

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABDELHAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

Laboratoire de Protection, Valorisation des Ressources Marines Littorales
et Systématique Moléculaire



THÈSE

En vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : Biodiversité marine côtière

Présentée par :

M. BENZAIT Hocine

Thème

Écologie, dynamique de la population et reproduction d'*Echinaster sepositus*, *Ophioderma longicauda* et de *Parastichopus regalis* au niveau de la côte de Mostaganem

Soutenue le: 17 /10 / 2020

Devant le jury composé de :

M.MEZALI K.	Professeur	UMAB- Mostaganem	Président
M. ROUANE-HACENE O.	MCA	Univ. Oran I	Examinateur
Mme.TALEB-BENDIAB A-A.	MCA	Univ. Oran I	Examinatrice
Mme HEBBAR C.	MCA	Univ. Oran II	Examinatrice
Mme BENAMAR N.	Professeur	UMAB-Mostaganem	Examinatrice
Mme SOUALILI D.L.	Professeur	UMAB-Mostaganem	Directrice de thèse

Année universitaire 2019/2020

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

*A la mémoire de mon **père** et à ma **mère**, qu'Allah leur accorde sa clémence et sa miséricorde.*

A mes petites princesses, Soudjoud et Tesbih, qu'Allah les protège.

*A mon épouse, pour son soutien et ses encouragements durant ce long chemin.
A mes frères et sœurs.*

A toute ma famille, mes cousins et cousines.

A tous mes amis et mes voisins marins de Tigditt.

A tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de cette thèse.

Hocine Benzait

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَهُوَ الَّذِي سَخَّرَ الْبَحْرَ لِتَأْكُلُوا مِنْهُ لَحْمًا طَرِيًّا وَتَسْتَخْرِجُوا مِنْهُ حَبْلًا حَلِيَّةً تُنْبَسُونَ بِهَا وَتَرَى الْفُلْكَ مَوَاجِرَ فِيهِ
وَلِتَبْتَغُوا مِنْ فَضْلِهِ وَلِعَلَّكُمْ تَشْكُرُونَ (14)

صدق الله العظيم
سورة النحل

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à témoigner, toute ma reconnaissance et toute ma gratitude à ma directrice de thèse, Madame SOUALILI Dina Lila, Professeur au département des sciences de la mer et de l'Aquaculture et Doyenne de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie - Université Abdelhamid In Badis de Mostaganem. Merci d'avoir accepté de diriger ce travail et d'y avoir consacré un temps considérable, malgré votre lourde responsabilité en qualité de doyenne. Je suis très reconnaissant pour ses compétences et connaissances. Elles m'ont forgé tout au long de mon cursus universitaire, et m'ont permis d'avancer durant ces années. Merci pour vos conseils judicieux, tout au long de la préparation de cette thèse de doctorat. Merci pour votre aide précieuse et pour vos encouragements durant toute ma formation de l'ingénieur au Doctorat. Sans votre aide, ce travail n'aurait pas pu aboutir. J'apprécie sincèrement votre générosité qui m'a profondément marqué, merci encore une fois.

J'adresse mes remerciements et mes sincères reconnaissance à Monsieur le Professeur MEZALI Karim, de l'Université Abdelhamid In Badis de Mostaganem, Directeur du Laboratoire de Protection, Valorisation des Ressources Marine et Littoral et Systématique Moléculaire, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant la présidence du jury. Je lui adresse toute ma gratitude. Merci aussi de m'avoir accompagné, au terrain et au laboratoire. Je n'oublierai jamais, son suivi rigoureux et son soutien moral. Cher maître, vous m'aviez beaucoup appris avec une sollicitude qui m'a profondément touché. Ce travail n'aurait pas pu voir le jour sans votre soutien considérable et votre humanisme que j'apprécie sincèrement. Vous m'avez accordé votre confiance et je vous assure de ma profonde reconnaissance. Je vous adresse encore une fois mes remerciements pour le temps considérable que vous avez consacré à la partie pratique de ce travail. Merci beaucoup.

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

Je remercie Dr ROUANE-HACENE Omar, Maître de Conférences "A" et enseignant chercheur à l'Université d'Oran I Ahmed BENBELLA et membre actif au Laboratoire de recherche Réseau de Surveillance Environnementale (LRSE), Département de Biologie, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant d'examiner cette thèse ; Qu'il me soit permis d'exprimer ici l'expression de mon profond respect ;

Je tiens également à exprimer mes remerciements au Dr TALEB BENDIAB Ahlem Amina, Maitre Conférence "A" de l'Université de Ahmed BENBELLA, Oran I, et membre actif au Laboratoire de recherche Réseau de Surveillance Environnementale (LRSE), Département de Biologie. Merci pour l'intérêt que vous portez à ce travail ainsi que pour le temps considérable passé à la lecture de cette thèse ;

Mes chaleureux remerciements vont au Dr HEBBAR Chafika, Maitre Conférence "A" de l'Université Mohamed BEN AHMED Oran II, pour avoir accepté d'examiner ce travail et pour faire profiter de ces remarques constructives ;

Je voudrais exprimer également, mes vifs remerciements au Pr BENAMAR Nardjess, Professeur au Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture de l'Université Abdelhamid Ibn-Badis de Mostaganem, pour avoir accepté de juger ce travail. Merci pour le temps considérable passé à la lecture du manuscrit.

Mes remerciements vont également au Pr BEKADA Ahmed Mohamed Ali, enseignant chercheur au centre Universitaire, El Wancharissi de Tessemsilt, pour avoir accepté, de faire une relecture de ce travail et de me faire bénéficier de ses précieux conseils.

Je remercie aussi, l'ensemble du personnel de service d'Anatomie Pathologique de l'hôpital CHE-GUEVARA de Mostaganem, à commencer particulièrement par Madame BENCHAIIB Hayat Amina, médecin et chef de service d'ana-pathologie, pour son accueil et son aide en matériels logistiques, durant le traitement des échantillons.

Mes remerciements vont aussi à Monsieur TAHRI Mustapha ingénieur en biologie au laboratoire d'ana-pathologie, de m'avoir accompagné, et assisté durant toutes les manipulations et coupes histologiques, merci beaucoup.

Je souhaite adresser des remerciements particuliers au Dr KHERRAZ Ali, enseignant chercheur à l'Université des sciences et de la technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, qui m'a apporté une aide précieuse pour l'analyse statistique de mes données biométriques.

Mes remerciements vont également au Dr BELBACHIR Nor-Eddine, Maître de conférences "B" et membre du laboratoire LPVRMLSM, qui malgré sa responsabilité de

Chef de Département des Sciences de la mer et de l'aquaculture, de l'Université de Mostaganem, a été constamment disponible afin d'améliorer cette thèse.

Je tiens aussi à remercier le Dr BOUZAZA Zoheir, Maître de conférence "B", et Adjoint du Chef de Département des Sciences de la Mer et de l'Aquaculture, et membre du laboratoire LPVRMLSM, pour m'avoir fait bénéficier de ses conseils dans l'analyse de mes données.

Mes remerciements vont également à Mademoiselle KHOUDJA Ihcene, doctorante et membre actif du LPVRMLSM, pour l'aide inestimable durant l'élaboration de cette thèse.

Mes remerciements vont aussi à Messieurs EL AKKERMI Mohamed, DAOUDI M. et Mlle Lebouazda Zineb doctorants au niveau du Département des Sciences de la mer et de l'aquaculture, de l'Université de Mostaganem pour l'aide qu'ils m'ont apporté durant l'élaboration de cette thèse.

Enfin, un grand merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail en particulier, le marin Kadiro et les pêcheurs de Sidi Medjdoub : KHALIFA Abdelilah, ses frères Mouhssine et Hakim ; pour leurs aide précieuse dans les prélèvements et la conservation des prises accessoires (échinodermes) et qui m'ont permis d'utiliser occasionnellement l'engin de pêche et le matériel nécessaire pour réaliser des prélèvements ;

Merci à tous.

Liste des abréviations

€:	Euro
B:	Coefficient de régression
E C E:	European Echinoderm Conference
F A O:	Food and Agriculture Organization
FISAT II:	The FAO-Iclarm Stock Assessment Tools II
G P H:	Recensement Général de la population et de l'Habitat
Gr:	Grossissement
K:	Indice de condition
Kg:	Kilogramme
LPVRMLSM :	Laboratoire de Protection, Valorisation des Ressources Marines Littorales et Systématique Moleculaire
Lt :	Longueur totale anesthésiée (des holothuries)
M E S :	Matière en suspension
m/s:	Mètre par seconde
P A C:	Plan d'aménagement côtier
P C R :	Réaction en Chaîne Polymérase
PHC:	Poids humide du corps
PTC :	Le poids total du corps
R :	Coefficient de corrélation
R²:	Coefficient de détermination
RGS :	Rapport Gonado-Somatique
SONAGHTER :	Société Nationale des Grands Travaux Rotière
U I C N:	Union International de Conservation de la Nature
VPA :	Analyse Virtuelle de la Population
Z E T :	Zone d'Extention Touristique

Liste des planches

Planche I :	Observation microscopique des gonades de l'astéride <i>Echinaster sepositus</i> , montrant les différents stades de maturation de la gonade mâle. (a) Stade I : post-ponte (grossissement x40); (b) Stade II : croissance (grossissement x40); (c) Stade III : pré-maturation (grossissement x40); (d) Stade IV : Maturation (grossissement x40) ; tr tissu de réserves, mb membrane, st colonnes de spermatides, spz spermatozoides, lu lumière, sc spermatocyte, (e) Stade V : ponte tp tissu pharocytaire, rs résidus spermatozoides (Photos : Benzait H.).....	77
Planche II :	Observation microscopique des gonades de l'astéride <i>Echinaster sepositus</i> , montrant les différents stades de maturation de la gonade femelle. (a) Stade I : post-ponte (grossissement x 40) ; (b) Stade II : croissance (grossissement x 40) ; (c, d) Stade III : pré-maturation (grossissement x 40), (e) Stade IV : Maturation (grossissement x40) .(f) Stade V : ponte (grossissement x40) ; ov ovocytes prévitéllogéniques, op ovocytes primaires, lu lumière, o ovocyte pédonculé, mb membrane, tp tissu phagocytaire, ro (sinus hémal) [(Photos : Benzait H.)].....	79
Planche III :	L'astéride <i>Echinaster sepositus</i> , dans son environnement aux niveaux des digues du port de la Salamandre (Photos : Benzait H.).....	83
Planche IV :	Les différentes espèces du groupe des échinodermes. L'oursin irrégulier <i>Spatangus purpureus</i> (O.F. Müller, 1776), A, face dorsale B, face ventrale ; L'ophiure Gorgonocephale <i>Astrospartus mediterraneus</i> (Risso, 1826), C, face dorsale, D, face ventrale; Le Crinoïde <i>Antedon sp</i> (E) (Photos : Benzait H.).....	136
Planche V :	Groupe d'éponges de mer, non identifiées (Photo : Benzait H.).....	137
Planche VI :	Les différentes espèces du groupe des crustacés. Le crustacé décapode Galayheidae (<i>Munida sp</i>) A, face dorsale, B, face ventrale ; Macropodia sp C, face dorsale, D, face ventrale ; Le crustacé décapode Goneplacidae (<i>Goneplax sp</i>) E, face dorsale, F, face ventrale; Le crustacé décapode Calappidae <i>Calappa granulata</i> (Linnaeus, 1758) G, face dorsale, H, face ventrale; le crustacé décapode Homolidae, <i>Homola barbata</i> Fabricius, (1793) I, face dorsale, J, face ventrale (Photos : Benzait H.).....	138
Planche VII :	Association entre bernard-l'hermite <i>Pagurus bernhardus</i> (Linnaeus, 1758) et une anémone de mer (Photo : Benzait H.).....	139
Planche VIII :	Présentation différents groupes. A, le faux corail, <i>Myriapora truncata</i> (Pallas, 1766), accompagné d'un fragment (de <i>Corallium sp</i>) ; B, concrétions coralligène ; C, le Mollusque <i>Pinna nobilis</i> (Linnaeus, 1758) ; le Cnidaire <i>Veretillum cynomorium</i> (Pallas, 1766) ; E, le Cnidaire, une association de Gorgoniidae, <i>Eunicella cavolin</i> (Pallas, 1766) et l'Ophiure <i>gorgonocéphale</i> (Photos : Benzait H.).....	140

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Interprétation des valeurs de la pente (b)	64
Tableau 2 :	Sex-ratio global chez <i>E. sepositus</i> (M : mâles, F : femelles).....	68
Tableau 3 :	Variabilité de la période de maturité sexuelle chez <i>Echinaster sepositus</i> en Méditerranée.....	85
Tableau 4 :	Résultats des taux d'hermaphroditisme chez <i>Echinaster sepositus</i> dans la région méditerranéenne.....	85
Tableau 5 :	Paramètres de croissance et équations de la relation longueur moyenne de bras et le poids frais chez les mâles d' <i>E. sepositus</i> avec (n=232).....	87
Tableau 6 :	Paramètres de croissance et équations de la relation longueur moyenne de bras et le poids frais, chez les femelles d' <i>E. sepositus</i> avec (n=171).....	88
Tableau 7 :	Expression de l'équation de Von Bertalanffy et de l'indice de performance de croissance chez <i>E. sepositus</i> , échantillonnée dans la station de la station du port de Salamandre.....	90
Tableau 8 :	Tailles moyennes correspondant aux cohortes chez les femelles d' <i>Echinaster sepositus</i> obtenues par la méthode de Battacharya avec SD : écart type.....	92
Tableau 9 :	Tailles moyennes correspondant aux cohortes chez les femelles d' <i>Echinaster sepositus</i> obtenues par la méthode de NORMSEP. SD : écart type.....	92
Tableau 10 :	Tailles des différentes cohortes déterminées chez les femelles d' <i>Echinaster sepositus</i> , par la méthode de NORMSEP. SD : écart type.....	94
Tableau 11 :	Expressions de l'équation de Von Bertalanffy et de l'indice de performance de croissance chez les mâles <i>E. sepositus</i> , échantillonnée dans la station de la Salamandre.....	98
Tableau 12 :	Tailles moyennes correspondant aux cohortes chez les mâles d' <i>Echinaster sepositus</i> obtenues par la méthode de Battacharya SD : écart type.....	99
Tableau 13 :	Tailles moyennes correspondant aux cohortes chez les mâles d' <i>Echinaster sepositus</i> obtenues par la méthode de NORMSEP. SD : écart type.....	100
Tableau 14 :	Tailles des différentes cohortes déterminées chez les mâles d' <i>Echinaster sepositus</i> , par la méthode de NORMSEP SD : écart type.....	101
Tableau 15 :	Comparaison des différents paramètres ou observations sur les traits de vie d' <i>Ophioderma longicauda</i>	117

Tableau 16 :	Expressions de l'équation de Von Bertalanffy et de l'indice de performance de croissance chez <i>O. longicauda</i> échantillonnée dans la plage de Stidia.....	118
Tableau 17 :	Paramètres de croissance et équations de la relation entre le diamètre moyenne de disque (DD) et le poids frais (PH), chez <i>Ophioderma longicauda</i> avec (n=125).....	120
Tableau 18 :	Paramètres de croissance et équation de la relation entre la longueur moyenne de bras (LB) et le poids frais (PH), chez <i>Ophioderma longicauda</i> avec (n=125).....	121
Tableau 19 :	Classes de tailles d' <i>Ophioderma longicauda</i> , obtenus par la méthode de NORMSEP, SD : écart type.....	122
Tableau 20 :	Variabilité du diamètre du disque d' <i>Ophioderma longicauda</i> , au niveau de différentes régions de la méditerranée.....	125
Tableau 21 :	Paramètres de croissance et équation de la relation entre la longueur totale (Lt) et le poids frais (PH), chez <i>Parastichopus regalis</i> de la région de Sidi Medjdoub et Petit port.....	134
Tableau 22 :	Les différentes espèces associées aux prises accessoires des fonds chalutables de Sidi Medjdoub	135
Tableau 23 :	Les holothuries hôtes des poissons perle du genre <i>Carapus</i> (endosymbiote des holothuries (modifié) [Markle et Olney, 1990].....	142

Liste des figures

Figure 1 :	Schéma indiquant les positions respectives d'Échinodermes vivants (ligne supérieure): Holothuries (a), Oursins (b), Astéries (c) Crinoïdes (d) et leurs positions Morphologiques correspondantes (ligne inférieure); (o) bouche ;(a) anus ; (<i>in Koehler, 1969</i>).....	07
Figure 2 :	Carte mondiale des espèces d'échinodermes qui présentent de larges fluctuations de densité (▼▲), densité croissante(▲), et densité décroissante (▼) (<i>Uthicke et al., 2009</i>).....	08
Figure 3 :	Symétrie pentaradiaire chez les étoiles de mer (<i>Brusca, 2003</i>).....	09
Figure 4 :	Arbre phylogénétique des échinodermes, la position de groupe fossiles reste incertaine et plusieurs taxa fossiles ne sont pas mentionnés (<i>David et Mooi 1997; Littlewood et al., 1997; Sumrall et Sprinkle 1997</i>).....	10
Figure 5 :	Photos montrant la face dorsale d' <i>Echinaster sepositus</i> (Retzius, 1805), échantillonnées au niveau du port de la Salamandre; (A) <i>E. sepositus</i> avec cinq bras; (B) <i>E. sepositus</i> avec quatre bras; (C) <i>E. sepositus</i> avec six bras (Photos : Benzait H.).....	11
Figure 6 :	Coupe verticale schématique d'astérie ; (MD) plaque madréporique ; (A) anus ; (L) caecum gastrique ; (G) glande génitales ; (O) bouche ; (AF) tubes ambulacraires (<i>in Koehler, 1969</i>).....	11
Figure 7 :	Organisation générale d'un stérade ; SP: sac stomacal C: caecum gastrique A: anus; G: glandes génitales; S: vésicule ambulacraire; AC: canal aquifère radiaire; P: plaque madréporique (<i>in Koehler, 1969</i>).....	12
Figure 8 :	(A) pédicellaire droit d' <i>Asterias ruben</i> ;(B) pédicellaire croisés d' <i>Asterias rubens</i> ;(C) pédicellaire tridactyle de <i>Brissus unicolor</i> ;(D) pédicellaire tétradactyles d' <i>Schisater canaliferis</i> (E) Pédicellaire globilère d' <i>Echinus aculus</i> (<i>in Koehler, 1969</i>).....	13
Figure 9 :	Schéma de l'appareil aquifère ;(RC) cercle oral ;(AP) vésicule de Poli ; (Stc) tube hydrophore ; (M) plaque madréporique ; (P) tubes ambulacraires prenant naissance sur les branches latérales des canaux aquifères radiaires et à la base desquels se trouvent ; (ap) les vésicules ambulacraires (<i>Koehler, 1969</i>).....	14
Figure 10 :	Système ambulacraire ou aquifère d'une Astérie (Modifié) [<i>Brusca, 2003</i>].....	14
Figure 11 :	Photo montrant le contenu digestif d' <i>Astropecten bispinosus</i> (Otto, 1823), récolté au niveau de la plage de Sidi-Medjdoub (cercle blanc) ; présence de gastéropodes et de mollusques marins (Photo : Benzait H.)...	15

Figure 12 :	(A) <i>Ophiotrix fragilis</i> (Abildgaard, 1789), face ventrale (B), face dorsale (C) <i>Astrospartus mediterraneus</i> (Risso, 1826), face ventrale (D), face dorsale, de la région de Sidi-Medjdoub (Photos : Benzait H.).....	16
Figure 13 :	Anatomie externe d'une holothurie Holothuriida (<i>in Samyn et al., 2006</i>)..	18
Figure 14 :	Sclérites d' <i>Holothuria sanctori</i> (a), corpuscules turriformes, X 190 (b), boucles (petites formes) (c), boucles (grandes formes), X t 30 (d), bâtonnet élargi et perforé, X 190 (e), bâtonnet allongé, X 130 (f), corpuscule turriforme, X 230 (<i>in Koehler, 1969</i>).....	18
Figure 15 :	Représentation schématique d'une coupe longitudinale d'holothurie (<i>in Samyn et al., 2006</i>).....	19
Figure 16 :	Bioturbation des sédiments par les holothuries. <i>Bohadschia argus</i> à moitié enfouie dans les sédiments d'un lagon de récifs coralliens (île Lizard, Australie) (A), <i>Holothuria lessoni</i> partiellement enfouie dans les sédiments d'un platier (Nouvelle-Calédonie) (B), <i>Bohadschia vitiensis</i> sortant des sédiments d'une baie abritée (Nouvelle-Calédonie) (C), <i>Actinopyga spinea</i> sortant des sédiments mous sur un récif peu profond (Nouvelle-Calédonie) (D) (<i>Purcell et al., 2016</i>).....	23
Figure 17 :	Schéma montrant le transit digestif d'une holothurie aspidochirote (<i>Conand, 1994</i>).....	25
Figure 18 :	(A, B, C, D) <i>Stichopus horrens</i> ; (E) <i>Stichopus naso</i> , spécimen indique un événement récent de fission ; (F, G, H) <i>Stichopus monotuberculatus</i> (I) un Juvénile de <i>Stichopus monotuberculatus</i> échelles: (A et D) 4.0 cm ; (B et C) 2,0 cm ; (E) 1,5 cm ; (F) 8,5 cm ; (G) 10 cm, (H) 3,0 cm ; (I) 0,3 cm. (<i>Byrne et al., 2010</i>).....	27
Figure 19 :	Échantillon de poisson Carapide <i>Carapus acus</i> (Brünnich, 1768) retrouvé dans le tube digestif de <i>Holothuria (H.) tubulosa</i> de la station de Tamentefoust (juin, 2002) [<i>Mezali, 2008</i>].....	28
Figure 20 :	Poisson <i>Carapus acus</i> (Brünnich, 1768) séjournant dans le tube digestif de <i>Parastichopus regalis</i> (Brünnich, 1768) [Photo : Mezali K.].....	28
Figure 21 :	Carte des captures mondiales d'holothuries exportées vers Hong Kong (La couleur indique l'année de départ de la pêche (<i>Sanderson et al., 2011</i>)).....	29
Figure 22 :	Carte bathymétrique de la mer Méditerranée, (<i>in Bahjat, 2006</i>).....	31
Figure 23 :	Localisation des bassins de la Mer Méditerranée, (1) Détroits Ouest de l'Arc de Crète, (2) Détroits Est de l'Arc de Crète, (3) Le Bassin de Rhodes, (4) le Bassin d'Antalya, (5) le Bassin Cilicien, (6) le Bassin de Lattaquié, (7) Les champs abyssaux d'Herodotus ; (<i>in Bahjat, 2006</i>).....	33

Figure 24 :	Carte de la circulation des courants de la Méditerranée occidentale. (Pinaridi <i>et al.</i> , 2015).....	34
Figure 25 :	Indices centrés réduits annuels du nombre de perturbation sévères (Cumul pluviométrique supérieur à 30 mm en 24 h) en Algérie sur la période 1990-2012. (Nouaceur <i>et al.</i> , 2013).....	35
Figure 26 :	Circulation de l'eau atlantique modifiée (Millot, 1987).....	37
Figure 27 :	La Carte de la wilaya de Mostaganem (www.wilaya-Mostaganem.dz).....	38
Figure 28 :	Présentation des stations étudiées (représentées par les étoiles rouges)....	40
Figure 29 :	Carte Bathymétrique, montrant le domaine sublittoral. (A) la zone chalutable de Sidi- Medjdoub. ; (B) la zone chalutable de Petit Port, (En rouge stations de prélèvement) [Logiciel Boating HD, Ver:6.0].....	42
Figure 30 :	Photos montrant (A) l'activité de pêche artisanale,(B) phénomène d'érosion au niveau de la plage de Sidi-Medjdoub, (En jaune, brise lame) [Photos : Benzait H.].....	43
Figure 31 :	(A) Photo montrant la roche tendre argileuse de la falaise de Matarba, (flèche en jaune) (B) photo montrant (vu du haut) de la falaise de Matarba en voisinage de la plage de Sidi Medjdoub (Photo : Benzait H.).	44
Figure 32 :	Photo montrant la plage de Petit port (PAC. w. Mostaganem, 2002).....	45
Figure 33 :	<i>Echinaster sepositus</i> (Retzius, 1783) dans son habitat du port de Salamandre (Photos : Benzait H.).....	48
Figure 34 :	<i>Ophioderma longicauda</i> (Bruzelius, 1805) dans son environnement aux pieds de la barrière de la plage de Stidia, (A) face ventrale (B) face dorsale (Photos : Benzait H.)].....	49
Figure 35 :	Photos montrant, les prises accessoires pêchées par un filet de pêche artisanale (Flèche en jaune, une ophiure Gorgonocéphale des fonds chalutables de la plage de Sidi Medjdoub) [Photos : Benzait H.].....	50
Figure 36 :	(A) Face dorsale ; (B) Face ventrale de <i>P. regalis</i> , des zones chalutables de Sidi-Medjdoub (Photos : Benzait H.).....	51
Figure 37 :	Mesures biométriques, portées sur l'étoile de mer <i>Echinaster sepositus</i> (Retzius, 1805).....	54
Figure 38 :	Photo montrant la préparation des gonades d' <i>Echinaster sepositus</i> pour les coupes histologiques (Photo: Benzait H.).....	56
Figure 39 :	Mesures biométriques et pesée de l'espèce <i>Ophioderma longicauda</i> (Retzius, 1789).....	59

Figure 40 :	Observation de l' <i>Ophioderma longicauda</i> , sous la loupe binoculaire ZEISS.....	59
Figure 41 :	Mesures biométriques réalisées ; (a) poids corporel humide ; (b) longueur totale anesthésiée de <i>Parastichopus regalis</i> (Cuvier, 1817).....	61
Figure 42 :	Photo montrant des gonades femelles (a) et mâles (b) d' <i>Echinaster sepositus</i> (Retzius, 1805), prise sous la loupe binoculaire (G x10) de la région de la Salamandre (Photos : Benzait H.).....	68
Figure 43 :	Abondance saisonnière des deux sexes de la population échantillonnée d' <i>E. sepositus</i> au niveau du port de Salamandre.....	69
Figure 44 :	Abondance mensuelle du taux de femelles et de mâles chez <i>E. sepositus</i> échantillonnée au niveau du port de la Salamandre.....	70
Figure 45 :	Evolution mensuelle du facteur de condition (K) par sexes de l'espèce <i>Echinaster sepositus</i> au niveau du port de la Salamandre.....	70
Figure 46 :	Variations mensuelles des indices gonadiques moyennes et indices coeca pyloriques (ICPm et IGM) durant les années 2015 et 2016 chez les mâles d' <i>Echinaster sepositus</i> du port de Salamandre.....	72
Figure 47 :	Variations mensuelles des indices gonadiques moyennes et indices coeca pyloriques (ICPm et IGM) durant les années 2015 et 2016 chez les femelles d' <i>Echinaster sepositus</i> du port de Salamandre.....	73
Figure 48 :	Variations mensuelles et annuelles des indices gonadiques moyennes et indices coeca pyloriques (ICPm et IGM) d' <i>Echinaster sepositus</i> chez toute la population de l'astéride en fonction de la température au niveau du port de Salamandre (Mostaganem).....	75
Figure 49 :	Suivi mensuel des stades de maturité sexuelle (stade IV et V) des gonades de toute la population d' <i>E. sepositus</i> en 2015 (A) et en 2016. (B).....	80
Figure 50 :	Anatomie interne montrant l'hermaphrodisme labile observé chez <i>Echinaster sepositus</i> (Retzius, 1805) Photos : Benzait H.].....	81
Figure 51 :	Photos montrant le phénomène de régénération des bras chez l'astéride <i>E. sepositus</i> , (a) face dorsale, (b) face. Ventrale (Photos : Benzait H.)....	81
Figure 52 :	Structure démographique de la population d' <i>Echinaster sepositus</i> vivant au niveau du port de la Salamandre [Intervalle de 1 (cm)] et en ordonnée, le nombre d'individus.....	86

Figure 53 :	Structure démographique en poids de la population d' <i>Echinaster sepositus</i> vivante au niveau du port de la Salamandre (En abscisse les classes de taille du poids humide (g) [Intervalle de 1 (g)] et en ordonnées, le nombre d'individus.....	87
Figure 54 :	Relation entre la longueur moyenne de bras (LB) et le poids (PH) chez les mâles d' <i>Echinaster sepositus</i> .de la station de la Salamandre.....	88
Figure 55 :	Relation entre la longueur moyenne de bras (LB) et le poids humide(PH) chez les femelles d' <i>Echinaster sepositus</i> de la station de la Salamandre...	89
Figure 56 :	La courbe de POWELL –WETHERALL, pour l'Estimation de L_{∞} et Z/K chez les femelles de l'astéride <i>Echinaster sepositus</i> .de la station de Salamandre.....	89
Figure 57 :	Présentation de l'indice K scan réalisé par ELEFAN en utilisant le logiciel FISAT II (Gayaniilo <i>et al.</i> , 2005), pour les femelles d' <i>E. sepositus</i> , échantillonnées au niveau du port de la Salamandre.....	90
Figure 58 :	Tailles moyennes correspondant aux premières longueurs chez les femelles d' <i>E. sepositus</i> de la station de la Salamandre, par la méthode de NORMSEP.....	91
Figure 59 :	Analyse modale saisonnière chez les femelles d' <i>Echinaster sepositus</i> , échantillonnée dans la station de la Salamandre par la méthode de Bhattacharya (1967), en utilisant le logiciel FISAT II (Gayaniilo <i>et al.</i> , 2005).....	93
Figure 60 :	Probabilités de recrutement chez les femelles d' <i>Echinaster sepositus</i> , du port de Salamandre.....	94
Figure 61 :	Courbes de croissance de Von Bertalanffy d' <i>Echinaster sepositus</i> , échantillonnée, au niveau du port de la Salamandre.....	95
Figure 62 :	Histogramme de la répartition virtuelle chez les femelles d' <i>Echinaster sepositus</i> en fonction de la longueur des bras, échantionnée au niveau du port de la Salamandre.....	96
Figure 63 :	Courbe de mortalité totale (Z) obtenue par la méthode de Jones et Van Zalinge (1981) ; chez les femelles d' <i>E. sepositus</i> , du port de Salamandre.	97
Figure 64 :	La courbe de POWELL –WETHERALL, pour l'Estimation.de L_{∞} et Z/K chez les mâles de l'astéride <i>E. sepositus</i> du port de la Salamandre.....	97
Figure 65 :	Représentation de l'indice K scan réalisé par ELEFAN, en utilisant le logiciel FISAT II (Gayaniilo <i>et al.</i> , 2005) chez les femelles d' <i>E. sepositus</i> , échantillonnées au niveau du port de la Salamandre.....	98

Figure 66 :	Tailles moyennes correspondant aux premières longueurs chez les mâles d' <i>Echinaster sepositus</i> obtenus par la méthode de NORMSEP. SD et échantionnées dans la station de la Salamandre.....	99
Figure 67 :	Analyse modale saisonnière chez les mâles d' <i>Echinaster sepositus</i> , du port de Salamandre par la méthode de Bhattacharya (1967) , en utilisant le logiciel FISAT II (Gayanilo et al., 2005).....	101
Figure 68 :	Probabilités de recrutement chez les mâles d' <i>Echinaster sepositus</i> , du port de Salamandre.....	102
Figure 69 :	Courbes de croissance de Von Bertalanffy chez les mâles d' <i>Echinaster sepositus</i> , du port de la Salamandre.....	102
Figure 70 :	Histogramme de la répartition virtuelle chez les mâles d' <i>Echinaster sepositus</i> en fonction de la longueur des bras, échantionnées au niveau du port de la Salamandre.....	103
Figure 71:	Courbe de mortalité totale (Z) obtenue par la méthode de (Jones et Van Zalinge 1981) ; chez les mâles d' <i>E. sepositus</i> , du port de la Salamandre...	104
Figure 72 :	A, B, C, D, Variétés de la couleur du disque de l'ophiure <i>Ophioderma longicauda</i> (Bruzelius, 1805), récoltée dans la région de Stidia, l'échelle représentée en trait bleu = 1cm (Photos: Benzait H.).....	108 - 111
Figure 73 :	Différentes formes de sclérites chez <i>O. longicauda</i> observées sous microscope photonique au grossissement x 40 en bâtonnets (a, b c), en boucles (d, e, f) plaques perforées (g, h, i) [Photos prises par Benzait H].	112
Figure 74 :	Evolution mensuelle du rapport L1/L2 du diamètre du disque chez <i>Ophioderma longicauda</i> , réalisée par le Logiciel : Past Ver 2.17C	113
Figure 75 :	Différentes couleurs des gonades chez <i>Ophioderma longicauda</i> de Stidia (a), gonade mâle ; (b c d), gonades femelles (Photos : Benzait H).....	114
Figure 76 :	Observation microscopique des gonades (ovocytes), d' <i>Ophioderma longicauda</i> non incubante de la région de Stidia, (Gr X100) [Photo Benzait H].....	114
Figure 77 :	<i>Ophioderma longicauda</i> dans son environnement aux pieds de la barrière de Stidia (Photos : Benzait H)]	115
Figure 78 :	(A, B) la nature des gonades d' <i>Ophioderma longicauda</i> , de la région de Stidia (Photos: Benzait H.) ; (C, D) : les gonades de la lignée L1 chez <i>Ophioderma longicauda</i> , non incubante de la région de côté nord de la Grèce (Thu Weber, 2015).....	116

Figure 79 :	Structure démographique de la population d' <i>Ophioderma longicauda</i> de la plage de Stidia. (En abscisse les classes de diamètre du disque (mm) (intervalle de 8 mm) et en ordonnée le nombre d'individus).....	118
Figure 80 :	Présentation de l'indice K scan chez <i>Ophioderma longicauda</i> , de la station de Stidia et réalisé par ELEFAN en utilisant le logiciel FISAT II (Gayaniilo <i>et al.</i> , 2005).....	119
Figure 81 :	Relation taille poids entre le poids frais en (g) et le diamètre moyen du disque en (cm) chez <i>Ophioderma longicauda</i> de la plage de Stidia.....	120
Figure 82 :	Relation taille poids entre la longueur moyenne de bras en (cm) et le poids frais en (g) chez <i>Ophioderma longicauda</i>	121
Figure 83 :	Analyse modale saisonnière par la méthode de Bhattacharya (1967) de l'espèce <i>Ophioderma longicauda</i> de la région de Stidia en utilisant le logiciel FISAT II (Gayaniilo <i>et al.</i> , 2005).....	122
Figure 84 :	Probabilités de recrutement d' <i>Ophioderma longicauda</i> des sexes confondus de la plage de Stidia.....	123
Figure 85 :	Cohortes estimées chez la population virtuelle d' <i>Ophioderma longicauda</i> de la plage de Stidia.....	123
Figure 86 :	Mortalité naturelle (M) d' <i>Ophioderma longicauda</i> échantillonnée à Stidia et estimée par la méthode de (Pauly 1980).....	124
Figure 87 :	<i>A Parastichopus regalis</i> collectée au filet de pêche, A , Face dorsale, B , Face ventrale, D : Coupe anatomique montrant les cinq bandes musculaires	128
Figure 88 :	Caractéristiques endosquelettique des individus de <i>P. regalis</i> de la région de Sidi Medjdoub (A: vu générale des différentes formes présentes Gr x10 ; B: Une table et un bâtonnet Gr x10 ; C : Tables et bâtonnets (Gr x40) ; D, E, F, G: Différentes formes de bâtonnets observés au niveau des tentacules.	130
Figure 89 :	(A), photo montrant le poisson perle Carapide <i>C acus</i> ; (B), la cavité cœlomique de <i>P. regalis</i> (en flèche jaune) [Photos : Benzait H.].....	131
Figure 90 :	Description anatomique du poisson <i>Carapus acus</i> , vivant dans la cavité cœlomique de <i>Parastichopus regalis</i> des zones profondes de la plage de Sidi Medjdoub; A , le flanc du poisson comprimé latéralement (une large ouverture de la bouche) ; B , une longue queue anguilliforme terminée au pointe C , un museau arrondi, D : une dentition conique et robuste ; E , 19 rayons nageoire pectorale, [(en flèche) [Photos : Benzait H.].....	132

Figure 91 :	Structure démographique de la population <i>P regalis</i> échantillonnée dans les zones chalutables de Sidi-Medjdoub et petit port de Sidi Lakhdar, [(En abscisse les classes de taille de la longueur moyenne totale (mm) (intervalle de 6 mm) et en ordonnée le nombre d'individus)].....	133
Figure 92 :	Relation taille poids entre le poids frais en (g) et la longueur moyenne en (mm) chez <i>Parastichopus regalis</i>	133

Résumé

Notre étude a été réalisée le long de la région littorale de Mostaganem, située à l'Ouest de la côte algérienne, sur les traits de vie de quelques espèces d'échinodermes prélevées par plongée en scaphandre autonome ainsi que par la collecte des prises accessoires des petits métiers à savoir : l'astérie *Echinaster sepositus* (Retzius, 1805) du port de la Salamandre, l'ophiure *Ophioderma longicauda* (Retzius, 1789) de la plage de Stidia, et l'holothurie royale *Parastichopus regalis* (Cuvier, 1817), provenant des eaux profondes de la région de Sidi Medjdoub et du petit port de Sidi Lakhdar. A cet effet, un échantillonnage mensuel a été réalisé pour les deux espèces *Echinaster sepositus* et *Ophioderma longicauda*. Pour l'espèce *Parastichopus regalis*, les échantillons ont été récoltés au niveau des débarquements des petits métiers des ports de Sidi Medjdoub et de Sidi Lakhdar.

L'étude des traits de vie de la population d'*Echinaster sepositus* échantillonnée au port de Salamandre a montré sur un total de 403 individus, un taux de 1.44 % d'hermaphroditisme et un taux de régénération des bras de 2.60%. Par ailleurs, l'analyse des paramètres de reproduction [suivi microscopique des stades de maturités sexuelles et des indices physiologiques (indice gonadique et indice du caeca pylorique)] chez cette espèce a montré un cycle de reproduction annuel, caractérisé par une activité gamétogénétique des individus durant toute la période Printemps–Eté marquée par une ponte qui débute au printemps, devient massive durant l'été et s'étale jusqu'en début d'automne. La structure démographique, présente une distribution bimodale et un recrutement continu pendant toute l'année, particulièrement durant les saisons de printemps et de l'automne. La mortalité naturelle chez les femelles est de 1.113, la valeur de Z est de 1.483 et Z/K de 0.259. En revanche, chez les mâles la mortalité naturelle est de 0.935, Z de 1.883 et Z/K=0.707. Ces résultats ont montré une augmentation de la population d'*Echinaster sepositus* dans le port la Salamandre. Aussi, on a pu déterminer une croissance différente entre les mâles (avec L_{∞} de 98.28mm) et les femelles (avec L_{∞} de 88.20mm), ainsi qu'une croissance isométrique entre la longueur des bras et le poids du corps chez cette espèce.

Sur un total de 125 individus d'*Ophioderma longicauda* de la plage de Stidia, le suivi mensuel du rapport des variations morphométriques du disque, a permis de cibler la période annuelle de la pleine maturité sexuelle localisée aux mois d'Avril et d'Aout. Aussi, l'analyse des gonades a permis de déterminer que cette espèce est à larves planctoniques. La distribution de taille est de forme bimodale, avec un recrutement annuel continu. La mortalité naturelle est de 2.29, et le rapport Z/K de 0.329 ; Ce qui explique la fluctuation du nombre d'individus de la population de cette espèce dans la plage de Stidia. La relation diamètre du disque-poids du corps a montré une croissance isométrique entre ces deux paramètres. Par ailleurs, la relation Longueur de bras - Poids du corps d'*O. longicauda*, a montré une allométrie minorante confirmée par le test t de Student avec $P < 0.05$).

L'analyse des prises accessoires des filets de pêche de la région de Sidi Lakhdar et Sidi Medjdoub, a révélé la présence d'une espèce d'holothurie de l'ordre des Synallactida. L'analyse morphologique, endosqueletique et anatomique de cette espèce indiquent qu'il s'agit de l'holothurie royale *Parastichopus regalis* qui est signalée pour la première fois dans les eaux de l'Ouest algérien. La population échantillonnée de cette espèce est caractérisée par une distribution bimodale et une relation allométrique minorante entre la taille du corps relaxé et le poids du corps. Par ailleurs, chez *Parastichopus regalis*, on a observé un commensalisme fréquent avec le poisson perle Carapide *Carapus acus*.

Mots clés : *Echinaster sepositus*, *Ophioderma longicauda*, *Parastichopus regalis*, étage sublittoral, zone profonde, reproduction, croissance, prises accessoires.

Abstract

The current study was carried out along the littoral region of Mostaganem, located on the west of the Algerian coast, on the life traits of some echinoderms species collected by scuba diving as well using a bycatch indirect method, namely: the sea star *Echinaster sepositus* (Retzius, 1805) from the port of Salamandre, the brittle stars *Ophioderma longicauda* (Retzius, 1789) from the beach of Stidia, and the royal sea cucumber *Parastichopus regalis* (Cuvier, 1817), from the deep waters of the region of Sidi Medjdoub beach as well as from the Petit-Port (Sidi Lakhdar). For this purpose, monthly sampling was carried out for the two species *Echinaster sepositus* and *Ophioderma longicauda*. For the *Parastichopus regalis* species, the samples were collected as a bycatch from the benthic trawler of small trades in the ports of Sidi Medjdoub and Sidi Lakhdar.

The study of the life traits of the population of *Echinaster sepositus* sampled at the Port of Salamandre which showed a total of 403 individuals, a rate of 1.44% of hermaphroditism and regeneration rate of 2.60% arm. Furthermore, the analysis of reproduction parameters [microscopic monitoring of sexual maturity stages and physiological indices (gonadal and pyloric caeca index)]. *Echinaster sepositus* show an annual reproductive cycle, characterized by gametogenic activity of individuals throughout the Spring – Summer period marked by a spawning which begins in spring, becomes massive during summer and extends until the beginning of autumn. The demographic structure shows a bimodal distribution and continuous recruitment throughout the year, especially during the spring and fall seasons. The natural mortality in females is 1.113, the value of Z is 1.483 and Z / K is 0.259. On the other hand, the natural mortality for males is 0.935, Z is 1.883 and Z / K = 0.707. These results showed a growth in the population of *Echinaster sepositus* in the port of Salamandre. The growth study determined different growth between males (with L_{∞} of 98.28mm) and females (with L_{∞} of 88.20mm). The height – weight relationship has shown an isometry relation between these two parameters.

On a total of 125 individuals of *Ophioderma longicauda* from the Stidia beach, the monthly monitoring of the disc morphometric variation ratio, allow us to target the annual period of full sexual maturity located in the months of April and August. The size distribution is bimodal in shape, with continuous annual recruitment. The natural mortality is 2.29, and the Z / K ratio is 0.329; This explains the fluctuation in the number of individuals of the population of this species in Stidia Beach. The disc diameter-body weight relationship showed an isometric growth between these two parameters. On the other hand, the Arm Length - Body Weight relationship of *O. longicauda*, showed a lower allometry confirmed by the Student t test with $P < 0.05$.

The analysis of bycatch in fishing nets revealed the presence of a sea cucumber species of the order Synallactida. Morphological, endoskeleton and anatomical analysis of this species indicate that it is the royal sea cucumber *Parastichopus regalis*, which is reported for the first time in the waters of western Algeria. The sampled population of this species is characterized by a bimodal distribution and a lower allometric relationship between relaxed body size and body weight. In addition, in *Parastichopus regalis*, frequent commensalism has been observed with the pearl fish *Carapus acus*.

Keywords: *Echinaster sepositus*, *Ophioderma longicauda*, *Parastichopus regalis*, sublittoral area, deep zone, reproduction, growth, bycatch.

ملخص :

ان دراستنا تمت على طول الساحل لمدينة مستغانم الواقعة بغرب الشواطئ الجزائرية, حيث تناولت خطوط الحياة لبعض شوحيات الجلد البحرية les Echinodermes و التي تم اخذ العينات عن طريق الغطس الحر, و كذا عن طريق العينات العالقة في شباك الصيد, منها نجم البحر الاحمر (*Echinaster Sepositus* (Retzius, 1805) لمناء صلامندر, و النجم الهش (*Ophioderma longicuada* (Retzius, 1789) لشاطئ استيدية, و اخيرا خيار البحر للمياه العميق (*Parastichopus regalis* (Cuvier, 1817). لمساحات الصيد zones chalutables لشاطئ سيدي المجدوب و الميناء الصغير لسيدى لخضر . في هذا السياق عينات شهرية تم أخذها لنجم الاحمر و النجم الهش أما عينات خيار البحر المفضل تم على مستوى شباك سفن الصغيرة الحرفية .

بداية, ان دراسة خطوط الحياة النجم الاحمر بينت بأنه من بين 403 كائن %1.44 هي نجوم ذو طبيعة ارمافروديتية hermaphrodisme و نسبة %2.60 هي في حالة نمو ذراع المبتور, من جهة أخرى بينت تحليل التكاثر (المتابعة المكروسكوبية لمراحل النمو الجنسي و العامل الفزيولوجي لتصرفات الجهاز التكاثري و الهضمي) بينت هذه الاخيرة بأن دورة التكاثر لنجم البحر الاحمر, بأنها دورة تكاثرية على طول السنة مع خصوصية نشاط قميوطجيني على مدى فصل الربيع و الصيف. حيث تميزة بالوضع في بداية فصل الربيع و التي تزايدت بكثر في الصيف ممتدة حتى بداية الخريف.

البنية الديمغرافية للنجم أظهرت توزيع ثنائي Bimodale و توظيف على طول السنة لفصل الربيع و الخريف. الموت الطبيعي لايناث النجم الاحمر قدر ب 1.119 مع قيمة Z هي 1.483 و Z/K هي 0.259. من جهة أخرى عند الذكور قدر الموت الطبيعي ب 0.935 اما Z/K, 1.883 ب - 0.777 وتدل هذه النتائج على تزايد النجم الاحمر في وسط مياه مناء صلامندر . ان دراسة النمو لنجم البحر اظهرة اختلافا بين الجنسين (L_{∞} الطول 98.28 ملم عند الذكور وعند الايناث L_{∞} 88.20 ملم) أما علاقة القد و الوزن هي علاقة ايزومترية .

من بين 125 نجم هش *O. longicauda* لشاطئ استيدية لوحظ بأن المتابعة الشهرية لتغيرات المرفو مترية للقرص الكائن, بينت فترة نمو جنسي في شهر أفريل و أوت. أما التوزيع فهو من النوع الثنائي مع موظف مستمر في السنة و قد قدر الموت الطبيعي ب 2.29 و Z/K ب 0.329, هذ يفسر تزايد تعداد النجم الهش في شواطئ استيدية. أما علاقة قطر القرص و وزن الكائن الحي هي علاقة ايزومترية أما علاقة وزن الكائن بطول الذراع هي علاقة أومترية متناقصة تبين سرعة نمو هذان العاملان.

تحليل العينات العالقة في شباك Prises accessoires الصيد بينت وجود خيار البحر المفضل من رتبة سينا لاكتيدا حيث انه و للمرة الاولى تم كشف في المياه الغرب الجزائرية العميقة وجود نوع و جنس خيار البحر *Parastichopus regalis* هذا بعد تحليل المرفولوجي و اندوسكوليتيك و تشريح الكائن.

توزيع العينة ثنائي مع وجود علاقة أومترية سلبية. إضافة الى أن هذا النوع من خيار البحر المفضل يتعايش مع نوع من اسماك le poisson perle *Carapide Carapus acus*

مفتاح الكلمات: *Echinaster sepositus*, *Ophioderla longicuada*, *Parastichopus regalis* منطقة عميقة، التكاثر، النمو، الصيد الملحق

Table des matières

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES ECHINODERMES

1.1. Généralités sur les échinodermes.....	6
1.2. Répartition des échinodermes	8
1.3. Caractéristiques communes des échinodermes.....	8
1.4. Position systématique des échinodermes.....	9
1.4.1. Taxonomie des astérides.....	10
1.4.1.1. Description morphologiques des échinodermes.....	10
1.4.1.1.1. les pédicellaires.....	12
1.4.1.1.2. Le système aquifère des astérides.....	13
1.5. Comportement alimentaire des astérides.....	15
1.6. Description morphologiques et anatomiques des ophiurides.....	15
1.6.1. Taxonomie des ophiurides.....	16
1.7. Classification taxonomique des holothuries.....	17
1.7.1. Description morphologiques et anatomiques des holothuries.....	17
1.7.1.1. Les sclérites des holothuries.....	18
1.7.1.2. Système respiratoire	19
1.7.1.3. Système nerveux.....	19
1.7.1.4. Système digestif.....	19
1.7.1.5. Liquide Cœlomique	20
1.7.2. Rôle écologique des holothuries	20
1.7.2.1. Les holothuries sont des excellents descripteurs écologiques.....	21
1.7.2.2. Amélioration de la santé des sédiments marins	22
1.7.2.2.1. L'action de bioturbation.....	22
1.7.2.3. Nettoyage du sédiment	23
1.7.2.4. Recyclage des nutriments	24
1.7.3. Comportement et régime alimentaire des holothuries.....	24
1.7.4. La prédation des holothuries.....	25
1.8. Holothuries Stichopodidae.....	26
1.8.1. Le commensalisme des holothuries.....	27
1.9. Exploitation des holothuries.....	28

CHAPITRE II : CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE

2.1. Caractéristiques de la mer méditerranée.....	31
2.1.1. Caractéristiques de la mer méditerranée occidentale.....	32
2.2. Caractéristiques des côtes algériennes	33
2.3. Caractéristiques climatiques et hydrologiques de la région de Mostaganem.....	34
2.3.1. La pluviométrie.....	34
2.3.2. La température.....	35

2.3.3. La salinité.....	36
2.3.4. Le courant.....	36
2.4. Baie de Mostaganem.....	38
2.4.1. L'aspect du plateau continental de Mostaganem.....	39
2.5. Stations d'étude.....	39
2.5.1. Descriptions des stations d'études peu profondes	40
2.5.1.1. Description de la plage de Stidia (St1).....	40
2.5.1.2. Description de la station du port de la Salamandre (St2).....	41
2.5.2. Stations profondes de l'étage sublittoral (circalittoral supérieure)	42
2.5.2.1. Description de la plage de Sidi-Medjdoub (St3).....	43
2.5.2.2. Description de la plage de petit port (St4).....	44

CHAPITRE III : STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE ET IDENTIFICATION DES ESPECES

3.1. Stratégie d'échantillonnage et identification des espèces	47
3.2. Identification et systématique des espèces étudiées.....	47
3.2.1. Identification et systématique de l'astéride <i>Echinaster sepositus</i>	47
3.2.2. Identification et systématique de l'ophiure <i>Ophioderma longicauda</i>	48
3.3. Stratégie d'échantillonnage au niveau de l'étage sublittoral (circalittoral supérieure).....	49
3.3.1. Concept scientifique des prises accessoires.....	49
3.4. Holothuride <i>Parastichopus regalis</i> (Brunnich ; 1789).....	50
3.4.1. Identification et systématique.....	50

CHAPITRE IV : MATERIEL ET METHODES

4.1. Echantillonnage de l' <i>Echinaster sepositus</i> (Reztius, 1783).....	53
4.1.1. Mensuration.....	53
4.1.2. Détermination du sexe.....	54
4.1.3. Calcul du sex-ratio	54
4.1.4. Calcul de l'indice de condition (K).....	55
4.1.5. Méthode d'étude du cycle de reproduction chez <i>Echinaster sepositus</i>	55
4.1.5.1. Suivi du développement gonadique (R G S).....	55
4.1.5.2. Suivi de la maturation des gonades.....	56
4.1.5.3. Suivi de l'activité trophique.....	58
4.1.5.4. Suivi de la température.....	58
4.2. Etude de l'ophiure <i>Ophioderma longicauda</i> (Retzius, 1789).....	58
4.2.1. Echantillonnage.....	58
4.2.2. Mensuration.....	59
4.2.3. Identification et variabilité biologique.....	60
4.3. L'holothurie <i>Parastichopus regalis</i> (Brunnich, 1789).....	60
4.3.1. Echantillonnage.....	60

4.3.2. Mensuration.....	60
4.3. Etude de la croissance et de la dynamique de population.....	61
4.3.1. Détermination de la structure des tailles.....	62
4.3.2. Détermination de la croissance linéaire par l'équation de Von-Bertalanffy	62
4.3.3. Détermination de la croissance relative.....	63

CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSIONS

PARTIE 1- ETUDE DES TRAITS DE VIE d'*Echinaster sepositus* (Retzius, 1783)

5.1. Description des gonades et détermination du sexe.....	68
5.2. Etude du sex-ratio chez <i>Echinaster sepositus</i> du port de la Salamandre.....	68
5.2.1. Calcul du sex-ratio pour toute la population d' <i>Echinaster sepositus</i>	68
5.2.2. Suivi de l'abondance des deux sexes en fonction des saisons.....	69
5.2.3. Suivi mensuel du sex-ratio d' <i>Echinaster sepositus</i>	69
5.3. Suivi mensuel du facteur de condition (K).....	70
5.4. Détermination des indices physiologiques chez les différents sexes de l'astéride <i>Echinaster sepositus</i>	71
5.4.1. Suivi mensuel des indices physiologiques chez les mâles.....	71
5.4.1.1. Suivi mensuel de l'indice gonadique	71
5.4.1.2. Suivi mensuel de l'indice du coeca pylorique.....	71
5.4.2. Suivi mensuel des indices physiologiques chez les femelles.....	72
5.4.2.1. Suivi mensuel de l'indice gonadique.....	72
5.4.2.2. Suivi mensuel de l'indice du coeca pylorique	72
5.4.3. Suivi mensuel des indices physiologiques chez toute la population d' <i>Echinaster sepositus</i> dans le site de Salamandre.....	73
5.5. Suivi de la maturité sexuelle chez <i>Echinaster sepositus</i>	75
5.5.1. Détermination des stades de maturité sexuelle des gonades mâles d' <i>E. sepositus</i> ...	75
5.5.2. Détermination des stades de maturité sexuelle des gonades femelles d' <i>E.sepositu</i> ...	78
5.5.3. Suivi mensuel des stades de maturité sexuelle IV et V des gonades d' <i>E. sepositus</i> . en 2015 (A) et en 2016 (B).....	80
5.5.4. Observation de gonades hermaphrodite labiles.....	81
5.5.5. Régénération des bras d' <i>Echinaster sepositus</i>	81
5.6. Description de la niche écologique d' <i>Echinaster sepositus</i>	82
DISCUSSION	84

5.1.2. Résultat de l'étude de la croissance et de la dynamique de la population d' <i>Echinaster sepositus</i>	86
5.1.2.1. Composition démographique de la population d' <i>Echinaster sepositus</i> Echantillonnée.....	86
5.1.2.2. Croissance relative	87
5.1.2.2.1. Relation taille-poids chez les mâles d' <i>Echinaster sepositus</i>	87

5.1.2.2.2. Relation taille-poids chez les femelles d' <i>Echinaster sepositus</i>	88
5.1.2.3. Estimation des paramètres de croissance chez les femelles.....	89
5.1.2.3.1. Méthode de POWELL-WETHERALL (1986).....	89
5.1.2.3.2. Utilisation de l'équation de Von Bertalanffy.....	90
5.1.2.4. Analyse de la répartition de la taille chez <i>Echinaster sepositus</i>	91
5.1.2.4.1. Analyse de la répartition de la taille chez les femelles d' <i>Echinaster sepositus</i> du port de Salamandre.....	91
5.1.2.4.2 Analyse de la répartition saisonnière de la taille chez les femelles d' <i>E. sepositus</i>	92
5.1.2.5. Exploitation de stock.....	94
5.1.2.5.1. Recrutement.....	94
5.1.2.5.2. Analyse des populations virtuelles.....	95
5.1.2.5.3. Estimation de la mortalité totale (Z) chez les femelles.....	96
5.1.2.6. Estimation des paramètres de croissance chez les mâles.....	97
5.1.2.6.1. Méthode de POWELL-WETHERALL.....	97
5.1.2.6.2. Utilisation de l'équation de Von Bertalanffy.....	98
5.1.2.6.3. Analyse de la répartition de la taille chez <i>E. sepositus</i>	99
5.1.2.6.3.1. Analyse de la répartition de la taille chez les mâles d' <i>E. Sepositus</i> échantillonnée.....	99
5.1.2.6.3.2. Analyse de la répartition saisonnière de la taille chez les mâles d' <i>Echinaster sepositus</i>	100
5.1.2.7. Exploitation de stock.....	102
5.1.2.7.1. Recrutement.....	102
5.1.2.7.2. Analyse des populations virtuelles.....	103
5.1.2.7.3. Estimation de la mortalité totale (Z) chez les mâles.....	103
DISCUSSION	104

**PARTIE 2- ETUDE DES TRAITS DE VIE (BIOLOGIE ET CROISSANCE)
de l'ophiure *Ophioderma longicauda* (Retzius, 1789)**

5.2. Etude des traits de vie de l'ophiure <i>Ophioderma longicauda</i> (retzius, 1789).....	107
5.2.1. Analyse des paramètres biologique	107
5.2.1.1 .Description morphologique du disque	107
5.2.1.2. Description endosquelettique (observation microscopique des spicules).....	112
5.2.1.3. Description morphométrique du disque de l'ophiure.....	112
5.2.1.4. Description des gonades et détermination du sexe.....	113
5.2.1.5. Observation microscopique des gonades.....	114
5.3. Description de la niche écologique de l'ophiure d' <i>Ophioderma longicauda</i>	114
DISCUSSION	115

5.2.2. Résultat de l'étude de la croissance et de la dynamique de la population d' <i>Ophioderma longicauda</i>	117
5.2.2.1. Variation du diamètre moyen du disque (taille) chez <i>Ophioderma longicauda</i> échantillonnée au niveau du site de Stidia.....	118
5.2.2.2. Estimation des paramètres de croissance.....	118
5.2.2.3. Croissance allométrique.....	119
5.2.2.3.1. Relation diamètre-poids de l'ophiure <i>Ophioderma longicauda</i>	119
5.2.2.3.2. Relation taille poids entre la longueur moyenne de bras en (cm) et le poids frais en (g) chez <i>Ophioderma longicauda</i>	120
5.2.2.4. Analyse saisonnière de la distribution démographique d' <i>Ophioderma Longicauda</i> échantillonnée à Stidia.....	121
5.2.3. Exploitation de stock de l'ophiure <i>Ophioderma longicauda</i>	122
5.2.3.1. Recrutement.....	122
5.2.3.2. Analyse de la population virtuelle	123
5.2.3.3. Mortalité naturelle (M).....	123
DISCUSSION	124
 PARTIE 3- ETUDE DES TRAITS DE VIE DE L'HOLOTHURIE Royal <i>Parastichopus regalis</i> (Cuvier, 1817)	
5.3. Etude des traits de vie de <i>Parastichopus regalis</i> (Cuvier, 1817).....	127
5.3.1. Détermination des caractères morphologiques de <i>Parastichopus regalis</i>	128
5.3.1.1. Examen endosquelettique (sclérites) de <i>Parastichopus regalis</i>	128
5.3.1.2. Examen de l'anatomie interne.....	130
5.3.2. Endosymbiote de <i>Parastichopus regalis</i>	130
5.3.3. Analyse de la structure démographique de l'espèce <i>Parastichopus regalis</i>	132
5.3.4. Croissance allométrique entre la taille et le poids de <i>Parastichopus regalis</i>	132
5.4. Description de la niche écologique de l'holothurie <i>Parastichopus regalis</i>	133
▪ Présentation du groupe des Echinodermes	136
▪ Présentation du groupe des Demospongia.....	137
▪ Présentation du groupe des Crustacés.....	138
▪ Autres groupes d'animaux associés au <i>P.regalis</i> dans les zones chalutables	139
DISCUSSION	141
CONCLUSION GENERALE	143
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	145
ANNEXES	I

Introduction générale

Les échinodermes font partie des invertébrés marins les plus répandus dans toutes les mers du globe et à toutes les profondeurs, certains d'entre eux, comme les étoiles de mer sont de véritables symboles de la vie marine (Belanger, 2009).

Les échinidés, les Holothuridés, les Ophiuridés, les Astérides et les crinoïdes, représentent les cinq classes d'échinodermes qui jouent un rôle primordial dans le fonctionnement des écosystèmes marins côtiers et profonds. Leur présence est signalée à tous les niveaux de la chaîne trophique: herbivores (échinidés), carnivores (quelques astérides), suspensivores (ophiurides, crinoïdes) et détritivores (astérides, holothurides, ophiurides). A cet effet, ils ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche dans différents domaines en Méditerranée (Fresi *et al.*, 2005; Hyland, 2005; Liehret *et al.*, 2005; Occhipinti-Ambrogi *et al.*, 2005; Rumohr, 2005; Soualili *et al.*, 2009 ; Mezali *et al.*, 2014), notamment en biosurveillance où leur utilisation comme bioindicateur de l'état écologique des milieux marins a été très souvent démontré (Soualili *et al.*, 2008; Belanger, 2009). Ces organismes possèdent pour la plupart les caractéristiques recherchées d'un bio-indicateur (Warnau *et al.*, 2006).

Par ailleurs, beaucoup de préoccupations environnementales menacent la vulnérabilité de l'écosystème marin, comme la surpêche, les rejets liés aux activités industrielles, agricoles et urbaines du bassin versant, la modernisation des techniques de pêche et enfin les polluants chimiques et organiques. Ces facteurs ne cessent de s'accroître et l'ampleur de destruction devient de plus en plus grandissante, ainsi la région méditerranéenne n'est pas épargnée par ce danger, classée selon (Boudouresque, 1996) parmi les sept mers les plus menacées. Elles subissent en continue l'influence des changements, climatiques et environnementaux, pouvant être transmis au reste de la communauté en déstabilisant ainsi tout l'écosystème. Certaines espèces d'ophiures, notamment filtreuses, ont vu leur densité s'accroître localement dans les eaux côtières d'Europe (Raymont 1950 ; Harmelin *et al.*, 1981 ; Rosenberg *et al.*, 1987). Ces accroissements ont été mis en relation avec l'augmentation de la charge en matière organique dans les écosystèmes. D'autres modifications de densité échinides pourraient avoir des conséquences remarquables dans la composition et la structure des communautés algales (Sala *et al.*, 1998). Dans le cas de *Diadema antillarum* (Philippi, 1845), de nombreux travaux ont montré l'effet de la mortalité des oursins sur les

communautés benthiques, où les fonds ont été colonisés par les macros algues benthiques (Lessios, 1988).

L'impact et les effets anthropiques ainsi que les modifications climatiques ayant un effet très visible et parfois rapide sur ces organismes marins, ont conduits les chercheurs à multiplier leurs recherches en Méditerranée sur ces espèces en systématique et génétique des populations, en évolution, en écologie et environnement, en anatomie et adaptation morphologique et en dynamique et exploitation de ces derniers (Ocana et Tocino, 2005 ; Mezali *et al.*, 2006 ; Borrero-Perez *et al.* : 2011 ; Kazanidis *et al.*, 2010, 2014 ; Vergara-Chen *et al.*, 2010 ; Gonzalez-Wangüemert *et al.*, 2014 ; 2015 ; Mezali et Thandar, 2014 ; Valente *et al.*, 2015 ; Rodrigues *et al.*, 2015 ; Maggi et Gonzalez-Wangüemert, 2015). D'autres travaux sur la biodiversité marine des échinodermes des fonds benthiques rocheux et littoraux du Nord-Occidental de la Méditerranée ont été également rapportés. En revanche, en Algérie comme en méditerranée, très peu de travaux sont retrouvés sur les traits de vie des échinodermes des fonds marins et détritiques.

Dans le cas des asteroides et des Ophiuroidea, (Stöhr et O'hara 2007) ont dénombré un total de 27 espèces du genre *Ophioderma*. L'une des problématiques taxonomiques chez le complexe des ophiures réside dans la similarité morphologique (Thu Weber, 2015) ; Ce qui a fait que de nombreuses espèces ont été incorrectement décrites. Ces dernières sont communément appelées espèces cryptiques ou espèces jumelles (**sibling species**). Avec l'apparition de la PCR en 1986, des études écologiques et génétiques du complexe d'espèces cryptiques des ophiures ont mis en évidence l'existence de (06) six lignées mitochondriales. Ce qui rend l'étude de ces espèces assez complexe.

Par ailleurs, pour les études de la biologie de reproduction, on retrouve les travaux de - (Thu-Weber, 2015), réalisés sur l'espèce *Ophioderma longicauda* (Retzius, 1789), des côtes françaises, en revanche les travaux de recherches sur les ophiuridés sont quasi inexistantes en Algérie et particulièrement au niveau des côtes Ouest d'Algérie

Quant aux holothuridae (appelés communément concombres de mer), les travaux de recherches sont en perpétuels croissance surtout en Méditerranée où ils deviennent la cible d'une ressource nouvellement en exploitation. Sur le plan économique, la pêche d'holothurie concerne principalement une soixantaine d'espèces à travers 70 pays (FAO, 2012), en Chine, leurs utilisations remontent à 1368-1644 avant notre ère (Chen, 2003). Mais, au cours du dernier millénaire, les régions indopacifiques ont commencé à

commercialiser les concombres de mer principalement en raison de la forte demande chinoise aux marchés asiatiques (Anderson *et al.*, 2011).

Parmi les concombres de mer traités en produit sec ou « bêtes de mer » les plus appréciés, la famille des Stichopodidae, ils font partie d'un groupe remarquable et diversifié dans les océans du monde et les régions tropicales (Galápagos, la Réunion, l'Australie et Nouvelle-Zélande). Les Stichopodidae, fréquentent les sédiments des récifs (Rowe et Doty, 1977 ; Conand, 1990 ; Rowe et Gates, 1995 ; Massin, 1999 ; 2007 ; Rowe et Richmond, 2004). La plupart d'entre eux sont commercialisée en Indopacifique. Les holothuries sont considérées comme un produit de luxe et de grande qualité chez les populations asiatiques (Chen, 2003 ; Purcell, 2013). Les études sur la gestion des pêcheries aux holothuries sont dues principalement aux manques de données biologiques et écologiques sur les espèces cibles (Lovatelli *et al.*, 2004 ; Purcell, 2010).

En Algérie, les études portant sur les holothuries et les astéries se résument à quelques travaux de recherches réalisés sur les holothuries des eaux superficielles tels que ceux de (Mezali 2004 ; 2008 ; Mezali *et al.*, 2003 ; 2006 ; 2016) Ainsi, c'est dans un contexte d'approfondissement des connaissances des traits de vie de quelques espèces d'échinodermes que cette présente étude est proposée, où trois espèces d'échinodermes, représentant des prises accessoires au niveau de la pêche des petits métiers à savoir: une étoile de mer *Echinaster sepositus* (Retzius, 1783), une Ophiure *Ophioderma longicauda* (Retzius, 1789), des zones d'eaux superficielles et une Holothurie *Parastichopus regalis* (Cuvier, 1817), des zones chalutables profondes de la plage de Sidi Medjdoub et la plage de Petit port de Sidi-Lakhdar. L'objectif principal de cette étude est une contribution à la connaissance de l'écologie, la stratégie de reproduction et la dynamique de population de ces trois espèces d'échinodermes de la côte de Mostaganem.

Le présent manuscrit fait état des travaux réalisés au cours de ce travail de thèse qui sera abordée par une introduction générale où on exposera le contexte générale de cette étude suivie de cinq chapitres :

Chapitre I : Généralités sur les échinodermes;

Chapitre II : Caractéristiques des zones d'étude;

Chapitre III : Stratégie d'échantillonnage et présentation des espèces étudiées;

Chapitre IV : Méthodologie et le traitement des échantillons;

Chapitre V: Présentation des résultats et discussions qui sont présentés en trois parties distinctes :

La première partie, expose les résultats de la biologie de reproduction et de la dynamique de la population de l'étoile de mer rouge *Echinaster sepositus* (Retzius, 1783), échantillonnée au niveau de la baie de Mostaganem (port de Salamandre) ;

La deuxième partie, porte sur quelques traits de vie de l'ophiure *Ophioderma longicauda* (Retzius, 1789) de la baie de Mostaganem (plage de Stidia) ;

La troisième partie, est dédiée à la description morphologique et anatomique du concombre de mer royale *Parastichopus regalis* (Cuvier 1817) des eaux chalutables profondes de la côte Ouest de l'Algérie, en abordant pour la première fois son aspect écologique et sa structure démographique.

Enfin, notre travail s'achèvera avec une conclusion générale et des perspectives, ainsi que des recommandations destinées aux gestionnaires de la pêche et principalement aux responsables locaux

.

[CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES ECHINODERMES]

1.1. Généralités sur les échinodermes

Les échinodermes font partie de la macrofaune benthique exclusivement marine, ils ont une affinité aux différents niveaux bathymétriques, (aussi bien dans les eaux côtières que dans les grandes profondeurs). Les échinodermes forment deux sous-embranchements ;

Le premier sous embranchement est représenté par les Eleuthérozoaires qui sont des animaux libres (Astérides, Echinides, Holothurides et les Ophiurides (Figure 1); Alors que le second sous embranchement est représenté par les Pelmatozoaires, ceux-ci sont des animaux qui se fixent (Crinoïdes), leurs téguments sont généralement rugueux ou épineux. Il existe environ 6500 espèces d'échinodermes, dont la plupart appartiennent à des classes confirmées à l'état fossile, caractérisées par une symétrie bilatérale dès la phase larvaire, et une symétrie radiale à la maturité, l'endosquelette est très développé. En général, les échinodermes non fossiles disposent de cinq aires appelées radiaires ou ambulacraires qui se trouvent soit étalées, ramifiées, globuleuses ou cylindriques, ils possèdent des podia. Chez les holothuries, les sclérites sont éparpillées dans les couches dermiques du corps (*in Mezali, 2008*). Chez les échinides, les plaques calcaires sont soudées, cependant chez les astérides les plaques forment un corps rigide et parfois mou. La position de la bouche est généralement centrale, sur la face orale du corps, tandis que le madréporite et l'anus sont situés sur la face dorsale (*Guille et al., 1986*). Alors que chez holothuries et la bouche étant en position antérieure et l'anus postérieure. Par contre, l'organisation des ophiures ressemblant beaucoup plus aux astéries (étoiles de mer), la bouche et la plaque madréporite se situent sur la face inférieure. L'anus ayant secondairement disparu. Par ailleurs, le système aquifère singularisé est sous forme de nombreux ambulacres et pédicellaires grâce auxquels les étoiles de mer, les oursins, les ophiures et les holothuries se déplacent sur le substrat et se procurent leur nourriture (*Sterry, 2014*).

Chez les crinoïdes la bouche, la plaque madréporique et l'anus sont situés sur le disque entouré par plusieurs bras. Il existe des stratégies de défense chez le groupe des échinodermes, comme les échinides qui sont équipés de piquants pouvant infliger des blessures douloureuses, d'autre part les pédicellaires sont distribués sur toute la surface du test, entre les piquants, ils ont pour fonction essentielle de débarrasser les oursins et les astéries des débris et des petits organismes qui s'installeraient sur leur tégument. Quant aux holothuries, certaines d'entre elles peuvent se défendre en éjectant de long filaments blanc collants appelés tubes de Cuvier (Tortonese et Vadon, 1945). Les échinodermes, plus particulièrement les ophiures et les étoiles de mer sont dotées d'une faculté de régénération d'une partie du corps. Les bras sont constitués d'une série de segments identiques, lorsqu'un bras s'autotomise, la rupture du tendon permet au segment du muscle autotomisé de se séparer nettement du reste du bras (Wilkie et Emson, 1987). Par ailleurs, chez la plupart des échinodermes, la respiration est passive et s'effectue le plus souvent à travers la peau, et notamment au niveau du système aquifère, les podia assurent une respiration directe chez les oursins. Cependant, le système respiratoire est plus spécialisé formant des organes arborescents chez certains ordres d'holothuries et des branchies chez certains oursins réguliers (Echinacea). Chez certaines étoiles de mer, on retrouve les papules qui sont des organes de respiration. Alors que chez les ophiures, ce sont les bourses branchiales qui assurent la respiration (Guille *et al.*, 1986).

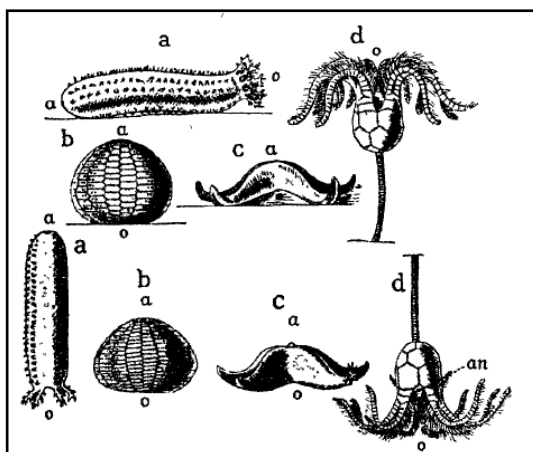


Figure 1: Schéma indiquant les positions respectives d'Échinodermes vivants (ligne supérieure): Holothuries (a), Oursins (b), Astéries (c) Crinoïdes (d) et leurs positions Morphologiques correspondantes (ligne inférieure) (o) bouche ;(a) anus ; (in Koehler, 1969).

1.2. Répartition des échinodermes

Les échinodermes, habitent tous les océans à une large gamme de profondeurs en général très souvent certains d'entre eux sont retrouvés au niveau des zones intertidales (Hadel *et al.*, 1999 ; Pawson, 2007). D'autres sont retrouvées jusqu' à plus de 5000 m de profondeur (Hyman, 1955 ; Conand, 1990, 1994). La plupart de ces organismes sont benthiques (Bluhm, 1999). En Méditerranée, un grand nombre d'espèces d'échinodermes est retrouvé (Koehler, 1969). La classe des holothuries se trouvent dans de très nombreux biotopes marins et à toutes les latitudes, elles sont connues par leur présence au niveau des fonds meubles bien que certaines espèces se trouvent sur les substrats durs ou en épibioses sur des végétaux ou des invertébrés marins (Hyman, 1955; Conand, 1990). Selon (Raymont 1950 ; Harmelin *et al.*, 1981 ; Rosenberg *et al.*, 1987), les échinodermes, qui ont proliféré de façon spectaculaire dans les différentes régions du globe (Figure 2), appartiennent principalement aux classes des étoiles de mer, et des oursins et dans une moindre mesure à celles des holothuries et des ophiures (Uthicke *et al.*, 2009).

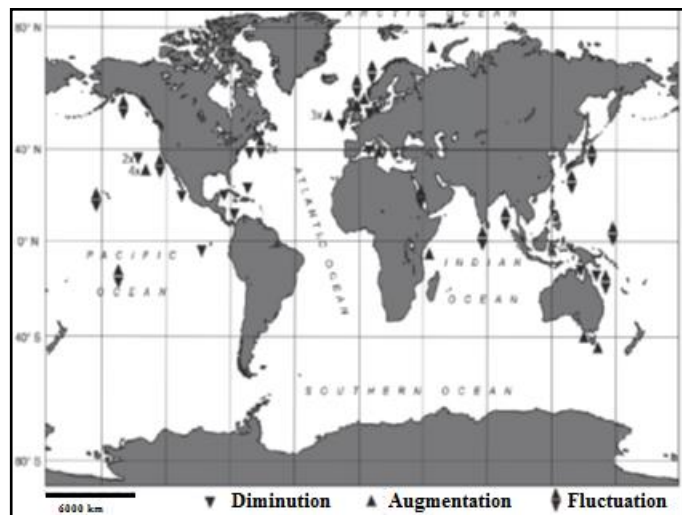


Figure 2 : Carte mondiale des espèces d'échinodermes qui présentent de larges fluctuations de densité (▼ ▲), densité croissante (▲), et densité décroissante (▼) (Uthicke *et al.*, 2009).

1.3. Caractéristiques communes des échinodermes

Les échinodermes, se reconnaissent à première vue par une organisation particulière, ce sont les mieux caractérisés parmi le règne animal, et ils sont deutérostomiens, et compte 7000 espèces, tous marins avec trois caractéristiques uniques :

- 1) Symétrie pentagonale (Figure 3) ;
- 2) Squelette interne dermique avec spicules ou plaques calcaires ;
- 3) Système aquifère : pieds ambulacraires ou podia ;

Ils sont presque tous benthiques et sédentaires, n'ont pas de céphalisation et sur la face

orale (ambulacraire), on retrouve la bouche et les podia; sur la face aborale, on retrouve l'anus. La face orale se trouve vers le haut chez les espèces sessiles et vers le bas chez les espèces mobiles. Il n'y a pas de système excréteur ni osmorégulateur et pas de cerveau proprement dit mais un réseau pentaradiaire avec un anneau nerveux circumoral. Quant au système hydrostatique, ce dernier est complexe; il dérive du coelome = système aquifère (ambulacraire) et il permet le fonctionnement des podia, chacun possédant une ampoule, communiquant avec l'extérieur par la plaque aquifère = madréporite (Langloie., 2006).

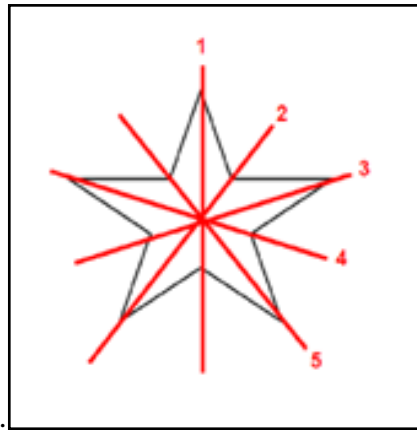


Figure 3 : Symétrie pentaradiaire chez les étoiles de mer (Brusca, 2003).

1.4. Position systématique des échinodermes

Les descriptions morphologiques et anatomiques chez l'ensemble des échinodermes ainsi que les variations spécifiques et internes spécifiques, sont complétées grâce aux méthodes d'analyses moléculaires. Le cladogramme présent mettant en lumière les relations de parenté existant entre les différents groupes, les différentes classes actuelles d'Échinodermes (Figure 4), tous pentaradiés, sont bien individualisées. La position des holothuries et des ophiures, varie selon les auteurs. Les travaux de (David et Mooi 1997; Littlewood *et al.*, 1997) et de (Sumrall et Sprinkle 1997) remettent en question une phylogénie impossible à finaliser si on se base sur le caractère pentaradié. D'autre part, les différents tissus constituent des caractères clefs dans la détermination et la classification des holothuries (Samyn *et al.*, 2006).

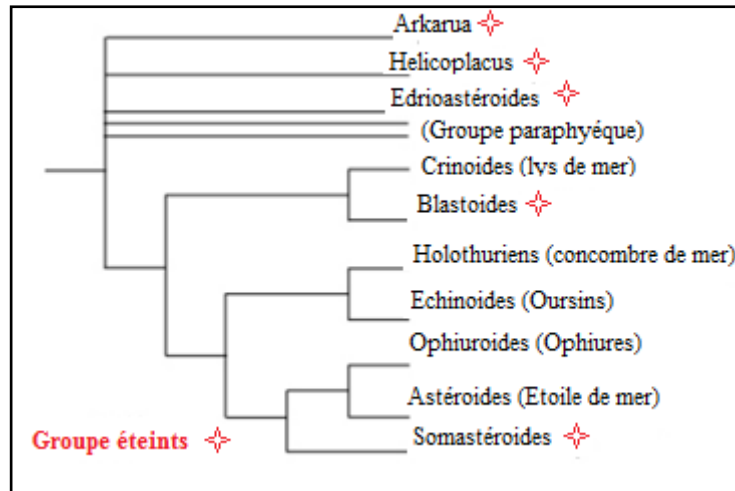


Figure 4 : Arbre phylogénétique des échinodermes, la position de groupe fossiles reste incertaine et plusieurs taxa fossiles ne sont pas mentionnés (d'après David et Mooi 1997; Littlewood *et al.*, 1997; Sumrall et Sprinkle 1997).

1.4.1. Taxonomie des astérides

D'après (Koehler, 1969), les Astéries se divisent en quatre ordres:

- **Les Fohcipulosées:** ont des piques au niveau de la face dorsale, et sont entourés par une couronne de pédicellaire de forme croisée. Les tubes ambulacraires sont ordinaires et quadri sériés, et se terminent par des ventouses ;
- **Les Spinulosées:** ont des piques petits et disposés irrégulièrement. Les tubes ambulacraires sont bisériés et se terminent par une ventouse et les plaques marginales sont peu développées ;
- **Les Valvulosées:** ont de grandes plaques marginales. Les plaques dorsales ventrales, se disposent en rangées longitudinales ou obliques, couvertes de granules et de pédicellaires valvulaires. Les tubes ambulacraires se terminent par des ventouses ;
- **Les Paxillosées:** ont des plaques saillantes, portant chacune un faisceau de petits pique très serrés (paxilles) et les tubes ambulacraires sont très développés.

1.4.1.1. Description morphologiques et anatomiques des astérides

Les astérides sont caractérisés par l'aplatissement du corps et par un allongement des bras, qui convergent en un disque central portant la bouche sur sa face ventrale. Les bras sont plus ou moins longs, se terminent par des organes oculaires pour s'orienter par rapport à la surface. Les bras peuvent dépasser dix fois le diamètre du disque et parfois ils sont courts, donnant une forme pentagonale. Dans la majorité des cas, les bras sont en nombre de cinq (Figure 5A), mais parfois le nombre est plus élevé, d'une manière tout à fait exceptionnelle: exemple *Echinaster sepositus* et *Asteria rubens*

(Koehler, 1969), notons que l'espèce *Echinaster sepositus* (objet de notre étude) collectée au niveau du port de la Salamandre, (baie de Mostaganem), possédait quatre bras (Figure 5B) ou parfois plus (Figure 5C), Les piques des étoiles de mer sont de formes très diverses: les uns sont articulés de tubercules distincts, les autres sont fixes ; ces derniers sont moins développés chez les Échinides. Les téguments du corps renferment des glandes sécrétant un mucus venimeux, utilisé pour se défendre contre des petits animaux pris et inoculé par les morsures des pédiculaires. L'anus se trouve au centre de la face dorsale, (Figure 6), il ne sert pas à la sortie des substances non digérées, ces derniers sont rejetés par la bouche. Les radius sont creux, et sont majoritairement occupés chacun par une paire de coecum (cavités allongés) et ramifiés, où s'insère le sac digestif et une paire de glandes génitales (Figure 7). Les canaux s'ouvrent au dehors par cinq pores interradius sur la face dorsale. Les Astéries se tiennent toujours par leur face ventrale qui est appliquée contre les rochers, le sol, etc... Les bras sont mobiles et souples, ils peuvent s'infléchir en tous sens, la locomotion s'effectue surtout à l'aide des tubes ambulacraires qui se fixent aux corps étrangers et tirent l'astéride dans la direction voulue.



Figure 5 : Photos montrant la face dorsale d'*Echinaster sepositus* (Retzius, 1805), échantillonnées au niveau du port de la Salamandre; (A) *E. sepositus* avec cinq bras ; (B) *E. sepositus* avec quatre bras ; (C) *E. sepositus* avec six bras (Photos : Benzait H.).

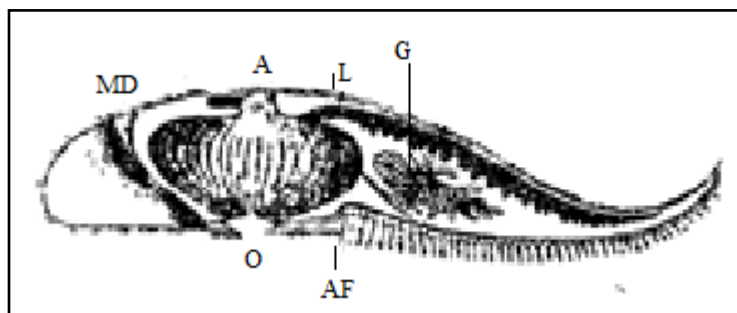


Figure 6 : Coupe verticale schématique d'astéride ; (MD) plaque madreporique ; (A) anus ; (L) caecum gastrique ; (G) glande génitales ; (O) bouche ; (AF) tubes ambulacraires (*in* Koehler, 1969).

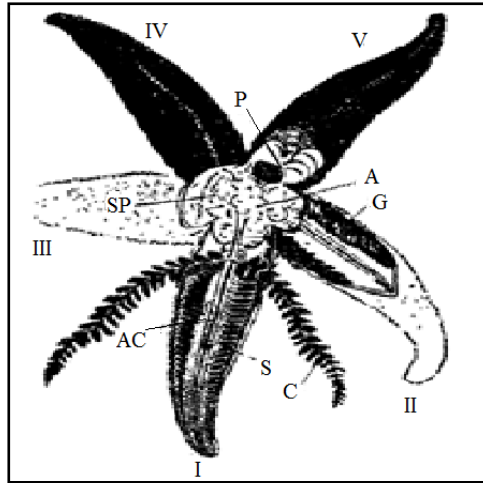


Figure 7 : Organisation générale d'un stéride ; SP: sac stomacal C: caecum gastrique A: anus; G: glandes génitales; S: vésicule ambulacraire; AC: canal aquifère radiaire; P: plaque madreporique (*in Koehler, 1969*).

Chez les étoiles de mer, les gonades génitales de chaque sexe sont localisées dans le somatocoele, à côté ou sous les glandes digestives et caractérisées par un aspect granulaire. Chaque gonade est divisée en deux lobes qui se prolongent dans les deux bras adjacents. Un conduit génital (spermiducte chez les mâles et oviducte chez les femelles) est issu de chaque gonade. Les conduits génitaux des deux gonades de chaque bras se rejoignent pour former un conduit commun qui débouche à l'extérieur par le gonopore (orifice génital), situé dans l'angle interradianal sur le disque central ([Grassé, 1948](#); [Boell, 1955](#)).

1.4.1.1.1. Les pédicellaires

Les pédicellaires sont de petits organes en forme de pinces, dressés parallèlement l'un de l'autre et pouvant se rapprocher ou s'écarter. Des muscles spéciaux permettent ces mouvements. Les pédicellaires offrent les formes les plus diverses (Figure 8); ils peuvent rester droits, comme ils peuvent se croiser ou être portés par des pédoncules ou des valves, qui sont alors au nombre de 3 au plus. Ces derniers fournissent d'excellents caractères pour la détermination de l'espèce ([Koehler, 1969](#)). Les pédicellaires peuvent saisir de petits corps étrangers, certains d'entre eux sont pourvus d'un appareil glandulaire sécrétant un venin qui paralyse les petits animaux.

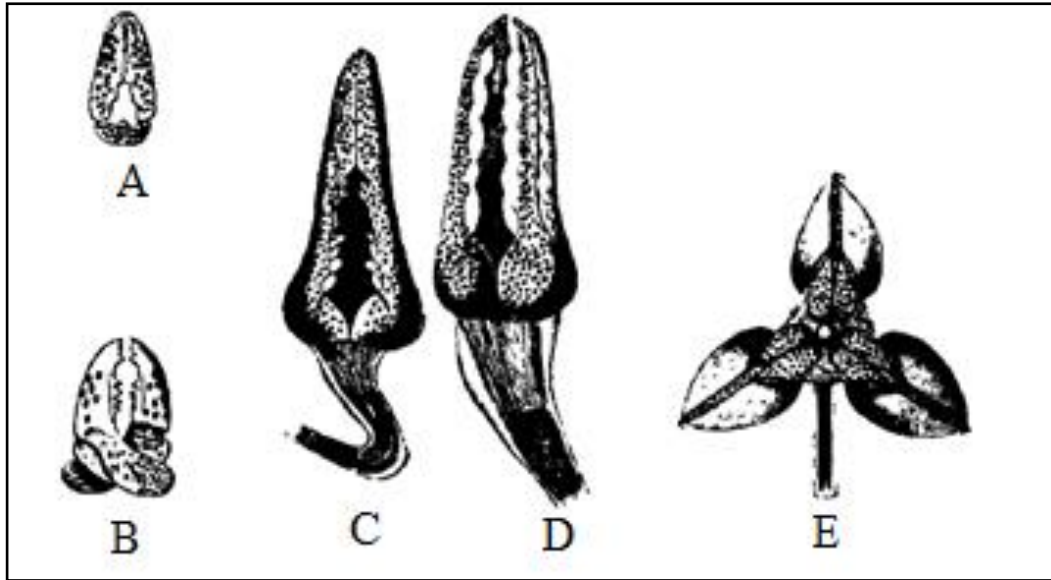


Figure 8 : (A) pédicellaire droit d'*Asterias rubens* ;(B) pédicellaire croisés d'*Asterias rubens* ;(C) pédicellaire tridactyle de *Brissus unicolor* ;(D) pédicellaire tétradactyles d'*Schisaster canaliferis* (E) Pédicellaire globilère d'*Echinus aculus* (in Koehler, 1969).

1.4.1.1.2. Le système aquifère des astérides

La disposition fondamentale du système aquifère chez les astérides, comprend deux parties, une partie à l'intérieur du corps d'astéride et une partie externe. La disposition interne est sous forme d'un anneau oral périosophagique, entourant la bouche ou le pharynx et duquel partent des canaux situés au milieu des radius (Figure 9), les canaux radiaires, ceux-ci fournissent de nombreux canalicules qui traversent le test et s'ouvrent dans des tubes extérieurs nombreux et serrés, à la base de ces canalicules se trouvent des vésicules contractiles. L'anneau oral présente cinq vésicules de Poli. L'appareil aquifère se remplit d'un liquide dont la composition est voisine de celle de l'eau de mer, qui peut pénétrer dans ce système. Les vésicules ambulacraires, envoient du liquide dans les tubes ambulacraires qui se gonflent, quand les tubes se contractent au contraire, le liquide rentre à l'intérieur du corps, cette action permettra à l'astéride de s'appliquer sur le sol et les rochers. Le tube hydrophore communique avec l'eau ambiante par l'intermédiaire d'une plaque madréporique.

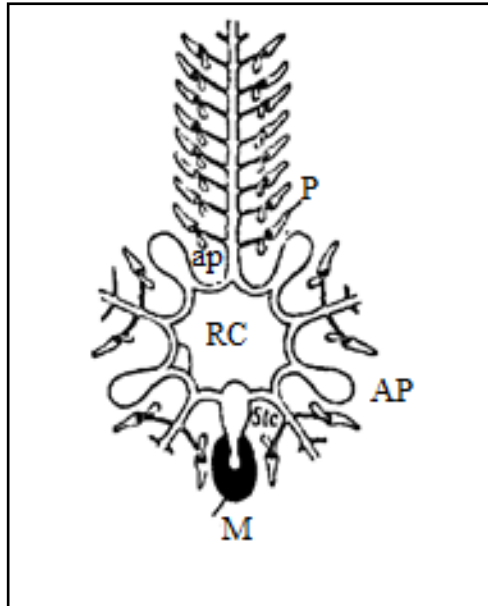


Figure 9 : Schéma de l'appareil aquifère ;(RC) cercle oral ;(AP) vésicule de Poli ; (Stc) tube hydrophore ; (M) plaque madréporique ; (P) tubes ambulacraires prenant naissance sur les branches latérales des canaux aquifères radiaux et à la base desquels se trouvent ; (ap) les vésicules ambulacraires (Koehler, 1969).

Dans différentes autres classes d'astérides, la respiration est assurée via des papules disséminées essentiellement sur la surface dorsale. Elles correspondent à des zones tégumentaires amincies, étant constituées simplement de deux épithélia ciliés séparés par une mince couche conjonctivo-musculaire et les podia du système ambuloatoire (Figure 10) qui présentent également des zones d'amincissement tégumentaire.

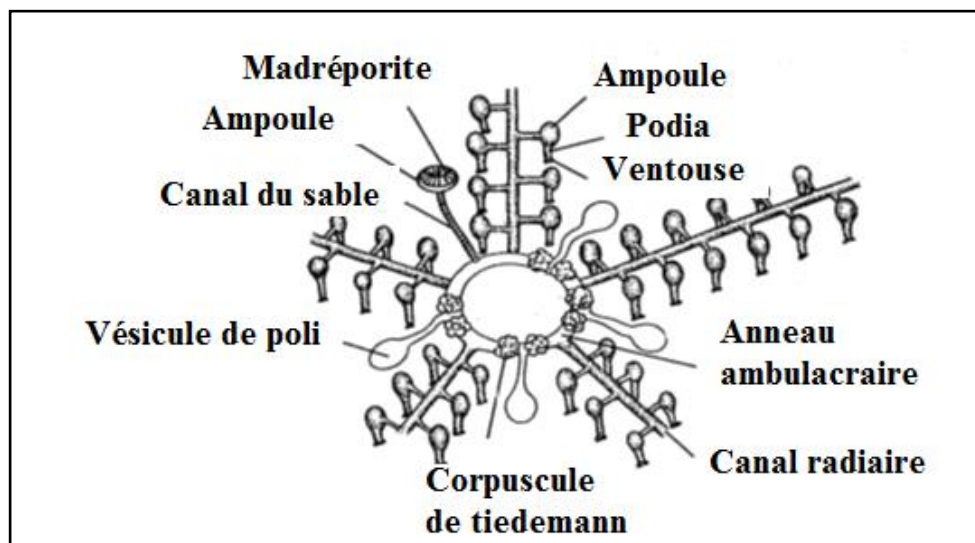


Figure 10: Système ambuloatoire ou aquifère d'une Astérie (Modifié) [Brusca, 2003].

1.5. Comportement alimentaire des astérides

En quête de nourriture, l'astéride recourbe son corps et tire-en sens inverse sa nourriture à l'aide de ses tubes ambulacraires. Cette traction biologique, finit par ouvrir la proie, une fois saisie l'étoile de mer avale les aliments par un procédé très particulier, elle dévagine entièrement leur sac stomacal, puis le sac de l'étoile de mer, se rétracte et rentre dans le corps, exerçant ainsi une digestion par des sucs digestifs. On peut ainsi trouver à l'intérieur du sac stomacal d'astéride, des formes plus variées d'espèces, pourvus de piquants, telles que les mollusques, les oursins. En méditerranée, *Astropecten bispinosus*, se reconnaît immédiatement à ses deux rangées de piques marginaux très développés (Figure 11), il ne peut être confondu avec aucun autre *Astropecten* (*in Koehler, 1969*).



Figure 11 : Photo montrant le contenu digestif d'*Astropecten bispinosus* (Otto, 1823), récolté au niveau de la plage de Sidi-Medjdoub (cercle blanc) ; présence de gastéropodes et de mollusques marins (Photo : Benzait H.).

1.6. Description morphologiques et anatomiques des ophiuridés

Le disque des ophiures, reste libre et arrondi, à partir duquel partent des bras minces, très allongés. Les bras sont tout à fait distincts du disque, au nombre de cinq voir (Figure 12A ; Figure 12B), rarement de six ou plus. Ils sont parfois ramifiés, c'est le cas des Gorgonocéphales, (Figure 12C ; Figure 12D). Les bras se continuent vers la bouche et ils ne sont en aucune façon soudés avec les bords du disque comme chez les Astéries. On trouve parfois chez quelques espèces exotiques l'arrachement du disque qui referme la totalité du tube digestif et les glandes génitales, une caractéristique paraît être un phénomène normal, permettant sans doute une dissociation des produits sexuels emportés avec le disque, qui sera régénéré ensuite (*Koehler, 1969*). Des bras formés d'articulations successifs, au lieu d'être creux, comme chez les étoiles de mer. Le disque de l'ophiure porte des plaques, qui sont soit nues ou granulées et parfois sous forme de

tubérosités ; les plaques de la face dorsale du disque sont nombreuses et de petite taille, et parmi elles on distingue vers l'insertion de chaque bras, une paire de plaque plus grande appelée « boucliers radiaires ». La face ventrale est centrée par la bouche, recouverte de plaques spéciales dites « pièces buccales ».

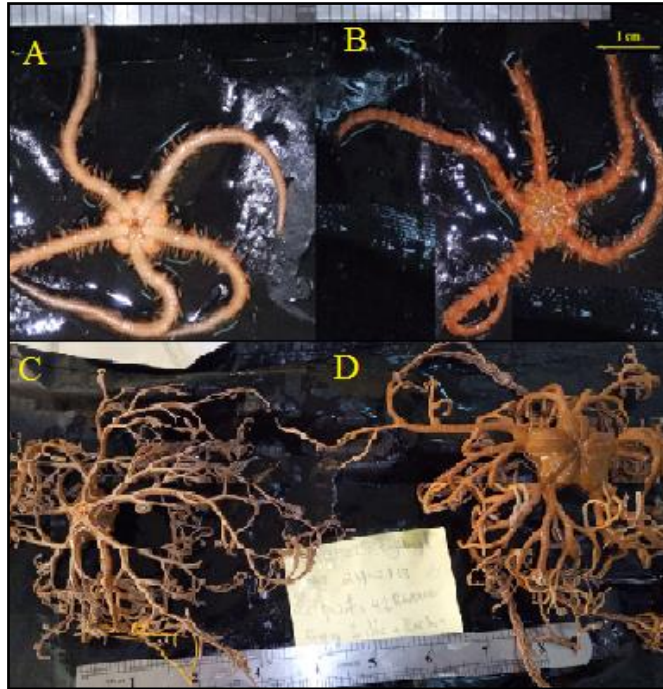


Figure 12 : (A) *Ophiotrix fragilis* (Abildgaard, 1789), face ventrale (B), face dorsale (C) *Astrospartus mediterraneus* (Risso, 1826), face ventrale (D), face dorsale, de la région de Sidi-Medjdoub (Photos : Benzait H.).

1.6.1. Taxonomies des Ophiures

D'après les caractères du squelette, la classe d'ophiure se divise en quatre sous classes (Koehler, 1969) :

- **Phrynophiurides** : ils se caractérisent par la présence de téguments sur le disque, et le bras ; les plaques branchiales et dorsales sont nues ou rudimentaires, les boucliers radiaires et les plaques génitales de chaque côté s'articulent par une simple facette ;
- **Loemophiurides** : les plaques génitales et les boucliers radiaires s'articulent ensemble par une simple facette sur chaque plaque. Les plaques dorsales et brachiales sont bien développées, épais tégument de disque, cachant des plaques sous-jacentes munies des piques et de granules ;
- **Gnathophiurides** : le disque est recouvert des plaques fines est imbriquées, les boucliers radiaire, présentent chacun une fossette articulaire recevant un gros condyle. formé par l'extrémité de la plaque génitale correspondante ;

- **Chilophiurides** : le disque est couvert de plaque plus ou moins grande, les boucliers radiaires et les plaques génitales sont réunis par deux condyles articulaires et une fossette sur chaque plaque.

La détermination systématique des ophiures est plus difficile que celle des astérides. Les caractéristiques externes du corps de l'ophiure sont en fonction du mode de recouvrement, avec l'absence ou la présence des granules sur la face dorsale du disque, ou sur la face ventrale seulement, ou encore garni de plaque. La disposition des piques branchiaux et leurs directions, la structure des pièces buccales de l'ophiure fournit des caractères très importants pour la détermination des espèces et leurs classifications.

1.7. Classification taxonomique des holothuries

Une holothurie ressemble à un gros ver cylindrique, (Figure 13). Elle peut atteindre plus de 30 cm de longueur. Au niveau d'une des extrémités du corps cylindrique de l'holothurie se trouve la bouche entourée d'un cercle de tentacule, les appendices ambulacraires, qui sont constitués par des tubes allongés ordinaires rétractiles et munis d'une ventouse terminale ou par des papilles dépourvues de ventouse. Les pédicelles sont souvent localisés sur un des côtés du corps formant une face ventrale. Les parois du corps renferment des sclérites et des glandes à mucus.

- **L'ordre des Aspidochirotés**: Les Aspidochirotés ou holothuries pédifères, sont caractérisés par des tentacules ramifiés, peltés et forment une sorte de disque terminale, dépourvue de muscles rétracteurs ;
- **Famille des Holothuriidae**: Le corps cylindrique est allongé, caractérisés par des canaux aquifères reliés aux tentacules. Présence de vésicule libre et le tube hydrophore dans la cavité générale, l'organe arborescent gauche est entouré d'un réseau souvent sous forme littorale ;
- **Genre Holothuria**: Linnaeus (1758): Le genre *Holothuria* est formé de plusieurs tentacules (une vingtaine en moyenne), presque égaux. Les appendices ambulacraires se disposent sans ordres, le plus souvent sous forme de pédicelles sur la face ventrale, par contre la face dorsale est parsemée de papilles. Le tube génital est situé du côté gauche du mésentère dorsal ;

1.7.1. Description morphologiques et anatomiques des Holothuries

Comme d'autre phylum les astichopodidae portent des sclérites de plusieurs formes qui font l'objet de critères d'identification. La famille des holothuries possède, en général, un corps mou (Conand, 1990), non segmenté, cylindrique plus ou moins allongé selon

un axe antéropostérieur (Rowe et Richmond, 1997). La bouche se trouve dans la partie antérieure, elle est entourée d'une ceinture de tentacules (multiples de cinq allant jusqu'à trente), spécialisées dans la collecte de nourritures. L'endosquelette est composé de plaques, plus ou moins jointives et soudées permettant le déplacement de l'animal.

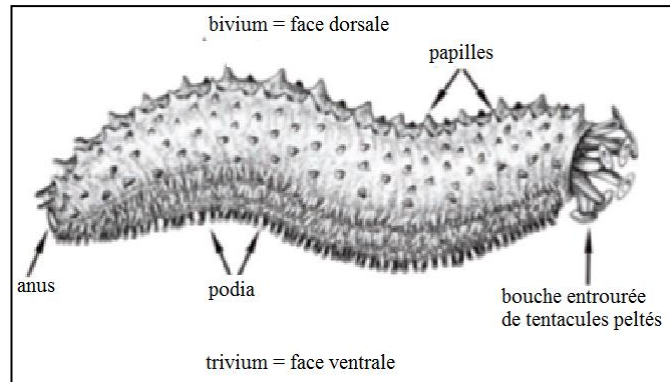


Figure 13 : Anatomie externe d'une holothurie Holothuriida (in Samyn et al., 2006).

1.7.1.1. Les sclérites des holothuries

L'une des caractéristiques distinctes chez les holothuries, est la présence des sclérites, ces dernières sont éparpillées dans les couches dermiques du corps (Mezali, 2008) (Figure 14). Les sclérites peuvent se présenter sous de multiples formes allant du plus simples comme les bâtonnets, les rosettes, les boutons et les plaques (Hickman, 1998) ; aux plus élaborées, allant des plaques perforées à des plaques ornées (Conand, 1990).

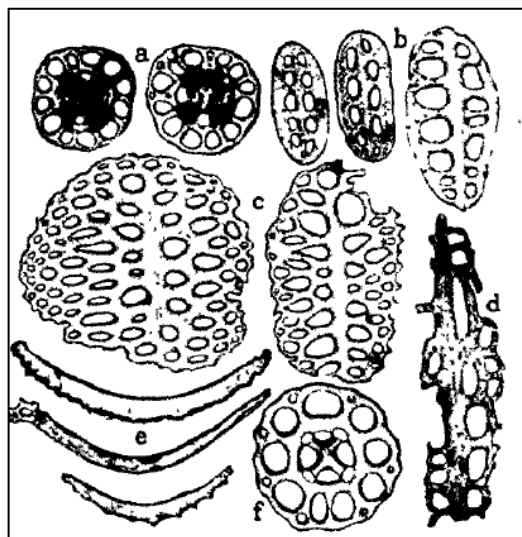


Figure 14 : Sclérites d'*Holothuria sanctori* (a), corpuscules turriformes, X 190 (b), boucles (petites formes) (c), boucles (grandes formes), X t 30 (d), bâtonnet élargi et perforé, X 190 (e), bâtonnet allongé, X 130 (f), corpuscule turriforme, X 230 (in Koehler, 1969).

1.7.1.2. Système respiratoire

Chez les échinodermes, le transfert de l'oxygène et les éléments nutritifs à l'intérieur des tissus, se fait via le système aquifère, toutes les espèces possèdent des podia et s'en servent pour les échanges gazeux, puisque ceux-ci peuvent capter l'oxygène grâce à leurs vésicules et le transmettre aux différents organes. Les holothuries, ont des organes arborescents (Figure 15), qui communiquent avec la bouche. L'épiderme porte parfois des branchies ciliées où a lieu un échange à contre-courant permettant une plus grande diffusion. Les pieds ambulacraires forment également une surface d'échange ; l'azote est rejeté sous forme d'ammoniac en remplaçant le système excréteur.

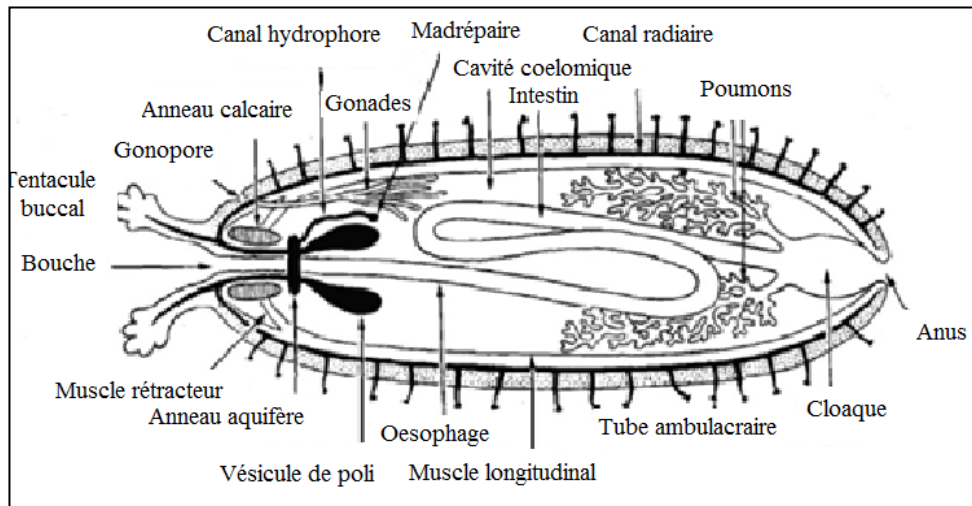


Figure 15 : Représentation schématique d'une coupe longitudinale d'holothurie (*in Samyn et al., 2006*).

1.7.1.3. Système nerveux

Chez les échinodermes le système nerveux est non centralisé, il permet de détecter leur environnement de tous les côtés. Les holothuries ont un anneau nerveux central près de la base des tentacules, d'autres organes tels que les podia sont sensibles au toucher. Les phéromones adultes peuvent attirer les larves qui tendent à s'installer près des adultes conspécifiques

1.7.1.4. Système digestif

Le système digestif des holothuries est formé d'un canal tubulaire. Il commence par une bouche plus ou moins ronde, entourée par une couronne de tentacules, qui servent à capturer la nourriture. La bouche est suivie d'un pharynx et d'un œsophage, l'intestin qui suit est très long pour optimiser la digestion d'une alimentation peu énergétique. La digestion peut durer jusqu'à 36 heures chez certaines espèces. Le tube digestif est plus

ou moins enroulé et fixé à la paroi du corps par des mésentères (replis du péritoine tapissant la cavité coelomique). Le gros intestin se termine par une poche cloacale, où peuvent vivre certains symbiotes. L'épithélium n'est pas cilié et ne présente ni piquants ni plaques squelettiques. Ces dernières sont réduites à des sclérites dermiques non jointifs. Un grand nombre de tubes gonadiques ramifiés dont la partie distale flotte librement dans le coelome, elle est soutenue du côté par un mésentère relié à la partie antérieure du tube digestif, les cellules reproductrices sont situées dans ces tubes gonadiques et seront reléguées à maturation. Les gonades des holothuries n'ont pas une disposition radiaire, il y a un seul organe reproducteur situé sous la zone interradiaire médiodorsale et formé de tubes simples ou branchus disposés en un ou deux faisceaux. Le gonopore simple ou double s'ouvre dorsalement entre les tentacules buccaux ou légèrement en arrière. La fécondation est externe et les larves auricularia sont planctoniques jusqu'à leur métamorphose en individus benthiques.

1.7.1.5. Liquide coelomique

Le corps des holothuries, comporte une grande cavité coelomique remplie de liquide, la partie postérieure ou cloaque est une des structures les plus caractéristiques des holothuries, elle peut être considérablement étendue par des muscles fixés à la paroi du corps, elle permet l'entrée et la sortie d'une quantité d'eau considérable. Le cloaque remplit une fonction respiratoire importante et peut chez de nombreuses espèces développer des excroissances arborescentes de grande taille, appelées organes arborescents (arbres respiratoires ou improprement poumons). Ces organes ont, aussi, des fonctions hydrostatique et excrétrice importantes. Chez plusieurs espèces de l'ordre des Aspidochirotida, il y a à la base de ces arbres respiratoires, un nombre variable de tubules gluants blanchâtres, roses ou rougeâtres, appelés organes de Cuvier. Les tubes de Cuvier sont des tubes contractés, insérés au niveau des organes respiratoires, qui peuvent être détachés et éjectés par l'anus grâce aux contractions du corps, ce sont des armes défensives grâce auxquelles les holothuries engluent les animaux ou objets qui les dérangent ; ces organes sont facilement régénérés.

1.7.2. Rôle écologique des holothuries

La répartition des différents groupes dans les zones littorales est exprimée par une prédominance de l'ordre des Holothuriida ou Aspidochirotida ([Mezali, comm. personnelle](#)). La grande majorité vie en étroite relation avec les fonds marins et d'autres

espèces, ces derniers ont un rôle clef dans l'écosystème marin, et sont sensibles aux changements du milieu ; ils sont considérés comme de bons indicateurs écologiques de milieu marin. Ainsi *Holothuria sanctori*, qualifiée d'espèce thermophile, pourrait être un bon indicateur du réchauffement de l'eau de mer.

1.7.2.1. Les Holothuries sont des excellents descripteurs écologiques

Les échinodermes peuvent s'avérer fort utiles dans certains cas, particulièrement lorsque les organismes normalement utilisés ne sont pas présents dans le milieu étudié. Ces organismes possèdent pour la plupart les caractéristiques recherchées chez un bioindicateur (Warnaue *et al.*, 2006). L'utilisation de la macrofaune benthique tant qu'indicateur (descripteur), de l'état de l'environnement marin s'est renforcée ces dernières années dans diverses régions du monde. Aussi bien, en milieu marin côtier que profond. En général, d'après (Fisher *et al.*, 2001), les holothuries remplissent les conditions qui font d'eux de bons descripteurs écologiques, cependant. Les descripteurs écologiques doivent avoir:

- Une sensibilité aux actions anthropiques et aux mesures de conservation ;
- Interagir avec l'ensemble de leurs populations ;
- Avoir une bonne représentativité ;
- Accessibilité sur le terrain, ce qui facilite les recensements et les identifications après un effort d'échantillonnage raisonnable ;
- Offrir des avantages de mesures écologiques sans risque de destructions ;
- Occuper toutes les niches des consommateurs dans les chaînes trophiques ;

Toutes ces conditions semblent être vérifiées chez les échinodermes ; Ils sont sessiles ou ne se déplacent que sur de courtes distances, sont faciles à capturer et à identifier. Ils sont parmi les espèces prédominantes de la macrofaune benthique de nombreux écosystèmes marins (Warnau *et al.*, 2006). De plus, ils occupent toutes les niches des consommateurs dans les chaînes trophiques, depuis les oursins, jusqu'aux filtreurs (ophiures, crinoïdes), aux détritivores (holothuries, ophiures) aux carnivores (étoiles, ophiures) et aux nécrophages (étoiles, ophiures). Les régimes alimentaires spécifiques de ces organismes (holothuries dépositives, oursins brouteurs, étoiles de mer prédateurs de mollusques) peuvent fournir des renseignements précieux sur les transferts trophiques des différents polluants étudiés.

1.7.2.2. Amélioration de la santé des sédiments marins

1.7.2.2.1. L'action de bioturbation

On définit la bioturbation comme un remaniement des couches de sédiments par des organismes vivants. La bioturbation des holothuries au niveau des récifs ou des herbiers sous-marins peut avoir de nombreux effets sur:

- La teneur en eau des sédiments et la perméabilité ;
- L'effet de gradient chimique des eaux interstitielles ;
- La granulométrie des sédiments superficiels ;
- La reminéralisation de la matière organique, et le flux des nutriments inorganiques.

Selon (Reise, 2002 ; Lohrer *et al.*, 2004), la remontée des couches sédimentaires inférieures vers la surface par le biais de la bioturbation, permet l'interaction du sédiment avec l'oxygène de la colonne d'eau, ainsi l'action de l'oxygénation des sédiments est améliorée par la perméabilité des sédiments (Solan *et al.*, 2004). La bioturbation joue un rôle primordial, dans la redistribution des sédiments de surface. Les holothuries aspidochirotés, remanient et exploitent la couche sédimentaire supérieure par l'ingestion et la libération des fèces. Cette activité de bioturbation influence l'interaction biotique de l'interface eau-sédiment (Uthicke, 1999).

Certaines holothuries (Figure 16A) s'enfouissent partiellement ou totalement sous la surface des sédiments (Yamanouchi, 1939 ; Yamanouchi, 1956 ; Clouse, 1997 ; Mercier *et al.*, 1999). Cet enfouissement dans le sédiment par certaines espèces d'holothuries, semble mélanger des sédiments de quelques dizaines de centimètres de profondeur (Figure 16B), l'action de la bioturbation d'un individu peut déplacer au moins son propre volume corporel (Purcell, 2004 ; Purcell *et al.*, 2016).

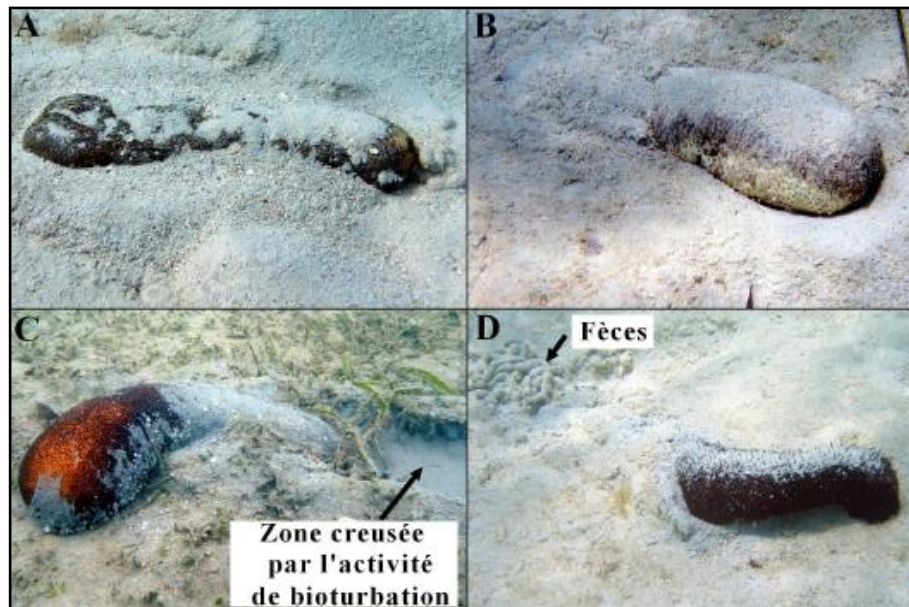


Figure 16 : Bioturbation des sédiments par les holothuries. *Bohadschia argus* à moitié enfouie dans les sédiments d'un lagon de récifs coralliens (île Lizard, Australie) (A), *Holothuria lessoni* partiellement enfouie dans les sédiments d'un platier (Nouvelle-Calédonie) (B), *Bohadschia vitiensis* sortant des sédiments d'une baie abritée (Nouvelle-Calédonie) (C), *Actinopyga spinea* sortant des sédiments mous sur un récif peu profond (Nouvelle-Calédonie) (D) (Purcell *et al.*, 2016).

1.7.2.3. Nettoyage du sédiment

Un grand nombre d'holothuries aspidochirotés sont des dépositivores, s'alimentant du mélange de débris organiques et du sable présent dans les premiers millimètres de sédiments. Une quantité considérable des sédiments ingérés puis déféqués par an près de 9 à 82 kg/ind/an (Yamanouti, 1939 ; Bonham et Held, 1963 ; Hammond, 1982 ; Coulon et Jangoux, 1993 ; Uthicke 1999 ; Mangion *et al.*, 2004). Ces organismes exploitent la matière organique présente dans les sédiments et rejettent les fèces, voir (Figure 16D), ce qui veut dire que les holothuries sont d'excellents nettoyeurs de sédiments (Amon et Herndl 1991 ; Mercier *et al.*, 1999 ; Uthicke, 1999 ; Michio *et al.*, 2003 ; Paltzat *et al.*, 2008 ; Mactavish *et al.*, 2012 ; Yuan *et al.*, 2015). Le transit intestinal des sédiments ingérés par les holothurides aspidochirotés, semble également faciliter la décomposition de la matière organique réfractaire par les bactéries des sédiments [(Mactavish *et al.*, 2012) (Figure 17)].

1.7.2.4. Recyclage des nutriments

L'utilisation de la matière organique, est une des principales fonctions des holothuries, notamment dans différents biotopes où les éléments nutritifs inorganiques sont répartis (Massin, 1982 ; Birkeland, 1988). Les holothuries transforment des composés riches en azote inorganique, qui rentre par la suite dans l'élaboration de la production primaire. Il a été signalé qu'en milieu récifal, les nutriments libérés par les holothuries peuvent augmenter la productivité des producteurs primaires (Purcell *et al.*, 2016). Comme pour la plupart des invertébrés marins, les holothuries aspidochirotés excrètent l'azote inorganique sous forme d'ammonium (Webb *et al.*, 1977 ; Mukai *et al.*, 1989 ; Uthicke, 2001a), ainsi que de petites quantités de phosphate sont également libérées (Uthicke, 2001a). Il est intéressant de mentionner que les communautés microphytobenthiques constituent également une source de nourriture pour les holothuries (Purcell *et al.*, 2016). Cette relation d'équilibre est importante pour le maintien de milieu ainsi l'interaction entre les holothuries et le microphyto-benthos (Purcell *et al.*, 2016) peut être expliquée par le concept du « Gardening » ou « jardinage » qui a déjà été suggéré par (Hylleberg, 1975), dont certaines espèces d'holothuries seraient capable d'enrichir les sédiments par une stimulation de la croissance de microorganismes, qu'elles consommeront par la suite.

La surpêche des holothuries de sable, influent sur la croissance des herbiers à *Cymodocea serrulata*, engendrant une croissance plus lente de leur biomasse. De plus, de la digestion complète et de la libération des nutriments, les holothuries dépositives peuvent également digérer partiellement la matière organique la rendant plus disposée à la dégradation par les bactéries ou d'autres organismes appartenant à d'autres niveaux trophiques (Purcell *et al.*, 2016).

1.7.3. Comportement et régime alimentaire des holothuries

Chez les holothuries, on retrouve un élément important dans le comportement de ces derniers qui est la sélectivité dans leur régime alimentaire (soit physique suivant la taille des particules collectées, ou chimique suivant leur richesse en matière organique) a donné lieu à de nombreux travaux (Conand, 1994). Cette forme de sélectivité, a été décrite par plusieurs auteurs (Yamanouchi, 1939 ; Roberts, 1979 ; Franklin, 1980 ; Mezali *et al.*, 2003; Mezali, 2004b ; 2008. Roberts et Bryce, 1982), qui ont montré l'existence de différentes stratégies comprenant une sélectivité pour des particules plus fines ou plus grandes que la moyenne du sédiment environnant. En revanche, l'absence

de sélectivité granulométrique, a été démontrée par (Choe 1963 ; Yingst ; 1974, 1982 ; Levin, 1979 et Hammond 1982). Les différents modes de sélectivité observés proviendraient plutôt d'une préférence pour un micro-habitat. En d'autres termes, mis à part l'évident avantage d'obtenir des aliments avec une grande valeur nutritionnelle, la sélectivité des éléments nutritifs chez les holothuries, pourrait être un moyen de partition de la niche écologique, entre les différentes espèces qui vivent dans le même habitat (Roberts, 1979 ; Sloan et Von Bodungen, 1980 ; Massin et Doumen, 1986). D'autre part (Deichmann, 1958 *in* ROWE, 1969), avait signalé indirectement une corrélation entre la niche écologique des holothuries et la forme de leurs sclérites chez les aspidochirotés. Ainsi, trois divisions écologiques ont été mentionnées: *espèces de zones battues*, qui habitent le substrat dur, leurs sclérites sont des bâtonnets ; *espèces fugitives* fréquemment cachées sous les fragments de corail ou entre les roches, leurs sclérites sont des corpuscules turriformes associées à des sclérites qui peuvent être des boutons, des bâtonnets, des rosettes ou des pseudo-boutons (l'ensemble des deux sclérites sont habituellement lisses) ; *espèces fouisseuses*, retrouvées plus ou moins complètement ensevelies dans le sable et comprennent des sclérites en bouton et des tourelles, ou bien un type de sclérites qui se transforme en ellipsoïdes ou en corps sphérique.

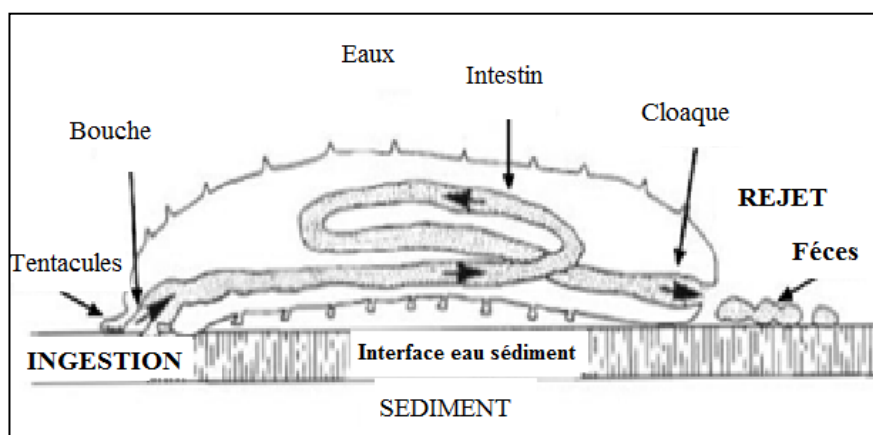


Figure 17 : Schéma montrant le transit digestif d'une holothurie aspidochirote (Conand, 1994).

1.7.4. La prédation des holothuries

Malgré la présence d'organes de défense ou tube de Cuvier et les molécules chimiques à l'occurrence des saponines chez les holothuries afin de dissuader les prédateurs (Stonik *et al.*, 1999; Hamel et Mercier, 2000 ; Van Dyck *et al.*, 2009), les concombres de mer sont consommés par des espèces marines appartenant au moins à sept phylums (voir

également Francour, 1997) : 19 espèces d'étoiles de mer, 17 espèces de crustacées, plusieurs espèces de gastéropodes et environ 30 espèces de poissons (Francour, 1997 ; Dance *et al.*, 2003). Dans les régions tempérées, certaines espèces d'étoiles de mer sont des prédateurs majeurs des holothuries Aspidochirotés et Dendrochirotés (Jangoux, 1982 ; Yu *et al.*, 2015).

Quelques espèces d'astérides du genre *Solaster* introduisent leur estomac, puis consomment les organes libérés (Byrne, 1985). *Parastichopus californicus* est une proie facile, de sorte que sa population a diminuée de façon spectaculaire, quelques décennies après l'introduction des loutres de mer dans le Sud Est de l'Alaska (Larson *et al.*, 2013). Par conséquent, les concombres de mer peuvent être d'importantes sources de nourriture pour des espèces appartenant à plusieurs niveaux trophiques. Dans les régions tropicales, une vaste gamme d'invertébrés et de poissons benthiques consomment les holothuries. Les concombres de mer sont également consommés par des gastéropodes tels que les Tritons et *Tonna perdix* (Conand, 1994 ; Kyoung et Jae, 2004). La prédation par les poissons est considérée comme mineure (Francour, 1997), mais ils peuvent avaler des holothuries juvéniles entières (Dance *et al.*, 2003). Dans certains cas, les holothuries offrent leurs organes internes au prédateur, après une éviscération volontaire (Purcell *et al.*, 2016). Les espèces appartenant au genre *Stichopus*, peuvent également éliminer des parties de leur paroi corporelle, dans le but de distraire le prédateur (Kropp, 1982). La littérature montre que le transfert de l'énergie à partir des holothuries se fait vers un grand nombre d'espèces prédatrices à la fois benthiques (crabes, gastéropodes et étoiles de mer) et benthopélagiques (poissons et mammifères marins). En prélevant le phytoplancton et occasionnellement le zooplancton de la colonne d'eau, les holothuries dendrochirotés suspensivores contribuent au couplage benthopélagiques Il est clair que les holothuries constituent une voie importante, par laquelle l'énergie et les nutriments provenant des détritiques et du plancton peuvent être transférés dans les réseaux trophiques benthiques et benthopélagiques (Purcell *et al.*, 2016).

1.8. Holothurie Stichopodidae

Ces holothuries comprennent une diversité, dont la plupart se répartissent dans l'Indopacifique. Il existe d'autres familles de Stichopodidae (Figure 18), dans les océans du monde et au niveau des régions tropicales (Galápagos, la Réunion Australie et la Nouvelle-Zélande), ils fréquentent les sédiments et récifs

(Rowe et Doty, 1977 ; Conand, 1990 ; Rowe et Gates, 1995 ; Massin, 1999, 2007 ; Rowe et Richmond, 2004). Les Stichopodidae se reproduisent par fission transversale (Uthicke *et* Klumpp., 1998 ; Conand *et al.*, 2002).



Figure 18 : (A, B, C, D) *Stichopus horrens* ; (E) *Stichopus naso*, spécimen indique un événement récent de fission ; (F, G, H) *Stichopus monotuberculatus* (I) un Juvénile de *Stichopus monotuberculatus* échelles: (A et D) 4.0 cm ; (B et C) 2,0 cm ; (E) 1,5 cm ; (F) 8,5 cm ; (G)10 cm, (H) 3,0 cm ; (I) 0,3 cm (Byrne *et al.*, 2010).

1.8.1. Le commensalisme chez les holothuries

Les holothurides, constituent la classe d'échinodermes la plus touchée par les parasites, (bactéries, protozoaires et les métazoaires). Près de 150 espèces de métazoaires qui parasitent les holothuries, la plupart d'entre elles sont des turbellariés, des gastéropodes, des copépodes, des crabes ou des poissons. Les principaux organes touchés sont ceux du système digestif et la cavité cœlomique (Eeckhaut *et al.*, 2004). Le commensalisme chez les Aspidochirotes est fréquent dans les régions tropicales. En Algérie, (Mezali, 2008) a indiqué la présence d'un poisson carapide *Carapus acus* (Brünnich, 1768), dans la cavité interne de *Holothuria tubulosa* (Figure 19). La présence de ces poissons a été signalé uniquement dans la station polluée de Tamentefoust (enrichie en matière organique). Ce qui laisse supposer que ces derniers pourraient être des indicateurs biologiques de milieux perturbés au niveau des côtes algériennes. Dans cette étude, des observations de carapides, *Carapus acus* ont été faites au niveau des fonds chalutables de la région de Sidi-Medjdoub (Mostaganem, Algérie), chez les holothuries appartenant à la famille des Stichopodidae (Figure 20), qui séjournent dans la cavité cœlomique du concombre de mer royale *Parastichopus regalis*. Les Carapidae circulent librement dans l'anus et parfois dans une partie du tube digestif des grosses holothuries (Mah, 2013), où ils trouvent un abri mais aussi une aire de reproduction pour certaines espèces, qui peuvent y habiter en couple.



Figure 19 : Échantillon de poisson Carapide *Carapus acus* (Brünnich, 1768) retrouvé dans le tube digestif de *Holothuria (H.) tubulosa* de la station de Tamentefoust (juin, 2002) [Mezali, 2008].



Figure 20 : Poisson *Carapus acus* (Brünnich, 1768) séjournant dans le tube digestif de *Parastichopus regalis* (Brünnich, 1768) [Photo : Mezali K.].

1.9. Exploitation des holothuries

Les holothuries, sont des produits très appréciés et les plus commercialisés chez les populations asiatiques (Chen, 2003; Purcell, 2013). Les valeurs nutritionnelles des holothuries indiquent la présence d'un important taux de protéines, antioxydants et de composés bioactifs (Bordbar *et al.*, 2011 ; Roggatz, 2012 ; Mecheta *et al.*, 2020). Les holothuries contiennent peu des lipides, mais riches en acides aminés et en oligo-éléments, en effet, *Holothuria poli* et *Holothuria tubulosa* récoltées dans les franges littorales de Bizerte et au golf de Tunis montrent la présence d'une quantité appréciable d'oligoéléments. (Ben Ismail *et al.*, 2013 et Purcell *et al.*, 2013). Un pourcentage important (58%) des pêcheries d'holothuries étaient surexploitées, une large majorité d'espèces sont récoltées pour le marché du trépane (*Actinopyga mauritania*, *Holothuria scabra* et *Thelenota ananas*) ; d'autres espèces sont également consommées cuites, marinées ou même crues (*Apostichopus japonicus*, *Parastichopus californicus* et *Cucumaria frondosa*) (FAO, 2012). La demande de produits est devenue de plus en plus forte particulièrement par les chinois (Anderson *et al.*, 2011). Les élevages des bèches de mer en Chine ont atteint une production totale de plus de 100.000 tonnes (poids frais), pour la seule province de Shandong (Toral-Granda, 2006), les captures mondiales ont passé de 2.300 tonnes de poids humide en 1950 et plus de 30.500 tonnes de poids

humide en 2006 (Conand et Bryne, 1993 ; Anderson *et al.*, 2011). La majorité des débarquements (Figure 21) sont exportés vers Hong Kong puis réexportés vers la Chine (Anderson *et al.*, 2011).

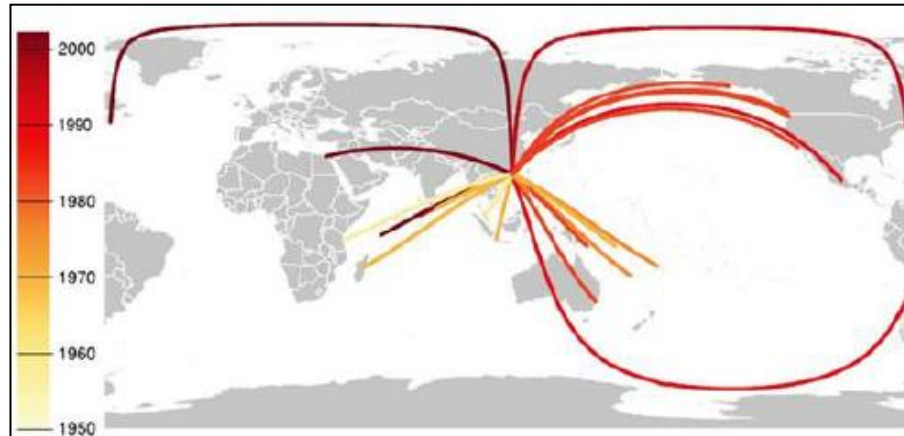


Figure 21 : Carte des captures mondiales d'holothuries exportées vers Hong Kong (La couleur indique l'année de départ de la pêche (Sanderson *et al.*, 2011)).

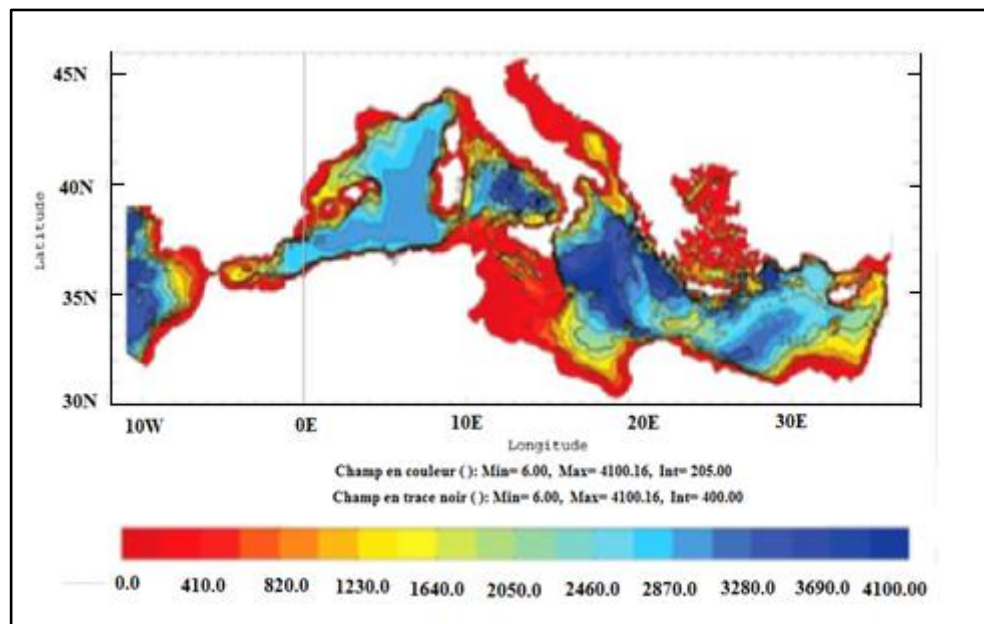
Les organes internes et le liquide cœlomique, restent cependant considérés comme des sous-produits qui représentent une masse de matière première peu ou pas valorisée générant des quantités importantes de rejets pour les industries de transformation (Tripoteau, 2015). Mondialement, les d'holothuries sont la cible principales parmi une soixantaine d'espèces à travers 70 pays (FAO, 2012), avec trois millions de pêcheurs de concombres de mer (Purcell, 2013).

[CHAPITRE II : CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE]

II. Caractéristiques de la zone d'étude

2.1. Caractéristiques de la Mer Méditerranée

Trois continents entourent la mer Méditerranée : l'Afrique, l'Asie et l'Europe ; cependant, elle ne représente que 0.7% de la surface des océans et seulement 0.3% de leur volume (Lacombe, 1990). La mer Méditerranée s'étend du détroit de Gibraltar jusqu'aux côtes libanaises, sur près de 4000km. Cette mer intérieure possède une superficie globale de 2,51 millions de km², l'importance de ces masses d'eaux à l'échelle régionale explique la grande extension spatiale du domaine climatique Méditerranéen (Dougué droit, 1997). C'est une mer qui subit des changements. Elle est considérée comme un véritable modèle réduit de l'océan global et elle est soumise au changement climatique. La configuration du plateau continentale de la Méditerranée est abrupte sur une majeure partie de son pourtour. Il s'élargit sur 27 à 28 km au large, à une profondeur de 120 à 130m et se rétrécit sur 8 à 9 km vers l'Est, dans la zone infralittorale. Le calcaire est le constituant majeur des sédiments, sous la forme d'un tapis de sables graveleux recouvrant tout le plateau continental. Par contre, les sédiments siliceux sont faiblement représentés. Les vases calcaréo-siliceuses, qui couvrent une importante superficie du littoral, sont très riches en débris de roches et en coquilles fraîches et transparentes, alors que les boues argilo-siliceuses ne représentent qu'un faible pourcentage en bordure de cette zone (Leclaire, 1972).



2.1.1. Caractéristiques de la Méditerranée occidentale

La Mer Méditerranée est une mer semi fermée, elle est subdivisée en trois parties principales: la Méditerranée occidentale, la Méditerranée orientale et la Mer Noire.

La Méditerranée est connectée à l'Océan Atlantique, par le Déroit de Gibraltar qui est d'une largeur d'environ de 15 km et dont la limite est située à 350m de profondeur (Tchernia, 1980).

La Méditerranée occidentale qui est séparée de la Méditerranée orientale par le déroit de Sicile, d'une profondeur de 430 m (Figure 22), soit une largeur maximale de 900 km entre la France et l'Algérie. Elle est formée de quatre principaux bassins : la Mer d'Alboran, le Bassin Algérien, plus au Nord la mer des Baléares et le bassin nord, composé lui-même de la mer Ligure, du golfe du Lion et de la mer Catalane (Figure 23). Enfin, à l'Est de la Corse et de la Sardaigne, se trouve la mer Tyrrhénienne.

Les conditions climatiques, présentent de faibles précipitations, avec une forte évaporation toute l'année, la perte de chaleur n'est pas compensée par les précipitations ou par l'apport des rivières, ce qui donne un bilan positif de 0.7 à 0.95 m/an (Tchernia, 1980). La variabilité saisonnière entre l'hiver et l'été est nettement marquée sur l'ensemble de la Méditerranée pendant l'été. La Méditerranée occidentale est soumise à un climat de type tropical caractérisé par le réchauffement de la couche superficielle océanique malgré l'intense évaporation. La température de surface devient très élevée de 22° à 26°C, en allant d'Ouest en Est, (Madec, 1990). Une thermocline saisonnière se forme séparant deux couches océaniques bien marquées.

Dans cette étude, on s'intéresse à la baie de Mostaganem, qui se trouve au niveau du bassin algérien qui constitue une partie de la Méditerranée occidentale. La baie de Mostaganem s'étend sur une longue plage sableuse en arc de cercle, se terminant sur le grand port méthanier de Béthioua (Arzew). La configuration de pente douce alternée par endroit, montre, un relief marin intéressant près des côtes de Stidia, Salamandre, et Sidi Medjdoub. La côte rocheuse remonte au Nord, jusqu'aux îlots d'Arzew et se prolonge vers l'Ouest jusqu'au Cap Carbon (Sellem, 1990). Le plan hydrologique au niveau du littoral Oranais, révèle un contre-courant, issu d'une branche du courant atlantique appelé courant algérien par (Millot, 1989). Ce dernier plaque cette branche contre le littoral, ce qui permet le déplacement de la fraction fine dans le fond et crée une extension de la grande vasière vers le secteur de Mostaganem (Amokies, 1993).

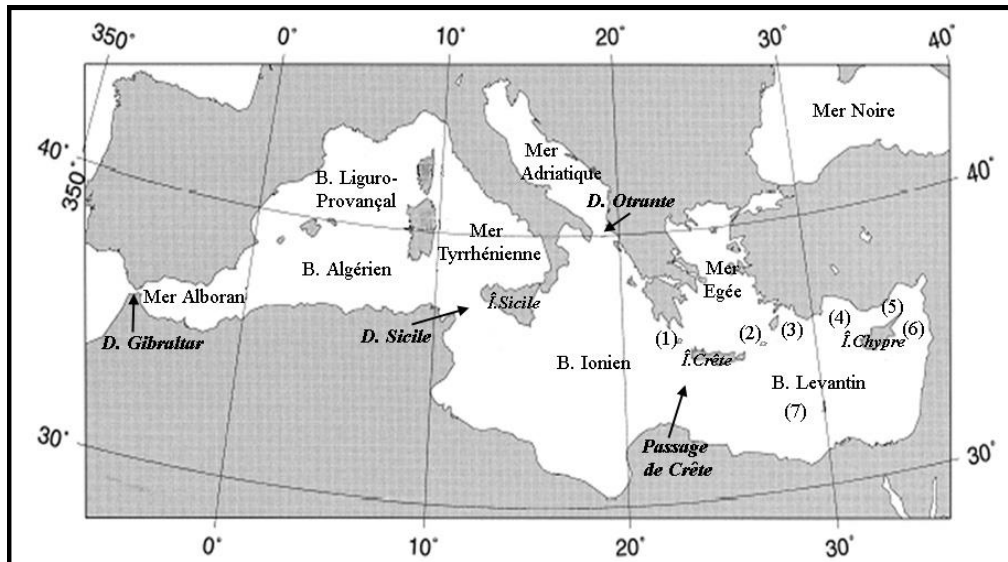


Figure 23 : Localisation des bassins de la Mer Méditerranée, (1) Détroits Ouest de l'Arc de Crète, (2) Détroits Est de l'Arc de Crète, (3) Le Bassin de Rhodes, (4) le Bassin d'Antalya, (5) le Bassin Cilicien, (6) le Bassin de Lattaquié, (7) Les champs abyssaux d'Herodotus ; (in Bahjat, 2006).

2.2. Caractéristiques des côtes algériennes

Les côtes algériennes sont influencées par le courant occidental de la Méditerranée, ces côtes sont caractérisées par un apport d'eau atlantique de salinité élevée (36,5‰) qui se modifie au fur et à mesure de leur progression vers l'Est (Figure 24). Atteignant une salinité de 37 ‰ au cours de la saison chaude. D'autre part, la salinité des eaux algériennes hors des zones d'embouchures des grands oueds varie peu (Lacombe et Tchernia, 1960). Le courant se divise en deux, d'une part, il remonte le long de la côte Ouest de la Corse et continue le long des côtes françaises et espagnoles, formant ainsi le courant liguro-provençal, d'autre part, il continue le long des côtes algériennes, où une seconde subdivision s'effectue, alimentant la courantologie de la mer Tyrrhénienne et de la Méditerranée orientale (Benzohra et Millot, 1993a). Le flux de ce courant est d'un million de m³/seconde, soit 31.600 km³/an, ce dernier détermine la circulation générale de la Méditerranée occidentale.

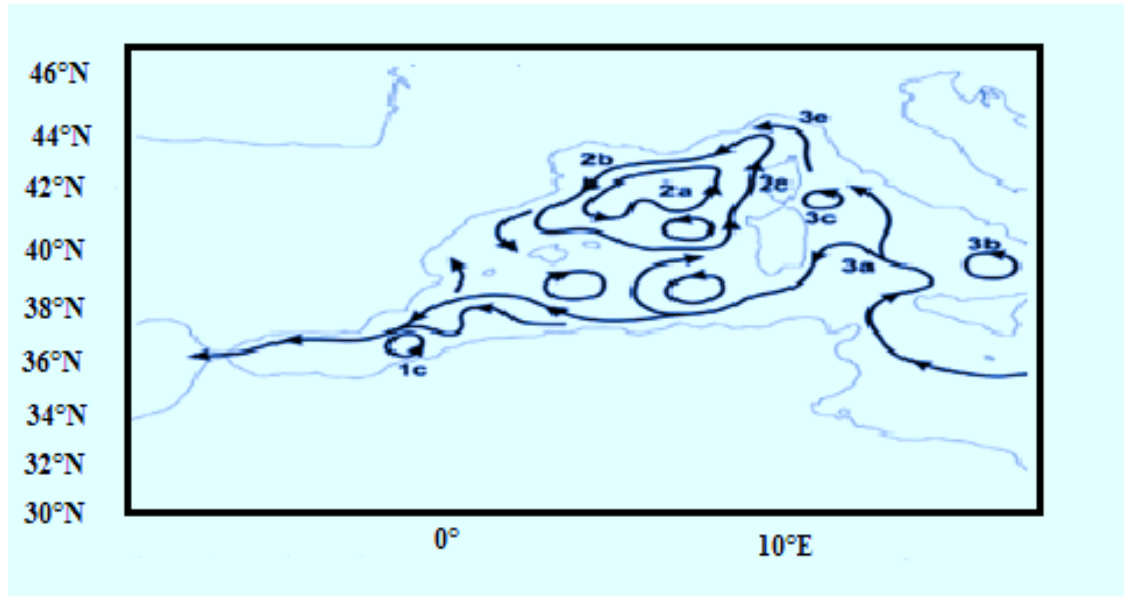


Figure 24 : Carte de la circulation des courants de la Méditerranée occidentale. (Pinardi *et al.*, 2015).

2.3. Caractéristiques climatiques et hydrologiques de la région de Mostaganem

2.3.1. La pluviométrie

Selon les informations collectées de l'Office National de Météorologie en 2012, on a noté une pluviométrie supérieure à 30 mm par 24 h (Figure 25), ce qui montre une augmentation des fréquences intenses de pluies dans les régions algériennes (Nouaceur *et al.*, 2013). Au niveau des piémonts du Dahra, ces précipitations sont caractérisées par des pluies à basse fréquence (400 mm). Cependant, la distribution des pluies vers le Sud montre une profonde dichotomie entre les deux interfaces (marine et continentale).

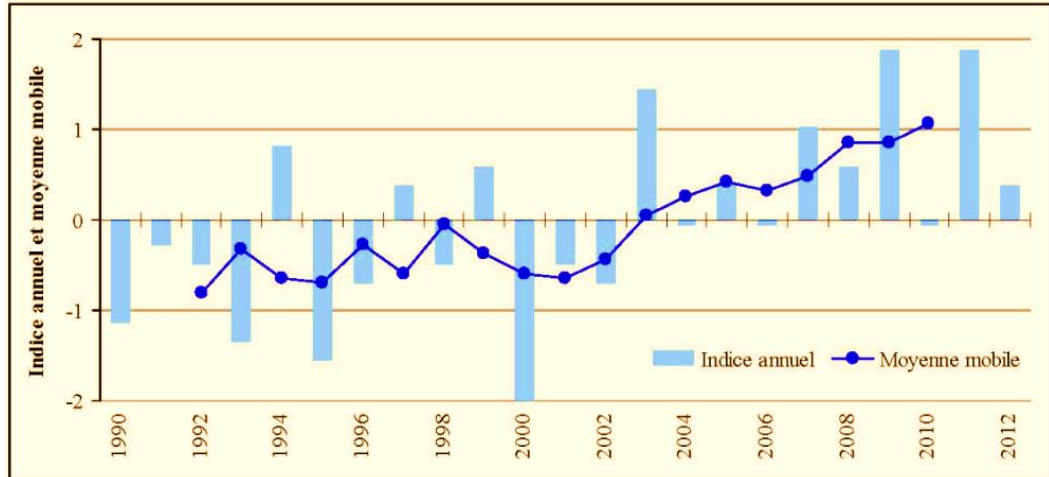


Figure 25 : Indices centrés réduits annuels du nombre de perturbation sévères (Cumul pluviométrique supérieur à 30 mm en 24 h) en Algérie sur la période 1990-2012. (Nouaceur et al., 2013).

2.3.2. La température

La température, est un élément clé en océanographie. Ce facteur contrôle en surface l'intensité des échanges mer-atmosphère et conditionne largement et significativement l'écologie des systèmes marins et côtiers. Les observations effectuées entre 1976 et 2000 en face d'Oran, de Béni Saf, d'Arzew et de Mostaganem, sur la côte et au-dessus du plateau continental algérien, témoignent de la présence de fortes fluctuations saisonnières. Les années modèles obtenues le long du littoral et du plateau continental et les moyennes mensuelles montrent :

- Une décroissance de la température de Septembre à Février ;
- Une valeur minimale en Décembre-Janvier ($T = 6-8 \text{ }^{\circ}\text{C}$) ;
- Une augmentation du mois de Mars au mois de Juin ;
- Un maximum de Juin à Août ($T = 25-28 \text{ }^{\circ}\text{C}$) ;

Généralement, la région côtière, se distingue par un signal semi-annuel plus prononcé. Le refroidissement apparaît en surface, il est souvent masqué en partie par les eaux chaudes d'origine continentale. La variabilité saisonnière moyenne de la température le long de la côte et du plateau oranais montre des minimas absolus. De plus, la température de surface, y croît d'Est en Ouest. Les différentes données ont montré que la profondeur de la thermocline est plus faible à l'Est qu'à l'Ouest. Il en est de même de l'amplitude et de la variabilité saisonnière. Toutefois, on peut noter une durée de refroidissement, en particulier en hiver, légèrement supérieure (de 2 à 3 semaines). Si

l'on se déplaçait le long de la côte de Béni-Saf vers Mostaganem, on pourrait bien noter des similitudes qui se transformeraient subitement à l'Est de Mostaganem. On peut envisager que les axes méridiens et verticaux étant pris respectivement du Sud vers le Nord et de la profondeur vers la surface, cette distribution cohérente souligne la quasi-simultanéité des remontées (up-welling) du niveau marin (Millot, 1989).

2.3.3. La salinité

La salinité joue un rôle primordial dans la densité et la qualité de l'eau, c'est un facteur chimique très important, pour l'ensemble de l'écosystème du plateau continental. Au voisinage de la côte, la salinité de surface est de l'ordre de 36‰ à 38‰. Ces fluctuations sont associées aux changements de la pluviométrie et des températures locales, dont le maximum se situe durant la saison chaude. La salinité décroît légèrement en été, une période qui correspond au maximum de température. Cette évolution saisonnière est extrapolable et cette modification se distingue de celle de la température par un accroissement mensuel d'énergie. Cette différence peut s'expliquer par l'apport des cours d'eaux (Macta, Tafna, Chlef), dont les conséquences sur la variabilité sont plus importantes pour la salinité de surface que pour la température.

2.3.4. Le courant

En raison de la configuration de la mer Méditerranée (Figure 26), qui se divise en plusieurs petites mers : (mer Adriatique, mer d'Alboran, Tyrrhénienne, bassin Levantin, et Algéro-provençal, Ionienne) et sa géomorphologie sous-marine accidentée, l'eau atlantique peu salée pénètre en surface par le détroit de Gibraltar, transformée en eau Méditerranéenne, plus dense, avec un taux de renouvellement qui varie de 50 à 100 ans (Millot et Taupier Letage, 2005), les courants génèrent des tourbillons de quelques centaines de km, avec une durée de vie qui varie entre quelques mois à quelques années, d'autres sont connus: exemple le courant Lerapetra observé au Sud-Est.



Figure 26 : Circulation de l'eau atlantique modifiée (Millot, 1987).

Ainsi, l'eau atlantique modifiée arrivée au bassin algérien en une couche superficielle de 150 m d'épaisseur, et une température de 15 à 23 °C en surface, et de 13.5 à 14 °C en profondeur (Benzohra, 1993). L'eau est plus ou moins stable, avec un courant en veine étroite (Millot, 1987 ; Millot, 1993 et Benzohra, 1993). Associée à des up-welling, c'est une des conséquences d'enrichissement majeure, augmentant les capacités trophiques de ce milieu. Le sens et l'intensité de ce courant sont en fonction de l'amplitude et de l'incidence de la houle par rapport à la côte, de la topographie et de la granulométrie des sédiments (Millot, 1989). Les courants de la côte arrivent moins intenses en profondeurs, orientés principalement vers l'Est. L'intensité du courant d'Ouest prédomine en surface, de Janvier à Février, et au niveau du golfe d'Arzew, il tend à s'affaiblir en Juillet, Août et Octobre. Ces différents paramètres influencent les variations saisonnières, de la teneur en oxygène. En saison chaude, la teneur en oxygène dissous dans les eaux, du plateau continental algérien, décroît rapidement de la surface vers la profondeur (Leclaire, 1972). Par contre, en saison froide une très forte homogénéisation, sur toute la couche d'eau est observée (Servain *et al.*, 1982). Dans les deux cas, la teneur en oxygène, varie avec la profondeur ; ce qui est en harmonie avec un up-welling peu profond.

Mostaganem est victime du phénomène de littoralisation, les côtes subissent continuellement des agressions anthropiques (les rejets des eaux usées et industrielles, les apports agricoles en pesticides, ouvrages portuaires). En effet, plus de 37000 m³ de rejets domestiques sont quotidiennement déversés sans traitement préalable dans la mer, sur la façade maritime de l'agglomération de Mostaganem. Cependant, il a été recensé plus d'une vingtaine de points de rejet, plus ou moins importants auxquels il faut ajouter les rejets des dix unités industrielles localisées à l'intérieur de l'agglomération et des effluents de l'oued Chlef estimées à près de 3 000 000 m³ / an (PAC w. Mostaganem, 1999-2002).

2.4.1. L'aspect du plateau continental de Mostaganem

La ville de Mostaganem est largement ouverte sur le golfe d'Arzew, elle est caractérisée par une rupture du plateau continental à 150 m de profondeur et une configuration, abrupt continu et parallèle. L'aspect morphométrique sous-marin du plateau continental, entre 0 m et 60 m de profondeur, se distingue par une pente moyennement douce où l'on retrouve à l'Est les dépôts pro-deltaïques sous-marins de l'Oued Cheliff, caractérisés par des sables fins et des argiles se prolongeant surtout vers l'Est (P A C w. Mostaganem). Entre le port de Mostaganem et Arzew, la pente est plus accentuée en raison de substrat rocheux sous-marin. Au nord d'Arzew, la pente est plus prononcée et on retrouve des dépôts de graviers calcaires, se propageant au-delà du Cap de l'Aiguille. Le substrat rocheux est quasi continu entre Arzew et ce Cap.

Dans la partie centrale du golfe d'Arzew, entre 60 m et 100 m de profondeur, sur 12 km, la surface du plateau continental est presque plate, sa composition est constituée d'une vase siliceuse. Au-delà des 100 m, c'est le domaine des vases pures. La largeur du plateau continental est d'environ de 24 km, dans le centre du golfe et n'est que de 2 km en face des Caps de l'Aiguille et Ferrat à l'Ouest et de 10 km en face du Cap Ivy à l'Est.

2.5. Stations d'étude

Quatre stations ont été prospectés, représentant deux stations peu profondes, entre -1 et -6 m de profondeur à savoir : la plage de Stidia et le port de Salamandre, les deux dernières sont localisées à l'étage du domaine infralittorale (Figure 28), représentées par la plage de Sidi Medjdoub, et la plage de petit port-Sidi-Lakhdar, avec des profondeurs variant entre 58 m et 72 m.

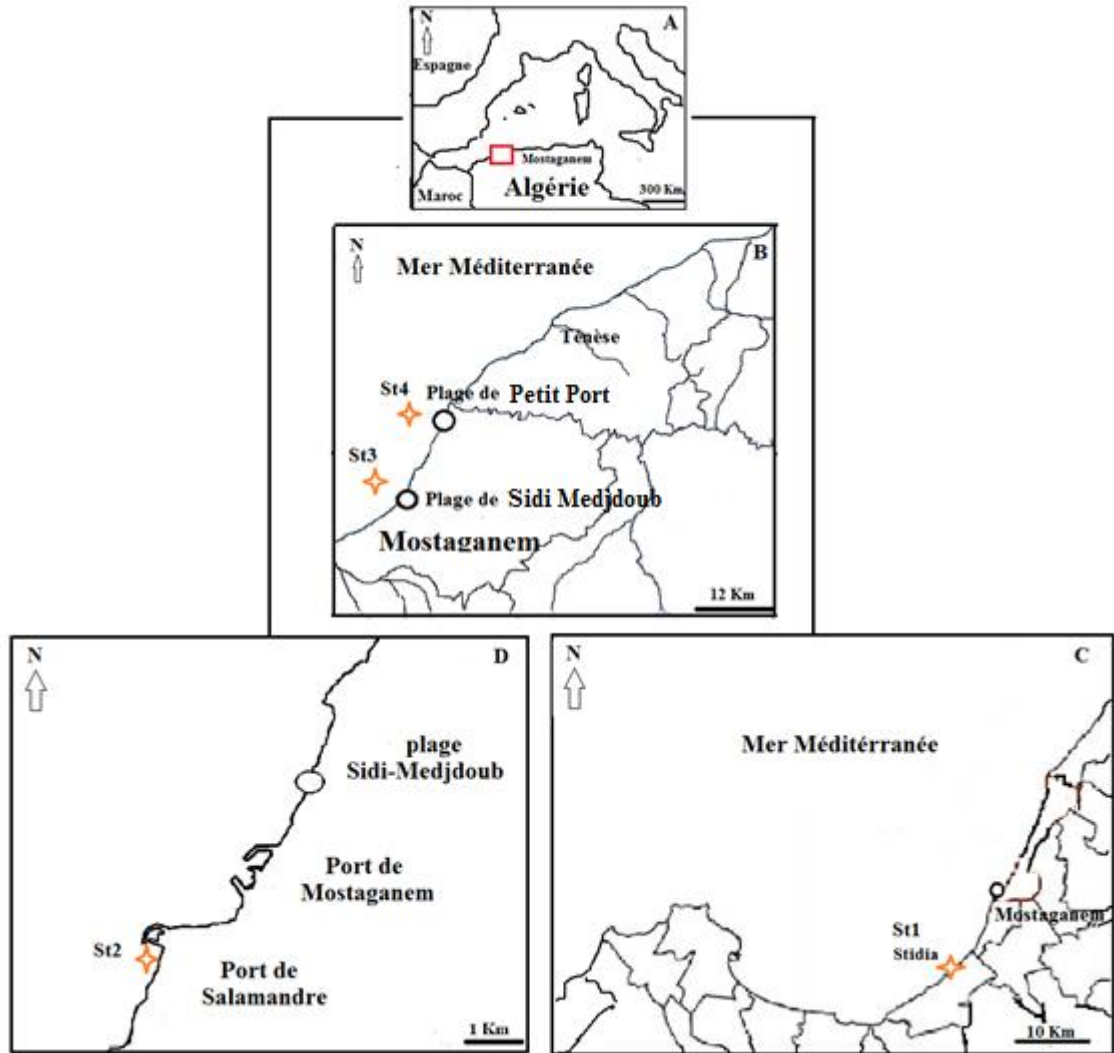


Figure 28 : Présentation des stations étudiées (représentées par les étoiles rouges).

2.5.1. Descriptions des stations d'études peu profondes

2.5.1.1. Description de la plage de Stidia (St1)

Stidia est un petit village de 11467.77 km² (PAC w. Mostaganem), de 14000 habitants en 2012. Le site de Stidia est implanté à 20 km au Sud-Ouest de la ville de Mostaganem (Figure 28C). Ses coordonnées géographiques sont de : 35°49' N - 0°01' O. La plage de Stidia est caractérisée par la présence d'une couverture végétale, au niveau de la partie supérieure (maquis et broussailles sur les dunes). La configuration sous-marine du site est caractérisée par un substrat dur aux premiers mètres de profondeur, suivi par une alternance de substrat sableux et d'éboulis vers le large. Cette station est rocheuse interrompue par quelques criques, parfois sableuses, ouverte vers le Nord-Ouest. La plage est exposée au vent dominant (Nord-Est) ; elle est influencée par un Hydrodynamisme dont l'effet se fait sentir, particulièrement durant la saison hivernale,

le long de la frange côtière. L'hydrodynamisme au niveau de ce site engendre en permanence un échouage important de litières en formant des banquettes de Posidonies qui en s'installant favorisent l'épanouissement de biotopes pour les différents organismes vivants.

On retrouve dans ce site, les espèces *Ulva spp*, *Corallina spp*, *Caulerpa spp* et *Padina sp*, qui sont les macrophytes dominants, alors que les espèces animales sont principalement représentées par les "concombres de mer" dont les plus communs sont : *Holothuria (H.) tubulosa* Gmelin (1788); *Holothuria (H.) poli* Delle Chiaje (1823); *Holothuria (H.) froskali* Delle Chiaje (1823) et *Holothuria (H.) sanctori* Delle Chiaje (1823), (Belbachir *et al.*, 2014). Quant aux mollusques on retrouve l'espèce *Cymbula safiana* (Lamarck, 1819) (Bouzaza et Mezali, 2018). L'herbier de Posidonies dans ce site, se développe sur un substrat rocheux à partir de -1,5m de profondeur. Cet herbier est de type II, selon la classification de (Giraud, 1977). En avant de cet herbier se développe des petites prairies de *Cymodocea nodosa* (Belbachir, 2012).

2.5.1.2. Description de la station du port de Salamandre (St2)

Le Port de Salamandre est situé à 363 km, au Nord-Ouest d'Alger. Il est implanté à l'Est de la Wilaya de Mostaganem (Figure 28D), et se caractérise par une côte rocheuse dure de 800 m de longueur et 3 m de largeur. Notons, aussi, la présence des grottes immergées et semi-immergées au niveau de la crique et la présence d'une falaise abrupte et dure de 1130 m de longueur et 15 m de hauteur (PAC w. Mostaganem). La Station présente les coordonnées GPS suivantes : 35°55' 18. N 0° 03' 15. E.

D'une part, le port de Salamandre est fortement influencé par les activités de plaisance et de pêche et d'autre part, il existe une importante implantation d'habitations localisée au niveau de Salamandre. La jetée principale est orientée vers l'Ouest le protégeant ainsi du vent, venant du Nord Est. L'ouvrage portuaire, est marqué par un hydrodynamisme relativement important, et des rafales des vents du Nord - Ouest, durant la saison hivernale, façonnant ainsi des digues artificielles à talus, avec des crevasses profondes, offrant des refuges aux différentes espèces cryptiques telles que : *Ophioderma longicauda* (Retzius, 1789); *Holothuria (H.) tubulosa* Gmelin (1788) ; *Holothuria (H.) poli* Delle Chiaje (1823).

Comme tous les ouvrages portuaires, le port est exposé aux différentes actions anthropiques, représentés par une intense pollution, (ex : hydrocarbure, peintures, lubrifiants,...). Ces polluants couvrent la surface des eaux des bassins, augmentés par

l'action de vidange des engins de pêches. Ces activités sont très ressenties durant la période estivale (observation personnelle). À noter que l'infrastructure portuaire accueille 200 bateaux de pêche (sardiniers, palangriers, petits métiers), ainsi qu'une poissonnerie. Avec l'entrée en service du port de Salamandre, environ 155 bateaux de pêche de l'ancien port commercial d'ELMERSA ont été transférés pour donner plus d'espace au port central (DPRH, 2012). D'autre part, le site est largement affecté par l'ancienne proximité de la zone industrielle de Mazagran dont les terminaux de canalisation de déchets industriels débouchent à environ à 1 km à l'Ouest. D'autres industries sont également présentes, à savoir l'usine de production de lait (orolait), et celle les pâtes alimentaires (safina), ainsi que celle des produits cosmétiques.

L'aspect sous-marin du site de Salamandre présente quelques signes de dégradation : une biodiversité réduite et un herbier de posidonie en très mauvais état. Cet herbier se développe sur un substrat rocheux et se présente sous forme d'herbier éparpillé, voir des touffes de quelques mètres carrés (Belbachir, 2012). Cette dégradation est vraisemblablement liée à des aménagements, à savoir le nouveau port de pêche de la Salamandre récemment inauguré qui a modifié la circulation des eaux, affectant directement l'état de santé des herbiers de posidonies dans ce site.

2.5.2. Stations profondes de l'étage sublittoral (circalittoral supérieure)

Les stations d'étude profondes chalutables de la côte de Mostaganem sont localisées à la plage de Sidi-Medjdoub exactement aux coordonnées GPS.36 ° 0,032N- 0 ° 1,45686E. et la plage de petit port située à l'extrémité de la wilaya de Mostaganem au coordonnées GPS 36° 14 526 N- 0 17 028 E. à l'Ouest de la côte algérienne (Figure 29).

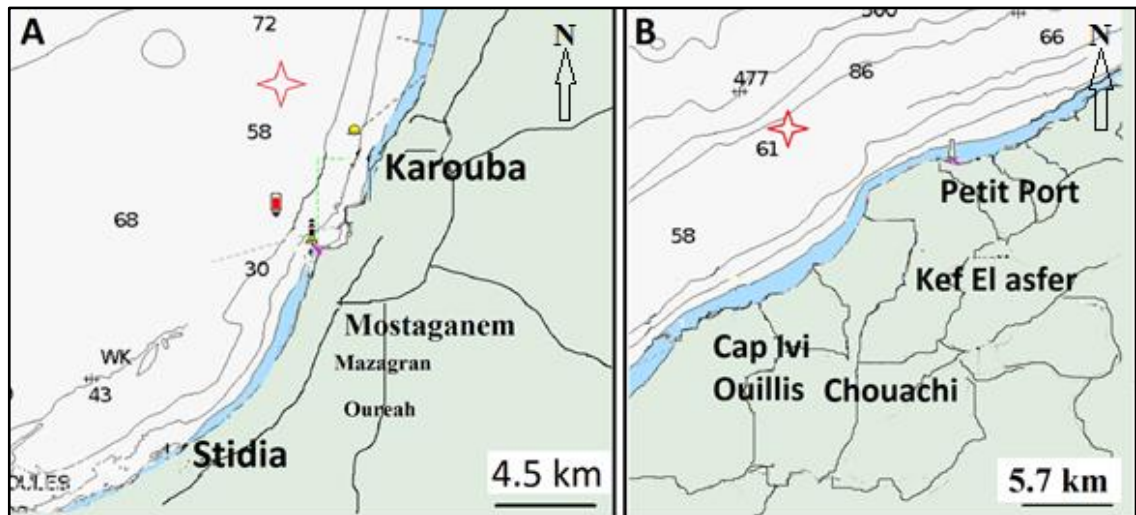


Figure 29 : Carte Bathymétrique, montrant le domaine sublittoral. (A), la zone chalutable de Sidi- Medjdoub. ; (B), la zone chalutable de Petit Port, (En rouge stations de prélèvement) [Logiciel Boating HD, Ver:6.0].

2.5.2.1. Description de la plage de Sidi- Medjdoub (St3)

Cette plage doit son nom à Sidi M'Hamed El-Mejdoub, un poète du XVI^e siècle qui est considéré comme un saint dans la région. Le site d'étude est situé à quelques kilomètres seulement du port de commerce du côté Est (Figure 29B). La plage de Sidi- Medjdoub se trouve à 10 km de la station de dessalement Sonaghter. La plage Sidi- Medjdoub est fréquentée durant la saison estivale, par des petits métiers artisanaux et des plaisanciers. L'endroit est réputé pour son activité de pêche artisanale (Figure 30A), qui dépend surtout des conditions climatiques. Il est à signaler que la plage de Sidi-Medjdoub, subit systématiquement le phénomène d'érosion et le glissement de sable, ajoutant à cela, la construction d'une brise lame (Figure 30B), qui a modifié les niveaux de profondeurs de la zone de baignade (observation personnelle).



Figure 30 : Photos montrant (A), l'activité de pêche artisanale ; (B), phénomène d'érosion au niveau de la plage de Sidi-Medjdoub, (En jaune, brise lame) [Photos : Benzait H.].

Au voisinage de la plage de Sidi-Medjdoub, se trouve la petite plage de Matarba, caractérisée par du sable fin à galets et d'une falaise taillée en roche d'argile très remarquable, d'une longueur de 750 m. La falaise de Matarba est marquée par une couverture végétale dense. Elle débute par une source d'eau (*Lala Mariama*) à proximité du moulin Bigord (Figure 31A) et se prolonge jusqu'au la pointe de El-Kef Lasfar ou Pointe des pirates (Figure 31B). Particulièrement en saison hivernal, le mode est battu et l'hydrodynamisme de la plage de Matarba accélère l'érosion de la falaise en ajoutant un apport des sédiments d'argile, le long du rivage. Ce phénomène engendre une turbidité empêchant ainsi la pénétration de la lumière dans les eaux superficielles (observation personnelle).

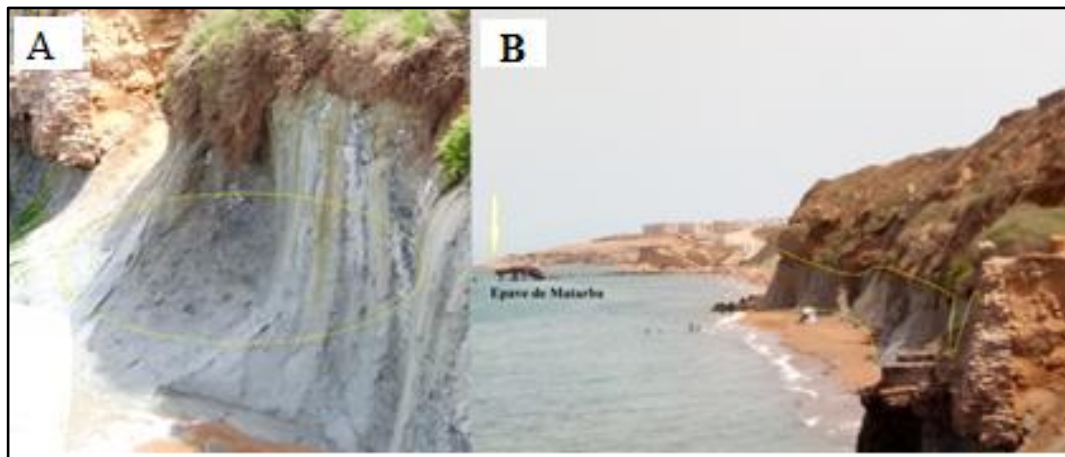


Figure 31 : (A), Photo montrant la roche tendre argileuse de la falaise de Matarba, (Flèche en jaune) ; (B), photo montrant (vu du haut) de la falaise de Matarba en voisinage de la plage de Sidi Medjdoub, (Photos : Benzait H.).

2.5.2.2. Description de la plage du petit port

La plage du petit port (Figure 32), est située au Nord-Ouest à 54 km de la ville de Mostaganem, la plage relevant de la commune de Sidi- Lakhdar d'une superficie de 205 km², avec 579 habitants en 1998. La plage du petit port, s'étale à 1120 m de longueur, la plage est considérée parmi les 15 zones à extension touristique (ZET). Elle est caractérisée par une formation dunaire à l'arrière de la plage sur une distance de 3,5 km et un sable fin. La présence de broussailles végétales, couvre la partie supérieure de la plage. Une contamination par certains types de pollution est observée et qui est marquée par la présence d'une zone d'embouchure au voisinage (PAC. w. Mostaganem, 1999-2002).



Figure 32 : Photo montrant la plage de Petit port (PAC. w. Mostaganem, 2002).

**[CHAPITRE III : STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE
ET IDENTIFICATION DES ESPECES]**

3.1. Stratégie d'échantillonnage et d'identification des espèces

Selon Koehler, (1969) les prises accessoires représentent les récoltes des spécimens qui ont été rapportés par les pêcheurs, (soit accrochés aux palangres ou des spécimens que l'on met de côté).

Le concept des prises accessoires renvoie indubitablement à la collecte accidentelle et aux dommages causés par la pêche industrielle. Actuellement, les préoccupations et les perspectives scientifiques dans ce domaine, vise à sauvegarder et préserver les richesses halieutiques des fonds marins. Cependant et au cours de notre travail, nous avons fait le choix d'étudier les deux espèces *Echinaster sepositus* et *Ophioderma longicauda* prélevées respectivement dans le Port de la Salamandre et à la plage de Stidia, à faible bathymétrie en considérant les connaissances préalables du milieu et les contraintes logistiques. Ainsi, les prélèvements ont été réalisés, par des plongées en apnée, sur une surface représentant un habitat fréquenté par les deux espèces d'échinodermes étudiées.

Quant à l'holothurie royale *Parastichopus regalis*, on a considéré les prises accessoires rapportées par les petits métiers du port de Sidi Medjdoub et Sidi Lakhdar.

3.2. Identification et systématique des espèces étudiées

3.2.1 Identification et systématique de l'astéride *Echinaster sepositus*

L'espèce est identifiée facilement par la couleur rouge brique très vive, dont les bras sont écartés, longs et arrondis en section circulaire (Figure 33). Le disque central très réduit, rugueux au toucher. Son squelette forme de nombreuses pointes siliceuses sous sa cuticule à l'âge adulte. Les gouttières sont ciliées sur la face ventrale. La face dorsale porte des piques assez développés, isolés, s'articulant chacun sur un mamelon distinct et qui peuvent s'infléchir latéralement, sur les côtés des bras (Koehler, 1969). Les piques sont petites et courtes, elles n'ont guère plus de 1,5 mm de longueur. Elles sont enfoncées dans le tégument et renferment de nombreuses glandes muqueuses.

Règne :	Animalia
Embranchement :	Echinodermata
Sous embranchement :	Eleutherozoa
Sous classe :	Asterozoa
Classe :	Asteroidea
Ordre :	Spinulosida
Sous ordre :	Leptognathina
Famille :	Echinasteridea
Genre :	<i>Echinaster</i>
Espèce :	<i>sepositus</i> (Retzius, 1783)

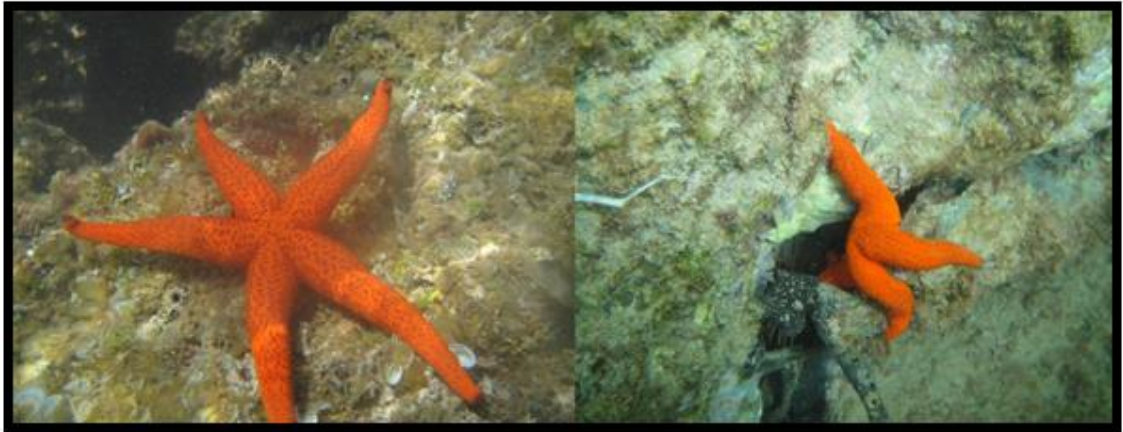


Figure 33 : *Echinaster sepositus* (Retzius, 1783), dans son habitat du port de Salamandre (Photos : Benzait H.).

3.2.2. Identification et systématique de l'ophiure *Ophioderma longicauda* (Retzius, 1789)

La détermination des espèces d'ophiures est plus délicate et un peu plus difficile que celle des astéries. On examinera d'abord le mode de recouvrement du disque qui peut être nu, soit sur les deux faces, soit sur la face ventrale. Avec un rayon de 150 mm, le corps des ophiures est formé d'un disque arrondi, duquel partent des bras minces et grêles généralement, très allongés, les bras sont tout à fait distincts du disque (Figure 34), les interradianes du disque restent libres. Les bras sont en principe au nombre de 05 (rarement 06 bras), ils continuent vers la bouche et ne sont, en aucune façon, soudés avec les bords du disque comme chez les astéries.

Le disque coiffe seulement leur région proximale, il est généralement couvert de plaques, qui parfois restent nues, alors que d'autres portent des piquants, des granules ou des tubérosités. Les plaques de la face dorsale du disque sont ordinairement nombreuses, de petite taille. Parmi elles, on distingue, vers l'insertion de chaque bras, une paire de plaques, plus grandes, appelées boucliers radiaux. Souvent, on reconnaît également, dans la partie centrale du disque, une des 06 plaques dites primaires, une centrale de 05 radiales, parfois contiguës, ou rosette séparées. Ces plaques ne représentent pas le squelette apical primaire des échinodermes, mais elles résultent d'un arrangement second. La face ventrale du disque offre à son centre la bouche, qui a une forme stellée, c'est à dire qu'elle offre cinq prolongements radiaux qui s'étendent jusqu'à la fin de la base des bras et sont séparés par cinq régions interradianes, recouvertes de plaques spéciales (Koehler, 1969).

L'espèce se cache généralement sous des rochers, des décombres coralliens et des objets similaires (Hendler *et al.*, 1995). Cette espèce vit sur les fonds rocheux et peut se

déplacer à grande vitesse grâce aux mouvements ondulatoires de ses bras. Elle vit depuis la surface jusqu'à 70 m de profondeur en Méditerranée et en Atlantique jusqu'à l'Ouest de la Bretagne où elle est relativement rare. Les ophiures se nourrissent principalement, de proies vivantes, de petits animaux qu'elles introduisent dans la bouche en les poussant à l'aide de leurs bras. Les espèces qui vivent en Méditerranée, à quelques mètres de profondeur sont généralement observées entre les algues et l'herbier de la posidonie telle que l'*Ophioderma longicauda*. Cette espèce peut être capturée à l'aide d'hameçons garnis de viande. Elle est sensible à l'eau douce dans laquelle elle meure très rapidement et le plus souvent sans se briser.

Règne :	Animalia
Embranchement :	Echinodermata
Sous embranchement :	Asterozoa
Sous classe :	Ophiuroidea
Classe :	Stelleroidea
Ordre :	Ophiurida
Sous ordre :	Ophiurina
Famille :	Ophiodermatidae
Sous famille :	Ophiodermatinae
Genre :	<i>Ophioderma</i>
Espèce :	<i>Longicauda</i> (Retzius, 1789)

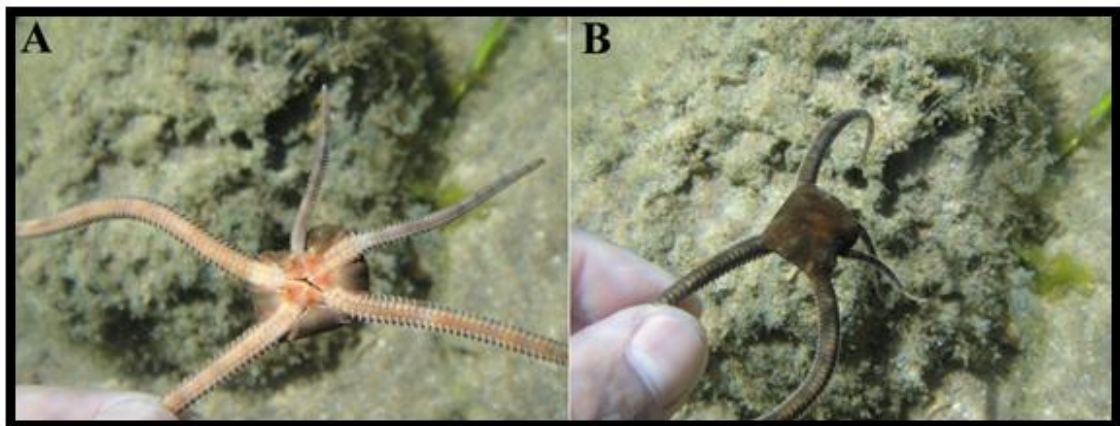


Figure 34 : *Ophioderma longicauda* (Bruzelius, 1805), dans son environnement aux pieds de la barrière de la plage de Stidia (A) face ventrale (B) face dorsale (Photos : Benzait H.).

3.3. Stratégie d'échantillonnage au niveau de l'étage sublittoral (circalittoral supérieure)

3.3.1. Concept scientifique des prises accessoires

Au cours de notre travail, nous avons constaté que les prises accessoires des petites embarcations par des filets de pêche sont moins destructifs (Figure 35). Dans ce contexte, on s'est appuyé sur une méthode indirecte qui consiste à récupérer ces prises,

qui sont généralement constituées d'invertébrés non visés tels que différentes classes d'échinodermes représentées par les astérides, holothurides, ophiurides et les échinides.



Figure 35 : Photos montrant, les prises accessoires pêchées par un filet de pêche artisanale (Flèche en jaune, une ophiure Gorgonocéphale des fonds chalutables de la plage de Sidi Medjdoub) [Photos : Benzait H.].

3.4. Holothuride *Parastichopus regalis* (Brünnich, 1789)

3.4.1. Identification et systématique

Les individus de *P. regalis* (Figure 36), ont été déterminés sur la base des critères morphologiques, anatomiques et endosquelétiques (la forme des sclérites de la face ventrale et dorsale et des tentacules). La préparation des sclérites est réalisée selon le protocole de (Samyn *et al.*, 2006). Des photos ont été prises sur les différents types de sclérites à l'aide du logiciel (Optika-view lite. Ver.2.1). Le corps *P. regalis* est mou, assez déprimé avec un repli latéral net portant de grandes papilles séparant la face dorsale de la face ventrale. La face dorsale, de couleur marron rougeâtre, est caractérisée par des tubules, plus ou moins alignés, de coloration blanche. Dans certains cas, entre 5 à 7 taches plus sombres sont observées sur la face dorsale. La face ventrale comporte plusieurs rangées de podia réparties en trois zones, deux externes de couleur brune blanchâtre et celle du milieu d'une couleur rouge vive. Les tentacules buccaux sont au nombre de 18 à 20 ; et deux tentacules de tailles plus importantes que ceux du corps, sont présentes de part et d'autre de l'orifice buccal et cloacal. Sur toute la couche supérieure du tégument dorsal et ventral sont réparties de petites taches noires.

L'examen anatomique est caractérisé par la présence de cinq paires de muscles longitudinaux de couleur blanchâtre à l'état frais. Leur coloration vire au crème après

CHAPITRE III : STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE ET IDENTIFICATION DES ESPECES

conservation à l'éthanol. Il existe une seule vésicule de Poli attachée à la couronne calcaire qui est fragile. Sur cette dernière sont attachées les ampoules tentaculaires, (Tortonese, 1965 ; Cherbonnier, 1988 et Khoeler, 1921). Les tubes de Cuvier sont absents chez cette espèce.

Règne :	Animalia
Embranchement :	Echinodermata
Sous embranchement :	Echinozoa
Classe :	Holothuroidea
Ordre :	Synallactida
Famille :	Stichopodidae
Genre :	<i>Parastichopus</i>
Espèce :	<i>Regalis</i> (Brünnich, 1789)

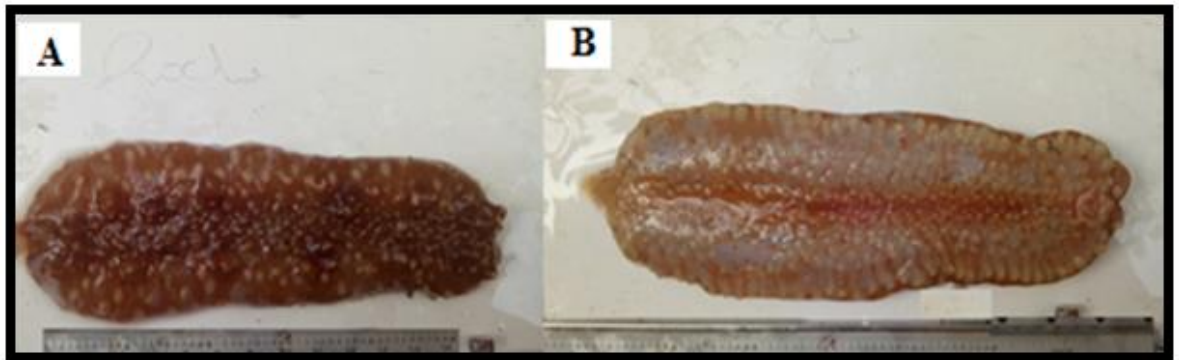


Figure 36 : (A) Face dorsale ; (B) Face ventrale de *P. regalis*, des zones chalutables de la plage de Sidi-Medjdoub (Photos : Benzait H.).

[CHAPITRE IV : MATERIEL ET METHODES]

IV. MATERIEL ET METHODES

Pour cette étude, une prospection et une enquête sur le terrain ont été réalisés au préalable avant de commencer l'échantillonnage et de choisir les sites d'études. Ainsi, les informations ont été recueillies et considérées, grâce à l'appui des pêcheurs, qui nous ont renseignés sur les zones de pêches, l'aspect des fonds marins, etc... Ces sources d'informations ont été des informations utiles et des repères dans notre travail.

4.1. Echantillonnage de l'*Echinaster sepositus* (Retzius, 1783)

Notre étude a porté sur 403 individus collectés durant 20 mois, du mois de Mars 2015 à Octobre 2016 ; avec une fréquence mensuelle de prélèvement de 20 individus en moyenne. L'échantillonnage s'est effectué en apnée libre aux pieds des digues artificielles du port de la Salamandre. L'astéride *E. sepositus*, s'abrite à l'intérieur des anfractuosités des dalles et s'installe dans les colonnes verticales de tapis d'algues. Les spécimens d'*E. sepositus*, ont été récoltés à des profondeurs allant de -2 m à -9 m, non loin de la zone d'évitage ou la zone de passe du port de la Salamandre.

Les échantillons ont été transportés dans une glacière remplie d'eau de mer et conservés à 04°C. Les différents paramètres (température, profondeur, nature de substrat.), ont été mesurés et mentionnés.

4.1.1. Mensurations

Une fois au laboratoire, les étoiles de mer ont été égouttées et pesées puis mesurées, et disséquées. Les mensurations ont été réalisées à l'aide d'un pied à coulisse (à ± 0.1 mm près) et une balance de précision au $1/10^{\text{ème}}$ de mg près. Dans notre travail, les tailles ont été estimées en mesurant les bras de leur extrémité au centre de disque, chacune des tailles représente une valeur moyenne calculée sur les cinq bras (Figure 37). Si manifestement un ou plusieurs d'entre eux sont en régénération, il n'en est pas tenu compte dans le calcul de la moyenne comme cela était préconisé par (Delavault & Cognetti, 1957; 1958). Pour réaliser le suivi des indices physiologiques, sur l'ensemble des individus disséqués mâles et femelles, les gonades et les contenus digestifs ont été soigneusement prélevés et séparément pesés.

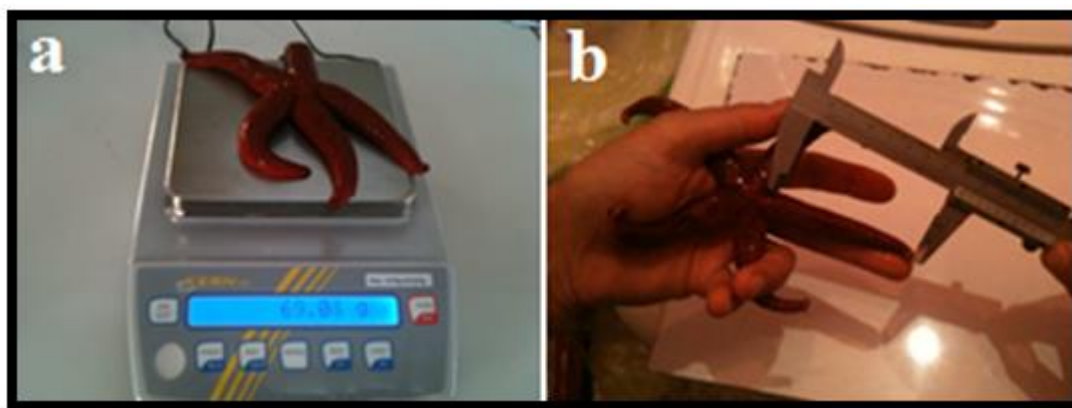


Figure 37 : Mesures biométriques, portées sur l'étoile de mer *Echinaster sepositus* (Retzius, 1805), (a) poids corporel humide ; (b) longueur totale de bras.

4.1.2. Détermination du sexe

L'étoile de mer *E. sepositus* est une espèce gonochorique, la détermination de sexe nécessite la dissection de l'espèce. Etant donné qu'il y'a absence de dimorphisme sexuelle chez cette espèce ; on distingue entre le mâle et la femelle en se basant sur la couleur de la gonade dans le cas où elle est présente. Par ailleurs, l'individu est considéré comme indéterminé ou immature s'il y'a absence de gonade.

4.1.3. Calcul du sex-ratio

La sex-ratio est traditionnellement calculée en rapportant le nombre de mâles ou le nombre de femelles, au nombre total de mâles et de femelles dans la population. Il représente l'abondance d'un sexe par rapport à l'autre dans une population d'une espèce donnée (Kartas et Quignard, 1984). Le résultat attendu est en général une égalité numérique entre les sexes (1:1) et les différences éventuelles sont considérées comme des déviations apparentes par rapport à la situation normale. Le suivi mensuel de cet indice est l'un des paramètres, qui contribue au maintien, dans une certaine limite, de la capacité reproductrice de l'espèce et s'exprime sous différentes formes :

Pourcentage de femelles ou taux de féminité :

$$\text{Taux de féminité (\%)} = \frac{\text{Effectif des femelles}}{\text{Effectif total}} \times 100$$

Pourcentage de mâle ou taux de masculinité :

$$\text{Taux de masculinité (\%)} = \frac{\text{Effectif des mâles}}{\text{Effectif total}} \times 100$$

Avec l'intervalle de confiance au risque de 5%, qui est calculé à partir de la formule suivante (Schwartz, 1983):

$$IntConf = \pm 1,96 \times \frac{\sqrt{P * Q}}{N}$$

P: pourcentage des femelles dans la population étudiée ;

Q: pourcentage des mâles ;

N : nombre total des mâles et des femelles ;

4.1.4. Calcul de l'indice de condition (K)

Le facteur de condition (K), en fonction du mois, a été calculé en utilisant la formule suivante.

$$K = 100 \times Pt / Lt^3$$

Dans notre cas, il est utilisé le poids humide de l'espèce.

4.1.5 Méthodes d'étude du cycle de reproduction chez *Echinaster sepositus*

4.1.5.1 Suivi du développement gonadique (R. G. S.)

Dans cette étude, la quantification de la reproduction est basée sur le calcul de l'indice gonadique, c'est-à-dire du rapport du poids de la gonade à celui du corps. L'indice couramment utilisé pour les astéries est celui de (Bougis, 1952) ; c'est-à-dire le rapport du poids de la gonade (**Pg**) à celui du corps (**Pt**) exprimé en pourcentage (%), définissant ainsi le rapport gonado-somatique.

$$RGS = Pg/Pt \times 100$$

(Bouchereau, 1981), a utilisé un indice gonado-somatique, définit comme étant égal à 100 fois le poids de la gonade sur la relation propre à l'espèce étudiée, exprimant le poids théorique de l'animal en fonction de la longueur mesurée.

$$IGS = Pg/Pt \times 100$$
$$Pt = a \times Lb$$

Dans notre étude, nous avons utilisé l'indice gonadique ou rapport proposé par (Bougis, 1952) et modifié par Cet indice gonadique (IG) se calcul comme le poids humide

des 5 gonades chez un individu Pg /poids du corps total humide du même individu Pt en pourcentage. Ce dernier permet de mieux caractériser les périodes de forte augmentation du poids de la gonade.

$$IG = Pg/Pt \times 100$$

4.1.5.2. Suivi de la maturation des gonades

L'examen histologique (Figure 38) des gonades chez les espèces gonochoriques telles que l'espèce *E. sepositus*, fournit des informations sur l'état dans lequel se trouve ces organes à des périodes déterminées.

L'étude de la maturation, a été abordée en utilisant deux méthodes complémentaires: l'observation des variations mensuelles du pourcentage de maturité, et l'examen des coupes histologiques des gonades. Les stades de développement ont été différenciés en adaptant l'échelle de définit pour d'autres asteroides.



Figure 38 : Photo montrant la préparation des gonades d'*Echinaster sepositus* pour les coupes histologiques (Photo : Benzait H.).

Au laboratoire, l'étude histologique a été réalisée sur des échantillons d'étoiles de mer, dont les gonades ont été retirées d'une manière régulière (chaque mois un ensemble de cinq à huit individus ont été mesurés, disséqués avec les cinq gonades retirées et immergées dans un liquide fixateur). Les méthodes utilisées pour l'analyse microscopique des gonades sont les méthodes d'histologie classique, en utilisant les colorations topographiques. Nous avons utilisé deux types de fixateurs : le liquide Bouin -eau de mer. Ces fixateurs préparent bien les tissus aux méthodes de colorations de topographie. Les gonades fixées sont ensuite soumises à une série de traitements, dont le but est de préparer l'inclusion à la paraffine non miscible à l'eau des différents tissus de ces pièces. Cette étape comporte trois phases: la déshydratation, l'imprégnation des pièces par la paraffine et l'inclusion proprement dite ou coulage du bloc. La déshydratation se fait dans des bains d'alcool de titre croissant. Par la suite, l'éthanol n'étant pas miscible dans la paraffine, il est remplacé par un solvant : le toluène, liquide intermédiaire. Puis les gonades sont imprégnées à chaud dans la paraffine liquide. Et enfin, des coupes, de 05 à 07 μ m d'épaisseur sont réalisées à l'aide d'un microtome Américain Optical, après avoir monté le bloc de paraffine dans le porte bloc, les rubans de coupe sont collés sur une lame en verre à l'aide d'une colle biologique à savoir l'eau albumineuse. Après étalement du ruban, chaque lame est identifiée et étiquetée. Le collage et le séchage se fait sur une plaque chauffante à une température de 37° à 40°C. La coloration des lames a été réalisée par une coloration de routine. Une coloration bichromique : hématoxyline éosine, c'est une coloration nucléaire bleue résultant de l'action de l'hémalum et une coloration rouge provenant de l'action de l'éosine (Langeron, 1942).

Le déparaffinage est ensuite réalisé en passant par une succession de bains, d'abord dans un solvant permettant l'élimination de la paraffine (toluène) puis dans des alcools de titre décroissant, de 100° (compatible avec le solvant précédent) jusqu'à 70° (compatible avec l'eau), avant un bain dans l'eau assurant la réhydratation finale.

Après réhydratation, la coupe est colorée. Elle est d'abord plongée dans l'hématoxyline pendant 45 secondes puis rincée à l'eau courante. Par la suite elle est trempée dans l'éosine pendant 10 secondes puis rincée à l'eau courante (Il faut veiller à ne pas décoller la coupe par un courant d'eau trop violent).

Il faut alors procéder à la déshydratation, opération inverse de celle menée au début, avant de pouvoir faire le montage dans la résine (Eukitt). La déshydratation est réalisée en plongeant la lame dans un bain d'alcool à 70° et 95° successivement puis dans un

bain d'alcool à 100 et enfin dans deux bains de solvant (xylène), à la sortie du solvant, une goutte de résine de montage (Eukitt) est disposée sur la coupe et une lamelle est appliquée de façon à ce que la résine recouvre l'ensemble de la coupe en orientant la lamelle d'un angle de 30°, puis on dépose cette dernière soigneusement pour éviter la formation des bulles d'air. La préparation est alors prête à l'observation microscopique. A cet effet, en se basant sur l'échelle définie par (Byrne 1997) et adapté à notre espèce on a déterminé les stades microscopiques de maturité sexuelle.

4.1.5.3. Suivi de l'activité trophique

Le suivi de la variabilité temporelle de l'indice du coeca pylorique a été réalisé, car il a été prouvé que seul le coeca pylorique est considéré comme organe de réserve chez les étoiles de mer. Ni les autres organes digestifs ni la paroi du corps (tégument) n'accumulent de réserves d'énergie. Lors d'une digestion d'une durée moyenne (2 à 4 semaines), le contenu du coeca pylorique suffit à assurer la survie de l'animal en libérant leur matière de réserve et en commençant simultanément à s'autolyser. Cet indice a été calculé comme le poids humide du contenu du coeca pylorique / poids du corps entier en pourcentage comme l'ont préconisé (Giese, 1966 ; Ventura *et al.*, 1997 ; Lawrence et Miller, 1999 et Carvalho et Ventura, 2002).

4.1.5.4. Suivi de la température

Selon (Giese, 1959) et (Fuji, 1960), la température est un facteur non seulement jouant un rôle dans le déclenchement de la ponte, mais aussi dans la maturation des gonades. De plus, la température est considérée comme un facteur d'inhibition ou de ralentissement de la nutrition (Smith, 1971). Dans notre étude on a pris en considération la variation de la température pour mieux expliquer la maturation des gonades et le cycle de reproduction, ainsi que l'activité trophique d'*Echinater sepositus*. La température de l'eau a été obtenue en utilisant une Montre Ordinateur d'apnée multifonction SeacSub Partner

4.2. Etude de l'ophiure *Ophioderma longicauda* (Retzius, 1789)

4.2.1. Echantillonnage

Un ensemble de 125 individus de l'ophiure, *O longicauda* a été collecté durant une année, de janvier à décembre 2015, en apnée, dans une zone peu profonde, entre 0.50 m et 1 m, le long de la barrière de 300 m, près de la plage de Stidia. A noter que les prélèvements dépendent de l'état de la mer et le comportement sciaphile de

l'*Ophioderma longicauda*. Tout au long du prélèvement, sur une fiche, sont mentionnés les paramètres suivants : état de la mer, la température de l'eau, la profondeur et la nature des substrats.

4.2.2. Mensurations

Une fois, les ophiures sont récoltées, elles sont transportées dans une glacière, à 04°C, remplie d'eau de mer et rapportées au laboratoire LPVRMLSM, dans la journée même qui suit l'échantillonnage. Une fois au laboratoire, les spécimens sont d'abord mesurés (Figure 39b) à l'aide d'un pied à coulisse (à ± 1 mm près) et pesés par une balance électronique de précision (à ± 0.1 de mg près) (Figure 39a). Les ophiures sont disséquées sous la loupe binoculaire (Figure 40). L'observation sous le microscope est nécessaire pour une bonne identification de l'espèce. Le poids total humide de chaque individu et le diamètre de disque sont mesurés, pour réaliser l'étude de la structure démographique et les caractéristiques morphologiques de cette espèce.

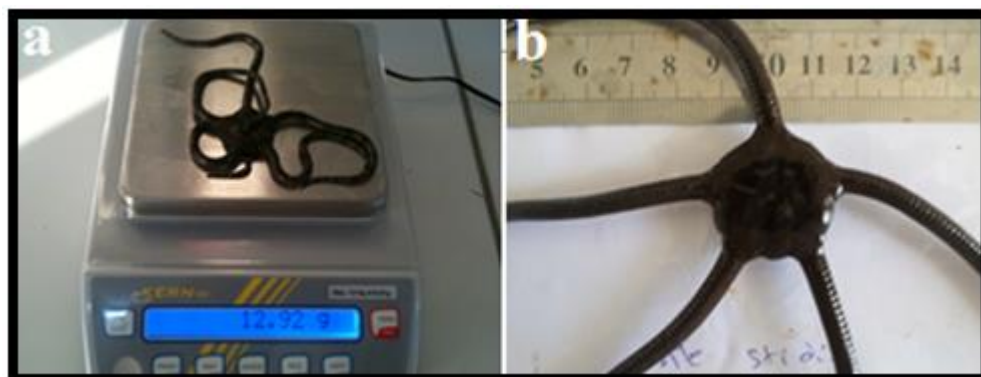


Figure 39 : Mesures biométriques et pesée de l'espèce *Ophioderma longicauda* (Retzius, 1789) (a) poids corporel humide ; (b) longueur totale de disque et le bras.



Figure 40 : Observation de l'*Ophioderma longicauda*, sous la loupe binoculaire ZEISS.

4.2.3. Identification et variabilité biologique

La détermination et l'identification de l'espèce *Ophioderma longicauda*, ont été réalisées grâce aux fiches FAO. En absence de dimorphisme sexuelle, la distinction entre les mâles et les femelles ne peut se faire qu'en disséquant cette espèce.

4.3. L'holothurie: *Parastichopus regalis* (Brünnich, 1789)

4.3.1. Echantillonnage

Durant notre échantillonnage et prospection des espèces d'astéries et d'ophiures, nous avons pu récupérer indirectement (par prise accessoire) l'espèce de concombres de mer royale *Parastichopus regalis*, au niveau du domaine sublittorale de la plage de Sidi-Medjdoub. Ainsi, trois individus de *P. regalis* ont été pris à 53 m de profondeur durant le mois de février 2019 par des filets de pêches (Trémail), d'une longueur de 15.000 m et une chute de 2 m environ, sur une embarcation artisanale de 4,80 m (Figure 35). L'embarcation de pêche dispose d'un moteur classique Yamaha d'une puissance 40 chevaux. L'opération de l'échantillonnage, dépend des conditions climatiques. La profondeur a été pointée par un sondeur de marque (Humminbird Helix 5 G2). L'étude a été réalisée à partir de deux échantillonnage obtenus des débarquements des petites embarcations où 32 individus de *P. regalis* provenaient des zones profondes de pêche de la plage de Petit port (Figure 29B), les individus de *P. regalis* ont été pris par un chalutier pélagique, durant le mois de Janvier 2020. Une fois à bord, les individus de *P. regalis*, ont été immédiatement transportés au laboratoire LPVRMLSM dans une glacière à 4°C.

4.3.2. Mensuration

Au laboratoire, chaque individu est photographié en utilisant un appareil photo (Nikon D5300), puis mis dans une solution d'eau de mer à laquelle on a additionnée un anesthésiant [Chlorures de Magnésium $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ (10 à 15g/ litre)], jusqu'à obtention de la relaxation totale et d'une non-contraction obtenue environ 10 à 15 minutes plus tard. Après cela chaque individu a été mesuré et pesé puis immédiatement conservé dans l'éthanol (90°) dans un bocal étiquetés sur lesquelles sont mentionnés (date de prélèvement, profondeur, observations). Dans le but de garder les caractéristiques morphologiques intactes, la conservation de *P. regalis*, exige une immersion immédiate dans l'alcool éthylique, afin d'éviter toute dégradation de l'individu.

Les paramètres suivants ont été mesurés : Le poids frais [Poids corporel humide avec viscères et le système digestif, sur une balance à précision de type METTLER $\pm 0,01$ g d'une portée de 500 grammes au 1/10 mg près. (Figure 41a) et la longueur totale anesthésiée, de l'extrémité de la bouche jusqu'à l'ouverture du cloaque en utilisant une règle graduée au millimètre près (Figure 41b).

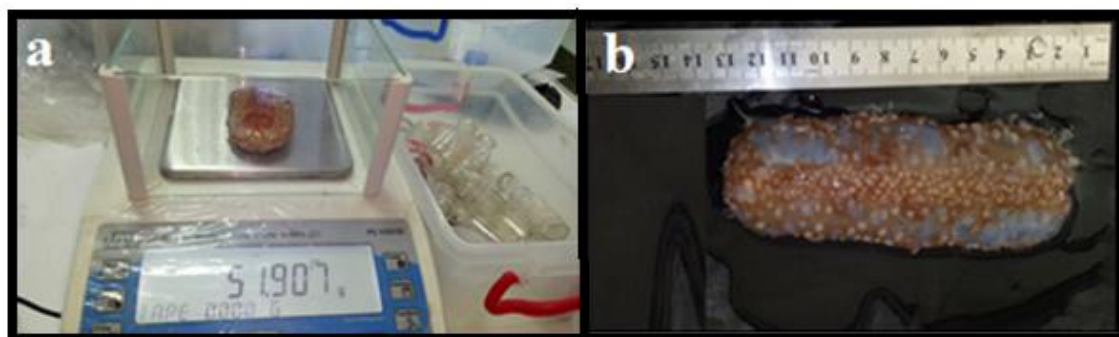


Figure 41 : Mesures biométriques réalisées ; (a) poids corporel humide ; (b) longueur totale anesthésiée de *Parastichopus regalis* (Cuvier, 1817).

Les individus récoltés ont été identifiés en se basant sur trois critères [(morphologique, endosqueletique et anatomique) (Mezali, 1998 ; 2008)]. Nous avons confirmé l'identité des concombres de mer, en utilisant le critère endosqueletique (structure des sclérites). Pour cela, de très petits morceaux de tissus ont été prélevés de la face ventrale, la face dorsale et des tentacules en utilisant une lame bistouri. Chaque morceau de tissu est déposé sur une lame de microscope sur laquelle on ajoute quelques gouttes d'eau de Javel [(3,5%) (Samyn *et al.*, 2006 ; Tortonese et Vadon, 1987)] et la lame est ainsi examinée au microscope photonique (Nikon Labophot-2) au grossissement 10×40 . Des prises de vues ont été réalisées sur les différents types de sclérites (endosquelette) observés.

4.3. Etude de la croissance et de la dynamique de population

La croissance moyenne individuelle des espèces, est une donnée de base pour l'étude de la dynamique de population. Sa connaissance, même approximative, permet une meilleure compréhension de l'évolution des stocks en fonction des modifications apportées dans leur exploitation. Le gain de poids moyen, obtenu en un temps donné, est un élément essentiel dans les équations. Les fonctions de croissance peuvent différer d'une espèce à une autre, mais également entre deux stocks à l'intérieur de la même espèce et avoir des valeurs différentes selon les zones de répartition biogéographique. Dans cette thèse, nous avons étudié la croissance linéaire et la croissance relative de

l'astéride *Echinaster sepositus*, de l'ophiure *Ophioderma longilicauda*, ainsi que la structure de taille de l'holothurie royale *Parastichopus regalis*.

4.3.1. Détermination de la structure des tailles

Toute approche structurale de la dynamique des populations d'une espèce est nécessaire pour déterminer la croissance des espèces et l'estimation de leur stock. L'âge des échinodermes pour une taille donnée et leur vitesse de croissance ont été déterminés essentiellement par diverses méthodes indirectes.

Les méthodes indirectes font appel à une estimation statistique de l'âge à partir des distributions de fréquences de tailles dans une population. La méthode la plus couramment utilisée est celle de (Petersen 1892). Celle-ci a par la suite été améliorée par différentes méthodes plus précises (Harding, 1949; Battacharya, 1967; Gheno et Leguen, 1968).

4.3.2. Détermination de la croissance linéaire par de l'équation de Von Bertalanffy

Il existe plusieurs modèles mathématiques pour exprimer la croissance. Le modèle le plus utilisé reste celui de (Von Bertalanffy, 1938). Partant des observations physiologiques de (Von Bertalanffy 1951) et de (Pauly et Moreau, 1997); il a été démontré que la croissance pondérale est le résultat de deux processus physiologiques :

L'anabolisme ou processus de synthèse, dont le taux est proportionnel aux surfaces absorbantes, qui tend à augmenter le poids ;

Le catabolisme ou processus de dégradation, dont le taux est proportionnel au poids, qui tend à diminuer ce dernier ;

Ces deux processus interviennent continuellement et simultanément pendant toute la vie de l'animal. La différence entre eux, à un instant quelconque, définit le taux de variation de poids par l'équation différentielle où :

S = surface absorbante ;

W = poids ;

dW = variation de poids pendant le temps dt ;

H = coefficient d'anabolisme ;

D = coefficient de catabolisme ;

La croissance étant supposée isométrique, (**S**) est proportionnel au carré de la longueur et (**W**) à son cube. Ainsi, de l'équation ci-dessus, on peut déduire le modèle décrivant la variation du taux instantané de croissance en longueur, en fonction de la taille.

L'intégration de cette équation différentielle conduit au modèle de croissance linéaire que l'on rencontre le plus couramment en halieutique :

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

Bien que Von Bertalanffy, ait justifié son modèle par des considérations métaboliques, il est préférable de le voir comme un modèle descriptif, et être prudent à ne pas attribuer trop de significations biologiques aux paramètres (**L_∞**), (**K**) et (**t₀**) qui ne font que résumer l'ensemble des données disponibles :

- **L_∞** = est la longueur asymptotique. Théoriquement, c'est la taille moyenne qu'atteindrait un organisme marin qui pourrait vivre et grandir indéfiniment ;
- **K** = est le coefficient de croissance (ou paramètre de courbure). Il caractérise la rapidité avec laquelle le poisson croît vers la longueur asymptotique ;
- **t₀** = est l'âge théorique pour lequel le poisson a une longueur nulle. Il désigne le point de départ de la courbe de croissance sur l'axe des temps si l'organisme marin avait grossi selon le modèle de croissance de ([Von Bertalanffy, 1938](#)) ;

Ces paramètres, sont donc des valeurs mathématiques et n'ont pas de significations biologiques précises dans le sens strict du terme. Les courbes de croissance ne sont valables en toute rigueur que dans l'intervalle d'âge ou de taille correspondant aux données observées.

4.3.3. Détermination de la croissance relative

Selon ([Palma et al., 1998](#)) les caractères morphométriques, sont des mesures de dimensions corporelles proportionnelles, qui peuvent fournir des informations utiles sur le degré de similitude des taxons. Les variations intra et interspécifiques des caractères morphométriques peuvent être exprimées par:

- Une variation relative de la taille des différentes parties du corps en fonction du poids du corps ;
- Une variation proportionnelle relative : à savoir une estimation du volume du corps par rapport à sa taille ;
- Une association entre ces différentes variables ;

Nous avons étudié, la relation allométrique (taille – poids), pour les deux sexes chez l’astérie *Echinaster sepositus*, pour toute la population (tous sexes confondus) pour l’ophiure *Ophioderma longicauda* et pour l’holothurie royale *Parastichopus regalis* afin de caractériser, d’un point de vue biométrique, la relation taille-poids et de comparer les paramètres (Tableau 1), comme suit :

➤ **Pour *Echinaster sepositus***

$$PH = a \times LB^b$$

Où:

PH: poids Humide du corps ;

LB: longueur moyenne de bras La valeur observée de la pente (**b**) est comparée à la valeur théorique qui est égale à 3.

➤ **Pour *Ophioderma longicauda***

Les paramètres biométriques calculés pour l’ensemble et sans distinction de sexes de la population sont :

PH: poids humide du corps;

DD: diamètre moyen des disques ;

$$PH = a \times DD^b$$

Avec (**a**) et (**b**) sont des paramètres d’équation. Pour chaque équation trouvée, les valeurs observées de la pente (**b**) est comparée à la valeur théorique qui est égale à 3.

➤ **Pour *Parastichopus regalis***

Les paramètres biométriques (**a**) et (**b**) sont déterminés pour toutes la population étudiée du concombre de mer avec :

PH: Poids humide du corps;

LT: longueur Totale anesthésiée;

$$PH = a \times LT^b$$

Tableau 1 : Interprétation des valeurs de la pente (**b**)

La pente(b)	Croissance	Signification
b < 3	Minorante	La taille du corps considéré croît proportionnellement moins vite que celle du poids.
b = 3	Isométrique	Les deux variables croissent proportionnellement au même rythme.
b > 3	Majorante	La taille du corps considéré croît proportionnellement plus vite que celle du poids.

Par la suite, le type de la croissance est déterminé en comparant la valeur de (**t**) calculée (**t-cal**), à la valeur théorique (**t-théo=1.96**), pour un risque de 5%.

- Si $t_{cal} < 1,96$: la relation entre les deux variables est isométrique, la taille croît proportionnellement avec le poids.
- Si $t_{cal} \geq 1,96$: la relation entre les deux variables est allométrique croît plus vite ou moins vite. La valeur (**a**) de la pente décide alors du type d'allométrie :
-
- Si $a < 3$ l'allométrie est minorante
- Si $a > 3$ l'allométrie est majorante

[CHAPITRE V : RESULTATS ET DISCUSSIONS]

PARTIE-1-
ETUDE DES TRAITES DE VIE d'*Echinaster sepositus* (Retzius, 1783),

PARTIE 1: Etude des traits de vie d'*Echinaster sepositus* (Retzius, 1783)

5.1. Description des gonades et détermination du sexe

Chez *Echinaster sepositus*, les sexes sont séparés et la gonade est localisée au niveau des bras de chaque individu; elle est de couleur jaune chez les mâles (Figure 42a) et rouge foncé chez les femelles (Figure 42b). Chez les deux sexes, la gonade est représentée par un grand sac unique composé de plusieurs petites saccules (Riesgo *et al.*, 2011).

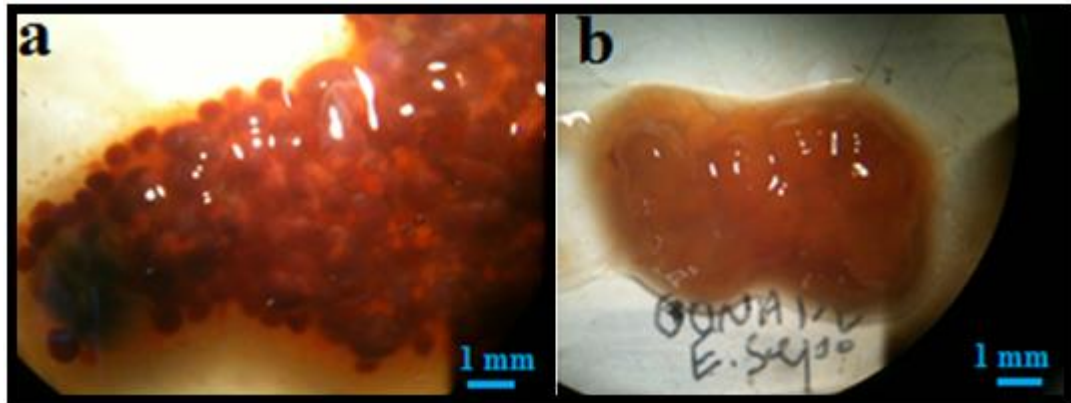


Figure 42 : Photo montrant des gonades femelles (a) et mâles (b) d'*Echinaster sepositus* (Retzius, 1805), prise sous la loupe binoculaire (G : x 10) de la région de la Salamandre (Photos: Benzait H.).

5.2. Etude du Sex- ratio chez *E. sepositus* du port de Salamandre

5.2.1. Calcul du Sex- ratio pour toute la population d'*E. sepositus*

Le sex-ratio global calculé pour l'ensemble de la population d'*E. sepositus*, échantillonnée durant la période allant de Mars 2015 à Octobre 2016, est supérieur à 1. Ce dernier est de 1.35 %, et est en faveur des Mâles (Tableau 02).

Tableau 2 : Sex-ratio global chez *E. sepositus* (M : mâles, F : femelles)

Nombre Total	Nombre de mâles	Nombre de Femelles	Pourcentage des Mâles (%)	Pourcentage des Femelles (%)	Sex ratio rapport de M/F
403	232	171	0.57	0.42	1.35%

Les variations des proportions numériques des sexes, ont été analysées et testées par le test de Khi-deux (χ^2). Ce dernier a montré une distribution normale avec $P > 0.05$ (voir annexe 1).

5.2.2. Suivi de l'abondance des deux sexes en fonction des saisons

Le suivi saisonnier de l'abondance des deux sexes *d'E. sepositus* a montré que ce sont les mâles qui dominent durant toute la période d'échantillonnage sauf en hiver. Par ailleurs, la population semble être équilibrée en été où la proportion entre les mâles et les femelles est équivalente (Figure 43).

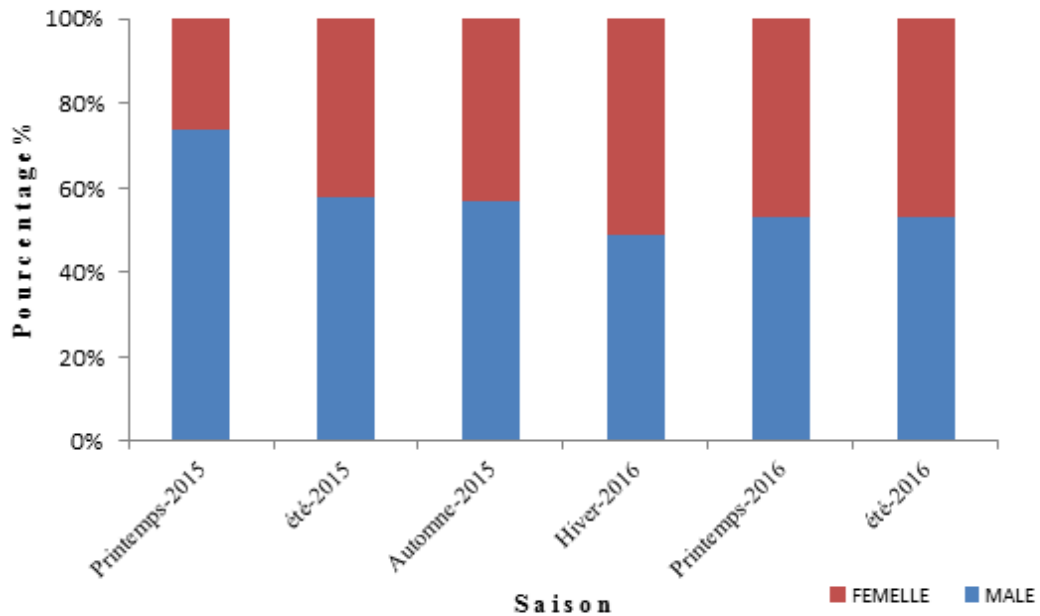


Figure 43 : Abondance saisonnière des deux sexes de la population échantillonnée d'*E. sepositus* au niveau du port de Salamandre.

5.2.3. Suivi mensuel du Sex-ratio d'*Echinaster sepositus*

Les valeurs mensuelles du sex ratio d'*E. sepositus* calculées pour toute la période d'échantillonnage allant de Mars 2015 à Octobre 2016, sont représentées par la figure 44, et montrent des fluctuations durant toute la période d'étude avec cependant, une prédominance des mâles.

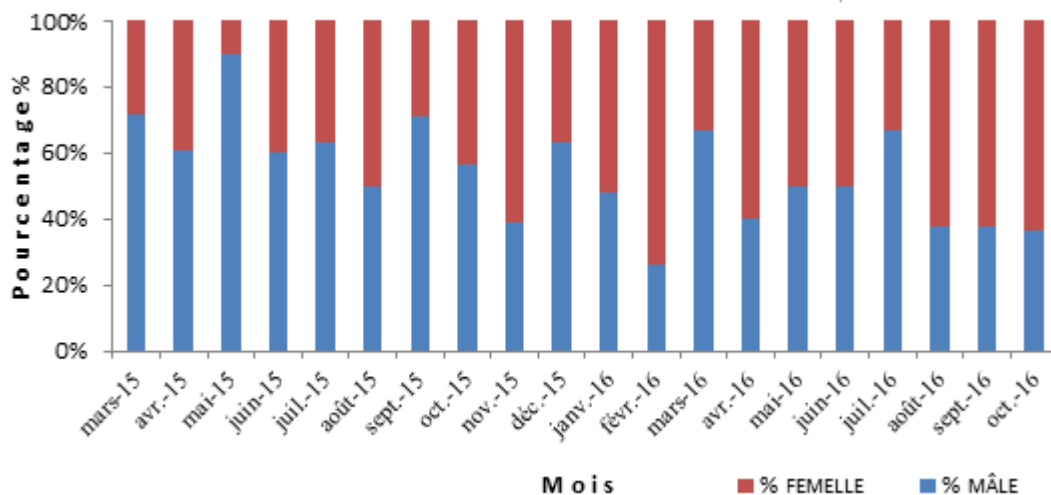


Figure 44 : Abondance mensuelle du taux de femelles et de mâles chez *E. sepositus* échantillonnée au niveau du port de la Salamandre.

5.3. Suivi mensuel du facteur de condition(K)

Le facteur de condition (K), présente une faible fluctuation au cours de l'année, autant pour les mâles que pour les femelles (voir Figure 45), avec une valeur plus élevée enregistrée en mois d'Aout 2015 et Septembre 2015 chez les mâles. Cependant, le pic du facteur de condition est observé chez les femelles au mois de Mars 2016 et Aout-Septembre 2016.

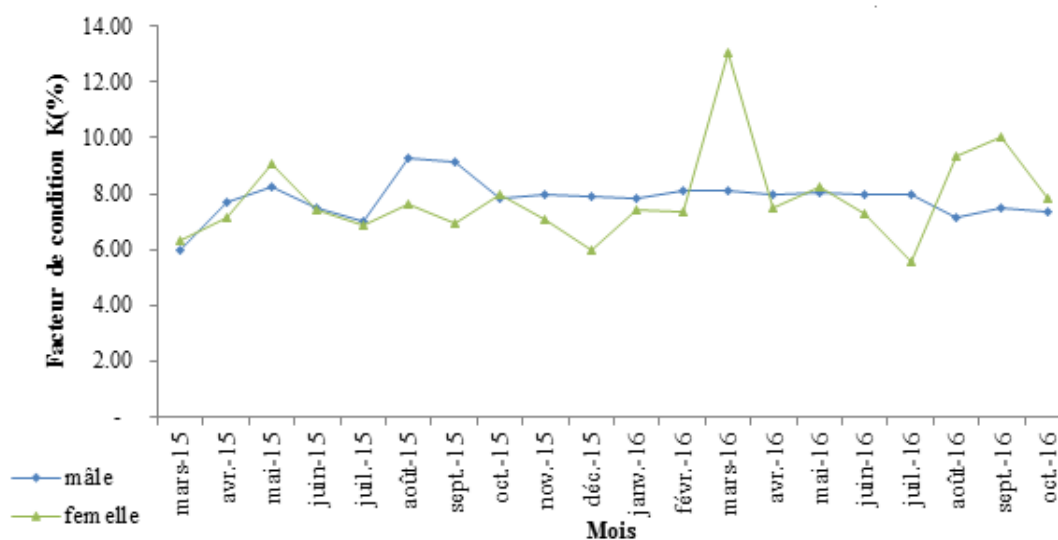


Figure 45 : Evolution mensuelle du facteur de condition (K) par sexes de l'espèce *Echinaster sepositus* au niveau du port de la Salamandre.

5.4. Détermination des indices physiologiques chez les différents sexes de l'astéride *Echinaster sepositus*

5.4.1. Suivi mensuel des indices physiologiques chez les mâles

5.4.1.1. Suivi mensuel de l'indice gonadique

L'analyse de l'évolution mensuelle de l'indice Gonadique moyen (IGm), a montré chez les mâles d'*E. sepositus* durant la première année (2015) (Figure 46A), une valeur maximale de 12.59 ± 6.84 de l'IGm au mois de Juillet 2015, suivi d'une chute progressive de ce dernier pour atteindre une valeur minimale de 1.70 ± 0.79 durant le mois de Novembre de la même année. Ensuite, cet indice augmente progressivement de novembre jusqu'au mois de mai 2016 où il atteint une valeur de 10.73 ± 3.00 . Puis chute brutalement au mois de juin et réaugmente pour atteindre au mois d'aout une valeur élevée de 14.09 ± 1.53 , suivi d'une chute progressive de cet indice similaire à celle de l'année 2015. Ces pics ou ces valeurs maximales de l'indice gonadique moyen impliquent que les gonades sont à leur maximum de développement et correspondent à une phase de pleine maturité sexuelle où la gonade contient des gamètes sexuelles pouvant participer à la fécondation. Par ailleurs, la chute de cet indice correspond vraisemblablement à une émission de gamètes mâles marquant ainsi la ponte chez *E. sepositus*.

5.4.1.2. Suivi mensuel de l'indice du coeca pylorique

Le suivi mensuel de l'indice du coeca pylorique met en évidence des valeurs assez basses, (Figure 46B), situées entre [6.12-6.30], enregistrées durant le mois de juillet et octobre de l'année 2015. Par ailleurs, une valeur de 7.56 est observée le mois de juillet durant l'année 2016. Ces valeurs impliquent que cette espèce se nourrit toute l'année et que le milieu est potentiellement riche en matière nutritive.

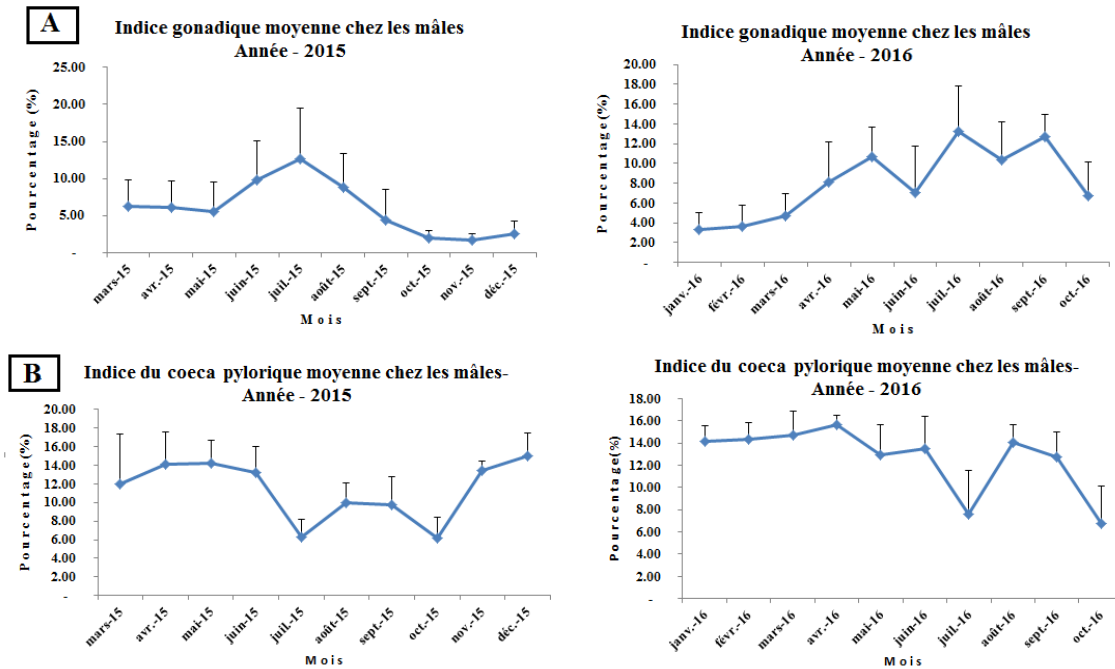


Figure 46 : Variations mensuelles des indices gonadiques moyens et indices coeca pyloriques (ICPm et IGM) durant les années 2015 et 2016 chez les mâles d'*Echinaster sepositus* du port de Salamandre.

5.4.2. Suivi mensuel des indices physiologiques chez les femelles d'*E. sepositus*

5.4.2.1. Suivi mensuel de l'indice gonadique

Les variations de l'indice gonadique moyen (IGM), chez les femelles d'*E. sepositus* (Figure 47C), montrent la présence d'une valeur maximale en 2015 localisée au mois de juillet avec une valeur de 11.07 ± 7.24 . Par contre, en 2016 la valeur maximale de l'indice gonadique chez les femelles est observée au mois d'Aout avec une valeur maximale de 13.80 ± 3.72 . Cette valeur est significativement supérieure à celle observée au mois de juillet en 2015. Ce qui fait penser que l'intensité de ponte est plus forte en 2016 par rapport à 2015. En revanche, la valeur minimale est enregistrée le mois de novembre 2015, avec une valeur de $2.82 \pm$, alors qu'en 2016 la valeur minimale est obtenue en octobre et est de 3.57 ± 2.42 .

5.4.2.2. Suivi mensuel de l'indice du coeca pylorique

En parallèle l'indice de réplétion, (Figure 47D) montre une valeur minimale durant le mois d'octobre de l'année 2015, soit une valeur de 7.01 ± 2.16 , suivi d'une chute progressive qui atteint la valeur de 6.61 ± 2.58 durant le mois d'octobre 2016. Cette chute signifie l'intense dépense énergétique au cours des périodes froides.

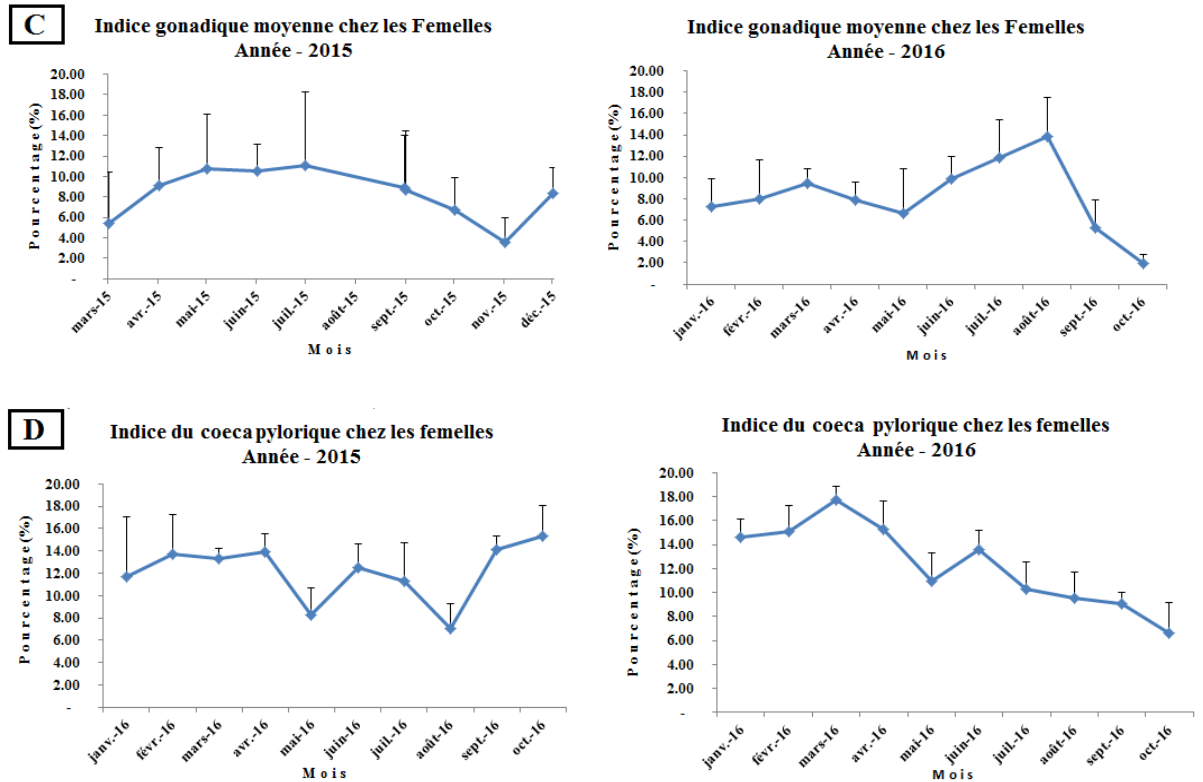


Figure 47 : Variations mensuelles des indices gonadiques moyennes et indices coeca pyloriques (ICPm et IGM) durant les années 2015 et 2016 chez les femelles d'*Echinaster sepositus* du port de Salamandre.

5.4.3. Suivi mensuel des indices physiologiques chez toute la population d'*E. sepositus* échantillonnée dans le site de Salamandre

Dans cette partie, nous avons regroupé les deux sexes, une fois l'homogénéité des variances vérifiée, les résultats obtenus par l'ANOVA à deux facteurs. L'IG moyen n'a pas montré une différence significative entre les deux sexes au niveau de site de la Salamandre ($F = 0.9482$, $P 0.336674$, $P < 0.05$). En effet, les deux sexes ont les mêmes attitudes reproductives, leurs gonades se développent en même temps. L'analyse des variances de l'IG moyen en fonction des deux années n'a pas montré une différence significative ($F = 1.2269$, $P 0.275347$, $P < 0.05$), les résultats des analyses, sont reportés sur l'annexe 2.

D'autre part, pour comparer la variation de l'IG moyen entre les deux années 2015 et 2016, au niveau du même site de Salamandre, le test 't' de Student a été appliqué. Les résultats du test 't', ont montré qu'il n'y a pas de significativité entre les valeurs de l'IG moyen entre les deux années avec ($F= 0.918$, t-test de Student, $P = 0.261$, $P < 0.05$).

Par contre, la variation mensuelle de l'IG moyen, est significative ; l'ANOVA à un seul facteur (en fonction des mois) a montré une différence hautement significative avec ($F=$

4.0155, $p= 0.001423$, $p < 0.05$). De même pour la variation de l'IG moyen en fonction de la saison avec ($F= 10.3137$, $P= 0.001423$, $P < 0.05$).

Par ailleurs, pour mieux visualiser le cycle de reproduction chez cette espèce et cibler la ou les périodes de maturation des gonades ; la ponte et la période de repos sexuel, on a regroupé les indices physiologiques des deux sexes et on a analysé leur variabilité mensuelle en fonction de la température.

L'analyse des indices physiologiques, de l'étoile de mer *E. sepositus* chez les deux sexes en fonction de la température (Figure 48E), montre que les valeurs maximales enregistrées des IGM, dépendent étroitement de la hausse des températures. Ceci a été vérifié par le test de corrélation «t» de Student pour analyser la corrélation existante entre l'IG moyen et la température. Le résultat obtenu montre qu'il existe un lien hautement significative entre l'indice gonado-somatique et la température ($F= 0.362$, $P= 0.0001$, $P < 0.05$). On remarque aussi que durant les deux années 2015 et 2016, les périodes correspondant à l'accroissement de l'indice gonadique sont liées à l'augmentation progressive de la température et que les chutes des IGM coïncident avec une hausse de la valeur des températures. Aussi, les valeurs maximales de l'indice gonadique durant les deux années sont atteintes durant les mois où les valeurs de températures sont les plus élevées et qui correspondent à la période de la pleine maturité sexuelle des gonades chez *E. sepositus*.

Dans l'ensemble, les valeurs moyennes de l'indice de coeca pylorique sont plus ou moins élevées durant les deux années d'étude (Figure 48F). Cependant, on observe une diminution de la valeur de cet indice durant les mois où l'IGM est élevé. Par ailleurs, l'activité trophique réaugmente significativement dès le mois précédant le pic de maturation. Dans ce site, il semblerait que *E. sepositus* se nourrit moins durant les autres mois où il y'a émission des gamètes.

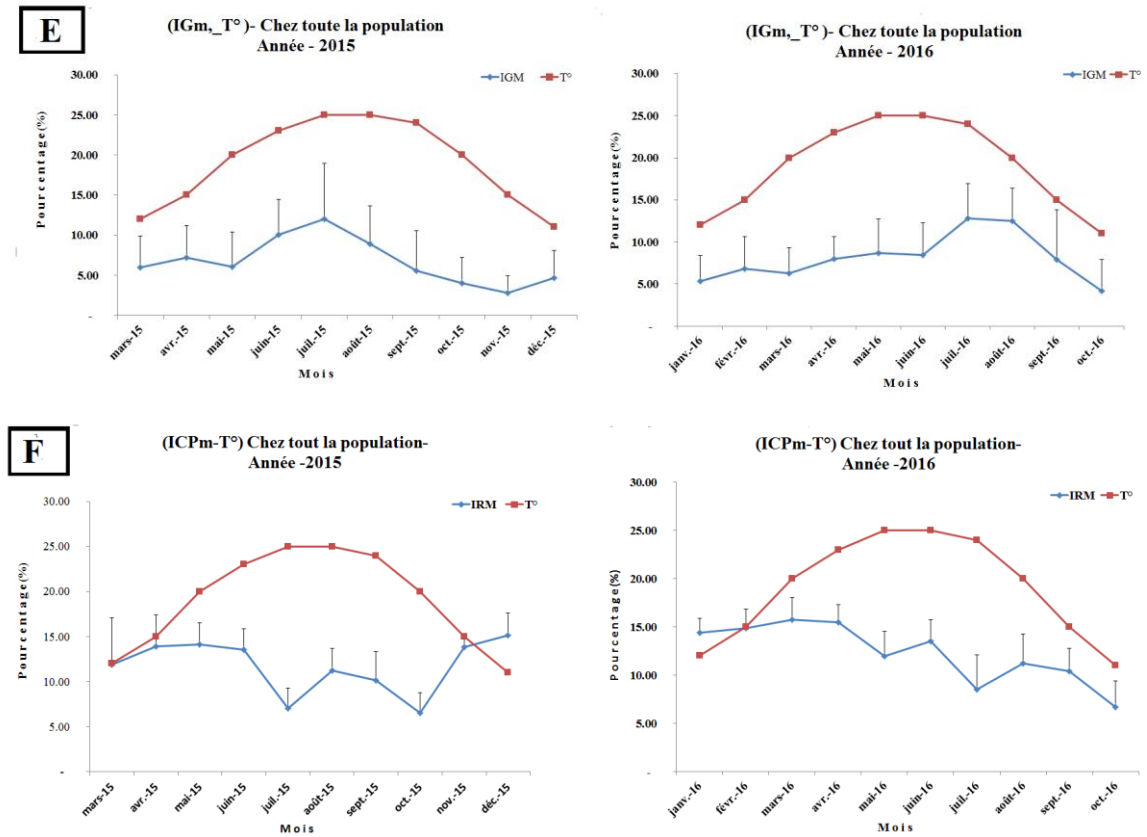


Figure 48 : Variations mensuelles et annuelles des indices gonadiques moyennes et indices coeca pyloriques (ICPm et IGM) d'*Echinaster sepositus* chez toute la population de l'astéride en fonction de la température au niveau du port de Salamandre (Mostaganem).

5.5. Suivi de la maturité sexuelle chez *E. sepositus*

L'étude histologique des gonades permet une estimation qualitative de la maturation des gonades, en adoptant deux échelles des différents stades de maturité sexuelle proposés respectivement par (Cognetti & Delavaut, 1960) et par (Baeta *et al* 2016) et adoptés à notre espèce. Ainsi, dans cette étude, six à huit individus de l'étoile d'*E. sepositus* ont fait l'objet d'examen microscopique de leurs gonades au rythme mensuel au niveau du port de la Salamandre. La détermination des stades sexuels de la maturité a été basée sur l'observation des coupes histologiques d'un grand nombre de gonades mâles et femelles afin de déterminer la période de ponte et le cycle de maturation des gonades chez cette espèce

5.5.1. Détermination des stades de maturité sexuelle des gonades mâles d'*E. Sepositus*

La spermatogenèse chez *E. sepositus* est semblable à tous les échinodermes, A cet effet nous avons adopté l'échelle définit par (Baeta *et al* 2016), inspirée de (Byrne *et al* 1997). Ainsi cinq stades de maturité sexuelles ont été déterminés comme suit :

Stade I: post ponte

Ce stade est marqué par la présence de quelques ilots de spermatozoïdes pariétaux, dans le tissu nutritif qui remplit l'acinus, on observe aussi, des spermatozoïdes en voie de phagocytose (Planche I, A)

Stade II de croissance

La couche de cellules germinales, non différenciées, s'est épaissie et les cellules s'organisent parfois en colonnettes; les phagocytes, sont toujours présents mais, n'occupent plus le centre de la lumière gonadique.

Stade III de maturation

La paroi gonadique s'amincit quelque peu ; on observe un mur spermatique (spermatogonies, spermatocytes et spermatides) complet, formant des colonnettes cellulaires; les spermatozoïdes, sont présents, en grand nombre (Planche I, d).

Stade IV-ponte partielle

Le mur spermatique disparaît, de nombreux spermatozoïdes occupent la lumière du testicule ou l'acini. Présence des espaces montrant bien que certains spermatozoïdes ont été émis.

V- Stade ponte

La lumière de l'acinus est libre. Dans certains cas, on peut observer soit des spermatozoïdes en cours d'histolyse (réapparition des phagocytes) (Planche I).

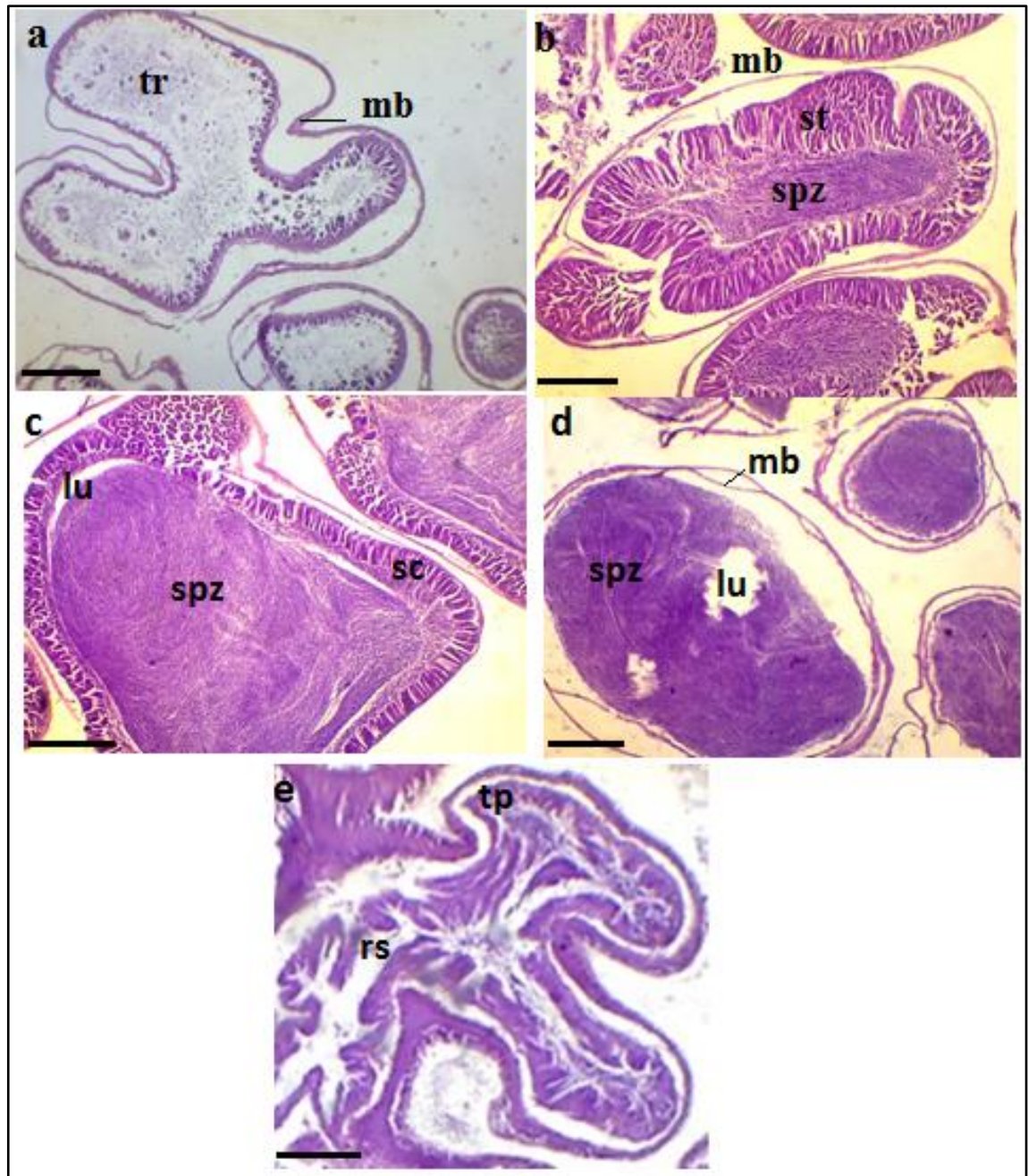


Planche I : Observation microscopique des gonades de l'astéride *Echinaster sepositus*, montrant les différents stades de maturation de la gonade mâle. **(a) Stade I :** post-ponte (grossissement x40); **(b) Stade II :** croissance (grossissement x40); **(c) Stade III :** pré-maturation (grossissement x40); **(d) Stade IV :** Maturation (grossissement x40) ; **tr** tissu de réserves, **mb** membrane, **st** colonnes de spermatides, **spz** spermatozoïdes, **lu** lumière, **sc** spermatocyte, **(e) Stade V :** ponte **tp** tissu pharocytaire, **rs** résidus spermatozoïdes (Photos: Benzait H.).

5.5.2. Détermination des stades de maturité sexuelle des gonades Femelles d'*E. Sepositus*

Pour la gonade femelle, on s'est inspiré de l'échelle de (Cognetti & Delavaut, 1960). Chez les femelles on ne retrouve pas les stades 1 et 2 comme dans l'échelle de (Baeta *et al.*, 2016). Mais (Cognetti & Delavaut, 1960), ont déterminé deux types d'ovocytes correspondant aux stades 3, 4 et 5 de (Baeta *et al.*, 2016).

Deux types d'ovaires sont observés durant toute la période d'étude l'un de Type I représenté par d'énormes ovocytes, ce qui correspond au stade 4, (Planche II, E) ; et l'autre de Type II, où on retrouve des ovocytes analogues, mais on y voit aussi de nombreux petits ovocytes en cours de croissance, ce qui correspond au stade 3 (Planche II, C et D). Les gros ovocytes bourrés de vitellus sont âgés. Les ovocytes de petite taille proviennent d'une poussée ovogénétique plus récente (Planche II, A et B) pouvant correspondre respectivement aux stades 1 et 2. On retrouve aussi un tissu vésiculeux phagocytaire déjà décrit chez *Echinaster sepositus* par (Delavaut et Cognetti 1958); (Delavaut, 1960); ce tissu peut être réduit à de simples bourrelets pariétaux, ou être, au contraire, hyper développé. Dans cette éventualité, il ne remplit cependant jamais complètement les acini ovariens où l'on observe toujours au moins quelques ovocytes. Et on observe le stade 5 qui est le stade de ponte où la lumière de l'acinus est libre et le tissu phagocytaire réapparaît (Planche II, F).

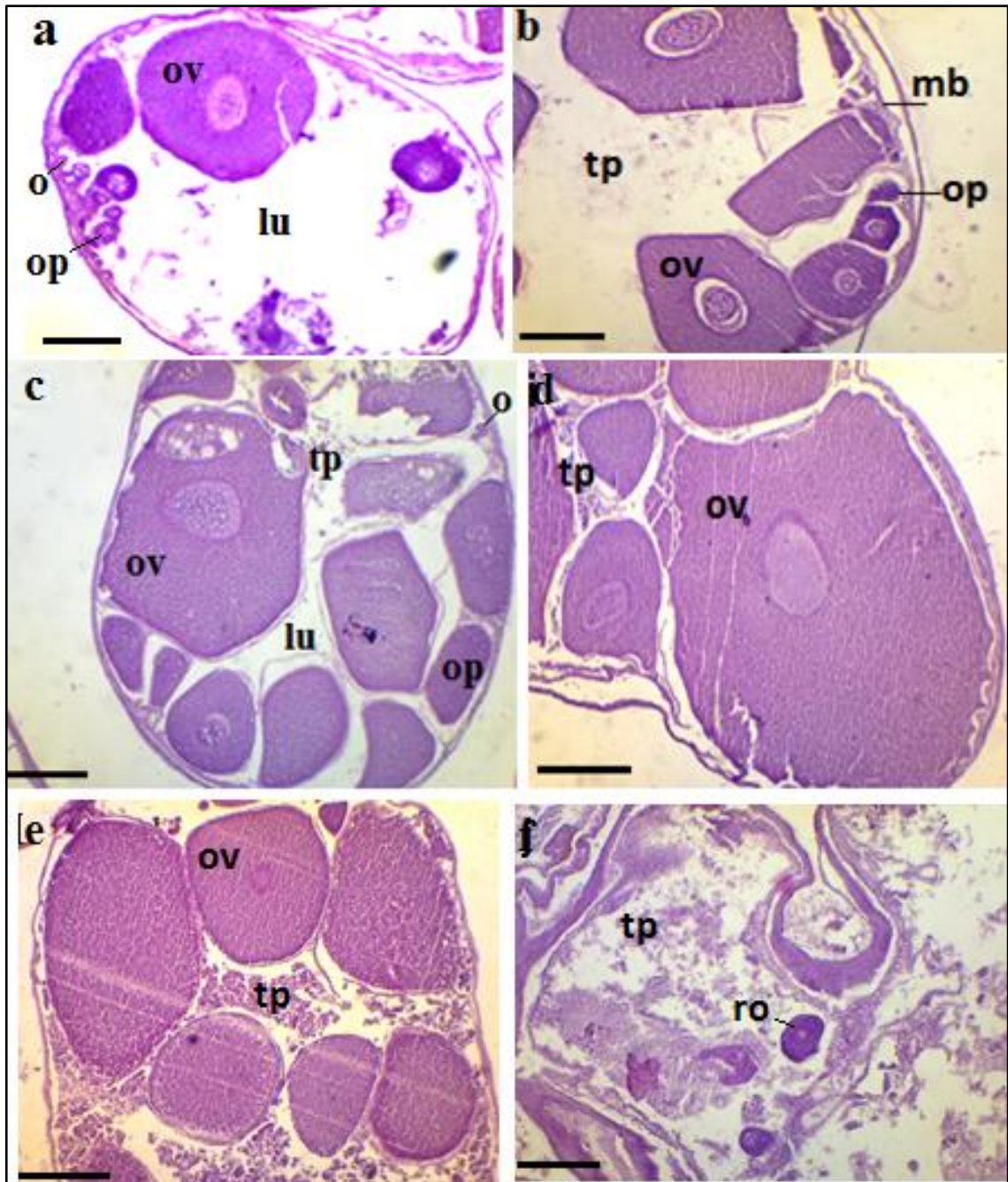


Planche II : Observation microscopique des gonades de l'astéride *Echinaster sepositus*, montrant les différents stades de maturation de la gonade femelle. **(a) Stade I** : post-ponte (grossissement x 40) ; **(b) Stade II** : croissance (grossissement x 40) ; **(c, d) Stade III** : pré-maturation (grossissement x 40), **(e) Stade IV** : Maturation (grossissement x40). **(f) stade V** : ponte (grossissement x40) ; **ov** ovocytes prévitellogéniques, **op** ovocytes primaires, **lu** lumière, **o** ovocyte pédonculé, **mb** membrane, **tp** tissu phagocytaire, **ro** (sinus hémal) [(Photos: Benzait H.)].

5.5.3 Suivi mensuel des stades de maturité sexuelle IV et V des gonades d'*E. sepositus* en 2015 (A) et en 2016 (B)

Dans cette étude, *E. sepositus* vivant dans le site de Salamandre présente des femelles avec de gros ovocytes qu'on peut considérer en voie de maturation du printemps jusqu'en automne. On peut affirmer que certains de ces ovocytes ne mûriront pas ; en effet, le tissu phagocytaire est constamment présent. Mais, il est difficile de discerner ces ovocytes de ceux qui seront pondus. On rencontre donc la même difficulté signalée pour cette espèce par (Delavault, 1960) ; le simple examen histologique des coupes d'ovaires ne permet pas de situer avec exactitude la ponte.

Cependant, le suivi microscopique de la maturité sexuelle des gonades femelles, a révélé que les ovaires remplis d'ovocytes à la fin de l'hiver et au printemps, ne contiennent plus, en juillet, que quelques ovocytes alors que le tissu vésiculeux est hyper développé. Ce qui montre bien que la ponte a eu lieu, chez ces femelles, au cours de l'été ; Comme l'on déjà signaler (Cognitti et Delavault 1960) chez les astéries de la région Atlantique et méditerranéenne. Dans cette étude, si on prend en considération le suivi microscopique de maturité sexuelle de toute la population échantillonnée durant les deux années d'études, montrant des ovaires au stade IV et V (ponte partielle et ponte), la ponte massive apparait se dérouler vraisemblablement en été (de juillet jusqu'en septembre).

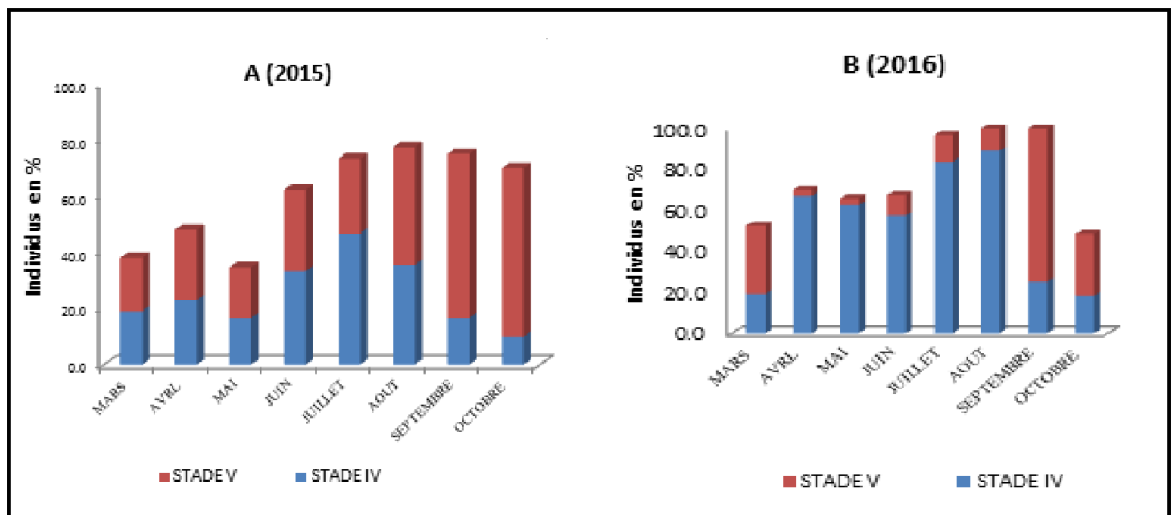


Figure 49 : Suivi mensuel des stades de maturité sexuelle (stade IV et V) des gonades de toute la population d'*E. sepositus* en 2015 (A) et en 2016 (B).

5.5.4. Observation de gonades hermaphrodites labiles

Selon (Delavault, 1960), l'apparition d'un hermaphrodisme (Figure 50) dans une espèce gonochorique stricte, présente un phénomène accidentel. Par contre, l'hermaphrodisme chez une espèce à gonochorisme labile, peut être estimé numériquement dans une population. Dans l'ensemble de la population de la zone portuaire de Salamandre étudiée, sur les 403 individus, 1.44 % seulement ont présenté un hermaphrodisme, nous citons à titre d'observation, que les cas de l'hermaphrodisme qui ont été observés dans la plupart des espèces d'*Echinaster sepositus* disséqués, subissant une phase de régénération de leur bras.



Figure 50 : Anatomie interne montrant l'hermaphrodisme labile observé chez *Echinaster sepositus* (Retzius, 1805) (Photos : Benzait H.).

5.5.5. Régénération des bras d'*Echinaster sepositus*

L'automutilation et la régénération des bras chez les astérides (Figure 51), est une caractéristique biologique d'*Echinaster sepositus*, dont le rôle est de minimiser les dommages et d'assurer le maintien des tissus restants (Wilkie et Emson, 1987). Parmi les 403 individus traités au laboratoire 2.60 % ont présenté des bras en voie de régénération.

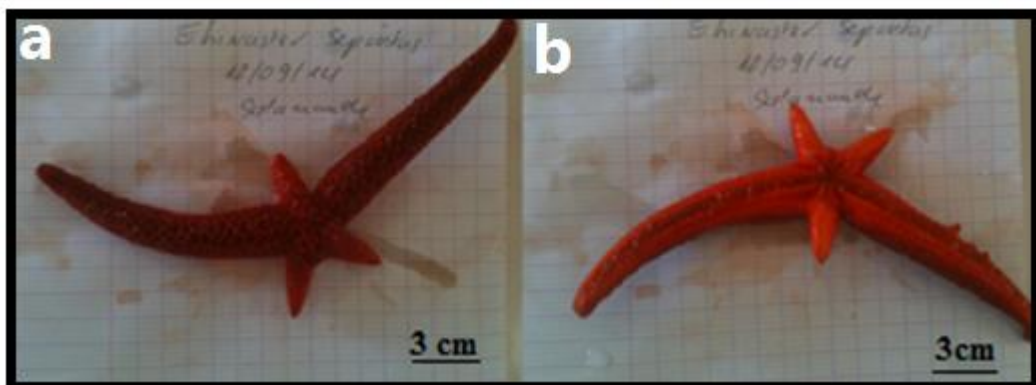


Figure 51 : Photos montrant le phénomène de régénération des bras chez l'astéride *E. sepositus*, (a), face dorsale (b), face Ventrale (Photos : Benzait H.).

5.6. Description de la niche écologique d'*Echinaster sepositus*

Echinaster sepositus est une espèce qui ne semble pas être influencée par la distribution bathymétrie, car on l'a signalé à des zones peu importantes et jusqu'à 250 m de profondeur (Harmelin-Vivien & Francour, 1992). Son habitat varie en fonction de la profondeur et ses orientations montrent quelques préférences pour certaines espèces associées au biotope (Raisch, 2012).

Dans notre prospection au niveau de digues artificielles du port de la Salamandre, *Echinaster sepositus* se retrouve au pied des dalles et à l'intérieur des anfractuosités à des profondeurs qui varient entre 2 à 9m. Cette distribution verticale et horizontale de l'étoile de mer est observée lorsque l'eau de mer se réchauffe et les températures deviennent clémentes. En revanche l'espèce se cache sous les dalles en hiver (observation personnelle). D'autre part, il semblerait que *E. sepositus* fréquente le pourtour de la zone de passage (appelée zone d'évitage du port) à des profondeurs pouvant atteindre 10 m. La circulation des courants dans cette zone où réside une forme de turbidité favorise la présence d'un biotope riche en matière en suspension et détritique ; ce qui constitue un biotope idéal pour différents groupes d'échinodermes à savoir les ophiuridés *Ophioderma longicauda* (Retzius, 1789), les Holothurides littorales *Holothuria poli* (Delle Chiaje, 1823), *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788), les astérides *Coscinasterias tenuispina* (Lamarck 1816), et les échinides *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) et *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) qui colonisent la ceinture algale. Par contre *Sphaerechinus granularis* (Lamarck, 1816) et *Marthasteria glacialis* (Linnaeus, 1758) sont rarement observées dans la station étudiée.

L'espèce *E. sepositus* s'installe horizontalement sur un substrat formé de pierres plus au moins grosses et vaseux. Elle s'accroche aussi sur le flanc de rochers durs biogéniques (principalement produit par l'accumulation d'algues calcaires encroutantes). Les algues Chlorophytes et Rhodophytes sont très répandues et omniprésentes sur les rochers dont les conditions de luminosité sont réduites, favorisant ainsi leur croissance. *Echinaster sepositus* a une préférence pour les strates gazonnantes et les concrétions calcaires sur la surface, où on a observé *Lithophyllum sp* et l'éponge *Petrosia sp*. (Planche III A, C). Ces résultats vont dans le sens de (Raisch, 2012) où les variations et préférences d'habitat de *Echinaster sepositus* sont semblables à *Oreaster reticulatus* (Linnaeus, 1758) dans les Caraïbes où l'espèce se nourrit occasionnellement d'éponges (Thomas, 1960).

L'oursin *Arbacia lixila* semble, aussi, avoir une préférence des strates gazonnantes et encroutantes ; il se nourrit préférentiellement de *corallinacea encroutantes*, (Frantzis *et al.*, 1988). Une association plus souvent observée chez *E. sepositus* et qui semblerait essentielle et stratégique pour la survie de l'espèce. L'astéride *E. sepositus* présente généralement un régime alimentaire varié (éponge, vers, mollusque,...). Cette espèce se nourrit de particules organiques qu'elle trouve sur le fond marin, les mêmes conditions sont présentes au niveau de site de la Salamandre. La détermination du poids sestonique (MES), au niveau du site, a permis de déceler un taux de 19.08 [MES], au cours de l'hiver. En revanche, ce taux diminue durant la période estivale et est de 12.36 [MES]. L'augmentation du taux de la matière en suspension provient probablement des courants d'eaux au niveau de la zone de passe, qui charrient les particules organiques, et des eaux d'origine terrigène charriés par l'Oued-Chlef.

L'observation sous la loupe binoculaire d'un fragment de roche calcaire de notre site d'étude (Planche III F), a permis d'identifier la présence de petits invertébrés représentés par des annélides (*Notomastus sp*) (Planche III E.) vivants à l'intérieur des anfractuosités de la roche (Planche III D). Cette présence est liée au régime alimentaire varié, volontiers détritivore ou un mode typiquement macrophage de l'astéride (Bouillon et Jangoux, 1970). Ce qui explique probablement l'orientation verticale de l'espèce sur les surfaces du substrat.

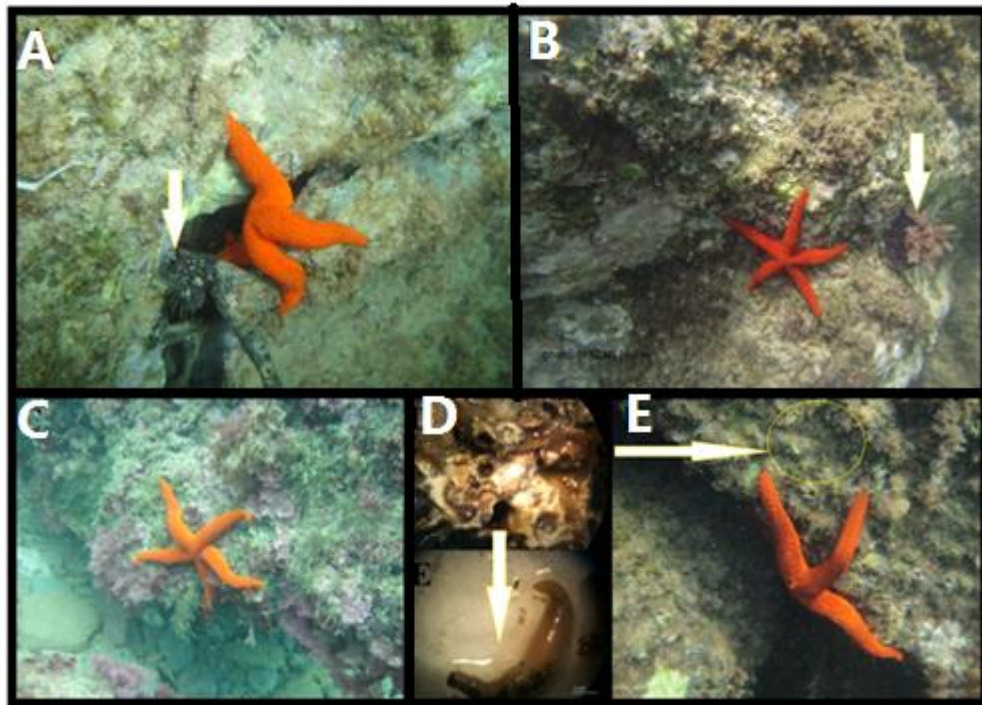


Planche III: L'astéride *Echinaster sepositus*, dans son environnement aux niveaux des digues du port de la Salamandre (Photos : Benzait H.).

DISCUSSION

L'astéride *Echinaster sepositus*, est une espèce commune de la Méditerranée (Koehler, 1921), elle a été étudiée par (Cognetti & Delavault, 1960), respectivement en France et en Italie. Cependant, en Méditerranée il existe très peu de travaux sur cette espèce surtout concernant la reproduction. Mais en Algérie, ce travail de recherche est le premier sur cette espèce et il consiste à déterminer le cycle de reproduction de l'espèce *E. sepositus* de la région de Mostaganem.

Les résultats que l'on a obtenus ont confirmé que *E. sepositus* est une espèce gonochorique labile, et suit le rythme des espèces d'échinodermes tropiques, comme l'ont déjà signalé (Riesgo *et al.*, 2011), pour *E. sepositus* de Naples (Italie) ou l'espèce présente un cycle de reproduction annuel et en activité continu durant toute l'année. Cependant, la ponte massive se déroule en été et se termine en début d'automne. Ceci a été révélé par l'analyse du suivi mensuel de l'indice gonadique et confirmé par l'examen microscopique. En général, la ponte se déroule en période chaudes chez les astérides et particulièrement chez *E. sepositus* vivant dans d'autres localités de la région méditerranéenne comme l'ont déjà signalé (Delavault & Cognetti 1957 ; 1958 ; (Cognetti & Delavault, 1960) et [(Delavault, 1960) (Tableau 3)] et ceci est confirmé aussi pour *E. sepositus* de la station du port de Salamandre, où la ponte se déroule dans une fourchette allant de 20 à 25°C). (Delavault & Cognetti, 1960) ont montré des ovocytes matures riches en vitellus au cours de l'hiver et de l'automne. La même observation a été faite au cours de notre travail où durant l'automne les ovocytes matures riche en vitellus sont présents. Il n'existe pas réellement de phase de repos pour les ovaires. Mais le fait de trouver dans une même gonade une coexistence de stade 2 et 3, nous laisse penser qu'il faut faire l'ultrastructure de la gonade femelle pour expliquer le rôle des cellules folliculaires dans la nutrition des ovocytes et aussi déterminer le rôle des ovocytes vitellogéniques atresiques.

L'étoile de mer *Echinaster sepositus* est un astéride à gonochorisme labile, qui se situe entre les espèces à gonochorisme rigide : (*Henricia sanguinolenta* ; *Coscinasteria tenuispina*; *Astropecten bispinosus*; *A. platyacanthus*; *A. johnstoni*) et les espèces où les hermaphrodites représentent les individus, les plus nombreux telles que chez les *Asternal gibbosa* et *A. pancerii*.

Tableau 03 : Variabilité de la période de maturité sexuelle chez *Echinaster sepositus* en Méditerranée.

Régions et auteurs	Naples (Italie) Cognetti et Delavault (1960)	Livourne(Italie) Delavault (1960)	Banyuls (France) Cognetti et Delavault (1960)	Salamandre (Algérie) Présent travail
Période de ponte	Septembre-Octobre	Aout-Septembre	Mars-Avril	Juillet-septembre

L’hermaphrodisme est un phénomène rarement observé. Cependant, le taux d’hermaphrodisme estimé chez cette espèce dans notre travail est de 1.44% ; un taux inférieur à ceux trouvé par (Delavault & Cognetti, 1957 ; 1958), dans la région d’Italie (Tableau 4). Il est probable que l’hermaphrodisme labile signalé au niveau du port de Salamandre soit due au degré de stress provoqué par l’installation portuaire.

Tableau 4 : Résultats des taux d’hermaphrodisme chez *Echinaster sepositus* dans la région méditerranéenne.

Régions	Année	Auteurs	Taux. d’hermaphrodisme
Naples (Italie)	1957	Cognetti et Delavault (1957)	5%
Naples (Italie)	1960	Delavault (1960)	4%
Mostaganem (Algérie) Présent travail	2015	Présent travail	1.44%

Les Astérides présentent une forte capacité de régénération. Sachant que les échinodermes ont un pouvoir automutilation volontaire d’une partie du corps, dont le rôle est de minimiser les dommages et d’assurer le maintien des tissus restants (Delavault & Cognetti, 1962). De ce fait, il est fort intéressant dans le cadre de ce travail d’estimer le taux de régénération des bras chez *E. sepositus* au niveau de la niche écologique portuaire, qui est de 2.60%. Ce pourcentage, permet indirectement d’estimer le degré de prédation existant dans le milieu où vit cette espèce retrouvée au niveau des installations portuaires du site de Salamandre.

5.1.2. Résultats de l'étude de la croissance et de la dynamique de la population d'*E. sepositus*

Dans cette partie, on s'intéresse à la détermination des différents paramètres de croissance qui caractérise la population d'*Echinaster sepositus* vivant dans le site de Salamandre à savoir les tailles dominantes dans la structure de cette population échantillonnée, les paramètres de la croissance linéaire et la croissance relative.

5.1.2.1. Composition démographique de la population d'*Echinaster sepositus* échantillonnée

➤ **Variation de la taille chez *E. sepositus* du port de Salamandre**

L'analyse de la structure de taille de toute la population échantillonnée d'*E. sepositus*, a montré d'une part que sur un ensemble de 403 individus, sans distinction de sexe ; la population échantillonnée est composée d'individus ayant une taille allant de 3.50 à 12.50 cm. D'autre part la distribution de fréquence de taille (Figure 52), se caractérise par un seul mode, avec une longueur des bras moyenne comprise entre [6.5 -7.5] [cm, et un poids moyen situé entre [30.60 -39.60] [g. On a noté que les individus ayant une longueur moyenne de bras allant de [7.50- 8.50] [cm, sont aussi bien représentés dans cette population.

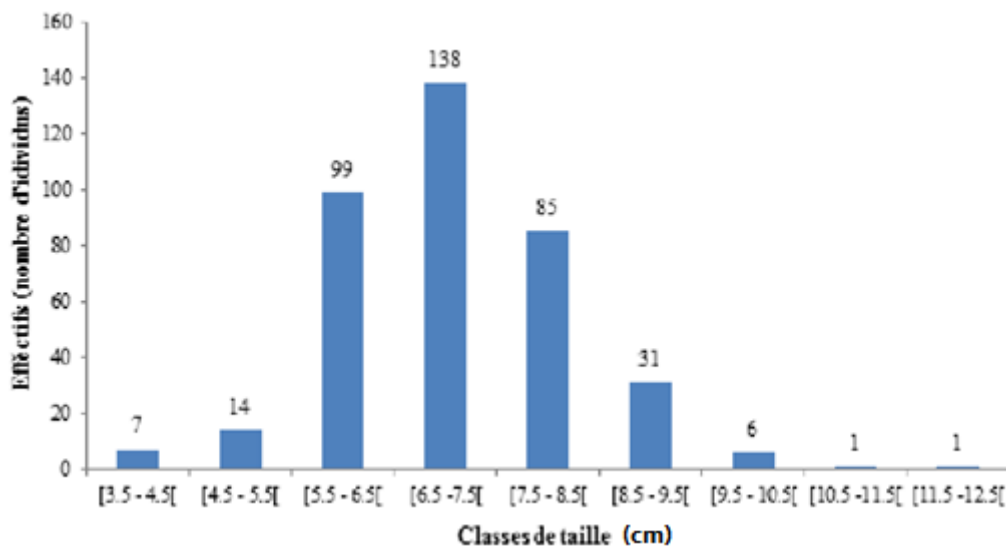


Figure 52 : Structure démographique de la population d'*Echinaster sepositus* vivant au niveau du port de la Salamandre [Intervalle de 1 (cm)] et en ordonnée, le nombre d'individus.

➤ **Variation du poids chez *E. sepositus* échantillonnée au niveau du site de Salamandre**

Le suivi de la structure démographique en utilisant le poids frais, pour la population d'*Echinaster sepositus* montre l'existence de plus de 10% d'individus ayant un poids situé entre 21.6 et 36.6 g (Figure 53) ; ce qui montre que chez cette espèce, même si l'individu présente une petite taille son poids peut être équivalent d'un individu moyen. Par ailleurs, plus de 50% de la population échantillonnée présente un poids allant de 42.50 à 52. 50 g.

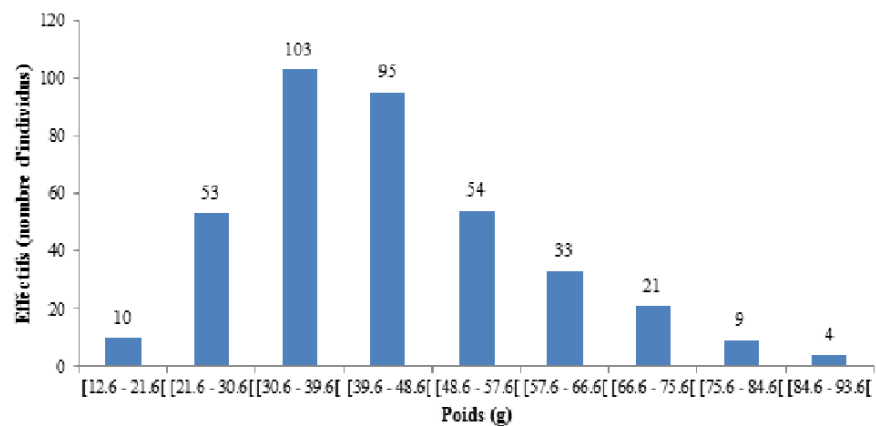


Figure 53 : Structure démographique en poids de la population d'*Echinaster sepositus* vivante au niveau du port de la Salamandre (En abscisse les classes de taille du poids humide (g) [Intervalle de 1 (g)] et en ordonnées, le nombre d'individus.

5.1.2.2 Croissance relative

5.1.2.2.1. Relation taille-poids chez les mâles d'*Echinaster sepositus*

Les résultats de la relation taille-poids, chez les mâles d'*E. sepositus*, (Tableau 5) montrent une corrélation hautement significative entre la longueur moyenne de bras et le poids humide ($r=0.86$). La courbe de croissance montre une croissance isométrique avec ($t < 1.96$; $p < 0.05$), On peut donc dire, que le poids frais (PH) d'*E. sepositus*, croit au même rythme que la longueur des bras(LB) (Figure 54).

Tableau 5 : Paramètres de croissance et équations de la relation longueur moyenne de bras et le poids frais chez les mâles d'*E. sepositus* avec $n=232$.

Stations	LB moyenne	Ph moyenne	a	b	r	ddl	p-value
Port de la Salamandre	6.904	42.786	1.0946	1.8773	0.86	232.38	< 0.0001
PH=1.0946.LB^{1.8773}							

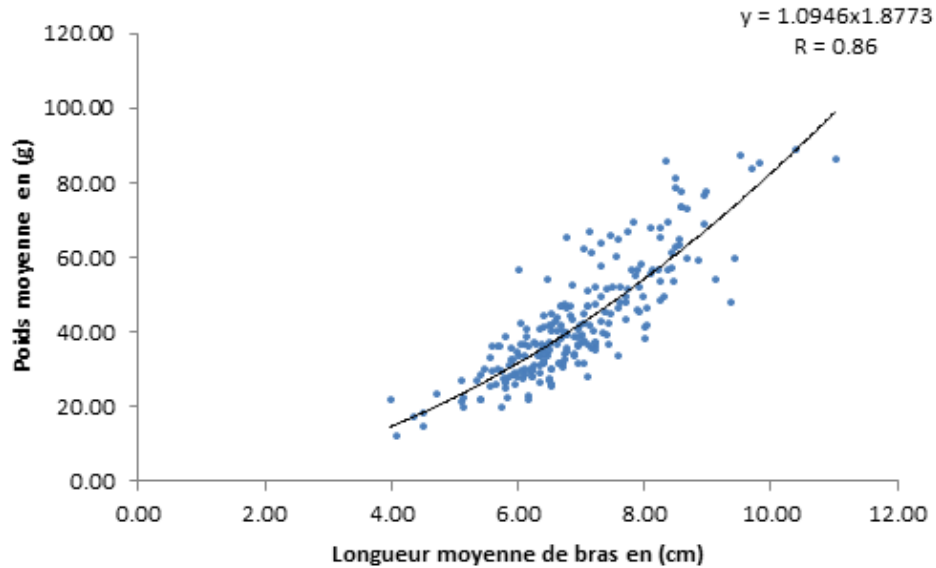


Figure 54 : Relation entre la longueur moyenne de bras (LB) et le poids (PH) chez les mâles d'*Echinaster sepositus*. de la station de la Salamandre.

5.1.2.2.2. Relation taille-poids chez les femelles d'*Echinaster sepositus*

La relation taille-poids chez les femelles d'*E. sepositus* montre une corrélation significative entre la longueur moyenne de bras et le poids humide ($r=0.68$) (Tableau 6). Les valeurs obtenues indiquent une croissance isométrique ($t < 1.96$; $p < 0.05$), signifiant une croissance au même rythme pour les deux paramètres biologiques (Figure 55).

Tableau 6 : Paramètres de croissance et équations de la relation longueur moyenne de bras et le poids frais, chez les femelles d'*E. sepositus* (n=171)

Stations	LB moyenne	Ph moyen	a	b	r	ddl	p-value
Port de la Salamandre	7.349	50.126	1.1989	1.8532	0.83	169.32	< 0.0001
PH= 1.1989 LB^{1.8532}							

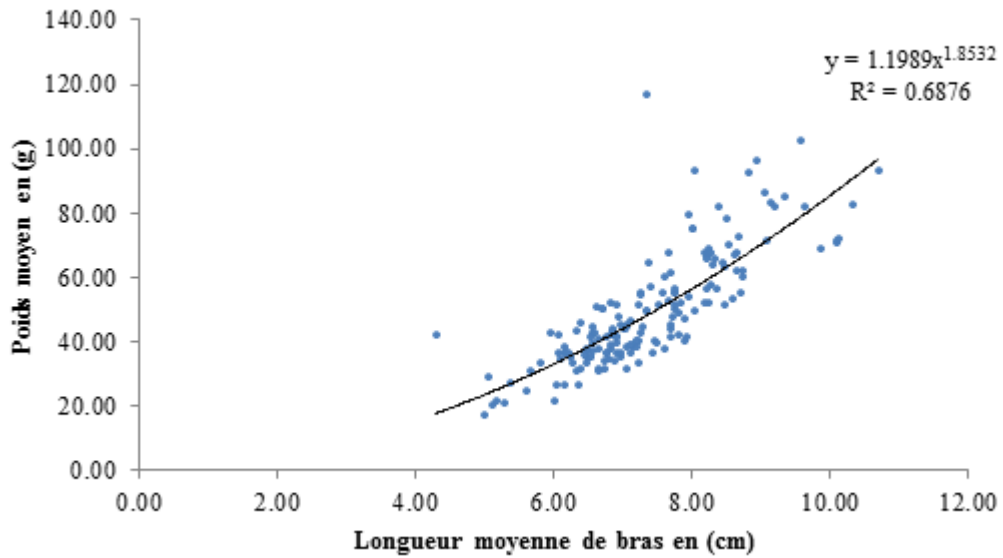


Figure 55 : Relation entre la longueur moyenne de bras (LB) et le poids humide (PH) chez les femelles d'*Echinaster sepositus* de la station de la Salamandre.

L'analyse statistique des longueurs moyennes pour les deux sexes de l'étoile de mer *E. sepositus* montre une signification entre les mâles et les femelles (t-test de Student, $P < 0.05$). Cependant, l'estimation des paramètres de croissance a été faite pour les deux sexes afin de les comparer comme suit.

5.1.2.3. Estimation des paramètres de croissance chez les femelles

5.1.2.3.1. Méthode de POWELL-WETHERALL (1986)

En utilisant le logiciel FISAT II (Ver 2) sous Windows. Les valeurs estimées pour les paramètres (L_{∞} , Z/K) de l'étoile de mer *E. sepositus*, sont représentées ci-dessous (Figure 56).

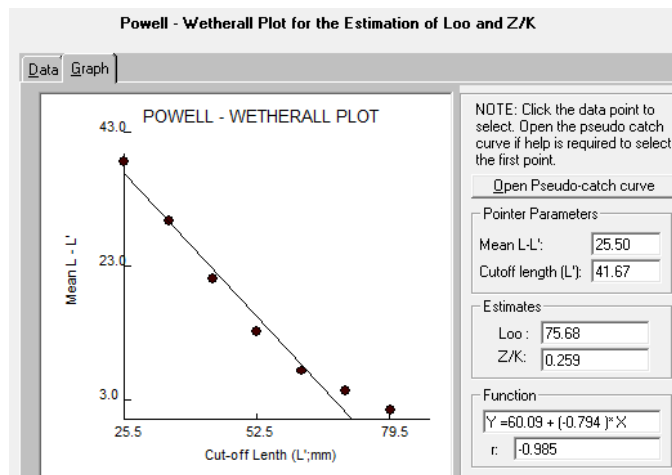


Figure 56 : La courbe de POWELL –WETHERALL, pour l'estimation de L_{∞} et Z/K chez les femelles de l'astéride *Echinaster sepositus*, de la station de Salamandre.

5.1.2.3.2. Utilisation de l'équation de Von Bertalanffy

La détermination des paramètres de la croissance chez *Echinaster sepositus*, a été réalisée en utilisant l'équation linéaire de Von Bertalanffy (1938).

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

Par la méthode ELEFAN et avec le logiciel FISAT II, (Ver 1.2.2) sous Windows. On a déterminé les paramètres de l'équation de Von Bertalanffy reportés sur le Tableau 8 et illustrée par la Figure 57.

Tableau 7: Expression de l'équation de Von Bertalanffy et de l'indice de performance de croissance chez *E. sepositus*, échantillonnée dans la station de la station du port de Salamandre.

Sexe	L_{∞}	K (1/an)	t_0	ϕ'	Z/K	Equation
Femelles	88.20	0.860	-0.74	3.825	0.259	$L_t = 88.20 [1 - e^{-0.860(t-0.74)}]$

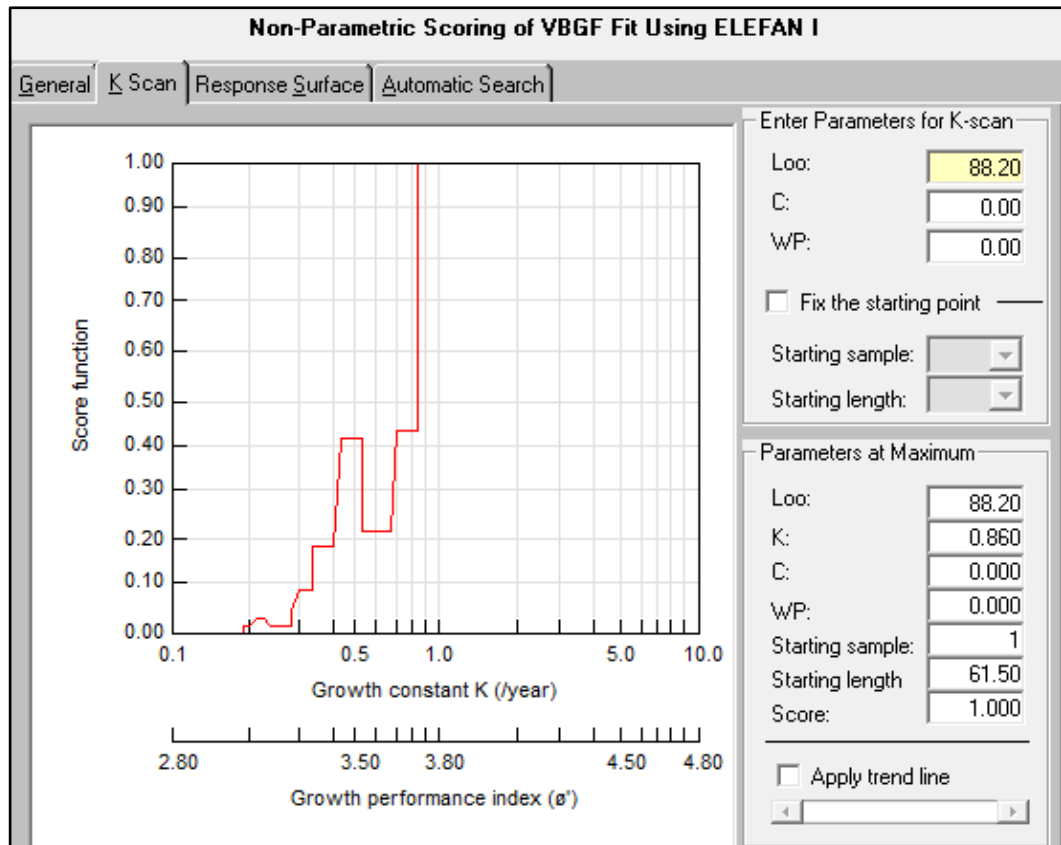


Figure 57 : Présentation de l'indice K scan réalisé par ELEFAN en utilisant le logiciel FISAT II (Gayanilo *et al.*, 2005), pour les femelles d'*E. sepositus*, échantillonnées au niveau du port de la Salamandre.

➤ **Estimation du t_0**

Pour les calculs, on a utilisé la longueur moyenne correspondant au premier mode du premier groupe d'*Echinaster sepositus*, observée dans les fréquences de tailles collectées, et les valeurs de K et L_{∞} estimées précédemment.

5.1.2.4. Analyse de la répartition de la taille chez *E. sepositus*

5.1.2.4.1 Analyse de la répartition de la taille chez les femelles d'*E. sepositus* du port de Salamandre.

Dans cette partie, on a utilisé le logiciel FISAT II (Gayaniilo *et al.*, 2005), pour définir le type de mode et la décomposition de la distribution des classes de tailles en cohortes par la méthode de (Bhattacharya, 1967); qui est la méthode la plus robuste. Cette méthode a été appliquée pour une population de 171 individus durant la période d'aout 2014 à octobre 2016.

Le logiciel FISAT II a été utilisé pour obtenir la valeur de la taille moyenne de chaque cohorte visualisée (Gayaniilo *et al.*, 2005). La distribution de taille pour l'ensemble de la population montre une distribution unimodale. Donc, une seule population ou bien un seul groupe d'âge ou cohorte (0) (Figure 58), qui correspond à une longueur moyenne de 68.51 mm (Tableaux 9 et 10). L'âge d'un an a été attribué au premier groupe d'âge ou à la première cohorte

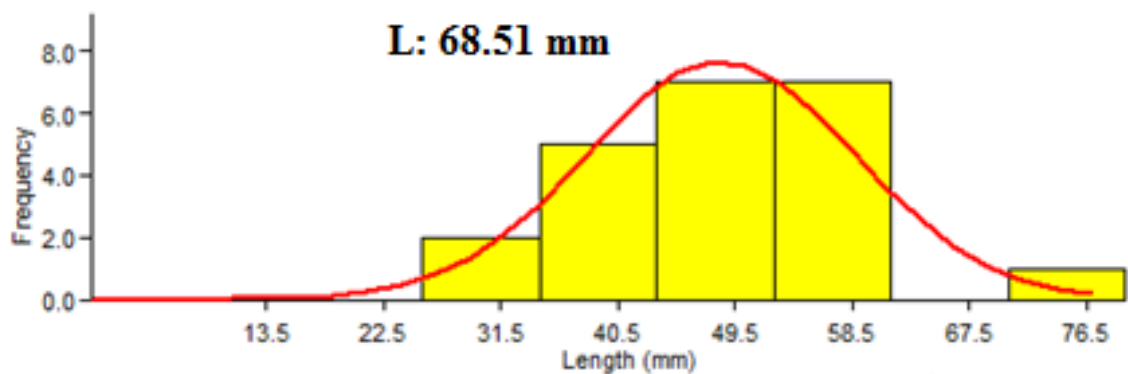


Figure 58 : Tailles moyennes correspondant aux premières longueurs chez les femelles d'*E. sepositus* de la station de la Salamandre, par la méthode de NORMSEP.

Tableau 8 : Tailles moyennes correspondant aux cohortes chez les femelles d'*Echinaster sepositus* obtenues par la méthode de Battacharya avec SD : écart type.

The screenshot shows the 'Bhattacharya's Method...' window with the 'Summary of Results' tab selected. A note states: 'NOTE: The following are the results saved to file.' Below this is a table with the following data:

Group	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	68.51	10.350	166.04	n.a
2				

Tableau 09 : Tailles moyennes correspondant aux cohortes chez les femelles d'*Echinaster sepositus* obtenues par la méthode de NORMSEP. SD : écart type.

The screenshot shows the 'NORMSEP...' window with the 'Summary of Results' tab selected. A dropdown menu for 'Select Sample No.' is set to '# 1 (20/03/2015)'. Below this is a table with the following data:

Group	Approx. Mean	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	68.51	67.17	10.156	162.00	0.000
2					

5.1.2.4.2 Analyse de la répartition saisonnière de la taille chez les femelles d'*E. sepositus*

Le suivi de la distribution de fréquence de taille, par la méthode de (Bhattacharya, 1967), en fonction des saisons avec un pas de 9; a permis de visualiser une (01) cohorte à 51.70 mm de tailles en Mars 2015, et deux cohortes à des tailles respectives de 41.85 mm et de 52.50 mm en Eté 2015. Une seule cohorte a été décelée à une taille de 65.14 mm en automne 2015, et de 49.19 mm en hiver. Les résultats sont représentés dans la figure 59.

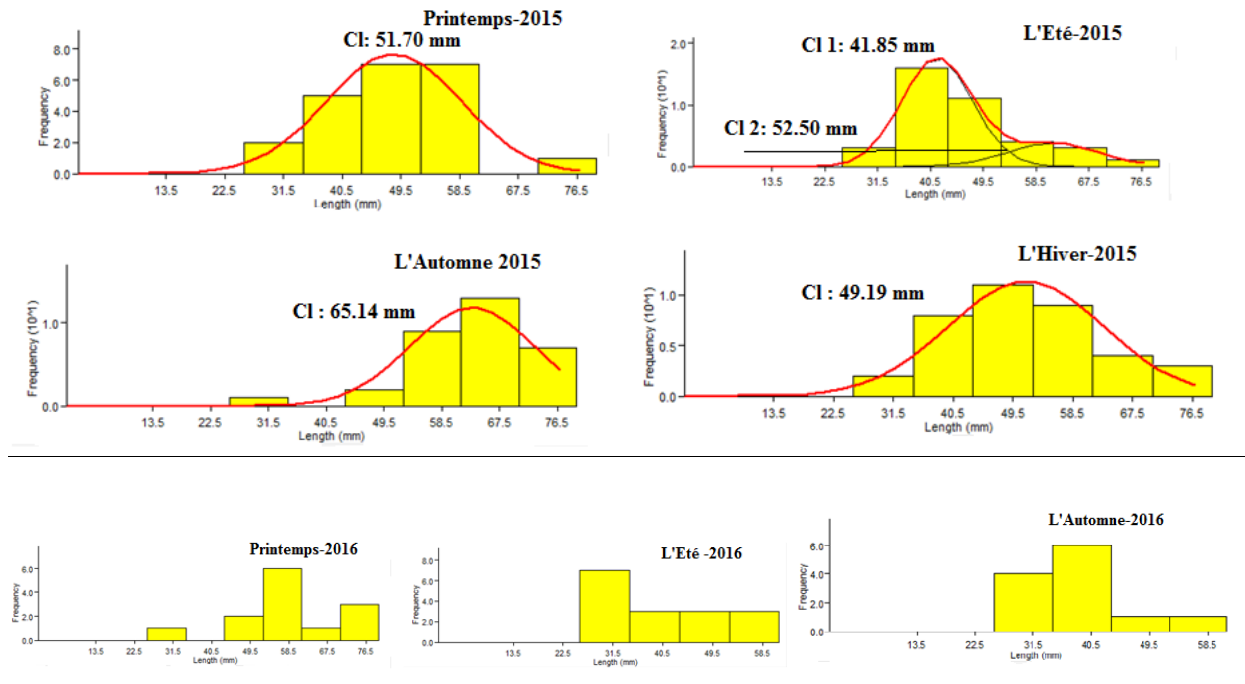


Figure 59 : Analyse modale saisonnière chez les femelles d'*Echinaster sepositus*, échantillonnée dans la station de la Salamandre par la méthode de (Bhattacharya, 1967), en utilisant le logiciel FISAT II (Gayanilo *et al.*, 2005).

Les résultats obtenus (Tableau 10), montrent la présence de cohortes avec des tailles moyennes différentes pour chaque saison.

Tableau 10 : Tailles des différentes cohortes déterminées chez les femelles d'*Echinaster sepositus*, par la méthode de NORMSEP. SD : Ecart type.

Saisons	Nombre de cohortes	Taille moyenne (mm)	SD
Printemps-2015	1	51.70	10.326
Eté-2015	2	41.85	6.076
		52.50	7.812
Automne-2015	1	65.14	9.661
Hiver-2016	1	49.19	11.716

5.1.2.5. Exploitation du stock

5.1.2.5.1. Recrutement

L'espèce d'astéride *Echinaster sepositus*, obéit à deux recrutements dans l'année: Le premier recrutement (Figure 60) est moins important que le second ; comme on peut voir sur la figure les deux recrutements correspondent aux mois de février et juillet.

Les paramètres de croissance estimés chez les femelles d'*Echinaster sepositus* (Tableau 7), sont la longueur de l'envergure asymptotique (L_{∞}) et le coefficient de croissance (K), dont les valeurs sont respectivement de 88.20 mm et de 0.860 an⁻¹. L'indice de performance de croissance $\Phi' = 3.825$ et t_0 est de $- 0.74$ an

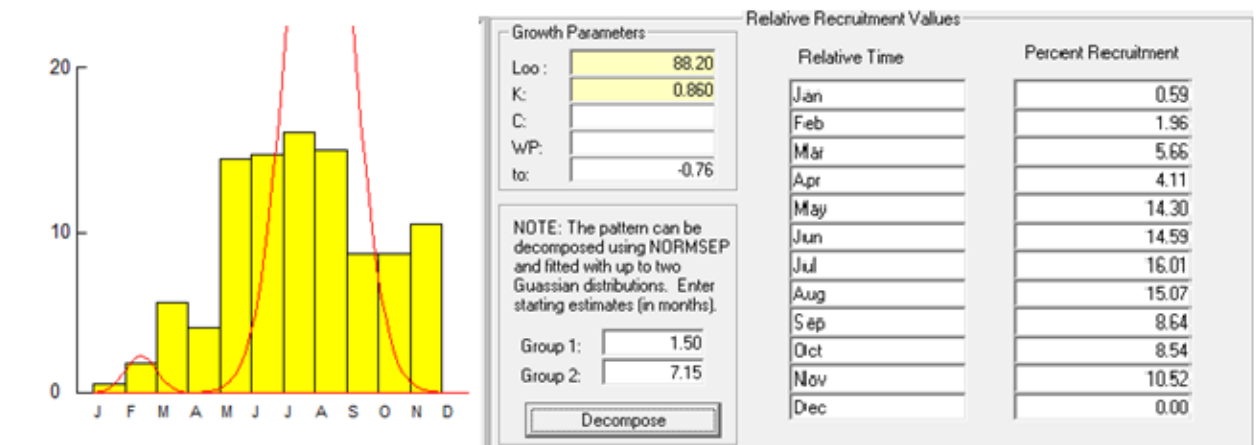


Figure 60 : Probabilités de recrutement chez les femelles d'*Echinaster sepositus*, du port de Salamandre.

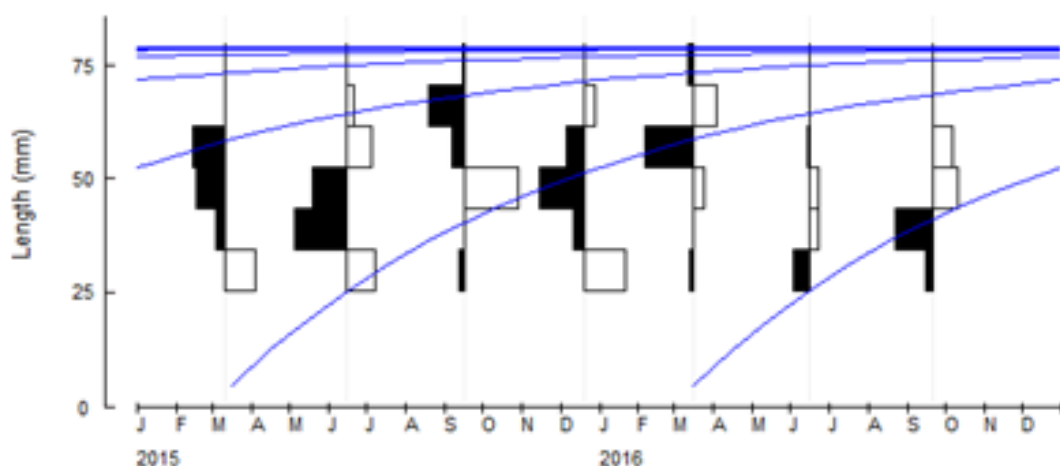


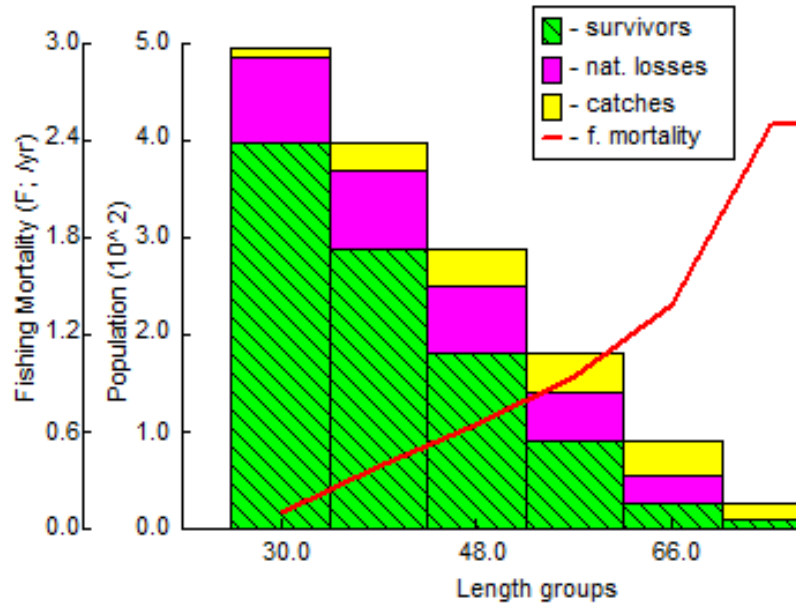
Figure 61 : Courbes de croissance de Von Bertalanffy d'*Echinaster sepositus*, échantillonnée, au niveau du port de la Salamandre.

L'analyse de la figure 61, montre la présence de trois cohortes à des tailles approximatives suivantes 45 mm ; 65 mm et 70 mm correspondant probablement aux classes d'âges respectives 0an, 1ans et 2ans. Ce résultats mérite d'être vérifié en réalisant un élevage des étoiles de mer *in situ* afin de nous permettre d'estimer le taux de croissance mensuel.

5.1.2.5.2. Analyse des populations virtuelles

D'après notre enquête menée avec les pêcheurs de la région, nous avons constaté que les étoiles de mers n'occupent pas une place importante dans les prises accessoires. Cependant, en utilisant le logiciel FISAT pour estimer la population virtuelle, on a voulu avoir une estimation de l'exploitation des prises accessoires représentées par la population d'*Echinaster sepositus*

D'après la Figure 62, il ressort que chez *E. sepositus*, la population virtuelle, composée d'individus, dont la longueur des bras est inférieure à 30.00 mm est moins affectée par la mortalité. En revanche la mortalité affectent plus les individus dont la longueur moyenne des bras est comprise entre]30.00 et 66.00] mm et ceci peut être expliqué en partie par les captures ou pêches réalisées par les collectionneurs.



	Mid-Length	Catch (in numbers)	Population (N)	Fishing mortality (F)	Steady-state Biomass (tonnes)
1	30.0	8.00	493.88	0.1001	0.00
2	39.0	28.00	396.87	0.3865	0.00
3	48.0	39.00	288.18	0.6458	0.01
4	57.0	42.00	181.92	0.9490	0.01
5	66.0	35.00	90.63	1.3839	0.01
6	75.0	19.00	27.46	2.5000	0.01
7	84.0	0.00	0.00	2.5000	0.00

Figure 62 : Histogramme de la répartition virtuelle chez les femelles d'*Echinaster sepositus* en fonction de la longueur des bras, échantonnée au niveau du port de la Salamandre.

5.1.2.5.3. Estimation de la mortalité totale (Z) chez les femelles

Selon la méthode de (Jones et Van Zalinge, 1981) et en tenant compte de l'analyse des fréquences de taille, on a pu déterminer la mortalité totale (Z) de l'étoile de mer *E. sepositus*, prélevée au niveau du port de la Salamandre (Figure 63).

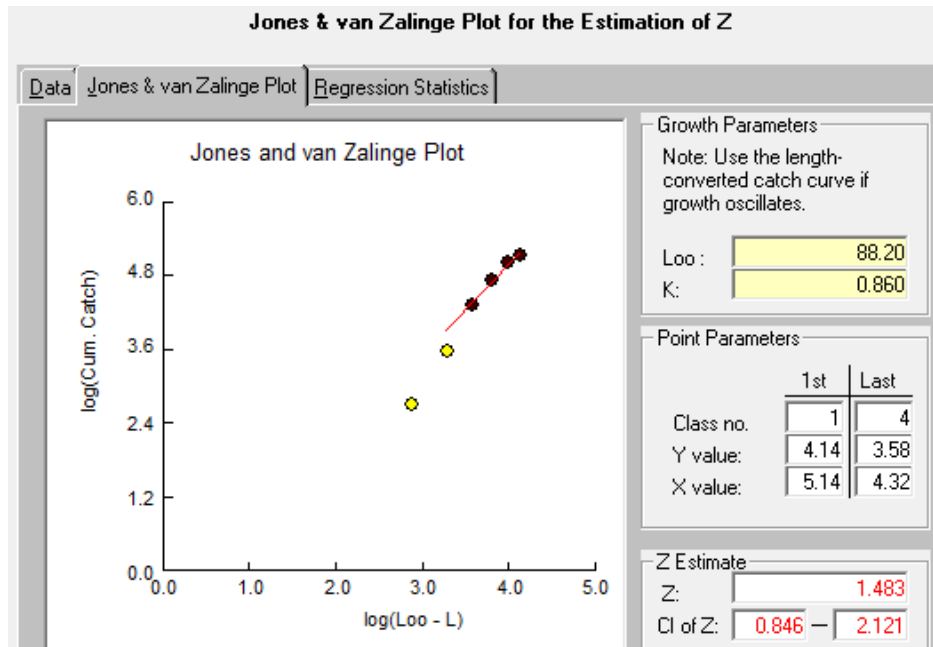


Figure 63 : Courbe de mortalité totale (Z) obtenue par la méthode de (Jones et Van Zalinge, 1981) ; chez les femelles d'*E. sepositus*, du port de Salamandre.

5.1.2.6. Estimation des paramètres de croissance chez les Mâles

5.1.2.6.1. Méthode POWELL-WETHERALL

En utilisant le logiciel FISAT II (Ver 2) sous Windows. Les valeurs estimées pour les paramètres (L_{∞} , Z/K) de l'étoile de mer rouge, sont exposées dans la Figure 64.

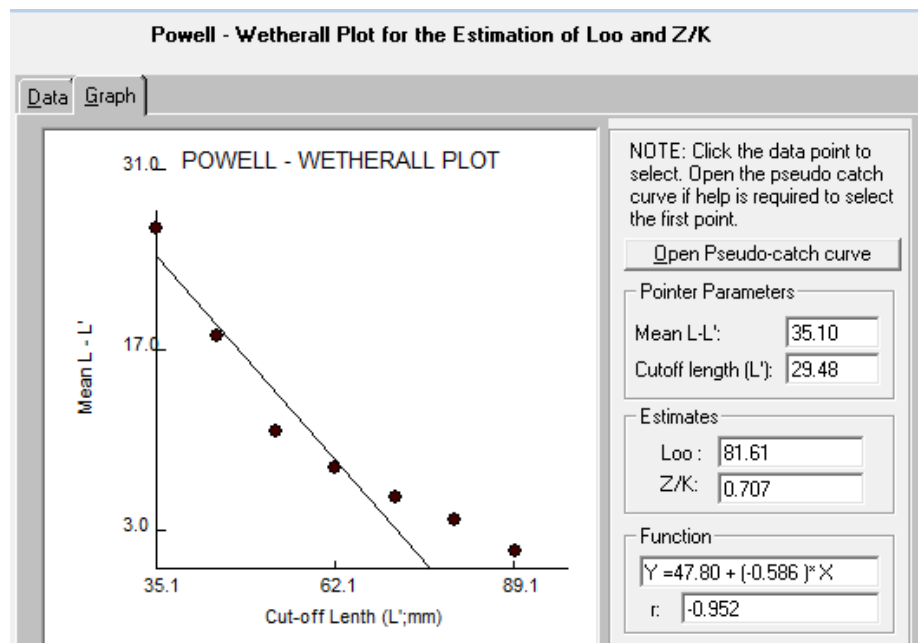


Figure 64 : La courbe de POWELL –WETHERALL, pour l'Estimation de L_{∞} et Z/K chez les mâles de l'astéride *Echinaster sepositus* du port de la Salamandre.

5.1.2.6.2. Utilisation de l'équation de Von Bertalanffy

La détermination des paramètres de croissance de l'équation de Von Bertalanffy sont reportés dans le Tableau 12 et illustrés par la Figure 65.

Tableau 11 : Expressions de l'équation de Von Bertalanffy et de l'indice de performance de croissance chez les mâles *E. sepositus*, échantillonnée dans la station de la Salamandre.

Sexe	L_{∞}	K (1/an)	t_0	ϕ'	Z/K	Equation
Mâles	98.28	0.690	0.71	3.824	0.707	$L_t = 98.28 [1 - e^{-0.690(t-0.71)}]$

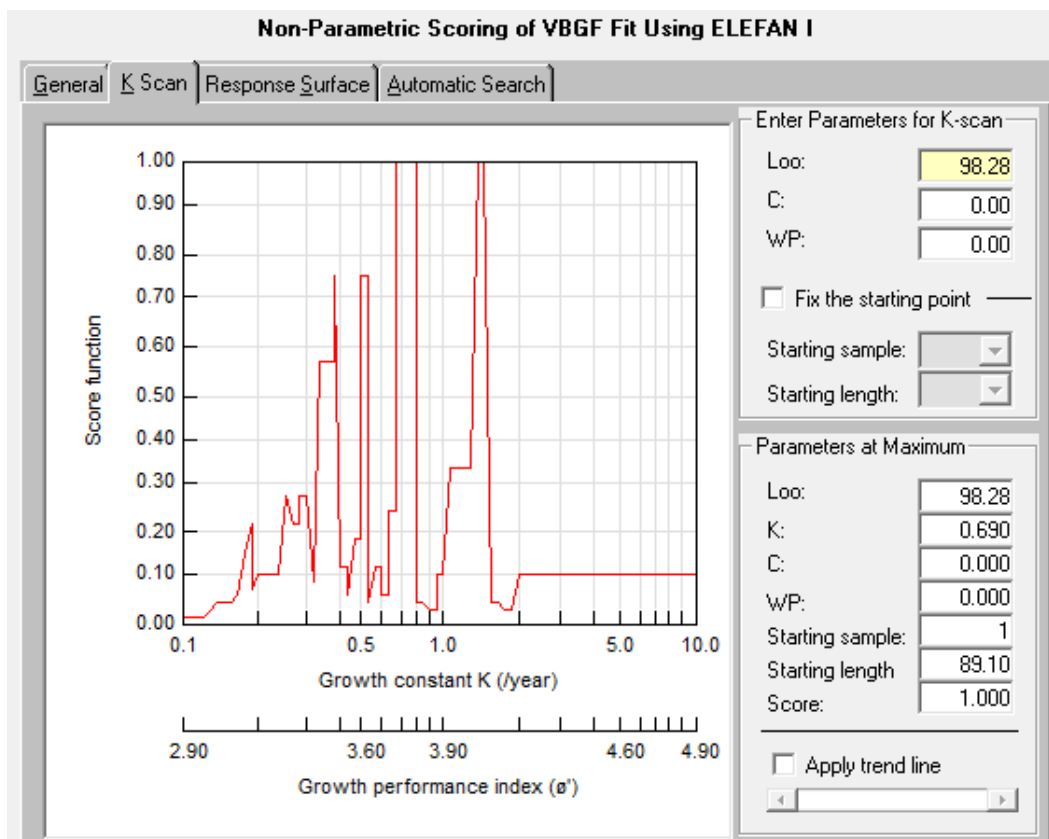


Figure 65 : Représentation de l'indice K scan réalisé par ELEFAN, en utilisant le logiciel FISAT II (Gayaniilo *et al.*, 2005) chez les femelles d'*E. sepositus*, échantillonnées au niveau du port de la Salamandre.

➤ **Estimation du t_0**

Pour les calculs, on a utilisé la longueur moyenne correspondant au premier mode du premier groupe d'*Echinaster sepositus*, observée dans les fréquences de tailles collectées, et les valeurs de K et L_{∞} estimées précédemment dans le tableau 12.

5.1.2.6.3 Analyse de la répartition de la taille chez *E. sepositus*

5.1.2.6.3.1 Analyse de la répartition de la taille chez les mâles d'*E. sepositus* échantillonnée

Dans cette partie, on a utilisé le logiciel FISAT II (Gayaniilo *et al.*, 2005), pour définir le type de mode et la décomposition de la distribution des classes de tailles en cohortes par la méthode de (Bhattacharya, 1967); qui est la méthode la plus utilisée. Cette méthode a été appliquée pour une population de 232 individus durant la période allant de Mars 2015 à octobre 2016.

Le logiciel FISAT II, a été utilisé pour obtenir la valeur de la taille moyenne de chaque cohorte visualisée (Gayaniilo *et al.*, 2005). La distribution de taille pour les mâles de l'astéride (Figure 66) montre une distribution multimodale, avec deux populations dont un groupe d'âge ou cohortes (0) qui correspond à une longueur moyenne de 62.88 mm (Tableau 10). L'âge de 1 an a été attribué au premier groupe d'âge ou à la première cohorte 0 et la population avec une longueur moyenne des bras de 80.10 mm, qui correspond à la cohorte (I)

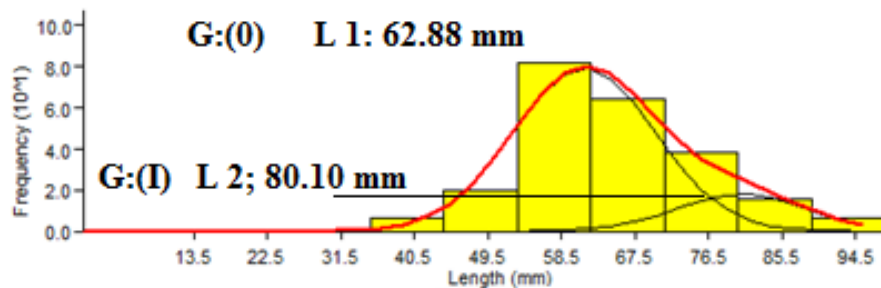


Figure 66 : Tailles moyennes correspondant aux premières longueurs chez les mâles d'*Echinaster sepositus* obtenus par la méthode de NORMSEP. SD et échantionnées dans la station de la Salamandre.

Tableau 12 : Tailles moyennes correspondant aux cohortes chez les mâles D'*Echinaster sepositus* obtenues par la méthode de Battacharya SD : écart type.

Bhattacharya's Method...				
Decomposition of Composite Distributions using Bhattacharya's Method				
General Plots Summary of Results				
NOTE: The following are the results saved to file.				
Group	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	62.88	10.560	231.66	n.a
2	80.10	20.330	16.32	1.630

Tableau 13 : Tailles moyennes correspondant aux cohortes chez les mâles d'*Echinaster sepositus* obtenues par la méthode de NORMSEP. SD : écart type.

Group	Approx. Mean	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	62.88	61.27	8.681	191.97	0.000
2	80.10	80.49	7.879	40.03	2.321

5.1.2.6.3.2 Analyse de la répartition saisonnière de la taille chez les mâles d'*E. sepositus*

Le suivi de la distribution de fréquences de taille, par la méthode de (Bhattacharya, 1967), en fonction des saisons avec un pas de 9 ; a permis de visualiser : une (01) cohorte à 61.42 mm de tailles en Mars 2015, et une autre cohorte à une taille de 48.60 mm en Eté-2015. En automne 2015, une cohorte a été décelée à une taille de 61.04 mm. Par contre, en hiver 2015, une cohorte à une taille de 65.48 mm est observée. Par ailleurs, au cours de l'année 2016 une cohorte est observée à une taille modale de 51.43 mm en printemps et de 57.60 mm en Eté (voir Figure 67).

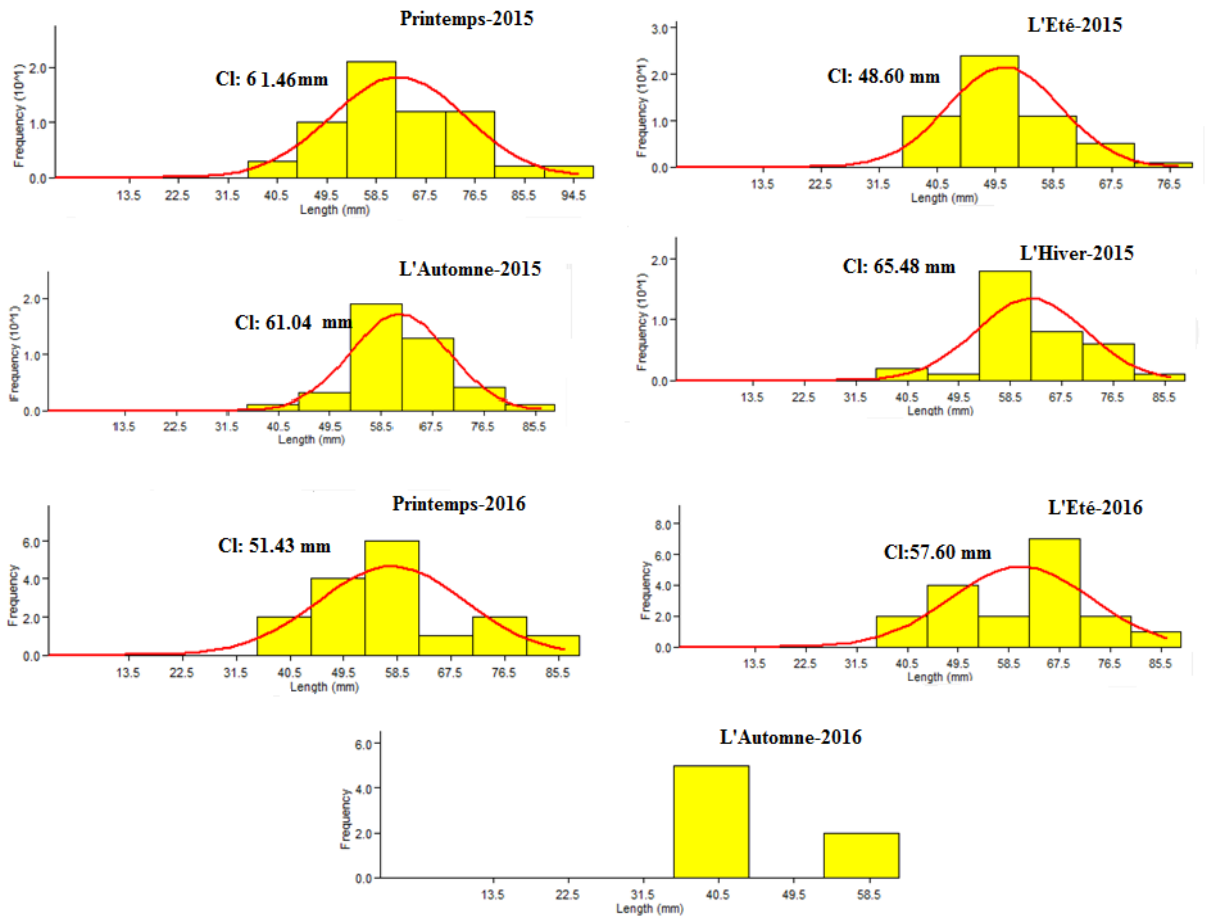


Figure 67 : Analyse modale saisonnière chez les mâles d'*Echinaster sepositus*, du port de Salamandre par la méthode de (Bhattacharya, 1967), en utilisant le logiciel FISAT II (Gayano et al., 2005).

Les résultats obtenus (Tableau 15), montrent la présence de cohortes avec des tailles moyennes différentes pour chaque saison

Tableau 14 : Tailles des différentes cohortes déterminées chez les mâles d'*Echinaster sepositus*, par la méthode de NORMSEP. SD : écart type.

Saisons	Nombre de cohortes	Taille moyenne (mm)	SD
Printemps-2015	1	61.46	12.170
Eté-2015	1	48.60	8.623
Automne-2015	1	65.48	9.606
Printemps-2016	1	51.43	12.323
Eté-2016	1	57.60	12.371

5.1.2.7. Exploitation de stock

5.1.2.7.1. Recrutement

L'espèce d'astéride *Echinaster sepositus*, obéit à deux recrutements dans l'année: Le premier recrutement (Figure 68) est moins important que le second ; comme on peut voir sur la figure les deux correspondent aux mois de février et septembre.

Les paramètres de croissance estimés chez les mâles d'*Echinaster sepositus* (Tableau.12), sont la longueur de l'envergure asymptotique (L_{∞}) et le coefficient de croissance (K), dont les valeurs sont respectivement 98.28 mm et 0.690 an⁻¹. L'indice de performances de croissance $\Phi' = 3.824$; t_0 est de $- 0.71$ an

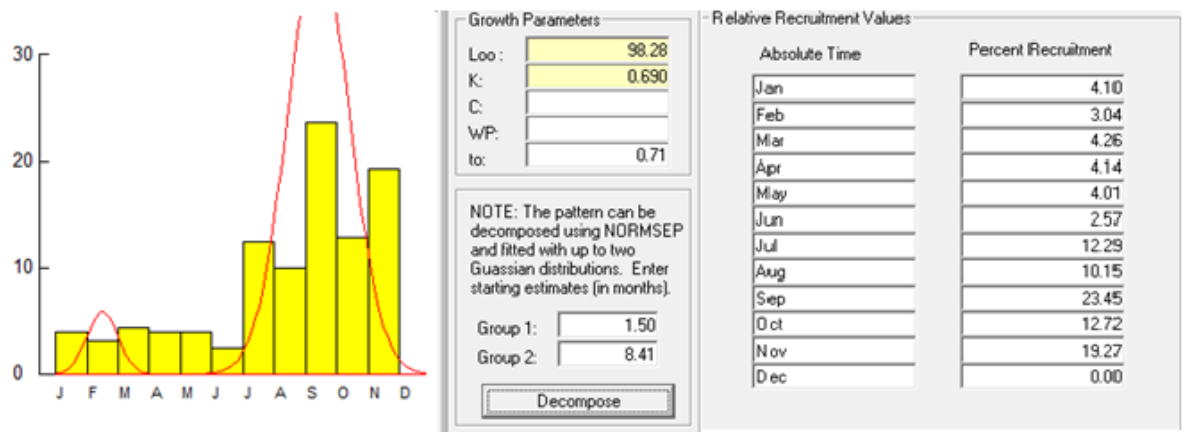


Figure 68 : Probabilités de recrutement chez les mâles d'*Echinaster sepositus*, du port de Salamandre.

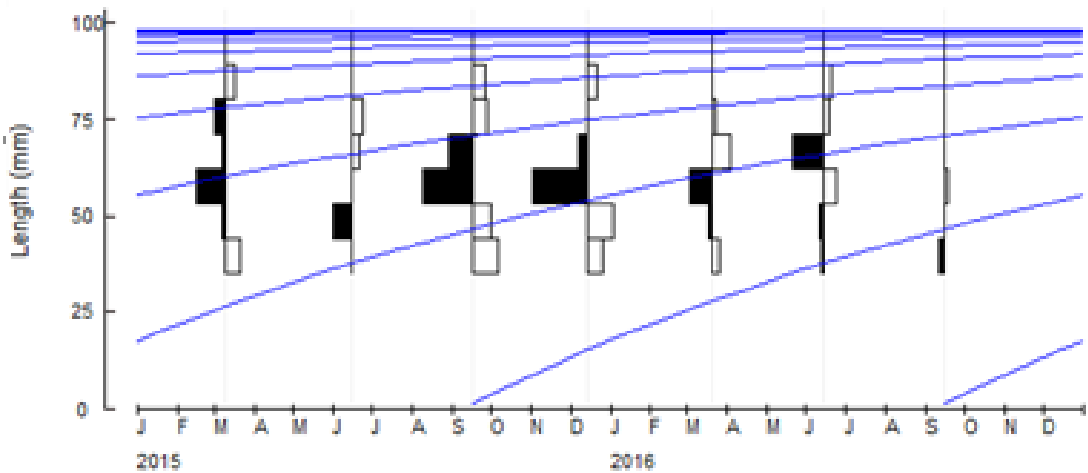
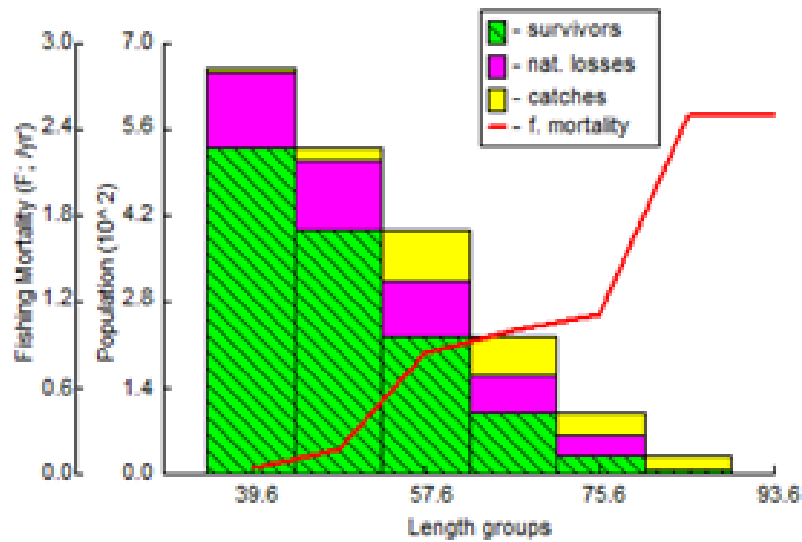


Figure 69 : Courbes de croissance de Von Bertalanffy chez les mâles d'*Echinaster sepositus*, du port de la Salamandre.

5.1.2.7.2. Analyse des populations virtuelles

D'après la figure 70, comme chez la population virtuelle des femelles, pour les mâles d'*E. sepositus*, seuls les individus dont la longueur moyenne varie entre]30.00- 66.00] mm semblent être affectés par la mortalité et ceci peut être liée aux pêches ciblées des collectionneurs d'étoiles de mer.



	Mid-Length	Catch (in numbers)	Population (N)	Fishing mortality (F)	Steady-state Biomass (tonnes)
1	39.6	6.00	659.30	0.0455	0.01
2	48.6	20.00	529.89	0.1651	0.01
3	57.6	82.00	396.58	0.8436	0.02
4	66.6	64.00	223.64	1.0049	0.02
5	75.6	38.00	100.05	1.1176	0.01
6	84.6	22.00	30.23	2.5000	0.01
7	93.6	0.00	0.00	2.5000	0.00

Figure 70 : Histogramme de la répartition virtuelle chez les mâles d'*Echinaster sepositus* en fonction de la longueur des bras, échantionnées au niveau du port de la Salamandre.

5.1.2.7.3. Estimation de la mortalité totale (Z) chez les mâles

Selon la méthode de (Jones et Van Zalinge, 1981) et en tenant compte de l'analyse des fréquences de taille, nous avons pu déterminer la mortalité totale (Z) de l'étoile de mer *E. sepositus*, prélevée au niveau du port de la Salamandre (Figure 71).

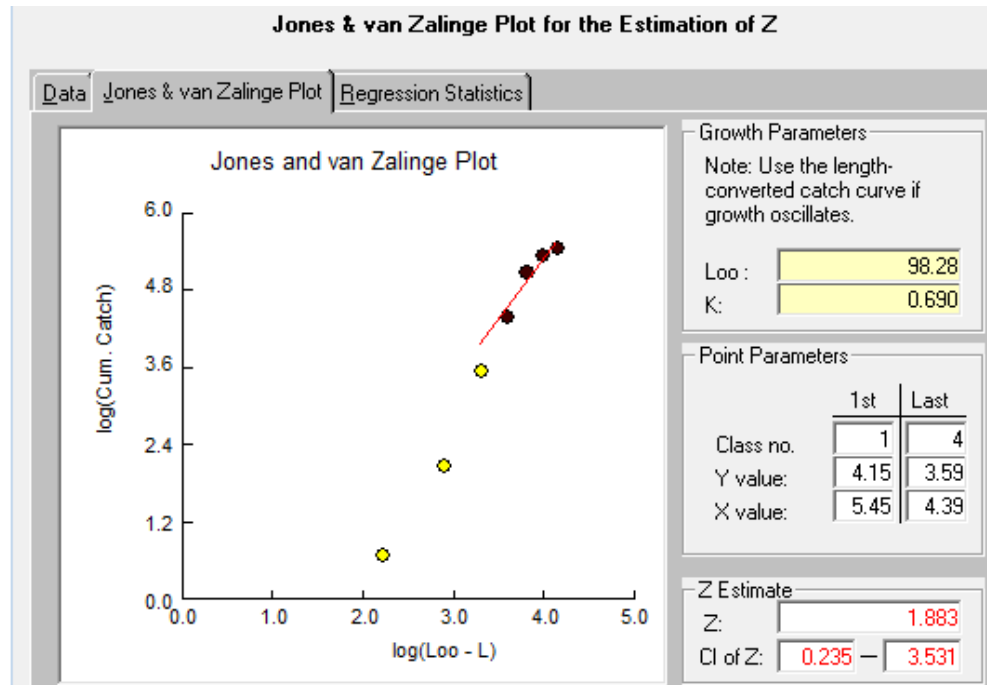


Figure 71 : Courbe de mortalité totale (Z) obtenue par la méthode de (Jones et Van Zalinge, 1981) ; chez les mâles d'*E. sepositus*, du port de la Salamandre.

DISCUSSION

Dans cette partie, l'étude de la dynamique des populations d'*Echinaster sepositus*, a montré l'existence de deux périodes de recrutement avec la première de moindre importance et se déroulant en début du printemps alors que la deuxième plus massive, se déroule en été. Ceci semble corroborer les résultats obtenus par l'étude de la reproduction où la ponte massive s'étale de l'été jusqu'en automne. Aussi, trois cohortes semblent composer cette population du site de Salamandre. Cependant, ces résultats restent préliminaires et il serait important de réaliser un élevage *in situ*, afin de confirmer ces données et de les compléter.

Quant aux résultats de la croissance relative (taille-poids), cette relation a montré une vitesse de croissance équivalente entre la longueur des bras et le poids frais d'*E. sepositus*. Par ailleurs, l'analyse du stock de cette population, a permis de déceler que les femelles de l'astéride *E. sepositus* âgées d'un an ont une taille de 68.51 mm de longueur moyenne de bras, avec un taux de croissance de 0.860 par/an. En revanche pour les mâles la première longueur moyenne est de 62.88 mm avec un taux de croissance de 0.690 par/an

Ce qui signifie au sens de (Barry et Tegner, 1989) que la population d'*E. sepositus* au niveau du petit port de Salamandre est en augmentation. Selon (Barry et Tegner, 1989) si le ratio Z/K est <1 ; la population augmente, comme c'est le cas d'*Echinaster*

sepositus de Salamandre où le rapport Z/K chez les femelles est de 0.259 et de 0.707 chez les mâles. Cependant, cette augmentation en démographie d'*E. sepositus* peut être liée aux conditions du milieu comme (Jackson *et al.*, 2001), l'ont signalé où dès que les conditions du milieu sont favorable à cette espèce, cette dernière prolifère. Il est à noter que les dalles constituent un habitat écologique idéale (anfractuosités profondes) pour cette espèce, ajoutant à cela l'abondance de la nourriture, paramètre déjà signalé par (Brodie *et al.*, 2005); qui ont expliqué que la richesse du milieu en matière organique et la présence des algues chlorophylliennes favorisent l'augmentation et le développement en nombre de cette espèce comme c'est le cas au niveau du port de Salamandre. Par ailleurs, cette augmentation peut être due aussi à l'absence des prédateurs compétiteurs tels que l'on reporté (Jackson *et al.*, 2001).

Dans notre étude, nous avons estimé une totalité de capture selon les activités de pêches artisanales c'est-à-dire durant la saison chaude. Cependant 2500 g poids de l'astéride *E. sepositus*, poids estimé être pêché par les petits métiers, est considéré comme une pêche accessoire ; cette capture accidentelle est considérée comme un facteur qui affecte la population de l'étoile de mer.

PARTIE-2-
ETUDE DES TRAITTS DE VIE (BIOLOGIE ET CROISSANCE) DE
L'OPHIURE *Ophioderma longicauda*

PARTIE 2 : ETUDE DES TRAITS DE VIE DE L'OPHIURE *Ophioderma longicauda* (Retzius, 1789)

5.2. Etude des traits de vie de l'ophiure *Ophioderma longicauda*

5.2.1 Analyse des paramètres biologiques

L'espèce *Ophioderma longicauda*, dite ophiure lisse est une grande ophiure dont le disque central peut atteindre 3 centimètres de diamètre. Cette dernière possède cinq bras qui peuvent faire 4 à 5 fois le diamètre du disque. Le disque chez cette espèce est plus pentagonal que circulaire, légèrement convexe et a une texture coriace proche du cuir. Sa surface est finement granuleuse au toucher. Les piquants de l'ophiure sont courts et rabattus le long des bras, ce qui leur donne un aspect lissé et pectiné. Ces bras sont serpentiformes, de section circulaire, et animés de mouvements rapides et vigoureux. A leur surface, on note une alternance de bandes sombres et de bandes verdâtres.

La couleur de l'ophiure varie de l'orange rouge au noir. Mais le plus souvent, elle a une teinte chocolat. La face ventrale est plus claire. Des taches peuvent parsemer la périphérie du disque, sur sa face dorsale. Sous chaque bras, au niveau de leur enracinement sur le disque, deux petites encoches situées de part et d'autre de chacun des bras permettent, d'identifier cette espèce. Sur la face dorsale, cet enracinement dessine un V caractéristique.

5.2.1.1. Description morphologique du disque

Pour avoir plus d'informations sur la morphologie de cette espèce, on a procédé à une exploration du disque de cette espèce sous la loupe binoculaire. Le disque de *O. longicauda* met en avant une variabilité de couleur et des granules très fins, sphériques et serrés et parfois nue, formant des motifs sur la plaque dorsale (Figure 72). L'absence des yeux chez les ophiures est compensée par la présence de récepteurs photosensibles sur le tégument, qui réagissent à la lumière. Ce sont des structures spécialisées (microlentilles de calcite) localisées au niveau des plaques dorsales des bras. L'existence de ces photorécepteurs permet d'élucider le comportement des ophiures, depuis la détection d'un congénère, d'un prédateur jusqu'au retrait rapide vers une zone de refuge (Aizenberg *et al.*, 2001). Dans notre travail, on a observé la présence de plusieurs variétés donc 24 variétés de couleurs avec ou sans granulation ont été déterminées chez cette espèce, (voir Figures 72 A, B, C et D).

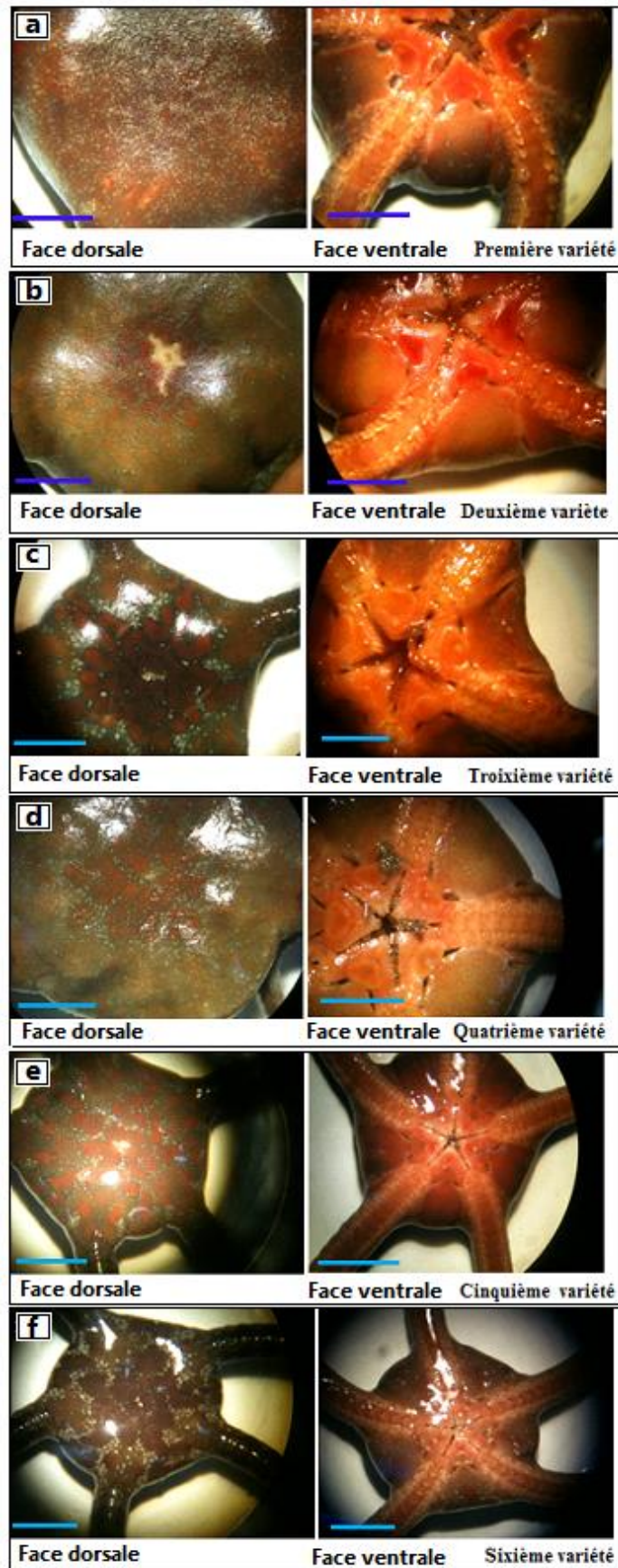


Figure 72 A : Variétés de la couleur du disque de l'ophiure *Ophioderma longicauda* (Bruzelius, 1805), récoltée dans la région de Stidia, échelle représentée en trait bleu = 1cm (Photos: Benzait H.).

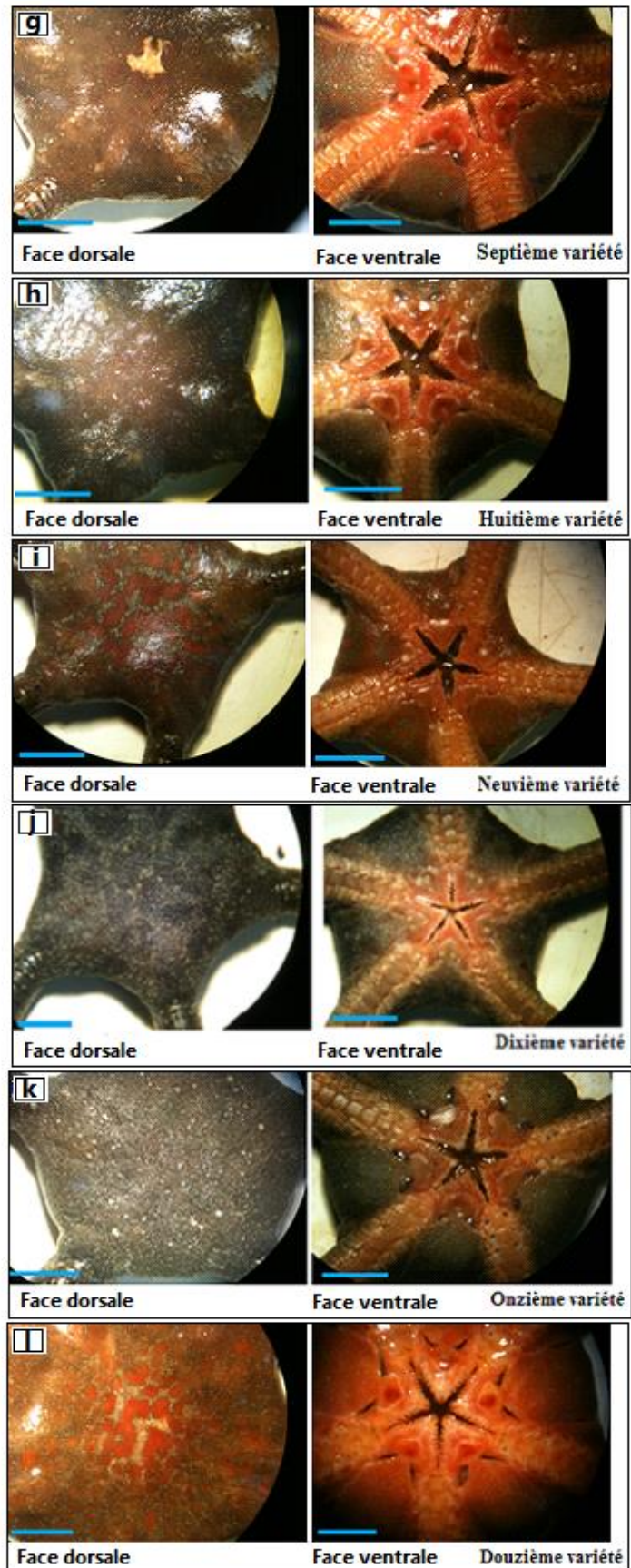


Figure 72B : Variétés de la couleur du disque de l'ophiure *Ophioderma longicauda* (Bruzellius, 1805), récoltée dans la région de Stidia, échelle représentée en trait bleu = 1cm (Photos: Benzait H.).

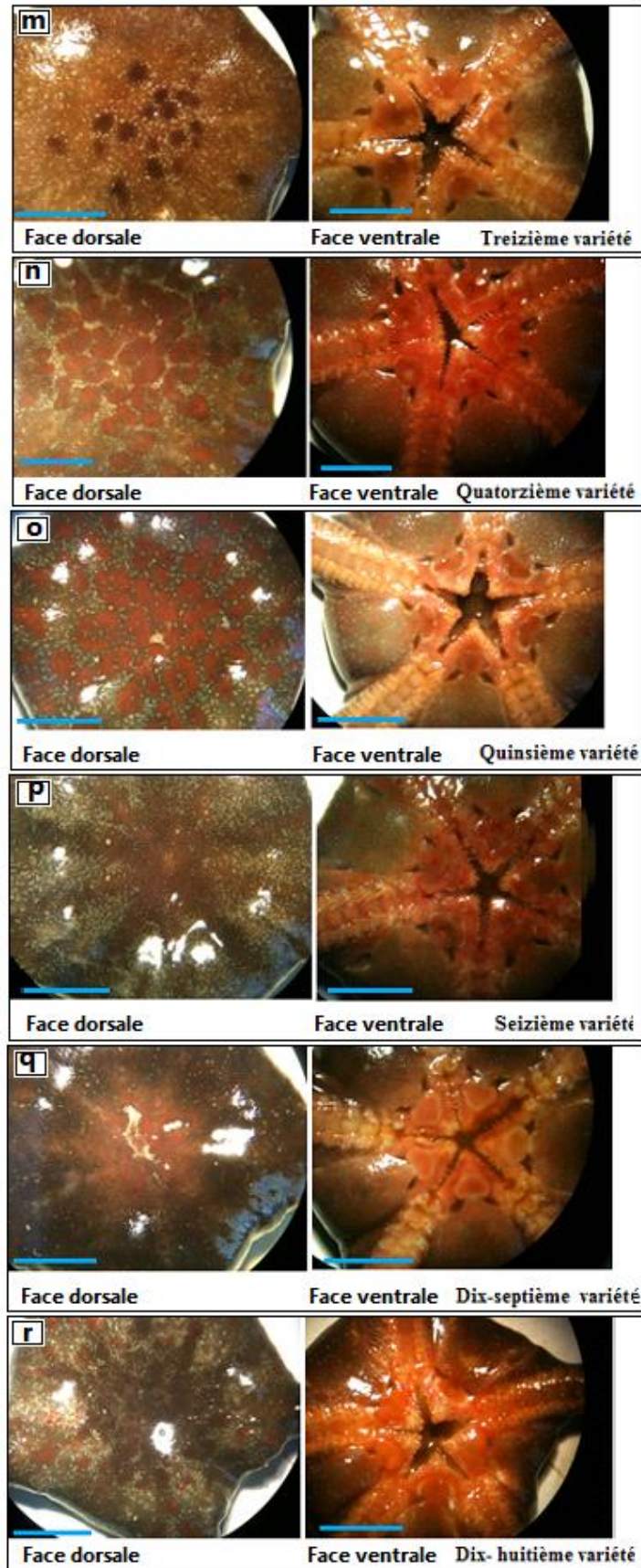


Figure 72C : Variétés de la couleur du disque de l'ophiure *Ophioderma longicauda* (Bruzelius, 1805), récoltée dans la région de Stidia, échelle représentée en trait bleu = 1cm (Photos: Benzait H.).

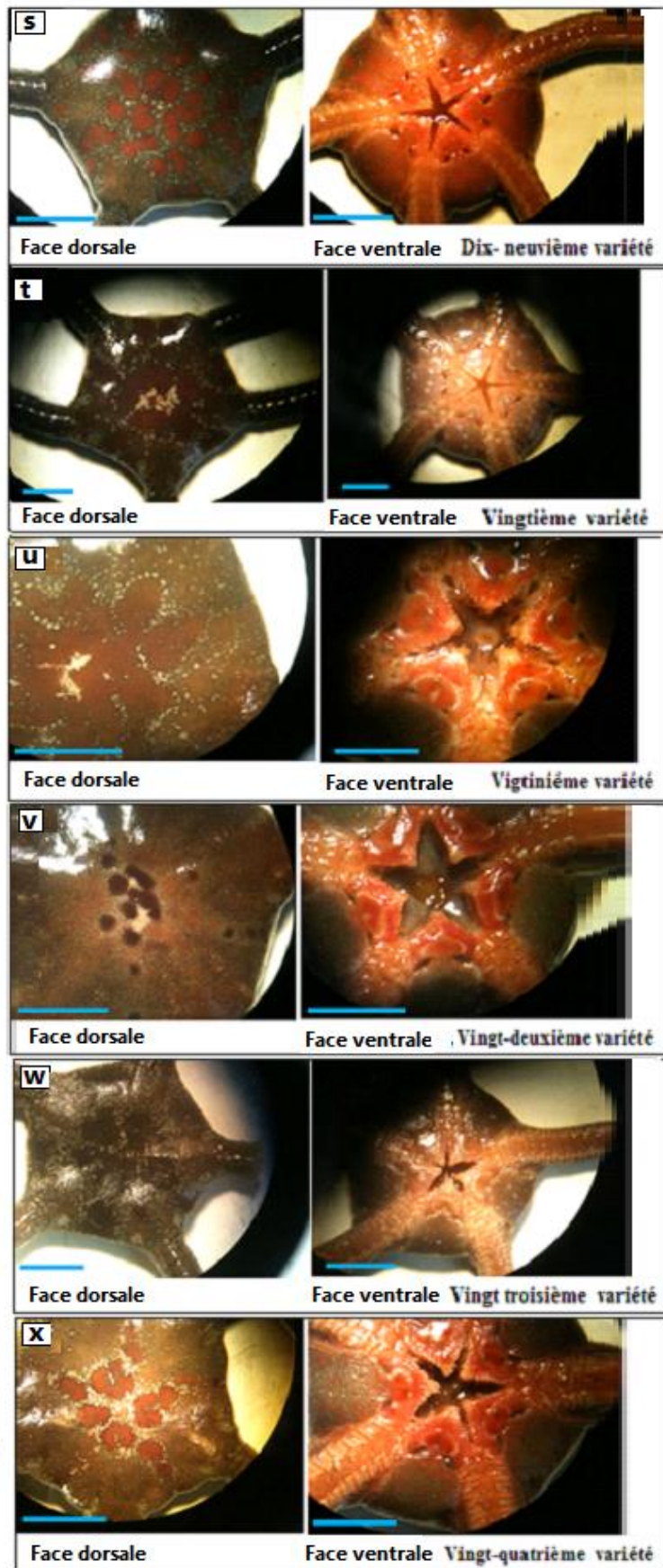


Figure 72D : Variétés de la couleur du disque de l'ophiure *Ophioderma longicauda* (Bruzellius, 1805), récoltée dans la région de Stidia, échelle représentée en trait bleu = 1cm (Photos: Benzait H.).

5.2.1.2. Description endosquelettique (observation microscopique des spicules)

Pour observer les spicules existant au niveau du disque d'*Ophioderma longicauda*, on commence par isoler et nettoyer le disque délicatement avec de l'eau distillé. Ensuite on met le disque dans un tube en verre contenant de l'eau de javel et on laisse agir quelques minutes. Après, avec une pipette, on prend quelques gouttes entre lame et lamelle, en adoptant le protocole de (Samyn *et al.*, 2006), puis on observe au microscope photonique. Ainsi, on a déterminé, plusieurs formes de spicules dermiques, qui sont très variables de nature : calcaire ou siliceuses minuscules (Figure 73). Ces spicules peuvent être utilisés comme caractère de détermination spécifique, (Tortonese et Vadon, 1987).

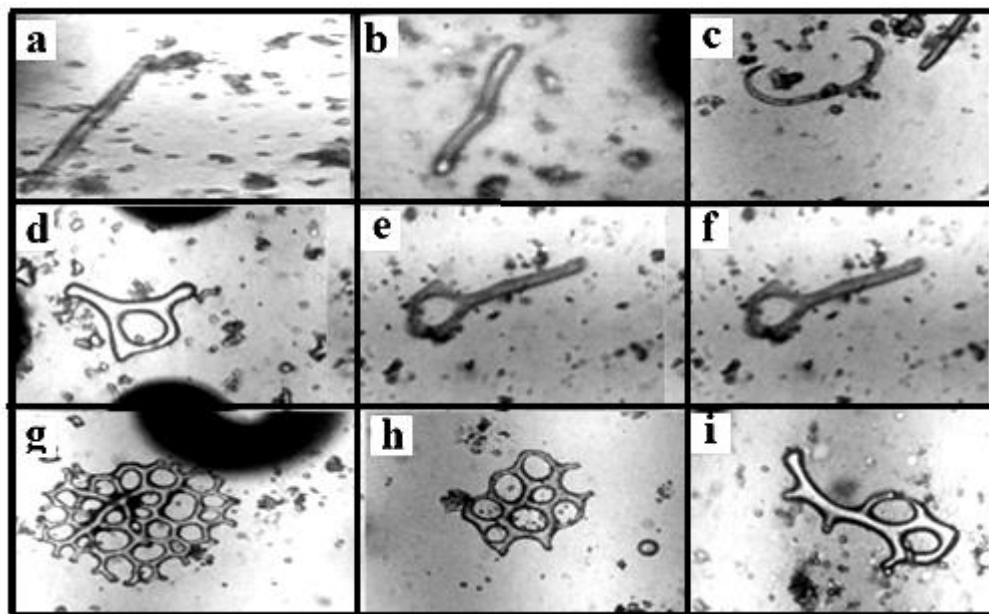


Figure 73 : Différentes formes de sclérites chez *O. longicauda*, observées sous microscope photonique au grossissement x 40 en bâtonnets (**a, b c**), en boucles (**d, e, f**) plaques perforées (**g, h, i**) [Photos : Benzait H].

La figure ci-dessus montre l'existence de deux formes de spicules à savoir : forme en bâtonnets très variés, et la forme en rosette ou plaque perforée.

5.2.1.3. Description morphométrique du disque de l'ophiure

Dans cette partie, on a voulu explorer la variabilité de la morphométrie chez l'ophiure *Ophioderma longicauda* à larves planctonique, vivant au niveau de la plage de Stidia. La morphométrie chez l'ophiure est déterminée par la variabilité et l'évolution mensuelle du diamètre du disque de cette espèce (Figure 74).

Sur les 125 individus d'*O. longicauda*, on a mesuré les diamètres L1 et L2, et ainsi on a calculé le rapport L1/L2 pour chaque individu, en utilisant le logiciel (Past, Ver 2.17 c).

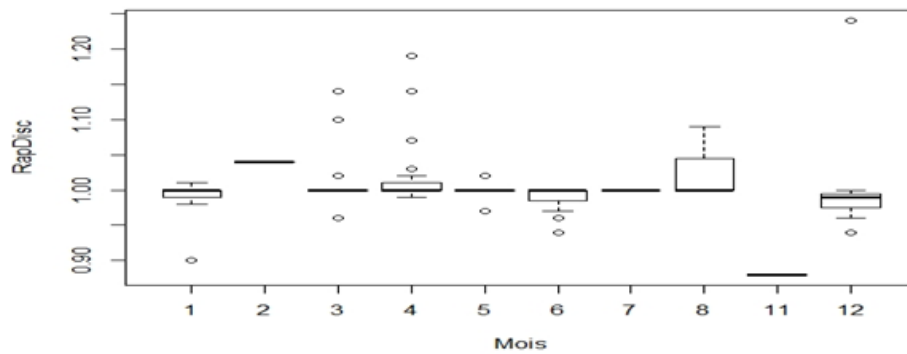


Figure 74 : Evolution mensuelle du rapport L1/L2 du diamètre du disque chez *Ophioderma longicauda*, réalisée par le Logiciel : [Past Ver 2.17c](#).

La variation du rapport morphométrique du disque de l’ophiure en fonction des mois montre une différence hautement significative (ANOVA à un seul facteur ; $F= 549500$, $p < 0.05$) (voir annexe). La différence significative du rapport morphométrique est localisée durant les mois correspondant, aux périodes de pleine maturité des gonades chez cette espèce. On a remarqué que le changement du rapport de disque (L1/L2) était lié au gonflement des fentes de reproduction chez *O. longicauda*, qui est observé durant les mois d’avril et aout où le disque d’*O. longicauda* est le plus élevé. Il est à noter que nous avons réalisé l’examen microscopique des gonades chez cette espèce durant cette période et on a bien confirmé que chez cette espèce grâce à la méthode morphométrique on peut cibler la période de pleine maturité où l’espèce se prépare à pondre ses gamètes. Par ailleurs, cette méthode semble valable juste pour *O. longicauda* non incubante comme c’est le cas pour *O. longicauda* du site de Stidia. Au cours de notre travail, nous avons observé un gonflement au niveau de la bourse génitale qui se remplit de produits sexuels, durant la période de maturité de l’ophiure, contrairement à l’ophiure couveuse *O. longicauda*, de la région de la Grèce, qui ne présenterait pas de gonflement au niveau de la bourse génitale lors de la pleine maturité sexuelle selon les travaux rapportés par ([Stöhr et al., 2009](#)).

5.2.1.4. Description des gonades et détermination du sexe.

La détermination du sexe chez l’ophiure *O. longicauda*, nécessite une dissection de spécimen et une observation binoculaire. A la base de chaque bras, deux paires de fente génitales, donnant l’accès aux bourses ou organes génitales à l’intérieur des organes on trouve des gonades de couleur vert olive, ou rouge brun (Figure 75a), chez les mâles ; par contre chez les femelles (Figure 75 b, c, d), les gonades sont de couleur blanche, ([Fenaux, 1992](#)).



Figure 75 : Différentes couleurs des gonades chez *Ophioderma longicauda* de Stidia (a): gonade mâle ; (b, c, d) : gonades femelles (Photos : Benzait H).

5.2.1.5. Observation microscopique des gonades

L'espèce *Ophioderma longicauda*, récoltée au niveau de la plage de Stidia, est une ophiure à larves planctonique. Ceci a été vérifié et confirmé grâce à l'étude microscopique d'un frottis de gonade observé sous le microscope photonique entre lame et lamelle le confirme (Figure 76).

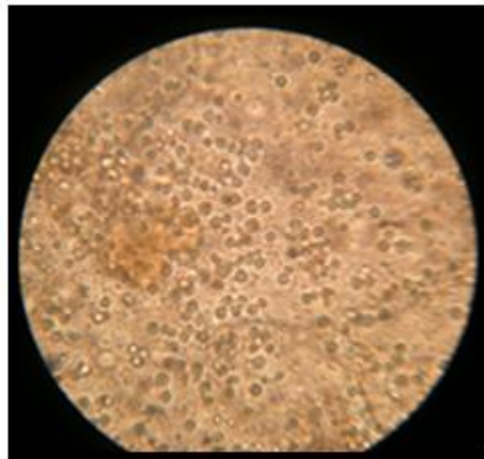


Figure 76 : Observation microscopique des gonades (ovocytes), d'*Ophioderma longicauda* non incubante de la région de Stidia, (Gr X100) [Photo : Benzait H].

5.3. Description de la niche écologique de l'Ophiure *Ophioderma longicauda*

Ophioderma longicauda est une espèce cryptique qui se cache sous des rochers, des gravats coralliens et des objets similaires (Hendler *et al.*, 1995), elle trouve son abri

dans des anfractuosités quelques mètres de profondeur au pieds de la barrière et parfois dans des zones près du rivage à 0.50 m. L'espèce est détritivore ; elle fréquente les herbiers de la posidonie considérés comme des réceptacles de la matière organique (fraîche et détritique), dérivée d'une production primaire autochtone très diversifiée et riche. La barrière de la plage de Stidia, constitue un habitat idéal pour l'ophiure *O. longicauda*.

Différents groupes d'échinodermes hébergent : les Holothurides littorales (*Holothuria poli* (Delle Chiaje, 1823), *Holothuria tubulosa* (Gmelin, 1788), les astérides *Coscinasterias tenuispina* (Lamarck 1816), et les échinides (*Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) et *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758) qui colonisent des concrétions calcaires avec du *Lithophyllum sp* (Figure 77)



Figure 77 : *Ophioderma longicauda* dans son environnement aux pieds de la barrière de Stidia (Photos : Benzait H).

DISCUSSION

Dans cette thèse, on a déterminé que *O. longicauda* vivant à Stidia est non incubante et présente 24 variétés de couleur montrant ainsi l'existence d'une forme de plasticité phénotypique. Par ailleurs, (Thu Weber en 2015), a déterminé qu'il existe au moins deux, voire cinq espèces biologiques dans le complexe *Ophioderma longicauda*. Tout d'abord, grâce à une combinaison d'observations de la période de reproduction, d'observations morphologiques, génétiques et écologiques. Des lignées sympatriques dispersante L1 et incubante L3 étaient des espèces biologiques différentes. De plus, elle a montré qu'il existe des différences de thermotolérance entre les espèces L1 et L3, renforçant l'idée d'une séparation des niches écologiques. Et enfin

(Thu Weber *et al*, 2013) ont déterminé qu'il existe six groupes génétiques distincts dans le complexe *Ophioderma longicauda*.

Dans notre travail qui reste préliminaire, on s'est basé sur la seule combinaison d'observations de la période de reproduction ; d'observations morphologiques et écologiques, pour décrire cette espèce.

On a commencé par comparer l'examen interne des fentes génitales de notre espèce avec l'ophiure non incubante de la région de la Grèce, décrite par (Thu Weber, 2015) (Figure 78C et D). L'observation interne des bourses génitales montre la présence des ovaires et donc de gonades similaires chez *Ophioderma* provenant de Stidia et de la Grèce et toutes les deux sont non incubantes donc à larve planctonique.

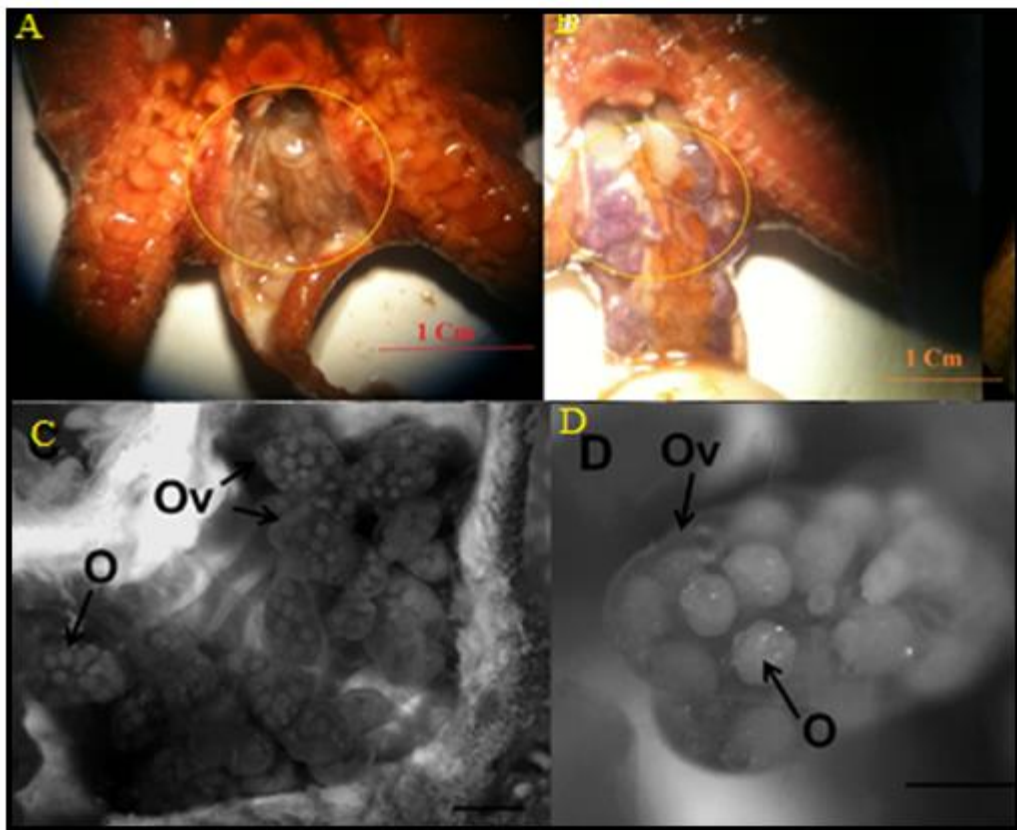


Figure 78: (A, B) la nature des gonades d'*Ophioderma longicauda*, de la région de Stidia (Photos: Benzait H.) ; (C, D) : les gonades de la lignée L1 chez *Ophioderma longicauda*, non incubante de la région de côté nord de la Grèce (Thu Weber, 2015).

On a regroupé dans le Tableau ci-dessous nos différentes observations et on les a comparés à celles de Thu Weber en 2015.

Tableau 15 : Comparaison des différents paramètres ou observations sur les traits de vie d'*Ophioderma longicauda*.

Différents Paramètres	Lignée L1 non incubante	Lignée L3 Incubante	Nos résultats <i>O. Longicauda</i> non incubante (Stidia)
<i>Présence des Bourses génitales</i>	-	+	+
<i>Mesures de la taille du disque</i>	15.3 mm	12.3 mm	25 mm
<i>Bathymétrie</i>	Beaucoup plus	faible profondeur	faible profondeur
<i>Boucliers couverts</i>	+++	+	+++
<i>Boucliers nus</i>	+	+++	+
<i>Période de reproduction</i>	Juillet	Fin d'avril	Aout (maturité)
<i>Température</i>	+	+++	+++
<i>Sensibilité aux rayons solaires</i>	+++	+	+++
<i>Couleur des gonades</i>	Très variée	Blanche	Très variée

La comparaison de nos résultats (Tableau 16) avec ceux de Thu Weber 2015, montre que l'espèce *Ophioderma longicauda* vivant à Stidia, ne ressemble pas totalement à l'*Ophioderma longicauda* non incubante de Grèce bien qu'elles soient toutes les deux non incubantes. Aussi, *Ophioderma longicauda* de Stidia, présente des bourses génitales comme *Ophioderma longicauda* **incubante** de la crête de Grèce. Ce qui nous laisse penser et cela reste à vérifier que *Ophioderma longicauda* de Stidia est une lignée à part non encore déterminée génétiquement et qui est intermédiaire entre L1 et L3. Ce qui nécessite l'utilisation de l'outil moléculaire pour l'aspect génétique et un suivi *in situ* du développement histologique des gonades pour voir si chez *Ophioderma longicauda* de Stidia, la température influencerait le passage de cette dernière d'une ophiure non incubante à une ophiure incubante.

5.2.2. Résultats de l'étude de la croissance et de la dynamique de la population d'*Ophioderma longicauda*

L'étude de la croissance et de la dynamique de la population a porté sur 125 individus d'*Ophioderma longicauda*, échantillonnée au niveau de la plage de Stidia. Cette espèce cryptique est difficilement accessible, elle est retrouvée souvent : aux pieds des digues, à l'intérieur des fissures et des trous, loin de la lumière et des prédateurs.

5.2.2.1. Variation du diamètre moyen du disque (taille) chez *Ophioderma longicauda* échantillonnée au niveau du site de Stidia

Durant une année allant de janvier 2015 à décembre 2015, un total de 125 individus a été échantillonné, au niveau de la plage de Stidia. Le diamètre moyen du disque de l’ophiure *O. longicauda*, récoltée se situe entre [7.15–30.20 [mm, (Figure 79). Cependant, la distribution des fréquences de diamètre se caractérise par un seul mode avec un diamètre de disque moyen compris entre [23.15-30.15 [mm. L’espèce *O. longicauda*, est représentée par 50% des individus, ayant un diamètre de disque moyen qui varie entre 15.15 à 23.15 mm. Par ailleurs, on note l’absence des jeunes individus dont le diamètre de disque est inférieur à 7.15 mm.

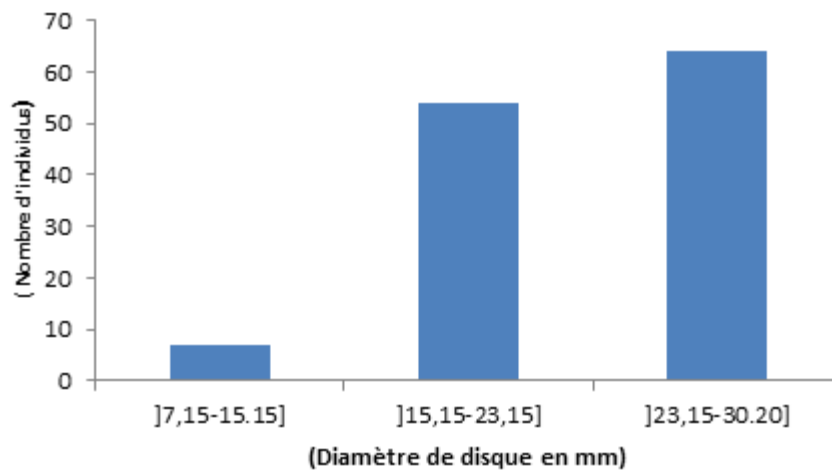


Figure 79 : Structure démographique de la population d’*Ophioderma longicauda* de la plage de Stidia. (En abscisse les classes de diamètre du disque (mm) (intervalle de 8 mm) et en ordonnée le nombre d’individus).

5.2.2.2. Estimation des paramètres de croissance

L’estimation des paramètres de croissance a été réalisée par le logiciel Fisat II et représentée dans le Tableau 16. Les résultats ont montré un L_{∞} sous-estimé et cela est dû probablement au nombre d’individus et à l’échantillonnage qui n’est pas assez représentatif de la population naturelle (Tableau 16 et Figure 80).

Tableau 16 : Expressions de l’équation de Von Bertalanffy et de l’indice de performance de croissance chez *O. longicauda* échantillonnée dans la plage de Stidia.

Sexe	L_{∞}	K (1/an)	t_0	ϕ'	Z/K	Equation
Sans distinction De sexe	24.31	1.500	1.40	2.948	0.329	$L_t = 24.31 [1 - e^{-1.500(t-1.40)}]$

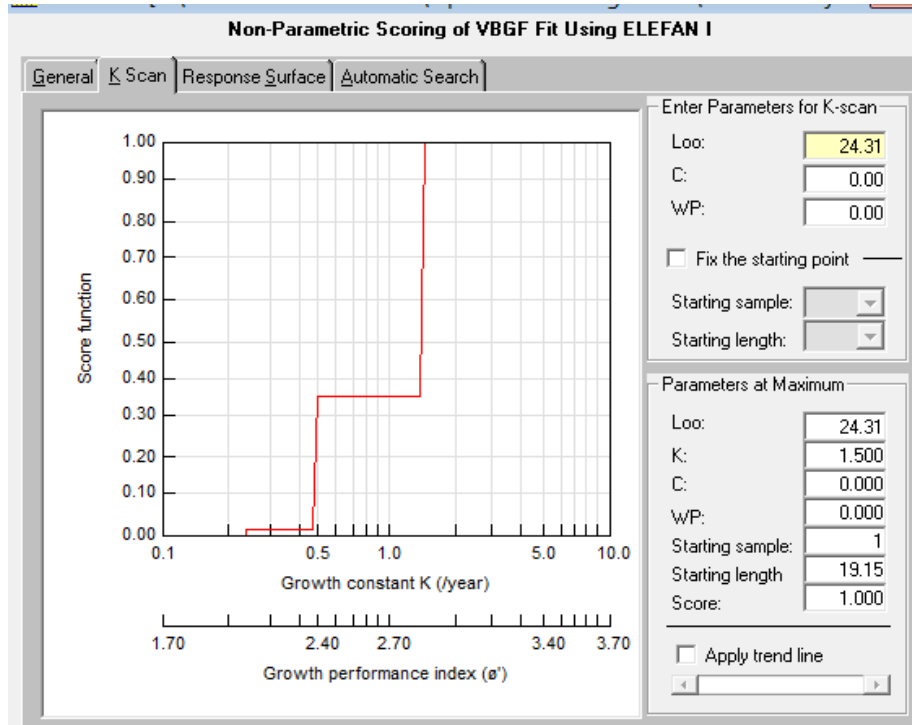


Figure 80 : Présentation de l'indice K scan chez *Ophioderma longicauda*, de la station de Stidia et réalisé par ELEFAN en utilisant le logiciel FISAT II (Gayaniilo *et al.*, 2005).

5.2.2.3 Croissance allométrique

5.2.2.3.1. Relation diamètre-poids de l'ophiure *Ophioderma longicauda*

La relation entre le diamètre du disque et le poids chez d'*Ophioderma longicauda*, sans distinction de sexe, montre un coefficient de corrélation (r) de **0.94** ; ce qui révèle une très bonne corrélation entre ces deux paramètres biologiques. La valeur observée de la pente ou le coefficient de régression ($b=2.24$) est très proche de la valeur théorique 3 ($t < 1.96$, $p < 0.05$), ce qui signifie qu'il existe une isométrie entre le poids frais et le diamètre moyen du disque d'*Ophioderma longicauda*, on peut donc constater que le poids frais (PH), croit au même rythme que le diamètre de disque (DD) [(Figure 81) ;(Tableau 17)].

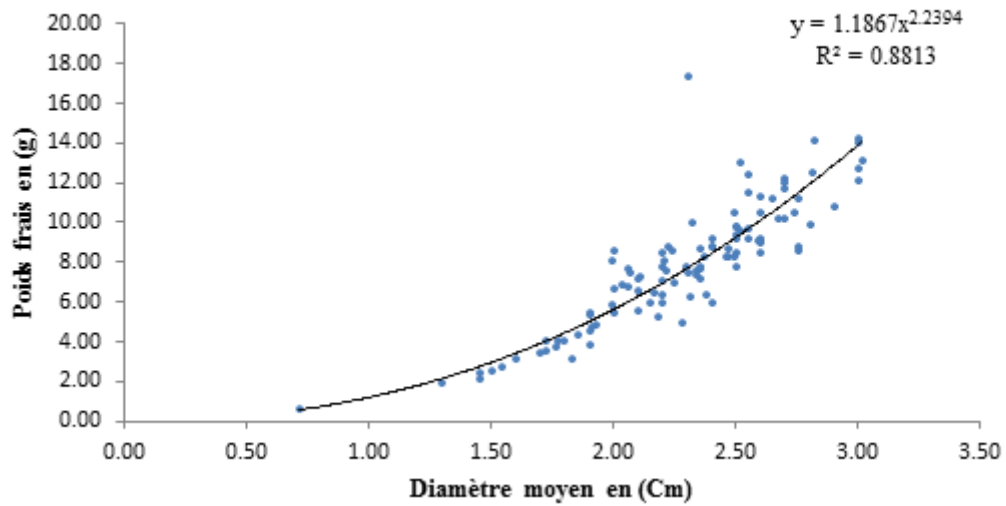


Figure 81 : Relation taille poids entre le poids frais en (g) et le diamètre moyen du disque en (cm) chez *Ophioderma longicauda* de la plage de Stidia.

Tableau 17 : Paramètres de croissance et équations de la relation entre le diamètre moyenne de disque (DD) et le poids frais (PH), chez *Ophioderma longicauda* avec (n=125).

Stations	DD disque	Ph moyenne	A	b	r	F	Ddl	p-value
Stidia	2.285	7.986	1.1867	2.2394	0.94	0.017	109.70	< 0.0001
PH=1.1867 DD^{2.2394}								

5.2.2.3.2. Relation taille poids entre la longueur moyenne de bras en (cm) et le poids frais en (g) chez *Ophioderma longicauda*

La relation entre la longueur moyenne de bras et le poids frais, chez *Ophioderma longicauda*, montre une valeur du coefficient de corrélation (**r**) de **0.93** ; ce qui révèle une très bonne corrélation entre ces deux paramètres. La valeur observée de la pente où le coefficient de régression est de 1.88, ($t > 1.96$, $p\text{-value} < 0.05$). Ce qui signifie que la relation entre les deux variables est de type allométrique minorante entre le poids frais et la longueur moyenne de bras. Donc le poids de l’ophiure croît moins vite que la longueur des bras (Figure 82) et Tableau18).

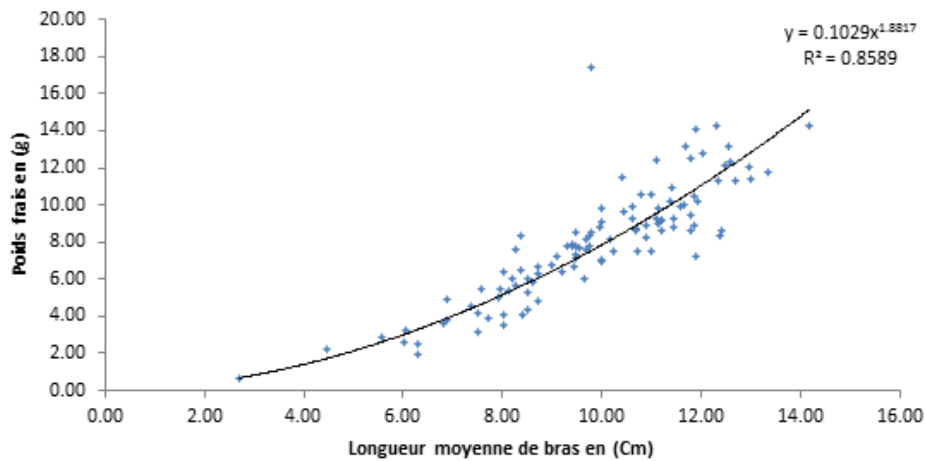


Figure 82 : Relation taille poids entre la longueur moyenne de bras en (cm) et le poids frais en (g) chez *Ophioderma longicauda*.

Tableau 18 : Paramètres de croissance et équation de la relation entre la longueur moyenne de bras (LB) et le poids frais (PH), chez *Ophioderma longicauda* avec (n=125).

Stations	LB Bras	Ph moyenne	A	b	r	F	Ddl	p-value
Stidia	9.821	7.986	0.1029	1.8817	0.93	1.466	183.167	< 0.0001
PH=0.1029 LB^{1.8817}								

5.2.2.3. Analyse saisonnière de la distribution démographique d'*O. longicauda* échantillonnée à Stidia

La décomposition en cohortes par la méthode de (Bhattacharya, 1967) sur une distribution de fréquence de taille selon les saisons, (avec un pas de 8mm), nous a permis de déterminer deux (02) modes respectivement au printemps avec un diamètre moyen de 11.92 mm et en automne avec un diamètre moyen de 16.92 mm. Les résultats sont représentés par la Figure 83 et le tableau 19.

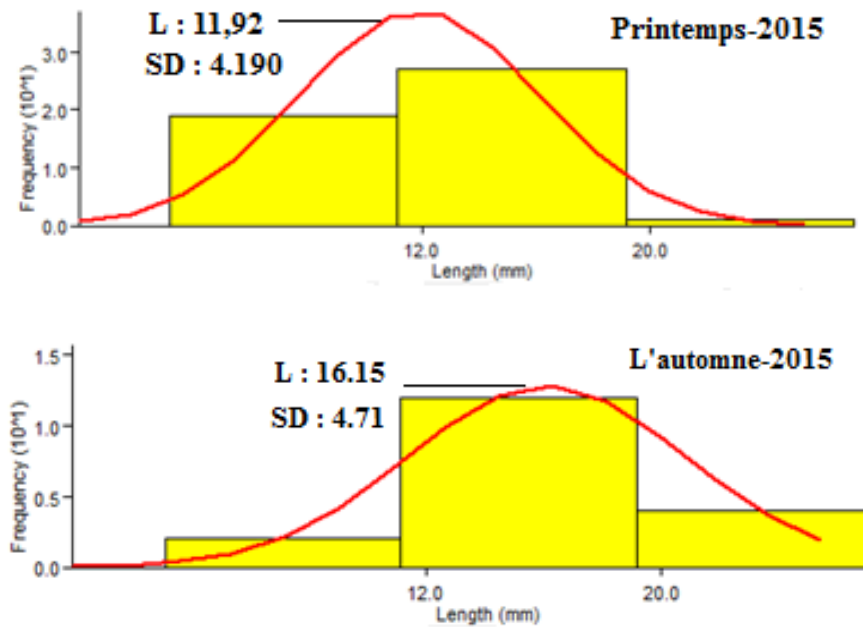


Figure 83 : Analyse modale saisonnière par la méthode de Bhattacharya (1967) de l'espèce *Ophioderma longicauda* de la région de Stidia en utilisant le logiciel FISAT II (Gayaniolo *et al.*, 2005).

Tableau19 : Classes de tailles d'*Ophioderma longicauda*, obtenus par la méthode de NORMSEP, SD : écart type

Group	Approx. Mean	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	11.92	11.92	4.190	49.00	n.a.
2					

Group	Computed Mean	S.D.	Population	S.I.
1	16.11	4.710	19.00	n.a.
2				

5.2.3. Exploitation de stock de l'ophiure *Ophioderma longicauda*

5.2.3.1. Recrutement

L'espèce d'ophiure *Ophioderma longicauda*, obéit à deux recrutements dans l'année: Le premier recrutement est moins important que le second ; comme on peut voir sur la figure 84, les deux recrutements correspondent aux mois de mars et de juillet.

Les paramètres de croissance estimés sont la longueur asymptotique (L_{∞}) et le coefficient de croissance (K), dont les valeurs sont respectivement 12.60 cm et 0.550 an⁻¹. L'indice de performances de croissance $\Phi' = 1.941$; t_0 est de - 0.487 an

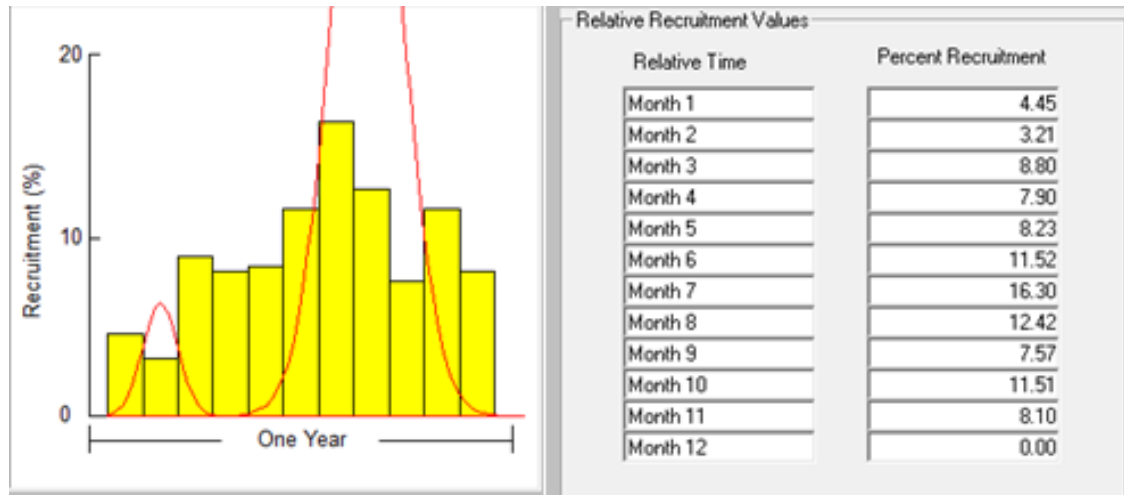


Figure 84 : Probabilités de recrutement d’*Ophioderma longicauda* des sexes confondus de la plage de Stidia.

5.2.3.2 Analyse de la population virtuelle

D’après la figure 85, il ressort que la population virtuelle d’*O. longicauda* est presque inexistante par contre la mortalité naturelle est plus significative, elle touche les individus dont le diamètre moyen du disque de l’ophiure est de 7.2 mm. Par ailleurs, les individus dont le diamètre moyen du disque est de 15.20 mm semblent être les plus abondants.

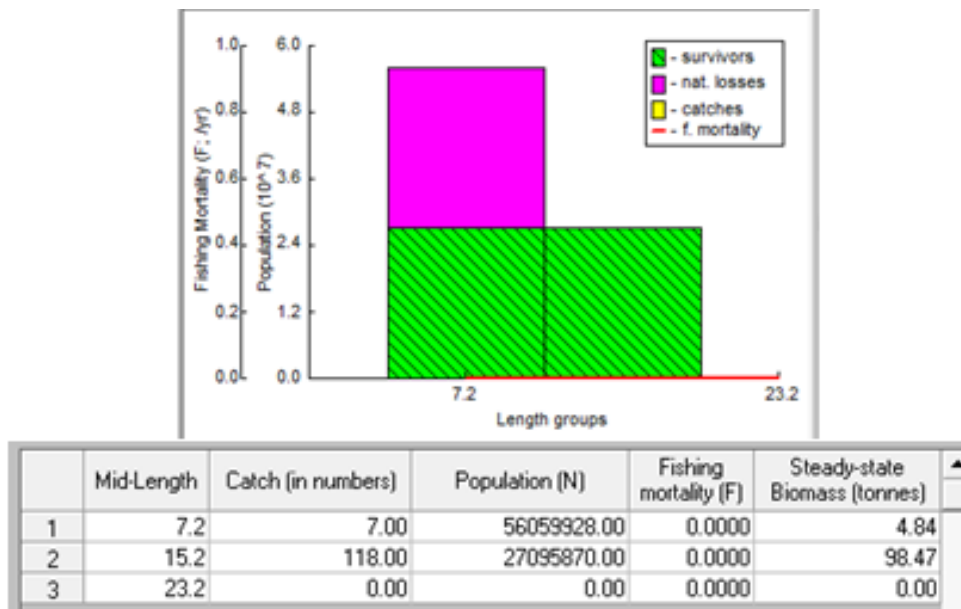


Figure 85 : Cohortes estimées chez la population virtuelle d’*Ophioderma longicauda* de la plage de Stidia.

5.2.3.3. Mortalité naturelle (M)

La méthode de (Pauly, 1980) employée pour l’estimation de la mortalité naturelle a donné les résultats mentionnés dans la figure 86.

<p>Function</p> <p>Pauly's M empirical equation for estimation of natural mortality (M) is :</p> $\log(M) = -0.0066 - 0.279 \log(L_{\infty}) + 0.6543 \log(K) + 0.4634 \log(T)$ <p>where:</p> <p>L_∞ is the asymptotic length measured in total length</p> <p>K is the VBGF growth constant</p> <p>T is the mean annual habitat</p>	<p>Option</p> <p>Please select the option to use:</p> <p><input checked="" type="radio"/> Use Loo</p> <p><input type="radio"/> Use Woo</p> <p>NOTE: The estimate may not apply to organisms other than fish (Pisces), especially not to bivalves and other sessile invertebrates. Moreover, it is valid only if Loo refers to total length.</p> <p>The acceptable temperature range is -2 to 31°C. For temperatures lower than 3.5°C, a transformation is used which is described in FISAT documentations.</p>
<p>User Defined Inputs</p> <p>Asymptotic length, Loo (cm): <input type="text" value="24.31"/></p> <p>VBGF growth constant K (1/year): <input type="text" value="1.500"/></p> <p>Mean habitat temperature (°C): <input type="text" value="24"/></p>	
<p>Estimate</p> <p>Estimated value of natural mortality (1/year): <input type="text" value="2.29625"/></p>	
<p><input type="button" value="Compute"/> <input type="button" value="Print"/> <input type="button" value="Close"/></p>	

Figure 86 : Mortalité naturelle (M) d'*Ophioderma longicauda* échantillonnée à Stidia et estimée par la méthode de (Pauly 1980).

DISCUSSION

Les résultats de l'étude des traits de vie de l'ophiure *Ophioderma longicauda* (Retzius, 1805) du site de Stidia ont montré que cette dernière est une espèce à larve planctonique, présentant plusieurs variétés de couleur. Aussi, l'étude morphométrique du disque a permis de localiser les périodes de pleine maturité sexuelle aux mois d'avril et aout. Cependant, (Thu-Weber, 2015) a montré que *Ophioderma longicauda* à larves planctoniques, présente une période de reproduction située au mois de juillet, sur les côtes françaises. Alors que (Stöhrs *et al.*, 2009) ont montré que chez l'espèce couveuse de la méditerranée orientale, la ponte débute en mois de mai et s'étale jusqu'en juin. Pour *Ophioderma longicauda* du site de Stidia, il est important de confirmer l'existence de deux pontes en réalisant le suivi histologique des gonades chez cette espèce.

Il est à noter que (Thu-Weber, 2015), a signalé que la couleur du corps chez la lignée couveuse d'*O. longicauda*, est dominée par le vert au lieu du rouge et la couleur des gonades est blanche au lieu de l'olive- à brun rougeâtre. Chez *Ophioderma longicauda* de Stidia, la présence de plusieurs variétés de couleur, laisse supposer qu'il existe un complexe biologique à explorer ultérieurement chez cette espèce au niveau de cette station. D'autant plus qu'elle présente certains critères retrouvés chez *O. longicauda* couveuse et d'autres ressemblant à *O. longicauda* à larves planctoniques de la crête de Grèce.

Le recrutement de *O longicauda* de la station de Stidia s'effectue d'une part, toute l'année particulièrement en saison estivale, avec une distribution bimodale et d'autre part, la croissance linéaire montre une valeur du taux de croissance de 1.10 cm/ans et la relation taille poids de l'ophiure indique que l'espèce suit une isométrie entre les deux

paramètres biologiques, (diamètre de disque et son poids frais), cette croissance est probablement due à une reproduction par la scissiparité. Selon (Delvaultr et Cognetti, 1962), cette division est présente chez les astérides *Coscinasterias tenuispina*. En revanche, la relation allométrique entre la longueur moyenne des bras et le poids de l'espèce, montre une allométrie minorante. C'est-à-dire que le poids de l'espèce croît moins vite que la longueur de bras ; ce qui expliquerait probablement que cette différence de croissance serait liée au fait que cette espèce a une régénérescence des bras très rapide.

Dans notre étude, chez l'espèce *Ophioderma longicauda* : le rapport Z/K calculé prend une valeur de 0.317, ce qui confirme une fluctuation de la population étudiée au niveau des zones superficielles de la plage de Stidia. Cependant, la mortalité chez l'ensemble de la population, ne semblerait pas être affectée, et que l'âge adulte de la mortalité naturelle touche des individus dont le diamètre moyen du disque est de 7.2 mm.

Les traits de vie étudiés chez l'ophiure, montrent un diamètre de disque important et qui s'approche des espèces du genre *Ophioderma* étudiées à Marseille (Tableau 20).

Tableau 20 : Variabilité du diamètre du disque d'*Ophioderma longicauda*, au niveau de différentes régions de la méditerranée.

Localité	Individus	Etendu du diamètre du disque en (mm)
Algérie – Mostaganem (Stidia) (Présent travail)	125	23.15-30.15
France-Marseille (Stohr <i>et al.</i> , 2009)	80	7-25
Tunisie-Tunis (Stohr <i>et al.</i> , 2009)	01	17
Grèce -Rhodes, (Stohr <i>et al.</i> , 2009)	08	9-13
Chipre (Stohr <i>et al.</i> , 2009)	23	6-13
Liban (Stohr <i>et al.</i> , 2009)	23	07-17

Nos observations concernant *Ophioderma longicauda* du site de Stidia, restent préliminaires et méritent d'être approfondies pour mieux connaître les traits de vie de cette lignée de la région Ouest d'Algérie.

**PARTIE-3-
ETUDE DE QUELQUES TRAITTS DE VIE DE L'HOLOTHURIE
Royale *Parastichopus regalis* (Cuvier, 1817)**

PARTIE 3 : ETUDE DE QUELQUES TRAITS DE VIE DE L'HOLOTHURIE ROYALE *Parastichopus regalis* (Cuvier, 1817)

5.3. Etude des traits de vie de *Parastichopus regalis* (Cuvier, 1817)

Les "concombres de mer" ont une grande importance dans le recyclage des débris organiques riche en composants azotés utilisés par les algues et les herbivores, favorisant ainsi la production primaire de l'écosystème benthique et réduisant ainsi la solidification et la stratification du sédiment marin (Purcell *et al.*, 2016 ; Gonzalez-Wangüemert *et al.*, 2018a). Leur paroi transformée en "bêche-de-mer" ou "Trepang" est très appréciée par la communauté asiatique. Cependant et en réponse à la forte demande du marché, les pêcheries d'holothuries ont connu une expansion rapide entraînant l'effondrement des stocks et la recherche de nouvelles régions et espèces à exploiter (Robinson et Lovatelli, 2015), notamment dans la région méditerranéenne.

En Algérie, les espèces de la famille Holothuriidae ont été bien inventoriées (Mezali, 1998; 2008 ; Mezali et Francour, 2012 ; Mezali et Thander, 2014). Par contre, aucune étude n'a été réalisée sur la famille des Stichopodidae, qui est représentée en méditerranée par l'espèce *Parastichopus regalis* (Cuvier, 1817) anciennement appelé *Holothuria regalis* ou *Stichopus regalis* (WORMS, 2019). Le préfixe (*para*)-(Stichopus) a été ajouté suite à la présence de cette espèce dans les eaux méditerranéennes. Cette espèce se trouve entre 05 et 800 m de profondeur (Tortonese, 1965 ; Mercier et Hamel, 2013) et fréquente généralement des fonds sableux (Clark, 1922). Elle se répartie essentiellement dans le Nord-Ouest de la méditerranée et dans l'Est de l'Atlantique (Ramon *et al.*, 2010). En méditerranée, *P. regalis* est capturée comme prise accessoire par les chalutiers et est commercialisée pour la consommation humaine en Europe [(Espagne, Turquie et Grèce) (Ramon *et al.*, 2010 ; Gonzalez-Wangüemert *et al.*, 2018)]. En Espagne l'espèce *P. regalis* est connue sous différents noms locaux, (Espardenya, llongo, llonguet ou Sola), elle représente actuellement le produit de la mer le plus cher, atteignant 130 €/ kg de poids frais (Ramon *et al.*, 2010), leur prix dans les restaurants espagnoles de luxe atteint 43 €/ 165g (Ramon *et al.*, 2019 ; Conand, communication personnelle). Les bandes musculaires longitudinales de l'animal appelées "espardenya" ou "llongo" sont très appréciées par les espagnols et les touristes asiatiques:

Peu de données biologiques sont disponibles sur *P. regalis* (Santos *et al.*, 2015 ; Galimany *et al.*, 2018 ; Ramon *et al.*, 2019), ceci est probablement dû au fait que cette espèce d'eau profonde convulse ses organes lors de la remontée de filets compliquant la

collecte et la surveillance de la dynamique de sa population ou de son cycle de reproduction (Gonzalez-Wangüemert *et al.*, 2018).

Dans notre étude, cette espèce a été pêchée comme prise accessoire et récupérée au niveau de notre laboratoire (LPVRMLSM) pour l'identifier, sachant que cette dernière n'a jamais été signalée au niveau de nos côtes. Nous avons consacré cette partie pour étudier cette dernière. A cet effet, on a déterminé les caractères morphologiques de *Parastichopus regalis* et analysé sa structure démographique ainsi que les relations allométriques.

5.3.1. Détermination des caractères morphologiques de *Parastichopus regalis*

5.3.1.1. Examen endosquelettique (sclérites) de *Parastichopus regalis*

Les individus de *P. regalis* récoltés au niveau des fonds chalutables de la côte Ouest de Mostaganem, présente un corps mou assez déprimé avec un repli latéral net portant de grandes papilles et séparant les faces dorsales et ventrales. La face dorsale (Figure 87A) de couleur marron rougeâtre caractérisée par des tubules plus ou moins alignés et de coloration blanche. Dans certains cas, entre 5 à 7 tâches plus sombres (pseudo boutons) sont observées sur la face dorsale. La face ventrale (Figure 87B), comporte plusieurs rangées de podia répartie en trois zones, deux externes de couleur brune blanchâtre et celle du milieu d'une couleur rouge vive. Les tentacules buccaux sont en nombre de 18 à 20. Deux papilles de tailles plus importantes que ceux du corps sont présents de part et d'autre de l'orifice buccal et cloacal. Sur toute la couche supérieure du tégument dorsale et ventrale sont réparties de petites taches noires.

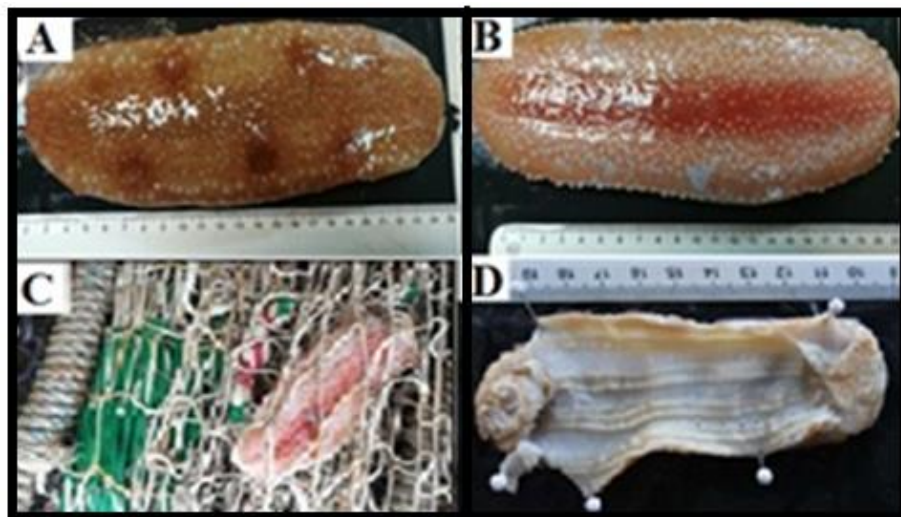


Figure 87 : *Parastichopus regalis* collectée au filet de pêche, **A**, Face dorsale, **B**, Face ventrale, **D** : Coupe anatomique montrant les cinq bandes musculaires.

Les individus de *P. regalis* ont été déterminés en se basant sur le critère morphologique, endosquelettique (forme des sclérites des faces ventrales et dorsales et des tentacules) et anatomiques. La préparation des sclérites est effectuée selon le protocole de (Samyn *et al.*, 2006) (dissolution du tissu à l'eau de Javel et rinçages à l'eau distillée). Une goutte de la solution est déposée entre lame et lamelle et est observée sous microscope photonique au Grossissement X10. Des prises de vue ont été effectuées sur les différents types de sclérites en utilisant le logiciel (OptikaView Lite, Ver 2.1). L'observation des sclérites du tégument dorsal, ventral et des tentacules (Figure 88D, E, F) a mis en évidence deux types de sclérites : les tables et les bâtonnets (Figure 88B, C). Selon (Clark, 1922), les tables observées correspondent à celle du genre *Stichopus*, d'autre part, les boutons et les rosettes sont absents chez *P. regalis*, il existe uniquement les tables ou tourelles, néanmoins, la présence des bâtonnets a été signalée par (Tortonese, 1965). Les bâtonnets des tentacules observés sont généralement lisses, non ramifiés et perforés au centre formant différents schémas des deux côtés (Figure 88).

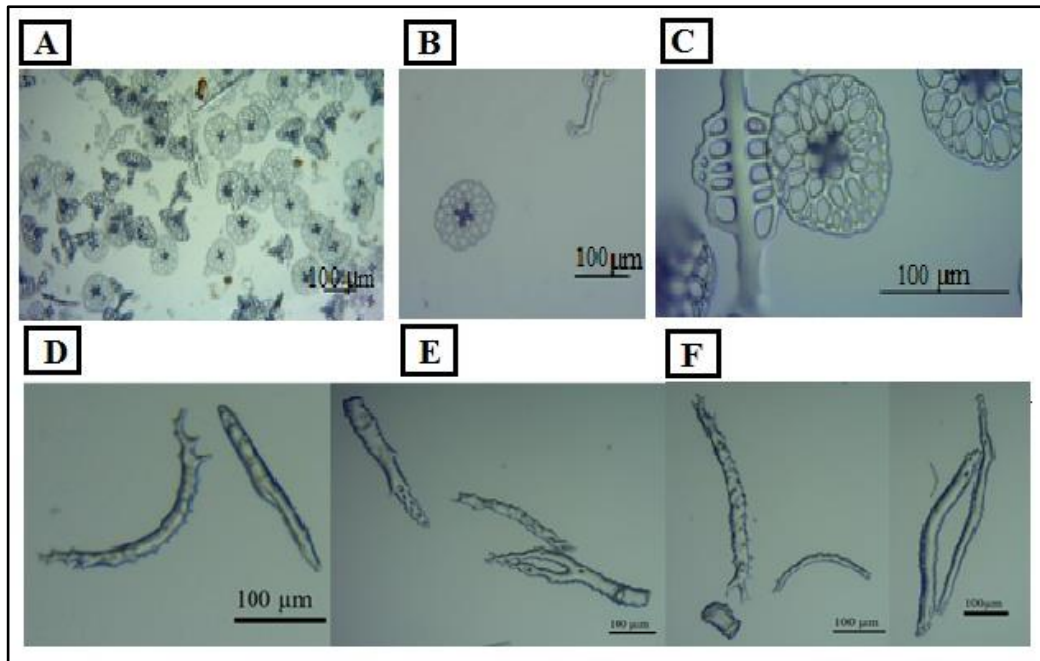


Figure 88 : Caractéristiques endosquelettique des individus de *P. regalis* de la région de Sidi Medjdoub **A**: vu générale des différentes formes présentes Gr x10 ; **B**: Une table et un bâtonnet Gr x10 ; **C** : Tables et bâtonnets (Gr x40) ; **D, E, F, G** : Différentes formes de bâtonnets observés au niveau des tentacules.

5.3.1.2. Examen de l'anatomie interne

L'examen de l'anatomie interne de *Parastichopus regalis* a révélé la présence de cinq paires de muscles longitudinaux de couleur blanchâtre à l'état frais, leur coloration change vers le crème après la conservation à l'éthanol. Il existe une seule vésicule de Poli attachée à la couronne calcaire qui est fragile. Les tubes de Cuvier sont absents chez cette espèce. Notre description morphologique et anatomique correspond à la description établie par (Tortonese, 1965 ; Cherbonnier, 1988 ; Khoeler, 1921).

5.3.2. Endosymbiote de *Parastichopus regalis*

Les holothurides constituent la classe d'échinodermes la plus infestée par des parasites. Les principaux organes touchés sont ceux du système digestif et le cœlome. La relation qu'ils entretiennent avec leur hôte s'apparente probablement à du commensalisme (Eeckhaut *et al.*, 2004). La faune symbiotique des holothuries se divise en deux catégories: l'une vit à la surface de son hôte (éctosymbiotes) et l'autre à l'intérieur de celui-ci (endosymbiotes). Généralement, les endosymbiotes sont beaucoup plus nombreux et variés que les ectosymbiotes, Les poisson carapidaees sont les endosymbiotes les plus retrouvés à l'intérieur du corps des holothuries. Ces poissons se divisent en deux genres: Carapus et Encheliophis (Markle et Olney, 1990 ; Parmentier

et al., 2000a). Parmi les sept espèces de *Carapus* connues, quatre sont associés à des holothuries (*C. acus*, *C. bermudensis*, *C. boraborensis*, et *C. homei*). Les Carapidae s'associent à des hôtes préférés comme les holothuries (Trott et Trott, 1972 ; Gustato *et al.*, 1979). Le choix *Parastichopus regalis* comme hôte par les poissons carapides (poisson perle) est mentionné par plusieurs auteurs (Nielsen *et al.*, 1999 ; Eeckhaut, 2003 ; Eeckhaut *et al.* 2004).

Cette association d'espèces, surtout répandue dans l'Indopacifique, existe en Méditerranée notamment pour l'association des deux holothurides *Holothuria (H.) tubulosa*, *Stichopus regalis* et le poisson thermomètre *Carapus acus* (Gustato, 1976 ; Meinesz, 2008). L'absence de la réaction de l'holothurie vis-à-vis de ce poisson laisse supposer que ce dernier utilise son hôte comme abri. L'abri ainsi offert, présente en outre l'avantage d'être bien oxygéné par le courant d'eau généré lors des contractions pulmonaires (Mezali, 1998).

Dans notre travail et lors de la dissection de l'holothurie *P. regalis*, on a observé la présence de poissons téléostéens Carapides *Carapus acus* (Bronnich, 1768) (Figure 89A), hébergé à l'intérieur de la cavité coelomique de *Parastichopus regalis* provenant des zones profondes chalutables de la plage de Sidi-Medjdoub.

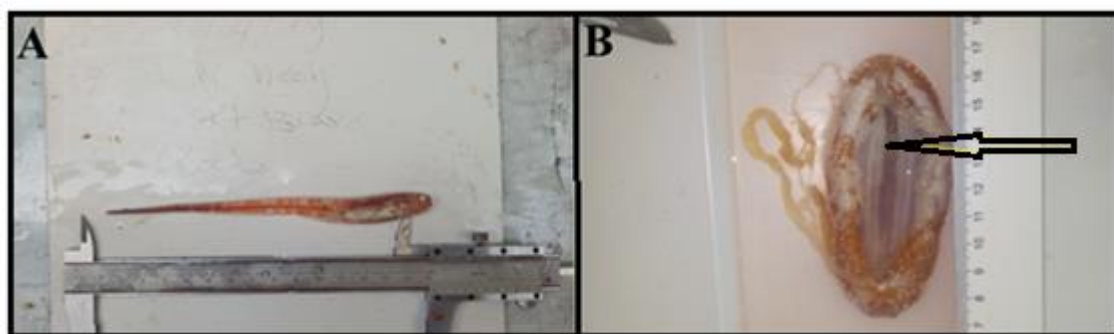


Figure 89 : (A), Photo montrant le poisson perle Carapide *C. acus* (Brünnich, 1789) ; (B), la cavité coelomique de *P. regalis* (en flèche) [Photos : Benzait H.].

L'individu de *Carapus acus*, observé dans la cavité coelomique de *P. regalis* possède un corps en forme d'anguille, allongé (Figure 90B) mince et sans écailles avec une taille moyenne de 14.70 cm et un poids moyens de 2.536 g. Il possède une longue nageoire dorsale et anale qui se joigne à l'extrémité de la queue et une petite nageoire pectorale (Figure 90E). Le corps est translucide de coloration rougeâtre avec environ 14 à 15 points irisés argentés situées sur les flancs (Figure 90A). Cette espèce est caractérisée par un museau arrondi et une large ouverture de la bouche (Figure 90C, D). Selon (Parmentier *et al.*, 1998 ; 2000). Il possède des dents coniques engagées et plusieurs

petites dents internes. Le poisson a été identifié en utilisant notamment la description donnée par (Trott et Olney ,1986).

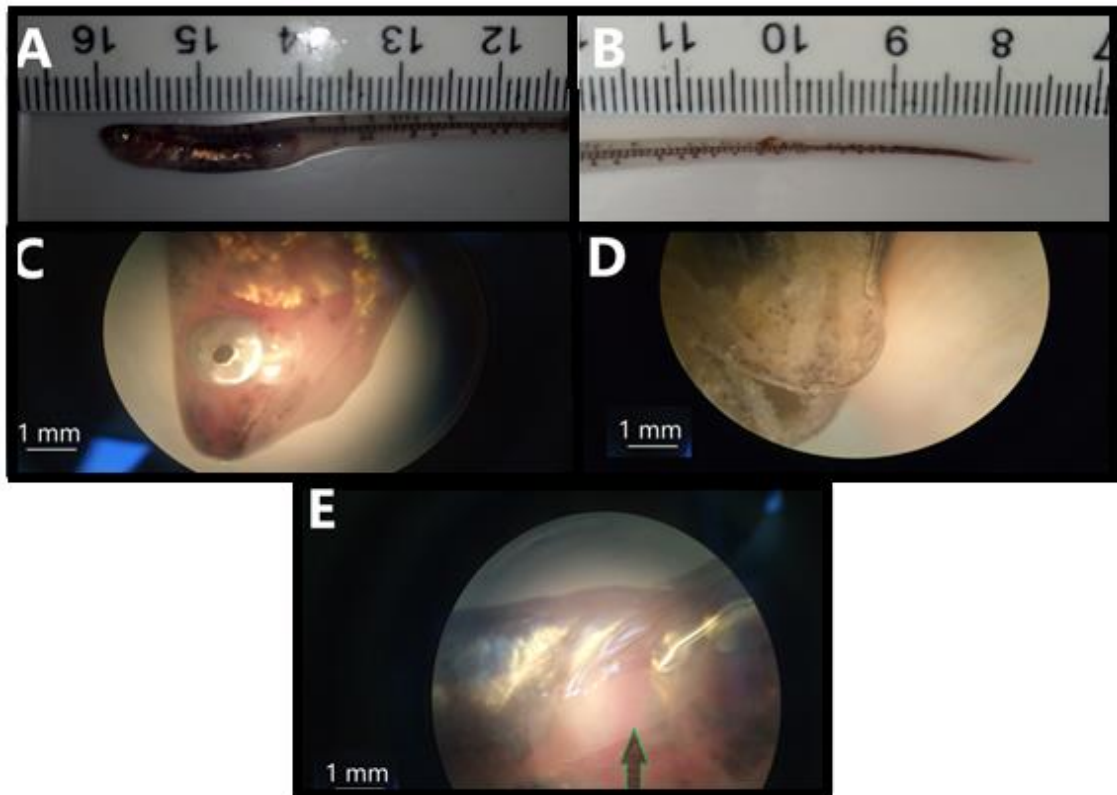


Figure 90 : Description anatomique du poisson *Carapus acus*, vivant dans la cavité cœlomique de *Parastichopus regalis* des zones profondes de la plage de Sidi Medjdoub; **A**, le flanc du poisson comprimé latéralement (une large ouverture de la bouche); **B**, une longue queue anguilliforme terminée au point **C**, un museau arrondi, **D** : une dentition conique et robuste; **E**, 19 rayons nageoire pectorale (en flèche) [Photos : Benzait H.].

5.3.3. Analyse de la structure démographique de l'espèce *Parastichopus regalis*

5.3.3.1. Structure des classes de taille de *Parastichopus regalis*

L'analyse de distribution de la taille de la population pêchée de *P. regalis*, a été réalisée sur un nombre assez restreint qui est de 35 individus. Cet effectif a été pêché durant les deux mois de Janvier 2019 et Février 2020, à une profondeur de 53 à 60 m de profondeur. La distribution des fréquences de taille est caractérisée par deux modes avec une longueur totale comprise entre [80-205 [mm. Le premier mode localisé à la classe de taille [104 -110[mm, et le second à la classe de taille [128-134[mm (Figure 91). Par ailleurs, 50% des individus, ont une longueur totale moyenne appartenant à la classe de taille [104 -110[mm. Cependant, on observe l'absence des jeunes individus dont la longueur totale moyenne est inférieure à 80 mm.

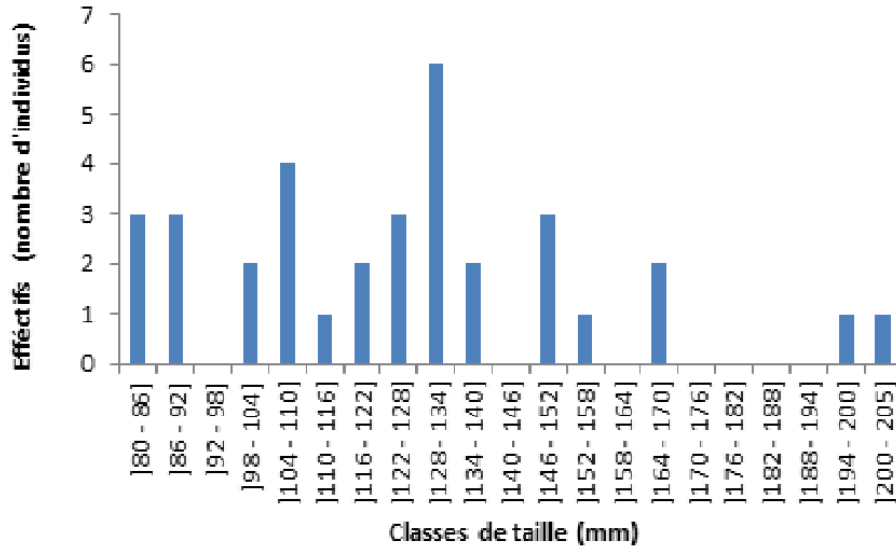


Figure 91 : Structure démographique de la population *P. regalis* échantillonnée dans les zones chalutables de Sidi-Medjdoub et petit port de Sidi Lakhdar, [(En abscisse les classes de taille de la longueur moyenne totale (mm) (intervalle de 6 mm) et en ordonnée le nombre d'individus)].

5.3.4. Croissance allométrique entre la taille et le poids de *Parastichopus regalis*

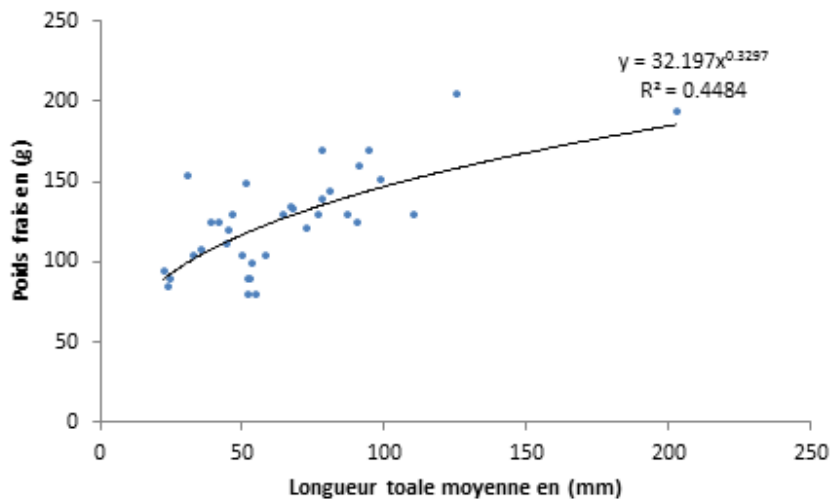


Figure 92: Relation taille poids entre le poids frais en (g) et la longueur moyenne en (mm) chez *Parastichopus regalis*.

L'analyse de la relation entre le poids frais, et la longueur de *P. regalis* montre un coefficient de corrélation (r) de **0.67** ; ce qui révèle une assez bonne corrélation entre ces deux paramètres. La valeur observée de la pente ou le coefficient de régression est de 0.33 ($t > 1.96$, $p\text{-value} < 0.05$) (Figure 92 ; Tableau 21), ce qui indique une allométrie de type minorante, entre le poids frais et la longueur moyenne totale, donc le poids de *P. regalis* croit moins vite que sa longueur.

Tableau 21 : Paramètres de croissance et équation de la relation entre la longueur totale (Lt).et le poids frais (PH), chez *Parastichopus regalis* de la région de Sidi Medjdoub et petit port.

Stations	Longueur Moyenne. en (mm)	PH moyenne	a	b	r	F	Ddl	p-value
Sidi-Medjdoub et petit port	126.14	65.28	32.20	0.33	0.67	1.227	66	< 0.0001
PH=32.197 Lt^{0.3297}								

5.4 Description de la niche écologique de l'holothurie *Parastichopus regalis*

Dans cette partie, nous apportant des informations sur le biotope de *P. regalis*, ainsi que les espèces associées, en s'appuyant sur une méthode indirecte qui consiste à la récupération des prises accessoires des filets maillants démersaux, qui sont généralement constitués d'invertébrés non visés, au niveau du domaine sublittorale des zones chalutables de la plage de Sidi Medjdoub. Ce concept, s'avère utile et moins destructive chez les petits métiers qui fréquente les zones de pêches peut profondes entre 58-98 m

Lors de la remontée des filets des petites embarcations, on a observé différentes espèces de faunes et de flores, qui s'accrochent aux filets de pêches et qui s'associent à l'holothurie royale *P. regalis* (objet de notre étude). Dans le Tableau 22, nous mentionnons la liste des espèces associées durant la période d'étude.

Tableau 22 : Les différentes espèces associées aux prises accessoires des fonds chalutables de Sidi Medjdoub

Groupe	Ordre	Espèces
Echinodermes	Spatangoida	<i>Spatangus purpureus</i> (O.F. Müller, 1776)
	Ophiurida	<i>Ophiotrix</i> sp
	Euryalida	<i>Astrospartus mediterraneus</i> (Risso, 1826)
	(Gorgonocephalidae)	
	Comatulida	<i>Antedon</i> sp
Eponges de mer	/	Non identifiés
	Decapoda	<i>Munida</i> sp
		<i>Goneplax</i> sp
		<i>Macropodia</i> sp
Crustacés		<i>Homola barbata</i> (Fabricius, (1793)
		<i>Pagurus bernardus</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Calappa granulata</i> (Linnaeus, 1758)
Cnidaires	Alcyonacea	<i>Eunicella cavolin</i> (Koch, 1887).
Coraux	Gorgonacea	<i>Corallium</i> sp
Faux corail	Cheilostomatida	<i>Myriapora truncata</i> (Pallas, 1766)
Cnidaria	Pennatulacea	<i>Veretillum cynomorium</i> (Pallas, 1766)
Mollusca	Ostréida	<i>Pinna nobilis</i> (Linnaeus, 1758)

➤ Présentation du groupe des Echinodermes

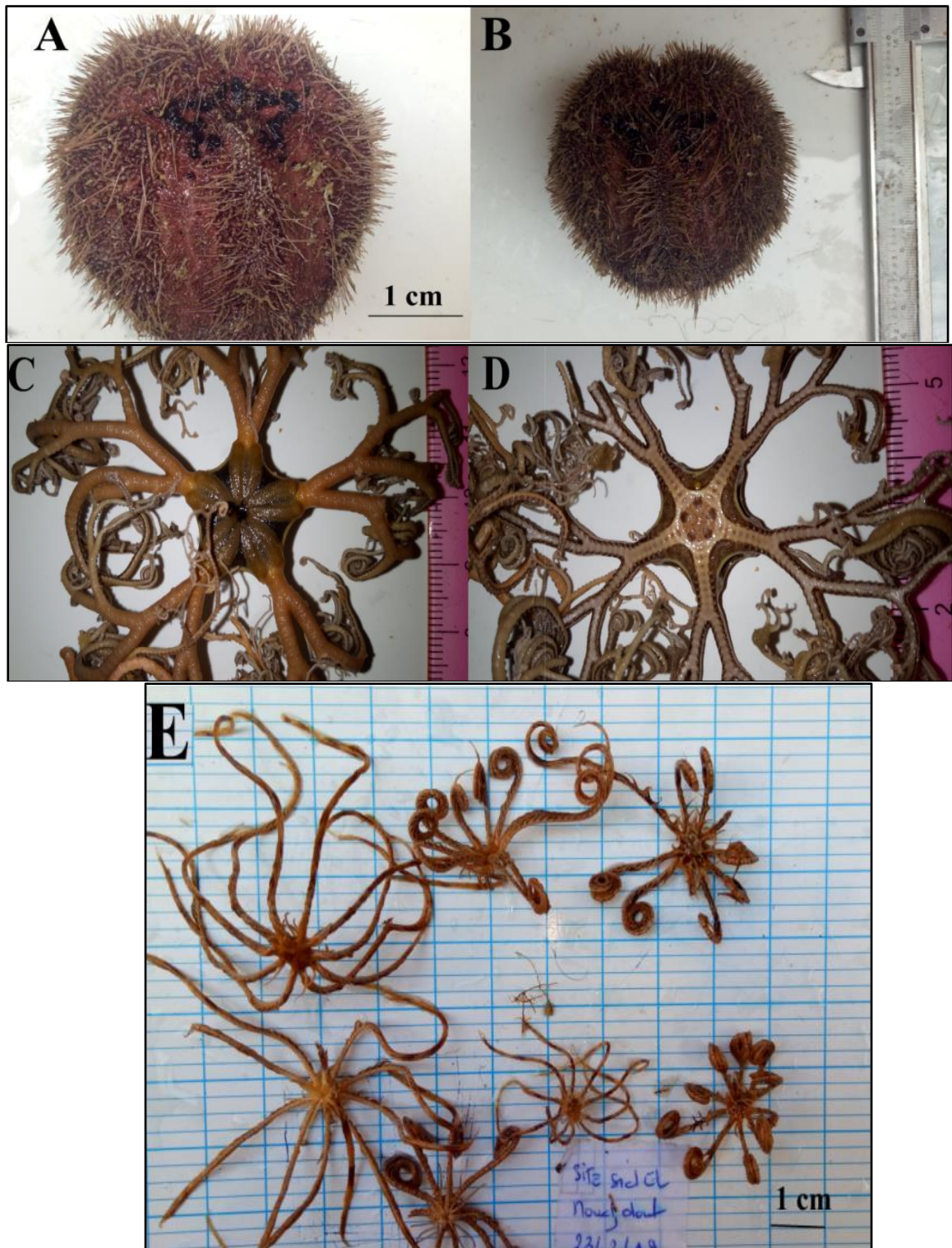


Planche IV : Les différentes espèces du groupe des échinodermes. L'oursin irrégulier *Spatangus purpureus* (O.F. Müller, 1776) **A**, face dorsale, **B**, face ventrale ; L'ophiure Gorgonocephale *Astrospartus mediterraneus* (Risso, 1826) **C**, face dorsale, **D**, face ventrale ; Le Crinoïde *Antedon* sp **E** (Photos : Benzait H.).

➤ Présentation du groupe de Demospongiae



Planche V: Les différentes espèces non identifiées de groupe d'éponges de mer
(Photo : Benzait H.).

➤ Présentation du groupe des Crustacés

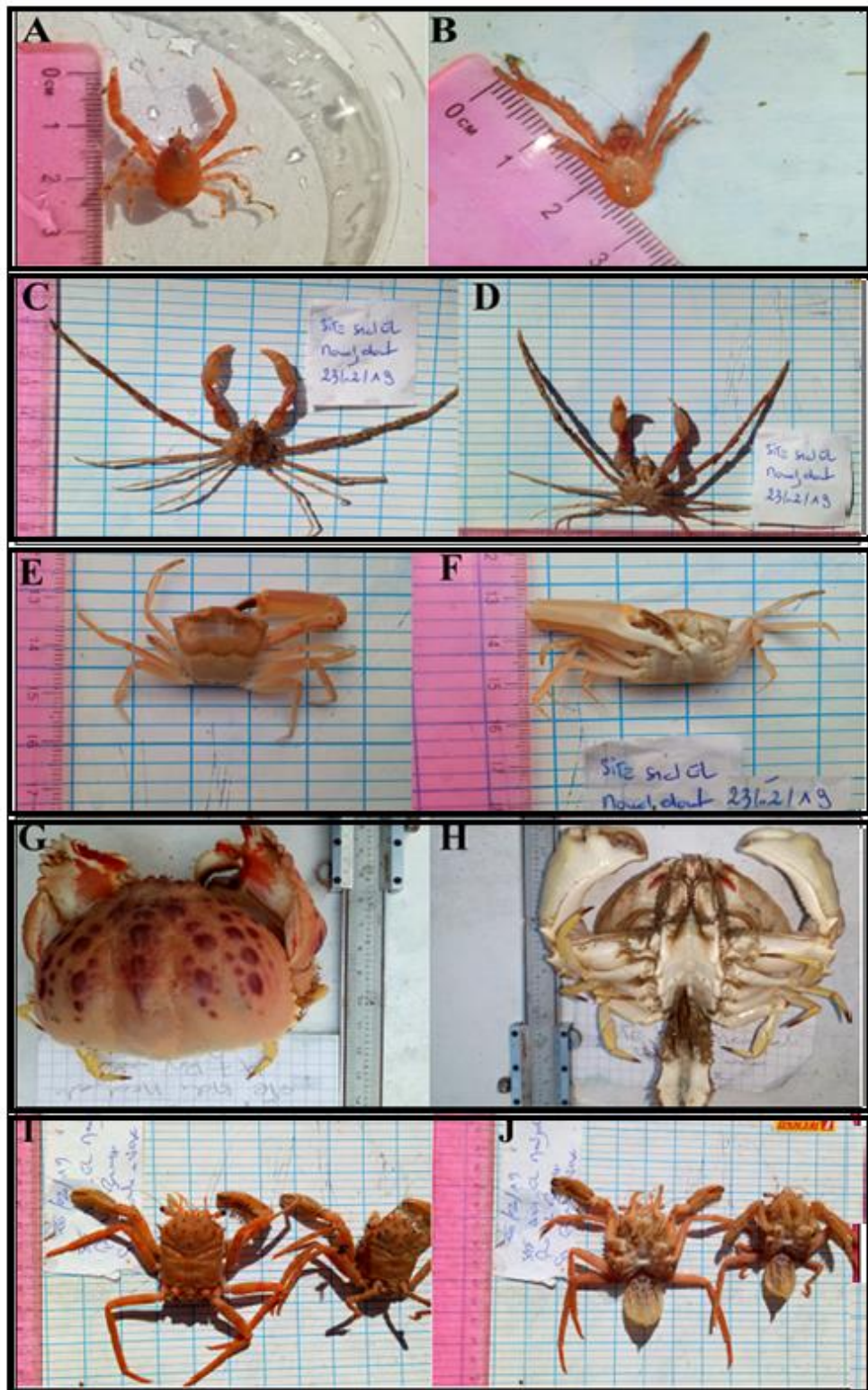


Planche VI : Les différentes espèces du groupe des crustacés. Le crustacé décapode Galayheidae (*Munida* sp) **A**, face dorsale, **B**, face ventrale ; Macropodia sp **C**, face dorsale, **D**, face ventrale ; Le crustacé décapode Goneplacidae (*Goneplax* sp) **E**, face dorsale, **F**, face ventrale; Le crustacé décapode Calappidae (*Calappa granulata* (Linnaeus, 1758) **G**, face dorsale, **H**, face ventrale; le crustacé décapode Homolidae, (*Homola barbata* Fabricius, (1793) **I**, face dorsale, **J**, face ventrale (Photos : Benzait H.).

Présentation du groupe des Gastéropodes Paguridae.



Planche VII: Association entre bernard-l'hermite *Pagurus bernhardus* (Linnaeus, 1758) et une anémone de mer (Photo : Benzait H.).

➤ Autres groupes d'animaux associés au *P. regalis* dans les zones chalutables

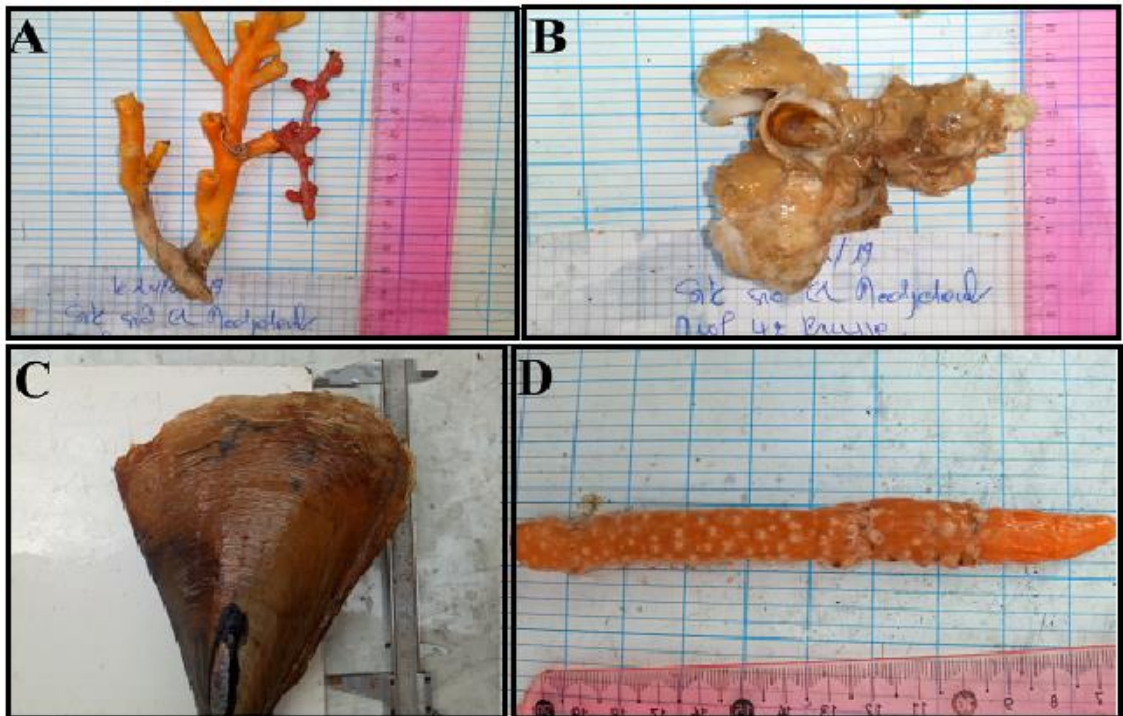




Planche VIII: Présentation différents groupes. **A**, le faux corail, *Myriapora truncata* (Pallas, 1766), accompagné d'un fragment (de *Corallium sp*) ; **B**, concrétions coralligène ; **C**, le Mollusque *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) ; le Cnidaire *Veretillum cynomorium* (Pallas, 1766) ; **E**, le Cnidaire, une association de Gorgoniidae, *Eunicella cavolin* (Pallas, 1766) et l'Ophiure *gorgonocéphale* (Photos : Benzait H.).

Les zones chalutables du domaine sublittorale semblent être riches en différentes espèces (faunes et flores). Selon (Bellan-Santini *et al.*, 2002), les zones des fonds détritiques côtiers regorgent de peuplement inféodé à la biocénose de coralligène massive et des grottes obscures, entre 55 et 70 m de profondeur. Ce qui est le cas dans la zone étudiée de Sidi Medjdoub, plusieurs groupes sont présents à savoir les Gorgoniidae, les Gorgonocephalidae et les concrétions coralligènes (Pedel et Fabri 2011). Cette zone est constituée d'un assemblage d'algues calcaires et d'invertébrés encroûtant (éponges, anémones) ou dressés (gorgones) et de corail rouge du genre *Corallium*.

DISCUSSION

L'holothurie Paratichopus regalis, est un concombre de mer commun qui se trouve dans une large gamme de profondeurs de la Méditerranée, au-delà de 50m de profondeur. Ses cinq bandes musculaires longitudinaux sont d'une délicatesse culinaire. C'est le plus cher produits de la mer sur le marché catalan, et il peut atteindre jusqu'à 130\$ /kg. (in Ramon *et al.*, 2010 ; Wangüemert Gonzalez *et al.*, 2018). L'information relative à cette espèce est inexistante particulièrement au niveau du bassin algérien et notamment à Mostaganem ou il a été recensé pour la première fois dans cette étude (Benzait *et al.*, 2020).

La structure de taille de *P regalis*, échantillonnée au niveau plage de Sidi-Medjdoub présente une distribution bimodale.

La plupart des "concombres de mer" ont une croissance allométrique minorante (Bulteel *et al.*, 1999). Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par (Ramon *et al.*, 2010) et qui montre une croissance allométrique minorante pour la même espèce dans d'autres stations de la région du Nord West de la Méditerranée (Le plateau continental de Majorque et Minorque).

La symbiose est une interaction intime entre différents organismes de différentes espèces, elle se déroule sous diverses formes comme le commensalisme, le mutualisme et le parasitisme (Eeckhaut, 2003). On a noté dans la présente étude l'association commensale entre le poisson perle (*Carapus acus*) et l'holothurie royale *Parastichopus regalis*. Les premiers travaux sur le poisson perle *Carapus acus* sont mentionnés par (Brunnich, 1768; Rafinesque, 1810; Oken, 1817 ; Risso, 1826 et Cuvier, 1829). D'autres travaux effectués au niveau de l'île de l'Ascension en Island, montrent les différentes relations de commensalisme entre les Carapidea et les hôtes appropriés [(Douglas et Olney, 1990) (Tableau 23)].

Tableau 23 : Les holothuries hôtes des poissons perle du genre *Carapus* (endosymbiote des holothuries (d'après Markle et Olney, 1990, modifié).

Espèces	Hôtes	Sources
<i>Carapus acus</i>	<i>Holothuria tubulosa</i> <i>Holothuria poli</i> <i>Holothuria sp</i> <i>Sitichopus regalis</i>	Arnold, 1956, Gustato et al., 1979 Gustato et al., 1979; Mezali, 1998 Gustato et al., 1979 Arnold, 1956
<i>C. bermudensis</i>	<i>Actinopyga agassizi</i> <i>Thone spp</i> <i>Isostichopus badionotus</i> <i>Astichopus mulifidus</i> <i>Holothuria glaberrima</i> <i>Holothuria princeps</i> <i>Holothuria lentiginosa</i> <i>Holothuria mexicana</i> <i>Theelothuria princeps</i>	Smith et al., 1981 Ancona-Lopez, 1956 Smith and Tyler, 1969 Trott, 1970 Trott, 1970 Dawson, 1971 ; Haburay et al., 1974 Miller and Pawson, 1978 Valentine and Goeke, 1983 Trott, 1970 Haburay et al., 1974
<i>C. mourlani</i>	<i>Stichopus choronotus</i> <i>Bahadshia argus</i> <i>Actinopyga muritiana</i> <i>Holothuria scabra</i>	Douglas F. Markle and John E. Olney, 1990 Douglas F. Markle and John E. Olney, 1990 ; Meyer-Rochow, 1977 Douglas F. Markle and John E. Olney, 1990 Douglas F. Markle and John E. Olney, 1990
<i>C. sluiteri</i> <i>En. Homei</i>	<i>Bohadschia argus</i> <i>Stichopus chloronotus</i>	Douglas F. Markle and John E. Olney, 1990 Smith, 1964, Trott and Garth, 1970, Trott and Trott, 1972, This study
<i>C. acus</i>	<i>Parastichopus regalis</i>	Présente étude

En Algérie et selon (Mezali 1998 ; 2008), le commensalisme est fréquent chez les holothuries de la famille des Aspidochirotes. Cet auteur a signalé la présence du poisson perle *Carapus acus* dans la cavité cœlomique de deux holothurides (*Holothruia tubulosa* et *Holothuria poli*). La présence de ces poissons uniquement dans la station polluée de Tamentefoust (enrichie en matière organique) laisse supposer que ces derniers pourraient être de bon indicateurs biologiques de milieux perturbés. Dans la présente étude, lors de la dissection de quelques individus de *Parastichopus regalis* des fonds chalutables de la plage de Sidi Medjdoub ; nous avons observé la présence de ce poisson perle *Carapus acus* (Brünnich, 1789). Cette association chez le concombre de mer royal de la famille Stichopodidae représente une première signalisation du poisson perle et apporte une preuve que le poisson carapide habite la côte Ouest de l'Algérie.

CONCLUSION GENERALE

Plusieurs organismes participent au fonctionnement des écosystèmes marins des côtes Algériennes, particulièrement la macrofaune benthique, représentée par le groupe des échinodermes. Parmi ces organismes on peut citer l'astérie *Echinaster sepositus*, l'ophiure *Ophioderma longicauda* et le concombre de mer royale *Parastichopus regalis*, qui ont fait l'objet de cette étude. Ces espèces constituent des prises accessoires non commercialisées de la pêche, qui n'ont jamais fait l'objet d'étude approfondie au niveau de la côte algérienne et particulièrement au niveau de la côte de Mostaganem. Cette étude a permis de déterminer quelques traits de vie de ces espèces afin de mesurer à posteriori leur impact sur les écosystèmes marins. Ainsi, il ressort de cette étude, de nombreuses informations sur certains paramètres tels que : la maturité sexuelle, le cycle de reproduction et les différents facteurs de croissance de l'étoile de mer *Echinaster sepositus* et de l'ophiure *Ophioderma longicauda*.

L'étude de la biologie de reproduction de l'*E. sepositus*, a montré une dominance des mâles durant toute la période d'échantillonnage et une activité reproductive qui suit le rythme des espèces tropicales donc avec une dépendance de la température, et une période de ponte qui débute au printemps et devient massive en été (juillet) et s'étale jusqu'en automne (septembre). Par ailleurs, l'étude microscopique des gonades a permis d'observer la présence des ovocytes murs au cours de la saison d'automne, ce qui nécessite une analyse des gonades au microscope électronique à transmission afin de déterminer le processus de la gamétogenèse chez cette espèce. *Echinaster sepositus* du port de Salamandre a montré un taux de 2,60% d'individus avec une régénération des bras et un taux de 1.44 % d'hermaphroditisme labile. Aussi, on a déterminé que la vitesse de croissance entre le poids et la longueur des bras est isométrique chez les deux sexes.

De l'étude des traits de vie de l'ophiure *O. longicauda*, le suivi des variations morphométriques du disque a permis de déterminer deux périodes de pleine maturité sexuelle en avril et en août. Aussi, l'examen microscopique des gonades a permis de déterminer que *O. longicauda* vivant à Stidia est une ophiure à larves planctoniques et non pas couveuse.

Par ailleurs, la détermination des paramètres de croissance chez *Echinaster sepositus* et *Ophioderma longicauda*, a permis de déduire le rapport de Z/K, qui est inférieur à 1 chez les deux espèces, signifiant que les deux populations sont en croissance

démographique dans leurs milieux respectifs. Ceci serait lié probablement à la richesse du milieu en matière organique.

La distribution de taille est de type bimodale chez les deux espèces et le recrutement semble être continu, notamment au cours de la saison chaude. Les valeurs de mortalités obtenues de 1.43 par an chez *E. sepositus* et de 2.14 par an chez *O. longicauda* sembleraient toucher que les individus adultes chez les populations virtuelles des deux espèces.

Et enfin, on a pu identifier et signaler pour la première fois la présence de l'holothurie royale *Parastichopus regalis* au niveau des zones des fonds chalutables de la baie de Mostaganem à une profondeur de 53 m. L'espèce *P regalis*, a présenté une distribution de taille bimodale et une croissance minorante entre la taille et le poids du corps.

Suite à ces résultats, on peut préconiser pour l'astérie *Echinaster sepositus* un approfondissement de l'étude de la gamétogénèse et particulièrement de l'ovogénèse, qui suscite bien des questions quant à l'adaptation de cette espèce au changement climatique. De même pour l'ophiure *O. longicauda*, qui présente des caractéristiques d'une espèce couveuse et ceux de l'ophiure à larves planctoniques. Ceci nécessite de vérifier l'appartenance moléculaire de cette espèce vivant à *Stidia* et de vérifier l'influence des conditions du milieu sur cette dernière. Pour l'holothurie royale *Parastichopus regalis* étant déjà commercialisée dans d'autres pays du bassin méditerranéen, cette dernière mérite d'être explorée profondément en déterminant les possibilités de sa survie en élevage en utilisant une eau de mer dense étant donné qu'elle a une valeur commerciale non négligeable. Et comme perspective de gestion, il est temps de quantifier cette pêche accessoire, la valoriser et la réglementer afin de ne pas dégrader les milieux et les écosystèmes en décimant une bonne partie d'organismes utiles pour le fonctionnement et le bon équilibre des écosystèmes marins et la protection des stocks des ressources halieutiques.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AIZENBERG J., TKACHENKO A., WEINER S., ADDADI L., HENDLER G., (2001).** Calcitic microlenses as part of the photoreceptor system in brittle stars. *Nature* 412:819-822.
- AMOKIES D., (1993).** De l'existence d'un faciès coquillier relique en bordure externe de la Plate-forme continentale du golfe d'Arzew. Rapport de la Commission Internationale de la mer Méditerranée, vol. 32, n° 1, p. 89.
- AMON R.M.W., HERNDL G.J., (1991).** Deposit feeding and sediment: Decomposition of fecal pellets of *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea, Echinodermata). *Marine Ecology*, 12 (2): 175-184. and *Aquaculture Technical Paper No. 516, Rome FAO. pp. 231–253.* and *Pacific Ocean. Coral Reefs* 24, 103–111.
- ANDERSON S.C., FLEMMING J.M., WATSON R., LOTZE H.K., (2011).** Serial exploitation of global sea cucumber fisheries. *Fish and Fisheries*, 12: 317-339p. *Aquaculture Technical Paper, No. 516, Rome FAO. pp. 143–193.* Archipelago (South-West Sulawesi, Indfonesia). *Zool. Verhand. Leiden* 329, 1–144.
- BELANGER D., (2009).** Utilisation de la faune macro-benthique, comme indicateur de la qualité de l'environnement marin côtier : Essai présenté au département de Biologie en vue d'Obtention, grade Maitre en écologie interne Québec, Canada P : 35
- BELBACHIR N. E., LEPOINT G., MEZALI K., (2019).** Comparison of isotopic niches of four sea cucumbers species (Holothuroidea: Echinodermata) inhabiting two seagrass meadows in the south-western Mediterranean Sea (Mostaganem, Algeria). *Belgian Journal of Zoology*, 149 (1), 95–106.
<https://doi.org/https://doi.org/10.26496/bjz.2019.32>
- BELBACHIR N., (2012).** Contribution à l'étude écologique de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L.) Delile (1813) de la frange côtière de Mostaganem : Etat de santé et relation entre plante et échinoderme. *Mémoire de magister. Université de Mostaganem.* Algérie. 178p.
- BELBACHIR N., MEZALI K., SOUALIL D.L., (2014).** Selective feeding behaviour in some aspidochirotid holothurians (Echinodermata: Holothuroidea) at Stidia, Mostaganem Province, Algeria. *SPC Bêche-de-mer Information Bulletin* #34 – May 2014.
- BELLAN-SANTINI D, BELLAN G, BITTAR G, HARMELIN JG, PERGENT G (2002)** Handbook for interpreting types of marine habitat for the selection of sites to be included in the national inventories of natural sites of conservation interest, *Tunis*.

- BEN ISMAIL H., BEN SOUISSI J., DRIDI S., FATTOUCH S., (2013).** Composition en oligoéléments et acides gras d'*Holothuria polii* et *Holothuria tubulosa* des côtes tunisiennes. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 40p.
- BENZOHRA M., (1993).** Les structures hydrodynamiques le long des côtes Algériennes. Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes du Maghreb, 9-11 novembre 1992, *INOC* : 33-440.
- BENZOHRA M., MILLOT C., (1993a).** Characteristics and circulation of the surface and intermediate water masses off the Algerian coast. In prep. For *J.Geophys.res.*
- BIRKELAND C., (1988).** The influence of echinoderms on coral-reef communities. *Echinoderm Studies*, 3 :1-79.
- BLANCHET H., DE MONTAUDOUIN X., LUCAS A. & CHARDY P., (2004).** Heterogeneity of Macrozoobenthic assemblages within a *Zostera noltii* seagrass bed: diversity, abundance, Biomass and structuring factors. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 61: 111-123.
- BLUHM H., GEBRUK A., (1999).** Holothuroidea (Echinodermata) of the Peru basin—ecological and taxonomic remarks based on underwater images,” *Marine Ecology*, vol. 20, no. 2, 167–195p.
- BONHAM K., HELD E.E., (1963).** Ecological observations on the sea cucumbers *Holothuria atra* and *Holothuria leucospilota* at Rongelap Atoll, Marshall Islands. *Pacific Science*, 17: 305-314.
- BORDBAR S., ANWAR F., SAARI N., (2011).** High-value components and bioactives from sea cucumbers for functional food - a review. *Marine Drugs*, 9: 1761-1805.
- BOUCHEREAU, J. L., (1981).** Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique de la population exploitée de *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) dans la baie d'Oran (Algérie). *Thèse de Doct.* 3^{ème} Cycle. Univ. Aix-Marseille II. Fascicules I et II : 168 p.
- BOUDOURESQUE C.F., (1996).** Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée. 2^oédition. GIS Posidonie *publ.*, Fr. Pp : 1-243.
- BOUGIS, P., (1952).** Recherches biométriques sur les rougets (*Mullus barbathus* L., *Mullus surmuletus* L). *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 89 (2) : 57-174 p.
- BOUILLON, J AND JANGOUX, M., (1970).** Anatomie, histologie et histochimie des caecae rectaux d'*Asteria rubens* (échinoderme astéroïde).
- BOUZAZA Z., MEZALI K., (2018).** Sur la présence de *Cymbula safiana* (Gastropoda : Patellidae) au niveau de la côte algérienne (Méditerranée sud-ouest) : structure des populations et nouvelles stations de signalisation. *ecologia mediterranea* – Vol. 45 (1) – 2019.

- BRODIE J., FABRICIUS K., DEATH G., OKAJI K., (2005).** Are increased nutrient in pits responsible for more outbreaks of crown of thorns starfish and appraisal of the evidence. *Mar. Pollut. Bull.* 51:266-278.
- BULTEEL P., M. JANGOUX & P. COULON., (1999).** Biometry, bathymetric distribution, and reproductive cycle of the holothuroid *Holothuria tubulosa* (Echinodermata) from the Mediterranean seagrass beds. *P.S.Z.N.I. Mar. Ecol.*, 13(1): 53-62 p.
- BYRNE M., (1985).** The life history of the gastropod *Thyonicola americana* endoparasitic in a seasonally eviscerating holothurian host. *Ophelia*, **24**: 91-101.
- CALOW P., SIBLY R.M., FORBES V., (1997).** Risk assessment on the basis of simplified life history scenarios. *Environ. Toxicol. Chem.*, 16: 1983-1989.
- CAROCCI F. (2002).** La bathymétrie de la mer méditerranéenne. *In* FAO Fish stat Problématique de la pêche en méditerranéenne.
- CHEN J., (2003).** Overview of sea cucumber farming and sea ranching practices in China. *SPC bêche-de-mer Information Bulletin*, 18-23p.
- CHERBONNIER G. (1988).** Echinodermes : holothurides. *In* *Faune de Madagascar*.
- CHOE S., (1963).** Biology of the Japanese Common Sea Cucumber *Stichopus japonicus*, Selenka. *Pusan National University press*, Pusan: 1-226.
- CLARK H.L., (1922).** The holothurians of the genus *Stichopus*. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology*, 65: 39-74.
- CLOUSE R.M., (1997).** Burying behaviour in an Indo-Pacific sea cucumber, *Bohadschia marmorata* Jaeger (Holothuroidea): a circadian, not circatidal, rhythm. *Micronesica*, 30: 245-257.
- COGNETTI G., DELAVAUULT R., (1960).** Gonocorismo stabile, gonocorismo labile ed ermafroditismo in Asteroidi dell' Atlantico e delmediterráneo. *Rend. Acc. Naz. Lincei*, 28, 82-85. Echinoderms at Aldabra Atoll, Seychelles. *Marine Biology*, **54**: 269-279. Echinodermata. CSIRO Australia, Melbourne, pp. 1-510.
- CONAND C., (1981).** Sexual cycle of three commercially important holothurian species (*Echinodermata*) from the lagoon of New Caledonia. *Bulletin of Marine Sciences* 31(3): 523-544p.
- CONAND C., (1990).** The fishery resources of Pacific island countries. Part 2: Holothurians. *FAO Fisheries Technical Paper*, No. 272.2. FAO, Rome.
- CONAND C., (1994).** Les holothuries : ressource halieutique des lagons. *Rapports Scientifiques Techniques Biologie Marine*, (**65**): 1-86.
- CONAND C., (2001).** Overview over the last decade of sea cucumber fisheries-what.

- CONAND C., (2004).** Present status of world sea cucumber resources and utilisation: An international overview. In Lovatelli, A., C. Conand, S. Purcell, S. Uthicke, J. F. Hamel & A. Mercier (eds), *Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management*. FAO Fisheries Technical Paper, No. 463. FAO, Rome: 13–24p.
- CONAND C., BYRNE M., (1993).** A review of recent developments in the world sea cucumber fisheries. *Marine Fisheries Review*, **55**: 1-13.
- CONAND C., UTHICKE S., HOAREAU T., (2002).** Sexual and asexual reproduction of the holothurian *Stichopus chloronotus* on Reunion Island, Indian Ocean. SPC Beche de- mer Inf. Bull. 10, 15–23.
- COULON P., JANGOUX M., (1993).** Feeding rate and sediment reworking by the holothuroid *Holothuria (H.) tubulosa* (Echinodermata) in a Mediterranean seagrass bed of Ischia Island, Italy. *Marine Ecology Progress Series*, **92**: 201-204.
- CUVIER G. (1829).** Le règne animal distribue d'après son organisation, pour servir de base à l'histoire naturelle des animaux et d'introduction à l'anatomie comparée, 2nd éd. Vol. 2: 122-406. Paris.
- DANCE S.K., LANE I., BELL J.D., (2003).** Variation in short-term survival of cultured sandfish (*Holothuria scabra*) released in mangrove-seagrass and coral reef flat habitats in Solomon Islands. *Aquaculture*, **220**: 495-505.
- DELAVALT R., COGNETTI G., (1957).** L'hermaphrodisme chez *Echinaster sepositus* Gray du golfe de Naples. Publ. Staz. Zoo. C. R. académie science. Paris 245, pp. 2245-2547.
- DELAVALT R., COGNETTI G., (1958).** L'apparition des granules jaunes dans les gonades d'*Echinaster sepositus* Gray, de la Méditerranée. C.R. Ae. Sc. Paris, 246, pp. 984-986.
- DELAVALT, R., (1960d).** L'apparition de la maturité sexuelle mâle chez *Echinaster sepositus* et ses variations sur le littoral méditerranéen. *Vie et Milieu*, 11, pp. 677-678.
- DELAVALTR., (1960).** La sexualité chez *Echinaster sepositus* Gray, du golf du Naples pubbl. Staz. Zool. Napoli (A. Paraitre).
- DELVAULT R., COGNETTI G., (1962).** La sexualité des astérides, *Cahier de biologie marine* St Julian's (Malte), 18-20 mai 2011-Tome 3-1962-pp.157-1982.
- DOUGUÉDROITA., (1997) -** Le climat du bassin méditerranéen. In : *Le climat, l'eau et les hommes*, ouvrage en l'honneur de Jean MOUNIER, Presses Universitaires de Rennes, p. 251-280.
- EECKHAUT E., (2003).** Animal Life Encyclopedia. Farmington Hills, MI: The Gale Group. 31–34.

- EECKHAUT I., (2003).** Symbiosis. p. 31–34. In: Mc Dade M.C. (ed). *grzimeck's Animal Life Encyclopedia*. Farmington Hills, MI: The Gale Group.
- EECKHAUT I., PARMENTIER E., BECKER P., GOMEZ DA SILVA S. & JANGOUX M. (2004).** Parasites and biotic diseases in field and cultivated sea cucumbers. p. 311–325. In: Lovatelli A., Conand C., Purcell S., Uthicke S., Hamel J.- F. and Mercier A. (eds). *Advances in sea cucumber aquaculture and management*. FAO Fisheries Technical Paper, 463. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization. 24 p.
- EECKHAUTE., PARMENTIER P., BECKER S., GOMEZ DA SILVA M., JANGOUX., (2004)** FAO fisheries technical paper. Rome: FAO311-325.
- FENAUX L., (1992).** Evaluation saisonnière des gonades chez *Ophioderma longicauda* (Retzius) Ophiuroïdes. *Int revue hydrobiologie* 67.p : 257-262.
- FISHER W.S., JACKSON L.E., SUTERG. W., BERTRAMP., (2001).** Indicators for human and ecological risk assessment: A U.S. Environmental Protection Agency Perspective. *Human and ecological Risk Assessment*, 7, 961-970. fissiparous holothurian *Stichopus chloronotus* (Aspidochirotida) in the Indian.
- FRANCOUR P., (1997).** Predation on holothurians: a literature review. *Invertebrate Biology*, **116**: 52-60.
- FRANKLIN S.E., (1980).** The reproductive biology and some aspects of the population ecology of the Holothurians *Holothuria leucospilota* (Brandt) and *Stichopus chloronotus* (Brandt). *Ph.D. Thesis*, Univ. Sydney.1-250.
- FRANTZIS A., BERTHON J.F. ET MAGGIORE F. (1988).** Relation trophique entre les oursins *Arbacia lixula* et *Paracentrotus lividus* (Echinoïdea regularia) et le phytobenthos infralittoral superficiel de la baie de Port-Cros (Var, France). *SciRep Port-Cros Natl Park Fr*, 14: 81-140.
- FRESI E., SCARDI M. ET PENNA M., (2005).** Assessing environmental quality in benthic ecosystems: the role of community structure models. Indicators of stress in the marine benthos, IOC workshop report No. 195, p. 45.
- FUJI A., (1960).** Studies on the biology of the sea urchin III. Reproductive cycle of two sea urchins, *Strongyocentrotus nudus* and *S. intermedius*, in Southern Hokkaido. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, 11:49-57.
- GALIMANYE., BAETA M., RAMÓN M., (2018).** Immune response of the sea cucumber *Parastichopus regalis* to different temperatures: implications for aquaculture purposes. *Aquaculture*, 497, 357–363.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.08.005>
- GAYANILO F.C. JR., SPARRE, P., PAULY, D., (2005).** FISAT II, FAO-ICLARM Stock Assessment Tool II. Revised version. User's Guide. *FAO Computerized Information Series (Fisheries)*. No. 8. 168p.

- GIESEA., (1959).** Comparative physiology: annual reproductive cycles of marine invertebrates. *A. Revus. Physiol.*, 21:547-577.
- GIRAUD G., (1977).** Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile. *Bot. Mar.*, **20(8)**: 487-491.
- GONZALEZ-WANGÜEMERT M., VALENTE S., AYDIN M., (2015).** Effects of fishery protection on biometry and genetic structure of two target sea cucumber species from the Mediterranean Sea. *Hydrobiologia*, **743**: 65-74.
- GONZÁLEZ-WANGÜEMERT, M., AYDIN, M., & CONAND, C. (2014) a.** Assessment of sea cucumber populations from the Aegean Sea (Turkey): First insights to sustainable management of new fisheries. *Ocean and Coastal Management*, 92, 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.02.014>
- GONZALEZ-WANGÜEMERT, M., MAGGI, C., VALENTE, S., MARTINEZ-GARRIDO, J., & RODRIGUES, N. V. (2014).** *Parastichopus regalis*- The main host of *Carapus acus* in temperate waters of the Mediterranean Sea and north-eastern Atlantic Ocean. *SPC Bêche-de-Mer Information Bulletin*, (34), 38–42.
- GONZALEZ-WANGÜEMERTM., DOMINGUEZ-GODINO J.A., CANOVAS-GARCIA F., (2018).** Mar en Europa y Turquía. *Revista Eubacteria*, 37,48.
- GUILLE A., LABOUTE P., MENOÛ J-L. (1986),** Pierre Laboute et Jean-Louis Menou, Guide des étoiles de mer, oursins et autres échinodermes du lagon de Nouvelle-Calédonie, ORSTOM, 244 p.
- GUSTATO G., VILLARIA., VILLANIG., (1979).** Ulteriori dati sul comportamento di *Carapus acus* (Gadiformes, Ophidiodei). *Boll. Soc. Natur. Napoli* 88:535–547.
- HADEL F.V., MONTEIRO A.M.V., DITADI A.S.F., TIAGO C.G., TOMMASI R., (1999).** Invertebrados Marinhos: Echinodermata. In: Joly, C.A., Bicudo, C.E.M. (Eds.), Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: síntese ao conhecimento ao final do século XX. Workshop “Foundations for conservation of biodiversity of the State of Sao Paulo” held in Serra Negra, SP, Brazil, from July 30 to August 2, 1997.
- HAMED O., MARZOUK N., (2016).** Caractérisation des Trachinidae du Golf de Tunis : caractéristiques morphométriques et structure démographique et croissance P 21-47.
- HAMEL J.F., MERCIER A., (2000).** Cuvierian tubules in tropical holothurians: usefulness and efficiency as a defence mechanism. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, **33**: 115- 139.
- HAMMOND L.S., (1982).** Patterns of feeding and activity in deposit-feeding holothurians and echinoids (Echinodermata) from a shallow back-reef lagoon, Discovery Bay, Jamaica. *Bull. Mar.Sci.*,32(2) : 549-571.

- HARMELIN JG., BOUCHON C., HONG JS., (1981).** Impact de la pollution sur la distribution des échinodermes des substrats durs en Provence (Méditerranée Nord-Occidentale). *Tethys* 10: 13 – 36.
- HARMELIN-VIHIEN, M.L., FRANCOUR P., (1992).** Trawling or visual censuses, Methodological bias in the assessment of fish populations in sea grass beds. *Mar. Ecol., PSZN* 13(1) 451.
- HENDLER, G., MILLER, J. E., PAWSON, D. L. & KIER, P. M. (1995).** Sea stars, sea urchins, and allies. Echinoderms of Florida and the Caribbean. Washington and London: Smithsonian Institution Press.
- HICKMAN C.J., (1998).** A field guide to sea stars and other echinoderms of Galápagos. Sugar Spring Press, Lexington, VA, USA.83 p. *Holothuria atra* on fringing reef (Reunion Island, Indian Ocean). In: Heinzeller, Holothuroidea, Stichopodidae). *Bull. Inst. Roy. Sci. Nat. Bel. (Biol.)* 77, 123–130.
<https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1331224>
- HYLAND J., (2005).** Developing indicators of stress in the marine benthos: the UNESCO/IOC ad-hoc benthic indicator group. Indicators of stress in the marine benthos, IOC. Workshop. Report No.195, 8p.
- HYLLEBERG J., (1975).** Selective feeding by *Abarenicola pacifica* with notes on *Abarenicola vagabunda* and a concept of gardening in lugworms. *Ophelia*, 14: 13-137.
- HYMAN L.H., (1955).**Class Holothuroidea. In: *The invertebrates: Echinodermata. The coelomate bilateria*. Vol. IV. Mc Graw- Hill, New York, Toronto, London, 120-244p.
- IGOR ECKHAUT E., PARMENTIER P., BECKERI S., GOMEZ DA SILVA., JANGOUM., (2004).** Parasites et maladies biotiques chez les holothuries d'élevage et sauvages , La bêche-de-mer - Bulletin de la CPS n° 19 — Mai 2004.
- JANGOUM M., (1982).** Food and feeding mechanisms: Asteroidea. In: Echinoderm Nutrition. Jangoux, J.M. (ed.). Rotterdam: A.A. Balkema, 117-159.
- KARTAS F., QUIGNARD J.P., (1984).** La fécondité des Poissons Téléostéens. *Masson. Ed.*, Paris.117p.
- KAZANIDIS G., ANTONIADOUC., LOLASA.P., NEOFITOU., VAFIDIS C., CHINTIROGLOU C., NEOFITOU C., (2010).** Population dynamics and reproduction of *Holothuria tubulosa* (Holothuroidea: Echinodermata) in the Aegean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 90: 895–901p.
- KOEHLER R., (1921).** Echinodermes. Faune de France, 1. Librairie de la faculté des Sciences, Paris. 11–216.

- KOEHLER R., (1969).** Faune de France échinodermes vol I, Office central de faunistique LyonP18 :38.
- KROPP R.K., (1982).** Responses of five holothurian species to attacks by a predatory.
- KYOUNG H.K., JAE M.K., (2004).** The predation of trumpet shell, *Charonia sp.*, on eight different marine invertebrate species. *Aquaculture Research*, **35**: 1202-1206.
- LACOMBE H., TCHERNIA P., (1960).** Quelques traits généraux de l'hydrologie méditerranéenne. Cah. Oceanogr., XII, 8 : 528-547.
- LACOMBE, H. (1990).** "A model of the world ocean, water, salt, heat and wind in the Mediterranean." *Oceanus*, 33, 26-36.
- LANGERON M., (1942).** Précis de microscopie : technique-expérimentation-diagnostic.
- LARSON S.D., HOYT Z.N., ECKERT G.L., GILL V.A., (2013).** Impacts of sea otter (*Enhydra lutris*) predation on commercially important sea cucumbers (*Parastichopus californicus*) in southeast Alaska. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, **70**: 1498-1507.
- LECLAIRE L. (1972).** La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (Pré-continent Algérien). *Mémoire Museum histoire Naturelle*. Paris. Série C, Tome 24, pp 391.
- LESSIOS, H.A. (1988).** Mass mortality of *Diadema antillarum* in the Caribbean: What have we Learned *Ann Rev Ecol Syst* 19: 371-393.
- LEVIN V.S., (1979).** A composition of feeding particles of some aspidochirote holothurians from the upper sublittoral zone in the Indo West Pacific. *Biol. Morya Vladivostok*, **6**: 20-28.
- LIEHR G.A., ZETTLER M.L., LEIPE T., WILT G., (2005).** The ocean quahog *Arctica islandica* L. : a bioindicator for contaminated sediments. *Marine biology*, 147 : 671-679.
- LOHRER A.M., THRUSH S.F., GIBBS M.M., (2004).** Bioturbators enhance ecosystem function through complex biogeochemical interactions. *Nature*, **431**: 1092-1095. London. pp 311–317. M (Eds.), *Sea Cucumbers. A global Review of Fisheries and Trade*. FAO Fisheries.
- LOVATELLI A., C. CONAND, S. PURCELL, S. UTHICKE, J.-F. HAMEL & A. MERCIER., (2004).** Advances in Sea Cucumber Aquaculture and Management. FAO Fisheries Technical Paper No. 463. FAO, Rome.
- MACTAVISH T., STENTON-DOZEY J., VOPEL K., SAVAGE C., (2012).** Deposit feeding sea cucumbers enhance mineralization and nutrient cycling in organically-enriched coastal sediments. *PLoS One*, **7(11)**: e50031.

- MADEC G., (1990).** "La formation d'eau profonde et son impact sur la circulation régionale en Méditerranée occidentale: Une approche numérique," Thèse Doctorat, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris.
- MAGGI, C., GONZÁLEZ-WANGÜEMERT M., (2015).** Genetic differentiation among *Parastichopus regalis* populations in the Western Mediterranean Sea: Potential effects from its fishery and current connectivity. *Mediterranean Marine Science*, 16(3), 489–501. <https://doi.org/10.12681/mms.1020>.
- MAH C., (2013).** « Crabs & Shrimps that Live in Sea Cucumber Anuses » [archive], sur Echinoblog, 1er October.
- MANGION P., TADDEI D., FROUIN P., CONAND C. (2004).** Feeding rate and impact of sediment reworking by two deposit feeders *Holothuria leucospilota* and *Holothuria atra* on a fringing reef (Reunion Island, Indian Ocean). In: Echinoderms: Munchen, T. Heinzeler & J. Nebelsick (eds.), Leiden: A.A. Balkema, 311-317.
- MARKLE D.F., OLNEY J.E., (1990).** Systematics of the pearl fish (Pisces: Carapidae). *Bull. Mar. Sci.* 47:269–410.
- MASSIN C., (1982).** Effect of feeding on the environment: Holothuroidea. In: *Echinoderm nutrition. Jangoux M et Lawrence J.M., Balkema A.A., Publ., Rotterdam, Netherlands: 139-197.*
- MASSIN C., DOUMEN C., (1986).** Distribution and feeding of epibenthic holothuroids on the reef flat of Laing Island (Papua New Guinea). *Marine Ecology Progress Series*, 31: 185-195.
- MASSIN C., (1999).** Reef-dwelling Holothuroidea (Echinodermata) of the Spermonde.
- MASSINC., (2007).** Redescription of *Stichopus naso* Semper, 1867 (Echinodermata).
- MECHETA A., MEZALI K., (2019).** A biometric study to determine the economic and nutritional value of sea cucumbers (Holothuroidea: Echinodermata) collected from Algeria' s shallow water areas. *SPC Bêche-de-mer Information Bulletin*, 39, 65–70.
- MECHETA A., HANACHI A., JEANDEL C., ARAB-TEHRANY E., BIANCHI A., VELOT E., MEZALI K. & LINDER M., (2020).** Physicochemical properties and Liposomal formulations of hydrolysate fractions of four sea cucumbers (Holothuroidea: Echinodermata) from the northwestern Algerian coast. *Molecules*, 25 (13), 2972.
- MEDJERAB A., (2007).** Les situations pluviométriques extrêmes dans le nord-ouest de l'Algérie. In : *Climat, tourisme, environnement, Actes du XXème colloque de l'Association Internationale de Climatologie (Carthage, Tunisie), H. BEN BOUBAKER édit., p. 381-386.*

- MEINESZ A., (2008).** Méditerranée - Mer Vivante. 15^e éd. Lions Clubs, 80p.
- MERCEDES GONZALEZ-WANGÜEMERT et al., (2018).** Problemática de las pesquerías de pepino demar en Europa y Turquía.
- MERCIER A., BATTAGLENE S.C., HAMEL J.-F., (1999).** Daily burrowing cycle and feeding activity of juvenile sea cucumbers *Holothuria scabra* in response to environmental factors. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 239(1):125–156p.
- MERCIER A., HAMEL J.-F., (2013).** *Parastichopus regalis*. The IUCN Red List of Threatene Species 2013: e.T180298A161249
<http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T180298A1612492.en>
- MEZALI K., (1998).** Contribution à la systématique, la biologie, l'écologie et la dynamique de cinq espèces d'holothuries aspidochirotes [*Holothuria (Holothuria) tubulosa*, *Holothuria (Lessonothuria) polii*, *Holothuria (Holothuria) stellati*, *Holothuria (Panningothuria) forskali* et *Holothuria (Platyperona) sanctori*] de l'herbier à *Posidonia oceanica* (L) DELILLE de la Presqu'île de Sidi-Fredj. Thèse Magister, ISMAL, Alger, Algérie, 238 p.
- MEZALI K., (2004b).** Feeding behaviour of *Holothuria tubulosa* and *Holothuria polii* of Tamentefoust area - Algeria. *Rapports P.V. du 37eme Congrès de la Commission International pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée* : Barcelone **Vol. 37**, p 535.
- MEZALI K., (2008).** Phylogénie, systématique, dynamique des populations et nutrition de quelques espèces d'holothuries aspidochirotes (Holothuroidea: Echinodermata) inféodées aux herbiers de Posidonies de la côte algéroise. Thèse de Doctorat d'état. Institut des Sciences Biologiques/Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, Algérie, 208 p.
- MEZALI K., CAULIER G., SOUALILI D.L., DECROO C., DEMEYER M, EECKHAUT I., GERBAUX P., FLAMMANG P., (2016).** Chemical characterization of saponins contained in the body wall and the Cuvierian tubules of the sea cucumber *Holothuria (Platyperona) sanctori* (Delle Chiaje, 1823). *Biochemical Systematics and Ecology*, **68**: 119-127.
- MEZALI K., CHEKABA B., ZUPO V., ASSLAH B., (2003).** Comportement alimentaire de cinq espèces d'Holothuries aspidochirotes (Holothuroidea : Echinodermata) de la presqu'île de Sidi Fredj- Algérie. *Bulletin Société Zoologique France*, **128**: 49-
- MEZALI K., FRANCOUR P., (2012).** Les holothuries aspidochirotes de quelques sites des côtes algériennes: révision systématique et relations phylogénétiques. *Bulletin de La Société Zoologique de France*, 137(1–4), 181–196.

- MEZALI K., SOUALILI D.L., NEGHLI L., CONAND C., (2014).** Reproductive cycle of the sea cucumber *Holothuria (Platyperona) sanctori* (Holothuroidea: Echinodermata) in the South western Mediterranean Sea: Interpopulation variability. *Invertebrate Reproduction and Development*, 58(3), 179–189. <https://doi.org/10.1080/07924259.2014.883337>.
- MEZALI K., THANDAR A.S., (2014).** First record of *Holothuria (Roweothuria) arguinensis* (Echinodermata: Holothuroidea: Aspidochirotida: Holothuriidae) from the Algerian coastal waters. *Marine Biology* 7, e40:1–4.
- MEZALI K., ZUPO V., FRANCOUR P., (2006).** Population Dynamics of *Holothuria (Holothuria) tubulosa* and *Holothuria (Lessonothuria) polii* of. *Biol. Mar. Medit.*, 13(4), 158–161.
- MEZALIK., SLIMANE-TAMACHA F., (2019).** The status of Algeria’s sea cucumbers and their illegal trade.
- MICHIO K., KENGO K., YASUNORI K., HITOSHI M., TAKAYUKI Y., HIDEAKI Y., HIROSHI S., (2003).** Effects of deposit feeder *Stichopus japonicus* on algal bloom and organic matter contents of bottom sediments of the enclosed sea. *Marine Pollution Bulletin*, 47: 118-125. *Micronesica* 13, 217–250.
- MILLOT C., (1987).** Circulation in the Mediterranean. *Oceanologica Acta.*, 10(2): 143-149.
- MILLOT C., (1989).** La circulation générale en Méditerranée occidentale : aperçu de nos connaissances et projets d’études. *Annales de géographie*, n° 459, XXVIIIe année, pp. 497- 515.
- MILLOT C., (1993).** La circulation générale en Méditerranée occidentale. Workshop sur la Circulation des eaux et pollution des côtes Méditerranéennes du Maghreb. 9-11 novembre 1992, INOC, 29-30.
- MILLOT C., TAUPER- LETAGEI., (2005).** Circulation in the Mediterranean Sea. *Hdb. Env. Chem.*, 5K: 29-66.
- MUKAI H., KOIKE I., NISHIHIRA M., NOJIMA S. (1989).** Oxygen consumption and ammonium excretion of mega-sized benthic invertebrates in a tropical seagrass bed. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 134: 101-115
- NIELSEN J.G., COHEN D.M., MARKLE D.F., ROBINS R., (1999).** Ophidii form fish of the world (Order Ophidiiformes). An annotated and illustrated catalogue of pearl fish, cusk-eels, brotulas and other ophidiiform fish known to date. *FAO Fisheries Synopsis* 125 (18). Rome, Italy: Food and Agriculture Organization. 178 p.
- NOUACEUR Z., LAIGNEL B., TURKI I., (2013).** Changements climatiques au Maghreb : vers des conditions plus humides et plus chaudes sur le littoral algérien. *Pysico-géo* vol 7.

- OCANA A., TOCINO L.S., (2005).** Spawning of *Holothuria tubulosa* (Holothurioidea, Echinodermata) in the Alborán Sea (Mediterranean Sea). *Zoo. Baetica* 16,147–150p.
- OCCHIPINTI-AMBROGI A., FORNI G., MARCHINI A., (2005).** Testing different approaches for quality assessment using the benthic community: examples from the northern Adriatic Sea. Indicators of stress in the marine benthos, IOC Workshop Report No. 195, p. 23-26.
- PALMA J., ANDRADE JP., PASPATIS M., DIVANACH P., KENTOURI M., (1998).** Morphometric characters in gilthead sea bream, *Sparus aurata*, red porgy. *Pagus pagus* and their hybrids *Ital. J. Zool.*; 65: 435-439.
- PALTZAT D.L., PEARCE C.M., BARNES P.A., MCKINLEY R.S., (2008).** Growth and production of California sea cucumbers (*Parastichopus californicus* Stimpson) co-cultured with suspended Pacific oysters (*Crassostrea gigas* Thunberg). *Aquaculture*, **275** :124-137.
- PARMENTIER E., CASTRO-AGUIRRE J. L., VANDEWALLE P., (2000).** Morphological comparison of the buccal apparatus in two bivalve commensal Teleostei, *Encheliophis dubius* and *Onux odon fowleri* (Ophidiiformes, Carapidae). *Zoomorphology*, 120(1), 29–37. *parvimensis*(Clark), an epibenthic deposit-feeding Holothurian. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **14**: 119- 134.
- PARMENTIER, E., G. CASTILLO, M. CHARDON, AND P. VANDEWALLE. (2000a).** Phylogenetic analysis of the pearl fish tribe Carapini (Pisces: Carapidae). *Acta Zool. (Stockholm)* 81:293–306.
- PAULY, D., MOREAU, J., (1997).** *Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques*. Collection POLYTECH de l'I.N.P. de Toulouse, Cépaduès-Editions, France. 288 p.
- PAWSON, D. L., (2007).** Phylum Echinodermata. *Zootaxa*. 1668: 749-764p. possibilities for a durable management In: Barker, M. (Ed.), *Echinoderms 2000*.
- PURCELL S., (2004).** Rapid growth and bioturbation activity of the sea cucumber *Holothuria scabra* in earthen ponds. *Proceedings of Australasian Aquaculture*, Sydney: World Aquaculture Society 1, 244 only.
- PURCELL S. W., (2010).** Managing Sea Cucumber Fisheries with an Ecosystem Approach. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 520*. FAO, Rome.
- PURCELL S. (2013).** Increasing the value of sea cucumber harvests by improving postharvest processing of fishers. 8th SPC Heads of Fisheries Meeting and Meetings for the EU Funded SciCOFish and GEF OFMP2 Projects, Noumea, New Caledonia, 4-8 March, SPC Division of Fisheries.

- PURCELL S., CONAND C., UTHICKE S., BYRNE M., (2016).** Ecological Roles of Exploited Sea Cucumbers. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, **56**, 367–386. <https://doi.org/10.1201/9781315368597-8>.
- PURCELL S., MERCIER A., CONAND C., HAMEL J.F., TORAL-GRANDA M.V., LOVATELLI A., UTHICKE S., (2013).** Sea cucumber fisheries: global analysis of stocks, management measures and drivers of overfishing. *Fish and Fisheries*, **14**: 34-59.
- PURCELL S., SAMYN S., CONAND C., (2012).** Commercially important sea cucumbers of the world. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes no. 6. Rome; p. 1–150.
- PURCELL S.W., CONAND C., UTHICKE S., BYRNE M., (2016).** Ecological roles of exploited sea cucumbers. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, **54**: 367-386.
- RAFINESQUE C.S., (1810).** Indices d'Ittiologia Siciliana. Messina. 70 pp. Oken, L. 1817. Isis 1817: 1182.
- RAMÓN M., LLEONART J., MASSUTÍ E., (2010).** Royal cucumber (*Stichopus regalis*) in the north western Mediterranean: Distribution pattern and fishery. *Fisheries Research*, **105**(1), 2127
- RAMÓN M., SIMARRO G., GALIMANY E., LLEONART J., (2019).** Evaluation of sediment particle size selection during feeding by the holothurian *Parastichopus regalis* (Cuvier, 1817). *Regional Studies in Marine Science*, **31**, 100763. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100763>.
- RAYMONT J., (1950).** A fish cultivation experiment in an arm of a sea-loch. IV. The bottom fauna of Kyle Scottish. Proceeding of the Royal Society of Edinburgh Section B64, 65 – 108 reefs of the Palao Islands. *Publications of the Seto Marine Biological Laboratory*, **5** (3): 347-362.
- RIESGO A., BECERRO M., VILLAMOR A., (2011).** Ultrastructure of the gametogenesis of the common Mediterranean starfish, *Echinaster sepositus*.
- RISSO, A. (1826).** Histoire naturelle de principales productions de l'Europe méridionale et particulièrement de celles des environs de Nice et des Alpes maritimes. Vol. 3: 1-486, Paris.
- ROBERTS D., GEBRUK A., LEVIN V., MANSHIP B.A.D., (2000).** Feeding and digestive strategies in deposit-feeding Holothurians. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, **38**: 257-310.
- ROBERTS O., (1979).** Deposit-feeding mechanisms and resource partitioning in tropical holothurians. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **37**: 43-56.

- ROBERTS O., BRYCE C., (1982).** Further observations on testicular feeding mechanisms in holothurians. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **59**: 151-163.
- ROBINSON, G., & LOVATELLI, A. (2015).** Global sea cucumber fisheries and aquaculture FAO's inputs over the past few years. *FAO Aquaculture Newsletter*, *53*, 55–57.
- ROGGATZ C. C., GONZÁLEZ-WANGÜEMERT M., PEREIRA, H., VIZETTO-DUARTE C., RODRIGUES M. J., BARREIRA L., CUSTÓDIO L., (2018).** A first glance into the nutritional properties of the sea cucumber *Parastichopus regalis* from the Mediterranean Sea (SE Spain). *Natural Product Research*, *32*(1).
- ROGGATZ C.C., (2012).** Health from the Ocean – Sea cucumbers as food of high nutritional value and source of bioactive compounds. *PhD thesis*. Universidad do Algarve.
- ROSENBERG R., GRAY JS., JOSEFSON AB., PEARSON TH., (1987).** Petersen's benthic stations revisited. II. Is the Oslo fjord and eastern Skagerrak enriched J Exp Mar Biol Ecol 105: 219-25.
- ROWE F.W.E., DOTY J.E., (1977).** The shallow-water holothurians of Guam.
- ROWE F.W.E., GATES J., 1995.** Zoological Catalogue of Australia. vol. 33.
- ROWE F.W.E., RICHMOND M.D., (2004).** A preliminary account of the shallow water echinoderms of Rodrigues, Mauritius, western Indian Ocean. *J. Nat. Hist.* *38*.
- RUMOHR H., (2005).** A 5-step succession model for the Baltic – a future management tool, Indicators of stress in the marine benthos. IOC workshop report No. 195, p. 12-14.
- SALA E., BOUDOURESQUE CF., HARMELIN-VIVIEN M., (1998).** Fishing, trophic cascades, and the Structure of algal assemblages: evaluation of an old but untested paradigm. *OIKOS* *82*: 425-439.
- SALA E., RIBES M., HEREU B., ZABALA M., ALVÀ V., COMA R., GARRABOU J., (1998).** Temporal variability in abundance of the sea urchins *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* in the north western Mediterranean: comparison between a marine reserve and an unprotected area. *Marine Ecology Progress Series* *168*: 135-145.
- SAMYNY., VANDENSPIEGEL D., MASSIN C., (2006).** Taxonomie des holothuries des Comores. *ABC Taxa*, (1), 1-130.
- SANTOS R., DIAS S., PINTEUS S., SILVA J., ALVES C., TECELÃO C., PEDROSA R., (2015).** The Biotechnological and Sea Food Potential of *Stichopus regalis*; *Advances in Bioscience and Biotechnology*, *06*(03), 194–204.<https://doi.org/10.4236/abb.2015.63019>.

- SCHWARTZ B., (1983).** Méthodes des statistiques à l'usage des médecins et des Biologistes. *Edit Flammarion*. Pages: 152 -162.
- SELLEM F., (1990).** Données sur la biométrie de *Paracentrotus lividus*, *Arbacia lixula* et *Sphaerichinus granularis* et sur la biologie de *Paracentrotus lividus* dans le golfe de Tunis. Rapp. D.E.A. *Biol. Mar. Océanol. Univ. Tunis II, Fac, Sci, Tunis*, 123p.
- SERVAIN J., PICAUT J., MERLE J., (1982).** Evidence of remote forcing in.
- SLOAN N.A., VON BODUNGEN B., (1980).** Distribution and feeding of the sea cucumber *Isostichopus badionotus* in relation to shelter and sediment criteria of the Bermuda Platform. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, **2 (3)**: 257-264.
- SMITH C. L. (1964).** Some pearl fishes from Guam, with notes on their ecology. *Pacific Sci.* 18:34–40.
- SMITH R.H., (1971).** Reproductive biology of a brooding sea star, *L. Pusi 1 la*, in Monterey Bay region. Ph. D. Dissertation. Stanford University, 214 pp.
- SOLAN M., CARDINALE B.J., DOWNING A.L., ENGELHARDT K.A.M., RUESINK J.L., SRIVASTAVA D.S., (2004).** Extinction and ecosystem function in the marine benthos. *Science*, 306: 1177-1180p.
- STERRY P., (2014).** Guide Delachaux, Toute la nature méditerranéenne P168.
- STÖHR S., BOISSIN E., CHENUIL A., (2009).** Potential cryptic speciation in Mediterranean populations of *Ophioderma* (Echinodermata: Ophiuroidea).
- STÖHR, S. & O'HARA, T. D., (2007).** World Ophiuroidea database. Vlaams Instituut voor de Zee. Available from: [http:// www.marinespecies.org/ophiuroidea](http://www.marinespecies.org/ophiuroidea) (2007-10-19).
- STONIK V.A., KALININ V.I., AVILOV S.A., (1999).** Toxins from sea cucumbers T., Nebelsick, J. (Eds.), *Echinoderms: München*. Taylor and Francis Group.
- TCHERNIA, P. (1980).** Descriptive Regional Oceanography, Pergamon Marine Series, London. The LIWEX Group. (2003). "The Levantine Intermediate Water Experiment (LIWEX) Group: Levantine basin- A laboratory for multiple water mass formation processes." *J. Geophys. Res.*, 108(C9), 8101-8126.
- THU WEBER A-A., (2015).** Thèse de Doctorat d'Aix-Marseille Université Etude écologique et génétique du complexe d'espèces cryptiques *Ophioderma longicauda* (Ophiuroidea : Echinodermata) : Comparaison entre lignées incubantes et lignées produisant des larves planctoniques. Université Aix Marseille.

- TORAL-GRANDA V., (2006).** Situation biologique et commerciale des concombres de mer des familles Holothroidae et Stichopodidae. *CITES Workshop on the conservation of sea cucumbers*, Lima (Perou).(Doc 16). 32p.
- TORTONESE E. ET C. VADON, (1945).** OURSINS ET HOLOTHURIES (ECHINODERMES) Istituto Zoo profilattico Gênes, Italie, Muséum national d'Histoire naturelle Laboratoire de Biologie des Invertébrés marins et Malacologie Paris, France, p 717-718.
- TORTONESE E., VADON C., (1987).** Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer d'Europe. Echinodermes. Zone de pêche 37, Révision 1, 1: 715–739.
- TORTONESE, E. (1965).** *Echinodermata - Fauna d'Italia*.
- TORTONESE, E. (1983).** Remarks on the morphology and taxonomy of *Ophioderma longicaudum* (Retz.) from the Mediterranean. *Atti della Societa Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale in Milano*, 124, 21–28.
- TRIPOTEAU L., (2015).** Valorisation des coproduits de l'holothurie *Cucumaria frondosa* par l'étude d'extraits bioactifs et approche éco toxicologique des métabolites secondaires relargués en situation de stress. *Thèse de Doctorat*. Université de Bretagne-Sud. 1-226.
- TROTT AND E. B. TROTT. (1972).** Pearl fishes (Carapidae: Gadiformes) collected from Puerto Galera, Minobra, Philippines. *Copeia* 1972:839–843.
- TROTT, L. B. (1970).** Contribution of the biology of Carapid fishes (Paracanthopterygian: Gadiformes). *Univ. Calif. Publ. Zool.* 89:1–41.
- TROTT, L. B., AND, OLNEY, J. E. (1986).** Carapidae. In: Whitehead, P. J. P., Bauchot, M.-L., Hureau, J.-C., Nielsen, J. and Tortonese, E. (Eds): *Fishes of the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean.*, pp. 1172–1176. UNESCO, Paris.
- UTHICKE S., (1999).** Sediment bioturbation and impact of feeding activity of *Holothuria (Halodeima) atra* and *Stichopus chloronotus*, two sediment feeding holothurians, at Lizard Island, Great Barrier Reef. *Bulletin of Marine Science*, 64: 129-141.
- UTHICKE S., (2001a).** Nutrient regeneration by abundant coral reef holothurians. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 265: 153-170.
- UTHICKE S., (2001b).** Interactions between sediment-feeders and microalgae on coral reefs: Grazing losses versus production enhancement. *Marine Ecology Progress Series*, 210: 125-138.
- UTHICKE S., BENZIE J.A.H., (2000).** The effect of bêche-de-mer fishing on densities and size structure of *Holothuria nobilis* (Echinodermata: Holothuroidea) populations on the Great Barrier Reef. *Coral Reefs* 19, 271–276.

- UTHICKE S., KLUMPP D.W., (1998).** Microbenthos community production in sediments of a near shore coral reef: seasonal variation and response to ammonium recycled by holothurians. *Marine Ecology Progress Series*, **16**:1-11.
- UTHICKE S., SCHAFFELKE B., BRYNE M., (2009).** A Boom-bust phylum Ecological and evolutionary consequences of dense variations in Echinoderm Ecolo. monogr 79 :3-24.
- VAN DYCK S., GERBAUX P., FLAMMANG P. (2009).** Elucidation of molecular diversity and body distribution of saponins in the sea cucumber *Holothuria forskali* (Echinodermata) by mass spectrometry. *Comparative Biochemistry and Physiology B: Biochemistry and Molecular Biology*, **152**: 124-134.
- VON BERTALANFFY, L., (1938).** A quantitative theory of organic growth. Hum. Biol., 10, 181-213 p.
- WARNAU, M. DUTRIEUX, S; LEDENT, G; RODRIGUEZ Y BAENA, A.M et WEBB K.L., D'ELIA C.F., DUPAUL W.D., (1977).** Biomass and nutrition flux.
- WILKIE IC., EMSON RH. (1987).** The tendons of *Ophiocomina nigra* and their role in autotomy (Echinodermata, Ophiuroida). *Zoomorph* 107(1) 33-44.
- WORMS (2019).** *Parastichopus regalis* (Cuvier, 1817).
Accessed at: <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=149898> on 2019-11-23.
- YAMANOUCHI T., (1939).** Ecological and physiological studies on the holothurians in the coral reefs of Palao Islands. *Stud. Palao Trop. Biol. Stu.* 4: 603-636p.
- YAMANOUCHI T., (1956).** The daily activity rhythms of the holothurians in the coral
- YINGST J., (1974).** The utilization of organic detritus and associated microorganisms by *Parastichopus parvimensis*, a benthic deposit-feeding holothurian. *PhD. Thesis, Univ. South California*: 1-154.
- YINGST J., (1982).** Factors influencing rates of sediment ingestion by *Parastichopus*.
- YUAN X., ZHOU Y., MAO, Y. (2015).** *Apostichopus japonicus*: A key species in integrated polyculture systems. In: *The Sea Cucumber Apostichopus japonicus: History, Biology and Aquaculture*, H. Yang et al. (eds.). London: Academic Press, 323-332.
- ZAMORA L. N., YUAN X., CARTON A. G., SLATERM. J., (2018).** Role of deposit-feeding sea cucumbers in integrated multitrophic aquaculture: progress, problems, potential and future challenges. *Reviews in Aquaculture*, 0, 57–74.
<https://doi.org/10.1111/raq.12147>.

- ZIEGLER A., KROH A., (2012).** Echinoderm conferences and symposia: a concise history and bibliography. *In*: Kroh, A. & Reich, M. (Eds.), Echinoderm Research 2010: Proceedings of the Seventh European Conference on Echinoderms, Göttingen, Germany, 2–9 October 2010. *Zoosymposia*, 7, 1–24. [this volume].

ANNEXES

Analyses statistiques réalisés sur l'astéride *Echinaster sepositus*

- Sex-ratio globale chez *E. sepositus* (M : mâles, F : femelles)

Différence	-0.445
t (Valeur observée)	-3.965
t (Valeur critique)	1.966
DDL	398
p-value (bilatérale)	< 0.0001
Alpha	0.05

- Paramètres de croissance et équations de la relation Longueur moyenne de bras et le poids frais chez les mâles d'*E. sepositus* (n=231)

Différence	-35.882
t (Valeur observée)	-35.059
t (Valeur critique)	1.970

- Paramètres de croissance et équations de la relation Longueur moyenne de bras et le poids frais chez les femelles d'*E. sepositus* (n=169)

Différence	-42.777
t (Valeur observée)	-31.697
t (Valeur critique)	1.974

- Teste ANOVA à deux facteurs, effets des interactions des valeurs de l'IG moyenne, entre les variables indépendantes ; saisons, et sexes, années

Effet	SC	Deg de Liberté	MC	F	P
Ord.origine	2380.160	1	2380.160	206.2712	0.000000
SEXES	10.941	1	10.941	0.9482	0.336674
ANNEES	14.158	1	14.158	1.2269	0.275347
SEXES*ANNEES	16.844	1	16.844	1.4598	0.234846
Erreur	415.403	36	11.539		

Analyse statistique chez l'ophiure *Ophioderma longicauda*

- Paramètres de croissance et équations de la relation entre le diamètre moyen de disque (DD) et le poids frais humide (PH) chez *Ophioderma longicauda* (n=125)

Différence	-5.700
t (Valeur observée)	-18.961
t (Valeur critique)	1.982

- Paramètres de croissance et équation de la relation entre la longueur moyenne de bras (LB) et le poids frais humide (PH), chez *Ophioderma longicauda* (n=125)

Différence	1.835
t (Valeur observée)	5.146
t (Valeur critique)	1.973

Analyse statistiques réalisés sur l'holothurie *Parastichopus regalis*

- Paramètres de croissance et équation de la relation entre la longueur totale (Lt) et le poids frais humide (PH) chez *Parastichopus regalis*

Différence	-60.865
t (Valeur observée)	-7.533
t (Valeur critique)	1.997

