

République Algérienne Démocratique et Populaire

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



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

LAROUÏ Nour El Houda Mokhtaria

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN HYDROBIOLOGIE MARINE ET CONTINENTALE

Spécialité:

Bioressources marines

THÈME

*Valorisation biotechnologique de la macrofaune
benthique marine : fabrication de la farine de poisson*

Soutenue le.../.../2025

DEVANT LE JURY

Président : BELBACHIR.N

MCA

U. Mostaganem

Encadreur : OULHIZA.A

MCB

U. Mostaganem

Examineur : BENMESSAOUD.N

MAA

U. Mostaganem

Année universitaire 2024/2025

Dédicace

*Avant tout, je rends grâce à **Dieu**, Le Tout-Puissant, pour m'avoir donné la force, la patience et la persévérance nécessaires à l'aboutissement de ce travail.*

*À la mémoire d'une personne très chère à mon cœur, ma grand-mère **Yamina**, Décédée le 4 septembre 2024. Elle m'a tant appris sur la vie, sur le courage, et l'amour inconditionnel. J'aurais tellement aimé qu'elle soit là en ce jour si important pour moi. Qu'Allah lui accorde Sa miséricorde et lui ouvre les portes de Son Paradis.*

*À ma précieuse maman **Daouia** et à mon cher papa **Abdelkader** qu'Allah les protège pour tout leur amour, leurs sacrifices, leurs prières, leur soutien constant. Ce travail est le reflet de ce qu'ils m'ont toujours transmis : la valeur de l'effort. Leur fierté aujourd'hui est mon plus grand bonheur.*

*À mon chère frère **Houari**,*

*À mes oncles : **Abdelkader**, **Djebar**, **Houari** et **Boufeldja**,*

*À ma tante **Atika**,*

*À mes petites cousines : **Yamina**, **Manar**, **Amani** et **Aya**,*

*À tous mes amis, en particulier **Hanaa**, pour sa présence précieuse.*

À toutes les personnes qui m'ont soutenue, même de loin et en silence,

Et enfin, à tous ceux que j'aime et qui m'aiment.

Remerciement

Avant tout, je remercie Allah le tout puissant pour m'avoir aidé à réaliser ce travail.

*Je tiens d'abord à remercier mon encadrant **M^{elle} OULHIZ. A** pour le partage de sa passion, de m'avoir orienté, encouragé, conseillé et pour son encadrement et soutien constant.*

*J'exprime également mes remerciements au **M^{er} BELBACHIR. N** pour avoir accepté de présider le jury de soutenance et **M^{me} BENMESSAOUD. N** pour avoir accepté d'examiner mon mémoire de fin d'études.*

*Je remercie sincèrement monsieur **MEZALI** pour son accueil bienveillant et pour m'avoir autorisée à effectuer mes travaux pratiques dans son laboratoire de recherche.*

Merci également à toutes personnes rencontré tout au long de ma formation de master et tous ceux et celles qui de près ou de loin, m'ont apporté aide et encouragements.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à ma famille : Mes parents, et tous mes proches, ainsi qu'à tous mes amis qui m'ont accompagné, aidé, soutenu et encouragé.

Résumé :

Dans une perspective de valorisation durable des ressources marines locales, cette étude vise à exploiter le potentiel biotechnologique de trois espèces de la macrofaune benthique récoltées sur le littoral de Mostaganem : l'oursin (*Paracentrotus lividus*), la patelle (*Patella sp*) et un gastéropode (*Thais sp*). L'objectif principal est la production d'une farine de poisson à partir de ces organismes marins peu valorisés, pour ensuite, préparer plusieurs aliments destinés à l'élevage des poissons en incorporant ces farines. Des analyses biochimiques pour chaque produit préparé, ont été réalisées afin de déterminer leur teneur en protéines, lipides et matières minérales. Les résultats ont mis en évidence une forte teneur en protéines, indiquant un potentiel intéressant pour une utilisation dans l'alimentation.

Ce travail contribue à la mise en valeur durable et locale de ressources marines peu exploitées.

Mots-clés : Macrofaune benthique, valorisation, farine de poisson, aliment, Mostaganem.

Abstract :

In a perspective of sustainable valorization of local marine resources, this study aims to exploit the biotechnological potential of three benthic macrofauna species collected from the coast of Mostaganem : the sea urchin (*Paracentrotus lividus*), the limpet (*Patella sp.*), and a gastropod (*Thais sp.*). The main objective is the production of fish meal from these undervalued marine organisms, and then to prepare several feeds for fish farming by incorporating these meals. Biochemical analyses were carried out on each prepared product to determine their protein, lipid, and ash contents.

The results revealed a high protein content, indicating promising potential for use in fish nutrition.

This work contributes to the sustainable and local valorization of underexploited marine resources.

Key words : Benthic macrofauna, valorization, fishmeal, feed, Mostaganem.

المخلص :

في إطار تثمين مستدام للموارد البحرية المحلية، تهدف هذه الدراسة إلى استغلال إمكانات التكنولوجيا الحيوية لثلاثة أنواع من الحيوانات القاعية الكبيرة التي تم جمعها من ساحل مستغانم : قنفذ البحر (*Paracentrotus lividus*)، والصدفيات (*Patella sp.*)، وحلزون بحري (*Thais sp.*). الهدف الرئيسي هو إنتاج دقيق سمك انطلاقاً من هذه الكائنات البحرية غير المستغلة بشكل كافٍ، ثم تحضير عدة أغذية موجهة لتربية الأسماك باستخدام هذه الأنواع من الدقيق.

تم إجراء تحاليل بيوكيميائية لكل منتج محضر لتحديد محتواه من البروتينات، والدهون، والرماد المعدني.

أظهرت النتائج نسبة عالية من البروتين، مما يدل على إمكانية واعدة لاستعمالها في تغذية الأسماك.

تُسهّم هذه الدراسة في تثمين محلي ومستدام للموارد البحرية غير المستغلة.

الكلمات المفتاحية: الحيوانات القاعية الكبيرة، التثمين، دقيق السمك، غذاء، مستغانم.

TABLE DES MATIERES

Dédicace	
Remerciements	
Résumé	
Sommaire	
Liste des figures	
Liste des tableaux	

Introduction	2
---------------------------	---

Chapitre I : Synthèse bibliographique

I. Généralités	2
I.1. La Mer Méditerranée	2
I.1.1. La côte algérienne	2
I.1.2. La côte de Mostaganem	3
I.2. La zone côtière	4
I.2.1. La macrofaune benthique	5
I.3. Etude des espèces ciblées	5
I.3.1. Les patelles	5
I.3.1.2. Habitats, nutrition et cycle biologique	7
I.3.2.1. Habitats, alimentation et cycle biologique	9
I.3.3. Gastéropodes Thais sp	10
I.3.3.1. Habitats, alimentation et cycle biologique	10
I.4. Principes de la valorisation Biotechnologique	11
I.4.1. Les différentes voies de valorisation	12
a) Farine et huile de poisson	12
b) Hydrolysats protéiques	12
c) L'hydrolyse enzymatique	12
d) Valorisation aromatique	12
e) Pulpes alimentaires	13
f) Huiles raffinées	13
I.5. La production mondiale de la farine de poisson	13
I.5.1. Définition de la farine de poisson	13
I.5.2. Fabrication de la farine de poisson	14

Chapitre II : Partie 1 : Matériel et méthodes

II. Matériels et méthodes	17
II.1. Prélèvement des échantillons.....	17
II.2 Traitement au laboratoire	18
II.3. Fabrication de la farine de poisson	19
II.3.1. Séchage et broyage.....	19
II.3.2. La fabrication de l'aliment pour poisson.....	19
II.3.3. Procédé de la fabrication des aliments	20
II.4. Les analyses biochimiques des échantillons.....	21
II.4.2. Dosage de la teneur en cendres	21
II.4.3. Dosage de la teneur en protéines totales.....	22
a) Minéralisation	22
b) Neutralisation ou distillation.....	22
c) Titration	23
II.4.4. Dosage des lipides.....	24

Chapitre II : Partie 2 : Résultats et discussion

II.2. Résultats et discussion.....	26
II.2.1. Analyse biochimique des espèces étudiées	26
II.2.2. Analyse biochimique de la farine de poissons obtenue.....	27
II.2.3. Analyse biochimique des aliments fabriqués	28
Conclusion	

Liste des figures

- **Figure 1:** Carte de la Méditerranée. (Dubois-Dauphin, 2016).2
- **Figure 2 :** La Côte algérienne (Mappemonde, 2021)3
- **Figure 3:** Carte géographique de Mostaganem (Kaddour Seghir et Touahria, 2023)4
- **Figure 4:** Quelques espèces de la richesse benthique.5
- **Figure 5:** Les patelles (Salaün, 2008 ; Sichel, 2018)6
- **Figure 6:** Morphologie de la patelle.....6
- **Figure 7:** Organisation des patelles dans leur milieu naturel (Présent travail).....7
- **Figure 8:** Différentes formes et taxonomie d'oursin (Echinoidea).....8
- **Figure 9:** Anatomie interne de l'oursin.9
- **Figure 10:** Oursins dans leur milieu naturel (Présent travail)9
- **Figure 11:** Morphologie externe de la coquille du gastéropode Thais10
- **Figure 12:** Thais dans son milieu naturel (Pascal BAZILE)11
- **Figure 13:** Echantillon de Farine de poisson (www.aquaportail.com)14
- **Figure 14:** Trois espèces ciblées dans cette étude, A : Thais sp ;B : Paracentrotus lividus ;17
- **Figure 15:** A : Collecte manuelle des espèces à l'aide d'un couteau sur substrat rocheux ;18
- **Figure 16:** Préparation des tissus mous des espèces collectées18
- **Figure 17:** Séchage des échantillons dans un étuve19
- **Figure 18:** L'aliment commercial utilisé comme témoins positifs : PREMIUM COARSE (6.0 mm pour adulte) de la marque Coppens (d'origine : Allemagne).20
- **Figure 19:** Etapes principales de production d'aliment pour poisson.....20
- **Figure 20:** Séchage des creusets dans étuve à 105°C Pour la détermination de l'humidité21
- **Figure 21:** Minéralisation de l'échantillon et préparation pour distillation.22
- **Figure 22:** Montage de l'appareil de distillation23
- **Figure 23:** Principe de titrage (A avant, B après titrage)23

- **Figure 24:** Les étapes de dosage des lipides selon la méthode de Folch et al. (1957).....24
- **Figure 25:** La farine obtenue des trois espèces : (A) Patelles, (B) Thais sp, et (C) Oursin.....27
- **Figure 26:**Aliments fabriqués à base des trois espèces. (A) Oursin, (B) Thais sp et (C) Patelle.....29
- **Figure 27:** Etude comparatif des résultats de nos aliments avec les aliments témoins.....31

Liste des Tables

- **Tableau 1:** Composition biochimique des trois espèces étudiées (en %)26
- **Tableau 2:** Composition biochimique (en %) de la farine des trois espèces:27
- **Tableau 3:** Valeurs indicatives d'une farine de poisson (FAO, 1998).28
- **Tableau 4:** Composition biochimique (en %) des l'aliments à base des trois espèces :.....29
- **Tableau 5:** La composition analytique des deux aliments AT1 et AT2 (Oulhiz, 2019).30

INTRODUCTION

Introduction :

Les écosystèmes marins représentent une richesse biologique et économique considérable, en particulier dans les zones côtières où la biodiversité benthique est fortement exprimée (FAO, 2020). La région côtière de Mostaganem, constitue un réservoir important de macrofaune benthique encore peu exploitée sur le plan biotechnologique (Boudjellalet *al.*, 2016). Parmi les groupes les plus représentatifs de cette faune, on retrouve les échinodermes, les gastéropodes et les mollusques, dont certains présentent un potentiel prometteur dans les domaines de la nutrition animale et de la valorisation des produits marins (Bouainet *al.*, 2012).

Dans un contexte mondial marqué par une pression croissante sur les ressources halieutiques et une dépendance importante à la farine de poisson conventionnelle principalement issue de la pêche industrielle, la recherche de sources alternatives et durables s'impose comme une priorité stratégique (Olsen et Hasan, 2012). La farine de poisson est un ingrédient clé dans l'alimentation aquacole et animale en raison de sa richesse en protéines, en acides aminés essentiels et en lipides de haute qualité (Hardy et Tacon, 2002). Toutefois, sa disponibilité décroissante, son coût élevé et ses implications écologiques ont conduit les chercheurs à explorer d'autres voies de production, notamment via la valorisation d'espèces marines locales peu ou pas exploitées.

Dans ce cadre, cette étude a été menée afin d'évaluer le potentiel biotechnologique de trois espèces appartenant à la macrofaune benthique de la côte Mostaganémoise : l'échinoderme (oursin : *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816)), le mollusque (monoplacophores : *Patella sp*) et un gastéropode (Prosobranches : *Thais sp*). Ces espèces, souvent considérées comme non commerciales, sont pourtant abondantes et facilement accessibles. Leur transformation en farine de poisson représente une approche stratégique pour contribuer à l'économie bleue locale, réduire le gaspillage des ressources marines et encourager des pratiques de valorisation durable.

Ce travail vise plusieurs axes : la préparation des espèces collectées, la production de farines, la formulation d'un aliment expérimental à base de ces farines, l'analyse biochimique des produits obtenus (teneurs en protéines, lipides et humidité). Les résultats obtenus permettront d'évaluer la qualité nutritionnelle de ces farines et aliments et d'envisager leur application potentielle dans la formulation de régimes pour l'aquaculture

CHAPITRE I :
Recherche bibliographique

I. Généralités :

I.1. La Mer Méditerranée :

La Méditerranée (Fig.1) est une mer intérieure profonde, semi-fermée, tempérée, avec un plateau continental étroit qui possède une forte diversité biologique. Elle est divisée en deux bassins principaux : le bassin occidental et le bassin oriental ; avec une superficie de 3 millions de km² ; un volume de 3,7 millions km³ ; une profondeur moyenne allant jusqu'à 1370 m et 5121 m pour les fosses de Matapan -Grèce-). La température de l'eau en surface est variable suivant la saison (de 21 à 30° l'été et de 10 à 15 ° l'hiver), elle augmente d'Ouest en Est, à partir de 100 à 200 m la température devient constante (13°). Alors que pour la salinité, elle est en moyenne à 38 ‰ (± 1‰). La Méditerranée est tempérée avec un automne pluvieux, un hiver doux, un printemps pluvieux et un été chaud et sec. Le climat méditerranéen est un type de climat de transition entre le domaine tempéré et la zone tropicale aride, d'extension limitée, les moyennes sont supérieures à 20 °C d'avril à octobre et peuvent atteindre 40 °C, l'hiver est généralement doux et les températures moyennes du mois le plus froid sont supérieures à 10° C.

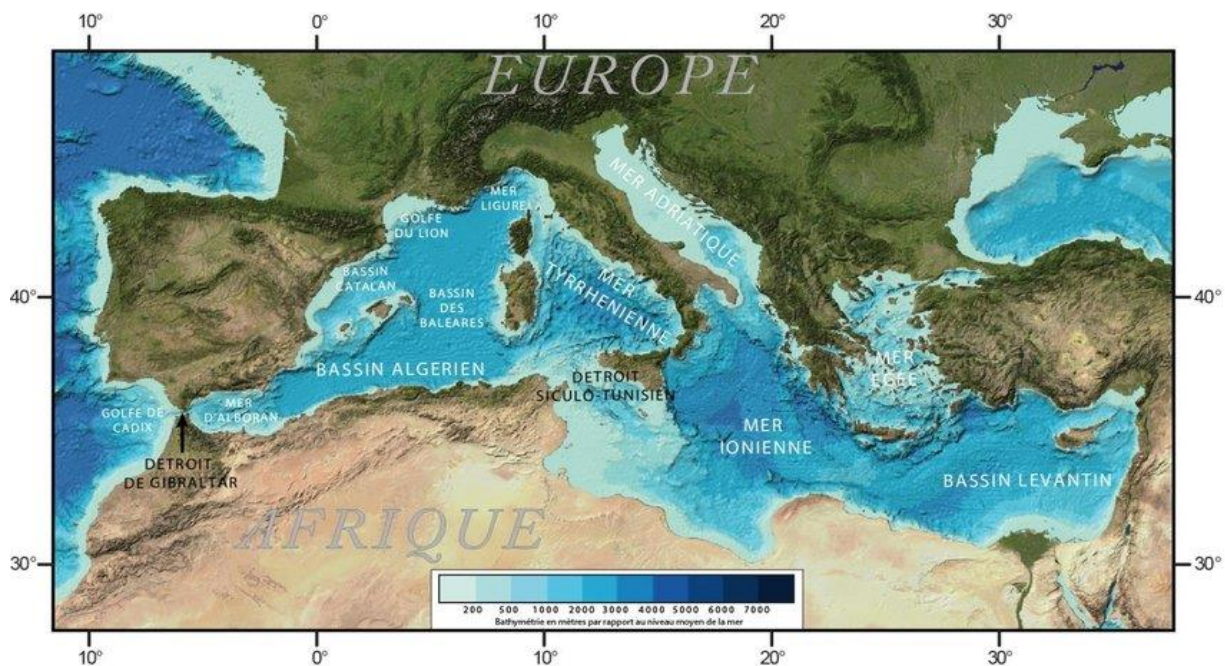


Figure 1: Carte de la Méditerranée. (Dubois-Dauphin, 2016).

I.1.1. La côte algérienne :

La côte algérienne (Fig.2) s'étend sur 1622 km de Marsat Ben M'Hidi, à l'Ouest, au Cap Roux, à l'Est. Elle se présente comme une succession de baies plus au moins ouvertes séparées par des régions très escarpées. Les hautes falaises qui bordent en général cette côte sont soumises à des érosions marines et éoliennes. Cette côte compte 31 oueds, dont les plus importants sont les oueds Tafna, Chelliff, Mazafran, El Harrach, Soummam, Sebaou, Isser, El Kébir, Safsaf, Seybouse (Grimes *et al.*, 2004).

Le fonctionnement de l'écosystème marin côtier est tributaire de l'influence et de l'interaction de deux milieux différents : le milieu marin du large et le continent. Le long des côtes algériennes, la circulation de l'eau atlantique (courant algérien) laisse une empreinte indélébile dans les eaux du littoral. Elle induit une dynamique côtière assez caractéristique qui assure le renouvellement des eaux des baies et contribue à la détermination incontestable des niveaux de fertilité trophique. Quant au milieu continental, son influence dépend de la quantité et de la qualité de ses apports. Celles-ci sont elles-mêmes en relation avec les conditions naturelles et anthropiques des bassins versants de la frange littorale (Grimes, 2003).

Les côtes algériennes sont, aussi, caractérisées par une diversité des formes morphologiques tout au long du littoral algérien. Les côtes sont en grande partie constitués par des reliefs rocheux, de plus ou moins forte dénivellation par rapport au niveau marin. Dans ce linéaire caractérisé, comme partout ailleurs, par la jeunesse de son relief s'insèrent des formes de côtes basses d'accumulation, comme les plages et les dunes, qui constituent un enrichissement avéré de notre patrimoine côtier (Grimes, 2003).



Figure 2 : La côte algérienne (Mappemonde, 2021)

I.1.2. La côte de Mostaganem :

La côte Mostaganémoise (Fig.3) s'étend sur près de 124 km sur les 400 km de la côte Oranaise, elle est située au Nord-Ouest de l'Algérie, entre l'embouchure de la Macta à l'ouest jusqu'à l'oued Kramis et un peu au-delà à l'est, en passant par le Cheliff le plus grand fleuve en Algérie.

Les unités géographiques formant cette région sont le plateau de Mostaganem qui s'élève progressivement de l'Ouest vers l'Est, à partir des marais de la Macta ; elle s'étend jusqu'à l'embouchure du Cheliff qui le sépare des premières hauteurs des 208 (Mostari 2020).

Elle présente une diversité écologique remarquable, incluant des zones rocheuses, sableuses et des herbiers de posidonies. Cette diversité d'habitats favorise le développement d'une macrofaune

benthique variée et bien adaptée aux conditions locales. Parmi les espèces recensées, on trouve notamment des mollusques (patelles, gastéropodes), des échinodermes (oursins), des crustacés, ainsi que des vers polychètes. Ces espèces se répartissent en fonction des conditions physiques locales comme la nature du substrat, la profondeur et l'hydrodynamisme (Benameret *al.*, 2010).

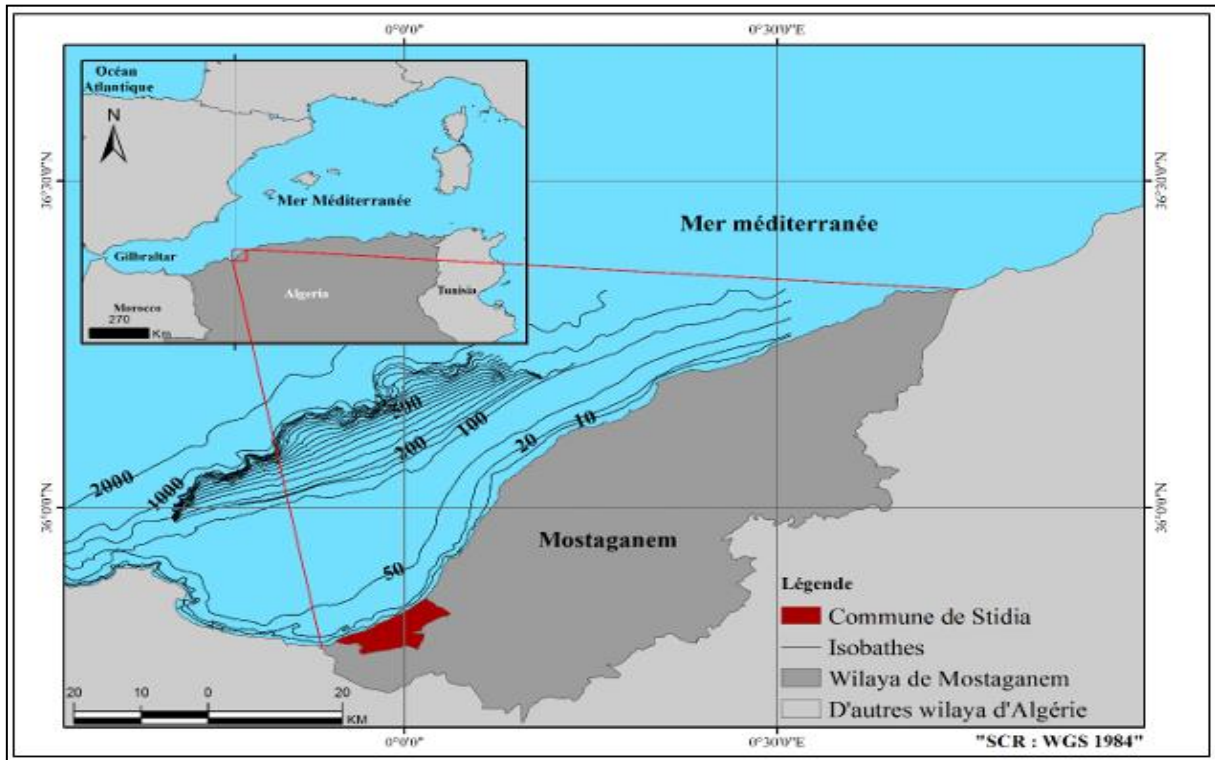


Figure 3: Carte géographique de Mostaganem (KaddourSeghir et Touahria, 2023)

I.2. La zone côtière:

La zone côtière représente un espace géomorphologique d'un part et d'autre du rivage de la mer où s'exerce une interaction constante entre la mer et la terre à travers des systèmes écologiques, comprenant des composantes biotiques et abiotiques qui interagissent entre eux, mais aussi avec les communautés humaines et leurs activités économiques et sociales. Il s'agit d'une zone de forte dynamique où les grands processus continentaux et ceux issus de l'océan se recouvrent et interagissent.

Ces interactions donnent naissance à une grande diversité d'écosystèmes, chacun marqué par des caractéristiques environnementales spécifiques: climatiques, géomorphologiques, physiques, chimiques et biologiques (Berland, 1996). Les écosystèmes naturels de la région côtière sont soumis des changements variables qui vont aboutir à la formation de systèmes côtiers originaux, dynamiques et productifs mais, aussi, vulnérables à des pressions additionnelles liées en particulier à l'anthropisation croissante des côtes (Blanchet, 2004).

I.2.1. La macrofaune benthique :

La macrofaune benthique, regroupe les invertébrés vivant sur ou dans les fonds marins, qu'ils soient mobiles ou sédentaires, et dont la taille dépasse 1 mm. Ce groupe se caractérise par une grande diversité, englobant presque tous les grands groupes zoologiques. On observe une richesse plus marquée sur les substrats durs, où dominent notamment les cirripèdes, mollusques et polychètes. Sur les fonds meubles, ce sont surtout les polychètes, mollusques, crustacés en particulier les amphipodes et les échinodermes (Fig.4) qui prédominent (Dauvin, 2010).



Figure 4 : Quelques espèces de la richesse benthique.

I.3. Etude des espèces ciblées :

I.3.1. Les patelles :

La Patelle (Fig.5) est un gastéropode dont la coquille est approximativement conique à base presque circulaire ; possède une seule coquille conique rugueuse non spiralée de diamètre pouvant atteindre 5cm (Elie, 2004). La patelle est un animal hermaphrodite (Guallart *et al.*, 2010), c'est-à-dire qu'il commence son activité sexuelle comme mâle après devenir femelle. Le terme patelle est largement utilisé pour couvrir une gamme de mollusques en forme de cône (Le Quesne *et al.*, 2005). Les membres vivent sur les côtes rocheuses de toutes les mers du monde (Bouzaza *et al.*, 2016). L'espérance de vie des patelles est estimée à environ 10 à 12 ans (Louisy et Maître-Allain, 2000).

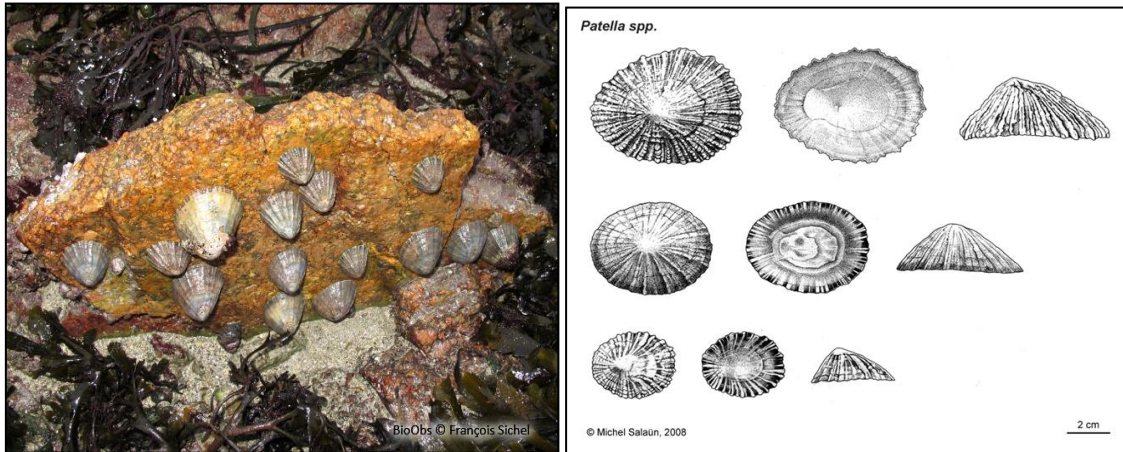


Figure 5 : Les patelles (Salaün, 2008 ; Sichel, 2018)

I.3.1.1. Morphologie :

Les patelles sont des animaux benthiques sédentaires qui vivent fixés sur les rochers battus et éclairés de l'étage médiolittoral (Neal et Skewes, 2004). Elles s'y fixent très solidement à la manière d'une ventouse très puissante pour résister à la fois à la dessiccation et aux chocs des vagues (Boudouresque, 2005). Leur corps est mou et non segmenté, constitué d'une tête, cavité palléale, pied et masse viscérale ; leur pied musculueux, unique et élargi sert à la reptation et à la fixation de l'animal sur son support rocheux. La tête des patelles porte les yeux et les tentacules. Les viscères sont enveloppés dans un manteau, lui-même protégé par l'unique coquille externe protectrice. Les yeux chez les patelles ne perçoivent pas le mouvement, mais uniquement la direction de la lumière (Fisheret *al.*, 1987).

Bien qu'elles soient sédentaires, les patelles se déplacent à marée haute pour se nourrir, et regagnent leur gîte à marée basse tout en épousant parfaitement la forme du rocher afin de réduire les pertes d'eau par évaporation (Nakhlé, 2003).

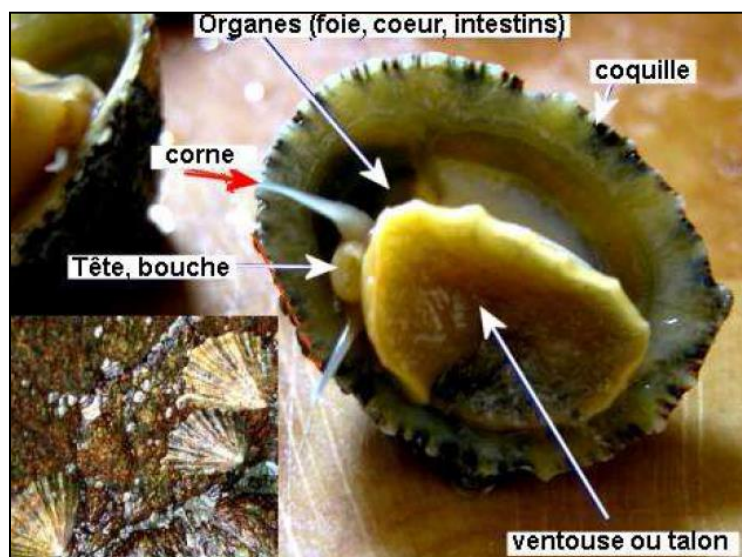


Figure 6 : Morphologie de la patelle

I.3.1.2. Habitats, nutrition et cycle biologique :

La distribution des patelles s'étend sur la façade Atlantique, de la Norvège jusqu'aux Açores, On les trouve également sur les côtes Ouest des Îles Britanniques, ainsi qu'en Manche, en Mer du Nord, en Méditerranée et en Afrique du Sud, les Patelles y sont favorisées par leur organisation (fig.7), qui leur permet de résister à la fois aux chocs des vagues et à la dessiccation (Sa-Pinto *et al.*, 2005).



Figure 7 : Organisation des patelles dans leur milieu naturel (Présent travail)

La patelle est un mangeur d'algues et a plusieurs rangées de dents crochues sur sa langue (radula). Lorsqu'une patelle mange, sa radula se déplace d'avant en arrière comme si elle léchait un rocher (Le Quesne *et al.*, 2005 ; Boumaza, 2014).

Alors que pour le cycle biologique de la patelle, il se compose de deux phases : planctonique et sédentaire. La patelle est hermaphrodite. La jeune patelle est en générale de sexe mâle, mais elle deviendra femelle dès sa deuxième année (Fretter et Graham, 1962). La reproduction a lieu en automne ou au début de l'hiver (de septembre à janvier). Les gamètes mâles et femelles sont émis conjointement et la fécondation a lieu en plein eau. Les oeufs planctoniques donnent naissance à des larves qui se métamorphosent sur le fond, en donnant des juvéniles mesurant environ 0,20 mm de longueur. Ces jeunes patelles vont avoir une vie planctonique de 10 à 15 jours (Nakhlé, 2003) avant qu'elles se fixent sur les roches pour commencer ainsi leur vie benthique et finir par changer de sexe dès la deuxième année. Cependant, selon Jones (1948) et Choquet (1969), la première fixation surviendrait dans les mares d'eau de mer peu profondes, suivie d'une migration sur les rochers lorsqu'ils atteignent la taille de 3mm.

I.3.2. Les oursins :

Les oursins sont des Echinodermes sans bras, enfermés dans un test généralement rigide, le dermosquelette, formé de plaques calcaires imbriquées. De nombreuses espèces ont des piquants. Leur forme est variable : subsphérique, subconique, cordiforme, aplatie ou discoïdale (Fig.8). Les oursins subsphériques et subconiques appartiennent à la sous-classe des Regularia à symétrie radiaire, bouche et anus étant situés aux deux pôles, tandis que les espèces cordiformes et aplaties, de la sous-classe des Irregularia, offrent une symétrie bilatérale plus nette, la position de l'anus et de la bouche variant suivant les espèces (Fig.9). (Tortonese et Vadon, 1987 ; Fernández et Boudouresque, 2000).

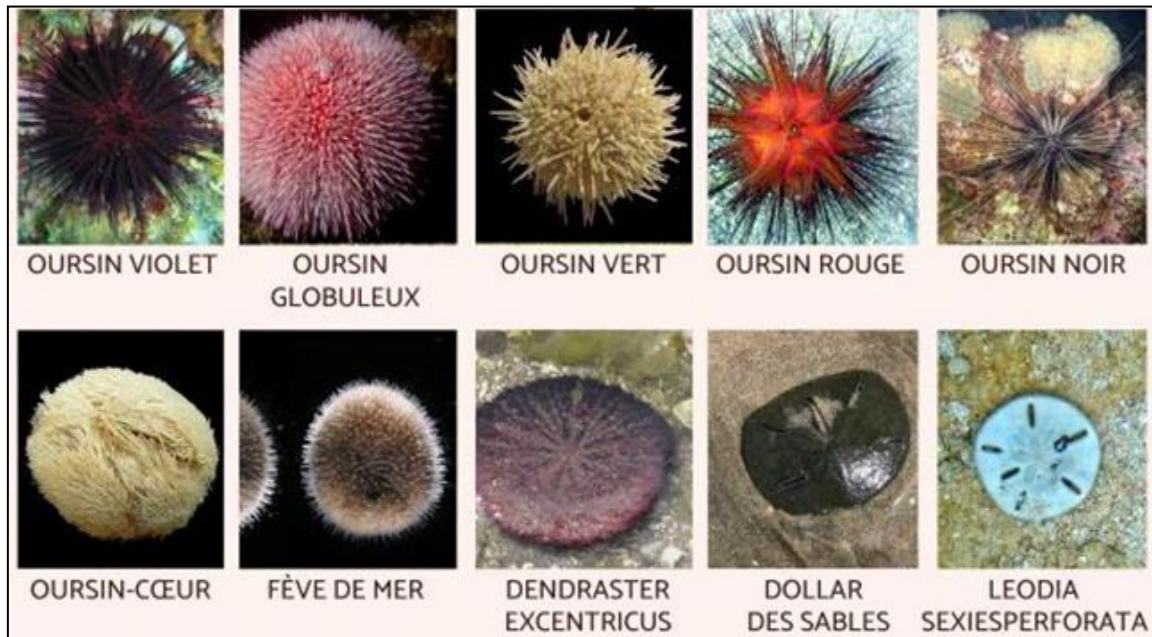


Figure 8 : Différentes formes d'oursin (Echinoidea).

L'oursin *Paracentrotus lividus* (espèce ciblée pour notre étude) est l'espèce la plus commune sur nos côtes méditerranéennes, elle a une forme sphérique plus ou moins aplatie avec une symétrie pentamère. Le test est arrondi, peu élevé, aplati sur sa face ventrale. Il est couvert de piquants mobiles plus ou moins venimeux. Sur la face aborale, le périprocte est entouré de 5 plaques génitales auxquelles aboutissent les zones interambulacraires et les zones ambulacraires aboutissent aux plaques ocellaires qui sont très petites. (Roule *et al.*, 1889). Sur la face orale, la bouche s'ouvre sur le péristome qui est muni d'un appareil masticateur de forme pentagonale c'est « Lanterne d'Aristote » (Ghyoot, 1977). Les podias ont des fonctions multiples et différentes : le nettoyage du test, la capture des proies (Ghyoot, 1991) et une fonction défensive vis-à-vis des prédateurs (Barnes, 1987). Ainsi que leurs fonctions principales : la respiration, la locomotion, la fixation et retiennent la nourriture. (Le Gall *et al.*, 1989). Le tube digestif est constitué de lanterne d'Aristote, la bouche,

l'estomac, le siphon, l'intestin et l'anus (Fischer *et al.*, 1987 ; Grosjean, 2001). La morphologie des organes reproducteurs reflète une symétrie radiale (Spirlet *et al.*, 1994) (Fig.9).

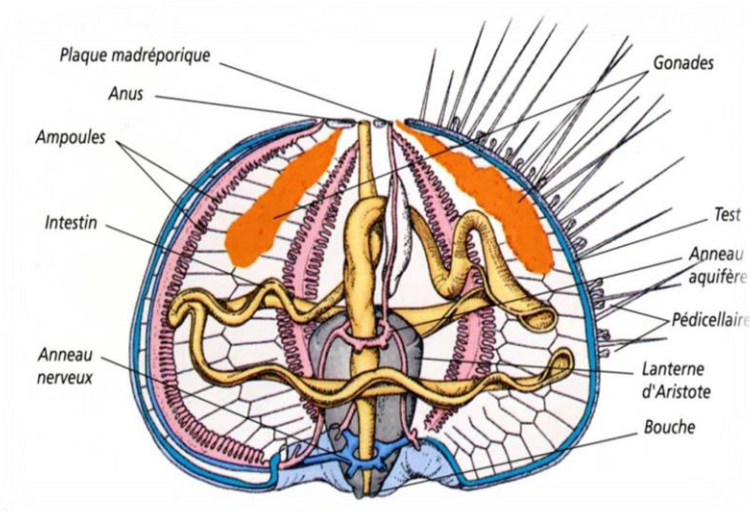


Figure 9 : Anatomie interne de l'oursin.

I.3.2.1. Habitats, alimentation et cycle biologique :

L'Oursin violet (*Paracentrotus lividus*) est distribué dans toute la mer Méditerranée et dans l'Atlantique nord-est, de l'Ecosse et de l'Irlande au sud du Maroc et aux îles Canaries. Les larves peuvent tolérer des pressions supérieures de plus d'un ordre de grandeur à celles des adultes. Par conséquent, l'absence de *Paracentrotus lividus* en profondeur est le résultat d'autres facteurs peut-être des facteurs biotiques comme la prédation (Younget *al.*, 1997). C'est une espèce benthique de 0 à 80 m de profondeur, elle vit parfois en groupe associé à *Arbacia lixula* (oursin noir). *Paracentrotus lividus* se trouve principalement sur des roches solides, des blocs rocheux recouverts d'algues (Fig 10); sur les fonds sableux et sur les prairies des herbiers de *Posidonia oceanica* et *Zostera marina* (Mortensen, 1927 ; Tortonese, 1965 ; Ebling *et al.*, 1966 ; Verlaque, 1987).



Figure 10 : Oursins dans leur milieu naturel (Présent travail)

Plusieurs analyses du contenu des intestins ont abouti à la conclusion que *Paracentrotus lividus* avait une tendance à se nourrir de macroalgues charnues et érigées, de feuilles et d'épiphytes de *Posidonia oceanica* (Kempf, 1962; Régis, 1978; Verlaque et Nédélec, 1983; Frantziset *al.*,1988; Bulleriet *al.*,1999;Boudouresque et Verlaque, 2001; Tomaset *al.*, 2006). L'alternance de phase de nutrition et de phases de repos alimentaire chez *Paracentrotus lividus* dépend en général de la quantité de nourriture disponible dans le milieu (Semroud et Kada, 1987). L'oursin est principalement nocturne, il est plus actif la nuit que le jour. (Nedelec, 1983).

Concernant la reproduction, les oursins sont des organismes gonochoriques ovipares, les sexes sont séparés chez *Paracentrotus lividus* bien que l'hermaphrodisme ait été observé (Byrne, 1990). La reproduction suit un cycle annuel, lorsque les gonades sont mûres au début du printemps (Allain, 1975).Il existe deux pontes en Méditerranée : la plus importante au printemps de Mars à Juin la seconde de moindre importance en fin de l'été jusqu'à l'automne de Août à Octobre (Soualili, 2008).

I.3.3. Gastéropodes *Thais sp* :

Thais sp, parfois connu sous les noms communs de coquillages de roche, est un genre d'escargots de mer prédateurs (Fig.11), appartenant aux mollusques gastéropodes marins de la famille des Muricidae. Cette espèce relativement grande que l'on trouve dans les habitats littoraux rocheux des eaux tempérées chaudes, riches en algues, de l'ouest de l'océan Atlantique à l'est de la mer Méditerranée (Butler 1985 ; Barash&Danin 1992).

La coquille du *Thais* est solide et de couleur brune, de forme conique avec un sommet excentré. Elle est ornée de stries radiales,avec des lignes plus claires et présente des rangées de protubérances noueuses, et de reliefs concentriques correspondant à des arrêts ou perturbations de croissance. Son siphon est court.La taille moyenne de la coquille se situe entre 5 et 6 cm(Fretter et Graham, 1962 ; Claremont *et al.*, 2011 ; Abdouet *al.*,2021).



Figure 11 : Morphologie externe de la coquille du gastéropode *Thais*

I.3.3.1. Habitats, alimentation et cycle biologique:

Cette espèce vit principalement dans la zone médiolittorale, sur des substrats rocheux ou parmi les herbiers marins (Fig.12). On l'observe fréquemment parmi les chaluts. Ce sont des prédateurs de mollusques et d'autres invertébrés. Ils utilisent la radula pour se nourrir. Les larves sont pélagiques. Comestible et prisée, mais non disponible commercialement.



Figure 12 : Thais dans son milieu naturel.

Les Thais sont des gastéropodes carnivores. Ils se nourrissent principalement de bivalves (moules, huîtres) et de balanes, qu'ils perforent grâce à leur radula et à des enzymes pour accéder à la chair (Branch, 1981).

Chez Thais, comme tous les Muricidés, les sexes sont séparés et la fécondation est interne. L'accouplement a lieu à la fin de l'hiver. Le cycle de reproduction de Thais comprend cinq phases : Phase d'activité précoce, phase d'activité tardive, phase de maturité, phase de ponte (émission de capsules ovigères fixées sur des substrats durs) et phase post-ponte (repos reproductif). (Bazile et André, 2022).

I.4. Principes de la valorisation Biotechnologique :

La valorisation biotechnologique représente une alternative durable à l'exploitation traditionnelle des ressources marines. Elle vise à extraire et transformer les composés d'intérêt issus des organismes marins, notamment ceux de la macrofaune benthique, en produits à haute valeur ajoutée. Cette démarche s'inscrit dans une logique d'économie circulaire et de gestion raisonnée des écosystèmes côtiers (Kim, 2013 ; FAO, 2022).

I.4.1. Les différentes voies de valorisation :

Différentes voies de valorisation ont été mises en évidence :

a) Farine et huile de poisson :

Elles représentent la plus grande part de valorisation dans le monde (Nguyen,2009). La farine de poisson contient 65 à 67% de protéines, 12% de lipides. Sa valeur nutritive est élevée de par sa richesse en acides aminés essentiels et sa forte digestibilité. Cependant, elle possède peu de propriétés fonctionnelles (Ifremer, 2010). La farine est un résidu séché et broyé tandis que l'huile brute se fabrique par cuisson suivi de pressage et de centrifugation (Vololonirina, 2017).

b) Hydrolysats protéiques :

Ce sont les résultats de la digestion partielle des protéines par l'hydrolyse protéolytique. Ils se présentent sous forme de farines solubles avec une granulométrie très fine. Cette substance farineuse, ayant une teneur en protéines de 73 à 85%, est utilisée, entre autres, en aquaculture et dans l'alimentation des jeunes animaux d'élevage afin de favoriser leur croissance. (Gbogouri, 2005 ; Ifremer, 2010). La teneur en lipides dépend du type et de la composition des produits et des étapes de fabrication de la farine. L'huile extraite de la matière première peut varier de 10 à 25% (Turpault, 2017).

c) L'hydrolyse enzymatique :

L'hydrolyse peut se faire soit par autolyse, soit par hétérolyse :

- **Hachis congelés :** A l'exception des viscères, des peaux et des poissons cartilagineux (Ifremer, 2010), les produits sont broyés, filtrés et congelés en bloc. En France, les hachis congelés correspondent à la troisième valorisation avec une production de 33 000 tonnes en l'an 2002. Ils sont utilisés dans la fabrication d'aliment pour les animaux de compagnie (Pet Food), (Gbogouri, 2005)

- **Collagène et gélatine :** Le collagène est une glycoprotéine fibreuse dans la structure de la peau, contribuant notamment à sa résistance physique et à son élasticité. Il est utilisé par l'industrie cosmétique comme agent filmogène hydrateur et restructurant du tissu cutané. (Nguyen, 2009). La gélatine est la forme hydrolysée ou dénaturée par la chaleur du collagène. Elle est utilisée dans l'industrie alimentaire comme gélifiant, en pharmacie et en nutraceutique pour la micro-encapsulation (Ifremer,2010).

d) Valorisation aromatique :

Des arômes dans les soupes, les sauces, les plats cuisinés. Pour cette transformation, deux méthodes existent :

- ✓ Les matières premières sont séchées par cuisson, puis broyées. Le résultat obtenu est une poudre aromatique peu soluble.
- ✓ Les matières premières sont ajoutées d'eau. L'eau est ensuite récupérée et concentrée.

Après cette dernière opération, les matières organiques dissoutes sont séchées, afin d'obtenir des extraits solubles. Cependant, il est indispensable que les arômes soient de bonne qualité et propres à la consommation humaine (Nguyen, 2009).

e) Pulpes alimentaires :

Les pulpes alimentaires ont des propriétés nutritives, un pouvoir liant et émulsifiant intéressants (Ifremer, 2010).

f) Huiles raffinées :

Ces ingrédients alimentaires sont les conséquences de procédés biochimiques, riches en vitamines A et D et en acides gras « Oméga 3 ». Elles sont préparées à partir des huiles brutes de poisson (Le Floch *et al.*, 2014).

I.5. La production mondiale de la farine de poisson :

La production de farine de poisson pour la nutrition animale est actuellement la valorisation de masse la plus importante car ce produit peut être utilisé sans distinction. En 2030, la production mondiale de farine de poisson devrait atteindre 5,8 Mt, soit une augmentation de 0,9 % par an par rapport au niveau moyen de 2018-20, tandis que la production d'huile de poisson devrait croître de 0,8 % par an pour s'établir à 1,2 Mt sur la même période. La majeure partie de la croissance de la production devrait s'expliquer par l'augmentation de la proportion de farine et d'huile de poisson obtenue à partir de déchets de poisson. D'ici 2030, environ 29 % de la farine de poisson et 42 % de l'huile de poisson seront tirées des déchets de poisson, contre 27 % et 38 % respectivement durant la période de référence (OCDE/FAO 2021).

I.5.1. Définition de la farine de poisson :

Les farines de poisson sont des farines animales à partir de poissons obtenues par séparation de la phase liquide eau et lipides (extraite par cuisson/pressage) et des protéines, puis par broyage, elles sont riches en protéines animales (lysine, méthionine) et faciles à digérer pour de nombreux mammifères et oiseaux, elles sont sous forme de granulés (pellets) ou de farine (Fig.13).



Figure 13:Echantillon de Farine de poisson (www.aquaportail.com)

La farine est utilisée pour l'alimentation des animaux d'élevage en raison de ses hautes qualités nutritives, une partie importante de ces farines est utilisée pour faire des aliments pour l'aquaculture de poissons et de crevettes l'autre partie est utilisée pour l'alimentation des poulets et des porcs. Elles contiennent généralement 65% à 67% de protéines et un maximum de 12% de lipides et une grande teneur en acides aminés essentiels, mais sont peu solubles, elles possèdent peu de propriétés fonctionnelles et peuvent causer des inconvénients liés à leur forte teneur en sels minéraux (Dens, 2006). Les caractéristiques nutritionnelles de la farine de poisson selon la FAO (1998) : Humidité (<10), cendre (68 à 70 %), matière grasse (8 à 11 %) et protéines brutes (14 à 16 %).

I.5.2. Fabrication de la farine de poisson :

Autrefois, une fabrication traditionnelle de petites quantités de farines consistait à sécher le poisson au soleil puis à le broyer finement. Aujourd'hui la production est industrielle. Les grandes usines produisant ces farines sont souvent construites sur des îles ou des lieux éloignés des habitations en raison des odeurs de poisson fermenté qu'il est difficile d'éviter autour des machines et dans les zones de stockage/déstockage. Elles produisent généralement également des huiles de poisson, essentiellement par la méthode de « pressage humide ». Un « *cuisseur* » peut traiter de 10 à plus de 1000 t de poisson par 24 h (Marthe et Laurence, 1992).

Les principales étapes du procédé sont (FAO, 1992) :

- Cuisson des poissons. C'est la phase de désinfection de la matière à traiter, et de coagulation des protéines. Une phase coagulée (protéines) et une phase liquide (eau + huile) apparaissent.
- Pressage du *coagulat*. Les deux phases sont séparées :

- ✓ une phase solide (le « gâteau »), contenant 60 à 80 % de matière sèche (protéines et matière osseuse) ne contenant plus d'huile,
 - ✓ une phase liquide (la « liqueur »), contenant l'eau et le reste des solides (huile, protéines dissoutes ou en suspension, vitamines, minéraux).
- Déshuilage : Décantation et centrifugation de la *liqueur*, pour en retirer la majeure partie des impuretés et garder l'huile brute qui est stockée dans des fûts.
- Séchage : L'eau contenant les protéines est concentrée dans des évaporateurs multi-effets, et le concentré est intimement mélangé avec le gâteau, qui est ensuite déshydraté généralement dans un sécheur à double-étage.
- Broyage : Le matériau sec est moulu en farine, puis stocké dans des sacs ou en vrac.

CHAPITRE II : Partie 1 :

Matériel et Méthodes

II. Matériels et méthodes :

Le présent travail, consiste à des analyses biochimique afin d'étudier la qualité nutritionnelle de :

- (03) trois espèces de la macrofaune benthique de l'étagement médiolittorale ;
- la farine préparée par ces derniers ;
- ainsi que, l'aliment (préparé par incorporation de ces farines préparées) destiné à l'élevage des poissons.

Trois genres d'espèces appartenant à la macrofaune benthique ont été sélectionnés pour cette étude : la patelle (*Patella sp*), l'oursin(*Paracentrotus lividus*) et un gastéropode (*Thais sp*) (Fig.14). Les espèces ont été échantillonnées de plusieurs sites de la côte de Mostaganem. Chaque espèce a été traitée et analysée au niveau des laboratoires pédagogiques (ITA) et au laboratoire de recherche (Laboratoire de Protection, Valorisation des Ressources Marines et Littorales et Systématique Moléculaire, INES).

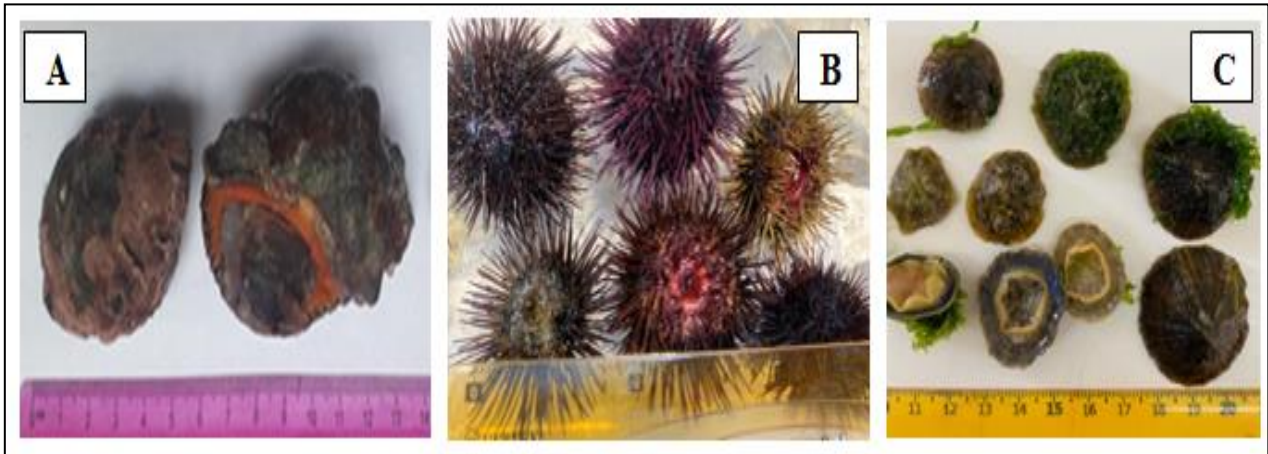


Figure 14 : Trois espèces ciblées dans cette étude, (A) *Thais sp* ; (B) *Paracentrotus lividus* et (C) Patelles.

II.1. Prélèvement des échantillons :

La collecte des différents individus (d'oursin, gastéropode et patelle) s'est faite manuellement à l'aide d'un petit couteau (Fig.14.A). Les échantillons ont été mis dans des boîtes en plastiques remplies d'eau de mer (Fig.14.B), pour ensuite, transmis au laboratoire dans une glacière.



Figure 15 : (A) Collecte manuelle des espèces à l'aide d'un couteau sur substrat rocheux et (B) les échantillons collectés.

II.2 Traitement au laboratoire :

Au laboratoire, les échantillons ont été traités séparément en détachant les muscles des coquilles des patelles facilement par spatule, ainsi que la récupération des gonades des oursins a été réalisé aussi par spatule. Alors que, la coquille des gastéropodes (*Thais sp*) a été écrasée par un mortier et pilon afin de récupérer le tissu musculaire spiralé (généralement les gastéropodes sont notamment caractérisés par la torsion de leur masse corporelle et viscérale) (Fig.16).

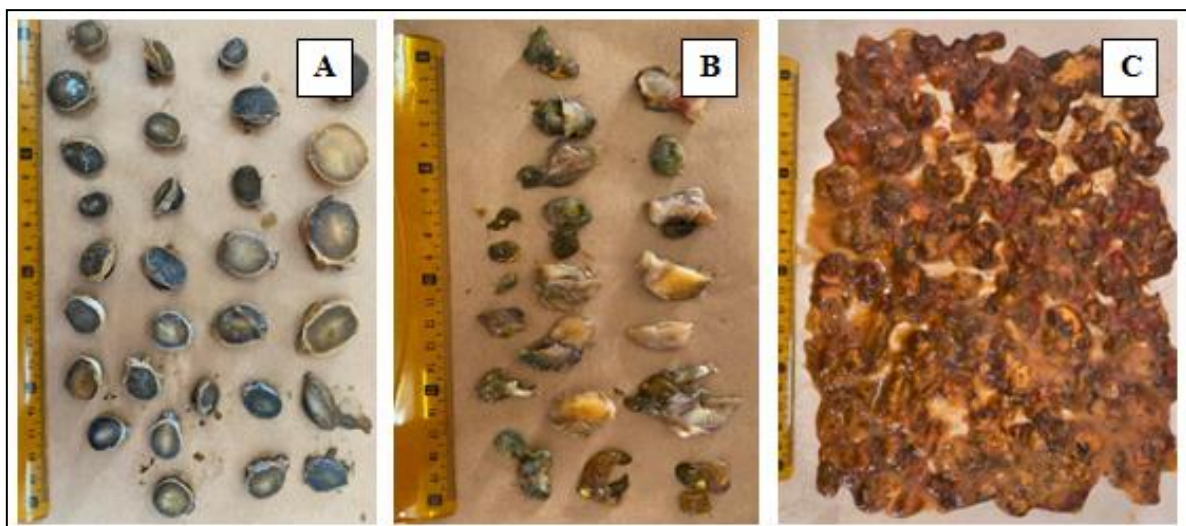


Figure 16 : Préparation des tissus mous des espèces collectées pour le séchage.

II.3. Fabrication de la farine de poisson :

II.3.1. Séchage et broyage :

L'objectif du processus de séchage est de transformer la concentration humide et instable en une farine de poisson sèche et stable. Le séchage de chaque échantillon (muscles et gonades, Fig.17) a été réalisé par étuvage à environ 30°C (FAO, 1986) ; pour ensuite, un broyage et un tamisage ont été réalisés. La farine obtenue est une poudre fine qui se mélange, par la suite, facilement aux autres composants de l'aliment.



Figure 17 : Séchage des échantillons dans une étuve.

II.3.2. La fabrication de l'aliment pour poisson :

L'aliment, en générale, est à base de tourteau de soja, de son de blé et de maïs. Ces trois matières premières constituent les sources de protéines végétales. Les différentes farines obtenues (Patelles à 22% ; *Thais* à 24% et Oursins à 25%) sont ensuite incorporés pour fournir les protéines animales.

Afin de valider l'intérêt de substituer tout ou partie des protéines animales dans l'aliment par des farines, des essais comparatifs sont effectués par rapport à deux aliments témoins. Le premier est celui qui contient uniquement des protéines végétales (AT1), il sert de témoin négatif (aliment pour la carpe, préparé à base de farine végétale, source CNRDPA). Le régime (AT2) constitue le témoin positif et correspond à la composition des aliments utilisés actuellement on aquaculture (Fig.18) (aliment commercial « COPPENS ». les trois aliments (A1, A2 et A3) contenant respectivement la farine de patelles, la farine de *Thais* et la farine des gonades d'Oursins.



Figure 18 : L'aliment commercial utilisé de marque (Coppens, Allemagne).

II.3.3. Procédé de la fabrication des aliments :

Toutes les matières premières en poudre (sauf l'huile) entrant dans la composition des aliments (maïs, son de blé, tourteau de soja et CMV) sont pesées et mélangées entre elles puis l'huile est ajoutée. De l'eau est ensuite incorporée au mélange afin d'obtenir une pâte adaptée au pressage. Les filaments résultants du pressage sont ensuite séchés à 35°C et coupés en granulés à l'aide d'un mixeur (Fig.19).



Figure 19 : Etapes principales de production d'aliment pour poisson (présent travail).

II.4. Les analyses biochimiques des échantillons :

Les teneurs en humidité, en cendre et en lipides totaux sont déterminées respectivement par étuvage, incinération et selon la méthode de Folch. La teneur en protéines totales est dosée selon la méthode de Kjeldhal.

II.4.1. Dosage de la teneur en humidité :

La teneur en eau est déterminée par étuvage des échantillons à 105°C pendant 24 heures (Fig.20) (AOAC, 2005). La teneur en eau est obtenue par la formule qui suit :

$$H\% = \frac{M1-M2}{M1-M0} \times 100$$

M0 : la masse en g de la capsule vide ; *M1* : est la masse en g de la capsule et les échantillons avant étuvage ; *M2* : est la masse en g de la capsule et les échantillons après étuvage.

II.4.2. Dosage de la teneur en cendres :

La teneur en cendres est déterminée par incinération de la matière organique à 600°C dans un four à moufle pendant 3 heures (Fig...) (AOAC, 2005). La teneur en cendres des échantillons est calculée suivant la formule suivante :

$$C\% = \frac{M2-M0}{M1-M0} \times 100$$

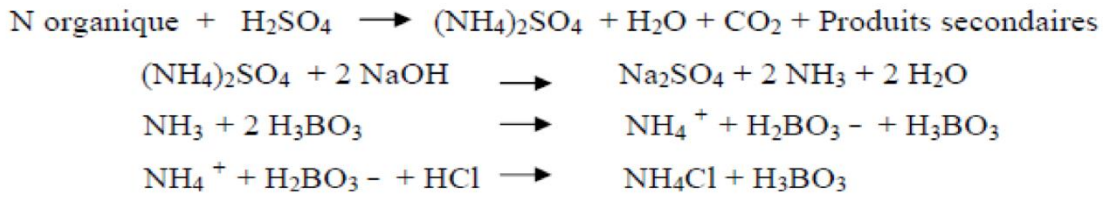
C% : teneur en cendres ; *M0* : masse en g de la capsule vide ; *M1* : masse en g de la capsule et les échantillons avant incinération ; *M2* : masse en g de la capsule avec les cendres (après incinération).



Figure 20 : Séchage des creusets dans l'étuve à 105°C (présent travail).

II.4.3. Dosage de la teneur en protéines totales :

La méthode utilisée pour le dosage des protéines totales est celle de Kjeldhal (Crooke et Simpson, 1971). Il consiste à un dosage de l'azote contenu dans l'échantillon.



Un facteur de conversion de 6,25 est utilisé pour obtenir la teneur en protéines.

Le dosage des protéines se déroule en 3 étapes :

a) Minéralisation : L'échantillon est minéralisé à l'aide d'acide sulfurique (H_2SO_4) concentré (Fig.21).



Figure 21 : Minéralisation de l'échantillon et préparation pour distillation.

b) Neutralisation ou distillation : L'azote organique est transformé en sulfate d'ammonium et libéré ensuite sous forme d'ammoniac par la soude (NaOH) concentrée (10M). (Fig.22).



Figure 22 : Montage de l'appareil de distillation

c) **Titration** : L'ammoniac fixé par l'acide borique est ensuite titré avec de l'acide sulfurique (0,1N) jusqu'à l'obtention de couleur rose pale. (Fig.23).

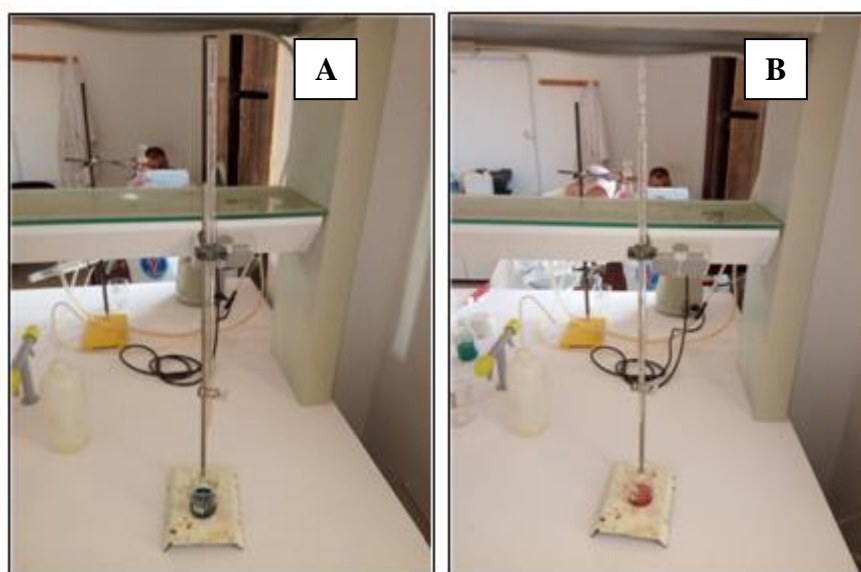


Figure 23 : Principe de titrage (A avant, B après titrage)

La teneur en azote total exprimée en masse du produit est donnée par la formule suivante :

$$N(\%) = 14 * V * N * 100 / M$$

$$P(\%) = K * N(\%)$$

N : la teneur en azote (%) ; *V* : volume de H₂SO₄ ; *N* : normalité de H₂SO₄ ; *M*: poids des échantillons (mg).

P% des échantillons est obtenue en utilisant le facteur de conversion de l'azote en protéine K (6,25).

II.4.4. Dosage des lipides :

Les lipides sont extraits selon la méthode de Folchet *al.* (1957). Le solvant organique utilisé est un mélange de méthanol/chloroforme (2 /1, v/v). L'échantillon à analyser et le solvant sont introduits dans un erlenmayer à hauteur de 1:20 (substrat solide / volume en ml) agitation pendant 1 h à la température de la pièce. Le produit est filtré et puis le filtrat est introduit dans une ampoule à décanter avec du NaCl à 0,58 % (w/v) pendant une nuit (Fig.24).

La partie huileuse est versée dans un ballon préalablement pesé, puis passée à la rote à vapeur (Fig....). Enfin le poids du ballon est pesé, la teneur en lipides est calculée par la différence de poids par la formule suivante :

$$\text{Lipides \%} = \frac{M_2 - M_0}{M_1}$$

M_0 le poids du ballon, M_1 est la prise d'essai, M_2 est le poids du ballon contenant les lipides séchés après l'extraction.

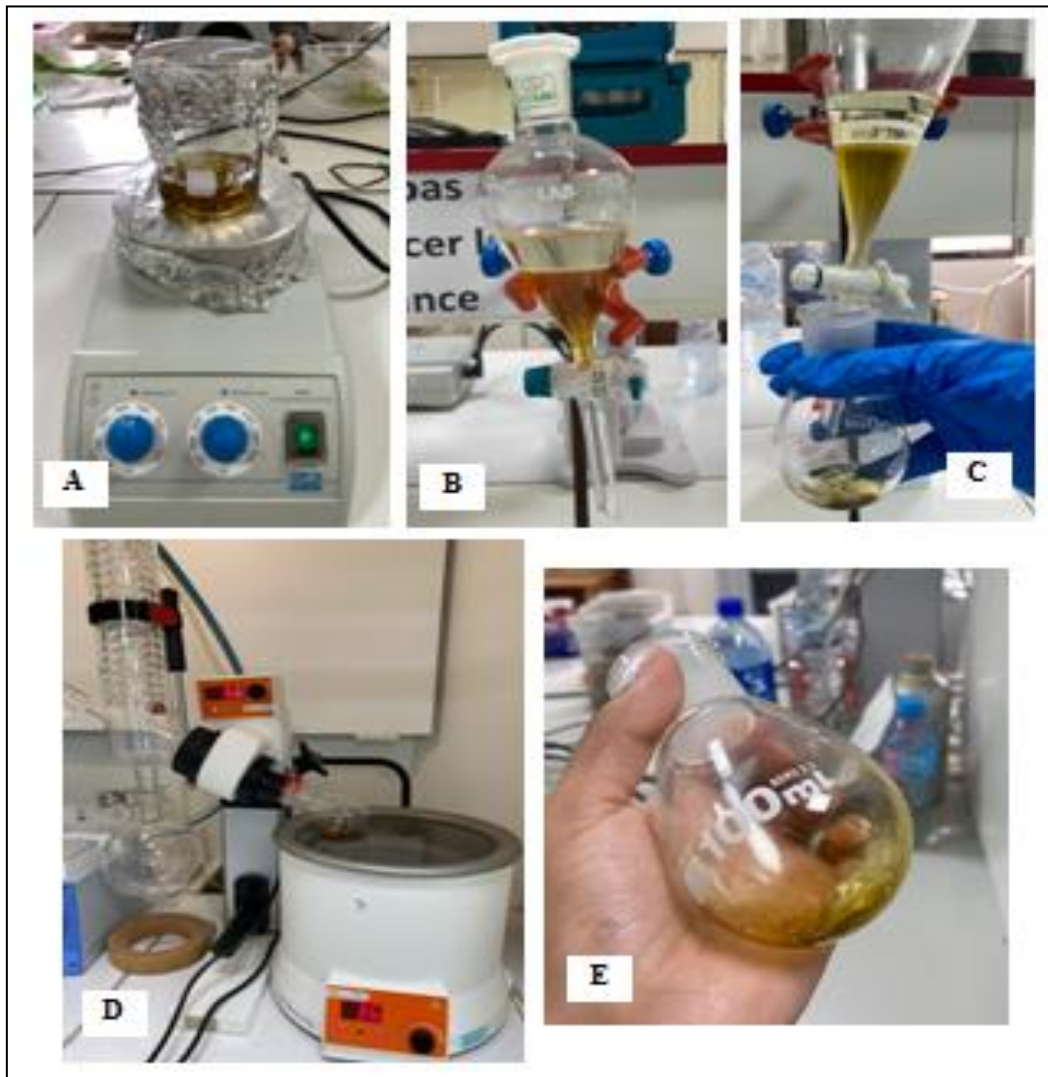


Figure 24 : Les étapes de dosage des lipides (Présent travail).

CHAPITRE II : Partie 2 :

Résultats et Discussion

II.2. Résultats et discussion :

II.2.1. Analyse biochimique des espèces étudiées :

Les résultats des analyses biochimiques d'humidité, des cendres, des lipides et des protéines des trois espèces étudiées (*Patelle sp*, *Thais sp* et oursin (*Paracentrotus lividus*)) en état frais sont illustrés dans le tableau 1

Tableau 1:Composition biochimique des trois espèces étudiées (en %)

Composition (%)	Humidité	Cendre	Lipide	Protéine
<i>Patelle sp</i>	78,1	1,34	0,84	19,72
<i>Thais sp</i>	77,2	1,51	1,09	20,2
Oursin (<i>P. lividus</i>)	80	0,2	0,73	19,07

Les analyses biochimiques des échantillons à l'état frais montrent que la valeur de l'humidité est très importante chez les trois espèces avec un maximum chez l'oursin (80 %) et un minimum chez le gastéropode (77,2 %). Le taux de cendres est très faible, avec une valeur maximale de 1,51 % chez le gastéropode. Alors que pour les lipides, le taux des trois échantillons varie légèrement entre 0,73 % et 1,09 % (chez *P. lividus* et le *Thais sp*) et la teneur la plus élevée en protéine est enregistrée chez *Thais sp*, suivie par *Patelle sp* (20,2 et 19,72 % respectivement). L'oursin (*P. lividus*) a présenté un taux bas en protéines, mais un peu proche aux autres valeurs obtenues pour les gastéropodes et les patelles (19,07%).

L'analyse biochimique des deux espèces étudiées (patelles et *Thais sp*) présente une humidité remarquable et cette teneur en eau reflète la structure molle de la chair des deux espèces. Et la teneur faible en cendre et en lipides indique que ces derniers sont des espèces maigres avec une charge minérale très faible. Pour la teneur en protéine (≈ 20 %) représente un potentiel nutritionnel important.

Alors que pour l'oursin (*P. lividus*), l'analyse réalisée par Dincer et Çakli (2007) sur la même espèce, a indiqué des valeurs similaires à nos résultats en humidité (entre 78,4 à 80,9 %). La teneur en protéine était entre 9,3 et 11,8 % ce qui est inférieur à notre valeur qui est de 19,07%. Tandis que, les lipides et les cendres (0,73 et 0,2 respectivement) sont plus faibles par rapport aux ceux obtenus par Dincer et Çakli (2007) (de 2,4 à 4,3 % pour les lipides et pour les cendres de 1,5 à 1,7 %).

II.2.2. Analyse biochimique de la farine de poissons obtenue :

Les échantillons frais ont été séchés et broyés afin d'obtenir une farine (Fig.25), sur laquelle les analyses biochimiques d'humidité, de cendres, de lipides et de protéines ont été réalisées et les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 2:Composition biochimique (en %) de la farine des trois espèces:

Composition (%)	Humidité	Cendre	Lipide	Protéine
F <i>Patelle</i> sp (F_P)	8	7,82	0,64	83,54
F <i>Thais</i> sp (F_T)	20	18,31	1,12	60,57
F Oursin (<i>P. lividus</i>) (F_O)	6,1	10,44	1,08	82,38

Après la transformation des échantillons frais en farine, une diminution importante du taux d'humidité est observée, notamment en farine (F_O) (6,1 %) et en farine (F_P) (8 %). La farine préparée par *Thais* sp reste plus humide 20 %, possiblement lié au temps de séchage. Le taux de cendres augmente, jusqu'à 18,31% pour (F_T), suivi par (F_O) (10,44%). Les protéines sont concentrées en farines obtenues pour les trois espèces étudiées. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrés pour les (F_P) et (F_O) (83,54 et 82,38 % respectivement) et la farine (F_T) possède moins de protéines (60,57% seulement). Les lipides restent faibles donc relativement stables.

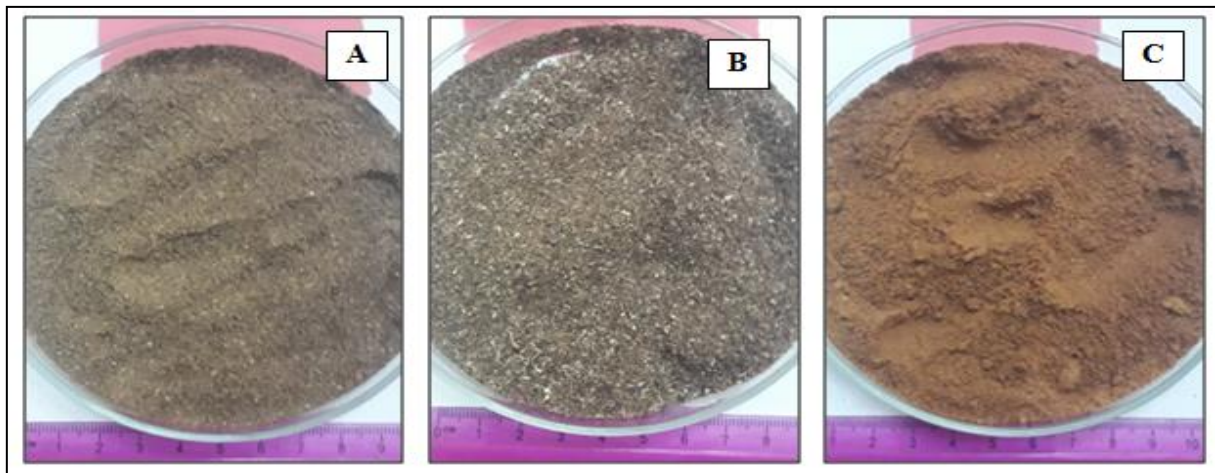


Figure 25 : La farine obtenue des trois espèces : (A) Patelles, (B) Thais sp, et (C) Oursin. (Présent travail).

Les taux d'humidité obtenus pour les trois espèces, entraînent une concentration des autres composants et dont les protéines atteignent des taux remarquable, présentant un excellent potentiel en tant que matière première pour la fabrication de farine de poisson à partir de ces trois espèces, notamment grâce à la forte concentration protéique et la faible teneur en lipides.

D'après Kamalkanth *et al.* (2014), la teneur moyenne en protéines allait jusqu'aux 40 % pour la farine obtenue à partir de *Thais mutabilis* et dont elle est inférieure à notre étude (60,57%). Farine maigre en lipides (allant jusqu'à 1,65%), presque identique à la valeur obtenue pour notre échantillon.

Le tableau ci dessous montre la composition biochimique, de la farine de poisson selon la (FAO, 1998).

Tableau 3: Valeurs indicatives d'une farine de poisson (FAO, 1998).

Humidité	Protéine	Lipides	Cendres
< 10 %	68 à 70 %	8 à 11 %	14 à 16 %

En comparant les résultats obtenus pour la farine de poisson élaborée à partir des espèces benthiques étudiées (patelles, *Thais sp* et oursin) avec les valeurs de référence fournies par la FAO (1998), plusieurs différences sont observées. La teneur en humidité de nos farines varie entre 6,1 et 20 %, ce qui montre que certains échantillons dépassent la limite recommandée de moins de 10%, pouvant impacter la stabilité et la conservation du produit. La teneur en protéines brutes, comprise entre 60,55 et 83,54 %, montre une grande variabilité : certains échantillons sont légèrement en dessous du seuil FAO (68 à 70 %), tandis que d'autres le dépassent largement, ce qui indique une richesse protéique potentiellement élevée.

En revanche, la teneur en matières grasses 0,64 % à 1,12 % est nettement inférieure à la norme FAO (8 à 11 %), ce qui pourrait être dus à l'utilisation de poissons et pas de macrofaunes benthiques qui sont à l'origine maigre en lipides. Enfin, pour les cendres, les valeurs de nos trois espèces, varient entre 7,82 et 18,31%, sont en partie en dehors de l'intervalle (14-16%) indiquée par la FAO, reflétant probablement des différences dans l'incinération incomplète de nos farines.

Il faut noter que, la farine de poisson de référence selon la FAO est produite à partir de poissons pélagiques entiers (comme les sardines, anchois, maquereaux), pour leur richesse en protéines et leur bonne digestibilité déjà prouvée.

II.2.3. Analyse biochimique des aliments fabriqués :

Après l'incorporation des ingrédients de base pour la fabrication d'aliment pour poissons (Fig.26) aux poudres de farine des trois espèces étudiées, des analyses biochimiques ont été réalisées sur le produit final (trois différents aliments). Les valeurs obtenues pour la teneur en humidité, cendre, lipide et protéine sont résumées dans le tableau 4

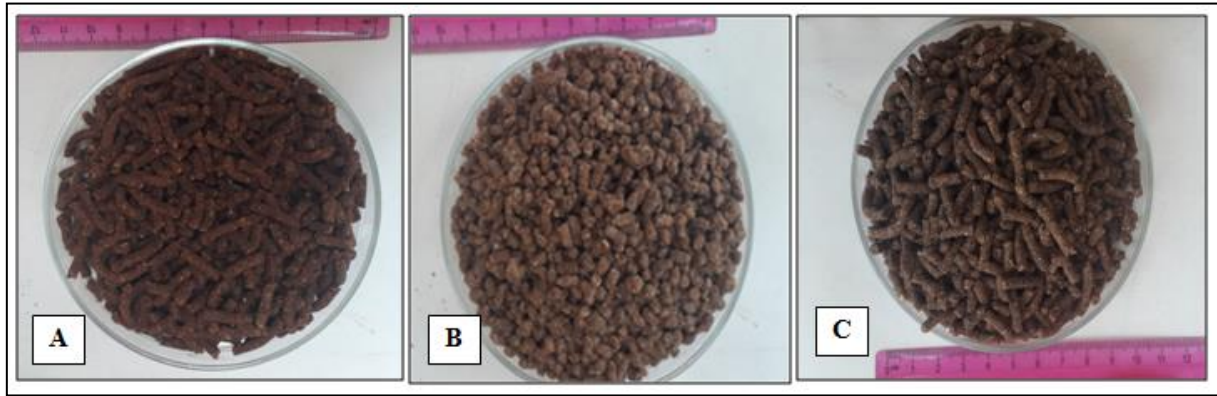


Figure 26 : Aliments fabriqués à base des trois espèces. (A) Oursin, (B) Thais sp et (C) Patelle (Présent travail).

Tableau 4:Composition biochimique (en %) des aliments à base des trois espèces :

Composition (%)	Humidité	Cendre	Lipide	Protéine
<i>Patelle sp</i> (A _P)	19,33	51	1,8	27,87
<i>Thais sp</i> (A _T)	28,67	33,66	1,72	35,95
<i>Oursin (P. lividus)</i> (A _O)	19	48,33	2,04	30,63

Après la formulation finale des trois aliments (A_P, A_T et A_O), la teneur en humidité pour les deux aliments préparés par les farines à base d'oursin et à base de patelles (A_O, A_P) se rapproche (à 19%). Tandis que pour la farine préparée par la farine à base de *Thais sp* (A_T), la teneur en eau est très (à presque 29%).

Le taux de cendres atteint une valeur remarquable pour l'aliment (A_P) à base de patelle, suivi par (A_O) à base d'oursin (51 et 48,33 % respectivement), avec un taux de lipides légèrement plus élevé pour (A_O) que les autres aliments.

Tandis que, les protéines les plus basses se remarquent en aliment préparé par la farine à base de patelles (27,87 %). Contrairement, aux deux autres aliments, avec la valeur la plus élevée (≈ 40%) aperçue pour l'aliment (A_T). Ces aliments préparés, au niveau nutritionnel, restent intéressants pour un aliment piscicole.

L'analyse biochimique des trois aliments formulés à base de macrofaunes benthiques des côtes de Mostaganem, révèle des compositions importantes et variables. Comparé aux standards internationaux recommandés pour les aliments piscicoles, notamment ceux mentionnés dans le National Research Council (NRC, 2011) et les travaux de Giraldo *et al.*(2011), et dont ces aliments commerciaux montrent des teneurs protéiques importantes entre 30 et 40 %. Nos résultats obtenus

(entre 28 et 36%) pour les trois aliments se rapprochent considérablement des valeurs des aliments commerciaux cités.

En revanche, les teneurs en lipides restent relativement faibles par rapport aux valeurs d'aliments comparés (de 4 à 8 %) et cela pourrait réduire la densité énergétique des aliments s'ils sont destinés au pré-grossissement et grossissement des adultes en aquaculture.

Les valeurs en cendres, particulièrement élevées entre 33 et 51 %, dépassent largement les normes habituelles situées entre 10 et 15 %. Cela s'explique probablement par la forte présence de produits riches en minéraux, comme cela a été rapporté par Frontier *et al.* (1977). Ces résultats suggèrent que bien que la qualité nutritionnelle en protéines soit globalement satisfaisante, une réduction des fractions minérales ou un ajustement lipidique pourrait améliorer l'équilibre nutritionnel global de l'aliment formulé.

Le tableau 5 illustre la composition analytique de deux aliments :

- 1) Aliment comme témoins négatif (AT1) préparé à base végétale seulement et formulé au niveau du CNRDPA, Algérie ;
- 2) Aliment comme témoins positifs (AT2) Aliment commercial, de la marque Coppens PREMIUM COARSE (6,0 mm pour adulte, d'origine : Allemagne).

Tableau 5: La composition analytique des deux aliments AT1 et AT2 (Oulhiz, 2019).

Composition analytique (%)	AT1	AT2
Matières minérales	8	5,3
Matières protéiques	32,5	32
Matières grasses	4,85	9

Et la figure 27 présente une comparaison des principaux paramètres biochimiques (protéines, lipides, cendres) entre les aliments formulés dans le cadre de cette étude et les deux aliments témoins.

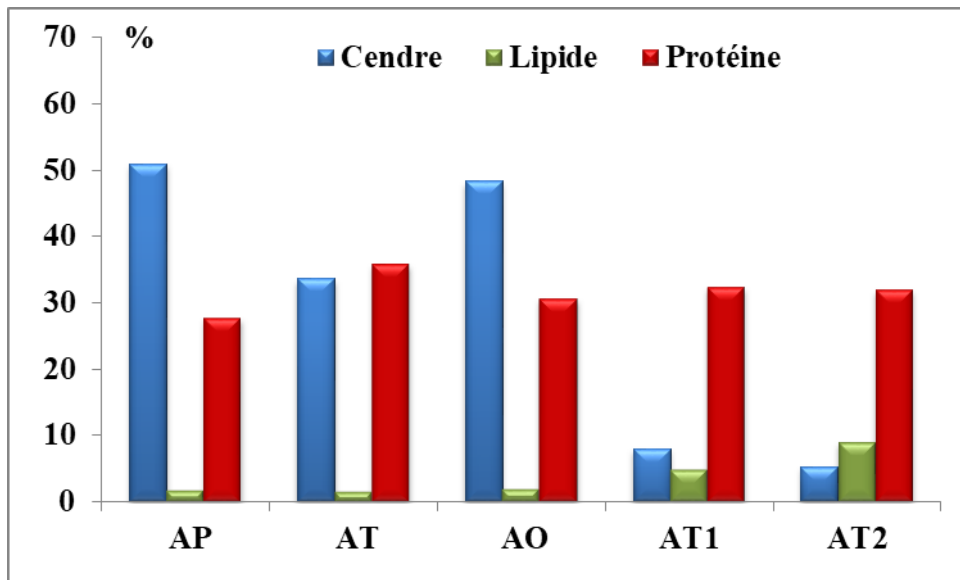


Figure 27 : Etude comparatif des résultats de nos aliments avec les aliments témoins.

Cette comparaison des différents aliments expérimentaux avec deux aliments témoins (AT1 et AT2) met en évidence des différences remarquables. En matière protéique, les trois aliments élaborés à base de farine de patelle, de *Thais sp* et d'oursin présentent des teneurs importantes, allant de 27,87 à 35,95 % ; des valeurs proches ou supérieures à celles des aliments témoins (≈ 32 %). La faible teneur en lipides de nos aliments entre 1,7 et 2,04 % par rapport aux deux aliments commerciaux (AT1 et AT2) qui atteint (5 à 9 %).

Par ailleurs, les teneurs en matières minérales des aliments expérimentaux sont plus élevées, variant de 32 à 51 %, contre seulement (5,3 à 8 %) pour les aliments témoins.

Conclusion

Conclusion :

La valorisation des ressources marines locales peut jouer un rôle important dans le renforcement de la sécurité alimentaire en Algérie, tout en favorisant le développement d'une économie circulaire dans le secteur halieutique et aquaculture. À travers ce travail, nous avons ciblé trois espèces de la macrofaune benthique, l'oursin (*Paracentrotus lividus*), la patelle (*Patella sp*) et un gastéropode (*Thais sp*) issues de la côte Mostaganémoise, encore peu exploitées à ce jour en valorisation.

L'étude a permis non seulement de produire des farines de poisson à partir de ces espèces, mais également de formuler un aliment expérimental en incorporant ces farines. Les analyses biochimiques des différents produits obtenus (les espèces à l'état frais, les farines et les aliments formulés à partir de ces espèces), ont montré des teneurs élevées en protéines, faisant de ces farines une alternative crédible aux farines de poisson traditionnelles, tout en valorisant des espèces locales souvent négligées.

Ce travail s'inscrit dans une logique de valorisation biotechnologique durable, en phase avec les besoins actuels de diversification des sources protéiques.

Afin de consolider et poursuivre cette étude, plusieurs points de développement peuvent être envisagés :

- ✓ Mise en place de programmes d'élevage (aquaculture/mariculture) pour les espèces ciblées, afin de garantir une ressource durable et régulière pour la production de farine et d'aliments.
- ✓ Optimisation des procédés de transformation (séchage, broyage, conservation) pour améliorer le rendement et la qualité nutritionnelle des produits finis.
- ✓ Évaluation nutritionnelle et zootechnique des aliments formulés, à travers des essais d'élevage sur poissons ou autres organismes aquatiques.
- ✓ Analyse économique et environnementale de la filière pour étudier la faisabilité à grande échelle et son impact sur le milieu marin.

En conclusion, cette étude constitue une première étape vers une valorisation innovante et responsable de la macrofaune benthique Algérienne. Elle témoigne du potentiel encore inexploité de nos ressources côtières, et de l'importance de les inscrire dans une stratégie de développement durable, scientifique et économique.

Références Bibliographiques

Référence bibliographiques :

- Abdou, A., Ghamizi, M., & Benabdi, M. (2021). Données écologiques et morphométriques sur les Muricidae du littoral ouest-algérien (*Thais sp.*). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Section Sciences de la Vie, 43(1), 49–58.
- Allain, C. (1975). Cycle reproducteur de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus* en Méditerranée nord-occidentale. Bulletin de la Société Zoologique de France, 100(3), 355–364.
- Barash, A., & Danin, Z. (1992). Fauna Palestina : Mollusca. Annotated list of Mediterranean mollusks of Israel. The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem.
- Barnes, R. D. (1987). Invertebrate Zoology (5th ed.). Saunders College Publishing.
- Bazile, V., & André, C. (2022). Cycle de reproduction et biologie reproductive de *Thais sp* sur les côtes rocheuses méditerranéennes. Journal Algérien des Sciences Marines et Halieutiques, 9(1), 55–68.
- Benamer, I., Bensouilah, M., & Boutiba, Z. (2010). Étude de la biodiversité benthique de la côte Ouest algérienne. Revue des Sciences de la Mer, 12(2), 45–56.
- Berland, B. (1996). Introduction. In B. Berland & P. Lassus (Éds.), Efflorescences toxiques des eaux côtières françaises : écologie, écophysiologie, toxicologie (pp. 9–12). IFREMER.
- Blanchet, M. H. (2004). Structure et fonctionnement des peuplements benthiques du bassin d'Arcachon (Thèse de doctorat, Université Bordeaux I), 226 p.
- Bouain, A., Ben Amor, M. M., & Hattour, A. (2012). Les gastéropodes marins de la Méditerranée sud-occidentale : biodiversité et importance écologique. Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, 39, 59–68.
- Boudjellal, A., Khelil, M., & Abdennour, C. (2016). Biodiversité benthique des côtes algériennes : potentiel biologique et perspectives de valorisation. Revue des Sciences de la Mer, 17(2), 105–112.
- Boudouresque, C. F. (2005). Excursion au cap Croisette (Marseille) : le milieu marin (12e éd.). GIS Posidonie Publ.
- Boudouresque, C. F., & Verlaque, M. (2001). Ecology of *Paracentrotus lividus*. In J. M. Lawrence (Ed.), Edible Sea Urchins : Biology and Ecology (pp. 177–216). Elsevier.
- Boumaza, F. Z., Beldi, H., & Soltani, N. (2016). Biodiversity of Patellidae (Gastropoda).
- Bouzaza, Z., Oualili, D., & Mezali, K. (2016). Étude discriminante basée sur la morphométrie de deux espèces de gastéropodes prosobranches, *Patella caerulea* et *Patella rustica* de la mer Méditerranée. 6e Journées Scientifiques de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Mostaganem, pp. 59–63.
- Branch, G. M. (1981). The biology of limpets : Physical factors, energy flow, and ecological interactions. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review, 19, 235–380.
- Bulleri, F., Benedetti-Cecchi, L., & Cinelli, F. (1999). Feeding preferences and performance of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in seagrass and algal beds. Marine Ecology Progress Series, 187, 77–85.
- Butler, A. J. (1985). The distribution and ecology of the muricid gastropods *Thais spp.* in the intertidal zones of the western Atlantic and the Mediterranean Sea. Journal of Molluscan Studies, 51(1), 1–11.

- Byrne, M. (1990). Annual reproductive cycles of the commercial sea urchin *Paracentrotus lividus* from an exposed intertidal and a sheltered subtidal habitat on the west coast of Ireland. *Marine Biology*, 104(2), 275–289.
- Choquet, M. (1969). Contribution à l'étude du cycle biologique et de l'inversion du sexe chez *Patella vulgata* (Mollusque Gastropode Prosobranchie). Thèse de doctorat, Université de Lille, 234 p.
- Claremont, M., Reid, D. G., & Williams, S. T. (2011). Speciation and morphological evolution in the gastropod genus *Thais* (Muricidae): Evidence from DNA and morphology. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 162(3), 616–635.
- Dauvin, J.C. (2010). Le benthos de l'estuaire de la Seine. In J.-C. Dauvin (Éd.), *Programme Seine-Aval : Synthèse des connaissances*.
- Dincer, T., & Cakli, S. (2007). Chemical composition and biometrical measurements of the Turkish sea urchin (*Paracentrotus lividus*, Lamarck, 1816). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(1), 21–26.
- Dubois-Dauphin, M. (2016). *Géopolitique de la Méditerranée*. Éditions Ellipses, 224 p.
- Ebling, F. J., Kitching, J. A., & Taylor, C. M. (1966). The ecology of Lough Ine: VI. Seasonal changes in the populations of Echinoidea. *Journal of Animal Ecology*, 35(3), 559–566.
- FAO. (1998). The production of fishmeal and oil. *FAO Fisheries Technical Paper*, 142. Chapitre 3.1 - The Principal Method of Processing.
- FAO. (1998). Utilisation des produits de la mer dans l'alimentation animale. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 389*. Rome: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- FAO. (2020). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2020*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2022). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022: Towards Blue Transformation*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fernández, C., & Boudouresque, C.-F. (2000). Nutrition of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Echinodermata : Echinoidea) fed different artificial food. In C.-F. Boudouresque (Éd.), *Nutrition of the Sea Urchin (Actes du colloque GIS Posidonie, pp. xx-xx)*. MIO, Marseille.
- Fischer, A., Dautheribes, J., & Grandjean, F. (1987). *Anatomie comparée des invertébrés*. Paris: Masson.
- Fischer, W., Bauchot, M.-L., & Schneider, M. (1987). Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire, zone de pêche 37 (Vol. 1). Rome: FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1998). The production of fishmeal and oil (FAO Fisheries Technical Paper 142, Chap. 10, Table 12a–12d). Rome: FAO.
- Fretter, V., & Graham, A. (1962). *British Prosobranch Molluscs : Their Functional Anatomy and Ecology*. London: The Ray Society.
- Gbogouri, G. A. (2005). Production d'hydrolysats de protéines de poissons par voie enzymatique et évaluation de leurs propriétés fonctionnelles (Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, Canada).
- Ghyoot, M. (1977). L'anatomie de l'oursin comestible *Paracentrotus lividus*. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 46, 75–90.

- Ghyoot, M. (1991). Les podia et leurs fonctions chez les échinodermes. *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 116(4), 329–338.
- Giraldo, A., Martínez, R., & Vásquez, J. (2011). Evaluación nutricional de alimentos comerciales para peces. *Revista MVZ Córdoba*, 16(1), 2344–2354.
- Grimes, S. (2003). Bilan et diagnostic national de la pollution marine de la côte algérienne liée à des activités menées à terre. Rapport PAM/PAS MED/MEDPOL.
- Grimes, S., Boutiba, Z., Bakalem, A., Bouderbala, M., Boudjellal, B., Boumaza, S., ... & Sellali, B. (2004). Biodiversité marine et littorale algérienne. *Sonatrach, Alger*, 361 p.
- Grosjean, P. (2001). Modélisation de la croissance et de la reproduction chez l'oursin *Paracentrotus lividus* (Thèse de doctorat, Université de Mons-Hainaut, Belgique).
- Guallart, J., Calvo, M., & Cabezasa, P. (2010). Hermafroditismo en la lapa ferruginosa (*Patella ferruginea*), especie catalogada « en peligro de extinción ». In XVI Simposio Ibérico de Estudios de Biología Marina (p. 150). Alicante: Book of Abstracts.
- Guerreiro, M., & Retière, L. (1991–1992). Étude de la farine de poisson : Collaboration INTERPECHE/IFREMER. *Archives d'Ifremer*, 66 p.
- Hardy, R. W., & Tacon, A. G. J. (2002). Fish meal: Historical uses, production trends and future outlook for sustainable supplies. In R. R. Stickney & J. P. McVey (Eds.), *Responsible Marine Aquaculture* (pp. 311–325). CABI Publishing.
- IFREMER. (2010). Étude sur la valorisation des coproduits de la pêche et de l'aquaculture. Rapport technique, 76 p.
- Jones, N. S. (1948). Observations and experiments on the biology of *Patella vulgata* at Port St Mary, Isle of Man. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*.
- Kaddour Seghir, H., & Touahria, F. Z. (2023). Cartographie spatio-temporelle de la répartition de l'herbier à *Posidonia oceanica*, au-devant de la plage de Stidia (Mostaganem, Algérie), 73.
- Kamalkanth, S., Christy Ponni, A., Muniyan, M., & Chandravathani, S. (2014). Biochemical composition of intertidal muricid gastropod *Thais mutabilis* (Link). *International Journal of Modern Research Review*, 2(1), 8–14.
- Kempf, M. (1962). Les régimes alimentaires des oursins des côtes de Provence. *Bulletin de l'Institut Océanographique de Monaco*, 59(1245), 1–23.
- Kim, S.-K. (2013). *Marine Biomaterials: Characterization, Isolation and Applications*. CRC Press, 724 p.
- Lamarck, J.-B. (1816). *Paracentrotus lividus*. In *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres* (Vol. 3). Paris: Verdière.
- Le Floc'h, P., Daures, F., & Reynal, L. (2014). La valorisation des coproduits de la pêche : Enjeux économiques et perspectives. Éditions Quae, Versailles.
- Le Gall, S., Francour, P., & Vial, C. (1989). Structure et rôle des podia chez l'oursin *Paracentrotus lividus*. *Cahiers de Biologie Marine*, 30, 147–156.
- Le Quesne, W. J. F. (2005). The response of a protandrous species to exploitation, and the implications for management: A case study with patellid limpets (Doctoral dissertation, University of Southampton), 203 p.

- Louisy, P., & Maitre-A. T. (2000). Faune de France : Animaux du bord de mer. Éditions Artémis, Collection Découverte-Nature, 160 p.
- Mappemonde. (2021). Carte Algérie : Informations géographiques et démographiques. Récupéré de <https://www.mappemonde.net>
- Mortensen, T. (1927). A monograph of the Echinoidea. Volume II: Bothriocidaroida, Melonechinoida, Lepidocentroida. Copenhagen: C.A. Reitzel.
- Mostari, A., Benabdeli, K., & Vela, E. (2020). Le littoral de Mostaganem (Algérie), une “zone importante pour les plantes” (ZIP) autant négligée que menacée.
- Nakhlé, K. F. (2003). Le mercure, le cadmium et le plomb dans les eaux littorales libanaises : rapport et suivi au moyen de bioindicateurs quantitatifs (éponges, bivalves, et gastéropodes) (Thèse de doctorat, Université Paris 7 – Denis Diderot, France).
- National Research Council. (2011). Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington, DC: National Academies Press.
- Neal, K. J., & Skewes, M. (2004). *Patella ulyssiponensis*. Chine Arapédes. Marine Life Information Network.
- Nédélec, H. (1983). Comportement et activité chez *Paracentrotus lividus*. Vie et Milieu, 33, 123–132.
- Nguyen, Q. D. (2009). Valorisation des coproduits de poissons : Vers de nouveaux débouchés. Innovations Agronomiques, 4, 25–35.
- OCDE/FAO. (2021). Perspectives agricoles de l’OCDE et de la FAO 2021–2030. Paris/Rome: Organisation de coopération et de développement économiques & Organisation des Nations Unies pour l’alimentation et l’agriculture.
- Olsen, R. L., & Hasan, M. R. (2012). A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 564.
- Oulhiz, A. (2019). Évaluation, valorisation et utilisation des coproduits de la crevette rouge (*Aristeus antennatus*) et du thon (*Thunnus thynnus*) pour l’alimentation du tilapia rouge (*Oreochromis sp*) [Thèse de doctorat, Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem].
- Penven-Turpault, M. (2017). Les hydrolysats de coproduits de poisson : procédés, rendements et débouchés. In Rencontres Halieutiques de Rennes (pp. 45–52).
- Régis, M. B. (1978). Écophysiologie de l’oursin *Paracentrotus lividus* (Thèse de doctorat, Université d’Aix-Marseille II, France).
- Roule, L., et al. (1889). Zoologie : Les échinodermes des côtes méditerranéennes. Archives de Zoologie Expérimentale et Générale, 7, 125–164.
- Sapinto, A., Branco, M., Harris, D. J., & Alexandrino, P. (2005). Phylogeny and phylogeography of the genus *Patella* based on mitochondrial DNA sequence data. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.
- Semroud, R., & Kada, O. (1987). Comportement alimentaire de *Paracentrotus lividus* sur les côtes algériennes. Rapp. Comm. int. Mer Médit., 31, 8.
- Soualili, D. L. (2008). Cycle sexuel et dynamique de la reproduction de l’oursin comestible *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) sur la côte est algérienne (Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar - Annaba, Algérie).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Spirlet, C., Grosjean, P., & Jangoux, M. (1994). Reproductive cycle of the echinoid *Paracentrotus lividus* : Gonadal development and somatic growth. *Marine Ecology Progress Series*, 111, 203–210.
- Tomas, F., Turon, X., & Romero, J. (2006). Effects of herbivores on a *Posidonia oceanica* sea grass meadow: Importance of epiphytes. *Marine Ecology Progress Series*, 327, 143–153.
- Tortonese, E., & Vadon, C. (1987). Les Échinodermes : Étoiles de mer, oursins, ophiures, holothuries, crinoïdes. Collection « Le monde vivant ». Delachaux et Niestlé, Paris, 191 p.
- Tortonese, E. (1965). Fauna d'Italia. Echinodermata. Bologna:Calderini Editore.
- Verlaque, M., & Nédélec, H. (1983). Biologie des oursins comestibles de Méditerranée. Contribution à l'étude du comportement alimentaire de *Paracentrotus lividus*. *Vie et Milieu*, 33(3), 191–201.
- Verlaque, M. (1987). Contribution à l'étude du phytobenthos d'un écosystème photophile thermophile marin en Méditerranée occidentale (Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille II, France).
- Vololonirina, M. A. (2017). Valorisation des déchets de poissons en huile et farine de poisson à des fins alimentaires (Mémoire de Master, Université d'Antananarivo, Madagascar).
- Vrantzis, G., et al. (1988). Feeding behavior of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the Aegean Sea. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 31, 8.
- Young, C. M., Sewell, M. A., & Rice, M. E. (1997). Atlas of Marine Invertebrate Larvae. Academic Press, San Diego.