REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES

Mémoire

Présenté pour obtenir le diplôme de **Master**

En Sciences de la nature et de la vie

Spécialité : Ecologie

Par :

KHETIRI Khawla

YAGOUBI Manel

Thème :

Variations saisonnières des copépodes en relation avec la production halieutique au niveau de la côte Algéroise

Soutenue publiquement le : 24 / 06 / 2024. Devant le jury composé de :

HAMZA Imane	**MCB**	U. Médéa	Président
MESMOUDI M. B.	**MCB**	U. Médéa	Examinateur
CHAOUADI Mustapha	**MCB**	U. Médéa	Encadreur
BENSLIMANE Samira	**Doctorante**	USTHB	Co-Encadreur

Année universitaire 2023/2024

RESUME

Des recherches ont été menées dans la baie de Bou Ismail dans le but d'étudier la variation saisonnière des copépodes en relation avec la production halieutique. L'échantillonnage a été réalisé au sein de la couche épi-pélagique par le filet WP2.

62 espèces ont été identifiées, réparties en 23 familles. Les animaux identifiés appartiennent à 3 ordres (Calandoida, Cyclopoida et Harpacticoida).

Les familles les mieux représentées sont les Paracalanidae, les Calanidae, les Clausocalanidae, les Eucalanidae, les Centropagidae, les Aetideidae et les Sapphirinidae.

L'abondance totale variait entre un minimum de 80,32 individus/m^3 et un maximum de 598,35 individus/m^3.

L'analyse quantitative des échantillons, a montré qu'il existe une différence significative entre la faune estivale et hivernale, estivale et printanière et entre la communauté automnale et hivernale.

L'étude structurelle des communautés zooplanctoniques issues de la zone d'étude a montré que la faune issue de la baie de Bou Ismail est fortement diversifiée et bien équilibrée présentant un gradient saisonnier croissant.

ABSTRACT

Research was carried out in Bou Ismail Bay to study the seasonal variation of copepods in relation to fish production. Sampling was carried out in the epi-pelagic layer using the WP2 net.

62 species were identified, divided into 23 families. The animals identified belong to 3 orders (Calandoida, Cyclopoida and Harpacticoida).

The best represented families are Paracalanidae, Calanidae, Clausocalanidae, Eucalanidae, Centropagidae, Aetideidae and Sapphirinidae.

Total abundance ranged from a minimum of 80.32 ind/m^3 to a maximum of 598.35 individuals/m^3.

Quantitative analysis of the samples showed a significant difference between summer and winter fauna, summer and spring fauna and autumn and winter communities.

The structural study of zooplankton communities in the study area showed that the fauna in Bou Ismail Bay is highly diversified and well-balanced, with an increasing seasonal gradient.

ملخص

تم إجراء بحث في خليج بو إسماعيل بهدف دراسة التباين الموسمي لمجدافيات الأرجل فيما يتعلق بإنتاج الأسماك.
.WP2 تم أخذ العينات في الطبقة فوق السطحية البحرية باستخدام شبكة

تم تحديد 62 نوعاً، مقسمة إلى 23 فصيلة. تنتمي الحيوانات التي تم تحديدها إلى 3 رتب (كالاندويدا،
.وسيكلوبويدا، وهاربكتكويدا، وهاربكتكويدا)

، Eucalanidae، وClausocalanidae، وCalanidae، وParacalanidae أفضل العائلات تمثيلاً هي
.Sapphirinidae، وAetideidae، وCentropagidaeو

.تراوحت الوفرة الكلية من 80.32 فرد/متر مكعب كحد أدنى إلى 598.35 فرد/متر مكعب كحد أقصى

وأظهر التحليل الكمي للعينات وجود اختلاف كبير بين حيوانات الصيف والشتاء، وحيوانات الصيف والربيع،
.وحيوانات الخريف والشتاء

أظهرت الدراسة التركيبية لمجتمعات العوالق الحيوانية من منطقة الدراسة أن الحيوانات من خليج بو إسماعيل
.متنوعة للغاية ومتوازنة بشكل جيد، مع تدرج موسمي متزايد

Remerciement

" "

قال صلى الله عليه وسلم : من لم يشكر الناس لم يشكر الله عز وجل

Nous remercions Dieu de nous avoir toujours accordé le succès dans la réalisation de ce travail, et sans son succès, nous ne serions pas arrivés ici.

Alors que nous terminons cet effort scientifique, nous ne pouvons-nous empêcher d'exprimer nos plus grands remerciements et gratitude à tous ceux qui nous ont tendu la main et nous ont aidés à mener à bien cette recherche, et je mentionne en particulier le superviseur, le professeur CHAOUADI MUSTAPHA, qui a supervisé très attentivement la recherche et pour ses efforts sincères, ses efforts et les conseils judicieux qu'il a fournis pour produire la recherche au niveau requis. Que Dieu le récompense en notre nom et le protège de tout mal.

Nous remercions également le comité de discussion d'avoir accepté l'invitation à discuter et évaluer notre mémorandum, « Mme Hamza Iman, Masmoudi Moutassim Billah ».

Nous n'oublions pas non plus de remercier notre invitée, Mme BenSlimane Samira, pour son humilité et sa coopération avec nous.

Enfin toute personne qui a participé de près ou de loin à l'accomplissement de ce mémoire

DIDICACE

khawla

Après un parcours académique qui a duré des années, au cours duquel j'ai enduré beaucoup de difficultés, d'épreuves et de fatigues, me voici aujourd'hui, debout sur le seuil de mon diplôme, récoltant les fruits de mon travail et levant mon chapeau avec fierté, ô Dieu, Louange à Toi avant d'être satisfait, Loué à Toi si Tu es satisfait et Loué à Toi après que tu sois satisfait, car tu m'as guidé pour avoir accompli ce travail et réalisé mon rêve **Je dédie ce succès**…

A celui qui a décoré mon nom des plus beaux titres, qui m'a soutenu sans limites et m'a donné sans rien en retour. À celui qui m'a appris que le monde est un combat et que ses armes sont la science et la connaissance, à celui qui a inculqué dans mon âme les bonnes mœurs, mon premier soutien sur mon chemin, mon soutien, ma force et mon refuge après Dieu, à ma fierté et à ma fierté, **mon père.**

À celle que Dieu a mis le Paradis sous ses pieds, et dont le cœur m'a embrassé devant sa main et m'a facilité l'adversité par ses supplications, au cœur compatissant et à la bougie qui était pour moi dans les nuits obscures, le secret de mon la force et le succès, et la lampe de mon chemin à la lueur de ma vie, **ma mère.**

Au pont de l'amour et du don, source de ma force, à celles qui m'ont comblée d'amour et de conseils, à celles qui ont toujours été l'ombre de cette réussite, **mes sœurs.**

Fatima, Nawal, Wahiba, Malek

A ceux avec qui j'ai été béni comme soutien pour moi, **mes frères.**

Mohamed, Ramzi

***Aux amis** des situations, pas des années*

Ahlem, Nadjat, Samia

***À ma collègue Manal,** qui partage avec nous des moments de fatigue et de joie tout au long de ce travail.*

DIDICACE

MANEL

Louange à Dieu pour l'amour, la gratitude et la gratitude. Je n'aurais pas fait cela sans la grâce de Dieu. Louange à Dieu pour le début et la fin.

Je dédie mon diplôme :

À celui dont le front est couvert de sueur et à celui qui m'a appris que le succès ne vient qu'avec patience et persévérance, à la lumière qui a éclairé mon chemin et à la lampe dont la lumière ne s'éteint jamais dans mon cœur, celui dont je suis issu ma force et ma fierté, **mon cher père.**

À la femme qui a fait de moi une fille ambitieuse et qui m'a facilité les difficultés avec ses prières cachées, au cœur attentionné et à la bougie qui était pour moi dans les nuits sombres, **ma mère.**

Jusqu'aux jours les plus brillants de ma vie, ils ont été mon soutien, mes soutiens et mes encouragements, éliminant toujours les problèmes de mon chemin, ouvrant la voie, insufflant confiance et détermination en moi, **mes sœurs**,

Nesrine, Ihsan,

À l'ami des années et à celui qui a affronté l'adversité, à celui qui m'a fait sourire dans les moments difficiles, à celui qui m'a rappelé à quel point je suis fort et capable, à celui qui ne me frustre pas et croit en mon courage, à la bougie qui éclaire mon chemin, **mon amie et comme ma sœur**, *Hadil*

À celui qui m'a soutenu avec amour quand j'étais faible, au compagnon du premier pas, à celui qui a été un nuage de pluie dans les années de soudure, **mon meilleur ami**, *Ayoub*

À ceux avec qui je suis plus grand, dont je dépends et avec la présence desquels je gagne une force et un amour illimités, **mes amis**: *Lamiya, Ikram, Amal, Hamida, Sarah, Manar*

À ma collègue Khawla, *qui partage avec nous des moments de fatigue et de joie tout au long de ce travail*

SOMMAIRE

Introduction ……2

Chapitre I. généralités

I. 1. Composition des copépodes....4
I. 2. Répartition des copépodes....5
I. 3. Écologie des espèces de copépodes....7
I. 4. Les Petits Pélagiques : Vie et Importance dans les Océans....7
I. 4. 1. L'Allache (sardinella aurita)....8
I. 4. 2. Anchois (Engraulis encrasicolus)....9
I. 4. 3. La sardine (sardina pilchardus)....10
I. 4. 4. Le saurel (Trachurus trachurus)....11
I. 5. Relation trophique petits pélagiques - copépodes....12

Chapitre II. Matériel & Méthodes

II. 1. Situation géographique de la baie de Bou Ismail....13
II. 1. 1. Climat et conditions météorologiques....14
II. 1. 2. Géographie et bathymétrie....14
II. 1. 3. Importance écologique, économique et culturelle....14
II. 1. 3. 1. Écosystèmes Marins et Côtiers....14
II. 1. 3. 2. Rôle Économique....15
II. 1. 3. 3. Défis Environnementaux....15
II. 2. Port de bouharoun....15
II. 2. 1. Infrastructures et capacités....16
II. 2. 2. Activités et secteurs clés....16
II. 3. Port d'Alger....19
II. 3. 1. Infrastructures et capacités....19
II. 3. 2. Activités de pêche....20
II. 3. 3. Importance Économique....20
II. 3. 4. La poissonnerie....20
II. 4. Stations de prélèvements zooplanctonique....21
II. 5. Récolte des échantillons....22
II. 5. 1. Échantillonnage et fixation du zooplancton....22
II. 5. 2. Dénombrement et identification des Copépodes....23
II. 6. Etude qualitative....23
II. 6. 1. Biodiversité taxonomique....23
II. 6. 2. Richesse spécifique....24

II. 6. 3. Fréquence d'occurrence *24*
II. 6. 4. Comparaison qualitative saisonnière *24*
II. 7. Etude quantitative *25*
II. 7. 1. Abondance totale *25*
II. 7. 2. Comparaison quantitative des populations de copépodes *25*
II. 8. Analyses structurales de la faune mésozooplanctonique *25*
II. 9. Corrélation entre les copépodes et les petits pélagiques *26*

Chapitre III. Résultats

III. 1. Composition taxonomique des copépodes *27*
III. 1. 1. Biodiversité taxonomique *27*
III. 1. 2. Fréquence d'occurrence *27*
III. 1. 3. Richesse Spécifique *30*
III. 2. Etude quantitative des peuplements zooplanctoniques *31*
III. 3. Etude structurale de la faune zooplanctonique *32*
III. 3. 1. Indice de Simpson *32*
III. 3. 2. Indice de Shannon *33*
III. 3. 3. Indice de Pielou *33*
III. 3. 4. Indice de Parker *34*
III. 3. 5. Indice de dominance d'Odum *35*
III. 4. Production halieutique totale *37*
III. 5. Comparaison de la production halieutique totale *37*
III. 6. Production en espèces des petits pélagiques *38*
III. 7. Relation entre abondance des copépodes et production de petits pélagiques *39*

Chapitre IV. Discussion

IV. 1. Variabilité qualitative et comparaison avec les régions adjacentes *42*
IV. 2. Variabilité saisonnière de la composition quantitative des copépodes *43*
IV. 3. Effets de la variabilité saisonnière sur la structure écologique des communautés *44*
IV. 4. Relation trophique entre les copépodes et les petits pélagiques *44*
Conclusion *48*
Références bibliographiques *49*

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Chaine trophique pélagique.....5
Figure 2. Répartition géographique des copépodes (Razouls et al., 2005-2024).....6
Figure 3. Photographie montrant la morphologie externe de l'allache.....9
Figure 4. Photographie montrant la morphologie externe de l'anchois.....10
Figure 5. Photographie montrant la morphologie externe de la sardine.....11
Figure 6. Photographie montrant la morphologie externe de saurel.....12
Figure 7. 1. Localisation géographique de la Baie de Bou Ismail.....13
Figure 8. Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou Ismail.....15
Figure 9. Port de Bouharoun (Amimer, 2017).....16
Figure 10. Composition de la flottille actuelle de port de Bouharoun.....17
Figure 11. Photo prise de port d'Alger.....19
Figure 12. Composition de la flottille actuelle de port d'Alger.....20
Figure 13. Localisation géographique des stations de prélèvements.....22
Figure 14. Filet Working Party II (Scor Unesco, 1968).....23
Figure 15. Richesse spécifique identifiée au niveau de la baie de Bou Ismail.....30
Figure 16. Abondances totales (individus.m-3) des copépodes au sein de la baie de Bou Ismail 31
Figure 17. Variation saisonnière de l'indice de Simpson.....33
Figure 18. Variation saisonnière de l'indice de Shannon.....33
Figure 19. Variation saisonnière de l'indice de Pielou.....34
Figure 20. Variation saisonnière de l'indice de Parker.....34
Figure 21. Variation saisonnière de l'indice de dominance d'Odum.....35
Figure 22. Heatmap des corrélations entre les différents indices écologiques.....36
Figure 23. Variation saisonnière de la production halieutique totale et la production en petits pélagiques.....37
Figure 24. Comparaison saisonnière de la production halieutique totale au niveau des deux ports de pêche.....38
Figure 25. Variation saisonnière de la production en espèces de petits pélagiques.....39
Figure 26. Représentation du test de corrélation entre la production de petits pélagiques et l'abondance des copépodes.....40
Figure 27. Heatmap de la corrélation entre les proies (copépodes) et les prédateurs (petits pélagiques).....41

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Répartition de la biodiversité des espèces de copépodes dans l'océan mondial (Razouls et al., 2005-2024).....6
Tableau 2. Répartition de la production halieutique issue du port de Bouharoun.....17
Tableau 3. Variation annuelle de la production halieutique au niveau du port de Bouharoun.....18
Tableau 4. Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnages.....21
Tableau 5. Biodiversité taxonomique et fréquence d'occurrence (Fi) de la faune des copépodes de la région des iles issue de la côte algérienne.....28
Tableau 6. Comparaison qualitative entre les stations de prélèvement.....30
Tableau 7. Valeurs de p-values obtenues par la procédure de Bonferroni.....31
Tableau 8. Comparaison quantitative par le test de Kruskal-Wallis.....32
Tableau 9. Valeurs de p-values obtenues par la procédure de Conover-Iman.....32
Tableau 10. Corrélations entre les indices écologiques et leurs significativités.....36
Tableau 11. Niveaux des biodiversités de la faune de Copépodes liés aux différentes régions de la méditerranée.....42

INTRODUCTION

Les écosystèmes marins des côtes algériennes abritent une biodiversité riche et variée, où les petits pélagiques et les copépodes jouent des rôles clés dans la dynamique des communautés aquatiques (Bacha et Amara, 2009). L'Algérie, avec ses plus de 1600 km de côte, est particulièrement favorable à la pêche, bien que l'activité soit limitée aux baies en raison du terrain accidenté.

Les petits pélagiques jouent un rôle central dans les réseaux trophiques marins, reliant les compartiments phyto- et zooplanctoniques aux niveaux trophiques supérieurs (Cury *et al*., 2000). Les petits pélagiques, tels que la sardine, l'anchois, le saurel et l'allache, sont d'une importance cruciale pour la pêche commerciale et artisanale. En Algérie, ces espèces représentent environ 80% de la production halieutique totale, soulignant leur importance économique et alimentaire (Bacha & Amara, 2009). En tant que proies pour de nombreux prédateurs marins, ces espèces constituent une source de nourriture essentielle pour des poissons plus grands, des oiseaux marins et des mammifères marins (Bakun, 2013).

Les copépodes, principaux composants du zooplancton, jouent un rôle central dans les réseaux trophiques marins en servant de lien entre les producteurs primaires (phytoplancton) et les consommateurs secondaires (petits pélagiques et larves de poissons) (Humes, 1994; Kiørboe, 2011). Ils représentent l'une des biomasses animales les plus abondantes sur Terre, avec une distribution ubiquitaire dans tous les environnements aquatiques (Kiørboe, 2011; Beaugrand *et al*., 2002). Les études régionales montrent que les communautés de copépodes dans les eaux côtières algériennes varient spatialement et temporellement, influencées par les conditions hydrologiques locales et les variations saisonnières (Chaoui & Kara, 2011).

L'interaction entre les copépodes et les petits pélagiques est un domaine de recherche crucial pour comprendre les écosystèmes marins côtiers (Mauchline, 1998). Les copépodes constituent une source alimentaire importante pour les larves de poissons et les petits pélagiques, influençant directement leur croissance, leur survie et leur distribution. Les variations dans l'abondance des copépodes peuvent avoir des impacts significatifs sur les populations de petits pélagiques (Tsikliras *et al.*, 2015).

La compréhension des interactions complexes entre les différentes composantes de l'écosystème est donc essentielle pour une gestion efficace (Checkley *et al.*, 2009). Ces

recherches contribuent également à la gestion durable des ressources halieutiques et à la préservation de la biodiversité marine dans la région.

Chapitre I.
Généralités

I. 1. Composition des copépodes

Les copépodes sont considérés comme les animaux les plus abondants sur Terre, surpassant les insectes et les nématodes (Humes, 1994), et on estime qu'ils pourraient être plus nombreux que tous les autres métazoaires combinés. Huys et Boxshall (1991) ont estimé qu'avec un copépode par litre d'eau océanique, plus de 1,347 x 10^{21} copépodes seraient présents sur Terre. Leur abondance est illustrée par leur présence dans tous les environnements aquatiques, dans une large gamme de salinité, de température, de pH et de latitude : des eaux douces aux eaux hypersalines, des glaciers aux sources d'eau chaude, des fosses océaniques profondes (jusqu'à -10 km) aux montagnes (jusqu'à +5 km) (Huys & Boxshall, 1991 ; Kiørboe, 2011). Certains copépodes ont également été observés dans des environnements atypiques tels que des pneus abandonnés, des ananas, des broméliacées, des flaques, des mousses d'arbres et des réservoirs d'eau (Huys & Boxshall, 1991).

La plupart des copépodes mesurent entre 500 µm et 5 mm. En proportion de leur taille, les copépodes sont également décrits comme les animaux les plus forts et les plus rapides du monde. Ils sont dix à trente fois plus forts que tout autre métazoaire mesuré et peuvent se déplacer jusqu'à un demi-mètre (environ 500 fois leur longueur corporelle) en moins d'une seconde (Kiørboe *et al.*, 2010).

Les copépodes constituent la majorité du zooplancton, représentant jusqu'à 88 % de la biomasse et jusqu'à 99 % de la densité numérique dans les zones pélagiques (Thompson *et al.*, 2013). Ils se nourrissent de microorganismes, de phytoplancton et de petits zooplanctons, et sont eux-mêmes consommés par les larves de poissons des espèces principalement consommées par les humains, comme le saurel, les sardines et les anchois. La disparition ou la diminution soudaine de l'abondance des copépodes peut avoir un impact économique sévère pour notre pays et des conséquences sur la santé pour les pays où le poisson est la principale source de protéines.

Les copépodes sont des acteurs essentiels de l'équilibre écologique dans la plupart des écosystèmes. Ils occupent une position clé dans la chaîne alimentaire, reliant le monde microbien, dont ils se nourrissent, aux nombreuses espèces de poissons, crevettes et méduses qui les consomment (Fig. 1). En tant que maillon essentiel, ils transfèrent la matière organique des producteurs primaires vers les niveaux trophiques supérieurs

(Antajan *et al*., 2008). Les copépodes jouent également un rôle actif dans le recyclage du carbone dans l'océan (Mayzaud & Pakhomov, 2014).

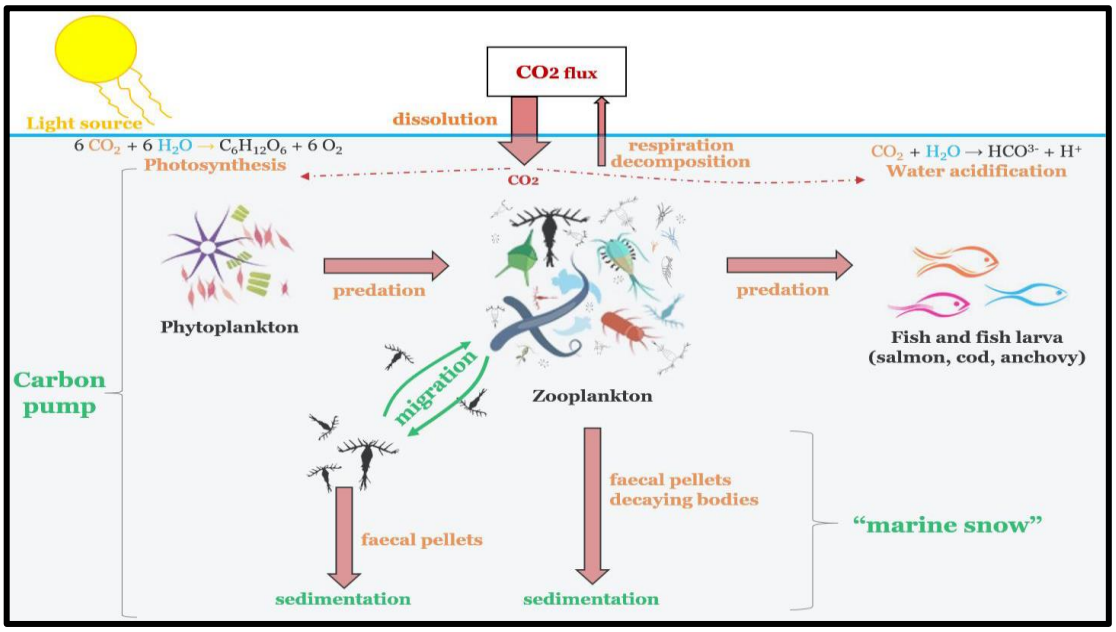


Figure 1. Chaine trophique pélagique

I. 2. Répartition des copépodes

Les Copépodes, extrêmement abondants et présents dans toutes les zones géographiques de l'océan mondial, constituent un groupe de 2694 espèces pélagiques (Razouls *et al*., 2005- 2024). Le nombre des espèces varie d'une zone à une autre (Fig. 2 & Tab. 1).

La diversité des Copépodes pélagiques varie considérablement selon les zones géographiques. L'océan Indien abrite la grande biodiversité avec plus de 900 espèces, tandis que l'océan Arctique en compte le moins, avec moins de 200. La mer Méditerranée et la mer Noire hébergent quant à elles 588 espèces.

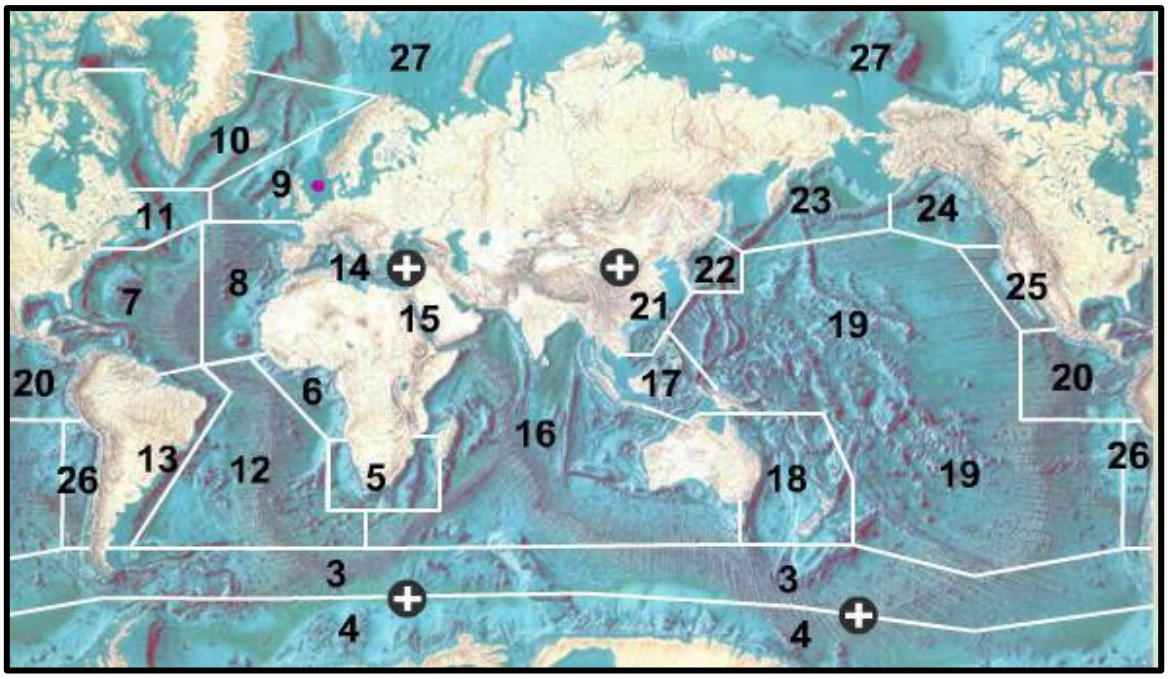


Figure 2. Répartition géographique des copépodes (Razouls *et al.*, 2005-2024)

Tableau 1. Répartition de la biodiversité des espèces de copépodes dans l'océan mondial (Razouls *et al.*, 2005-2024)

Code	Zone	Nombre d'espèces	Code	Zone	Nombre d'espèces
3	*Subantarctique*	286	16	*Océan Indien*	993
4	*Antarctique*	302	17	*Golfe de Thaïlande*	656
5	*Afrique du Sud*	291	18	*Australie*	549
6	*Golfe de Guinée*	373	19	*Pacifique tropicale-Centrale*	***550***
7	*Mer des Antille*	724	20	*Pacifique tropicale-Est*	***517***
8	*Ile du Cap Ver*	760	21	*Mer de Chine*	646
9	*Irlande*	393	22	*Mer du Japon*	718
10	*Islande du Sud*	202	23	*Pacifique Nord-Ouest*	370
11	*Cap Cod*	261	24	*Pacifique Nord-Est*	299
12	*Atlantique Sud Central*	340	25	*Golfe de Californie*	459
13	*Brésil Argentine*	398	26	*Pacifique Sud-Est*	***437***
14	*Mer Méditerranée - Mer Noire*	588	27	*Océan Arctique*	191
15	*Mer Rouge*	280			

I. 3. Écologie des espèces de copépodes

Les copépodes sont des acteurs essentiels de l'équilibre écologique dans la plupart des écosystèmes. Ils occupent une position clé dans la chaîne alimentaire, reliant le monde microbien, dont ils se nourrissent, aux nombreuses espèces de poissons, crevettes et méduses qui les consomment. En tant que maillon essentiel, ils transfèrent la matière organique des producteurs primaires vers les niveaux trophiques supérieurs (Antajan *et al.*, 2008). Les copépodes jouent un rôle actif dans le recyclage du carbone dans l'océan (Mayzaud & Pakhomov, 2014). Certaines populations de copépodes, comme Calanus helgolandicus, Centropages typicus et C. hamatus, présentent une tolérance remarquable aux variations des conditions environnementales, telles que la température, la salinité et la concentration en nutriments (Gaudy & Champalbert, 1998). Cependant, d'autres populations, comme Calanus finmarchicus, se montrent très sensibles aux variations de ces mêmes conditions environnementales (Beaugrand, 2005). Certaines populations de copépodes servent d'indicateurs hydrologiques précieux. En particulier, près des côtes algériennes, la présence d'espèces dépendantes du courant Atlantique reflète la circulation de la masse d'eau en provenance de l'Atlantique (Hafferssas, 2010). La présence de populations bathypélagiques dans la couche superficielle de l'eau s'explique par les mouvements dynamiques des masses d'eau à l'échelle verticale. Les mouvements de résurgences côtières jouent un rôle particulièrement important dans ce phénomène (Boucher *et al*., 1987). Certaines populations de copépodes constituent de précieux indicateurs hydrologiques. En particulier, à proximité des côtes algériennes, la présence d'espèces inféodées au courant atlantique reflète la circulation de la masse d'eau atlantique (Hafferssas, 2010). La présence de populations bathypélagiques dans la couche superficielle s'explique par les mouvements dynamiques des masses d'eau à l'échelle verticale, notamment les mouvements de résurgences côtières (Boucher *et al*., 1987).

I. 4. Les Petits Pélagiques : Vie et Importance dans les Océans

Les petits pélagiques sont un groupe de petits poissons vivant près de la surface des océans. Ils incluent principalement des espèces telles que les sardines, les anchois, les sprats et les maquereaux. Ces poissons forment des bancs denses et représentent une source de nourriture essentielle pour de nombreux prédateurs marins comme les thons, les oiseaux et les mammifères marins (Bakun, 2013). La biomasse des petits pélagiques

fluctue considérablement d'une année à une autre, influencée par divers facteurs océanographiques comme les courants marins, la température de l'eau et la productivité du plancton dont ils se nourrissent. En raison de leur croissance rapide et de leur cycle de vie court, les populations de petits pélagiques réagissent rapidement aux fluctuations de leur environnement (Checkley *et al.*, 2017).

Les petits pélagiques sont souvent caractérisés par leur présence dans les eaux côtières, où ils peuvent être trouvés de la surface jusqu'à des profondeurs de plusieurs centaines de mètres. Leur alimentation consiste principalement en zooplancton, y compris des copépodes, ainsi que du phytoplancton, des larves et de jeunes poissons. Cette diversité alimentaire leur permet de jouer un rôle crucial dans la chaîne alimentaire marine, reliant le monde microbien aux nombreux prédateurs qui les consomment.

Ces poissons sont d'une grande importance pour la pêche artisanale et commerciale, en particulier dans les régions méditerranéennes et atlantiques. Leur importance économique est soulignée par leur capture pour la consommation humaine, l'aquaculture et comme appât dans la pêche. De plus, certaines populations humaines consomment directement ces poissons, ce qui renforce leur rôle dans la sécurité alimentaire mondiale. Sur le plan écologique, les petits pélagiques jouent un rôle clé dans le recyclage du carbone dans l'océan et dans le maintien de l'équilibre des écosystèmes marins. En tant que maillon essentiel de la chaîne alimentaire, ils transfèrent la matière organique des producteurs primaires vers les niveaux trophiques supérieurs (Antajan *et al*., 2008 ; Mayzaud & Pakhomov, 2014).

I. 4. 1. L’Allache (*sardinella aurita*)

L'allache est un poisson pélagique côtier que l'on trouve près de la surface des eaux littorales jusqu'à une profondeur de 350 mètres. Cette espèce est présente le long de toute la côte algérienne. Son régime alimentaire consiste principalement en zooplancton, notamment des copépodes, mais comprend également des larves et de jeunes poissons ainsi que du phytoplancton (Fisher, 1978).

L'allache atteint sa maturité sexuelle dès sa première année de vie, à environ 14 cm de longueur à la fourche. La période de reproduction s'étend de juin à septembre (Bradai *et al.,* 2004). L'allache présente une croissance rapide durant sa première année de vie,

atteignant 12 cm après 6 mois. L'âge maximal observé est de 7 ans, correspondant à une longueur à la fourche de 23 cm (Fig. 3). Le poids corporel augmente proportionnellement plus vite que la longueur (Cherif *et al*., 2007).



Figure 3. Photographie montrant la morphologie externe de l'allache

I. 4. 2. Anchois (Engraulis encrasicolus)

Les anchois sont de petits poissons allongés avec une mâchoire inférieure proéminente (Fig. 4). Ils préfèrent les eaux côtières et peuvent être trouvés dans les mers tempérées et tropicales. Leur alimentation se compose principalement de plancton. Les anchois sont pêchés commercialement pour la consommation humaine et comme appât dans la pêche. Ils jouent un rôle important dans l'écosystème marin en contribuant à la biomasse totale et en servant de nourriture pour des prédateurs plus grands.



Figure 4. Photographie montrant la morphologie externe de l'anchois

I. 4. 3. La sardine (sardina pilchardus)

Les sardines sont des poissons argentés avec des écailles grandes et des bandes sombres le long du dos (Fig. 5). Les sardines se nourrissent principalement de phytoplanctons et de petits zooplanctons. Elles représentent une espèce de grande importance pour la pêche commerciale en raison de leur consommation humaine élevée. Importantes pour l'équilibre écologique marin, elles fournissent de la nourriture pour des prédateurs comme les oiseaux marins, les mammifères marins et les poissons prédateurs.

Les sardines vivent dans les eaux côtières jusqu'à 120 mètres de profondeur, formant des bancs importants, se tenant près de la surface la nuit et plus en profondeur le jour (Dumay *et al.,* 2006). Elles présentent un corps élancé avec une mâchoire légèrement proéminente et un opercule strié. Leur nageoire dorsale est située en avant des nageoires pelviennes et leur nageoire anale se caractérise par un allongement au niveau des deux derniers rayons. Leur dos est de couleur bleu-vert, les flancs sont dorés et le ventre argenté, avec une rangée de taches sombres le long de chaque flanc. Les écailles sont grandes, argentées, fragiles et ne recouvrent pas la tête (Dumay *et al.,* 2006).

Les jeunes sardines consomment du phytoplancton ainsi que des œufs et des larves de petits crustacés. Les adultes se nourrissent principalement de copépodes et de diverses larves présentes dans le zooplancton (crabe, ophiure, etc.) (Dumay *et al.,* 2006). La

période de reproduction de la sardine est étalée dans le temps, avec un pic au printemps, déclinant ensuite pour reprendre en automne et en hiver.



Figure 5. Photographie montrant la morphologie externe de la sardine

I. 4. 4. Le saurel (Trachurus trachurus)

Le saurel présente un corps allongé et légèrement comprimé latéralement, avec des yeux munis d'une paupière adipeuse bien développée et un museau pointu. La bouche, extrêmement protractile, a une forme tubulaire avec une mâchoire inférieure légèrement plus longue que la supérieure, les deux garnies d'une seule rangée de petites dents (Fig. 6).

Le saurel est présent en grand nombre dans toute la Méditerranée, ainsi que le long des côtes algériennes. Le saurel vit en bancs, souvent associé aux bancs de maquereaux, et préfère les fonds sableux jusqu'à une profondeur de 100 à 200 mètres, pouvant atteindre 600 mètres (Fisher, 1978). Les alevins et juvéniles se regroupent souvent sous des objets flottants pour se protéger des prédateurs, vivant en moyenne à une profondeur de 20 mètres entre mars et septembre (Giovanardi & Romanelli, 1990). Le saurel se nourrit de petits poissons, de crustacés et de plancton.



Figure 6. Photographie montrant la morphologie externe de saurel

I. 5. Relation trophique petits pélagiques - copépodes

Les copépodes et les petits pélagiques sont intimement liés au sein des écosystèmes marins. Les copépodes servent de nourriture essentielle aux petits pélagiques, qui, à leur tour, soutiennent des populations de prédateurs plus grands. Les petits pélagiques, par leur dépendance aux copépodes, illustrent l'importance de ces derniers dans la chaîne alimentaire marine. En consommant les copépodes, les petits pélagiques transfèrent la matière organique des producteurs primaires (phytoplancton) vers les niveaux trophiques supérieurs, jouant ainsi un rôle clé dans le recyclage du carbone dans l'océan (Mayzaud & Pakhomov, 2014).

Par exemple, dans la mer du Nord, une augmentation de la température de l'eau depuis le milieu des années 80 a conduit à la migration du copépode *Calanus finmarchicus* vers les eaux plus froides du nord, où il a été remplacé par *Calanus helgolandicus*. Ce remplacement d'espèces, ayant des phénologies de reproduction différentes, a entraîné une diminution du recrutement larvaire de la morue et, par conséquent, une baisse de la biomasse des poissons côtiers (Beaugrand *et al*., 2003).

Chapitre II.

Matériel

&

Méthodes

II. 1. Situation géographique de la baie de Bou Ismail

La baie de Bou Ismail, anciennement appelée Castiglione, est l'une des plus importantes baies de la côte algérienne. Située dans la partie centrale du littoral algérien, à 50 km à l'ouest d'Alger dans la wilaya de Tipaza, entre 2°25' ouest et 2°55' est, elle abrite plusieurs ports à forte importance économique, notamment le port de Bou Haroun (Fig. 7).

Cette vaste baie est délimitée à l'est par la pointe du Cap Caxine (Ras Acrata) près de Sidi-Fredj, et à l'ouest par le Mont Chenoua. Elle s'étend au sud sur la plaine de la Mitidja et au nord sur la mer Méditerranée. Son ouverture est d'environ 40 km, orientée du sud-ouest au nord-est, couvrant une superficie d'environ 350 km² (Braik, 1989). Elle reçoit les eaux des oueds à régime irrégulier : Mazafran, Nador et Béni-messous.

Avec une superficie totale de 509 km², cette région inclut également la baie d'El Djamila. C'est une zone à vocation touristique et agricole dont le littoral subit principalement les rejets domestiques non traités des villes et complexes touristiques, s'accentuant en période estivale. S'ajoutent à cela les eaux usées véhiculées par les oueds traversant les centres urbains, drainant les eaux de ruissellement des terres agricoles, des effluents urbains et industriels, ainsi que la pollution liée à l'activité de pêche (Houma, 2009).

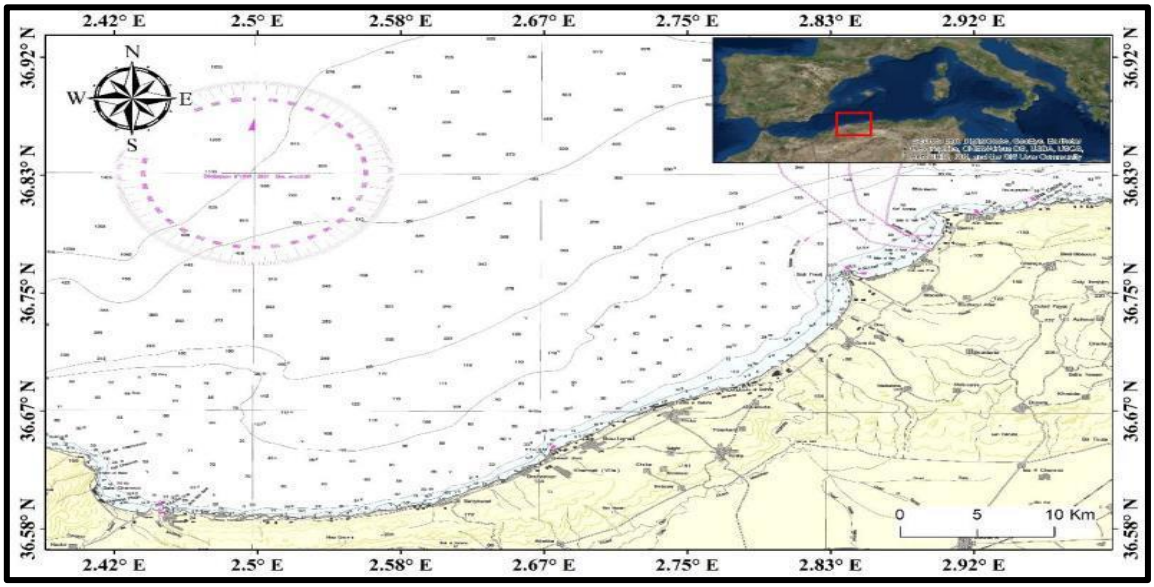


Figure 7. 1. Localisation géographique de la Baie de Bou Ismail

II. 1. 1. Climat et conditions météorologiques

La baie de Bou Ismail est caractérisée par un climat sub-humide, avec des étés chauds et secs, et des hivers tempérés doux et humides. Elle est exposée aux vents dominants et aux grosses tempêtes, avec des vents d'ouest-nord-ouest durant la saison froide et des vents d'est et nord-est en été (Office Nationale de la Météorologie-ONM-).

II. 1. 2. Géographie et bathymétrie

La marge continentale algérienne est généralement délimitée par la courbe bathymétrique de 200 mètres. Elle sépare le plateau continental étroit, avec une largeur maximale de 13 km au niveau du Mont Chenoua et minimale de 3 km entre Sidi Fredj et Alger, caractérisé par une pente douce de 2 à 3 % jusqu'à l'isobathe de 100 mètres, parfois perturbée par des pointements rocheux au large du Mazafran et de Bou Ismail. De l'autre côté se trouve le domaine des plaines abyssales, avec une marge continentale ayant une largeur moyenne de 24 km, atteignant un maximum de 55 km dans la baie de Bou Ismail.

II. 1. 3. Importance écologique, économique et culturelle

Située sur la côte méditerranéenne de l'Algérie, la baie de Bou Ismail est une région d'une grande importance écologique, économique et culturelle. Connue également sous le nom de baie de Cherchell, elle est renommée pour sa beauté naturelle et ses écosystèmes marins riches et diversifiés.

II. 1. 3. 1. Écosystèmes Marins et Côtiers

La baie de Bou Ismail abrite une grande diversité d'écosystèmes marins et côtiers. Les habitats marins comprennent des herbiers de posidonies, des récifs rocheux et des zones de sable et de gravier, qui soutiennent une variété d'espèces de poissons, d'invertébrés et de plantes marines. Les eaux de la baie sont riches en nutriments, favorisant une forte productivité biologique. Les zones côtières, quant à elles, sont importantes pour la biodiversité, avec des habitats tels que les zones humides, les estuaires et les plages. Ces zones fournissent des sites de reproduction et de nourrissage pour de nombreuses espèces d'oiseaux migrateurs et résidents.

II. 1. 3. 2. Rôle Économique

La baie de Bou Ismail joue un rôle crucial dans l'économie locale. La pêche artisanale y est une activité économique majeure, fournissant des moyens de subsistance à de nombreuses familles de pêcheurs. Les espèces pêchées incluent diverses sortes de poissons, de crustacés et de mollusques, qui sont soit consommées localement, soit exportées vers d'autres régions. Le tourisme est également une source importante de revenus grâce aux plages, aux activités nautiques et aux paysages pittoresques.

II. 1. 3. 3. Défis Environnementaux

Malgré ses richesses naturelles, la baie de Bou Ismail fait face à plusieurs défis environnementaux. La pollution, notamment la pollution marine due aux déchets plastiques et aux rejets industriels, constitue une menace importante pour les écosystèmes marins. L'urbanisation croissante et le développement côtier exercent également une pression sur les habitats naturels, affectant la biodiversité et la santé des écosystèmes.

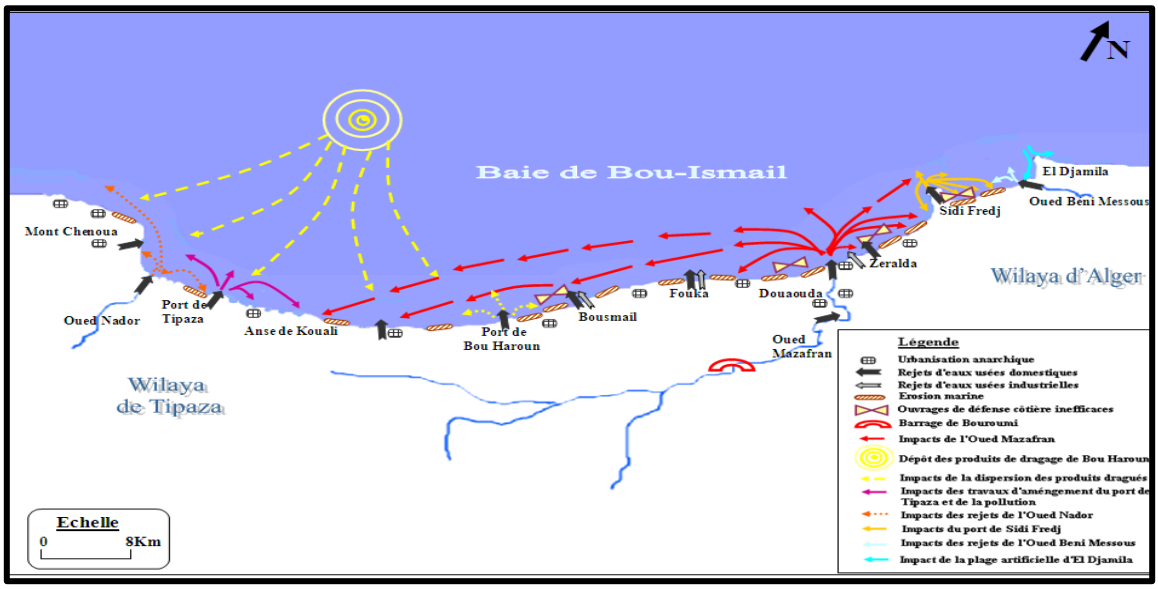


Figure 8. Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou Ismail

II. 2. Port de bouharoun

La ville de Bouharoun, située au niveau de la baie de Bou-Ismail, abrite un port de pêche majeur. C'est le deuxième plus grand port de pêche en Algérie (Fig. 9). Il est composé de 2 bassins : un pour les chalutiers et l'autre pour les sardiniers. 14 quais d'accostage totalisant 661 mètres linéaires, 78 postes à quai pouvant accueillir 151 navires. Il dispose

de deux jetées de protection (Ouest et Nord), d'une passe d'entrée de 70 m de long mais envasée à 3 m de profondeur. Les infrastructures incluent également un terre-plein de 5 hectares avec des môles, quais, et un accès maritime de 40 mètres.



Figure 9. Port de Bouharoun (Amimer, 2017)

II. 2. 1. Infrastructures et capacités

Le port de Bouharoun est équipé pour accueillir une variété de navires de pêche et de commerce. Ses infrastructures comprennent :

- **Des quais de pêche** : Conçus pour accueillir les flottilles locales de pêche, y compris les bateaux de pêche artisanale et les sardiniers.
- **Des installations de stockage** : Comprenant des entrepôts réfrigérés pour la conservation des produits de la mer.
- **Des installations de manutention** : Équipées pour faciliter le déchargement et le transbordement des marchandises.
- **Des zones d'entretien** : Pour la réparation et l'entretien des navires de pêche et de commerce.

II. 2. 2. Activités et secteurs clés

La pêche constitue l'activité principale du port de Bouharoun. La flottille de pêche locale est active toute l'année, avec une production notable de poissons bleus comme les sardines et les anchois. La saison de pêche est marquée par une abondance de captures, contribuant de manière significative à l'économie locale (Fig. 10).

Bien que principalement le port de bouharoun est un port de pêche, il accueille également des navires de commerce transportant diverses marchandises. Les échanges commerciaux incluent des produits agricoles, des matériaux de construction et des biens de consommation.

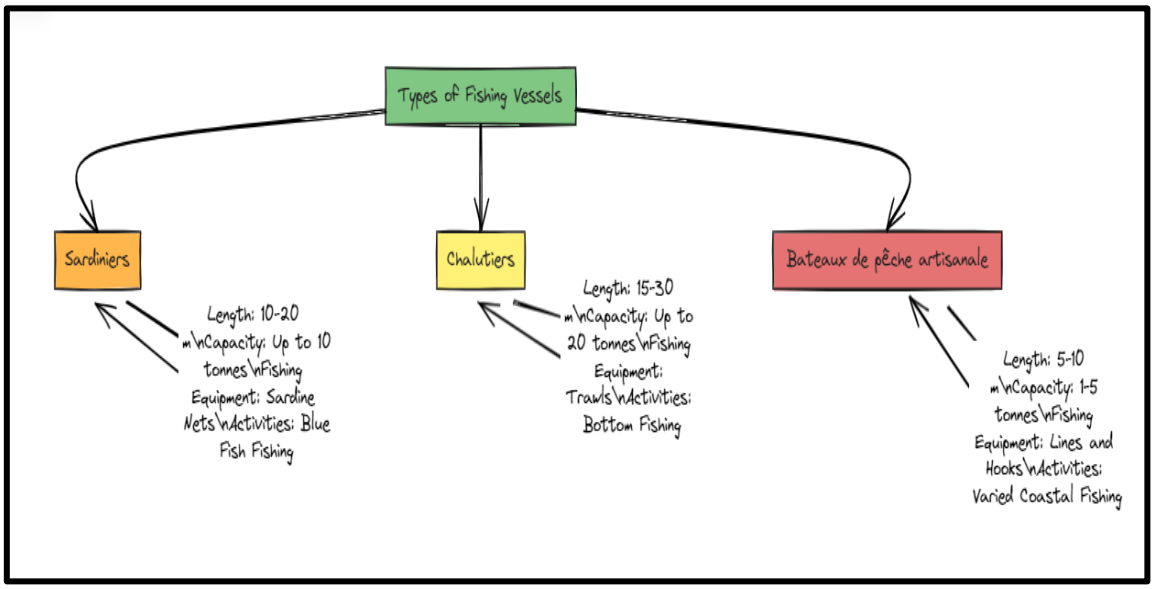


Figure 10. Composition de la flottille actuelle de port de Bouharoun

La production halieutique

: En 2022, le port de Bouharoun a enregistré une production halieutique totale estimée à environ 8 500 tonnes, répartie comme suit :

Tableau 2. Répartition de la production halieutique issue du port de Bouharoun

Type de Pêche	Volume de Production (tonnes)
Poissons bleus	5 000
Poissons de fond	2 500
Pêche artisanale	1 000

Détails par Espèces :

1. Poissons Bleus :
    - Sardines : 3 000 tonnes

- Anchois : 1 500 tonnes
- Maquereaux : 500 tonnes

2. Poissons de Fond :
   - Merlans : 1 200 tonnes
   - Rougets : 800 tonnes
   - Crevettes et Calmars : 500 tonnes
3. Pêche Artisanale :
   - Diverses espèces de poissons côtiers, crustacés et mollusques

La production de poissons bleus a augmenté régulièrement, passant de 3 800 tonnes en 2012 à 5 000 tonnes en 2022. Cette augmentation est attribuable à une meilleure gestion des stocks et à l'adoption de techniques de pêche plus efficaces.

La production de poissons de fond a également montré une tendance à la hausse, atteignant un pic en 2021 avec 2 550 tonnes avant de redescendre légèrement en 2022.

La pêche artisanale a connu une légère augmentation, stabilisée autour de 1 000 tonnes par an.

Tableau 3. Variation annuelle de la production halieutique au niveau du port de Bouharoun

Année	Poissons Bleus (tonnes)	Poissons de Fond (tonnes)	Pêche Artisanale (tonnes)	Total (tonnes)
2012	3 800	2 100	900	6 800
2013	3 900	2 150	950	7 000
2014	4 000	2 200	950	7 150
2015	4 200	2 250	1 000	7 450
2016	4 300	2 300	1 000	7 600
2017	4 500	2 350	1 050	7 900
2018	4 600	2 400	1 050	8 050
2019	4 700	2 450	1 100	8 250
2020	4 800	2 500	1 100	8 400
2021	4 900	2 550	1 150	8 600
2022	5 000	2 500	1 000	8 500

II. 3. Port d'Alger

Le Port d'Alger est un carrefour maritime essentiel pour le commerce algérien. Il dessert principalement les régions centrales du pays, mais son influence s'étend aussi aux zones méridionales grâce au trafic généré par les compagnies pétrolières. Bénéficiant d'un emplacement stratégique sur la Méditerranée et au cœur de l'Algérie, il est le premier port commercial du pays et occupe une position dominante dans le secteur maritime national.

II. 3. 1. Infrastructures et capacités

S'étalant sur 126 hectares dans la baie d'Alger, protégé par 6 km de digues, le port comprend un plan d'eau de 184 hectares divisé en trois bassins. Ses 34 quais, d'une longueur totale de 8352 mètres et d'une profondeur de 5 à 10 mètres, sont accessibles par deux passes. Avec ses vastes zones d'entreposage et de stockage, il peut accueillir jusqu'à 120 000 tonnes de marchandises, bien qu'il en reçoive 800 000 tonnes par mois. Structuré en trois zones reliées par des voies terrestres, le port peut recevoir des navires allant jusqu'à 25 000 tonnes (Fig. 11).



Figure 11. Photo prise de port d'Alger

II. 3. 2. Activités de pêche

Le Port d'Alger abrite également une flottille de 60 sardiniers, produisant entre 10 et 40 tonnes de poissons bleus par jour. La campagne de pêche s'annonce prometteuse cette année avec une abondance de captures, contribuant à faire baisser les prix avant même la période de pic. La production de sardines a augmenté de 23 % en mai 2022 comparé à mai 2021 (Fig. 12).

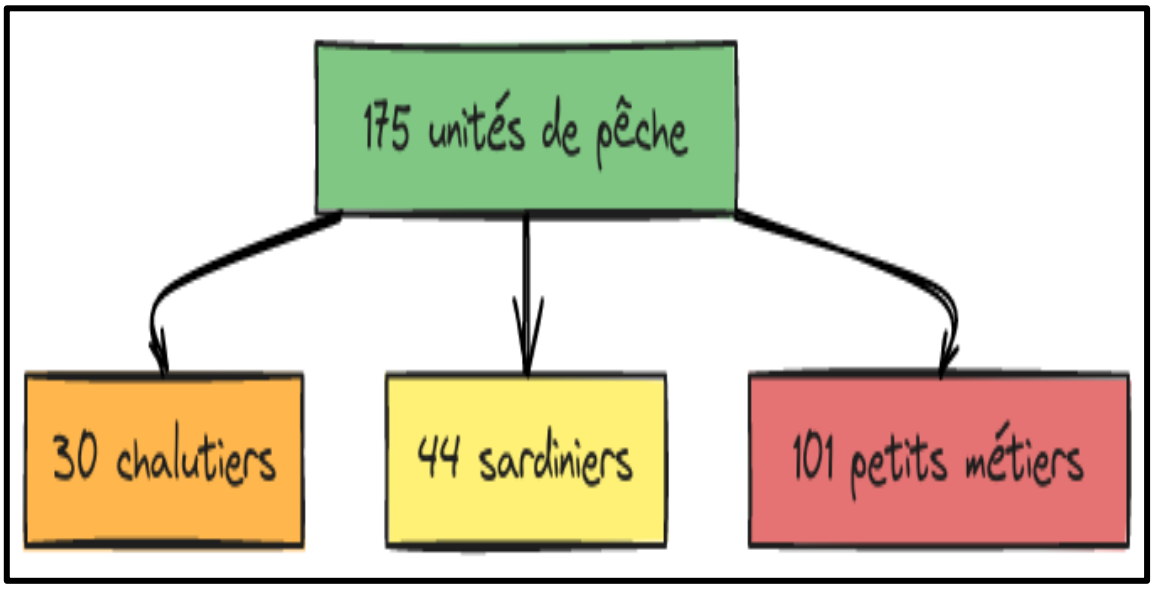


Figure 12. Composition de la flottille actuelle de port d'Alger

II. 3. 3. Importance Économique

Le Port d'Alger joue un rôle crucial dans l'économie algérienne. En plus de faciliter le commerce des marchandises, il soutient le secteur de la pêche, ce qui est vital pour la sécurité alimentaire et l'économie locale. La capacité du port à traiter de grandes quantités de marchandises et à accueillir des navires de grande taille en fait un pilier central du commerce maritime algérien.

II. 3. 4. La poissonnerie

Le port de pêche abrite la poissonnerie, seul point officiel de débarquement des produits de la mer dans la wilaya. Mise en service en 1939 sur une superficie de 3260 mètres carrés, cette installation possède une capacité annuelle de 3168 tonnes. Composée de 11

carreaux exploités par 13 mandataires privés, elle a bénéficié d'une réhabilitation complète en 2014. Véritable plaque tournante, la poissonnerie joue un rôle clé dans l'approvisionnement d'Alger en poissons et fruits de mer frais

II. 4. Stations de prélèvements zooplanctonique

Les prélèvements ont été réalisés sur une radiale comptant trois stations de prélèvement réparties dans le sens côte-large (St. 1, St. 2 et St. 3) sise à 2°50' E. l'échantillonnage a été effectué durant les saisons estivale, automnale, hivernale et printanière (Fig. 13 et Tab. 4). Ces prélèvements ont été réalisés par l'équipe du laboratoire écosystème pélagique (USTHB).

Tableau 4. Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnages

Stations	Longitudes (°E)	Latitudes (°N)	Profondeur du fond (m)	Saisons
St.1	2°50'	36°47'24"	65	Été
				Automne
				Hiver
				Printemps
St.2		36°48'12"	100	Été
				Automne
				Hiver
				Printemps
St.3		36°49'10"	170	Été
				Automne
				Hiver
				Printemps

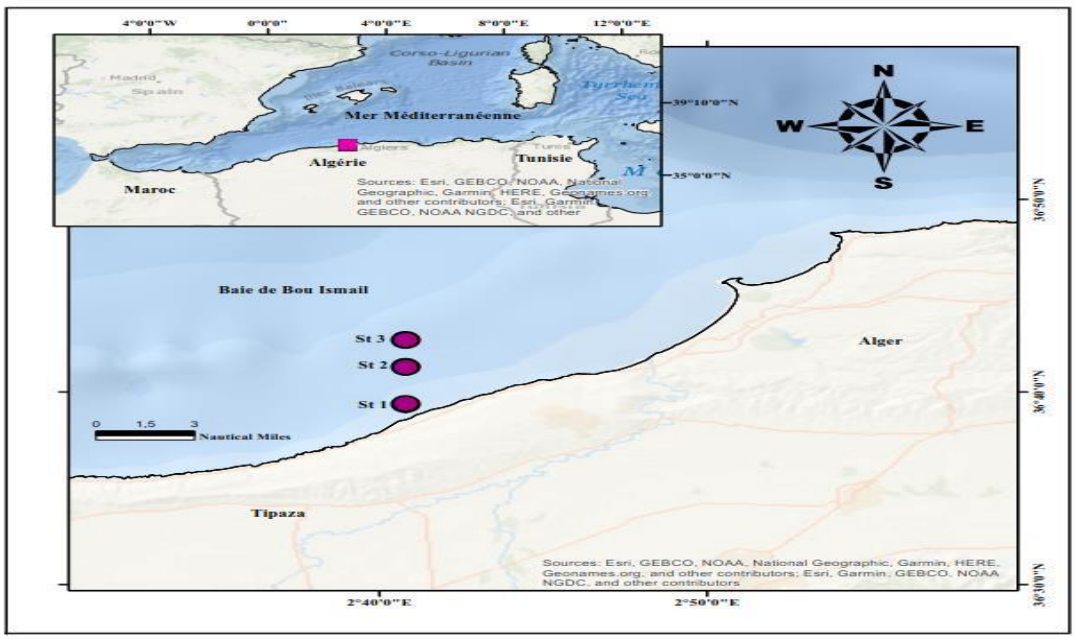


Figure 13. Localisation géographique des stations de prélèvements

II. 5. Récolte des échantillons

II. 5. 1. Échantillonnage et fixation du zooplancton

Les échantillons de zooplancton ont été prélevés dans la couche d'eau de surface (0-100 mètres) en effectuant des traits verticaux à l'aide d'un filet standard de type WORKING party II (WP2) ayant une maille de 200 µm (avec un coefficient de filtration de 90%) (Fig. 14) (Tranter & Fraser, 1968). Une fois le filet remonté sur le bateau, son contenu a été récupéré dans des bouteilles d'un litre. Les organismes capturés ont ensuite été concentrés, puis fixés dans une solution de formol neutre à 4% pour assurer leur conservation.



Figure 14. Filet Working Party II (Scor Unesco, 1968)

II. 5. 2. Dénombrement et identification des Copépodes

Dans le laboratoire, les divers échantillons ont été triés sous une loupe binoculaire de la marque OPTICA, modèle Stemi SV 6. Après avoir été versé dans un récipient circulaire en verre pyrex à fond plat d'une surface de 730.6 cm2, le prélèvement a subi une sédimentation. Les organismes ont ensuite été isolés sur de petites surfaces de 11.3 cm2 à l'aide de petits cylindres en verre creux. Cette opération a été répétée cinq fois pour obtenir cinq sous-échantillons distincts. Avant de procéder au comptage, une liste faunistique a été établie pour chaque échantillon. Pour l'identification des espèces de Copépodes, les références bibliographiques suivantes ont été utilisées pour la détermination spécifique : ROSE (1933), Trégouboff & Rose (1957), Heron *et al.*, (1984), Mauchline (1998), Al-Yamani *et al*., 2011 et Conway, 2012.

II. 6. Etude qualitative

II. 6. 1. Biodiversité taxonomique

Les peuplements identifiés ont été classés par ordres, familles, classes, genres et espèces. La classification a été faite à partir de la base de données dénommée World Register Marine Species (WORMS). Celle-ci est accessible via l'url : www.worms.com.

II. 6. 2. Richesse spécifique

La richesse spécifique (S) d'une communauté est la mesure de la biodiversité la plus simple. Elle est exprimée par le nombre total d'espèces observées dans une station échantillonnée (Daget, 1976). Elle nous informe sur la composition taxonomique mais de manière moins précise sur la diversité spécifique de l'écosystème.

II. 6. 3. Fréquence d'occurrence

La fréquence d'occurrence (Fi) correspond au nombre de sites (Qi) présents pour le taxon étudié par rapport au nombre total de sites échantillonnés (Q) (Daget, 1976). Il est exprimé en pourcentage %.

$$F_i = \frac{Q_i}{Q} * 100$$

La fréquence d'occurrence permet de classer les espèces selon une échelle de fréquence reflétant leur importance au sein du peuplement. Cette échelle, divisée en quatre catégories de fréquence, s'inspire de celles proposées par Bakalem *et al.* (1981). Une espèce peut être constante (**Fi** ≥ 75%) fréquente (75% ≥ **Fi** ≥ 50 %), commune (50% ≥ **Fi** ≥ 25) ou rare (**Fi** ≤ 25 %)

II. 6. 4. Comparaison qualitative saisonnière

Les données collectées ont été organisées dans une matrice présentant les différentes espèces de copépodes en lignes et leurs présences/absences pour chaque saison.

Dans le but de comparer, de point de vue qualitative, la répartition des peuplements de copépodes, entre les saisons d'échantillonnage, nous avons fait appel au test non paramétrique de Cochran. Une distribution peut être homogène (même répartition d'espèces) ou hétérogène (répartition d'espèces différentes).

Les données relatives aux différentes populations récoltées ont été ordonnées dans une matrice espèces-saisons. Il a été tenu compte de leurs présences (ou absences) dans une station donnée. L'analyse a été réalisée sur le logiciel XLSTAT.

La statistique de Cochran est exprimée par :

$$Q = \frac{(K-1) * (K * G_i^2)}{K \sum L - \sum L^2}$$

Avec :

G = la somme des rangs issus de chaque échantillon.
L = la somme des rangs issus des lignes (de chaque observation).
K = nombre d'échantillons (colonne) à comparer.

II. 7. Etude quantitative

II. 7. 1. Abondance totale

Pour une espèce i, l'abondance totale ou l'abondance par unité de volume (A) correspond au nombre d'individus exprimé par rapport à un volume d'eau filtré (i.e. le volume filtré est égal à la valeur du produit de la surface d'ouverture du filet par la longueur du trait dans l'eau).

II. 7. 2. Comparaison quantitative des populations de copépodes

Les niveaux d'abondance récoltés durant les quatre saisons d'échantillonnage ont été comparés par le test non paramétrique de Kruskal-Wallis (Louis *et al*., 1995). Ce test est utilisé pour comparer des distributions qui ne suivent pas une loi normale. Il a pour expression :

$$K = (\frac{12}{N(N+1)})[(\sum_{i=1}^{k} mRi^2) - 3(N+1)]$$

La valeur du test calculée (K) a été confrontée à une valeur critique issue de la table de Kruskal-Wallis, pour un seuil de risque de 5%. Afin d'identifier les saisons présentant des différences significatives, un test post-hoc de Conover-Inman a été réalisé en complément du test de Kruskal-Wallis.

II. 8. Analyses structurales de la faune mésozooplanctonique

Les changements de la diversité des copépodes ont été évalués en utilisant 5 indices de diversité facilement interprétables, parmi les plus couramment utilisés dans la littérature,

et connus pour être pertinents pour une large gamme de compartiments biologiques et d'écosystèmes (Lamb *et al*., 2009; Magurran, 2013). Les indices de diversité ignorent l'identité des espèces (Baselga & Orme, 2012). Pour calculer la diversité d'une communauté, divers indices ont été employés, y compris Simpson, Shannon, Pielou, Odum et Parker. Ces indices ont été utilisés pour évaluer la richesse en espèces, l'uniformité de la communauté et la variabilité dans les assemblages d'espèces entre différentes saisons.

II. 9. Corrélation entre les copépodes et les petits pélagiques

Pour calculer la corrélation de Pearson entre les abondances des copépodes et des petits pélagiques, nous avons utilisé les abondances des copépodes et la production saisonnière en petits pélagique (en tonnes). La corrélation de Pearson mesure la force et la direction de la relation linéaire entre deux variables. Elle est calculée comme suit :

$$r = \frac{\sum(X_i - \bar{X}) * (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2} * (Y_i - \bar{Y})^2}$$

Où X et Y sont les valeurs des copépodes et des petits pélagiques, respectivement, et X barre et Y barre sont leurs moyennes.

Le coefficient de corrélation de Pearson, varie entre -1 et 1 :

- Si le r tend vers 1, il s'agit d'une forte corrélation positive.
- Si le r tend vers -1, il s'agit d'une forte corrélation négative.
- Si le r tend vers 0, il n'y a pas de corrélation linéaire entre les copépodes et les petits pélagiques.

Pour visualiser les coefficients de corrélation, une heatmap (carte thermique) a été utilisée. C'est une représentation graphique des données où les valeurs sont représentées par un nuage de couleurs. Dans le contexte de la corrélation, les cellules de la heatmap représentent les coefficients de corrélation entre les paires de variables, colorées selon leur valeur.

Chapitre III.

Résultats

III. 1. Composition taxonomique des copépodes

III. 1. 1. Biodiversité taxonomique

L'étude de la biodiversité taxonomique a permis de différencier un total de 62 espèces de copépodes (Tab. 5). Les populations dénombrées se répartissent sur 3 ordres (Calanoida, Cyclopoida et Harpacticoida), 23 familles et 37 genres (Tab. 5). L'ordre des Calanoida est le plus représenté par 49 espèces appartenant à 18 familles et 30 genres, suivi par celui des Cyclopoida qui englobe 12 copépodes repartis sur 4 familles et 6 genres. L'ordre de Harpacticoida est représenté par une seule espèce.

Les familles les mieux représentées sont : les Paracalanidae (6 espèces), les Calanidae (5 espèces), les Clausocalanidae (5 espèces), les Aetideidae (4 espèces), les Eucalanidae (4 espèces), les Centropagidae (4 espèces) et Sapphirinidae (4 espèces).

III. 1. 2. Fréquence d'occurrence

L'analyse des données sur la faune récoltée au niveau de la baie de Bou Ismail a permis de la classé en trois groupes distincts selon leur fréquence d'occurrence (Tab. 5).

Les espèces constantes (**Fi** ≥ 75%) sont on nombre de 8. Il s'agit des populations de *Centropages typicus, Eucalanus elongatus elongatus, Nannocalanus minor, Neocalanus gracilis, Paracalanus nanus, P. parvus, Pleuromamma abdominalis, P.gracilis*.

Les espèces fréquentes (75% ≥ **Fi** ≥ 50 %) sont on nombre de 9. Il s'agit des populations de *Agetus flaccus, Centropages hamatus, Chiridius poppei, Clausocalanus arcuicornis arcuicornis, Euchaeta marina, Sapphirina nigromaculata, Oithona plumifera, Subeucalanus monachus, Temora stylifera*.

Les espèces communes (50% ≥ **Fi** ≥ 25) sont on nombre de 11.il s'agit des populations de *Aetideus armatus, Calanus finmarchicus, Calocalanus pavo, Candacia armata, Centropages violaceus, Mesocalanus tenuicornis, Oithona nana, Oncaea mediterranea, Pareucalanus attenuatus, Rhincalanus nasutus* et Subeucalanus *crassus*.

Enfin, l'échantillonnage de la faune de copépodes a permis d'identifier 34 espèces rares (**Fi** ≤ 25%). Parmi ces espèces rares, on peut citer, à titre d'exemple, les populations de *Acartia danae, A. clausi, Aetideopsis multiserrata, Archescolecithrix auropecten, Bradyidius armatus, Calanoides brevicornis, Calocalanus plumulosus, C. styliremis,*

Candacia bipinnata, C. longimana, C.varicans, Centropages chierchiae. . …

Tableau 5. Biodiversité taxonomique et fréquence d'occurrence (Fi) de la faune des copépodes de la région des iles issue de la côte algérienne

Ordres	Familles	Genre & espèce	E	A	P	H	Fi (%)
Calanoida	Acartiidae	*Acartia (Acartia) danae* Giesbrecht, 1889	-	-	+	-	16,67
		Acartia (Acartiura) clausi Giesbrecht, 1889	-	-	-	+	8,33
	Aetideidae	*Aetideus armatus* (Boeck, 1872)	-	+	-	+	41,67
		Aetideopsis multiserrata (Wolfenden, 1904)	+	+	-	+	25
		Chiridius poppei Giesbrecht, 1893	+	+	+	+	66,67
		Bradyidius armatus (Vanhöffen, 1897)	+	+	-	-	16,67
	Augaptilidae	*Haloptilus validus* Sars G.O., 1920	+	+	-	-	8,33
	Calanidae	Calanoides brevicornis (Lubbock, 1856)	-	+	-	+	16,67
		Calanus helgolandicus (Gunnerus, 1770)	+	+	+	-	33,33
		Mesocalanus tenuicornis Dana, 1849	+	+	+	+	50
		Nannocalanus minor (Claus, 1863)	+	+	+	+	83,33
		Neocalanus gracilis (Dana, 1852)	+	+	+	+	91,67
	Candaciidae	*Candacia armata* Boeck, 1872	-	-	+	+	33,33
		Candacia bipinnata (Giesbrecht, 1889)	-	-	+	-	8,33
		Candacia longimana (Claus, 1863)	-	-	-	+	16,67
		Candacia varicans (Giesbrecht, 1893)	-	-	+	-	16,67
	Centropagidae	*Centropages chierchiae* Giesbrecht, 1889	+	+	-	-	25
		Centropages hamatus Lilljeborg, 1853	+	+	+	+	83,33
		Centropages typicus Krøyer, 1849	+	+	+	+	100
		Centropages violaceus (Claus, 1863)	-	-	+	+	33,33
	Clausocalanidae	*Clausocalanus arcuicornis arcuicornis* (Dana, 1849)	+	+	+	+	66,67
		Clausocalanus furcatus (Brady, 1883)	-	+	+	-	25
		Clausocalanus paululus Farran, 1926	-	-	+	-	8,33
		Clausocalanus pergens Farran, 1926	-	-	+	-	16,67
		Ctenocalanus vanus Giesbrecht, 1888	-	-	+	+	8,33
	Eucalanidae	*Eucalanus elongatus elongatus* Dana, 1849	+	+	-	+	100
		Pareucalanus attenuatus (Dana, 1849)	+	+	+	+	50
		Subeucalanus monachus (Giesbrecht, 1888)	-	+	+	+	58,33
		Subeucalanus crassus (Giesbrecht, 1888)	-	+	+	-	41,67
	Euchaetidae	*Euchaeta marina* (Prestandrea, 1833)	+	+	+	+	58,33
	Heterorhabdidae	*Heterorhabdus papilliger* (Claus, 1863)	-	-	+	-	8,33
	Metridinidae	*Pleuromamma abdominalis* Lubbock, 1856	+	+	+	+	83,33
		Pleuromamma gracilis gracilis Claus, 1863	+	+	+	+	91,67
	Oncaeidae	*Triconia minuta* (Giesbrecht, 1893)	-	-	+	-	16,67
		Triconia conifera (Giesbrecht, 1891)	-	-	+	-	8,33
	Paracalanidae	*Mecynocera clausi* Thompson I.C., 1888	+	+	-	-	8,33
		Calocalanus styliremis Giesbrecht, 1888	-	-	+	-	8,33
		Paracalanus aculeatus aculeatus Giesbrecht, 1888	-	-	+	-	8,33
		Calocalanus pavo (Dana, 1852)	-	+	+	+	50
		Calocalanus plumulosus (Claus, 1863)	-	-	+	-	8,33
		Paracalanus parvus parvus (Claus, 1863)	+	+	+	+	100

Légende :+ : *Présence et – : Absence* ; E : Eté, A : Automne, H : Hiver, P : Printemps

Tableau. Suite

Ordres	Familles	Genre & espèce	E	A	P	H	Fi (%)
Calanoida	Phaennidae	*Xanthocalanus mixtus* Sars G.O., 1920	-	-	+	-	16,67
		Phaenna spinifera Claus, 1863	-	-	-	+	16,67
		Paracalanus nanus Sars G.O., 1925	+	+	+	+	91,67
	Rhincalanidae	*Rhincalanus nasutus* Giesbrecht, 1888	-	-	+	+	41,67
	Scolecitrichidae	*Archescolecithrix auropecten* (Giesbrecht, 1893)	-	-	+	-	16,67
		Scolecithrix bradyi Giesbrecht, 1888	-	-	-	+	16,67
	Spinocalanidae	*Monacilla typica* Sars G.O., 1905	-	-	-	+	8,33
	Temoridae	*Temora stylifera* (Dana, 1849)	-	+	+	+	75
		Temora longicornis (Müller O.F., 1785)	-	-	+	-	8,33
Cyclopoida	Corycaeidae	*Agetus flaccus* (Giesbrecht, 1891)	+	+	+	+	75
		Corycaeus clausi Dahl F., 1894	-	-	+	-	16,67
		Corycaeus speciosus Dana, 1849	-	+	-	-	8,33
	Oithonidae	*Oithona plumifera* Baird, 1843	+	+	+	+	75
		Oithona nana Giesbrecht, 1893	-	+	-	+	41,67
	Oncaeidae	*Oncaea mediterranea* (Claus, 1863)	-	+	+	+	50
		Oncaea venusta Philippi, 1843	-	-	-	+	8,33
	Sapphirinidae	*Sapphirina angusta* Dana, 1849	-	-	+	-	8,33
		Sapphirina lactens Giesbrecht, 1893	+	+	-	-	8,33
		Sapphirina nigromaculata Claus, 1863	+	+	+	+	75
		Sapphirina maculosa Giesbrecht, 1893	-	-	-	+	8,33
Harpacticoida	Peltidiidae	*Clytemnestra scutellata* Dana, 1847	-	-	+	-	8,33

Légende :+ : *Présence et – : Absence* ; E : Eté, A : Automne, H : Hiver, P : Printemps

III. 1. 3. Richesse Spécifique

Le graphique, représenter des données liées à différentes saisons. On observe il y'a un gradient croissant allant de l'été vers le printemps. Le minimum est enregistré en été (24 espèces), tandis que le maximum (45 espèces) est observé au printemps (Fig. 15).

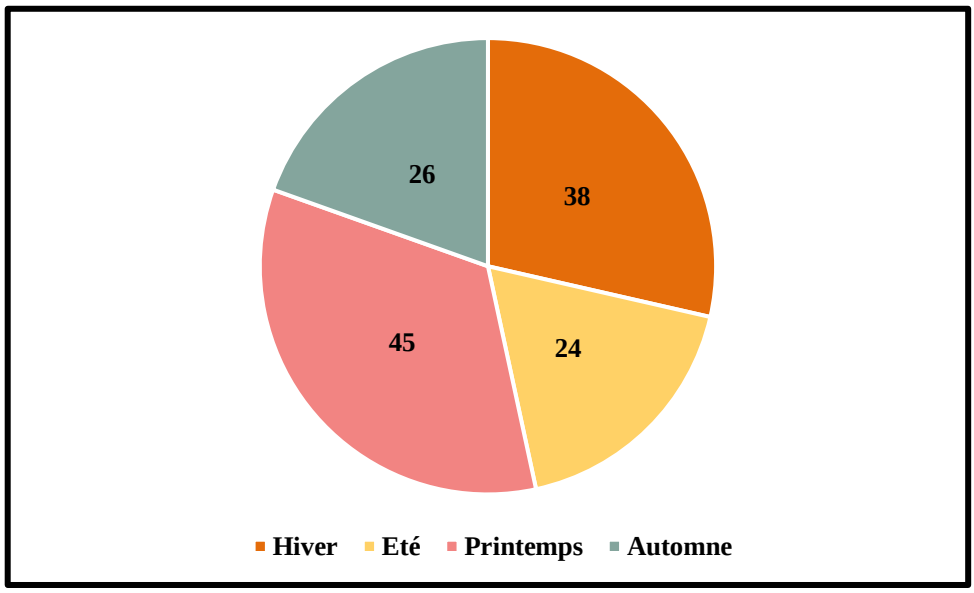


Figure 15. Richesse spécifique identifiée au niveau de la baie de Bou Ismail

Pour analyser les similitudes dans la composition qualitative, c'est-à-dire la présence ou l'absence des populations de copépodes, nous avons utilisé le test non paramétrique de Cochran. Ce test est basé sur l'hypothèse nulle stipulant que les échantillons sont identiques. Cependant, la comparaison des richesses faunistiques entre les différentes stations d'échantillonnage a révélé une hétérogénéité qualitative. Par conséquent, nous avons rejeté l'hypothèse nulle (Tab. 6).

Tableau 6. Comparaison qualitative entre les stations de prélèvement

Q (Observed value)	15,954
Q (Critical value)	7,815
DF	3
p-value (one-tailed)	0,001
Alpha	0,050

Afin d'identifier les saisons qui se diffèrent, le test post-hoc de McNemar a été utilisé. Ce dernier a montré qu'il existe une différence significative ($p < 0.05$) entre la faune estivale et celles issues de la saison automnale et printanière (Tab. 7).

Tableau 7. Valeurs de p-values obtenues par la procédure de Bonferroni

	Eté	Automne	Printemps	Hiver
Eté	1	**0,004**	**0,001**	0,037
Automne	**0,004**	1	0,112	1,000
Printemps	**0,001**	0,112	1	0,164
Hiver	0,037	1,000	0,164	1

Bonferroni corrected significance level: 0.0083

III. 2. Etude quantitative des peuplements zooplanctoniques

III. 2. 1. Variation de l'abondance totale

Dans l'ensemble, les abondances moyennes des peuplements de copépodes sont de l'ordre de 253. ± 150 ind.m-^{3}. Ces derniers décrivent un gradient quantitatif croissant, les valeurs numériques varient entre un minimum de 109,66 ind.m-^{3} enregistré durant la saison estivale et un maximum de 478,40 ind.m-^{3} observé pendant la saison hivernale (Fig.16). Les valeurs numériques montrent un autre gradient décroissant entre l'hiver et le printemps.

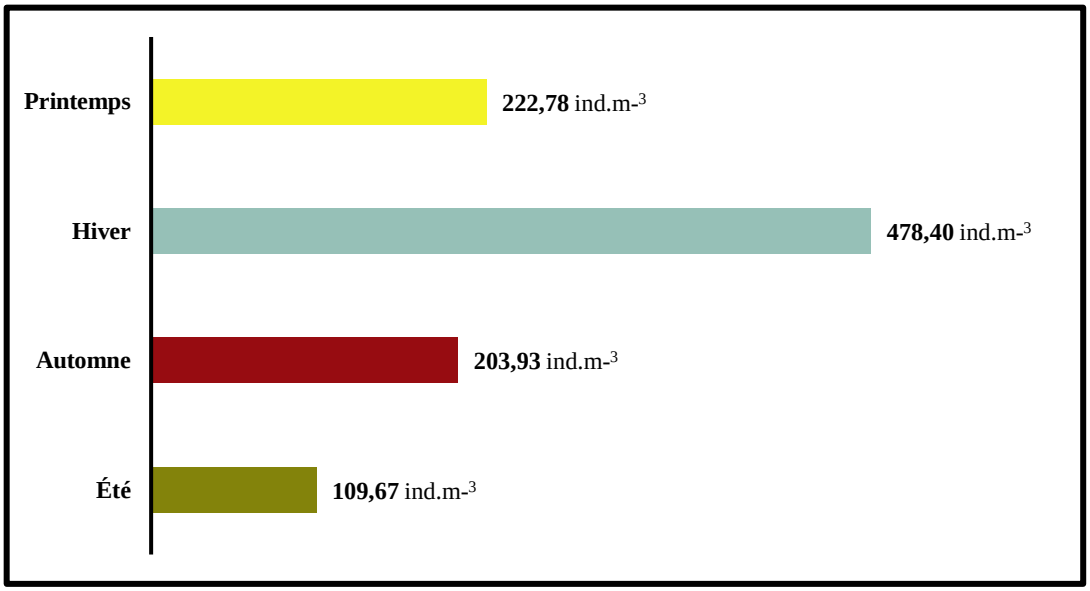


Figure 16. Abondances totales (individus.m-3) des copépodes au sein de la baie de Bou Ismail

L'analyse de la variabilité de répartition saisonnière des abondances totales par le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a montrée qu'il existe une différence significative entre les saisons (Tab. 8).

Tableau 8. Comparaison quantitative par le test de Kruskal-Wallis

K (Valeur observée)	9,462
K (Valeur critique)	7,815
DDL	3
p-value (bilatérale)	0,024
alpha	0,05

Afin d'identifier les saisons différentes en termes d'abondance totale, nous avons réalisé des comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Conover-Iman. La variabilité est expliquée par les différences quantitatives entre l'été et l'hiver, l'été et le printemps et entre l'automne et l'hiver ($p < 0.0083$) (Tab. 9).

Tableau 9. Valeurs de p-values obtenues par la procédure de Conover-Iman

	Eté	Automne	Hiver	Printemps
Eté	1	0.015	**0.000**	**0.005**
Automne	0.015	1	**0.005**	0.461
Hiver	**0.000**	**0.005**	1	0.015
Printemps	**0.005**	0.461	0.015	1

III. 3. Etude structurale de la faune zooplanctonique

Les indices de diversité calculés pour les espèces de copépodes dans différentes stations et saisons offrent un aperçu approfondi de la dynamique de la communauté. Cette analyse inclut les indices de Simpson, Shannon, Pielou, Parker et Odum, chacun apportant une perspective unique sur la diversité et la distribution des espèces.

III. 3. 1. Indice de Simpson

L'indice de Simpson mesure la diversité des espèces, plus cet indice est élevé plus l'échantillon est diversifié. Ces valeurs présentent un gradient saisonnier croissant, la valeur minimale a été enregistrée durant la saison estivale (0.91 ± 0.03) tandis que la valeur maximale a été observée pendant la saison printanière (0.95 ± 0.01) (Fig. 17).

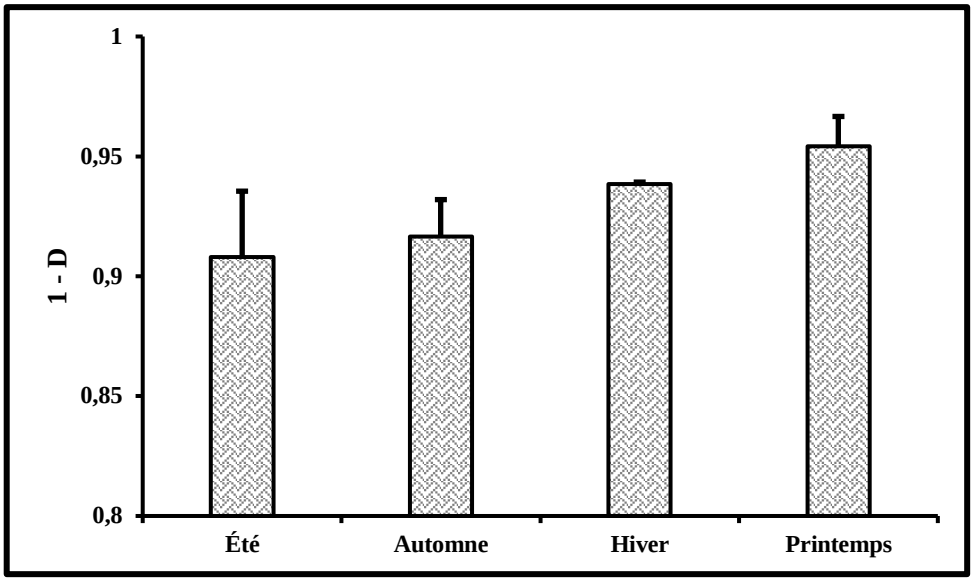


Figure 17. Variation saisonnière de l'indice de Simpson

III. 3. 2. Indice de Shannon

L'indice de Shannon évalue la richesse et l'équitabilité de la répartition des espèces. Cet indice présente de faibles variations durant les quatre saisons d'échantillonnage (Fig. 18). La plus faible diversité est de 2.52 ± 0.27 bits.ind^{-1} (été) alors que la diversité la plus élevée est de 3.22 ± 0.29 bits.ind^{-1} (hiver).

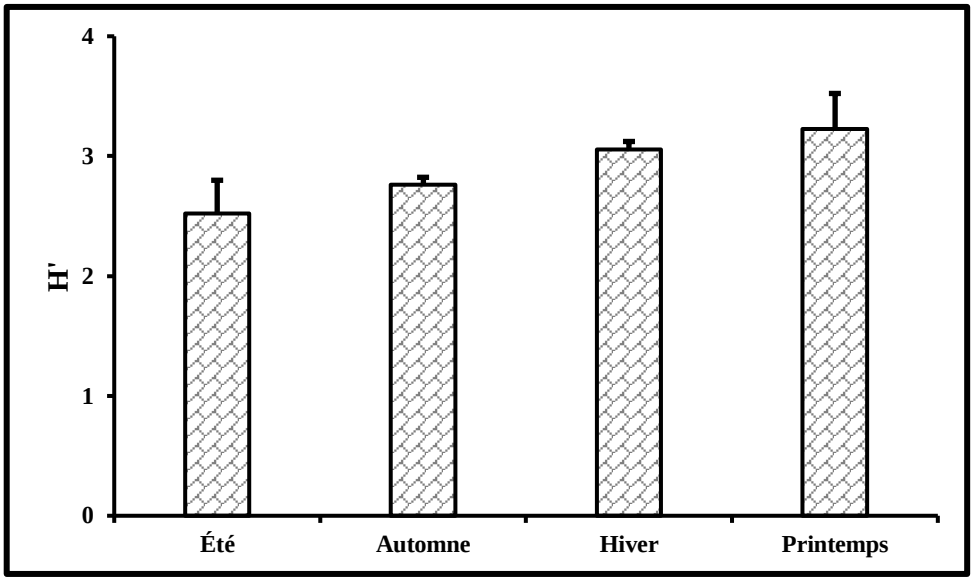


Figure 18. Variation saisonnière de l'indice de Shannon

III. 3. 3. Indice de Pielou

L'indice de Pielou mesure l'équitabilité ou la répartition équitable des individus parmi les espèces dans une communauté. Cet indice présente un gradient décroissant allant de 0.96

± 0.01 en été jusqu'au 0.92 ± 0.02 en hiver. La valeur de l'équitabilité augmente durant la saison printanière pour atteindre 0.96 ± 0.01 (Fig. 19).

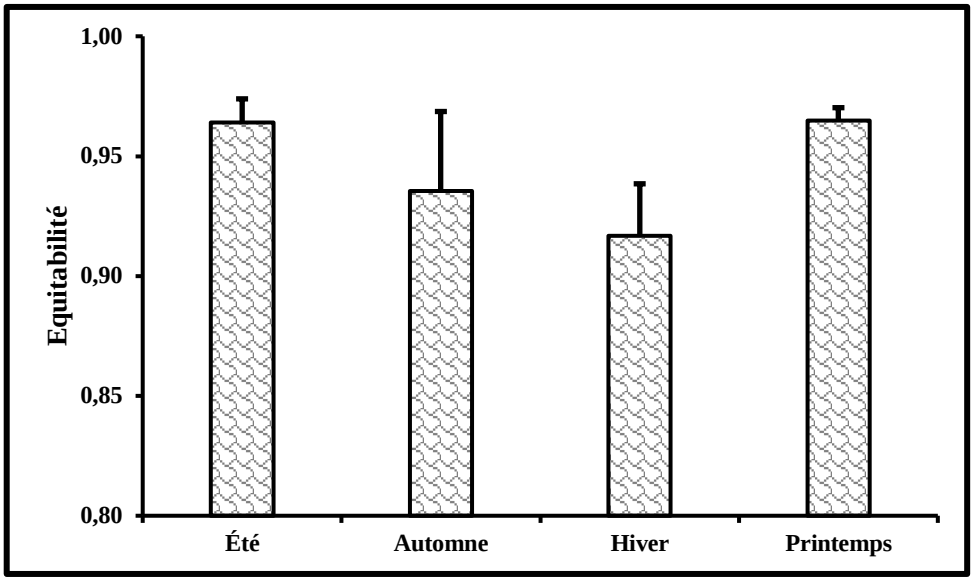


Figure 19. Variation saisonnière de l'indice de Pielou

III. 3. 4. Indice de Parker

L'indice de Parker est lié à la dominance des espèces, où des valeurs élevées indiquent une dominance accrue de quelques espèces. Un gradient croissant a été observé allant de l'été (2.76 ± 0.61) jusqu'au printemps (5.27 ± 1.68) (Fig. 20).

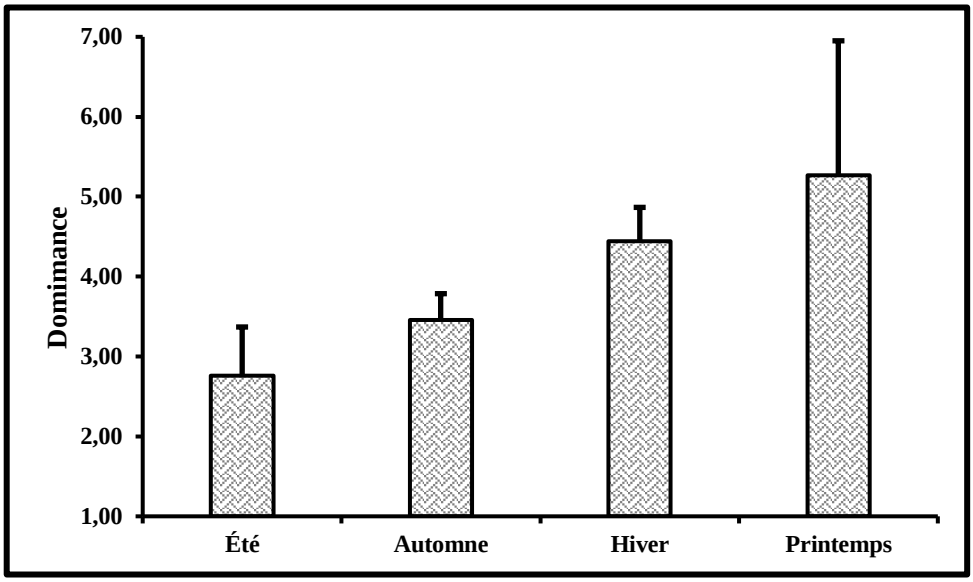


Figure 20. Variation saisonnière de l'indice de Parker

III. 3. 5. Indice de dominance d'Odum

L'indice d'Odum est une mesure de la dominance des espèces dans une communauté écologique. Il mesure la diversité des espèces, des valeurs plus élevées indiquant une plus grande diversité. Comme l'indice de Simpson, l'indice de Shannon et l'indice de Parker, les valeurs de ce dernier montrent un gradient quantitatif croissant (Fig. 21). Il varie entre un minimum de 2.43 ± 0.28 en été et un maximum de 3.11 ± 0.27 en hiver.

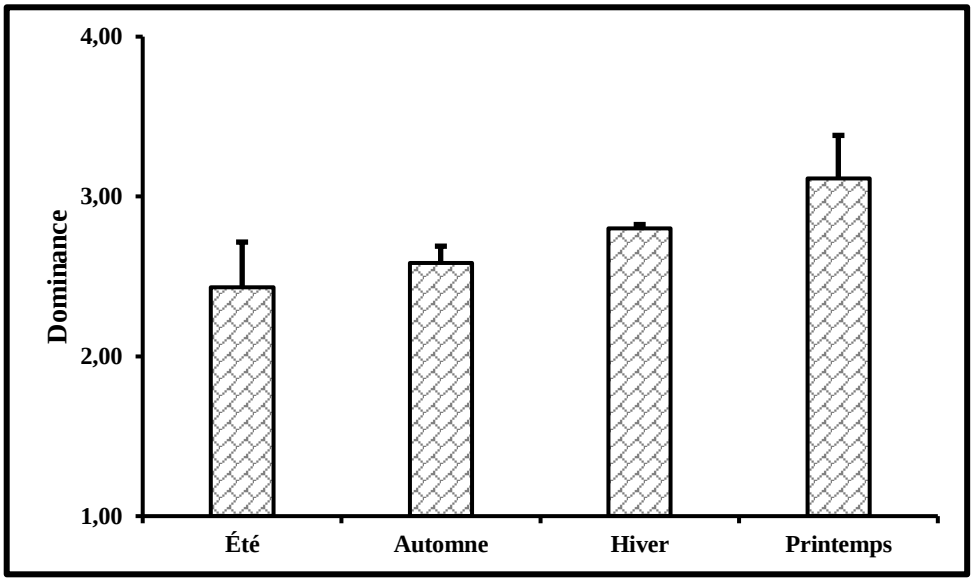


Figure 21. Variation saisonnière de l'indice de dominance d'Odum

Le graphique ci-dessous représente une carte thermique (heatmap) de la matrice de corrélation entre les indices écologiques (Fig. 22). L'ensemble des indices sont fortement corrélées entre eux ($r > 1$) a l'exception de l'indice de Pielou qui ne présente aucune corrélation avec les autres indices ($r < 0.23$). La significativité des coefficients de corrélation est représenté dans le tableau 10.

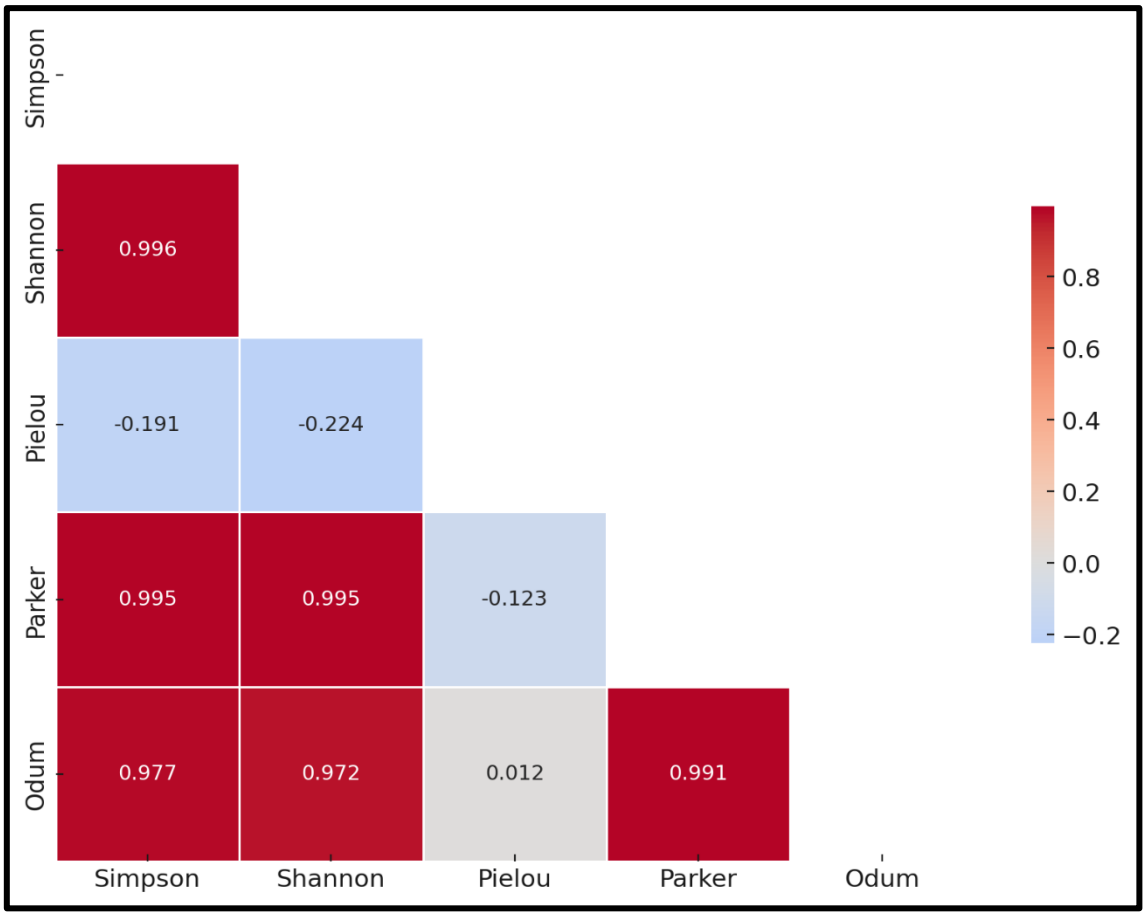


Figure 22. Heatmap des corrélations entre les différents indices écologiques

Tableau 10. Corrélations entre les indices écologiques et leurs significativités

		Simpson	Shannon	Pielou	Parker	Odum
Simpson	Corrélation de Pearson	1	,996**	-,191	,995**	,977*
	Sig. (bilatérale)		,004	,809	,005	,023
Shannon	Corrélation de Pearson	,996**	1	-,224	,995**	,972*
	Sig. (bilatérale)	,004		,776	,005	,028
Pielou	Corrélation de Pearson	-,191	-,224	1	-,123	,012
	Sig. (bilatérale)	,809	,776		,877	,988
Parker	Corrélation de Pearson	,995**	,995**	-,123	1	,991**
	Sig. (bilatérale)	,005	,005	,877		,009
Odum	Corrélation de Pearson	,977*	,972*	,012	,991**	1
	Sig. (bilatérale)	,023	,028	,988	,009	

**. La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

III. 4. Production halieutique totale

La production halieutique totale issue des 2 ports de pêche (Alger et Bouharoun) varie d'une saison a une autre (Fig.). Durant la saison estivale et automnale elle été de l'ordre de 500 tonnes. Au printemps, la production a augmenté et a dépassé 640 tonnes contrairement a la saison hivernale où la production minimale a été enregistrée (< 340 tonnes).

La même allure a été observée pour les petits pélagiques. La production varie entre un minimum de 284 tonnes signalée durant la saison hivernale et un maximum de 509 tonnes récoltée au printemps (Fig. 23).

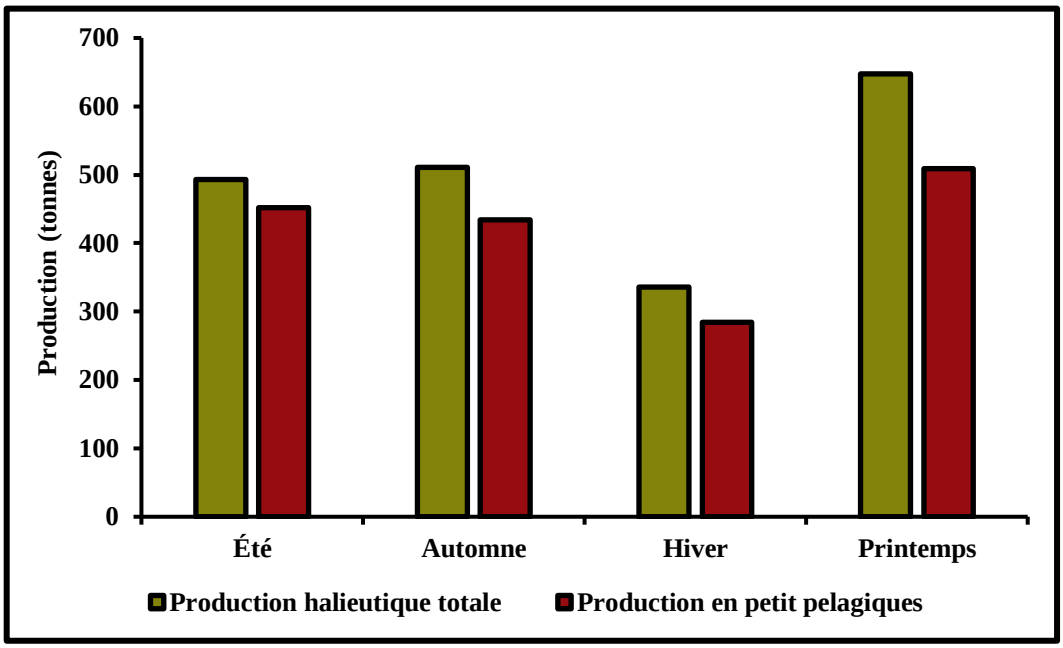


Figure 23. Variation saisonnière de la production halieutique totale et la production en petits pélagiques

III. 5. Comparaison de la production halieutique totale

Le graphique ci-dessous présente une comparaison de la variation saisonnière de la production halieutique (en tonnes) issue des 2 ports de pêche (Alger et Bouharoun) (Fig. 24). On observe que pendant les quatre saisons, la production halieutique au niveau de port d'Alger (266 ± 56 tonnes) est plus importante que celle de port de Bouharoun (153 ± 45 tonnes).

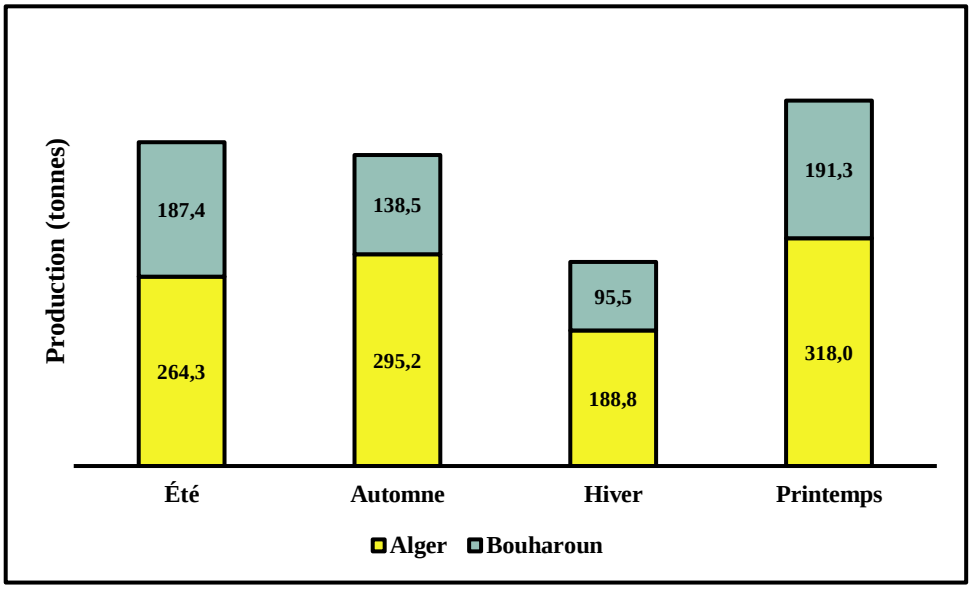


Figure 24. Comparaison saisonnière de la production halieutique totale au niveau des deux ports de pêche

III. 6. Production en espèces des petits pélagiques

Il s'agit des variations saisonnières de production pour quatre espèces de petits pélagiques: l'allache, l'anchois, la sardines et le saurel.

Durant la saison estivale, automnale et hivernale, la production en petits pélagiques a été dominée par l'allache. Cette dernière représente plus de 50% des récoltes (Fig. 25). En été, l'allache est suivie par la sardine (34.8% du total). En automne et en hiver, l'allache est suivie par le saurel (11.1% et 21.3% du total, successivement).

Les récoltes printanières sont codominées par l'allache et le saurel. Ces deux espèces représentent 45.7% et 46.8% du total, respectivement (Fig. 25).

Les récoltes des anchois restent faibles durant les quatre saisons, elles ne dépassent pas 0.5% de la production totale.

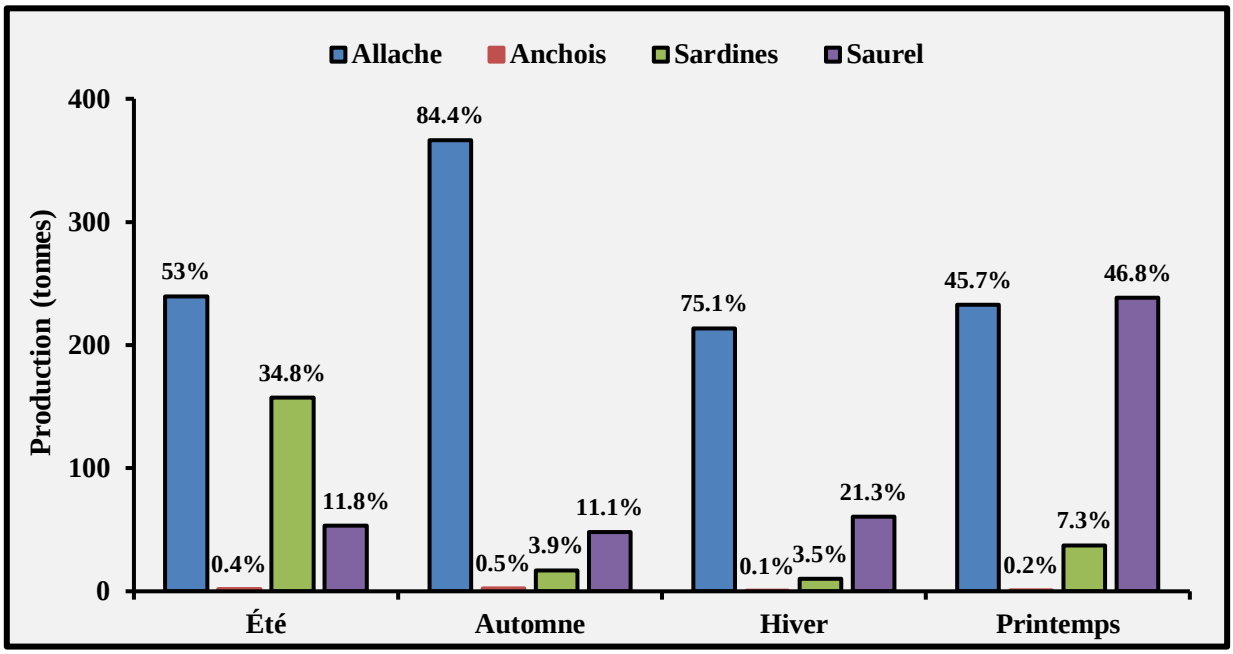


Figure 25. Variation saisonnière de la production en espèces de petits pélagiques

III. 7. Relation entre abondance des copépodes et production de petits pélagiques

L'analyse révèle une relation intrigante entre l'abondance des copépodes et la production de petits pélagiques (Fig. 26). Le graphique met en évidence une tendance décroissante entre la production en petits pélagiques et l'abondance des copépodes, c'est-à-dire l'augmentation en petits pélagiques correspond à la diminution de l'abondance des copépodes (corrélation négative).

La relation entre l'abondance des copépodes et la production de petits pélagiques a abouti au modèle statistique suivant :

Production = -0.515 * Abondance + 550.5

Ce modèle est significatif avec un coefficient de détermination $\mathbf{R^2}$ = 0,72, soit 72% de la variabilité de la production des petits pélagiques est expliquée par celle de l'abondance des copépodes (Fig. 26).

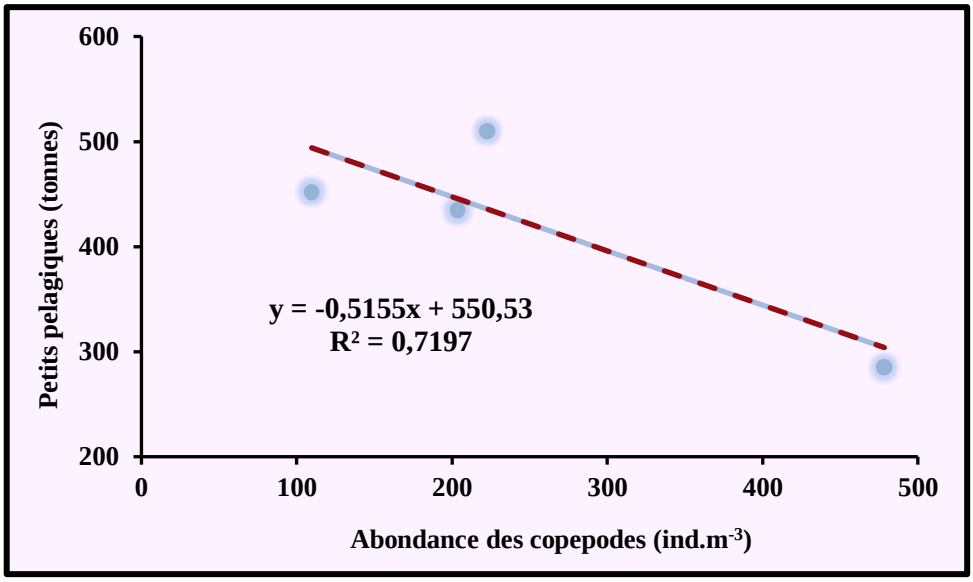


Figure 26. Représentation du test de corrélation entre la production de petits pélagiques et l'abondance des copépodes

L'étude de la variation des coefficients de corrélation entre les stocks de copépodes et celles des quatre espèces de petits pélagiques a permis de tirer les conclusions suivantes (Fig. 27).

Les copépodes sont fortement corrélés négativement avec les stocks des anchois (-0.81), et de la sardine (-0.69).

Une corrélation négative modérée entre les copépodes et la production en allache (-0.36). Cette dernière présente également des corrélations négatives modérées avec stocks de saurel (-0.34) et de sardines (-0.25). Les fortes corrélations négatives entre ces petits pélagiques peuvent être interpréter par une compétition entre les espèces.

Par contre, on note une forte corrélation positive entre l'allache et l'anchois (0.81), ce qui peut être lié aux conditions favorables similaires ou des cycles de reproduction synchronisés.

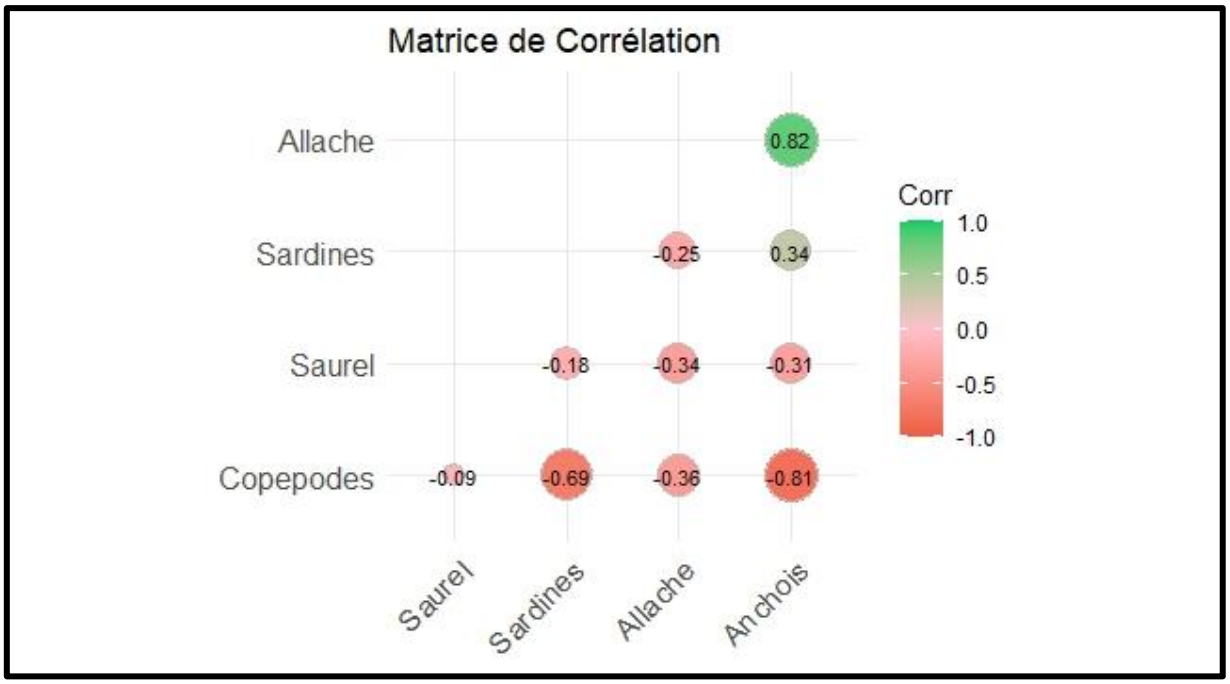


Figure 27. Heatmap de la corrélation entre les proies (copépodes) et les prédateurs (petits pélagiques)

Chapitre IV.

Discussion

IV. 1. Variabilité qualitative et comparaison avec les régions adjacentes

Nos océans abritent une incroyable diversité de copépodes, avec 2694 espèces recensées à travers le monde, réparties en 342 genres distincts (Razouls *et al.*, 2005-2024). La Méditerranée, en particulier, abrite environ 588 espèces différentes de ces minuscules crustacés (Razouls *et al.*, 2005-2024). La majorité de ces organismes se concentrent dans les 200 premiers mètres de la colonne d'eau, au niveau où la chlorophylle a atteint son maximum de profondeur. Relativement peu d'entre eux effectuent de grandes migrations verticales quotidiennes (Di Carlo *et al.*, 1984, Andersen *et al.*, 2001, Brugnano et al., 2012).

La diversité des copépodes se répartit en trois ordres principaux : Calanoida, Cyclopoida et Harpacticoida. Parmi les taxas récoltés, l'ordre de Calanoida domine largement avec 50 espèces appartenant à 18 familles différentes. Vient ensuite l'ordre de Cyclopoida, représenté par 11 espèces appartenant à 4 familles distinctes. Enfin, l'ordre de Harpacticoida n'est représenté que par une seule espèce récoltée. La prédominance de l'ordre des Calanoida parmi les copépodes a déjà été observée et rapportée dans les eaux côtières algériennes (Chaouadi & Hafferssas, 2018), en mer Adriatique (Mazzocchi *et al.*, 2003) et au sein du bassin Levantin (Pasternak *et al.*, 2005).

Tableau 11. Niveaux des biodiversités de la faune de Copépodes liés aux différentes régions de la méditerranée

Régions	***Nombre d'espèces***	***Références***	***Type de filet***
Côtes Marocaines (2°24'W)	*57*	*Zerouali & Melhaoui (2002)*	*Juday-Bogorov (80 µm)*
Mer d'Alboran (2°W – 0°)	*55*	*Youssara & Gaudy (2003)*	*Working-Party 2 (200 µm)*
Iles Habibas (1°08'W)	*56*	*Chaouadi & Hafferssas (2018)*	*Working-Party 2 (200 µm)*
Mer des Baléares (2°40'E)	*83*	*Fernández de puelles et al. (2009)*	*Bongo (250 µm)*
Baie de Bou Ismail (2°50'E)	*62*	*Chaouadi & Hafferssas (2018)*	*Working-Party 2 (200 µm)*
Côtes Algériennes (1°E – 4°E)	*80*	*Seridji & Hafferssas (2000)*	*Working-Party 2 (200 µm)*
Baie d'Annaba (8°E)	*73*	*Ounissi et al. (2016)*	*Working-Party 2 (200 µm)*
Baie de Tunis (10°1'E – 10°4'E)	*52*	*Daly Yahia et al. (2004)*	*Nansen (55 µm)*
Golfe du Lion (3°E – 8°E)	*30*	*Donoso et al. (2017)*	*Bongo (120 µm)*
Mer Ligure (6°E – 10°E)	*55*	*Pinca & Dallot (1995)*	*Working-Party 2 (200 µm)*
Mer Ligure (7°50'E)	*32*	*Andersen et al. (2001)*	*Working-Party 2 (200 µm)*
Mer Ligure (8°45'E)	*23*	*Dauby (1980)*	*Working-Party 2 (180 µm)*
Mer Adriatique (13°5'E – 19°E)	*137*	*Hure et al. (1980)*	*Nansen (250 µm)*

La biodiversité recensée durant cette étude est plus importante que celle précédemment observée dans la mer Ligure par Andersen et al. (2001), au niveau des eaux côtières du Chypre (Vasilopoulou *et al.,* 2022), au niveau du golfe de Lion (Donoso *et al.,* 2017) et des eaux occidentales de la Corse (Dauby, 1980) (Tab. 11).

La diversité répertoriée dans la baie de Bou-Ismail est proche de celle dénombrée au sein des côtes marocaines (Zerouali & Melhaoui., 2002), Mer d'Alboran (Youssara & Gaudy., 2003), Iles Habibas (Chaouadi & Hafferssas., 2018), Mer Ligure (Pinca & Dallot., 1995).

En revanche, notre diversité est moins importante que celles recensées dans la mer des Baléares (Fernández de puelles *et al.,* 2009), bassin Algérien (Seridji & Hafferssas., 2000), la baie de Annaba (Ounissi *et al.,* 2016), la mer Adriatique (hure et al.,1980) Golfe de Naples (Mazzochi & Ribera d'Alcala., 1995), la Mer Egée (Siokoufrangou et al., 1997) et les côtes Egyptiennes (Zakaria *et al.,* 2016), et au niveau des côtes Libanaises (Lakkis, 1990).

IV. 2. Variabilité saisonnière de la composition quantitative des copépodes

L'un des facteurs les plus important qui contrôlent la variation quantitative des populations de copépodes est la température. L'augmentation de la température de l'eau de mer a un impact négatif sur les abondances des copépodes. Durant notre étude, une variabilité saisonnière a été signalée avec un minimum quantitatif de 109.7 ind.m^{-3} enregistré au cours de la saison estivale. La saison hivernale a été marquée par une abondance relativement élevée (477.8 ind.m^{-3}). D'ailleurs, plusieurs auteurs ont relié les fortes abondances zooplanctoniques au refroidissement des eaux de surface durant la saison froide (Estrada et al., 1985 ; Calbet *et al.,* 2001).

L'abondance moyenne récoltée au sein de la baie de Bou Ismail est de 253.4 ind.m^{-3}. Ces valeurs numériques sont proches de celles enregistrées au niveau du détroit de Sicile (Siokoufrangou *et al.,* 1997) et au niveau de la mer Levantine (Pasternak *et al.,* 2005). Nos abondances sont faibles à celles signalées au sein de la côte algérienne (Hafferssas, 2010) ; la baie de Annaba (Ounissi *et al.,* 2016) ; la baie de Tunis (Daly Yahia *et al.,* 2004) ; mer de Ligure (Donoso *et al.,* 2017). Par contre, nos abondances sont supérieures à celles observées au niveau de la mer Egée par Christo (1998) et au sein des côtes sud de la Turquie (Terbiyik kurt & Polat, 2013).

IV. 3. Effets de la variabilité saisonnière sur la structure écologique des communautés

Les indices de diversité calculés pour les espèces de copépodes durant les différentes saisons d'échantillonnage fournissent des informations précieuses sur la structure et la dynamique des communautés issues eaux côtières algériennes. Les indices de Simpson, Shannon, Pielou, Parker et Odum sont utilisés pour évaluer la diversité, l'uniformité et la dominance des espèces, et leur analyse révèle des variations saisonnières significatives.

L'analyse de ces indices a montré que la diversité au sein de la baie de Bou Ismail présente un gradient croissant, la saison estivale est la moins diversifiée contrairement au printemps qui est fortement diversifiée. La forte diversité des communautés peut être attribuée à la stabilité des conditions environnementales durant les saisons de prélèvement (Beaugrand *et al.*, 2002). La fluctuation des indices de diversité souligne l'impact des variations saisonnières sur la structure des communautés.

Les niveaux de productivité des eaux affectent la structure des écosystèmes. Les zones oligotrophes sont caractérisées par des communautés équilibrées et diversifiées (Pinca & Dallot, 1997 ; Seguin *et al.* 1994). Magurran (2004) souligne que des valeurs élevées de l'indice de Shannon peuvent indiquer une diversité relative dominée par quelques espèces abondantes co-existantes avec de nombreuses espèces rares.

Les valeurs élevées de l'indice de Pielou (> 0.9) montrent que les communautés sont uniformément réparties. Cela suggère une stabilité dans la disponibilité des ressources ou des mécanismes de partage efficaces au sein de la communauté (Pielou, 1966).

La variabilité observée dans ces indices met en lumière la nature dynamique des communautés de copépodes. Elle reflète leur capacité d'adaptation aux changements environnementaux, tels que les fluctuations de température, de disponibilité des nutriments ou de pression de prédation.

IV. 4. Relation trophique entre les copépodes et les petits pélagiques

En raison de leur petite taille et de leur forte abondance, les copépodes constituent une source de nourriture essentielle pour les stades larvaires et juvéniles des poissons pélagiques (Checkley, 1982). Les variations dans l'abondance des copépodes peuvent avoir des impacts significatifs sur les populations de petits pélagiques, ce qui souligne l'importance de comprendre ces interactions pour une gestion efficace des ressources halieutiques.

Les sardines sont des poissons planctonophages qui filtrent leur nourriture grâce à leurs branchies. Leur régime alimentaire est principalement composé de copépodes, de larves de mollusques et de poissons, de cladocères, de phytoplancton et de zooplancton de petite taille (Fisher, 1978). Pendant la période de mai à octobre, les sardines s'alimentent activement, principalement de copépodes (Krzeptowski, 1983). En Algérie, l'analyse du régime alimentaire de l'allache (Sardinella aurita) dans la baie de Bou-Ismail a également révélé la présence significative de copépodes (Mokrane, 1996). Contrairement à la sardine, la sardinelle a un régime alimentaire moins sélectif, consommant principalement des copépodes mais également du phytoplancton (Diatta *et al.*, 2016).

L'anchois se nourrit principalement de plancton, avec une prédominance de copépodes et d'ostracodes (Sorbe, 1972). Le saurel, quant à lui, est un zooplanctophage dont l'alimentation est dominée par les copépodes, les euphausiacés et les ostracodes (Neghli, 1996).

Les résultats obtenus durant cette étude montrent une variabilité saisonnière marquée dans les stocks halieutiques et l'abondance des copépodes sur les côtes algériennes. Cette variabilité peut être expliquée par les interactions complexes entre les petits pélagiques et leurs proies principales (les copépodes) en fonction des saisons. Les associations proies-prédateurs jouent un rôle important dans le transfert d'énergie vers les niveaux trophiques supérieurs (Benedetti *et al.*, 2015). Par conséquent, les changements dans l'abondance des copépodes peuvent influencer l'abondance des stocks de poissons et la gestion des pêcheries (Batchelder *et al.*, 2012).

Durant la période chaude (été et printemps), les stocks halieutiques sont relativement élevés tandis que les abondances des copépodes sont faibles. Les sardines, qui filtrent leur nourriture, y compris les copépodes, les cladocères et les autres petits zooplanctons, sont très actives pendant cette période (Fisher, 1978). Cette période est marquée par une intensité élevée de l'activité alimentaire des petits pélagiques qui profitent de l'abondance des copépodes pour leur croissance et leur reproduction (Diatta *et al.*, 2016). Une forte pression de prédation induit à la réduction des stocks de proies, cela peut expliquer la diminution des abondances de copépodes durant cette saison. Selon Krzeptowski (1983), la diminution de la température de l'eau peut ralentir l'activité alimentaire des petits pélagiques. Les conditions hivernales (basses températures), peuvent réduire l'activité de prédation des petits pélagiques, permettant ainsi aux copépodes de prospérer (Diatta *et al.*, 2016). Les sardines et les sardinelles, bien que moins actives, continuent de se nourrir de copépodes, mais à un rythme réduit.

Ces résultats suggèrent que les fluctuations des stocks halieutiques sont étroitement liées à la disponibilité des copépodes, soulignant l'importance de ces derniers dans les réseaux trophiques marins. Les copépodes, en tant que proies essentielles, influencent directement la biomasse et la dynamique des populations de petits pélagiques (Turner, 2004). Une gestion durable des ressources halieutiques doit donc prendre en compte les interactions entre les copépodes et les petits pélagiques pour maintenir un équilibre écologique.

Corrélations Entre les espèces de petits pélagiques

La corrélation entre l'allache et les anchois est fortement positive (0,815). Cela suggère qu'une augmentation de l'abondance de l'une de ces espèces est fortement associée à une augmentation de l'abondance de l'autre. Cette relation pourrait indiquer des préférences écologiques similaires ou une exploitation partagée des ressources alimentaires, comme le note Checkley *et al.* (2009). La corrélation entre l'allache et les sardines est légèrement négative (-0,248). Cette relation négative faible pourrait indiquer une légère compétition entre ces espèces pour les ressources alimentaires ou des habitats légèrement différents, comme observé par Bacha & Amara (2009). La corrélation entre l'allache et le saurel est modérément négative (-0,337). Cela pourrait indiquer une compétition modérée entre ces espèces, possiblement pour les mêmes ressources alimentaires ou niches écologiques, comme discuté par Cury *et al.* (2000). La corrélation entre les anchois et les sardines est légèrement positive (0,345). Cela suggère qu'une augmentation de l'abondance des anchois est associée à une augmentation de l'abondance des sardines, indiquant peut-être une utilisation partagée des habitats ou des périodes de reproduction synchronisées, comme mentionné par Bakun (2013). La corrélation entre les anchois et le saurel est modérément négative (-0,312). Cette relation pourrait indiquer une certaine compétition entre ces espèces pour les ressources ou des différences dans leurs habitats préférés, comme discuté par Kiørboe (2011). Enfin, la corrélation entre les sardines et le saurel est faiblement négative (-0,183). Cela suggère une faible compétition ou interaction entre ces deux espèces, indiquant peut-être des niches écologiques distinctes, comme le note Beaugrand *et al.* (2002).

Les corrélations négatives fortes entre les copépodes et les espèces comme les anchois et les sardines indiquent une compétition potentielle pour les ressources alimentaires, principalement le zooplancton. Ces relations suggèrent que des changements dans la population de copépodes pourraient avoir des impacts significatifs sur les populations de petits pélagiques, affectant ainsi la dynamique des réseaux trophiques marins. Les corrélations positives et négatives entre les différentes espèces de petits pélagiques révèlent des interactions complexes, y compris la

compétition et la cohabitation, influençant leur distribution et leur abondance. La compréhension de ces interactions est essentielle pour la gestion durable des pêches et la conservation des écosystèmes marins.

Conclusion

Les résultats obtenus durant cette étude nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

La faune zooplanctonique issue de la baie de Bou Ismail est composée de 62 espèces de Copépodes, qui se répartissent sur 23 familles et 37 genres. Cette dernière est dominée par l'ordre Calanoida (50 espèces).

Les fortes abondances sont influencées par les variabilités saisonnières, les abondances optimales sont observées durant les saisons froides (hiver= 478.40 ind.m^{-3}), et les faibles abondances sont concentrées durant les saisons chaudes (été=109.66 ind.m^{-3}).

L'analyse de la structure écologique des prélèvements zooplanctoniques par les ces indices écologiques a montré que la faune issue de la baie de Bou Ismail est fortement diversifiée et bien équilibrée présentant un gradient saisonnier croissant.

La variabilité saisonnière des stocks halieutiques est étroitement liée à l'abondance des copépodes. 72% de la variabilité de la production des petits pélagiques est expliquée par celle de l'abondance des copépodes.

Références bibliographiques

1758) et Sardinella aurita dans la baie de Bou-Ismail. Mémoire d'Ingénieur. ISMAL. 50p.

Al-Yamani, F. Y., Skryabin, V., Gubanova, A., Khvorov, S., & Prusova, I. (2011). Marine zooplankton practical guide. Kuwait Institute for Scientific Research, Kuwait, 399.

Andersen, V., Nival, P., Caparroy, P., & Gubanova, A. (2001). Zooplankton community during the transition from spring bloom to oligotrophy in the open NW Mediterranean and effects of wind events. 1. Abundance and specific composition. Journal of Plankton Research, 23(3), 227- 242.

Antajan, E., S. Lelievre, C. Martin, C. Warembourg & Vaz, S. (2008). Mapping and modelling of winter ichthyoplankton distribution and associated zooplankton assemblages in the eastern English Channel and Southern North Sea. ICES WKZEM Report, 10: 38-39.

Bacha, M., & Amara, R. (2009). Importance économique et alimentaire des petits pélagiques en Algérie.

Bakalem, A., C. Hily & Romano, J.C. (1981). Contribution à l'étude des peuplements benthiques de la Baie d'Alger. Cartog- raphie et definition des peuplements. Pelagos, 6(2): 8-111.

Bakun, A. (2013). *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*.

Baselga, A., & Orme, C. D. L. (2012). betapart: an R package for the study of beta diversity. *Methods in ecology and evolution*, *3*(5), 808-812.

Batchelder, H. P., Mackas, D. L., & O'Brien, T. D. (2012). Spatial–temporal scales of synchrony in marine zooplankton biomass and abundance patterns: a world-wide comparison. Progress in Oceanography, 97, 15-30.

Beaugrand, G. (2005). Monitoring pelagic ecosystems using plankton indicators. ICES Journal of Marine Science, 62(3), 333-338.

Beaugrand, G., Brander, K. M., Alistair Lindley, J., Souissi, S., & Reid, P. C. (2003). Plankton effect on cod recruitment in the North Sea. Nature, 426(6967), 661-664.

Beaugrand, G., Ibanez, J. A. Lindley & Reid, P. C. (2002). Diversity of calanoïd copepods in the North Atlantic and adjacent seas: Species associations and biogeography. Mar. Ecol. Prog. Ser., **232**: 179-195.

Benedetti, F., Gasparini, S., & Ayata, S. D. (2015). Identifying copepod functional groups from species functional traits. Journal of Plankton Research, 38(1), 159-166.

Boucher, J., Ibanez, F., & Prieur, L. (1987). Daily and seasonal variations in the spatial distribution of zooplankton populations in relation to the physical structure in the Ligurian Sea Front. Journal of Marine Research, 45(1), 133-173.

Bradai, M. N., Quignard, J. P., Bouain, A., Jarboui, O., Ouannes-Ghorbel, A., Ben Abdallah, L., ... & Ben Salem, S. (2004). Ichtyofaune autochtone et exotique des côtes tunisiennes : recensement et biogéographie. Cybium, 28(4), 315-328.

Braik, D. (1989). Etude de la dynamique sédimentaire devant Bou Ismail : sédimentologie, morphologie, problème d'érosion du littoral et aménagement. Algiers : Institut des sciences de la terre, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene [Faculty of Earth Sciences, University of Sciences and technology Houari Boumediene], 174.

Brugnano, C., Granata, A., Guglielmo, L., & Zagami, G. (2012). Spring diel vertical distribution of copepod abundances and diversity in the open Central Tyrrhenian Sea (Western Mediterranean). Journal of Marine Systems, 105, 207-220.

Calbet, A., Garrido, S., Saiz, E., Alcaraz, M., & Duarte, C. M. (2001). Annual zooplankton succession in coastal NW Mediterranean waters: the importance of the smaller size fractions. *Journal of Plankton research*, *23*(3), 319-331.

Chaouadi, M. & Hafferssas, A. (2018). Seasonal variability in diversity and abundance of the free-living pelagic copepod community of the Algerian coasts (SW Mediterranean Sea). *Crustaceana*, *91*(8), 913-946.

Chaoui, L., & Kara, M. H. (2011). Évaluation et diagnostic par l'approche structurale du stock de daurades Sparus aurata (l. 1758) dans la lagune du Mellah (nord-est de l'Algérie). *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, *66*(2), 135-144.

Checkley Jr, D. M., Asch, R. G., & Rykaczewski, R. R. (2017). Climate, anchovy, and sardine. Annual Review of Marine Science, 9(1), 469-493.

Checkley, D. M. (1982). Selective feeding by Atlantic herring (Clupea harengus) larvae on zooplankton in natural assemblages. *Mar Ecol Prog Ser*, *9*(3), 245-253.

Checkley, D. M., Alheit, J., Oozeki, Y., & Roy, C. (2009). Climate Change and Small Pelagic Fish. *Cambridge University Press.*

Cherif, M., Zarrad, R., Gharbi, H., Missaoui, H., & Jarboui, O. (2007). Some biological parameters of the red mullet, Mullus barbatus L., 1758, from the Gulf of Tunis. Acta Adriatica, 48(2), 131-144.

Conway, D. V. (2012). Marine Zooplankton of Southern Britain-Part 2: Arachnida, Pycnogonida, Cladocera, Facetotecta, Cirripedia and Copepoda. Occasional Publication of the Marine Biological Association 26.

Cury, P., Bakun, A., Crawford, RJ, Jarre, A., Quinones, RA, Shannon, LJ et Verheye, HM. (2000). Petits pélagiques dans les systèmes d'upwelling : modèles d'interaction et changements structurels dans les écosystèmes « à taille de guêpe ». *Journal du CIEM des sciences marines*, *57* (3), 603-618.

Daget, J. (1976). Les modèles mathématiques. In: Masson (ed.), Paris, 170 pp.

Daly Yahia, N. M., Souissi, S., & Daly Yahia-Kefi, O. (2004). Spatial and temporal structure of planktonic copepods in the Bay of Tunis (southwestern Mediterranean Sea). Zoological Studies, 43(2), 366-375.

Dauby, P. (1980). Annual cycle of surface zooplankton in ²Calvis Bay (Corsica). Total biomass and copepods. Oceanologica Acta, 3(4), 403-407.

Di Carlo, B. S., Ianora, A., Fresi, E., & Hure, J. (1984). Vertical zonation patterns for Mediterranean copepods from the surface to 3000 m at a fixed station in the Tyrrhenian Sea. Journal of Plankton Research, 6(6), 1031-1056.

Diatta, Y., Badji, L. B., & Tidiane BA, C. (2016). Etude du régime alimentaire de Sardinella aurita (Valenciennes, 1847) et de S. maderensis (Lowe, 1841) de la côte occidentale de l'Afrique.

Donoso, K., Carlotti, F., Pagano, M., Hunt, B. P., Escribano, R., & Berline, L. (2017). Zooplankton community response to the winter 2013 deep convection process in the NW Mediterranean S ea. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, *122*(3), 2319-2338.

Dumay, J., Donnay-Moreno, C., Barnathan, G., Jaouen, P., & Bergé, J. P. (2006). Improvement of lipid and phospholipid recoveries from sardine (Sardina pilchardus) viscera using industrial proteases. Process Biochemistry, 41(11), 2327-2332.

Estrada, M., Vives, F., & Alcaraz, M. (1985). Life and the productivity of the open sea. *Western Mediterranean. Pergamon Press, Oxford*, *148197*.

Fernández De Puelles, M. L., Lopez-Urrutia, A., Morillas, A., & Molinero, J. C. (2009). Seasonal variability of copepod abundance in the Balearic region (western Mediterranean) as an indicator of basin scale hydrological changes. Hydrobiologia, 617(1), 3-16.

Fischer, W. (1978). FAO species identification sheets for fishery purposes. Western Central Atlantic (fishing area 31).

Gaudy, R. & Champalbert, G. (1998). Space and time variations in zooplankton distribution South of Marseille. Oceanol. Acta, 21(6): 793-802.

Giovanardi, O., & Romanelli, M. (1990). Preliminary observations on the seasonal presence of Teleostean larvae in the Tyrrhenian Sea. Rapp. Comm. Int. Mer. Médit, 32(1).

Hafferssas, A., 2010. Contribution à l'étude des communautés des Copépodes des côtes algériennes : Biodiversité, biomasse et comportement trophique. Thèse de Doctorat d'Etat USTHB, Alger, 153 p. & Annexes.

Heron, G. A., Saunders English, T., & Damkaer, D. M. (1984). Arctic Ocean Copepoda of the genera Lubbockia, Oncaea, and Epicalymma (Poecilostomatoida: Oncaeidae), with remarks on distributions. Journal of Crustacean Biology, 4(3), 448-490.

Houma, F. B. (2009). Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire (Doctoral dissertation, Université Paris-Est).

Humes, A. G. (1994). How many copépodes ? *Hydrobiologia*, *292*, 1-7.

Hure, J., Ianora, A., & di Carlo, B. S. (1980). Spatial and temporal distribution of copepod communities in the Adriatic Sea. *Journal of Plankton Research*, *2*(4), 295-316.

Huys R., & Boxshall, G. A. (1991). Copepod Evolution. The Ray Society, London. 468p.

Kiørboe, T. (2011). How zooplankton feed: mechanisms, traits and trade-offs. *Biological Reviews*, 86(2), 311-339.

Kiørboe, T., Andersen, A., Langlois, V. J., & Jakobsen, H. H. (2010). Unsteady motion: escape jumps in planktonic copepods, their kinematics and energetics. Journal of the Royal Society Interface, 7(52), 1591-1602.

Krzeptowski, M. (1983). Caractéristiques biologiques de la sardine (Sardina pilchardus Walb.) au large du Sahara occidental. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* , *13* (1), 13-38.

Lakkis, S. (1990). Composition, diversité et successions des copépodes planctoniques des eaux libanaises (Méditerranée Orientale). *Oceanologica acta*, *13*(4), 489-501.

Lamb, M. E., Orbach, Y., Sternberg, K. J., Aldridge, J. A. N., Pearson, S., Stewart, H. L., ... & Bowler, L. (2009). Use of a structured investigative protocol enhances the quality of investigative interviews with alleged victims of child sexual abuse in Britain. *Applied Cognitive Psychology: The Official Journal of the Society for Applied Research in Memory and Cognition*, *23*(4), 449-467.

Louis, M., Bouchon, C., & Bouchon-Navaro, Y. (1995). Spatial and temporal variations of mangrove fish assemblages in Martinique (French West Indies). In Asia-Pacific Symposium on Mangrove Ecosystems: Proceedings of the International Conference held at The Hong Kong University of Science & Technology, September 1–3, 1993 (pp. 275-284). Springer Netherlands.

Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing.

Magurran, A. E. (2013). *Ecological diversity and its measurement*. Springer Science & Business Media.

MAUCHLINE, J., (1998). The biology of calanoid copepods. Adv. Mar. Biol. **33**: 1-710.

Mayzaud, P., & Pakhomov, E. A. (2014). The role of zooplankton communities in carbon recycling in the Ocean: the case of the Southern Ocean. Journal of Plankton Research, 36(6), 1543-1556.

Mazzocchi, M. G., & d'Alcalà, M. R. (1995). Recurrent patterns in zooplankton structure and succession in a variable coastal environment. *ICES Journal of Marine Science*, *52*(3-4), 679-691.

Mazzocchi, M. G., Nervegna, D., D'elia, G., Di Capua, I., Aguzzi, L., & Boldrin, A. (2003). Spring mesozooplankton communities in the epipelagic Ionian Sea in relation to the Eastern Mediterranean Transient. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, *108*(C9).

Mokrane S. (1996). Etude de régime alimentaire de deus espèces : Boops boops (Linne,

Neghli, L. (1996). Contribution à l'étude de régime alimentaire de Trachurus trachurus (Linnne, 1758) dans la baie de Bou-Ismail : Mémoire d'Ingénieur. ISMAL :56p.

Ounissi, M., Laskri, H., & Khélifi-Touhami, M. (2016). Net-zooplankton abundance and biomass from Annaba Bay (SW Mediterranean Sea) under estuarine influences. *Mediterranean Marine Science*, *17*(2), 519-532.

Pasternak, A., Wassmann, P., & Riser, C. W. (2005). Does mesozooplankton respond to episodic P inputs in the Eastern Mediterranean? *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, *52*(22-23), 2975-2989.

Pielou, E. C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal of theoretical biology, 13, 131-144.

Pinca, S. & S. Dallot, 1997. Zooplankton community structure in the western Mediterranean Sea related to mesoscale hydrodynamics. Hydrobiologia, 356: 127-142.

Pinca, S., & Dallot, S. (1995). Meso-and macrozooplankton composition patterns related to hydrodynamic structures in the Ligurian Sea (Trophos-2 experiment, April-June 1986). *Marine Ecology Progress Series*, *126*, 49-65.

Razouls C., N. Desreumaux, J. Kouwenberg& de Bovée, F. (2005-2024). Biodiversity of Marine Planktonic Copepods (morphology, geographical distribution and biological data). Sorbonne University, CNRS. Available at http://copepodes.obs-banyuls.fr/en [Accessed mai 10, 2024].

Rose, W. C. (1933). The role of proteins in metabolism.

Scotto Di Carlo, B., A. Ianora, E. Fresi &. Hure, J. (1984). Vertical zonation patterns for Mediterranean copepods from the surface to 3000 m at à fixed station in the Tyrrhenian Sea. J. Plankton Res., 6(6) : 1031–1056.

Seguin G., Errhif A. & Dallot, S. (1994). Diversity and structure of pelagic copepod populations in

Seridji, R., & Hafferssas, A. (2000). Copepod diversity and community structure in the Algerian basin. *Crustaceana*, 1-23.

Siokoufrangou, I., Christou, E. D., Fragopoulu, N., & Mazzocchi, M. G. (1997). Mesozooplankton distribution from Sicily to Cyprus (eastern Mediterranean). 2. Copepod assemblages. *Oceanolica Acta*, *20*(3), 537-548.

Sorbe, J. C. (1972). *Ecologie et éthologie alimentaire de l'ichthyofaune chalutable du plateau continental sud Gascogne* (Doctoral dissertation).

Terbiyik-Kurt, T., Polat, S. (2013). Seasonal distribution of coastal mesozooplankton community in relation to the environmental factors in İskenderun Bay (north-east Levantine, Mediterranean Sea). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 93 (5), 1163-1174.

Thompson, G. A., Dinofrio, E. O., & Alder, V. A. (2013). Structure, abundance and biomass size spectra of copepods and other zooplankton communities in upper waters of the Southwestern Atlantic Ocean during summer. Journal of Plankton Research, 35(3), 610-629.

Tranter, D. J. & Fraser, J. H. (1968). Zooplankton sampling. Monographs on Oceanographic Methodology, 2: 1-174. (ICES/SCOR; published by UNESCO, Paris).

Tregouboff, G & Rose, M. (1957). Manuel de planctonologie Méditerranéenne. 1ére Ed. Paris, Centre National De La Recherche Scientifique, 1-587.

Tsikliras, A. C., Peristeraki, P., Tserpes, G., & Stergiou, K. I. (2015). Mean temperature of the catch (MTC) in the Greek Seas based on landings and survey data. *Frontiers in Marine Science*, *2*, 23.

Turner, J. T. (2004). The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs. Zool. Stud, 43(2), 255-266.

Vasilopoulou, G., Kehayias, G., Kletou, D., Kleitou, P., Antoniadis, K., Rousou, M., & Tsiamis, G. (2022). Spatial and temporal distribution of mesozooplankton in the coastal waters of Cyprus (Eastern Mediterranean).

Youssara, F. & Gaudy, R. (2003). Variations of zooplankton in the frontal area of the Alboran Sea (Mediterranean Sea) in winter 1997. *Oceanologica acta*, *24*(4), 361-376.

Zakaria, H. Y., Hassan, A. K. M., Abo-Senna, F. M., & El-Naggar, H. A. (2016). Abundance, distribution, diversity and zoogeography of epipelagic copepods off the Egyptian Coast (Mediterranean Sea). *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, *42*(4), 459-473.

Zerouali, F., & Melhaoui, M. (2002). Diversité spécifique et biomasse des copépodes pélagiques de la région de Ras Kebdana (côte méditerranéenne marocaine). *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, *22*(2), 91-102.