12.22	1.81
Septembre	18	12	30	60	40	17.53	1.5	27	28	55	49.09	50.91	13.21	0.96

Tableau 2. Variation du sex-ratio de *Paracentrotus lividus* dans la région d'El-Djamila

Centre de classe (mm)	Effectif			Pourcentage (%)		IC
	Femelles	Males	Total	Femelles	Males	
31.5	2	0	2	100	0	0
34.5	1	2	3	33.33	66.67	53.34
37.5	2	4	6	33.33	66.67	37.72
40.5	9	10	19	47.37	52.63	22.45
43.5	15	18	33	45.45	54.55	16.99
46.5	22	8	30	73.33	26.67	15.82
49.5	8	9	17	47.06	52.94	23.73
52.5	5	1	6	83.33	16.67	29.82
55.5	1	1	2	50	50	69.30
Total	65	53	118	55.08	44.92	8.97

Tableau 3. Variation du sex-ratio de *Paracentrotus lividus* dans la région de Tamentfoust

Centre de classe (mm)	Effectif			Pourcentage (%)		IC
	Femelles	Males	Total	Femelles	Males	
27	1	1	2	50	50	69.30
32	0	2	2	0	100	0
37	9	4	13	69.23	30.77	25.09
42	11	9	20	55	45	21.80
47	34	29	63	53.97	46.03	12.31
52	43	50	93	46.24	53.76	10.13
57	50	44	94	53.19	46.81	10.09
62	29	23	52	55.77	44.23	13.50
67	4	8	12	33.33	66.67	26.67
72	-	-	-	-	-	-
77	-	-	-	-	-	-
82	0	1	1	0	100	0
Total	181	171	352	51.42	48.58	5.22

Annexe III

Tableau 1. Distribution mensuelle de fréquence de taille de *Paracentrotus lividus* dans la région d'El-Djamila

Classe de taille		CC	Juin		Juillet		Aout	
D 1	D 2		Effectif	F %	Effectif	F %	Effectif	F %
4	5	4.5	1	0.09	1	0.13	0	0
5	6	5.5	1	0.09	0	0.00	0	0
6	7	6.5	2	0.19	0	0.00	0	0
7	8	7.5	4	0.38	1	0.13	0	0
8	9	8.5	6	0.56	1	0.13	4	0.54
9	10	9.5	8	0.75	2	0.25	0	0
10	11	10.5	15	1.41	5	0.63	2	0.27
11	12	11.5	14	1.31	5	0.63	2	0.27
12	13	12.5	15	1.41	2	0.25	5	0.67
13	14	13.5	23	2.16	9	1.13	3	0.40
14	15	14.5	26	2.44	10	1.25	7	0.94
15	16	15.5	22	2.07	8	1.00	4	0.54
16	17	16.5	19	1.78	6	0.75	8	1.08
17	18	17.5	36	3.38	6	0.75	12	1.62
18	19	18.5	36	3.38	9	1.13	12	1.62
19	20	19.5	30	2.82	13	1.63	10	1.35
20	21	20.5	22	2.07	11	1.38	18	2.43
21	22	21.5	31	2.91	15	1.88	13	1.75

Tableau 1 (suite). Distribution mensuelle de fréquence de taille de *Paracentrotus lividus* dans la région d'El-Djamila

22	23	22.5	28	2.63	15	1.88	20	2.70
23	24	23.5	24	2.25	17	2.13	16	2.16
24	25	24.5	23	2.16	18	2.26	14	1.89
25	26	25.5	21	1.97	14	1.75	26	3.51
26	27	26.5	18	1.69	15	1.88	27	3.64
27	28	27.5	27	2.54	24	3.01	25	3.37
28	29	28.5	20	1.88	11	1.38	26	3.51
29	30	29.5	31	2.91	34	4.26	21	2.83
30	31	30.5	32	3.00	21	2.63	35	4.72
31	32	31.5	33	3.10	27	3.38	28	3.78
32	33	32.5	30	2.82	28	3.51	39	5.26
33	34	33.5	40	3.76	20	2.51	19	2.56
34	35	34.5	33	3.10	28	3.51	27	3.64
35	36	35.5	51	4.79	27	3.38	27	3.64
36	37	36.5	36	3.38	33	4.14	36	4.86
37	38	37.5	39	3.66	34	4.26	33	4.45
38	39	38.5	41	3.85	40	5.01	33	4.45
39	40	39.5	41	3.85	51	6.39	15	2.02
40	41	40.5	37	3.47	37	4.64	29	3.91
41	42	41.5	36	3.38	46	5.76	25	3.37
42	43	42.5	12	1.13	31	3.88	24	3.24
43	44	43.5	29	2.72	28	3.51	17	2.29
44	45	44.5	14	1.31	22	2.76	22	2.97
45	46	45.5	14	1.31	20	2.51	10	1.35
46	47	46.5	16	1.50	27	3.38	10	1.35
47	48	47.5	15	1.41	10	1.25	6	0.81
48	49	48.5	8	0.75	13	1.63	12	1.62
49	50	49.5	1	0.09	2	0.25	4	0.54
50	51	50.5	3	0.28	1	0.13	6	0.81
51	52	51.5	0	0	0	0	3	0.40
52	53	52.5	1	0.09	0	0	1	0.13
53	54	53.5	0	0	0	0	1	0.13
54	55	54.5	0	0	0	0	2	0.27
55	56	55.5	0	0	0	0	1	0.13
56	57	56.5	0	0	0	0	1	0.13
57	58	57.5	0	0	0	0	0	0
Somme			1065	100%	798	100%	741	100%

Tableau 2. Distribution mensuelle de fréquence de taille de *Paracentrotus lividus* dans la région d'El-Djamila (pas de 3mm)

CC	Juin		Juillet		Aout		Total	
	N	F %	N	F %	N	F %	N	F %
5.5	4	0.38	1	0.13	0	0	5	0.19
8.5	18	1.69	4	0.50	4	0.54	26	1.00
11.5	44	4.13	12	1.50	4	0.54	60	2.30
14.5	71	6.67	27	3.38	15	2.02	113	4.34
17.5	91	8.54	21	2.63	24	3.24	136	5.22
20.5	83	7.79	39	4.89	40	5.40	162	6.22
23.5	75	7.04	50	6.27	49	6.61	174	6.68
26.5	66	6.20	53	6.64	67	9.04	186	7.14
29.5	83	7.79	66	8.27	72	9.72	221	8.49
32.5	103	9.67	75	9.40	102	13.77	280	10.75
35.5	120	11.27	88	11.03	73	9.85	281	10.79
38.5	121	11.36	125	15.66	102	13.77	348	13.36
41.5	85	7.98	114	14.29	69	9.31	268	10.29
44.5	57	5.35	70	8.77	63	8.50	190	7.30
47.5	39	3.66	50	6.27	26	3.51	115	4.42
50.5	4	0.38	3	0.38	22	2.97	29	1.11
53.5	1	0.09	0	0	5	0.67	6	0.23
56.5	0	0	0	0	4	0.54	4	0.15
Somme	1065	100%	798	100%	741	100%	2604	100%

Tableau 3. Distribution mensuelle de fréquence de taille de *Paracentrotus lividus* dans la région de Tamentfoust

CC	Avril		Mai		Juin		Juillet		Aout		Septembre	
	N	F (%)	N	F (%)	N	F (%)	N	F (%)	N	F (%)	N	F (%)
2	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4.08	0	0
7	12	7.55	3	2.31	2	1.59	4	2.82	32	16.33	16	9.76
12	21	13.21	5	3.85	4	3.17	5	3.52	14	7.14	17	10.37
17	6	3.77	1	0.77	10	7.94	7	4.93	16	8.16	6	3.66
22	15	9.43	5	3.85	4	3.17	8	5.63	9	4.59	11	6.71
27	5	3.14	4	3.08	5	3.97	2	1.41	6	3.06	2	1.22
32	15	9.43	3	2.31	4	3.17	10	7.04	7	3.57	7	4.27
37	10	6.29	14	10.77	5	3.97	4	2.82	7	3.57	10	6.10
42	18	11.32	8	6.15	7	5.56	13	9.15	19	9.69	13	7.93
47	13	8.18	19	14.62	13	10.32	13	9.15	9	4.59	13	7.93
52	17	10.69	27	20.77	22	17.46	22	15.49	28	14.29	19	11.59
57	19	11.95	18	13.85	24	19.05	22	15.49	20	10.20	18	10.98
62	5	3.14	15	11.54	17	13.49	23	16.20	15	7.65	22	13.41
67	2	1.26	2	1.54	5	3.97	7	4.93	4	2.04	8	4.88

Tableau 3 (suite). Distribution mensuelle de fréquence de taille de *Paracentrotus lividus* dans la région de Tamentfoust

72	0	0	1	0.77	3	2.38	1	0.70	1	0.51	1	0.61
77	0	0	0	0	1	0.79	1	0.70	0	0	0	0
82	0	0	1	0.77	0	0	0	0	0	0	0	0
87	0	0	1	0.77	0	0	0	0	0	0	1	0.61
92	1	0.63	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97	0	0	1	0.77	0	0	0	0	0	0	0	0
102	0	0	2	1.54	0	0	0	0	1	0.51	0	0
Somme	159	100%	130	100%	126	100%	142	100%	196	100%	164	100%

Tableau 4. Distribution mensuelle de fréquence de taille de *Paracentrotus lividus* dans la région de Sidi Fredj

Classes		CC	Mai		Juin		Juillet		Aout		Septembre	
D1	D2		Effectif	F (%)	Effectif	F (%)	Effectif	F (%)	Effectif	F (%)	Effectif	F (%)
30	32	31	0	0	0	0	0	0	1	0.45	0	0
32	34	33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	36	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	38	37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	40	39	5	6.25	0	0	1	0.56	0	0	0	0
40	42	41	6	7.5	0	0	2	1.11	5	2.27	0	0
42	44	43	5	6.25	1	0.83	9	5	6	2.73	6	7.5
44	46	45	4	5	4	3.33	7	3.89	11	5	6	7.5
46	48	47	5	6.25	9	7.5	17	9.44	20	9.09	12	15
48	50	49	9	11.25	10	8.33	16	8.89	33	15	6	7.5
50	52	51	11	13.75	21	17.5	26	14.44	34	15.45	10	12.5
52	54	53	7	8.75	23	19.17	24	13.33	43	19.55	9	11.25
54	56	55	5	6.25	15	12.5	19	10.56	26	11.82	11	13.75
56	58	57	8	10	19	15.83	25	13.89	13	5.91	7	8.75
58	60	59	8	10	4	3.33	10	5.56	15	6.82	2	2.5
60	62	61	5	6.25	8	6.67	13	7.22	6	2.73	4	5
62	64	63	1	1.25	2	1.67	2	1.11	5	2.27	0	0
64	66	65	0	0	3	2.5	2	1.11	0	0	2	2.5
66	68	67	0	0	1	0.83	5	2.78	1	0.45	2	2.5
68	70	69	1	1.25	0	0	2	1.11	0	0	2	2.5
70	72	71	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.25
72	74	73	0	0	0	0	0	0	1	0.45	0	0
Somme			80	100%	120	100%	180	100%	220	100%	80	100%

Annexe IV

Tableau 1. Résultats de test de Normalité de Anderson-Darling (1954)

Région	A ²	p-value	alpha	Risque (%)
El-Djamila	1.632	0	0.05	0.03
Tamentfoust	2.344	< 0.0001	0.05	0.01
Sidi Fredj	5.610	< 0.0001	0.05	0.01

H_0 : La variable dont provient l'échantillon suit une loi Normale.

H_1 : La variable dont provient l'échantillon ne suit pas une loi Normale.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0.05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_1 .

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H_0 alors qu'elle est vraie est inférieur à 0.03% à El-Djamila et à 0.01% à Tamentfoust et Sidi Fredj.

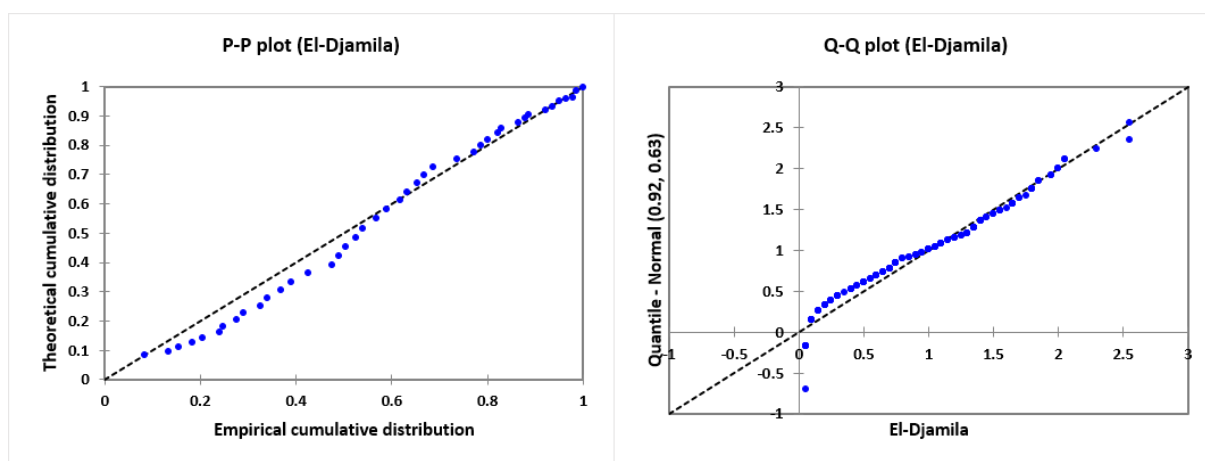


Figure 1. Les graphiques Probabilité-Probabilité et les diagrammes Quantile-Quantile comparant les distributions normalisées des densités au niveau d'El-Djamila

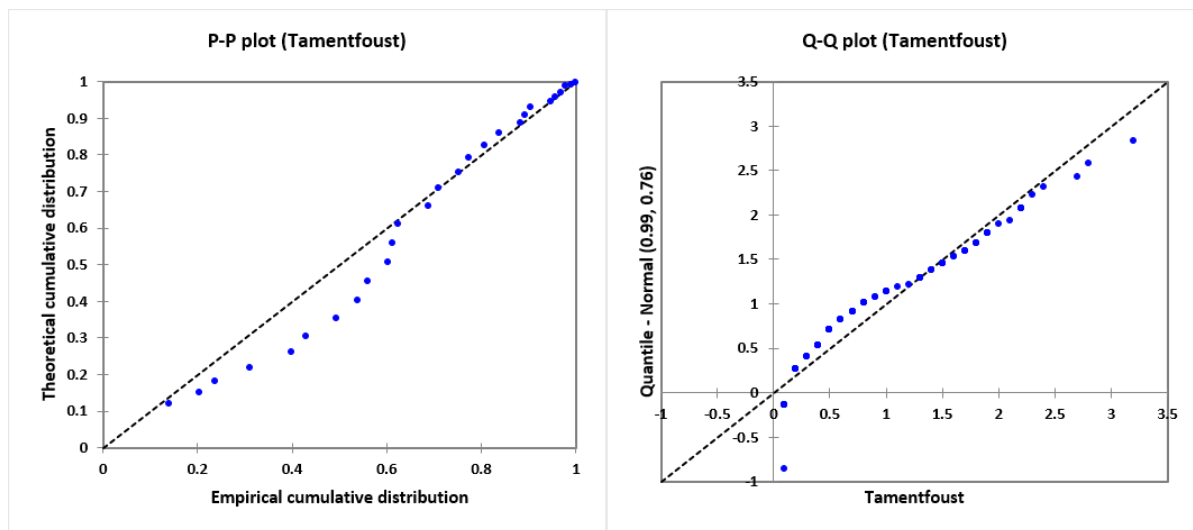


Figure 2. Les graphiques Probabilité-Probabilité et les diagrammes Quantile-Quantile comparant les distributions normalisées des densités au niveau de Tamentfoust

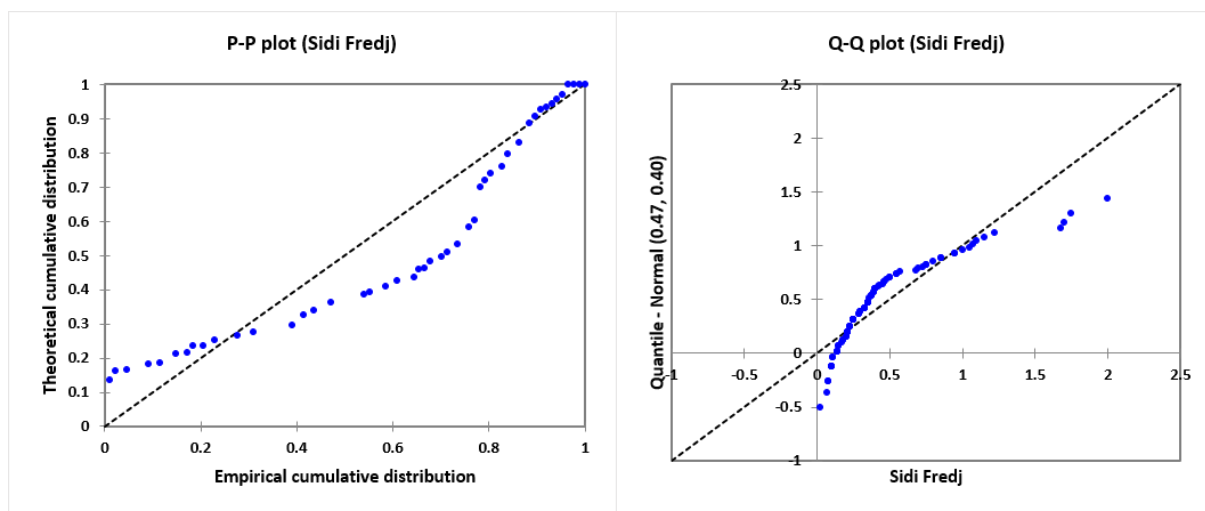


Figure3. Les graphiques Probabilité-Probabilité et les diagrammes Quantile-Quantile comparant les distributions normalisées des densités au niveau de Sidi Fredj

Tableau 2. Résultats du test de Kruskal-Wallis pour comparer l'IGm entre les trois stations (mois de Juin et Septembre)

	K (Valeur observée)	K (Valeur critique)	DDL	p-value (bilatérale)	alpha	Risque (%)
Juin	22.778	5.991	2	< 0.0001	0.05	0.01
Septembre	17.152	5.991	2	< 0.00001	0.05	0.02

H_0 : Les échantillons proviennent de la même population.

H_1 : Les échantillons proviennent de populations différentes.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0.05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_1 .

Tableau 3. Résultats du test de Kruskal-Wallis pour comparer l'IRm entre les trois stations (mois de Juin et Juillet)

	K (Valeur observée)	K (Valeur critique)	DDL	p-value (bilatérale)	alpha	Risque (%)
Juin	11.309	5.991	2	0.004	0.05	0.35
Juillet	22.041	5.991	2	< 0.0001	0.05	0.01

H_0 : Les échantillons proviennent de la même population.

H_1 : Les échantillons proviennent de populations différentes.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0.05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_1 .

Tableau 4. Résultats du test de Kruskal-Wallis (1952) pour comparer les diamètres moyens des Mâles et des femelles dans les stations d'étude

	K (Valeur observée)	K (Valeur critique)	DDL	p-value (bilatérale)	alpha	Risque (%)
El-Djamila	0.165	3.841	1	0.685	0.05	68.49
Tamentfoust	2.379	3.841	1	0.123	0.05	12.30

H_0 : Les échantillons proviennent de la même population.

H_1 : Les échantillons proviennent de populations différentes.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification $\alpha=0.05$, on doit rejeter l'hypothèse nulle H_0 , et retenir l'hypothèse alternative H_1 .

Tableau 5. Résultats du test de Kruskal-Wallis (1952) pour comparer les diamètres moyens des Mâles et des femelles entre les stations d'étude

K (Valeur observée)	K (Valeur critique)	DDL	p-value (bilatérale)	alpha	Risque (%)
136.920	7.815	3	< 0.0001	0.05	0.01

H₀ : Les échantillons proviennent de la même population.

H₁ : Les échantillons proviennent de populations différentes.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0.05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H₀, et retenir l'hypothèse alternative H₁.

Tableau 6. Résultats de la comparaison des densités moyennes entre les trois stations par le test de de Kruskal-Wallis

K (Valeur observée)	K (Valeur critique)	DDL	p-value (bilatérale)	alpha	Risque (%)
31.788	5.991	2	< 0.0001	0.05	0.01

H₀ : Les échantillons proviennent de la même population.

H₁ : Les échantillons proviennent de populations différentes.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0.05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H₀, et retenir l'hypothèse alternative H₁.

Tableau 7. Résultats du test de Kruskal-Wallis (1952) pour comparer les densités moyennes de *Paracentrotus lividus* en fonction des mois dans chacune des stations d'étude

K (Valeur observée)	K (Valeur critique)	DDL	p-value (bilatérale)	alpha	Risque (%)
9.346	5.991	2	0.009	0.05	0.93

H₀ : Les échantillons proviennent de la même population.

H₁ : Les échantillons proviennent de populations différentes.

Etant donné que la p-value calculée est inférieure au niveau de signification alpha=0.05, on doit rejeter l'hypothèse nulle H₀, et retenir l'hypothèse alternative H₁.

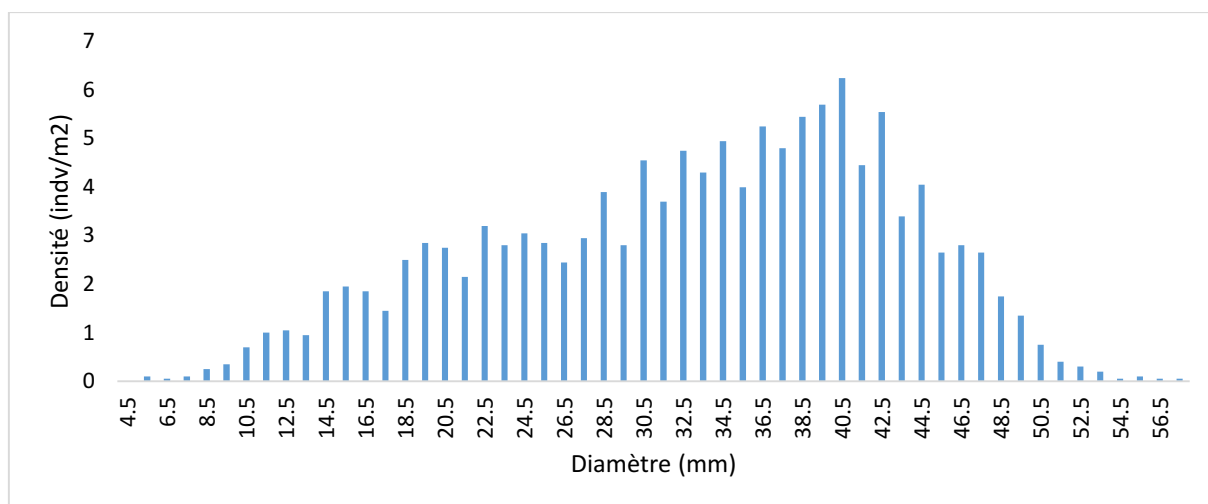


Figure 4. Structure de taille des populations de *Paracentrotus lividus* dans la région d’El-Djamila

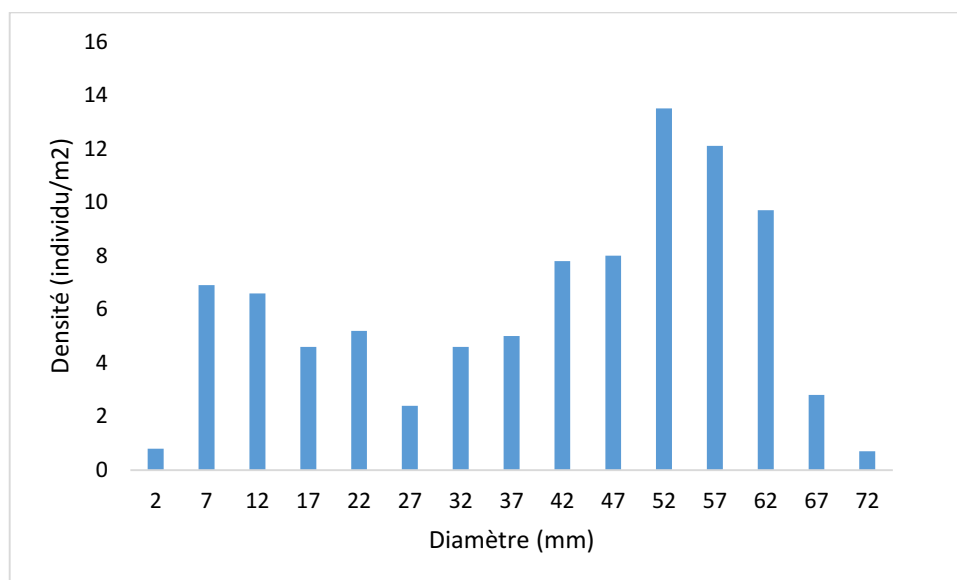


Figure 5. Structure de taille des populations de *Paracentrotus lividus* dans la région de Tamentfoust