République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Dr. Yahia Farès de Médéa
Faculté 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 :

MREDEF Nesrine
KHELIFI Hadjer

Analyse qualitative et quantitative du zooplancton dans le bassin Algérien

Soutenu publiquement le : 22 Juin 2022

Devant le jury composé de :

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

Médéa, 2021/2022

Sommaire

Introduction **1**

Chapitre I. Généralités 3
1. Classification Taxonomique 4
a. Tuniciers 4
b. Cténophores 6
c. Méduses 6
2. Les déférents groupes zoologiques 6
a. Siphonophorae 6
b. Appendicularia 8
c. Thaliacea 10
d. Mollusque pélagique 12
e. Chaetognatha 14
3. Ecologie 15
3. 1. Facteurs biotiques 15
3. 2. Facteurs abiotiques 15
4. Nutrition 15
Chapitre II. Matériel et méthodes 17
1. Zones étudiées et prélèvements 18
2. Analyse structurale 20
2. 1. Indice de Shannon 20
2. 2. Diagrammes Rangs-Fréquences (DRF) 21
2. 3. Modèles de distributions d'abondances (SAD) 21
a. Modèlegeometric-series 21
b. Modèle Log-normal 22
c. Modèle Zipf 23
d. Modèle de Mandelbrot 23
Chapitre III. Résultats &Discussion 24
1. Biodiversité 25
2. Les indices de diversité 28
2. 1. Îles Habibas 28
2.1.1. La richesse spécifique 28
2.1.2. Equitabilité 29
2.1.3. L'indice de Shannon 30
2. 2. Sidi Fredj 31
2.2.1. La richesse spécifique 31
2.2.2. Equitabilité 31
.2.2.3 L'indice de Shannon 32
3. Analyse structurale 33
3. 1. Îles Habibas 34
a. Printemps 34
b. Eté 37
3. 2. Sidi Fredj 40
a. Mars 40
b. Avril 41
c. Juillet 44
d. Novembre 46
Chapitre IV. Discussion 48
Conclusion **51**

Bibliographies **53**

Liste des figures

Figure 1. Le zooplancton sous le microscope (www.google.com) 4

Figure 2. Arbre phylogénétique du vivant (Khames, 2019) 5

Figure 3. Siphonophore (www.google.com).....7

Figure 4. Le cycle de reproduction chez les siphonophores (www.google.com) 8

Figure 5. Schéma d'un appendiculaire (www.google.com) 9

Figure 6. Photo réelle d'un appendicularaire (www.google.com) 10

Figure 7. Figure 7. Chaîne de salpe (www.google.com).....11

Figure 8. Doliolide (www.google.com).....12

Figure 9. Les Mollusques pélagiques (www.google.com) 13

Figure 10. Image d'un Chaetognathe (www.google.com).....14

Figure 11. Figure 11. Chaine trophique (www.google.com).....16

Figure 12. Station d'échantillonnages 18

Figure 13. Filet Working Party II (ScorUnesco, 1968) 19

Figure 14. Variabilité de la richesse spécifique au niveau des îles Habibas 28

Figure 15. Variabilité de l'Equitabilité.au niveau des îles Habibas.....29

Figure 16. Variabilité de l'indice de Shannon au niveau des îles Habibas..... 30

Figure 17. Variabilité de la richesse spécifique à Sidi Fredj..... 31

Figure 18. Variabilité de l'Equitabilité à Sidi Fredj..... 32

Figure 19. Variabilité de l'indice de Shannon à Sidi Fredj..... 33

Figure 20. Diagramme rang -fréquence des espèces du zooplancton gélatineux durant le printemps dans les stations A : S1, B : S2, C : S3, D : S4, E : S5, F : S6 35

Figure 21. Diagramme rang -fréquence des espèces du zooplancton gélatineux des îles Habibas 38

Figure 22. Diagramme rang -fréquence des espèces du zooplancton gélatineux à Sidi Fredj en mars 42

Figure 23. Diagramme rang -fréquence des espèces du zooplancton gélatineux à Sidi Fredj en avril 43

Figure 24. Diagramme rang -fréquence des espèces du zooplancton gélatineux à Sidi Fredj en juillet 45

Figure 25. Diagramme rang -fréquence des espèces du zooplancton gélatineux à Sidi Fredj en novembre 46

Liste des tableaux

Tableau 1. La classification du zooplancton gélatineux 26

Tableau 2. Les modèles statistiques (Preemption, Lognormal, Zipf et Mandelbrot) pendant le printemps au niveau des iles Habibas.....36

Tableau 3. Les modèles statistiques (Preemption, Lognormal, Zipf et Mandelbrot) pendant l'été aux iles Habibas 39

Tableau 4. Les modèles statistiques (Preemption, Lognormal, Zipf et Mandelbrot) pendant mars à Sidi Fredj 43

Tableau 5. Les modèles statistiques (Preemption, Lognormal, Zipf et Mandelbrot) pendant Avril à Sidi Fredj.....44

Tableau 6. Les modèles statistiques (Preemption, Lognormal, Zipf et Mandelbrot) pendant juillet à Sidi Fredj.....45

Tableau 7. Les modèles statistiques (Preemption, Lognormal, Zipf et Mandelbrot) pendant novembre à Sidi Fredj.....47

Introduction

Les mers et les océans couvrent plus de 72 % de la surface du globe terrestre. Ils abritent une biodiversité riche mais en majorité encore inconnue. L'Office français de la biodiversité œuvre au quotidien pour protéger le milieu marin et les espèces qui y vivent.

Le milieu marin se caractérise par sa salinité, sa continuité et une grande stabilité. C'est là que la vie est apparue il y a plus de 3 milliards d'années.

Le zooplancton a une place clé au sein de la chaîne trophique marine. Il est à la fois consommateur, prédateur ou proie.

Certaines espèces ont la propriété de se développer très vite et de pulluler, envahissant lagunes, zones côtières et parfois mers entières (Richardson et al., 2009). Ces pullulations représentent un problème récurrent depuis plusieurs décennies mais qui semble être accentué depuis quelque année.

Les réseaux trophiques marins étaient restructurés par les activités de pêche, et des proliférations spectaculaires du zooplancton gélatineux. Les blooms de zooplancton gélatineux sont de plus en plus nombreux à l'échelle mondiale. Ces pullulation ont été signalées en mer Noire, en Méditerranée orientale, dans la mer de Béring et au large du Japon,en Méditerranée Occidentale et dans l'océan Austral et l'océan Atlantique nord-ouest (Atkinson et al., 2004;Madin et al., 2006).

Notre présente contribution se propose d'analyser la composition et la distribution des populations du zooplancton gélatineux (Appendiculaires, Chaetognathes, Dolioles, Mollusques planctoniques, Salpes et Siphonophores) sur certaines stations de la côte algérienne. Celles-ci représentent une part importante au sein de la faune zooplanctonique. Elles occupent une place clé au sein du réseau trophique pélagique: elles y assurent le flux du carbone organique vers les échelons supérieurs (Banse, 1995).

Le premier chapitre de ce mémoire est consacré à des généralités ; description morphologique des principales composantes de la faune zooplanctonique. Le second chapitre comporte la méthodologie et les stations choisies pour décrire les principaux objectifs fixés pour cette étude. Dans le troisième et quatrième chapitre y figure les interprétations et les discussions de nos résultats.

La problématique de ce présent travail constitue un complément d'étude aux nombreux travaux déjà réalisés au sein des côtes algériennes. Il s'intègre dans les thématiques inscrites

au sein du projet de recherche de l'équipe écosystème pélagique du laboratoire d'Océanographie Biologique et Environnement Marin de la Faculté des Sciences Biologiques.

Chapitre I. Généralités

Le zooplancton gélatineux est un groupe taxonomiquement diversifié de macrozooplancton. Ils peuvent être des prédateurs (Méduses, Ctenophores et Siphonophores) ou des filtreurs (Appendiculaires, Doliolidés et Salpidés) (Figure 1).



Figure 1. Le zooplancton sous le microscope (www.google.com)

1. Classification Taxonomique

a. Tuniciers

Les tuniciers préalablement nommés Urochordés, appartiennent à l'embranchement des chordés et sont les espèces océaniques gélatineuses les plus proches de l'Homme (Figure 2).

On retrouve trois classes au sein de ce phylum : les Ascidiacea, les Larvacea (appendiculaires) et les Thaliacea (salpes, dolioles et pyrosomes).

Les thaliacés sont connus pour vivre en colonies ou en chaînes mesurant plusieurs dizaines de mètres de long. Les tuniciers pélagiques sont tous des filtreurs se nourrissant préférentiellement de protistes, bactéries ou même de virus.

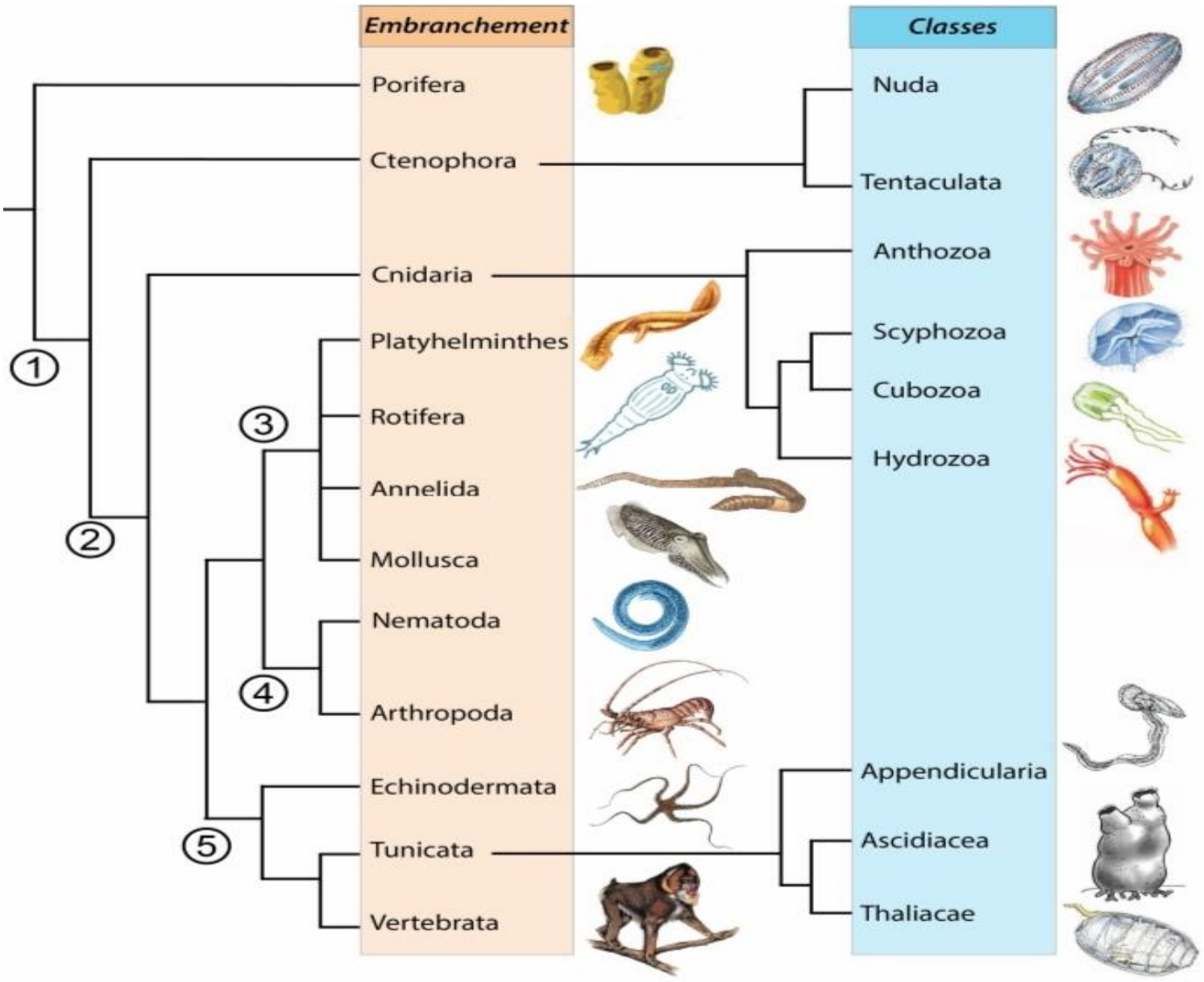


Figure 2. Arbre phylogénétique du vivant (Khames, 2019)

b. Cténophores

Les cténophores sont supposés être les plus anciens organismes gélatineux avec la découverte de fossiles datant du pré-Cambrien. Ces animaux se déplacent à l'aide de petites rangées de cils situés à la surface du corps, aussi appelés ctènes (Figure 2).

L'embranchement des cténophores est séparé en deux classes, celui desNuda et des Tentaculata. Les cténophores se nourrissent principalement de crustacés, d'œufs de poissons ou encore d'autres espèces zooplanctoniques gélatineuses.

c. Méduses

Dans le langage courant le terme "méduse" est attribué à l'ensemble des espèces gélatineuses de taille macroscopique. En réalité, le mot "méduse" ou "vraie méduse" fait référence aux organismes issus du groupe des cnidaires. Depuis plus de 500 millions d'années, les cnidaires se sont diversifies tant sous la forme polype (axée au fond des océans) que méduse (libre dans la colonne d'eau). Certains cnidaires existent seulement sous le stade polype (cycle holo-benthique), d'autres uniquement sous le stade méduse (cycle holoplanctonique), tandis que d'autres passent d'un stade à l'autre au cours de leur cycle de vie.

2. Les déférents groupes zoologiques

a. Siphonophorae

Les siphonophores sont des organismes les plus complexes de tous les cnidaires. Ils portent différents types de zoïdes sur une longue tige (Figure 3& 4). La longueur du corps varie entre 20 mm et 50 m. Ils sont extrêmement fragiles et vivent presque exclusivement dans les eaux océaniques (Mapstone, 2014). La plupart des espèces portent des cloches natatoires. Certains ont un flotteur (Pneumatophore). Ils ont une longue tige formée par des unités spécialisées appelées cormidies. Elles servent à l’alimentation, la reproduction, la protection ainsi que la flottabilité.

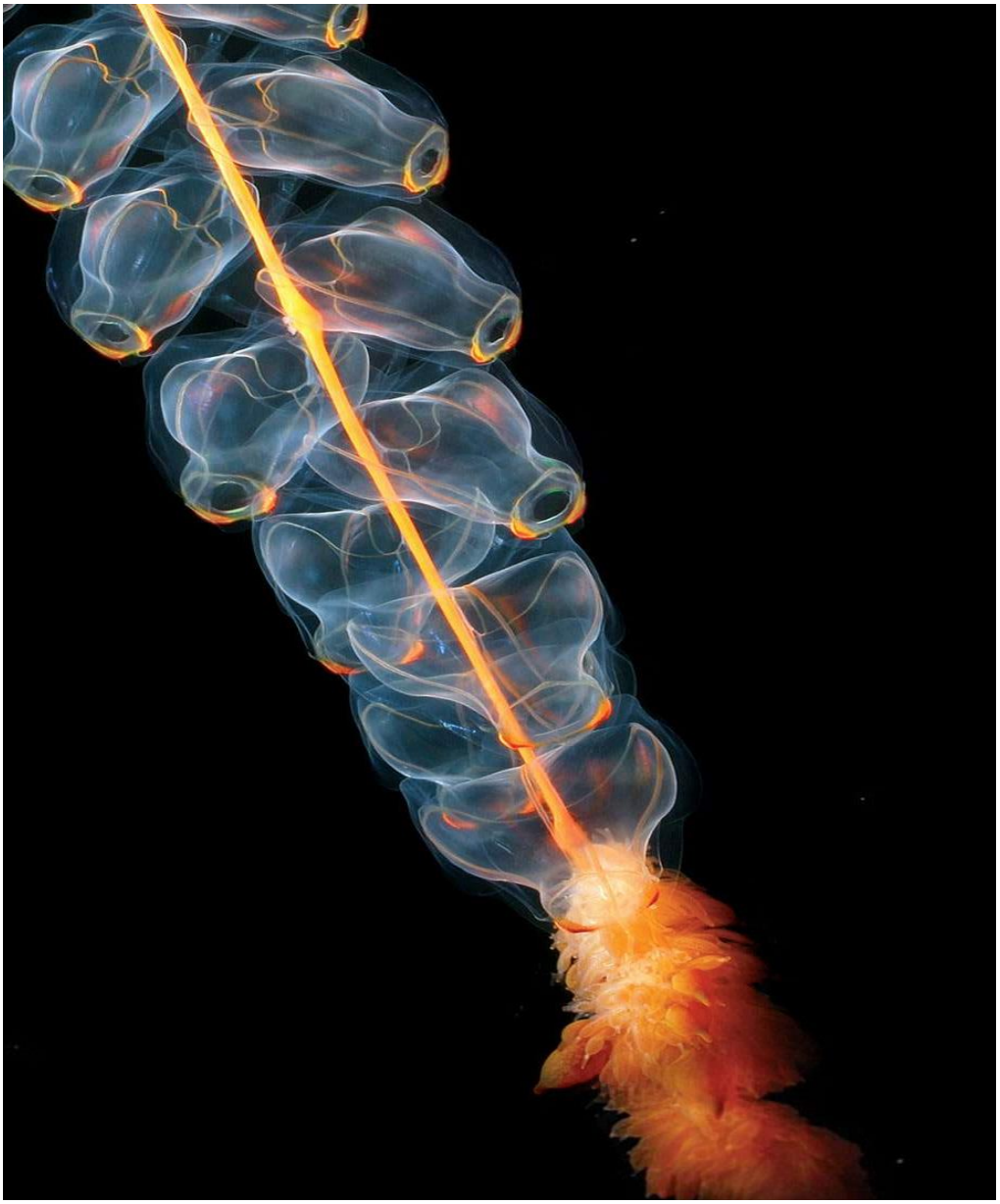


Figure 3. Siphonophore sous le microscope (www.google.com)

Les siphonophores habitent les eaux profondes ; ces carnivores vivent au-dessous de la surface pour éviter les turbulences. Les grandes espèces habitent les grandes profondeurs. Elles étendent passivement leurs longs tentacules urticants, formant un véritable filet à pêche. Certaines espèces produisent de la lumière scintillante afin d'attirer et empoisonner des animaux pour s'en nourrir. Les petites espèces fréquentent la zone épipélagique où ils sont à l'affût des copépodes et d'autres espèces zooplanctoniques.

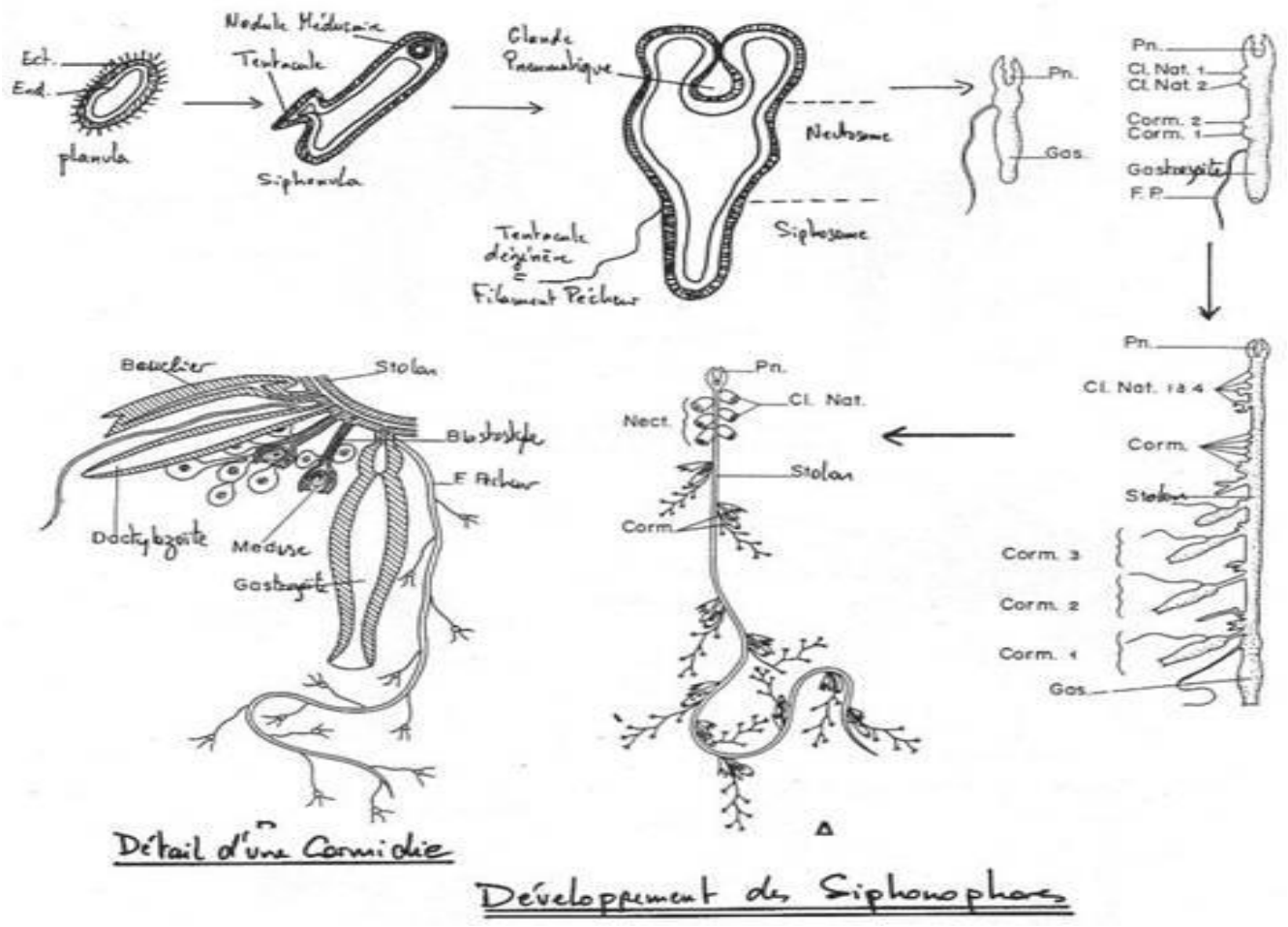


Figure 4. Le cycle de reproduction chez les siphonophores (www.google.com)

b. Appendicularia

Les Appendiculaires sont des organismes pélagiques transparents dont le cycle vital a une courte durée. Le corps est composé d'un tronc et d'une queue contenantune chorde. Le tronc est constitué de trois parties distinctes : une partie digestive, une partie génitale et une partie pharyngienne (Figure 5).

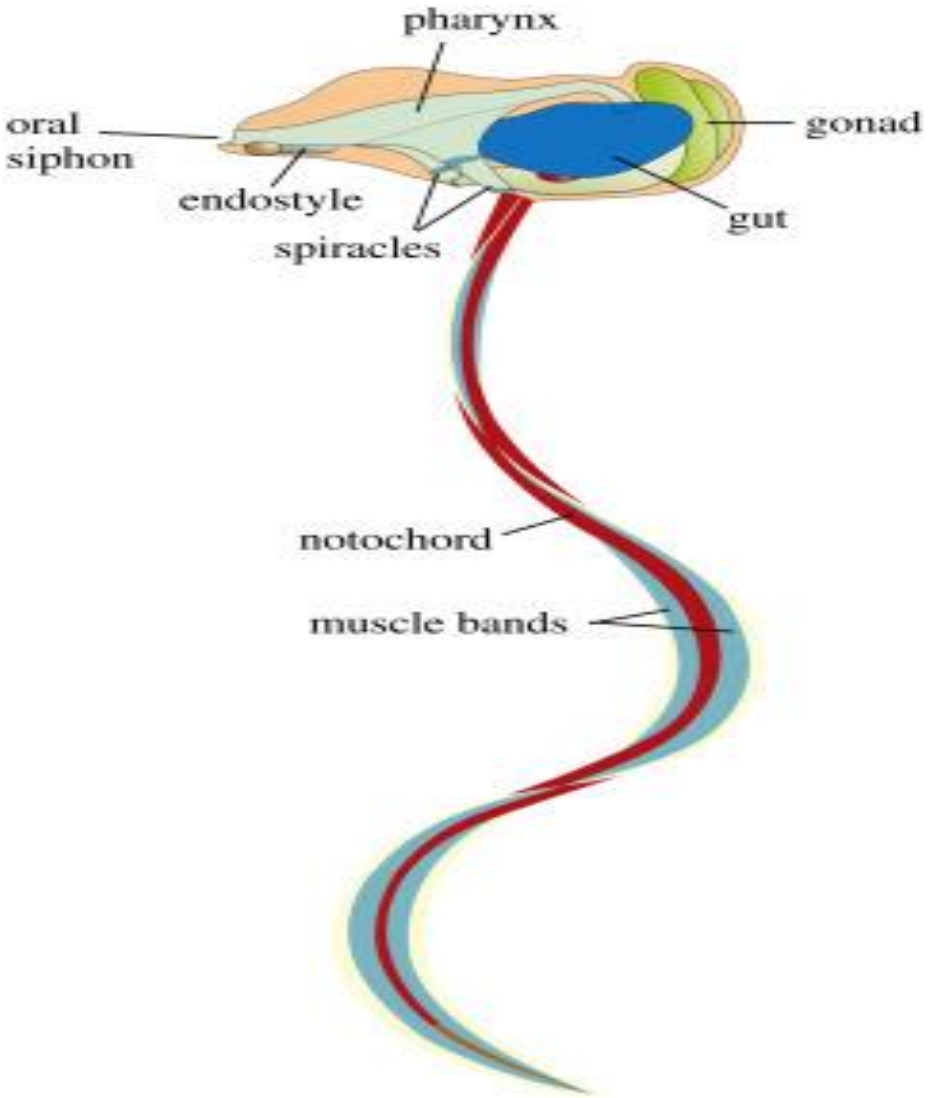


Figure 5. Schéma d'un appendiculaire (www.google.com)

Les appendiculaires vivent dans une logette composée par des filtres (Figure 6). Elle assure la protection et la filtration de l'eau de mer. Les logettes constituent une portion non négligeable de la matière organique qui sédimente en profondeur. Elle prend la dénomination de la neige marine (Harbiso, 2001).

Ces structures gélatineuses abandonnées peuvent être colonisées et utilisées comme un substrat par d'autres organismes (Méduses, Siphonophores, Chaetognathes, Copépodes, Euphausiacés, Décapodes et larves de Polychètes) (Huys, 2016). Les appendiculaires s'alimentent sur une vaste gamme de taille de particules ; aussi petites que de colloïde et aussi grande que des diatomées et des ciliés. Grâce à leur système de filtration, les

appendiculaires sont capables de soustraire une quantité non négligeable des populations de phytoplancton et de bactéries.

Ces tuniciers représentent une source de nourriture disponible pour de nombreux carnivores planctoniques (Chaetognathes, Foraminifères, Méduses, œufs et larves de Poissons) (Purcell et al., 2005).



Figure 6. Photo réelle d'un appendiculaire sous le microscope (www.google.com)

c. Thaliacea

Les Thaliacés sont des filtreurs planctoniques appartenant à l'embranchement des Chordés. Ils se divisent principalement en deux ordres :Doliolida et Salpida.

Salpida

Salpida est le plus diversifié de la classe des Thaliacés. Leur mode de reproduction estcomplexe ; alternance entre une phase asexuée (oozooide) et une phase sexuée (blastozooide). Une salpe solitaire (oozooide) peut donner une chaine de plusieurs

dizaines d'individus (Figure 7). Ces derniers sont capables de synchroniser leurs contractions musculaires pour se déplacer.

Leurs taux de filtration sont très élevés. Certaines espèces sont capables d'assimiler des particules inférieures à 1 µm. Elles se nourrissent principalement d'organismes nano et microzooplanctoniques. Les salpes représentent une source très importante de nourriture pour plus d'une quarantaine de populations halieutiques ainsi que les cnidaires et les ptéropodes (Madin et al., 1996).

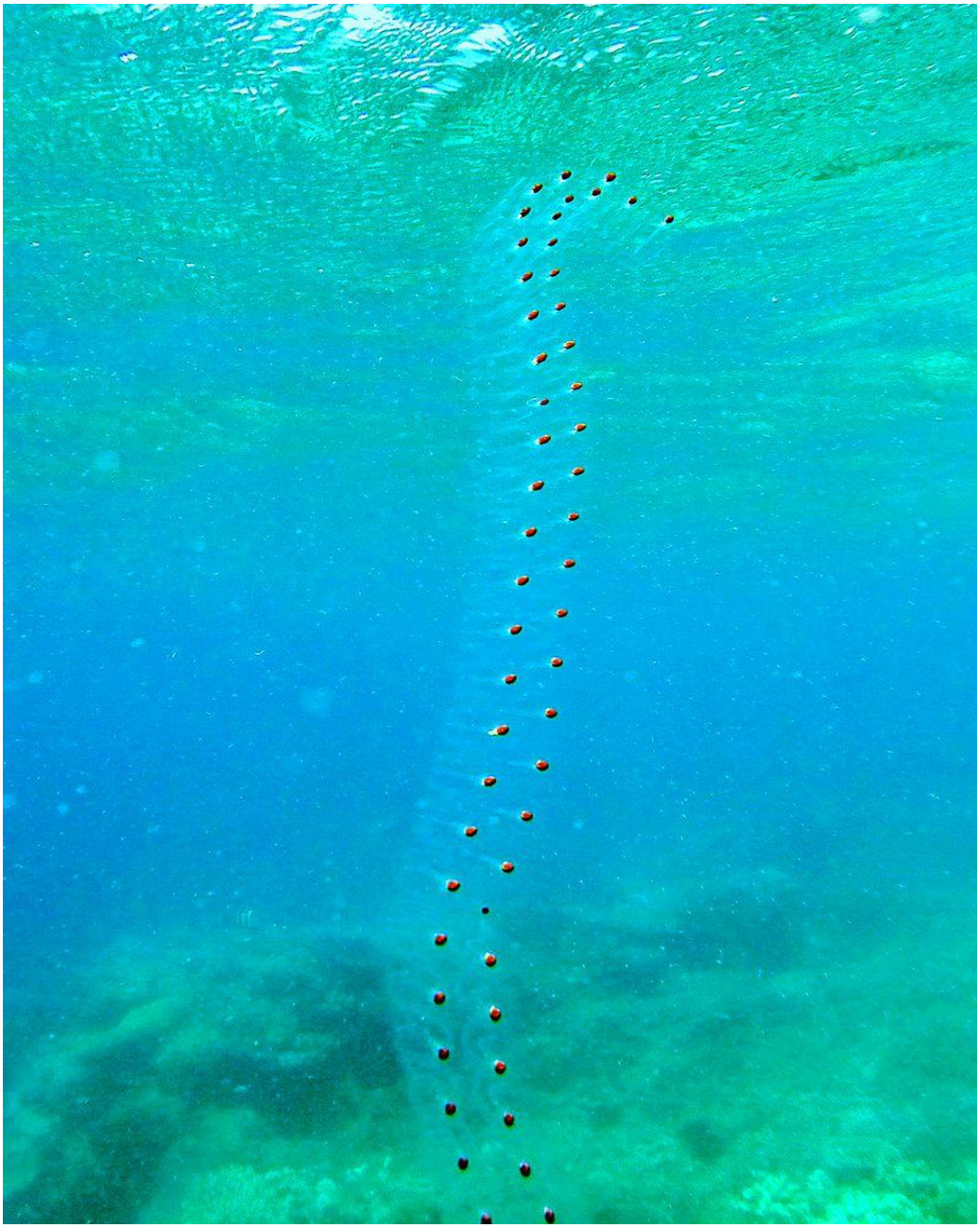


Figure 7. Chaîne de salpe (www.google.com)

Doliolida

Ce groupe de tunicier holoplanctonique comprend 4 genres et 20 espèces de petite taille (de 2 à 10 mm) (Figure 8). Il est composé par 5 stades asexués et un seul stade sexué (gonozoide). (Godeaux et al., 1998)

Les dolioles se nourrissent sur une vaste gamme de particules (bactéries, flagellés, diatomées et autres espèces de phytoplancton). Les dolioles sont très prolifiques. Dès que les conditions sont favorables, ils se reproduisent très rapidement et supplantent les autres espèces de zooplancton. (Castellani & Edwards, 2017)



Figure 8. Doliolide sous le microscope (www.google.com)

d. Mollusque pélagique

Les Thecosomata sont les mollusques pélagiques les plus représentatifs au sein du zooplancton gélatineux. Ils appartenant à la classe des Gastéropodes opistobranches pourvus de carapace surmontée par des tissus gélatineux (Pseudothecosomata) (Figure 9). (Madin & Harbiso, 2001).

Ces organismes holoplanctoniques vivent dans tous les océans. Ils peuplent toutes les profondeurs. Grace à une substance muqueuse qu'ils secrètent, les Mollusques pélagiques se nourrissent de phytoplancton et du zooplancton de petites tailles (Diatomés, Dinoflagellés, Tintinnides et Copépodes) (Hunt et al., 2008).

Le mucus sécrété est périodiquement extrait et ingéré avec les particules adhérentes. Il est immédiatement remplacé par une nouvelle sécrétion. En effet, les organismes pourraient être fortement affectés par l'augmentation des concentrations de CO2 atmosphérique. L'augmentation de cette acidification pourrait leur être fatale (Orr et al., 2005).



Figure 9. Les Mollusques pélagiques sous le microscope (www.google.com)

e. Chaetognatha

Les Chaetognathes sont des invertébrés marins constituant un phylum de 130 espèces. La plupart d'entre elles sont planctoniques (Figure 10).

Ces carnassiers voraces peuvent exercer une forte pression sur des invertébrés tels que les copépodes, appendiculaires, alevins, larves très variées et même d'autres chaetognathes.

Les chaetognathes sont considérés comme une composante majeure au sein du réseau trophique. C'est un élément très important dans le transfert de l'énergie et de la biomasse (flux de carbone) vers les niveaux trophiques supérieurs. Dans l'océan mondial, ils représentent entre 5% et 15% de l'abondance totale zooplanctonique. Cesplanctontes nageuses habitent toutes les profondeurs des milieux marins, y compris les estuaires, de la région polaire jusqu'à la région tropicale (Fernades et al.,2005).



Figure 10. Image d'un Chaetognathe (www.google.com)

3. Ecologie

3. 1. Facteurs biotiques

L'évolution de la température de l'eau peut entrainer une prolifération de la plupart des gélatineux. En effet, pour la majorité des espèces, les températures moyennes à élevées favorise les phénomènes de reproduction.

La salinité influence aussi la taille et la reproduction des populations de gélatineux, cependant les variations de ce paramètre sont beaucoup plus délicates.

Les ressources du milieu en nutriments et en dioxygène représentent un facteur permettant l'accroissement des populations.

3. 2. Facteurs abiotiques

Les facteurs météorologiques (exemple : période de forte pluviosité) impliquant un apport en nutriments dans l'estuaire permettent l'accroissement des populations de gélatineux.
La surpêche réduit la population de poissons prédateurs des gélatineux et provoque l'augmentation des populations de gélatineux (Mills, 2001).

4. Nutrition

De nombreuses espèces de zooplancton vivent dans la zone des pulsars de l'océan, les profondeurs où la lumière du soleil peut pénétrer où elles se nourrissent de phytoplancton. Le réseau trophique commence par le phytoplancton, qui est le produit principal.

Les espèces du zooplancton migrent vers la surface le matin lorsque le phytoplancton est abondant, et descendent la nuit pour échapper aux prédateurs.

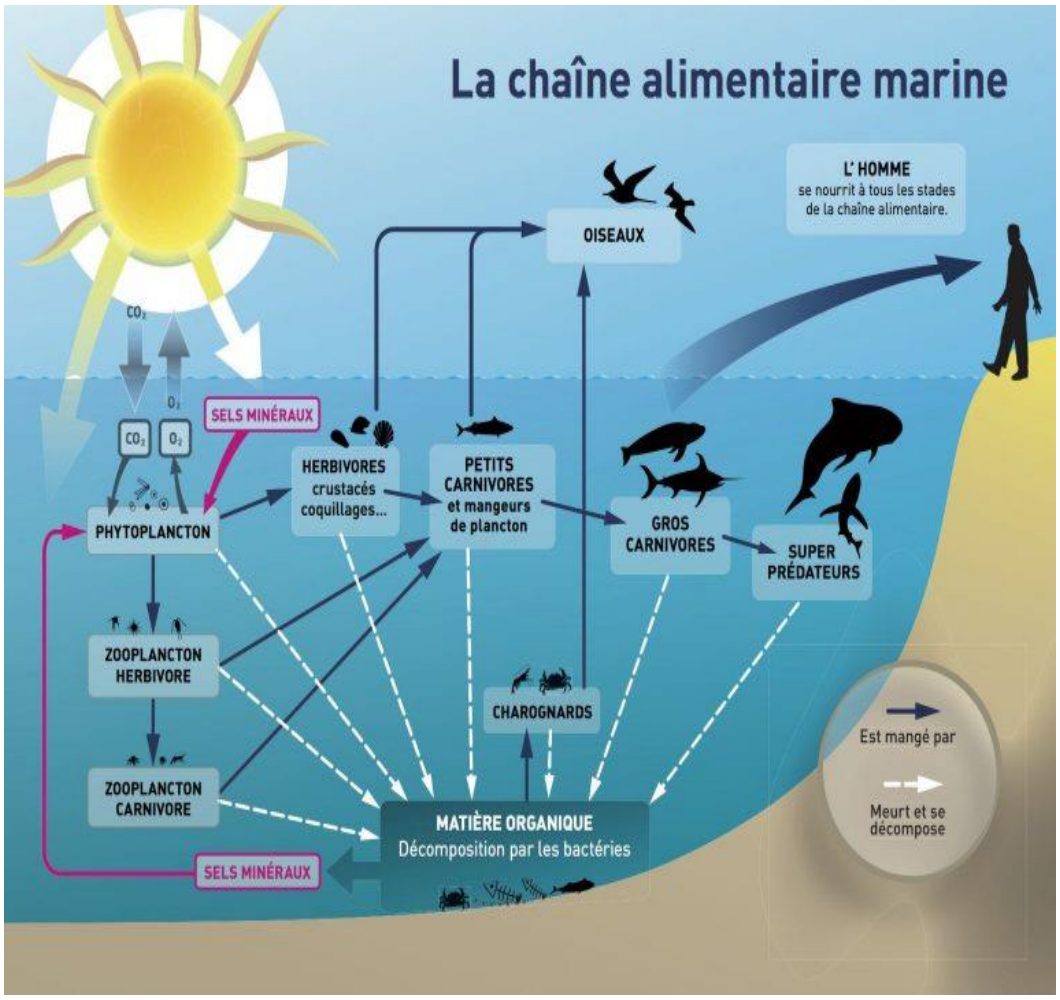


Figure 11. Chaine trophique (www.google.com)

Chapitre II. Matériel et méthodes

1. Zones étudiées et prélèvements

Le matériel planctonique étudié provient de plusieurs sorties d'échantillonnages. Elles ont été réalisées le long de la côte algérienne entre 1°W et 6°E (Longitudes) et 35°N et 37°N (Latitudes). Elles se répartissent sur plusieurs zones de la côte Algérienne : **Îles Habibas, baie de Bou Ismail.**

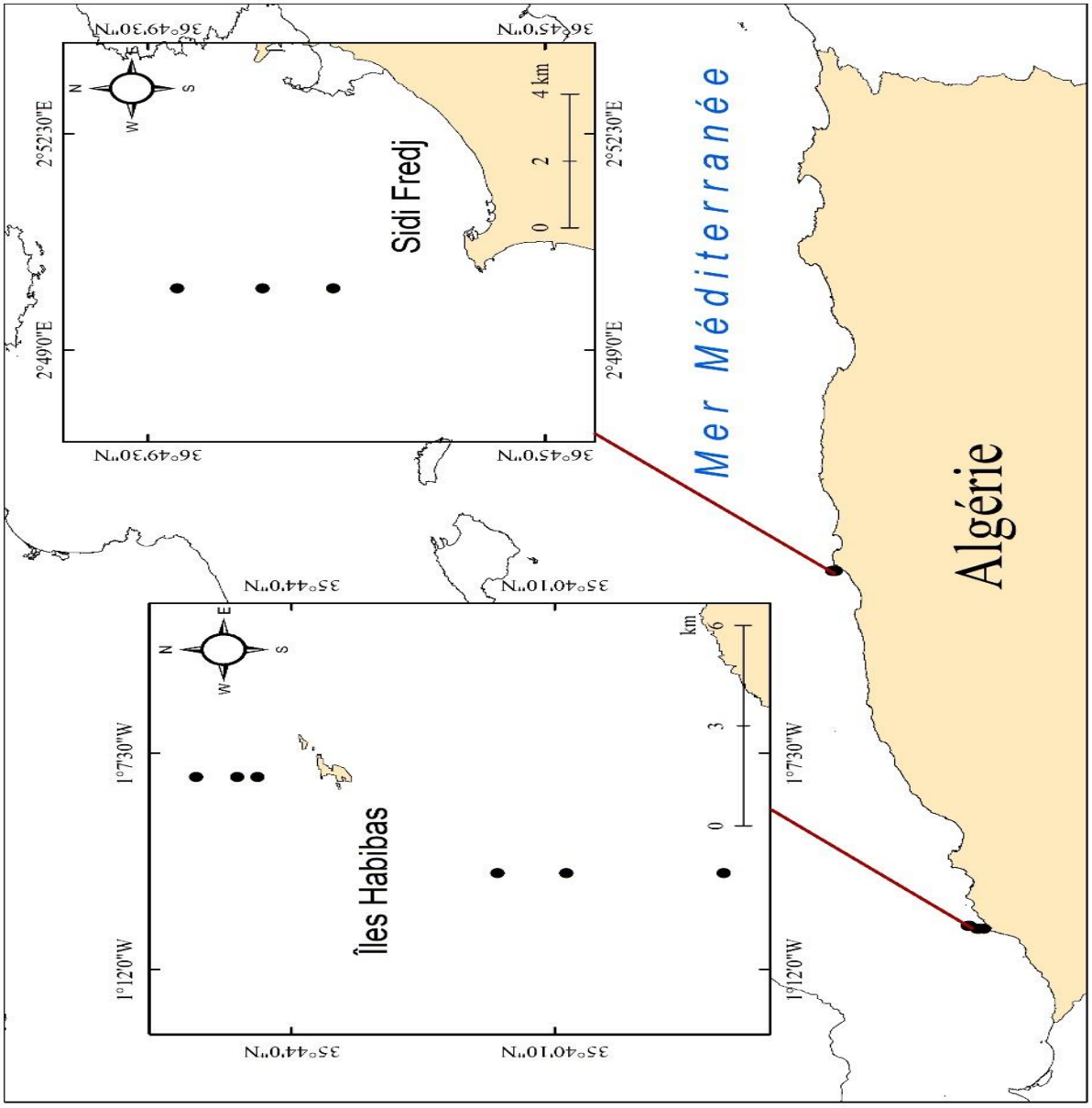


Figure 12. Station d'échantillonnages

Les prélèvements ont été réalisés au niveau de la couche épipélagique (0-100 mètres), par l'utilisation du filet standard Working Party II de 350 µm de vide de maille (Figure 13). Les pêches planctoniques ont été suivies par une série de mesures physico-chimiques (Température, Salinité, Chlorophylle a).

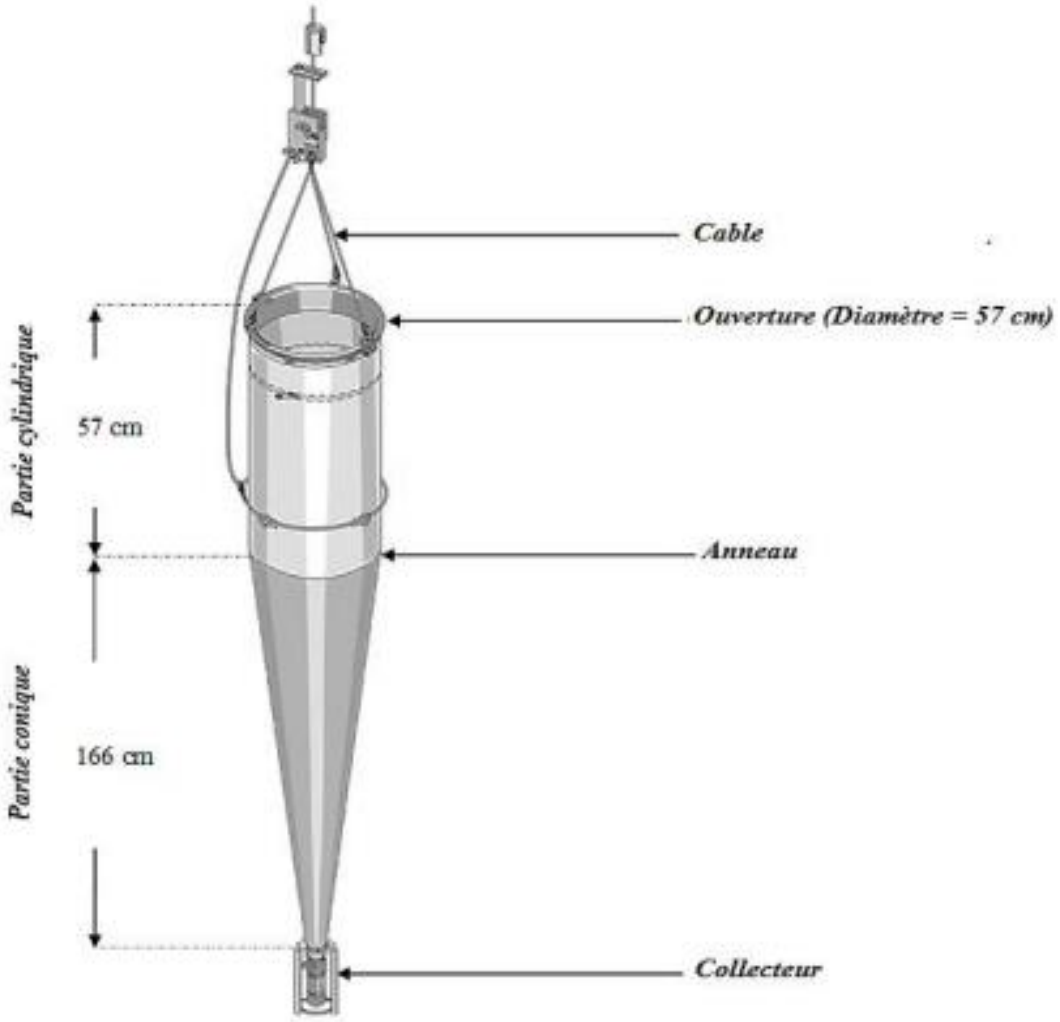


Figure 13. Filet Working Party II (ScorUnesco, 1968)

Les identifications ont été faites sous une loupe binoculaire de type Zeiss. L'utilisation d'un microscope optique s'est avérée indispensable lorsque les différences entre espèces nécessitent l'observation des critères d'identification.

Dans le but des études qualitatives et quantitatives, le zooplancton récolté est fixé au formol neutralisé à 4 % (Unesco, 1968).

2. Analyse structurale

Dans la présente étude afin d'évaluer la structure de la communauté du zooplancton gélatineux, nous avons calculé les indices de diversités, construit des Diagrammes Rangs Fréquences et ajuster des modèles mathématiques aux résultats du dénombrement du zooplancton gélatineux.

2. 1. Indice de Shannon

L'indice de diversité de Shannon est une application aux communautés naturelles de la théorie de l'information élaborée par Shannon en 1948. L'idée de base de cette théorie est qu'un évènement apporte d'autant plus d'information que sa probabilité d'apparition est faible et inversement. Si la capture d'un individu dans un échantillon est considérée comme un évènement, il est alors possible de mesurer l'information apportée. Si l'on additionne l'information apportée par chaque espèce, on obtient alors l'information totale au sein de la communauté. Dans la pratique, il est impossible de connaître la probabilité de capture d'une espèce mais on peut la remplacer par la fréquence d'apparition d'une espèce dans un échantillon. L'indice de diversité de Shannon représente l'entropie du système (H') et se calcule d'après Magurran, 2013:

$$H' = -\sum p_i \times Ln\, p_i$$

Où piest la fréquence relative pour l'espèce i.

$p_i = {n_i}/{N}$; n_i est le nombre d'individus de l'espèce et **N** est le nombre total d'individus.

Indice de Piélou

Afin de comparer différents écosystèmes entre eux, Piélou (1966), a apporté une amélioration en introduisant un indice d'équitabilité (**J**) qui se calcule d'après Magurran,2013 :

$$J = {H'}/{log_2(s)}$$

Où ***S***est le nombre d'espèces. L'indice de Piélou varient entre 0 et 1. Plus il se rapproche de 1, plus l'écosystème est mature ou stable, proche de 0 plus l'écosystème est instable ou immature.

2. 2. Diagrammes Rangs-Fréquences (DRF)

Le diagramme rang-fréquence permet de décrire l'état de l'écosystème. Les espèces de l'échantillon examiné sont d'abord classées par ordre d'abondance décroissante. Puis l'ensemble est représenté sur un graphique bidimensionnel, le rang et l'abondance de l'espèce.

2. 3. Modèles de distributions d'abondances (SAD)

Ces modèles consistent à ajuster les distributions d'espèces observées à des fonctions mathématiques reliant le rang à la fréquence de l'espèce (Frontier & Etienne, 1990). Ils permettent de donner une image plus détaillée de la structure du peuplement, que le simple calcul d'un indice de diversité.

Quatre modèles ont été utilisés dans le présent travail :

- **Modele geometric-series**
- **Modele log-normal**
- **ModèleZipf**
- **Modèle de Mandelbrot**

a. Modèlegeometric-series

Le modèle de **geometric-series** également appelé Modèle de préemption (de niche) ou Modèle de Motomura) a un seul paramètre ajusté. L'abondance des espèces au rang r se calcule ainsi :

$$a_r = J_\alpha(1 - \alpha)(r - 1)$$

Dans ce modèle, ***J*** est le nombre d'individus et le paramètre α est un taux de décroissance de l'abondance avec le rang.

Avec ***i*** le rang de l'espèce **i**.

b. Modèle Log-normal

Une distribution des abondances des espèces qui s'ajuste selon le modèle log-normal résultat de la dynamique d'un nombre élevée d'espèces dont la croissance, dans l'espace-temps, se fait de manière exponentielle en écrivant :

$$\boldsymbol{N(i) = \alpha e^{ri}}$$

$\boldsymbol{ri}$ est une variable aléatoire.

Etant donné **N(i)** est une fonction exponentielle, le Ln(N(i)) est une distribution normale (May, 1975). Selon Mac Arthur (1957), le taux de croissance des espèces opportuniste serait contrôlé par des variations indépendantes et stochastiques environnementaux, dont l'effet multiplicatif conduirait à une distribution log-normale.

Akaike (1973) a mis en évidence une relation entre le maximum de vraisemblable (likelihood) et l'information qui est perdue. Ainsi, l'AIC d'Akaik sert à estimer d'information perdue.

La sélection du meilleur ajustement a été effectuée en utilisant le critère d'Akaik(AIC) et qui se calcule selon la formule suivante :

$$\boldsymbol{AIC = -2L(\theta) + 2K}$$

AIC: critère d'information d'Akaik. C'est un compromis entre l'ajustement et le nombre de paramètre.

$\boldsymbol{L(\theta)}$: maximum de vraisemblance (Likelihood). Elle mesure l'ajustement du modèle, une valeur élevée indique un modèle plus vraisemblable.

K: nombre de paramètres estimés dans chaque modèle. Il est égal à 1 pour le modèle geometric-series et à $k = 2$ pour les modèles log-normal et log-series (Dolan et al. 2007).

La sélection de modèles consiste à choisir un modèle parmi un ensemble de modèles candidats. Le choix du modèle se fera en fonction de la valeur la plus basse de l'***AIC*** (plus petit le AIC signifie le modèle qui perd le moins d'information).

$$\boldsymbol{W_k^{AIC} = \frac{\exp\left[-AIC_k/2\right]}{\sum_{l=1}^{k} exp\left[-AIC_l/2\right]}}$$

Bayesian Information Criterion (***BIC***) est une autre façon de noter un modèle en fonction de son maximum de vraisemblance et de sa complexité.

c. Modèle Zipf

Dans le modèle Zipf, il y a deux paramètres ajustés, l'abondance des espèces au rang r est calculée comme suit :

$$\boldsymbol{ar = J \times P_1 \times r^{\gamma}}$$

Dans le modèle de Zipf, $\boldsymbol{J}$ est le nombre d'individus, $\boldsymbol{P_1}$ est la proportion d'espèce les plus abondantes et $\boldsymbol{\gamma}$ est un coefficient de décomposition.

d. Modèle de Mandelbrot

Le modèle Mandelbrot ajoute un paramètre au modèle Zipf, l'abondance des espèces au rang r est calculée comme ceci :

$$\boldsymbol{ar = Jc(r + \beta)^{\gamma}}$$

L'ajout du paramètre **β**fait que la partie $\boldsymbol{P_1}$ du modèle Zipf devient une simple constante d'échelle **c**.

Pour le calcul des paramètres du modèle nous avons utilisé les fonctions pré programmé du programme SADS Version 0.2.4 (Prado et al., 2018).

Chapitre III. Résultats

1. Biodiversité

49 taxons ont été dénombrés. Ceux-ci se répartissent sur 5 phylums (cnidaria, leptothecata, chordata, mollusca, chaetognatha), et 15 ordres (trachymedusae, leptothecata, hydrozoa, anathoathecata, limnomedusae, semaeostomeae, trachymedusae, siphonophorae, copelata, salpida, doliolida, thaliacea, pteropoda, aphragmophora) (Tableau 1).

Les espèces de Cnidaires sont majoritaires avec (23 d'espèces). Il s'agit de : *Aglaurahemistoma, Clytiahemisphaerica, Clytiaspp, Eucheilotaparadoxica, Hydractiniasp., Lizziablondina, Liriopetetraphylla, Mitrocomiumcirratum, Obeliaspp, Pelagianoctiluca, Proboscidactylaornata, Phialella quadrata, Rhopalonemavelatum, Solmundellabitentaculata, Solmarissp, Agalma elegans, Abylopsistetragona, Chelophyesappendiculata, Lensia subtilis, Lensiasubtiloides, Muggiaeaatlantica, Muggiaeakochii, Nanomiabijuga, Sphaeronectesirregularis*.

Les Chordata viennent en deuxième position avec (14 espèces). On y cite : *Fritillaria, formica tuberculata, Fritillariafraudax, Fritillariapellucida, Oikopleuradioica, Oikopleurafusiformis, Oikopleuraintermedia, Oikopleuralongicauda, Oikopleurarufescens, Cyclosalpaaffinis, Doliolinakrohni, Doliolumnationalis, Kowalevskiaoceanica, Salpafusiformis, Thalia democratica.*

En troisième position, les Mollusques enregistrent 6 espèces. Il s'agit de : *Cavoliniainflexa, Clio polita, Creseis virgula, Heliconoidesinflatus, Limacinabulimoides, Limacinatrochiformis.*

Enfin, les Chaetognathes enregistrent 5 espèces : *Flaccisagittaenflata, Mesosagitta minima, Pterosagittadraco, Parasagittafriderici, Pseudosagittalyra.*

Tableau 1. La classification du zooplancton gélatineux

Phylum	Ordre	Genre et espèce
Cnidaria	Trachymedusae	*Aglaura hemistoma*
	Leptothecata	*Clytia hemisphaerica*
	Hydrozoa	*Clytia spp*
	Leptothecata	*Eucheilota paradoxica*
	Anthoathecata	*Hydractinia sp.*
	Anthoathecata	*Lizzia blondina*
	Limnomedusae	*Liriope tetraphylla*
	Leptothecata	*Mitrocomium cirratum*
	Leptothecata	*Obelia spp*
	Semaeostomeae	*Pelagia noctiluca*
	Anthoathecata	*Proboscidactyla ornata*
	Leptothecata	*Phialella quadrata*
	Trachymedusae	*Rhopalonema velatum*
	Narcomedusae	*Solmundella bitentaculata*
	Narcomedusae	*Solmari ssp*
	Siphonophorae	*Agalma elegans*
	Siphonophorae	*Abylopsis tetragona*
	Siphonophorae	*Chelophyes appendiculata*
	Siphonophorae	*Lensia subtilis*
	Siphonophorae	*Lensia subtiloides*
	Siphonophorae	*Muggiaea atlantica*
	Siphonophorae	*Muggiaea kochii*
	Siphonophorae	*Nanomia bijuga*
	Siphonophorae	*Sphaeronectes irregularis*
Chordata	Copelata	*Fritillaria formica tuberculata*
	Copelata	*Fritillaria fraudax*
	Copelata	*Fritillaria pellucida*

	Copelata	*Oikopleura dioica*
	Copelata	*Oikopleura fusiformis*
	Copelata	*Oikopleura intermedia*
	Copelata	*Oikopleura longicauda*
	Copelata	*Oikopleura rufescens*
	Salpida	*Cyclosalpa affinis*
	Doliolida	*Doliolina krohni*
	Doliolida	*Doliolum nationalis*
	Copelata	*Kowalevskia oceanica*
	Salpida	*Salpa fusiformis*
	Thaliacea	*Thalia democratica*
Mollusca	Pteropoda	*Cavolinia inflexa*
	Pteropoda	*Clio polita*
	Pteropoda	*Creseis virgula*
	Pteropoda	*Helicono idesinflatus*
	Pteropoda	*Limacina bulimoides*
	Pteropoda	*Limacina trochiformis*
Chaetognatha	Aphragmophora	*Flaccisagitta enflata*
	Aphragmophora	*Mesosagitta minima*
	Aphragmophora	*Pterosagitta draco*
	Aphragmophora	*Parasagitta friderici*
	Aphragmophora	*Pseudosagitta lyra*

2. Les indices de diversité

2. 1. Îles Habibas

2.1.1. La richesse spécifique

Au niveau de l'archipel Habibas, la richesse spécifique est plus élevée pendant la période printanière (mai). Elle varie entre un minimum de 22 espèces et un maximum de 26 espèces. Par contre, la saison estivale enregistre de faibles valeurs par rapport à la saison estivale, entre 14 et 18 (Figure 14).

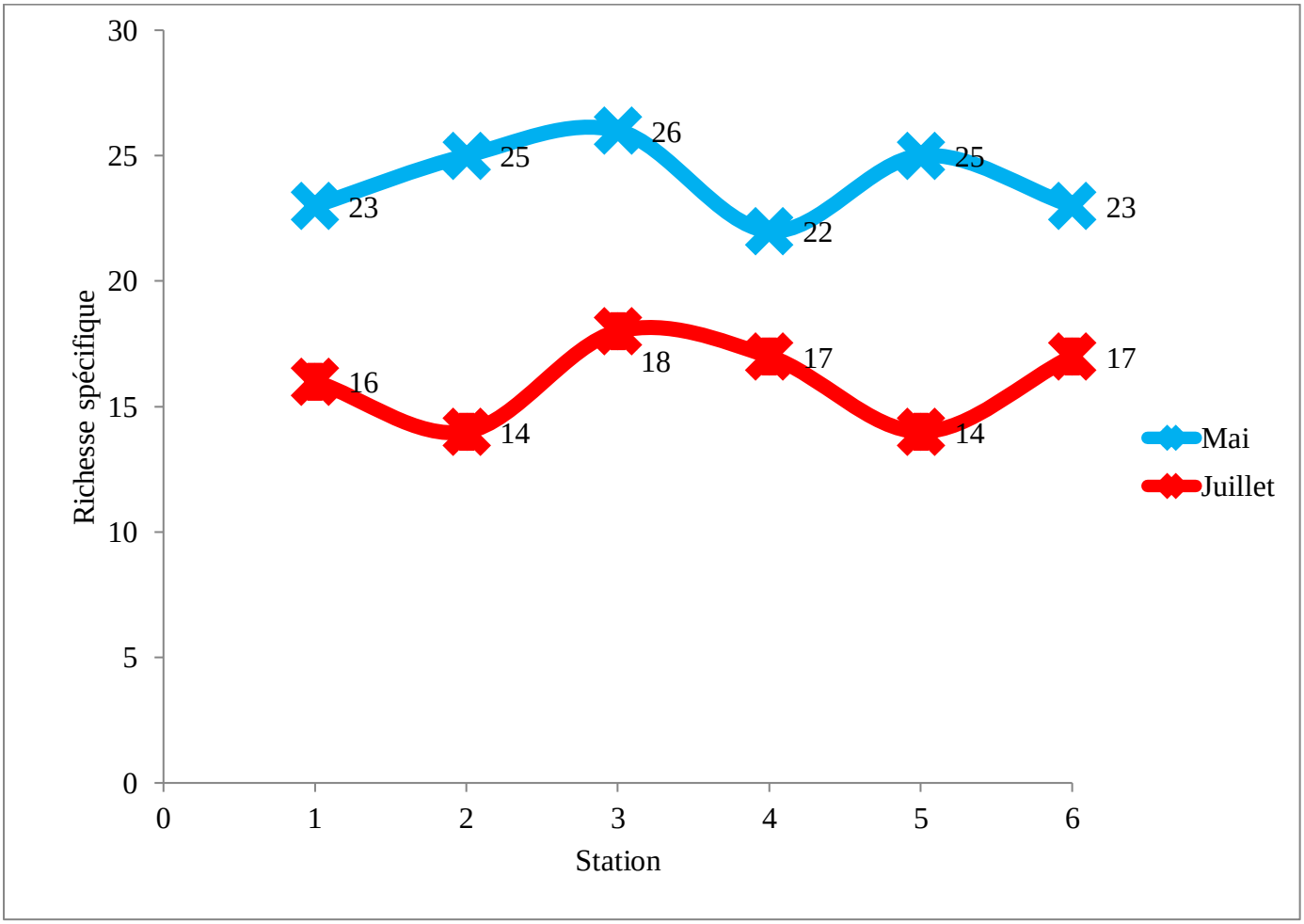


Figure 14. Variabilité de la richesse spécifique au niveau des îles Habibas

2.1.2. Equitabilité

Pendant le mois de mai, le milieu marin est equitable. Les valeurs de l'equitabilité entre 0.6 et 0.8.

Pour Juillet, le milieu est stable. Les valeurs entre 0.5 et 0.8 (Figure 15).

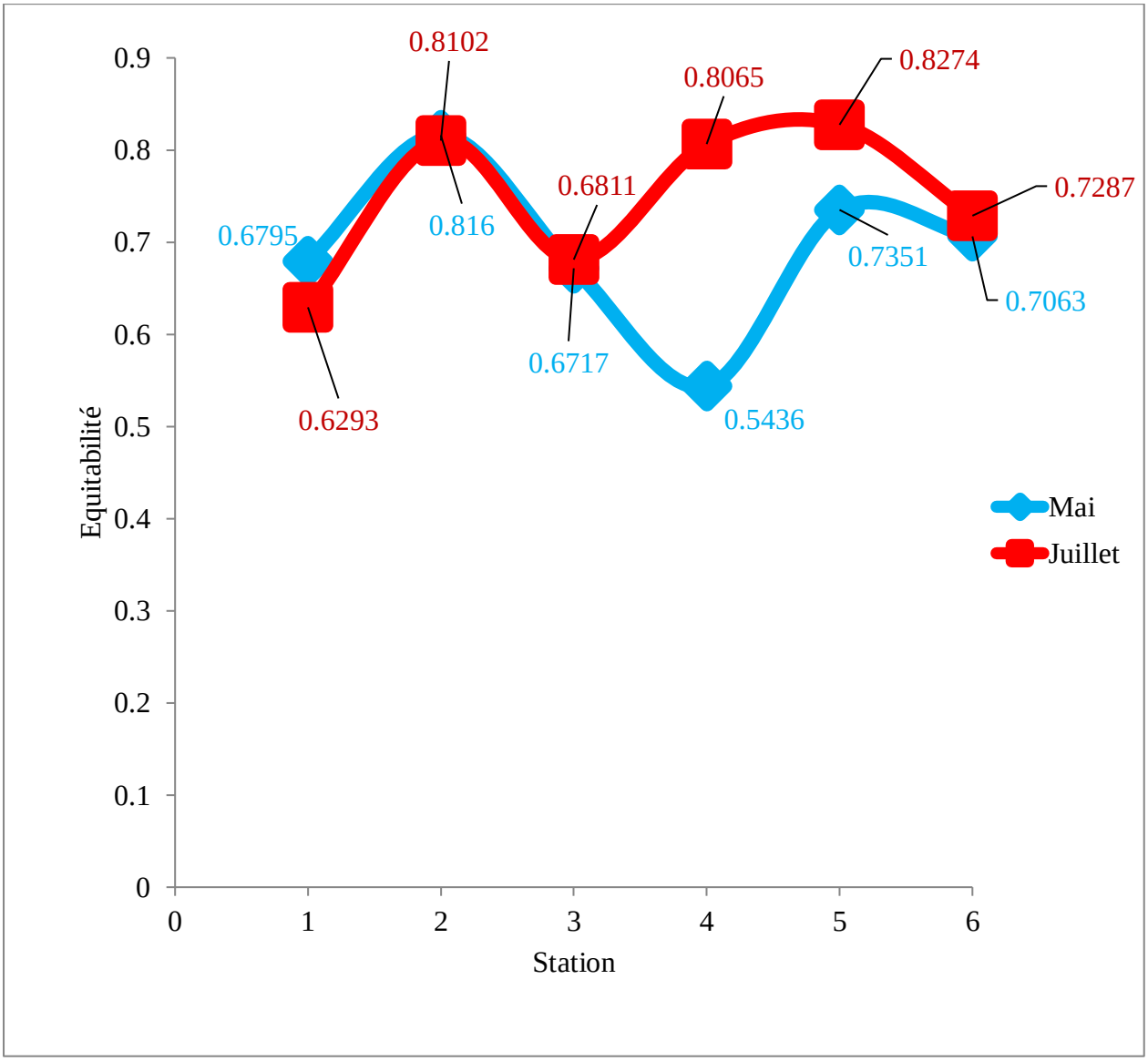


Figure 15. Variabilité de l'Equitabilité au niveau des îles Habibas

2.1.3. L'indice de Shannon

Les valeurs de l'indice de Shannon pendant la période de transition (Mai- Juillet) sont entre 1.68 bit.ind $^{-1}$ et 2.62 bit.ind $^{-1}$.

Pour le mois de juillet, les valeurs sont relativement faibles, entre 1.74 bit.ind $^{-1}$ et 2.28 bit.ind $^{-1}$ (Figure 16).

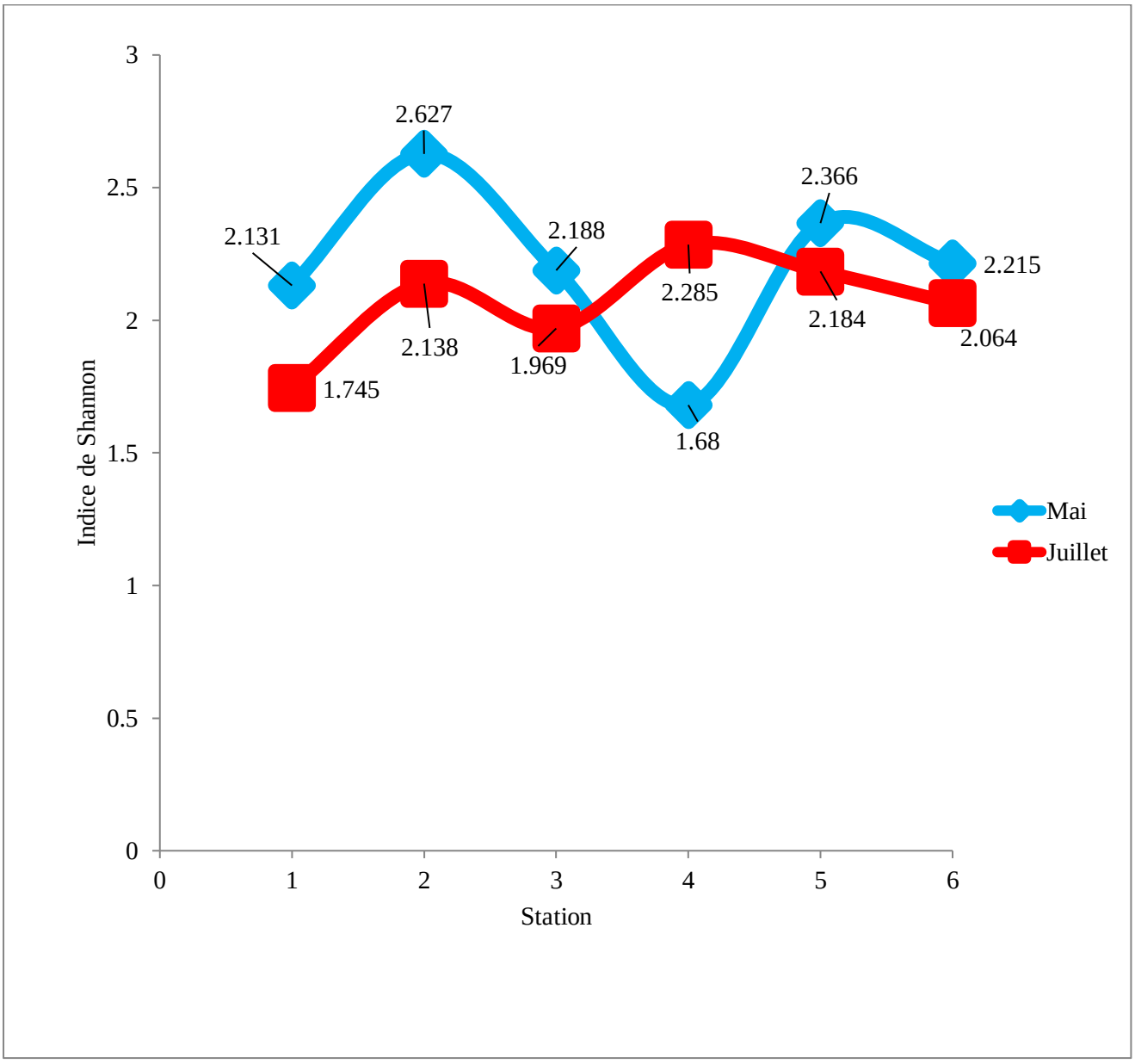


Figure 16. Variabilité de l'indice de Shannon au niveau des îles Habibas

2. 2. Sidi Fredj

2.2.1. La richesse spécifique

Au niveau de la baie de Bou Ismail (Sidi Fredj), Pendant la période de transition (fin mars début avril), les niveaux de la richesse spécifiques sont relativement élevés. En effet, les valeurs oscillent entre 23 et 27 espèces en mars, et 18 et 26 espèces en avril. En outre, les faibles valeurs de la richesse spécifique enregistrées en juillet et novembre (Figure17).

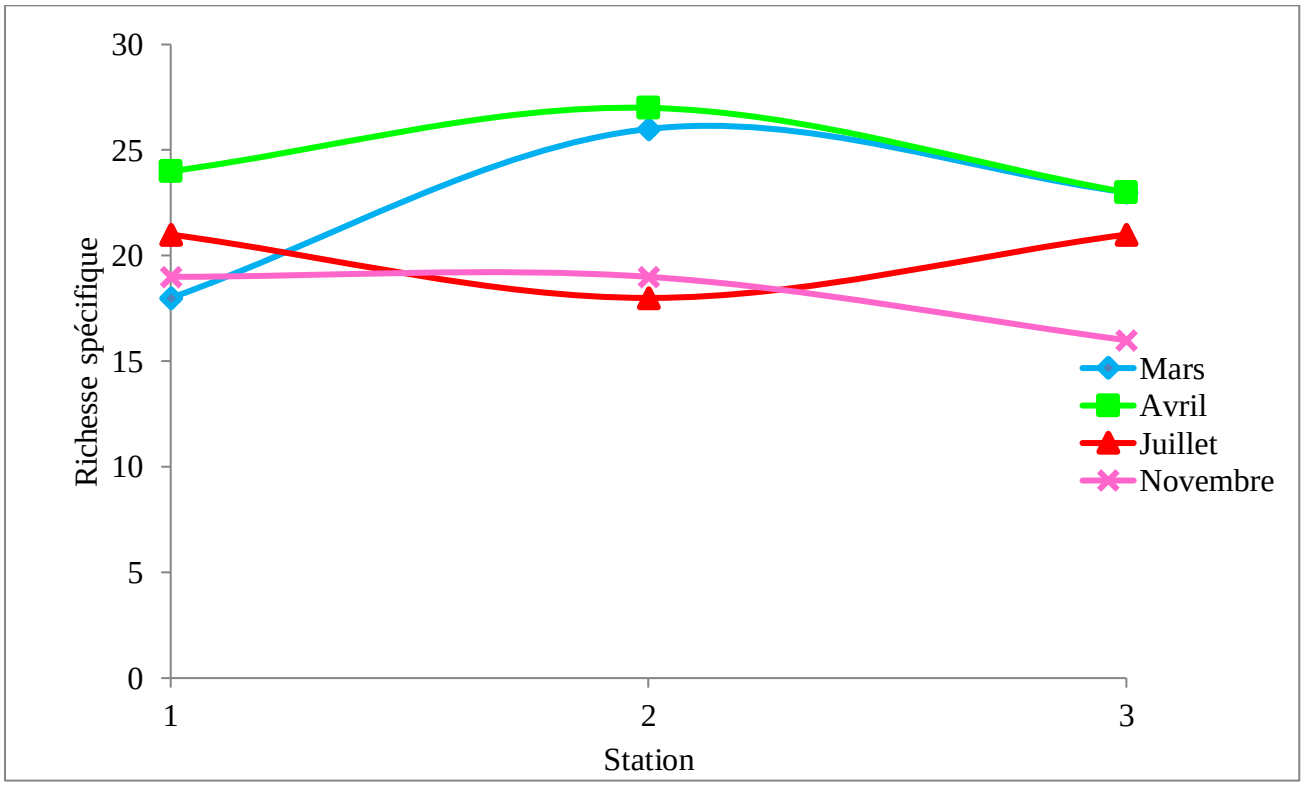


Figure 17. Variabilité de la richesse spécifique à Sidi Fredj

2.2.2. Equitabilité

Les indices entre avril et juillet sont relativement proches (entre 0.64 et 0.67). Ainsi, l'état du milieu tend vers une stabilité.

Les valeurs de l'équitabilité durant périodes mars et novembre sont relativement élevées (entre 0.63 et 0.73) (Figure18). Et par conséquent, les populations du zooplancton gélatineux occupent un milieu relativement stable.

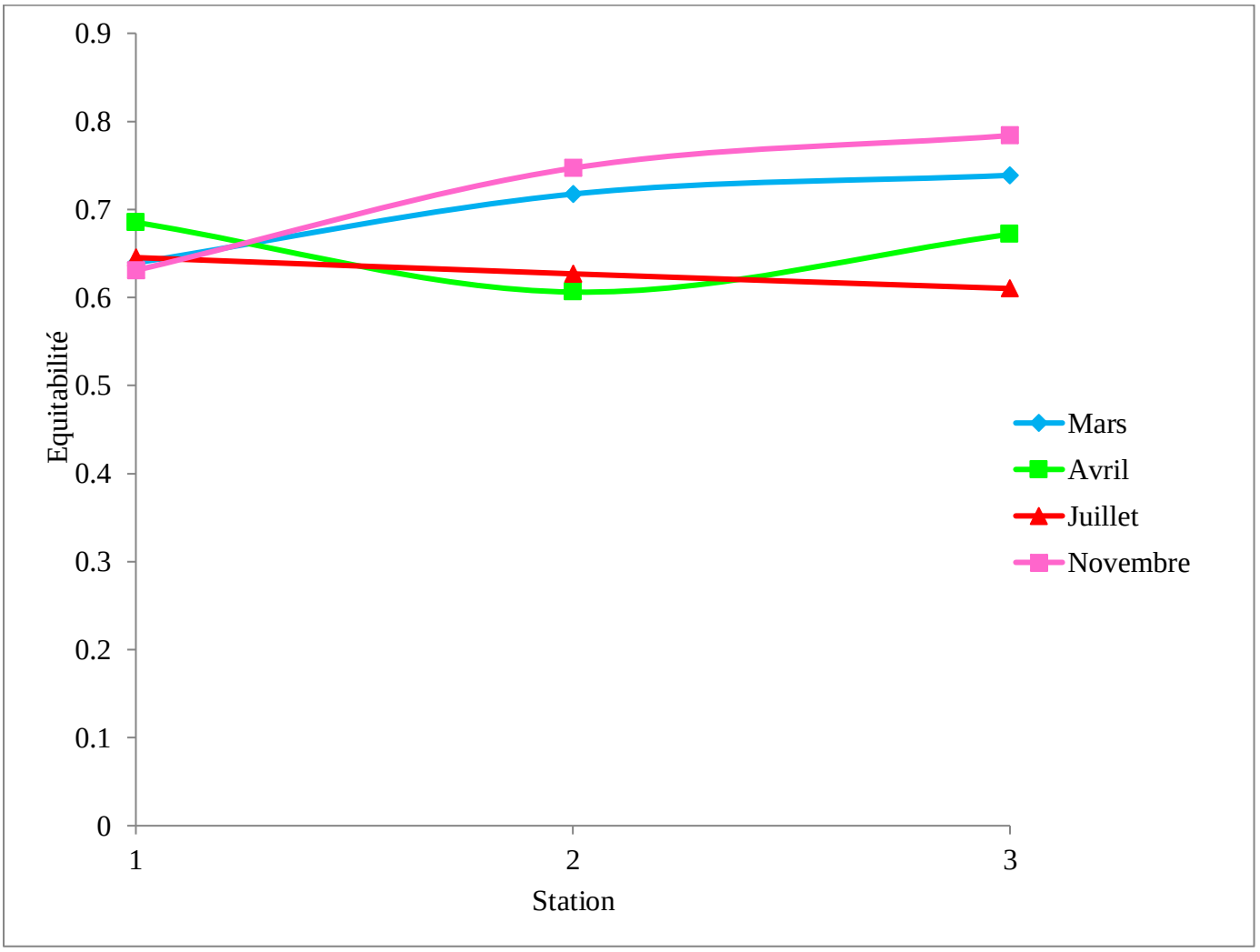


Figure 18. Variabilité de l'Equitabilité à Sidi Fredj

2.2.3. L'indice de Shannon

Les valeurs la plus élevées sont enregistrées pendant le mois de mars, avec un maximum de 2.31 bit.ind $^{-1}$ (Figure 19).

Pour les mois d'avril et juillet, les valeurs de l'indice de Shannon sont relativement faibles comparativement à la période de mars (entre 1.81 et 2 bit.ind^{-1}).

Néanmoins, les niveaux des valeurs de l'indice de Shannon sont faibles comparativement aux périodes citées auparavant. Les valeurs n'atteignent pas 0.80 bits.ind^{-1}.

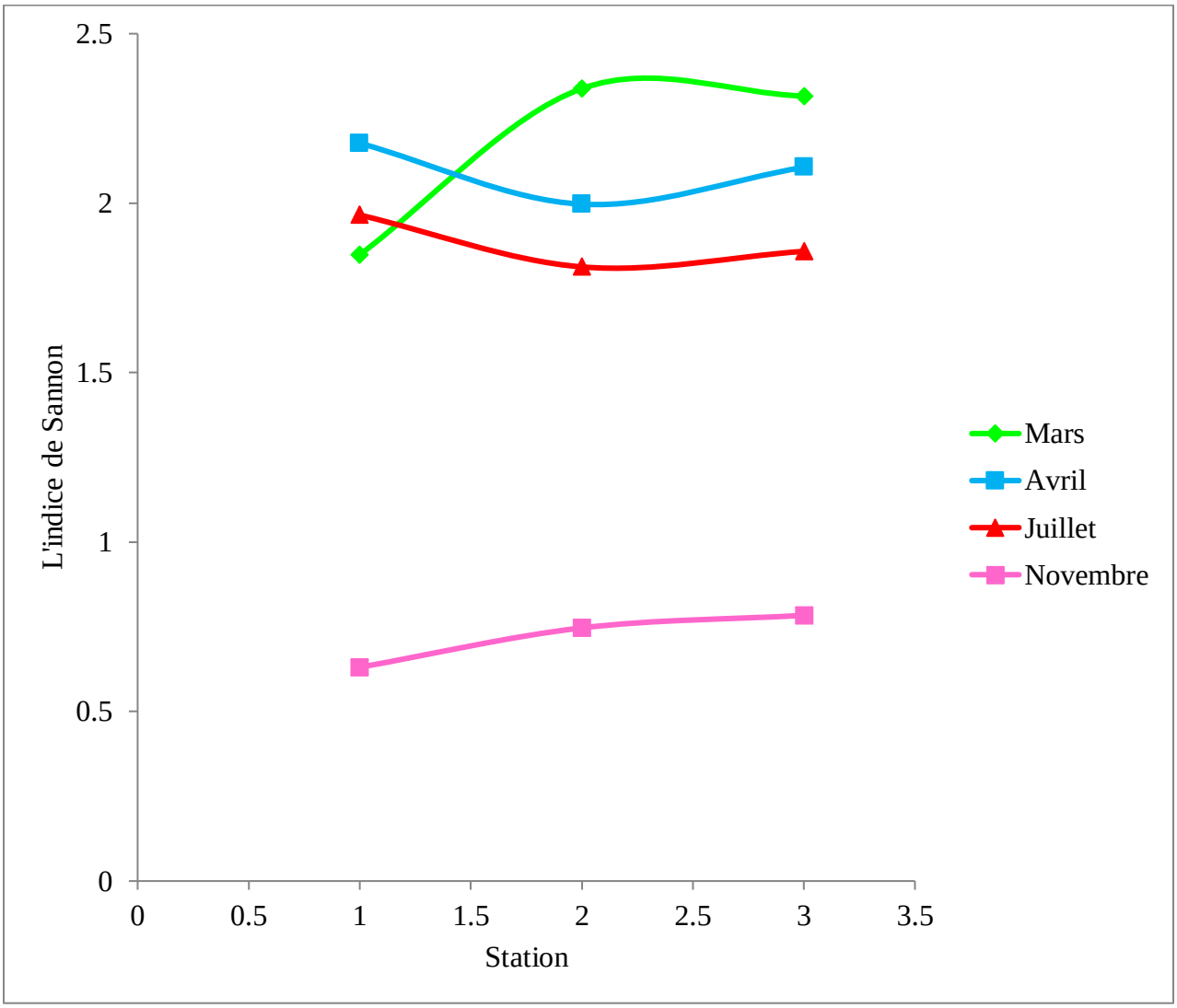


Figure 19. Variabilité de l'indice de Shannon à Sidi Fredj

3. Analyse structurale

Les courbes des diagrammes rangs fréquences (DRFs) relatifs aux prélèvements réalisés au niveau les îles Habibas et au sein de la colonne d'eau de la baie de Bou Ismail montrent une des allures en escalier. Celles-ci indiquent un stade intermédiaire de la succession écologique qui évolue vers un stade plus ou moins mature de la succession écologique.

3. 1. Îles Habibas

a. Printemps

L'identification des espèces du zooplancton gélatineux a montré la présence entre un minimum de 22 espèces (Station 4) et un maximum de 26 espèces (Station 3) (Figure 20). Les indices de diversités de Shannon ont des valeurs comprises entre un minimum de 1.68 et un maximum 2.627 bits.ind^{-1} et un indice d'equitabilité proche de j =1. Sur les diagrammes rangs fréquences, deux espèces qui occupent le premier rang : *O. longicauda* (station 1, 3, 6) et *T. democratica* (Station 2, 4, 5).

Les espèces qui occupent le deuxième rang sont : *O. longicauda* (Station 4 et 5),

P. noctiluca (Station 1), *M. atlantica* (Station 3 et 6). Le troisième rang est occupé par :

O. fusiformis (Station 1 et 3), O. longicauda (Station 2), *M. atlantica* (Station 4),

F. pellucida (Station 5), *D. nationalis* (Station 6).

Dans les stations 1, 2, 3, 5 et 6, les valeurs les plus basses de critère d'Akaike et Bayesian sont affectées au modèle **Preemption** et indiqueraient un bon ajustement. Néanmoins, la station 4 est affectée au modèle **Log normal.** Les valeurs d'AIC et de BIC calculées pour chaque station sont : AIC = 4894.89 et BIC = 4897.16 (Station 1), AIC = 953.74 et BIC= 954.96 (Station 2), AIC = 1457.5 et BIC = 1458.8 (Station 3), AIC = 1477.1 et BIC = 1479.3 (Station 4), AIC = 1677.91 et BIC= 1680.35 (Station 5) et AIC = 480.99 et BIC= 482.12 (Station 6). Les espèces identifiées au niveau des stations 1, 2, 3, 5, 6 durant la période printanière sembleraient s'ajuster au modèle **Preemption**. Pour la station 4, les espèces tendent vers un modèle **Log normal** (Figure 20) (Tableau2).

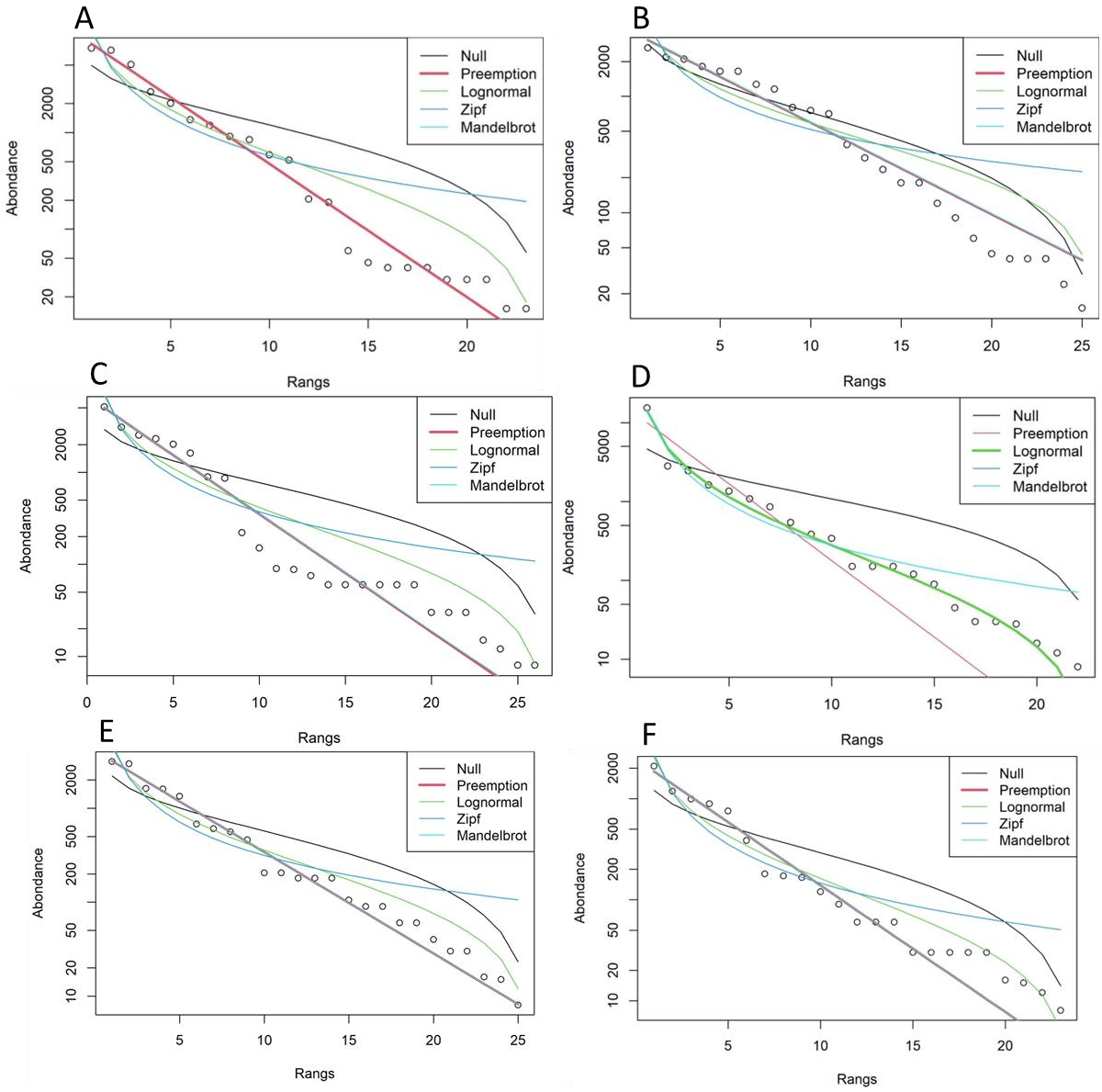


Figure 20. Diagramme rang -fréquence des espèces du zooplancton gélatineux des îles Habibas durant le printemps dans les stations A : S1, B : S2, C : S3, D : S4, E : S5, F : S6

Tableau 2. Les modèles statistiques (Preemption, Lognormal, Zipf et Mandelbrot) pendant le printemps au niveau des iles Habibas

Modèle	Mois	Station	AIC	BIC
Null	**Mai**	**S1**	13455.1	13455.1
Preemption			**1040.03**	**1041.16**
Lognormal			4894.89	4897.16
Zipf			8682.74	8685.01
Mandelbrot			NA	NA
Null		**S2**	2404.72	2404.72
Preemption			**953.74**	**954.96**
Lognormal			3101.73	3104.17
Zipf			6026.82	6029.26
Mandelbrot			955.64	959.3
Null		**S3**	10298.6	10298.6
Preemption			**1457.5**	**1458.8**
Lognormal			4171.5	4174.1
Zipf			6885.2	6887.7
Mandelbrot			1461.1	1464.9
Null		**S4**	25435.3	25435.3
Preemption			7536.5	7537.6
Lognormal			**1477.1**	**1479.3**
Zipf			2247.8	2250
Mandelbrot			2249.8	2253.1
Null		**S5**	4197.62	4197.62
Preemption			**591.07**	**592.29**

Lognormal			1677.91	1680.35
Zipf			3311.07	3313.5
Mandelbrot			595.01	598.67
Null		**S6**	2731.16	2731.16
Preemption			**480.99**	**482.12**
Lognormal			875.5	877.77
Zipf			1593.77	1596.04
Mandelbrot			484.98	488.38

b. Eté

Les espèces du zooplancton gélatineux ont montré une variabilité spatiale. En effet, les indices de richesse spécifique fluctuent entre 14 espèces (Station 9 et Station 12), et 18 espèces (Station 3). Les indices de diversités de Shannon ont des valeurs comprises entre un minimum de 1.74 ind.bitsdans la Station 1 et un maximum 2.28 ind.bits au niveau de la Station 4. L'indice d'equitabilité de peilou durant la période estivale est proche de j=1.

Sur les diagrammes rangs fréquences, deux espèces occupant le premier rang : *D.nationalis* (Station 1, 2, 6) et *F.enflata* (Station 3, 4, 5).

Les espèces qui occupent le deuxième rang sont : *F.enflata* (Station 1, 2, 6), *O.longicouda* (Station 3 et 5), *P.noctiluca* (Station 4).

Le troisième rang est occupé par : *A.tetragona* (Station 1, 2, 4), *D.nationalis* (Station 3 et 5), *O.longicauda* (Station 6).

Dans les stations 2, 5 et 6, les valeurs les plus basses de critère d'Akaike et Bayesian correspondent au modèle **Preemption.**

Néanmoins, la station 1 est affectée au modèle **Zipf** et la station 3 est affectée au modèle **Mandelbort**. Les valeurs d'AIC et de BIC calculées pour chaque station sont : AIC = 242.31 et BIC= 243.85 (station 1), AIC = 155.354 et BIC= 155.99 (station 2), AIC = 261.26 et BIC = 263.93 (station 3), AIC = 185.73 et BIC = 188.23 (station 4), AIC = 241.89 et BIC= 242.53 (station 5) et AIC = 475.98 et BIC= 476.81 (station 6).

Les espèces identifiées durant la période estivale au sein de la station 1 correspondent au modèle de **Zipf**. Pour les stations 2, 5, 6 les espèces tendent vers un modèle **Preemption**.Par ailleurs, les stations 3 et 4 sont liées au modèle **Mandelbort** (Figure 21).

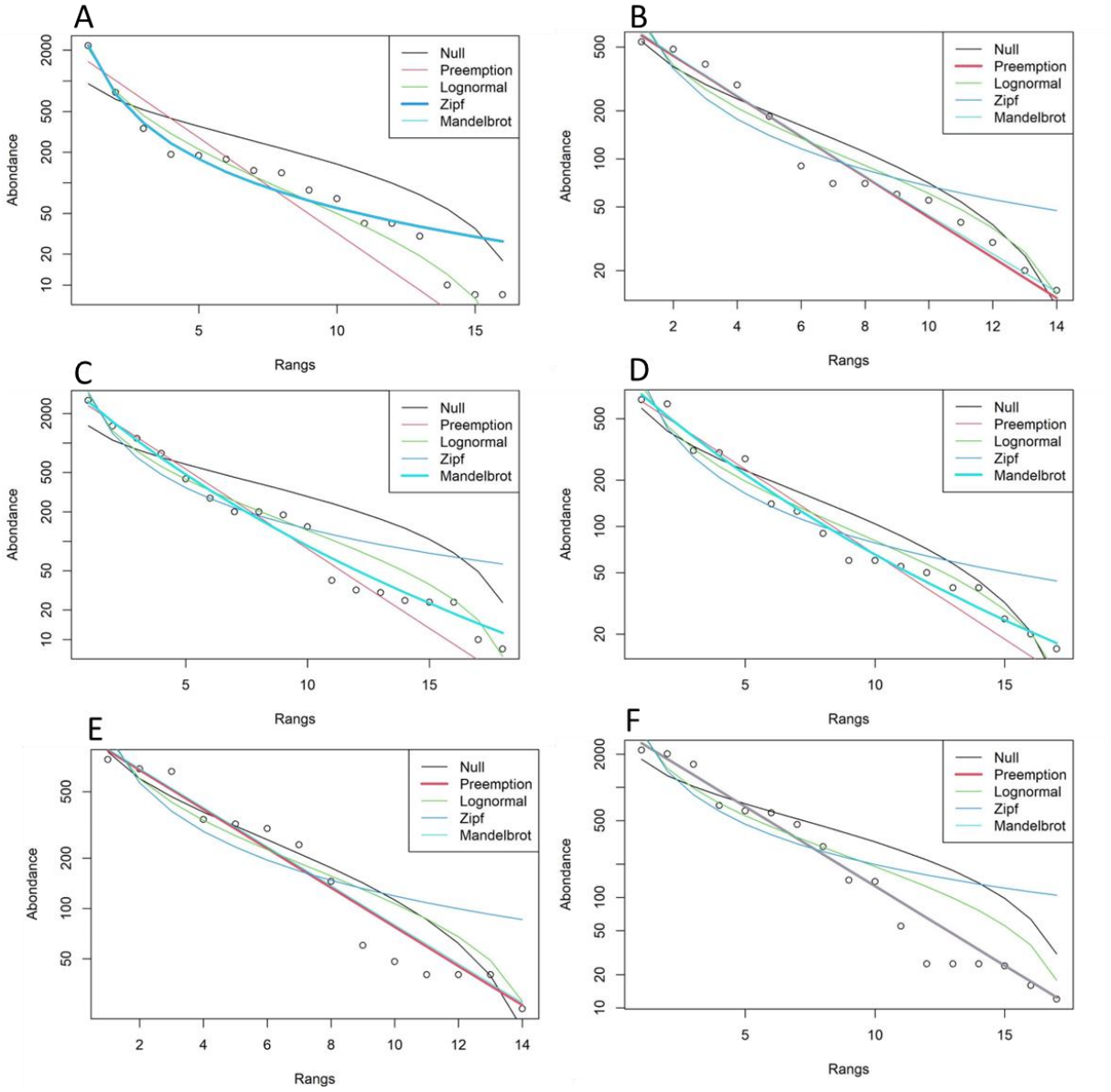


Figure 21. Diagramme rang -fréquence des espèces du zooplancton gélatineux des îles Habibas au cours d'été dans les stations A : S1, B : S2, C : S3, D : S4, E : S5, F : S6

Tableau 3. Les modèles statistiques (Preemption, Lognormal, Zipf et Mandelbrot) pendant l'été aux iles Habibas

Modèle	Mois	Station	AIC	BIC
Null	**Juillet**	**S1**	2290.79	2290.79
Preemption			974.69	975.46
Lognormal			246.42	247.96
Zipf			**242.31**	**243.85**
Mandelbrot			244.31	246.63
			AIC	BIC
Null		**S2**	272.941	272.941
Preemption			**155.354**	**155.993**
Lognormal			282.853	284.131
Zipf			452.699	453.977
Mandelbrot			158.211	160.128
Null		**S3**	2782.24	2782.24
Preemption			345.12	346.01
Lognormal			516.56	518.34
Zipf			1135.37	1137.15
Mandelbrot			**261.26**	**263.93**
Null		**S4**	368.159	368.159
Preemption			206.868	207.702
Lognormal			285.271	286.937
Zipf			454.258	455.924
Mandelbrot			**185.73**	**188.23**
Null		**S5**	355.56	355.56

Preemption			**241.89**	**242.53**
Lognormal			471.87	473.15
Zipf			815.12	816.4
Mandelbrot			243.9	245.82
Null		**S6**	2298.62	2298.62
Preemption			**475.98**	**476.81**
Lognormal			1445.96	1447.63
Zipf			2525.99	2527.65
Mandelbrot			479.86	482.36

3. 2. Sidi Fredj

a. Mars

La richesse spécifique a montré une fluctuation pendant le mois de mars. Les valeurs oscillent entre un minimum de 18 espèces (Station1) et un maximum de 26 espèces (Station2) (Figure22). Les indices de diversités de Shannon ont des valeurs comprises entre un minimum de 1.84bits.ind^{-1} et un maximum 2.33 bits.ind^{-1}. L'équitabilité calculé pour toutes les stations sont relativement proche de j =1.

Pour DRFs, une seule espèce occupe le premier rang dans les stations 1, 2 et 3 : *F. enflata.*

Les espèces qui occupent le deuxième rang sont : *M. atlantica* (station 1et 3), *F. pellicuda* (station 2). Le troisième rang est occupé par : *A. titragona* (station 1), *M. atlantica* (station 2), *D. nationalis* (station 3).

Les valeurs les plus basses de critère d'Akaike et Bayesian sont enregistrées dans la station 1. Celle-ci s'ajuste au modèle **Preemption.** Le modèle **Mandelbort** s'ajuste pour les stations 2 et 3**.** Les valeurs d'AIC et de BIC calculées pour chaque station sont :

AIC = 1260.2et BIC= 1261.1 (station 1), AIC = 906.46 et BIC= 910.24 (station 2), AIC = 265.7 et BIC = 269.1 (station 3).

b. Avril

L'identification des espèces du zooplancton gélatineux a montré la présence de 23 espèces (Station3) et 27 espèces (Station2) (Figure23). Les valeurs de l'indice de Shannon sont comprises entre 1.99 et 2.17 bits.ind^{-1}. L'indice d'équitabilité oscille autour de 0.5.

Sur les diagrammes rangs fréquences, *D.nationalis* occupe le premier rang au niveau des stations : 1, 2 et 3.

Le deuxième rang est occupé par : *D.krohni* (station 1 et 3), *F.pellucida* (station2). Suivie par *F. pellucida* (station 1 et 3) et *F.enflata* (station 2).

La stations 1 est affectée au modèle **Mandelbort**, alors que les stations 2 et 3sont liéesau modèle **Preemption.** Les valeurs d'AIC et BIC sont les suivant :

AIC =715.86 et BIC= 719.39 (station 1), AIC = 1532.9 et BIC= 1534.2 (station 2), AIC = 1397.3 et BIC = 21398.4 (station 3).

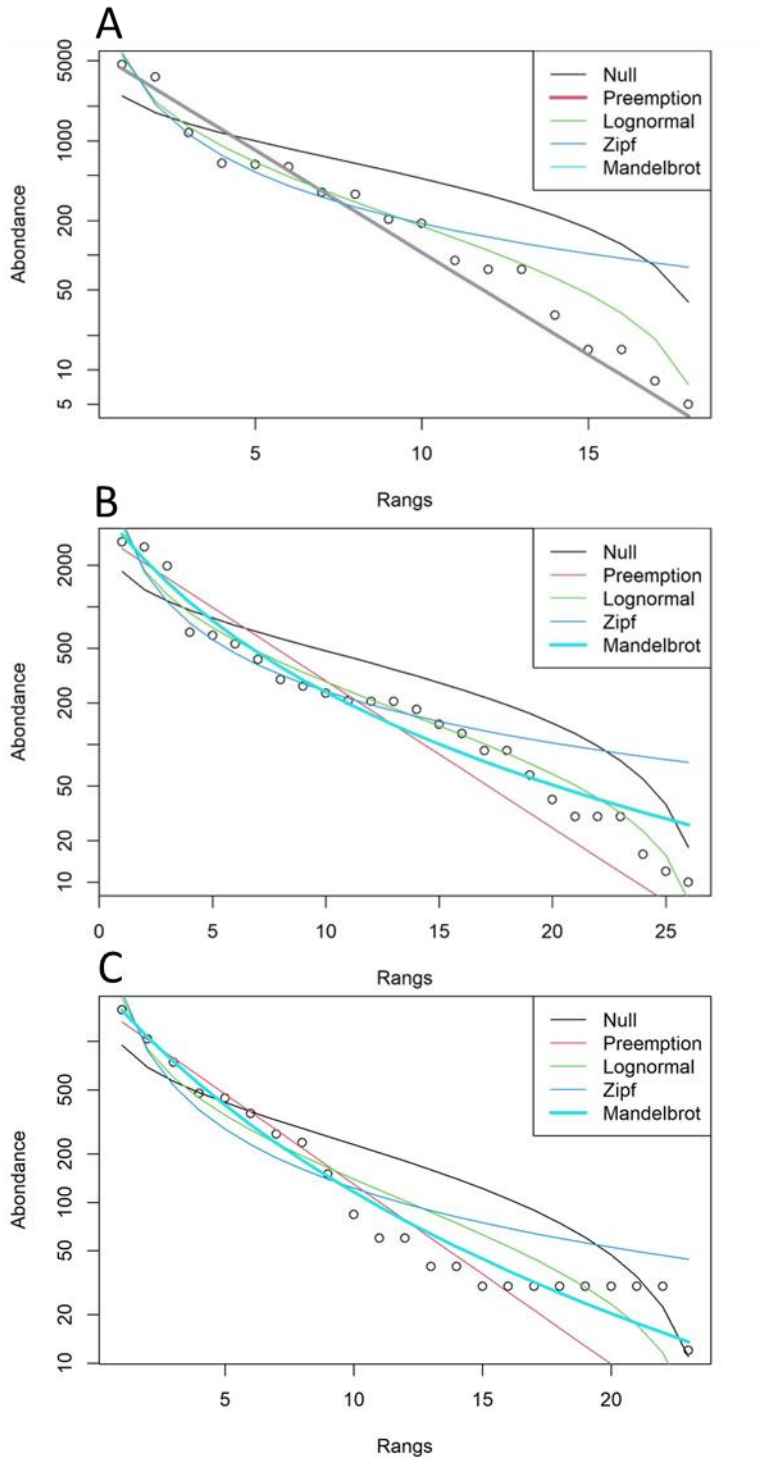


Figure 22. Diagramme rang -fréquence des espèces du zooplancton gélatineux à Sidi Fredj en mars dans les stations A : S1, B : S2, C : S3

Tableau 4. Les modèles statistiques (Preemption, Lognormal, Zipf et Mandelbrot) pendant mars à Sidi Fredj

Modèle	Station	AIC	BIC
Null	**S1**	6293.1	6293.1
Preemption		**1260.2**	**1261.1**
Lognormal		1268.1	1269.9
Zipf		2103.3	2105.1
Mandelbrot		1264.2	1266.8
Null	**S2**	4488.18	4488.18
Preemption		1553.5	1554.76
Lognormal		1383.84	1386.36
Zipf		2189.09	2191.61
Mandelbrot		**906.46**	**910.24**
Null	**S3**	1657.84	1657.84
Preemption		436.85	437.98
Lognormal		513.85	516.13
Zipf		880.48	882.75
Mandelbrot		**265.7**	**269.1**

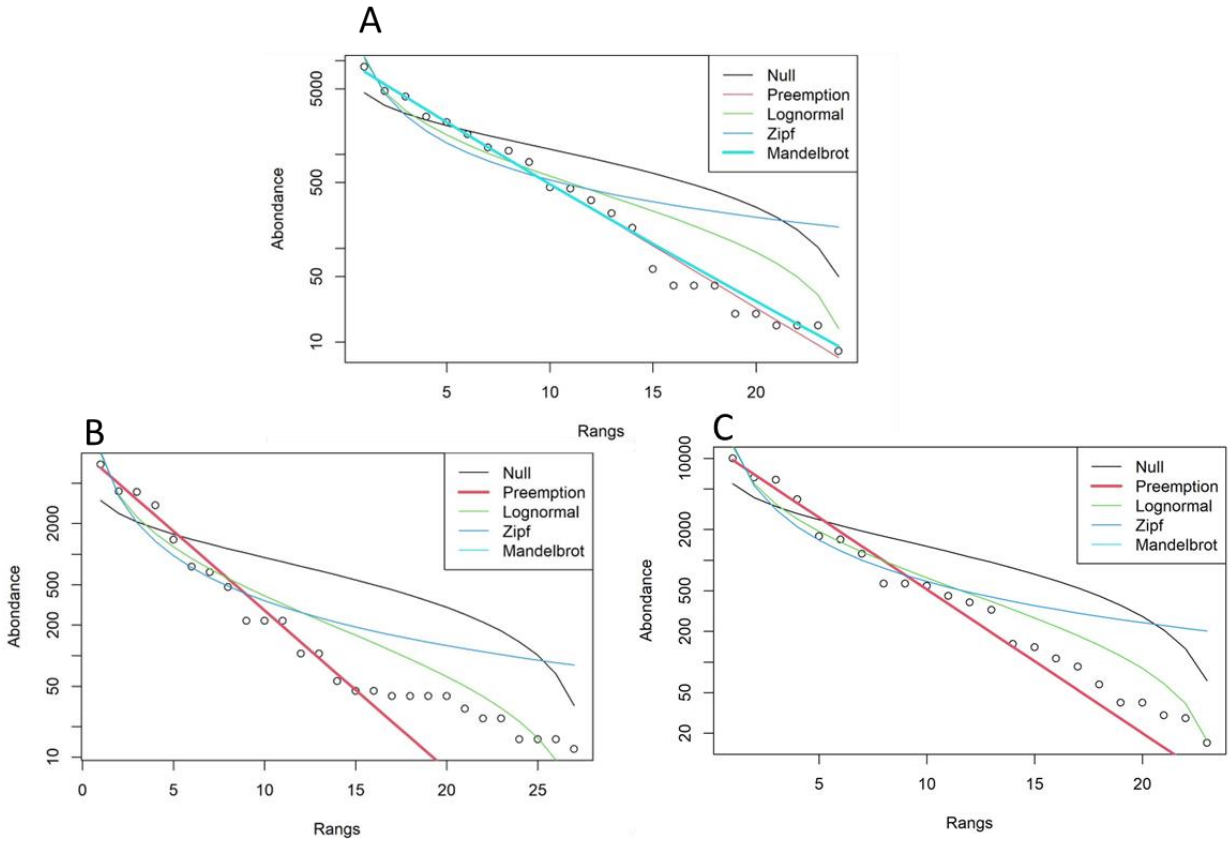


Figure 23. Diagramme rang -fréquence des espèces du zooplancton gélatineux à Sidi Fredj en avril dans les stations A : S1, B : S2, C : S3

Tableau 5. Les modèles statistiques (Preemption, Lognormal, Zipf et Mandelbrot) pendant Avril à Sidi Fredj

Modèle	Station	AIC	BIC
Null	**1**	11783.88	11783.88
Preemption		720.84	722.01
Lognormal		2568.86	2571.22
Zipf		6074.27	6076.62
Mandelbrot		**715.86**	**719.39**
Null	**2**	17939.1	17939.1
Preemption		**1532.9**	**1534.2**
Lognormal		3878.2	3880.8
Zipf		6220.7	6223.3
Mandelbrot		NA	NA
Null	**3**	15861	15861
Preemption		**1397.3**	**1398.4**
Lognormal		4128.8	4131.1
Zipf		7767.3	7769.6
Mandelbrot		NA	NA

c. Juillet

Pendant la saison estivale, la richesse spécifique varie entre un minimum de 18 espèces dans les stations (Station1 et Station3) et un maximum de 21 espèces dans la station 2 (Figure24). L'indice de diversité de Shannon montre un minimum de 1.81(Station2) et un maximum 1.96 (Station1) bits.ind^{-1}. L'équitabilité de pilou (J) est proche de 0.5. Les diagrammes rangs fréquences ont révélés la présence des espèces occupant le premier rang à savoir : *D.nationalis* (station 3) et *F.enflata* (station 1 et 2).

Les espèces qui occupent le deuxième rang sont : *O.longicouda* (station1), *D.nationalis* (station 2), *F.enflata* (Station 3). Le troisième rang est occupé par : *P.friderici* (station 1), *M.atlantica* (station 2), *L.subtilis* (station 3).

Les valeurs les plus basses de critère d'Akaike et Bayesian sont enregistrées dans les stations 1 et 2 et sont affectées au modèle **Mandelbort.** La station 3 est affectée au modèle **Preemption.**Les valeurs d'AIC et de BIC calculées pour chaque station sont : AIC = **436.36** et BIC= 439.5 (station 1), AIC = 875.22 et BIC= 877.89 (station 2), AIC = 2649.3 et BIC = 2650.4 (station 3) (Figure 24 & Tableau 6).

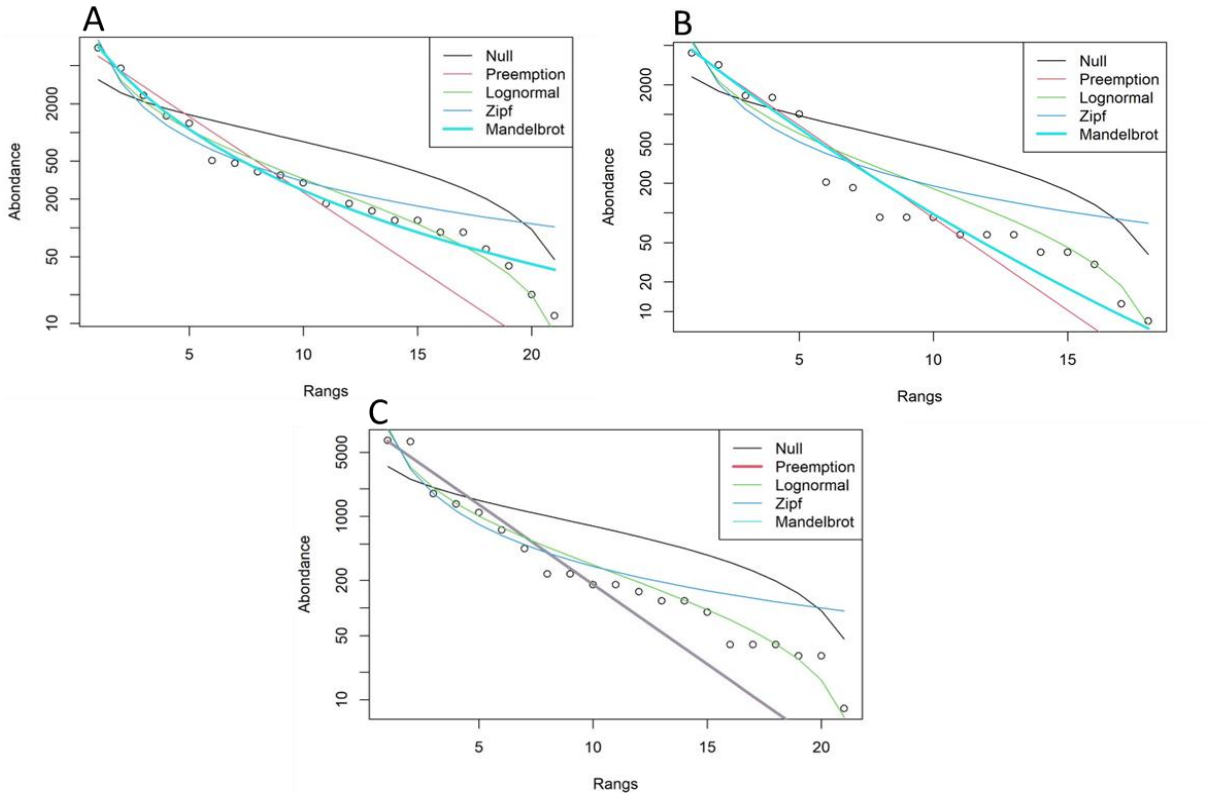


Figure 24. Diagramme rang -fréquence des espèces du zooplancton gélatineux à Sidi Fredj en juillet dans les stations A : S1, B : S2, C : S3

Tableau 6. Les modèles statistiques (Preemption, Lognormal, Zipf et Mandelbrot) pendant juillet à Sidi Fredj

Modèle	Station	AIC	BIC
Null	**1**	10544.54	10544.54
Preemption		1948.49	1949.53
Lognormal		982.54	984.63
Zipf		1892.09	1894.18
Mandelbrot		**436.36**	**439.5**
Null	**2**	6877.51	6877.51
Preemption		942.56	943.45
Lognormal		2147.72	2149.5
Zipf		3241.34	3243.12
Mandelbrot		**875.22**	**877.89**
Null	**3**	13410.3	13410.3
Preemption		**2649.3**	**2650.4**
Lognormal		3245.7	3247.8
Zipf		4393.2	4395.3
Mandelbrot		2653.3	2656.4

d. Novembre

16 espèces du zooplancton gélatineux ont été identifiée (Figure25). Les indices de diversités de Shannon sont entre un minimum de 1.857 bits.ind^{-1} et un maximum 2.199 bits.ind^{-1} et un indice d'équitabilité proche de1. Les espèces qui occupent le premier rang sont : *F. enflata* (station 1, 2, 3).

Les espèces qui occupent le deuxième rang sont : *A.tetragona* (station 1 et 3), *O.longicauda* (station 2). Le troisième rang est occupé par : *T.democratica* (station 1 et 3), *O. longicauda* (station 2).

En se basant sur les critères d'Akaike et Bayesian, la station1 est affectée au modèle **Zipf,** alors que les stations 2 et 3 sont ajustées au **Lognormal** (Figure 25).

Les valeurs d'AIC et de BIC calculées pour chaque station sont : AIC = **215.739** et BIC=217628 (station 1), AIC = 184.881et BIC= 186.77 (station 2), AIC = 178.195 et BIC = 179.74 (station 3) (Tableau 7).

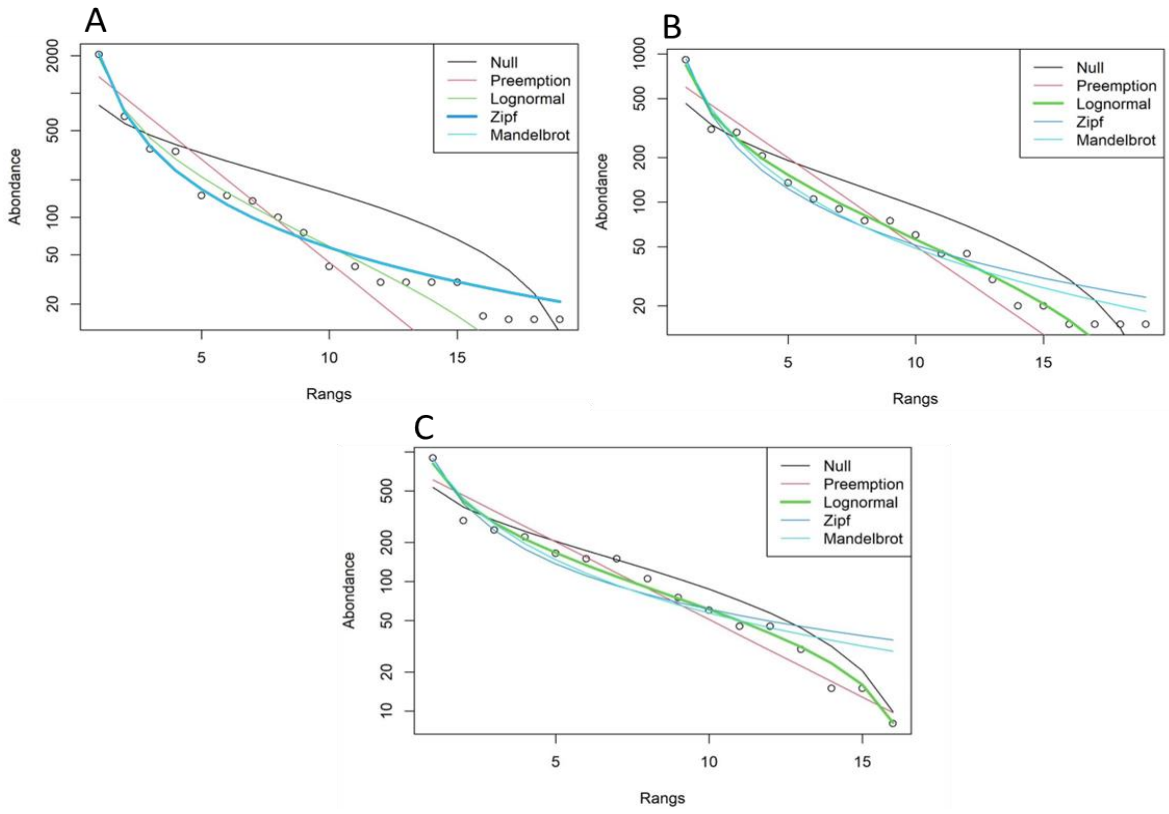


Figure 25. Diagramme rang -fréquence des espèces du zooplancton gélatineux à Sidi Fredj en novembre dans les stations A : S1, B : S2, C : S3

Tableau 7. Les modèles statistiques (Preemption, Lognormal, Zipf et Mandelbrot) pendant novembre à Sidi Fredj

Modèle	Station	AIC	BIC
Null	**1**	2474.926	2474.926
Preemption		1003.483	1004.428
Lognormal		268.77	270.659
Zipf		**215.739**	**217.628**
Mandelbrot		217.739	220.572
Null	**2**	672.058	672.058
Preemption		432.997	433.942
Lognormal		**184.881**	**186.77**
Zipf		202.372	204.261
Mandelbrot		189.251	192.084
Null	**3**	401.996	401.996
Preemption		365.994	366.767
Lognormal		**178.195**	**179.74**
Zipf		277.649	279.194
Mandelbrot		268.768	271.086

Chapitre IV. Discussion

Le zooplancton gélatineux est taxonomiquement lié à 6 groupes zoologiques : Siphonophores, Thaliacés (Salpidés, Doliolidés), Mollusques pélagiques, Appendiculaires et Chaetoganthes. La biodiversité renferme 48 espèces. Celles-ci se répartissent sur Cinque phylums (Cnidaria, Leptothecata, Chordata, mollusca, chaetognathes. Elles ont été déjà citées le long des côtes Algériennes.

La faune du zooplancton gélatineux identifiée au niveau des iles Habibas et au large de Sidi Fredja été déjà mentionnés au sein des cotes algériennes (Seguin, 1973; Turki, 1993; Mezioud, 2001; Ait Si Mohamed, 2002; Boulfrag & al., 2005; Chaouadi & Doufène, 2011).

A titre comparatif, les espèces, qui composent la faune des îles Habibas, ont été identifiées en mer Alboran (Dallot & al., 1988) et près des côtes tunisiennes (Daly Yahia & al., 2004).

En étendant notre comparaison à d'autres régions de la Méditerranée, la biodiversité identifiée, entre Janvier 2004 et Décembre 2005, au large de la baie de Bizerte est numériquement faible (24 espèces) (Touzri et al., 2012).

Par ailleurs, la biodiversité faunistique de cette présente étude se inférieure de celle (24 espèces) évoquée dans la baie d'Alger (Mezioud, 2001). Auparavant, certaines investigations (Boulfrag & al, 2005; Chaouadi & Doufène, 2011) y ont identifié 41 et 32 espèces, respectivement. Il est utile de mentionner, que 90 populations macro et microzooplanctoniques ont été récoltées au niveau du bassin algérien (entre 1° E et 5° E) (Turki, 1993).

Les différences dans la diversité du zooplancton gélatineux entre le présent travail et les études précédentes peuvent être attribuées à la différence des sites d'étude le long de la côte méditerranéenne, à la période de collecte, l'effort de prélèvement et à la variabilité climatique qui ont un effet sur la répartition du zooplancton (Irogoien et al., 2004; Hays et al., 2005; Molinero et al., 2005; 2008; Zakaria, 2015).

En ce qui concerne, l'analyse structurale l'application des modèles de distribution d'abondance sur la communauté du zooplancton gélatineux identifiée durant le printemps dans la région ouest (îles Habibas) montrait que la plupart des prélèvements penchaient vers un modèle Preemption. Cela indique, que les espèces les plus compétitives obtiendront une plus grande part des ressources, quel que soit le moment où elles sont arrivées dans la communauté (Gardener, 2014). En revanche, l'échantillon de la station 4 penchait vers un

modèle Log normal, indiquant un probable impact des facteurs, environnementaux et compétitifs, ce qui conduit à une distribution normale (Maguran, 2003).

Pour les données durant le mois de juillet, le résultat des stations 2, 5 et 6sur l'application des modèles de distribution montre que les peuplements du zooplancton gélatineux s'ajustaient au modèle Preemption. Néanmoins, les stations 3 et 4 penchaient vers un modèle Mandelbort et la station 1 vers un modèle Zipf. Les modèles Zipf et Mandelbrot sont des modèles statistiques liés au coût de l'information. En effet, la présence d'une espèce dépend des conditions antérieures ; l'environnement et la présence antérieure d'espèces : ce sont les coûts. Les espèces concurrentes et les espèces en fin de succession ont des coûts plus élevés, en termes d'énergie, de temps ou d'organisation de l'écosystème (Gardener, 2014).

En ce qui concerne la région centre (Sidi Fredj), l'application de l'analyse structurale sur la communauté du zooplancton gélatineux montraient que la plupart des prélèvements durant les moins de mars s'ajustaient vers un modèle Mandelbrot. En effet, les peuplements zooplanctoniques se développent plus rapidement dans des conditions favorables pendant la saison printanière (Magurran, 2003). En avril, les ressources nutritionnelles au sein de la colonne d'eau diminuent ce qui favorise les espèces les plus compétitives. Les peuplements pendant le mois de juillet sont caractérisés par un milieu en fin de succession écologique. Par contre, les peuplements durant le mois de novembre s'ajustaient vers un modèle Log-normal, indiquant un impact des facteurs environnementaux.

Conclusion

L’analyse des prélèvements, réalisée au niveau de certaines régions de la côte algérienne (Ouest et Centre), a permis de décrire 50 espèces du zooplancton gélatineux.

La faune zooplanctonique hébergées par les écosystèmes épipélagiques des côtes algériennes sont diversifiées sur les plans taxonomiques, écologiques eutrophiques. Des interactions y ont étés modélisées. Celles-ci sont fortement tributaires des variabilités des états de stocks liés aux populations du zooplancton gélatineux.

Les résultats obtenus durant ce travail ne représentent, qu’une contribution aux investigations déjà réalisées par les membres de l’équipe écosystème pélagique du laboratoire d’océanologie et environnement marin de la Faculté des Sciences biologiques, au sein des côtes algériennes.

Afin de mieux cerner et décrire les variabilités quantitatives (abondances et biomasses) et qualitatives, il serait nécessaire de multiplier les campagnes de prélèvements. Celles-ci devraient prendre nécessairement en compte les différentes composantes du milieu (hydrologiques et hydrodynamiques).

Bibliographies

Ait si Mohamed B., (2002). Répartition, composition et biomasse des peuplements macrozooplanctoniques de la côte algéroise. Mémoire d'Ingéniorat d'Etat en Oceanologie, USTHB, Alger. 40 pp.

Akaike, H., (1973). Theory and an extension of the maximum likelihood principal. In International symposium on information theory. Budapest, Hungary: Akademiai Kaiado.

Atkinson, A., Siegel, V., Pakhomov, E. & Rothery, P., (2004). Long-term decline in krill stock and increase in salps within the Southern Ocean. Nature, 432(7013): 100.t

Banse, K., (1995). Low seasonality of low concentrations of surface chlorophyll in the Subantarctic water ring: underwater irradiance, iron, or grazing? Progress in Oceanography, 37(3-4): 241–291.

Boulfrag H., Matiar A., Zidouni R., (2005). Etude des peuplements zooplanctoniques (copépodes et macrozooplancton) le long des côtes algériennes. Mémoire d'Ingéniorat d'Etat en Océanologie, USTHB, Alger: 55 pp et Annexe.

Castellani, C. & Edwards, **M., (2017).** Marine Plankton: A Practical Guide to Ecology, Methodology and Taxonomy. Oxford University Press. Oxford, 704 pp.

Chaouadi M., Doufene I., (2011). Contribution à l'étude de la faune macrozooplanctonique des côtes algériennes : Biodiversité, Composition et Comportement alimentaire. Mémoire de Master en Océanologie Côtière et E environnement Marin. USTHB. Alger: 46 pp et Annexe.

Dallot S., Goy J., Carre C., (1988). Peuplements de carnivores planctoniques gélatineux et structures productives en Méditerranée occidentale. Océanologica Acta, n0 Spécial : 193-209.

Daly Yahia M.N., Souissi S., Daly Yahia-Kefi O., (2004). Spatio-temporal structure of planktonic copepods in the Bay of Tunis (South western Mediterranean Sea). Zoological Studies .43, 8-19.

Dolan, J. R., Ritchie, M. E., & Ras, J., (2007). The" neutral" community structure of planktonic herbivores, tintinnid ciliates of the microzooplankton, across the SE Tropical Pacific Ocean. Biogeosciences, 4(3), 297-310.

Fernades, L. L., Sterza, J. M., Neves, K. de O., Fernandes, L. L., Sterza, J. M. & Neves, K. de O., (2005). Seasonal chaetognath abundance and distribution in a tropical estuary (Southeastern, Brazil). Brazilian Journal of Oceanography, 53(1–2): 47–53.

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

Gardener, M. (2014). Community ecology: analytical methods using R and Excel. Pelagic Publishing Ltd.

Godeaux, J., (1998). The relationships and systematics of the Thaliacea, with keys for identification. Pp 273-294. In: Q. Bone (ed.). The biology of pelagic tunicates. Oxford University Press. Oxford, 340 pp.

Harbison, G. R., (1986). Morphology and field behavior of pteropod molluscs: feeding methods in the families Cavoliniidae, Limacinidae and Peraclididae (Gastropoda: Thecosomata). Marine Biology, 91(1): 47–57.

Hays, G. C., Richardson, A. J. & Robinson, C., (2005). Climate change and marine plankton. Trends in Ecology & Evolution, 20(6): 337–344.

Hunt, B. P. V., Pakhomov, E. A., Hosie, G. W., Siegel, V., Ward, P. & Bernard, K., (2008). Pteropods in Southern Ocean ecosystems. Progress in Oceanography, 78(3): 193–221.

Huys, R., (2016). Harpacticoid copepods - Their symbiotic associations and biogenic substrata: A review. Zootaxa, 4174(1): 448–729.

Irigoien, X., Huisman, J. & Harris, R. P., (2004). Global biodiversity patterns of marine phytoplankton and zooplankton. Nature, 429(6994): 863.

MacArthur, R. H., (1957). On the relative abundance of bird species. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 43(3), 293.

Madin, L. P. & Harbiso, G. R., (2001). Gelatinous zooplankton. Pp 9-19. In: J. H. Steele (ed.), Encyclopedia of ocean sciences. San Diego, 3399 pp.

Madin, L. P., Kremer, P., Wiebe, P. H., Purcell, J. E., Horgan, E. H. & Nemazie, D. A., (2006). Periodic swarms of the salp Salpa aspera in the Slope Water off the NE United States: Biovolume, vertical migration, grazing, and vertical flux. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers, 53(5): 804–819.t

Madin, L. P., S., (1996). Distribution and vertical migration of salps (Tunicata, Thaliacea) near Bermuda. Journal of Plankton Research, 18(5): 747–755.

Magurran, A. E. (2003). Measuring biological diversity. John Wiley & Sons.

Magurran, A. E. (2013). Measuring biological diversity. John Wiley & Sons., 272 pp

Mapstone, G.M., (2014). Global diversity and review of Siphonophorae (Cnidaria: Hydrozoa). PLoSONE, 9: e87737.

May, R.M., (1975). Patterns of species abundance and diversity. Ecology and Evolution of Communities, p. 81-120.

Mezioud N., (2001). Contribution à l'étude du zooplancton gélatineux de la baie d'Alger. Compostion, Biomasse et Essais de Modélisation. Mémoire d'Ingéniorat d'Etat en Océanologie, USTHB. Alger:52 pp

Mills, C. E.(2001). Jellysh blooms: are populations increasing globally in response to changing ocean conditions? Hydrobiologia 451, 1-3 55-68.

Molinero, J. C., Ibanez, F., Nival, P., Buecher, E. & Souissi, S., (2005). North Atlantic climate and Northwestern Mediterranean plankton variability. Limnology Oceanography, 50: 1213–1220.

Orr, J. C., Fabry, V. J., Aumont, O., Bopp, L., Doney, S. C., Feely, R. A., Gnanadesikan, A., Gruber, N., Ishida, A., Joos, F., Key, M. R., Lindsay, K., Maier-Reimer, E., Matear, R., Monfray, P., Mouchet, A., Najjar15, G. R., Plattner, G., Rodgers, B. K., L. C., Sabine, L. J., Sarmiento, Schlitzer, R., D. R., Slater, Totterdell, J. I., Weirig, M., Yamanaka, Y. & Yool, A., (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. Nature, 437(7059): 681–686.

Pielou, E.C. (1966). The Measurement of Diversity in Different Types of Biological Collections. Journal of Theoretical Biology, 13, 131-144.

Prado, P. I., Miranda, M. D., & Chalom, A. (2018). sads: Maximum likelihood models for species abundance distributions. R package version 0.1, 10.

Purcell, J. E., Sturdevant, M. V. & Galt, C. P., (2005). A review of appendicularians as prey of fish and invertebrate predators. Pp 359-435. In: G. Gorsky, M.J. Youngbluth, & D. Deibel (eds). Response of marine ecosystems to global change: ecological impact of appendicularians, GB Scientific Publisher. Paris, 442 pp.

Richardson, A. J., Bakun, A., Hays, G. C., & Gibbons, M. J. (2009). The jellyfish joyride: causes, consequences and management responses to a more gelatinous future. Trends in ecology & evolution, 24(6), 312-322.

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

Touzri, C., Hamdi, H., Goy, J., Yahia, D. & Mohamed, N., (2012). Diversity and distribution of gelatinous zooplankton in the southwestern Mediterranean Sea. Marine Ecology, 33: 393–406.

TURKI A., (1993). Composition et abondance du zooplancton dans trois stations du bassin algérien. Mémoire de DES, USTHB, Alger: 89 pp.

UNESCO, (1968). Monographs on oceanographic methodology. UNESCO Press. Paris: Unesco, 174 pp.

Zakaria, H. Y., (2015). Impact of Climate Variability and Anthropogenic Activities on Zooplankton Community in the neritic Waters of Alexandria, Egypt. Journal of King Abdulaziz University: Marine Sciences, 25(2).