الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة يحي فارس المدية
Université Yahia Fares Médéa

Faculté des sciences كلية العلوم

Département de Science de la Nature et de la Vie قسم علوم الطبيعة والحياة

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDE

En vue de l'obtention du diplôme : **Master**

Filière : Ecologie et environnement

Analyse qualitative et quantitative des microorganismes marins au large de la Baie de Bou Ismail

Préparé par : BELKHIRAT Bouchra MADANI Fadoua

Jury de soutenance :

M. CHAOUADI M.	MCB	Président	Université Yahia Fares Médéa
M. MASMOUDI M.B.	MCB	Examinateur	Université Yahia Fares Médéa
M. KHAMES G.A.Y.	MCB	Encadreur	Université Yahia Fares Médéa
M. SIDI LAI R.	Doctorant	Co-encadreur	USTHB

Année universitaire :

2021/2022

Remerciements

C’est avec l’aide et la bénédiction d’ALLAH,

Nos premiers remerciements sont adressés à notre encadreur, M. KHAMES Yacine et Co promoteur M. SIDI ALI Redha, pour le soutien scientifique qu’ils nous ont accordé, leurs conseils et leurs orientations tout au long de cette étude. La patience dont ils ont fait preuve à notre égard est infinie, nous ne pouvons jamais omettre, leurs esprits de recherche et leurs commentaires efficaces.

Nos remerciements s’adressent également aux membres de jury pour avoir accepté de critiquer notre travail.

Nous souhaitons exprimer toute notre gratitude envers M. CHAOUADI M. de l’université Yahia Farès Médéa pour nous avoir honoré de sa prestigieuse présence comme président de notre jury de soutenance, malgré toutes les tâches qui lui sont dues.

Nos plus sincères remerciements vont à Monsieur. MASMOUDI M.B, de l’université Yahia Farès Médéa, qui, malgré ses multiples occupations, nous a fait honorer de sa prestigieuse présence et pour l’honneur d’accepter de lire, examiner et discuter ce travail.

Dédicace

Un grand merci à :

Mes parents, pour leur amour, leurs conseils ainsi que leur soutien, ils M'ont permis de réaliser les études que je veux et par conséquent ce mémoire.

A mon unique frère Mohamed amine.

A mes grandes sœurs ''Soumia '''Amira '' et ses petits Baraa, Mirale, Dania.

Et mes Sœurs Mazia, Fatima, Nour, Ritedje, Meriem.

Et a toute la famille Madani, Cherifi.

Et mes meilleures amies Amira, Nadjet. Zola.

Aussi a nos amis : Sabrina, Leila, nouha, Khadîdja, Khadîdja, Khaoula, Meriem, Maroua, Djaouida, et les autres….

Et ma collègue Belkhirat Bouchra.

MADANI FADOUA

Dédicace

Un grand merci à :

Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes parents,

A mon cher père, Belkhirat Tahar

A ma chère mère, Boukhalkhal leila

Qui ont consacré leur existence à bâtir la mienne, pour leur soutien, patience et soucis de tendresse et d'affection pour tous ce qui ils ont fait pour que je puisse arriver à ce stade. Qu'elle trouve ici mon amour et mon affection.

A mes chers frères, MOHAMED EL AMINE, MOUSSA, et le petit ABD ERRAOUF.

Pour ses soutiens moraux et leurs conseils précieux tout au long de mes études je leurs souhaite une vie pleine du bonheur succès.

A mon cœur, ma unique sœur AHLEM

Pour sa indéfectible soutien et sa patience infinie. Que j'adore.

A toute la famille BELKHIRAT

A ma chère amie KHADIDJA

Qui ma aidé et supporté dans les moments difficiles.

A ma chère binôme MADANI FADOUA.

Pour sa entente et sa sympathie et son soutien morale .

BELKHIRAT BOUCHRA

Résumé :

Nous avons évalué dans ce travail la distribution des dinoflagellés et des ciliés au large du port de SIDI FREDJ. Cette étude a été mené durant deux l'automne de l'année 2012 et le printemps de l'année 2013. Trois stations à quatre niveaux de profondeur (05m, 15m, 30m, 50m) ont été prospectées. 72 espèces ont été identifiées dont 5 ciliés et 67 dinoflagellés. Les abondances variaient entre 11 ind.l^{-1} et 776 ind.l^{-1} . L'indice de Shnnon variait entre 2.15 et 4.55. Quant à l'indice d'Evennes, les valeurs étaient entre 0.48 et 0.95. Une NMDS (Non-metric multidimensional scaling) a été établie pour évaluer la relation entre la distribution du microzooplancton et les paramètres environnementaux.

Mots clés : microzooplancton, température, salinité, éléments nutritifs, la baie de Bou Ismail dont la zone de Sidi Fredj.

Abstract :

We evaluated in this work the distribution of dinoflagellates and ciliates off the port of SIDI FREDJ. This study was carried out during the fall of 2012 and the spring of 2013. Three stations at four depth levels (05m, 15m, 30m, 50m) were surveyed. 72 species have been identified including 5 ciliates and 67 dinoflagellates. The abundances varied between 11 ind.l-1 and 776 ind.l-1. The Shnnon index varied between 2.15 and 4.55. As for the Evennes index, the values were between 0.48 and 0.95. An NMDS (Non-metric multidimensional scaling) was established to assess the relationship between the distribution of microzooplankton and environmental parameters.

Keywords: microzooplankton, temperature, salinity, nutrients, Bou Ismail bay including the Sidi Fredj area.

ملخص.

قيمنا في هذا العمل توزيع دينوفلاجيلات وأهداب قبالة ميناء سيدي فريدج. أجريت هذه الدراسة في خريف 2012 وربيع 2013. تم مسح ثلاث محطات على عمق أربعة مستويات (05 م ، 15 م ، 30 م ، 50 م). تم تحديد 72 نوعًا بما في ذلك 5 ciliates و 67 .dinoflagellates وتفاوتت الكميات بين 11 كائن في اللتر و 776. تراوح مؤشر شنون بين 2.15 و 4.55. أما بالنسبة لمؤشر Evennes فتتراوح القيم بين 0.48 و 0.95. تم إنشاء NMDS (مقياس متعدد الأبعاد غير متري) لتقييم العلاقة بين توزيع العوالق الدقيقة والمعلمات البيئية.

الكلمات المفتاحية: العوالق الدقيقة، درجة الحرارة، الملوحة، العناصر الغذائية، خليج بو إسماعيل بما في ذلك منطقة سيدي فرج.

Sommaire

Table des matières

Introduction 1

1 Généralités 3

1.1 Le microzooplancton 3

1.2 Les principaux groupes microzooplanctoniques 4

1.2.1 Les ciliés 4

1.2.2 Les Dinoflagellés 7

1.3 Écologie et distribution des Dinoflagellés 9

1.4 Cycle de vie 11

1.4.1 Reproduction asexuée et sexuée 11

1.5 Les caractéristiques des côtes Algériennes 13

1.5.1 La zone côtière en générale 13

1.6 La baie de Bou Ismail 13

1.6.1 Situation géographique ..... **Erreur ! Signet non défini.**

1.7 Situation géographique de zone d'étude 13

1.8 Principales caractéristiques des facteurs du milieu 14

1.8.1 Température 14

1.8.2 Salinité 14

1.8.3 Les éléments nutritifs 15

1.9 Rôles du Microzooplancton dans l'écosystème pélagique 15

2 Matériel et méthodes 17

2.1 Site d'étude 17

2.2 Présentation de la Baie de Bou Ismail 17

2.3 Echantillonnage 18
2.4 Analyse microscopique 20
2.5 Analyse des données 21
3 Résultats 23
3.1 Paramètres environnementaux : 23
3.1.1 Température : 23
3.1.2 Salinité 24
3.1.3 Nitrites 25
3.1.4 Nitrites 26
3.1.5 Le phosphates 27
3.1.6 Silicates 28
3.2 Composition spécifique du microzooplancton : 29
3.3 Indice de diversité 31
3.3.1 Indice de Shannon 31
3.3.2 Indices d'Evenness 32
3.3.3 Richesse spcifique 33
3.4 Variation des abondances 34
3.5 Variation inter-saisonnière des abondances 34
3.5.1 Comparaison inter-saisonnière des abondances totales 34
3.5.2 Comparaison inter-saisonnière des abondances par goupe 35
3.6 Variation horizontale des abondances 36
3.6.1 Automne 36
3.7 Variation verticale du microzooplancton 36
3.7.1 Automne 36

3.7.2 Printemps 39

3.8 Relation entre la distribution du microzooplancton et les facteurs environnementaux 40

4 Dscussion 42

Conclusion 44

Références bibliographiques 46

Liste des tableaux

Tableau 1. Coordonnées géographiques des stations de prélèvements..... 19

Tableau 2. Variation de la température au large de Sidi Fredj 23

Tableau 3. Variation de la salinité au large de Sidi Fredj 24

Tableau 4. Variation de la nitrite (NO2 en µmol.L^{-1}) au large de Sidi Fredj 25

Tableau 5. Variation de la nitrate (NO3 en µmol.L^{-1}) au large de Sidi Fredj 26

Tableau 6. Variation du phosphate (PO4 en µmol.L^{-1}) au large de Sidi Fredj 27

Tableau 7. Variation du silicate (SiO2 en µmol.L^{-1}) au large de Sidi Fredj 28

Tableau 8. Composition taxonomique du micorzooplancton en automne et au printemps (1 : présence, 0 absence) 29

Liste des figures

Figure 1 :. Position du microzooplancton dans un réseau trophique simplifié 3

Figure 2. Photo de ciliés les plus fréquents (a : *Lohmanniella oviformis,* b : *Strombidium conicum*, c : *Laboea strobila*, d : *Mesodinium rubrum*) 5

Figure 3 :Structures types des ciliés avec lorica (a) et sans lorica (b) d'après Montagnes (2003) et structures types des dinoflagellés nus (c) et avec thèque (d) d'après Taylor (1987) 6

Figure 4 : Diversité des dinoflagellés 8

Figure 5 : Quelques espèces dinoflagellés hétérotrophes les plus fréquents (a : Ceratium furca, b : Gyrodinium fusiforme,c : Protoperidinium ,d : Prorocentrum micans) 10

Figure 6. Cycle de vie simplifié des dinoflagellés (Fritz *et al.*, 1989)..... 12

Figure 7. Situation géographique des deux sites d'échantillonnage (Tamentefoust et Sidi Fredj)..... 14

Figure 8. Représentation conceptuelle des flux organiques à travers un système microbien modifié. MOP : matière organique particulaire ; MOD : matière organique dissoute(Lemlih, 2019). 16

Figure 9. Localisation géographique de la baie de Bou Ismail et les oueds qui débouchent dedans. 17

Figure 10. Localisation géographique des stations de prélèvements au niveau de sidi fredj. 19

Figure 11. (a) Bouteille NISKIN (HYDRO BIOS PWS), (b) Sels nutritifs, (c) Microscope inverse (Zeiss), (d)Multi paramètre (WTW) et (e) les cuves de sédimentation..... 21

Figure 12. Variation de la température au large de Sidi Fredj..... 23

Figure 13. Variation de la salinité au large de Sidi Fredj 24

Figure 14. Variation de la nitrite (NO2 en µmol.L^{-1}) au large de Sidi Fredj 25

Figure 15. Variation de la nitrate (NO3 en µmol.L^{-1}) au large de Sidi Fredj 26

Figure 16. Variation du phosphate (PO4 en µmol.L^{-1}) au large de Sidi Fredj..... 27

Figure 17. Variation du silicate (SiO2 en µmol.L^{-1}) au large de Sidi Fredj 28

Figure 18. Variation de l'indice de Shannon pondant les deux périodes d'étude..... 31

Figure 19. Variation de l'indice d'Evenness pondant les deux périodes d'étude 32

Figure 20. Variation de la richesse spécifique pondant les deux périodes d'étude 33

Figure 21. La comparaison des abondances du microzooplancton..... 34

Figure 22.Distribution des abondances des groupes zooplanctonique en automne et au printemps..... 35

Figure 23. Distribution horizontale des abondances des trois groupes au niveau des stations de prélèvements 36

Figure 24. Répartition des abondances des différents groupes de la station 1 durant l'automne 37

Figure 25. Répartition des abondances des différents groupes de la station 2 durant l'automne 38

Figure 26. Répartition des abondances des différents groupes de la station 3 durant l'automne 38

Figure 27. Répartition des abondances des différents groupes de la station 1 durant le printemps..... 39

Figure 28 NMDS représentant la répartition des échantillons par rapport aux gradients des facteurs environnementaux 40

Figure 29. NMDS représentant la répartition des espèces par rapport aux gradients des facteurs environnementaux 41

INTRODUCTION

Introduction

La mer Méditerranée est caractérisée par une biodiversité élevée par rapport à sa taille (Bianchi & Morri, 2000), et est principalement considérée comme un bassin oligotrophe (Siokou-Frangou *et al.,* 2010). Certaines des zones les plus productives de la mer Méditerranée sont situées dans son bassin le plus à l'ouest, où l'apport d'eau de l'Atlantique par le détroit de Gibraltar alimente une forte variabilité des conditions hydrologiques et physico-chimiques (Mercado *et al.*, 2007; Mazzocchi *et al.*, 2014; Yebra *et al.*, 2017; Gomez-Jakobsen *et al.*, 2019).

Les ciliés et les dinoflagellés sont des groupes généralement hétérotrophes et/ou autotrophes cosmopolites marins et d'eau douce, occupant des habitats benthique et planctonique. Certaines espèces sont mixotrophes, avec la possibilité d'ingérer les chloroplastes de leurs proies (appelés cleptochloroplastes) et d'utiliser ceux-ci pour la photosynthèse (Johnson & Stoecker, 2005; Du Yoo *et al.*, 2009).

Le zooplancton est composé de micro-organismes et constitue un élément central du réseau microbien. Les espèces qui le composent sont pour la plupart autotrophes et d'autre sont hétérotrophes. Ces protistes marins sont à la base du cycle de la matière vivante, et comprennent plusieurs groupes : les Diatomées, les Dinoflagellés, les Coccolithophoridés et autre. Études de la composition et la variation de cette composante et importante pour la connaissance du fonctionnement de l'écosystème marin. Nous nous intéressons dans ce présent travail à la composition et modification des abondances de 2classes du micro zooplancton (Ciliés et Dinoflagellés) sur des récoltes effectuées dans la région centre (Baie du Bou Ismail). Récemment, la plupart des connaissances du microzooplancton sont basées sur des expériences de laboratoire portant sur des espèces isolées dans des conditions artificielles limitées (Taucher *et al.*, 2017).

Il parait nécessaire d'étudier, en conditions naturelles, la composition spécifique et la dynamique temporelle des populations microzooplanctoniques en relation avec les facteurs environnementaux .il est important de souligner que les microorganismes aquatiques de très petite taille (< 100 µm) forment la majeure partie de la biomasse vivante (>90 %) en

milieu marin en général et jouent un rôle clé dans le fonctionnement des écosystèmes marins.

Etudier la distribution spatio-temporelle du microzooplancton. Cette étude sera corrélée aux facteurs environnementaux.

Les premiers travaux sur l'importance du microzooplancton, notamment les ciliés et les dinoflagelléz, ont été rapportés par Sime-Ngandol et collab. (1995) ; Ohman et Snyder (1991) ; Ohman (1994). Leurs observations ont permis de connaitre d'avantage l'abondance, la composition des espèces, ain0si que les facteurs biotiques et abiotiques qui influencent leur distribution saisonnière et leurs schémas de succession. D'autres travaux sur le zooplancton ont été mené au sein des côtes algériennes ouest (Chaouadi & Hafferssas, 2018; Khames & Hafferssas, 2018).

Le présent travail comporte d'une part, une étude qualitative qui considère la composition spécifique des populations et d'autre part, la répartition spatio-temporelle de la communauté microzooplanctonique en relation avec la variabilité environnementale au niveau de notre zone d'étude à sidi fredj (baie de Bou Ismail).

Identifier, quantifier et caractériser des principaux groupes qui contribuent à la communauté microzooplanctonique.

GENERALITES

1 Généralités

L'écosystème pélagique concerne les animaux qui vivent en pleine eau appelés "pélagiques". Le microzooplancton est constitué par : les prédateurs herbivores et carnivores qui assurent la production secondaire. Le microzooplancton représente la fraction charnière entre le phytoplancton et les échelons supérieurs (méso-zooplancton, macro-zooplancton, larves …etc.).

1.1 Le microzooplancton

Dans les environnements pélagiques marins, le microzooplancton est un groupe d'organismes planctoniques hétérotrophes et mixotrophes pouvant être définis comme des organismes phagotrophes de taille comprise entre 20 et 200 µm (Dussart, 1965). Il renferme plusieurs groupes taxonomiques (hétérogènes), tel que les flagellés, les dinoflagellés, les ciliés, les radiolaires, les foraminifères comprenant à la fois les Protozoaires et les Métazoaires (Edwards & Burkill, 1995).

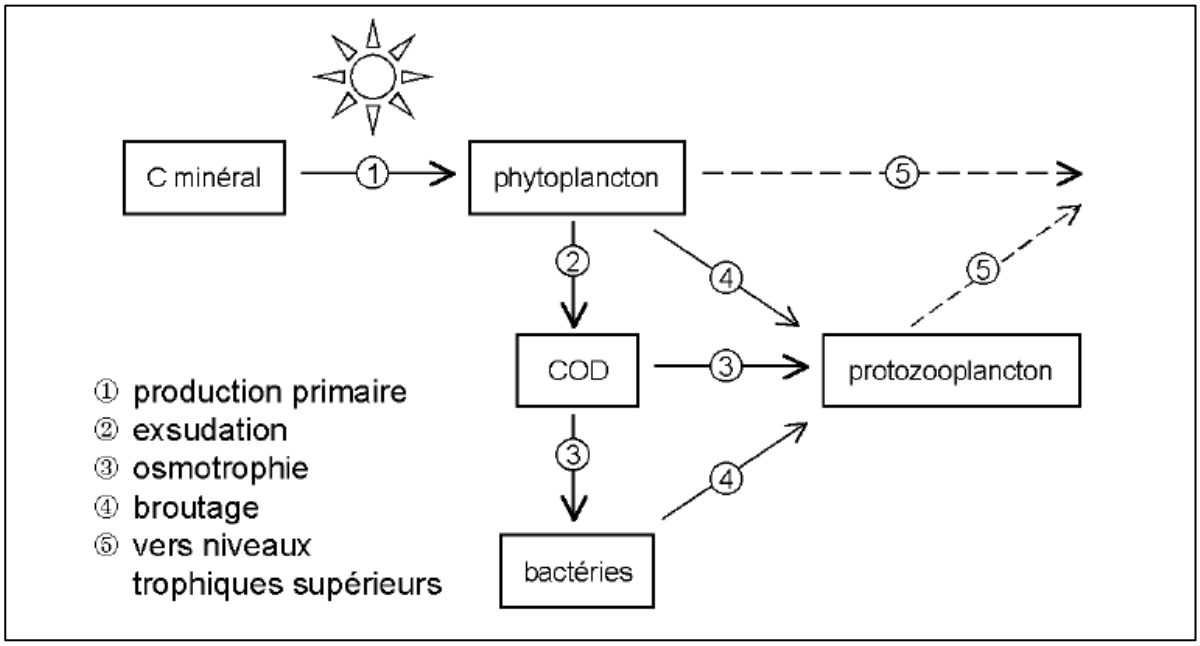


Figure 1 :. Position du microzooplancton dans un réseau trophique simplifié (Quéguiner, 2013)

Dans les réseaux trophiques aquatiques, l'importance quantitative et fonctionnelle des microorganismes n'a été considérée que depuis quelque Décennies (Pomeroy, 1974) (Fig. 1). Au début des années 1900, Lohmann reconnaissait déjà l'importance du microzooplancton (Laval-Peuto & Febvre, 1986). De la même façon, Vernadskii en 1926, se referait fréquemment aux micro-organismes comme une composante importante du fonctionnement général des océans.

Dans l'assemblage des protozoaires, les dinoflagellés hétérotrophes et les ciliés des ordres Choreotrichia et Oligotrichida sont omniprésents et habituellement dominent la communauté (Dolan, 2010).

1.2 Les principaux groupes microzooplanctoniques

1.2.1 Les ciliés

Les eucaryotes unicellulaires ont un rôle non négligeable dans ces environnements particuliers. Parmi ces organismes, les ciliés sont des protozoaires et constituent une fraction numérique importante du microzooplancton où ils peuvent représenter de 50 à 80% du nombre total des organismes zooplanctoniques de taille inférieurs à 200 μm. La richesse des ciliés (environ 7200 espèces), leur grande diversité morphologique et écologique, leur adaptation aux conditions naturelles, leur taille, leur taux de reproduction et leur facilité d'utilisation faite des organismes particulièrement utiles pour résoudre les problèmes de la Recherche biologique et environnementale.

Les ciliés sont constitués par deux groupes principaux : les loricates (tintinnides) avec une coquille à paroi de nature protéique (Agatha & Simon, 2012) avec ou sans particules agglutinées (i.e. Favella spp., Tintinnopsis spp.) et les ciliés sans lorica (i.e. Strombidium spp.) (Fig. 2).

Les ciliés sont des cellules complexes avec des morphologies variées en fonction de l'espèce, ils sont divisés en deux groupes :

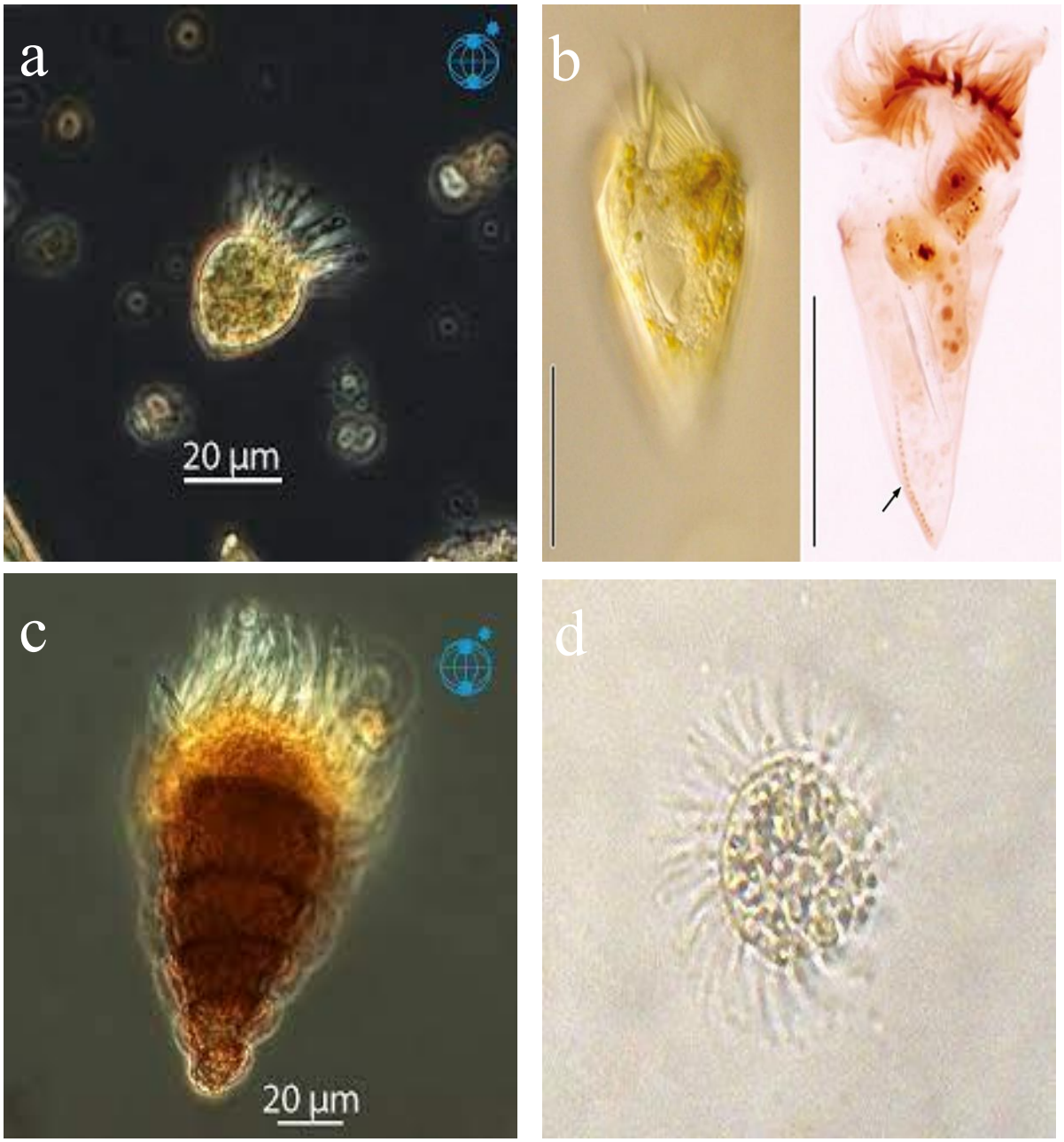


Figure 2. Photo de ciliés les plus fréquents (a : *Lohmanniella oviformis*, b : *Strombidium conicum*, c : *Laboea strobila*, d : *Mesodinium rubrum*)

Ciliés loriqués

Ils sont constitués d'une lorica en forme de cloche ou cupule dans laquelle ils peuvent se rétracter. Ces organismes portent de nombreux cils locomoteurs, agglutinés en lamelles souples, insérées en spirale sur la partie postérieure de l'espèce. C'est le cas des tintinnides qui constituent la majeure partie du microzooplancton dans les environnements marins (Kamiyama, 1994; Uye *et al.*, 1996).

Ciliés aloriqués

Ce sont des ciliés nus ou dépourvus de la thèque et sont regroupés en couronne apicale (exemple : *Laoboea sp, Strobilidium sp*). La mixotrophie constitue un mode de nutrition pour les ciliés aloriqués. A titre d'exemple, les ciliés planctoniques marins peuvent inclure des plastides provenant de Diatomées. On y cite : *Mesodinium rubrum*

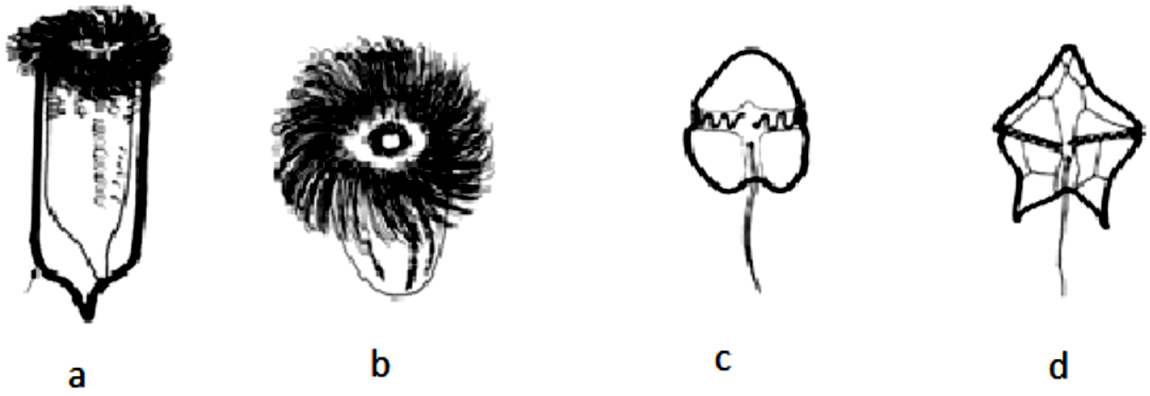


Figure 3 : Structures types des ciliés avec lorica (a) et sans lorica (b) d'après Montagnes (2003) et structures types des dinoflagellés nus (c) et avec thèque (d) d'après Taylor (1987)

1.2.2 Les Dinoflagellés

Les dinoflagellés sont des microalgues unicellulaires de couleur rouge-orangé et de taille moyenne ou petite. Ils sont principalement unicellulaires, à noyau dépourvu d'histones, et dont au moins un des stades de développement est constitué par une cellule portant deux flagelles caractéristiques.

Parmi les 2500 espèces de dinoflagellés décrites jusqu'à présent, on distingue principalement les dinoflagellés nus avec des cellules sans thèque (exemple : *Gyrodinium spp*. *Gymnodinium spp*.) et les dinoflagellés à thèque composés des plaques en cellulose (exemple : *Protoperidinium spp*. *Ceratium spp*., *Dinophysis spp*.) (Fig. 3).

Les dinoflagellés sont particulièrement diversifiés au sein du plancton marin. En tenant compte de la biodiversité des dinoflagellés vivants et fossiles, ce groupe comprend plus de 550 genres et plus 4000 espèces décrites (Fig. 4).

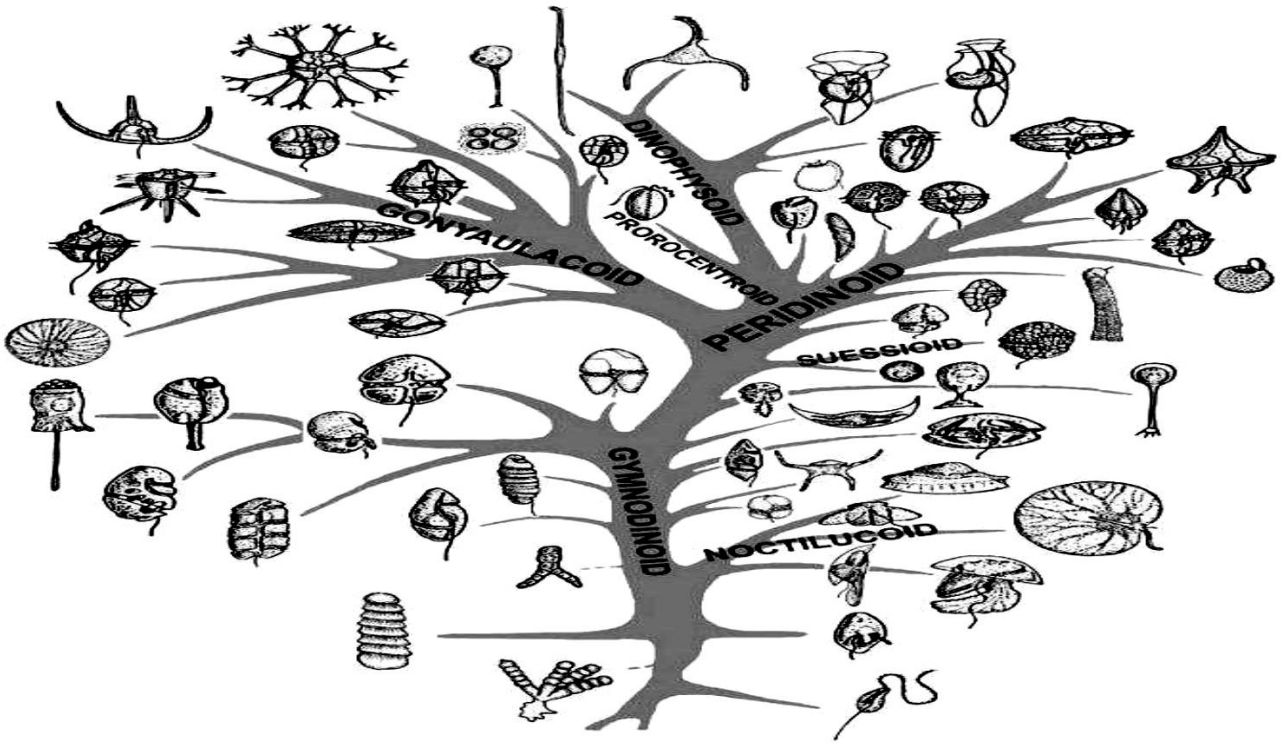


Figure 4 : Diversité des dinoflagellés

Les Dinoflagellés peuvent être des hétérotrophes mixotrophes ou alternativement auto et hétérotrophes selon les conditions du milieu. Les dinoflagellés hétérotrophes sont dépourvus de pigments photosynthétiques et se nourrissent par prédation (Fig. 5).

Généralement les dinoflagellés représentés dans les groupes suivant :

(i) Les Prorocentrales (Prorocentrum) : se présentent sous forme de cellules ovoïdes ou lancéolées avec des flagelles en position apicale et peu différenciés.

(ii) Les Dinophysiales (Dinophysis) : ont deux flagelles correspondant à des sillons bien marqués. Leurs thèques sont bivalves et possèdent des collerettes ou ailerons le long des sillons.

(iii) Les Péridiniales : sont armées de plaques ou de thèques cellulosiques et regroupent des formes telles que Gonyaulax, Alexandrium, Protoperidinium, possédant une thèque avec expansions de petite taille et les Ceratium, dont la thèque cellulosique est épaisse et ornée généralement de trois cornes de grande taille, une apicale et deux postérieures. Citons l'espèce la plus fréquente : *C. furca*.

(iv) Les Noctilucales et les Gymnodiniales sont des formes nues seulement entourées de la membrane péri-plastique telles que Kofoidinium et gymnodinium. Certains Noctilucales sont hautement toxiques pour les poissons et les mollusques et présentent un danger pour la mariculture. Noctiluca sintillins est une Noctilucales luminescente des régions côtières.

1.3 Écologie et distribution des Dinoflagellés

Les dinoflagellés est un phylum relativement ancien (Steidinger & Walker, 1984). Ces organismes sont largement distribués dans les écosystèmes marins et d'eau douce à travers le monde.

La majorité de ces espèces est distribuée dans les eaux marines. Un grand nombre de ces espèces montre aussi une sensibilité à l'agitation du milieu. Ainsi, certains taxons à savoir le genre *Alexandrium*) sont présentes dans les estuaires, lagunes et ports.

Les dinoflagellés sont très diversifiés et leur écologie est très variée (J. M. Burkholder *et al.*, 2006; Taylor *et al.*, 2008).

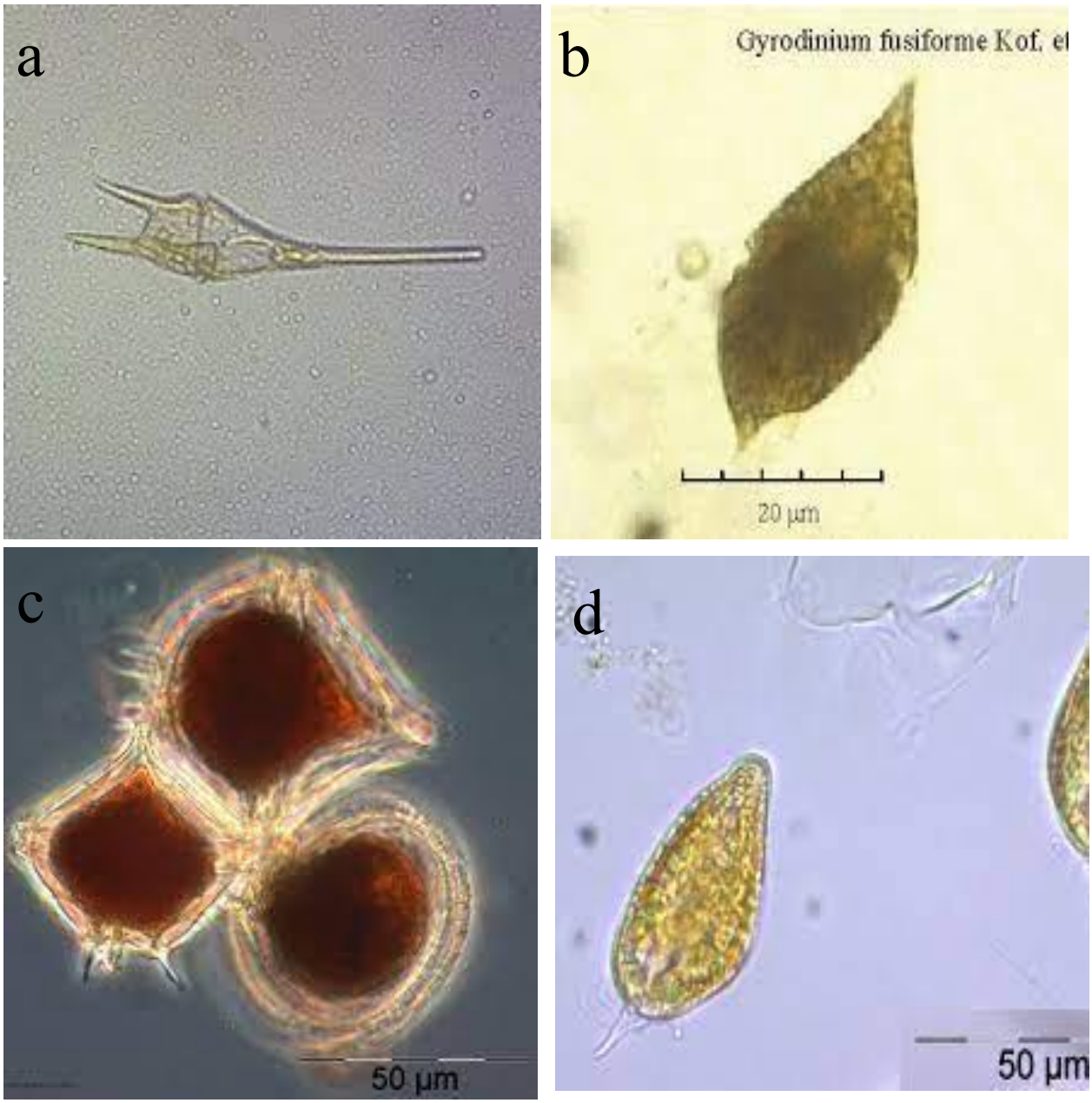


Figure 5 : Quelques espèces dinoflagellés hétérotrophes les plus fréquents (a : Ceratium furca, b : Gyrodinium fusiforme,c : Protoperidinium ,d : Prorocentrum micans)

Ces espèces ont un mode de nutrition en fonction des conditions qu'elles ont pu rencontrer. Par conséquent, on trouve un grand nombre d'espèces autotrophes (51 % décrites contenant un ou plusieurs chloroplastes). Aujourd'hui, une majorité de ces espèces sont décrites

comme hétérotrophes (Gómez, 2012). Cependant, la présence de chloroplastes n'implique pas une autotrophie exclusive et de nombreuses études ont montré que la mixotrophie est très répandue chez les Dinoflagellés(Jeong *et al.*, 2004; Burkholder *et al.*, 2008).

Les Dinoflagellés sont majoritairement associés à une prolifération d'algues nuisibles (Harmful Algal Bloom) (Van Dolah, 2000; Sellner *et al.*, 2003; Glibert *et al.*, 2005; Maso & Garcés, 2006), ce qui indique leur facultés d'adaptation particulièrement remarquables.

Une prolifération d'algues nuisibles (HAB) : est une prolifération d'algues qui a des effets négatifs sur d'autres organismes via la production de toxines naturelles produites par les algues, des dommages mécaniques à d'autres organismes ou par d'autres moyens (Heisler *et al.*, 2008). Cette prolifération peut entraîner une baisse importante des niveaux d'oxygène dans les eaux naturelles, tuant les organismes dans les eaux marines ou douces.

1.4 Cycle de vie

1.4.1 Reproduction asexuée et sexuée

Les dinoflagellés présentent deux phases distinctes dans leur cycle de vie (Fig. 6). La multiplication asexuée commence toujours par une phase haploïde. Chez certaines espèces, la cellule se divise le long d'une suture prédéterminée entre les plaques de la thèque pour produire deux cellules filles qui héritent de la moitié de la thèque, du moins temporairement (le processus de desmochisis) (Figueroa *et al.*, 2009).

D'autres espèces font appel à un autre processus de multiplication au cours duquel la cellule mère évacue sa thèque (ecdysis), puis sédimente sous forme de kyste temporaire (l'eleutheroschisis). Les cellules peuvent se diviser pour donner 2, 4 ou 6 cellules filles haploïdes. Ce processus a été observé chez plusieurs espèces du genre *Alexandrium* tel que *Alexandrium peruvianum* (Figueroa *et al.*, 2008).

La reproduction sexuée reste une étape très importante dans le cycle de vie des dinoflagellés (Fig. 6). Elle est caractérisée par le passage du stade haploïde à un stade diploïde. Comme toute reproduction sexuée, un des intérêts reste le brassage génétique qui en résulte. Cependant des études récentes ont pu montrer que certains dinoflagellés étaient

capables de produire des kystes de résistance asexués comme *Scrippsiella hangoei* (Kremp & Parrow, 2006). La reproduction sexuée est souvent initiée par des facteurs abiotiques liés aux changements brusques des conditions environnementales (température, agitation du milieu…) mais aussi par le changement des conditions nutritives (limitation en nutriments à la fin du bloom).

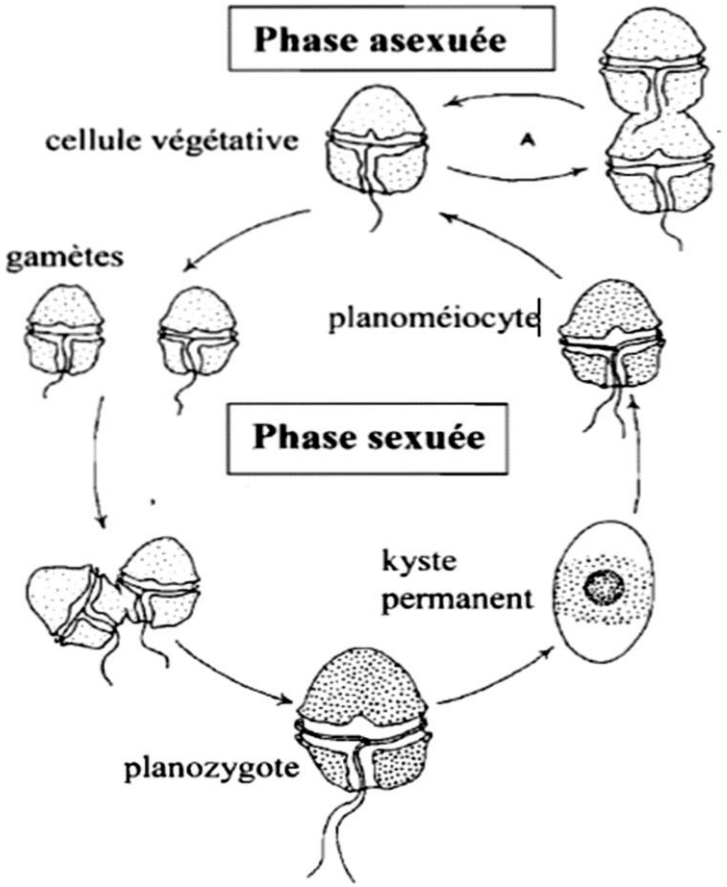


Figure 6. Cycle de vie simplifié des dinoflagellés (Fritz *et al.*, 1989)

Le cycle de vie des dinoflagellés reste en partie mal connu car il est délicat d'isoler des souches monoclonales du milieu naturel, de les maintenir en culture et de reconstituer *in vitro* les conditions environnementales complexes.

1.5 Les caractéristiques des côtes Algériennes

1.5.1 La zone côtière en générale

L'Algérie dispose d'un littoral d'environ de 1280 Km. Il s'étend de 0° W jusqu'à 9° E. La caractéristique principale de ces côtes est pratiquement l'absence d'un plateau continental. Le talus continental est très étroit ; sa largeur est d'environ 10 milles marins. Les fonds de 100 m sont situés à moins de 5 milles marins des côtes. Cependant le golfe d'Arzew à l'Ouest et celui de d'Annaba à l'Est, le talus en pente douce s'étale sur une grande distance (Seridji & Hafferssas, 2000).

1.6 La baie de Bou Ismail

La baie de Bou Ismail est située à l'ouest d'Alger entre 2° 20' E et 2° 55'E. Elle est située entre le massif du Chenoua à l'ouest et le massif de La Bouzaréah à l'est. Ainsi, couvrant une superficie de 350Km^2. L'ouverture de la baie est de l'ordre de 40 Km, elle est orientée du sud Est au Nord Est (Dagorne, 1973).

1.7 Situation géographique de zone d'étude

Le site de Sidi Fredj est éloigné de la zone très industrialisée d'Alger (Fig. 7). Il se situe dans la baie de Bou Ismaïl, une zone beaucoup moins touchée par les eaux usées domestiques et moins polluée (Soualili *et al.*, 2008), mais plus exposée aux vents dominants (Guettaf *et al.*, 2000).

La presqu'île de Sidi Fredj se trouve dans une zone semi-protégée (on y trouve un centre de thalassothérapie) constituée d'un plateau rocheux abritant des herbiers à *Posidonia oceanica* y est en meilleure santé. On y trouve également un herbier à *Cymodocea nodosa*.

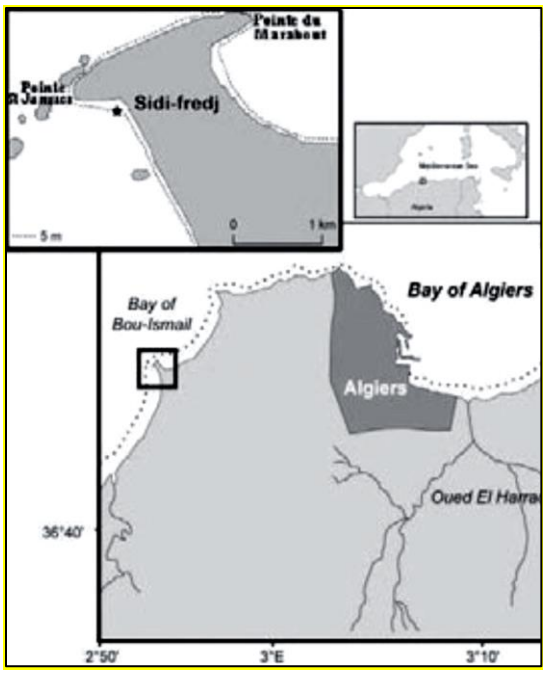


Figure 7. Situation géographique de la region de sidi fredj

1.8 Principales caractéristiques des facteurs du milieu

1.8.1 Température

La température de l'eau est un facteur prépondérant dans la vie des organismes marins. Elle contribue de façon importante à la distribution géographique des espèces marines. Elle détermine les périodes de migrations et de reproduction et bien d'autres facteurs éthologiques et physiologiques, surtout chez les espèces pélagiques.

La température des eaux superficielles de la baie fluctue en fonction des échanges atmosphère –mer, elle est de l'ordre de 21° à 27°C en moyenne entre aout et octobre (Mouhoub, 1986).

1.8.2 Salinité

Selon Bakalem (2008) la salinité des eaux de surface en été présente une certaine homogénéité à l'échelle de l'ensemble de la baie ; les valeurs notées sont entre 37,08 et 37,68.

Les salinités des eaux de fond proche du rivage sont en général identiques à celles de surface, excepté à proximité des embouchures des oueds Nador et Mazafran où les valeurs sont plus faibles (36.68 à 36.98) d'où l'influence de ces oueds sur le milieu marin.

1.8.3 Les éléments nutritifs

Les sels nutritifs sont des constituants minéraux dissous dans l'eau de mer et impliqués dans le métabolisme des êtres vivants. Ils se situent donc à l'interface physico-biologie, ce qui rend leur étude doublement intéressante puisqu'ils peuvent être utilisés à la fois comme traceurs de masse d'eau (dans une optique physique) ou comme indicateurs de richesse potentielle (dans une optique biologique). Ces éléments nutritifs s'appliquent traditionnellement à plusieurs formes de composés minéraux qui sont, pour l'azote : les ions nitrate, nitrite, ammonium ; pour le phosphore, l'ion orthophosphate et pour le silicium l'ion silicate

1.9 Rôles du Microzooplancton dans l'écosystème pélagique

Le microzooplancton (MZP), notamment les ciliés, constituent un groupe intermédiaire important dans le réseau trophique planctonique. Ils jouent des rôles essentiels dans le réseau trophique planctonique en tant que prédateurs, proies et dans la régénération de la matière organique (Fig. 8).

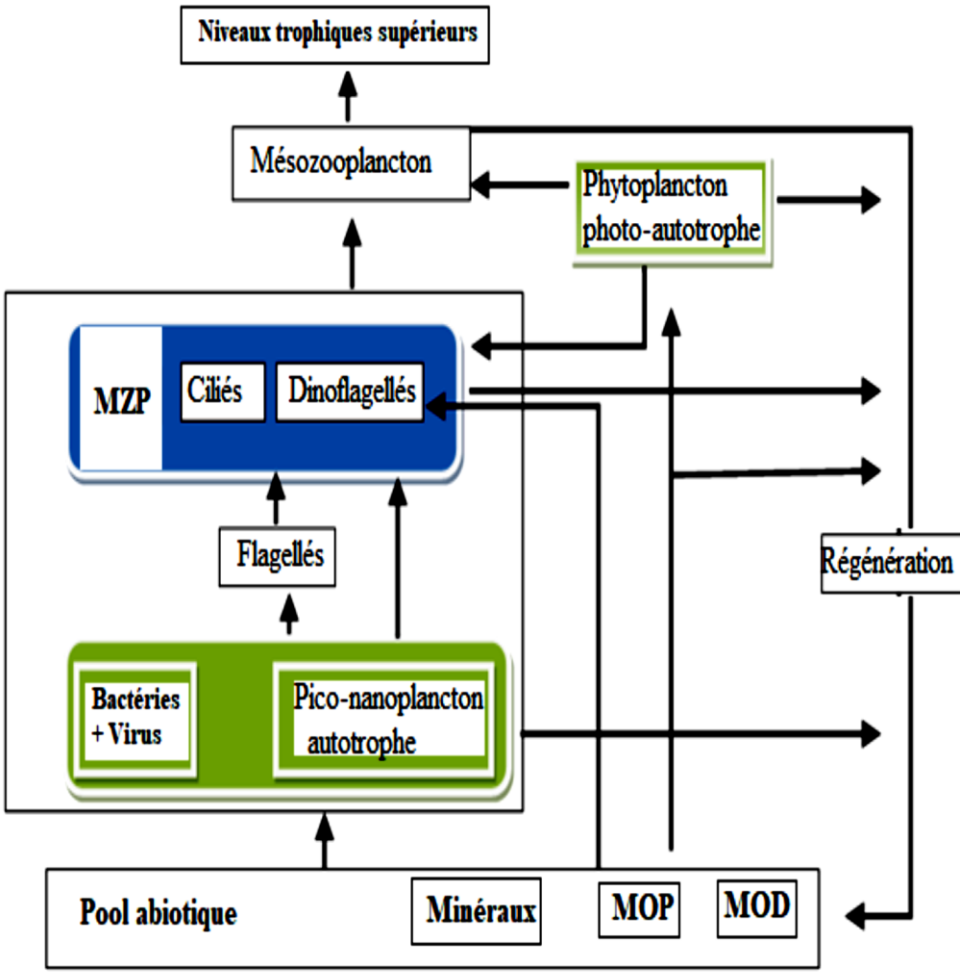


Figure 8. Représentation conceptuelle des flux organiques à travers un système microbien modifié. MOP : matière organique particulaire ; MOD : matière organique dissoute(Lemlih, 2019).

MATERIEL ET METHODES

2 Matériel et méthodes

2.1 Site d'étude

Les échantillons ont été collectés au niveau de la région centre algérienne et concerne la baie de Bou Ismail dont la zone de Sidi Fredj.

2.2 Présentation de la Baie de Bou Ismail

La baie de Bou-Ismail (Ex. golfe de Castiglione) est limitée à l'Est par le promontoire de Ras Acrata et à l'Ouest par le cap du Mont Chenoua (Fig. 9). A l'instar de toute la côte algérienne, le plateau continental de la baie de Bou-Ismail est étroit avec une largeur variante entre 3 kilomètres pour la limite Est (Sidi Fredj) et 13 kilomètres pour la frontière Ouest (Mont Chenoua) (Vaissière & Fredj, 1963). Ce qui lui confère une province océanique plutôt que néritique (Chalabi & Akkacha, 1998).

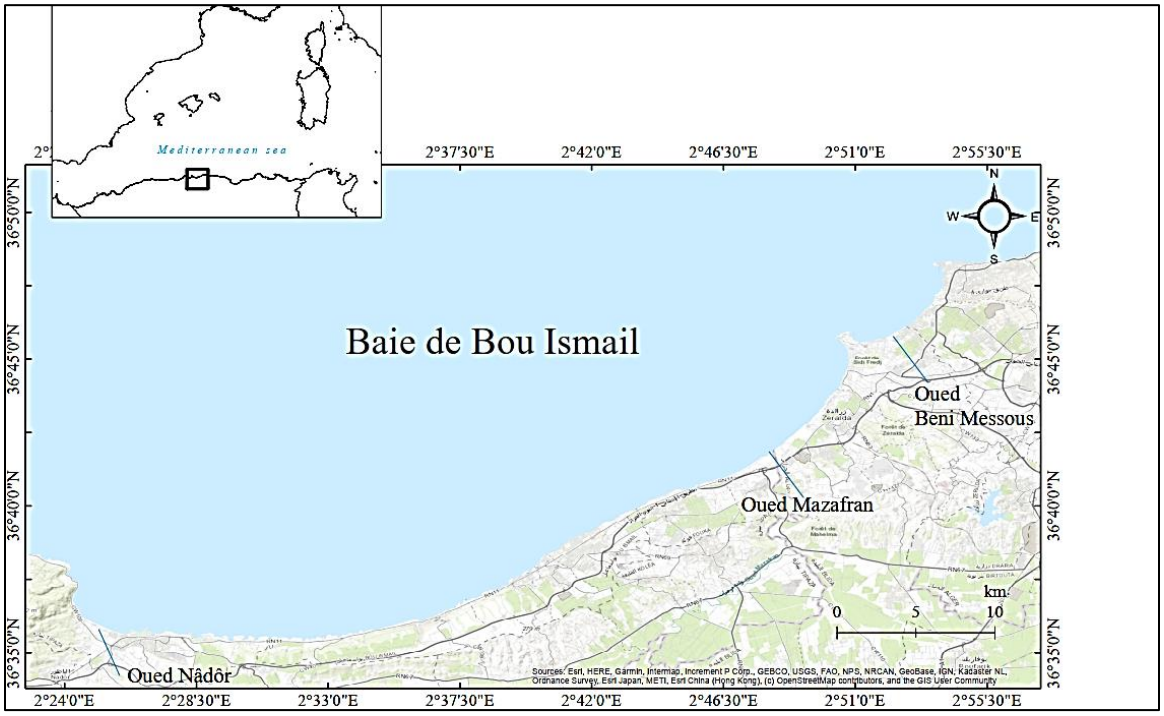


Figure 9. Localisation géographique de la baie de Bou Ismail et les oueds qui débouchent dedans.

La courbe bathymétrique de 200 mètres est considérée généralement comme la limite de la marge continentale algérienne et le domaine des plaines abyssales (Houma, 2009). Ce dernier se caractérise par une pente de l'ordre de 2 à 3% avec une ligne d'inflexion nette autour de l'isobathe 100 mètres (Asso, 1982). Cette pente est perturbée par quelques appointements rocheux localisés au large du Mazafran et de Bou-Ismail (Houma, 2009).

Le site d'étude est situé au large de la presqu'île de Sidi-Fredj (Est de la baie de Bou Ismail). Sa largeur est d'environ 620 mètres. Elle forme deux baies très ouvertes ; s'étendant de la baie d'El Djamila (Est) jusqu'aux côtes de Zéralda (Ouest).

Cette dernière est utilisée comme déversoirs naturels d'eaux usées (domestique, industrielles et agricoles) provenant des 3 oueds (fig.9) qui débouchent dans la baie de Bou Ismail et qui constituent l'un des principaux vecteurs des polluants en mer ;

-Oued Nador

-Oued Beni Messous

-Oued Mazafran

La bordure sous-marine de la région algéroise, est réduite à une mince couche de part et d'autre des deux élargissements de la baie d'Alger et de la baie de Bou Ismail. Le site de Sidi Fredj est éloigné de la zone très industrialisée d'Alger. Il se situe dans la baie de Bou Ismaïl, une zone beaucoup moins touchée par les eaux usées domestiques que Tamentefoust et moins polluée (Soualili *et al.*, 2008), mais plus exposée aux vents dominants (Guettaf *et al.*, 2000).

2.3 Echantillonnage

Les prélèvements ont été effectués à l'est de la Baie de Bou Ismail. Les coordonnées géographiques des stations de prélèvements sont représentées dans le tableau 1.

Les prélèvements d'eau de mer destinés à l'analyse des paramètres physico-chimiques et à l'étude microscopique des microorganismes marins (dinoflagellés, et ciliés) dans la baie de Bou Ismail (sidi Fredj) a été réalisée dans 3 stations (tab.1) à 4 profondeurs différente

(5 –15 – 30 et 50 m de profondeur) (Fig. 10). Chaque station a été visitée durant l'automne de l'année 2013 et le printemps de l'année 2014.

Tableau 1. Coordonnées géographiques des stations de prélèvements

Station	Localisation géographique	
	Longitude	Latitude
S1	2° 50' W	36° 47' 24"
S2		36° 48' 12"
S3		36° 49' 10"

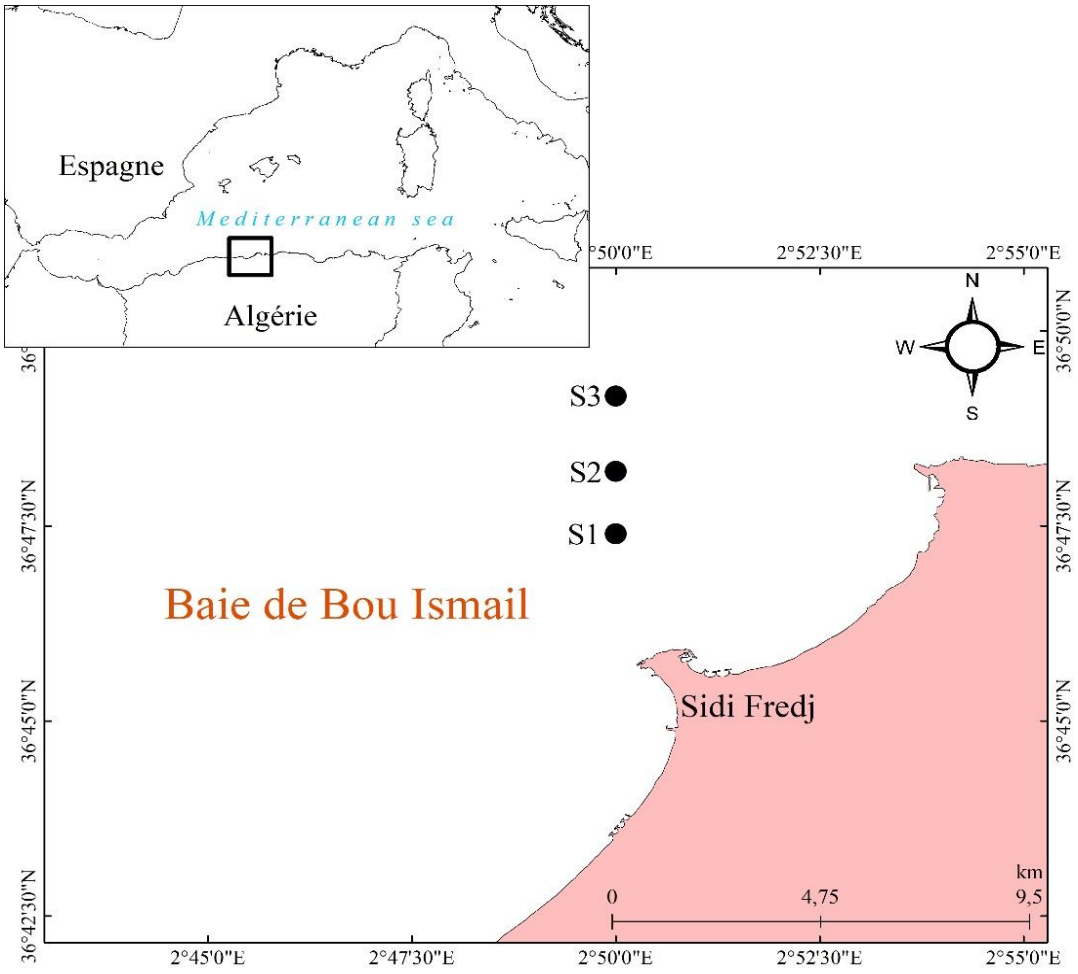


Figure 10. Localisation géographique des stations de prélèvements au niveau de sidi fredj.

Nos prélèvements d'eau mer ont été réalisés en utilisant Bouteille NISKIN (HYDRO6BIOS PWS) (Fig. 11a). Nous avons, en suite, récupéré de cette bouteille un premier sous échantillon d'un (1) L de volume fixé au Lugol. Ce dernier est destiné à l'analyse microscopique qualitative (identification taxonomique) et quantitative (abondance : nombre d'individu par litre). Dans le but de doser les sels nutritifs, un deuxième flacon de 100 ml est rempli et congelé immédiatement à – 20 °C.

A bord du bateau et immédiatement après la remontée de la bouteille nous avons mesuré la température et la salinité en introduisant une sonde de type (WTW) (Fig. 11d).

Une fois au laboratoire, les échantillons d'eaux ont été congelés pour une analyse ultérieure des sels nutritifs tels que les nitrates, les nitrites, les slilicates et les phosphates. Ils ont ensuite été dosés par un auto-analyseur suite à la décongélation (Fig. 11b).

2.4 Analyse microscopique

Pour identifier et quantifier le microzooplancton, 10 ml ont été déposés dans des chambres de sédimentation après pré-concentration du sous échantillon (1 L de volume) pendant 72h (Edler & Elbrächter, 2010) (Fig. 11e). Ces échantillons ont été examinés à l'aide d'un microscope inversé Zeiss Axiovert25, à un grossissement de x200 et x400 (Fig. 11c).

Les dinoflagellés et les ciliés ont été comptés et identifiés jusqu'au genre ou à l'espèce à l'aide des clés d'identification (Tomas, 1997; Strüder-Kypke *et al.*, 2001; Avancini *et al.*, 2006). De plus, le microzooplancton métazoaire a été seulement compté.

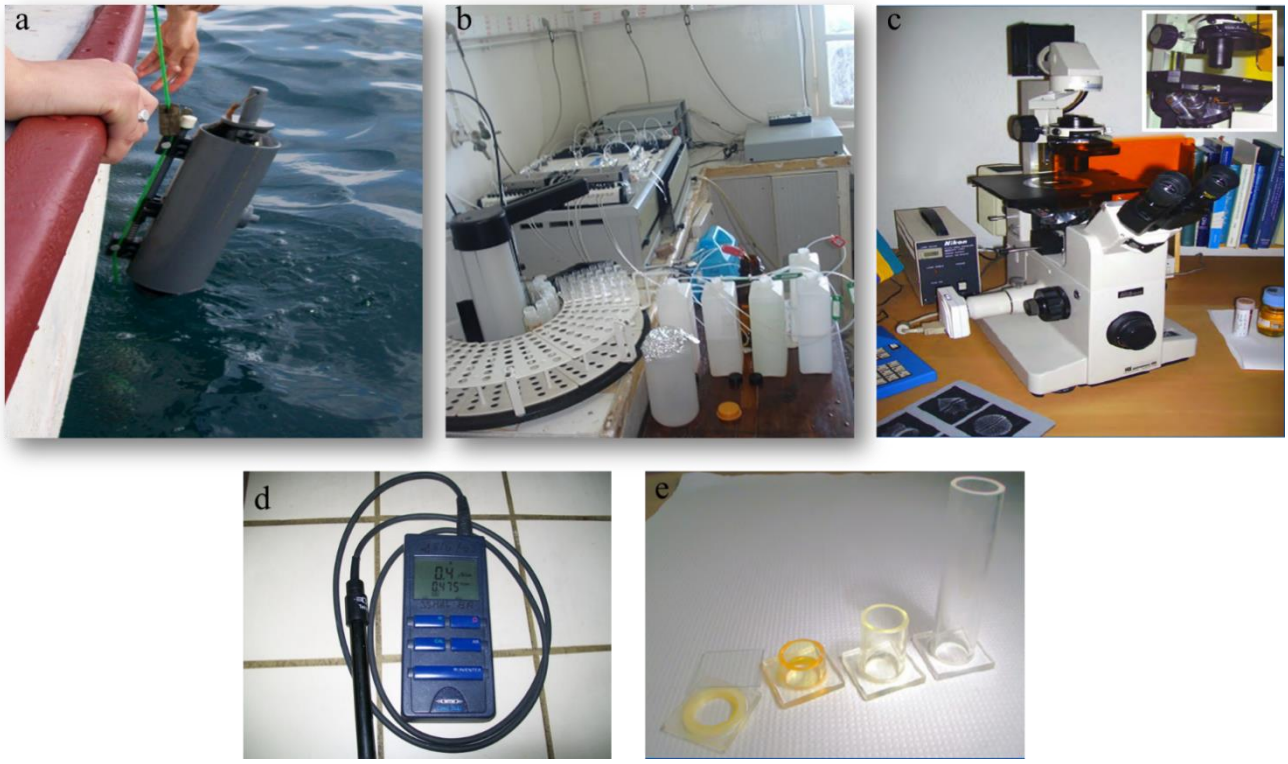


Figure 11. (a) Bouteille NISKIN (HYDRO BIOS PWS), (b) Sels nutritifs, (c) Microscope inverse (Zeiss), (d)Multi paramètre (WTW) et (e) les cuves de sédimentation

2.5 Analyse des données

Pour les paramètres environnementaux, la moyenne et l'écart type de chaque paramètre ont été calculés pour les deux saisons d'échantillonnage. L'abondance du zooplancton a également été estimé pour les deux saisons en individu par litre. En ce qui concerne les analyses statistiques, le test de Mann Whitney et kruskal -Wallis ont été appliqués pour une comparaison spatio-temporelle dont la première est inter-saisonnière (automne-printemps) et la seconde est de type côte-large. Si la p value est inférieure à 0.05 ceci veut dire que la différence est significative pour un intervalle de confiance de l'ordre de 95% (risque 5%).

Les indices de diversité à savoir l'indice de Shannon l'indice d'Evennes et la richesse spécifique ont été calculé pour chaque échantillon (Magurran, 2003) à fin d'évaluer la

diversité de au sein de la zone d'étude. Nous avons utilisé mise à échelle multidimensionnelle non paramétrique (Non-metric multidimensional scaling ou NMDS) pour analyser la relation entre la distribution du microzooplancton et les paramètres environnementaux(Clarke, 1993).

Les représentations graphiques et les analyses ont été réalisé l'aide des logiciels Excel et R

RESULTATS

3 Résultats

3.1 Paramètres environnementaux :

3.1.1 Température :

La température varie entre 15,5 et 18,5 °C durant l'automne. La moyenne est égale à 17,5 °C. Au printemps, les valeurs varient entre un minimum de15,5 °C et un maximum de 16,4 °C avec une moyenne de16 °C (Fig. 12 & Tab. 2).

Tableau 2. Variation de la température au large de Sidi Fredj

Température (°C)	**Saisons**	
	Automne	Printemps
Moyenne	17,5	16,0
Ecart-type	1,0	0,4
Min	15,5	15,5
Q1	16,9	15,7
Médiane	18,0	16,0
Q3	18,0	16,3
Max	18,5	16,4

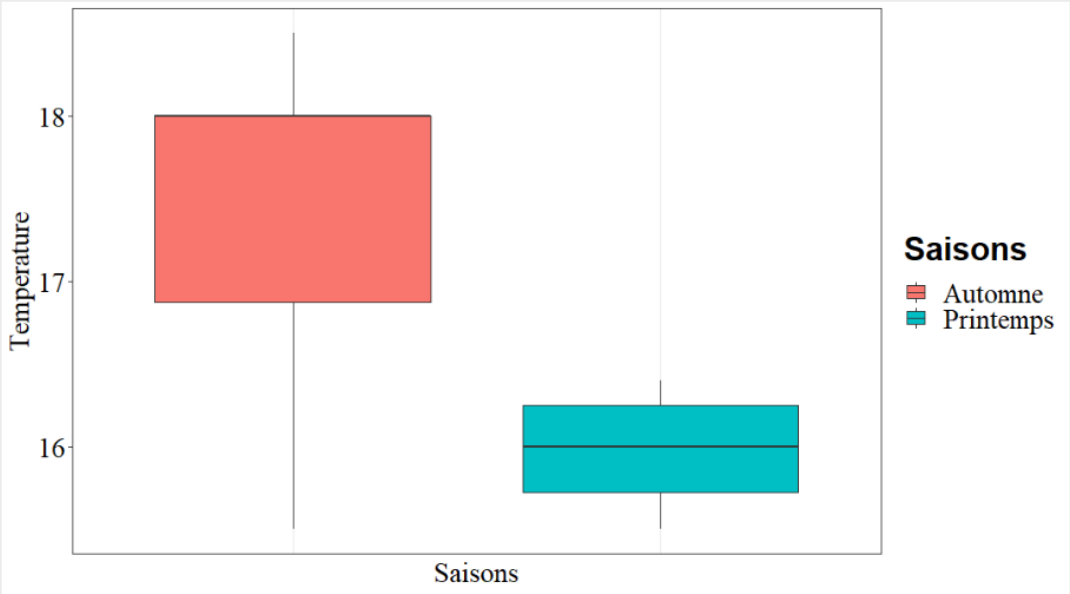


Figure 12. Variation de la température au large de Sidi Fredj

3.1.2 Salinité

La salinité varie entre 36 et 37 ,2 durant l'automne avec une moyenne de 36,7.

Durant le printemps, elle varie entre 35 ,8 et 36. La moyenne enregistre est de 35,9 (Fig. 13 & Tab. 3).

Tableau 3. Variation de la salinité au large de Sidi Fredj

Salinité	**Saisons**	
	Automne	Printemps
Moyenne	36,7	35,9
Ecart-type	0,5	0,1
Min	36,0	35,8
Q1	36,4	35,9
Médiane	36,8	35,9
Q3	37,1	35,9
Max	37,2	36,0

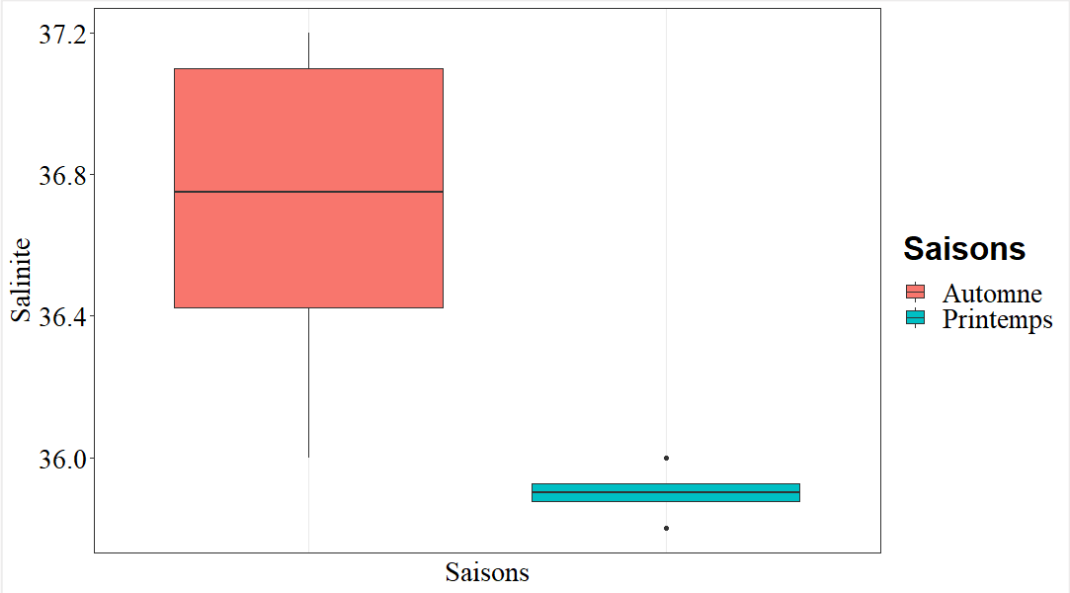


Figure 13. Variation de la salinité au large de Sidi Fredj

3.1.3 Nitrites

Durant l'automne, les concentrations de nitrites fluctuent entre 0,03 µmol.L^{-1} et 0,29 µmol.L^{-1}. La moyenne est autour de 0,11. Le printemps enregistre des valeurs plus élevées, entre 0,04 µmol.L^{-1} et 0,24 µmol.L^{-1} (Fig. 14 & Tab. 4).

Tableau 4. Variation de la nitrite (NO2 en µmol.L^{-1}) au large de Sidi Fredj

NO2	**Saisons**	
	Automne	Printemps
Moyenne	0,11	0,12
Ecart-type	0,08	0,09
Min	0,03	0,04
Q1	0,05	0,07
Médiane	0,08	0,10
Q3	0,15	0,14
Max	0,29	0,24

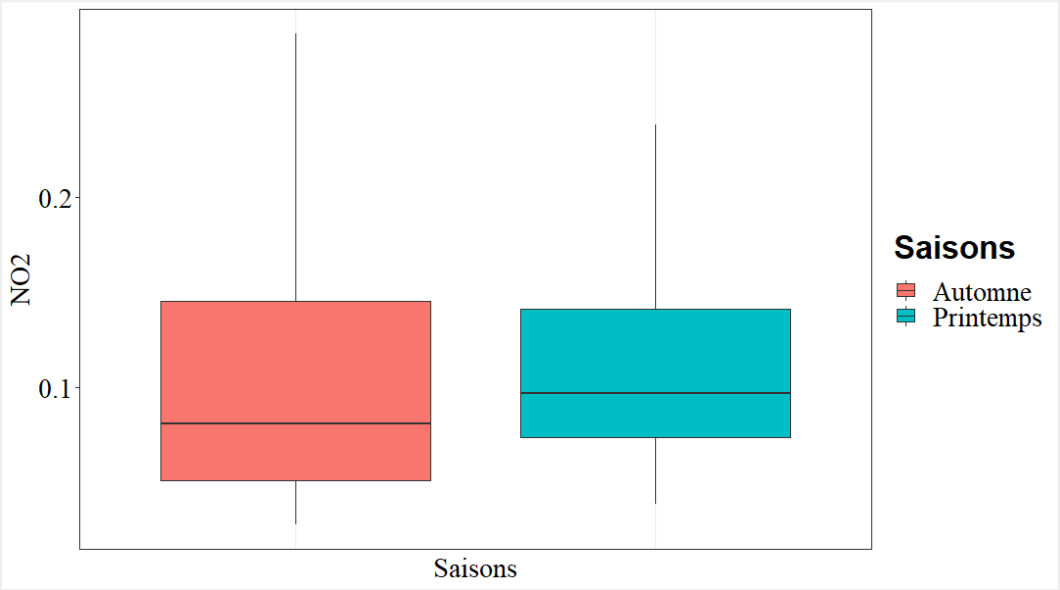


Figure 14. Variation de la nitrite (NO2 en µmol.L^{-1}) au large de Sidi Fredj

3.1.4 Nitrites

Les nitrates enregistrent de fortes concentration en automne (moyenne de 0.34 µmol.L^{-1}) au printemps. L'automne est carcatrisé par des concentrations reltivement faibles avec une moyenne de 0,21 µmol.L^{-1} (Fig. 15 & Tab. 5).

Tableau 5. Variation de la nitrate (NO3 en µmol.L^{-1}) au large de Sidi Fredj

NO3	**Saisons**	
	Automne	Printemps
Moyenne	0,21	0,34
Ecart-type	0,20	0,04
Min	0,00	0,32
Q1	0,09	0,32
Médiane	0,15	0,32
Q3	0,34	0,34
Max	0,61	0,39

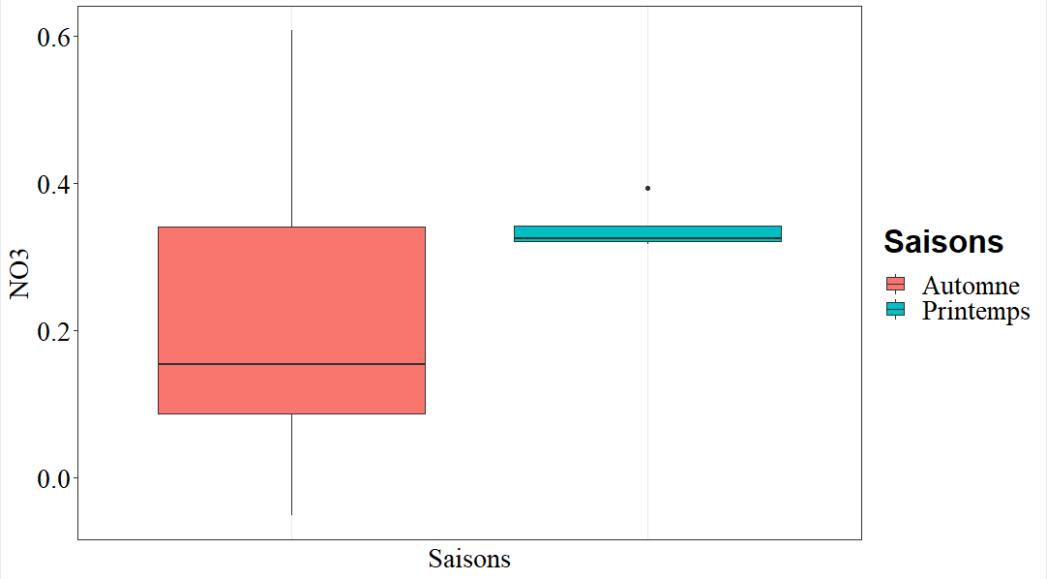


Figure 15. Variation de la nitrate (NO3 en µmol.L^{-1}) au large de Sidi Fredj

3.1.5 Le phosphates

Les concentrations de phosphate durant le printemps sont très élevées (moyenne 0,34 µmol.L^{-1}). Au contraire, les concentrations sont faibles comparativement au printemps (moyenne 0,08 µmol.L^{-1}) (Fig 16 & Tab. 6).

Tableau 6. Variation du phosphate (PO4 en µmol.L^{-1}) au large de Sidi Fredj

PO4	Saisons	
	Automne	Printemps
Moyenne	0,08	0,34
Ecart-type	0,02	0,26
Min	0,05	0,11
Q1	0,07	0,11
Médiane	0,09	0,34
Q3	0,10	0,57
Max	0,11	0,57

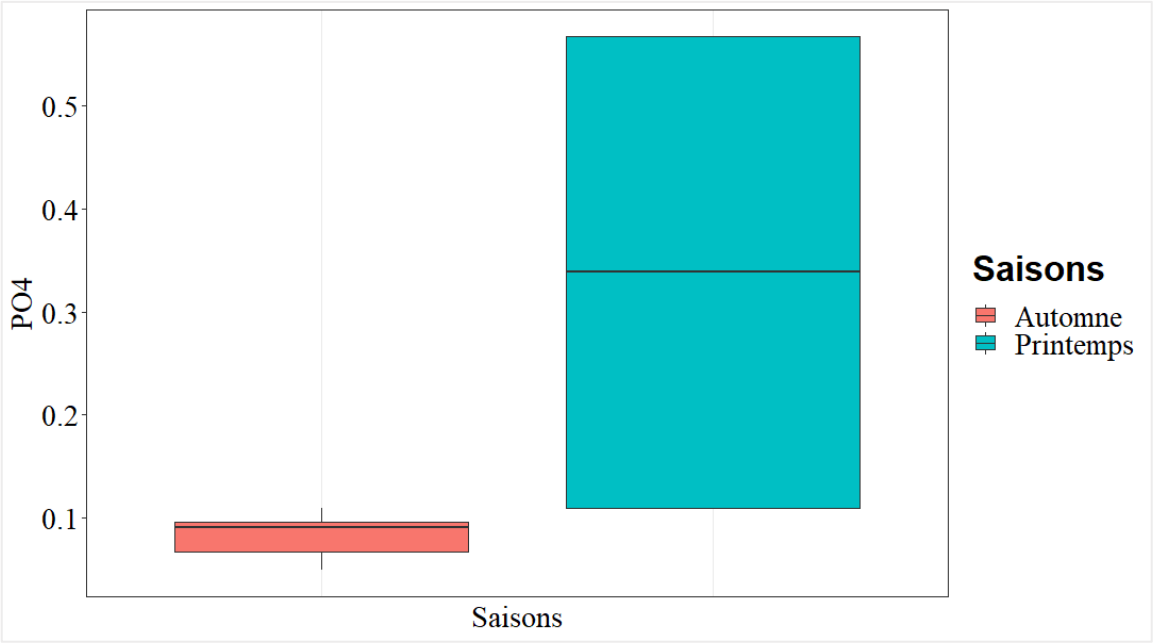


Figure 16. Variation du phosphate (PO4 en µmol.L^{-1}) au large de Sidi Fredj

3.1.6 Silicates

Les concentrations de silicate (SiO2) durant l'automne et le printemps sont autour de 1,06 µmol.L^{-1} (Fig. 17 & Tab. 7).

Tableau 7. Variation du silicate (SiO2 en µmol.L^{-1}) au large de Sidi Fredj

SiO2	**Saisons**	
	Automne	Printemps
Moyenne	1,06	1,06
Ecart-type	0,07	0,07
Min	0,95	0,99
Q1	1,01	1,03
Médiane	1,04	1,06
Q3	1,13	1,09
Max	1,15	1,16

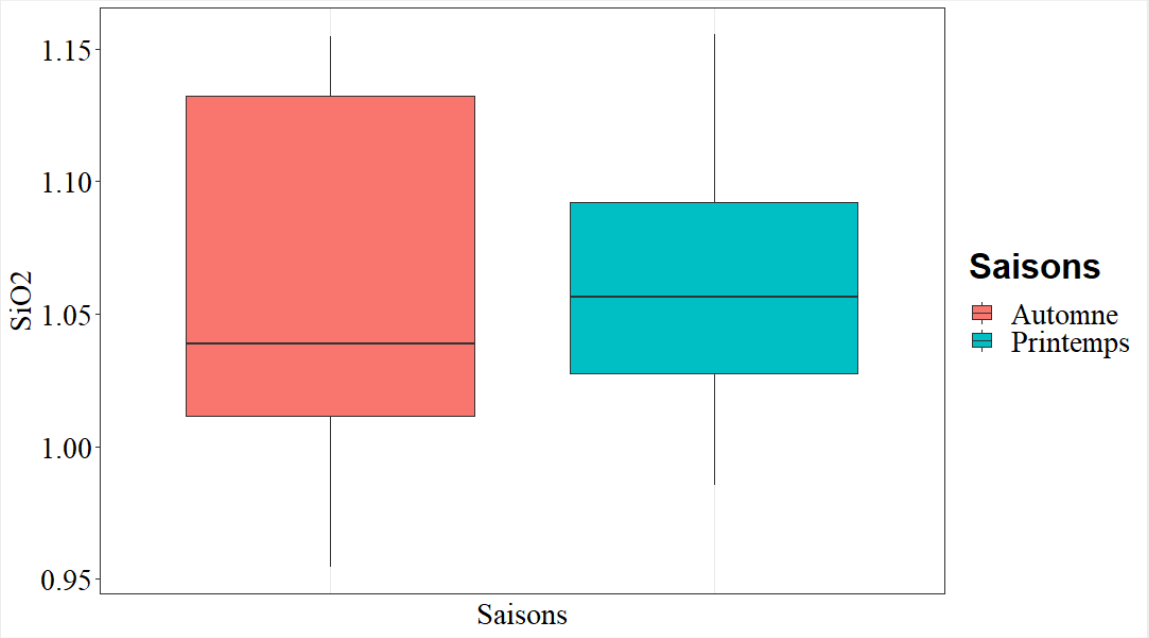


Figure 17. Variation du silicate (SiO2 en µmol.L^{-1}) au large de Sidi Fredj

3.2 Composition spécifique du microzooplancton :

Nous avons dénombré dans cette étude 72 taxa (5 ciliés et 67 dinoflagellés). Durant le printemps, la richesse spécifique du microzooplancton est égale à 53 espèces (4 ciliés et 49 dinoflagellés). Cependant, 63 espèces ont été identifiées durant l'automne, dont 4 ciliés et 59 dinoflagellés (Tab. 8).

Tableau 8. Composition taxonomique du micorzooplancton en automne et au printemps (1 : présence, 0 absence)

Groupe	Genre & espèce	Saison	
		Automne	Printemps
Ciliés	*Laboea strobila*	1	1
	Leegaardiella ovalis	0	1
	Leegaardiella sol	1	1
	Lohmanniella oviformis	1	1
	Pelagostrobilidium neptuni	1	0
Dinoflagellés	*Amphisolenia globifera*	1	0
	Centrodinium maximum	1	0
	Ceratium extensum	1	1
	Ceratocorys horrida	1	1
	Coolia monotis	1	1
	Corythodinium curvicaudatum	1	1
	Corythodinium diploconus	1	1
	Craspedotella pileolus	1	0
	Dinophysis acuminata	1	0
	Dinophysis acuta	0	1
	Dinophysis caudata	0	0
	Dinophysis hastata	1	1
	Dinophysis ovum	1	1
	Dinophysis tripos	0	0
	Goniodoma sphaericum	1	1
	Gonyaulax polygramma	1	1
	Gonyaulax spinifera	1	1
	Gymnodinium catenatum	1	1
	Gyrodinium fusiforme	1	1
	Noctiluca scintillans	1	1
	Ornithocercus magnificus	1	0
	Ostreopsis ovata	1	0
	Oxytoxum challengeroides	1	1
	Oxytoxum scolopax	1	1
	Oxytoxum tesselatum	1	1

	Oxytoxum viride	1	1
	Phalacroma rotundatum	0	1
	Podolampas bipes	1	1
	Podolampas palmipes	1	1
	Prorocentrum balticum	1	1
	Prorocentrum cordatum	1	0
	Prorocentrum dentatum	1	1
	Prorocentrum emarginatum	1	1
	Prorocentrum gracile	1	0
	Prorocentrum lima	0	0
	Prorocentrum micans	1	1
	Protoperidinium conicum	1	1
	Protoperidinium depressum	1	0
	Protoperidinium divergens	1	1
	Protoperidinium globulus	1	0
	Protoperidinium oceanicum	1	1
	Protoperidinium pellucidum	0	0
	Protoperidinium pyriforme	1	0
	Protoperidinium steinii	1	1
	Protoperidinium tuba	1	1
	Pyrocystis lunula	0	1
	Pyrophacus steinii	1	1
	Scrippsiella acuminata	1	1
	Torodinium robustum	1	1
	Triadinium polyedricum	1	1
	Tripos belone	1	1
	Tripos candelabrum	1	1
	Tripos carriensis	1	0
	Tripos contortus	1	1
	Tripos contrarius	1	1
	Tripos furca	1	1
	Tripos fusus	1	1
	Tripos horridus	1	1
	Tripos inflatus	1	1
	Tripos lineatus	0	1
	Tripos longirostrus	1	1
	Tripos macroceros	1	1
	Tripos massiliensis	1	1
	Tripos muelleri	1	1
	Tripos pentagonus	1	0
	Tripos praelongus	1	1
	Tryblionella compressa	1	0

3.3 Indice de diversité

3.3.1 Indice de Shannon

La figure 18 représente la variation de l'indice de Shannon des échantillons prélevés durant la période d'étude

Durant l'automne, on observe que la variation des valeurs de l'indice de Shannon, est élevée dans SF1 avec diminution des profondeurs (0.5m,15m,30m) et diminue dans la profondeur 50m par rapport la SF2 la valeur de l'indice de Shannon pour les deux profondeurs (0.5m et 15m) sont augmentés avec diminution des valeurs dans les profondeurs (30m et 50m), et pour la SF3 l'indice de Shannon des valeurs presque constante dans les deux profondeurs (30met 50m).

La courbe du couleur bleu représente le printemps. On observe que la variation de l'indice de Shannon pour les deux profondeurs (0.5m et 15m) sont augmentés avec diminution des valeurs dans la profondeur (30m,50m).

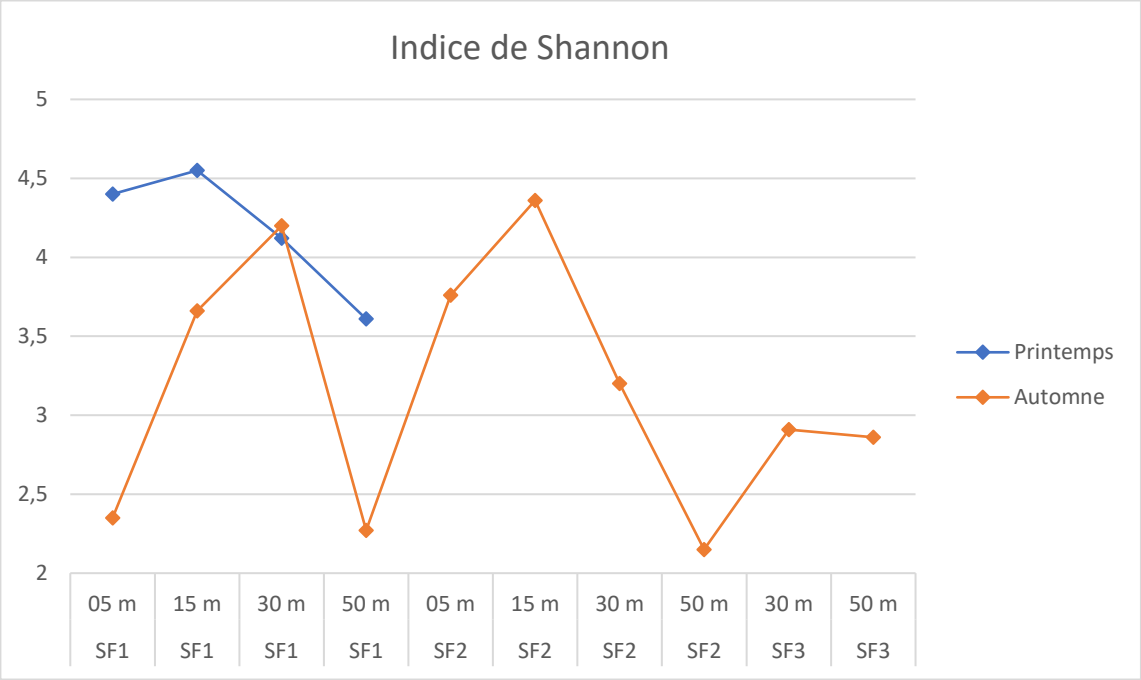


Figure 18. Variation de l'indice de Shannon pondant les deux périodes d'étude

3.3.2 Indices d'Evenness

La figure 19 représente la variation del'ndice d'Evenness des répartitions des taxa des 4 profondeurs des trois stations durant deux saisons

La courbe de la couleur orange représente l'automne. On observe que la variation de l'ndice d'Evenness dans SF1, dans les deux profondeurs (0.5m et 15m) est plus élevés contrairement dans les deux profondeurs (30m et 50m) on observe la diminution de variation de l'ndice d'Evenness .et pour la SF2 la Valeur est similaire avec la profondeur 50m de SF1, et pour les deux profondeur (15m et 30m) la valeur sont augmentés, avec une diminution de la profondeur 50m. Par contre dans la SF3 sont des valeurs maximales, pour les deux profondeur (30m et 50m).

La courbe du couleur bleu représente le printemps. On observe que la variation de l'ndice d'Evenness dans la SF1 pour les deux profondeur (0.5m et 15m) sont des valeur constante 0.88, mais dans les autre profondeur (30m et 50m) une diminution des valeurs de l'ndice d'Evenness.

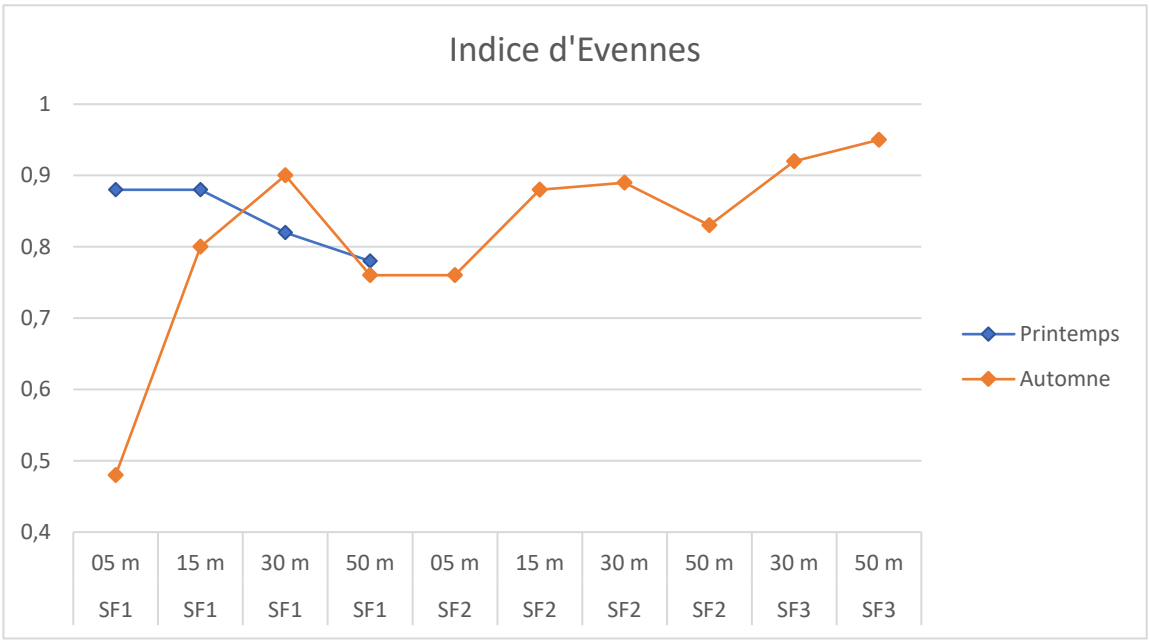


Figure 19. Variation de l'indice d'Evenness pondant les deux périodes d'étude

3.3.3 Richesse spcifique

La figure 20 représente la variation de la richesse spécifique des répartitions des taxa des 4 profondeurs des trois stations durant deux saisons.

La courbe de la couleur orange représente l'automne. On observe que la variation de richesse spécifique dans SF1, le profondeur 0.5m de valeur 29 est élevés et les autre profondeurs la richesse spécifique elle est diminué. Par rapport la SF2 la valeur de richesse spécifique est constante aves une valeur maximale 31 dans les deux profondeur (0.5m et 15m), mais dans les autre profondeurs (30m et 50m) la valeur de richesse spécifique est diminuée, et pour la SF3 la valeur de richesse spécifique 9 dans la profondeur 30m et 8 dans la profondeur 50m.

La courbe du couleur bleu représente le printemps. On observe que la variation de la valeur de la richesse spécifique dans SF1 élevés dans les deux profondeur (50m et 15m) puis diminue les autres profondeurs.

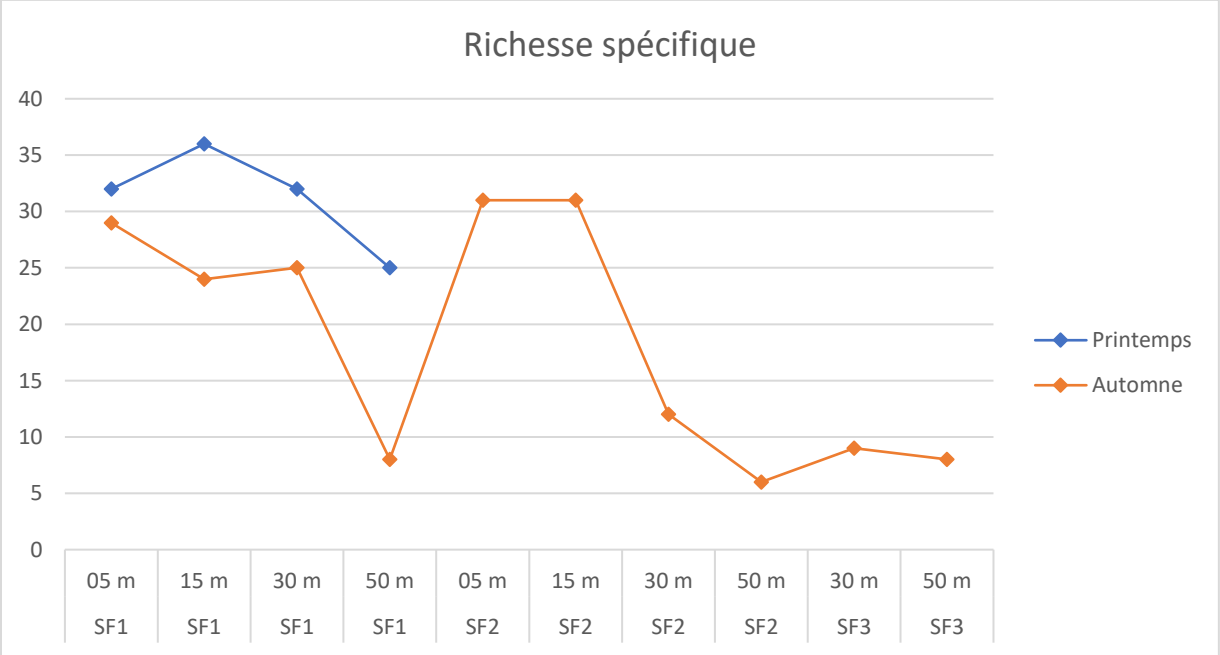


Figure 20. Variation de la richesse spécifique pondant les deux périodes d'étude

3.4 Variation des abondances

Les résultats de l'analyse horizontale et verticale du microzooplancton montrent des fluctuations selon les saisons (entre automne et printemps), selon les stations et selon les profondeurs.

3.5 Variation inter-saisonnière des abondances

3.5.1 Comparaison inter-saisonnière des abondances totales

Les abondances du microzooplancton sont autour de 300 ind.L^{-1}. La comparaison entre le printemps l'automne ne montre pas une différence significative ($p > 0.05$, Test de Mann Whitney) (Fig. 21).

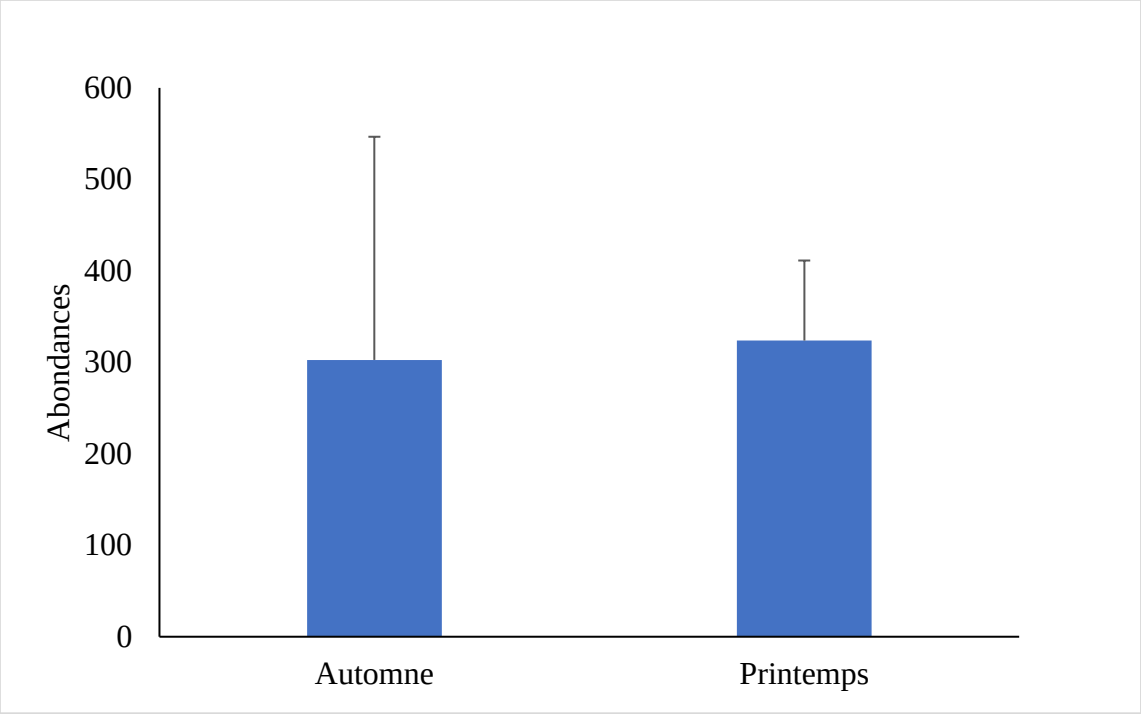


Figure 21. La comparaison des abondances du microzooplancton

3.5.2 Comparaison inter-saisonnière des abondances par groupe

la figure 22 illustre la comparaison des abondances par groupe durant l'automne et le printemps. Les dinoflagellés sont majoritaires au printemps et en automne (145,96 ind.L^{-1} et 208,5 ind.L^{-1}, respectivement en automne et au printemps). Suivie par les ciliés (les valeurs n'atteignent pas les 60 ind.L^{-1}) et le zooplancton (les valeur sont ne dépassent pas les 20 ind.L^{-1}).

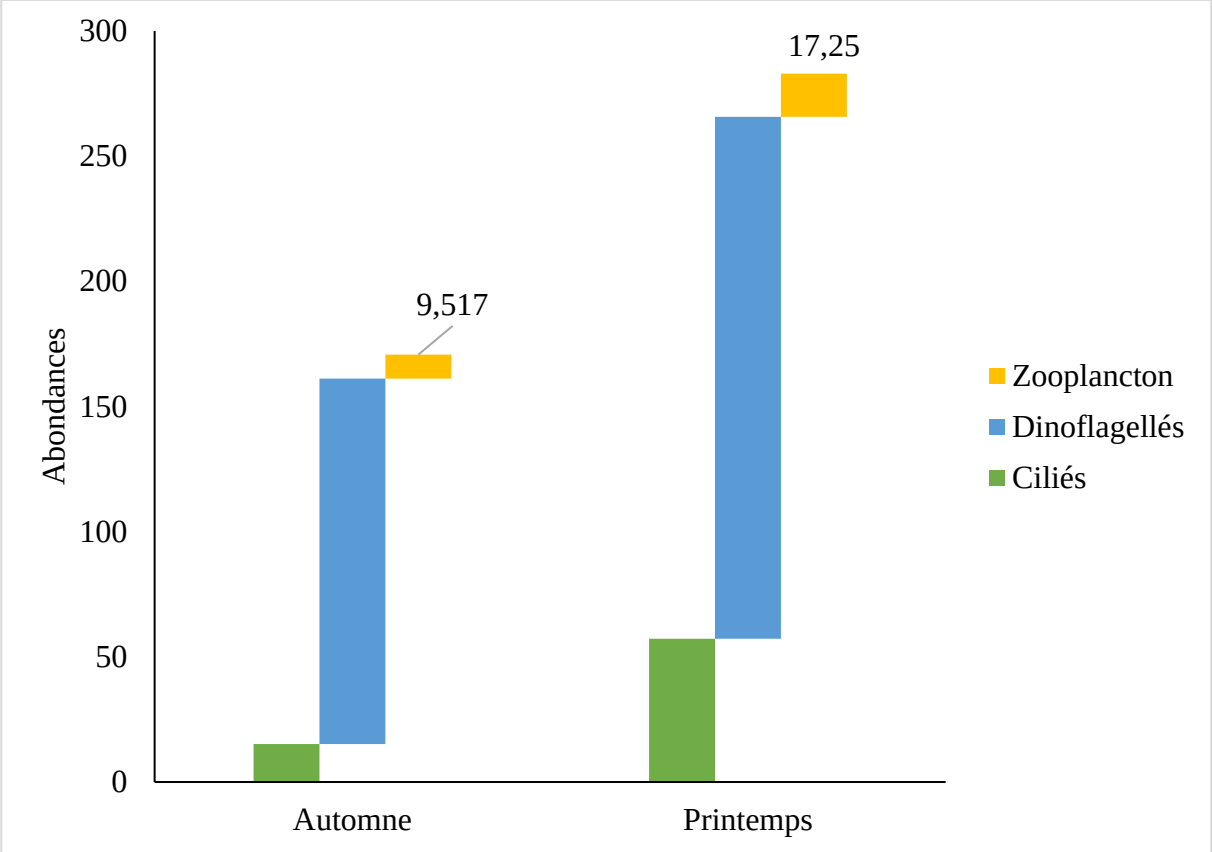


Figure 22.Distribution des abondances des groupes zooplanctonique en automne et au printemps

3.6 Variation horizontale des abondances

3.6.1 Automne

Les abondances du microzooplancton s'accroissent de17,28 ind.L^{-1} (SF3) à 256, 14 ind.L^{-1} (SF1). Par conséquent, décrit un gradient croissant vers la côte (Fig. 23).

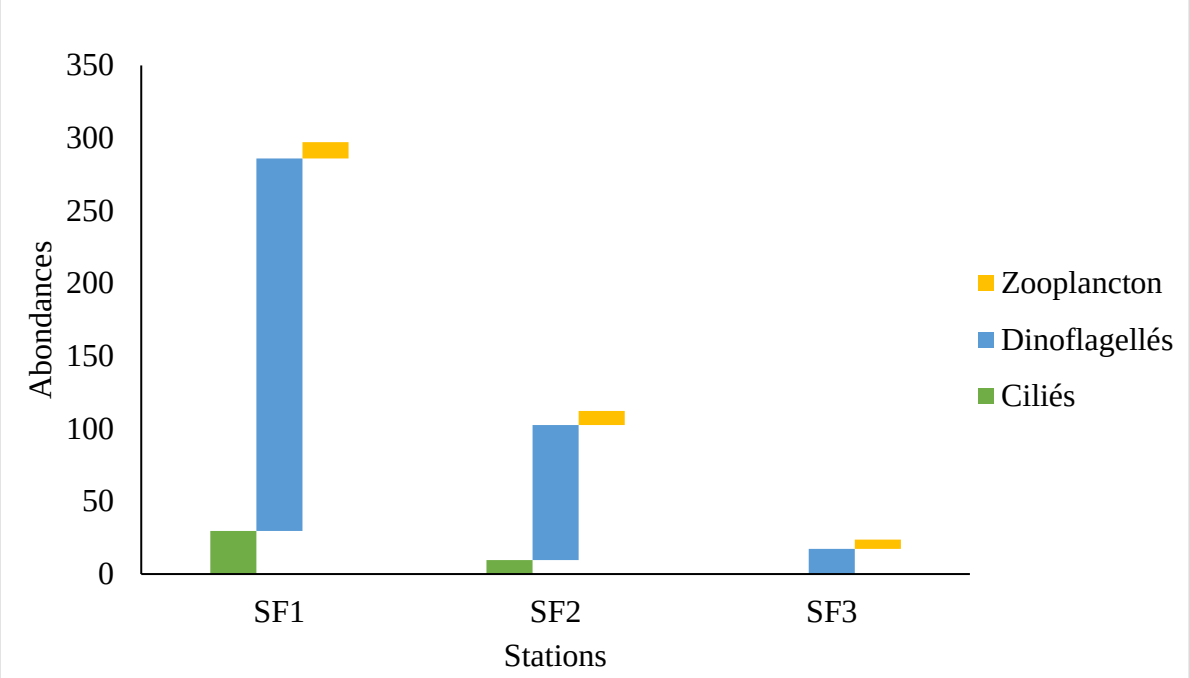


Figure 23. Distribution horizontale des abondances des trois groupes au niveau des stations de prélèvements

3.7 Variation verticale du microzooplancton

Les abondances du microzooplancton varient d'une station a une autre. La comparaison entre les niveaux d'abondances ne montre aucune différence ($P > 0,05$, test de Kruskal-Wallis).

3.7.1 Automne

Au niveau de la station SF1, les dinoflagellés est le groupe le plus dominant (avec un maximum de 779,64 ind.L^{-1} à 5 m de profondeur). Cependant, un gradient décroissant est

décrit de la surface (5m) à la couche la plus profonde(50 m). Les ciliés sont secondaire avec un maximum de 37,38 ind.L^{-1} (Fig. 24).

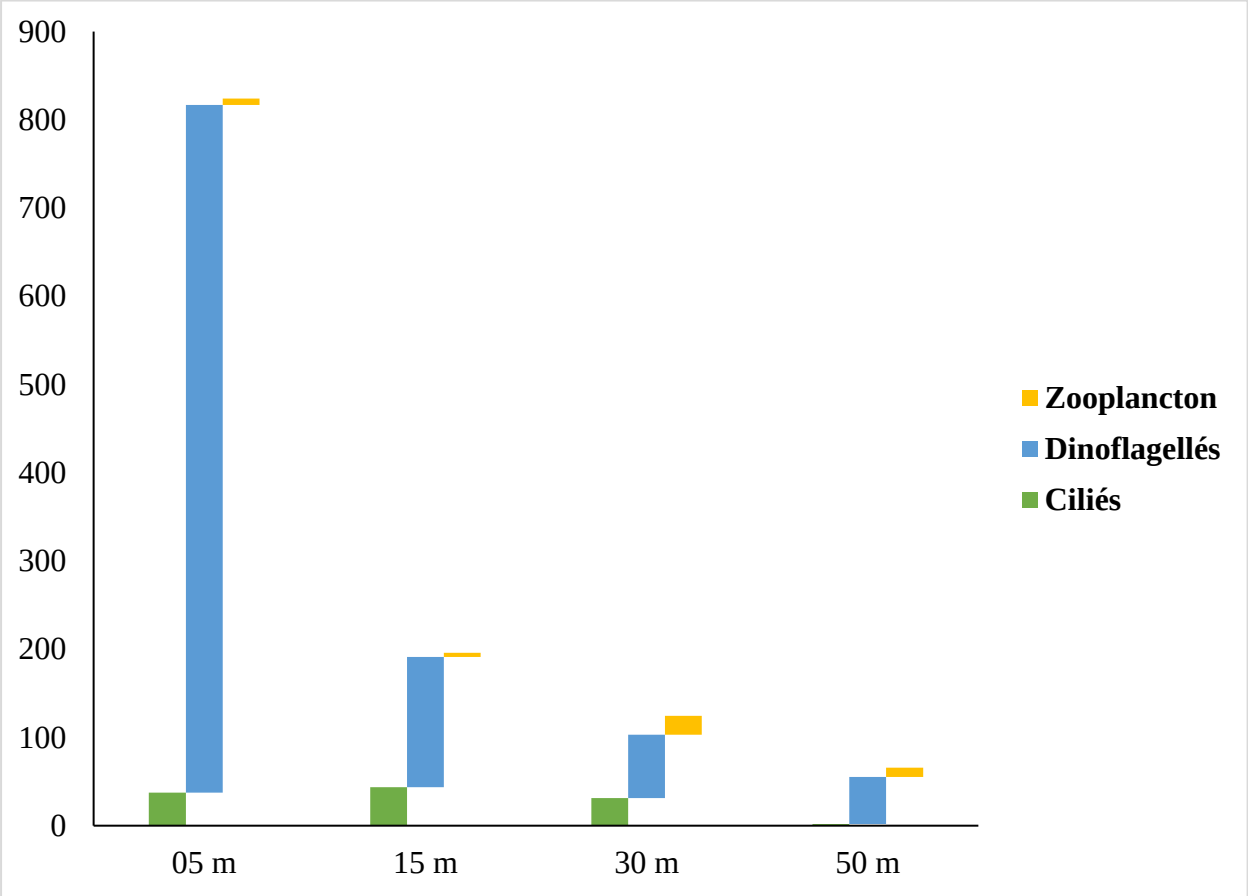


Figure 24. Répartition des abondances des différents groupes de la station 1 durant l'automne

Au niveau de la station 2 (SF2), les dinoflagellés décrivent un gradient décroissant. Les valeurs fluctuent entre une abondance maximale de 227,84 ind.L^{-1} (5 mètre de profondeur) et 34 ind.L^{-1} (50 mètre de profondeur). Pour les ciliés, le maximum (34,71 ind.L^{-1})est enregistré au niveau de la surface (5 m). Par ailleurs, le zooplancton montre deux pics (5 m et 30 m). (Fig. 25).

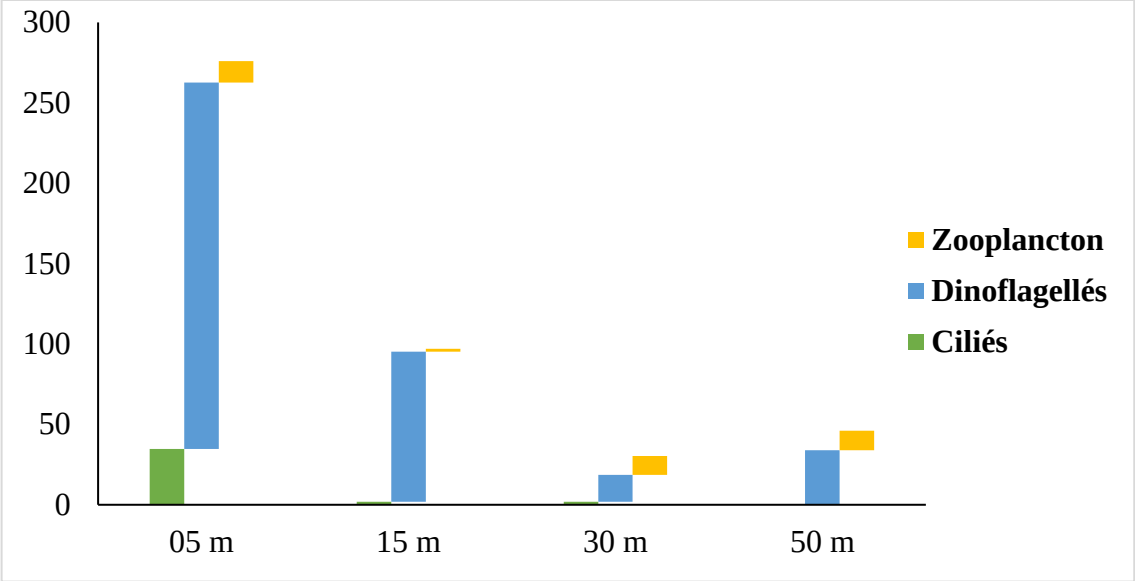


Figure 25. Répartition des abondances des différents groupes de la station 2 durant l'automne

Dans la station SF3, les dinoflagellés enregistrent un maximum à 30 m (20,47 ind.L^{-1}) et un minimum à 50 m (ind.L^{-1}). En outre, Les ciliés sont absents au niveau de la station SF3 (Fig. 26).

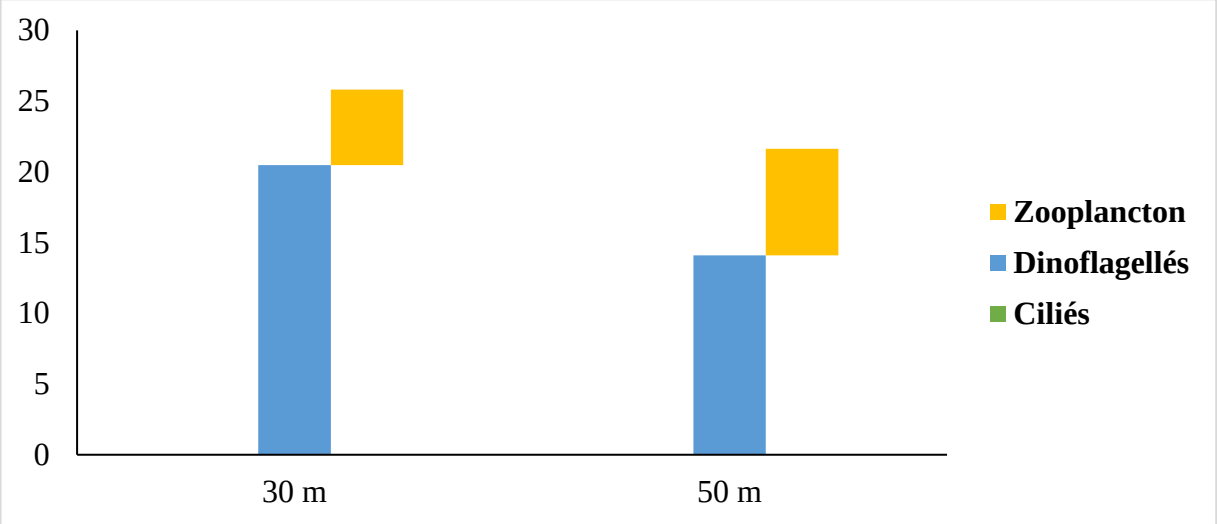


Figure 26. Répartition des abondances des différents groupes de la station 3 durant l'automne

3.7.2 Printemps

Les concentrations de dinoflagellés sont élevés sur toute la colonne d'eau (de 5 m à 50 m). Les valeurs varient entre 149 ind.L^{-1} à 50 m et ind.L^{-1} et 278 à ind.L^{-1} 5 m. Les ciliés est deuxième groupe en termes d'abondances. Les valeurs fluctuent entre un minimum de 3 ind.L^{-1} (50 m) et un maximum de 114 ind.L^{-1} (15 m) (Fig. 27).

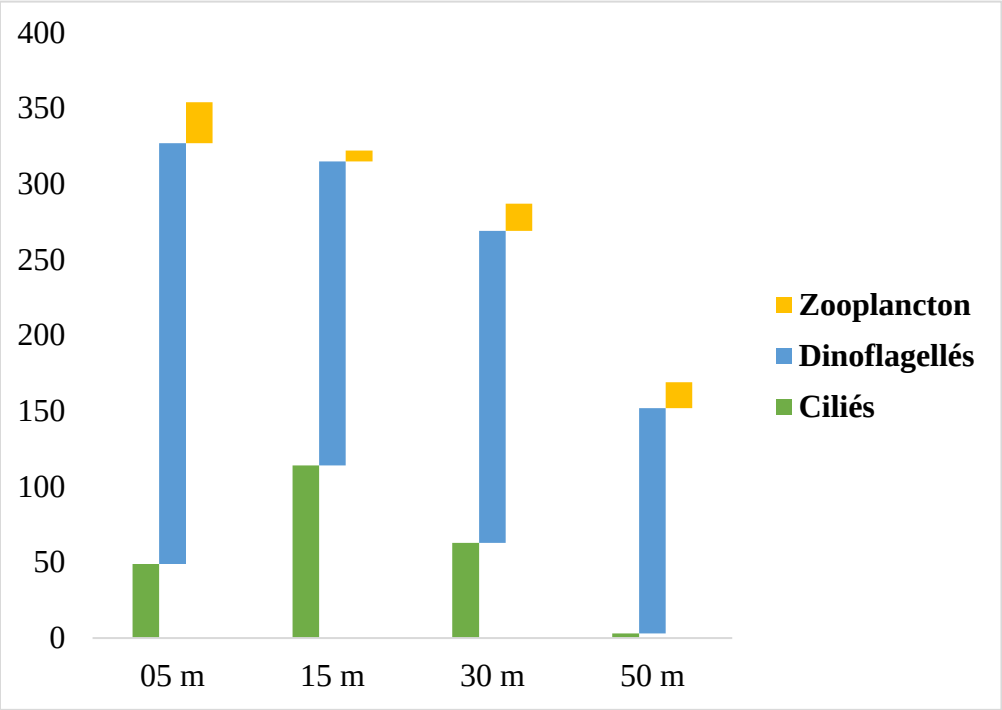


Figure 27. Répartition des abondances des différents groupes de la station 1 durant le printemps

3.8 Relation entre la distribution du microzooplancton et les facteurs environnementaux

3.8.1 Schématisation de la distribution des échantillons en fonction des facteurs environnementaux

L'étude multidimensionnelle représenté par l'analyse NMDS (Fig. 28) montre que les échantillons issus de la saison printanière sont négativement corrélés avec la température et la salinité. Par ailleurs, ils sont positivement corrélés avec le SiO2 (par rapport à l'axe1).

En revanche, les échantillons de la saison automnale sont dispersés et ne suivent pas un mode de distribution claire par rapport aux facteurs environnementaux.

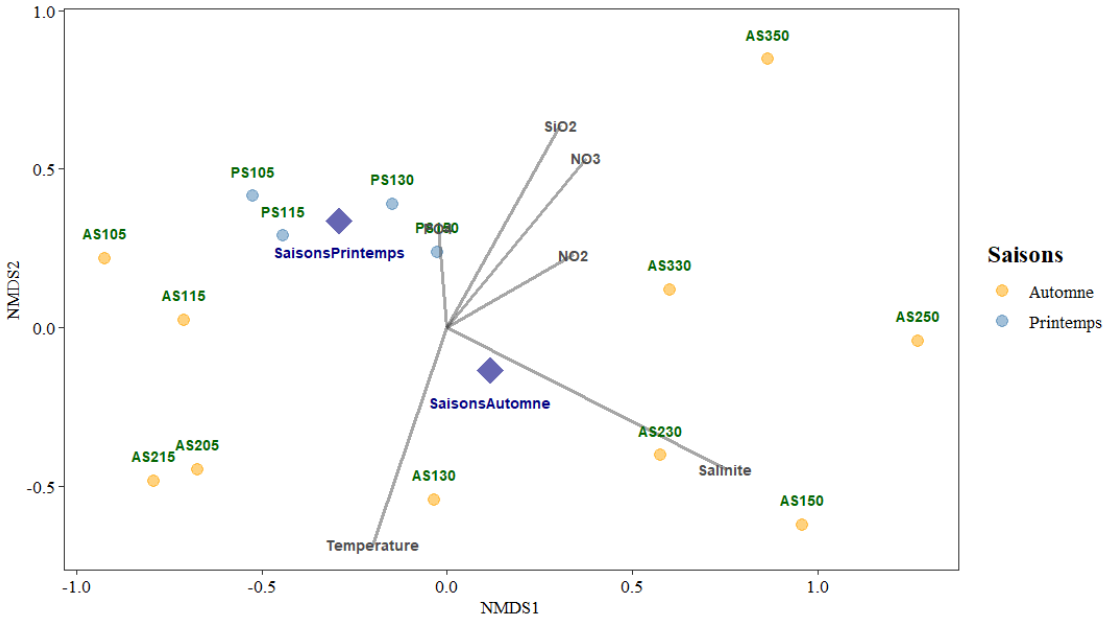


Figure 28 NMDS représentant la répartition des échantillons par rapport aux gradients des facteurs environnementaux

3.8.2 Schématisation de la distribution des espèces en fonction des facteurs environnementaux

La projection des espèces et des paramètres environnementaux sur un plan bidimensionnel montre que la plupart des espèces sont négativement corrélés avec la salinité et la température. Les espèces *Amphisolenia globifera Dinophysis hastata, Podolampas bipes, Tripos praelongus, Dinophysis ovum, Podolampas palmipes, Prorocentrum emarginatum* sont exceptionnellement fortement corrélées avec la salinité et moyennement corrélées avec la température. Quant à *Lohmanniella oviformis* elle est fortement corrélé avec la température (Figure 30, Annexe 1).

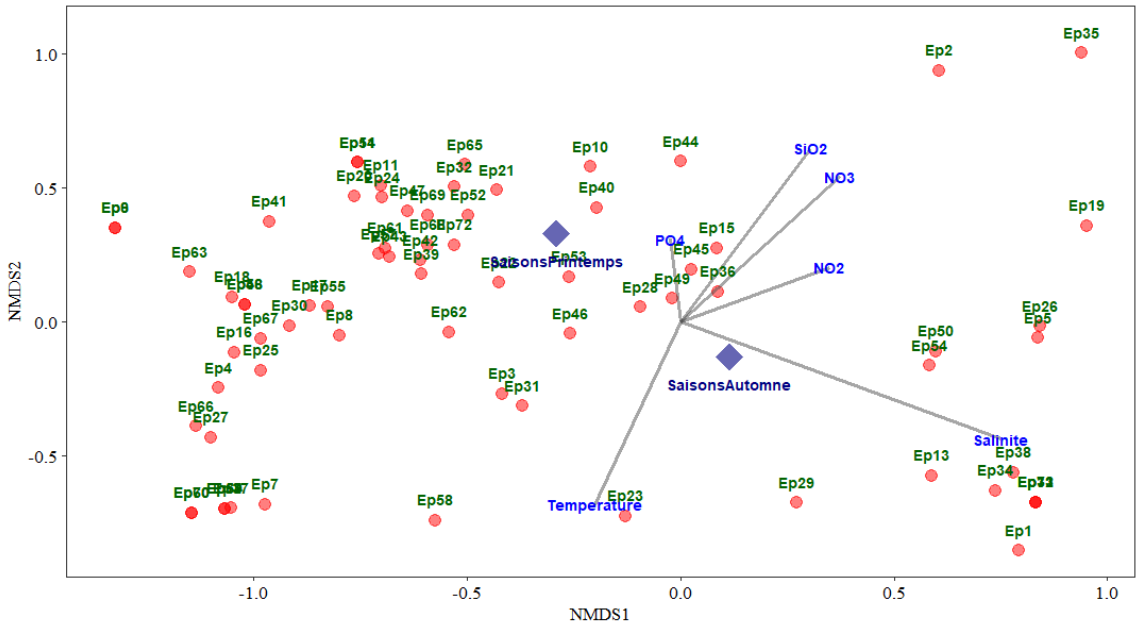


Figure 29. NMDS représentant la répartition des espèces par rapport aux gradients des facteurs environnementaux

DISCUSSION

4 Dscussion

La présente évaluation contribue à améliorer les connaissances sur les communautés de distribution des dinoflagellés et des ciliés, dans la region de sidi fredj. Elle élabore une liste taxonomique de ces groupes importants dans les écosystèmes pélagiques marins, avec peu d'informations taxonomiques disponibles dans la zone étudiée. Pour une meilleure compréhension de son écologie, la variabilité des communautés de dinoflagellés et de ciliés a été explorée en fonction de facteurs environnementaux. Dans cette étude, 72 espèces de dinoflagellés ont été identifiées. Cependant, un nombre élevé correspondant à 181 taxons a été observé par Boudjenah et al. (2019) le long du littoral algérien. En Méditerranée occidentale, F Gómez (2003) a rapporté que 151 et 179 espèces de dinoflagellés ont été enregistrées respectivement sur les côtes algériennes et alboraises. En Méditerranée orientale, 157 espèces ont été identifiées par Lakkis & Novel-Lakkis (1981). De plus, le nombre de ciliés planctoniques (5 espèces) de cette étude était inférieur que celui trouvé par Rekik et al. (2016). Ces différences de diversité du microzooplancton sont liées aux sites d'étude, à la variabilité climatique et à la période d'échantillonnage qui affectent la composition et la distribution planctonique.

Dans cette étude, la température et la salinité étaient les facteurs les plus pertinents pour façonner les schémas de distribution des espèces, suivis du silicate, du nitrate et de la profondeur. Tous ces facteurs ont eu un impact significatif sur la distribution des abondances de microzooplancton. Ce résultat a été confirmé en comparant les indices (Abondance, Shannon Wiener, Eveness et Species richness). De plus, la caractérisation écologique des dinoflagellés et des ciliés, a montré des populations matures selon l'indice d’evenness. Cette déclaration conduit à un environnement oligotrophe. Le microzooplancton est un prédateur majeur du phytoplancton dans l'océan (Sherr & Sherr, 2002 ; Calbet & Landry, 2004), et ils sont eux-mêmes des proies importantes pour le zooplancton (Calbet & Saiz, 2005). Ensuite, les changements de température pourraient également avoir des effets directs significatifs sur la composition, l'abondance, les activités d'alimentation et l'efficacité de croissance des espèces locales de microzooplancton (Rose & Caron, 2007, Caron & Hutchins, 2013). Au printemps, de fortes abondances de

dinoflagellés ont été observées. Des observations similaires ont été signalées dans le sud-ouest de la Méditerranée, dans les baies de Tunis (Daly Yahia-Kéfi et al., 2005) et de Ville-Franche (Gómez & Gorsky, 2003), où les dinoflagellés étaient nombreux de mars à mai. En automne, l'abondance des dinoflagellés a diminué. Dale et al. (2006) ont rapporté que dans des conditions défavorables, les dinoflagellés ont un avantage concurrentiel en raison de leur capacité à nager vers des couches plus profondes (caractérisées par de basses températures et des nutriments). En plus des variables physiques telles que la température et la profondeur, les besoins alimentaires sont liés à la dynamique des populations de dinoflagellés. La plupart d'entre eux sont mixotrophes ou hétérotrophes (Gomez, 2003). Leurs divers mécanismes d'alimentation leur permettent de se nourrir de diverses proies, notamment des bactéries, des picoeucaryotes, des nanoflagellés, des diatomées, d'autres dinoflagellés et des ciliés (Stoecker et al., 2017). Dans cette étude, des abondances élevées de ciliés étaient associées à des températures élevées et à de faibles concentrations de silicate. Selon Ohtsuka et al. (2011), une forte abondance de ciliés a été enregistrée avec des valeurs de température croissantes, suggérant que ce facteur contrôlait leur abondance, ce qui pourrait également affecter leur cycle de vie. Nos résultats étaient similaires à ceux de (MAKHLOUF et al., 2014) où une faible abondance de ciliés a été observée lors de la floraison printanière des diatomées, survenue aux îles Habibas.

Conclusion

En conclusion, notre étude a clairement montré que la structure communautaire des ciliés planctoniques et des dinoflagellés variait fortement entre les saisons et dénote une affinité saisonnière chez la plupart des espèces. Au printemps et en automne, les facteurs environnementaux tels que la température et la salinité ont influencé l'abondance et le schéma de distribution des dinoflagellés et des ciliés dans les îles Habibas. Leur caractérisation écologique a montré des populations matures selon l'indice d'evenness, conduisant à un environnement oligotrophe. L'oligotrophie observée de ce milieu insulaire est une caractéristique de cette région, surtout pendant l'été avec une faible teneur en Chlorphylle a et en nutriments. Cependant, la transition saisonnière a influencé de manière significative la variation d'abondance des dinoflagellés et des ciliés, en raison de changements dans les facteurs environnementaux.

Afin de mieux comprendre l'écologie de la communauté microzooplanctonique de la côte algérienne, nous proposons des études plus poussées sur la distribution spatiale méso-échelle de leurs abondances et biomasses, en relation avec les facteurs environnementaux. Aussi, d'autres investigations utilisant des outils moléculaires pourraient être intéressantes pour étudier la physiologie des cellules, caractériser le régime alimentaire et mettre en évidence le comportement de mixotrophie.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

Agatha, S., and Simon, P. (2012). On the nature of tintinnid loricae (Ciliophora: Spirotricha: Tintinnina): a histochemical, enzymatic, EDX, and high-resolution TEM study. *Acta Protozoologica* 51, 1.

Asso, A. (1982). Contribution à l'étude de polluants métalliques chez la moule Perna perna (L.) dans la région d'Alger. France.

Avancini, M., Cicero, A.M., Di Giorlamo, I., Innamorati, M., Magaletti, E., and Sertorio Zunini, T. (2006). Guida al Riconoscimente del Plancton dei Mari Italiani: Volume I: pitoplancton. ICRAM.

Bakalem, A. (2008). Contribution à l'étude des peuplements benthiques du plateau continental Algérien. Alger.

Bianchi, C.N., and Morri, C. (2000). Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: situation, problems and prospects for future research. *Marine Pollution Bulletin* 40, 367–376.

Boudjenah, M., Mokrane, Z., and Soualili, D. (2019). Diversity of Phytoplanktonic populations along the Algerian coastline. *Biodiversity Journal* 10, 81–92.

Burkholder, J. M., Azanza, R. V., and Sako, Y. (2006). The Ecology of Harmful Dinoflagellates. In *Ecology of Harmful Algae* (pp. 53–66). Springer Berlin Heidelberg.

Burkholder, JoAnn M, Glibert, P.M., and Skelton, H.M. (2008). Mixotrophy, a major mode of nutrition for harmful algal species in eutrophic waters. *Harmful Algae* 8, 77–93.

Chalabi, A., and Akkacha, S. (1998). ESSAI DE STANDARDISATION DE L'EFFORT DE PÊCHE A LA SENNE EN BAIE D'ALGER. 35: 400-401.

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

Clarke, K.R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community

structure. *Australian Journal of Ecology* 18, 117–143.

Dagorne, A. (1973). Sédimentologie et bionomie benthique en baie de Bou Ismail (ex. Castiglione). *Bull. Inst. Océanogr. d'Alger. Pélagos* 4, 40–53.

Dolan, J. (2010). Morphology and ecology in tintinnid ciliates of the marine plankton: correlates of lorica dimensions. *Acta Protozoologica* 49, 235–244.

Du Yoo, Y., Jeong, H.J., Kim, M.S., Kang, N.S., Song, J.Y., Shin, W., Kim, K.Y., and Lee, K. (2009). Feeding by phototrophic red-tide dinoflagellates on the ubiquitous marine diatom Skeletonema costatum. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 56, 413–420.

Dussart, B.H. (1965). Les différentes catégories de plancton. *Hydrobiologia* 26, 72–74.

Edler, L., and Elbrächter, M. (2010). The Utermöhl method for quantitative phytoplankton analysis. *Microscopic and Molecular Methods for Quantitative Phytoplankton Analysis* 110, 13–20.

Edwards, E.S., and Burkill, P.H. (1995). Abundance, biomass and distribution of microzooplankton in the Irish Sea. *Journal of Plankton Research* 17, 771–782.

Figueroa, R.I., Bravo, I., Fraga, S., Garcés, E., and Llaveria, G. (2009). The life history and cell cycle of Kryptoperidinium foliaceum, a dinoflagellate with two eukaryotic nuclei. *Protist* 160, 285–300.

Figueroa, R.I., Bravo, I., and Garcés, E. (2008). The significance of sexual versus asexual cyst formation in the life cycle of the noxious dinoflagellate Alexandrium peruvianum. *Harmful Algae* 7, 653–663.

Fritz, L., Anderson, D.M., and Triemer, R.E. (1989). ULTRASTRUCTURAL ASPECTS OF SEXUAL REPRODUCTION IN THE RED TIDE DINOFLAGELLATE GONYAULAX TAMARENSIS 1. *Journal of Phycology* 25, 95–107.

Glibert, P.M., Anderson, D.M., Gentien, P., Granéli, E., and Sellner, K.G. (2005). The global, complex phenomena of harmful algal blooms.

Gomez-Jakobsen, F.J., Mercado, J.M., Cortes, D., Yebra, L., and Salles, S. (2019). A

first description of the summer upwelling off the Bay of Algeciras and its role in the northwestern Alboran Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 225, 106230.

Gómez, F. (2003). Checklist of Mediterranean Free-living Dinoflagellates. *Botanica Marina* 46, 215–242.

Gómez, F. (2012). A checklist and classification of living dinoflagellates (Dinoflagellata, Alveolata). *Cicimar Oceánides* 27, 65–140.

Guettaf, M., San Martin, G.A., and Francour, P. (2000). Interpopulation variability of the reproductive cycle of Paracentrotus lividus (Echinodermata: Echinoidea) in the south-western Mediterranean. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 80, 899–907.

Heisler, J., Glibert, P.M., Burkholder, J.M., Anderson, D.M., Cochlan, W., Dennison, W.C., Dortch, Q., Gobler, C.J., Heil, C.A., and Humphries, E. (2008). Eutrophication and harmful algal blooms: a scientific consensus. *Harmful Algae* 8, 3–13.

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

Jeong, H.J., Du Yoo, Y., Kim, S.T., and Kang, N.S. (2004). Feeding by the heterotrophic dinoflagellate Protoperidinium bipes on the diatom Skeletonema costatum. *Aquatic Microbial Ecology* 36, 171–179.

Johnson, M.D., and Stoecker, D.K. (2005). Role of feeding in growth and photophysiology of Myrionecta rubra. *Aquatic Microbial Ecology* 39, 303–312.

Kamiyama, T. (1994). The impact of grazing by microzooplankton in northern Hiroshima Bay, the Seto Inland Seam, Japan. *Marine Biology* 119, 77–88.

Khames, G.E.Y., and Hafferssas, A. (2018). Biodiversity and Abundance of Gelatinous Zooplankton along the Algerian coast. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)* 73, 211–226.

Kremp, A., and Parrow, M.W. (2006). EVIDENCE FOR ASEXUAL RESTING CYSTS IN THE LIFE CYCLE OF THE MARINE PERIDINOID DINOFLAGELLATE, SCRIPPSIELLA HANGOEI 1. *Journal of Phycology* 42, 400–409.

Lakkis, S., and Novel-lakkis, V. (1981). Composition, annual cycle and species diversity of the phytoplankton in Lebanese coastal water. *Journal of Plankton Research* 3, 123–136.

Laval-Peuto, M., and Febvre, M. (1986). On plastid symbiosis in Tontonia appendiculariformis (Ciliophora, Oligotrichina). *Biosystems* 19, 137–158.

Lemlih, M. (2019). Effets du réchauffement et de l'acidification sur les organismes de microzooplancton dans l'estuaire maritime du Saint-Laurent. Université du Québec à Rimouski.

Magurran, A.E. (2003). *Measuring biological diversity*. Oxford: Blackwell Pub.

Maso, M., and Garcés, E. (2006). Harmful microalgae blooms (HAB); problematic and conditions that induce them. *Marine Pollution Bulletin* 53, 620–630.

Mazzocchi, M.G., Siokou, I., Tirelli, V., Bandelj, V., de Puelles, M.L.F., Örek, Y.A., De Olazabal, A., Gubanova, A., Kress, N., and Protopapa, M. (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.

Mercado, J.M., Cortés, D., García, A., and Ramírez, T. (2007). Seasonal and inter-annual changes in the planktonic communities of the northwest Alboran Sea (Mediterranean Sea). *Progress in Oceanography* 74, 273–293.

Mouhoub, R. (1986). Contribution à l'étude de la dynamique de la population exploitée de la sardine (Sardina pilchardus, Walbaum, 1792) des côtes algéroises. USTHB. Alger. 163 p. Thèse de Magister.

Pomeroy, L.R. (1974). The ocean's food web, a changing paradigm. *Bioscience* 24, 499–504.

Quéguiner, B. (2013). Structure et Fonctionnement des Ecosystèmes Pélagiques Marins. *Centre d'Océanologie de Marseille, Aix-Marseille Université*.

Rekik, A., Ben Salem, Z., Ayadi, H., and Elloumi, J. (2016). Species composition and spring ciliates variability on the south coast of Sfax (Eastern Mediterranean Sea). *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences* 6, 57–71.

Sellner, K.G., Doucette, G.J., and Kirkpatrick, G.J. (2003). Harmful algal blooms: causes, impacts and detection. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 30, 383–406.

Seridji, R., and Hafferssas, A. (2000). Copepod diversity and community structure in the Algerian basin. *CRUSTACEANA-INTERNATIONAL JOURNAL OF CRUSTACEAN RESEARCH*- 73, 1–24.

Siokou-Frangou, I., Christaki, U., Mazzocchi, M.G., Montresor, M., D'Alcala Ribera, M., Vaqu´e, D., and Zingone, A. (2010). Plankton in the open Mediterranean Sea: a review. *Biogeosciences* 7, 1543–1586.

Soualili, D., Dubois, P., Gosselin, P., Pernet, P., and Guillou, M. (2008). Assessment of seawater pollution by heavy metals in the neighbourhood of Algiers: use of the sea urchin, Paracentrotus lividus, as a bioindicator. *ICES Journal of Marine Science* 65, 132–139.

Steidinger, K.A., and Walker, L.M. (1984). Marine plankton life cycle strategies.

Strüder-Kypke, M.C., Wright, A.-D.G., Jerome, C.A., and Lynn, D.H. (2001). Parallel evolution of histophagy in ciliates of the genus Tetrahymena. *BMC Evolutionary Biology* 1, 1–9.

Taucher, J., Bach, L.T., Boxhammer, T., Nauendorf, A., Consortium, G.C.K., Achterberg, E.P., Algueró-Muñiz, M., Arístegui, J., Czerny, J., and Esposito, M. (2017). Influence of ocean acidification and deep water upwelling on oligotrophic plankton communities in the subtropical North Atlantic: insights from an in situ mesocosm study. *Frontiers in Marine Science* 4, 85.

Taylor, F.J.R., Hoppenrath, M., and Saldarriaga, J.F. (2008). Dinoflagellate diversity and distribution. *Biodiversity and Conservation* 17, 407–418.

Tomas, C.R. (1997). *Identifying marine phytoplankton*. Elsevier.

Uye, S., Nagano, N., and Tamaki, H. (1996). Geographical and seasonal variations in abundance, biomass and estimated production rates of microzooplankton in the Inland Sea of Japan. *Journal of Oceanography* 52, 689–703.

Vaissière, R., and Fredj, G. (1963). Contribution à l'étude de la faune benthique du plateau continental de l'Algérie. *Bull. Inst. Océanogr. Monaco* 60, 5–83.

Van Dolah, F.M. (2000). Marine algal toxins: origins, health effects, and their increased occurrence. *Environmental Health Perspectives* 108, 133–141.

Yebra, L., Kobari, T., Sastri, A.R., Gusmão, F., and Hernández-León, S. (2017). Advances in biochemical indices of zooplankton production. *Advances in Marine Biology* 76, 157–240.

ANNEXES

Annexe 1

Annexe 1 Codification des espèces

code	Espèce		
Ep1	*Amphisolenia globifera*	Ep37	*Prorocentrum dentatum*
Ep2	*Centrodinium maximum*	Ep38	*Prorocentrum emarginatum*
Ep3	*Ceratium extensum*	Ep39	*Prorocentrum gracile*
Ep4	*Ceratocorys horrida*	Ep40	*Prorocentrum lima*
Ep5	*Coolia monotis*	Ep41	*Prorocentrum micans*
Ep6	*Corythodinium curvicaudatum*	Ep42	*Protoperidinium conicum*
Ep7	*Corythodinium diploconus*	Ep43	*Protoperidinium depressum*
Ep8	*Craspedotella pileolus*	Ep44	*Protoperidinium divergens*
Ep9	*Dinophysis acuminata*	Ep45	*Protoperidinium globulus*
Ep10	*dinophysis acuta*	Ep46	*Protoperidinium oceanicum*
Ep11	*Dinophysis caudata*	Ep47	*Protoperidinium pellucidum*
Ep12	*Dinophysis hastata*	Ep48	*Protoperidinium pyriforme*
Ep13	*Dinophysis ovum*	Ep49	*Protoperidinium steinii*
Ep14	*Dinophysis tripos*	Ep50	*Protoperidinium tuba*
Ep15	*Goniodoma sphaericum*	Ep51	*Pyrocystis lunula*
Ep16	*Gonyaulax polygramma*	Ep52	*Pyrophacus steinii*
Ep17	*Gonyaulax spinifera*	Ep53	*Scrippsiella acuminata*
Ep18	*Gymnodinium catenatum*	Ep54	*Torodinium robustum*
Ep19	*Gyrodinium fusiforme*	Ep55	*Triadinium polyedricum*
Ep20	*Laboea strobila*	Ep56	*Tripos belone*
Ep21	*Leegaardiella ovalis*	Ep57	*Tripos candelabrum*
Ep22	*Leegaardiella sol*	Ep58	*Tripos carriensis*
Ep23	*Lohmanniella oviformis*	Ep59	*Tripos contortus*
Ep24	*Noctiluca scintillans*	Ep60	*Tripos contrarius*
Ep25	*Ornithocercus magnificus*	Ep61	*Tripos furca*
Ep26	*Ostreopsis ovata*	Ep62	*Tripos fusus*
Ep27	*Oxytoxum challengeroides*	Ep63	*Tripos horridus*
Ep28	*Oxytoxum scolopax*	Ep64	*Tripos inflatus*
Ep29	*Oxytoxum tesselatum*	Ep65	*Tripos lineatus*
Ep30	*Oxytoxum viride*	Ep66	*Tripos longirostrus*
Ep31	*Pelagostrobilidium neptuni*	Ep67	*Tripos macroceros*
Ep32	*Phalacroma rotundatum*	Ep68	*Tripos massiliensis*
Ep33	*Podolampas bipes*	Ep69	*Tripos muelleri*
Ep34	*Podolampas palmipes*	Ep70	*Tripos pentagonus*
Ep35	*Prorocentrum balticum*	Ep71	*Tripos praelongus*
Ep36	*Prorocentrum cordatum*	Ep72	*Tryblionella compressa*