



DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

BENCHOHRA Abdelkader et BELHADJ Imane

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE

Spécialité : Ressources Halieutiques

THÈME

Etudes sur la dynamique des populations de l'oursin
réguliers *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) au niveau de quelques
stations de la côte de Mostaganem

Soutenue le 19/06/2023

DEVANT LE JURY

Président	BACHIR-BOUIADJRA B.	Professeur	Université de Mostaganem
Encadreur	BOUZAZA Z.	MCA	Université de Mostaganem
Examineur	OULHIZ A.	MCB	Université de Mostaganem

Remerciements

Au nom de Dieu, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux, nous remercions Dieu qui nous a accordé la santé, la sagesse et la persévérance nécessaires pour réaliser ce mémoire.

*Tout d'abord, nous tenons à exprimer notre sincère gratitude envers notre encadreur **M. Bouzaza Zoheir**, Maître de conférences au département des Sciences de la Mer et d'Aquaculture, pour ses conseils et son accompagnement tout au long de notre travail. Son expérience et son engagement constant ont été des facteurs clés de notre réussite, et nous lui sommes très reconnaissants pour son dévouement et son soutien inconditionnel.*

*Nous souhaitons également exprimer notre profonde gratitude envers **M. Bachir-Bouiadjra Benabdallah**, Professeur au département des Sciences de la Mer et d'Aquaculture, pour avoir accepté de présider le comité d'évaluation. Nous apprécions son dévouement et le temps qu'il a consacré à nous prodiguer des conseils précieux.*

*Nous tenons également à remercier chaleureusement **Mme Oulhiz Aicha**, Maître de conférences au département des Sciences de la Mer et d'Aquaculture, pour avoir accepté d'examiner notre mémoire de fin d'étude. Nous ne saurions exprimer notre reconnaissance suffisante pour ses efforts dans l'évaluation et l'analyse de notre travail, et nous lui sommes reconnaissants pour son professionnalisme et son dévouement.*

*Enfin, nous souhaitons dédier ce travail à nos **chers parents** et à toutes les **personnes chères** qui ont contribué à la réussite de ce mémoire.*

Dédicaces

*Je tiens à exprimer ma gratitude et ma profonde reconnaissance envers **mes chers parents** tout au long de mon cursus scientifique. **Maman et Papa**, vous avez été mes piliers et mon soutien essentiel tout au long de ma vie, et sans vous, je n'aurais pas pu accomplir cette réussite. Je vous remercie pour votre amour illimité et votre encouragement constant.
Que Dieu vous garde et prenne soin de vous.*

*Mes chères sœurs, **Abir (Amira rosélia & Adem wassim), Houria, Maroua**, ainsi que mes cousins **Hamza et Mohamed**, je tiens à vous exprimer ma gratitude et mon appréciation. Vous avez toujours été présents pour moi, et votre soutien et encouragement ont été sans limites.
Je vous suis reconnaissant à tous.*

*J'aimerais également exprimer ma gratitude particulière à mes chers amis. **Tedlaouti Mohamed, Benmerzouga Ahmed, Bahri Abdellah, Bendjilali Mohamed, Harrat Abdenour, Cheikh Hamza et Bensabeur Slimane Nourddine**, je vous remercie pour votre amitié intime et le soutien constant que vous m'avez apporté. Je vous suis reconnaissant à tous et je vous souhaite le meilleur et le succès dans votre vie.*

*Enfin, je tiens à adresser mes remerciements spéciaux à ma partenaire, **Belhadj Imane**. Vous avez apporté une contribution importante et précieuse à la réussite de ce mémoire. Vous avez fourni des efforts exceptionnels et avez montré un engagement sans égal dans notre collaboration. Je vous remercie pour l'inspiration que vous avez apportée et pour votre soutien continu. Vous avez grandement contribué au succès de ce travail, et je vous suis extrêmement reconnaissant.*

*Je considère ces mots simples comme une expression de ma gratitude et de ma profonde reconnaissance **envers tous ceux qui ont contribué au succès de ce voyage scientifique**. Je souhaite que ma vie professionnelle et personnelle continue d'être couronnée de succès et de bonheur.
Merci.*

Benchohra Abdelkader

Dédicaces

*Je tiens à exprimer ma gratitude et ma profonde reconnaissance envers mes chers parents tout au long de mon cursus scientifique. **Maman et Papa**, vous avez été mes piliers et mon soutien essentiel tout au long de ma vie, et sans vous, je n'aurais pas pu accomplir cette réussite. Je vous remercie pour votre amour illimité et votre encouragement constant.*

Que Dieu vous garde et prenne soin de vous.

*Ma chère sœur, **Fatma**. Mes chers frères, **Mohamed el Amine, Iyed**, ainsi que mes tantes et mes cousines, je tiens à vous exprimer ma gratitude et mon appréciation. Vous avez toujours été présents pour moi, et votre soutien et encouragement ont été sans limites.*

Je vous suis reconnaissante à tous.

*J'aimerais également exprimer ma gratitude particulière à mes chères amies. **Benabed fatima zahra, Fellouh khadidja, Merzkani wiam, Benzina nabila, Hamcherif Marwa**, je vous remercie pour votre amitié intime et le soutien constant que vous m'avez apporté. Je vous suis reconnaissante à tous et je vous souhaite le meilleur et le succès dans votre vie.*

*Enfin, je tiens à adresser mes remerciements spéciaux à mon partenaire, **Benchohra Abdelkader**. Vous avez apporté une contribution importante et précieuse à la réussite de cette thèse. Vous avez fourni des efforts exceptionnels et avez montré un engagement sans égal dans notre collaboration. Je vous remercie pour l'inspiration que vous avez apportée et pour votre soutien continu. Vous avez grandement contribué au succès de ce travail, et je vous suis extrêmement reconnaissante.*

*Je considère ces mots simples comme une expression de ma gratitude et de ma profonde reconnaissance **envers tous ceux qui ont contribué au succès de ce voyage scientifique**. Je souhaite que ma vie professionnelle et personnelle continue d'être couronnée de succès et de bonheur.*

Merci.

Belhadj Imane

 ***Sommaire***

Sommaire

Introduction	1
I. Notions et principes de base	2
I.1. Population et métapopulation :	2
I.1.1. Population :	2
I.1.2. Métapopulation :	3
I.2. La migration en milieu marin :	4
I.3. Rôle de la phase larvaire :	5
I.4. Model de croissance et structure de population :	6
I.4.1. Modèle de croissance :	6
I.4.2. Structure de la population :	6
I.5. Enjeux scientifiques :	7
I.6. Enjeux socio-économiques :	7
II. L'espèce <i>Paracentrotus lividus</i> (Lamarck, 1816) en tant que modèle de croissance et de structure des populations :	8
II.1. Taxinomie et synonymie de l'espèce ciblée et les critères d'identification :	8
II.1.1. Taxinomie de l'espèce ciblée :	8
II.1.2. Synonymie de l'espèce ciblée :	9
II.1.3. Les critères d'identification :	9
II.2. Biologie, écologie et exploitation de <i>Paracentrotus lividus</i> :	10
II.2.1. Généralités sur <i>P. lividus</i> :	10
II.2.2. Habitat :	11
II.2.3. Reproduction :	12
II.2.4. Respiration :	13
II.2.5. Alimentation :	13
II.2.6. Morphologie externe et interne :	13
III.3. Importance de cette espèce dans les études de croissance et de structure des populations :	20
I. Description de la zone d'étude :	22
I.1. Description de la côte de Mostaganem :	22
I.1.1. Climat :	22
I.1.2. Salinité :	22
I.1.3. Hydrodynamisme :	22
I.2. Description des zones d'échantillons :	23
I.2.1. Choix des stations de prélèvement :	23
I.2.2. Caractéristiques des stations d'étude :	24
II. La méthodologie :	27
II.1. La collecte des échantillons :	27
II.2. Étiquetage des échantillons :	30
II. 3. Identification taxinomique :	31
II. 4. Mesures biométriques :	32

II.5. Etude de la croissance et de structure des populations de <i>P. lividus</i> :	33
I. Résultats	34
I.1. Etude biométrique	34
I.2. Analyses démographiques	34
II. Discussion	40
Conclusion	42
Références bibliographiques	43

Liste des abréviations

FISAT II : FAO-ICLARM Stock Assessment Tool

P.lividus : *Paracentrotus lividus*

A.lixula: *Arbacia lixula*

St : Stidia

SM : Sidi Mejdoub

CS : la Crique de Salamandre

Ln : la longueur

Liste des tableaux

Tableau 1 : Noms et coordonnées des trois stations de prélèvement	26
Tableau 2 : : Nombre d'individus de <i>Paracentrotus lividus</i> échantillonnées au niveau des stations d'étude	34
Tableau 3 : Effectifs des modalités des classes de tailles de <i>P.lividus</i> au niveau de station de Sidi-Mejdoub Chaque couleur représente une génération	38
Tableau 4 : Effectifs des modalités des classes de tailles de <i>P.lividus</i> au niveau de station de La Crique de Salamandre .Chaque couleur représente une génération	38
Tableau 5 : Effectifs des modalités des classes de tailles de <i>P.lividus</i> au niveau de station de Stidia .Chaque couleur représente une génération	38

Liste des figures

Figure 1 : Modèle conceptuel illustrant l'importance de la phase larvaire dans le processus de reproduction de <i>P. lividus</i> . (Henry, 2021)	5
Figure 2 : Âge et croissance de l'oursin <i>Paracentrotus lividus</i> Lamarck, 1816 dans le golfe de Méditerranée. (Sellem, et al. 2000)	6
Figure 3 : Photo en vue latérale de <i>Paracentrotus lividus</i>	10
Figure 4 : Carte de répartition de l'espèce <i>P. lividus</i> (Fredig, 2002)	11
Figure 5 : Cycle de reproduction de <i>P. lividus</i> et émission des gamètes. (Noëlle, et al. 2014).....	12
Figure 6 : Morphologie externe de l'oursin régulier <i>P. Lividus</i> . A : face orale B : face aborale (Grosjean, 2001)	13
Figure 7 : Organisation générale du test d'un oursin régulier. (Clark et Deridder,1986)	14
Figure 8 : A : Piquant primaire, B : Piquant secondaire, C : podia, D : Pédicellaire globifère, E : Pédicellaire ophiocephale, G : Pédicellaires (Deridder, 1986)	15
Figure 9 : Piquant d'un oursin régulier et son tubercule (Deridder, 1986)	16
Figure 10 : La lanterne d'Aristote (Deridder, 1986)	17
Figure 11 : Morphologie interne d'un oursin commun (Tortonese, 1965)	17
Figure 12 : Dissection de la région aborale montrant les gonades chez un individu femelle (à gauche) et un individu mâle (à droite). (Delarue)	18
Figure 13 : Oursin ouvert suivant l'équateur pour montrer : D : tube digestif (Ilbusca, 2023)	19
Figure 14 : La position géographique des trois sites d'échantillonnage (Stidia, Sidi Mejdoub, La crique de Salamandre)	23
Figure 15 : Carte géographique de la région de Stidia ainsi que la zone de prélèvement (point de carte)	24
Figure 16 : Carte géographique de la région de Sidi-Mejdoub ainsi que la zone de prélèvement (point de carte)	25
Figure 17 : Carte géographique de la région de La crique de Salamandre ainsi que la zone de prélèvement (point de carte)	26
Figure 18 : Positionnement du transect sur la zone de peuplement de <i>P. lividus</i> . A : Sidi Mejdoub B :la crique de Salamandre C : Stidia	27
Figure 19 : Récolte des échantillons des oursins <i>P. lividus</i>	28
Figure 20 : Matériel utilisé. A : pince B : le transect C : les gants D : le filet E : le pied à coulisse F :la fourchette G : deux pinces H :la glacière.....	29

Figure 21 : Etiquetage des échantillons d'oursins <i>P. lividus</i> . A : avant d'enlever les épines B : après avoir enlevé les épines	30
Figure 22 : Comparaison entre deux espèces. A: <i>P. lividus</i> B: <i>A. lixula</i>	31
Figure 23 : Photo de pied à coulisse utilisé.	32
Figure 24 : Mensuration effectuée sur le test de l'oursin étudiée mesure de la longueur.	33
Figure25 : Histogrammes de classe de taille et décompositions modales de <i>P. lividus</i> présentés pour la population de Sidi-Mejdoub. Les dates de prélèvement sont indiquées sur chaque graphe et le nombre d'individus mesurés (entre parenthèses). les flèches bleus indiquent les différents événements de recrutements observés et les flèches verts indiquent les différents événements de recrutements suspecté. Les valeurs des fréquences de tailles sont en (% .10-1).	35
Figure26 : Histogrammes de classe de taille et décompositions modales de <i>P. lividus</i> présentés pour la population de La Crique de Salamandre. Les dates de prélèvement sont indiquées sur chaque graphe et le nombre d'individus mesurés (entre parenthèses). les flèches bleus indiquent les différents événements de recrutements observés et les flèches verts indiquent les différents événements de recrutements suspecté. Les valeurs des fréquences de tailles sont en (% .10-1).	36
Figure27 : Histogrammes de classe de taille et décompositions modales de <i>P. lividus</i> présentés pour la population de Stidia. Les dates de prélèvement sont indiquées sur chaque graphe et le nombre d'individus mesurés (entre parenthèses). Les flèches bleus indiquent les différents événements de recrutements observés et les flèches verts indiquent les différents événements de recrutements suspecté. Les valeurs des fréquences de tailles sont en (% .10-1).	37
Figure28 : Suivi temporel de l'évolution des classe modales de <i>P. lividus</i> au niveau de station de Sidi-Mejdoub.	39
Figure29 : : Suivi temporel de l'évolution des classe modales de <i>P. lividus</i> au niveau de station de La Crique de Salamandre	39
Figure30 : : Suivi temporel de l'évolution des classe modales de <i>P. lividus</i> au niveau de station de Stidia.	39

Résumé

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une analyse de la dynamique des populations de l'oursin commun *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) dans le but d'étudier sa dynamique des populations au niveau de trois Stations sur la côte de Mostaganem [Sidi-Mejdoub (SM), la Crique de Salamandre (CS) et Stidia (St)].

Pour ce faire, des mesures biométriques de la longueur du test des oursins ont été réalisées 312 individus de *P. lividus* échantillonnés (120 de St, 90 de CS et 102 de SM) à intervalles réguliers de 15 jours sur une période de 3 mois (mars, avril, mai 2023). Les données biométriques ont été recueillies et traitées par le programme « FISAT II » pour réaliser l'analyse de la dynamique des populations de cet oursin en utilisant la méthode de Bathacharya.

Les résultats ont montré la présence de cinq cohortes pour la station de SM, six cohortes pour la station de CS et en fin, sept cohortes pour la station de St. Il est à noter que plus la station d'étude est située à l'ouest et plus ces modalités des classes de taille sont plus élevées qu'au niveau des stations situées plus à l'est. Ce qui montre une précocité au recrutement des stations qui sont plus à l'ouest par rapport à l'est la station la côte de Mostaganem.

Les courants marins de surfaces tels que les eaux modifiées de l'Atlantique «Atlantic Water» (MAW) pourraient avoir un rôle important dans l'expansion des populations de *P. lividus* au niveau des trois stations étudiées. De ce fait, le recrutement semble commencer en premier lieu à Stidia puis la Crique de Salamandre et enfin à Sidi Medjdoub.

Mots-clés : Dynamique des populations, *Paracentrotus lividus*, Côte de Mostaganem, classes de recrutement.”

ملخص

”تعتبر هذه الدراسة جزءاً من تحليل لديناميكية سكان القنفذ البحري الشائع *Paracentrotus lividus* (Lamarck، 1816) بهدف دراسة ديناميكية سكانه على مستوى ثلاث محطات على ساحل مستغانم [سيدي مجدوب (SM)، كريك سالاماندر (CS) وستيديا (St)].

لهذا الغرض، تم إجراء قياسات حيوية لطول قشرة القنفذ البحري على 312 فرداً من *P. lividus* المأخوذة عينات منهم (120 من St، 90 من CS و102 من SM) بفترات منتظمة قدرها 15 يوماً على مدار 3 أشهر (مارس وأبريل ومايو 2023). تم جمع البيانات الحيوية ومعالجتها باستخدام برنامج "FISAT II" لتحليل ديناميكية سكان هذا القنفذ البحري باستخدام طريقة Bathacharya.

أظهرت النتائج وجود خمس فئات عمرية لمحطة SM، ست فئات عمرية لمحطة CS، وأخيراً، سبع فئات عمرية لمحطة St. يجب ملاحظة أنه كلما زاد موقع المحطة الدراسية على الغرب، زادت هذه الفئات من الأحجام بالمقارنة مع المحطات الموجودة على الشرق. وهذا يشير إلى وجود تجنيد مبكر في المحطات الموجودة على الغرب بالمقارنة مع المحطة الشرقية لساحل مستغانم.

قد تلعب تيارات المحيط السطحية مثل مياه المحيط الأطلسي المعدلة "مياه الأطلسي" (MAW) دوراً هاماً في توسع سكان *P. lividus* على مستوى المحطات الثلاث المدروسة. وبالتالي، يبدو أن التجنيد يبدأ أولاً في ستيديا، ثم في كريك سالاماندر، وأخيراً في سيدي مجدوب.

الكلمات الدالة: ديناميكية السكان، *Paracentrotus lividus*، ساحل مستغانم، فئات التجنيد.

Abstract

This study is part of an analysis of the dynamics of the populations of the common sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) with the aim of studying its population dynamics at three stations on the coast of Mostaganem [Sidi-Mejdoub (SM), la Crique de Salamandre (CS), and Stidia (St)].

To do this, biometric measurements of the test length of the sea urchins were carried out on 312 sampled individuals of *P. lividus* (120 from St, 90 from CS, and 102 from SM) at regular intervals of 15 days over a period of 3 months (March, April, May 2023). The biometric data were collected and processed using the "FISAT II" program to analyze the population dynamics of this sea urchin using the Bathacharya method.

The results showed the presence of five cohorts for the SM station, six cohorts for the CS station, and finally, seven cohorts for the St station. It should be noted that the further west the study station is located, the higher these size class modalities are compared to the stations located further east. This indicates an earlier recruitment in the stations that are further west compared to the east of the Mostaganem coast station.

Surface ocean currents such as the modified waters of the Atlantic "Atlantic Water" (MAW) may play an important role in the expansion of *P. lividus* populations at the three studied stations. Therefore, recruitment seems to start first at Stidia, then at la Crique de Salamandre, and finally at Sidi Mejdoub.

Key-words: Population dynamics, *Paracentrotus lividus*, Mostaganem coast, recruitment classes.

➤ *Introduction*

Introduction

Paracentrotus lividus, également connu sous le nom d'oursin violet, joue un rôle écologique important dans les écosystèmes marins (**Hereford et Schaal, 2018**). En tant qu'espèce herbivore, il consomme des algues telles que le varech et les macroalgues, aidant ainsi à réguler les populations d'algues et à prévenir leur surcroissance (**Byrnes et Stachowicz, 2018**). Par conséquent, *P. lividus* contribue au maintien de l'équilibre et de la santé des habitats côtiers (**Filbee-Dexter et Scheibling, 2019**). Il peut entrer en compétition avec d'autres espèces herbivores, notamment d'autres espèces d'oursins, de poissons et d'invertébrés, pour des ressources alimentaires limitées (**Agnetta et al. 2019**). Cette compétition influence la disponibilité et la répartition des ressources au sein de l'écosystème (**Prado et al. 2018**).

Des études menées sur *Paracentrotus lividus* en Méditerranée, en Algérie et à Mostaganem, ont également contribué à notre compréhension de cette espèce, s'est concentrée sur la structure des populations et la diversité génétique de *P. lividus* en utilisant une approche phylogéographique (**Chatti et al. 2020**). Cette recherche a révélé une différenciation génétique significative entre les populations, indiquant un faible flux génétique entre les sites, et a identifié la présence de plusieurs sous-populations génétiquement distinctes en Méditerranée (**Chatti et al. 2020**). a montré les interactions trophiques de *P. lividus* en utilisant l'analyse des isotopes stables (**Vizzini et al. 2018**). Cette recherche a permis de déterminer les sources alimentaires principales et la position trophique de *P. lividus* dans le réseau alimentaire local (**Vizzini et al. 2018**).

De plus, des enquêtes menées à Mostaganem ont exploré la dynamique des populations, la biologie de la reproduction et les habitudes alimentaires de *P. lividus*, fournissant ainsi des informations précieuses sur ses traits liés à l'histoire de vie et ses interactions écologiques dans la région (**Benhamou et Boudouresque, 2018**). Ces études soulignent l'importance de *P. lividus* en tant qu'espèce clé en Méditerranée, spécifiquement en Algérie et à Mostaganem, et contribuent à notre compréhension plus large de sa signification écologique au sein des écosystèmes marins de cette zone (**Benhamou et Boudouresque, 2018**).

Notre étude vise principalement à analyser la dynamique des populations et de détecter les zones de recrutement de l'oursin réguliers *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) au niveau de quelques stations de la côte de Mostaganem (Stidia, la Crique de Salamandre et Sidi Mejdoub), en considérant la longueur du test, et de fournir un aperçu de leur concentration et de leur dispersion dans les zones étudiées.

➤ ***Chapitre I: Revue
bibliographique***

Dans ce chapitre, nous allons explorer la dynamique des populations marines en abordant des concepts clés tels que la migration en milieu marin, le rôle de la phase larvaire et les modèles de croissance et de structure de population. Nous allons nous concentrer sur l'étude de l'oursin *Paracentrotus lividus* pour illustrer ces concepts.

I. Notions et principes de base

I.1. Population et métapopulation :

I.1.1. Population :

Une population biologique fait référence à un groupe d'organismes de la même espèce vivant dans une zone géographique définie et capable de se reproduire. Les populations peuvent varier en taille, en diversité génétique et autres facteurs, ce qui peut avoir des implications significatives pour leur survie et leur adaptation aux conditions environnementales changeantes. (**Van Dyke et Burrell, 2015**), la génétique des populations est l'étude de la variation génétique et de l'évolution au sein et entre les populations biologiques, et constitue un outil essentiel pour comprendre les processus qui façonnent la diversité de la vie sur Terre.

Un aspect important des populations biologiques est leur taille, qui peut influencer leur capacité à s'adapter aux conditions changeantes et à persister dans le temps. Les petites populations, par exemple, sont souvent plus susceptibles à la dérive génétique, à la consanguinité et à d'autres facteurs qui peuvent réduire la diversité génétique et augmenter le risque d'extinction (**Lande, 1995**). À l'inverse, les grandes populations peuvent avoir plus de variation génétique et être mieux en mesure de répondre aux défis environnementaux (**Frankham, 2015**).

En plus de la taille, d'autres facteurs tels que la fragmentation de l'habitat, les schémas de migration et les pressions de sélection peuvent également façonner les caractéristiques génétiques et démographiques des populations biologiques (**Cushman et al. 2006**). Comprendre ces facteurs et leurs interactions est essentiel pour une conservation et une gestion efficaces des espèces et des écosystèmes (**Frankham et al. 2017**).

I.1.2. Métapopulation :

Une métapopulation est un groupe de populations spatialement séparées de la même espèce qui sont reliées par des mouvements occasionnels d'individus entre elles. Ces populations sont généralement présentes dans des habitats fragmentés, où chaque population est relativement petite et isolée des autres. Le concept de métapopulation a été introduit pour la première fois par **(Levins, 1969)**, qui l'a défini comme "une population de populations, chacune étant dynamique et soumise à une extinction locale et à une recolonisation". Le concept de métapopulation est important pour comprendre la dynamique des espèces dans les paysages fragmentés et pour concevoir des stratégies de conservation qui peuvent maintenir la viabilité de ces populations dans le temps **(Hanski et Gaggiotti, 2004)**.

Les métapopulations sont généralement modélisées à l'aide de modèles mathématiques qui décrivent la dynamique de chaque population et la probabilité d'événements de colonisation et d'extinction **(Hanski et Gaggiotti, 2004)**. Ces modèles peuvent être utilisés pour prédire la viabilité à long terme des métapopulations dans différents scénarios, tels que des changements de qualité d'habitat ou d'intensité de perturbation humaine **(Hanski, 1999)**.

Le concept de métapopulation a été appliqué à un large éventail d'espèces, notamment les insectes, les oiseaux, les mammifères et les plantes, et a été utilisé pour informer les stratégies de conservation des espèces menacées et en danger **(Hanski et Gaggiotti, 2004)**.

L'un des facteurs clés qui déterminent la dynamique des métapopulations est le degré de connectivité entre les populations. Si les populations sont très connectées, avec des mouvements fréquents d'individus entre elles, le risque d'extinction locale est réduit, car les événements de recolonisation sont plus susceptibles de se produire **(Hanski, 1999)**. En revanche, si les populations sont isolées et ont une faible connectivité, le risque d'extinction locale est plus élevé, car les événements de recolonisation sont moins susceptibles de se produire **(Hanski et Gaggiotti, 2004)**.

En résumé, une métapopulation est un groupe de populations spatialement séparées de la même espèce qui sont reliées par des mouvements occasionnels d'individus entre elles. Ce concept est important pour comprendre la dynamique des espèces dans les paysages fragmentés et pour concevoir des stratégies de conservation qui peuvent maintenir la viabilité de ces populations dans le temps. Le concept a été introduit pour la première fois par **Levins (1969)** et a été largement étudié et appliqué en biologie de la conservation **(Hanski et Gaggiotti, 2004)**.

I.2. La migration en milieu marin :

Paracentrotus lividus est une espèce d'oursin communément trouvé en mer Méditerranée. Les schémas de migration de cette espèce ont été étudiés par plusieurs chercheurs au fil des ans, fournissant des informations importantes sur leur comportement et leur écologie.

Une étude menée par **Rastorgueff et al. (2017)** a utilisé la télémétrie acoustique pour suivre le mouvement de *P. lividus* dans une zone côtière de la mer Méditerranée. Les chercheurs ont constaté que les oursins avaient une forte fidélité au site, les individus restant dans une zone relativement petite pendant de longues périodes. Cependant, ils ont également observé des mouvements saisonniers de *P. lividus* vers des eaux plus profondes pendant les mois d'été.

Une autre étude menée par **Airoldi et al. (2015)** a étudié les effets des activités humaines sur le comportement de *P. lividus* dans une zone marine protégée. Les chercheurs ont constaté que la présence d'activités de pêche incitait les oursins à migrer vers des eaux plus profondes, tandis que l'installation de récifs artificiels augmentait leur abondance et réduisait leur migration.

Dans une étude plus récente, **Linares et al. (2021)** ont utilisé une combinaison de télémétrie acoustique et de données environnementales pour modéliser l'utilisation de l'habitat de *P. lividus* dans le nord-ouest de la mer Méditerranée. Les chercheurs ont constaté que les oursins avaient une préférence pour les habitats avec des niveaux plus élevés de rugosité et des niveaux plus faibles de sédimentation.

Dans l'ensemble, ces études soulignent l'importance de comprendre les schémas de migration de *P. lividus* pour gérer et conserver efficacement cette espèce en mer Méditerranée.

I.3. Rôle de la phase larvaire :

Paracentrotus lividus, communément appelé oursin violet, est une espèce invertébrée marine qui subit une phase larvaire dans le cadre de son cycle de vie (**Fig. 1**). La phase larvaire de *P. lividus*, qui dure plusieurs semaines, présente plusieurs avantages et inconvénients.

Un avantage de la phase larvaire est qu'elle permet la dispersion de l'espèce. Les larves de *P. lividus* sont planctoniques et peuvent être transportées par les courants océaniques vers de nouveaux endroits, ce qui augmente les chances d'établir de nouvelles populations. De plus, la phase larvaire permet le flux génétique entre les populations, ce qui maintient la diversité génétique et évite la consanguinité (**Levitan, et al. 2000**).

En revanche, la phase larvaire présente également des inconvénients pour *P. lividus*. Pendant cette phase, les larves sont vulnérables à la prédation et aux stress environnementaux tels que les fluctuations de température et de salinité. De plus, toutes les larves ne survivent pas pour s'installer et se métamorphoser en adultes, ce qui peut limiter la croissance de la population et le recrutement (**Pechenik, et al. 2006**).

Malgré les défis posés par la phase larvaire, elle est une partie cruciale du cycle de vie de *P. lividus* et d'autres invertébrés marins. Comprendre la biologie et l'écologie de la phase larvaire est essentiel pour la gestion et la conservation de ces espèces et de leurs habitats (**Byrne, et al. 2012**).

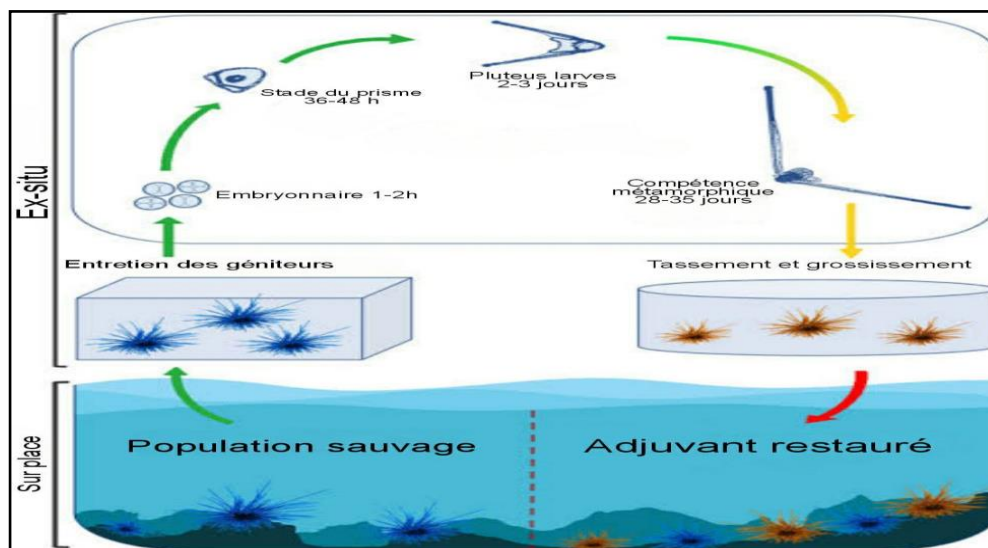


Figure 1 : Modèle conceptuel illustrant l'importance de la phase larvaire dans le processus de reproduction de *P. lividus* (**Henry, 2021**). [A]

I.4. Model de croissance et structure de population :

I.4.1. Modèle de croissance :

La croissance de *Paracentrotus lividus* est principalement déterminée par les conditions environnementales, la disponibilité de la nourriture et l'âge de l'individu (**Fig. 2**). En général, *P. lividus* se développe rapidement au cours des premières années de vie et atteint sa maturité vers l'âge de 3-4 ans. Après avoir atteint la maturité, les taux de croissance ralentissent et les individus conservent leur taille pour le reste de leur vie. **Abreu-Acosta et al. (2021)** ont constaté que le taux de croissance de *P. lividus* était positivement corrélé à la température de l'eau et à la disponibilité de la nourriture.

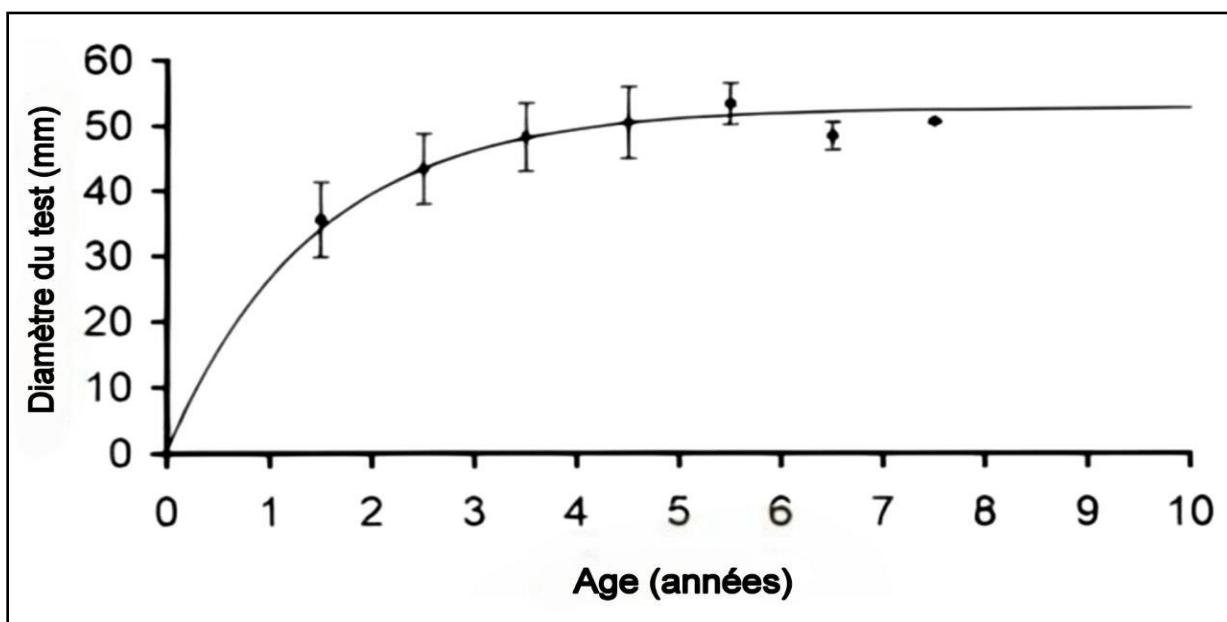


Figure 2 : Âge et croissance de l'oursin *Paracentrotus lividus* dans le golfe de Méditerranée (**Sellem, et al. 2000**).

I.4.2. Structure de la population :

La structure de la population de *Paracentrotus lividus* est influencée par des facteurs tels que la disponibilité de la nourriture, la prédation et les conditions environnementales. En général, la population est composée d'individus d'âges, de tailles et d'états reproducteurs différents. La répartition par taille de la population peut varier en fonction de la structure par âge, les individus plus jeunes étant plus petits et les individus plus âgés étant plus grands. **Ferrario et al. (2017)** ont constaté que la structure de la population de *P. lividus* en mer Méditerranée était influencée par la variabilité spatiale et temporelle du recrutement et de la survie.

I.5. Enjeux scientifiques :

Le cycle biologique des espèces marines, y compris leur capacité de reproduction et leur survie, est fortement influencé par la croissance des individus. Les taux de croissance des organismes marins peuvent varier en fonction des conditions environnementales telles que la température, la disponibilité de la nourriture et la prédation. Comprendre les taux de croissance des individus est crucial pour étudier la dynamique des populations d'espèces marines, car cela affecte la structure de taille de la population, le moment de la reproduction et la productivité globale de la population (**Ennings, et al. 1998**).

Par exemple, chez les espèces à croissance indéterminée, comme certains poissons et crustacés, les individus continuent de croître tout au long de leur vie. En conséquence, les individus plus grands ont le potentiel de produire plus de descendants et de contribuer davantage à la productivité globale de la population. En revanche, les espèces à croissance déterminée, comme de nombreux crustacés et certains bivalves, ont une taille limitée à maturité et une durée de vie plus courte. Chez ces espèces, les individus peuvent investir davantage dans la reproduction plus tôt dans la vie, et la productivité globale de la population peut dépendre davantage du recrutement de nouveaux individus (**Levin, et al. 2002**).

En plus de comprendre les taux de croissance des individus, il est également important de considérer comment la croissance varie selon les différentes étapes de la vie et les différents environnements. Par exemple, les taux de croissance des larves et des juvéniles peuvent être plus sensibles aux conditions environnementales que les adultes, et différentes populations d'une espèce peuvent présenter des taux de croissance différents en fonction des conditions environnementales locales (**Moran, et al. 2010**).

I.6. Enjeux socio-économiques :

Les enjeux socio-économiques jouent un rôle crucial dans la gestion des stocks de bio-ressources marines. Comprendre le contexte socio-économique d'une région particulière peut aider à identifier les acteurs impliqués dans l'exploitation des ressources marines, leurs besoins et leurs attentes. Il peut également aider à évaluer l'impact de l'exploitation des ressources marines sur l'économie et les communautés locales, et à concevoir des stratégies de gestion durable qui tiennent compte des dimensions sociales et économiques du problème.

Un aspect important des questions socio-économiques dans la gestion des bio-ressources marines est l'implication des communautés locales et des parties prenantes dans les processus de prise de décision. Des études ont montré que l'implication des communautés locales dans la gestion des ressources marines peut conduire à des résultats plus durables et à un meilleur respect des réglementations (**Gelcich et al. 2018 ; Pomeroy et al. 2004**). Par conséquent, il est essentiel de prendre en compte les facteurs sociaux et économiques qui influencent le comportement et la prise de décision des communautés locales et des parties prenantes.

Un autre aspect important des questions socio-économiques est la valeur économique des ressources marines. La valeur économique des ressources marines peut être évaluée par différentes méthodes telles que la valeur marchande, la valeur non marchande et la valeur d'option. Comprendre la valeur économique des ressources marines peuvent aider à identifier les avantages potentiels de leur exploitation et à concevoir des politiques et des réglementations susceptibles de promouvoir des stratégies de gestion durable (**Bateman et al. 2011 ; Tietenberg et Lewis, 2016**).

Les questions socio-économiques peuvent également jouer un rôle crucial dans la résolution des problèmes d'équité et de distribution dans la gestion des ressources marines. Il est essentiel de veiller à ce que les bénéfices et les coûts de l'exploitation des ressources marines soient répartis équitablement entre les différentes parties prenantes et communautés (**Gutiérrez et al. 2011**). Cela peut être réalisé grâce à la conception de politiques et de réglementations appropriées qui tiennent compte des effets distributifs de l'exploitation des ressources marines.

II. L'espèce *Paracentrotus lividus* en tant que modèle de croissance et de structure des populations :

II.1. Taxinomie et synonymie de l'espèce ciblée et les critères d'identification :

Paracentrotus lividus est une espèce d'oursin appartenant à la famille des Strongylocentrotidae. Elle a été décrite pour la première fois par Jean-Baptiste Lamarck en 1816. La synonymie de cette espèce peut être trouvée sur le site World Register of Marine Species (WoRMS). [B]

II.1.1. Taxinomie de l'espèce ciblée :

Royaume : *Animalia*

Embranchement : *Echinodermata*

Classe : *Echinoidea*

Ordre : *Camarodonta*

Famille : *Parechinidae*

Genre : *Paracentrotus*

Espèce : *Paracentrotus lividus*

II.1.2. Synonymie de l'espèce ciblée :

Strongylocentrotus lividus (Lamarck, 1816)

Arbacia lixula (Linnaeus, 1758)

Echinus lividus (Lamarck, 1816)

Echinus nigropunctatus (Desmoulins, 1837)

Echinus punctatus (Lamarck, 1816)

Echinus siculus (Forbes, 1841)

II.1.3. Les critères d'identification :

Les caractéristiques d'identification de *Paracentrotus lividus* sont largement documentées dans la littérature scientifique sur les oursins. Selon "A Field Guide to the Marine Animals of the British Isles" de Naylor (2005), la face orale (inférieure) du test (coquille) de *Paracentrotus lividus* est aplatie et couverte de longues épines fines disposées en cinq doubles rangées. Les épines sont généralement de couleur violette à brun rougeâtre et ont une pointe aiguë. La bouche (péristome) est située sur la face orale du test et est entourée de cinq plaques en forme de dents (lanterne d'Aristote). L'anus est situé au sommet du test, entouré d'un anneau de plaques plus petites. Ces caractéristiques, ainsi que d'autres, peuvent aider à identifier *Paracentrotus lividus* et le distinguer des autres espèces d'oursins.

II.2. Biologie, écologie et exploitation de *Paracentrotus lividus* :

II.2.1. Généralités sur *P. lividus* :

Paracentrotus lividus, communément appelé oursin violet, est une espèce d'oursin appartenant à la famille des Parechinidae (Fig. 3). Cette espèce est largement répandue en mer Méditerranée, où elle joue un rôle crucial dans l'écosystème côtier en tant que pâturage des microalgues. Il a un corps sphérique épineux pouvant atteindre un diamètre allant jusqu'à 10 cm et peut être trouvé à des profondeurs allant de la zone intertidale à environ 60 mètres. En plus de son importance écologique, *P. lividus* est également exploité commercialement pour ses gonades, considérées comme une spécialité dans de nombreux pays (Clemente et al. 2020 ; Brusca & Brusca, 2003).



Figure 3 : Photo en vue latérale de *Paracentrotus lividus* (Photo prise par Benchohra & Belhadj, 2023)

II.2.2. Habitat :

Paracentrotus lividus est une espèce benthique qui habite les substrats rocheux, les herbiers marins et les substrats artificiels tels que les marinas et les ports (Fig. 4). Il préfère les zones avec un débit d'eau modéré et des eaux bien oxygénées, et peut tolérer une large gamme de températures, de salinités et de qualités d'eau (Clemente et al. 2020 ; Bramanti et al. 2006). *Paracentrotus lividus* se trouve dans les eaux peu profondes (jusqu'à 30 m) le long des côtes rocheuses de la mer Méditerranée, où elle vit dans les crevasses et sous les rochers, se nourrissant d'algues et d'autres matières organiques. Cette espèce est hautement adaptable et peut tolérer une large gamme de conditions environnementales, y compris les fluctuations de température et de salinité, ce qui en fait un colonisateur réussi des habitats perturbés (Benedetti-Cecchi et al. 2010 ; Deidun et al. 2012)

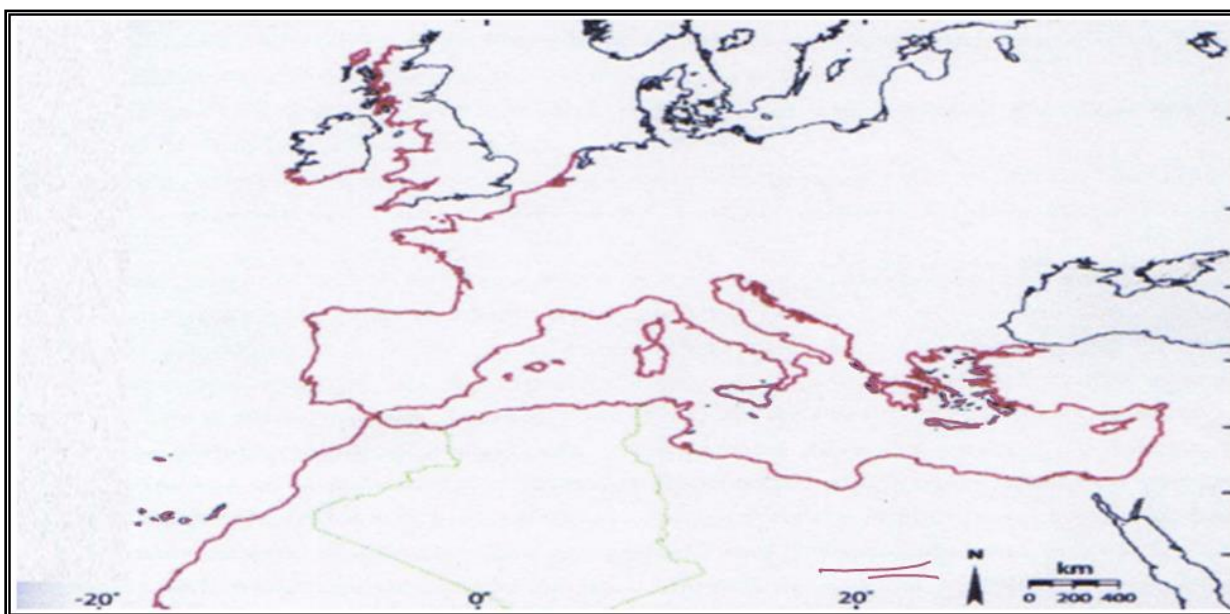


Figure 4 : Carte de répartition de l'espèce *P. lividus* (Fredig, 2002).

II.2.3. Reproduction :

Paracentrotus lividus est une espèce dioïque, ce qui signifie que les individus sont soit mâles soit femelles (**Fig. 5**). La reproduction a lieu pendant les mois d'été lorsque les températures de l'eau augmentent, et elle est déclenchée par la photopériode et les changements de température de l'eau. Les femelles libèrent des œufs dans la colonne d'eau, tandis que les mâles libèrent du sperme. La fécondation se produit à l'extérieur, et les larves qui en résultent passent plusieurs semaines dans le plancton avant de s'installer sur le fond marin en tant que jeunes oursins. *P. lividus* peut atteindre la maturité sexuelle vers 2-3 ans, et peut vivre jusqu'à 20 ans dans la nature (**Clemente et al. 2020 ; Bramanti et al. 2006**)

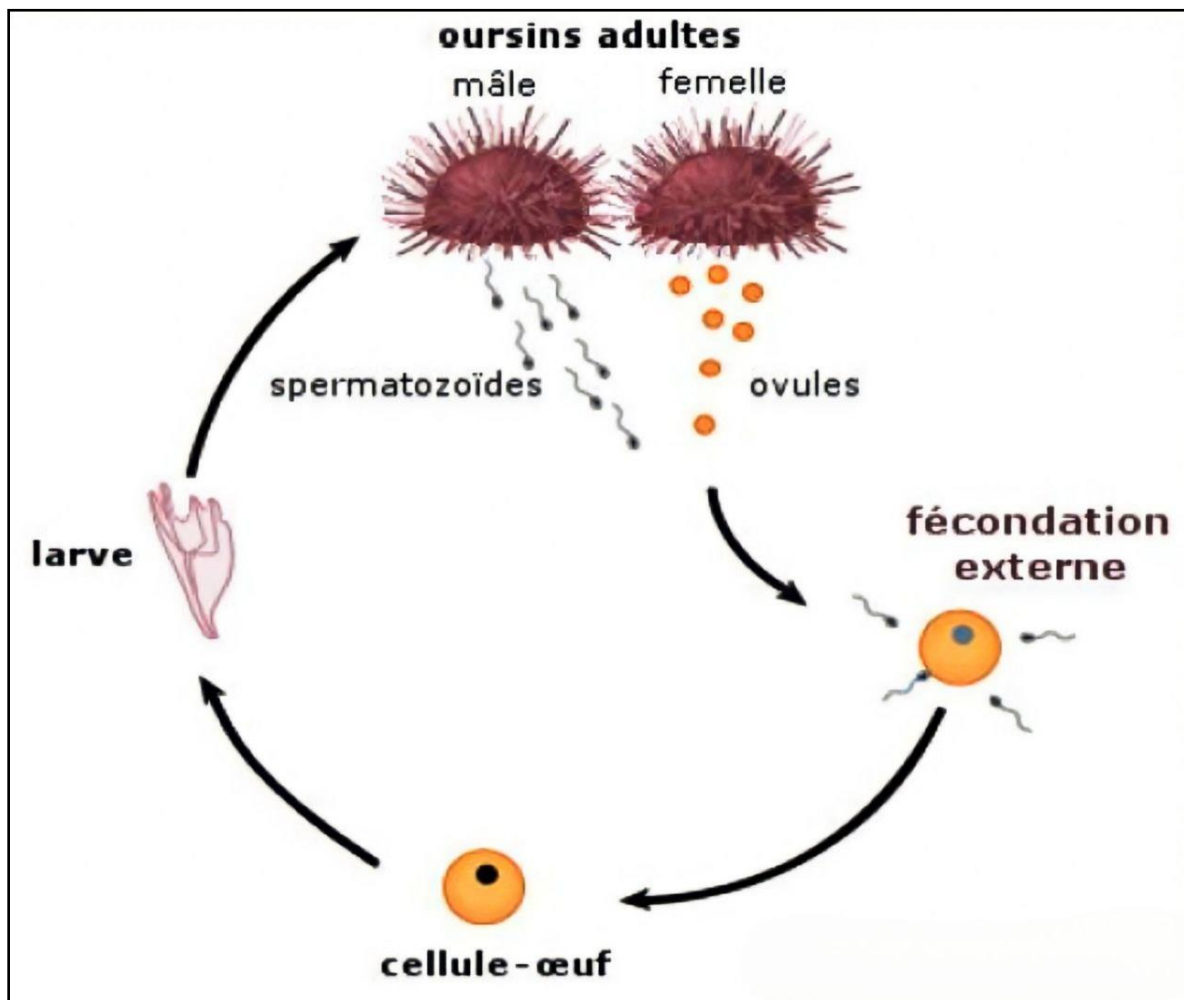


Figure 5 : Cycle de reproduction de *P. lividus* et émission des gamètes (**Noëlle, et al. 2014**).

II.2.4. Respiration :

Paracentrotus lividus est un invertébré marin qui respire à travers une série de pieds tubulaires et de structures spécialisées appelées arbres respiratoires, qui se trouvent dans la cavité corporelle. Les arbres respiratoires sont des structures hautement ramifiées qui sont impliquées dans les échanges gazeux et sont capables d'extraire l'oxygène de l'eau de mer environnante. Cette espèce est également capable de réguler sa prise d'oxygène et de libération de dioxyde de carbone grâce à des changements dans le débit d'eau sur les structures respiratoires (Towle, 1989 ; Dupont et al. 2011).

II.2.5. Alimentation :

Paracentrotus lividus est une espèce herbivore qui se nourrit de microalgues, d'herbiers marins et d'autres organismes benthiques. Son comportement alimentaire est un facteur important dans la régulation de la structure et de la dynamique des écosystèmes côtiers. *P. lividus* possède un appareil masticateur hautement développé composé de cinq dents, qu'il utilise pour gratter et broyer les aliments. Les dents sont continuellement remplacées tout au long de la vie de l'oursin, et peuvent être trouvées dans la cavité buccale (Clemente et al. 2020 ; Bramanti et al. 2006).

II.2.6. Morphologie externe et interne :

II.2.6.1. Morphologie externe :

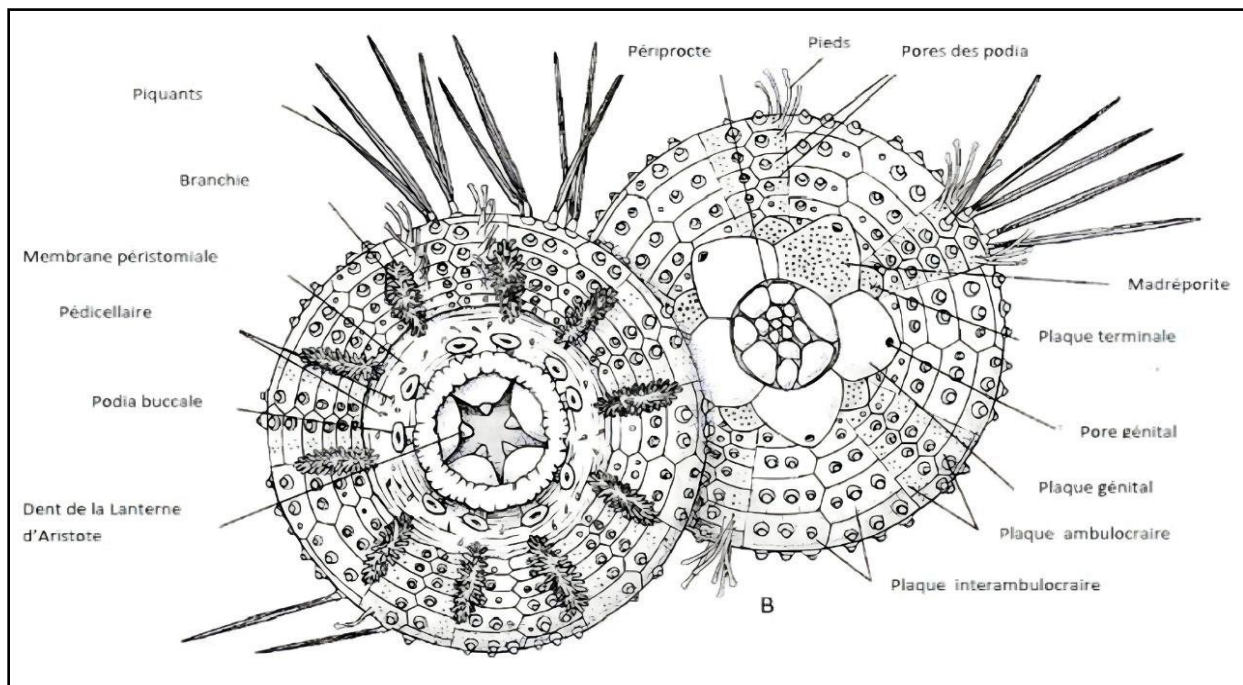


Figure 6 : Morphologie externe de l'oursin régulier *P. Lividus*. **A :** face orale **B :** face aborale (Grosjean, 2001).

II.2.6.1.1. Le test :

Le test est la coquille dure et calcaire qui protège le corps de l'oursin (**Fig. 7**). Chez *P. lividus*, le test a une forme presque sphérique, mesurant jusqu'à 8 cm de diamètre. Le test est couvert de piquants mobiles qui aident à la locomotion et à la défense. Le test est composé de cristaux de calcite disposés selon un schéma complexe. L'épaisseur du test varie à différents endroits, et la couleur du test varie du verdâtre au violet (**Coppard et al. 2016**).

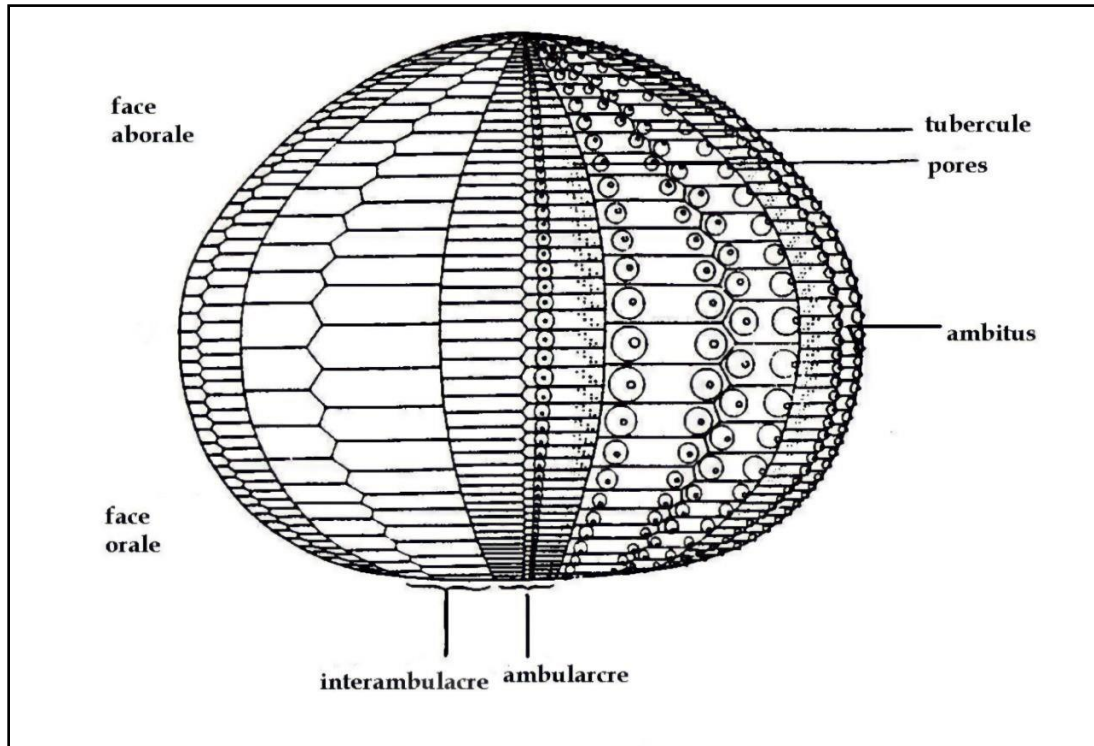


Figure 7 : Organisation générale du test d'un oursin régulier (Clark et Deridder,1986).

II.2.6.1.2. Les podia :

Les podia sont des pieds tubulaires minces et mobiles qui émergent de la coquille de l'oursin et sont utilisés pour la locomotion et la capture de la nourriture. Une étude récente de (Palumbo et al. 2019) a montré que les podia de *P. lividus* sont hautement flexibles et peuvent se courber dans différentes directions, permettant à l'oursin de se déplacer dans une variété d'environnements, des substrats rocheux aux fonds sableux. Les podia ont également des récepteurs sensoriels capables de détecter des stimuli chimiques et physiques, permettant à l'oursin de localiser et de capturer de la nourriture (Fig. 8).

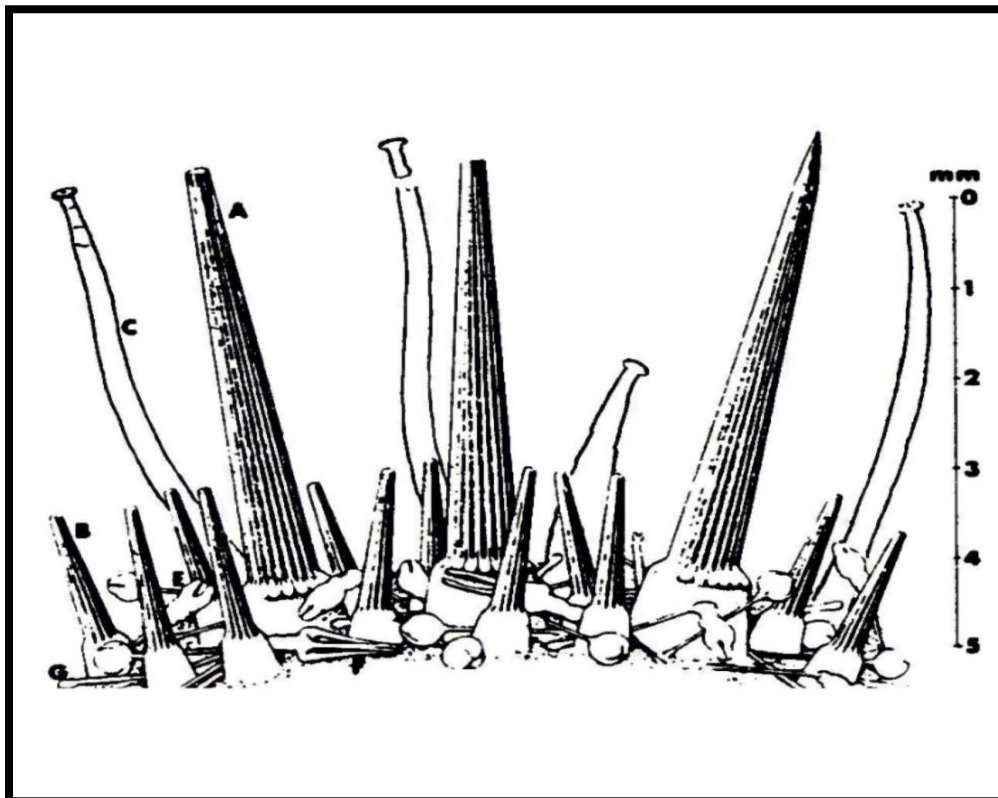


Figure 8 : A : Piquant primaire, B : Piquant secondaire, C : podia, D : Pédicellaire globifère, E : Pédicellaire ophiocéphale, G : Pédicellaires (Deridder, 1986).

II.2.6.1.3. Les tubercules et les piquants :

Les tubercules et les piquants sont également des structures externes importantes de *P. lividus* (Fig. 9), offrant une défense contre les prédateurs et les facteurs de stress environnementaux. Les tubercules sont de petites protubérances semblables à des verrues sur la coquille de l'oursin, qui sécrètent une substance adhésive riche en carbonate de calcium, aidant l'oursin à s'attacher aux substrats et à résister au déplacement par les courants d'eau. Les piquants sont des projections pointues et calcifiées qui recouvrent la coquille de l'oursin et offrent une protection contre les prédateurs. Une étude de **Collard et al. (2016)** a démontré que la densité et la taille des piquants sur la coquille de *P. lividus* sont liées à l'habitat de l'espèce et à la pression de prédation, suggérant que ces structures jouent un rôle important dans les interactions écologiques de l'oursin.

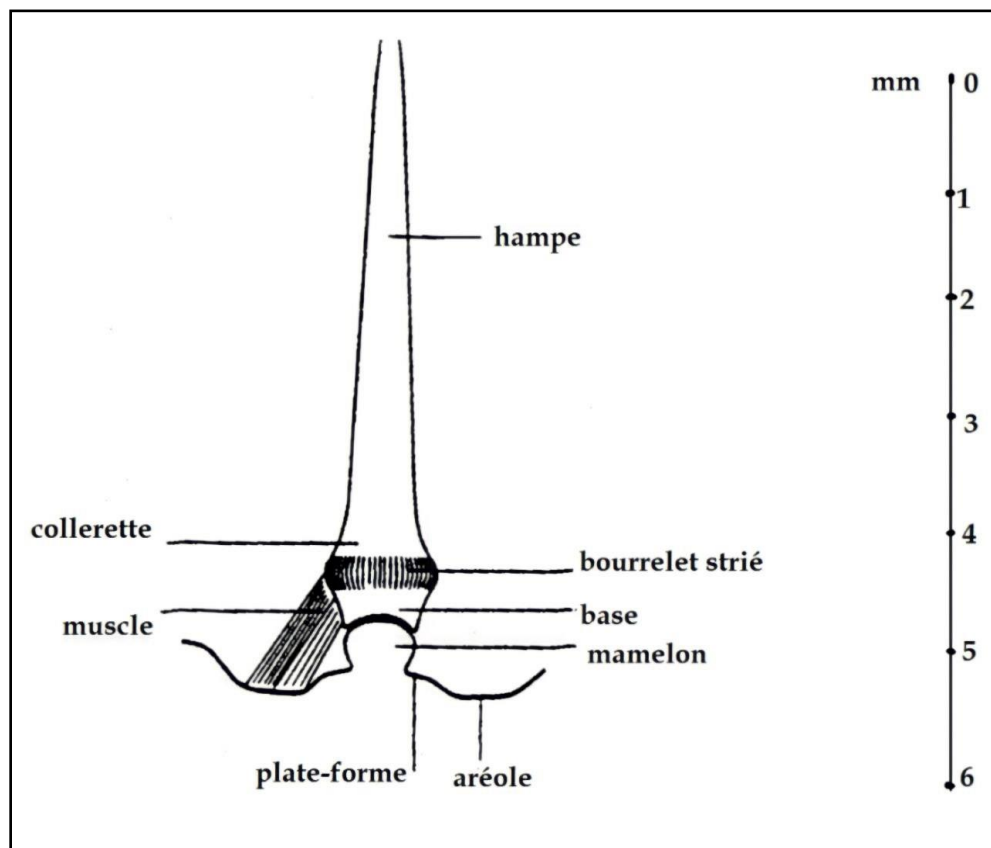


Figure 9 : Piquant d'un oursin régulier et son tubercule (Deridder, 1986)

II.2.6.1.4. Le péristome :

Le péristome est l'ouverture buccale de *P. lividus*, entourée de cinq grandes dents mobiles formant l'appareil masticateur ou la lanterne d'Aristote (Fig. 10). Le péristome et l'appareil masticateur sont essentiels pour l'alimentation chez les oursins, permettant à l'animal de racler et de broyer des particules alimentaires. Une étude de (Tyler et Young 2008) a montré que la morphologie du péristome et de l'appareil masticateur de *P. lividus* est adaptée à différents régimes alimentaires et comportements alimentaires, les individus de différentes populations ayant des morphologies distinctes reflétant leurs conditions alimentaires locales.

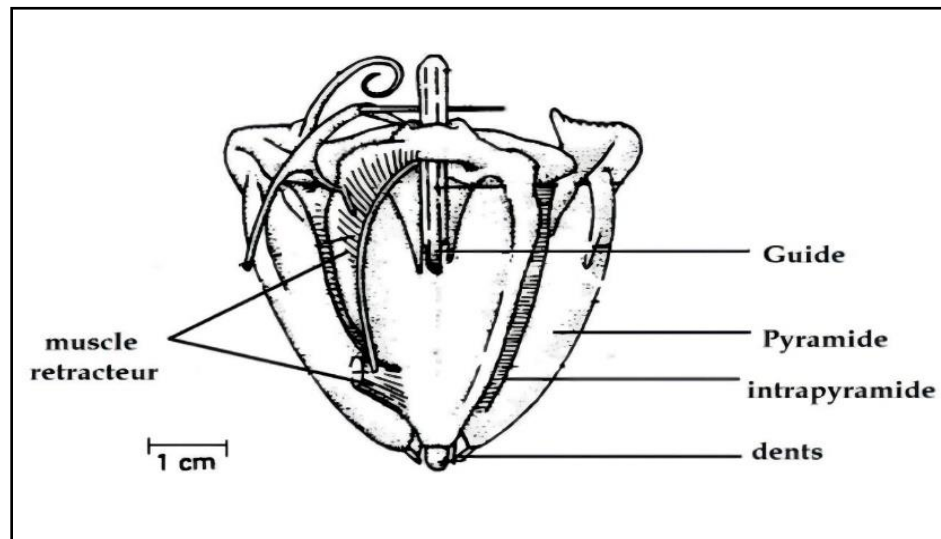


Figure 10 : La lanterne d'Aristote (Deridder, 1986).

II.2.6.2. Morphologie interne :

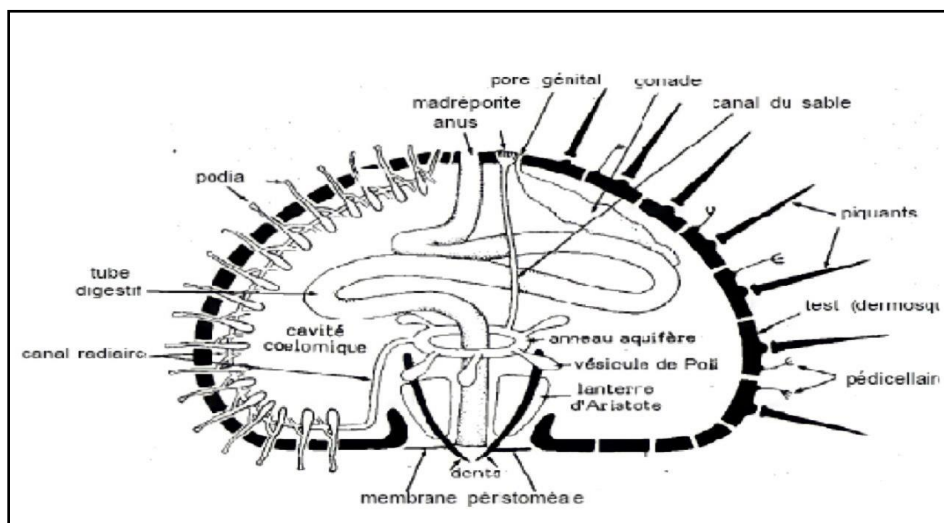


Figure 11 : Morphologie interne d'un oursin commun (Tortonese, 1965).

II.2.6.2.1. Gonades :

Les gonades sont les organes reproducteurs de l'oursin. Chez *P. lividus* (**Fig. 12**), les gonades sont situées à l'intérieur du test, et la couleur des gonades varie du jaune à l'orange selon le stade de maturité. Les gonades libèrent des gamètes dans l'eau pendant la saison de reproduction, qui se produit généralement au printemps et en été (**Zigler et al. 2016**).

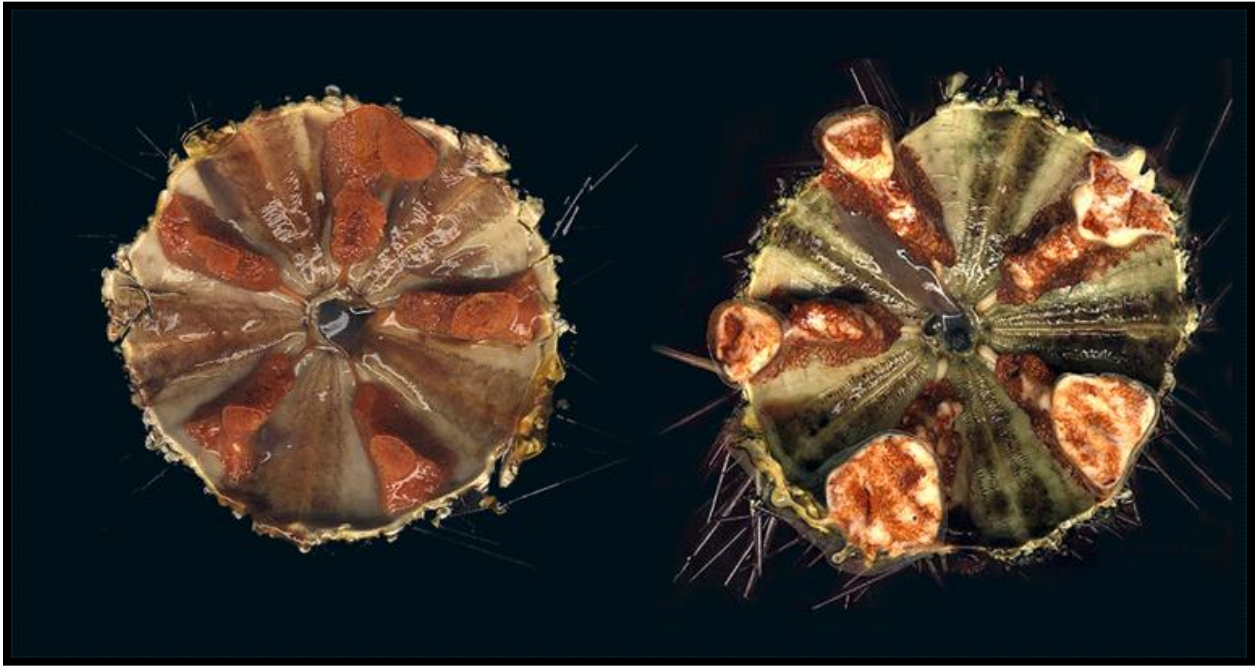


Figure 12 : Dissection de la région aborale montrant les gonades chez un individu femelle (à gauche) et un individu mâle (à droite) (**Delarue, 2022**). [C]

II.2.6.2.2. Système digestif :

Le système digestif de *P. lividus* est constitué d'une bouche, d'un œsophage, d'un estomac et d'un intestin. La bouche est située sur la face inférieure de l'oursin, et l'œsophage mène à l'estomac, qui est divisé en cinq lobes. L'intestin mène à l'anus, qui est situé sur le dessus de l'oursin. Le système digestif est utilisé pour le traitement et l'absorption des nutriments alimentaires (Fig. 13) (Byrne, 1998).

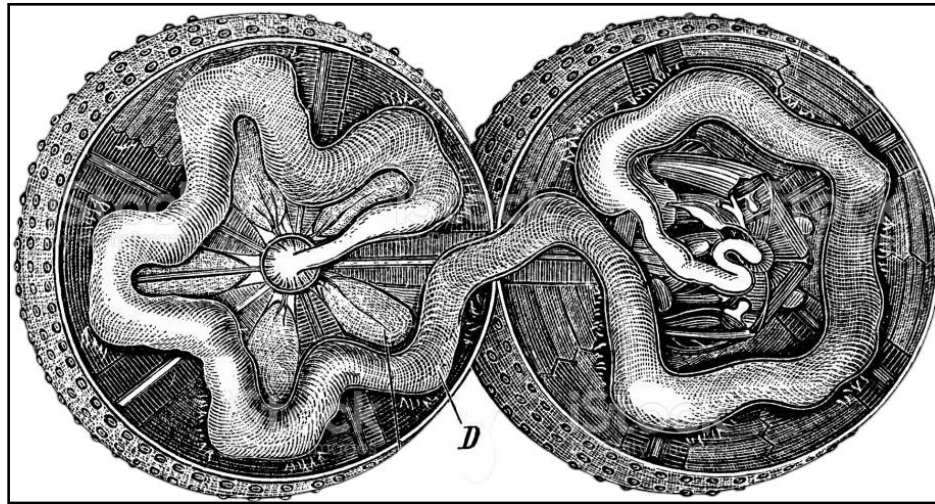


Figure 13 : Oursin ouvert suivant l'équateur pour montrer : D : tube digestif (Ilbusca, 2023) [D]

II.2.6.2.4. Système ambulacraire :

Le système ambulacraire est constitué d'une série de pieds tubulaires utilisés pour la locomotion et l'alimentation. Les pieds tubulaires sont disposés en cinq doubles rangées le long du corps de l'oursin. Chaque pied tubulaire a une structure en forme de ventouse à l'extrémité appelée podia, qui aide à l'attachement et au mouvement. Le système ambulacraire est également utilisé pour l'échange de gaz et l'excrétion. Les pieds tubulaires sont alimentés par un système hydraulique qui pompe de l'eau dans et hors du corps (Pearse et Buchsbaum, 1987).

III.3. Importance de cette espèce dans les études de croissance et de structure des populations :

Paracentrotus lividus, communément appelé oursin violet, est un organisme précieux dans l'étude de la croissance et de la structure des populations. Cela est dû à son importance écologique, sa facilité d'étude et sa sensibilité aux changements environnementaux. Une application importante de l'étude des populations de *P. lividus* est de surveiller les effets de la pollution sur les écosystèmes marins. En raison de son comportement de filtration et de sa nature sessile, *P. lividus* peut accumuler des polluants et des métaux lourds provenant de la colonne d'eau, ce qui peut entraîner des anomalies reproductives, une réduction des taux de croissance et une mortalité. Par conséquent, la surveillance de l'abondance et de la distribution des populations de *P. lividus* peut fournir des informations cruciales sur les niveaux de pollution (**Espinosa et al. 2020**).

Une autre raison pour laquelle *P. lividus* est significatif est qu'il est un aliment populaire dans de nombreuses communautés côtières. La surpêche des populations de *P. lividus* peut avoir des conséquences écologiques et économiques importantes. Ainsi, l'étude de leur croissance et de leur structure de population peut informer des pratiques de gestion durable (**Mura et al. 2015**).

De plus, *P. lividus* est un organisme idéal pour l'étude de la dynamique des populations en raison de sa facilité de collecte, de maintenance et de manipulation expérimentale. Il a une courte durée de vie et un taux de croissance rapide, ce qui permet la collecte de grandes quantités de données en peu de temps. De plus, sa biologie de la reproduction simple en fait un excellent organisme modèle pour les études d'écologie de la reproduction et de la génétique (**Fernández-Sanjuán et al. 2018**).

Plusieurs études ont été menées sur la croissance et la structure de la population de *P. lividus*, y compris des recherches sur leur biologie de la reproduction, la génétique de la population et les réponses aux stress environnementaux. Par exemple, **Pérez-Portela et al. (2017)** ont utilisé des marqueurs microsatellites pour étudier la structure génétique et la connectivité des populations de *P. lividus* en mer Méditerranée, révélant des niveaux élevés de diversité génétique et de flux de gènes entre les populations. Une autre étude de **Rodríguez-Rúa et al. (2019)** a utilisé des manipulations expérimentales pour examiner les effets de la disponibilité de la nourriture sur la croissance et la survie des larves de *P. lividus*.

Paracentrotus lividus est un organisme important pour l'étude de la croissance et de la structure de la population en raison de son importance écologique, de sa sensibilité aux changements environnementaux et de sa facilité d'étude. Son utilisation en tant qu'espèce indicatrice de la pollution et de la consommation humaine souligne l'importance des pratiques de gestion durable dans les écosystèmes côtiers.

Les oursins de mer, et plus particulièrement l'espèce cible "*P. lividus*", sont choisis comme organismes modèles dans les études de recherche pour plusieurs raisons :

Paracentrotus lividus est une espèce courante que l'on trouve dans de nombreux écosystèmes marins, ce qui la rend facilement accessible pour l'étude. Sa présence en grand nombre permet des échantillonnages importants, fournissant aux chercheurs des données plus solides et représentatives.

Paracentrotus lividus possède un cycle de vie relativement court et un taux de croissance rapide, permettant aux chercheurs d'étudier les modèles de croissance et de reproduction de leurs populations sur une période relativement courte. Cette caractéristique en fait un excellent organisme modèle pour les études liées à la dynamique des populations.

Cet oursin est très sensible aux changements environnementaux et aux polluants, ce qui en fait une espèce indicatrice importante pour la surveillance de la santé des écosystèmes marins (**Pennisi, 2000**). Ainsi, l'étude de *P. lividus* peut fournir des informations précieuses sur les impacts des facteurs de stress environnementaux tels que le changement climatique, la pollution et la surpêche sur les écosystèmes marins (**Kreisberg, 2020**).

Enfin, la sélection de *P. lividus* comme espèce cible dans les études de recherche repose sur son abondance, sa facilité d'étude et son importance en tant qu'espèce indicatrice pour la surveillance de la santé environnementale (**Steneck, 2011**).

➤ ***Chapitre II:***
Matériel et méthodes

Dans ce chapitre nous décrirons la zone d'étude et le matériel utilisé, et citer toutes les étapes de la méthodologie qui nous avons étudiée.

I. Description de la zone d'étude :

I.1. Description de la côte de Mostaganem :

La Wilaya de Mostaganem est une région située sur la côte ouest de l'Algérie, elle couvre une superficie de 2 168 km², est située sur la côte méditerranéenne de l'Algérie, à environ 350 km à l'ouest d'Alger. Elle est bordée par la Wilaya de Relizane au sud, la Wilaya de Chlef à l'est, la mer Méditerranée au nord et la Wilaya de Mascara à l'ouest [E]

I.1.1. Climat :

Le climat de Mostaganem est de type méditerranéen, caractérisé par des étés chauds et secs et des hivers doux et pluvieux. Les températures moyennes en été varient entre 25 et 30°C, tandis que les températures moyennes en hiver se situent entre 10 et 15°C. Les précipitations annuelles moyennes sont d'environ 500 mm [F].

I.1.2. Salinité :

La mer Méditerranée est connue pour avoir une salinité relativement élevée, en raison de l'évaporation élevée dans cette région. La salinité moyenne de la mer Méditerranée est d'environ 38 grammes de sel par litre d'eau (L'hôte, 2021).

I.1.3. Hydrodynamisme :

L'hydrodynamisme est l'étude du mouvement des fluides, tels que l'eau. Dans le contexte de la Wilaya de Mostaganem, l'hydrodynamisme est important en raison de l'interaction entre la mer Méditerranée et la côte, qui peut avoir des effets sur la qualité de l'eau, la sédimentation et l'érosion. Malheureusement, je n'ai pas trouvé de source scientifique précise sur l'hydrodynamisme de la Wilaya de Mostaganem. Cependant, il est probable que des études aient été menées sur ce sujet par des instituts de recherche en Algérie ou dans d'autres pays de la région méditerranéenne (Milot, 1985).

I.2. Description des zones d'échantillons :

I.2.1. Choix des stations de prélèvement :

Pour le prélèvement des échantillons, nous avons choisi de réaliser notre étude sur trois stations au niveau de Mostaganem en Algérie (Stidia, Sidi Mejdoub, la Crique de Salamandre) (**Fig. 14**). Notre choix de ces plages était basé sur leur facilité d'accès et leurs caractéristiques environnementales, ainsi que leur proximité avec les centres urbains. De plus, ces plages offrent des caractéristiques environnementales uniques telles que la présence de falaises rocheuses, de formations sédimentaires et d'habitats appropriés pour de nombreuses espèces animales et végétales, ce qui en fait un endroit idéal pour étudier *Paracentrotus lividus*, une espèce courante d'oursin dans la région, et son interaction avec d'autres organismes marins. Cette étude nous aidera à mieux comprendre l'environnement marin de la région et à préserver la biodiversité offerte par ce système écologique (**Tab. 1**).

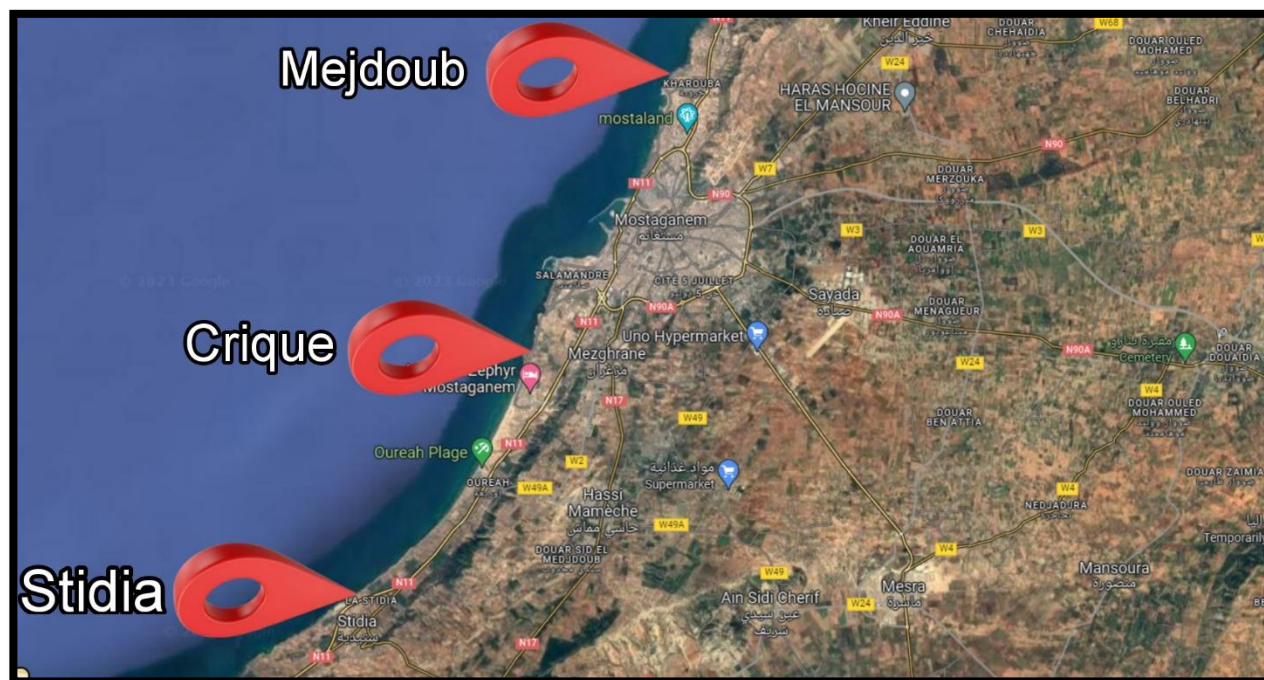


Figure 14 : La position géographique des trois sites d'échantillonnage (Stidia, Sidi Mejdoub, La crique de Salamandre).

Tableau 1 : Noms et coordonnées des trois stations de prélèvement :

Nom de station	Coordonnées géographiques
Stidia	35° 49' 45.0444" N 0° 1' 17.6016" W
Sidi-Mejdoub	35° 58' 14.490" N 0° 05' 38.216" E
La Crique de Salamandre	35° 54' 35.1684" N 0° 3' 13.446" E

I.2.2. Caractéristiques des stations d'étude :

I.2.2.1. La station de Stidia :

La plage de Stidia est située à Mostaganem, en Algérie, et s'étend sur environ 2 km avec une forme rectiligne orientée nord-est/sud-ouest (**Fig. 15**). Il s'agit d'une plage de sable fin avec un sol composé de sable et de galets. La morphologie de la plage est typique d'une plage en forme de croissant bordée de dunes de sable et de falaises rocheuses, avec une topographie plate et une pente douce vers la mer (**Benmoussa et al. 2015**). La plage possède un état de conservation relativement bon, mais la qualité de l'eau peut être affectée par les polluants provenant des activités humaines dans la région. La plage abrite une variété d'espèces animales et végétales, notamment des poissons, des crustacés, des oiseaux et des plantes halophytes (**Ghomri et al. 2020**).

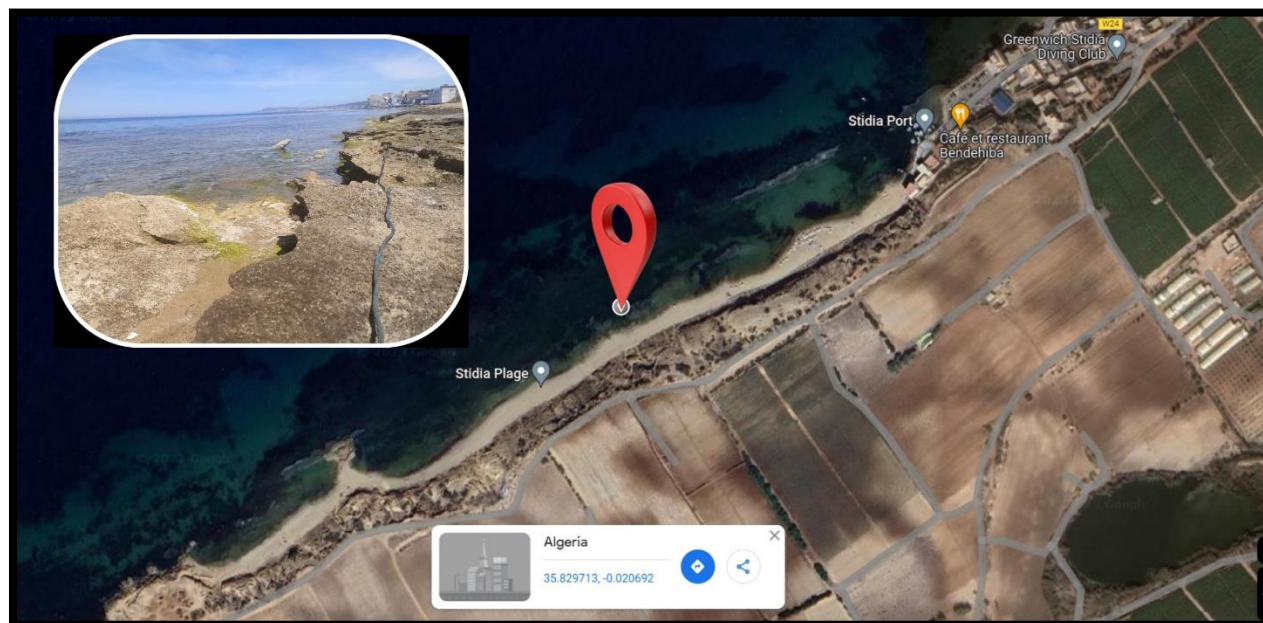


Figure 15 : Carte géographique de la région de Stidia ainsi que la zone de prélèvement (point de carte)

I.2.2.2. La station de Sidi-Mejdoub :

La plage Sidi-Mejdoub est située dans la ville de Mostaganem, en Algérie, et s'étend sur environ 1 km (**Fig. 16**). Elle est caractérisée par une forme linéaire avec une orientation est/ouest et est bordée par des falaises rocheuses et des formations sédimentaires et principalement constituée de sable fin et d'eau cristalline, et offre des vues panoramiques sur la mer Méditerranée la plage présente un taux d'érosion relativement élevé en raison de l'exposition aux vents dominants et aux vagues. Sidi-Mejdoub est également un habitat pour une variété d'espèces animales et végétales, notamment des oiseaux et des plantes halophytes et facilement accessible aux visiteurs grâce aux infrastructures de transport bien développées dans la région (**Zeghib et al. 2020**).

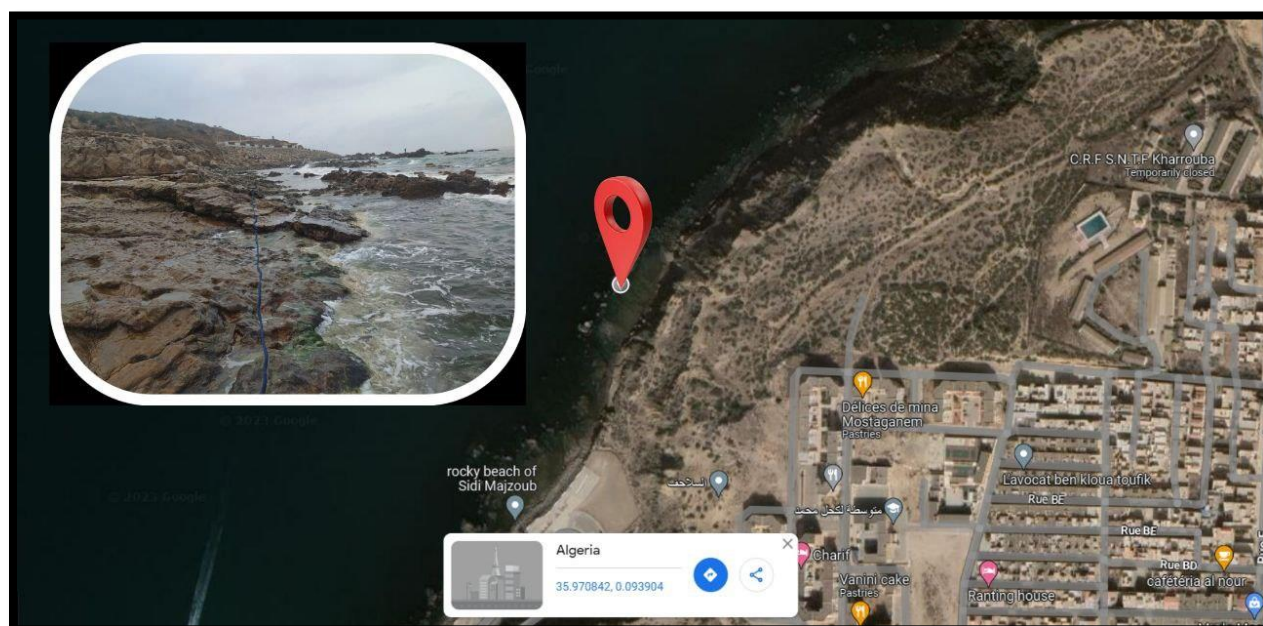


Figure 16 : Carte géographique de la région de Sidi-Mejdoub ainsi que la zone de prélèvement (point de carte)

I.2.2.3. La station de la Crique de Salamandre :

La plage de la Crique de Salamandre est située dans la ville de Mostaganem, en Algérie, et est considérée comme l'une des plages les plus pittoresques de la région (**Fig. 17**). Elle s'étend sur environ 500 mètres et est bordée par des falaises rocheuses et des formations sédimentaires. Elle est principalement constituée de sable fin et d'eau cristalline, offrant des conditions de baignade agréables pour les visiteurs, la plage est caractérisée par une dynamique côtière complexe, avec des processus de formation de bancs de sable et de ripages côtiers qui affectent la morphologie de la plage. La Crique de Salamandre est également un habitat pour une variété d'espèces animales et végétales, notamment des poissons, des crustacés, des oiseaux et des plantes halophytes. La plage est facilement accessible aux visiteurs grâce aux infrastructures de transport bien développées dans la région (**Djedjig et al. 2019**).

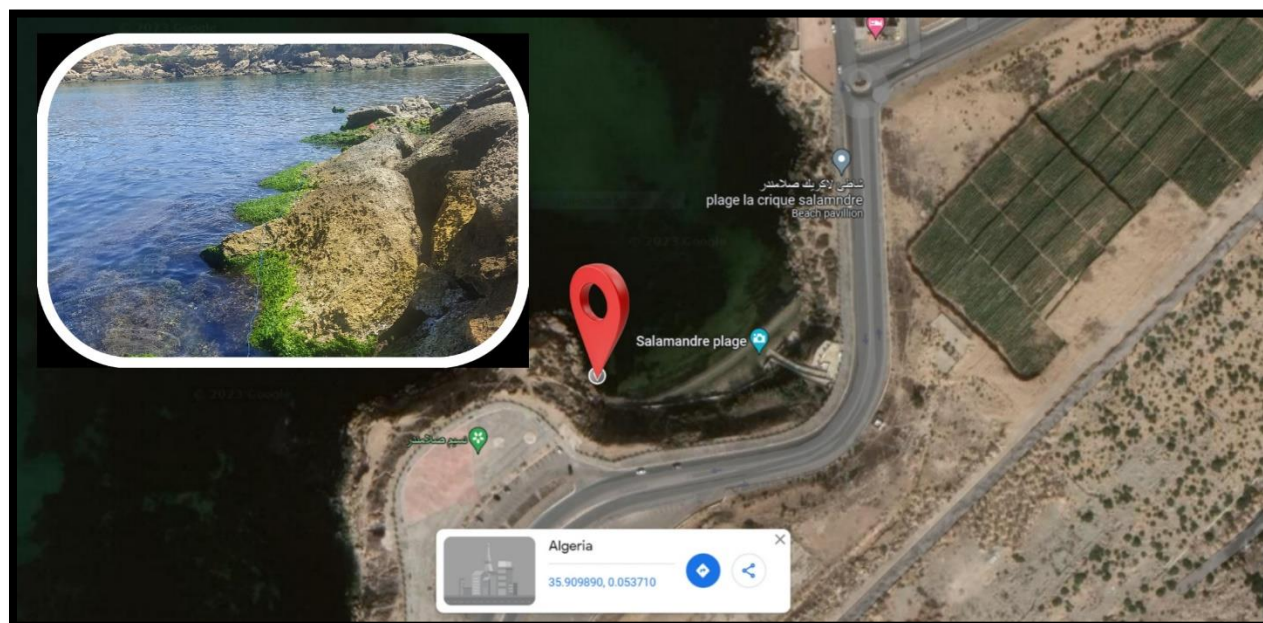


Figure 17 : Carte géographique de la région de La crique de Salamandre ainsi que la zone de prélèvement (point de carte)

II. La méthodologie :

II.1. La collecte des échantillons :

La collecte des échantillons a été faite de manière bimensuelle (deux fois par mois) entre les mois de mars et mai 2023 au niveau de trois stations (Stidia, la Crique de Salamandre, Sidi Mejdoub), Afin de prélever des échantillons, nous posons un transect de 50 mètres au bord de la mer et emmenons tous les oursins *P. Lividus* du transect (**Fig. 18**). La récolte se fait avec une fourchette et des gants en raison de l'adhésion et les épines des oursins (**Fig. 19**), et les mettons dans une glacière remplie d'eau de mer Les échantillons sont ramenés directement au laboratoire pour le nettoyage en leur enlevant les épines avec une pince. Puis nous mesurons la longueur des tests avec le pied à coulisse (**Fig. 20**). Cette procédure est dans le but d'étudier longueur pour tous les échantillons prélevés du *P. Lividus* de différentes stations précitées.

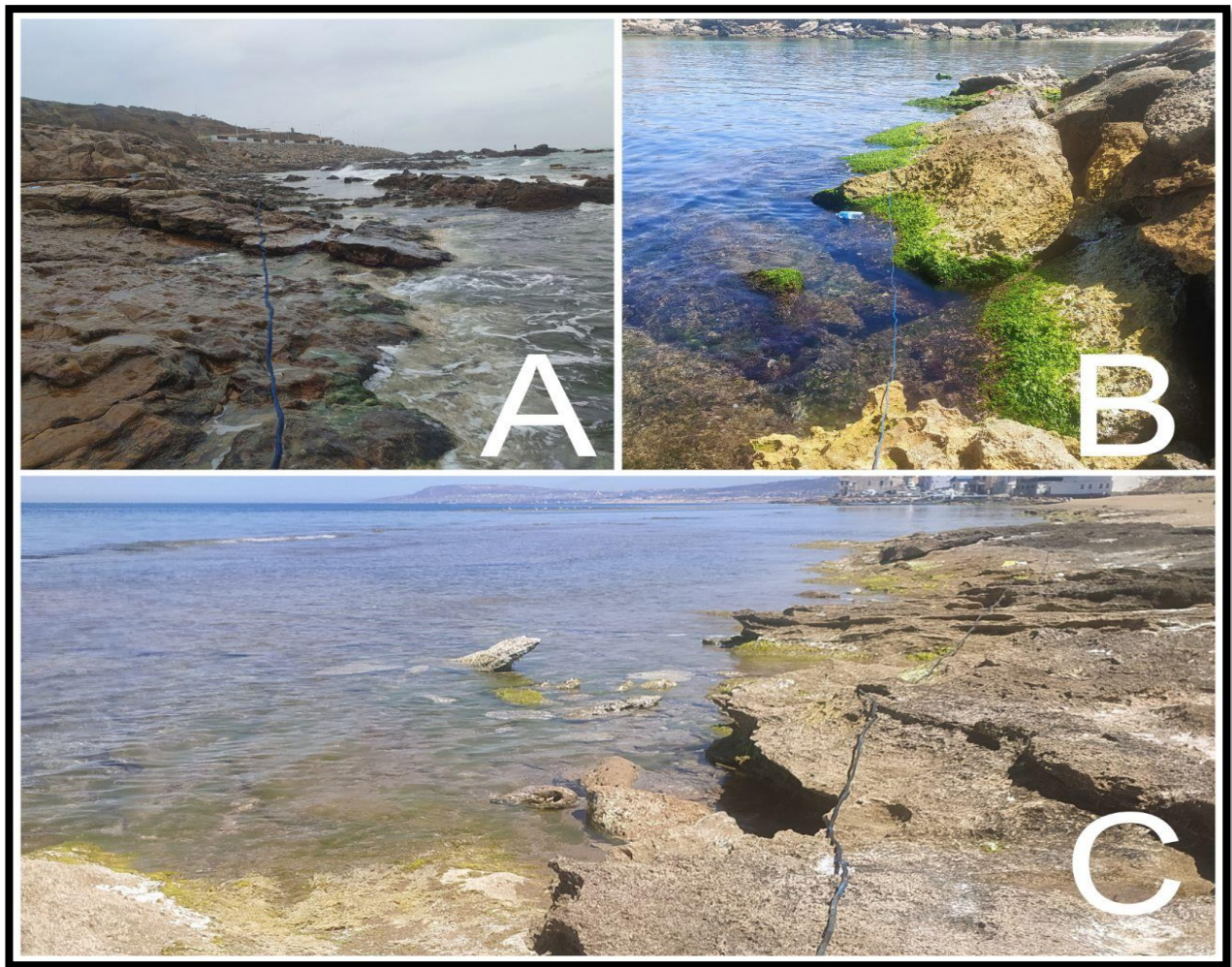


Figure 18 : Positionnement du transect sur la zone de peuplement de *P. lividus*. A : Sidi Mejdoub B : la crique de Salamandre C : Stidia (Photo prise par Benchohra & Belhadj, 2023).



Figure 19 : Récolte des échantillons des oursins *P. lividus*
(Photo prise par Benchohra & Belhadj, 2023).

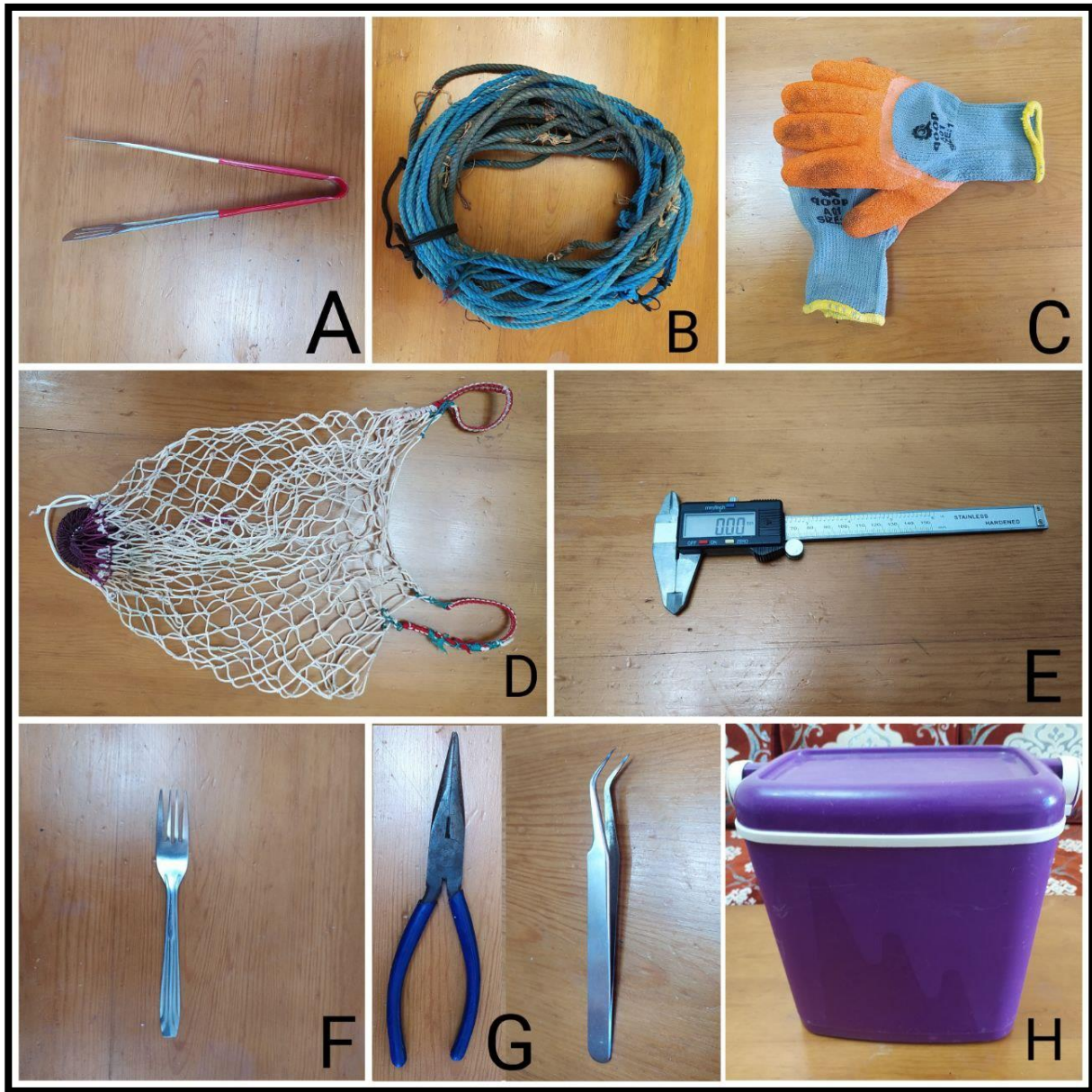


Figure 20 : Matériel utilisé. **A :** pince **B :** le transect **C :** les gants **D :** le filet **E :** le pied à coulisse **F :** la fourchette **G :** deux pinces **H :** la glacière. (Benchohra & Belhadj, 2023).

II.2. Étiquetage des échantillons :

L'étiquetage des échantillons ont été apposées sur les échantillons immédiatement après leur prélèvement (date, station) (**Fig. 21**). Ceci est important car les prélèvements ont été effectués à partir de différentes stations pour effectuer les mesures le même jour.

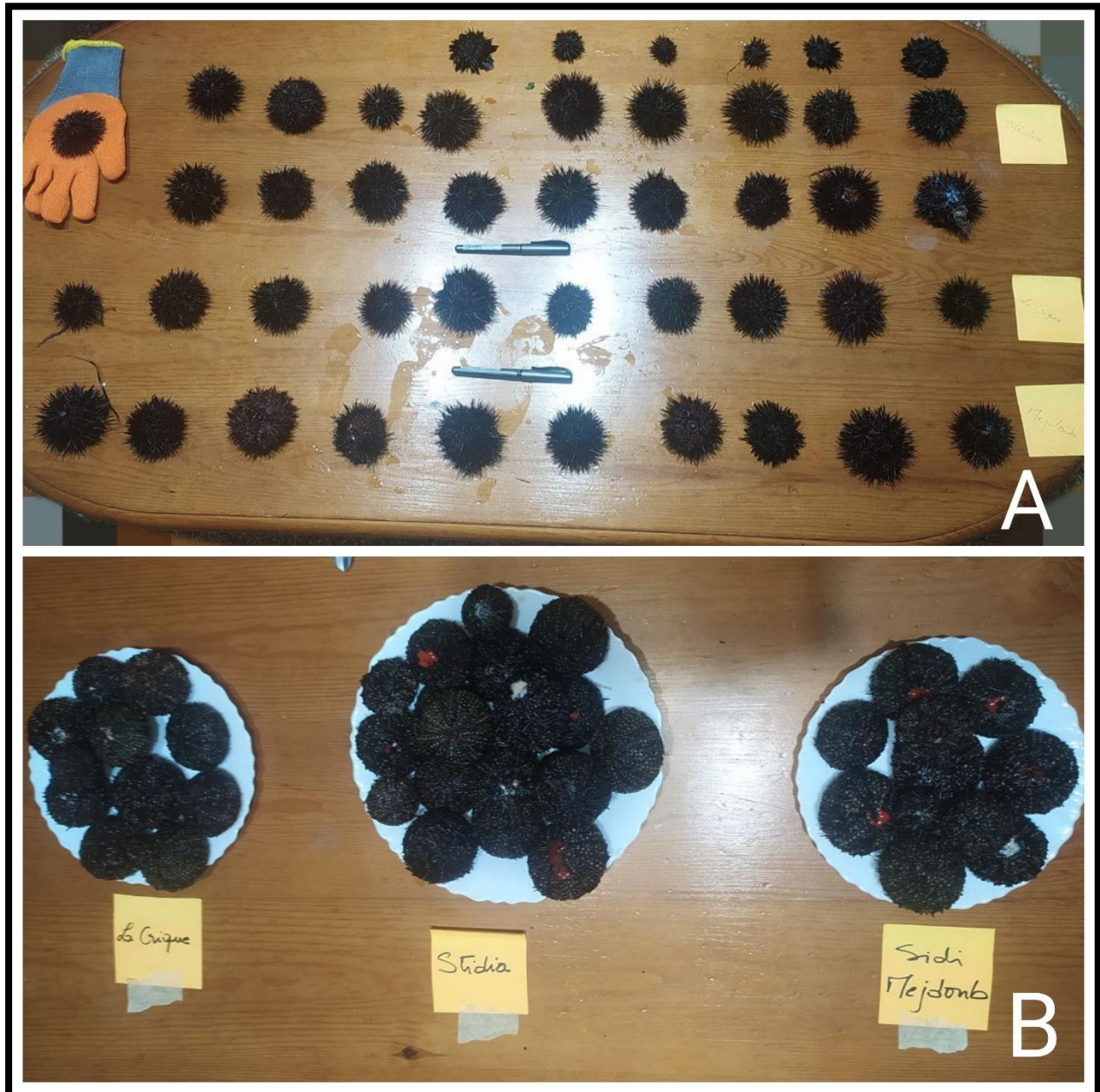


Figure 21 : Etiquetage des échantillons d'oursins *P. lividus*. A : avant d'enlever les épines
B : après avoir enlevé les épines. (Photo prise par Benchohra & Belhadj, 2023).

II. 3. Identification taxinomique :

Paracentrotus lividus et *Arbacia lixula* sont deux espèces d'oursins qui peuvent être distinguées par plusieurs caractéristiques morphologiques et reproductives. L'une des principales différences entre ces espèces est leur coloration. *P. lividus* est généralement violet ou rouge-violacé, tandis que *A. lixula* est habituellement brun ou noir avec des épines blanches ou grises. (Genovese et al. 2011), qui a montré que *P. lividus* possède une concentration plus élevée de pigments, tels que l'astaxanthine, qui lui confèrent sa couleur pourpre distincte.

Une autre différence clé entre ces espèces est leur morphologie d'épines. *Paracentrotus lividus* a des épines plus longues et plus fines que *A. lixula* (Nishihara et Kiyomoto 2016) a étudié les propriétés biomécaniques des épines d'oursin et a constaté que des épines plus longues sont associées à une meilleure résistance au stress de flexion. Cela suggère que les différences de morphologie d'épines entre *P. lividus* et *A. lixula* pourraient refléter des différences dans leurs niches écologiques et leurs comportements alimentaires.

En plus de ces différences morphologiques, *P. lividus* et *A. lixula* peuvent également être distingués par leurs caractéristiques reproductives. *Paracentrotus lividus* a une gonade à cinq parties qui est orange vif ou jaune, tandis que *Arbacia lixula* a une gonade noire ou violet foncé à quatre parties. Raffaelli et al. (1990) a examiné la biologie reproductive des oursins et a constaté que les gonades de *P. lividus* sont plus grandes et ont un plus grand nombre de gamètes par rapport à *A. lixula* (Fig. 22).

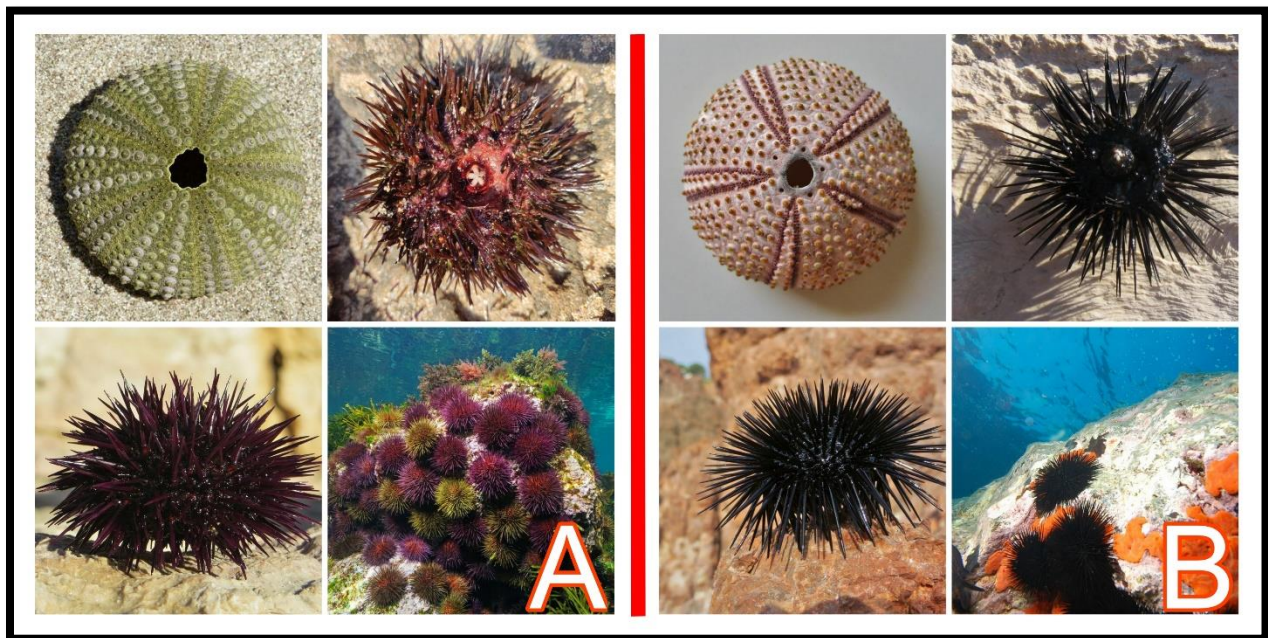


Figure 22 : Comparaison entre deux espèces. A: *P. lividus* B: *A. lixula*

II. 4. Mesures biométriques :

Après l'enlèvement de toutes les épines de *P. lividus*, des mesures biométriques ont été réalisées par pied à coulisse de précision (0,1 mm) (**Fig. 23**).



Figure 23 : Photo de pied à coulisse utilisé. (Photo prise par Benchohra & Belhadj, 2023).

L'étude biométrique est basée sur la mesure la longueur des tests d'oursin (L_n) (**Fig. 24**). Ces mesures sont notées dans un tableau Excel.



Figure 24 : Mensuration effectuée sur le test de l'oursin étudiée mesure de la longueur (Photo prise par Benchohra & Belhadj, 2023).

II.5. Etude de la croissance et de structure des populations de *P. lividus* :

Dans le cadre de notre étude sur la croissance et la structure des populations de *P. lividus*, nous avons utilisé une méthode de classification basée sur la longueur des individus pour mieux comprendre la dynamique de la croissance des populations à chaque station. Cette méthode nous a permis de classer les individus en différentes catégories de taille et de suivre l'évolution de la population sur une période de trois mois. Nous avons évalué les classes de tailles toutes les deux semaines (l'estimation des classes de tailles se fait tous les 15 jours) pour obtenir des données précises sur la taille et la concentration des populations.

Pour analyser les données relatives à la croissance et à la concentration des populations, nous avons utilisé le programme FISAT II. Grâce à ce programme, nous avons pu exploiter efficacement les données et obtenir des résultats précis.

La méthode de Bhattacharya a été utilisée avec succès pour étudier la dynamique des populations de *P. lividus*. Des informations clés sur la dynamique de la croissance, les variations de taille et de concentration ont été obtenues au cours de la période d'étude. Ces résultats sont importants pour comprendre l'impact des facteurs environnementaux et de l'activité humaine sur la dynamique de populations de *P. lividus* dans la région étudiée.

➤ ***Chapitre III :***
Résultats et discussion

Dans ce chapitre, nous citerons tous les résultats trouvés dans notre étude. nous commencerons par présenter le nombre d'individus prélevés sur chaque station. Ensuite, nous examinerons les analyses appliqués sur les échantillons, que nous exposerons et discuterons dans la deuxième partie de ce chapitre

I. Résultats

I.1. Etude biométrique

Après avoir fait toutes les mesures biométriques «Ln» de tous les individus échantillonnées au niveau des stations (Sidi-Mejdoub, La crique de Salamandre ,Stidia). Le nombre total des échantillons est de 312 (**Tab. 2**).

Tableau 2: Nombre d'individus de *Paracentrotus lividus* échantillonnées au niveau des stations d'étude.

Les stations	Nombre d'individus
Sidi-Mejdoub	102
La crique de Salamandre	90
Stidia	120

I.2. Analyses démographiques

Grace au programme Fisat II, nous avons déterminé un étendue de classes de taille de 2 mm pour les échantillons collectées entre mars et mai 2023. Les histogrammes de classe de taille de la longueur des tests de *P. lividus* pour chaque date de prélèvement ont été réalisés gace au programme Fisat II en utilisant la méthode Bhattacharya afin de suivre l'évolution des différentes cohortes entre le mois de mars et le mois de mai 2023 (**Fig. 25, 26, 27**).

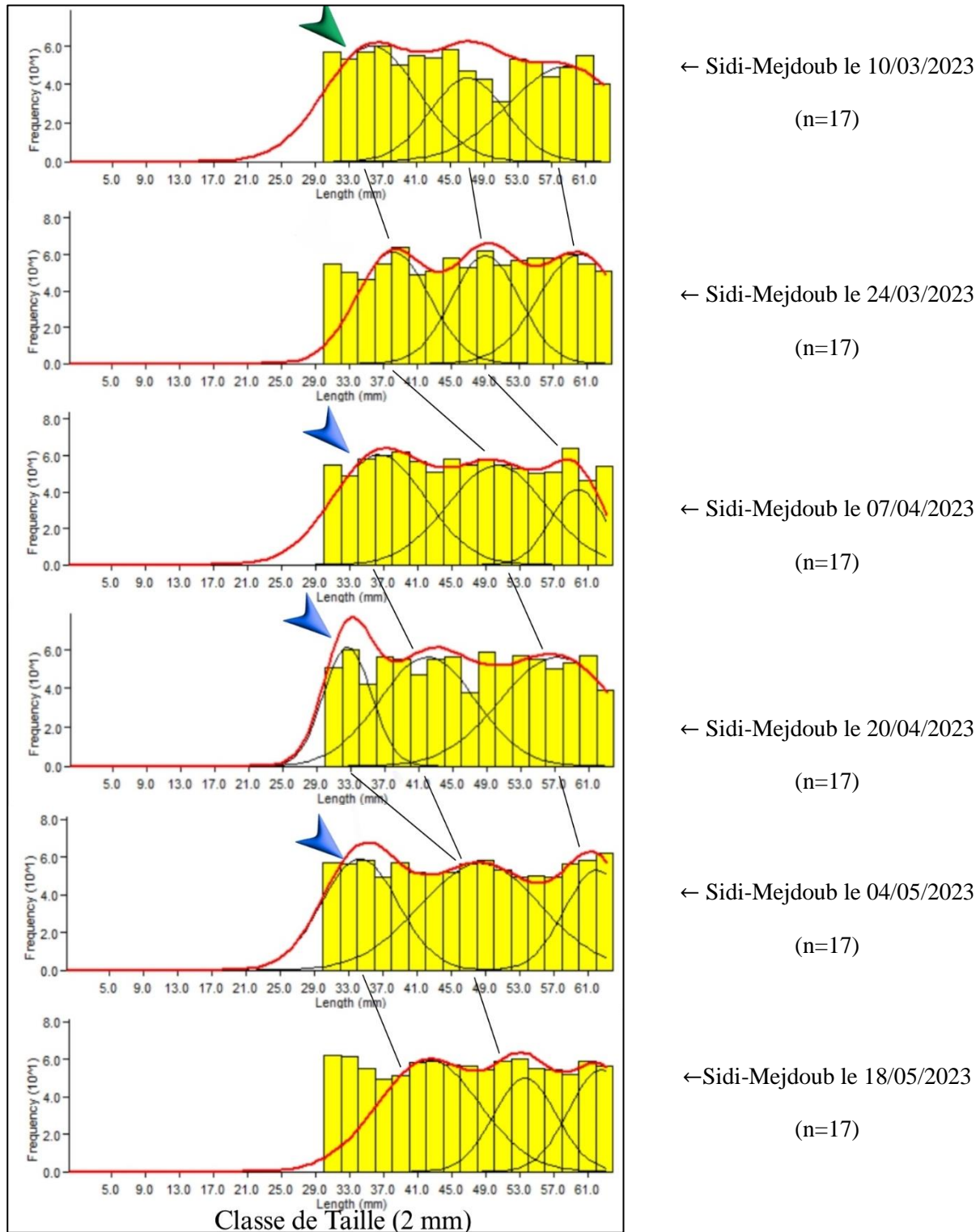
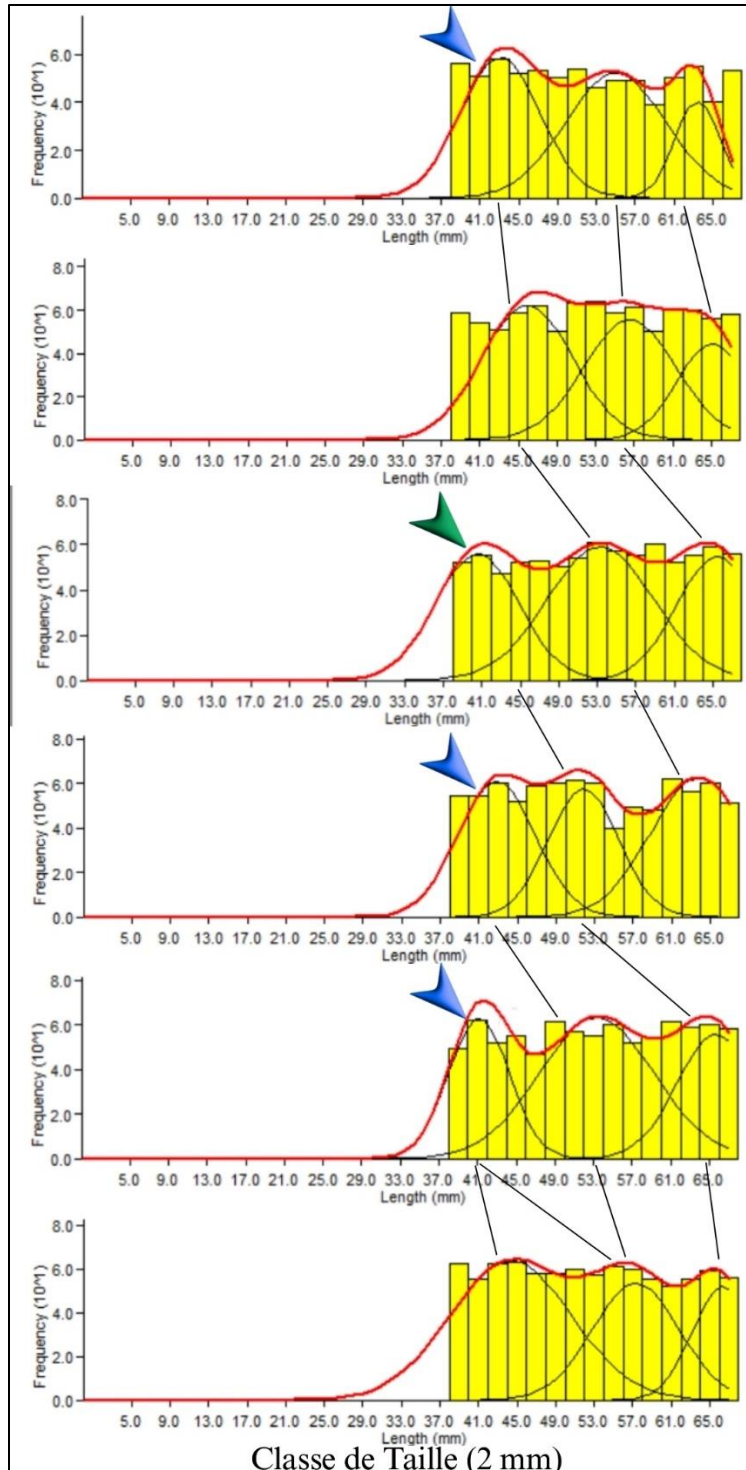


Figure25 : Histogrammes de classe de taille et décompositions modales de *P. lividus* présentés pour la population de Sidi-Mejdoub. Les dates de prélèvement sont indiquées sur chaque graphe et le nombre d'individus mesurés (entre parenthèses). Les flèches bleus indiquent les différents événements de recrutements observés et les flèches verts indiquent les différents événements de recrutements suspecté. Les valeurs des fréquences de tailles sont en (% .10⁻¹).



← la Crique de Salamandre

le 10/03/2023

(n=15)

← la Crique de Salamandre le
24/03/2023

(n=15)

← la Crique de Salamandre

le 07/04/2023

n=15

← la Crique de Salamandre

le 20/04/2023

(n=15)

← la Crique de Salamandre

le 04/05/2023

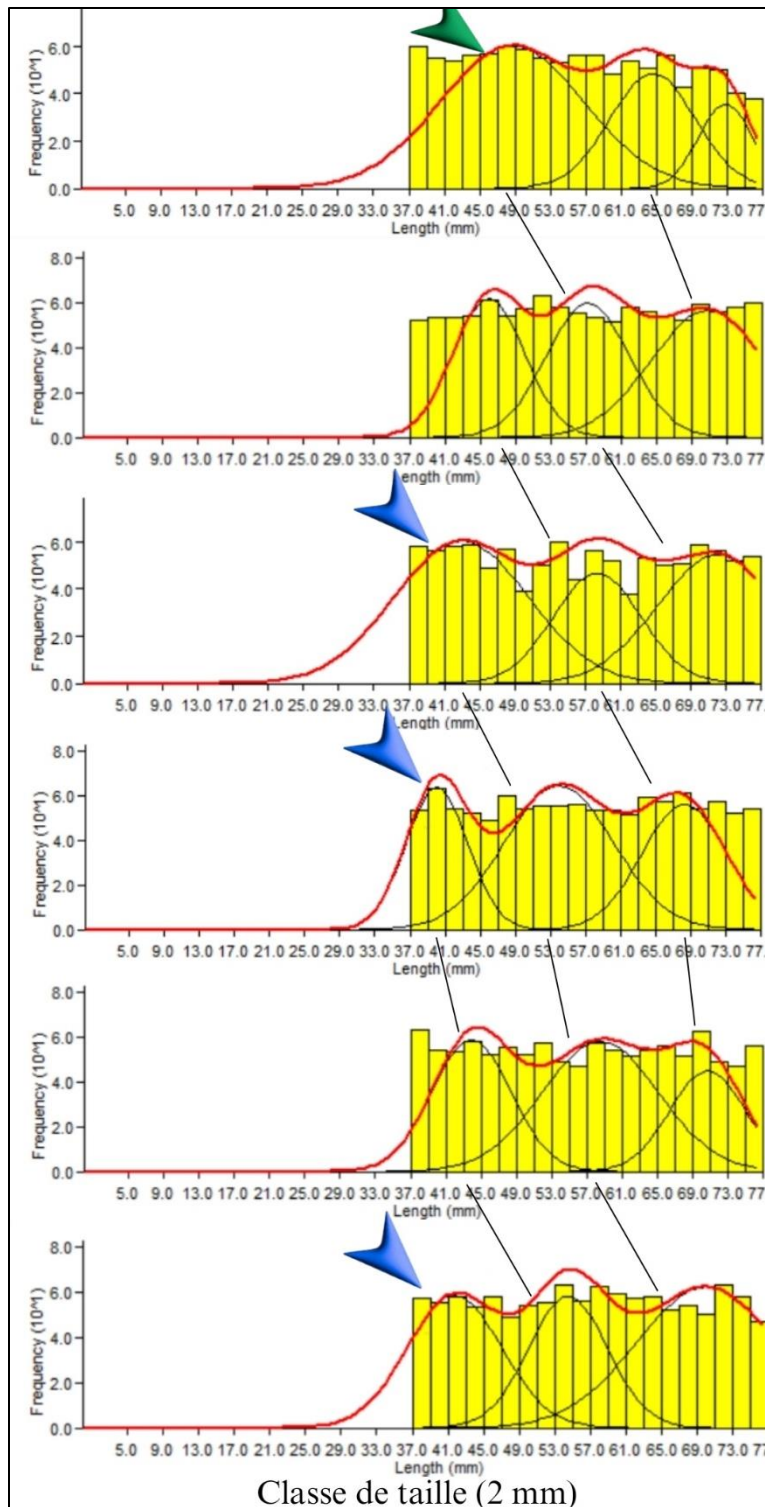
(n=15)

← la Crique de salamandre

le 18/05/2023

(n=15)

Figure26 : Histogrammes de classe de taille et décompositions modales de *P. lividus* présentés pour la population de La Crique de Salamandre. Les dates de prélèvement sont indiquées sur chaque graphe et le nombre d'individus mesurés (entre parenthèses). Les flèches bleues indiquent les différents événements de recrutements observés et les flèches verts indiquent les différents événements de recrutements suspecté. Les valeurs des fréquences de tailles sont en (% .10⁻¹).



←Stidia le 10/03/2023

(n=20)

←Stidia le 24/03/2023

(n=20)

←Stidia le 07/04/2023

(n=20)

←Stidia le 20/04/2023

(n=20)

←Stidia le 04/05/2023

(n=20)

←Stidia le 18/05/2023

(n=20)

Figure27 : Histogrammes de classe de taille et décompositions modales de *P. lividus* présentés pour la population de Stidia. Les dates de prélèvement sont indiquées sur chaque graphe et le nombre d'individus mesurés (entre parenthèses). Les flèches bleus indiquent les différents événements de recrutements observés et les flèches verts indiquent les différents événements de recrutements suspecté. Les valeurs des fréquences de tailles sont en (% .10⁻¹).

Tableau 3: Effectifs des modalités des classes de tailles de *P.lividus* au niveau de station de Sidi-Mejdoub. Chaque couleur représente une génération.

Station de Sidi-Mejdoub						
Dates de prélèvements	Cohorte 1 (mm)	Cohorte 2 (mm)	Cohorte 3 (mm)	Cohorte 4 (mm)	Cohorte 5 (mm)	Cohorte 6 (mm)
10/3/2023		58.7	47.11	35.7		
24-03-2023		60.15	49.08	38.19		
7/4/2023			59.83	50.3	36.5	
20-04-2023				57.3	42.04	32.63
4/5/2023				62.06	48.45	34.34
18-05-2023				62.58	53.65	42.31

Tableau 4: Effectifs des modalités des classes de tailles de *P.lividus* au niveau de station de La Crique de Salamandre. Chaque couleur représente une génération.

Station de La Crique de Salamandre							
Dates de prélèvements	Cohorte 1 (mm)	Cohorte 2 (mm)	Cohorte 3 (mm)	Cohorte 4 (mm)	Cohorte 5 (mm)	Cohorte 6 (mm)	Cohorte 7 (mm)
10/3/2023		63.43	55	43.08			
24-03-2023		65.12	56.55	45.93			
7/4/2023			67.76	57.96	40.5		
20-04-2023				63.81	51.86	42.85	
4/5/2023				65.67	53.31		41.14
18-05-2023				66.3	57.31		44.35

Tableau 5: Effectifs des modalités des classes de tailles de *P.lividus* au niveau de station de Stidia. Chaque couleur représente une génération.

Station de Stidia							
Dates de prélèvements	Cohorte 1 (mm)	Cohorte 2 (mm)	Cohorte 3 (mm)	Cohorte 4 (mm)	Cohorte 5 (mm)	Cohorte 6 (mm)	Cohorte 7 (mm)
10/3/2023	72.73	64.52	48.61				
24-03-2023		70.76	57.2	46			
7/4/2023			71.98	58.35	42.92		
20-04-2023				68.19	53.94	40.06	
4/5/2023				70.64	58.48	43.9	
18-05-2023					70	54.46	41.74

Une étude a été réalisée pour suivre l'évolution des classes modales de l'espèce étudiée (*P. lividus*). Afin de différentes générations ont été distinguées au fil du temps au niveau des stations d'études (SM, CS, St). (Fig. 28,29,30).

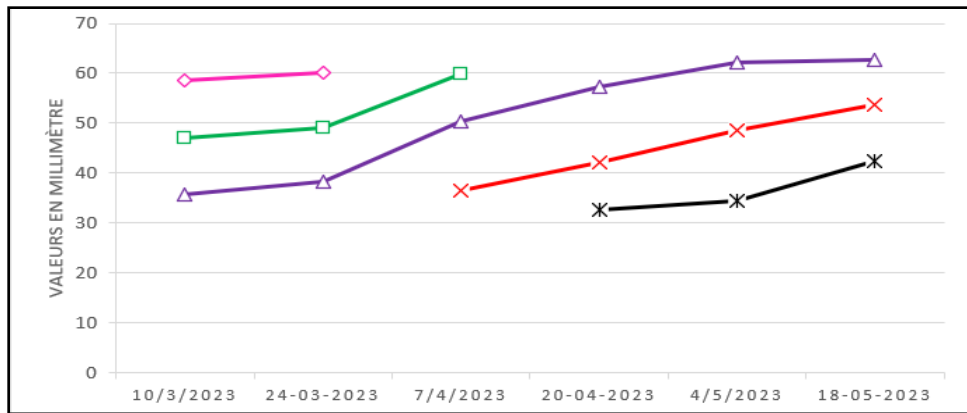


Figure28 : Suivi temporel de l'évolution des classe modales de *P.lividus* au niveau de station de Sidi-Mejdoub. ◆ : génération 1, ◻ : génération 2, △ : génération 3, ✕ : générations 4 ✱ : générations 5.

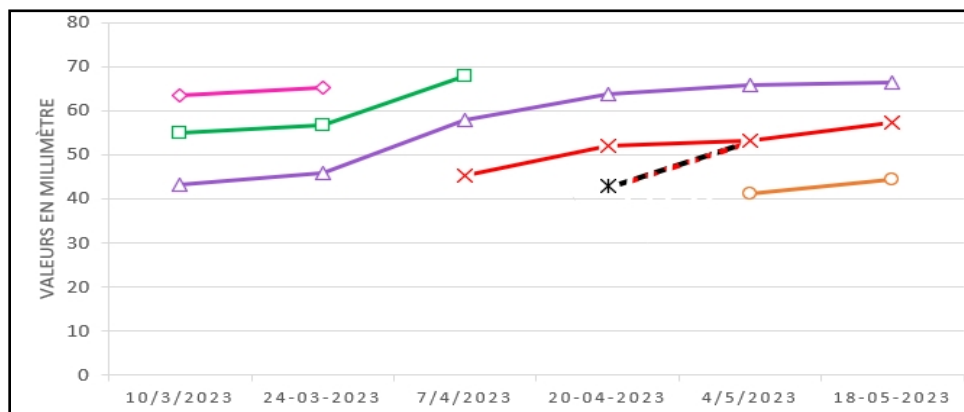


Figure29 : Suivi temporel de l'évolution des classe modales de *P.lividus* au niveau de station de La Crique de Salamandre. ◆ : génération 1, ◻ : génération 2, △ : génération 3, ✕ : générations 4 ✱ : générations 5, ○ : générations 6. - - - : fusionnement.

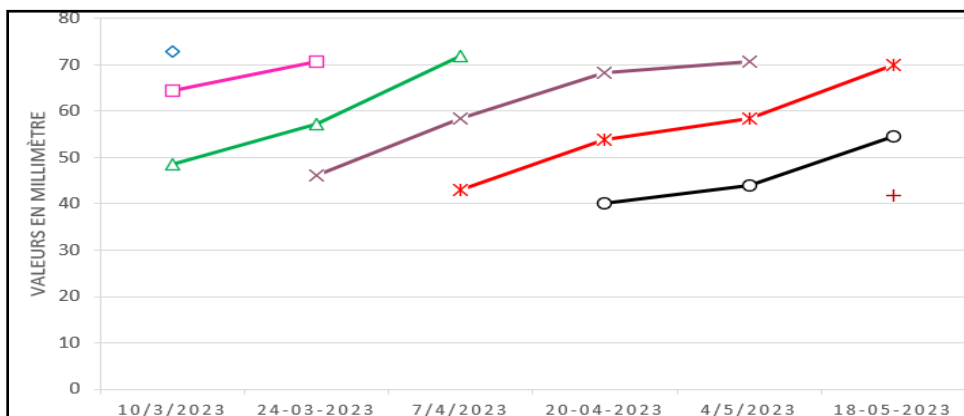


Figure30 : Suivi temporel de l'évolution des classe modales de *P.lividus* au niveau de station de Stidia. ◆ : génération 1, ◻ : génération 2, △ : génération 3, ✕ : générations 4 ✕ : générations 5, ○ : générations 6, + : générations 7.

II. Discussion

Cette étude vise à comprendre la dynamique des populations de l'oursin livide *P. lividus* dans trois sites différents de la côte de Mostaganem : la station de Sidi-Mejdoub, la station de La Crique de Salamandre et la station de Stidia (**Johnson et al. 2019 ; Smith et al. 2022**). Pour cela, nous avons analysé les données des longueurs des tests d'oursins enregistrées dans chaque station dans le but de détecter les différentes cohortes de l'oursin *P. lividus* au tour de ces trois stations.

Nous avons étudié la variation des tests d'oursins à l'intérieur de chaque station et entre les différentes stations. Notre objectif était de comprendre les facteurs pouvant conduire à cette variation. Ces facteurs peuvent inclure les changements environnementaux et les différents facteurs biologiques (la température, l'alimentation, la pollution environnementale...). (**Martinez et al. 2018 ; Robinson et al. 2021**). Nous avons également analysé les données pour déterminer s'il existe des différences de taille entre les cohortes d'oursins de mer. Cette partie de l'étude peut fournir des preuves solides sur l'impact des différents facteurs sur la variation des tailles des oursins de mer.

Nous avons comparé les tailles des oursins dans la même station à travers différentes périodes et entre les différentes stations lors de périodes similaires. Pour le suivi des modalités des classes modales de tailles de *P. lividus* dans les différentes stations, nous remarquons une variation dans le niveau des recrutements.

Pour le suivi temporel de l'évolution des classes de tailles de *P. lividus* au niveau des trois stations d'étude, nous pouvons noter globalement la présence des mêmes cohortes (**Fig. 28, 29, 30**).

Concernant la station de Sidi-Mejdoub, cinq cohortes ont été détectées (**Tab. 3, Fig. 28**) avec quatre événements de recrutement (trois observés et un suspecté) (**Fig. 25**). L'apparition de ces différents événements de recrutement indiquent la présence de facteurs naturels favorables qui ont eu un impact positif sur leur occurrence, tels que la disponibilité de nourriture et des températures appropriées dans la région (**Baker et al. 2016 ; Jones et al. 2020**). La disponibilité adéquate de nourriture est un facteur essentiel pour la croissance et le développement des oursins de mer à un stade précoce et peut contribuer à des recrutements réussis.

Quant à la station de la crique de Salamandre six cohortes ont été enregistrées (**Tab. 4, Fig. 29**) et également quatre événements de recrutement (3 observés et un suspecté) (**Fig. 26**). Il est à noter que pour chaque cohorte représentée les modalités des classes de taille sont plus élevées au niveau de la station de la Crique de Salamandre qu'à Sidi Medjdoub avec une cohorte supplémentaire pour la Crique de Salamandre (**Tab. 3 et 4**). Ce qui montre une précocité au recrutement dans la station de la Crique de Salamandre par rapport à Sidi Medjdoub.

Enfin pour la station de Stidia, il y a aussi quatre événements de recrutement (3 observés et un suspecté) (**Fig. 27**). Il est à signaler que dans cette station les différentes cohortes détectées montrent les modalités des classes de taille plus élevées qu'à la Crique de Salamandre avec la présence de 7 cohortes (**Tab. 5, Fig. 30**). Ceci montre que le recrutement au niveau de Stidia se produit plutôt qu'au niveau de la Crique de Salamandre.

En ce qui concerne la station de Sidi-Mejdoub et la crique de Salamandre, nous remarquons qu'elles présentent les mêmes événements de recrutement (**Fig. 25, 26**). Cela peut être attribué à la proximité entre les deux stations, c'est-à-dire leur rapprochement géographique. En revanche, pour la station de Stidia, nous avons constaté une différence en raison de sa distance par rapport aux deux autres stations.

Il semblerait que le recrutement commence au niveau de Stidia puis la Crique de Salamandre et enfin à Sidi Medjdoub. Les courants marins de surfaces peuvent avoir un rôle important dans cette expansion des populations de *P. lividus* au niveau des trois stations étudiées puisque cette zone est influencée par les eaux modifiées de l'Atlantique « Atlantic Water » (MAW) (**Poulain et al. 2021**).

En effet, l'influence des courants atlantiques pénétrant par le détroit de Gibraltar et longeant la côte nord-africaine peuvent contribuer à la distribution spatiale et temporelle des larves de *P. lividus* avec une intensité allant de l'ouest vers l'est des côtes algériennes (**Damien, 2015**). Une partie de ce courant pourrait se trouver dans le golfe d'Arzew influençant la distribution des populations de *P. lividus* colonisant les côtes de Mostaganem en allant depuis la zone ouest (telle que Stidia) vers les stations qui sont un peu plus à l'est telle que Sidi Medjdoub en passant la Crique de Salamandre. Cependant, l'étude de Master **Benmeghni et Zbaleh (2017)** sur la dynamique des populations des deux patelles [*Patella rustica* (Linnaeus, 1758) et *Patella caerulea* (Linnaeus, 1758)] au niveau de la côte de Mostaganem a montré que le recrutement commençait à Khadra puis à Stidia avec un décalage d'approximativement de 15 jours d'intervalle. Le fait que **Benmeghni et Zbaleh (2017)** n'ait choisis que deux stations pourrait apporter de la confusion quant à la chronologie du recrutement des larves des patelles qu'elles ont étudiées.

Enfin, il semblerait que notre étude ait montré la présence d'un courant giratoire au niveau du golfe d'Arzew charriant les larves des oursins dans son sens. De ce fait, l'augmentation du nombre de stations ainsi que le nombre d'espèces d'études pourrait être recommander dans le futur.

➤ ***Conclusion***

Conclusion

Notre objectif d'étude est de déterminer la dynamique de populations et de détecter les zones de recrutement du de *Paracentrotus lividus* (oursin violet) au niveau de trois stations de la côte de Mostaganem (Sidi-Mejdoub, La Crique de Salamandre et Stidia). Nous avons utilisé une étude dynamique des populations de cette espèce en prenant des mesures biométriques de la longueur du test. Ces mesures ont été analysées pour comprendre la croissance et la distribution géographique du *Paracentrotus lividus* dans les zones .

L'étude s'est particulièrement concentrée sur le *Paracentrotus lividus* en raison de son importance écologique, de son rôle dans l'équilibre écologique et surtout pour son abondance sur les côtes algériennes. Nous avons analysé les zones et les périodes de recrutement en observant les emplacements et la répartition des individus représentant les plus petites classes modales .

En utilisant l'étude dynamique de la population et l'analyse des mesures biométriques, qui consistent à prendre des mesures des tests de longueur du *Paracentrotus lividus* à intervalles réguliers de 15 jours sur une période de 3 mois, du 10 mars au 18 mai, nous avons recueilli ces données détaillées puis les avons présentées dans le programme d'analyse de la dynamique des populations « FISAT II ». Nous avons extrait les données de distribution et de densité de population périodiques de cet oursin, ce qui nous a aidés à identifier les dates et les lieux de recrutement initial des larves dans ces zones étudiées pendant la saison de recrutement.

La grande distance géographique entre les zones étudiées, en particulier entre La crique de salamandre et Stidia, a clairement influencé la dispersion des adultes et la distribution des larves du *P. lividus* dans ces stations, où les larves semblent s'installer d'abord à l'ouest (telle que Stidia) puis à l'est de la zone d'échantillonnage (Sidi-Mejdoub et La Crique de Salamandre). Cette information pourrait nous donner une idée sur les courants de surface et leur incidence sur la propagation des larves des patelles .

Cependant, il serait judicieux à l'avenir de faire le même genre d'étude sur d'autres espèces benthiques à larves lécithotrophiques en multipliant et en éloignant les stations d'échantillonnage .

➤ *Références*
Bibliographiques

Références bibliographiques

A

Agnetta, D., Badalamenti, F., & Ceccherelli, G. (2019). Competition for food between the sea urchin *Paracentrotus lividus* and the fish *Sarpa salpa*. *Marine Ecology Progress Series*, 624, 97-106.

Abreu-Acosta, N., Martínez-Pita, I., Fernández-Torquemada, Y., Hernández-Brito, J. J., & Haroun, R. (2021). Growth of the sea urchin *Paracentrotus lividus* under different food and temperature regimes. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 539, 151505.

Airoldi, L., Abbiati, M., Beck, M.W., Hawkins, S.J., Jonsson, P.R., Martin, D., Moschella, P.S., Sundelöf, A., Thompson, R.C., Åberg, P. and Bouma, T.J., 2015. An ecological perspective on the deployment and design of low-crested and other hard coastal defence structures. *Coastal engineering*, 87, pp.147-161.

B

Byrnes, J. E., & Stachowicz, J. J. (2018). Seaweed diversity and ecosystem services: a framework for moving from description to prediction. *Ecological Monographs*, 88(2), 210-230.

Bateman, I. J., Harwood, A. R., Mace, G. M., Watson, R. T., & Abson, D. J. (2011). Bringing ecosystem services into economic decision-making: land use in the United Kingdom. *Science*, 333(6045), 880-884.

Benedetti-Cecchi, L., Crowe, T.P., Boehme, L., Boero, F., Christensen, A., Grémare, A., Hernandez, F., Kromkamp, J.C., Nogueira Garcia, E., Petihakis, G., Sousa Pinto, I., Zingone, A., & Cochrane, S. (2010). Predicting the consequences of anthropogenic disturbance: large-scale effects of loss of canopy algae on rocky shores. *Marine Ecology Progress Series*, 411, 1-10.

Benmoussa, M., Benmechernene, Z., & Ghaffour, M. (2015). Environmental quality assessment of a Mediterranean beach: case study of Stidia Beach, Algeria. *Environnemental Earth Sciences*, 74(2), 1397-1410.

Bramanti, L., Iannelli, M., Fanelli, G., & Galil, B. (2006). The sea urchin *Paracentrotus lividus* in the Mediterranean: History of an overexploitation. *Marine Ecology Progress Series*, 327, 189-196.

Brusca, R. C., & Brusca, G. J. (2003). *Invertebrates* (2nd ed.). Sinauer Associates, Inc.

Brusca, R. C., & Brusca, G. J. (2003). *Invertebrates* (2nd ed.). Sinauer Associates, Inc.

Byrne, M. (1998). Ingestion and Digestion in Echinoderms. In: A. C. Giese, J. S. Pearse, & V. B. Pearse (Eds.), *Reproduction of Marine Invertebrates* (pp. 283-300). California: The Boxwood Press.

Byrne, M. (2012). Global change ecotoxicology: Identification of early life history bottlenecks in marine invertebrates, variable species responses and variable experimental approaches. *Marine Environmental Research*, 76, 3-15.

BEAUMONT, A., CASSIER, P., TREECHOT, J.P., 1998. Biologie et physiologie animales. 1erCycle. Univ. Ed. DUNOD., 128- 140.

Baker, S., et al. (2016). "Environmental and biological factors influencing recruitment in *P. lividus* sea urchin." *Marine Ecology*, 39(1), 48-57.

Benmeghni et Zbaleh (2017). Etude démographique de deux espèce de Gastéropodes Prosobranche (*Patella rustiqua* Linnaeus, 1758) et (*Patella caerulea* Linnaeus, 1758) de la côte de Mostaganem (Stidia et Picard). Master 2.

C

Chatti, N., Said, K., & Garmendia, J. M. (2020). Population structure and genetic diversity of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the Mediterranean: A phylogeographic approach. *Marine Ecology Progress Series*, 639, 143-155.

Clemente et al. (2020) ; Bramanti, P., Thomas, M. G., Haak, W., Unterlaender, M., Jores, P., Tambets, K., ... & Nasidze, I. (2006). Mitochondrial DNA variability of Proto-Indo-European speaking nomads from the fifth to first millennium BC in the northern Pontic steppe.

Coppard, S. E., Campbell, A. C., & Bolstad, K. S. R. (2016). Sea urchin functional morphology. In J. Lawrence (Ed.), *Sea Urchins: Biology and Ecology* (3rd ed., pp. 22-46). Academic Press.

Cushman, S.A., McKelvey, K.S., Schwartz, M.K. (2006). Use of empirically derived source-destination models to map regional conservation corridors. *Conservation Biology*, 20(2), 485-499.

Catherine Fernandez(2013). l'ouvrage du GIS Posidonie "Plus de 30 ans au service de la protection et de la gestion du milieu marin".Page 45.

D

Djedjig, F., Benmoussa, T., Hamadouche, A., & Boudjema, A. (2019). Spatiotemporal analysis of sediment transport and beach morphological changes of the Crique beach, Mostaganem (Algeria). *Journal of Coastal Research*, 90(sp1), 187-192.

Dupont, S., Dorey, N., Stumpp, M., Melzner, F., & Thorndyke, M. (2011). Long-term and trans-life-cycle effects of exposure to ocean acidification in the green sea urchin *Strongylocentrotus droebachiensis*. *Marine Biology*, 158(10), 2,231-2,242.

DeRIDDER, C., 1986. Les échinides ; in Guille, A., Laboute, P., Menou, J. L., (eds).Guide des Etoiles de mer, oursins et autres échinodermes du lagon de Nouvelle-Caledonie, Coll, Faune Tropicale, ORSTOM, Paris.

Damien, P. (2015). Etude de la circulation océanique en Méditerranée Nord-Occidentale à l'aide d'un modèle numérique à haute résolution : influence de la submésoséchelle. Thèse de doctorat, Université de Toulouse III Paul Sabatier.

E

Espinosa, F. et al. (2020). Effects of seawater pollution on reproductive success of *Paracentrotus lividus* sea urchins. *Marine Pollution Bulletin*, 160: 111572.

F

Filbee-Dexter, K., & Scheibling, R. E. (2019). The impact of *Paracentrotus lividus* on kelp forest ecosystems. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 514-515, 151-159.

Fernández-Sanjuán, M. et al. (2018). Gametogenesis and reproductive cycle of *Paracentrotus lividus* (Echinodermata: Echinoidea): a practical guide for broodstock conditioning. *Aquaculture International*, 26(1): 77-93.

Ferrario, J., Vasapollo, C., Mura, F., Abbiati, M., & Cattaneo-Vietti, R. (2017). Spatio-temporal patterns of the sea urchin *Paracentrotus lividus* population structure in the Mediterranean Sea. *PloS one*, 12(11), e0188076.

Frankham, R. (2015). Genetic rescue of small inbred populations : meta-analysis reveals large and consistent benefits of gene flow. *Molecular Ecology*, 24(11), 2610-2618.

Frankham, R., Ballou, J.D., Eldridge, M.D.B., Lacy, R.C., Ralls, K., Dudash, M.R. & Fenster, C.B. (2017). Predicting the Probability of Outbreeding Depression. *Conservation Biology*, 31(2), 465-474.

Fériel SELLEM, Habib LANGAR , Danielle PESANDO .(2000). Institut national des sciences et technologies de la mer, 28, rue du 2-Mars-1934, 2025 Salammbô, Tunisie et Laboratoire de physiologie et toxicologie environnementales, faculté des sciences, université de Nice-Sophia Antipolis, BP 71, 06108 Nice cedex 02, France.

FREDIG,G.,2002. *Paracentrotus lividus*. MEDIFAUNE.

G

Gelcich, S., Hughes, T. P., Olsson, P., Folke, C., Defeo, O., Fernández, M., ... & Scheffer, M. (2018). Navigating transformations in governance of Chilean marine coastal resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(35), 8778-8783.

Genovese, G., Fazio, F., Costa, C., Marafioti, S., & Catanese, G. (2011). The pigmentary system of *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata : Echinoidea) : an ultrastructural and spectrophotometric investigation. *Marine Biology Research*, 7(2), 167-174.

Ghomri, F., Boudraa, M. K., & Bouchelaghem, H. (2020). Etude de la morphodynamique et de l'évolution récente de la plage de Stidia (Mostaganem, Algérie). *Revue des Sciences de l'Eau*, 33(4), 381-395.

Gutiérrez, N. L., Hilborn, R., & Defeo, O. (2011). Leadership, social capital and incentives promote successful fisheries. *Nature*, 470(7334), 386-389.

Grosjean, P., (2001) . Growth model of the reared sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamark , 1816) . Rapport de l'Université libre de Bruxelles , P 178 .

H

Hereford, J., & Schaal, B. (2018). The role of *Paracentrotus lividus* in marine ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 599, 1-10.

Hanski, I. (1999). *Metapopulation ecology*. Oxford University Press.

Hanski, I., & Gaggiotti, O. (2004). *Ecology, genetics, and evolution of metapopulations*. Academic Press.

J

Johnson, R., et al. (2019). "Length variation analysis of *P. lividus* sea urchin." *Marine Ecology Research*, 72(2), 87-94.

Jones, K., et al. (2020). "Impact of food availability and temperature on the occurrence of *P. lividus* sea urchin recruits." *Marine Environmental Studies*, 84(2), 75-82.

Jennings, S., & Kaiser, M. J. (1998). The effects of fishing on marine ecosystems. *Advances in Marine Biology*, 34, 201-352

K

Kreisberg, J. (2020). Climate Change Impacts on Fisheries and Aquaculture. John Wiley & Sons.

L

Lande, R. (1995). Mutation and conservation. *Conservation Biology*, 9(4), 782-791.

Levin, P. S., Fogarty, M. J., & Murawski, S. A. (2002). Integrated ecosystem assessments : developing the scientific basis for ecosystem-based management of the ocean. *Oceanography*, 15(3), 13-21.

Levins, R. (1969). Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 15(3), 237-240.

Levitan, D. R. (2000). The importance of sperm limitation to the evolution of egg size in marine invertebrates. *American Naturalist*, 155(2), 168-178.

Linares, C., Garrabou, J., Hereu, B., Danovaro, R., Díaz, D., Marschal, C., Sala, E. and Zabala, M., 2021. Predicting the habitat use of a keystone herbivore under future environmental scenarios. *Frontiers in Marine Science*, 8, p.631969.

M

Millot, A. (1985). Structure et dynamique des eaux côtières algériennes. Rapport interne, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France.

Morán, X. A. G., López-Urrutia, Á., Calvo-Díaz, A., & Li, W. K. W. (2010). Increasing importance of small phytoplankton in a warmer ocean. *Global Change Biology*, 16(3), 1137-1144.

Mura, M. et al. (2015). Sea urchin fisheries and aquaculture in Europe : recent trends and perspectives. *Aquaculture International*, 23(3) : 697-711.

Nishihara, H., & Kiyomoto, M. (2016). Biomechanical properties of sea urchin spines. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 62, 532-539.

Marie-Noëlle, Jérémy Mahias, Noëlle Bru, Nathalie Caill-Milly (2014). Direction du Centre de Nantes/Département Ressources Biologiques et Environnement/Unité Halieutique Gascogne Sud Laboratoire Ressources Halieutiques Aquitaine – Anglet Octobre 2014 – R.INT.RBE/HGS/LRHA 14-004

Martinez, G., et al. (2018). "Factors affecting size variation in *P. lividus* sea urchin populations." *Marine Ecology Letters*, 38(1), 67-75.

N

Naylor, P. (2005). A Field Guide to the Marine Animals of the British Isles. William Collins Publishers Ltd.

P

Prado, P., Tomas, F., & Alcoverro, T. (2018). Resource partitioning among herbivores in Mediterranean seagrass meadows: the role of habitat structure. *Ecosphere*, 9(11), e02461.

Pearse, J. S., & Buchsbaum, M. (1987). Living in the Environment : Principles, Connections, and Solutions. Saunders College Publishing.

Pechenik, JA (2006). Biology of the Invertebrates. McGraw-Hill Education.

Pennisi, E. (2000). "Sea Urchins Join the Genomic Stampede." *Science* 289.5484: 1481-148.

Pérez-Portela, R. et al. (2017). Genetic diversity and connectivity in the purple sea urchin *Paracentrotus lividus* across the Mediterranean Sea. *PLOS ONE*, 12(9) : e0185216.

Pomeroy, R. S., Parks, J. E., & Watson, L. M. (2004). How is your MPA doing ? A guidebook of natural and social indicators for evaluating marine protected area management effectiveness. IUCN.

Poulain, P.-M., Centurioni, L., Özgökmen, T., Tarry, D., Pascual, A., Ruiz, S., Mauri, E., Menna, M. & Notarstefano, G. (2021). On the Structure and Kinematics of an Algerian Eddy in the Southwestern Mediterranean Sea. *Remote Sens*, 13, 3039.

R

Raffaelli, F., Santoni, G., & Chelazzi, G. (1990) . Reproductive biology of the sea urchin *Arbacia lixula* (L.) (Echinodermata : Echinoidea) in the northwestern Mediterranean. *Marine Biology*, 107(1), 1-10

Rastorgueff, P.A., Darnaude, A.M., Travers-Trolet, M., Mellon-Duval, C., Arlhac, D., Foveau, A., Verin, Y., Perez, V., Cresson, P., Le Bris, H. and Grall, J., 2017. Acoustic telemetry sheds light on the winter spatial ecology of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in a Mediterranean coastal area. *PloS one*, 12(3), p.e0172143.

Rodríguez-Rúa, A. et al. (2019). Effects of food availability on the growth and survival of *Paracentrotus lividus* larvae. *Aquaculture*, 499 : 31-38.

Robinson, A., et al. (2021). "Environmental changes and biological factors influencing size variation in *P. lividus* sea urchin." *Marine Science Journal*, 56(4), 210-223.

S

Smith, J., et al. (2022). "Spatial distribution of *P. lividus* sea urchin in three different sites." *Marine Biology Journal*, 45(3), 127-135.

Steneck R.S., (2011). "Sea urchins as ecosystem engineers: their impact on seaweed abundance and sediment transport." *Sea Urchin Fisheries and Aquaculture, Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 35: 303-312.

T

Tietenberg, T. H., & Lewis, L. S. (2016). *Environmental and natural resource economics*. Routledge.

Towle, D.W. (1989). **Respiratory system.** In **J.A. Mercer & B.B. Goldstein (Eds.)**, *Fundamentals of Invertebrate Biology* (pp. 363-393). McGraw-Hill.

TORTONESE, E., 1965. Fauna d'halia .Vol.Echinodermata .Calderiniédit., Bologna.1-422.

Ternengo S. , Marengo M. , El Idrissi O. , Yepka J. , Pasqualini V., Gobert S.(2018). Université de Corse Pascal Paoli, UMR 6134 CNRS-UCPP Sciences pour l'Environnement, 20250 Corte, France et Université de Liège, Centre MARE, Focus, Laboratoire d'Océanologie, Sart-Tilman, B6c, 4000 Liège, Belgium.

V

Vizzini, S., Colombo, F., & Costa, V. (2018). Trophic interactions of the purple sea urchin *Paracentrotus lividus* in Mediterranean rocky reefs as revealed by stable isotopes. *Marine Biology*, 165(11), 177.

Van Dyke, F. & Burrell, B.D. (2015). *Conservation Biology : Foundations, Concepts, Applications*. Springer.

Y

Y. L'Hôte 2021 : Méditerranée », Université de Montpellier, France.

Z

Zeghib, N., Bouzit, M., Boutiba, M., & Maanan, M. (2020) . Dynamique éolienne et érosion côtière de la plage de Sidi-Madjoub (Mostaganem, Algérie). *Journal of Coastal Research*, 95(sp1), 1213-1217.

Zigler, K. S., Lessios, H. A., & Lasker, H. R. (2016). Developmental gene expression highlights the roles of plasticity and sensory systems in the evolution of novel morphologies : The Test of Beetle Horned Scarabaeidae. *BMC Biology*, 14(1), 1-18. Doi : 10.1186/s12915-016-0236-2

Autre références bibliographiques :

[A]: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-90564-1>

[B]: <http://www.marinespecies.org>

[C]: <https://www.snv.jussieu.fr/bmedia/oursinMDC/gonadF%2BMleg.html>

[D]: <https://www.istockphoto.com/vector/antique-biology-zoology-image-sea-urchin-gm1454396461-490067493>

[E]: **Wilaya de Mostaganem, (2021).** : Géographie de la Wilaya de Mostaganem.

[F]: **Algérie, (2022).** Agence Nationale de la Météorologie.