REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DR. YAHIA FARES DE MEDEA FACULTE DES SCIENCES

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention de diplôme de Master

Département : Sciences de la nature & de la vie

Spécialité : Ecologie et environnement

Par :

HAFRAT Amel

TOUMI Mounet-ellah

Etude écologique du mésozooplancton des côtes Ouest Algériennes (Iles Habibas) : Biodiversité taxonomique, groupes trophiques et indicateurs hydrologiques et bathymétriques.

Soutenu publiquement le : 22 Juin 2022

Devant le jury composé de :

MASMOUDI M.	MCB	Université de Médéa	Président
CHAOUADI M.	MCB	Université de Médéa	Promoteur
KHAMES Y.	MCB	Université de Médéa	Examinateur

2021-2022

Résumé

La communauté de copépodes pélagiques des iles Habibas a été prélevée durant la saison printanière de l'année 2019. L'échantillonnage a été effectuer par des traits verticaux au sein de la couche épipélagique (0-100 mètres de profondeur), à l'aide d'un filet WP2.

Quarante-trois taxons ont été identifiés, réparties sur 15 familles et 23 genres. La faune identifier appartienne à deux ordres (Calanoida et Cyclopoida). L'abondance moyenne est de 178.03 individus.m^{-3}.

La biodiversité est sujette à une variabilité trophique. Les espèces herbivores sont prééminentes au niveau des trois stations. Ces derniers sont suivis par le groupe des omnivores. La faune récoltée héberge des populations d'origine Atlantique. Il s'agit *d'Acaria danae, Calanoides brevicornis, chierchiae, Mecynocera clausi, Mesocalanus tenuicornis, Neocalanus robustior, Subeucalanus crassu*s et *Temora longicornis*. Ces dernières sont indicatrices du passage de l'eau Atlantique modifié (MAW).

L'analyse des échantillons par la Classification Hiérarchique Ascendante a permis de différencier trois groupements faunistiques selon leurs abondances moyennes. Les communautés zooplanctoniques issue de la zone d'étude sont bien équilibrées (E > 0.8), et fortement diversifiées (H' > 4.30 bits.ind^{-1}), il s'agit du stade 2 de la succession écologique.

Mots clés : Côtes Algériennes, Variabilité hydrologiques, Copépodes, Statut écologique, Succession écologique.

Abstract

The community of pelagic copepods of the Habibas Islands was sampled during the spring season of the year 2019. The sampling was carried out by vertical lines within the epipelagic layer (0-100 meters deep), using a WP2 net.

Forty-three taxa have been identified, spread over 15 families and 23 genera. The fauna identified belong to two orders (Calanoida and Cyclopoida). The average abundance is 178.03 individuals.m^{-3}.

Biodiversity is subject to trophic variability. Herbivorous species are preeminent at the three stations. These are followed by the group of omnivores. The fauna collected hosts populations of Atlantic origin. These are *Acaria danae, Calanoides brevicornis, Centropages chierchiae, Mecynocera clausi, Mesocalanus tenuicornis, Neocalanus robustior, Subeucalanus crassus* and *Temora longicornis*. The latter are indicators of the passage of Modified Atlantic Water (MAW).

The analysis of the samples by the Ascending Hierarchical Classification made it possible to differentiate three faunal groups according to their average abundances. The zooplankton communities from the study area are well balanced (E > 0.8), and highly diversified (H' > 4.30 bits.ind^{-1}), this is stage 2 of ecological succession.

Keywords: Algerian Coasts, Hydrological variability, Copepods, Ecological status, Ecological succession.

ملخص

تم أخذ عينات من مجتمع مجدافيات الأرجل لجزر حبيباس خلال موسم الربيع لعام 2019. تم أخذ العينات بواسطة خطوط عمودية داخل الطبقة السطحية (بعمق 0-100 متر)، باستخدام شبكة WP2.

تم تحديد 43 نوعًا، موزعة على 15 عائلة و23 جنسًا. تنتمي الحيوانات التي تم تحديدها إلى رتبتين (Calanoida و Cyclopoida). متوسط الوفرة 178.03 فرد. م $^{-3}$.

التنوع البيولوجي يخضع لتنوع النظام الغذائي. الأنواع العاشبة هي السائدة في المحطات الثلاث. هذه تليها مجموعة الأنواع ذات النظام الغذائي المختلط. العينات المأخوذة تضم أنواع مصنفة على أنها من أصل أطلسي. يتعلق الأمر ب *Acaria danae* و *Calanoides brevicornis* و *Centropages chierchiae* و *Mecynocera clausi* و *Mesocalanus tenuicornis* و *Neocalanus robustior* و *Subeucalanus crassus* و *Temora longicornis*. هذه الأنواع تصنف على أنها مؤشرة على مرور مياه المحيط الأطلسي المعدلة (MAW).

أتاح تحليل العينات بواسطة التصنيف الهرمي التصاعدي التمييز بين ثلاث مجموعات حيوانية وفقًا لمتوسط وفرتها. مجتمعات العوالق الحيوانية في منطقة الدراسة متوازنة جيدًا (E> 0.8)، ومتنوعة للغاية (H '> 4.30 bits.ind^{-1})، مما يمكننا من تصنيف هذه العينات في المرحلة الثانية من التعاقب البيئي.

الكلمات المفتاحية: السواحل الجزائرية، التباين الهيدرولوجي، مجدافيات الأرجل، الوضع البيئي، التعاقب البيئي.

Remerciements

En préambule à ce mémoire, nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant et miséricordieux, qui nous aide et qui nous a donné la force, le courage et la patience d'accomplir ce Modeste travail. Nous remerciements s'adressent particulièrement à notre promoteur Mr. CHAOUADI Mustapha, Qui a accepté de diriger notre mémoire. Nous le remercions infiniment pour la confiance et le respect qu'il nous a toujours accordé et pour les idées qui nous ont beaucoup aidées à progresser. Sa haute compétence, ses qualités humaines, ses conseils judicieux ont été pour nous une source inestimable de réconfort et d'encouragements pour mener à terme ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

Nous exprimons nos remercîments à l'ensemble des membres du jury :

Remerciements à Monsieur ***Masmoudi.*** *Pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant de présider le jury.*

On tient à remercier Monsieur ***KHAMES.Y*** *d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

Et d'avoir bien voulu être membre de notre jury, On vous exprime notre profonde gratitude.

Un grand merci à Le personnel technique de laboratoire pédagogique de biologie,

Finalement, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à nos familles qui nous ont toujours soutenues et à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail

Merci à tous et à toutes.

Dédicaces

AMEL

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 mes chers frères

***Said, Lkhdar, Nadji et Yahya**, pour leurs appuis et leurs encouragements, A toute ma famille pour leurs soutiens tout au long de mon parcours universitaire, 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.*

Mes chères sœurs

Fatima, fatma des sœurs comme vous, vous ne les trouverez nulle part ailleurs, que dieu vous protégé,

Je te souhaite tout le bonheur dans la vie

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 cher binôme ***Mounet-ellah,***

Merci pour tous les efforts que vous avez fait.

A mes amies

Soumia, Khoula, yaakoub, Nesrine, Rania, Imen, Hanan, Widad, Siham

Nassima, Safa, Khadija, Khoula, Hamadi, Fadoua, Salma, Nouha et yasmine

Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des sœurs et des amies sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

AUX plus beaux enfants du monde

Naziha, Ayoube, Abd el rahmane, Mohamed amine, Islam, Aya, Ghada,

Achraf, Adel, Anas, Akram, Amira, Mohamed chhaaban, Nour lhouda,Youssra,Rima ,Youcef

Merci pour tout votre amour et votre affection.

Dédicaces

Tout d'abord, louange à Allah le tout puissant qui nous a guidés vers la lumière du savoir et nous a gardées et protégées le long de notre vie.

A mes chers parents avec tout mon amour

Je dédie cette thèse en premier à ***ma très chère mère*** *Source inépuisable de tendresse, de patience et de sacrifice. Ta prière et ta Bénédiction m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie. Quoique je puisse dire et écrire, je ne pourrais exprimer ma grande affection et ma profonde reconnaissance. Puisse Dieu tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et Bonheur.*

A mon très cher père

Pourriez-vous trouver dans ce travail le fruit de toutes vos peines et tous de vos efforts. En ce jour, j'espère réaliser l'un de tes rêves. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes respects, ma reconnaissance et mon profond amour. Puisse Dieu vous préserver et vous procurer santé et bonheur.

A mon cher grand père

Qui je souhaite une bonne santé.

A mon cher frère

Mohamed abd el malek *Tu as rempli mes moments de joie et de bonheur. Je te souhaite tout ce qu'il y a de meilleur.*

A mes petites sœurs jumelles

Rahma et Ghoufrane *Aucune dédicace ne peut exprimer la profondeur des sentiments fraternels*

et d'amour, d'attachement que j'éprouve à votre égard. Puisse dieu vous protéger, garder et renforcer notre fraternité.

Sans oublier ***mon binôme Amel*** *pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout de long de ce projet.*

A mes amies

Soumia, Manel, Hayat, Rania, Lina, *Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des sœurs et des amies sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*

A la mémoire de ***mes grands-parents*** *J'aurais souhaité votre présence en ce moment pour partager ma joie. Vous m'avez toujours fait preuve d'amour et d'affection, vous êtes toujours présents dans mon esprit et dans mon cœur. Aussi dans ce moment de joie, vous avez toutes mes pensées.*

Que vos âmes reposent en paix.

Enfin, nous adressons nos remerciements à tous les amis de cette promo et nous remercions également tous ceux, qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Mounet ellah

Sommaire

INTRODUCTION …… 1

Chapitre I : Généralité sur les copépodes

I. 1. Composition, phylogénie et classification taxonomique des Copépodes …….. 3
I. 2. Morphologie des Copépodes ……. 4
I. 3. Reproduction et Cycle de vie ……. 6
I. 4. Nutrition …… 7
I. 5. Locomotion des Copépodes …….. 8
I. 6. Répartition géographique et Ecologie …… 8
I. 6. 1. Répartition géographique …….. 8
I. 6. 2. Ecologie des espèces …… 10
I. 7. Rôle dans le réseau trophique pélagique ……. 10

Chapitre II : Mer d'Alboran, caractéristiques hydrodynamiques & hydrologiques

II. 1. Masses d'eau …… 11
II. 1. 1. Eau atlantique modifiée (Modified Atlantic Water) …… 11
II. 1. 2. Eau intermédiaire hivernale (Winter Intermediate Water) …….. 11
II. 1. 3. Eau levantine intermédiaire (Levantine Intermediate Water) …….. 11
II. 1. 4. Eau méditerranéenne profonde (Western Mediterranean Deep Water) …….. 11
II. 2. Hydrodynamisme et conséquences hydrologiques …… 11

Chapitre III : Matériel & Méthodes

III. 1. Présentation de la zone d'étude …….. 15
III. 2. Prélèvement du matériel biologique ……... 16
III. 3. Fixation des échantillons …… 18
III. 4. Identification et comptage des peuplements de copépodes …… 18
III. 5. Analyse qualitative …… 18
III. 5. 1. Biodiversité taxonomique ……... 18
III. 5. 2. Richesse spécifique …… 21
III. 6. Analyse quantitative ……... 21
III. 6. 1. Abondance par unité de volume et abondance relative …… 22
III. 6. 2. Comparaison des abondances et affinités quantitatives ……. 22
III. 6. 3. Analyses structurales et états de la succession écologique ……. 22
III. 6. 3. 1. Dominance ……... 22
III. 6. 3. 1. Diversité spécifique …… 23
III. 6. 3. 2. Indice de l'équitabilité de Pielou (E) …….. 23
III. 6. 3. 3. Les Diagrammes Rangs-Fréquences (DRF) ……. 24

Chapitre IV : Résultats

IV. 1. Caractéristiques hydrologiques de la zone d'étude ……. 26
IV. 1.1. Température …… 26
IV. 1. 2. Salinité …… 27
IV. 1. 3. PH …… 27
IV. 1.4. Oxygène dissous …….. 28
IV. 2. Biodiversité zooplanctonique : compositions taxonomiques et fréquences d'occurrences ……... 28
IV. 2. 1. Biodiversité taxonomique …….. 28
IV. 2. 2. Fréquences d'occurrences …….. 30

IV. 3. Richesse Spécifique …… 30
IV. 4. Composition des groupes trophiques, stratégies d'alimentations et affinités bathymétriques …….. 31
IV. 4. 1. Comportement trophique …… 33
IV. 4. 2. Stratégies d'alimentations ……... 34
IV. 4. 3. Affinités bathymétriques …… 35
IV. 5. Etude quantitative des peuplements de Copépodes …… 36
IV. 5. 1. Abondances Totales ……... 36
IV. 5. 2. Etude quantitative du comportement trophique ……... 37
IV. 5. 3. Etude quantitative de la stratégie d'alimentation ……... 38
IV. 5. 4. Affinité bathymétrique ……... 40
IV. 5. 5. Associations d'espèces …… 41
IV. 6. Indicateurs du courant Atlantique …….. 43
IV. 7. Etude structural des communautés de copépodes …….. 44
IV. 7. 1. La dominance relative …… 44
IV. 7. 2. Diversité spécifique …… 45
IV. 7. 3. Indice de l'équitabilité …… 45
IV. 7. 4. Comparaison entre les différents indices de structure …… 46
IV. 7. 5. Les Diagrammes Rangs-Fréquences …….. 47
Chapitre V : Discussion
V. 1. Biodiversité taxonomique …… 49
V. 2. Variabilité quantitative et organisation trophique des peuplements …… 49
V. 3. Indicateurs bathymétriques et hydrologiques …….. 51
Conclusion …… 53
Références bibliographiques …… 54

Table des figures

Figure 1. Différents ordres de la sous classe des Copépodes 3
Figure 2, Phylogénie des Copépodes (Huys & Boxshall, 1991) 4
Figure 3. Morphologie et appendices d'un copépode femelle en vue ventrale (Rose, 1933)..... 6
Figure 4. Cycle de vie des copépodes avec les 6 stades naupliens (N) et les 6 stades copépodites (C).. 7
Figure 5. Répartition géographique des copépodes (Razouls et al, 2015-2022) 9
Figure 6. La chaîne trophique du milieu marin 10
Figure 7. Circulation de l'eau atlantique au sein de la mer d'Alboran (Sanchez-Vidal et al., 2004).... 12
Figure 8. Structure du Front Alméria – Oran (Andersen et al. 2004)..... 13
Figure 9. Localisation géographique du front Alméria– Oran (AO front) (Prieur & Sournia, 1994). .. 14
Figure 10. Variabilité du sommet de la nitracline ($\mu g.l^{-1}$) sur les sites hydrologiques identifiés au niveau de la mer d'Alboran (Atlantique, Méditerranéen et productif) (Prieur & Sournia, 1994)..... 14
Figure 11. Aire marine protégée des îles Habibas..... 15
Figure 12. Localisation géographique des stations de prélèvements..... 17
Figure 13. Filet WP2 (Tranter & Fraser, 1968)..... 17
Figure 14. Image prise au laboratoire ; a = boite de motoda ; b = récipient à fond plat..... 18
Figure 15. Etapes d'identification des peuplements de copépodes 19
Figure 16. Représentation théorique des différents stades de succession écologique par les diagrammes rangs-fréquences dans une communauté de plancton (Frontier, 1985) 25
Figure 17. Variation de la température (Tº C) au niveau des iles Habibas..... 26
Figure 18. Variation de la salinité au niveau des iles Habibas 27
Figure 19. Variation de PH au sein des iles Habibas..... 27
Figure 20. Variation de l'oxygène dissous au niveau des iles Habibas..... 28
Figure 21. Variation de la richesse spécifique au niveau des îles Habibas 31
Figure 22. Répartition des groupes trophiques au niveau des îles Habibas..... 33
Figure 23. Répartition par station des groupes trophiques 33
Figure 24. Répartition des espèces selon leurs stratégies d'alimentation..... 34
Figure 25. Répartition par station selon la stratégie d'alimentation..... 35
Figure 26. Répartition des espèces selon leurs affinités bathymétriques 35
Figure 27. Répartition par station des affinités bathymétriques..... 36
Figure 28. Variation des abondances totales au niveau des iles Habibas..... 37
Figure 29. Répartition des abondances par groupe trophique 37
Figure 30. Variation des abondances selon le groupe trophique..... 38
Figure 31. Répartition des abondances par stratégie d'alimentation..... 39
Figure 32. Variation des abondances selon la stratégie d'alimentation 39
Figure 33. Répartition des abondances selon les affinités bathymétriques des espèces..... 40
Figure 34. Abondances par station des espèces selon leurs affinités bathymétriques..... 41
Figure 35. Classification hiérarchique des Copépodes prélevés au niveau des iles Habibas 42
Figure 36. Répartition quantitative des espèces d'origine Atlantique..... 44
Figure 37. Variation de la dominance (D) au niveau des iles Habibas..... 44
Figure 38. Variation de l'indice de Shannon (H') au niveau des iles Habibas..... 45
Figure 39. Variation de l'indice de l'équitabilité (E) au niveau des iles Habibas 46
Figure 40. Relation entre les différents indices de structures des échantillons récoltes au sein des iles Habibas..... 47
Figure 41. Etats de la succession écologique au sein de la faune de Copépodes issue des iles Habibas 48

Liste des tableaux

Tableau 1. Répartition de la biodiversité des espèces de Copépodes dans l'océan mondial..... 9
Tableau 2. Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnages 16
Tableau 3. Paramètres abiotiques mesurés au niveau des stations de prélèvements 26
Tableau 4. Biodiversité taxonomique et fréquence d'occurrence (Fi) de la faune des Copépodes issue de la région des iles Habibas 29
Tableau 5. Répartition des espèces de Copépodes selon les groupes fonctionnels 32
Tableau 6. Signification des codes utilisés dans la classification hiérarchique..... 43

INTRODUCTION

Le mésozooplancton est constitué principalement des Copépodes (Nowaczyk *et al.,* 2011; Mazzocchi *et al.,* 2014). Ils représentent la composante majoritaire des biomasses et des abondances zooplanctoniques (Gaudy, 1985 ; Mauchline, 1998 ; Frangoulis *et al.,* 2004 ; Siokou-Frangou *et al.,* 2010). Ils sont composés principalement d'espèces herbivores et omnivores, les carnivores devenant progressivement plus importantes dans les systèmes oligotrophes (Errhif *et al.,* 1997).

Les copépodes pélagiques représentent plus de 70 % des abondances zooplanctoniques (Ben-Hamadou *et al.,* 2008) En outre, au sein de la chaine alimentaire, ils assurent une importante jonction avec les autres groupes zoologiques (Turner, 2001 ; Tseng & Hwang, 2008). Ils transfèrent de l'énergie et de la matière organique des producteurs primaires (phytoplancton) vers les niveaux trophiques supérieurs (invertébrés carnivores) (Antajan *et al.,* 2008). En effet, il permet le transfert des flux de matière organique (carbone, azote et phosphore) produits lors de la photosynthèse vers les niveaux trophiques supérieurs tels les poissons (Lenz, 2000).

La répartition des communautés zooplanctoniques et leurs mouvements au sein des masses d'eaux sont d'une importance capitale pour la compréhension du fonctionnement de l'écosystème marin (Beaugrand, 2009).

En raison de leurs liaisons avec les masses d'eaux et leurs exigences écologiques, les Copépodes sont considérés comme de bons indicateurs hydrologiques (Furnestein, 1965). Ils sont utilisés à l'identification des phénomènes hydrologiques tels que l'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 mention dans la masse d'eau superficielle des populations bathypélagiques et un signe d'une remontée des eaux profondes (Seguin, 1973 ; Di Carlo *et al.,* 1984 ; Chaouadi, 2019).

Au sein des côtes Algériennes (bassin Algérien et mer d'Alboran), les travaux réalisés ont montré que les Copépodes sont fortement influencés par les structures hydrologiques (Seguin *et al.,* 1993 ; Thibault *et al.,* 1994 ; Youssara & Gaudy, 2001; Andersen *et al.,* 2004 ; Hafferssas & Seridji, 2010).

Notre présente contribution se propose d'analyser la composition et la distribution quantitative des Copépodes au niveau de la côte ouest Algérienne (Iles Habibas)

Les principaux objectifs de ce travail sont:

- Etablissement d'un inventaire qualitatif de la faune qui héberge l'écosystème pélagique des iles Habibas
- Evaluation des abondances totales en relation avec les comportements alimentaires et bathymétriques des populations;
- Décrire les stades de succession écologiques au sein des communautés échantillonnées en se basant sur les indices de diversité et les Diagrammes Rangs Fréquences.
- Mise au point de l'influence du courant Atlantique a partir de l'identification des espèces d'origine Atlantique.

Les prélèvements 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).

Chapitre I
Généralités sur les copépodes

I.1 Composition, phylogénie et classification taxonomique des Copépodes

Les copépodes sont considérés comme l'un des plus importants groupes d'invertébrés en nombre d'espèces dans les systèmes marins et estuariens (Ki *et al,* 2009). Les adultes des copépodes font partie du méso zooplancton (200 µm - 12 mm) (Bradford-Grieve *et al,* 1999). Ils constituent l'une des principales composantes du zooplancton métazoaire (Mauchline, 1998). Ils forment un groupe extrêmement diversifié comprenant 200 familles, 1650 genres et 11500 espèces décrites (Huys & Boxshall, 1991 ; Humes, 1994) (Fig. 1). 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.,* 2009).

Les copépodes forment une sous-classe appartenant à la classe des maxillipèdes dans le sous-embranchement des crustacés constituant une subdivision de l'embranchement des arthropodes (Fig. 2).

- Règne : Animal
- Embranchement : Arthropodes
- Sous embranchement : Crustacés
- Classe : Maxillopodes
- Sous classe : Copépodes

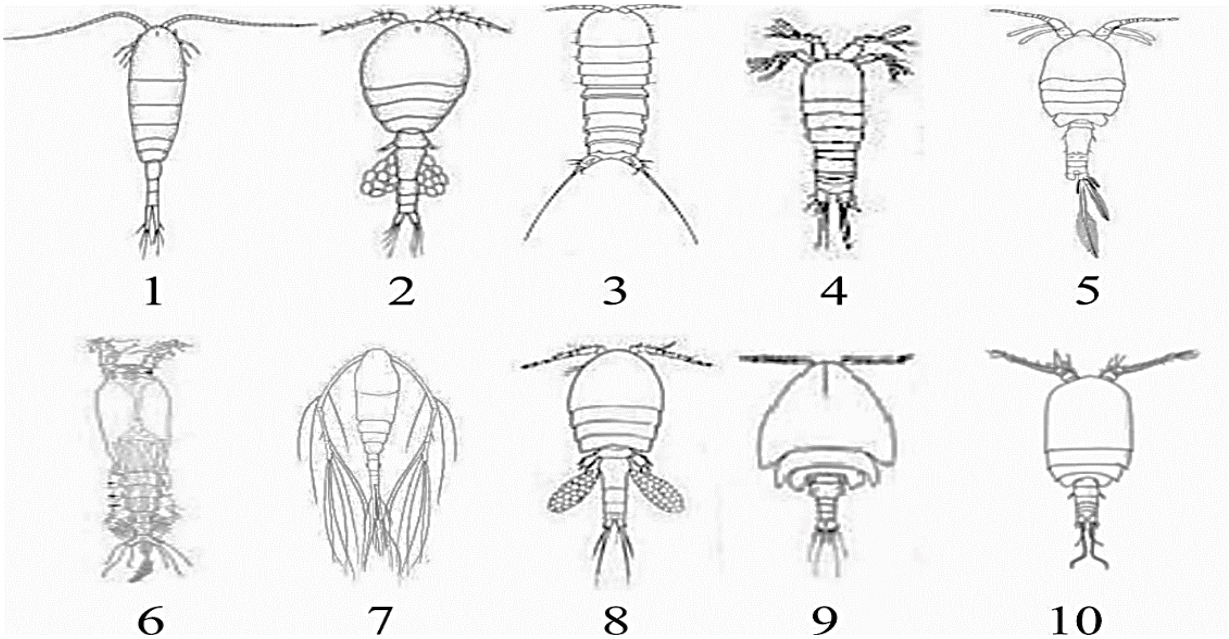


Figure 1. Différents ordres de la sous classe des Copépodes

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

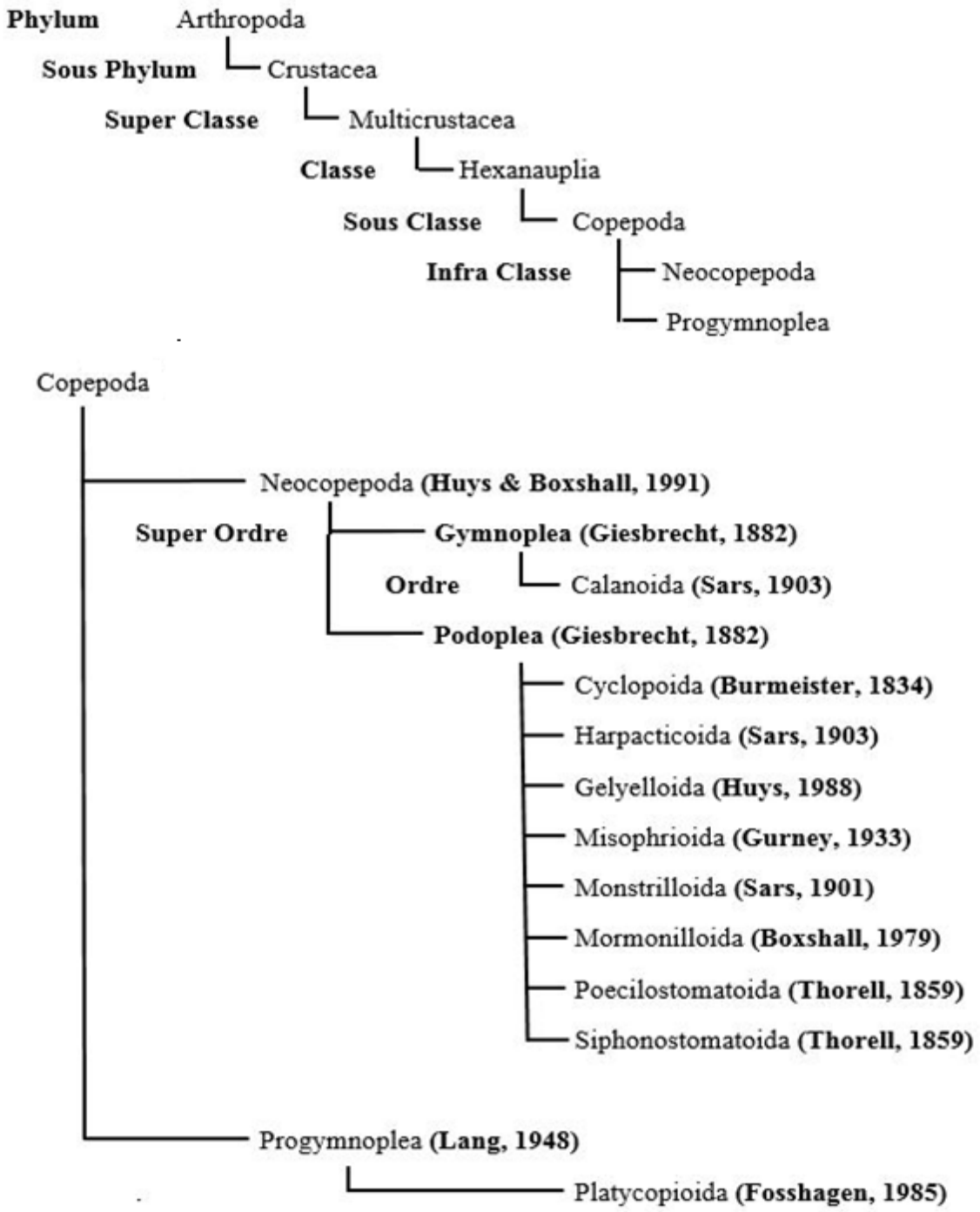


Figure 2, Phylogénie des Copépodes (Huys & Boxshall, 1991 ; in Chaouadi, 2019)

I.2 Morphologie des Copépodes

Les copépodes ont un corps de petite taille, le plus souvent fusiforme (Dussart, 1989), enveloppé d'un tégument chitineux. Ils mesurent de 0,3 à 8 mm de long, La longueur totale du corps ne dépasse pas 10 mm (Maucheline, 1998) (Fig. 3).

Leur corps est constitué de trois parties : la tête ou céphalosome, le thorax ou métasome et l'abdomen ou l'urosome (Fig. 3).

Le céphalosome est constitué de 6 segments portant ventralement des appendices transformés en organes natatoires, préhensiles ou masticatoires (rostre*, labre*, paire de mandibules*, de maxillules*, de maxilles* et de maxillipèdes*). En avant du labre sont insérées deux paires d'antennes : les antennules* et les antennes* (plus petites). Dorsalement, entre les antennules, on observe l'œil nauplien unique à la surface du cerveau et caractéristique des copépodes.

Le métasome est constitué de 5 segments tous porteurs ventralement d'appendices natatoires ou préhensiles. Si le premier segment est soudé au céphalosome, on l'appelle alors céphalothorax. Le cinquième segment peut être soit réduit (Mauchline, 1998), soit soudé au quatrième. La paire d'appendices correspondante peut être réduite, atrophiée ou soudée au segment qui la porte.

L'urosome est composé de quatre segments (dont le segment génital et le segment anal) souvent soudés et sans appendices. Sur le dernier est inséré le telson pour former la furca.

La furca est une fourche terminale a deux branches parallèles ou plus ou moins divergentes dont la disposition, la forme et la structure servent dans l'identification des espèces et des genres. 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.

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;

- Cyclopoïde, correspondant à des animaux soit planctoniques soit benthiques;

- Harpacticoïde, benthique et colonisant la plupart des milieux humides.

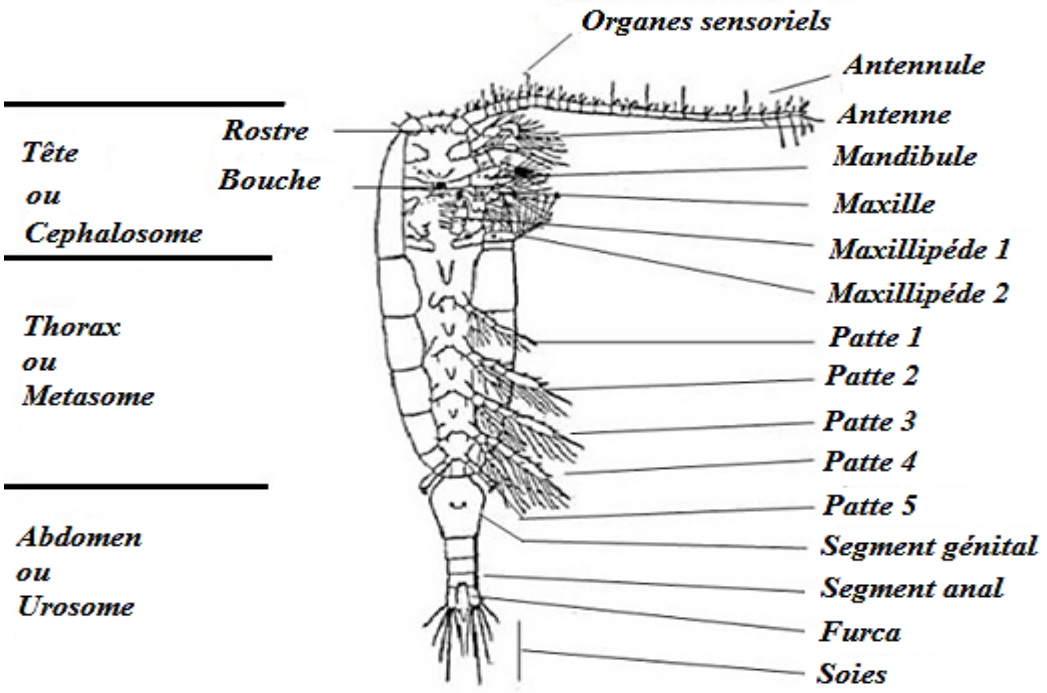


Figure 3. Morphologie et appendices d'un copépode femelle en vue ventrale (Rose, 1933)

I.3 Reproduction et Cycle de vie

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 se dérouler durant toute l'année ou selon les saisons. Elle est liée à l'abondance des ressources nutritives ainsi qu'à la température (Razouls *et al.,* 2005-2022).

Le mâle dépose à proximité de l'orifice génital de la femelle, le spermatophore, un sac allongé, contenant le liquide séminal. La femelle peut recevoir une dizaine de spermatophores qui peuvent appartenir à mâles différents (Razouls *et al.,* 2005-2022). Les œufs fécondés sont conservés dans un ou deux sacs ovigères. 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) (Fig. 4). Les stades nauplius sont en nombre de 6 (N1 à N6). Les stades copépodites sont en nombre de 5 (C1 à C5). Les copépodes adultes peuvent vivre plusieurs mois (Rose, 1933).

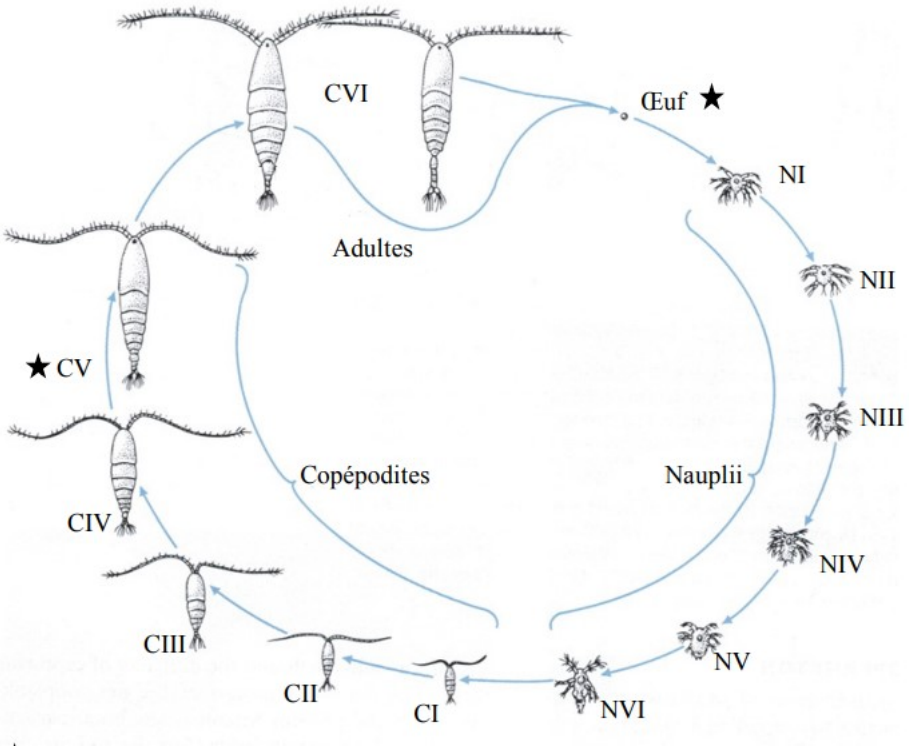


Figure 4. Cycle de vie des copépodes avec les 6 stades naupliens (N) et les 6 stades copépodites (C)

Parfois, lorsque les conditions sont défavorables (manque de nourriture, par exemple) les femelles pondent des œufs de résistance ou de diapause; ils n'éclosent pas immédiatement et atteignent les sédiments. Ils reprennent le cycle de développement qu'au retour des conditions favorables, à la faveur d'une remise en suspension des sédiments par les courants marins (Rose & Vaissière, 1953).

I.4 Nutrition

Les Copépodes ont des comportements alimentaires très variés (herbivore, carnivore et omnivore). Les Copépodes phytophages (herbivores) se nourrissent des algues unicellulaires (taille de 5 µm à 50 µm). Les diatomées y constituent leurs proies préférentielles.

Les carnivores capturent leurs proies, qui sont généralement des protozoaires (radiolaires) ou de petits organismes, par la détection de leurs mouvements ou leurs effluves chimiques (Mazza, 1961). Néanmoins, Ils ne dépassent pas la taille du Copépode lui-même (Seguin *et al.,* 1997).

Les Copépodes qui alternent entre les deux comportements phytophages et carnivores sont les omnivores. Ils peuvent se nourrir à partir des détritus organiques, qui 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.5 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.

La migration verticale journalière (DVM), classé en trois classes selon l'intensité de la migration observée :

- Faible migrant (la DVM se produit à quelques dizaines de mètres),
- Fort migrant (sur plusieurs centaines de mètres),
- Migrateur inverse (pour les espèces qui migrent plus profondément la nuit).

I.6 Répartition géographique et Ecologie

I.6.1 Répartition géographique

Les copépodes sont présents dans presque tous les habitats d'eau douce des plus grands lacs anciens aux eaux souterraines, des bassins d'eau de fonte glaciaire aux sources chaudes, et des lacs hypersalins aux phytotelmes (Boxshall & Defaye, 2008).

Avec environ 13000 espèces connues, la plus grande diversité de copépodes se trouve dans le milieu marin (Fig. 5 & Tab. 1), mais environ 2814 espèces habitant les eaux douces (Boxshall & Defaye, 2008).

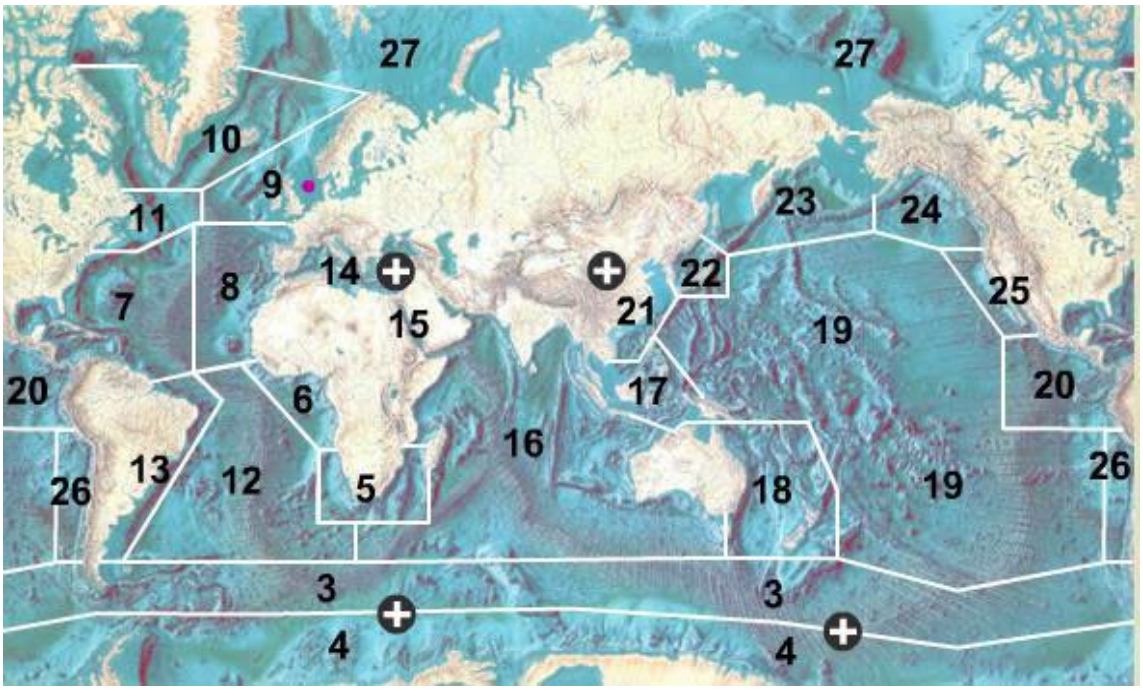


Figure 5. Répartition géographique des copépodes (Razouls et al, 2015-2022)

Tableau 1. Répartition de la biodiversité des espèces de Copépodes dans l'océan mondial

Codes	Zones	Nombre d'espèces	Codes	Zones	Nombre d'espèces
3	Subantarctique	286	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 Tropical-Central	549
7	Mer des Antilles	724	20	Pacifique Tropical-Est	518
8	Ile du Cap Vert	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.6.2 Ecologie des espèces

Certaines populations (*Calanus helgolandicus, Centropages typicus, C. hamatus*) sont tolérantes aux variations des conditions environnementales (température, salinité et nutriments) (Gaudy *&* Champalbert, 1998). Néanmoins, d'autres populations (*Calanus fenmanchicus*) sont très sensibles à ces variations (Beaugrand, 2005).

D'autres populations constituent de bons indicateurs hydrologiques. A proximité des côtes algériennes, la signalisation des espèces inféodées au courant atlantique est liée à la circulation de la masse d'eau atlantique (Hafferssas, 2010). Par ailleurs, La mention au sein de la couche superficielle des populations bathypélagiques, est expliquée par les mouvements dynamiques des masses d'eau à l'échelle verticale. On y cite surtout les mouvements de résurgences côtières (Boucher *et al,* 1987).

Selon la répartition horizontale, on peut distinguer des populations inféodées à la topographie néritique. Au sein de l'écosystème côtier des côtes algériennes, entre 1°E et 3°E, de telles espèces (*Acartia clausi, Euterpina acutifrons, Oithona nana* et *Temora stylifera)* sont dominantes (Hafferssas, 2010).

I.7 Rôle dans le réseau trophique pélagique

Les Copépodes jouent un rôle important dans l'équilibre écologique de la plupart des écosystèmes pélagiques (Fig. 6). Ils occupent une position clé dans le réseau trophique pélagique. Ces derniers ont une importance dans les chaînes alimentaires marines. Ils sont considérés comme des producteurs secondaires (Fig. 6) entre les producteurs primaires (phytoplancton) et les niveaux trophiques supérieurs (comme les larves de poissons et les poissons planctonivores) (Ruppert *et al.,* 2003 ; Hays *et al.,* 2005 ; Letessier *et al.,* 2012). Ils participent activement au recyclage du carbone dans l'océan (Mayzaud & Pakhomov, 2014).

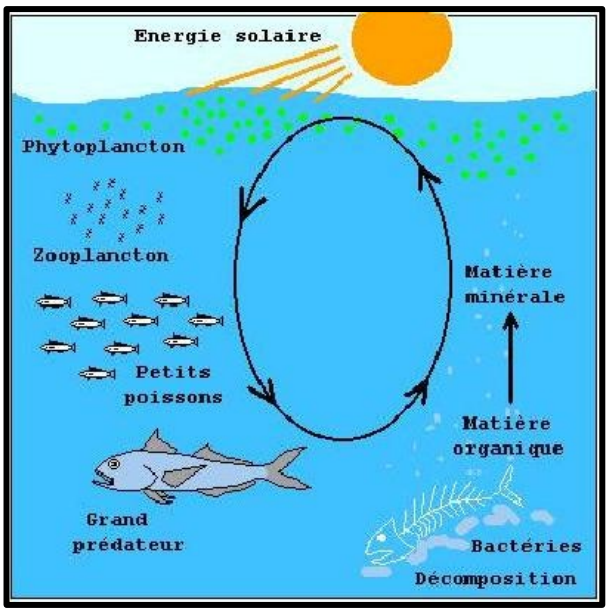


Figure 6. La chaîne trophique du milieu marin

Chapitre II
Mer d'Alboran caracteristiques hydrodynamiques & hydrologiques

II. 1. Masses d'eau

La mer d'Alboran, premier bassin de la méditerranée sud occidentale, héberge quatre couches qui se superposent (millot,1985) :

II.1.1. Eau atlantique modifiée (Modified Atlantic Water)

Elle s'étend de la surface jusqu'à une profondeur de 150 m voire 200 m. C'est une flaque d'eau froide (15°C à 24°C) et moins salé (36,30) (Millot, 1987).

II. 1. 2. Eau intermédiaire hivernale (Winter Intermediate Water)

En hiver, le refroidissement du MAW dans la partie occidentale de la Méditerranée est à l'origine de l'eau d'hiver intermédiaire (WIW). Il est caractérisé par des températures inférieures à 12,4 °C et une salinité d'environ 38,3. Ces eaux coulent sous le MAW (Millot, 1987).

II. 1. 3. Eau levantine intermédiaire (Levantine Intermediate Water)

Sa profondeur est comprise entre 150 m et 400 m. Elle est caractérisée par la température Varie entre 15°C et 16°C. La salinité a évolué de 38,95 à 39,05 (Perkins & Pistek.1990).

II.1.4. Eau méditerranéenne profonde (Western Mediterranean Deep Water)

Cette grande quantité d'eau est rencontrée à partir de 600 m de profondeur. Cette eau profonde (WMDW) se forme en hiver suite aux mélanges de la LIW et de la MAW (Perkins & Pistek, 1990). C'est une eau très froide (inférieure à 13° C) et très salée (38,4).

II. 2. Hydrodynamisme et conséquences hydrologiques

Comme notre présente contribution a concerné uniquement les peuplements issus de la couche épipélagique (0 et 100 mètres de profondeur), il est utile de présenter dans cette que la circulation de l'eau Atlantique modifiée la MAW.

Au niveau de la Méditerranée, l'évaporation intense qui excède les apports fluviaux et les précipitations, induit une baisse du niveau de la mer. Par conséquent, le déficit est compensé par l'entrée d'eau d'origine Atlantique (salinité inférieure à 36,5) à partir du détroit de Gibraltar.

L'eau Atlantique pénètre le bassin méditerranéen à partir du détroit de Gibraltar (Fig. 7). Les mécanismes de cette circulation sont liés à la différence de pressions atmosphériques qui existe entre l'océan atlantique et la mer méditerranéenne (Perkins & Pistek, 1990). L'eau Atlantique

peut s'étendre à des profondeurs supérieures à 200 mètres (Tintore *et al.,* 1988). Sa vitesse de circulation est estimée à 2.5 Sverdrup) (Le Vourch *et al.,* 1992).

En mer d'Alboron (1°W), il forme deux tourbillons anticycloniques (Fig. 7). Dans la mer d'Alboron, le MAW forme deux tourbillons anticycloniques (Gascard & Richez, 1985 ; Viudez *et al.,* 1996) : le tourbillon occidental (permanent) et le tourbillon oriental (occasionnel) (Fig. 7).

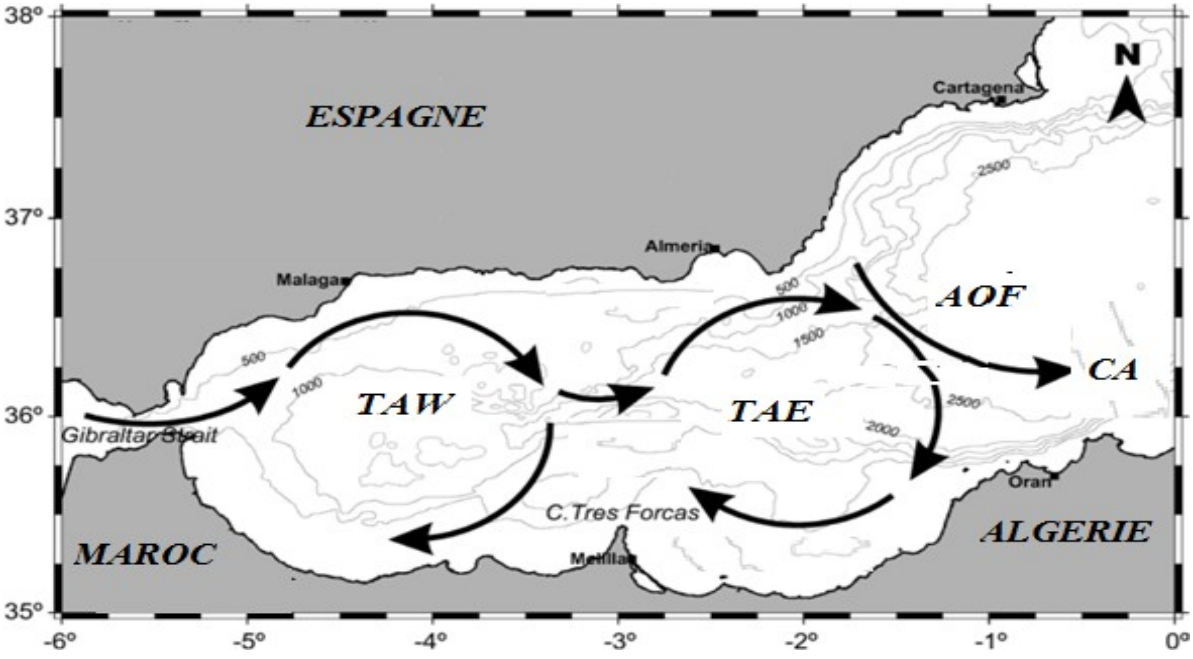


Figure 7. Circulation de l'eau atlantique au sein de la mer d'Alboran (Sanchez-Vidal et al., 2004)

TAW = Tourbillon anticyclonique Ouest, TAE= Tourbillon anticyclonique Est, AOF = Alméria – Oran Front, CA = Courant Algérien

L'eau Atlantique modifiée s'écoule en un jet puissant des côtes espagnoles (2°W) aux côtes algériennes (1°W). Celui-ci est à l'origine du front Almeria-Oran (AO front) (Arnone *et al.,* 1990) (Fig. 8). Il s'agit d'une zone très productive entre les eaux de surface d'origine atlantique et celles de la méditerranée occidentale (Prieur & Sournia, 1994 ; Allen *et al.,* 2001 ; Fielding *et al.,* 2001). La biomasse chlorophyllienne y est de l'ordre de 20 $mg.m^{-3}$ à une profondeur de 54 mètres (Gould & Wiesenberg, 1990). Dans les eaux méditerranéennes avoisinantes, la teneur de la chlorophylle a est de 0,5 $mg.m^{-3}$ (Prieur *et al.,* 1993).

Le front AO est une structure hydrologique composée d'un jet Atlantique, des tourbillons anticycloniques et des eaux méditerranéennes environnantes (Andersen *et al.,* 2004) (Fig. 8). Il

mesure plus de 200 km de long, environ 20 km de large et varie en épaisseur entre 150 m et 200 m (Prieur *et al*., 1993).

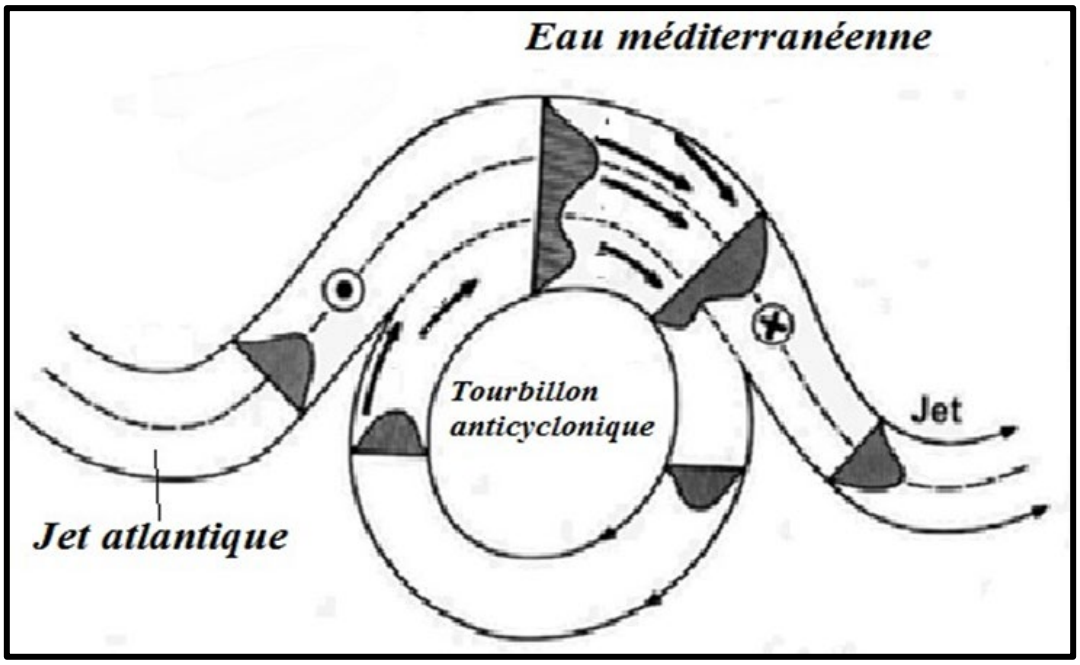


Figure 8. Structure du Front Alméria – Oran (Andersen et al. 2004)

L'AO front une zone de gradient thermique. Elle sépare les eaux chaudes Méditerranéennes des eaux froides Atlantiques (Fig. 9) (Le Vourch *et al.,* 1992). Sa localisation et son intensité est étroitement liée à l'activité de l'anticyclone de la partie orientale (Heburn & La Violette, 1990).

En outre, la distribution des nutriments diffère d'un site à un autre (Videau *et al.,* 1994; Prieur & Sournia, 1994) (Fig. 10). Le sommet de la nitracline est localisé:

- à 50 mètres au sein des eaux Atlantiques;

- entre 30 – 70 mètres au sein des eaux Méditerranéennes;

- entre 20 – 30 mètres au sein de la zone productive de type frontale (AO front)

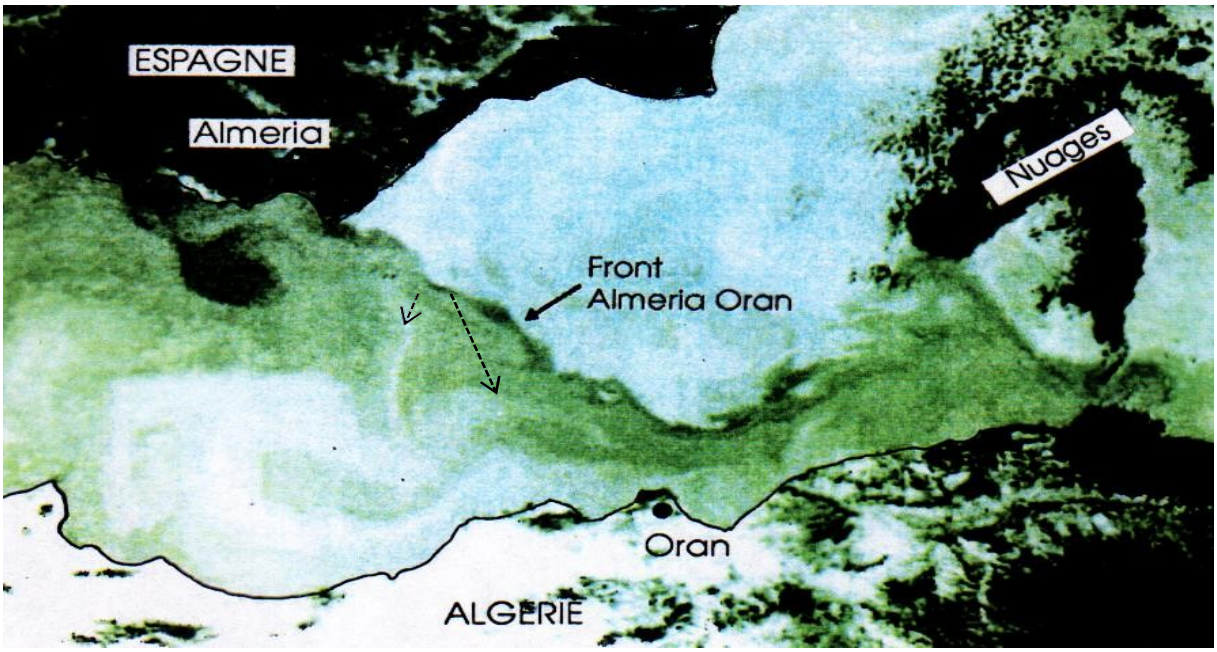


Figure 9. Localisation géographique du front Alméria– Oran (AO front) (Prieur & Sournia, 1994).

Image prise en Infrarouge : en sombre = zone chaude et en claire = zone froide

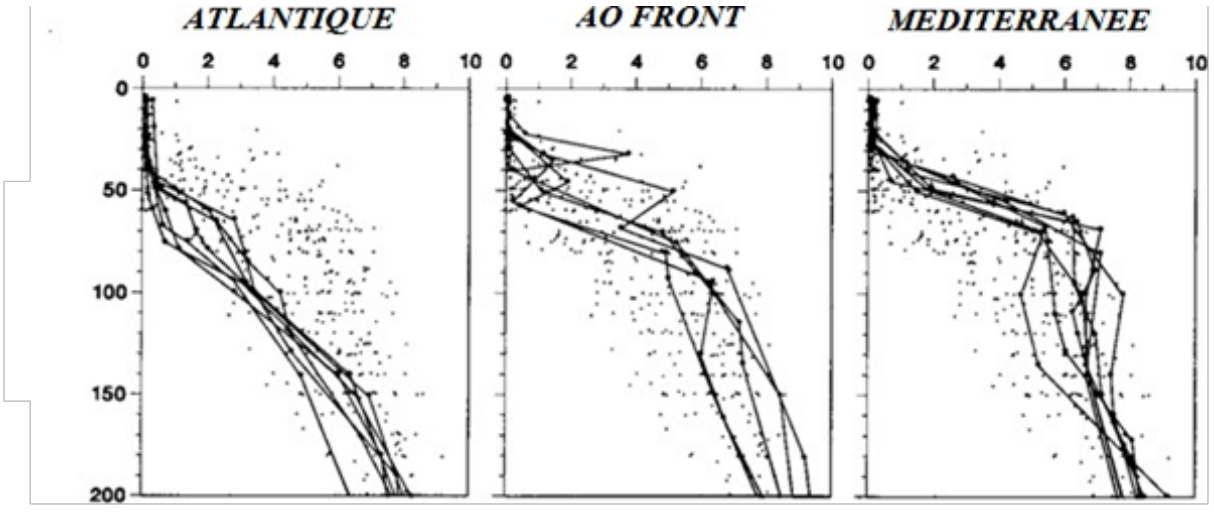


Figure 10. Variabilité du sommet de la nitracline (µg.l^{-1}) sur les sites hydrologiques identifiés au niveau de la mer d'Alboran (Atlantique, Méditerranéen et productif) (Prieur & Sournia, 1994)

Chapitre III
Matériel
&
Méthodes

III. 1. Présentation de la zone d'étude

L'aire marine protégée des îles Habibas se situent à environ 26 milles à l'ouest de la ville d'Oran (Algérie) (Fig. 11), au large du cap Figalo, à 17 km du port de Bouzedjar, et 10 km du point continental le plus proche situé à Madagh, à l'ouest du cap Sigale.

Situées à l'ouest du bassin Algérien, pas loin de la mer d'Alboran, les îles Habibas sont une partie d'une chaîne qui s'aligne sur un axe NW–SE de Ghazaouet à l'ouest et jusqu'au cap Falcon à l'est. Les îles Habibas font partie de l'alignement géologique sous-marin porté par l'axe Ile plane-Ile Habibas-banc de l'Alidade- banc des Câbliers).

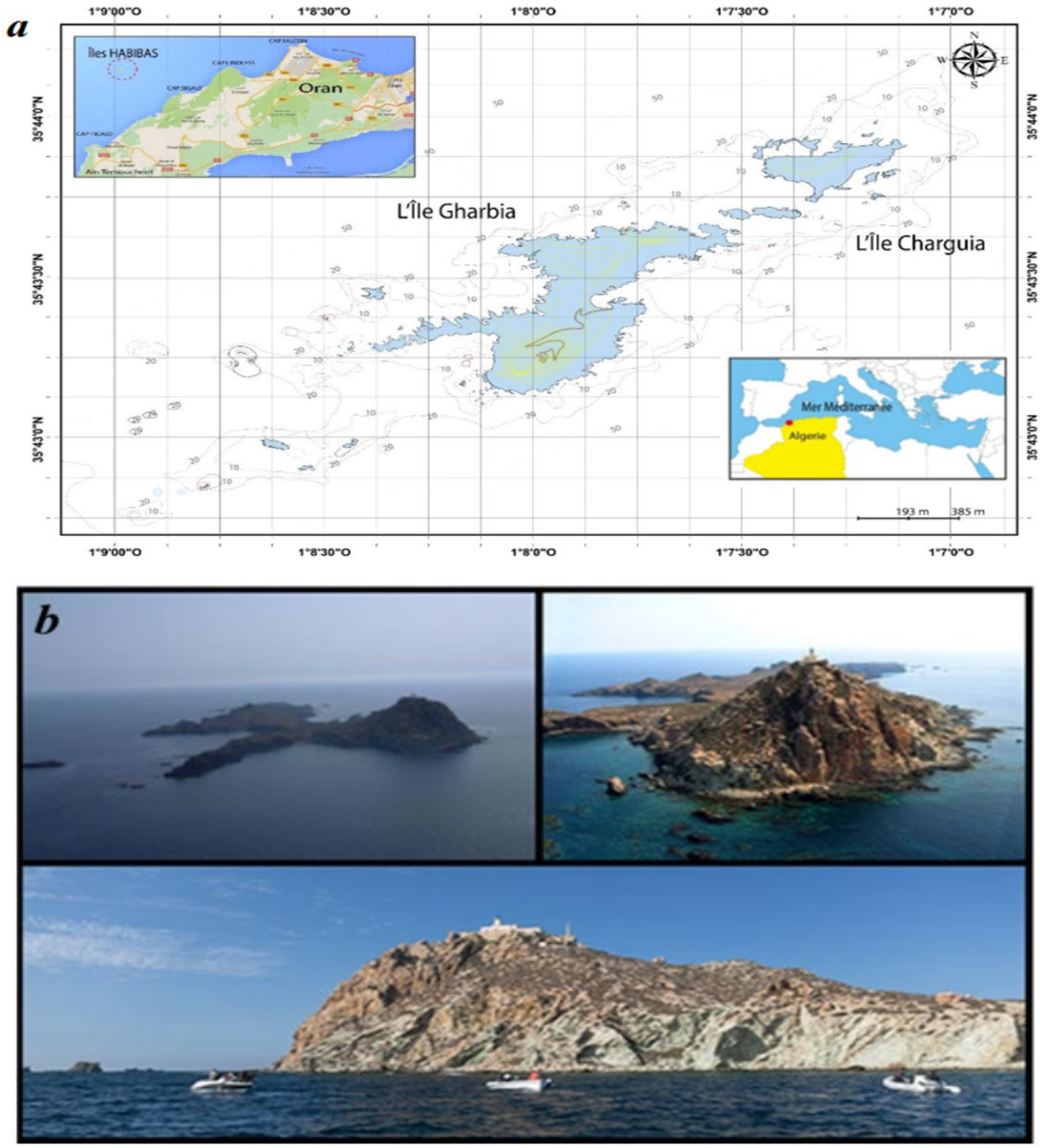


Figure 11. Aire marine protégée des îles Habibas

a = localisation géographique ; b = vue aérienne (Source: Association Barbarousse - Oran)

Les îles Habibas dépendent administrativement de la commune d'Aïn El Karma. Ces îles ont été classées en 2003 comme Réserve Naturelle Marine Protégée (Décret n°03.147 du 26 Moharrem 1424 correspondant 29 Mars 2003), et ont obtenues le prestigieux label ASPIM (Aire Spécialement protégée d'Importance Méditerranéenne) en 2005. La gestion des iles est assurée par le Commissariat National du Littoral (CNL).

L'archipel des Habibas est formé de deux îles principales, et de nombreux îlots et rochers. La plus petite des îles (septentrionale) à une forme arrondie et d'orientation nord-est. Elle s'étend sur une superficie de 10 hectares et atteint les 55 mètres d'altitude. Un chenal (El passo) la sépare de la grande île méridionale (Gharbia) qui a une orientation sud-ouest. Cette dernière a une superficie de 30 hectares et pouvant atteindre les 105 mètres d'altitude, elle est surplombée par un phare de 12 m de hauteur.

III. 2. Prélèvement du matériel biologique

L'échantillonnage du peuplement zooplanctonique a été réalisé au sein de la couche superficielle (0 – 100 mètres de profondeur) durant la saison printanière (Avril) de l'année 2019. Une radiale composée de trois stations (St. 1, St. 2 et St. 3) a été choisie à proximité des iles Habibas (Fig. 12).

Les coordonnées géographiques et les dates des prélèvements ont été portées sur le tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2. Coordonnées géographiques des stations d'échantillonnages

Station	*Longitude (°W)*	*Latitudes (°N)*	*Heure (GMT+1)*	*Date*
St. 1	1° 09' 00"	35° 35' 07"	12h50	12/04/2019
St. 2		35° 35' 41"	12h11	
St. 3		35° 37' 53"	11h57	

Le zooplancton a été échantillonné au sein de la couche épipélagique par des traits verticaux. Le filet utilisé est le Working Party 2 dont le tissu filtrant est en Nylon-Nytal de 200 µm de vide de maille et d'un diamètre d'ouverture de 57 cm (Tranter & Fraser, 1968) (Fig. 13). Les principales caractéristiques relatives à ce filet ont été portées sur la figure 13. Pour éviter un refoulement vers le haut, un lest de 20 Kg a été placé au-dessous de cet engin de pêche (Scor-Unesco, 1968).

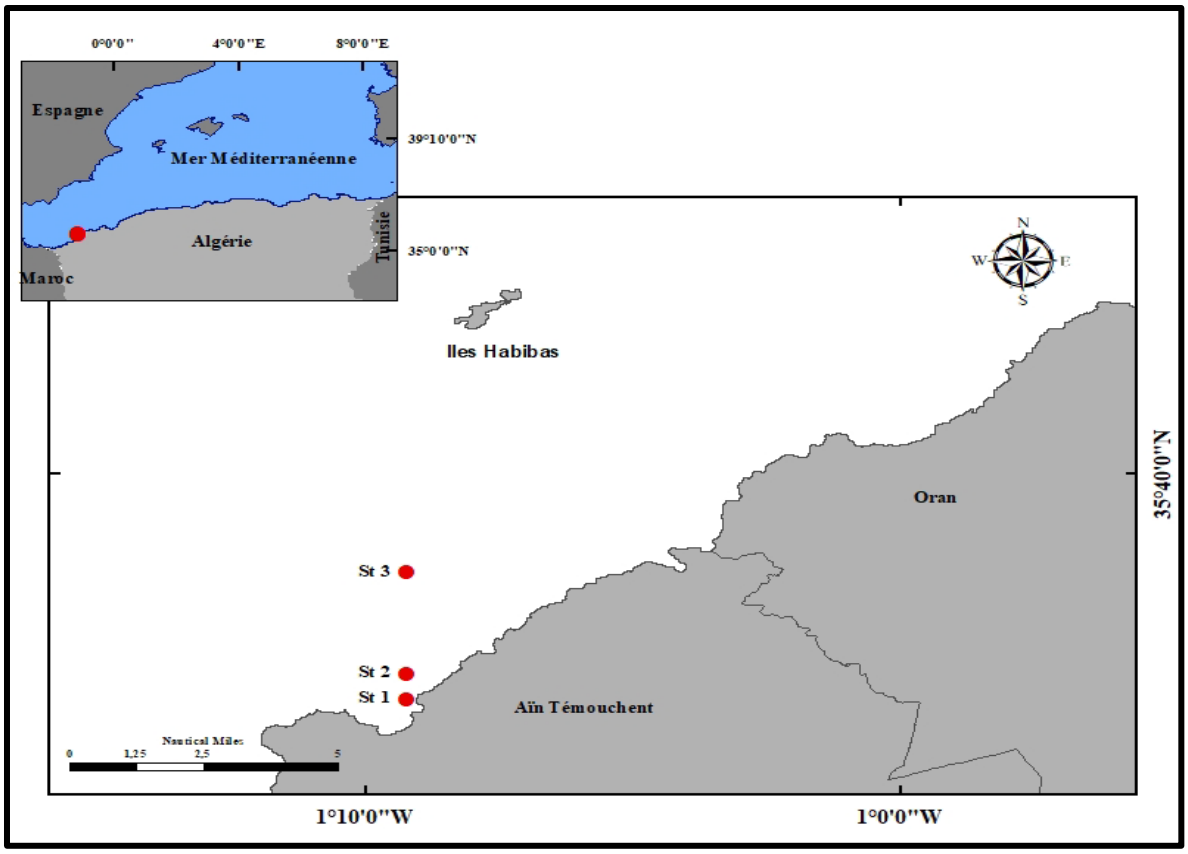


Figure 12. Localisation géographique des stations de prélèvements

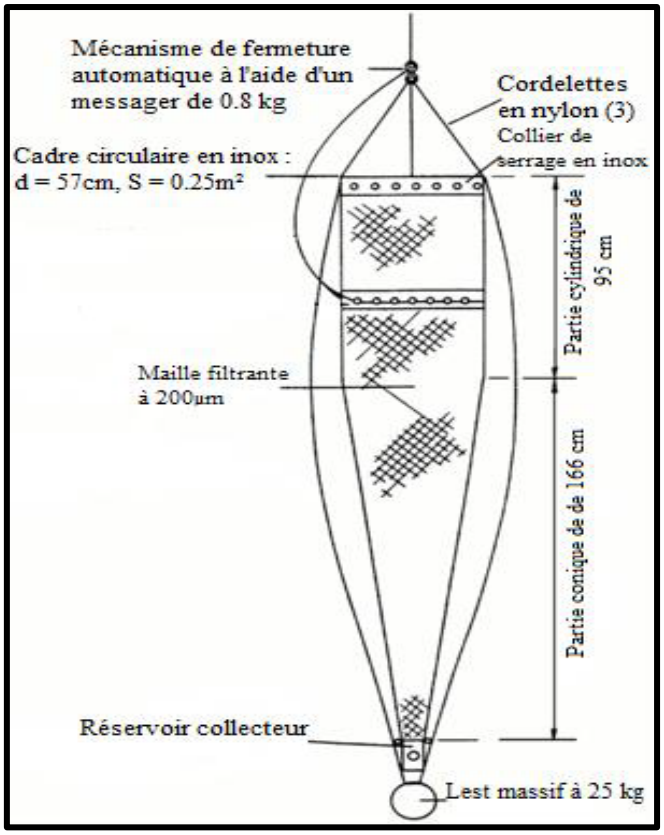


Figure 13. Filet WP2 (Tranter & Fraser, 1968)

Légende : d = diamètre ; S = surface

III. 3. Fixation des échantillons

Pour les études quantitatives et qualitatives, et après chaque trait, le plancton récolté a été placer dans une bouteille de 1 litre. Afin de conserver le zooplancton échantillonné, nous avons ajouté une solution de formol neutre à 4% (Scor Unesco, 1968).

III. 4. Identification et comptage des peuplements de copépodes

Au laboratoire, l'échantillon est divisé en deux parties théoriquement égales par une boîte Motoda (Motoda, 1959) (Fig. 14) :

- La première moitié est utilisée pour le traitement qualitatif et quantitatif (abondance) ;

- La seconde moitié est réservée à la mesure du poids (biomasse sèche de zooplancton).

Dans les récoltes, les Copépodes représentent la fraction dominante des peuplements zooplanctoniques. Ainsi, la première moitié de l'échantillon 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 et circulaire de surface S de 730,6 cm^2 (Fig. 14). Il a été homogénéisé avec soin. Après sa sédimentation, 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.

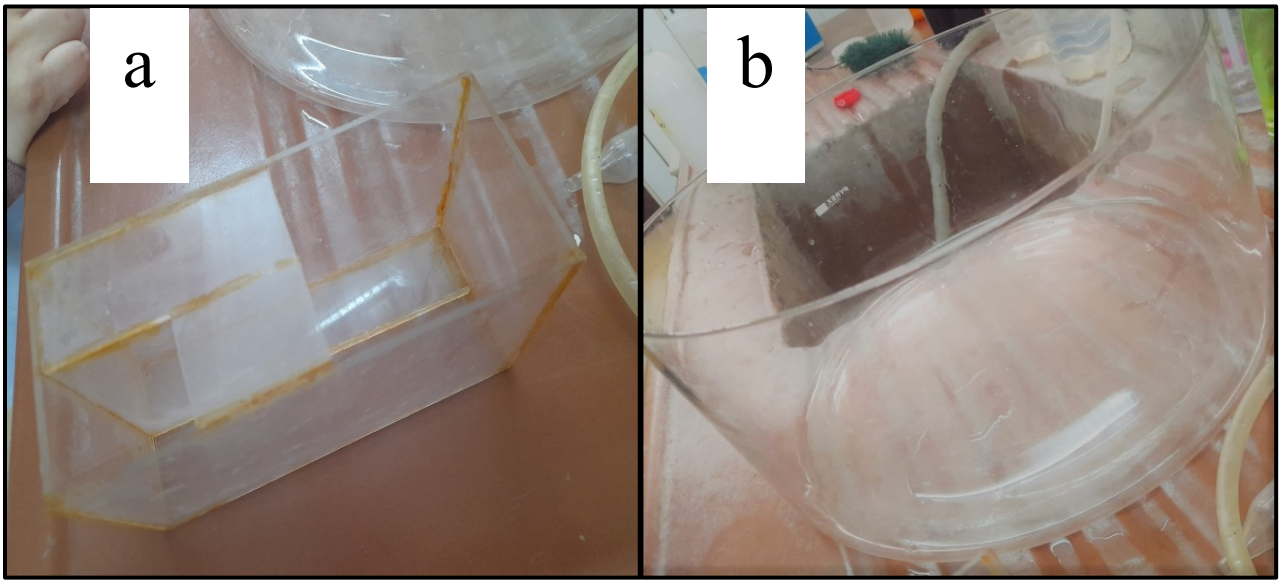


Figure 14. Image prise au laboratoire ; a = boite de motoda ; b = récipient à fond plat

L'opération est répétée cinq fois, afin d'obtenir cinq sous échantillons (Hafferssas, 1996). Chaque sous échantillon est versé dans une cuve de Dollfus. Apres la sédimentation, les espèces ont été identifiées sous une loupe binoculaire de type OPTIKA (Fig. 15), dont les plus délicates sous un microscope optique de type MOTIC (Fig. 15).

Les étapes d'identification des peuplements de copépodes sont les suivantes (Fig. 15):

1ére étape : préparation des échantillons

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

3éme étapes : 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 étapes : échantillon sous le microscope optique

6éme étapes : identification à l'aide d'un guide

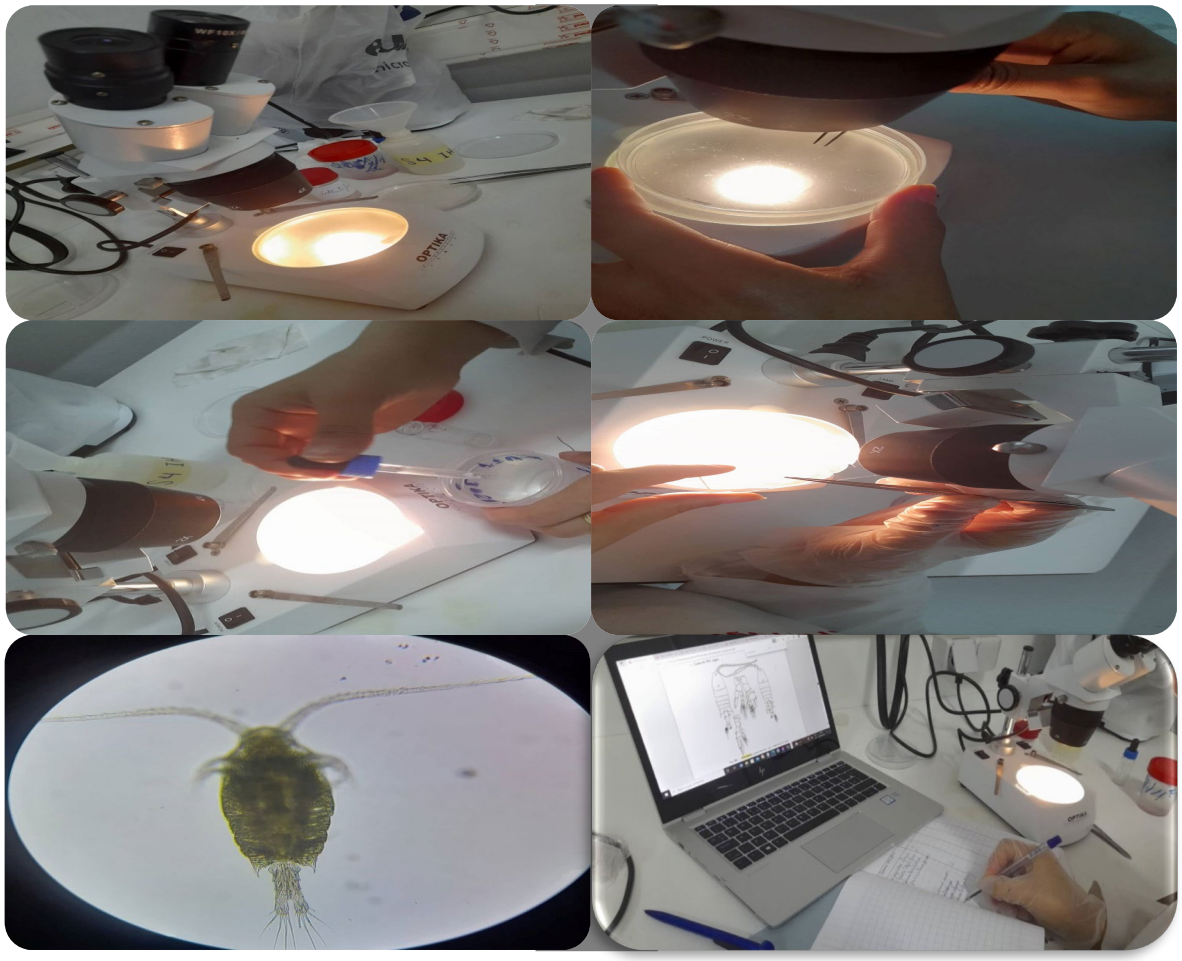


Figure 15. Etapes d'identification des peuplements de copépodes

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

$$N_t = \frac{N_{i \times \frac{S}{s}}}{N' + \frac{x}{200}}$$

Nt = Nombre total d'individus relatifs à l'espèce, N' = Nombre de sous surfaces comptées, Ni = Max d'individus dénombrés (si l'espèce est abondante cette valeur est égale à 50, x = nombre de cases de la dernière cuve où l'espèce est présente pour atteindre un effectif de 50.

Plusieurs ouvrages ont été utilisées pour l'identification des espèces: Rose (1933); Trégouboff & Rose (1957); Heron et *al.* (1984); Bone (1998); Mauchline (1998) et Boltovskoy (1999).

III. 5. Analyse qualitative

III. 5. 1. Biodiversité taxonomique

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

Par la suite, chaque espèce identifiée a été classée suivant son comportement trophique, sa stratégie d'alimentation et son affinité bathymétrique.

- Comportement trophique

Les populations identifiées ont été classées suivant trois comportement alimentaires (herbivores, carnivores et omnivores). Pour cela, divers travaux ont été consultées (Turner, 1984; Kouwenberg, 1994; Hafferssas et al., 2010 et Chaouadi, 2019).

- Stratégie d'alimentation

La classification des peuplements des Copépodes selon leurs stratégies d'alimentations (filtration, embuscade active, croisière et mixte), a été faite à partir des travaux de Kiørboe (2011) et de Benedetti et al. (2015).

- Affinité bathymétrique

La classification des espèces selon leurs affinités bathymétriques a été faite à partir des travaux de Kiørboe (2011) et de 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-mésopélagique 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.

III. 5. 2. Richesse spécifique

La richesse spécifique (S) d'une communauté est le nombre total des espèces dénombrées au sein de la station échantillonnée (Daget, 1976). Elle nous informe sur la composition taxonomique mais de manière moins précise sur la diversité spécifique de l'écosystème.

III. 6. Analyse quantitative

III. 6. 1. Abondance par unité de volume et abondance relative

Pour une espèce *i*, l'abondance (*A*) correspond au nombre d'individus exprimé par rapport à un volume d'eau filtré. En outre, si cet indice est exprimé par rapport à l'abondance totale (A_T), il s'agit d'une abondance relative (*AR*). Ce dernier correspond à un pourcentage (%) :

$$\boldsymbol{AR = \frac{A}{A_T} * 100}$$

III. 6. 2. Comparaison des abondances et affinités quantitatives

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 a 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 sur des données transformées en *Log (x+1)* en utilisant le logiciel XLSTAT.

III. 6. 3. 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).

III. 6. 3. 1. Dominance

L'indice de dominance relative (D) est défini comme la proportion que présentent les deux espèces les plus abondantes d'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.

III. 6. 3. 1. 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).

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

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.

III. 6. 3. 2. 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) :

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

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.

III. 6. 3. 3. 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. 16).

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.

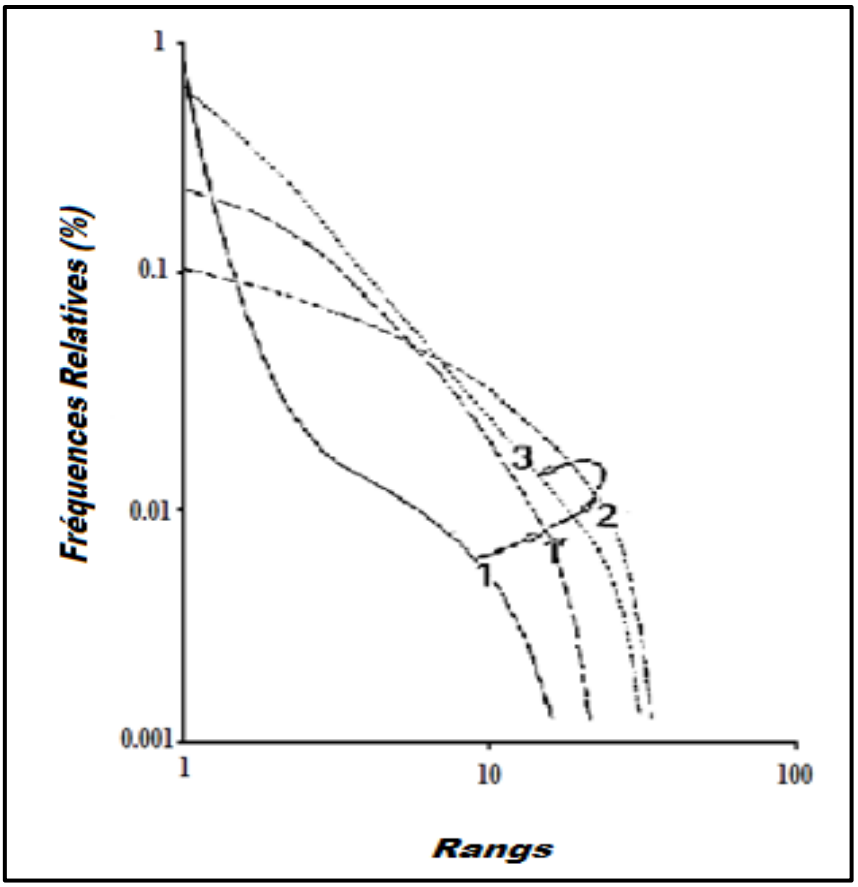


Figure 16. Représentation théorique des différents stades de succession écologique par les diagrammes rangs-fréquences dans une communauté de plancton (Frontier, 1985)

Chapitre IV
Résultats

IV. 1. Caractéristiques hydrologiques de la zone d'étude

Dans le but de décrire la situation hydrologique de la zone d'étude, les paramètres physiques tels que la température, la salinité, le PH et l'oxygène dissous ont été mesurés (Tab. 3).

Tableau 3. Paramètres abiotiques mesurés au niveau des stations de prélèvements

Station	*T (°C)*	*Salinité*	*PH*	*Oxygène dissous*
St. 1	17.42	34.90	8.22	28.80
St. 2	16.54	34.87	8.25	34.50
St. 3	16.16	34.97	8.24	37.10

IV. 1.1. Température

Au sein des iles Habibas, on remarque qu'un gradient décroissant cote-large s'établit. Les valeurs de la température varient entre 17.42 ºC au niveau de la station 1 et 16.16 ºC au niveau de la station 3 (Fig. 17).

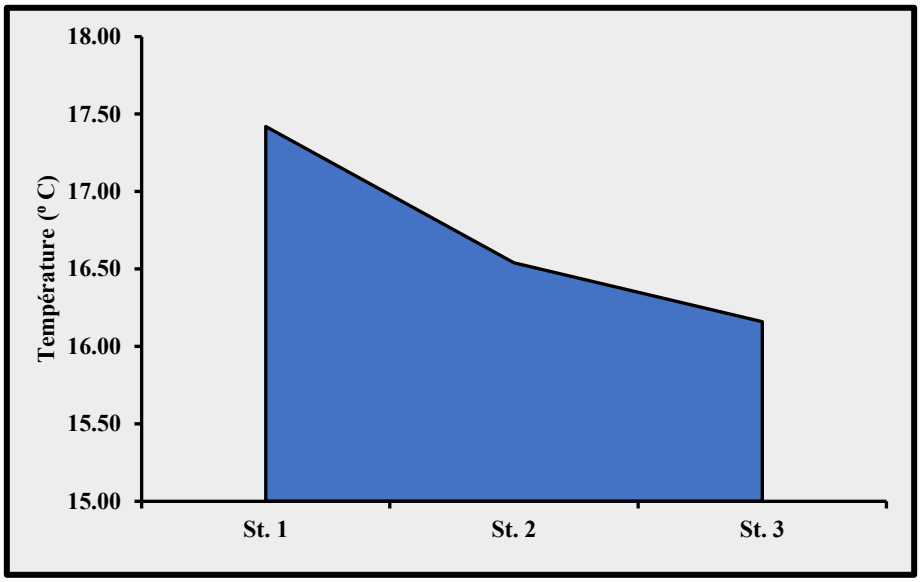


Figure 17. Variation de la température (T° C) au niveau des iles Habibas

IV. 1. 2. Salinité

Dans l'ensemble, les valeurs de la salinité sont presque identiques. La variabilité entre les trois stations est très faible. Le maximum a été mesuré au niveau de la station 3 (34.97), tandis que le minimum a été signalé au sein de la station 2 (34. 87) (Fig. 18).

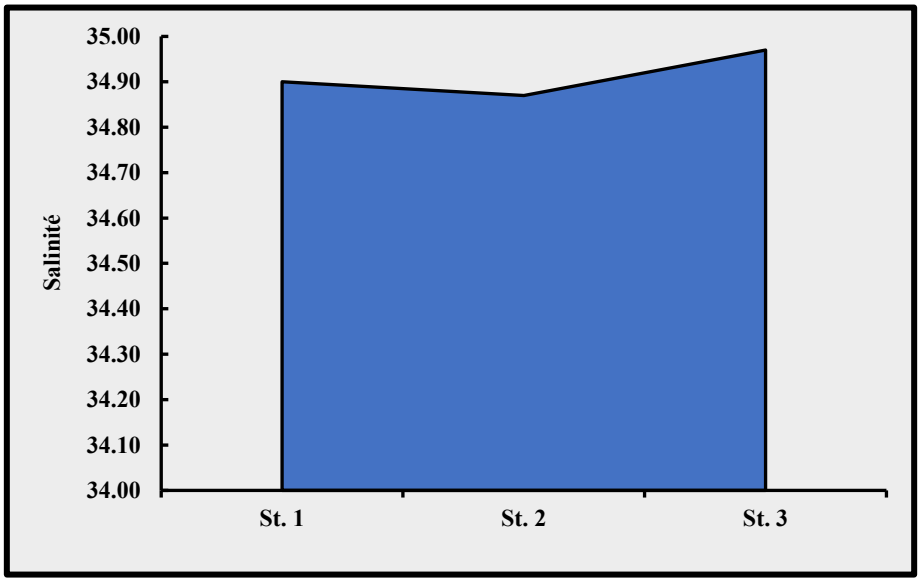


Figure 18. Variation de la salinité au niveau des iles Habibas

IV. 1. 3. PH

Les concentrations de PH sont très proches au sein des trois stations de prélèvements. La variation de PH est presque négligeable (elles sont de l'ordre de 8.2) (Fig. 19).

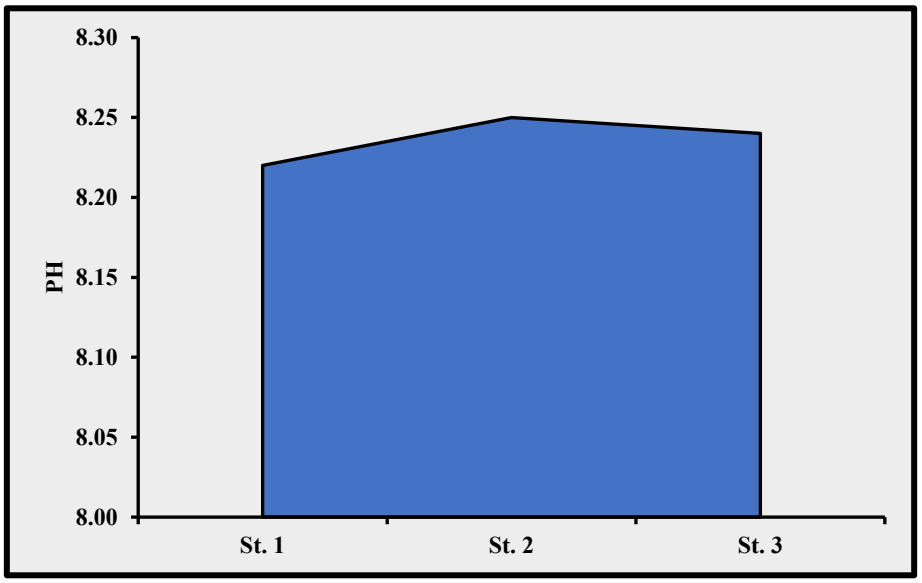


Figure 19. Variation de PH au sein des iles Habibas

IV. 1.4. Oxygène dissous

Contrairement à la température, les concentrations de l'oxygène dissous au niveau des iles Habibas montrent un gradient croissant cote-large (Fig. 20). La plus faible valeur a été enregistrée au niveau de la première station (28.80). La teneur en oxygène dissous augmente dans la station 2 (34.50), et elle atteint son maximum au niveau de la station 3 (37.10).

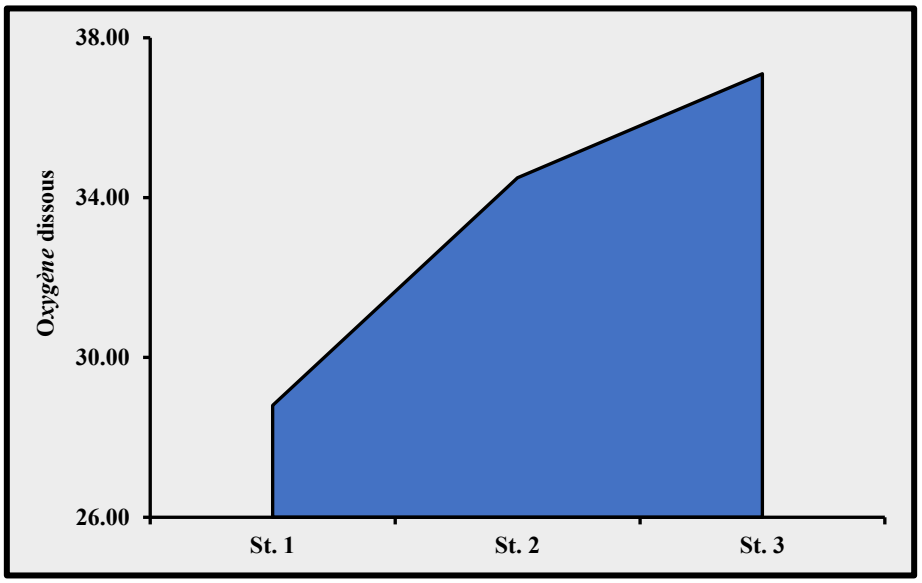


Figure 20. Variation de l'oxygène dissous au niveau des iles Habibas

IV. 2. Biodiversité zooplanctonique : compositions taxonomiques et fréquences d'occurrences

IV. 2. 1. Biodiversité taxonomique

Le tableau 4 présente la liste complète de l'ensemble des espèces de Copépodes prélevées au niveau de l'aire marine protégée des iles Habibas.

Au total 43 espèces ont été dénombrées, réparties sur 15 familles et 23 genres (Tab. 4). Cette biodiversité appartient à deux ordres (Calanoida et Cyclopoida). L'ordre des Calanoida est le plus représenté par 28 espèces suivi par celui des Cyclopoida qui regroupe 15 Copépodes seulement.

De point de vue qualitative, les familles les mieux représentées sont les Corycaeidae par sept espèces, les Calanidae par cinq espèces, les Acartidae et les Oncaeidae par quatre espèces chacune.

Tableau 4. Biodiversité taxonomique et fréquence d'occurrence (Fi) de la faune des Copépodes issue de la région des iles Habibas

Ordres	***Familles***	***Genres & Espèces***	***Fi (%)***
Calanoida	Acartidae	*Acartia (Acartiura) clausi* Giesbrecht, 1889	100
		Acartia (Acartiura) danae Giesbrecht, 1889	100
		Acartia tonsa DANA, 1848.	66.66
		Acartia longiremis Lilljeborg, 1853	33.33
	Calanidae	*Calanoides brevicornis* (Lubbock, 1856)	100
		Calanus helgolandicus CLAUS, 1863	100
		Mesocalanus tenuicornis (Dana, 1849)	33.33
		Nannocalanus minor (Claus, 1863)	100
		Neocalanus robustior (Giesbrecht, 1888)	100
	Paracalanidae	*Mecynocera clausi* Thompson I.C., 1888	66.66
		Paracalanus nanus Sars G. O., 1925	66.66
		Paracalanus parvus (Claus, 1863)	100
	Clausocalanidae	*Clausocalanus arcuicornis* (Dana, 1849)	100
		Clausocalanus furcatus (Brady, 1883)	100
		Clausocalanus pergens Farran, 1926	100
	Phaennidae	*Phaenna spinifera* Claus, 1863	33.33
	Eucalanidae	*Eucalanus elongatus* Dana, 1848	33.33
		Pareucalanus attenuatus Dana, 1849	33.33
	Subeucalanidae	*Subeucalanus monachus* (Giesbrecht, 1888)	33.33
		Subeucalanus crassus (Giesbrecht, 1888)	33.33
	Rhincalanidae	*Rhincalanus nasutus* Giesbrecht, 1888	100
	Candaciidae	*Candacia longimana* Claus, 1863	33.33
		Candacia varicans (Giesbrecht, 1893)	66.66
	Centropagedae	*Centropages chierchiae* Giesbrecht, 1889	33.33
		Centropages hamatus (Lilljeborg, 1853)	66.66
		Centropages typicus Krøyer, 1849	100
	Temoridae	*Temora longicornis* (Müller O. F., 1785)	100
		Temora stylifera (Dana, 1849)	100
Cyclopoida	Corycaeidae	*Ditrichocorycaeus* anglicus LUBBOCK, 1855	33.33
		Onychocorycaeus latus DANA, 1849	66.66
		Onychocorycaeus ovalis CLAUS, 1863	33.33
		Corycaeus typicus Krøyer, 1849	33.33
		Corycaeus clausi Dahl F., 1894	66.66
		Corycaeus speciosus DANA, 1849	66.66
		Farranula rostrata CLAUS, 1863	33.33
	Oithonidae	*Oithona helgolandica* CLAUS, 1863	100
		Oithona plumifera Baird, 1843	66.66
		Oithona nana Giesbrecht, 1893	66.66
	Oncaeidae	*Oncaea mediterranea* (Claus, 1863)	66.66
		Oncaea media Giesbrecht, 1891	66.66
		Oncaea venusta Philippi, 1843	33.33
		Triconia conifera (Giesbrecht, 1891)	33.33
	Sapphirinidae	*Sapphirina nigromaculata* Claus, 1863	66.66

IV. 2. 2. Fréquences d'occurrences

La classification de la faune recensée, en fonction des fréquences d'occurrences, fait ressortir trois groupes de populations (Tab. 4):

- Les espèces fréquentes, dont la fréquence d'occurrence (*Fi*) est supérieure à 75 %. Il s'agit de 14 Calanoides (*Acartia clausi*, *A. danae*, *Calanoides brevicornis*, *Calanus helgolandicus*, *Neocalanus robustior*, *Paracalanus parvus*, *Clausocalanus arcuicornis*, *C. furcatus*, *C. pergens*, *Rhincalanus nasutus*, *Agetus typicus*, *Temora longicornis* et *T. stylifera*) et 1 Cyclopoide (*Oithona similis*).
- Vingt-huit espèces communes dont leurs fréquences varient entre 75 % et 25 %. 14 Calanoides (*Acartia tonsa*, *A. longiremis*, *Candacia longimana*, *C. varicans, Centropages chierchiae, C. hamatus, Eucalanus elongatus*, *Mesocalanus tenuicornis*, *Mecynocera clausi*, *Phaenna spinifera*, *Paracalanus nanus*, *Pareucalanus attenuatus*, *Subeucalanus monachus* et *S. crassus*) et 14 Cyclopides (*Corycaeus typicus*, *C. clausi, C. speciosus*, *Ditrichocorycaeus anglicus*, *Farramula rostrata*, *Onychocorycaeus lalus*, *O. ovalis*, *Oithona plumifera*, *O. nana*, *Oncaea mediterranea*, *O. media*, *O. venusta*, *Triconia conifera* et *Sapphirina nigromaculata*).

IV. 3. Richesse Spécifique

La richesse spécifique de la faune issue des îles Habibas varie d'une station à une autre. 28 espèces ont été identifiées au sein de la première station. Cette richesse diminue au niveau de la station 2 (26 espèces), puis elle atteint son maximum au niveau de la troisième station (32 taxons) (Fig. 21).

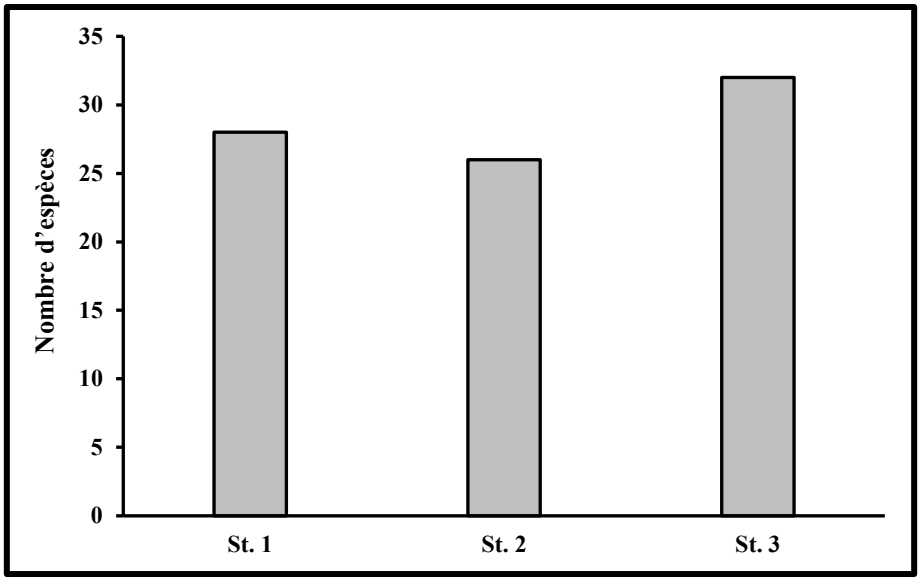


Figure 21. Variation de la richesse spécifique au niveau des îles Habibas

IV. 4. Composition des groupes trophiques, stratégies d'alimentations et affinités bathymétriques

La faune de Copépodes prélevée au niveau des iles habibas appartient à différents groupes fonctionnels.

Elle est caractérisée par une organisation trophique comportant trois composantes: phytophages (herbivores); carnivores et omnivores. Dans ce cas, 43 espèces ont été incluses dans ces catégories trophiques.

Concernant la stratégie d'alimentation, on a identifié des populations appartenant aux différentes stratégies : filtration, embuscade active, croisière et l'alimentation mixte.

De point de vue affinité bathymétrique, notre prélèvement a révélé l'existence des espèces a caractère épipélagique, épi-mésopélagique et épi-bathypélagique.

Le Tableau ci-après (Tab. 5) illustre la répartition des espèces selon les trois groupes fonctionnels définis ci-dessus.

Tableau 5. Répartition des espèces de Copépodes selon les groupes fonctionnels

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

Genre & Espèce	*GT*	*SA*	*AB*
Acartia clausi	*O*	*M*	*E*
Acartia danae	*O*	*M*	*E*
Acartia tonsa	*O*	*F*	*E*
Acartia longiremis	*O*	*M*	*E*
Calanoides brevicornis	*H*	*F*	*E-B*
Calanus helgolandicus	*H*	*F*	*E-M*
Candacia longimana	*C*	*NA*	*E-M*
Candacia varicans	*C*	*NA*	*E-M*
Centropages chierchiae	*O*	*M*	*E*
Centropages hamatus	*O*	*M*	*E*
Agetus typicus	*O*	*M*	*E*
Clausocalanus arcuicornis	*H*	*Cr*	*E*
Clausocalanus furcatus	*H*	*Cr*	*E*
Clausocalanus pergens	*H*	*Cr*	*E*
Ditrichocorycaeus anglicus	*C*	*Em-Ac*	*E*
Corycaeus clausi	*C*	*Em-Ac*	*E-M*
Corycaeus speciosus	*C*	*Em-Ac*	*E-M*
Corycaeus typicus	*C*	*Em-Ac*	*E-M*
Onychocorycaeus ovalis	*C*	*Em-Ac*	*E*
Onychocorycaeus latus	*C*	*Em-Ac*	*E*
Farranula rostrata	*C*	*Em-Ac*	*NA*
Eucalans elongatus	*O*	*F*	*E-M*
Mecynocera clausi	*H*	*F*	*E*
Mesocalanus tenuicornis	*H*	*F*	*E-B*
Nannocalanus minor	*H*	*F*	*E*
Neocalanus robustior	*H*	*F*	*E-M*
Oithona nana	*H*	*F*	*E-M*
Oithona plumifera	*O*	*Em-Ac*	*E*
Oithona similis	*O*	*Em-Ac*	*E-M*
Oncaea mediterranea	*O*	*Cr*	*E-M*
Oncaea media	O	Cr	E-M
Oncaea venusta	*O*	*Cr*	*E-M*
Paracalanus nanus	*H*	*F*	*E*
Paracalanus parvus	*H*	*F*	*E*
Pareucalanus attenuatus	*H*	*F*	*E-M*
Phaenna spinifera	*C*	*NA*	*E-M*
Rhincalanus nasutus	*O*	*F*	*E-B*
Sapphirina nigromaculata	*C*	*Cr*	*E*
Subeucalanus crassus	H	F	E-M
Subeucalanus monachus	*H*	*F*	*M-B*
Temora longicornis	*O*	*F*	*E*
Temora stylifera	*O*	*F*	*E*
Triconia conifera	*O*	*NA*	*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

IV. 4. 1. Comportement trophique

Sur l'ensemble des stations échantillonnées, le groupe trophique dominant est celui des omnivores par 17 espèces, ce qui représente 40% de la faune prélevée (Fig. 22). Ce dernier est suivi par le comportement herbivore qui représente 36 % de la copépodofaune (15 espèces). Enfin, on a le comportement carnivore qui est le moins représenté avec seulement 10 espèces (24 % de la faune identifiée).

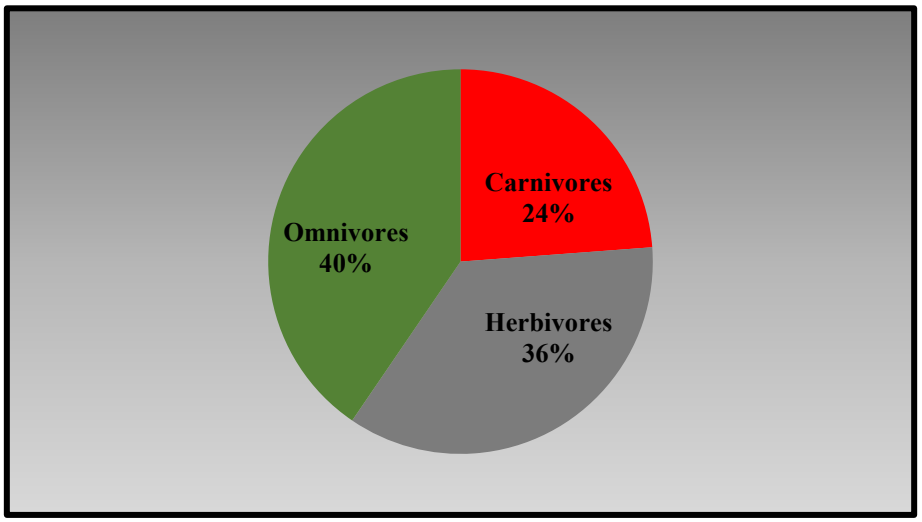


Figure 22. Répartition des groupes trophiques au niveau des îles Habibas

L'étude qualitative des groupes trophiques par station a montré une codominance des comportements herbivores et omnivores au niveau des trois stations de prélèvement (entre 10 et 13 espèces par station). Le nombre des espèces carnivores ne dépasse pas 7 espèces par station ; 7 espèces dans les stations 1 et 3 et 1 seule espèce dans la station 2 (Fig. 23).

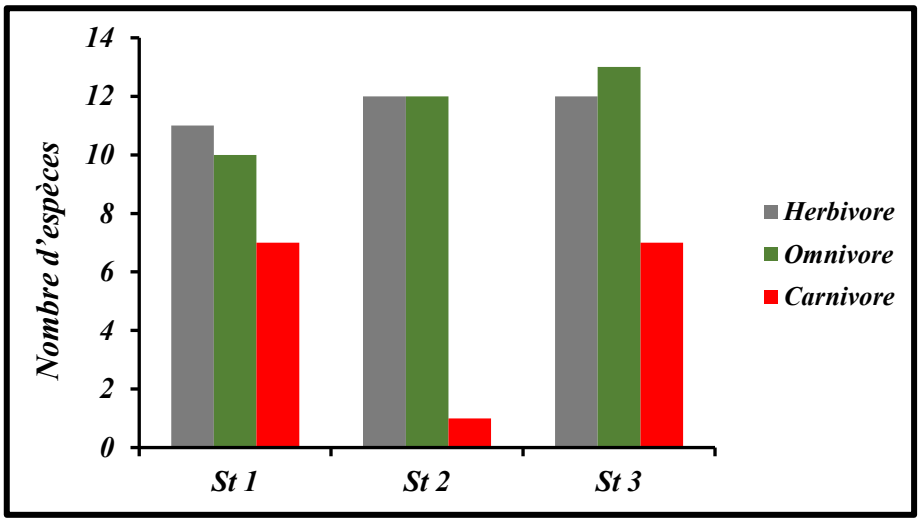


Figure 23. Répartition par station des groupes trophiques

IV. 4. 2. Stratégies d'alimentations :

L'analyse qualitative de peuplements de Copépodes selon leurs stratégies d'alimentation a montré que notre faune est dominée par les filtreurs. Cette stratégie est reliée à 17 espèces, ce qui représente 44 % des espèces identifiées (Fig. 24).

Le nombre des espèces dont l'alimentation est de type embuscade active est moindre. 9 espèces appartenant à ce groupe ont été identifiées, ce qui représente 21% du total (Fig. 24).

Les espèces à alimentation par croisière sont en nombre de 7 espèces, cela représente 18 % de la copépodofaune prélevée (Fig. 24).

Enfin, le groupe le moins représenté, c'est le groupe des espèces a alimentation mixte qui regroupe 6 espèces seulement (15 % du total) (Fig. 24).

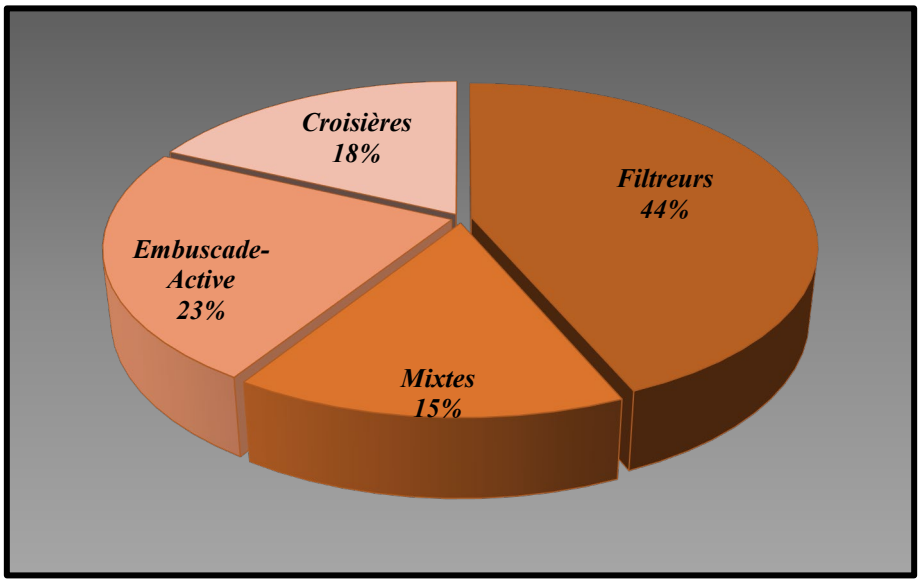


Figure 24. Répartition des espèces selon leurs stratégies d'alimentation

La répartition par station des espèces selon le mode d'alimentation a montré la dominance des populations phytophages (filtreurs) sur l'ensemble des stations (Fig. 25), on a identifié entre 11 espèces (St. 1) et 13 espèces (St. 2 et 3).

Le groupe des espèces qui ont une alimentation de type embuscade active occupe la deuxième position au sein de la première station par 8 espèces. Au niveau de la station 2 et la station 3, c'est les peuplements à alimentation par croisière qui succède aux embuscades actives par 6 espèces dans chacune des stations.

L'apparition des populations a alimentation mixte est faible dans toute les stations de prélèvement.

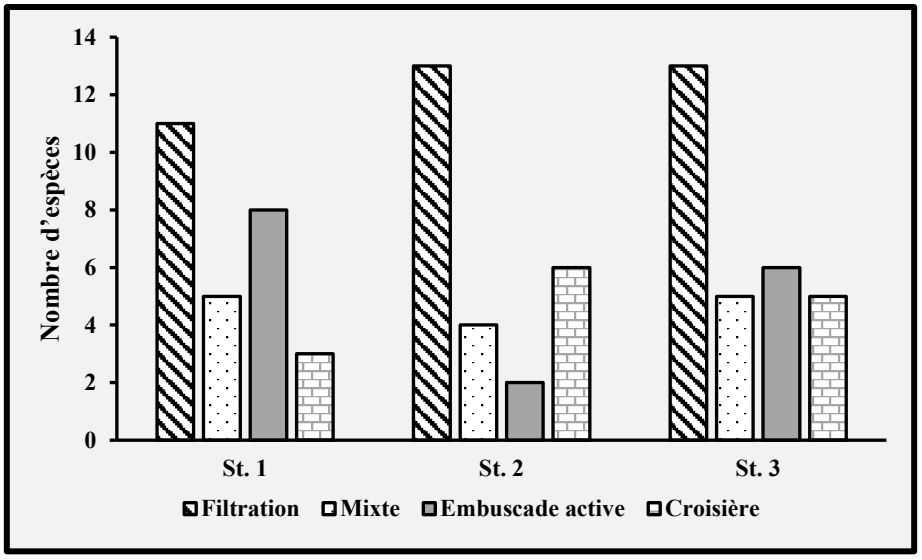


Figure 25. Répartition par station selon la stratégie d'alimentation

IV. 4. 3. Affinités bathymétriques

Dans l'ensemble, les populations aux affinités épipélagiques et épi-mésopélagiques sont nettement dominantes. Elles représentent 51% (21 espèces) et 37% (15 espèces) du total, respectivement (Fig. 26).

La récolte de la composante épi-bathypélagique et méso-bathypélagique est beaucoup moins importante. On a identifié 4 espèces (10%) épi-bathypélagique et une seule espèce (2%) méso-bathypélagique seulement (Fig. 26).

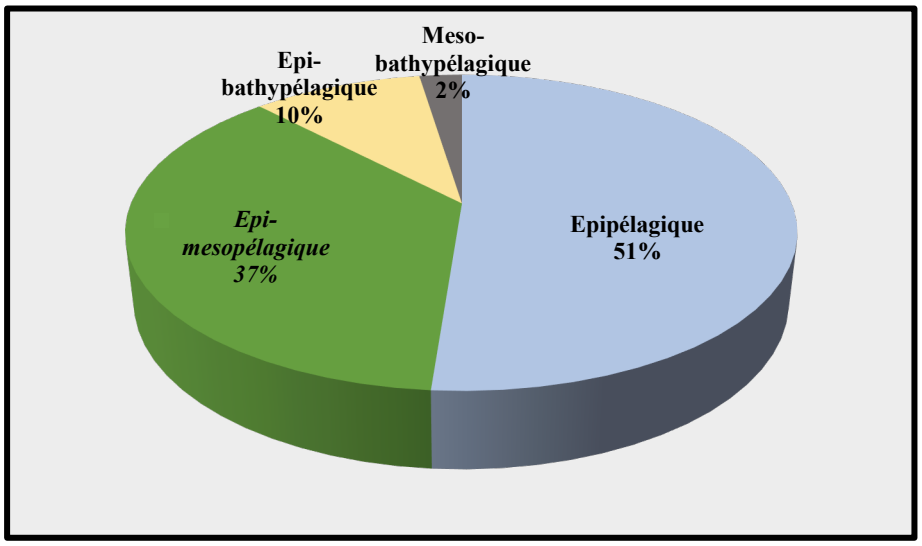


Figure 26. Répartition des espèces selon leurs affinités bathymétriques

L'analyse qualitative des affinités bathymétriques par station a montré également une dominance des populations épipélagiques au sein des stations 1, 2 et 3 par 15 espèces (53.57%), 10 espèces (54.16%) et 14 espèces (46.66%), respectivement (Fig. 27).

Ce dernier est suivi par celui des populations épi-mésopélagiques, sa répartition varie entre 10 et 12 espèces par station : St. 1 (10 espèces ; 35.71%), St. 2 (8 espèces ; 33.33%) et St. 3(12 espèces ; 40%) (Fig. 27).

Les espèces à affinité épi-bathypélagique sont représentées par 3 espèces au niveau de la station 1 (10.71%) et la station 3 (10%) et par 2 espèces (8.33%) au sein de la station 3.

Le comportement méso-bathypélagique est absent des récoltes issues de la première station. Il est représenté par 1 seule espèce au niveau de la station 2 (4.16%) et la station 3 (3.33%).

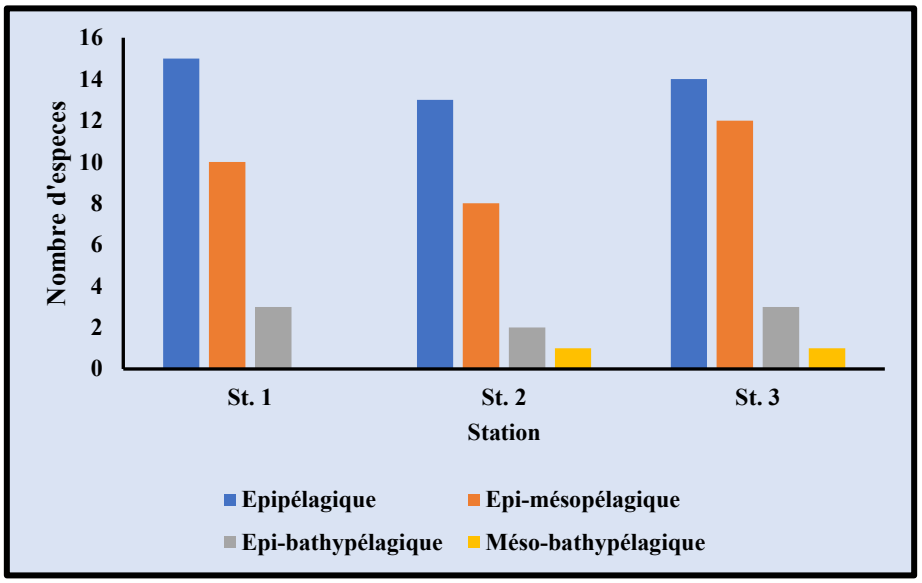


Figure 27. Répartition par station des affinités bathymétriques

IV. 5. Etude quantitative des peuplements de Copépodes

IV. 5. 1. Abondances Totales :

Au sein des iles Habibas, l'abondance totale est de 178,03 ± 70,68 ind.m^{-3}. Un gradient croissant a été observé (Fig. 28). L'abondance maximale (258.72 ind.m^{-3}) a été récoltée au niveau de la station 3, tandis que le minimum a été enregistrée au sein de la station 2 (127.02 ind.m^{-3}).

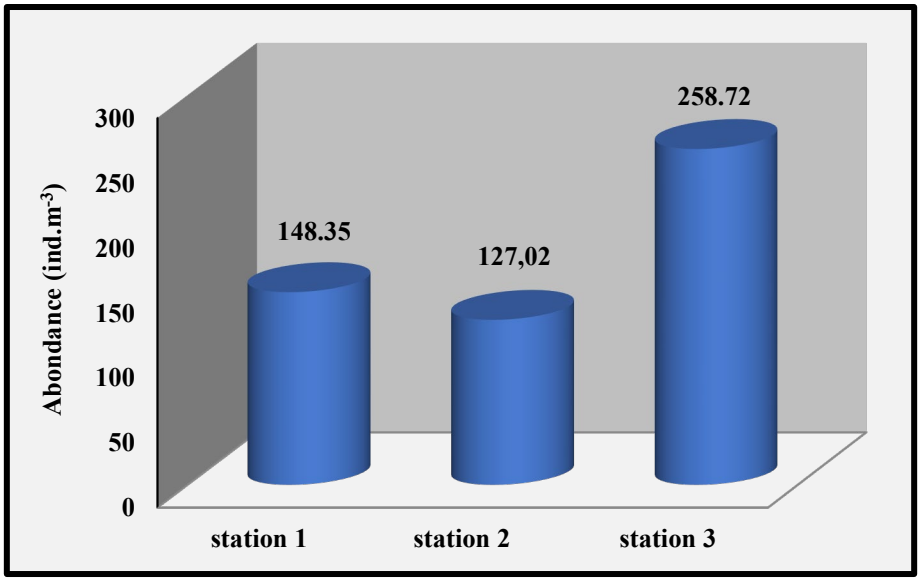


Figure 28. Variation des abondances totales au niveau des iles Habibas

IV. 5. 2. Etude quantitative du comportement trophique

Sur l'ensemble des stations d'échantillonnage, on note la dominance des populations à comportement herbivore. Leur abondance est de 267.40 ind.m^{-3}, ce qui représente 50.06 % de la faune prélevée (Fig. 29).

Ensuite, le comportement omnivore est légèrement dominant 213.24 ind.m^{-3}, il représente 40.36% du récolte. Enfin, le comportement carnivore qui affiche une valeur numérique de 50.88 ind.m^{-3} (9.63%).

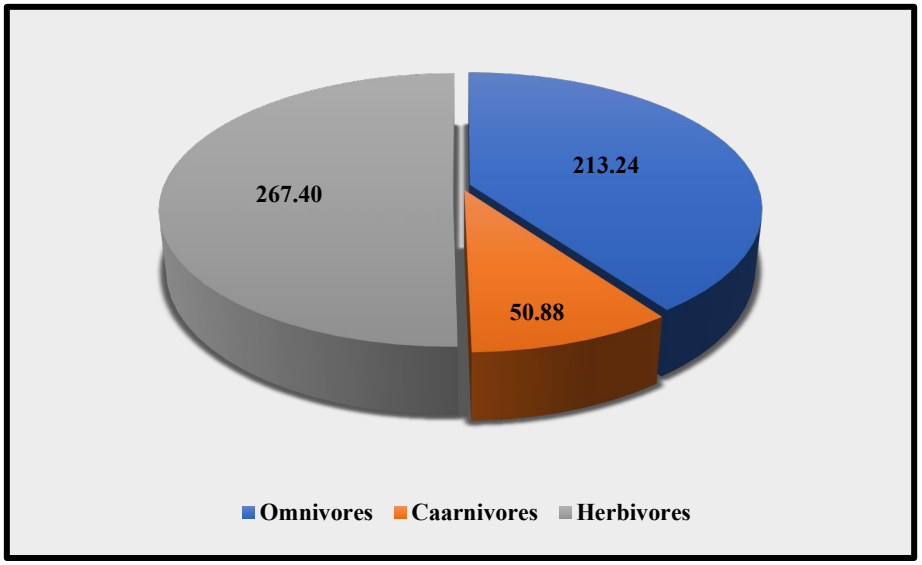


Figure 29. Répartition des abondances par groupe trophique

L'étude de la variabilité des abondances selon le groupe trophique a mis en évidence la dominance des filtreurs au niveau de toutes les stations d'échantillonnage. Ce groupe d'espèces représente 54.52% (80.88 ind.m^{-3}), 50.59% (62.97 ind.m^{-3}) et 47.75% (123.54 ind.m^{-3}), de la faune prélevée au niveau des stations 1, 2 et 3, respectivement (Fig. 30).

En deuxième ordre d'importance, le comportement omnivore enregistre des valeurs numériques qui varient entre 45.06 ind.m^{-3} (30.37%) au sein de la station 1 et 109.25 ind.m^{-3} (42.23%) au niveau de la station 3 (Fig. 30).

Le comportement carnivore est le moins abondant dans l'ensemble des stations, il affiche des valeurs qui ne dépassent pas 26 ind.m^{-3}. Ses abondances varient entre 2.56 ind.m^{-3} (2.06% ; St. 2) et 25.91 ind.m^{-3} (10.01% ; St. 3) (Fig. 30).

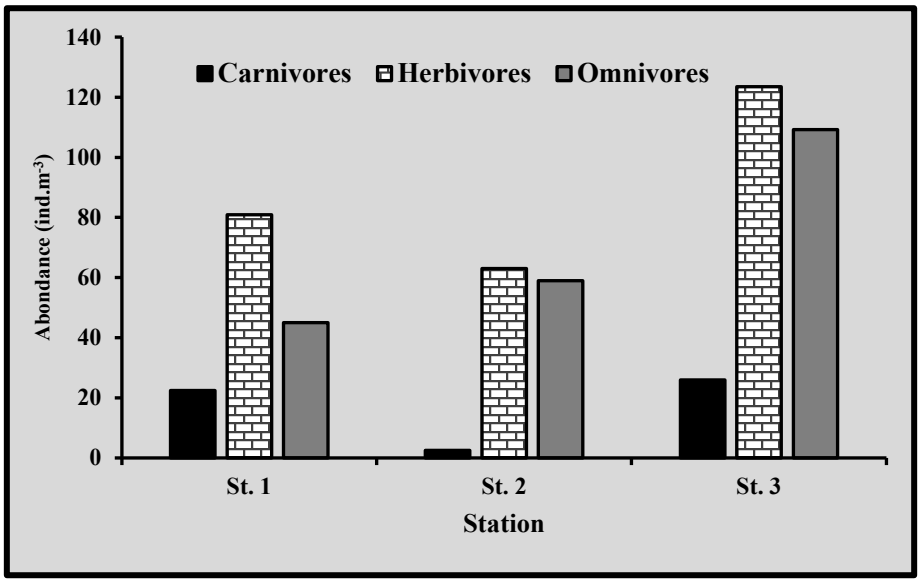


Figure 30. Variation des abondances selon le groupe trophique

IV. 5. 3. Etude quantitative de la stratégie d'alimentation

L'étude quantitative, de la copépodofaune issue des iles Habibas, selon la stratégie d'alimentation montre une prépondérance de l'alimentation par filtration (Fig. 31). Cette dernière représente 58.62% (305,18 ind.m^{-3}) de la faune prélevée.

En deuxième rang d'importance, on a une codominance des stratégies croisière et mixte. Elles représentent 15.20% (79.14 ind.m^{-3}) et 14.81% (77.13 ind.m^{-3}) du total prélevé, successivement.

Enfin, les espèces dont la stratégie est l'embuscade active illustrent une abondance totale de 59.16 ind.m^{-3} (11.36%) (Fig. 31).

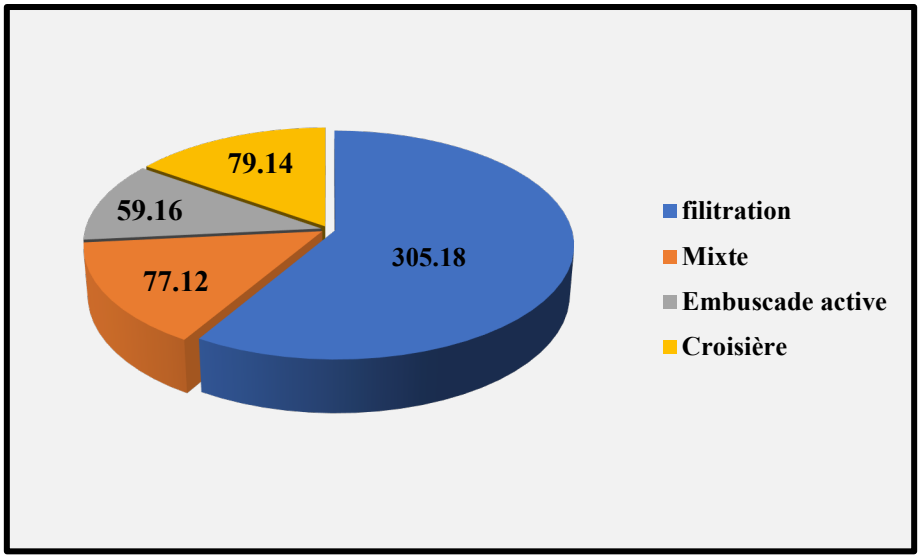


Figure 31. Répartition des abondances par stratégie d'alimentation

Les espèces qui s'alimentent par filtration dominantes dans les trois stations. Cette stratégie est au premier rang d'importance, ses valeurs numériques varient entre 72,56 ind.m^{-3} (St. 1) et 157,40 ind.m^{-3} (St. 3). Les densités des populations dont la stratégie est de type croisière et mixte ne dépassent pas 34 ind.m^{-3} par station (Fig. 32).

L'alimentation par embuscade active est nettement moins représentée, son abondance maximale est de 28,51 ind.m^{-3} (St. 1) (Fig. 32).

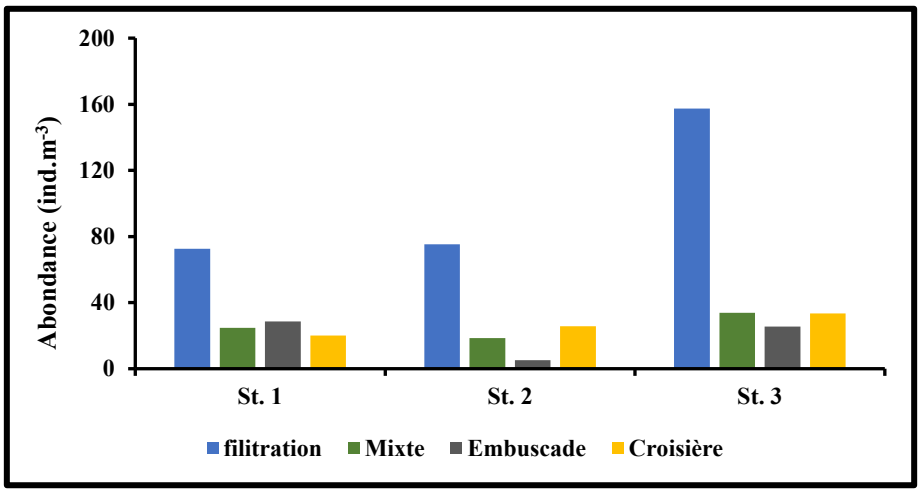


Figure 32. Variation des abondances selon la stratégie d'alimentation

IV. 5. 4. Affinité bathymétrique

Sur l'ensemble des stations, Les populations aux affinités épipélagiques et épi-mésopélagiques sont nettement dominantes. Leurs abondances sont de 283.98 ind.m^{-3} (épipélagiques) et 184.33 ind.m^{-3} (épi-mésopélagiques), ce qui représente entre 43% et 48% de la faune prélevée, successivement (Fig. 33).

Le groupe des populations a affinité épi-bathypélagique est mieux représenté (50.26 ind.m^{-3}) de point de vue quantitative que celui des espèces a affinité méso-bathypélagique (8.07 ind.m^{-3}). Ce dernier représente moins de 1.50% du zooplancton prélevé (Fig. 33)

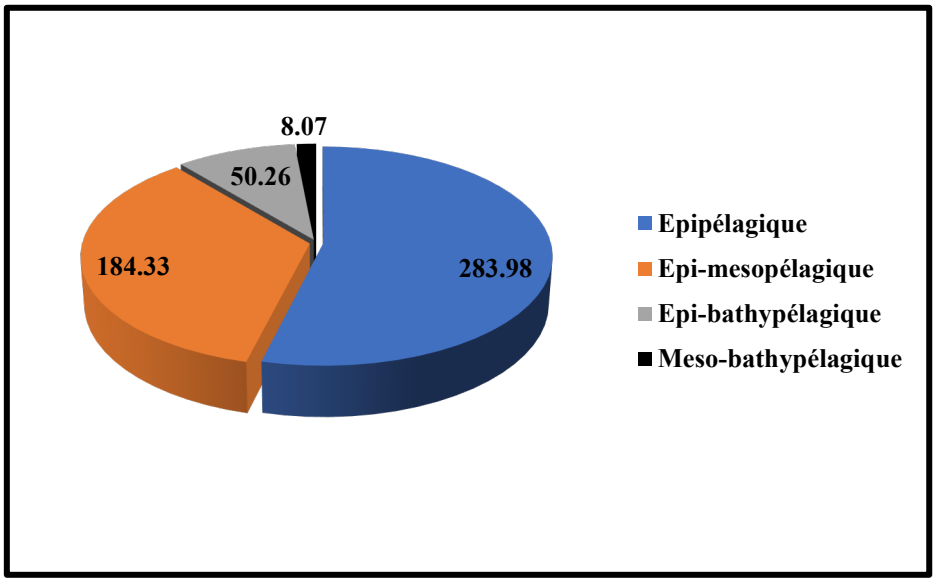


Figure 33. Répartition des abondances selon les affinités bathymétriques des espèces

L'étude de la variabilité de l'affinité bathymétrique par station a montré les résultats suivants :

La station 1 est codominée par les espèces épipélagiques (71.03 ind.m^{-3}) et épi-mésopélagiques (63.40 ind.m^{-3}), elles représentent 47.88% et 42.74% de la faune prélevée, successivement. Le groupe des populations a affinité épi-bathypélagique représente 9.38% (13.91 ind.m^{-3}) du total, tandis que les espèces méso-bathypélagiques n'ont pas été récoltées dans cette station (Fig. 34).

Au sein de la deuxième station, les peuplements épipélagiques affichent une densité de 62.11 ind.m^{-3}. Cette valeur est moins importante que celle prélevée au niveau de la première station mais elle contribue plus au total échantillonné (52.43%). Ce groupe est suivi par celui des espèces épi-mésopélagiques qui représente 27.13% (32.13 ind.m^{-3}) du total. Les espèces épi-

bathypélagiques et méso-bathypélagiques contribuent a 17.72% (20.99 ind.m^{-3}) et 2.71% (3.21 ind.m^{-3}) du zooplancton identifie, successivement (Fig. 34).

La faune issue de la station 3 est dominée par les populations épipélagiques avec une abondance de 144.48 ind.m^{-3} (57%). En deuxième rang d'importance, on a les espèces à affinité épi-mésopélagiques avec une densité de 88.79 ind.m^{-3} (35.03%). Les peuplements épi-bathypélagiques et méso-bathypélagiques représentent moins de 8% du total prélevé (Fig. 34).

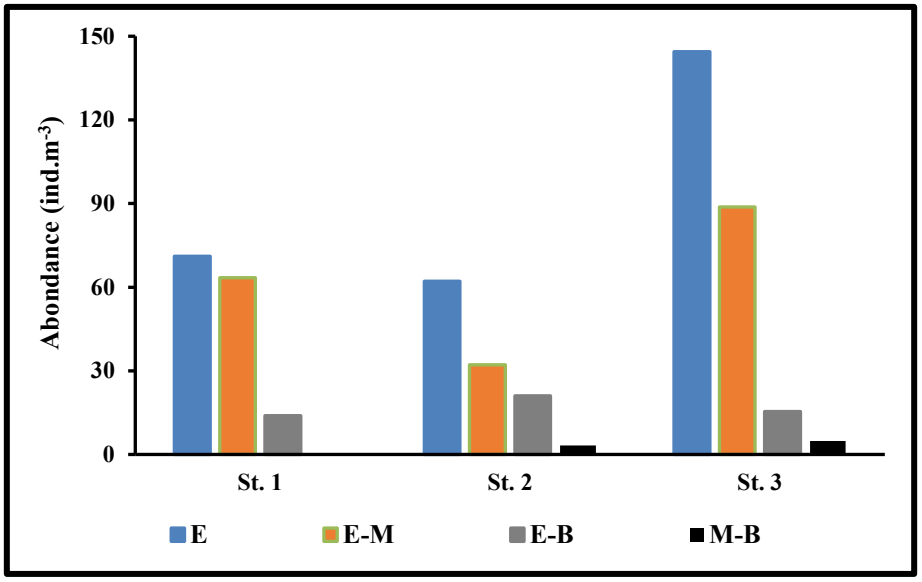


Figure 34. Abondances par station des espèces selon leurs affinités bathymétriques

IV. 5. 5. Associations d'espèces

Afin de déterminer les associations possibles entre les espèces, et de dégager les principaux groupements d'espèces ou associations spécifiques, nous avons fait appel à la Classification Hiérarchique Ascendante (CHA). La signification des codes d'espèces utilisés dans cette analyse figure dans le tableau 6.

Le dendrogramme obtenu par cette classification a permis de distinguer trois principaux groupes faunistiques (A, B et C).

Le premier groupe (A) se compose uniquement de deux espèces (*Calanus helgolandicus* et *Temora stylifera*) qui sont les plus abondantes dans les prélèvements et qui dominent dans les stations. Ce groupe est caractérisé par les espèces qui ont une abondance moyenne supérieure à 18 ind.m^{-3} avec un maximum d'abondance observé supérieur à 30 ind.m^{-3} (Fig. 35).

Le second groupe (B) est composé d'espèces moyennement abondantes (entre 7 ind.m^{-3} et 12 ind.m^{-3}). Le maximum d'abondance observé au moins dans une seule station comprise entre 18 ind.m^{-3} et 24 ind.m^{-3}. La faune qui forme ce groupe est : *Clausocalanus furcatus, Paracalanus parvus, Centropages typicus* et *Eucalans elongatus* (Fig. 35).

Le troisième groupe (C) est composé d'espèces moins abondantes. Ce sont les espèces a faibles moyennes d'abondances où le maximum observé par station est inferieur a 15 ind.m^{-3}. L'individualisation de ce groupe par l'analyse hiérarchique se fait à un niveau de dissimilarité très élevé, ce qui confirme leurs éloignements des autres espèces (Fig. 35).

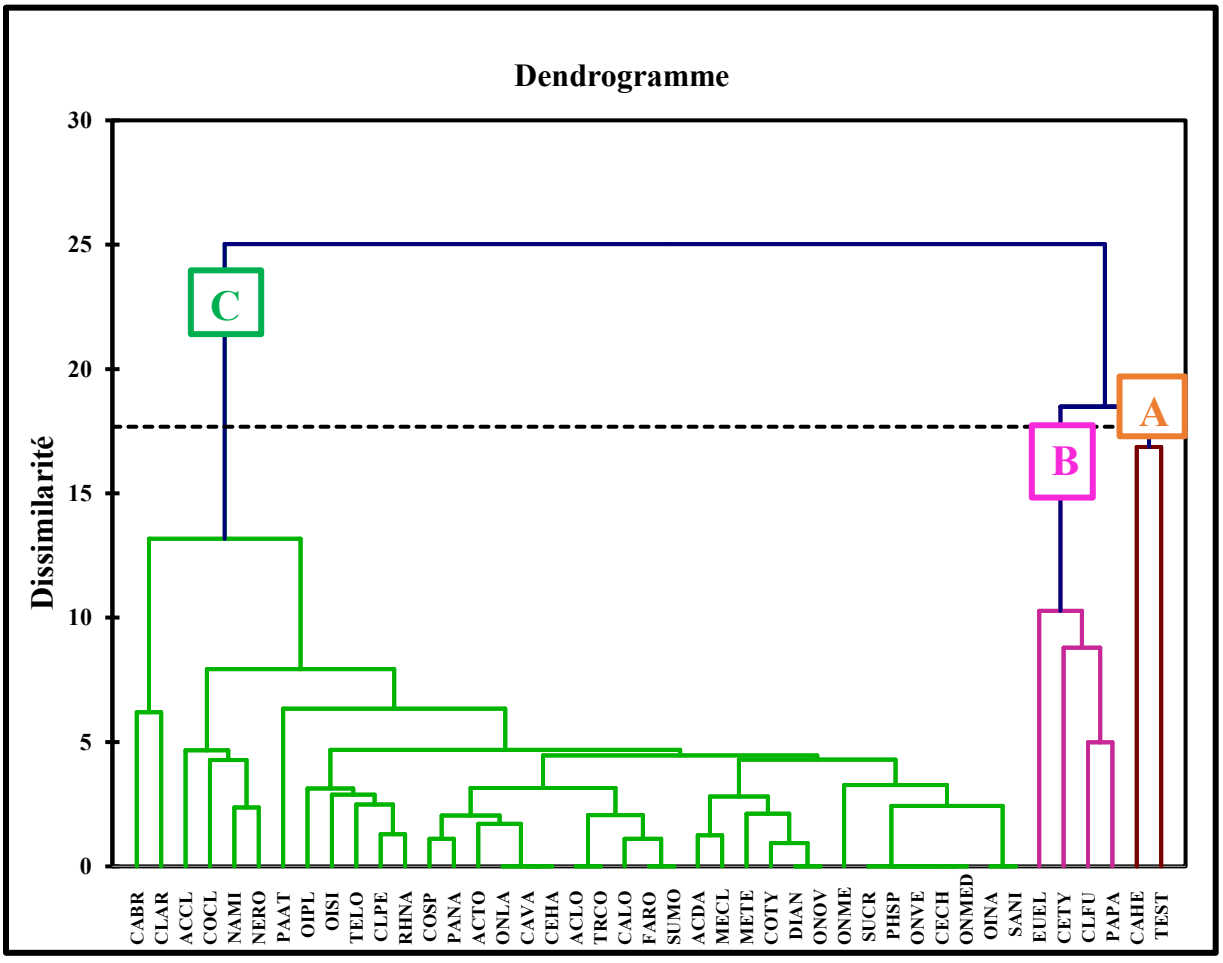


Figure 35. Classification hiérarchique des Copépodes prélevés au niveau des iles Habibas

Tableau 6. Signification des codes utilisés dans la classification hiérarchique

Code	Signification	Code	Signification
ACCL	*Acartia clausi*	NAMI	*Nanocalanus minor*
ACDA	*Acartia danae*	NERO	*Neocalanus robustior*
ACLO	*Acartia longiremis*	OINA	*Oithona nana*
ACTO	*Acartia tonsa*	OIPL	*Oithona plumifera*
CETY	*Centropages typicus*	OISI	*Oithona similis*
CABR	*Calanoides brevicornis*	ONLA	*Onychocorycaeus latus*
CAHE	*Calanus helgolondicus*	ONME	*Oncaea media*
CALO	*Candacia longimana*	ONMED	*Oncaea mediterranea*
CAVA	*Candacia varicans*	ONOV	*Onychocorycaeus ovalis*
CECH	*Centropages chierchiae*	ONVE	*Oncaea venusta*
CEHA	*Centropages hamatus*	PAAT	*Pareucalanus attenuatus*
CLAR	*Clausocalanus arcuicornis*	PANA	*Paracalanus nanus*
CLFU	*Clausocalanus furcatus*	PAPA	*Paracalanus parvus*
CLPE	*Clausocalanus pergens*	PHSP	*Phaenna spinifera*
COCL	*Corycaeus clausi*	RHNA	*Rhincalanus nasutus*
COSP	*Corycaeus speciosus*	SANI	*Sapphirina nigromaculata*
COTY	*Corycaeus typicus*	SUCR	*Subeucalanus crassus*
DIAN	*Ditrichocorycaeus anglicus*	SUMO	*Subeucalanus monachus*
EUEL	*Eucalanus elongatus*	TELO	*Temora longicornis*
FARO	*Farranula rostata*	TEST	*Temora stylifera*
MECL	*Mecynocera clausi*	TRCO	*Triconia conifera*
METE	*Mesocalanus tenuicornis*		

IV. 6. Indicateurs du courant Atlantique

La couche épipélagique des zones étudiées est balayée par le courant Atlantique. Par l'intermédiaire de ce courant, un certain nombre d'espèces de Copépodes d'origine Atlantique se retrouve au niveau de nos côtes.

Dans notre cas, un total de 8 espèces indicatrices d'eau atlantique a été identifié, ce sont des indicateurs hydrologiques. On cite les populations de *Acaria danae, Calanoides brevicornis, Centropages chierchiae, Mecynocera clausi, Mesocalanus tenuicornis, Neocalanus robustior, Subeucalanus crassus* et *Temora longicornis.*

En termes de pourcentage, ces populations représentent 14.86% de la faune prélevée. Leurs contributions évoluent entre un minimum de 6.72% au niveau de la station 3 et un maximum de 26.28% observé au niveau de la station 2 (Fig. 36).

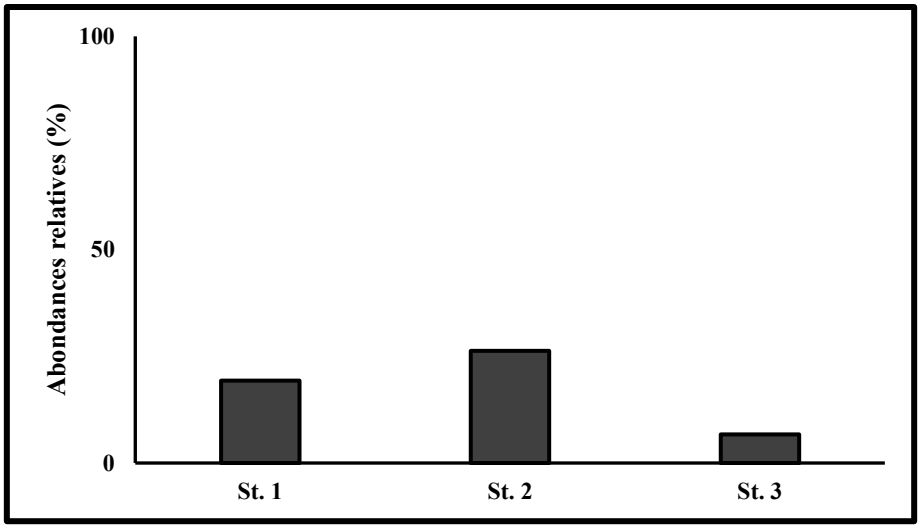


Figure 36. Répartition quantitative des espèces d'origine Atlantique

IV. 7. Etude structural des communautés de copépodes

IV. 7. 1. La dominance relative

La dominance relative (D) est définie comme la proportion que représentent les deux espèces les plus abondantes d'un échantillon. Il s'agit des populations de *Calanus helgolandicus* et *Clausocalanus furcatus* dans la station 1, *Temora stylifera* et *Calanoides brevicornis* dans la station 2 et de *Temora stylifera* et *Calanus helgolandicus* au sein de la station 3.

Les valeurs de cet indice restent très faibles dans les trois stations prélevées, elles sont comprises entre 20.66% (St. 1) et 25% (St. 3) (Fig. 37).

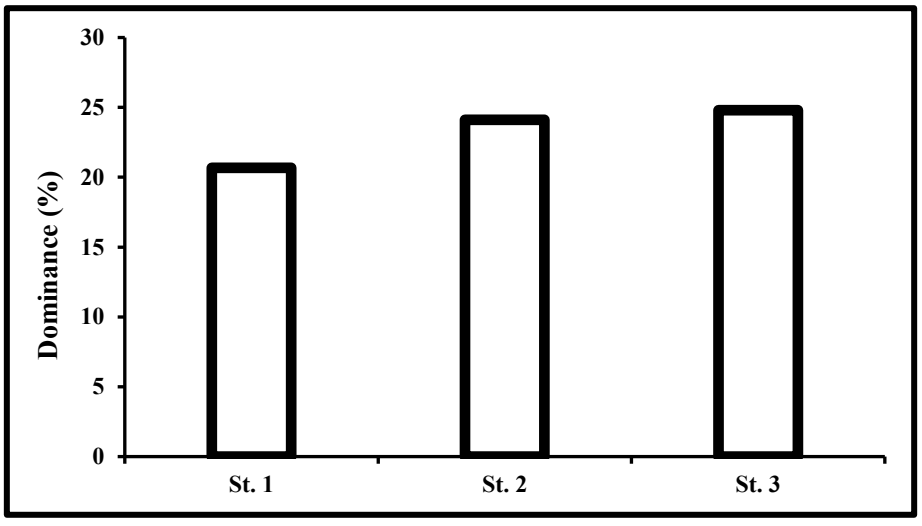


Figure 37. Variation de la dominance (D) au niveau des iles Habibas

IV. 7. 2. Diversité spécifique

La diversité spécifique a été exprimée par l'indice de diversité de Shannon (H'). C'est un paramètre qui permet d'apprécier la structure et l'organisation des espèces d'une communauté d'organismes vivants. Cet indice présente de faibles variations au niveau des trois stations, une forte diversité (entre 4.34 et 4.52 bits.ind^{-1}) a été observée au sein de l'ensembles des stations (Fig. 38). Les valeurs obtenues pour cet indice montrent que les communautés sont fortement diversifiées.

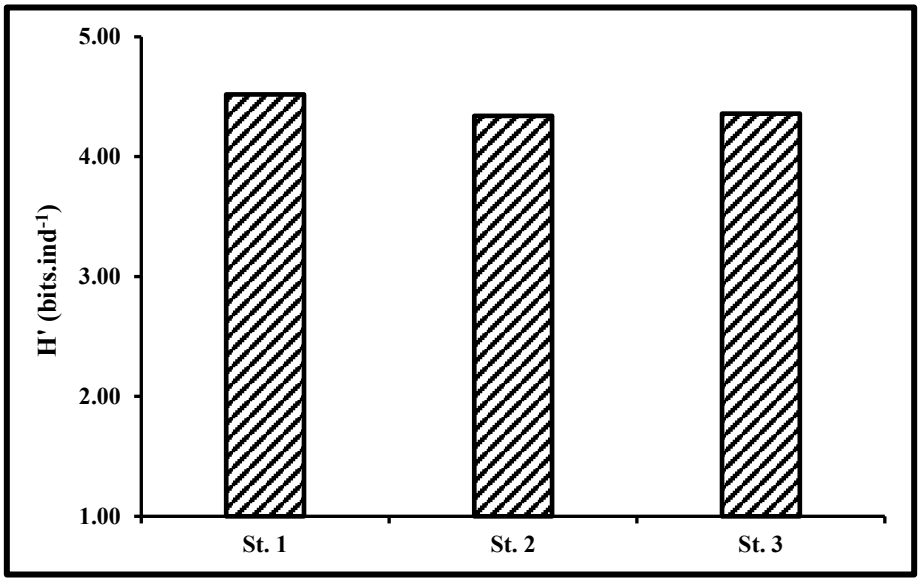


Figure 38. Variation de l'indice de Shannon (H') au niveau des iles Habibas

IV. 7. 3. Indice de l'équitabilité

L'équitabilité ou bien la régularité (E) est considérée en tant que descripteur de l'inégalité de la répartition des individus en espèces distincts dans la communauté échantillonnée. Elle suit approximativement l'évolution de l'indice de Shannon. Cet indice présente également un gradient décroissant allant de 0.94 au niveau de la station 1 jusqu'au 0.87 au niveau de la station 3 (Fig. 39). Ces valeurs signifient que les communautés sont bien équilibrées.

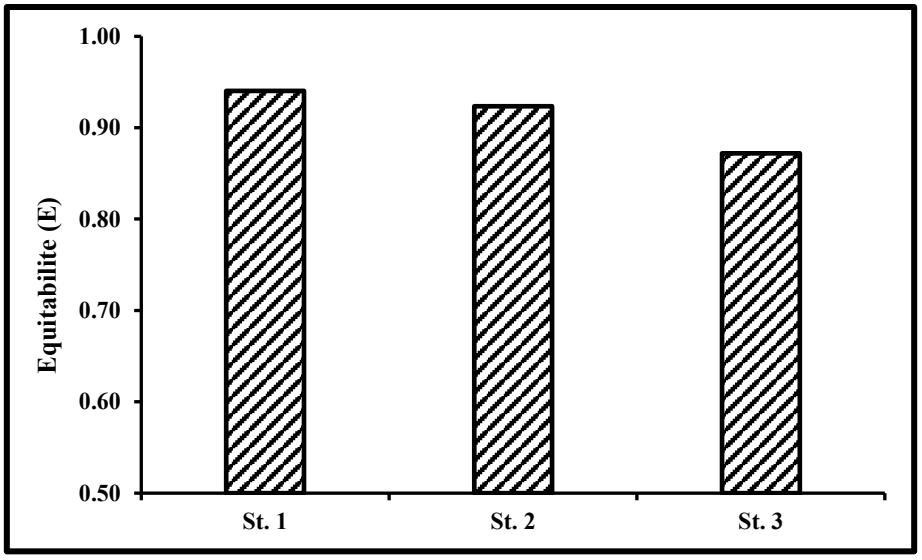


Figure 39. Variation de l'indice de l'équitabilité (E) au niveau des iles Habibas

IV. 7. 4. Comparaison entre les différents indices de structure

Pour mieux apprécier la structure de la communauté des Copépodes nous avons comparé ses différents indices afin de déterminer les relations possibles entre eux et leur degré d'influence sur cette structure. Pour cela nous avons déterminé les régressions entre les différents indices de structure. Les résultats de cette analyse sont présentés dans la figure 40.

La dominance présente une forte corrélation avec l'indice de diversité ($R^2 = 0.93$). L'influence de la dominance est très déterminante sur la diversité spécifique des échantillons. La corrélation de l'indice d'équitabilité avec la dominance est aussi significative mais moins forte ($R^2 = 0.63$). L'effet de la dominance sur l'équitabilité est appréciable mais relativement mois fort.

En effet, plus la dominance augmente plus la diversité et l'équitabilité diminuent.

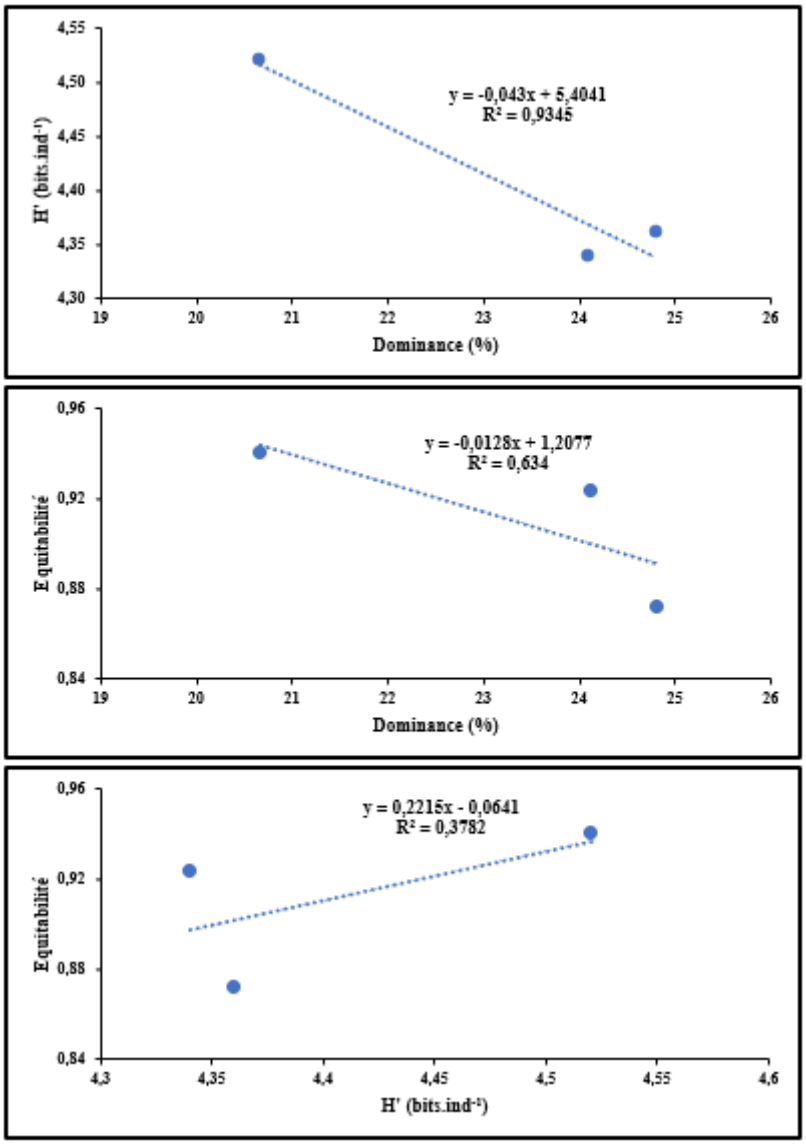


Figure 40. Relation entre les différents indices de structures des échantillons récoltes au sein des iles Habibas

IV. 7. 5. Les Diagrammes Rangs-Fréquences

L'examen des diagrammes rangs-fréquences (DRF) tracés en doubles coordonnées logarithmiques permet de mieux représenter la structure des communautés des Copépodes. L'interprétation de ses diagrammes se fait également à partir des résultats des différents indices.

Au niveau de la station 1, de point de vue quantitatif, les populations qui occupe les rangs (*Clausocalanus furcatus* ; 9.26 ind.m^{-3} ; 6.24%) 3 (*Acartia clausi* ; 8.76 ind.m^{-3} ; 5.90%), 4 (*Nannocalanus minor* ; 8.42 ind.m-3 ; 5.68%) et 5 (*Clausocalanus arcuicornis* ; 8.25 ind.m^{-3} ;

5.56%) tendent à rattraper la population dominante *Calanus helgolandicus* qui occupe le rang 1 (21.39 ind.m^{-3} ; 14.42%). La faune issue de cette station est bien équitabilité (E = 0.94) est fortement diversifiée (H' = 4.52 bits.ind^{-1}) (Fig. 41).

Au niveau de la station 2, 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. 40). On y cite les populations de *Temora stylifera* (Rang 1 ; 16.05 ind.m^{-3} ; 12.63%), *Calanoides brevicornis* (Rang 2 ; 14.58 ind.m^{-3} ; 11.47%), *Calanus helgolandicus* (Rang 3 ; 10.78 ind.m-3 ; 8.54%), *Agetus typicus* (Rang 4 ; 10.84 ind.m^{-3} ; 8.49%) et *Clausocalanus arcuicornis* (Rang 5 ; 9.36 ind.m^{-3} ; 7.36%). Ces faibles écarts numériques sont étayés par une équitabilité proche de 1 (E = 0.92). En outre, la communauté est fortement diversifiée (H' = 4.34 bits.ind^{-1}) (Fig. 41).

Au sein de la troisième station, une codominance a été observée entre les populations de rang 1 à 5. Il s'agit des populations de *Temora stylifera* (Rang 1 ; 34.12 ind.m^{-3} ; 13.19%), *Calanus helgolandicus* (Rang 2 ; 30.05 ind.m^{-3} ; 11.61%), *Agetus typicus* (Rang 3 ; 23.94 ind.m^{-3} ; 9.25%), *Paracalanus parvus* (Rang 4 ; 22.92 ind.m^{-3} ; 8.85%) et *Eucalanus elongatus* (Rang 5 ; 21.90 ind.m^{-3} ; 8.46%). Les faibles écarts numériques séparant les espèces occupant les premiers rangs sont interprétées par une forte équitabilité (E = 0.87) (Fig. 41).

A la lumière de ses résultats, on peut dire que la faune de Copépodes qui peuple la couche épipélagique des iles Habibas est dans un stade mature (Stade 2 de la succession écologique), équilibrée (E > 0.8) et fortement diversifiée (H' > 4.3 bits.ind^{-1}).

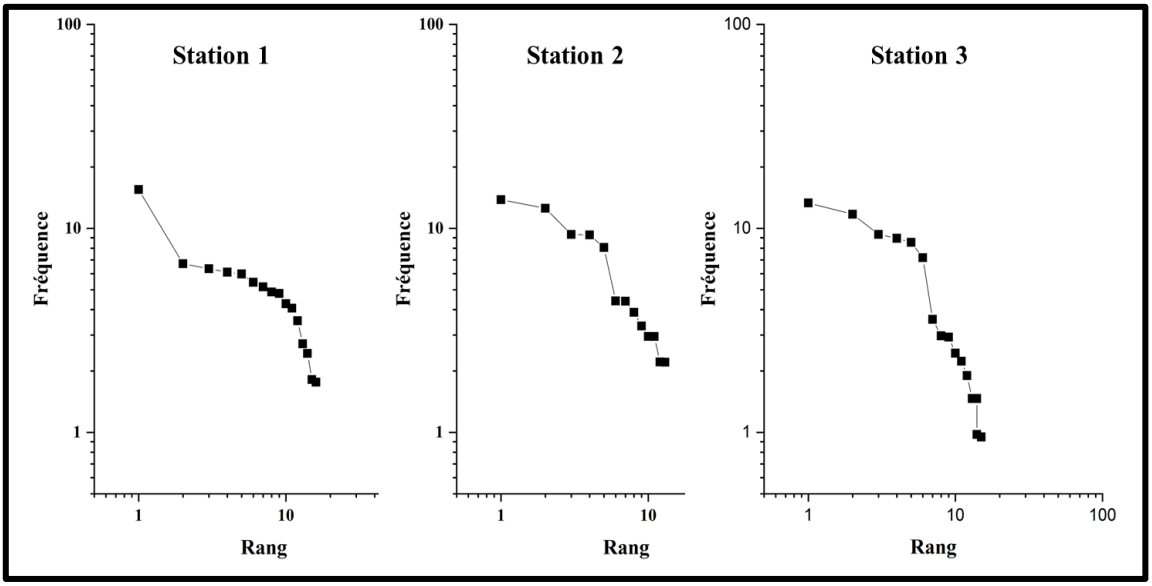


Figure 41. Etats de la succession écologique au sein de la faune de Copépodes issue des iles Habibas

Chapitre V
Discussion

V. 1. Biodiversité taxonomique

2693 espèces de Copépodes pélagiques ont été recensées à ce jour dans tous les mers et les océans du monde, réparties sur 342 genres différents (Razouls *et al.,* 2005-2022). La mer Méditerranéenne héberge 460 espèces, ce qui représente 17.08% du total mondiale. Au niveau de la mer d'Alboran, 264 espèces ont été recensées (Razouls *et al.,* 2005-2022).

La composition qualitative de la copépodofaune dans la zone étudiée (îles Habibas) cumule un total de 43 espèces de Copépodes soit 16.29% de la faune de la mer d'Alboran et 9.35% de la biodiversité Méditerranéenne.

Cette biodiversité semble être relativement proche aux résultats observés au niveau des iles habibas (Chaouadi & Hafferssas 2018), au niveau de la mer d'Alboran (Youssara & Gaudy, 2003) et au sein des cootes Marocaines (Zerouali & Melhaoui, 2002). Cette composition faunistique est plus diversifiée que celles répertoriées en Golfe du Lion (Donoso *et al.*, 2017) et en mer Ligure (Andersen et al. 2001). De plus, son niveau numérique est nettement inférieur à celui de la mer des Baléares (Fernández de puelles *et al.,* 2009), de la mer Crète (Siokou-Frangou *et al.,* 1997), de Mer Adriatique (Hure *et al.,* 1980) et des Côtes Egyptiennes (Zakaria *et al.,* 2016).

La faune prélevée est surtout dominée par les Calanoïdes : 28 espèces appartenant à 11 familles. Ces résultats rejoignent les observations de Seguin *et al.* (1994), de Mazzocchi *et al.* (2003) en mer Adriatique, de Pasternak *et al.* (2005) au sein du bassin Levantin et celles de Chaouadi & Hafferssas (2018) au niveau des côtes Algériennes. D'après Razouls *et al.* (2005-2022), la mer Méditerranéenne est nettement dominée par les Calanoïdes.

V. 2. Variabilité quantitative et organisation trophique des peuplements

Au sein des iles Habibas, les abondances totales observées durant la saison printanière varient entre 127.03 ind.m^{-3} et 258.71 ind.m^{-3}. Plusieurs auteurs ont relié les fortes abondances zooplanctoniques au refroidissement des eaux de surface durant les saisons froides (Estrada *et al., 1985* ; Calbet *et al.,* 2001). L'accroissement 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 faiblement productive durant la saison estivale (Riandey *et al.,* 2005).

Les abondances enregistrées durant cette étude sont proches de celles observées au niveau des iles Habibas par Chaouadi & Hafferssas (2018), au niveau du canal de Sicile (Siokou-Frangou *et al.,* 1997) et au niveau de la mer Égée (Christou, 1998). Elle sont faibles à celles observées au niveau de la baie de Bou Ismail (Chaouadi & Hafferssas, 2018); baie de Annaba (Ounissi *et al.,* 2016); bassin algéro-provençal (Nowaczyk *et al.,* 2011); baie de Tunis (Daly Yahia *et al.,* 2004); mer de Ligure (Donoso *et al.,* 2017); mer d'Alboran (Seguin *et al.,* 1993); mer des Baléares (Calbet *et al.,* 2001); mer Egée (Isari *et al.,* 2006) et la mer Adriatique (Hure *et al.,* 1980). Cependant, nos valeurs sont supérieures a celles dénombrées au sein de la mer de Crète, la mer Ionienne et la mer Levantine centrale (Siokou-Frangou *et al.,* 1997).

Sur le plan trophique La faune est composée par trois groupes ; herbivores, omnivores et carnivores. Les peuplements herbivores et omnivores représentent 90% de l'abondance totale prélevée. L'augmentation de l'abondance des herbivores peut être dû au changement quantitatif et qualitatif de la source alimentaire phytoplanctonique (Garcia-Comas *et al.,* 2011). Chaouadi (2019) a relié les populations herbivores et omnivores de *C. helgolandicus*, *T. stylifera, P. nanus, A. typicus, O. plumifera, E. elongatus, M. tenuicornis, R. nasutus, C. hamatus, C. furcatus, C. arcuicornis* et *P. attenuatus* aux optimums quantitatifs recensés durant le printemps.

Ouba (2015) suggère qu'un développement du zooplancton a montré la préférence d'un régime basé sur les proies nano-planctonique. Par conséquent, la floraison précoce de nanoplancton a permis le développement rapide des communautés de zooplancton en raison de la plasticité dans leur comportement alimentaire (Mazzocchi *et al.,* 2003).

Nos prélèvements ont été dominés par les Calanoïdes *Agetus typicus, Calanoides brevicornis, Calanus helgolandicus, Clausocalanus* et *Temora stylifera*. Ces derniers sont des espèces dominantes dans les régions côtières de la Méditerranée occidentale (Seguin, 1981 ; Mazzocchi & Ribera d'Alcala, 1995 ; Hafferssas, 2010 ; Chaouadi, 2019). Dans le golfe de Naples (mer Tyrrhénienne), des maximums d'abondance alternés entre les deux espèces ont été observés (Mazzocchi & Ribera d'Alcala, 1995 ; Di Capua & Mazzocchi, 2004). Des résultats similaires ont été observés au sein de la baie de Bou Ismail (Chaouadi, 2019). Ces observations étayent l'hypothèse d'une concurrence entre *Centropages* et *Temora* (Bernard, 1971 ; Raymont, 1983).

V. 3. Indicateurs bathymétriques et hydrologiques

Dans la présente contribution, les échantillonnages ont été effectués au niveau de la couche épipélagique, ce qui explique la dominance des espèces épipélagiques (53.17%) et épi-mésopélagiques (34.51%). La dominance de ces deux comportements (70% du total) a été déjà signalée au niveau des iles Habibas (Chaouadi, 2019).

Par ailleurs, la présence des populations méso ou bathypélagiques peuvent être expliqués par des phénomènes de migrations ontogéniques et nycthémérales (Boucher, 1989 ; Andersen *et al.,* 2001 ; Andersen *et al.,* 2004 ; Halsband-Lenk, 2005), et par Le caractère dynamique des masses d'eau sur le plan vertical (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).

Le passage du courant Atlantique modifié (MAW) le long des côtes Algériennes est corroboré par la signalisation des espèces telles que *Acaria danae, Calanoides brevicornis, Centropages chierchiae, Mecynocera clausi, Mesocalanus tenuicornis, Neocalanus robustior, Subeucalanus crassus* et *Temora longicornis*. Ces dernières ont été précédemment signalées le long des côtes sud de la Méditerranée occidentale (Seguin *et al.*, 1993 ; Youssara & Gaudy, 2001 ; Zerouali & Melhaoui, 2002 ; Riandey *et al.,* 2005 ; Hafferssas & Seridji, 2010 ; Chaouadi, 2019) et orientale (Vaissière & Seguin, 1980 ; Di Carlo *et al.,* 1984).

V. 3. Successions écologiques et niveaux de productions des écosystèmes

Les caractéristiques hydrologiques du milieu environnant reflètent les stades de successions écologiques (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 caractéristiques des milieux productifs (Hafferssas & Seridji, 2010). Les stades avancés (1' et 2) caractérisent surtout les écosystèmes oligotrophes.

Les communautés zooplanctoniques issue de la zone étudiée (iles Habibas) sont bien équilibrées ($E > 0.8$), et fortement diversifiées ($H' > 4.30$ bits.ind^{-1}), il s'agit du stade 2 de la succession écologique.

Ce dernier stade a été déjà décrits au sein des communautés épipélagiques liés à l'aire marine protégée des îles Habibas (Chaouadi, 2019) et au niveau des sites oligotrophes en mer

d'Alboran (Pinca & Dallot, 1997). Les niveaux de productivité des eaux influent sur la structure des écosystèmes (Seguin *et al.,* 1994).

Conclusion

L'écosystème des îles Habibas héberge une faune composée de 43 espèces de Copépodes qui appartiennent à 15 familles et 25 genres.

Les populations appartiennent à trois groupes; phytophages (15 espèces), omnivores (17 espèces) et carnivores (10 espèces). Celles-ci sont reliées à différentes stratégies d'alimentations (filtration, croisière, prédation active et mixte).

De point de vue quantitative, les abondances dénombrées varient entre 127.03 ind.m^{-3} (St. 3) et 258.71 ind.m^{-3} (St. 3).

La faune récoltée héberge des populations d'origine Atlantique (liées au passage de l'eau Atlantique Modifiée). Il s'agit de *Acaria danae, Calanoides brevicornis, Centropages chierchiae, Mecynocera clausi, Mesocalanus tenuicornis, Neocalanus robustior, Subeucalanus crassus* et *Temora longicornis.*

Le caractère néritique de la zone d'étude et la réduction du plateau continental expliquent la dominance des Copépodes épipélagiques et épi-mésopélagiques.

Les stades de successions écologiques sont le reflet des caractéristiques hydrologiques du milieu environnant. Le stade 2 été décrit au sein des communautés épipélagiques liés aux côtes de l'aire marine protégée des îles Habibas. Les communautés y sont équilibrées (E > 0.8) et diversifiées (H' > 4.3 bits.ind^{-1}). Elles sont similaires à celles peuplant les sites oligotrophes des autres régions de la Méditerranée.

Références bibliographiques

Allen, J. T., Smeed, D. A., Tintoré, J. & Ruiz, S., 2001. Mesoscale subduction at the Almeria–Oran front: Part1: Ageostrophic flow. Journal of Marine Systems, 30(3–4):263–285.

Andersen, V., C. Devey, A. Gubanova, M. Picheral, V. Melnikov, S. Tsarin & L. Prieur, 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 & A. Gubanova, 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

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

Arnone, R. A., Wiensenberg, D. A. & Saunders, K. D., 1990. The origin and characteristics of the Algerian current. *Journal of Geophysical Research*, 95:1587–1589.

Beaugrand, G., 2005. Monitoring pelagic ecosystems using plankton indicators. ICES J. Mar. Sci., 62(3); 333-338.

Beaugrand, G., 2009. Decadal changes in climate and ecosystems in the North Atlantic Ocean and adjacent seas. Deep Sea Res. Part II: Top. Stud. Oceanogr., ***56***(8-10): 656-673.

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

Ben-Hamadou, R., Chicharo, M.A., Madeira, C., Morais, P., Cruz, J., Chicharo, L., 2008. Zooplanktondistribution in Algarve coastal zone (North East Atlantic Ocean). ICES WKZEM Report 10, 39-40.

Bernard, F., 1971. Quelques aspects de la biologie de *Temora stylifera* (Dana) en Méditerranée. Essai d'écologie expérimentale. Thèse de Doctorat 3ème Cycle. Faculté des Sciences de l'Université d'Alger, 163 p.

Boltovskoy D. 1999. *South Atlantic zooplankton*. Backhuys Publishers: Leiden. 1706 pp.

Boucher, J. (1987). Déterminisme et dynamique de la répartition spatiale des populations de copépodes des zones de résurgences côtières Nord-est Atlantique et du front liguro-provençal. Thèse de Doctoral dissertation, Paris 6.

Boucher, J., 1989. Caractéristiques et déterminisme des migrations ontogéniques des *Copépodes* calanoides. Océanis, 15(2): 71-81.

Boucher, J., F. Ibanez & L. Prieur, 1987. Daily and seasonal variations in the spatial distribution of zooplankton populations in relation to the physical structure in the Ligurian Sea Front. J. Mar. Res., 45: 113-173.

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

Boxshall GA & D. Defaye, 2008. Global diversity of copepods (Crustacea: Copepoda) in freshwater. Hydrobiologia 595: 195-207.

Bradford-Grieve J. M., E. L. Markhaseva, C. E. F. Rocha & B. Abiahy, 1999. South Atlantic.

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

Chaouadi, M. & A. Hafferssas, 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.

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.

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.

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

Dallot, S., J. Goy & C. Carre, 1988. Peuplements des carnivores planctoniques gélatineux et structuresproductives 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., S. Souissi & O. D. Yahia-Kefi, 2004. Spatial and temporal structure of planktonic Copepods in the Bay of Tunis (Southwestern Mediterranean Sea). Zool. Stud., 43(2): 366-375.

Di Capua, I. & M. G. Mazzocchi, 2004. Population structure of the copepods *Centropages typicus* and *Temora stylifera* in different environmental conditions. ICES J. Mar. Sci., 61(4): 632-644.

Di Carlo, S., B., Ianora, A., Mazzocchi, M. G., & Scardi, M. (1991). Atlantis II Cruise: uniformity of deep copepod assemblages in the Mediterranean Sea. *Journal of Plankton Research*, 13(2), 263-277.

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

Drira Z., Bel Hassen M., Hamza A., Rebai A., Bouaïn A., Ayadi H., Aleya L. 2009.

Dussart B., 1989- Crustacés copépodes calanoïdes des eaux intérieures africaines.

Errhif, A., C. Razouls & P. Mayzaud, 1997. Composition and community structure of pelagic copepods in the Indian sector of the Antarctic Ocean during the end of the austral summer. Polar Biology, 17(5), 418-430.

Estrada, M., F. Vives & M. Alcaraz, 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., A. Lopez-Urrutia, A. Morillas & J. C. Molinero, 2009. Seasonal variability of Copepod abundance in the Balearic region (western Mediterranean) as an indicator ofBasin scale hydrological changes. Hydrobiologia, 617(1): 3-16.

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

Fielding, S., Crisp, N., Allen, J. T., Hartman, M. C., Rabe, B. & Roe, H. S. J., 2001. Mesoscale subduction at the Almeria-Oran front Part 2. Biophysical interactions. *Journal of Marine Systems*,30(3–4):287–304.

Frangoulis, C., E. D. Christou & J. H. Hecq, 2004. Comparison of marine copepod outfluxes: nature,rate, fate and role in the carbon and nitrogen cycles. Adv. Mar. Biol., 47: 254.

Frontier, S. & M. Etienne, 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.

Furnestin, M. L., 1962. Pêches planctoniques, superficielles et profondes en Méditerranée occidentale.

García-Comas, C., L. Stemmann, F. Ibanez, L. Berline, M. G. Mazzocchi, S. Gasparini, ... & G. Gorsky, 2011. Zooplankton long-term changes in the NW Mediterranean Sea: Decadal periodicity forced by winter hydrographic conditions related to large-scale atmospheric changes?. Journal of Marine Systems, 87(3-4), 216-226.

Gascard, J. C. & C. RICHEZ, 1985. Water masses and circulation in the western Alboran sea and in the straits of Gibraltar. Prog. Oceanog., 15: 157-216.

Gasser, B., Payet, G., Sardou, J., & P. Nival, 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. & G. Champalbert, 1998. Space and time variations in zooplankton distribution South of Marseille. Oceanol. Acta, 21(6): 793-802.

Gaudy, R., 1962. Biologie des *Copépodes* pélagiques du golfe de Marseille. Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume, 36: 22-115.

Gaudy, R., 1985. Features and peculiarities of zooplankton communities from the western Mediterranean.In: Moraitou-Apostolopoulou, M., Kiortsis, V. (ed.), Mediterranean marine ecosystems. NATO Conference Series, Ecology, 8: 279-301.

Gaudy, R., Youssara, F., Diaz, F., & P. Raimbault, 2003. Biomass, metabolism and nutrition of zooplankton in the Gulf of Lions (NW Mediterranean). *Oceanologica Acta*, 26(4), 357-372.

Giron, F., 1963. Copépodes de la mer d'Alboran. Revue Trav. Inst. Pêch.Marit., 26:319-368.

Hafferssas, A. & R. Seridji, 2010. Relationships between the hydrodynamics and the change of Copepod structure in the Algerian coasts. Zool. Stud., 49(3): 353-366.

Hafferssas, A., 1996. Composition et distribution des Copépodes pélagiques du bassin Algerien enrelation avec les structures hydrodynamiques (Compagne Médiprod VI, Juin 1990). Thèse deMagisteren 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., 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.

Halsband-Lenk, C., 2005. Metridia pacifica in Dabob Bay, Washington: The diatoms effect and the discrepancy between high abundance and low egg production rates. *Progress in Oceanography*, 67, 422-441.

Heburn, G. W., & P. E. La Violette, 1990. Variations in the structure of the anticyclonic gyres found inthe Alboran Sea. J. Geophys. Res. Oceans, 95(C2): 1599-1613.

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

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

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

Isari, S., A. Ramfos, S. Somarakis, C. Koutsikopoulos, A. Kallianiotis & N. Frangopoulu, 2006. Mesozooplankton distribution in relation to hydrology of the Northeastern Aegean Sea, EasternMediterranean. J. Plankton Res., 28(3): 241-255.

Ki, J. S., K. W. Lee, H. G. Park, S. Chullasorn, H. U. Dahms & J. S. Lee, 2009. Phylogeography of the copepod Tigriopus japonicus along the Northwest Pacific rim. Journal of Plankton Research, 31(2), 209-221.

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

Kouwenberg, J. H., 1994. Copepod distribution in relation to seasonal hydrographics and spatial structure in the North-western Mediterranean (Golfe du Lion). Estuar. Coast Shelf Sci., 38(1): 69-90.

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

Lance, G. N., & W. T. Williams, 1967. A general theory of classificatory sorting strategies: I. Hierarchical systems. Computer Journal, 9, 373–380.

Le Vourch, J., C. Millot, N. Castagne, P. Le Borgne & J. P. Olry, 1992. Atlas des fronts thermiques en mer Méditerranée d'après l'imagerie satellitaire. Mem. Inst. Oceanogr., Monaco, 16, 152 p.

Legendre, L. & P. Legendre, 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.

Lenz, J. 2000. ICES zooplankton methodology manual.

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

Longhurst, A. R., 1985. The structure and evolution of plankton communities.Progr. Oceanogr., 15: 1- 35.

Machida, R. J., M. U. Miya, M. Nishida & S. Nishida, 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 *Philomedes interpuncta* (Crustacea Ostracoda Cypridinidae). Journal of Plankton Research 21, 1891–1910.

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

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

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

Mazzocchi, M. G., I. Siokou, V. Tirelli, V. Bandelj, M. F. de Puelles, Y. A. Örek, ... & T. T. Kurt, 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.

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

Millot, C., 1987. Circulation in the Western Mediterranean Sea. Oceanologica Acta 10, 143-149.

Motoda, S., 1959. New plankton samples. Bulletin of Faculty of Fisheries, Hokkaido University, **5**: 149-151.

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

Orloci, L., 1978. Multivariate analysis in vegetation research. DR. W. Junk. B.V. Publisher, Boston,15-212.

Ouba, A., 2015. Variabilité saisonnière et interannuelle (2000-2013) de l'abondance, de la biomasse et du spectre de taille du zooplancton dans le bassin Levantin (Doctoral dissertation, Université Pierre et Marie Curie-Paris VI).

Ounissi, M., H. Laskri & M. Khlifi-Touhami, 2016. Net-zooplankton abundance and biomass from Annaba Bay (Southwestern Mediterranean Sea) under estuarine influences. Mediterr. Mar. Sci., 17(2): 519-532.

Perkins, H. & P. Pistek, 1990. Circulation in the Algerian Basin during June 1986. Journal of Geophysical Research 95, 1577-1585.

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

Prieur L., C. Copin-Montaigut & H. Claustre, 1993. Biophysical aspects of 'Almofront 1', an intensive study of a geostrophic frontal jet. *Annales de l'Institut Océanographique*,69 :71–86.

Prieur, L. & A. Sournia, 1994. "Almofront-1'' (April–May 1991): an interdisciplinary study of the Almeria-Oran geostrophic front, SW Mediterranean Sea. J. Mar. Syst., **5**(3-5): 187-203.

Raymont, J. E. G., 1983. Plankton and Productivity in the Oceans, *In* Zooplankton, vol. 2. Pergamon Press, Oxford, 824 pp.

Razouls C., N. Desreumaux, J. Kouwenberg & F. de Bovée, 2005-2022. - Biodiversity of Marine Planktonic Copepods (morphology, geographical distribution and biological data). Sorbonne University, CNRS. Available at http://copepodes.obs-banyuls.fr/en [Accessed June 07, 2022]

Riandey, V., G. Champalbert, F. Carlotti, I. Taupier-Letage & D. Thibault-Botha, 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. & R. VAISSIERE, 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.

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

Seguin, G., 1973. Cycles comparés 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., 1981. Cycle annuel des *Copépodes* pélagiques en rade de Villefranche sur mer à partir de l'analyse des prélèvements quotidiens (année 1972). (Bilan quantitatif, qualitatif et écologique). Bulletin de l'Ecologie, 1: 29-60.

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

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

Seguin, G., R. Gaudy, A. Errhif & D. Thibault, 1993. Observations sur l'abondance, la composition taxonomique et les affinités écologiques des *Copépodes* pélagiques récoltes dans la région du frontAlmeria-Oran. Mar. Life, 3(1-2): 19-29.

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

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

Siokou-Frangou, I., U. Christaki, M. G. Mazzocchi, M. Montresor, M. Ribera D'Alcala, D. Vaque & A. Zingone, 2010. Plankton in the open Mediterranean Sea: a review. Biogeosciences, 7(5): 1543-1586.

Sournia, A., Brylinski, J. M., Dallot, S., Le Corre, P., Leveau, M., Prieur, L., & C. Froget, 1990. Fronts hydrologiques au large des côtes françaises: Les sites-ateliers du programme Frontal. *Oceanologica Acta*, 13(4), 413-438.

Thibault, D., Gaudy, R., & J. Le Fevre, 1994. Zooplankton biomass, feeding and metabolism in a geostrophic frontal area (Almeria-Oran Front, western Mediterranean). Significance to pelagic food webs. *Journal of Marine Systems*, 5(3-5), 297-311.

Tintore, J., P. E. LA Violette, I. Blade & A. Cruzado, 1988. A study of an intense density front in theeastern Alboran Sea: the Almeria–Oran front. J. Phys. Oceanogr., 18(10): 1384-1397.

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

Tseng, L. C., R. Kumar, H. U. Dahms, Q. C. Chen & J. S. Hwang, 2008. Copepod Gut Contents, Ingestion Rates, and Feeding Impacts in Relation to Their Size Structure in the Southeastern Taiwan Strait.Zool. Stud., 47: 402-416.

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., 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.

Videau, C., A. Sournia, L. Prieur & M. Fiala, 1994. Phytoplankton and primary production characteristics at selected sites in the geostrophic Almeria-Oran front system (SW Mediterranean Sea). J. Mar. Syst., 5(3-5): 235-250.

Viudez, A., J. Tintore & R. L. Haney, 1996. Circulation in the Alboran Sea as determined by quasi- synoptic hydrographic observations. Part I: Three-dimensional structure of the two anticyclonic gyres. J. Phys. Oceanogr., 26(5): 684-705.

Youssara, F. & R. Gaudy, 2001. Variations of zooplankton in the frontal area of the Alboran Sea (Mediterranean Sea) in winter 1997. Oceanol. Acta, 24(4): 361-376.

Zakaria, H. Y., A. K. M. Hassan, F. M. Abo-Senna & H. A. El-Naggar, 2016. Abundance, distribution, diversity and zoogeography of epipelagic copepods off the Egyptian Coast (Mediterranean Sea). Egypt. J. Aquat. Res., 42(4): 459-473.

Zerouali, F., & M. Melhaoui, 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.