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 et environnement

Par :

HAOUD Wiam Ines
MEFTAHI Yamina

Thème :

Faune méso-zooplanctonique de la côte algérienne : Biodiversité taxonomique, comparaison qualitative et quantitative et analyses structurales

Soutenue publiquement le : 22 /06 /2023., Devant le jury composé de :

BENHAFRI N.	**MAA**	Université de Médéa	Président
HAMZA I.	**MCB**	Université de Médéa	Examinateur
CHAOUADI M.	**MCB**	Université de Médéa	Encadreur
BENSLIMANE S.	**Doctorante**	USTHB	Invitée

Année universitaire 2022/2023

RESUME

Afin d'étudier la variabilité dans la distribution spatiale de la faune méso-zooplanctonique issue de la côte algérienne, un prélèvement a été effectué durant la saison printanière de l'année 2019 au niveau de trois régions (Ouest, Centre et Est). L'échantillonnage a été effectué par des traits verticaux au sein de la couche épipélagique (0-50 mètres de profondeur), à l'aide d'un filet WP2.

Au total 69 espèces de copépodes ont été identifiées appartenant à 19 familles et 34 genres. Les familles les mieux représentées tout au long de cette côte sont les *Corycaeidae,* les *Oncaeidae,* les *Calanidae,* les *Paracalanidae* et les *Clausocalanidae.* L'analyse qualitative de la faune prélevée a montrée qu'il existe une différence significative entre la faune issue de la côte Est et celles issues de la côte Ouest et Centre.

Durant cette étude, l'abondance totale observée varie entre un minimum de 122.46 ind.m^{-3} et un maximum de 717.50 ind.m^{-3}. L'analyse quantitative des échantillons par la Classification Hiérarchique Ascendante a permis de différencier quatre groupements faunistiques. La faune récoltée héberge des populations à affinité Atlantique, elles sont des indicatrices du passage du courant Atlantique le long de nos côtes. La dominance des espèces épipélagiques et épi-mésopélagiques reflète le caractère côtier des stations de prélèvement.

Les communautés méso-zooplanctoniques issue de la zone d'étude sont bien équilibrées (E > 0.8), et fortement diversifiées (H' > 4 bits.ind^{-1}), il s'agit du stade 2 de la succession écologique.

Mots clés : Côtes algériennes, Copépodes, Groupe trophique, Affinité bathymétrique, Succession écologique.

Abstract

In order to study the variability in the spatial distribution of meso-zooplankton fauna from the Algerian coast, a sample was taken during the spring season of 2019 in three regions (West, Center and East). Sampling was carried out by vertical lines within the epipelagic layer (0-50 meters deep), using a WP2 net.

A total of 69 species of copepods have been identified belonging to 19 families and 34 genera, the families best represented along this coast are *Corycaeidae, Oncaeidae, Calanidae, Paracalanidae* and *Clausocalanidae*. The qualitative analysis of the fauna sampled showed that there is a significant difference between the fauna from the east coast and those from the west and center coast.

During this study, the total observed abundance varies between a minimum of 122.46 ind.m^{-3} and a maximum of 717.50 ind.m^{-3}. The quantitative analysis of the samples by the Ascending Hierarchical Classification made it possible to differentiate four faunal groups. The fauna collected hosts

populations of Atlantic origin; they are indicators of the passage of the Atlantic current along our coasts. The dominance of epipelagic and epi-mesopelagic species reflects the coastal character of the sampling stations.

The mesozooplankton communities from the study area are well balanced (E > 0.8), and highly diversified (H' > 4 bits.ind^{-1}), this is stage 2 of ecological succession.

Keywords: Algerian coasts, Copepods, Trophic group, Bathymetric affinity, Ecological succession.

ملخص

من أجل دراسة التباين في التوزيع المكاني للعوالق الحيوانية الوسيطة من الساحل الجزائري، تم أخذ عينة خلال فصل الربيع لعام 2019 في ثلاث مناطق (الغربية والوسطى والشرقية). تم أخذ العينات بواسطة خطوط عمودية داخل الطبقة السطحية (بعمق 0-50 متر)، باستخدام شبكة WP2.

تم تحديد ما مجموعه 69 نوعًا من مجدافيات الأرجل تنتمي إلى 19 عائلة و34 جنسًا، وأفضل العائلات تمثيلًا على طول هذا الساحل هي *Corycaeidae* و *Oncaeidae* و *Calanidae* و *Paracalanidae* و *Clausocalanidae*. أظهر التحليل النوعي للحيوانات التي تم أخذ عينات منها وجود فرق كبير بين الحيوانات من الساحل الشرقي وتلك الموجودة في الغرب والساحل الأوسط.

خلال هذه الدراسة، يختلف إجمالي الوفرة المرصودة بين 122.46 فردًا م $^{-3}$ كحد أدنى و 717.50 فردًا م $^{-3}$ كحد أقصى. أتاح التحليل الكمي للعينات بواسطة التصنيف الهرمي التصاعدي التمييز بين أربع مجموعات حيوانية. الحيوانات التي جمعت مجموعات مضيفة من أصل أطلسي؛ إنها مؤشرات على مرور تيار الأطلسي على طول سواحلنا. تعكس هيمنة الأنواع التي تعيش في أعالي البحار والمحيطات المتوسط السطحي الطابع الساحلي لمحطات أخذ العينات.

مجتمعات العوالق المتوسطة من منطقة الدراسة متوازنة جيدًا (E > 0.8) و متنوعة للغاية (H’ > 4 bits.ind^{-1}). يشير التوزيع العادل للأنواع والتنوع الكبير للمجتمعات ومجموعاتها الوظيفية إلى نظام بيئي مستقر.

الكلمات المفتاحية: السواحل الجزائرية، مجدافيات الأرجل المجموعة الغذائية، ألفة قياس الأعماق، التعاقب البيئي.

Remerciement

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Nos remerciements les plus sincères vont à notre encadrant Mr. CHAOUDI Mustapha pour son suivi et ses conseils judicieux et surtout son encouragement, sans son aide, ce travail ne serait pas aussi riche et aussi intéressant.

Nos vifs remerciements s'adressent au président du jury Mr. BENHAFRI Nadir d'avoir accepté de participer à l'évaluation de notre mémoire.

On tient à remercier Madame HAMZA Imane d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Sans oublier notre invitée Mme. BENSLIMANE Samira grâce à ses efforts, ses conseils et sa gentillesse nous avons pu avancer dans la partie pratique et même la partie théorique.

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

Dédicace

Ines

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

Avant tout, à mon dieu, tout le puissant, le guide de ma vie.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père Mouhamed.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non âmes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuses : mon adorable mère Meriem.

A mes bras, ma force, à mes chers frères M'hamed et Ayoub et mon fiancé OBAID, qui m'ont donné le courage et la confiance totale de terminer ce chemin.

A mes chères sœurs, Houria, Asma ma joie qui savent toujours comment me rendre heureuse moralement et Khadra qui n'ont pas cessées de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A ma grande mère, mes oncles et mes tentes. Que dieu leur donne une longue vie pleine de joie.

Aux plus beaux enfants au monde qui savent toujours comment procurer la joie pour toute la famille : Louai, Quossai et la petite Meriem Ibtihel.

A tous mes cousines et tous mes amies surtout Nedjoua, Romaissa, Wissem et Bouchra et mes collègues Nour et Sabrina pour son soutien moral et qui me rendre la fac un paradis.

Sans oublier mon binôme Amani. Merci à tous et à tout.

Dédicace

Amani

J’exprime tout d’abord mes profonds remerciements à Allah qui m’a donné le courage et la volonté de mener à terme ce travail.

Avec beaucoup d'amour et de respect, Je dédie ce mémoire

*À **mes parents**, pour l'amour qu'ils m'ont toujours donné, leurs encouragements et toute l'aide qu'ils m'ont apportés durant mes études. Aucun mot, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération, et mon amour, pour les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon instruction et mon*

*Bien-être. Trouvez ici, **chère mère** et **cher père,***

Dans ce modeste travail, le fruit de tant de dévouements et de sacrifices ainsi que l'expression de ma gratitude

et de mon profond amour. Puisse Dieu leur accorder santé, bonheur, prospérité et longue vie afin que je puisse un jour combler de joie leurs vieux jours

A MON MARI

A celui qui a été le meilleur soutien pour moi et ma seconde moitié, j'espère que Dieu le protège et le préserve, il a toute mon appréciation et ma gratitude, *je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*
BILAL

A mes chers frères

***Amine et mhamed,** Je vous souhaite tout le bonheur du monde*

Mes chères sœurs

***Fatiha, Mimona, Rabia et Djamila**, pour leurs appuis et leurs encouragements, A toute ma famille pour leurs soutiens tout au long de mon parcours académique, Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fuit de votre soutien infaillible, Merci d'être toujours là pour moi.*

AUX plus beaux enfants du monde

Maroune, Walid, Mohamed, Abd el Wahab, Hossam, Ibrahim, Yahia, Zakaria,

Mohamed, Baraa, Anes, Rihab, Soujoud, Omima, Ihsane, Hadil, Riham, Rawane, Darine, Hajer, Bessma et Aya.

A TOUTE MA FAMILLE

Aucun langage ne saurait exprimer mon respect et ma considération pour votre soutien et encouragements. Je vous dédie ce travail en reconnaissance de l'amour que vous m'offrez quotidiennement et votre bonté exceptionnelle. Que Dieu le Tout Puissant vous garde et vous procure santé et bonheur.

A mon chère ***binôme Inas,***

Merci pour tous les efforts que vous avez faits.

A mon amie intime

A ma soeur, mon amie proche et ma bien-aimée Yasmine Khatouma Je t'offre mes remerciements et ma gratitude car tu es avec moi, je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.que Dieu te protège et réalise tes aspirations.

A mes amies

Fatima, Zainab, Samiha, Rekia, Imane, Nour, Fatiha, Aya, Warda, Salma, Yasmine, Imane, Wafia, Rabia, Noura et Hanane.

Je te souhaite tout le bonheur dans la vie

Merci pour tout votre amour et votre affection

Table des matières

Introduction……1

Chapitre I. Généralités

I. 1. Zooplancton....3
I. 2. Description des copépodes....3
I. 3. Phylogénie et classification taxonomique des copépodes....4
I. 4. Morphologie des copépodes....5
I. 4. 1. Céphalosome....6
I. 4. 2. Métasome....6
I. 4. 3. Urosome....6
I. 4. 4. Furca....7
I. 5. Reproduction et cycle de vie des copépodes....7
I. 6. Comportement trophique et stratégies d'alimentation....8
I. 6. 1. Les copépodes herbivores (phytophage)....8
I. 6. 2. Les copépodes carnivores....9
I. 6. 3. Les copépodes omnivores....9
I. 7. Locomotion des copépodes....9
I. 8. Répartition des copépodes....9
I. 9. Rôle écologique des copépodes....11

Chapitre II. Matériel & Méthodes

II. 1. Présentation de la zone d'étude, caractéristique hydrodynamiques et conséquence hydrologique....11
II. 1. 1. Côte algérienne....11
II. 1. 2. Hydrodynamique et hydrologie du littoral algérien....11
II. 1. 2. 1. Masses d'eau....11
II. 1. 2. 2. Eau atlantique modifiée (Modified Atlantic Water)....11
II. 1. 2. Situation géographique....12
II. 2. Méthodologie....13
II. 2. 1. Station de Prélèvements zooplanctoniques....13
II. 2. 2. Prélèvement des peuplements zooplanctoniques....14
II. 2. 3. Fixation des échantillons....15
II. 2. 4. Dénombrement et identification des peuplements de copépodes....15
II. 3. Traitement et analyses des données....18
II. 3. 1. Analyses qualitatives....18
II. 3. 1. 1. Classification taxonomique....18
II. 3. 1. 2. Richesse spécifique....19
II. 3. 1. 3. Fréquence d'occurrence....19
II. 3. 1. 4. Comparaison géographique qualitative de la faune récoltée....19
II. 3. 1. 4. 1. Test de Cochran....19

II. 3. 1. 4. 2. Classification Hiérarchique en présences – absences.....20
II. 3. 2. Etude quantitative.....21
II. 3. 2. 1. Abondance par unité de volume et abondance relative 21
II. 3. 2. 2. Comparaison quantitative des populations de copépodes.....21
II. 3. 2. 3. Affinités quantitatives entre les peuplements de copépodes.....22
II. 3. 3. Modélisation des interactions proies-prédateurs.....22
II. 3. 4. Analyses structurales et états de la succession écologique.....23
II. 3. 4. 1. Dominance.....23
II. 3. 4. 2. Diversité spécifique.....24
II. 3. 4. 3. Indice de l'équitabilité de Pielou (E).....24
II. 3. 4. 4. Les Diagrammes Rangs-Fréquences (DRF) 25

Chapitre III. Résultats

III. 1. Etude qualitative des peuplements zooplanctoniques.....29
III. 1. 1. Biodiversité taxonomique.....29
III. 1. 2. Fréquence d'occurrence 29
III. 1. 3. Richesse Spécifique.....32
III. 1. 4. Composition de la faune selon le groupe fonctionnel.....33
III. 1. 4. 1 Comportement trophique.....36
III. 1. 4. 2. Stratégies d'alimentations 37
III. 1. 4. 3. Affinités bathymétriques.....38
III. 2. Etude quantitative des peuplements zooplanctoniques.....40
III. 2. 1. Variation de l'abondance totale 40
III. 2. 2. Compositions faunistiques: comparaisons et affinités quantitatives.....42
III. 2. 3. Distribution quantitative des groupements fonctionnels.....44
III. 2. 4. Répartition des populations indicatrices du courant Atlantique.....47
III. 3. Modélisation des relations proies-prédateurs.....48
III. 4. Etude structurale 50
III. 4. 1. Indice de dominance 50
III. 4. 2. Indice de diversité spécifique.....50
III. 4. 3. Indice de l'équitabilité.....51
III. 3. 4. Diagrammes rangs fréquence 52

Chapitre IV. Discussion

IV. 1. Variabilité qualitative et comparaison avec les régions adjacentes.....54
IV. 2. Variabilité quantitative et organisation trophique des peuplements 56
IV. 3. Biodiversité taxonomique et indicateurs hydrologiques et bathymétriques.....57
IV. 4. Successions écologiques et niveaux de productions des écosystèmes.....58
Conclusion……..59
Références bibliographiques …….....60

Liste des figures

Figure 1. Classification traditionnelle en classe de taille du zooplancton ***.....3***
Figure 2. Différents ordres de la sous classe des copépodes ***.....4***
Figure 3. Phylogénie des copépodes ***.....5***
Figure 4. Morphologie et appendices d'un copépode femelle en vue ventrale ***.....6***
Figure 5. Cycle de développement d'un Copépode calanoïde ***.....8***
Figure 6. Aires de répartitions géographiques de la sous classe des copépodes ***.....10***
Figure 7. La chaine alimentaire marine ***.....12***
Figure 8. Circulation de l'eau atlantique au sein de la mer d'Alboran ……12
Figure 9. Localisation géographique des stations de prélèvements ***.....14***
Figure 10. Caractéristiques du filet WP2 ***.....15***
Figure 11. Image prise au laboratoire ; a = boite de motoda ; b = récipient à fond plat ***.....16***
Figure 12. Etapes d'identification des peuplements de copépode ***.....17***
Figure 13. Représentation graphique des interactions proies-prédateurs par le modèle de Lotka-Volterra (Bertrandias & Bertrandias, 1994) ***.....23***
Figure 14. Représentation théorique des différents stades de succession écologique par les diagrammes rangs-fréquences dans une communauté de plancton ***.....26***
Figure 15. Richesse spécifique recensée au niveau de la côte Algérienne ***.....32***
Figure 16. Comparaison qualitative de la faune prélevée au sein des trois régions d'étude ***.....33***
Figure 17. Répartition des espèces selon leurs groupes trophiques ***.....36***
Figure 18. Répartition par région des espèces selon leurs groupes trophiques ***.....37***
Figure 19. Répartition des espèces selon leurs stratégies d'alimentation ***.....37***
Figure 20. Répartition par région des espèces selon leurs stratégies d'alimentation ***.....38***
Figure 21. Répartition des espèces selon leurs affinités bathymétriques ***.....39***
Figure 22. Répartition par région des espèces selon leurs affinités bathymétriques ***.....40***
Figure 23. Variation des abondances totales au niveau de la côte algérienne ***.....41***
Figure 24. Comparaisons et affinités quantitatives de la faune issue de la côte Algérienne ***.....43***
Figure 25. Répartition par région des abondances selon le groupe trophique des espèces ***.....44***
Figure 26. Répartition par région des abondances selon la stratégie d'alimentation des espèces ***....45***
Figure 27. Répartition par région des abondances selon l'affinité bathymétrique des espèces ***.....46***
Figure 28. Distribution quantitative des espèces à affinité Atlantique ***.....47***
Figure 29. Contribution quantitative (en pourcentage) des espèces à affinité Atlantique ***.....*** *Erreur ! Signet non défini.*
Figure 30. Modélisation des interactions phytophages – omnivores- carnivores par le modèle de Lotka Volterra ***.....49***
Figure 31. Variation de l'indice de dominance (D) au niveau de la cote Algérienne ***.....50***
Figure 32. Variation de l'indice de diversité spécifique (H') au niveau de la cote Algérienne ***.....51***
Figure 33. Variation de l'indice d'équitabilité (E) au niveau de la cote Algérienne ***.....51***
Figure 34. Etats de la succession écologique au sein de la faune de copépodes issue de la cote Algérienne ***.....53***
Figure 35. Niveaux des biodiversités de la faune de copépodes liés aux différentes régions de la Méditerranée ***.....55***

Liste des tableaux

Tableau 1. Répartition de la biodiversité des espèces de copépodes dans l'océan mondial (Razouls et al., 2005-2023) *10*
Tableau 2. Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnages *13*
Tableau 3. Légendes du filet WP 2 ..... *15*
Tableau 4. Echelle de classification des espèces selon la fréquence d'occurrence *19*
Tableau 5. Biodiversité taxonomique et fréquence d'occurrence (Fi) de la faune des copépodes de la région des iles issue de la côte algérienne *30*
Tableau 6. Comparaison qualitative entre les stations de prélèvement *32*
Tableau 7. Répartition des espèces de copépodes selon les groupes fonctionnels *34*
Tableau 8. Comparaison des abondances totales par le test de Kruskal-Wallis *41*
Tableau 9. Valeurs de p-values obtenues par la procédure de Conover-Iman *41*
Tableau 10. Signification des variables utilisées dans la classification hiérarchique *43*
Tableau 11. Données des abondances (ind.m^{-3}) utilisées dans le modèle de Lotka Volterra *48*
Tableau 12. Niveaux des biodiversités de la faune de copépodes liés aux différentes régions de la Méditerranée *55*

Introduction

Le mésozooplancton est composé de plusieurs groupes dont le plus important est celui des copépodes (Bron *et al*., 2011 ; Nowaczyk *et al.*, 2011; Mazzocchi *et al.*, 2014).

Les copépodes, en raison de leur taille, de leur diversité et de leur abondance, sont souvent appelés "les insectes de la mer" (Huys & Boxshall, 1991). De nombreuses études ont été menées pour comprendre la diversité, la dynamique, les habitats, les modes de vie et le développement larvaire de ces petits crustacés planctoniques, dans le but de mieux appréhender leur rôle dans l'écologie, la biologie trophique, la gestion des pêches et l'aquaculture (Drillet *et al*., 2011). Ils jouent, un rôle primordial dans les processus de transformation de la matière organique entre les différentes composantes de la chaîne trophique pélagique (Turner *et al.*, 2001 ; Ara & Hiromi 2007 ; Giannakourou *et al*., 2008 ; Cotté *et al*., 2009).

Les recherches sur les copépodes pélagiques le long des côtes algériennes ont principalement accordé une attention particulière aux aspects qualitatifs, descriptifs et à la biologie générale de ces organismes. Les études menées jusqu'à présent ont cherché à caractériser et à décrire la diversité des espèces de copépodes présentes dans les eaux côtières algériennes. Elles ont mis l'accent sur l'identification et la classification des différentes espèces de copépodes, ainsi que sur leur répartition géographique et leur abondance le long des côtes (Hafferssas *et al*., 2010).

Les copépodes pélagiques, en raison de leurs liaisons avec les masses d'eaux et leurs exigences écologiques, ils sont utilisés à l'identification des phénomènes hydrologiques : intrusion des eaux atlantiques en Méditerranée (Seguin *et al.*, 1992), les remontées des eaux profondes et la submersion des eaux superficielles (Dallot *et al.*, 1992).

La présente contribution se propose d'inventorier la biodiversité de la communauté des copépodes et d'analyser sa distribution sur les trois régions de la côte Algérienne : Ain Témouchent, Tipaza et Jijel. En outre, les différences entre les compositions qualitatives ont été analysées par des outils statistiques appropriées.

Le but de ce travail, comprend donc la réalisation d'un inventaire qualitatif du peuplement pélagique, l'évaluation de l'importance écologique des copépodes, l'analyse des variations dans la répartition des espèces entre les différentes régions côtières, l'examen des relations entre les abondances des populations et leurs comportements alimentaires et leur répartition verticale, ainsi que l'identification des espèces à affinité Atlantique afin d'évaluer l'influence du courant Atlantique sur les côtes algériennes.

A cet effet, un premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique concernant les travaux qui ont été faites sur les copépodes. Nous explorerons la diversité des espèces de copépodes à travers le monde, en nous appuyant sur des recherches récentes et des données taxonomiques. Nous mettrons également en évidence les principales caractéristiques morphologiques utilisées pour identifier et classer ces organismes.

Le deuxième chapitre sera abordé afin de développer les techniques d'échantillonnage portant sur les copépodes dans les trois régions (Ouest, Centre et Est).

Le troisième chapitre se porte sur l'identification des différents taxons des copépodes, l'analyse et la discussion des principaux résultats obtenus.

En conclusion, une réflexion générale est menée sur les résultats obtenus et des recommandations sont formulées pour la problématique traitée dans ce travail.

Chapitre I
Généralités

I. 1. Zooplancton

Le zooplancton désigne l'ensemble des animaux, hétérotrophes, unicellulaires et pluricellulaires, dérivant au gré des courants. Il regroupe l'ensemble des animaux vivant en suspension dans l'eau (Fig. 1). Le microplancton (20 - 200 µm) comprend essentiellement les protozoaires ciliés et dinoflagellés et intègre des stades larvaires d'organismes benthiques ou pélagiques (Quevedo & Anadon, 2000). Le mésoplancton (200 µm - 2 cm) est en général dominé par les copépodes planctoniques (80-95% de la biomasse; 70 - 95% de l'abondance, Turner, 2004) mais peut comprendre des protistes de grande taille tel que les foraminifères et les radiolaires (Stoecker et al., 1996).

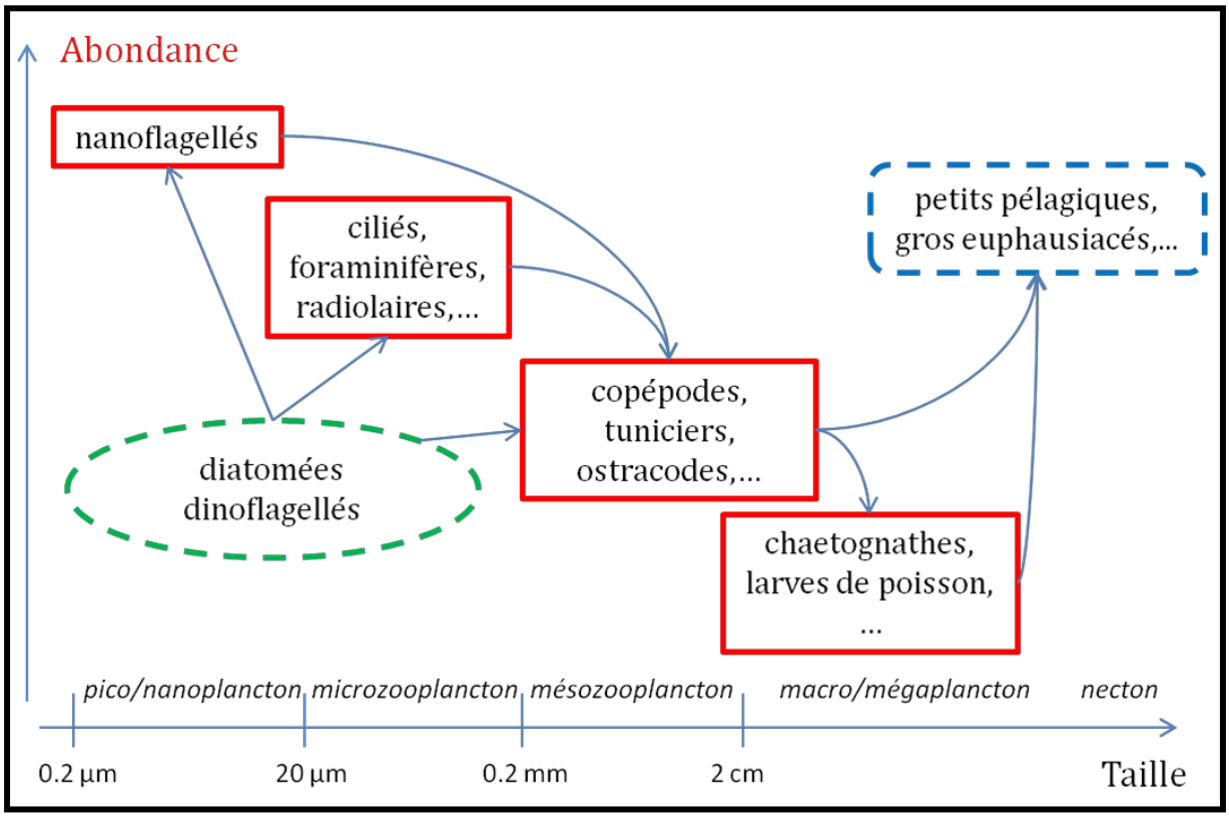


Figure 1. Classification traditionnelle en classe de taille du zooplancton (Espinasse, 2012)

I. 2. Description des copépodes

Les copépodes sont de petits Crustacés dont les adultes ne mesurent le plus souvent qu'un ou deux millimètres (les espèces les plus petites mesurent environ 0,2 mm et les plus grandes environ 10 mm). Le terme de Copépode est issu de deux racines grecques : kope qui signifie rame et podos qui signifie pied. Le nom de ces animaux fait ainsi référence à leurs pattes en forme de rames (Rossi, 2008).

Les copépodes sont l'une des principales composantes du zooplancton. Ils représentent rarement moins de 60 % et parfois plus de 80 % de la biomasse zoo planctonique (Garner & Szabo, 1982; Schutze & Ramos, 1999). La diversité réelle reste néanmoins encore largement sous-estimée car ce nombre couvre seulement 15 % du nombre actuel des espèces de copépodes sur la planète selon l'estimation de Machida *et al.* (2002), plusieurs d'entre elles n'étant pas encore identifiées. Avec plusieurs milliers d'espèces connues, les Harpacticoida, les Calanoida et les Cyclopoida sont les groupes de copépodes les mieux représentés. Leur densité et leur dynamique sont très variables suivant les écosystèmes et la saison considérée (Drira *et al.* 2010).

I. 3. Phylogénie et classification taxonomique des copépodes

La sous classe des copépodes, liée au sous-embranchement des Crustacés, montre une grande diversité d'espèces (Dudley, 1986). Elles représentent entre 55% et 95% des abondances zooplanctoniques totales (Longhurst, 1985). Ces dernières détiennent plus de 70% des biomasses zooplanctoniques (Razouls et al., 2005-2023). Les espèces peuvent avoir différents modes de nutritions : omnivorie, carnivorie ou phytophagie (Hafferssas, 2010).

D'après Humes (1994), 11500 espèces de copépodes décrites à la fin des années 1990, réparties sur 200 familles, 1650 genres et 10 ordres (Fig. 2 et 3). Les Platycopioida, Calanoida, Misophrioida, Mormonilloida, Cyclopoïda, Harpacticoida, Poecilostomatoida, Siphonostomatoida et les Monstrilloida sont des ordres exclusivement pélagiques.

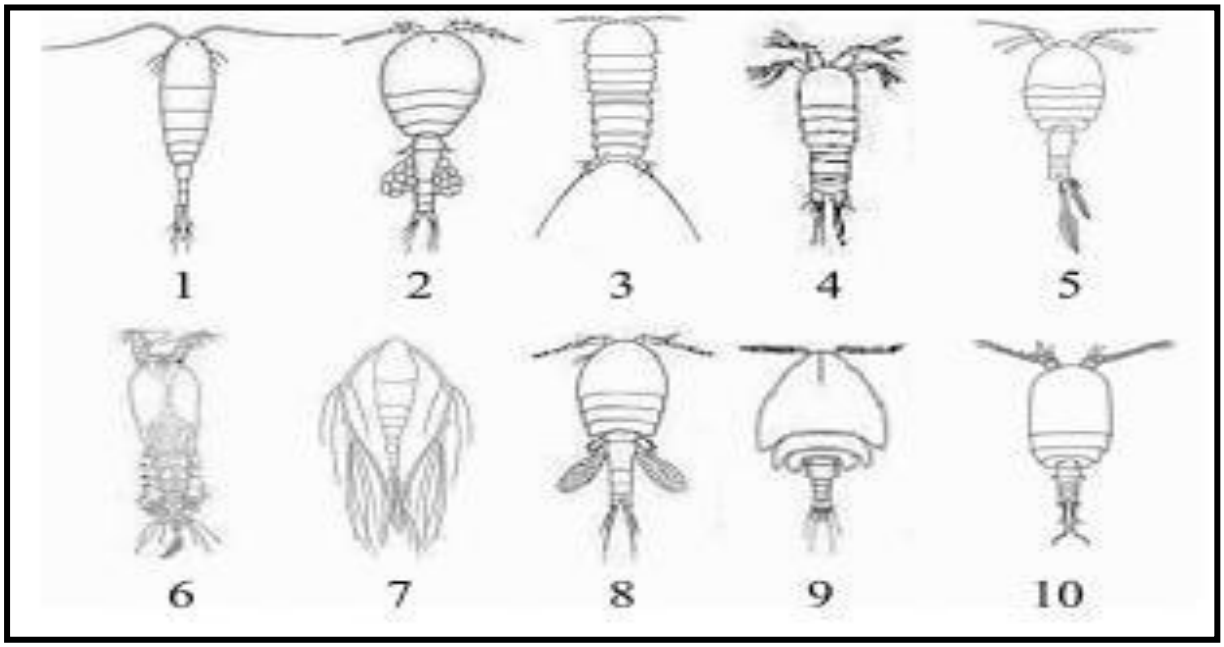


Figure 2. Différents ordres de la sous classe des copépodes (in Chaouadi, 2019)

1: Platycopioida, 2: Calanoida, 3: Misophrioida, 4: Gelyelloida, 5: Cyclopoida, 6:Harpacticoida, 7: Mormonilloida, 8: Poecilostomatoida, 9: Siphonostomatoida,10 :Monstrilloida.

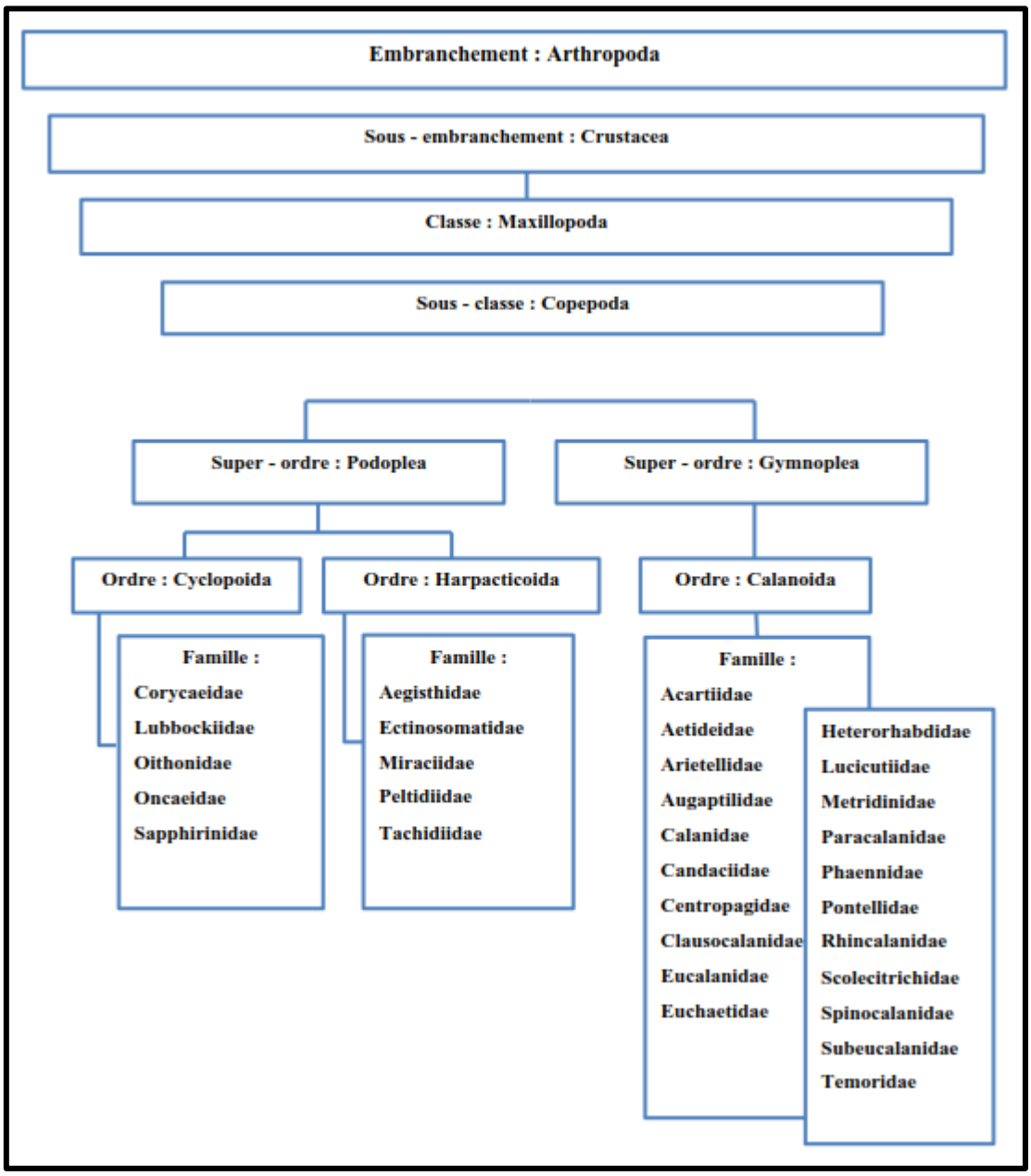


Figure 3. Phylogénie des copépodes (Huys & Boxshall, 1991)

I. 4. Morphologie des copépodes

Les copépodes ont un petit corps généralement fusiforme enveloppé d'une coquille chitineuse. Ils mesurent de 0,3 à 8 mm de long. Leur corps est composé de quatre parties : la tête (Céphalosome), le thorax (Métasome), l'abdomen (Urosome) et la furca (Fig. 4).

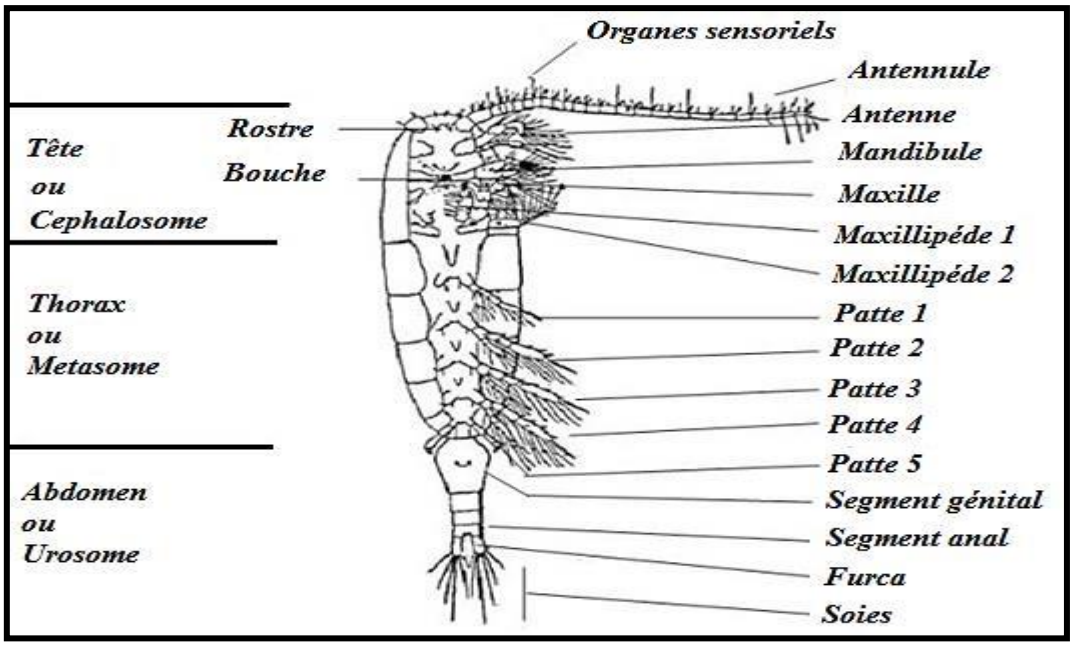


Figure 4. Morphologie et appendices d'un copépode femelle en vue ventrale (Rose, 1933)

I. 4. 1. Céphalosome

Il se compose de 6 parties, les appendices ventraux se transforment en organes de nage, de préhension ou de mastication (rostre, labre, paire de mandibules, maxillules, maxilles, et maxillipèdes). Devant le labre se trouvent deux paires d'antennes : les antennules (grandes) et les antennes (petites). Dorsalement, entre les antennules, on observe l'œil nauplien unique caractéristiques des copépodes à la surface du cerveau.

I. 4. 2. Métasome

Le métasome se compose de 5 segments, qui portent tous des appendices de nage ou de préhension sur la face ventrale (P1, P2, P3, P4 et P5). Si le premier segment est fusionné avec la tête, on l'appelle le céphalothorax. Le cinquième segment peut être réduit (Mauchline, 1998) ou soudé au quatrième segment. La paire d'appendices correspondante peut être réduite, atrophiée ou fusionnée avec le segment qui l'héberge. La cinquième paire de pattes est modifiée en appendice reproducteur (Mauchline, 1998).

I. 4. 3. Urosome

Il est subdivisé en plusieurs segments. Leurs nombres varient en fonction du sexe ; cinq segments chez le mâle, et seulement quatre chez la femelle. Le premier segment porte ventralement l'orifice génital (segment génital). Sur le dernier segment s'ouvre ventralement l'anus (segment anal).

I. 4. 4. Furca

C'est une fourche terminale à 2 branches parallèles ou plus ou moins divergentes. Leurs dispositions et leurs formes servent à l'identification des espèces. Chaque branche furcale porte 6 soies : 4 sont terminales ou apicales, une sur le bord externe et une autre sur le bord interne. Celle-ci passe assez souvent sur la face dorsale. Elle sert à manipuler le spermatophore pendant l'accouplement (Katona, 1975).

On peut distinguer trois types principaux de copépodes selon la forme du corps et les particularités des segments et des appendices :

- **Calanoïde** : correspondant à des copépodes le plus souvent planctoniques.

- **Cycloïde** : correspondant à des animaux soit planctonique soit benthiques.

- **Harpacticoide** : benthique et colonisant la plupart des milieux humides.

I. 5. Reproduction et cycle de vie des copépodes

Les copépodes pélagiques sont caractérisés par un dimorphisme sexuel. Par conséquent, la reproduction nécessite un accouplement entre les organismes mâles et femelles. La reproduction peut être répartie tout au long de l'année ou de façon saisonnière. Elle est liée à deux paramètres : l'abondance des ressources nutritives et la température (Razouls *et al.*, 2005-2023).

Le mâle est situé près de l'ouverture génitale de la femelle et la vésicule séminale est un sac allongé qui contient du sperme. Les femelles peuvent recevoir une dizaine de spermatozoïdes, qui peuvent appartenir à des mâles différents (Razouls *et al.*, 2005-2023). Après la fécondation, les œufs sont émis de deux manières différentes :

- Emission libre dans la colonne d'eau (free spawner) ;

- Emission à partir des sacs ovigères (egg bearing).

Ces derniers mesurent une centaine de microns environ. Ils ont une densité assez faible (Rose & Vaissière, 1953); ils contiennent des réserves lipidiques nécessaires au développement de la future larve.

Les œufs passent par plusieurs stades de développement (nauplius, copépodites, adultes) 6 stades nauplii (N1 à N6); 5 stades copépodites (C1 à C5) et l'état adulte ou mature (Fig. 5) Les copépodes adultes peuvent vivre plusieurs mois (Rose, 1933).

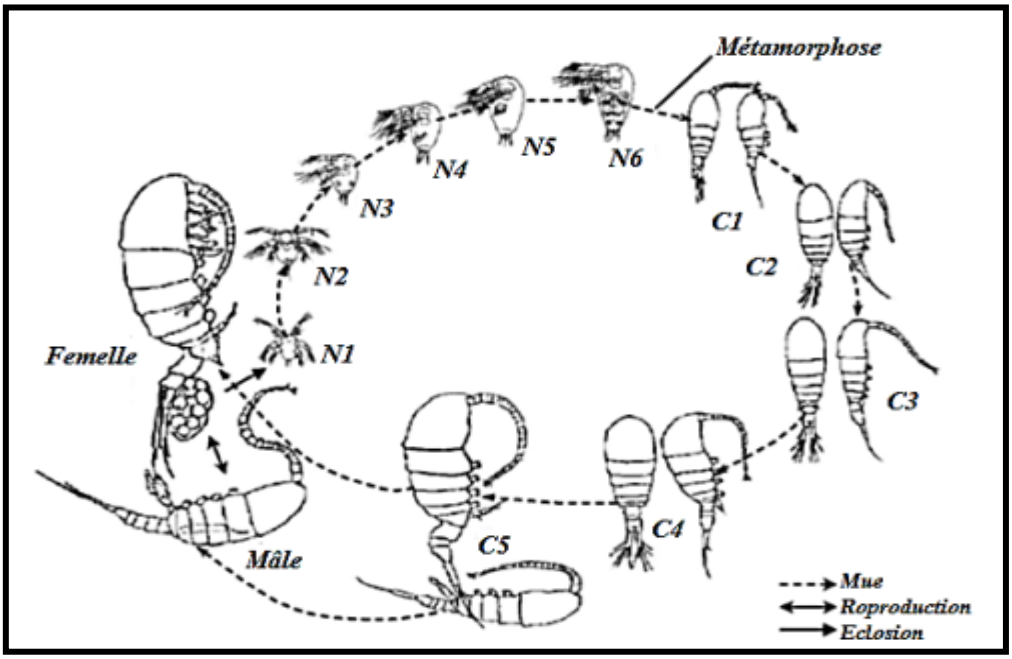


Figure 5. Cycle de développement d'un Copépode calanoïde (Katona, 1971)
N et C correspondent respectivement aux différents stades Nauplii et Copépodites

Parfois, lorsque les conditions sont défavorables (manque de nourriture), les femelles pondent des œufs de résistance (ou de diapause); ils n'éclosent pas immédiatement et sont enfouies dans les sédiments. ILS reprennent le cycle de développement qu'au retour des conditions favorables, à partir d'une remise en suspension des sédiments par les courants marins (Glippa, 2011).

I. 6. Comportement trophique et stratégies d'alimentation

Le comportement alimentaire des copépodes (herbivores, carnivores et omnivores) varie d'une espèce à l'autre, d'un groupe d'âge à Un autre ainsi que d'un environnement à l'autre, et change même selon la saison. Néanmoins, il obéit à certaines règles (Chaouadi, 2019).

I. 6. 1. Les copépodes herbivores (phytophage)

Ils sont des filtreurs. Ils créent des courants à travers leurs appendices buccaux. Ces copépodes capturent souvent des algues phytoplanctoniques unicellulaires dont la taille varie de 5 à 50 µm (Bendeira, 2013).

I. 6. 2. Les copépodes carnivores

Les carnivores capturent leurs proies après avoir détecté leurs mouvements ou leurs effluves chimiques (Mazza, 1961). Ces proies peuvent être des protozoaires, comme les radiolaires, ou de petits organismes. Néanmoins, Ils ne dépassent pas la taille du copépode lui-même (Seguin *et al.,* 1997).

I. 6. 3. Les copépodes omnivores

Ce sont des copépodes qui alternent entre des comportements phytophages et carnivores. Ils peuvent se nourrir à partir des détritus organiques. Ces derniers, sont souvent colonisés par des bactéries qui améliorent leur valeur nutritionnelle (Giron, 1963).

D'âpres (Kiørboe, 2011), les copépodes ont plusieurs stratégies d'alimentation :

- Alimentation par embuscade active (Active Ambush Feeding) ;

- Alimentation par croisière (Cruise Feeding) ;

- Alimentation par filtration (Filter Feeding) ;

- Alimentation mixte (Mixed Feeding), (pour les espèces pouvant basculer entre les trois stratégies).

I. 7. Locomotion des copépodes

Au sein de la masse d'eau, le battement des pattes thoraciques des copépodes facilite leurs progressions lentes, continues et uniformes. En outre, les antennes, de type A1 (Seguin et al., 1997), provoquent des déplacements saccadés et souvent très rapides.

Les copépodes peuvent avoir deux types de migration verticale (Longhurst, 1985):

- saisonnière en fonction des saisons

- nycthémérale, qui dépend des heures de la journée et de la nuit, liée à la lumière.

I. 8. Répartition des copépodes

Les copépodes ont une aire de répartition géographique très étendue. Il n'existe pas d'obstacles naturels qui s'opposent à leur dispersion. Beaucoup d'espèces sont capables de supporter d'importantes variabilités thermiques et halines (Razouls *et al.,* 2005-2023).

Dans l'océan mondial, les copépodes sont très abondants. Ils ont une large répartition géographique (Fig. 6).

L'océan mondial est composé par un total de 2693 Copépode pélagique (Razouls *et al.*, 2005-2023). Le nombre des espèces varie d'une zone à une autre (Fig. 6 et Tab. 1). La plus grande biodiversité a été signalée au sein de l'océan Indien (plus de 900 espèces). Le plus faible inventaire (moins de 200 espèces) a été enregistré au niveau de l'océan Arctique.

Le Copépode faune de la mer Méditerranée et la mer Noire est composé par 588 espèces.

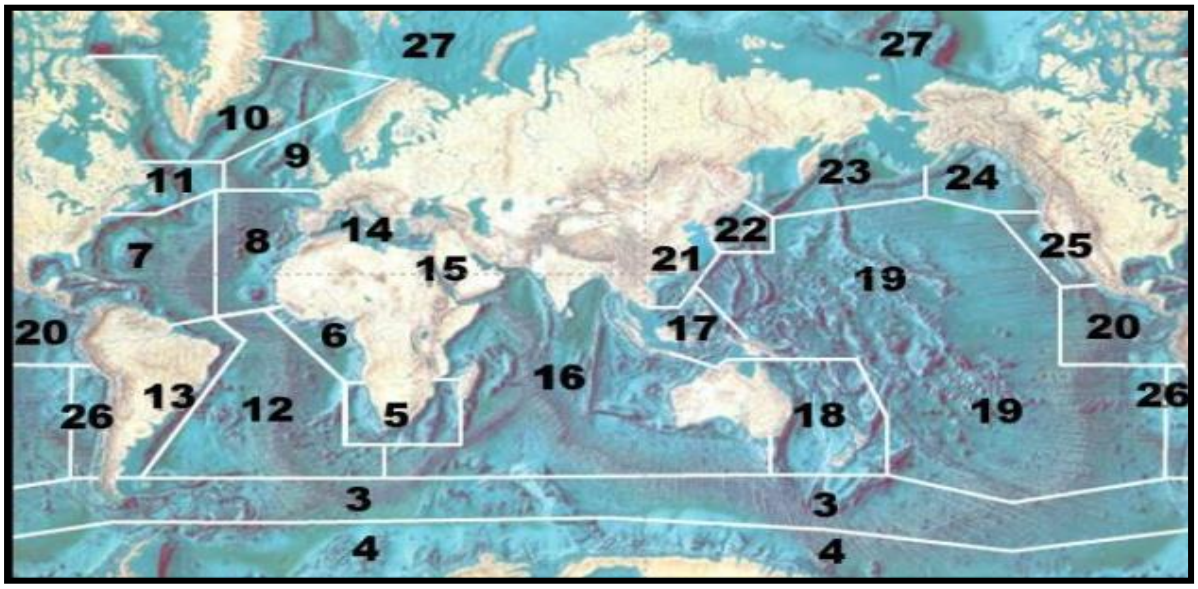


Figure 6. Aires de répartitions géographiques de la sous classe des copépodes (Razouls et al., 2023)

Tableau 1. Répartition de la biodiversité des espèces de copépodes dans l'océan mondial (Razouls et al., 2005-2023)

Code	Zone	Nombre d'espèces	Code	Zone	Nombre d'espèces
3	*Subantarctique*	281	16	*Océan Indien*	992
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*	*549*
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*	279			

I. 9. Rôle écologique des copépodes

Certaines populations (*Calanus helgolandicus*, *Centropages typicus* et *C. hamatus*) tolèrent les changements de conditions environnementales (température, salinité et nutriments) (Gaudi & Champabert, 1998). Cependant, d'autres espèces telle que *Calanus fenmanchicus* sont très sensible à ces changements (Beaugrand, 2005). D'autres espèces sont de bons indicateurs hydrologiques. Près de la côte algérienne, la signalisation d'espèces rigine Atlantique est lié au passage des masses d'eau Atlantique (Hafferssas, 2010). De plus, la mention des espèces bathypélagiques au niveau de la couche superficielle est expliquée par le mouvement vertical des masses d'eau tel que les mouvements de résurgences côtières (Boucher *et al.,* 1987).

Selon la répartition horizontale, on peut distinguer deux types de populations : pélagiques et néritiques. Ces dernières, et au sein de l'écosystème côtier des côtes algériennes, entre 1° E et 3° E sont dominantes (Hafferssas, 2010). On cite à titre d'exemple les espèces *d'Acartia clausi, Euterpina acutifrons, Oithona nana* et *Temora stylifera*.

Les copépodes sont des bioindicateurs précieux pour l'évaluation de l'impact des changements environnementaux tels que la pollution et les changements climatiques sur les écosystèmes marins (Almeda *et al.,* 2018). Des études récentes montrent que les changements climatiques ont un impact sur les populations de copépodes dans les eaux côtières, ce qui affecte les chaînes alimentaires marines.

Les copépodes sont utilisés comme modèle pour comprendre les processus biologiques et écologiques tels que la bioluminescence, la nutrition, la reproduction et l'écologie de la communauté dans les environnements marins et d'eau douce (Hirai *et al.,* 2020). Également, les copépodes peuvent être utilisés comme bioindicateurs pour la détection précoce d'espèces invasives dans les écosystèmes marins.

Les copépodes jouent un rôle important dans les chaînes alimentaires marines en tant que source de nourriture pour les poissons et les mammifères marins (Fig. 7). En aquaculture, des recherches sont en cours pour étudier l'utilisation des copépodes pour nourrir les larves de poissons et les crevettes.

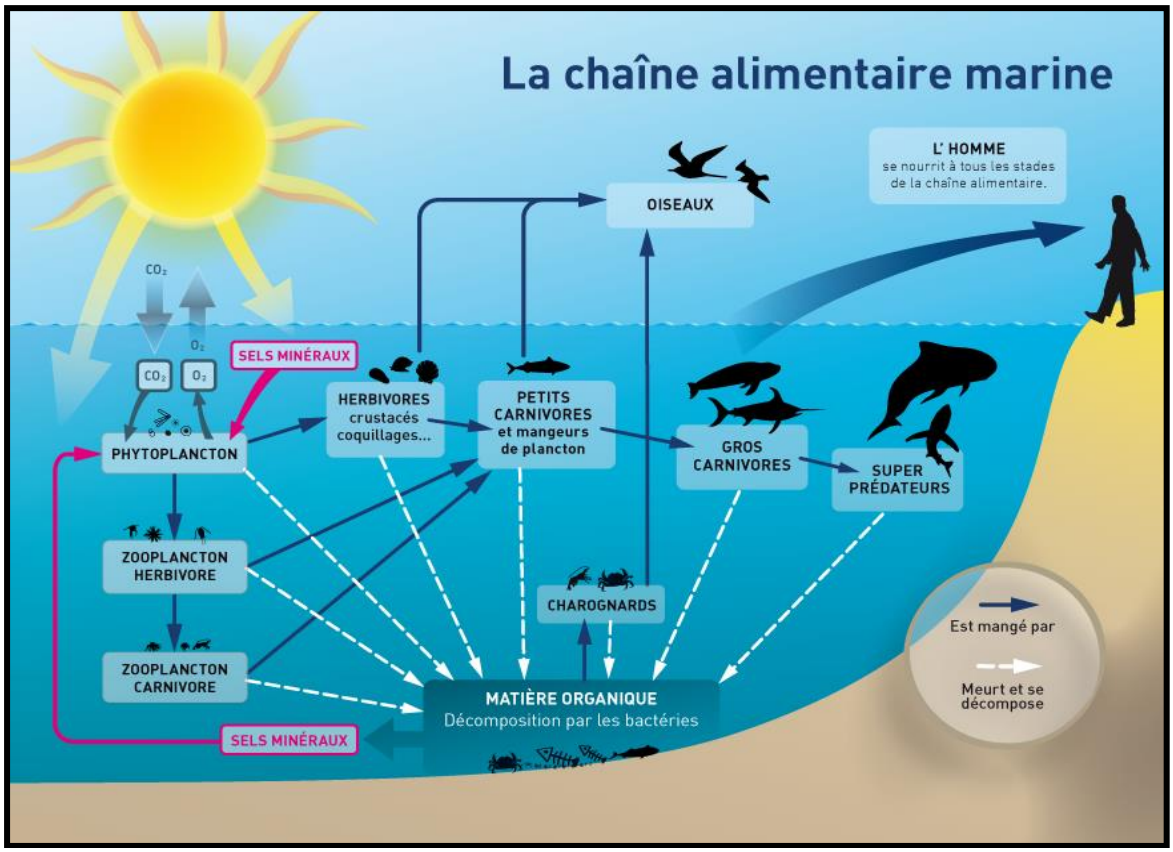


Figure 7. La chaine alimentaire marine
(In plancton du monde, par Géraldine Jublin)

Chapitre II

Matériel & Méthodes

II. 1. Présentation de la zone d'étude, caractéristique hydrodynamiques et conséquence hydrologique

II. 1. 1. Côte Algérienne

La côte Algérienne s'étend sur 1622 kilomètres. Elle est située entre de 02˚03' W et 08˚38'E de longitude et entre 35˚02'N et 36˚57' N de latitude. La côte Algérienne exposée entre deux zones géographiques : la mer d'Alboran et le bassin algérien elle est caractérisée par des remontés des eaux profondes, à l'Ouest. (Hafferssas *et al*., 2010), et ces deux zones sont influencés par la circulation de l'eau Atlantique (Millot ;1985).

II. 1. 2. Hydrodynamique et hydrologie du littoral algérien

La côte Algérienne est la zone géographique partagée entre la mer d'Alboran et le Bassin Algérien. Les courants Atlantiques atteignent la surface par le détroit de Gibraltar.

II. 1. 2. 1. Masses d'eau

Les côtes algériennes sont caractérisées par la présence de quatre types de masses d'eau (Onken & Sellschopp, 2001 ; Yebra *et al.,* 2009).

- Entre la surface et 150 mètres, il s'y localise une eau atlantique modifiée, appelée MAW (Modified Atlantic Water). Celle-ci est caractérisée par une faible salinité (< 37).

- Entre 150 et 350 mètres, s'y trouve l'eau hivernale (Winter Intermediate Water) qui est identifiée par une température minimale relative (autour de 13°C).

- Entre 350 et 450 mètres, l'eau intermédiaire levantine (Levantine Intermediate Water) est caractérisée par un maximum relatif de salinité de l'ordre de 38.55 à 39.05.

- Une dernière masse d'eau profonde, située au-delà de 500 mètres, dénommée eau méditerranéenne profonde (Western Mediterranean Deep Water) froide (température inférieure à 13°C) et dense (salinité supérieure à 39.5).

II. 1. 2. 2. Eau atlantique modifiée (Modified Atlantic Water)

Le flux d'eau atlantique circule le long des côtes algériennes à partir du détroit de Gibraltar. Il est issu du grand tourbillon anticyclonique de la mer Alboran (Millot, 1985). Vers 0° E, il prend la dénomination du courant algérien. Il peut atteindre 60 Km de largeur et il s'étend

jusqu'à 200 m de profondeur (Millot & Taupier- Letage, 2005). Ce courant devient instable à partir de 1°E. sa propagation vers l'Est se fait sous une forme tourbillonnaire (Fig.8). Cette circulation peut être cyclonique ou anticyclonique (Millot & Taupier-Letage, 2005). Au fur et à mesure de leurs progressions vers l'Est, les tourbillons cycloniques dégénèrent après quelques semaines de leurs générations (Millot *et al.,* 1990). Leurs parties centrales sont fortement productives ; les concentrations maximales de la chlorophylle a (De 4 à 8 $mg.m^{-3}$) se situent entre 70 m et 80 m de profondeur (Riandey *et al.,* 2005).

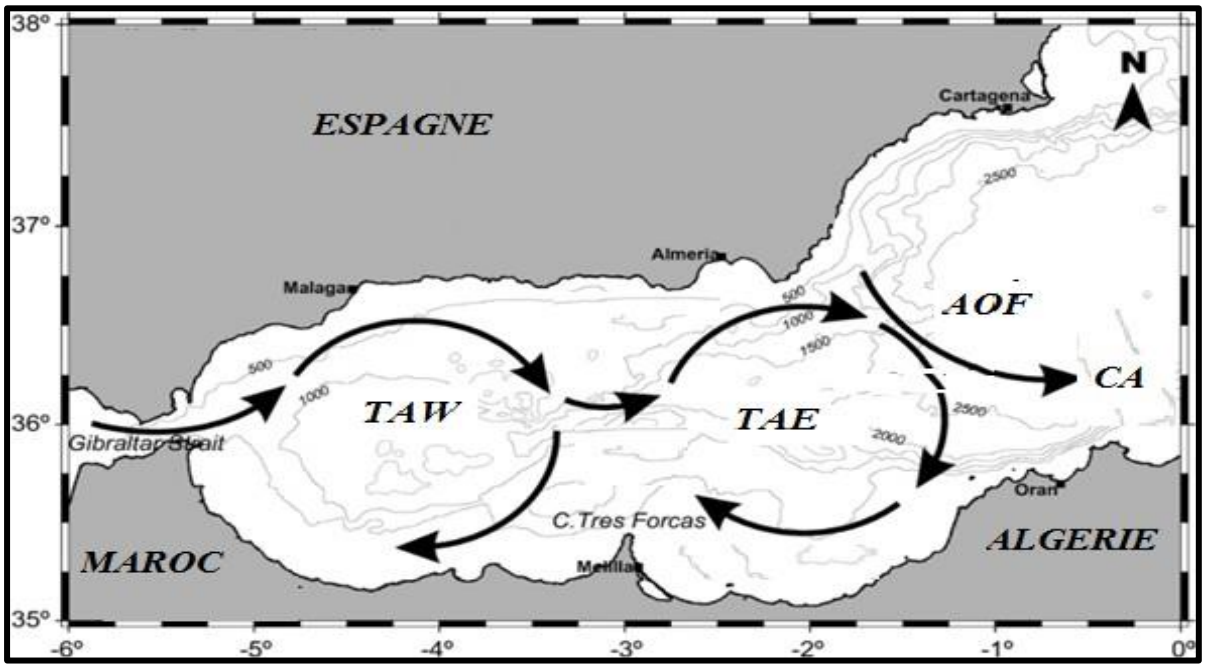


Figure 8. Circulation de l'eau atlantique au sein de la mer d'Alboran (Sanchez-Vidal et al., 2004)
TAW = Tourbillon anticyclonique Ouest, TAE= Tourbillon anticyclonique Est, AOF = Alméria – Oran Front, CA = Courant Algérien

II. 1. 2. Situation géographique

Les prélèvements des peuplements zooplanctoniques ont été réalisés au sein de trois régions différentes :

- Côte Ouest algériennes à proximité de l'aire marine protégée des iles Habibas. Ces dernières sont localisées au sein de la mer d'Alboran (Wilaya de Ain temouchent).
- Côte Centre au niveau de la région de Sidi Fredj située au sein de la baie Bou Ismail. Celle-ci se trouve au niveau du bassin algérien.
- Côte Est Algérienne au niveau de la région de Jijel.

II. 2. Méthodologie

II. 2. 1. Station de Prélèvements zooplanctoniques

Le matériel planctonique provient d'une compagne océanographique réalisée le long de la côte Algérienne, durant l'année 2019 pendant la saison printanière. Les échantillons analysés dans cette étude sont liés à trois régions géographiques : l'Ouest, le Centre et l'Est. Les échantillonnages utilisés pour la réalisation de ce travail ont été fournis par le Centre National de la Recherche et du Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA).

Sur ces régions, les prélèvements du zooplancton ont été effectués au sein de trois radiales, chaque radiale compte trois stations (A, B et C) (Fig. 9 et Tab. 2).

Tableau 2. Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnages

Région	Station	Longitude	Latitude	Heure	Date
Ouest	St. A	1° 09' 00" E	35º 35' 07" N	12H50	12/04/2019
	St. B		35º 35' 41" N	12H11	
	St. C		35º 37' 53" N	11H57	
Centre	St. A	2º 41' 48" W	36º 39' 23"N	12H50	14/04/2019
	St. B		36º 41' 19" N	12H11	
	St. C		36º 42' 43" N	11H57	
Est	St. A	5°54'98'E	36° 50' 25" N	18H00	17/04/2019
	St. B		36° 51' 26" N	18H24	
	St. C		36° 52' 98" N	18H51	

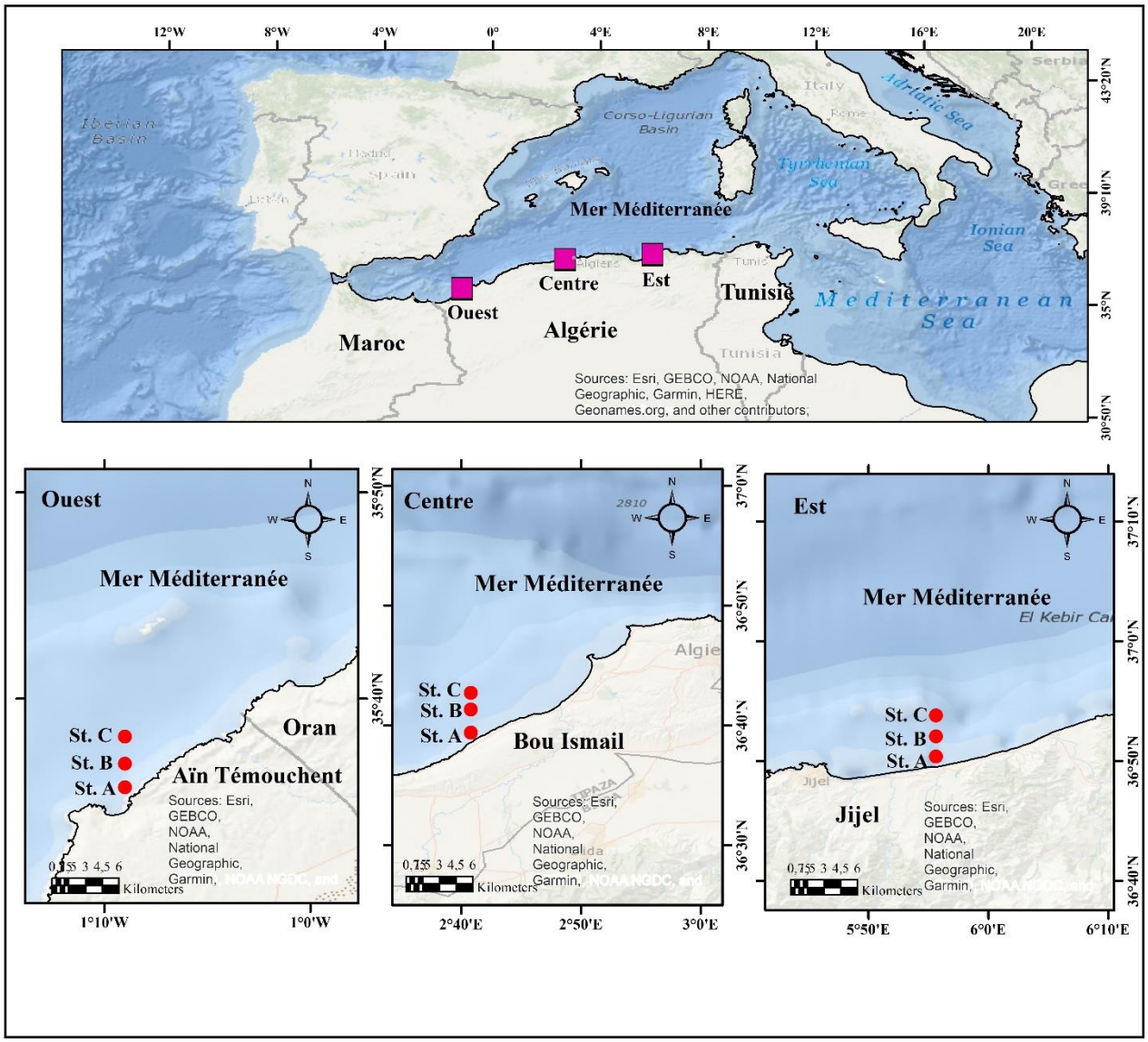


Figure 9. Localisation géographique des stations de prélèvements

II. 2. 2. Prélèvement des peuplements zooplanctoniques

Le zooplancton a été échantillonné, au sein de la couche épipélagique (0 à 100 mètres) par des traits verticaux, à l'aide d'un filet standard de type WORKING party II (Fig. 10 et Tab. 3). Ce filet cylindro-conique, est caractérisé par une soie filtrante de 200 µm de vide de maille et d'un anneau inoxydable de 57 cm de diamètre d'ouverture (Tranter & Fraser., 1968).

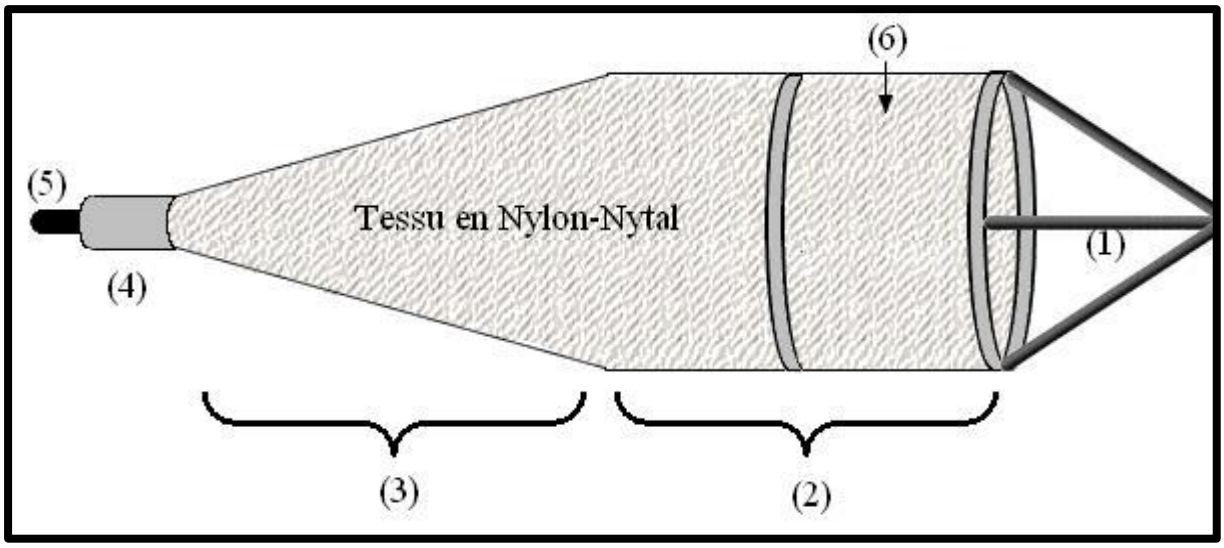


Figure 10. Caractéristiques du filet WP2 (Scor Unesco, 1968)

Tableau 3. Légendes du filet WP 2

1	Diamètre Ouverture = 57 cm	**4**	Longueur Collecteur = 20 cm
2	Longueur partie cylindrique = 97 cm	**5**	Poids du Lest = 20 Kg
3	Longueur partie cornique = 166 cm	**6**	Diamètre de la maille filtrante = 350 µm

II. 2. 3. Fixation des échantillons

A son arrivée à bord, le filet est rincé et la totalité de sa capture, retenue dans son collecteur à son extrémité, est récupérée (placé dans des bouteilles de 1 litre). Les échantillons ont été conservés et fixés dans une solution de Formaldéhyde à 4 %.

II. 2. 4. Dénombrement et identification des peuplements de copépodes

Les copépodes représentent la majeure partie des organismes zooplanctoniques. Chaque produit de la pêche a été fractionné en cinq sous échantillons, en utilisant la méthode de fractionnement dite de surface (Bourdillon, 1964 ; Seguin, 1973).

L'échantillon est versé dans un récipient en verre Pyrex à fond parfaitement plat de surface (S = 730.6 cm^2), puis homogénéisé avec soin. Après avoir laissé sédimenter, de petites surfaces (s = 11.3 cm^2) sont isolées au hasard à l'aide de petits cylindres creux en verre à parois minces où les organismes sont prélevés à la pipette. L'opération est répétée cinq fois afin d'obtenir cinq sous échantillons (Seguin, 1973 ; Hafferssas, 1996).

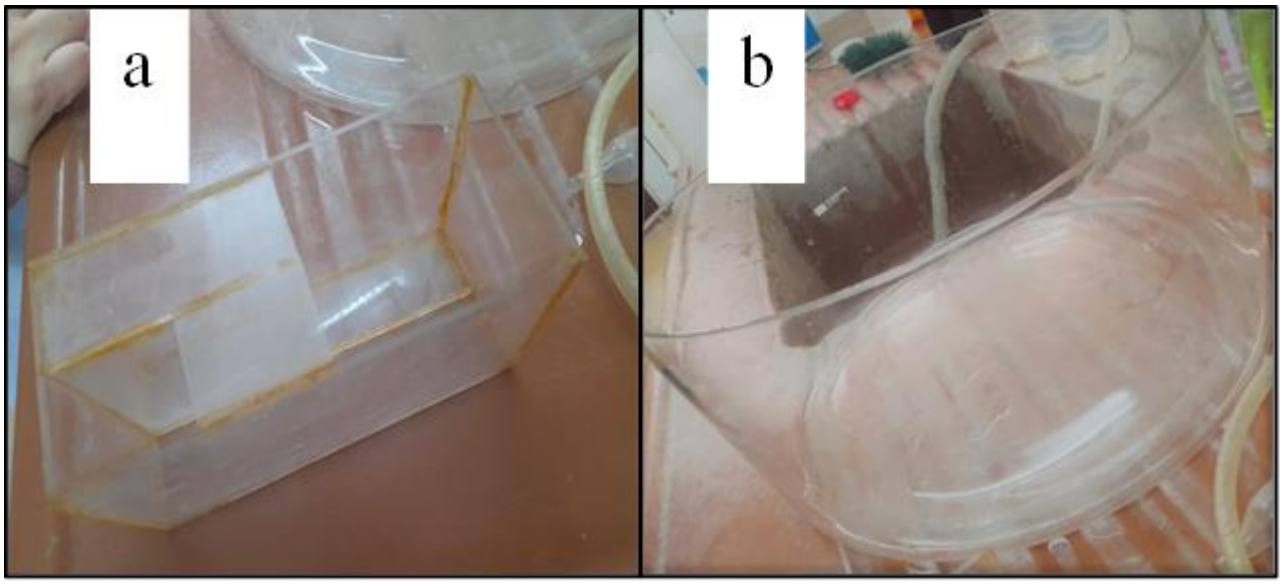


Figure 11. Image prise au laboratoire ; a = boite de motoda ; b = récipient à fond plat

Au niveau de laboratoire de notre Université Yahia Fares à Médéa (Ouzera), chaque sous échantillon est versé dans une cuve de Dollfus où il est homogénéisé. Après sédimentation, les espèces de copépodes sont identifiées sous loupe binoculaire de type OPTIKA (Fig. 12) et les espèces les plus délicates sous microscope optique de type MOTIC afin d'observer certains appendices (Seguin, 1973).

Pour chaque échantillon, nous commençons d'abord, et avant le comptage, par l'établissement d'une liste faunistique. En ce qui concerne l'identification des espèces de copépodes, les références bibliographiques utilisées pour la détermination spécifique sont : ROSE (1933). Trégouboff & Rose (1957); Björnberg (1981); Heron *et al.* (1984) et Mauchline (1998).

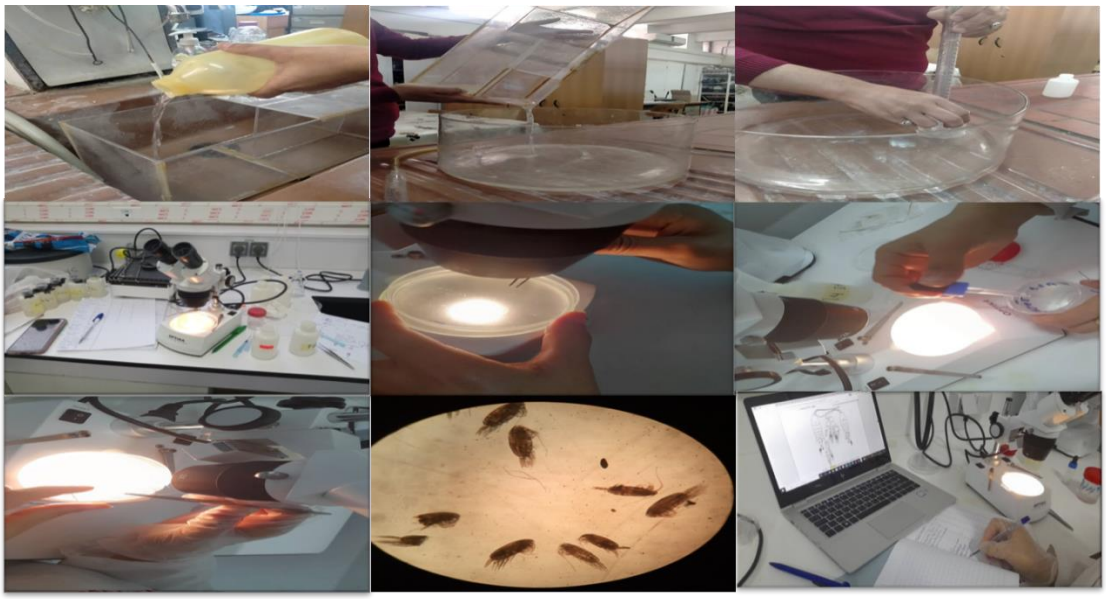


Figure 12. Etapes d'identification des peuplements de copépode

Les étapes d'identification des peuplements de copépodes sont les suivantes :

1ére étape : préparation des échantillons.

2éme étape : prélevées un échantillon à l'aide d'une pince pointue.

3éme étape : mette de l'eau distillée dans la lame.

4éme étape : poser et maintenir l'échantillon préparé dans la lame pour observe sous la loupe.

5éme étape : échantillon sous le microscope optique.

6éme étape : identification à l'aide d'un guide.

Les effectifs totaux relatifs à chaque espèce, ont été calculés à partir de l'expression suivante :

$$N_t = \frac{N_i * \frac{S}{s}}{N' + \frac{x}{200}}$$

N_t = Nombre total d'individus relatifs à l'espèce.

N_i = Max d'individus dénombrés (si l'espèce est abondante cette valeur est égale à 50)

S/s = Rapport entre la surface du récipient à fond plat et celle du petit cylindre creux

N' = Nombre de sous surfaces comptées.

X = Nombre de cases de la dernière cuve où l'espèce est présente pour atteindre un effectif de 50.

Le nombre total des individus dénombrés est ensuite multiplié par 2.

II. 3. Traitement et analyses des données

II. 3. 1. Analyses qualitatives

II. 3. 1. 1. Classification taxonomique

Afin de classer les différents taxa de copépodes collectés selon l'ordre, la famille, le genre et l'espèce. Nous avons utilisé la base de données WORMS (World Registre Marine Species). Celle-ci est peut-être visualisée sur : http://www.marinespecies.org.

Chaque espèce identifiée a ensuite été évaluée selon leur comportement nutritionnel, leurs stratégies d'alimentation et leurs affinités bathymétriques.

- Comportement alimentaire

Les populations identifiées sont classées selon trois comportements alimentaires (Herbivores, carnivores et omnivores). A cet effet, divers ouvrages ont été consultés (Turner, 1984 ; Hafferssas *et al.,* 2010 et Chaouadi, 2019).

- Stratégie d'alimentation

Classification des populations de copépodes selon les stratégies alimentaires (Filtrage, embuscade active, croisière et mélange), par le travail de Kiørboe (2011) et Benedetti *et al.* (2015).

- Affinité bathymétrique

Classer les espèces selon leur parenté bathymétrique Les travaux de Kiørboe (2011) et Benedetti *et al.* (2015). Quatre groupes d'espèces ont été déterminés :

- épipélagique dont l'habitat s'étend de la surface à une profondeur de 200 mètres.

- épi-méso-pélagique qui se répartissent de la surface jusqu'à des niveaux de 1000 mètres.

- épi-bathypélagique (0-4000 mètres).

- méso-bathypélagique sui évoluent entre les profondeurs de 200 à 4000 mètres.

II. 3. 1. 2. Richesse spécifique

La richesse spécifique (S) correspond au nombre d'espèces (i) présentes dans une station, sans tenir compte de l'abondance relative (ou du nombre d'individus) de chaque espèce (Harris et al., 2000).

II. 3. 1. 3. Fréquence d'occurrence

La fréquence d'occurrence (Fi) correspond au rapport du nombre de stations (Q_i) du taxon étudié sur le nombre total de stations échantillonnées (Q) (Daget, 1976). Il est exprimé en pourcentage (%).

$$\boldsymbol{Fi = \frac{Q_i}{Q} * 100}$$

Elle permet de classer les espèces selon une échelle de fréquence caractérisant leur importance dans le peuplement. Cette échelle, basée sur les trois catégories de fréquence (Soyer, 1970) :

Tableau 4. Echelle de classification des espèces selon la fréquence d'occurrence

Fréquence	Échelle
[75% - 100%]	Espèces Fréquentes
[25% - 75%[	Espèces Communes
[0% - 25%[	Espèces Rares

II. 3. 1. 4. Comparaison géographique qualitative de la faune récoltée

Afin de comparer, de point de vue qualitative, la répartition géographique de la faune de copépodes d'une zone à une autre, nous avons fait appel au test non paramétrique de Cochran et une classification hiérarchique ascendante présence-absence.

On a utilisé un test non paramétrique car les échantillons ne suivent pas une distribution normale.

II. 3. 1. 4. 1. Test de Cochran

Les données échantillonnées ont été placées dans une matrice espèces – station en tenant compte de leurs présences / absences dans chaque station.

Le test non paramétrique *Q* de Cochran est un test de modalité qui a été utilisé pour aboutir à une comparaison entre les répartitions des différents taxa au sein d'une station selon la région. Une distribution peut être homogène (même espèces) ou hétérogène (espèces différentes).

Ce test est basé sur deux hypothèses ; l'Hypothèse nulle (H_0), est celle de l'égalité des k distributions (distribution homogène des espèces). L'hypothèse alternative est qu'un

échantillon au moins présente une différence significative. L'application du test a été réalisée par le logiciel XLSTAT.

Les valeurs de Q calculées ont été comparées à des valeurs Q théoriques de la table du khi-deux à k-1 degrés de liberté (ddl).

La statistique de Cochran est exprimée par :

$$Q_{cal} = \frac{(k-1) * (k \sum G_i^2 - G^2)}{k \sum L_i - \sum L_i^2}$$

Avec :
K = Nombre d'échantillons (colonne) à comparer
G = la somme des rangs issus de chaque échantillon
L_i = Somme des rangs issus des lignes
L^2 = Sommes des carrés des rangs issus des lignes

II. 3. 1. 4. 2. Classification Hiérarchique en présences – absences

Afin d'analyser les affinités géographiques ou saisonnières entre les prélèvements, la Classification Hiérarchique Ascendante a été utilisée.

Il s'agit d'une analyse multivariée où la présence (ou l'absence) d'une Population a été comparée par un indice de similarité dit de Sørensen. Il est exprimé par la formule suivante :

$$S_{ij} = \frac{2a}{2a + b + c}$$

(In Legendre & legendre, 1984)

Avec Sij = coefficient de Sørensen entre les stations i et j,

a = nombre d'espèces communes aux deux stations i et j,

b = nombre d'espèces présente dans la station i et absente de j et

c = nombre d'espèces présente dans la station j et absente de i.

Cet indice donne un double poids à la présence d'une espèce par rapport à son absence (Legendre & Legendre, 1994; Margurran, 2004).

Les différentes valeurs de S obtenues sont ordonnées dans une métrique dite de Sorensen. Si S = 1, la répartition des espèces entre les deux prélèvements est Similaire (homogène). Au contraire, si S = 0, la répartition est considérée comme dissimilaire (hétérogène).

Leurs interprétations sont obtenues à partir d'une représentation graphique sous forme de dendrogramme. Le degré de liaison entre stations y a été mesuré par la méthode de variances minimales dite Ward Minimum Variances (Ward, 1963).

II. 3. 2. Etude quantitative

II. 3. 2. 1. Abondance par unité de volume et abondance relative

L'abondance correspond au nombre d'individus d'une espèce i, exprimé par rapport à un volume d'eau filtré, présente dans une série de prélèvement.

L'abondance relative (AR) d'une espèce i, correspond à un rapport en pourcentage entre l'abondance de celle-ci sur l'abondance totale du prélèvement considéré (Daget, 1976).

II. 3. 2. 2. Comparaison quantitative des populations de copépodes

Les niveaux d'abondances issus des trois régions de prélèvements ont été comparés par le test de Kruskal-Wallis (Louis *et al.,* 1995). Il s'agit d'un test appliqué à des distributions non paramétriques. Il a pour expression :

$$\boldsymbol{K = \frac{12}{N*(N+1)} * \left[\sum_{i=1}^{k} mR_i^2 - 3*(N+1)\right]}$$

Avec:

N = taille des échantillons.

k = nombre d'échantillons à comparer.

mR_i^2 = carré de la moyenne des rangs associés aux échantillons.

La valeur calculée (K) du test a été comparé à une valeur théorique. Celle-ci a été extraite de la table de Kruskal-Wallis à un seuil de risque de 5%.

Par la suite, et afin d'identifier les saisons qui se diffèrent, le test de Kruskal-wallis a été compléter par un test post hoc, il s'agit du test de Conover-Inman.

Son expression est :

$$\boldsymbol{t_{(u,v)} = \frac{|\overline{R_u} - \overline{R_v}|}{E_{u,v}}} \text{ avec } \boldsymbol{E_{u,v}^2 = S^2 * \frac{N-1-T}{N-K} * \left(\frac{1}{n_u} + \frac{1}{n_v}\right)}$$

S2 : variance de la série des rangs dans l'ensemble des groupes. On a : $\boldsymbol{S^2 = \frac{N*(N+1)}{12}}$.

T : valeur de la statistique de Kruskal-Wallis.

II. 3. 2. 3. Affinités quantitatives entre les peuplements de copépodes

Afin de comparer les affinités quantitatives entre les différentes stations de prélèvements, une Classification Hiérarchique Ascendante (CHA) a été utilisée. Il s'agit d'un traitement multivarié où la matrice brute des données comporte les variables (espèces de copépodes) et les observations (stations). Pour ce faire, les groupements similaires des stations ont été extraits à partir de l'utilisation de la distance euclidienne (Orloci, 1978).

Le dendrogramme (représentation graphique) résume les liens entre les espèces (ou groupes de populations) en utilisant la méthode du groupement selon le lien moyen « average linkage » (Lance & Williams, 1967; Legendre & Legendre, 1984). Pour l'établissement des groupes, cette méthode calcule la moyenne arithmétique de la similarité ou de la distance entre l'objet que l'on veut admettre dans un groupe et chacun des membres du groupe ou entre tous les membres de deux groupes sur le point de fusionner. Elle donne le même poids à tous les objets (ou bien variables) dans le calcul de l'association moyenne, et permet la fusion de deux groupes quand le groupement atteint la valeur moyenne de leurs similarités inter-groupes. C'est donc la technique la plus efficace pour la limitation de zones biogéographiques.

Cette analyse a été appliquée en utilisant le logiciel XLSTAT.

II. 3. 3. Modélisation des interactions proies-prédateurs

Les relations proies - prédateurs permettent de distinguer les réponses du prédateur vis-à-vis d'une proie et les effets de la prédation sur les populations des proies.

Afin d'analyser les différentes interactions entre les groupes de proies (phytophages) et des prédateurs (carnivores), le modèle de Lotka - Volterra a été utilisé (Bertrandias & Bertrandias, 1994). Ce modèle décrit l'interaction de deux espèces au sein d'un écosystème (Fig. 13). Ceux-ci décrivent les incidences des forces ascendantes (bottom - up) et descendantes (top – down), régies respectivement par les producteurs et les consommateurs (Mc Queen *et al.*, 1986; Hunter & Price, 1992).

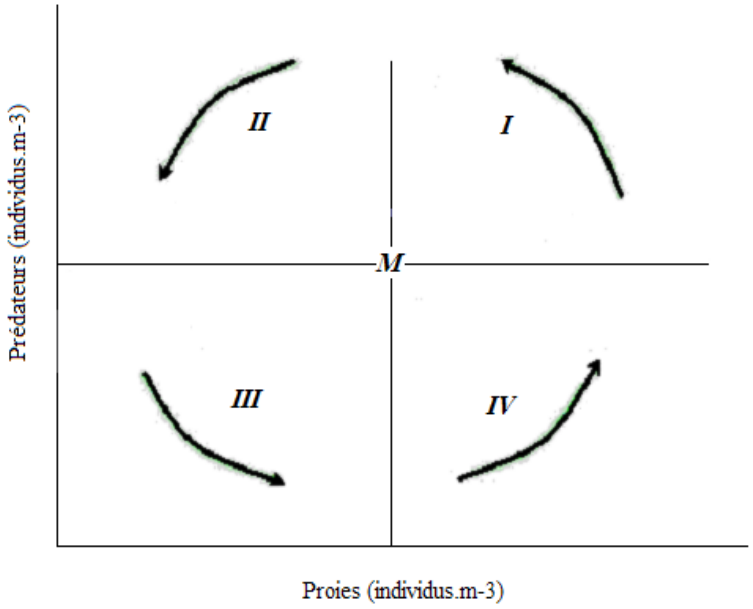


Figure 13. Représentation graphique des interactions proies-prédateurs par le modèle de Lotka-Volterra (Bertrandias & Bertrandias, 1994)

La figure 13 décrit l'évolution simultanée des populations de proies et de prédateurs :

-Quadrant I: forte prédation des proies et accroissement des abondances des prédateurs;

-Quadrant II: diminution des abondances des prédateurs due à la diminution des abondances des proies;

-Quadrant III: faibles niveaux numériques des prédateurs et accroissement du stock des proies;

-Quadrant IV: régénération des abondances des proies et des prédateurs.

II. 3. 4. Analyses structurales et états de la succession écologique

L'indice de dominance, l'indice de diversité spécifique de Shannon – Wiever (H'), l'indice de Pielou, ou équitabilité (E) ainsi que les Diagrammes Rangs Fréquences (DRF) sont des outils utilisés pour analyser les états de la succession écologique au sein des communautés zooplanctoniques (Frontier, 1973).

II. 3. 4. 1. Dominance

L'indice de dominance relative (D) est défini comme la proportion que présentent les deux espèces les plus abondantes dans un échantillon. Il est calculé par la formule suivante :

$$\boldsymbol{D = \frac{(n1 + n2)}{N} * 100}$$

Avec :

- n1 et n2 sont les abondances des deux espèces les plus abondantes.
- N est l'abondance totale de toutes les espèces dans un prélèvement.

II. 3. 4. 2. Diversité spécifique

Pour caractériser la diversité spécifique d'une communauté ou plus exactement d'un échantillon, le nombre d'espèces recensées reste insuffisant. L'indice de diversité de Shannon (H') est le reflet de la composition en espèces d'un ensemble faunistique, en terme du nombre d'espèces et de leur abondance relative.

L'indice de Shannon (H') est une mesure de la diversité spécifique en relation avec les fréquences relatives (Pi) des différentes espèces (i) de l'échantillon (Legendre & Legendre, 1979).

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} Pi * Log_2(Pi)$$

Où S est le nombre d'espèces.

Cette diversité s'exprime en « bits/individu » car elle représente la quantité moyenne d'information apportée par l'identification spécifique d'un individu, une fois la composition spécifique quantitative connue.

La diversité spécifique rencontrée dans les échantillons est toujours comprise entre 0 et 5 bits.individu^{-1}, et même le plus généralement entre 0.5 et 4.5 bits.individu-1. Les valeurs situées en dehors de cet intervalle sont tout à fait exceptionnelles (Frontier, 1985).

Cette limitation de la valeur de H' a une explication relevant des conditions de stabilité d'un écosystème complexe.

II. 3. 4. 3. Indice de l'équitabilité de Pielou (E)

L'indice de l'équitabilité de Pielou (E) est défini par le rapport entre la diversité spécifique d'un échantillon et la diversité maximale (c'est-à-dire si toutes les espèces sont équitablement représentées) :

$$E = \frac{H'}{H'max} = \frac{-\sum Pi * Log_2(Pi)}{Log_2(S)}$$

En d'autres termes, l'indice de diversité apparait comme le produit de deux termes : l'équitabilité, ou bien la régularité, et le nombre d'espèces recensées (exprime en log).

L'indice de l'équitabilité est compris entre 0 et 1. Il est généralement considéré comme descripteur de l'intégralité de la répartition des individus en espèces distinctes dans la communauté échantillonné, alors qu'en toute rigueur il ne décrit cette inégalité que dans l'échantillon dénombré.

II. 3. 4. 4. Les Diagrammes Rangs-Fréquences (DRF)

Les diagrammes rangs-fréquences sont tracés en double coordonnées logarithmiques avec, en ordonnée le logarithme du pourcentage d'abondance des espèces (fréquence relative) et, en abscisses, le logarithme des rangs de ces espèces.

Le rang 1 correspond à l'espèce la plus abondante et, quand la rareté s'accentue le rang augmente de sorte qu'on classe les espèces représentées dans un échantillon selon un ordre décroissant de leurs effectifs.

Frontier & Etienne (1990) ont traité la signification des DRF et leurs propriétés statistiques appliquées à diverses communautés d'organismes marins. Leur utilisation pour caractériser la diversité et la structure des communautés planctoniques est relativement fréquente (e, g. Travers, 1971 ; Dallot et al., 1988 ; Lakkis, 1990 ; Seguin et al., 1994 ; Errhif et al., 1997 ; Seridji & Hafferssas, 2000).

La diversité spécifique et l'équitabilité sont intimement liées à l'allure des DRF et particulièrement à sa verticalité. Plus la courbe est verticale (dans sa partie gauche), c'est-à-dire plus l'abondance des espèces décroît vite des abondantes vers les rares, et plus l'équitabilité est faible. Une courbe comportant une partie initiale plus ou moins horizontale implique au contraire une régularité plus élevée. L'indice de diversité reflète à la fois la régularité et le nombre d'espèces qui correspond à l'étendue de la courbe vers la droite.

Les DRF peuvent indiquer une succession temporelle depuis le stade juvénile jusqu'à des stades murs, par des changements de forme de la courbe. On distingue quatre stades (Fig. 14).

Stade 1: début de la succession écologique, la courbe est rectiligne sur le plan vertical. Il correspond à un écosystème juvénile. La diversité spécifique est minimale et E tend vers 0;

Stade 2: stade de maturité, l'allure est quasi rectiligne dans le sens horizontal. Il s'agit d'une codominance d'un groupe d'espèces. La diversité spécifique est élevée et E est supérieur à 0.8.

Stade 1': stade intermédiaire entre 1 et 2. La communauté est en voie de maturation. La courbe à une allure convexe. On y dénombre deux ou trois espèces codominantes.

Stade 3: caractérisé par une diminution de la diversité spécifique et une large linéarisation du DRF. Ce stade est parfois observé en fin de succession.

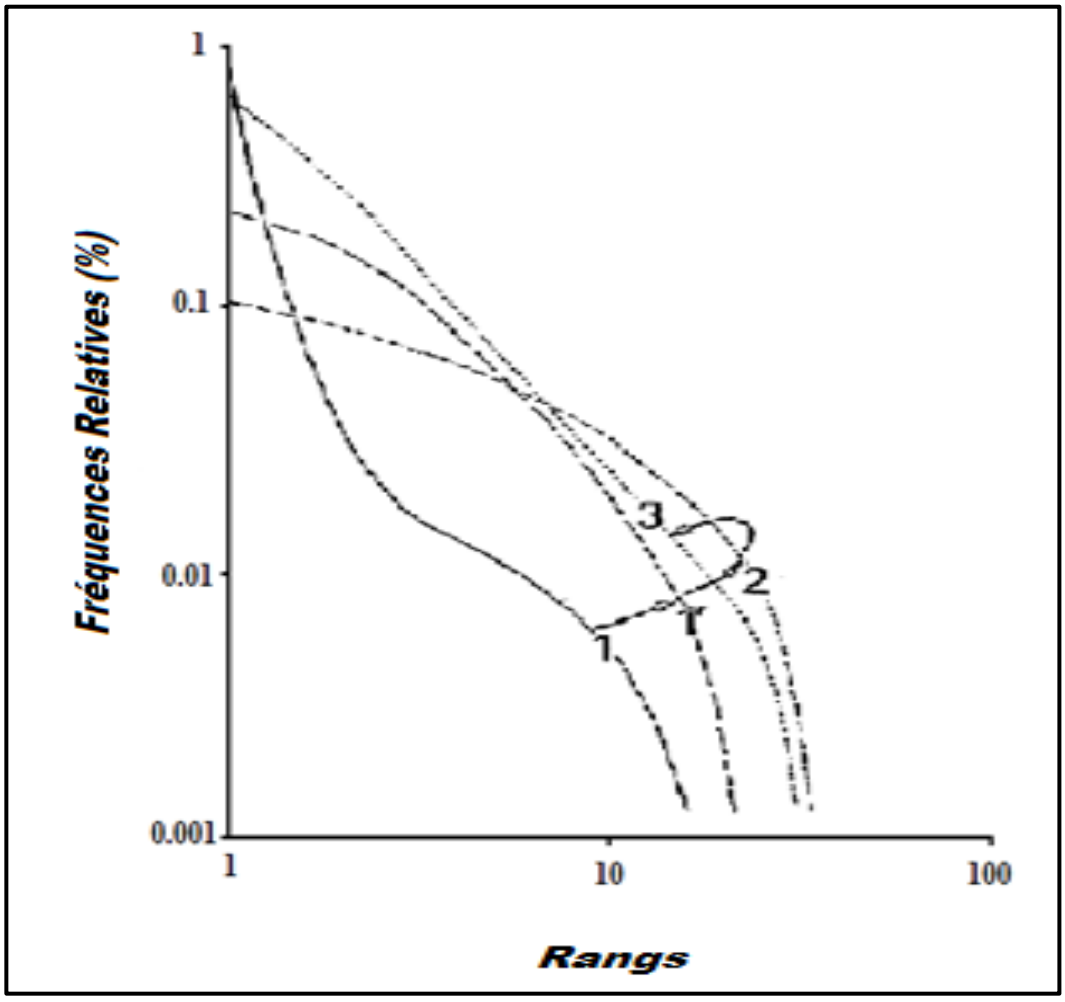


Figure 14. Représentation théorique des différents stades de succession écologique par les diagrammes rangs-fréquences dans une communauté de plancton (Frontier, 1985)

Chapitre III

Résultats

III. 1. Etude qualitative des peuplements zooplanctoniques

III. 1. 1. Biodiversité taxonomique

L'étude de la biodiversité taxonomique liée aux trois régions de la côte algériennes (Ouest, Centre et Est) a permis de différencier un total de 69 espèces de copépodes. Les populations dénombrées se répartissent sur 2 ordres (Calanoida et Cyclopoida), 19 familles et 34 genres (Tab. 4). L'ordre des Calanoida est le plus représenté par 43 espèces (15 familles), suivi par celui des Cyclopoida par 26 copépodes (4 familles) seulement.
Les familles les mieux représentées sont les Corycaeidae (9 espèces), les Oncaeidae (9 espèces), les Calanidae (6 espèces), les Paracalanidae (5 espèces) et les Clausocalanidae (5 espèces).

III. 1. 2. Fréquence d'occurrence

La classification de la faune recensée, en termes de fréquence d'occurrence, fait ressortir trois groupes de populations (Tab. 4).
Les espèces fréquentes (Fi > 75%) sont on nombre de 9. Il s'agit des populations de *Calanus helgolandicus, Clausocalanus arcuicornis, C. furcatus, Centropages hamatus, Nannocalanus minor, Temora stylifera, T. longicornis, Paracalanus parvus* et *Oithona nana*.

Le nombre des espèces communes (25% <Fi> 75%) est de 32 taxons, il s'agit *d'Acartia clausi, Aetideus armatus, Agetus typicus, Calanoides brevicornis, Candacia armata, C. longimana, Centropages chierchiae, C. typicus, C. violaceus, Chiridius poppei, Clausocalanus pergens, Corycaeus clausi, C. speciosus, Eucalanus elongatus, Mecynocera clausi, Monacilla typica, Neocalanus gracilis, N. robustior, Oithona brevicornis, O. plumifera, O. similis, Oncaea media, O. mediterranea, Onychocorycaeus ovalis, Paracalanus nanus, Pareucalanus attenuatus, Rhincalanus nasutus, Subeucalanus crassus, S. monachus, Triconia conifera, T. dentipes* et *Xanthocalanus mixtus*).

Enfin, la copépodofaune échantillonnée héberge 28 espèces rares (< 25%). Parmi celles-ci, on cite à titre d'exemple, les populations de *Acartia danae, A. longiremis, Agetus flaccus, Calocalanus styliremis, Candacia elangata, C. varicans, Clausocalanus paululus, C. pavo, Farranula rostrata, Haloptilus fertilus, Mesocalanus tenuicornis, Oithona helgolandica, Pleuromamma abdominalis, Sapphirina intestinata, S. metallina, S. nigromaculata, S. scarlata, Triconia minuta* et *Xanthocalanus minor*.

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

Légende : O : Ouest, C : Centre, E : Est, + : Présente et – : Absente, * : Origine Atlantique

Ordre	Familles	Genre et espèces	O	C	E	Fi (%)
Calanoida	*Augaptilidae*	*Haloptilus fertilus* (Giesbrecht, 1893)	-	-	+	11,11
	Acartiidae	*Acartia (Acartiura) clausi* Giesbrecht, 1889	+	-	+	55,56
		*Acartia (Acartiura) danae** Giesbrecht, 1889	+	-	-	22,22
		Acartia longiremis Lilljeborg,1853	+	-	-	11,11
	Aetideidae	*Aetideus armatus** (Boeck, 1872)	-	+	+	44,44
		Chiridius poppei Giesbrecht, 1893	-	+	+	44,44
	Calanidae	*Calanoides brevicornis* (Lubbock, 1856)	+	+	-	66,67
		*Calanus helgolandicus** Claus, 1863	+	+	+	88,89
		*Mesocalanus tenuicornis** (Dana, 1849)	+	+	-	22,22
		Nannocalanus minor (Claus, 1863)	+	+	+	100,00
		*Neocalanus gracilis** (Dana, 1852)	-	+	-	33,33
		Neocalanus robustior (Giesbrecht, 1888)	+	+	-	66,67
	Candacidae	*Candacia armata* Boeck, 1872	-	+	+	33,33
		Candacia elangata (Boek, 1872)	-	-	+	11,11
		Candacia longimana Claus, 1863	+	-	+	44,44
		Candacia varicans (Giesbrecht, 1893)	+	-	-	22,22
	Centropagidae	*Centropages chierchiae** Giesbrecht, 1889	+	-	+	33,33
		Centropages hamatus (Lilljeborg, 1853)	+	+	+	88,89
		Centropages typicus Krøyer, 1849	-	+	+	66,67
		*Centropages violaceus** (Claus, 1863)	-	+	+	33,33
	Clausocalanidae	*Clausocalanus arcuicornis* (Dana, 1849)	+	+	+	100,00
		Clausocalanus furcatus (Brady, 1883)	+	+	+	77,78
		Clausocalanus paululus Farran, 1926	-	-	+	11,11
		Clausocalanus pergens Farran, 1926	+	+	+	55,56
		Pseudocalanus elongatus (Brady, 1865)	-	-	+	11,11
	Eucalanidae	*Eucalanus elongatus elongatus** (Dana, 1848)	+	+	+	66,67
		*Pareucalanus attenuatus** (Dana, 1849)	+	+	+	44,44
	Metridinidae	*Pleuromamma abdominalis** Lubbock, 1856	-	-	+	11,11
		*Pleuromamma xiphias** Giesbrecht, 1889	-	-	+	11,11
	Paracalanidae	*Calocalanus styliremis** Giesbrecht, 1888	-	+	-	22,22
		*Calocalanus pavo** (Dana, 1852)	-	-	+	22,22
		*Mecynocera clausi** Thompson I.C., 1888	+	+	-	33,33
		Paracalanus nanus Sars G. O., 1925	+	+	-	33,33
		Paracalanus parvus (Claus, 1863)	+	+	+	88,89
	Phaennidae	*Phaenna spinifera* Claus, 1863	+	+	-	22,22
		Xanthocalanus minor Giesbrecht, 1893	-	-	+	11,11
		Xanthocalanus mixtus Sars G. O., 1920	-	-	+	33,33

Tableau 4. Suite

Légende : O : Ouest, C : Centre, E : Est, + : Présente et – : Absente, * : Origine Atlantique

Ordre	Familles	Genre et espéces	O	C	E	Fi (%)
Calanoida	*Rhincalanidae*	*Rhincalanus nasutus** Giesbrecht, 1888	+	+	-	66,67
	Spinocalanidae	*Monacilla typica* Sars G. O., 1905	-	+	+	44,44
	Subeucalanidae	*Subeucalanus crassus* (Giesbrecht, 1888)	+	+	+	33,33
		*Subeucalanus monachus** (Giesbrecht, 1888)	+	+	+	66,67
	Temoridae	*Temora longicornis** (Müller O. F., 1785)	+	+	+	77,78
		Temora stylifera (Dana, 1849)	+	+	+	100,00
Cyclopoida	*Corycaeidae*	*Agetus flaccus* (Giesbrecht,1891)	-	-	+	11,11
		Agetus limbatus Brady,1883	-	-	+	22,22
		Agetus typicus Krøyer, 1849	+	-	-	33,33
		Corycaeus clausi Dahl F., 1894	+	+	-	44,44
		Corycaeus speciosus Dana, 1849	+	-	+	33,33
		Ditrichocorycaeus anglicus Lubbock, 1855	+	-	-	11,11
		Farranula rostrata (Claus, 1863)	+	-	+	22,22
		Onychocorycaeus latus Dana, 1849	+	-	-	22,22
		Onychocorycaeus ovalis Claus, 1863	+	-	-	44,44
	Oithonidae	*Oithona brevicornis* Giestbricht,1891	-	+	-	33,33
		Oithona nana Giesbrecht, 1893	+	+	+	77,78
		Oithona plumifera Baird, 1843	+	+	+	66,67
		Oithona similis Claus, 1866	+	+	-	55,56
	Oncaeidae	*Oncaea curta* Sars G. O., 1916	-	-	+	11,11
		Oncaea media Giesbrecht, 1891	+	-	+	44,44
		Oncaea mediterranea (Claus, 1863)	+	+	+	55,56
		Oncaea tenella Sars G. O., 1916	-	-	+	11,11
		Oncaea venusta Philippi, 1843	+	-	+	22,22
		Triconia dentipes Giesbrecht, 1891	-	-	+	33,33
		Triconia minuta Giesbrecht, 1892	-	-	+	11,11
		Triconia similis Sars G. O., 1918	-	-	+	11,11
		Triconia conifera (Giesbrecht, 1891)	+	-	-	33,33
	Sapphirinidae	*Sapphirina intestinata* Giesbrecht, 1891	-	-	+	22,22
		Sapphirina metallina Dana, 1849	-	-	+	11,11
		Sapphirina nigromaculata Claus, 1863	+	-	-	22,22
		Sapphirinna scarlata Giesbrecht, 1891	-	-	+	11,11

III. 1. 3. Richesse Spécifique

La richesse spécifique de la faune issue de la côte Algérienne varie d'une région à une autre. Le minimum est de 17 espèces enregistrées au niveau de la côte Centre (St. A) tandis que le maximum (39 espèces) est observé au sein de la côte Est (St. C) (Fig. 15).

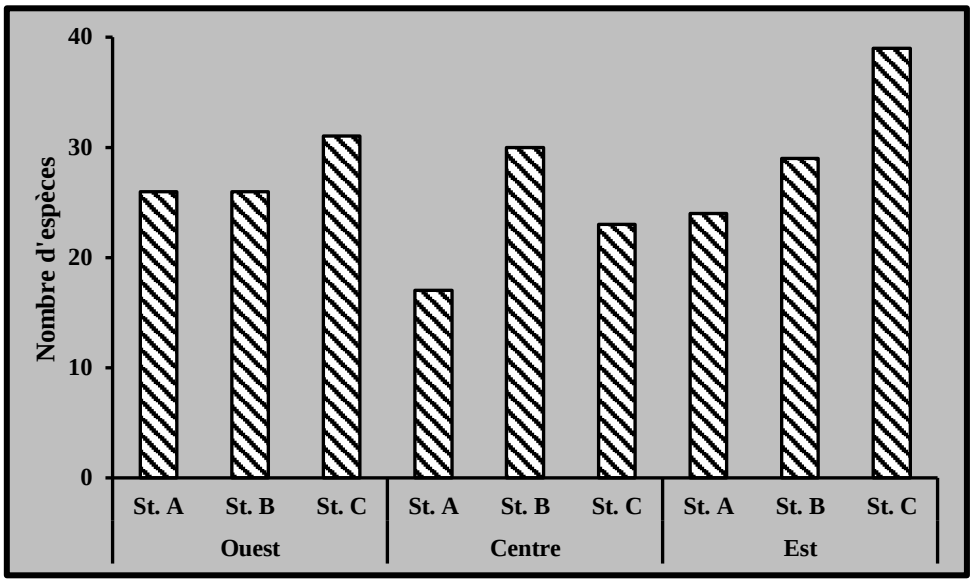


Figure 15. Richesse spécifique recensée au niveau de la côte Algérienne

La comparaison qualitative de la faune issue des trois régions d'études a montré qu'il existe une différence significative (rejet de l'hypothèse nulle) dans la répartition des espèces (Tab. 5).

Tableau 6. Comparaison qualitative entre les stations de prélèvement

Q (Valeur observée)	22,420
Q (Valeur critique)	15,507
DDL	8
p-value	0,004
alpha	0,05

Afin d'analyser les affinités géographiques des espèces, une Classification Hiérarchique Ascendante a été utilisée. Les populations ont été comparées par un indice de similarité de Sørensen suivant la méthode de Ward. Cette dernière a fait ressortir deux groupes de stations : un premier groupe composé par les stations issues de la côte Est et un deuxième groupe composé par les prélèvements provenant de la côte Ouest et Centre (Fig. 16).

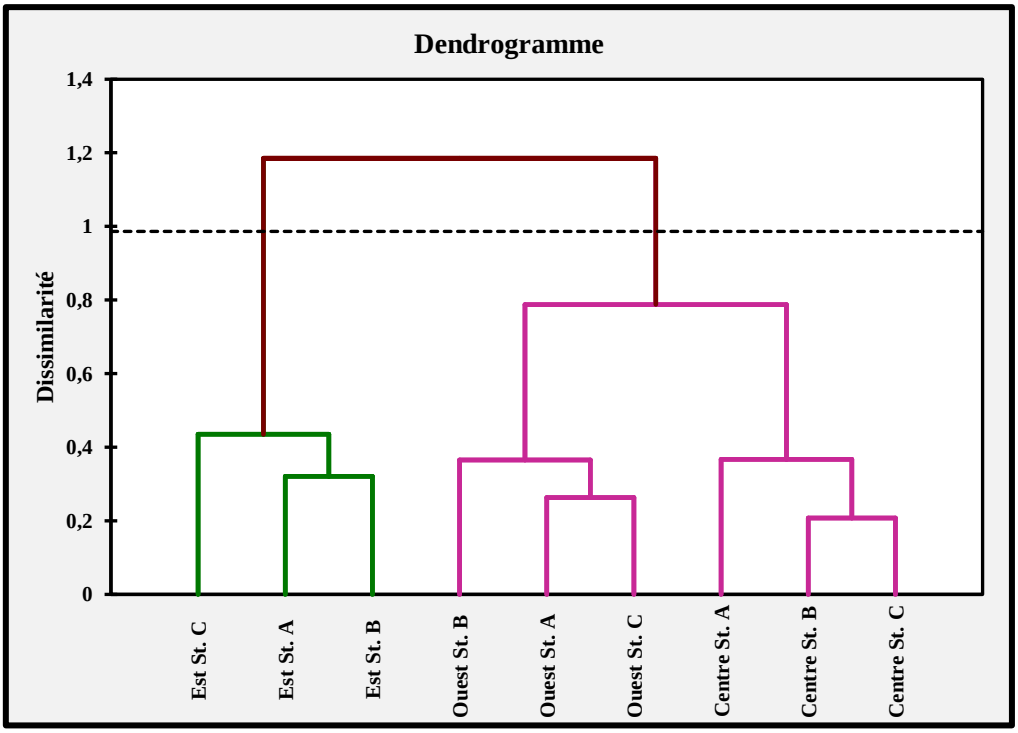


Figure 16. Comparaison qualitative de la faune prélevée au sein des trois régions d'étude

III. 1. 4. Composition de la faune selon le groupe fonctionnel

La présence d'espèces appartenant à différents groupes fonctionnels caractérise la biodiversité collectée dans les différentes stations d'échantillonnage. La répartition des espèces selon leurs groupes trophiques (carnivores, herbivores, omnivores), stratégies d'alimentation (filtration, embuscade active, croisière et l'alimentation mixte) et affinités bathymétriques (épipélagique, épi-mésopélagique et épi-bathypélagique) sont illustrées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7. Répartition des espèces de copépodes selon les groupes fonctionnels
GT = Groupes trophique, SA = stratégies d'alimentations, AB = affinités bathymétriques

Genre et espèces	Groupe trophique	Stratégie d'alimentation	Affinité bathymétrique
Acartia (Acartiura) clausi	**O**	**M**	**E**
Acartia (Acartiura) danae	**O**	**M**	**E**
Acartia longiremis	**NA**	**NA**	**NA**
Aetideus armatus	**C**	**Em-Ac**	**E-M**
Agetus flaccus	**C**	**Em-Ac**	**E-M**
Agetus limbatus	**C**	**Em-Ac**	**E-M**
Agetus typicus	**C**	**Em-Ac**	**E-M**
Calanoides brevicornis	**H**	**F**	**E-B**
Calanus helgolandicus	**H**	**F**	**E-M**
Calocalanus pavo	**H**	**F**	**E**
Calocalanus styliremis	**H**	**F**	**E**
Candacia armata	**C**	**NA**	**E-M**
Candacia elangata	**NA**	**NA**	**NA**
Candacia longimana	**C**	**NA**	**E-M**
Candacia varicans	**C**	**NA**	**E-M**
Centropages chierchiae	**O**	**M**	**E**
Centropages hamatus	**O**	**M**	**E**
Centropages typicus	**O**	**M**	**E**
Centropages violaceus	**O**	**M**	**E**
Chiridius poppei	**O**	**Cr**	**E-B**
Clausocalanus arcuicornis	**H**	**Cr**	**E**
Clausocalanus furcatus	**H**	**Cr**	**E**
Clausocalanus paululus	**H**	**Cr**	**E**
Clausocalanus pergens	**H**	**Cr**	**E**
Corycaeus clausi	**C**	**Em-Ac**	**E-M**
Corycaeus speciosus	**C**	**Em-Ac**	**E-M**
Ditrichocorycaeus anglicus	**C**	**Em-Ac**	**E-M**
Eucalanus elongatus elongatus	**O**	**F**	**E-M**
Frannula rostrata	**C**	**Em-Ac**	**E-M**
Haloptilus fertilus	**C**	**NA**	**M-B**
Mecynocera clausi	**H**	**F**	**E**
Mesocalanus tenuicornis	**H**	**F**	**E-B**
Monacilla typica	**O**	**NA**	**M-B**
Nannocalanus minor	**H**	**F**	**E-B**
Neocalanus gracilis	**H**	**F**	**E-B**

Légendes : H: Herbivore; O: Omnivore; C: Carnivore; F: Filtreur; Em-Ac: Embuscade active; Cr: Croisière; M: Mixte; NA: Non Attribué ; E: Epipélagique; E-M: Epi-mésopélagique; E-B: Epi-bathypélagique; M-B: Méso-bathypélagique

Tableau 6. Suite

GT = Groupes trophique, SA = stratégies d'alimentations, AB = affinités bathymétriques

Genre et espèces	Groupe trophique	Stratégie d'alimentation	Affinité bathymétrique
Neocalanus robustior	**H**	**F**	**E-B**
Oithona brevicornis	**O**	**Em-Ac**	**E-M**
Oithona nana	**O**	**Em-Ac**	**E**
Oithona plumifera	**O**	**Em-Ac**	**E-M**
Oithona similis	**O**	**Em-Ac**	**NA**
Oncaea curta	**O**	**Cr**	**E-M**
Oncaea media	**O**	**Cr**	**E-M**
Oncaea mediterranea	**O**	**Cr**	**E-M**
Oncaea tenella	**O**	**Cr**	**E-M**
Oncaea venusta	**O**	**Cr**	**E-M**
Onychocorycaeus latus	**C**	**Em-Ac**	**E-M**
Onychocorycaeus ovalis	**C**	**Em-Ac**	**E-M**
Paracalanus nanus	**H**	**F**	**E-M**
Paracalanus parvus	**H**	**F**	**E**
Pareucalanus attenuatus	**O**	**F**	**E-M**
Phaenna spinifera	**NA**	**NA**	**E-M**
Pleuromamma abdominalis	**O**	**F**	**E-M**
Pleuromamma xiphias	**O**	**F**	**E-M**
Pseudocalanus elongatus	**O**	**F**	**E**
Rhincalanus nasutus	**O**	**F**	**E-B**
Sapphirina intestinata	**C**	**Cr**	**E**
Sapphirina metallina	**C**	**Cr**	**E-M**
Sapphirina nigromaculata	**C**	**Cr**	**E**
Sapphirinna scarlata	**C**	**Cr**	**E**
Subeucalanus crassus	**O**	**F**	**E-M**
Subeucalanus monachus	**O**	**F**	**E-M**
Temora longicornis	**O**	**F**	**E**
Temora stylifera	**O**	**F**	**E**
Triconia conifera	**O**	**NA**	**E-B**
Triconia dentipes	**O**	**Cr**	**E-M**
Triconia minuta	**O**	**Cr**	**E-M**
Triconia similis	**O**	**Cr**	**E-M**
Xanthocalanus minor	**O**	**NA**	**NA**
Xanthocalanus mixtus	**O**	**NA**	**NA**

Légendes : H: Herbivore; O: Omnivore; C: Carnivore; F: Filtreur; Em-Ac: Embuscade active; Cr: Croisière; M: Mixte; NA: Non Attribué ; E: Epipélagique; E-M: Epi-mésopélagique; E-B: Epi-bathypélagique; M-B: Méso-bathypélagique

III. 1. 4. 1 Comportement trophique

Au niveau de la côte algérienne, la faune récoltée se repartisse sur trois groupes trophiques : Herbivores, Omnivores et Carnivores (Fig. 17). Les populations omnivores dominent les prélèvements par 33 espèces (50%). Les carnivores sont représentés par 18 espèces, soit 27% de la faune identifiée. Les espèces herbivores sont les moins représentées par 15 taxons (23%) seulement.

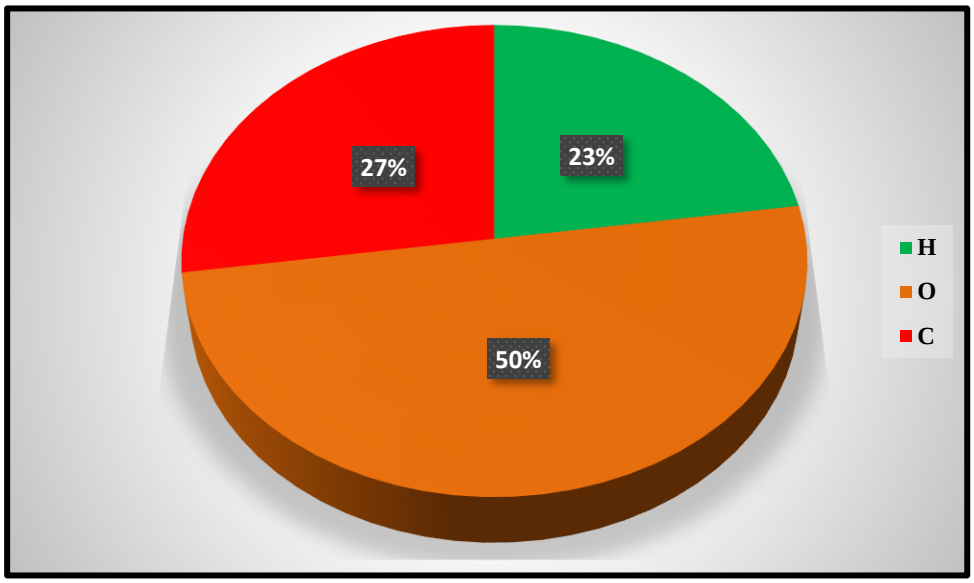


Figure 17. Répartition des espèces selon leurs groupes trophiques

A L'Ouest, les prélèvements sont dominés par les omnivores (18 espèces, soit 43.90%), suivis par le groupe des herbivores (13 espèces, soit 31.71%). Le groupe des carnivores es le moins récolté par 10 espèces (24. 39%) (Fig. 18).

Au sein de la côte Centre, l'analyse de la faune échantillonnée a montré qu'il existe une codominance des comportements herbivores et omnivores au niveau des trois stations de prélèvement. Ces deux comportements sont représentés par 14 (42.42%) et 16 (48.48%) espèces, respectivement (Fig. 18).

Au niveau de la côte Est, les récoltes sont dominées par les populations omnivores (28 espèces, soit 56%). Le nombre des espèces à comportement carnivore est de 13, ce qui représente 26% de la faune échantillonnée. Les peuplements phytophages représentent 18% (9 espèces) des prélèvements seulement (Fig. 18).

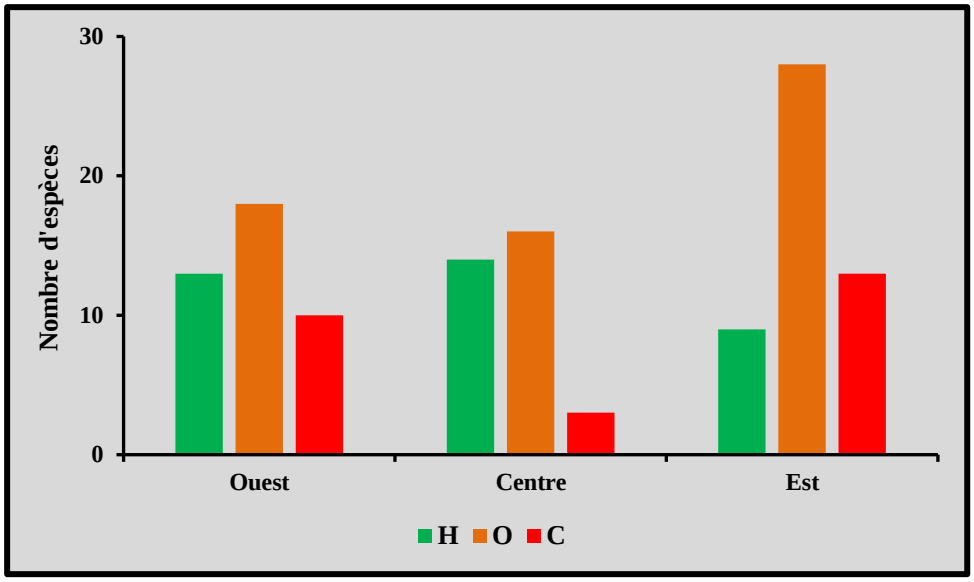


Figure 18. Répartition par région des espèces selon leurs groupes trophiques

III. 1. 4. 2. Stratégies d'alimentations

Au sein de la côte Algérienne, la stratégie d'alimentation la mieux représentée est l'alimentation par filtration. On a identifié 21 espèces appartenant à ce groupe, ce qui représente 36.21% de la faune prélevée. Le nombre des populations à alimentation par croisière est de 17, soit 29.31% des récoltes (Fig. 19).

Les espèces à alimentation par embuscade active sont en nombre de 14, soit 24.14% de la faune prélevée. Enfin, on a le groupe des espèces à alimentation mixte, qui ne représente que 10.34% (6 populations) des échantillons (Fig. 19).

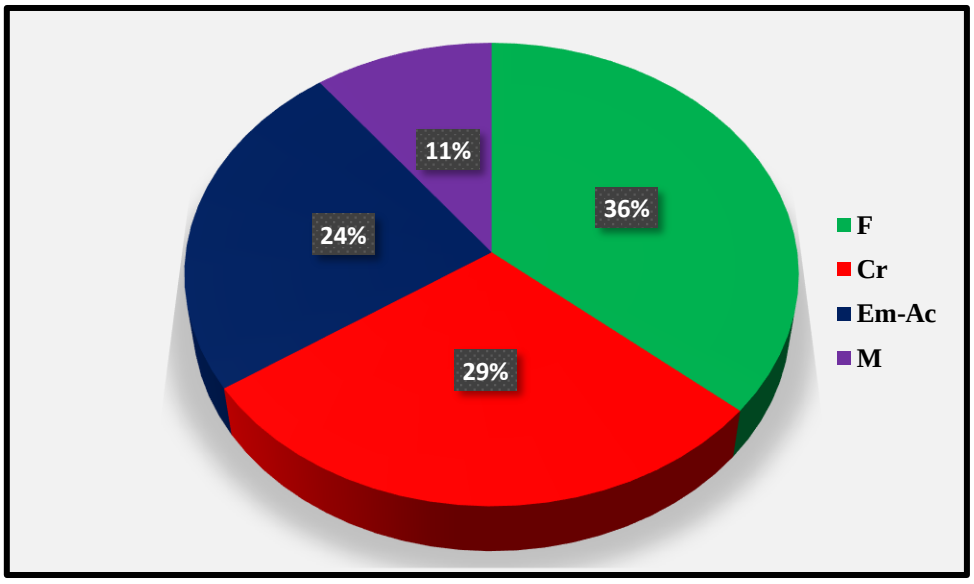


Figure 19. Répartition des espèces selon leurs stratégies d'alimentation

Au niveau des côtes de Ain temouchent (la région Ouest), l'analyse qualitative des peuplements des copépodes en fonction de leurs stratégies d'alimentation a révélé que les filtreurs dominent la faune récoltée. Cette stratégie est reliée à 15 espèces, ce qui représente 39.47 % des espèces identifiées (Fig. 20). Les espèces dont l'alimentation est de type embuscade active sont représentées par 10 taxons, soit 26.31% du total. Les populations à alimentation par croisière et a alimentation mixte sont les moins représentées. Ces dernières sont en nombre de 8 (21.05%) et 5 (13.16%), successivement (Fig. 20).

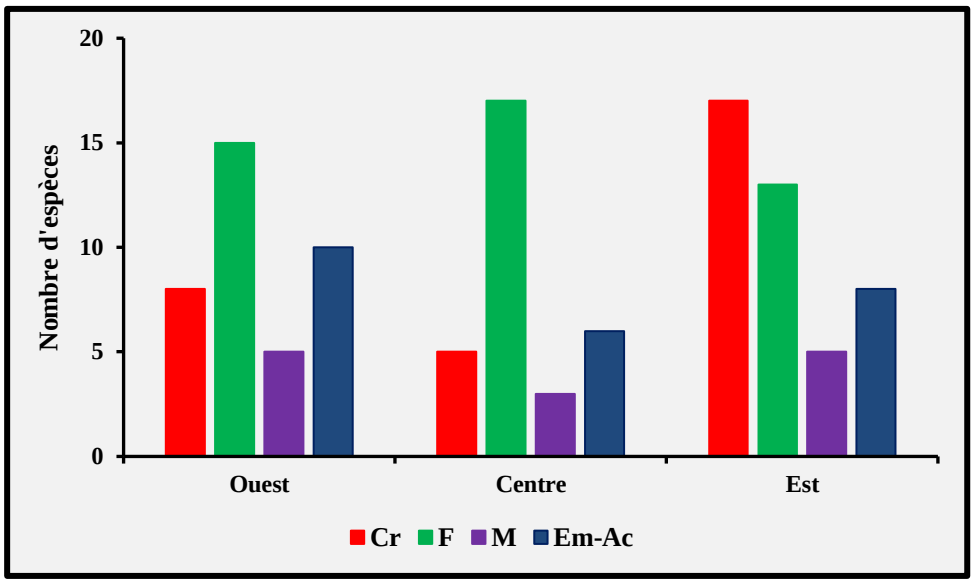


Figure 20. Répartition par région des espèces selon leurs stratégies d'alimentation

III. 1. 4. 3. Affinités bathymétriques

La copépodofaune issue des trois régions de prélèvement est dominée par les populations épi-mésopélagiques, 33 espèces sont identifiées (51.56%). Les peuplements épipélagiques sont représentés par 21 taxons, soit 32.81% de la faune échantillonnée (Fig. 21).

Les populations épi-bathypélagiques et méso-bathypélagiques représentent moins de 16% des récoltes soit 8 et 2 espèces, respectivement (Fig. 21).

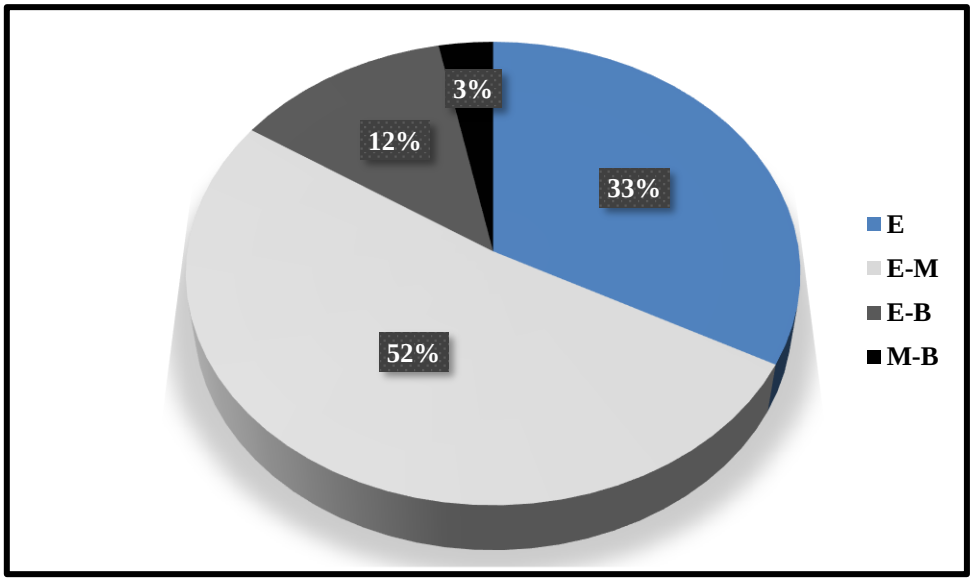


Figure 21. Répartition des espèces selon leurs affinités bathymétriques

A L'Ouest, les populations à affinités épipélagiques et épi-mésopélagiques sont nettement dominantes. Ils représentent 33.33% (13 espèces) et 51.28% (20 espèces) du total prélevé, respectivement (Fig. 22).

La récolte des espèces épi-bathypélagiques est moins importante. 6 espèces seulement sont identifiée, soit 15.38% des récoltes. Les populations méso-bathypélagique sont absentes dans cette région (Fig. 22).

Au sein de la région Centre, les prélèvements sont codominées par les espèces épipélagiques et épi-mésopélagiques. Ces deux groupes représentent 36.36% (12 espèces) 39.40% (13espèces), successivement. Les populations à affinités épi-bathypélagiques et méso-mésopélagiques représentent moins de 25%, on a identifié 7 espèces (21.21%) et 1 espèce (3.03%) successivement (Fig. 22).

Au niveau de la côte Est, les populations à affinité épi-mésopélagiques sont dominantes. Elles représentent 54.34% (25 espèces) du total. Ces dernières sont suivies par les populations épipélagiques (16 espèces, soit 34.78%). Les espèces à affinité bathypélagique (épi-bathypélagique et méso-bathypélagique) ne dépassent pas 11% des récoltes ; 3 espèces (6.52%) et 2 espèces (4.35%) sont identifiées, respectivement (Fig. 22)

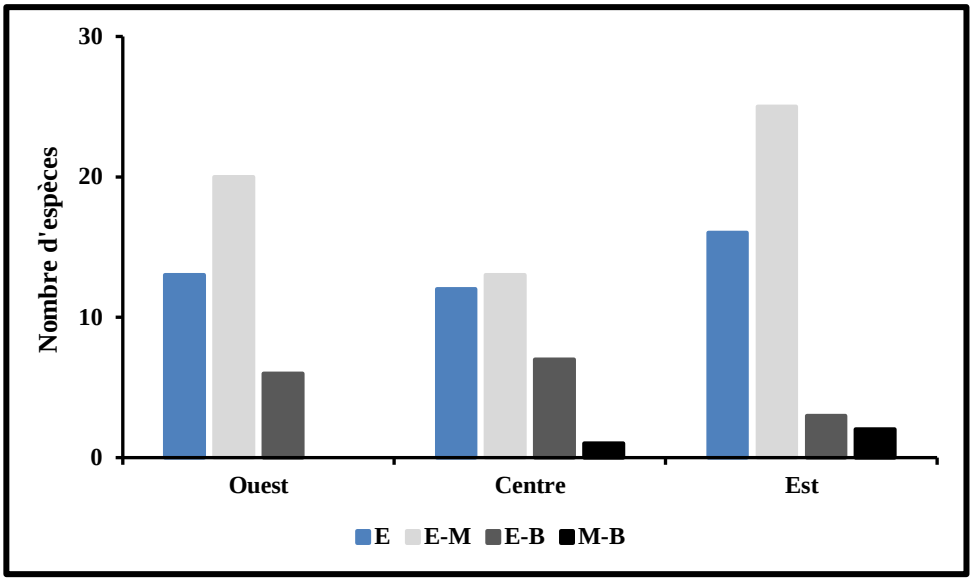


Figure 22. Répartition par région des espèces selon leurs affinités bathymétriques

III. 2. Etude quantitative des peuplements zooplanctoniques

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

Au sein de la côte algérienne, l'abondance totale observée est de 308.01 ± 201.56 ind.m^{-3}. L'abondance maximale (717.50 ind.m^{-3}) a été récoltée au niveau de la station C issue de la région Centre, tandis que le minimum (122.46 ind.m^{-3}) a été enregistrée au sein de la station côtière (St. A) de la même région (Fig. 23).

Au niveau de la côte Ouest, l'abondance moyenne est de 178.03 ind.m^{-3}. Les valeurs numériques variées entre un minimum de 127.03 ind.m^{-3} (St. B) et un maximum de 258.72 ind.m^{-3} (St. C) (Fig. 23).

Au Centre des cotes algériennes, un gradient croissant a été observé. L'abondance moyenne est de 380.33 ind.m^{-3}.

Au sein de la côte Est, un autre gradient quantitative croissant a été signalé. Les abondances recensées varient entre un minimum de 241.19 ind.m^{-3} (St. A) et 548. 23 ind.m^{-3} (St. C), soit une abondance moyenne de 365.68 ind.m^{-3} (Fig. 23).

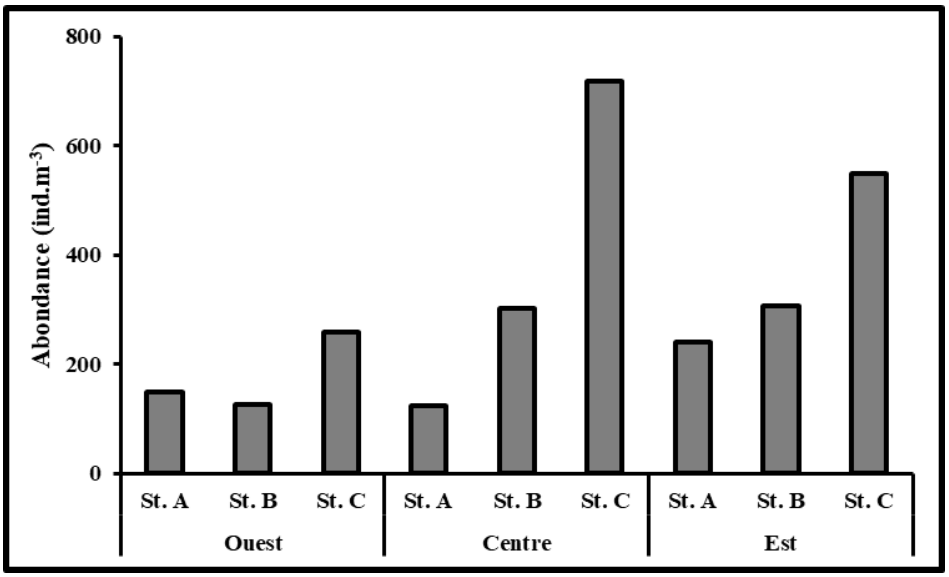


Figure 23. Variation des abondances totales au niveau de la côte algérienne

La comparaison quantitative entre les stations d'échantillonnage par le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a montrée qu'il existe une différence significative ($p_{value} < 0.05$) (Tab. 7).

Tableau 8. Comparaison des abondances totales par le test de Kruskal-Wallis

K (Valeur observée)	19,709
K (Valeur critique)	15,507
DDL	8
p-value (bilatérale)	0,011
alpha	0,05

Afin d'identifier les stations 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 la différence quantitative entre la station A de la côte centre et la station C de la région Est ($p < 0.0014$) (Tab. 8).

Tableau 9. Valeurs de p-values obtenues par la procédure de Conover-Iman
Légendes : Gras : différence significative

		Ouest			Centre			Est		
		St. A	St. B	St. C	St. A	St. B	St. C	St. A	St. B	St. C
Ouest	St. A	1	0,932	0,325	0,304	0,218	0,548	0,966	0,216	0,004
	St. B	0,932	1	0,285	0,346	0,188	0,493	0,898	0,186	0,003
	St. C	0,325	0,285	1	0,044	0,805	0,700	0,346	0,800	0,055
Centre	St. A	0,304	0,346	0,044	1	0,024	0,104	0,284	0,024	**< 0,0001**
	St. B	0,218	0,188	0,805	0,024	1	0,527	0,234	0,995	0,095
	St. C	0,548	0,493	0,700	0,104	0,527	1	0,577	0,523	0,021
Est	St. A	0,966	0,898	0,346	0,284	0,234	0,577	1	0,232	0,004
	St. B	0,216	0,186	0,800	0,024	0,995	0,523	0,232	1	0,096
	St. C	0,004	0,003	0,055	**< 0,0001**	0,095	0,021	0,004	0,096	1

III. 2. 2. Compositions faunistiques: comparaisons et affinités quantitatives

La comparaison de la composition faunistique, des prélèvements issus de la côte Algérienne, par la Classification Hiérarchique Ascendante nous a permis de différencier quatre groupements faunistiques (A, B, C et D). Le Tableau 9 y résume la signification des codes utilisés pour l'identification des espèces dans cette analyse.

Le premier groupe (A) est composé des espèces fortement abondantes. Il s'agit des populations fortement récoltées au sein des trois régions de prélèvements. Leurs abondances moyennes sont supérieures à 17 ind.m^{-3}, il s'agit des populations de *Calanus helgolandicus, Clausocalanus arcuicornis, Centropages typicus, Nannocalanus minor et Temora stylifera* (Fig. 24).

Le deuxième groupe (B) est celui des espèces fortement abondantes au niveau des côtes Centre et presque absentes des récoltes de la région Ouest et Est. Il cumule les peuplements de *Centropages hamatus, Calanoides brevicornis, Neocalanus robustior, Oithona brevicornis, Subeucalanus monachus* et *Temora longicornis* (Fig. 24).

Le troisième groupe (C) est caractérisé par les espèces fortement abondantes à l'Est. On compte 10 populations : *Candacia longimana, Chiridius poppei, Clausocalanus furcatus, Eucalanus elongatus, Oncaea media, O. mediterranea, Pareucalanus attenuatus, Paracalanus parvus, Triconia dentipes* et *Xanthocalanus mixtus* (Fig. 24).

Le dernier groupe (D) caractérise les espèces à faibles abondances. Leurs valeurs numériques moyennent ne dépassent pas 5 ind.m^{-3} ; il s'agit des espèces faiblement récoltées au sein des trois régions d'étude. Parmi les populations qui appartiennent à ce groupe on cite : *Acartia clausi, Aetideus armatus, Centropages chierchiae, C. violaceus, Mecynocera clausi, Neocalanus gracilis, Oithona nana, O. plumifera, Paracalanus nanus, Rhincalanus nasutus* et *Triconia conifera* (Fig. 24).

Tableau 10. Signification des variables utilisées dans la classification hiérarchique

Code	Signification	Code	Signification
CLAR	*Clausocalanus arcuicornis*	CALO	*Candacia longimana*
NAMI	*Nannocalanus minor*	COCL	*Corycaeus clausi*
TEST	*Temora stylifera*	MOTY	*Monacilla typica*
CAHE	*Calanus helgolandicus*	ONMED	*Oncaea mediterranea*
PAPA	*Paracalanus parvus*	ONOV	*Onychocorycaeus ovalis*
CEHA	*Centropages hamatus*	PAAT	*Pareucalanus attenuatus*
CLFU	*Clausocalanus furcatus*	CHPO	*Chiridius poppei*
OINA	*Oithona nana*	AGTY	*Agetus typicus*
TELO	*Temora longicornis*	CAAR	*Candacia armata*
CABR	*Calanoides brevicornis*	CECH	*Centropages chierchiae*
CETY	*Centropages typicus*	CEVI	*Centropages violaceus*
EUEL	*Eucalanus elongatus*	MECL	*Mecynocera clausi*
NERO	*Neocalanus robustior*	PANA	*Paracalanus nanus*
OIPL	*Oithona plumifera*	SUCR	*Subeucalanus crassus*
RHNA	*Rhincalanus nasutus*	XAMI	*Xanthocalanus mixtus*
SUMO	*Subeucalanus monachus*	NEGR	*Neocalanus gracilis*
ACCL	*Acartia clausi*	OIBR	*Oithona brevicornis*
CLPE	*Clausocalanus pergens*	TRCO	*Triconia conifera*
OISI	*Oithona similis*	TRDE	*Triconia dentipes*
ONME	*Oncaea media*	COSP	*Corycaeus speciosus*
AEAR	*Aetideus armatus*		

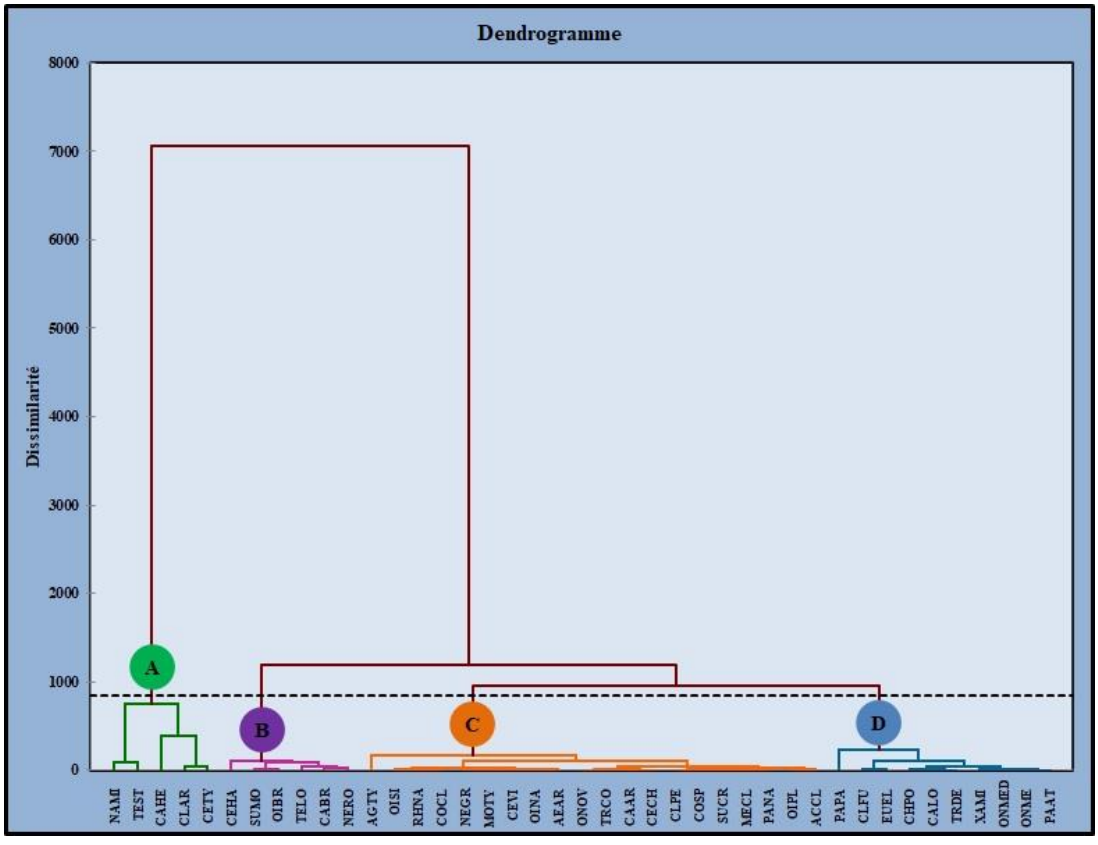


Figure 24. Comparaisons et affinités quantitatives de la faune issue de la côte Algérienne

III. 2. 3. Distribution quantitative des groupements fonctionnels

L'étude de la répartition des peuplements selon leurs groupes trophiques a fait ressortir les résultats suivants :

Au niveau de la région Ouest, les échantillons sont dominés par les populations à comportement herbivore, leurs abondance moyenne est de 83.92 ind.m^{-3} soit 47.14% du total prélevé. Le groupe des omnivores vient en deuxième position, il représente 35.29% (62.83 ind.m^{-3}) du total. Enfin, le comportement carnivore qui affiche une valeur numérique de 30.42 ind.m^{-3} soit 17.09% du total récolté (Fig. 25).

Au sein de la côte Centre, nous avons enregistré une codominance des espèces herbivores et omnivores. Leurs abondances sont de 194.81 ind.m^{-3} (51.12%) pour le groupe des herbivores et 170.03 ind.m^{-3} (44.71%) pour celui des omnivores. Dans cette région de prélèvement, les valeurs numériques des carnivores ne dépassent pas 4% (13.31 ind.m^{-3}) de la faune récoltée (Fig. 25).

A l'Est, les omnivores représentent le groupe trophique dominant. Ces derniers affichent une abondance moyenne de 186.88 ind.m^{-3}, soit 51.10% du total. En deuxième rang d'importance, on a le groupe des herbivores, il représente 33.79% (123.56 ind.m^{-3}) du total prélevé. L'abondance minimale enregistrée au sein de cette région est liée aux populations carnivores, elle est de l'ordre de 48 ind.m^{-3} (13.25%) (Fig. 25).

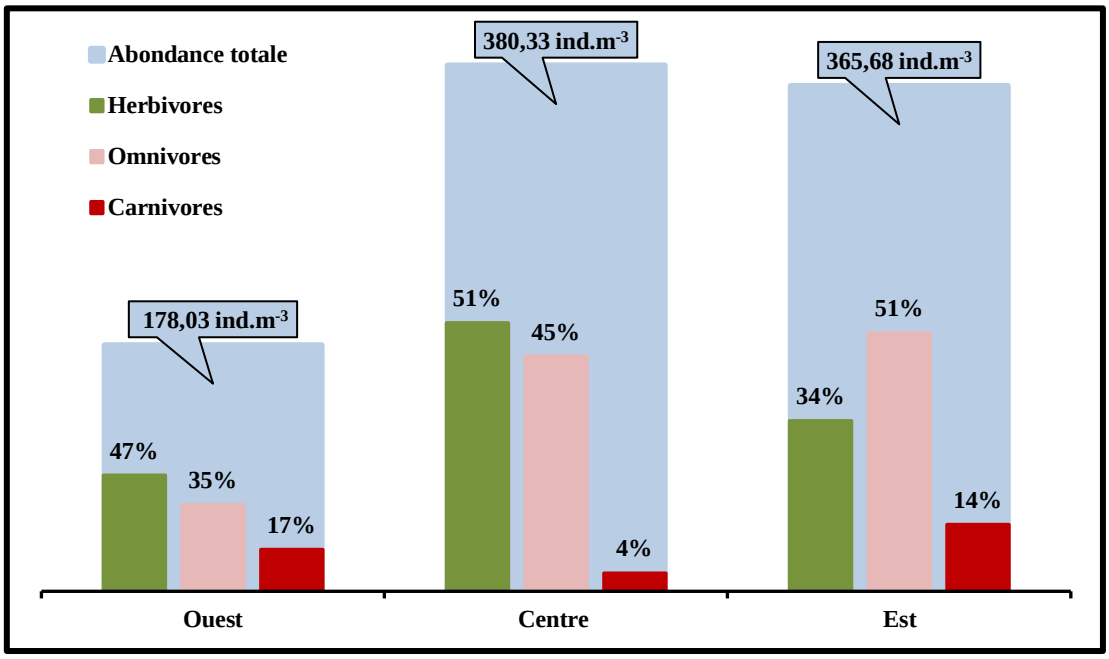


Figure 25. Répartition par région des abondances selon le groupe trophique des espèces

En termes de stratégie d'alimentation, l'étude quantitative de la faune échantillonnée au sein de la côte Algérienne a montré que le groupe des filtreurs domine les prélèvements issus des trois régions (Fig. 26). Ces derniers représentent 55.72% (99. 21 ind.m^{-3}) de la faune récoltée à l'Ouest, 60,87% (231.52 ind.m^{-3}) au Centre et 41.61% (152.18 ind.m^{-3}) a l'Est.

A l'Ouest, le groupe des filtreurs est suivi par celui des espèces à embuscade active (34.85 ind.m^{-3}, soit 19.57% du total) puis les espèces à alimentation par croisière (27.98 ind.m^{-3}, soit 15.72% du total). Enfin, on a le groupe des espèces à alimentation mixte qui représente 6.88% (12.25 ind.m^{-3}).

Au Centre, les filtreurs sont suivis par les espèces à alimentation mixte qui représentent 14.65% (55.72 ind.m^{-3}) de la faune prélevée. Les populations à alimentation par croisière et l'alimentation par embuscade active ont des abondances de l'ordre de 45.75 ind.m^{-3} (12.03%) et 40.99 ind.m^{-3} (10.78%), respectivement (Fig. 26).

Au sein de la côte Est, en deuxième rang d'importance on trouve le groupe des peuplements à alimentation par croisière. Ces derniers représentent 28.90% (105.69 ind.m^{-3}) de la faune prélevée. Les espèces à alimentation par embuscade active et les espèces à alimentation mixte ne dépassent pas 10% des récoltes. Elles présentent des valeurs numériques de 27.47 ind.m^{-3} (7.51%) et 36.62 ind.m^{-3} (10%), successivement (Fig. 26).

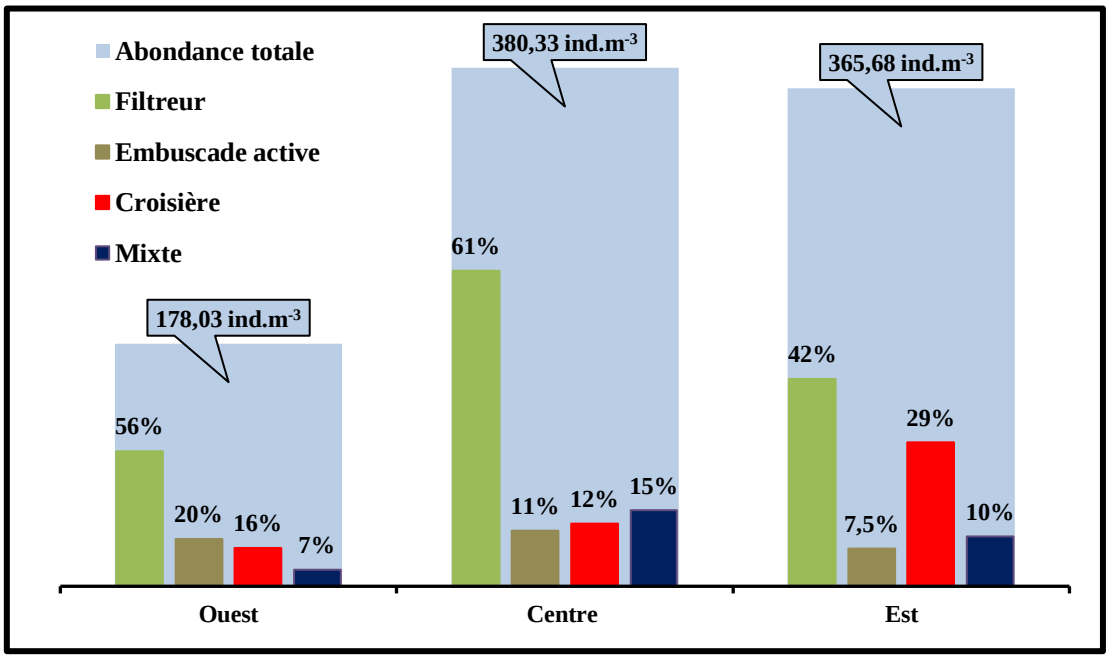


Figure 26. Répartition par région des abondances selon la stratégie d'alimentation des espèces

La répartition quantitative des espèces selon leurs affinités bathymétriques varie d'une région a une autre. Il faut noter que les espèces méso-bathypélagiques sont presque absentes des prélèvements ; ce groupe est quasiment absent à l'Ouest et représente moins de 1% des prélèvements issus du Centre et de l'Est (Fig. 27).

Au niveau de la côte Ouest, la faune prélevée est codominée par les populations épipélagiques (71.23 ind.m^{-3}, soit 40%) et épi-mésopélagiques (74.39 ind.m^{-3}, soit 41.78%). L'abondance des espèces épi-bathypélagiques est de 28.30 ind.m^{-3}, soit 15.89% du total échantillonné. Au sein de la côte Centre (Fig. 27).

Au sein de la région Centre, les récoltes sont dominées par les espèces épipélagiques. Les valeurs numériques liées à ce groupe sont de l'ordre de 189 ind.m^{-3}, soit 49.78% du total. Les peuplements épi-mésopélagiques et épi-bathypélagiques sont en codominance, les deux comportements représentent 24% du total, soit 23.7 ind.m^{-3} (Fig. 27).

Au niveau de la région Est, les populations épipélagiques dominent avec une abondance de 160.89 ind.m^{-3}, soit 44% du total, suivis par le groupe des espèces épi-mésopélagiques qui affichent une abondance de 117.1 ind.m^{-3} (32.02% du total). L'abondance des espèces épi-bathypélagiques n'atteint pas 15% de la faune prélevée, ce qui représente 52.41 ind.m^{-3} (Fig. 27).

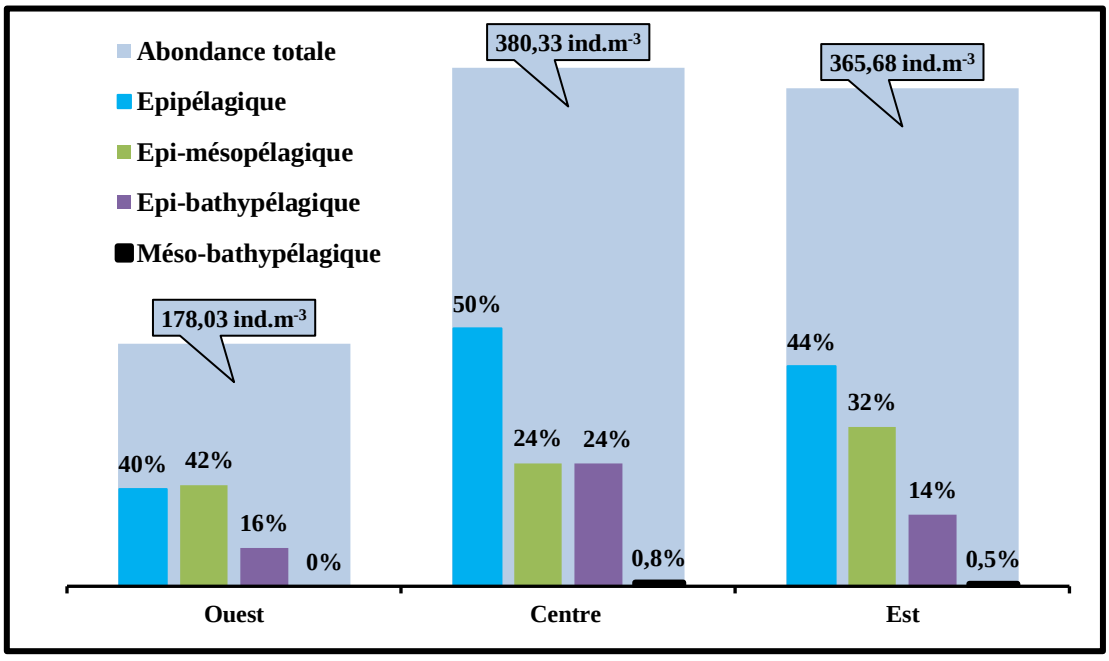


Figure 27. Répartition par région des abondances selon l'affinité bathymétrique des espèces

III. 2. 4. Répartition des populations indicatrices du courant Atlantique

Sous l'influence du courant Atlantique, nos côtes sont peuplées par un certain nombre d'espèces a affinité Atlantique.

Dans la présente étude, un total de 23 espèces indicatrices du courant Atlantique a été recensé. Il s'agit des populations d'*Acartia danae, A. longiremis, Aetideus armatus, Calanus helgolandicus, Calocalanus pavo, C. styliremis, Centropages chierchiae, C. violaceus, Eucalanus elongatus, Mecynocera clausi, Mesocalanus tenuicornis, Neocalanus gracilis, Oncaea mediterranea, O. tenella, O. venusta, Pareucalanus attenuatus, Pleuromamma abdominalis, P. xiphias, Rhincalanus nasutus, Subeucalanus crassus, Temora longicornis, Triconia conifera* et *T. minuta*.

Le nombre d'espèces identifiées varie d'une région a une autre. Il est de 14 espèces au niveau de la côte Ouest, 12 espèces au sein de la côte Centre et 16 espèces à l'Est.

De point de vue quantitative, les abondances des espèces à affinité Atlantique varies entre un minimum de 14,17 ind.m^{-3} récolté au Centre (St. A) et un maximum de 215,08 ind.m^{-3} recensé au large de la côte Centrale (St. C) (Fig. 28).

Au sein des trois régions d'étude (Ouest, Centre et Est), un gradient quantitatif côte-large croissant a été observé ; les stations du large présentent les abondances les plus élevées en termes d'espèces à affinité Atlantique (Fig. 28).

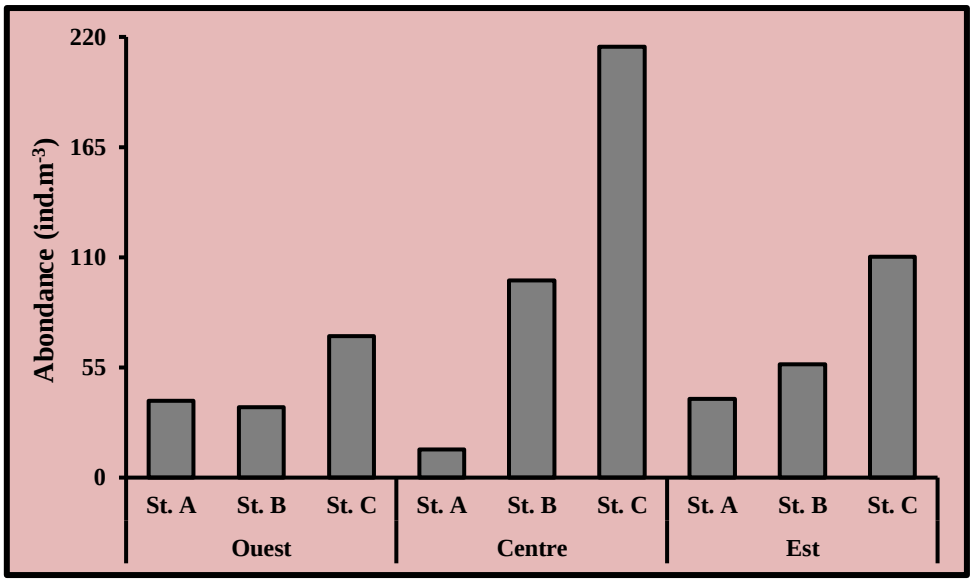


Figure 28. Distribution quantitative des espèces à affinité Atlantique

La contribution des peuplements à affinité Atlantique a l'abondance totale ne dépasse pas 27% le long de la côte algérienne, elle présente un gradient décroissant de l'Ouest vers l'Est (Fig. 29). Au niveau de la côte Ouest, ces espèces représentent 26.9% du total prélevé. Au Centre, le pourcentage des espèces à affinité Atlantique est de 24.7%. Au sein de la côte Est, ces espèces contribuent à 18.3% du total récolté, seulement (Fig. 29).

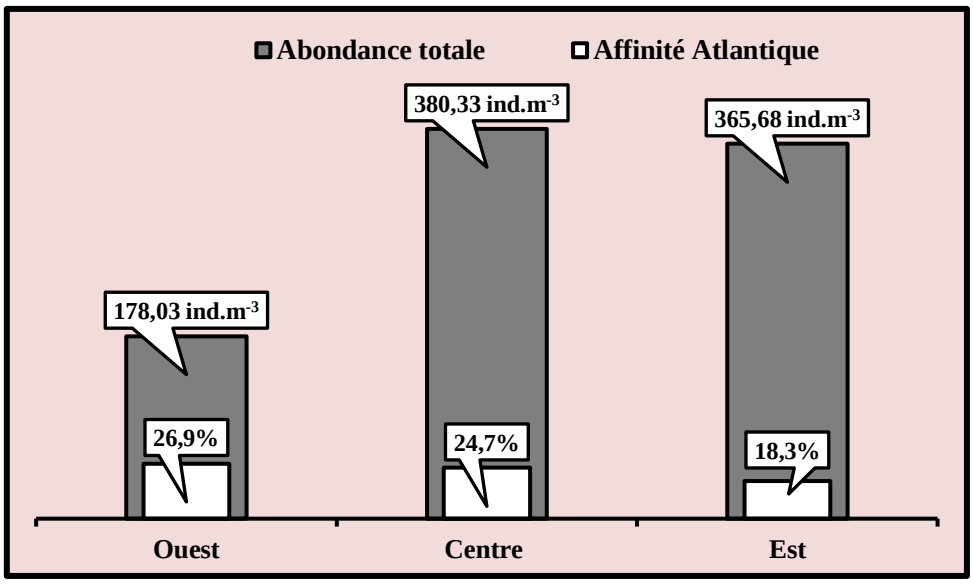


Figure 29. Contribution quantitative (en pourcentage) des espèces à affinité Atlantique

III. 3. Modélisation des relations proies-prédateurs

Dans ce modèle, les interactions entre les proies et les prédateurs ont été analysées à partir des abondances respectives aux herbivores et aux omnivores associés aux carnivores (Tab. 10).

Tableau 11. Données des abondances (ind.m^{-3}) utilisées dans le modèle de Lotka Volterra

		Proies	Prédateurs
Ouest	St. A	80,88	67,47
	St. B	54,63	69,83
	St. C	116,25	142,47
Centre	St. A	49,08	73,38
	St. B	184,53	108,76
	St. C	349,63	367,87
Est	St. A	142,46	90,44
	St. B	102,13	205,49
	St. C	120,51	410,09

La faune issue de la région centre, liée à la station C, occupe le quadrant I du modèle. Les phytophages (*Calanoides brevicornis, Calanus helgolandicus, Calocalanus styliremis, Clausocalanus arcuicornis, Nannocalanus minor, Neocalanus gracilis, N. robustior* et

Paracalanus parvus) sont soumis à une pression de prédation (Fig. 30). Celle-ci est due aux actions conjointes des omnivores (*Centropages hamatus, C. typicus, C. violaceus, Eucalanus elongatus, Monacilla typica, Oithona brevicornis, O. nana, O. similis, Rhincalanus nasutus, Subeucalanus monachus, Temora longicornis* et *T. stylifera*) et des carnivores (*Aetideus armatus, Candacia armata* et *Corycaeus clausi*).

Ces deux comportements exercent une régulation de type Bottom – Up sur les proies zooplanctoniques ; la matière organique est transférée au profit des omnivores et des carnivores. Ce flux est ascendant dans le sens proies (base) - prédateurs (sommet) au sein de la chaîne trophique.

Le quadrant II du modèle regroupe les stations B et C issues de la région Est. La réduction des abondances des populations de la base de la chaîne trophique (proies) provoque une diminution des populations du sommet (prédateurs).

Le quadrant III du modèle de Lotka-Volterra renferme les communautés récoltées au niveau de la région Ouest (St. A, St. B et St. C) et la station A issue de la région Centre. En réalité, d'après la représentation graphique (Fig. 30), les effectifs des peuplements phytophages sont en phase d'accroissement. C'est une conséquence de la réduction des abondances des leurs prédateurs (omnivores et carnivores). La matière organique est transférée vers les herbivores. Elle suit un flux descendant dans le sens prédateurs (sommet) - proies (base) au sein de la chaîne trophique pélagique. Par conséquent, les populations de proies exercent une régulation de type Top - Down sur les prédateurs.

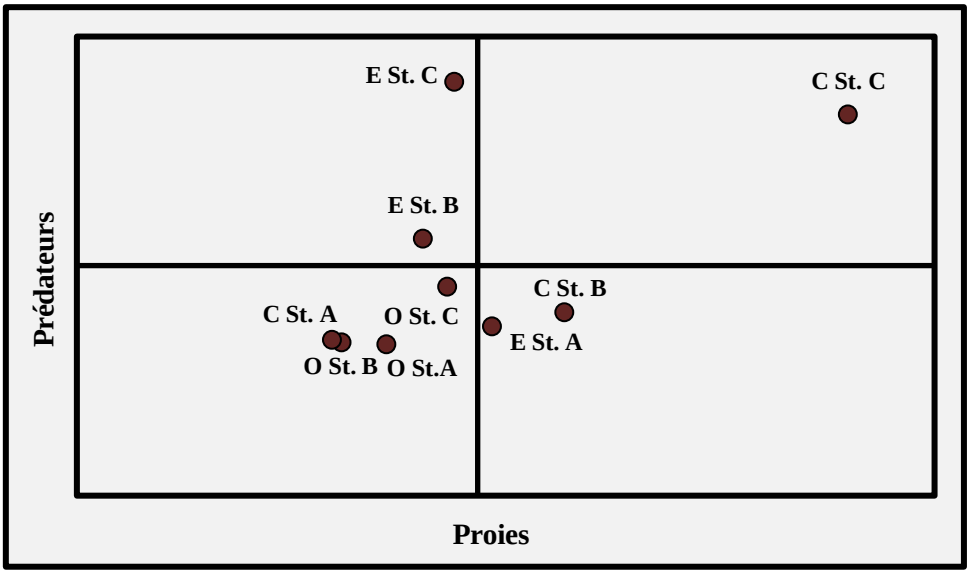


Figure 30. Modélisation des interactions phytophages – omnivores- carnivores par le modèle de Lotka Volterra

III. 4. Etude structurale

III. 4. 1. Indice de dominance

Les valeurs de l'indice de dominance sont relativement faibles au niveau des trois régions d'échantillonnage. Le minimum est de 21.43% signalé au sein de la côte Centre tandis que le maximum (22.33%) est observé à l'Est de la côte Algérienne (Fig. 31).

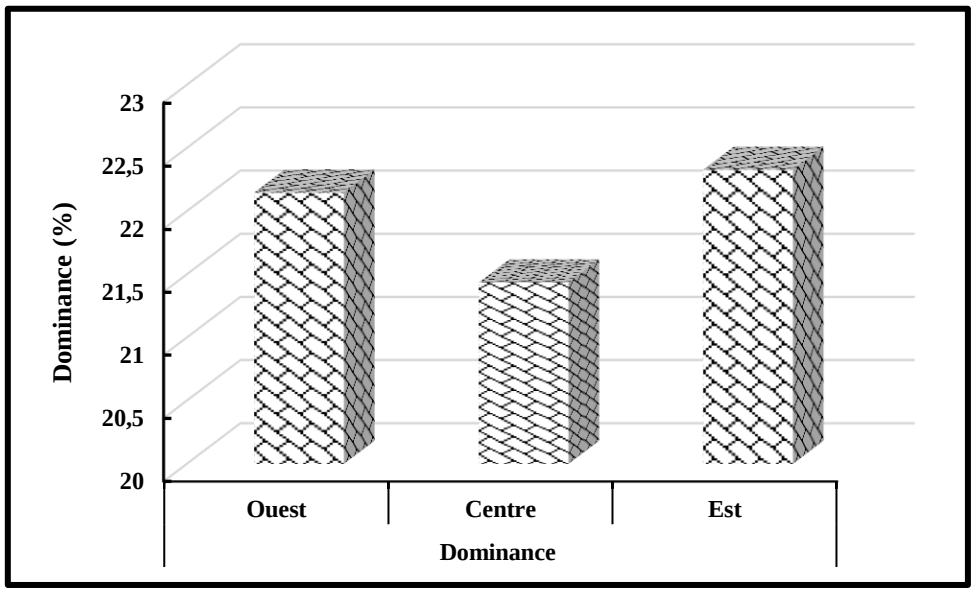


Figure 31. Variation de l'indice de dominance (D) au niveau de la cote Algérienne

III. 4. 2. Indice de diversité spécifique

L'indice de diversité spécifique (indice de Shannon-Weaver) permet d'apprécier la structure et l'organisation des espèces d'une communauté d'organismes vivants. Au sein de notre étude, il présente des variations relativement faibles. Il varie entre un minimum de 4.25 bits.ind^{-1} enregistré au Centre de la cote Algérienne et un maximum de 4.81 bits.ind^{-1} calculé au niveau de la côte Est (Fig. 32).

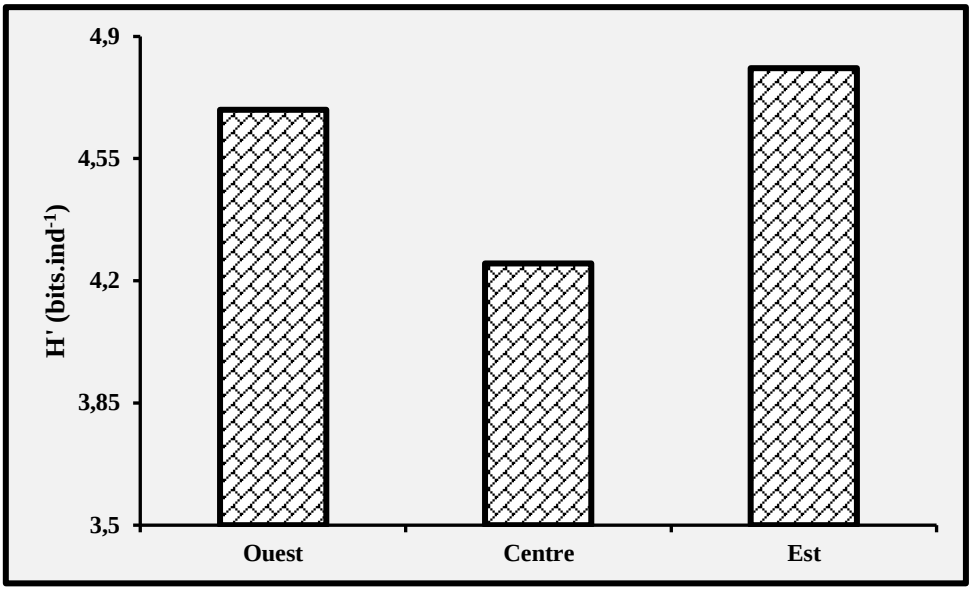


Figure 32. Variation de l'indice de diversité spécifique (H') au niveau de la cote Algérienne

III. 4. 3. Indice de l'équitabilité

Cet indice montre l'égalité ou l'inégalité de la répartition des espèces au sein d'un site de prélèvement. Dans notre étude, il est relativement élevé, il varie entre un minimum de 0.83 au Centre et un maximum de 0.87 au niveau de la côte Ouest (Fig. 33).

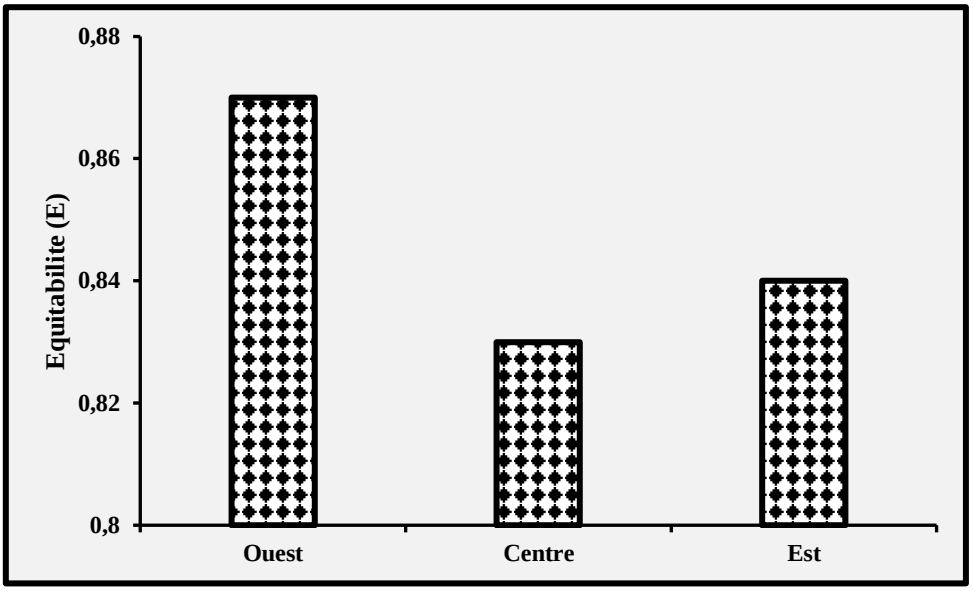


Figure 33. Variation de l'indice d'équitabilité (E) au niveau de la cote Algérienne

III. 3. 4. Diagrammes rangs fréquence

Les diagrammes rangs fréquence (DRF) permet de mieux représenter la structure des communautés des copépodes au sein d'un site d'échantillonnage. Les tracés obtenus sont convexes au niveau des trois régions d'étude (Fig. 34).

A l'Ouest de la côte Algérienne, les espèces qui occupe les premiers rangs d'importance sont : *Calanus helgolandicus* (Rang 1 ; 20.74 ± 9.65 ind.m^{-3}), *Temora stylifera* (Rang 2 ; 18.69 ± 14.30 ind.m^{-3}), *Agetus typicus* (Rang 3 ; 14.58 ± 8.15 ind.m^{-3}), *Paracalanus parvus* (Rang 4 ; 11.16 ± 10.35 ind.m^{-3}), *Clausocalanus furcatus* (Rang 5 ; 10.36 ± 7.55 ind.m^{-3}) et *Calanoides brevicornis* (Rang 6 ; 10.12 ± 4.06 ind.m^{-3}).

Au niveau de la côte Centre, nous avons observé la codominance de 5 espèces de copépodes. Sur la partie gauche du DRF, nous avons identifié du rang 1 à 5, des espèces qui ont des abondances proches (à faibles écarts numériques) (Fig. 34). On y cite les populations de *Calanus helgolandicus* (Rang 1 ; 41.40 ± 46.19 ind.m^{-3}), *Nannocalanus minor* (Rang 2 ; 40.12 ± 30.97 ind.m^{-3}), *Temora stylifera* (Rang 3 ; 37.62 ± 40.69 ind.m^{-3}), *Clausocalanus arcuicornis* (Rang 4 ; 36.99 ± 35.17 ind.m^{-3}) et *Centropages typicus* (Rang 5 ; 33.50 ± 40.92 ind.m^{-3}).

Au niveau de la région Est, de point de vue quantitatif, les populations qui occupent les premiers rangs d'importance sont en nombre de quatre. Il s'agit de *Temora stylifera* (Rang 1 ; 44.25 ± 52.26 ind.m^{-3}), *Nannocalanus minor* (Rang 2 ; 37.39 ± 23.03 ind.m^{-3}), *Paracalanus parvus* (Rang 3 ; 25.50 ± 22.79 ind.m^{-3}) et *Clausocalanus arcuicornis* (Rang 4 ; 23.89 ± 7.68 ind.m^{-3}) (Fig. 34).

L'analyse de la faune prélevée au sein des trois régions (Ouest, Centre et Est) par les indices de diversité spécifique et de l'équitabilité a montré que les communautés sont fortement diversifiées (H' > 4 bits.ind^{-1}) et bien équilibrées (E > 0.8).

En plus de ses résultats, et suivant les allures des diagrammes rangs fréquences obtenus ainsi que les faibles valeurs de l'indice de dominance, on peut dire que la faune de copépodes qui peuple la couche épipélagique de la côte Algérienne est dans un stade 2 (stade mature) de la succession écologique.

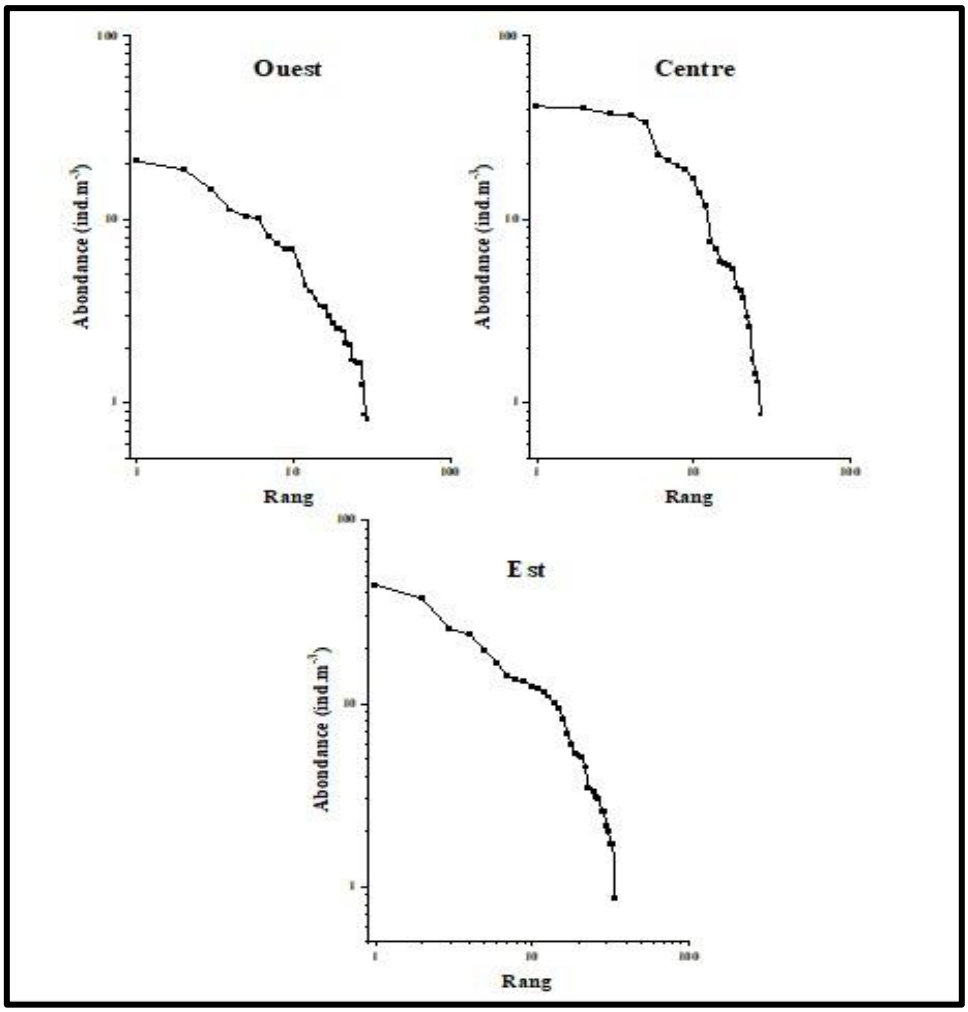


Figure 34. Etats de la succession écologique au sein de la faune de copépodes issue de la cote Algérienne

Chapitre IV

Discussion

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

L'océan mondial est peuplé par 2694 espèces de copépodes. Celles-ci sont réparties sur 342 genres différents (Razouls *et al.,* 2005-2023). D'après Razouls *et al*. (2005-2023), environ 588 espèces différentes de copépodes ont été répertoriées en Mer Méditerranée. La plupart des individus sont situés dans les premiers 200 mètres du pelagos, au niveau du maximum profond de chlorophylle *a*, et relativement peu d'espèces réalisent des migrations nycthémérales de grande ampleur (Scotto di Carlo *et al.*, 1984, Andersen *et al.*, 2001, Brugnano *et al.*, 2012).

Les inventaires faunistiques issus des trois zones étudiées (Aïn Témouchent, Tipaza et Jijel) cumulent un total de 69 espèces de copépodes. Les Calanoïdes dominent les prélèvements par 43 espèces appartenant à 15 familles. La dominance des calanoides a été déjà signalé au niveau des côtes algériennes (Chaouadi & Hafferssas, 2018), en mer Adriatique (Mazzocchi *et al.,* 2003) et au sein du bassin Levantin (Pasternak *et al.,* 2005).

La biodiversité issue de cette étude est plus importante que celle identifiée au niveau de 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) (Fig. 35, Tab. 11).

Par ailleurs, notre biodiversité est proche à celle identifiée au niveau des côtes algériennes (Chaouadi & Hafferssas, 2018 ; Seridji & Hafferssas, 2000), au niveau des côtes Marocaines (Zerouali & Melhaoui, 2002), au niveau de de la mer d'Alboran (Youssara & Gaudy., 2001), au niveau de la baie de Annaba (Ounissi *et al.,* 2016) et à celle recensée au niveau de la mer des Baléares par Fernández de puelles *et al.* (2009) (Fig. 35, Tab. 11).

La faune identifiée dans la présente étude est inférieure à celle recensée au sein du golfe de Naples (Mazzocchi & Ribera d'Alcalà, 1995), au niveau des côtes Egyptiennes (Zakaria *et al.,* 2016) et au niveau des côtes Libanaises (Lakkis, 1990) (Fig. 35, Tab. 11).

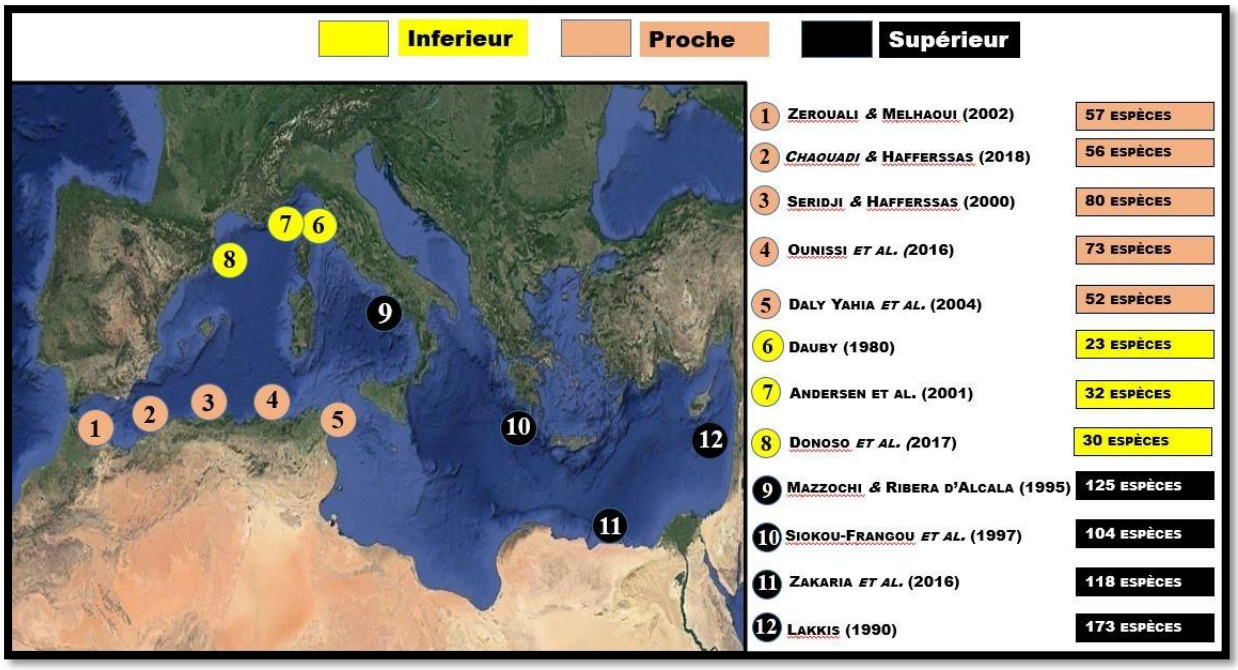


Figure 35. Niveaux des biodiversités de la faune de copépodes liés aux différentes régions de la Méditerranée

Tableau 12. 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 (2001)	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)

IV. 2. Variabilité quantitative et organisation trophique des peuplements

Les abondances totales enregistrées durant notre étude à l'Ouest des côtes algériennes (Aïn Témouchent) dépassent 175 ind.m^{-3}. Ces abondances sont proches de celles observées au niveau des iles Habibas par Chaouadi & Hafferssas (2018). Cependant les abondances les plus élevées ont été enregistrées au Centre des côtes algériennes (Tipaza) avec plus de 380 ind.m^{-3}, ces derniers sont proches de celle enregistrées dans la baie de Bou Ismail (Chaouadi & Hafferssas, 2018), la baie de Annaba (Ounissi *et al*., 2016), le bassin algéro-provençal (Nowaczyk *et al*., 2011) et la baie de Tunis (Daly Yahia *et al*., 2004). Au sein de la côte Est algérienne (Jijel), les abondances totales observées sont de 365,68 ind.m^{-3}. Ces valeurs numériques sont proches de celles observées au niveau de la baie de Annaba par Ounissi *et al.* (2016), au sein de la baie de Bou Ismail (Chaouadi & Hafferssas, 2018), celles recensées au niveau des côtes marocaines (Zerouali & Melhaoui, 2002) et celles récoltées au sein de la mer Égée par Christou (1998).

Plusieurs études ont établi un lien entre les fortes abondances zooplanctoniques et le refroidissement des eaux de surface pendant les saisons froides (Estrada *et al.*, 1985 ; Calbet *et al*., 2001). L'augmentation des peuplements phytoplanctoniques favoriserait le développement de la faune zooplanctonique (Fernàndez de Puelles *et al.*, 2007 ; Hafferssas *et al.*, 2010 ; Mazzocchi *et al.*, 2014). La côte occidentale de la Méditerranée est peu productive pendant la saison estivale (Riandey *et al*., 2005).

La faune prélevée durant la présente étude est dominée par *Temora stylifera, Nannocalanus minor, Clausocalanus arcuicornis, Calanus helgolandicus, Centropages typicus* et *Paracalanus parvus*. Durant la même saison (Printemps), des résultats similaires ont été observés au niveau de la côte Ouest et Centre par Chaouadi (2019). Des espèces telles que *Temora stylifera* et *Centropages typicus* présentent des cycles saisonniers alternés (Seguin, 1981; Mazzocchi & Ribera d'Alcala, 1995; Chaouadi & Hafferssas, 2018).

Les fortes abondances printanières de *Temora stylifera* ont été déjà observées au niveau de la mer Levantine par Terbiyik-Kurt & Polat, (2013) et par Beşiktepe et al. (2015). Par contre, au niveau des eaux côtières du Chypre (Vasilopoulou *et al.*, 2022) et au niveau des côtes libanaises (Lakkis 1990), les maximas d'abondance de *Temora stylifera* ont été recensés durant la saison estivale.

Les fortes abondances de *Clausocalanus arcuicornis* durant la saison d'échantillonnage sont en accord avec les observations de Chaouadi (2019). Dans d'autres études, les abondances maximales de *Clausocalanus arcuicornis* ont été signalées en hiver (Lakkis, 1990; Terbiyik-Kurt & Polat, 2013 et Vasilopoulou *et al.*, 2022).

La pullulation du Copépode herbivore : *Paracalanus parvus* concorde avec la forte productivité de la saison printanière où le pic a été observé (Lakkis, 1990; Terbiyik-Kurt & Polat, 2013). Par contre, Vasilopoulou *et al.* (2022) ont signalés un maximum durant la saison hivernale.

En termes de groupe trophique, les populations sont réparties en trois groupes : les phytophages, comprenant 15 espèces, les omnivores, comprenant 33 espèces, et les carnivores, qui comptent 18 espèces. Chacun de ces groupes est associé à des stratégies d'alimentation distinctes, telles que la filtration, la croisière, la prédation active et une alimentation mixte. Les peuplements d'herbivores et d'omnivores représentent plus de 73% de l'abondance totale observée. Dans une étude menée par Chaouadi (2019), une corrélation positive a été établie entre les populations herbivores et omnivores, telles que *Temora stylifera, Centropages typicus, Oithona plumifera, Eucalanus elongatus, Clausocalanus arcuicornis* et *Pareucalanus attenuatus,* et les optimums quantitatifs observés pendant la période productive. Ces derniers ont la capacité d'adapter leur stratégie d'alimentation en fonction de l'environnement, de la disponibilité des proies et de la présence de prédateurs (Mariani *et al.*, 2013, Kiørboe *et al.*, 2018).

IV. 3. Biodiversité taxonomique et indicateurs hydrologiques et bathymétriques

La composition de la faune prélevée est influencée par des indicateurs hydrologiques (Chaouadi & Hafferssas, 2018), confirmant le passage du courant Atlantique modifié le long des côtes algériennes. Cette observation est étayée par la présence d'espèces telles que *Acartia danae, Calocalanus pavo, C. styliremis, Centropages chierchiae, C. violaceus, Mecynocera clausi, Mesocalanus tenuicornis, Pleuromama abdominalis, Subeucalanus crassus* et *Temora longicornis*. Ces espèces ont déjà été signalées le long des côtes de la Méditerranée sud occidentale (Seguin, 1973 ; Youssara & Gaudy, 2001 ; Zerouali & Melhaoui, 2002 ; Riandey *et al*., 2005 ; Hafferssas & Seridji, 2010) et orientale (Vaissière & Seguin, 1980 ; Scotto di Carlo *et al*., 1984). Dans cette étude, les prélèvements ont été réalisés dans la couche

épipélagique (0-50 mètres), ce qui explique la prédominance des espèces épipélagiques avec 32.81% et épi-mésopélagiques avec 51.56% dans les trois régions étudiées (Ouest, Centre et Est).

Par ailleurs, la présence des copépodes épi-bathypélagiques (12.50%) et méso-bathypélagiques (3.12%) peut être expliqué par des phénomènes de migrations nycthémérales remontant près de la surface la nuit pour se nourrir, et par les résurgences des eaux profondes en surface (Hafferssas & Seridji, 2010). Ces comportements ont été déjà évoqués près des côtes algériennes (Andersen *et al*., 2004 ; Riandey et *al*., 2005 ; Chaouadi & Hafferssas, 2018), Tunisiennes (Macquart-Moulin, 1999) et dans le bassin Liguro-provençal (Gasser *et al*., 1998 ; Andersen et *al*., 2001).

IV. 4. Successions écologiques et niveaux de productions des écosystèmes

Les stades de successions écologiques ne sont que le reflet des caractéristiques hydrologiques du milieu environnant (Seguin *et al*., 1994 ; Pinca & Dallot, 1997 ; Seridji & Hafferssas, 2000 ; Daly Yahia *et al.,* 2004). Les communautés juvéniles (stade 1 de la succession écologique) sont typiques des environnements productifs (Hafferssas & Seridji, 2010). Les stades avancés (1' et 2) sont principalement caractéristiques des écosystèmes oligotrophes (Chaouadi, 2019).

Les communautés zooplanctoniques des zones étudiées (Aïn Témouchent, Tipaza et Jijel) sont bien équilibrées (E > 0.8) et fortement diversifiées (H’ > 4 bits.ind^{-1}), ce qui correspondant au stade 2 de la succession écologique. Ce dernier stade a déjà été décrit dans les communautés épipélagiques de la réserve marine des îles Habibas et au sein de la baie de Bou Ismail (Chaouadi, 2019), des zones oligotrophes de la mer d'Alboran (Seguin *et al*., 1994).

Conclusion

En conclusion, ce mémoire a exploré en détail les abondances des copépodes qui ont été étudiées sur trois régions, à l'Ouest (Ain Témouchent), au Centre (Tipaza) et à l'Est (Jijel), et a montré une grande diversité faunistique et des richesses spécifiques élevées. L'inventaire faunistique comprend 69 espèces appartenant à 19 familles.

Les populations de copépodes se composent de diverses communautés présentant des affinités distinctes. Parmi celles-ci, on retrouve des espèces d'affinité atlantique telles que *Temora longicornis, Calocalanus pavo, Centropages chierchiae,* et bien d'autres. On observe également des communautés de copépodes d'affinité néritique, parmi lesquelles *Nannocalanus minor, Centropages typicus,* et autres. De plus, certaines espèces de copépodes appartiennent à des communautés profondes, telles que *Monacilla typica et Haloptilus fertilus.* La présence de ces espèces profondes est le résultat des migrations verticales opérées par ces populations de copépodes et des phénomènes d'upwelling.

Ces populations étudiées sont réparties en trois groupes sur le plan trophique : les phytophages, comprenant 16 espèces, les omnivores, comprenant 33 espèces, et les carnivores, comprenant 19 espèces, avec des stratégies d'alimentations bien identifiées (filtration, prédation active, croisière, et mixte), Les copépodes sont principalement dominants dans les couches superficielles, à savoir les zones épi et épi-mésopélagiques.

Certaines espèces de copépodes ont été classées en fonction de leur fréquence d'occurrence dans les échantillons. Certaines espèces sont considérées comme fréquentes (Fi > 75 %), comme *Paracalanus parvus*. D'autres sont qualifiées de communes, avec une présence comprise entre 25 % et 50 %, comme *Pareucalanus attenuatus.* Enfin, il existe des espèces rares, dont la présence est inférieure à 25 %, telles que *Xanthocalanus minor.*

La dominance des copépodes épipélagiques et épi-mésopélagiques est le reflet du caractère néritique de la zone d'étude, en plus de la réduction du plateau continental.

Les résultats de cette étude ont également souligné l'importance de la recherche continue sur les copépodes pour mieux comprendre leur biologie, leur écologie et leurs interactions au sein des écosystèmes. Une connaissance approfondie de ces organismes est essentielle pour prédire et atténuer les effets des perturbations environnementales, ainsi que pour développer des stratégies de gestion et de conservation efficaces de la biodiversité marine et des stocks halieutiques.

Références bibliographiques

Almeda, R., Calbet, A., & Hansen, T. (2018). Role of copepods in marine ecosystem. Journal of Plankton Research, 40(6), 715-717.

Andersen, V., C. Devey, A. Gubanova, M. Picheral, V. Melnikov, S. Tsarin & Prieur, L. (2004). Vertical distributions of zooplankton across the Almeria–Oran frontal zone (Mediterranean Sea). J. Plankton Res., 26(3): 275-293.

Andersen, V., P. Nival, P. Caparroy & 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. J. Plankton Res., 23(3): 227-242.

Ara, K. & Hiromi, J. (2007). Temporal variability in primary and copepod production in sagami bay. J. PlanktonRes., 29: 85-96.

Bandeira, B. (2013). Ecologie des communautés zooplanctoniques au sein de deux écosystèmes littoraux méditerranéens: traitement des séries temporelles (Doctoral dissertation, Université de Toulon).

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

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

Bertrandias, J. P. & Bertrandias, F. (1994). Mathématiques pour les sciences de la nature et de la vie. Office des Publications Universitaire. Alger, 187 pp.

Björnberg, T. S. K. (1981). Copepoda. In: D. BOLTOVSKOY (ed.), Atlas del zooplancton del Atlantique Sud occidental y méthodos de trabajo con el zooplancton marino: 587-679.

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.

Bourdillon, A. (1964). Quelques aspects du probleme de l'échantillonnage du plancton marin. Rev. Ecol. Terre Vie, 1: 77-93.

Bron, J. E., D. Frisch, E. Goetze, S. C. Johnson, C. E. Lee & Wyngaard, G. A. (2011). Observing copepods through a genomic lens. Front. Zool., 8(1): 1-15.

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

Chaouadi, M. (2019). La faune mésozooplanctonique des côtes algériennes" biodiversité, distribution quantitative, composition trophique et interaction avec le milieu" Thèse de Doctorat USTHB, Alger, 163 p. & Annexes.

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.

Christou, E. D. (1998). Interannual variability of copepods in a Mediterranean coastal area (Saronikos Gulf, Aegean Sea). Journal of Marine Systems, 15(1-4), 523-532.

Cotté, C., Guinet, C., Taupier-Letage, I., Mate, B., & Petiau, E. (2009). Scale-dependent habitat use by a large free-ranging predator, the Mediterranean fin whale. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 56(5), 801-811.

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

Dallot, S., J. Goy & Carre, C. (1988). Peuplements des carnivores planctoniques gélatineux et structures productives en Méditerranée occidentale. Oceanol. Acta, 10: 193-209.

Dallot, S., Seguin G. & A. Errhif A., (1992). Diversité et structure peuplements de Copépodes pélagiques durant la compagne Almofront- I. In processus et bilans dans les fronts géostrophiques. J. Gofs. France Rapports, 13: 101-109.

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 Calvis Bay (Corsica). Total biomass and Copepods. Oceanol. 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.

Donoso, K., F. Carlotti, M. Pagano, B.P. Hunt, R. Escribano & Berline, L. (2017). Zooplankton community response to the winter 2013 deep convection process in the NW Mediterranean Sea. J. Geophys. Res. Oceans, 122(3): 2319-2338.

Drillet, G., Frouel, S., Sichlau, M.H., Jepsen, P.M., Højgaard, J.K., Joarder, A.K., Hansen, B.W. (2011). Status and recommendations on marine copepod cultivation for use as live feed. Aquaculture 315, 155–166.

Drira, Z., Belhassen, M., Ayadi, H., Hamza, A., Zarrad, R., Bouaïn, A., &Aleya, L. (2010). Copepod community structure related to environmental factors from a summer cruise in the Gulf of Gabès (Tunisia, eastern Mediterranean Sea). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 90(1), 145-157.

Dudley, P. C., (1986). Aspects of general body shape and development in Copepoda. In Proc. 2nd IntConf. Copepoda, Ottawa, Syllogues, 59: 7-25.

Espinasse, B., Zhou, M., Zhu, Y., Hazen, E. L., Friedlaender, A. S., Nowacek, D. P. & Carlotti, F. (2012). Austral fall− winter transition of mesozooplankton assemblages and krill aggregations in an embayment west of the Antarctic Peninsula. Marine Ecology Progress Series, 452, 63-80.

Estrada, M., Vives, F. & Alcaraz, M. (1985). Life and productivity of the open sea. In: Margalef, R. (ed.), Key Environments: Western Mediterranean. Pergamon Press, Oxford, 148-197.

Fernández de Puelles, M. L., Alemany, F. & Jansa, J. (2007). Zooplankton time-series in the Balearic Sea (Western Mediterranean): variability during the decade 1994–2003. Progress in Oceanography, 74(2-3), 329-354.

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.

Frontier, S. & Etienne, M. (1990). Etude de la diversité spécifique par le moyen des Diagrammes Rangs-Fréquences: modélisation, variabilité d'échantillonnage. In IFREMER Actes Colloq., 10: 145-177.

Frontier, S. (1973). Etude statistique de la dispersion du zooplancton. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 12(3), 229-262.

Frontier, S. (1985). Diversity and structure in aquatic ecosystems. Oceanogr. Mar. Biol., 23: 253-312.

Gardner G.A., Szabo I. (1982). «British Columbia pelagic marine copepoda: an identification manual and annotated bibliography» Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 62 : 536 pp.

Gasser, B., Payet, G., Sardou, J., & Nival, P. (1998). Community structure of mesopelagic copepods (> 500 μm) in the Ligurian Sea (Western Mediterranean). Journal of marine systems, 15(1-4), 511-522.

Gaudy, R., & Champalbert, G. (1998). Space and time variations in zooplankton distribution south of Marseilles. Oceanologica Acta, 21(6), 793-802.

Giannakourou, A., Pitta, P., Zervoudaki, S., Christou, E.D., & Siokou-Frangou, I. (2008). Microzooplankton (ciliate and dinoflagellate) mediated food web in the oligotrophic Aegean Sea (Eastern Mediterranean). ICES WKZEM Report, 10, 47.

Giron, F. (1963). Copépodes de la mer d'Alboran (Campagne du ''Président-Théodore-Tissier'', juin 1957). Revue des travaux de l'Institut des pêches maritimes, 27(4), 355-402.

Glippa, O. (2011). Rôle des oeufs de résistance dans la dynamique des populations des principales espèces de Copépodes calanoïdes: Cas de l'estuaire de la Seine. Université de Lille, 1. 200 pp.

Hafferssas, A. (1996). Composition et distribution des Copépodes pélagiques du bassin Algerien en relation avec les structures hydrodynamiques (Compagne Médiprod VI, Juin 1990). Thèse de Magister en Océanologie. USTHB, Alger, 245 pp. Annexes.

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.

Hafferssas, A., & Seridji, R. (2010). Relationships between the hydrodynamics and changes in copepod structure on the Algerian coast. Zoological Studies, 49(3), 353-366.

Hafferssas, A., R. Seridji & S. Dallot, (2010). Mesozooplankton abundance and biomass related to hydrological structure along the Algerian coasts (Southwestern Mediterranean Sea). Crustaceana, 83(11): 1281-1302.

Harris, R., Wiebe, P., Lenz, J., Skjoldal, H. R., & Huntley, M. (eds.). (2000). ICES zooplankton methodology manual. Elsevier. 684 pp.

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.

Hirai, J., Kimura, R., & Yamamura, O. (2020). Ecological roles of copepods in marine ecosystems: a review. Fisheries Science, 86(1), 1-15.

Humes AG. (1994). How many copepods? Hydrobiologia 292/ 293: 1-7.

Hunter, M. D., & Price, P. W. (1992). Playing chutes and ladders: heterogeneity and the relative role of bottom-up and top-down forces in natural communities. Ecology, 73: 724-732.

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.

Katona, S. K. (1971). The developmental stages of Eurytemoraaffinis (Poppe, 1980) (Copepoda, Calanoida) raised in laboratory cultures, including a comparison with the larvae of Eurytemora americana Williams, 1906, and Eurytemoraherdmani Thompson, & Scott, 1897. Crustaceana, 21: 5-20.

Katona, S. K. (1975). Copulation in the copepod Eurytemoraaffinis (Poppe, 1980). Crustaceana, 28: 89- 95.

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

Kiørboe, T., Saiz, E., Tiselius, P., & Andersen, K. H. (2018). Adaptive feeding behavior and functional responses in zooplankton. Limnology and Oceanography, 63(1), 308-321.

Lakkis, S. (1990). Composition, diversité et successions des copépodes planctoniques des eaux libanaises (Méditerranée orientale). Oceanologica Acta, 13(4): 489-501.

Legendre, L. & Legendre, P. (1984). Ecologie numérique. 2éme ed. Tome 2: la structure des données écologiques. Coll. d'Ecologie, 13, Masson, Paris et Presses de l'université de Quebec: 261 pp.

Legendre, M. & Legendre, P. (1979). Ecologie numérique. 1. Le traitement multiple des données écologiques. 2. La structure des donnés écologiques. Masson et les presses de l'Université du Quebec, Ed. Vol. I et Vol. II, 1er ed., 197 et 284 pp.

Legendre, P. & Legendre, L. (1994). Numerical ecology. Developments. *In*: Environmental Modellings **20**, 853 pp.

Longhurst, A. R. (1985). The structure and evolution of plankton communities. Progress in Oceanography, 15(1), 1-35.

Machida, R. J., M. U. Miya, M. Nishida & Nishida, S. (2002). Complete mitochondrial DNA sequence of Tigriopus japonicus (Crustacea: Copepoda). Marine Biotechnology, 4(4), 406-417.

Macquart-Moulin, C. (1999). Diel vertical migration and endogenous swimming rhythm in Asterope mariae (Baird) and Philomedesinterpuncta (Crustacea Ostracoda Cypridinidae). Journal of Plankton Research 21, 1891–1910.

Magurran, A., E. (2004). Measuring biological diversity. Hoboken: Blackwell Science Ltd.

Mariani, P., Andersen, K. H., Visser, A. W., Barton, A. D., & Kiørboe, T. (2013). Control of plankton seasonal succession by adaptive grazing. Limnology and Oceanography, 58(1), 173-184.

Mauchline, J. (1998). The Biology of Calanoid Copepods. Advance Marine Biology, 33 : 1-710.

Mazza, J. (1961). Remarques sur la répartition qualitative et quantitative des Copépodes en Méditerranée. Comm. Int. Explor. Sci. Mer Medit., Rapp. & P. V., 16:157-167.

Mazzocchi, M. G., & M. R. d'Alcalà, (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., Siokou, I., Tirelli, V., Bandelj, V., de Puelles, M. F., Örek, Y. A., de Olazabal, A., Gubanova, C. A., Kress, F. N., Protopapa G. M., b, C. Solidoro, B. C., Taglialatela, H. & Kurt, T. T. (2014). Regional and seasonal characteristics of epipelagic mesozooplankton in the Mediterranean Sea based on an artificial neural network analysis. Journal of Marine Systems, 135, 64-80.

McQueen, D. J., Post, J. R., & Mills, E. L. (1986). Trophic relationships in freshwater pelagic ecosystems. Canadian journal of fisheries and aquatic sciences, 43(8), 1571-1581.

Millot, C. (1985). Some features of the Algerian Current. J. Geophys. Res., 90: 7169-7176.

Millot, C., &Taupier-Letage, I. (2005). Additional evidence of LIW entrainment across the Algerian subbasin by mesoscale eddies and not by a permanent westward flow. Progress in oceanography, 66(2-4), 231-250.

Millot, C., Taupier-Letage, I., &Benzohra, M. (1990). Les tourbillons algériens. *Revues des sciences de la Terre* , *27* (3), 203-219.

Nowaczyk, A., Carlotti, F., Thibault-Botha, D., & Pagano, M. (2011). Distribution of epipelagic metazooplankton across the Mediterranean Sea during the summer BOUM cruise. Biogeosciences, 8(8), 2159-2177.

Onken, R., &Sellschopp, J. (2001). Water masses and circulation between the eastern Algerian Basin and the Strait of Sicily in October 1996. Oceanologica acta, 24(2), 151-166.

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.

Pinca, S., & Dallot, S. (1997). Zooplankton community structure in the Western Mediterranean Sea related to mesoscale hydrodynamics. Hydrobiologia, 356(1-3), 127.

Quevedo, M., and Anadon, R. (2000). Spring microzooplankton composition, biomass and potential grazing in the central Cantabrian coast (southern Bay of Biscay). Oceanologica Acta 23, 297–310.

Razouls C., N. Desreumaux, J. Kouwenberg& de Bovée, F. (2005-2023). 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, 2023].

Riandey, V., G. Champalbert, F. Carlotti, I. Taupier-Letage & Thibault-Botha, D. (2005). Zooplankton distribution related to the hydrodynamic features in the Algerian Basin (western Mediterranean Sea) in summer 1997. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 52(11), 2029-2048.

Rose, M. & VAISSIERE, R. (1953). Catalogue préliminaire des Copépodes de l'Afrique du Nord. Bulletin de la Société de l'Histoire Naturelle de l'Afrique du Nord. 44: 83-99.

Rose, M. (1933). Copépodes pélagiques. Faune de France. Paris:Lechevalier (ed.), 26: 1-374.

Rossi, N. (2008). «Écologie des communautés planctoniques méditerranéennes et étude des métaux lourds (Cuivre, Plomb, Cadmium) dans différents compartiments de deux écosystèmes côtiers (Toulon, France) ». Thèse de Doctorat, Université du Sud Toulon-Var. 217pp.

Sanchez-Vidal, A., Calafat, A., Canals, M., &Fabres, J. (2004). Flux de particules dans le Front Alméria-Oran : contrôle par l'upwelling côtier et la circulation de surface marine. *Journal des systèmes marins* , *52* (1-4), 89-106.

Schutze M. L. M., Ramos J. M. (1999). «VariaçãoAnual do Zooplanctonna Baia de Sci., 62(3); 333-338.

Scor-Unesco, (1968). Zooplankton sampling. In Monograph on Oceanographic Methodology. UNESCO Press, Paris, 174 pp.

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

Seguin G., Errhif A. & Dallot S. (1992). Diversité et structure des peuplements de copépodes pélagiques durant la compagne Almofront-I. In processus et bilans dans les fronts géostrophiques. J. Gofs. France, Rapp., 13: 101-109.

Seguin, G. (1973). Cycle comparaison du zooplankton dans l'ouest africain et de la Méditerranée sud occidentale. Etude systématique, quantitative et écologique. Thèse de Doctorat d'Etat, Université des Sciences & Techniques de Lille, 120 p.

Seguin, G., A. Errhif & Dallot, S. (1994). Diversity and structure of pelagic copepod populations in the frontal zone of the eastern Alboran Sea. Hydrobiologia, 292(1): 369-377.

Seguin, G., G. C. Bracconnot & Elkaim, B. (1997). Le Plancton. Presses universitaires de France, Paris, 125 pp.

Seridji R. & Hafferssas, A. (2000). Copepod diversity and community structure in the Algerian basin. Crustaceana 73 (1): 1-23.

Siokou-Frangou, I., D. E. Christou, N. Frangopoulu & Mazzocchi, M. G. (1997). Mesozoolankton distribution from Sicily to Cyprus (eastern Mediterranean): II. Copepod Assemblages. Oceanol. Acta, 20(3): 521-535.

Soyer, J. (1970). Bionomie benthique du plateau continental de la côte catalono française III: les peuplements de Copépodes Harpacticoides (Cructacea). Vie et Milieu, 337–511.

Stoecker, D. K., D. E., Gustafson & Verity, P. G. (1996). Micro-and mesoprotozooplankton at 140* W in the equatorial Pacific: heterotrophs and mixotrophs. Aquatic Microbial Ecology, 10, 273–282.

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.

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.

Turner, J. T. (1984). The feeding ecology of some zooplankters that are important prey items of larval fish. NOAA Tech. Rep. NMFS, 7: 1-28.

Turner, J. T. (2004). « The importance of small planktonic copepods and their roles in pelagic marine food webs » Zool. Stud 43, no 2: 255–266.

Turner, J. T., H. Levinsen, T. G. Nielsen & B. W. Hansen, 2001. Zooplankton feeding ecology: grazing on phytoplankton and predation on protozoans by copepod and barnacle nauplii in Disko Bay, West Greenland. Marine Ecology Progress Series, 221, 209-219.

Vaissiere, R., & Seguin, G. (1980). Etude preliminaire de peuplements de copepodes (juillet 1977) en relation avec l'hydrologie des mers Tyrrhenienne et Ionienne. *Oceanologica Acta*, *3*(1), 17-29.

Vasilopoulou, G., Kehayias, G., Kletou, D., Kleitou, P., Antoniadis, K., Rousou, M., Papadopoulos, V., Polykarpou, P., & Tsiamis, G. (2022). Spatial and temporal distribution of mesozooplankton in the coastal waters of Cyprus (Eastern Mediterranean). Mediterranean Marine Science, 23(3). https://doi.org/10.12681/mms.28702.

Ward, J.H. JR. (1963). Hierarchical grouping to optimaze an objective function. American Journal of Statistics Association, 236-244.

Yebra, L., Harris, R. P., Head, E. J. H., Yashayaev, I., Harris, L. R., & Hirst, A. G. (2009). Mesoscale physical variability affects zooplankton production in the Labrador Sea. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 56(5), 703-715.

Youssara, F., & Gaudy, R. (2001). 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, (Maroc) 22(2), 91-102.