

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE DE BLIDAI

Faculté des sciences de la nature et de la vie

Département des populations et d'organismes



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER II

OPTION : BIODIVERSITE ET DEVELOPPEMENT DURABLE

Sujet :

**Contribution à l'Etude Qualitative et Quantitative du Peuplement Phytoplanctonique
de la Région Centre Algérienne**

Réalisé par:

-CHIKR Fairouz

-BADACHE Ali

Soutenu devant le jury suivant:

-Mr. BENYAHIA N. Maitre Assistant A **Président -Mr. LARBIDOUKARA K.**

Maitre

Assistant B **Examineur**

-Melle MOKRANE Z. Attachée de recherche (CNRDPA)

Promotrice **-Mr. GUEDIOURA**

A. Maitre Assistant A **Co-Promoteur**

Promo: 2015/2016

« **E**ntre les murs de cristal des grands ciels, chacun de nous est apparemment libre. Et tout au long de son existence, mêlé à la nature, enveloppé de pluies, de vent ou d'air léger, tendu de passionnés efforts, vibrant d'ensoleillés plaisirs ou mordu de douleur, chacun de nous avance sans parvenir à comprendre, et pour lui-même il est sa propre énigme ».

Anita CONTI. L'Océan, les bêtes et l'homme




REMERCIEMENTS

Avant tout, louange à ALLAH, notre créateur et maître de l'univers, de toutes ces beautés, avoir envoyé à nous le prophète Mohamed (que le salut soit sur lui) qui doit être notre premier éducateur, puis de m'avoir donné tout le courage pour terminer ce travail.

À travers ce modeste travail, je tiens à remercier vivement notre promotrice Melle. Mokrane Zakia pour l'intéressante documentation qu'elle a mise à notre disposition, pour ses conseils précieux et pour toutes les commodités et aïances qu'elle nous apportons durant notre stage de préparation du mémoire de fin d'études, ainsi que toute l'équipe de laboratoire du CNRDPA, et :

À Mr. Benyahia ... , d'avoir accepté de présider le jury,

À Mr. Laarbi Doukara Docteur en Biologie marine au département de Biologie, université de Blida1, d'avoir accept2 de faire partie du jury, et examiner ce travail.



*Mes remerciements les plus vifs à Mr. Guediourra
notre Co-promoteur pour tous ces efforts fourni.*

*Un grand merci à Mme. Ouadah le chef d'option
de nous avoir donné cette chance d'étudier cette
magnifique spécialité et d'être toujours à nos côté
quand on n'a besoin. Et à tous nos enseignants
durant les 5 ans passés.*

*Nous expirons également notre gratitude à Mr
Annane R, Directeur du centre national de la
recherche et du développement de la pêche et
l'aquaculture d'avoir accepté d'effectuer notre
travail au CNRDPA ainsi tous ceux qui ont
contribué de près ou de loin à la réalisation de ce
modeste travail.*

FAIROUZ & ALI



En signe de respect et de reconnaissance, je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui m'ont toujours aimée, encouragé et aidé tout long de mon travail.

Des personnes chères que cite respectivement :

- ❖ A Mes parents.*
- ❖ A Mes frères et Mes sœurs.*
- ❖ A toute ma famille*
- ❖ A Mes amies et Mes collègues*
- ❖ Et à la fin A Mon binôme de carrière universitaire Chikr Fairouz je vous remercie infiniment pour tes aides, tes conseils.*

BADACHE ALI







Je Dédié ce Travail

*Au Bon dieu Tout puissant qui m'a inspiré
Qui ma guidé dans le bon chemin Je vous dois ce que je suis devenu
Louanges et remerciements Pour votre clémence et miséricorde*

*A mon très cher père CHIKR RACHID
Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le
dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.
Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon
éducation et mon bien être.
Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consenti pour mon
éducation et ma formation.
Puisse dieu, le tout puissant, te procurer santé, bonheur et longue
vie.*

*A ma très chère mère BELABES BAKHTA
Tes qualités humaines exceptionnelles font de toi une mère
exemplaire et un model de vertu.
Affable, honorable, aimable : tu représentes pour moi le symbole de
la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du
dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.
Tes prières et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour
mener à bien mes études.
Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que
tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner
depuis ma naissance , durant mon enfance et même a l'âge adulte .
Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour.
Puisse dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue
vie et bonheur.*





*A mes très chers frères MOHAMED et sa femme OMHANI,
SIDALI et sa femme IBTISSEM, ABDELMALEK et sa femme
CHAHRAZED*

*Je vous remercie pour votre soutien et tous vos efforts qui ont contribué
à mon épanouissement.*

J'espère avoir été à la hauteur de votre estime.

*Que ce travail soit un témoignage de mes sentiments de fraternité et
d'amour.*

*A mes très chères sœurs FATMA et son mari NACER, AMINA et
son mari AMINE, IKRAM et son mari YUCEF, et surtout ma
chère jumelle WARDA.*

*Merci pour votre soutien et vos prières ! Aucun mot n'exprime l'amour et
le respect que j'ai toujours eu pour vous.*

*Je dédie ce travail en témoignage de mon profond amour ALI. Puisse
Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et
bonheur.*

*A Mon binôme de carrière universitaire Ali je vous remercie
infiniment pour tes aides, tes conseils.*

A mes nièces et mes neveux :

*Amani, Maria, Rytel, Douàa et Rinad
Khalil, Abderrachid, Akram, Bidjad, Liouàa, Sadjid, Yaman,
Sarmed, Anes*

*A mes copines Amel, Imen, Lamia, Noor et ma chère Selma
A tous mes amis et à ceux qui m'aiment de près ou de loin.*





*A mes grands parents maternels BELABES MOHAMED et
KELITIN HALIMA
A la mémoire de mes Grands-parents
Le destin ne nous a pas laissé le temps pour jouir ce bonheur
ensemble et de vous exprimer tout mon respect. Puisse Dieu tout
puissant vous accorder sa clémence, sa miséricorde et vous accueillir
dans son paradis...*

CHIKR FAIROUZ



Liste des Abréviation

- ❖ **DSP:** Diarrhéique ShellFish poisoning
- ❖ **VSP:** Venerupine ShellFish poisoning
- ❖ **NSP:** Neurotoxic Shell Fish poisoning
- ❖ **ASP:** Amnesic Shellfish Poisoning ASP
- ❖ **NSP:** Neurotoxic shellfish Poisoning, NSP
- ❖ **CFP:** Ciguatera shellfish Poisoning, CFP
- ❖ **SL :** Salinité
- ❖ **M:** Mètre
- ❖ **Cel :** Cellule
- ❖ **Bit :** Binary digit
- ❖ **l :** Litre
- ❖ **Ind :** Indice
- ❖ **CTD:** Conductivity Temperature Depth
- ❖ **GPS:** Global Position System
- ❖ **SST:** Sea Surface Temperature
- ❖ **SSS:** Sea Surface Salinity
- ❖ **ODV:** Ocean Data View version **4.5**
- ❖ **CNRPDA:** Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et l'Aquaculture
- ❖ **T:** Température
- ❖ **C°:** Degré Celsius
- ❖ **Psu:** Practical salinity unit
- ❖ **PH:** Potentielle d'hydrogène
- ❖ **PVC :** Polychlorure de Vinyle
- ❖ **INRA:** Institut National de Recherche Agronomique

Liste des Figures

Numéro	Titre	Page
01	Situation géographique de la zone étudiée	04
02	Réseau hydrologique de la zone étudiée	05
03	Carte représente les prélèvements du navire de recherche	18
04	Matériels de prélèvement de mesure (5litres)	19
05	Sédimentation des échantillons à l'aide d'une chambre d'Uthermöhl	20
06	Microscope inversé de type OPTIKA	21
07	Schéma montrant les stades de successions écologiques	26
08	Pourcentage des genres et des espèces de différents groupes rencontrés	27
09	Pourcentage des genres des Dinoflagellés les plus rencontrés	28
10	Pourcentage des genres de Diatomées les plus rencontrées	29
11	Evolution spatial de la fréquence des groupes phytoplanctoniques	32
12	Evolution spatial de la fréquence des genres phytoplanctoniques	33
13	L'abondance relative des groupes phytoplanctoniques	34
14	L'abondance relative des principaux genres phytoplanctoniques	35
15	Variation de la densité cellulaire par station	36
16	Variation de la densité cellulaire par groupes phtytoplanctoniques	36
17	Variation de la densité cellulaire des différents genres des Dinoflagellés et des Diatomées rencontrés	37
18	Densité cellulaire des espèces nuisible	38
19	Evolution de l'indice de Shannon (H') et de l'indice d'Equitabilité (E')	39
20	Diagramme rang-Fréquences	41
21	Répartition géographique de la densité cellulaire du phytoplancton	42
22	Répartition spatiale de la densité des dinoflagellés	43
23	Répartition spatiale de la densité des diatomées	43
24	Répartition spatiale de la densité des diverses autres classes	44

Liste des planches

Liste des Planches

Planche	Titre	Page
I	Espèces de Dinoflagellés observés au microscope inversé aux différents grossissements.	30
II	Espèce de Diatomées observés au microscope inversé aux différents grossissements.	31

Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Introduction.....01

Chapitre I: Généralités sur le Phytoplancton

I. Présentation de la région d'étude	03I.1.
La baie de Bou Ismail.....	03
I.2. Réseaux hydrographiques	04
I.2.1. Oued	
Mazafron.....	04
I.2.2. Oued	
Béni Messous.....	04
I.2.3. Oued Nador	04
I.3. Conditions météorologiques dans la baie de Bou-Ismaïl	05
I.3.1. Vents	05
I.3.2. Température et précipitations	05
I.3.3. Pluviométrie	05
II. Généralité sur les phytoplanctons	06
II.1. Le plancton	06
II.2. Le phytopalcton	06
II.2. Organisation de phytoplancton	06
II.2.1. Les algues bleues ou cyanobactéries	06
II.2.2. Les diatomées	07
II.2.3. Les dinoflagellés	08
II.2.4. Les chrysophycées et les chlorophycées	08
II.2.4.1. Chlorophycées	08
II.2.4.2. Chrysophycées	09
II.3. Rôle du phytoplancton	09
II.4. Ecologie du phytoplancton	10

Sommaire

II.5. Toxicité du phytoplancto.....	11
II.5.1. Intoxication amnésiantes (<i>Amnesic Shellfish Poisoning</i> ASP).....	11
II.5.2. Intoxication paralysantes (<i>Paralytic Shellfish Poisoning</i> PSP).....	12
II.5.3. Intoxication neurologique (<i>NeurotoxicshellfishPoisoning</i>, NSP).....	12
II.5.4. Intoxication de type ciguatériques (<i>CiguaterashellfishPoisoning</i>, CFP).....	12
III. Impacts des facteurs naturels sur la dynamique phytoplanctonique.....	12
III.1. Les facteurs physico-chimiques.....	12
III.1.1. La température.....	12
III.1.2. Le potentiel d'hydrogène (<i>pH</i>).....	13
III.1.3. La salinité.....	13
III.1.4. L'oxygène dissous.....	14
III.1.5. Les nutriments.....	14
III.1.5.1. Le phosphore.....	15
IV. Impact des phytoplanctons.....	15
IV.1. Impacte des phytoplanctons sur les organismes marins.....	15
IV.2. Impact sur le fonctionnement de l'écosystème marin.....	15

Chapitre II:Matériel et Méthode

II.1. Présentation du site d'étude.....	16
II.1.1. Campagne « SPHYTAL 2015 ».....	16
II.1.2.Prélèvement et méthodes d'analyses du phytoplancton.....	16
II.1.2.1. Mesures hydrologiques.....	16
II.1.2.2. Prélèvement et traitement du phytoplancton.....	17
II.1.2.3.Fixation et conservation.....	19
II.1.2.4.Sédimentation des échantillons.....	19
II.1.2.5.Observation et identification des espèces.....	20
II.1.2.6. Le comptage des cellules phytoplanctoniques.....	21

Sommaire

II.2. Analyse numérique des résultats.....	21
II.2.1. Densités et abondance cellulaires.....	22
II.2.2. Diversité et structure du peuplement phytoplanctonique.....	23
➤ Richesse spécifique.....	23
➤ Indices de diversité.....	23
➤ Indice de Shannon-Wiener (H') et indice d'Equitabilité de Pielou (J').....	24
➤ Indice d'Equitabilité ou régularité.....	24
➤ Indice de diversité de Simpson.....	25
II.2.3. Diagrammes rangs-fréquences.....	25

Chapitre III: Résultats et Discussion

Chapitre III: Résultats et discussion.....	27
I. Etude Qualitative.....	27
I.1. Les Dinoflagellés.....	27
I.2. Les Diatomées.....	28
I.3. Espèces et genres potentiellement nocives rencontrés.....	32
II. Etude quantitative.....	32
II.1. Fréquence relatif.....	32
II.1.1. Fréquence des groupes phytoplanctoniques.....	32
II.1.2. Fréquence des genres phytoplanctoniques.....	34
II.2. L'abondance relative.....	34
II.2.1. L'abondance relative des groupes phytoplanctoniques.....	34
II.3. Variation de la densité cellulaire.....	35
II.3.1. Variation de la densité cellulaire par station.....	35
II.3.2. Variation de la densité cellulaire par groupes phytoplanctoniques.....	36
II.3.3. Variation de la densité cellulaire des différents principaux genres des Dinoflagellés et Diatomée rencontré.....	36
II.3.4. densité cellulaire des espèces nuisibles.....	37
II.4. Indice de la diversité spécifique.....	38
II.4.1. Indice de Shannon	

Sommaire

«H'», Indice de Simpson et Indice d'équitabilité «E».....	38
III. Digramme rang fréquence (DRF).....	41
IV. Réparation géographique des résultats.....	41
IV.1. Réparation géographique des résultats de la densité cellulaire.....	41
IV.1.1. Réparation géographique de la densité cellulaire de peuplement.....	41
IV.1.2. Réparation géographique des groupes phytoplanctoniques par rapport à la densité cellulaire.....	42
<i>Discussion</i>	45
<i>Conclusion</i>	47
<i>Référence bibliographique</i>	

Sommaire

Introduction

Introduction

Les eaux de surface occupent la plus grande partie du globe terrestre .environ **98%** de ces eaux sont des eaux marines, les **2%** restant, constituent les eaux continentales représentées par les rivières, les lacs, les étangs. Dans ces eaux marines le phytoplancton constitue la base de la chaine trophique. (**Gleick., 1993; Costanza et al., 1997**)

Donc la découverte du plancton est l'un des évènements majeurs de l'océanographie moderne qui s'étale sur une tentative d'année et qui résulte de la créativité d'une pléthore d'équipe.

Les zones côtières constituent des espaces d'interface entre l'océan, la terre et l'atmosphère. Ces zones sont très productives bien qu'elles ne représentent qu'une faible surface (**7%** de la surface océanique). En effet, elles contribuent entre **14%** et **30%** de la production primaire des océans (**Mantoura et al., 1991**). La colonne d'eau s'y caractérise par une faible profondeur de la couche euphotique et la régénération des nutriments à partir du fond. Cependant, la biomasse photosynthétique y est relativement faible comparée à la biomasse terrestre. Cela est dû à la petite taille des organismes autotrophes qui constituent le phytoplancton et représentent une véritable pompe biologique. (**Longhurst et Harrison, 1989 in Guiselin, 2010**)

L'observation et le comptage au microscope attirent l'attention des biologistes marines dès le début du XX siècle sur l'existence parfois même sur l'abondance de phytoplancton de très petite taille, ce qui conduit à les ranger en fonction de leurs dimensions.

La composition spécifique des communautés phytoplanctonique, l'abondance relative des différentes espèces, ainsi la dominance d'une population par rapport à une autre sont autant de traits et de phénomène en constante évolution qui caractérisent les successions phytoplanctoniques. (**Smayda, 1980 in Gailhard, 2003**)

Suivant cette conception, la dynamique des populations phytoplanctoniques est examinée à travers la réponse globale de la communauté aux variations environnementales, à l'aide de variables synthétique telle que la biomasse phytoplanctonique totale. Cette « holistique » est essentielle pour comprendre le rôle des producteurs autotrophes dans le fonctionnement de l'écosystème pélagique, et plus particulièrement l'influence de l'activité biologique, en effet les communautés phytoplanctoniques sont constituées d'assemblages d'espèces concurrentes, présentant des caractéristiques biologiques (taille, forme), physiologiques, modes de nutrition et taux de croissance différents. (**Smayda 1997**)

Introduction

La relation entre la biodiversité phytoplanctonique et le fonctionnement des écosystèmes est une question écologique fondamentale: pour comprendre la structure et le fonctionnement d'un écosystème d'une aire aquacole par exemple, il est indispensable de connaître les différents éléments qui le composent, la distribution des organismes dans le temps et dans l'espace. La dynamique des populations phytoplanctoniques côtière est caractérisée par la succession d'assemblage d'espèces (**Smayda, 1980**), auxquels sont associées des formes de variabilité spatio-temporelles typiques de groupe d'espèces. (**Mokrane et Harkati, 2006**)

Le présent travail s'inscrit dans une démarche de détermination de la structure phytoplanctonique de quelques sites de la côte algérienne. Le but principal de cette étude est de faire une évaluation quantitative et qualitative afin d'explorer la diversité de la communauté phytoplanctonique, ce qui nous permettra de statuer sur les capacités productives des sites et en parallèle d'apporter quelque élément d'observation pour la surveillance de milieu marin.

Trois parties ont été développées dans cette étude à savoir :

- **Chapitre 1** : concernant quelques définitions et généralités sur les peuplements phytoplanctoniques;
- **Chapitre 2** : traite l'identification et la détermination des espèces de phytoplancton, permettant de décrire la diversité des populations au sein de la communauté;
- **Chapitre 3** : relatif aux résultats et discussion avec une comparaison de ces derniers avec les travaux antérieurs, cette partie est finalisée par une synthèse et une conclusion générale.

I. Présentation de la région d'étude

I.1. La baie de Bou Ismail

La baie de Bou Ismail se situe à l'ouest d'Alger à environ **50 km**, d'une superficie de **350 km²**. Elle est délimitée par le massif d'Alger (Ras Acrata **2°55'**) à l'est et le massif de Chenoua (Ras el Amouch **2°25'**) à l'ouest, elle présente un plateau continental de **509 km²** (**Attouchi., 2008**).

La baie de Bou Ismail se caractérise par une forte production de pêche, et notamment au niveau du port de Bou-Haroun, qui est l'un des principaux ports de production halieutique et surtout en poisson bleu. (**CNRDPA, 2005 in Boudjenah, 2011**)

La baie de Bou Ismail peut être divisée en quatre zones géographiques :

- La baie d'El Djamilia limitée à l'Est par Ras Acrata et à l'Ouest par la presqu'île de Sidi Fredj. Elle est caractérisée par une côte basse sableuse et de nombreuses formations dunaires.
- Le secteur Sidi Fredj - Oued Mazafran, constitué sur environ **12 km** de plage de sables fins.
- Une côte rocheuse, faisant suite au secteur ci-dessus, longue de **30 km** dont la limite à l'Ouest est Tipaza.
- La Baie du Chenoua ou se jette Tonde Nador débute à partir de Tipaza ; elle est bordée dans sa partie Ouest par le massif du Chenoua. Tout le fond de cette baie est occupé par une plage de sables fins.



Figure 1: Situation géographique de la zone étudiée (**GoogleEarth, 2015**).

I.2. Réseaux hydrographiques

Les principaux oueds qui jettent en Baie de Bou-Ismaïl sont Oued Nador dans, Oued Mazafran et Oued Béni-Messous. (Annane *et al.*, 2007)



Figure 02: Réseau hydrographique de la zone étudiée (in Inal., 2011)

1. Oued Mazafran: cet oued tire son nom de la couleur de ses eaux : El Ma Essafra (eau jaune), il correspond au cours d'eau le plus important de la région. Il en résulte de la confluence de trois oueds importants: oued Djer, oued Bourroumi et oued Chiffa. Chaque année une grande masse de matériaux est arrachée à l'Atlas et charriée par l'oued Mazafran.

2. Oued Béni Messous : est situé entre El Djamila et « Club des pins » traversant la commune de béni messouse et cheraga au nord, de bouzaréah au niveau d'une agglomération appelée « la Tribu » au Nord Est. Dely Ibrahim à l'Est. Ain Benian à l'Ouest et débouche au niveau d'une plage appelée « les dunes » qui fait partie de la baie de Sidi Fredj.

3. Oued Nador : situé sur la partie occidentale, ne prend sa naissance que dans la cluse de Tipaza de débouchement dans la baie de chenoua. Son bassin versant est drainé par un réseau d'affluents l'oued Bouyersen, l'oued Meurad et l'oued Boukika.

I.3. Conditions météorologiques dans la baie de Bou~Ismail

I.3.1.Vents

Le vent est une des forces physiques régissant les courants et les houles. La Baie de Bou Ismail est caractérisée par une périodicité des vents qui se traduisent par une prédominance :

- ♦ Des vents d'Ouest en Hiver et Printemps induisant des houles de grandes amplitudes, d'une vitesse moyenne de **2 m/s**.
- ♦ Des vents de l'Est en Eté et début Automne avec des faibles amplitudes, avec une vitesse moyenne supérieur de **2 m/s** et peuvent être très violents de **15 à 20 m/s** durant **3** jours consécutifs. (Asso, 1982 in Zeghdoudi, 2006)

I.3.2. Température et précipitations

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. Il existe deux périodes durant l'année :

- ♦ Période chaude (Avril-octobre), elle se caractérise par des faibles précipitations et une moyenne thermique de **23 °C**.
- ♦ Période froide (Novembre-mars), elle se caractérise par des précipitations ayant une moyenne saisonnière de **89.49 mm** et une moyenne thermique de **15°C**.

I.3.3.Pluviométrie

La zone d'étude fait partie du bassin méditerrané connu par deux saisons bien distinctes :

- ♦ Une saison pluvieuse durant le mois d'octobre jusqu'au mois d'avril.
- ♦ Une saison sèche de mai à septembre avec des pluies très rares dues aux orages, notamment en août.(Annane et al.,2007)

II. Généralité sur les phytoplanctons

II.1. Le plancton

Le mot *plancton* vient du grec ancien *plagktos* qui signifiait <<errant>>, se définit par « l'ensemble des organismes pélagiques susceptibles d'être entraînés par le déplacement des eaux » (**Bougis., 1974**), les organismes planctoniques peuvent être regroupés selon leur taille, leur nature, les caractéristiques biologiques de leur cycle de développement, leur répartition verticale sur la colonne d'eau et/ou le type d'environnement qu'ils peuplent.

Le plancton se divise en deux grandes règnes:

. Le plancton végétale, ou phytoplancton, constitué d'algues presque toutes unicellulaire.

Appelées de ce fait micro-algue ou microphyte.

. Le plancton animal, ou zooplancton, composée de deux groupes:

- Les zooplanctons permanents: organismes unicellulaire ou pluricellulaire qui naissent, se reproduisent et meurent à états de zooplancton.
- Les zooplanctons temporaires: œufs et larves d'animaux très variés qui quittent le monde du plancton en se métamorphosant. (**Pierre et al., 2013**)

II.2. Le phytoplancton

Le plancton végétal ou phytoplancton, est l'ensemble des algues microscopique formées d'une seule cellule (microalgue). Bien qu'elle soit unicellulaire, les microalgues présentent une grande diversité de taille, de couleur et de forme qui peuvent être très élaborées. Les phytoplanctons comprennent des milliers d'espèces se répartissant en plusieurs groupes: algues bleues ou cyanobactéries, diatomées, coccolithes, chrysophycées, dinoflagellés. (**Pierre et al., 2013**)

II.3. Organisation de phytoplancton

Le phytoplancton regroupe deux types d'organismes qui diffèrent au niveau cytologique essentiellement par la présence (eucaryotes) ou non (procaryotes) d'un noyau cellulaire (ADN confiné dans une enveloppe nucléaire). (**Prescott et al., 2003**)

II.3.1. Les algues bleues ou cyanobactéries

Les cyanobactéries (cyanophycées) se présentent généralement sous forme de fins filaments contenant un pigment qui leurs confèrent une couleur bleu (du grec *cyano*, « cyan »), elles peuvent modifier la couleur des eaux où elles prolifèrent.

Ces phytoplanctons sont les algues primitives, nées il y a **3,5** milliards d'années pendant la période de volcanisme à outrance affectant l'ensemble de la planète.

La Terre est alors couverte d'une eau boueuse, bouillante, chargée en éléments minéraux et en métaux lourds. C'est dans cette soupe primitive dépourvue d'oxygène que la petite algue bleue microscopique apparaît et se développe, y consommant des composés métalliques et minéraux et du gaz carbonique pour fabriquer sa matière végétale. Cette production génère l'oxygène. Premier organisme à réaliser la photosynthèse grâce à la *chlorophylle* qu'elle contient, la cyanobactérie a offert l'oxygène à la planète. Socle de la vie dans les océans, l'algue bleue est à l'origine de la grande diversité du phytoplancton (diatomées, dinoflagellés...). Capable de vivre dans les milieux extrêmes, elle a survécu à tous les cataclysmes. Les cyanobactéries existent encore aujourd'hui. On les trouve dans les milieux inhospitaliers comme, par exemple, les résurgences d'eaux chaudes à **60 °C**. Seul groupe de phytoplancton résistant aux températures élevées. (**Prescott et al., 2003**)

La diversité morphologique des cyanobactéries s'est développée depuis **2** milliards d'années. Ces microorganismes regroupent ainsi environ **2 000** espèces réparties en **150** genres (**Lavoie et al., 2007**). Aujourd'hui, des formes très variées sont rencontrées : des unicellulaires ou des filaments pouvant se subdiviser en fragments, ou plus rarement en forme de plaques, ou de colonies irrégulières. Les formes unicellulaires (coccospores) et filamenteuses (trichomes) sont les plus souvent rencontrées et constituent deux des principales classes: les coccogonophycidées (formes solitaires ou coloniales) et les hormogonophycidées (formes coloniales filamenteuses).

II.3.2. Les diatomées

Les diatomées (Bacillariophycées) engloberaient plus de **100 000** espèces et on estime que seulement près de **15 000** ont été identifiées à ce jour. C'est un des groupes les plus importants du phytoplancton même si beaucoup d'espèces sont sessiles ou associées aux substrats littoraux. Leur caractéristique principale est la présence d'une paroi cellulaire siliceuse appelée « frustule » (**Germain., 1981**). Le pourtour des valves est connecté avec des bandes qui constituent la ceinture de la cellule. Ces microorganismes sont unicellulaires ou coloniaux et sont communément divisés en deux groupes : les diatomées centriques qui ont une symétrie radiale et les diatomées pennées qui ont une symétrie bilatérale. Chez certaines espèces, une fente, nommée raphé, traverse une partie ou la cellule entière alors que chez d'autres espèces, on observe une dépression de la paroi cellulaire appelée pseudoraphé.

Quatre groupes de diatomées pennées sont différenciés sur la base de ces structures : les Araphidées, les Raphidiodées, les Monoraphidées et les Biraphidées. La reproduction végétative par division cellulaire est le mode le plus commun de multiplication. (**Canter-Lund et Lund., 1995**)

II.3.3. Les dinoflagellés

Ce sont des protistes flagellés typiquement marins, donc des végétaux qui se classent dans les pyrrophytes du fait de leur caractère biochimique (équipement pigmentaire, matière de réserve) et morphologie (corps physoides, trichocyste et leurs flagelle dissemblable). Mais certaines formes sont plus au moins autotrophes et même aplastidiées ; si pour ces raisons, on les situe dans le règne animal, ce sont des flagellés de la classe des dinoflagellés.

Cette classe des microalgues a une caractéristique particulière, celle de produire des eaux colorées, ce phénomène s'explique par la prolifération intense d'une ou de plusieurs espèces, comme sous le nom de « blooms ». Ces eaux apparaissent en période d'eau calme et lorsque les conditions physicochimiques sont favorables pour la prolifération de certaines dinoflagellés.

Ces eaux colorées peuvent avoir des conséquences désastreuses :

- Soit que les espèces qui les constituent, même à concentration basses, émettent des toxines (DSP : *diarrhéique Shell Fish poisoning* VSP : *venerupine Shell Fish poisoning*. PSP : *paralytic Shell Fish poisoning*. NSP : *neurotoxic Shell Fish poisoning*) menaçant le consommateur surtout des bivalves.
- Soit par la décomposition de la masse organique ainsi produite qui fait réduire le taux d'oxygène disponible et provoquer une hécatombe de poissons. (**Bougis., 1974**)

II.3.4. Les chrysophycées et les chlorophycées

II.3.4.1. Chlorophycées

Ce groupe est extrêmement vaste et morphologiquement très diversifié et comporte **500** genres, représentant plus de **15000** espèces, unicellulaires ou pluricellulaires, largement répandue dans tous les milieux (marin, eaux douces ou saumâtres). (**Chrétiennot-Dinet., 1990**)

Les pigments sont essentiellement des Chlorophylles *a* et *b*, avec des caroténoïdes et des Xantophylles comme pigments accessoires. Pour assurer leur reproduction, généralement ces organismes forment des zoospores à l'intérieur de la paroi cellulaire de la cellule mère.

Dans les formes coloniales, chaque cellule de la colonie se divise par division végétative en « n » cellules formant « $2n$ » cellules filles. On retrouve également 3 types de reproduction sexuée, isogamie (2 gamètes de même taille), anisogamie (gamète male plus petit que gamète femelle) et oogamie (gamète femelle non flagellé et gamète mâle flagellé). (Nozaki., 2003)

II.3.4.2. Chrysophycées

Ce sont des algues unicellulaires ou coloniales (rarement filamenteuses), dont certaines vivent dans une enveloppe protectrice appelée lorique. Leurs cellules possèdent un/ou plusieurs plastes jaunes ou bruns à cause de la forte concentration en Xanthophylles (*lutéine*, *fucoxanthine*, *diadinoxanthine*) et Caroténoïdes (β -*carotène*) masquant la couleur des eaux chlorophylles *a* et *c* (Wetzel G., 2001). La plupart de ces cellules obtiennent leur énergie par mixotrophie. La plupart des cellules sont uniflagellées mais d'autres possèdent deux flagelles généralement de même taille. Beaucoup des espèces n'ont pas de paroi cellulaire mais sont entourées d'une membrane cytoplasmique. D'autres possèdent une surface cellulaire couverte de plaques ou d'écailles siliceuses ou calcaires. Ces microorganismes sont en majorité dulçaquicoles libres ou fixés, il existe cependant des taxons marins. (De Reviere, 2003)

II.4. Rôle du phytoplancton

Parmi les êtres vivant sur notre planète, un grand nombre passe total aperçu : c'est le cas des microalgues. Elles sont intégrées au monde végétal aquatique du fait de leur parenté avec les grandes algues, leur originalité étendue à une constitution unicellulaire. En effet, chaque individu est formé d'une seule cellule dans laquelle sont réunies toutes les fonctions : respiration et photosynthèse, assimilation, reproduction. Environ 6000 espèces de microalgues sont identifiées dans le milieu marin, et plus de 14000 en eau douce.

Si la taille réduite des microalgues ne permet leur observation qu'au microscope, leur présence en grand nombre est parfois détectable par la couleur de l'eau : verte, brune, rouge...

Chaque cellule contient des pigments dont la fonction est d'assurer la photosynthèse, laquelle fournit de 60 à 80 % de l'oxygène atmosphérique. Le phytoplancton est également une source de produits intéressants pour notre santé: protéines, vitamines, minéraux qui s'y trouvent concentrés.

Le phytoplancton constitue la base de l'alimentation chez les herbivores aquatiques, et c'est pourquoi la biodiversité des populations phytoplanctoniques est un facteur important. Le rythme de développement des populations microalgales conditionne ainsi le rythme de vie de leurs consommateurs (consommateurs primaires) et ceux-ci régulent à leur tour celui des carnivores qui les consomment (consommateurs secondaires).

Le phytoplancton est donc la base de l'édifice que constitue l'ensemble des organismes aquatiques. Le phytoplancton représente un compartiment remarquable par le rôle qu'il joue, non seulement dans le milieu aquatique, mais aussi dans tous les domaines de notre vie : qualité d'environnement (oxygène), alimentation (poissons et fruits de mer), bien-être (santé, beauté), ressource industrielle. (**Prescott *et al.*, 2003**)

II.5. Ecologie du phytoplancton

Le phytoplancton tient la place de producteur primaire dans le réseau trophique et il évolue de façon saisonnière aussi bien en milieu lacustre (**Amblard., 1987**). Ce qui a pour conséquence de structurer le réseau trophique, les niveaux trophiques supérieurs dépendant directement ou indirectement de cette saisonnalité. (**Rossi., 2008**)

Dans les écosystèmes océaniques hauturiers généralement oligotrophes, les efflorescences phytoplanctoniques sont observées au printemps, lorsque les conditions sont favorables à la formation d'une couche de mélange. Ceci permet au phytoplancton de ce maintenir dans les eaux de surface, riches en nutriments d'une part, et où la disponibilité en énergie lumineuse est importante d'autre part. En milieu côtier, les apports terrigènes permettent le maintien des concentrations élevées en sels nutritifs dans le milieu et plusieurs *blooms* successifs peuvent être observés. La dynamique du phytoplancton est ainsi plus complexe en domaine côtier, plusieurs facteurs pouvant agir sur la croissance de sa biomasse. (**Gailhard I., 2003**)

En méditerranée, la succession saisonnière phytoplanctonique s'articule en trois stades (**Margalef., 1958**) :

- **Stade 1** : A la fin de l'hiver, la colonne d'eau se mélange du fait du refroidissement de l'eau de surface qui devient alors plus dense que celle du fond, permettant la remise à disposition des nutriments dans la couche de surface. Un développement phytoplanctonique important a lieu, avec un pic principal de densité en février et des pics secondaires en novembre-décembre et mars-avril. Les espèces de petite taille (rapport surface-volume **1**) capable de se multiplier rapidement (stratégie **r**) sont favorisées. Les *Bacillariophycées* prédominent ce stade.

Les espèces présentes appartiennent aux genres *Chaetoceros*, *Thalassiothrix*, *Thalassionema* et *Asterionella*. La diversité est globalement faible.

- **Stade 2 :** Il est caractérisé par la présence de *Bacillariophycées* de tailles plus importantes (rapport surface /volume **0,5**) et l'apparition en proportions non négligeables de *Dinophycées*. Les taux de croissance ainsi que les densités de populations sont plus faibles qu'au stade **1**. Dans le schéma global méditerranéen, les genres *Rhizolenia*, *Guinardia* et *Bacteriastrum* représentent la communauté *Bacillariophycées*. Les *Dinophycées* s'illustrent à travers les genres *Prorocentrum*, *Phalacroma*, *Dinophysis*, *Peridinium* et *Ceratium*. La diversité atteint généralement son maximum à ce stade.
- **Stade 3 :** la masse d'eau devient pauvre en nutriments. Les nutriments augmentent, favorisés par leur taux de croissance faible (stratégie K) et leur capacité à diriger dans la masse d'eau grâce à leurs flagelles. De plus, certaines *Dinophycées* sont capable d'hétérotrophie, ce qui leur permet de survivre lorsque les nutriments deviennent vraiment insuffisants. Ce troisième stade a notamment lieu l'été, lors de la stratification de la masse d'eau.

Les genres *Ceratium*, *Peridinium*, *Dinophysis*, *Gymnodinium*, *Gonyaulax* et *Prorocentrum* sont prépondérants. La diversité est inférieure à celle du stade **2** mais reste néanmoins supérieure à celle du stade **1**. Même, si globalement cette évolution saisonnière se retrouve dans l'ensemble de la méditerranée, à savoir une floraison printanière et une floraison automnale, des nuances apparaissent selon les sites d'étude.

II.6. Toxicité du phytoplancton

Les microalgues toxiques produisent des toxines qui sont bio accumulées le long de la chaîne alimentaire et provoquent de nombreuses intoxications qui diffèrent selon leurs organismes producteurs, leurs vecteurs de transmission et leurs modes d'action. Depuis ces Trente dernières années, la fréquence, l'intensité et la distribution géographique des efflorescences de ces algues toxiques n'ont fait qu'augmenter (FAO, 2004). Les différents types d'intoxication associée à ces efflorescences algales toxigène sont suivants :

1. Intoxication amnésiantes (*Amnesic Shellfish Poisoning ASP*)

Les symptômes sont de type gastro-intestinal. Mais également neurologiques (avec notamment des pertes de mémoire). Ces toxines pouvant, dans les cas les plus graves entrainer la mort (Teitelbaum et al., 1990). La toxine responsable de ces intoxications est une neurotoxine, l'acide domoïque (Wright et al., 1989). Synthétisée principalement par des Diatomées pennales du genre *Pseudo-nitzschia*.

2. Intoxication paralysantes (*Paralytic Shellfish Poisoning PSP*)

L'identification d'intoxications paralysantes est ancienne: ces intoxications entraînent une paralysie musculaire et dans les cas les plus graves peuvent être mortelles lorsque le système respiratoire est atteint. Elles sont provoquées par la saxitoxine et ses dérivées, toxine produites entre autres par les dinoflagellés du genre *Alexandrium*. (Amzil., 2000)

3. Intoxication neurologique (*Neurotoxic shellfish Poisoning, NSP*)

Les intoxications neurologiques sont principalement associées à l'espèce de dinoflagellé *Karenia brevis*. Elles sont caractérisées par des symptômes neurologique et provoquée par un groupe de toxine sous l'appellation brevetoxines. (Richardson., 1997)

4. Intoxication de type ciguatériques (*Ciguatera shellfish Poisoning, CFP*)

Des espèces de dinoflagellés benthiques, par exemple *Gambierdiscus toxicus*. Sont à l'origine de ces intoxications connues depuis longtemps dans les zones tropicales. Les toxines responsables, la maitotoxine et les ciguatoxines, sont transmises à l'homme au travers de la chaîne alimentaire. En général par des poissons. (Richardson., 1997)

III. Impacts des facteurs naturels sur la dynamique phytoplanctonique

III.1. Les facteurs physico-chimiques

Les études sur le contrôle des processus biologiques par le forçage physique sont fondamentales, pour mieux comprendre la variabilité temporelle et spatiale des communautés phytoplanctoniques. Le mélange, la température et les disponibilités en lumière et nutriments, fluctuent sur des échelles de temps différentes et peuvent influencer la dynamique du phytoplancton. Des modifications des communautés ont été observées sur des échelles de temps allant de quelques milliers d'années (Finkel et al., 2004) à quelques jours. (Sommer et al., 1986)

III.1.1. La température

La température est l'un des plus importants paramètres physiques du milieu marin. En effet, elle influe, non seulement, sur le nombre des êtres vivants présents aux différentes profondeurs, mais aussi sur le climat des terres voisines et sur la densité de l'eau, dans ce cas, elle est à l'origine de certains courants. **(Giacomini et al., 1984)**

Elle joue un rôle essentiel et permet de définir les zones biogéographiques **(Collignon, 1991)**. La température des océans est directement liée aux échanges thermiques entre les masses d'eaux océaniques et l'environnement **(Levitusetal., 2005)**. Ce facteur important du métabolisme, de la physiologie des organismes marins végétaux joue un rôle, non moins, important sur les variations de la viscosité du milieu, donc sur le mouvement des masses d'eau et le comportement du plancton ; il a un comportement saisonnier étroitement lié à celui du milieu environnant. **(Touahria, 1999)**

III.1.2. Le potentiel d'hydrogène (*pH*)

Le *pH* est un paramètre important dans l'étude des milieux aquatiques **(Khattabi., 2002)**, pour l'eau douce, le *pH* neutre est entre **6** et **7** ; il est plus élevé dans le milieu marin.

Le bon équilibre du *pH* de la mer est en moyenne **8** et peut aller jusqu'à **8,3**. Quand le chiffre augmente, c'est que le milieu devient basique (alcalin), s'il diminue, c'est que l'eau est plus acide.

Dans la mer, un *pH* qui descend en dessous de **8** est une catastrophe. Une petite différence de quelques dixièmes est considérable pour les espèces planctoniques, L'acidification de l'eau, même infime, peut donc, à terme, avoir des conséquences incalculables sur l'alimentation de l'homme.

III.1.3. La salinité

La salinité ($S\%$) représente la quantité de sels dissous dans l'eau de mer **(Giacominiet al. 1984)**.

La méditerranée est une mer très salée, car l'évaporation y est intense et les apports d'eau douce sont peu importants, la salinité entraîne une modification de la densité. En effet, plus une eau est salée, plus elle est dense. La salinité superficielle, dans ses grandes lignes, suit la même évolution que la température ; car est, aussi, soumise aux variations liées aux conditions atmosphériques et aux apports d'eau douce. **(Touahria, 1999)**

Du point de vue hyalin, la mesure de la salinité est importante du fait qu'elle exerce une influence significative sur la densité de l'eau de mer. Représentant la proportion de sels minéraux dissous dans l'eau de mer, elle permet d'identifier les masses d'eaux d'origine différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la cote. (**Aminot et al., 1983**in **Madi., 2009**)

III.1.4. L'oxygène dissous

L'oxygène est un gaz qui conditionne de nombreux phénomènes, tant biologiques que chimiques de corrosion. Ses concentrations dans l'eau de mer présentent de nombreuses variations selon l'endroit, la profondeur et la saison.

Ceci, s'explique par les différentes origines de l'oxygène dissous (atmosphère ou phénomènes biologiques) (**Sauriau et al., 1984-1994**). La teneur en oxygène varie dans le milieu marin en fonction de la température et de la salinité. Elle dépend aussi de l'activité biologique telle que la production d'oxygène par les végétaux autotrophes plus précisément par les phytoplanctons. (**Touahria., 1999**)

III.1.5. Les nutriments

Les nutriments essentiels sont considérés comme des éléments chimiques pouvant être décelés dans l'eau de mer, mais évidemment, à des concentrations très différentes (**Kornprobst., 2005**) pour le développement planctonique et en particulier pour le compartiment bactérien et phytoplanctonique et qui sont : le Phosphore, l'Azote et le Silicium.

Les événements climatiques et la courantologie interviennent dans l'apport et la distribution des nutriments dans le milieu.

Les communautés phytoplanctoniques sont directement influencées par la quantité de nutriments disponibles dans le milieu.

Un enrichissement modéré en nutriments favorise la production biologique en eaux côtières.

En revanche, lorsqu'il devient trop important, il peut entraîner une eutrophisation du milieu.

Ce phénomène d'eutrophisation peut engendrer divers effets négatifs sur l'écosystème, comme par exemple, une diminution de l'énergie lumineuse disponible dans la zone euphotique.

En outre, la décomposition de la matière organique associée à la forte biomasse phytoplanctonique peut créer un déficit en oxygène dans la colonne d'eau et dans le sédiment (hypoxie-anoxie). (Gailhard., 2003)

III.1.5.1. Le phosphore

D'après Dussart (1966), le phosphore est le metalloïde le plus nécessaire à la vie aquatique, le moins abondant en général et celui qui se présente sous la forme la plus simple, celle d'orthophosphate.

IV. Impact du phytoplancton

IV.1. Impacte du phytoplancton sur les organismes marins

Certaines espèces peuvent avoir un impact direct sur les populations marines (poissons ou invertébrés). Parmi les espèces productrices d'ichtyotoxines on peut citer les Raphidophycées, *Heterosigmaakashii*, *Chattonella marina* et de nombreuses espèces de Dinoflagellés sont également impliquées par la production des toxines extracellulaires (directement libérées dans le milieu). Mais des liaisons mécaniques peuvent également être engendrées comme le colmatage des branchies par la production de mucus. Ou l'altération de branchies par les excroissances de certaines espèces phytoplanctoniques (épines, soies). La réduction de la teneur en oxygène associées à l'extinction d'un *bloom* peut également entraîner des mortalités importantes d'organisme marin. (Zingone et Enevoldsen., 2000)

IV.2. Impact sur le fonctionnement de l'écosystème marin

La dégradation de la biomasse associée à l'extinction des efflorescences algales massives entraîne une diminution de la teneur en oxygène. Qui peut engendrer des phénomènes de mortalités d'organisme marin comme évoqué précédemment mais également un dysfonctionnement de l'écosystème marin en général (anoxie). Les *blooms* peuvent également avoir des conséquences sur la croissance de certains organismes tels que la coquille saint jacques. (Chauvaud et al., 2000)

Chapitre II: Matériels et Méthodes

Le but de ce chapitre est de faire une étude sur la distribution et la dynamique du phytoplancton marin qui est une tâche laborieuse nécessitant des prélèvements et un suivi spatio-temporel (à différent niveau et différent période).

II.1. Présentation du site d'étude

Les prélèvements du phytoplancton tout au long de la Baie de Bou Ismail et deux stations de Bains Romains à l'Ouest d'Alger proviennent d'une campagne d'évaluation du stock démersale «**SPHYTAL 2015**» réalisé dans le cadre du programme de recherche du Centre Nationale de Recherche et du Développement de la pêche et de l'Aquaculture «**CNRDPA** » situé à Bou Ismail.

II.1.1. Campagne « SPHYTAL 2015 »

Cette campagne rentre dans le cadre du projet «**RAF/7012**» sur les algues toxiques et leurs impact sur le milieu et la ressource halieutique» ; dont l'objectif principale est la détermination des caractéristiques physiochimiques et étude des peuplements phytoplanctoniques au niveau de la baie de Bou Ismail et d'Alger. Entre les isobathes 10 et 100m. Les prélèvements ont été effectués pendant **10** jours par le navire de recherche «**GRINE BELKACEM** ».

Le long de **13** radiales perpendiculaires à la cote en raison de trois stations par radiale.

Les radiales ont été choisies de façon a quadrillé l'ensemble de la région d'étude.

II.1.2. Prélèvement et méthodes d'analyses du phytoplancton**II.1.2.1. Mesures hydrologiques**

Durant cette campagne, des mesures hydrologiques *in-situ* ont été réalisées au niveau de **13** radiales entre **10** et **100** mètres de profondeur. Les enregistrements de température et de salinité sont effectués de manière verticale et horizontale.

- **Mesure verticales**

Les mesures de température, salinité et de pression ont été réalisées en utilisant une sonde CTD de type (Sea-Bird SBE 19 plus) (figure 4). L'enregistrement des données de navigation se fait par le *GPS* du navire de recherche.

• Mesures horizontales

Les mesures des *SST* (*Sea Surface Temperature*) et *SSS* (*Sea Surface Salinity*) en continu sont possibles à partir d'un thermosalinographe de type (Sea-Bird SBE 21) installé à bord du Navire de recherche. Les données sont traitées et représentées grâce au logiciel *ODV* (*Ocean Data View version 4.5*).

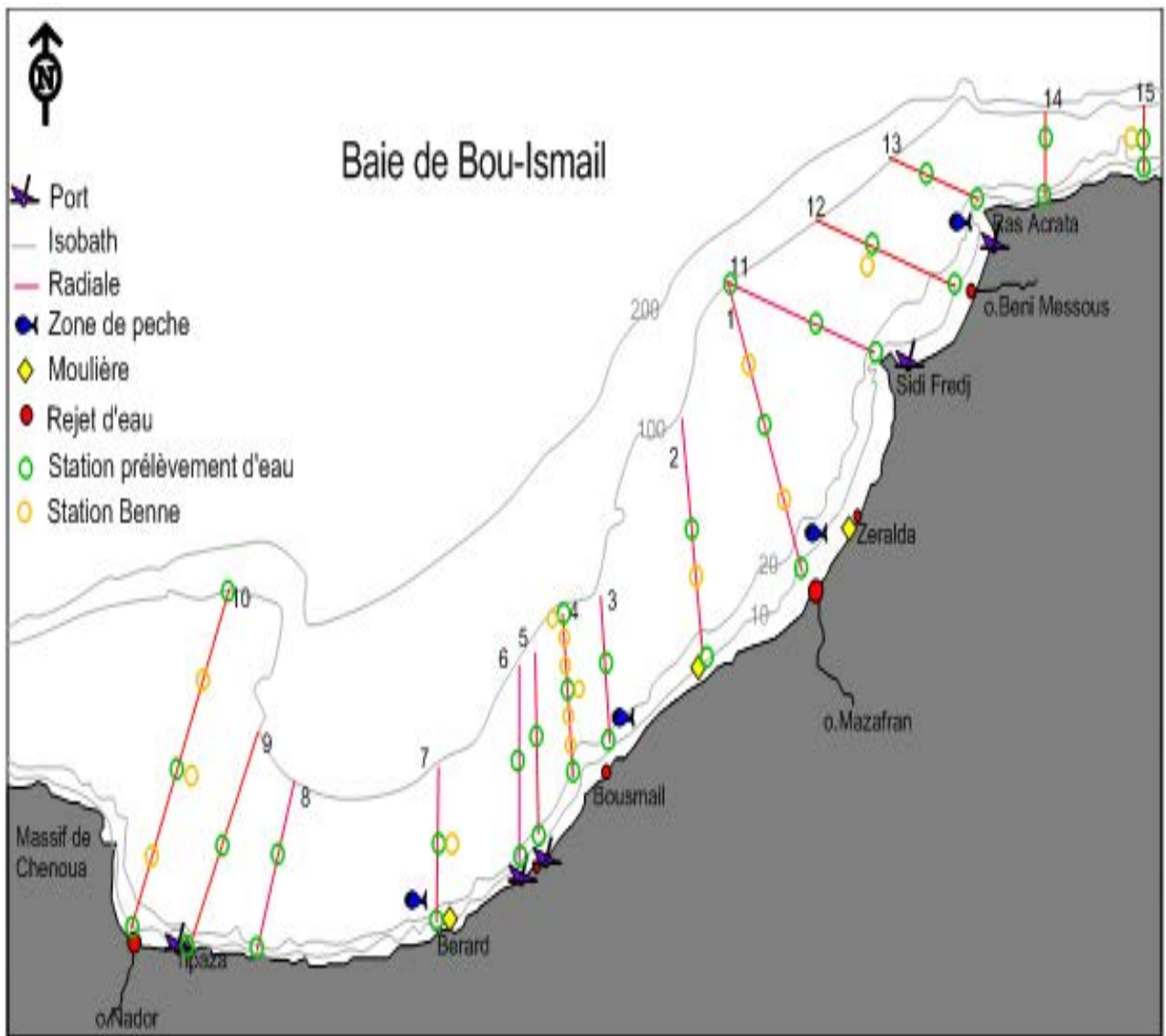


Figure 03: Carte représente les prélèvements du Navire de recherche (CNRPDA).

15 stations ont été choisies pour le traitement et l'étude du phytoplancton dans le cadre de ce travail, la position de ces dernières et les caractéristiques hydrologiques sont notés dans le tableau suivant.

Tableaux N °1 : Les coordonnées géographiques avec les différents paramètres mesurés pour chaque station de prélèvement.

Station	Latitude	Longitude	Prof prélèvement	T (°C)	Salinité (Psu)	PH
5L	36°,6864	2°,659	5	25	36,87	8,03
R9L1	36°,8079	2°,9352	25	19	36,87	7,99
R6L1	36°,6767	2°,6438	70	23	36,53	8,04
R7M1	36°,6009	2°,625	5	24	36,85	8,03
R7M2	36°,6009	2°,625	5	16	37,06	8,03
R7L1	36°,6483	2°,6135	5	20	36,91	7,97
R7L2	36°,6483	2°,6135	25	23	36,7	8,01
R12L	36°,7797	2°,8826	70	22	35,55	7,97
R11L	36°,7645	2°,8451	25	25	36,33	7,93
R15L	36°,814	2°,9878	5	25	34,36	7,97
R14L	36°,8079	2°,9352	25	25	35,43	7,94
R13	36°,8233	2°,8602	5	16	36,08	7,79
R4L	36°,6424	2°,6793	25	24	35,66	8,02
R8L1	36°,6357	2°,515	25	25	36,36	7,96
R8L2	36°,6357	2°,515	5	25	36,08	7,77

II.1.2.2. Prélèvement et traitement du phytoplancton

L'étude de la dynamique du phytoplancton se décompose en **3** étapes distinctes l'échantillonnage; La fixation, l'analyse des échantillons et enfin le traitement numérique des données.

Le prélèvement : L'eau de mer destiné à l'étude qualitative et quantitative s'effectue à l'aide de bouteilles en PVC Niskin de **5** litres de capacité, constituées d'un cylindre ouvert aux deux extrémités, que l'on descend à la profondeur bien déterminée en commandant la fermeture à distance (Figure 4. a/b/c).

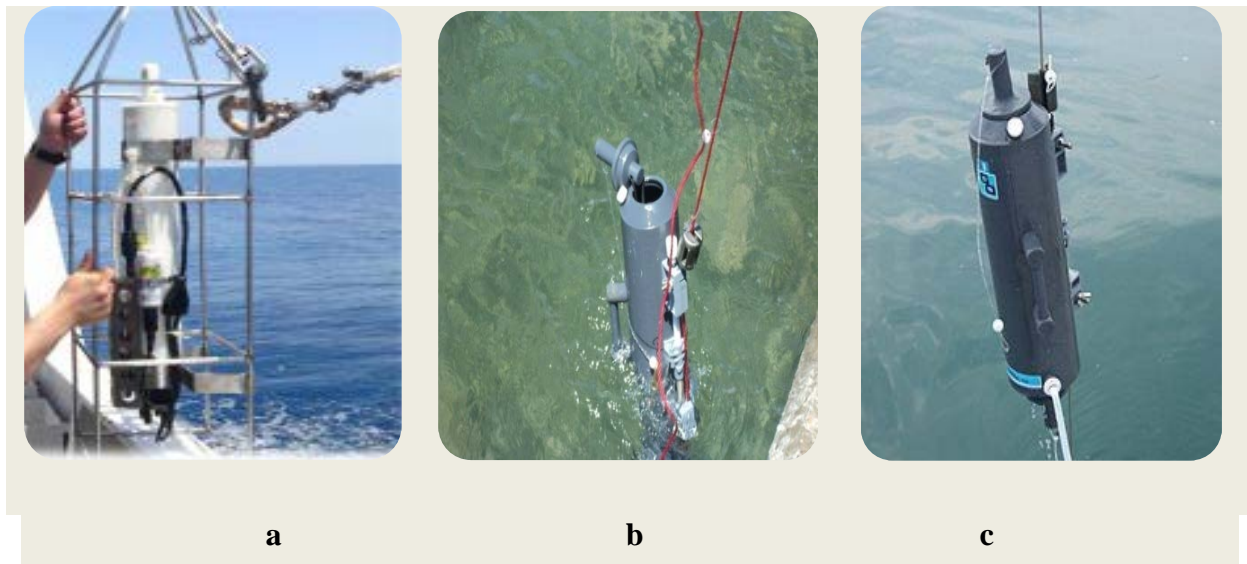


Figure 04 : Matériels de prélèvement et de mesure (5 Litres). (CNRDPA, 2015)

[(a) CTD, (b) et (c) BOUTEILLE NISKIN].

II.1.2.3. Fixation et conservation

Le protocole du traitement de ce peuplement adopté dans cette étude est en référence aux standard **INRA (2009)** liée à la méthode d'**Utermöhl (1958)**. Les échantillons du phytoplancton ont été fixés sur le terrain immédiatement à l'aide d'une solution du Lugol (Annexe). Après leurs transports, les échantillons ont été conservés au laboratoire à l'abri de la lumière afin d'éviter la décoloration et la détérioration des cellules. (**House et Hal, 2003**) Le stockage à basse température ralentit la vitesse des processus physiques et chimiques, ce qui préserve la qualité de l'échantillon. Le stockage à l'obscurité est toujours nécessaire pour éviter la photosynthèse.

Le temps maximal de stockage à l'obscurité pour les échantillons conservés au Lugol, avec une température située entre **1°C** et **5°C** est de **12** mois. La conservation et le stockage pour des périodes plus longues, ne sont possibles qu'après rajout de formol ou du formaldéhyde. (**Afnor., 2006**)

II.1.2.4. Sédimentation des échantillons

Chaque bouteille doit être agitée doucement pendant au moins une minute, afin d'homogénéiser son contenu et de décoller toutes les cellules adhérentes éventuellement aux parois et aux fond. Dans des chambres de sédimentation de **100 ml** et **50 ml** sont mis à sédimenter placées sur surface horizontale (Cuve Utermöhl, figure 5).

Le temps de sédimentation varie selon le volume sédimenté de **24** à **72** heures. (Ignatiades L., et al., 2009)

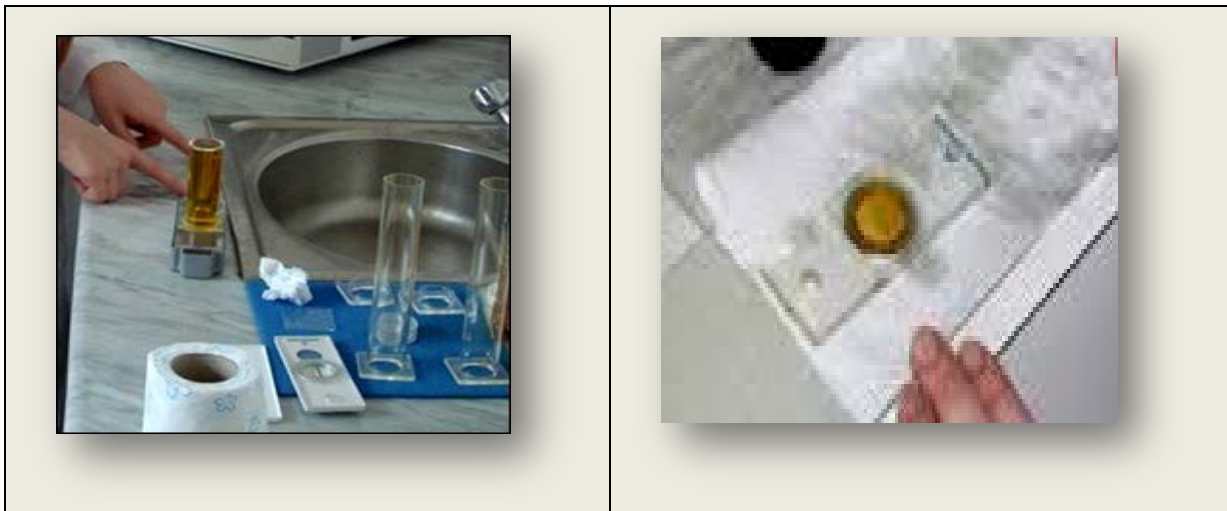


Figure 05 : Sédimentation des échantillons à l'aide des chambres d'Utermöhl

II.1.2.5. Observation et identification des espèces

L'analyse du phytoplancton dans ce cadre se fait conformément aux recommandations de la norme guide pour le dénombrement du phytoplancton par microscopie inversée - norme, (Afnor.,2006), de décembre 2006 - correspondant à la méthode d'Utermöhl (1958) adoptée au niveau européen. Quelques précisions sont cependant nécessaires pour homogénéiser l'acquisition des données.

En effet, les observations des cuves de sédimentation ont été faites par un système de balayage en utilisant un microscope inversé du type OPTIKA (Figure 6) et des objectifs **x10**, **x20** et **x40** possédant des distances de travail importantes et une ouverture numérique supérieure à **0,5**. Un système de prise de vue (caméra ou appareil photo) peut s'avérer très utile pour des validations d'identifications, prises de mesures et constitution d'algothèque.

La détermination des espèces phytoplanctoniques a été réalisée au niveau spécifique ou en cas de difficulté ou d'incertitude à un niveau moindre (genre, famille et classe) à l'aide des ouvrages de détermination disponibles. Il est important de rappeler qu'il est préférable faire une bonne détermination à un niveau taxonomique moindre qu'une mauvaise à un niveau supérieur.

Les clés de détermination utilisées dans ce travail sont : monographe phytoplancton catalogue, Meunier 1915 ; Schiller-I 1933 ; Schiller-II 1937 ; Balesh1955 ; María Esther Meave-del Castillo 2010 et 2011 et Taylor, 1976. Les autres ouvrages sont mentionnées dans les références bibliographiques.



Figure 06: Microscope inversé de type OPTIKA B 500.

II.1.2.6. Le comptage des cellules phytoplanctoniques

Les microorganismes se présentent isolés (unités biologiques) en chaînes ou en colonies (unités morphologiques), (Lassus, 1982). Un examen rapide de la chambre au plus faible grossissement (X4 ou X10), permet de choisir la stratégie de comptage et de vérifier que la répartition des algues est homogène. Le comptage est ensuite réalisé soit sur des transects, soit sur plusieurs champs choisis aléatoirement dans l'ensemble de la chambre de comptage (règles générales de comptage (NF EN 15.204)),

Dans des champs avec ou sans grille de comptage. Il est entendu que tout filament par longueur de 100 µm, colonie ou coenobecompte pour un individu.

Les résultats seront donnés en abondance et densité exprimée en nombres de cellules par litre (Cell / l) d'échantillon correspondant. Cela afin de permettre une comparaison avec les données de la littérature.

II.2. Analyse numérique des résultats

Selon Magurran (1988), la diversité d'un échantillon peut être étudiée par l'emploi de plusieurs méthodes. Celles-ci peuvent être des méthodes univariées (Richesse spécifique, Indice de diversité), ou des méthodes graphiques (diagramme rangs fréquences (DRF) ...) (Boudjnah M., 2012).

II.2.1. Densités et abondance cellulaires

En tant que concept écologique, l'abondance est une composante importante de la diversité (Hurlbert., 1971). Dans cette partie, nous nous intéressons aussi plus particulièrement aux variations de densité cellulaires des différentes espèces et genre dans chaque stations.

➤ Fréquence relative

La fréquence d'une espèce est le nombre de fois pour laquelle l'espèce est présente sur un nombre donné d'observations du biotope, exprimé en pourcentage (Bellan G., 1964).

$$Fr = \frac{\text{Nombre de stations dont l'espèce est présente (S+)}}{\text{Nombre de stations total (ST)}} * 100$$

Avec :

Fr: fréquence de l'espèce i.

S+ : nombre de stations dans lesquelles se trouve l'espèce i.

ST : nombre total de stations effectué.

$$ST = S^+ + S^-$$

En fonction des différentes valeurs de fréquence obtenues, les espèces sont considérées selon Soyer (1970) comme étant des espèces constantes si $F \geq 50\%$, des espèces communes si F est compris entre $25 \leq F \leq 50\%$ et des espèces rares si $F \leq 25\%$.

➤ **Densité (Dn)**

C'est un paramètre quantitatif important pour décrire la structure d'un peuplement donné du phytoplancton. La densité est le nombre d'individus par unité de volume « Litre » (cel/l).

$$Dn = \frac{\text{Nombre de cellule comptés}}{\text{volume (litre)}}$$

➤ **Abondance relative**

C'est une caractéristique d'une population, qui permet de connaître l'importance d'une espèce dans une communauté. Elle représente le rapport, du nombre de cellule d'une espèce donnée, sur le nombre totale de cellules pour un échantillonnage considéré. Il est exprimé en pourcentage (%).

$$A (\%) = \frac{n (\text{nombre de cellule d'une espèce})}{N (\text{nombre totale de cellule})} * 100$$

II.2.2. Diversité et structure du peuplement phytoplanctonique

➤ **Richesse spécifique :**

Est représentée par le nombre total ou moyenne d'espèces recensées par unité de surface. Cet indice « S » peut être utilisé pour analyser la structure taxonomique de la moyenne de peuplement (ex : nombre d'espèces de phytoplancton, etc....).

Il permet également de distinguer:

- Les variations spatiales des secteurs faunistiquement riches et des secteurs plus pauvres.
- Les variations temporelles des minima des maxima en fonction des saisons et des stations. La valeur « S » présente cependant l'inconvénient d'être fortement dépendant de la taille des échantillons (le nombre d'espèces échantillonnées augmentent avec la surface échantillonnées) et du type d'habitat (la richesse spécifique varie en fonction du type de substrat, de la profondeur et de la salinité ...). (Grall et Coic, 2006).

➤ **Indices de diversité**

La diversité prend en compte non seulement le nombre d'espèces, mais également la distribution des individus au sein de ces espèces. Trois principaux indices ont été développés, l'indice de Shannon-Wiener, indice d'Equitabilité et l'indice de Simpson.

➤ **Indice de Shannon-Wiener (H')**

L'indice de Shannon-Wiener est le plus couramment utilisé, il est recommandé par différents auteurs (Gray *et al.*, 1992). Cet indice est basé sur la théorie de l'information.

La valeur de l'indice varie de « 0 » quand l'échantillon ne contient qu'une seule espèce (ou une espèce dominante) et augmente à mesure que s'accroît le nombre d'espèces.

Il est donné par la formule suivante :

$$H' = I_{Sh} = - \sum P_i \log_2 P_i \text{ avec } P_i = n_i/N$$

Avec

P_i : abondance spécifique

N : effectif total du peuplement phytoplanctonique considéré.

n_i : nombre d'individu de l'espèce i.

Cet indice varie dans un intervalle de $-\log S$ et $+\log S$ (S richesse spécifique) ; L'unité de quantité d'information est le BIT ou BINIT (abréviation de *Binary digit*).

L'indice de Shannon indiquerait que le nombre d'espèces dans une communauté est fonction de la stabilité du milieu ; plus l'indice est grand, plus le milieu serait stable et réciproquement. Les données sont traitées par le programme Excel (2010).

➤ **Indice d'Equitabilité ou régularité**

L'indice de Shannon est souvent accompagné par l'indice d'Equitabilité de Piélou.

Comme les diversités dépendent à la fois des fréquences relatives des espèces et du nombre de celles-ci qui peut varier largement d'un peuplement à l'autre, les comparaisons se font souvent par l'intermédiaire de l'Equitabilité qui sera définie comme étant le rapport de la diversité réelle à la diversité maximale. Ce dernier est égal au logarithme en base de **2** de la richesse spécifique « **S** » (Daget., 1976).

$$E = \frac{\text{Ish (bits)}}{\text{Log}_2 S \text{ (bits)}}$$

L'Equitabilité varie entre « **0** » et « **1** ». Elle tend vers « **0** » quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce.

Elle tend vers « **1** » lorsque toutes les espèces ont une même abondance. Une Equitabilité de « **0.8** » est généralement considérée comme l'indice de peuplement équilibré (Daget J, 1976). Plus le spectre des abondances spécifiques est étalé, plus la diversité est faible (CNRDPA., 2005).

➤ **Indice de diversité de Simpson**

Cet indice a été proposé par Simpson en 1965. Il mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce. Pour un échantillon fini : l'indice est donné par :

$$L = \sum \frac{[ni(ni - 1)]}{[N(N - 1)]}$$

Avec :

ni = nombre d'individus dans l'espèce i

N = nombre total d'individus.

L'indice est inversement proportionnel à la diversité. Lorsque la diversité est maximale, sa valeur vaut **0**, lorsque la diversité est minimale la valeur tend vers **1**. (Grall et Coïc., 2006).

II.2.3. Diagrammes rangs-fréquences

D'après **Margalef (1961)**, il est possible de caractériser une succession phytoplanctonique par trois stades. Ces successions décrites par Margalef peuvent être contrôlées graphiquement au moyen des diagrammes rangs-fréquence de **Frontier (1983)**. L'étude de ces diagrammes se fait d'une façon empirique en regardant l'allure générale et l'évolution des courbes tout au long de l'étude, à partir de trois stades de base. On distingue en effet les stades suivants:

- **Stade 1** (début de succession): la courbe montre une allure concave vers le haut dans sa partie gauche, indiquant la prédominance d'un très petit nombre d'espèces. Plus elle subit une inflexion, plus elle devient convexe dans sa partie droite. En fin de parcours la chute est rapide pour les espèces rares provoquant une diversité faible. Au cours de la succession, la partie convexe gagne vers la gauche et les espèces fréquentes deviennent nombreuses, abondantes et plus uniformes, par conséquent la diversité augmente d'une part ainsi la persistance de la chute brutale des espèces rares.
- **Stade 2** (maturité du système): de début de maturité du système, diversité maximale. La courbe devient entièrement convexe, se rapprochant de la distribution en bâton brisé.
- **Stade 3** (fin de succession): avec diminution de la diversité. La courbe devient sensiblement rectiligne par augmentation des espèces les plus abondantes du peuplement précédent. On peut observer une flexure vers le bas dans la partie gauche avec la disparition de quelques espèces de derniers rangs.

Un peuplement stressé par une pollution ou par un facteur abiotique très contraignant sera au stade **1**, rarement au stade **2** alors qu'un peuplement stable sera au stade **3**.

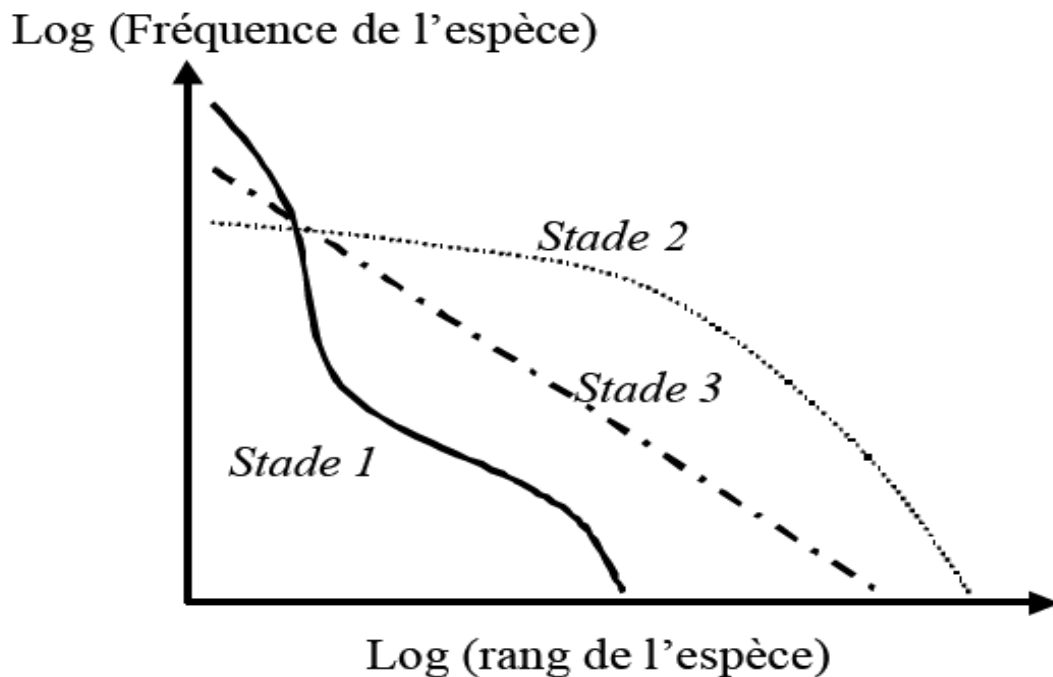


Figure 07 : Schéma montrant les stades de succession écologique. (Frontier S., 1983)

II.3. Cartographie

Pour la réalisation de l'interpolation spatiale, nous avons utilisés le logiciel suivant:

MapInfo 8.0 : est une marque déposée de MapInfo Corporation (www.mapinfo.com). Son module statistique est *Vertical Mapper* (VM) ; ce module permet de réaliser l'interpolation par les méthodes suivantes : *Inverse Distance Weighting* (IDW), *Triangulation with smoothing* (TIN), *Natural Neighbor* (NN), *Rectangular* (or bilibear) et *Kriging* (simple, ordinaire et universel).

Chapitre III: Résultats et discussion

I. Etude Qualitative

Dans cette étape, nous avons étudié l’inventaire des espèces phytoplanctoniques élaboré, par l’analyse des échantillons en adoptant la méthode de sédimentation d’Utermöhl (1958). Elle consiste à identifier et énumérer directement la flore planctonique.

Au cours de ce travail, l’inventaire floristique obtenu est de **55** Espèces répertoriées en différents groupes importants : Diatomées, Dinoflagellés. Un autre groupe moins fréquent a été considéré, il regroupe les différentes autres classes: les Foraminifères et les Cyanobactéries.

Sur le plan spécifique les Dinoflagellés détiennent le premier rang avec **39** espèces, soit plus de **69%** de la communauté phytoplanctonique. Suivi par les Diatomées avec **14** espèces soit une proportion de **25%**. En troisième rang et avec une représentation faible nous citons divers autres classes avec un pourcentage de **4%**. Les résultats sont illustrés dans la figure suivante (Figure 08).

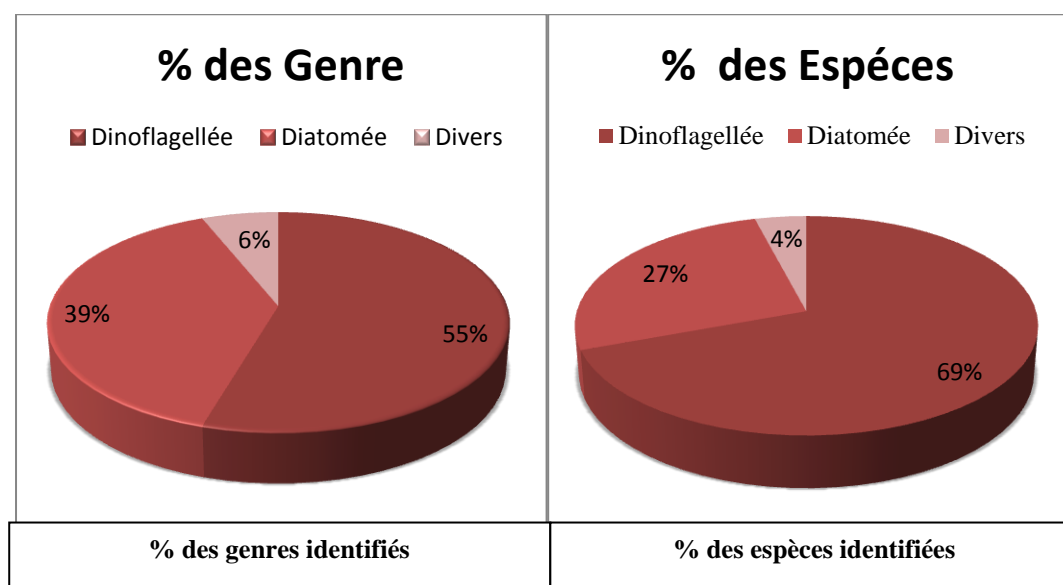


Figure 08: Pourcentage des genres et des espèces de différents groupes rencontrés.

I.1. Les Dinoflagellés

Dans cette analyse qualitative nous avons pu observer la forte diversification des Dinoflagellés, les principaux genres rencontrés régulièrement sont: *Ceratium* avec un pourcentage de **38,88%**, classé dans un premier rang, suivi des deux genres *Prorocentrum* et *Protoperidinium* avec le même pourcentage **33,33%**. Le genre *Oxytoxum* détient la quatrième position **16,66%**, enfin le cinquième genre lié aux *Alexandrium* avec **11,11%**.

En outre, dans les échantillons examinés nous avons recensé un contingent d'espèces moins fréquentes à rare avec des proportions faibles et qui appartiennent aux genres suivants: *Diplopsalopsis*, *kryptoperidinium*, *Noctiluca*, *Peridinium*, *Fragilidium*, *Gyrodinium*, *Pyrodinium*, *Blepharocysta*, et plusieurs autres. (Figure 09)

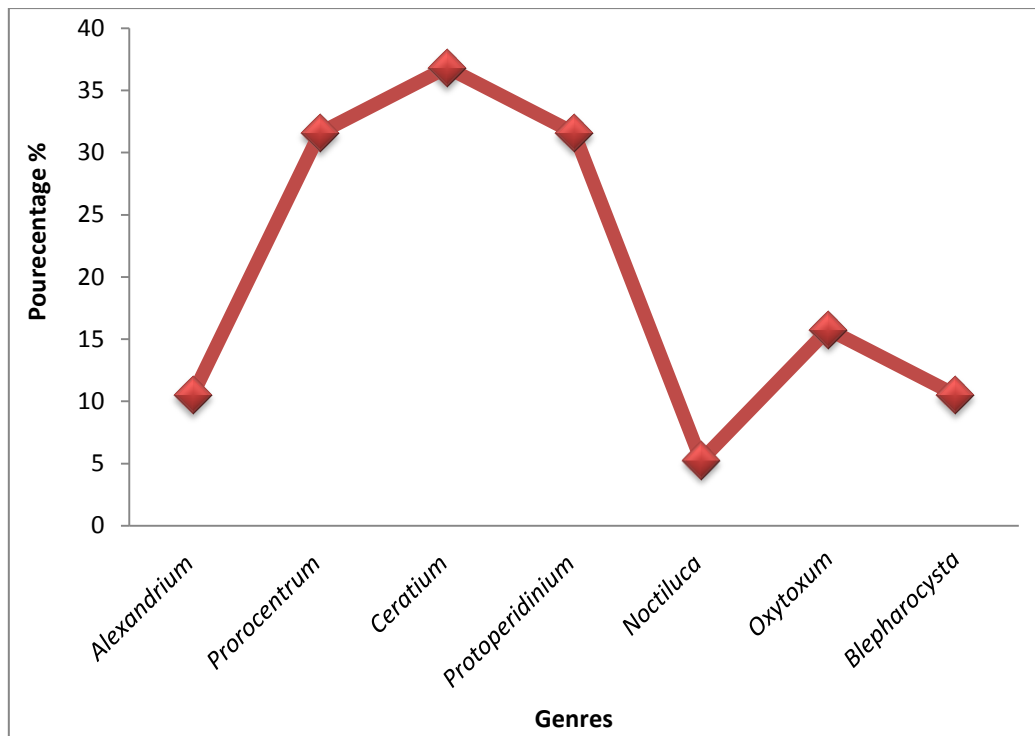


Figure 09: Pourcentage des genres des Dinoflagellés les plus rencontrés.

I.2. Les Diatomées

Dans le présent travail le groupe des Diatomées est assez représentés, une diversité spécifique observée avec **15** espèces. Dans ce groupe c'est le genre *Thalassiosira* (**23,08%**) qui est en premier rang sur la liste des genres inventoriées. En effet, il est représenté par les espèces *Thalassiosira eccentrica*, *Thalassiosira oestrupii*, *Thalassiosira sp.* Et tous les autres genres apparaissent avec le même pourcentage qui est de **7,70%**. Voici quelques genres: *Nitzschia*, *Navicula*, *Grammatophora*, *Cerataulina*, *Planktoniella*, *Lyrella*. (Figure 10)

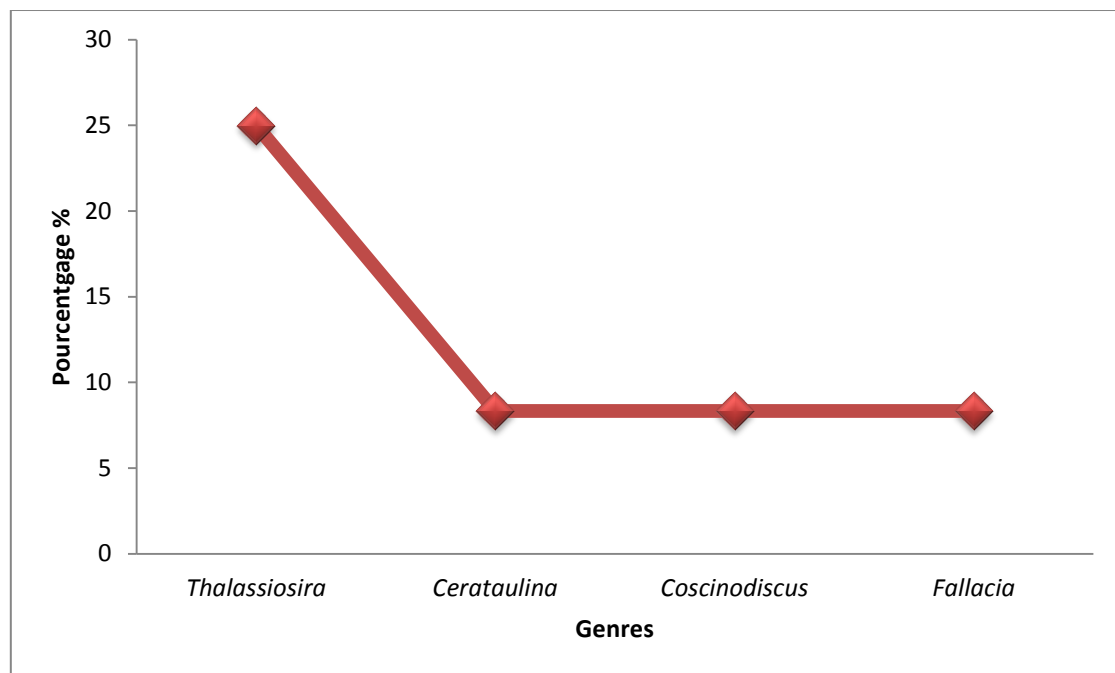


Figure 10: Pourcentage des genres de Diatomées les plus rencontrées.

Planche I : Espèces de Dinoflagellés observés au microscope inversé au différents grossissement.

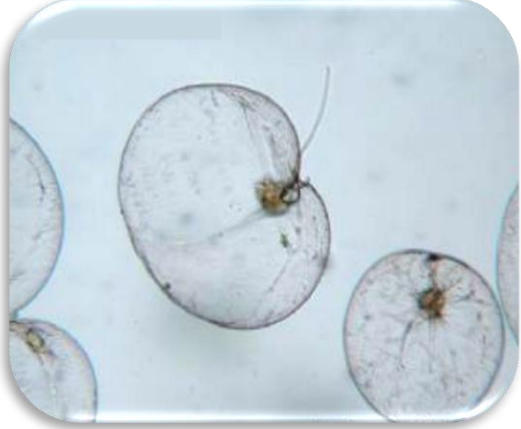

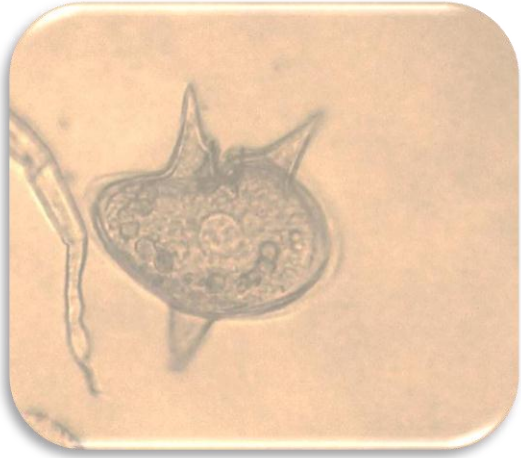

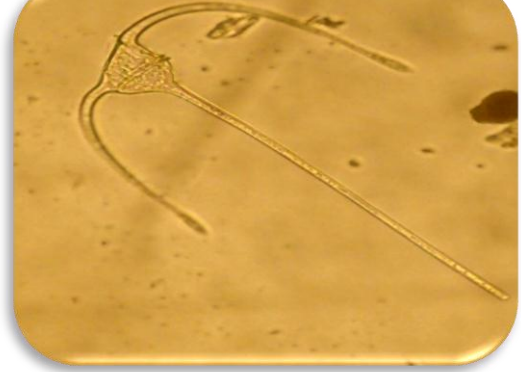


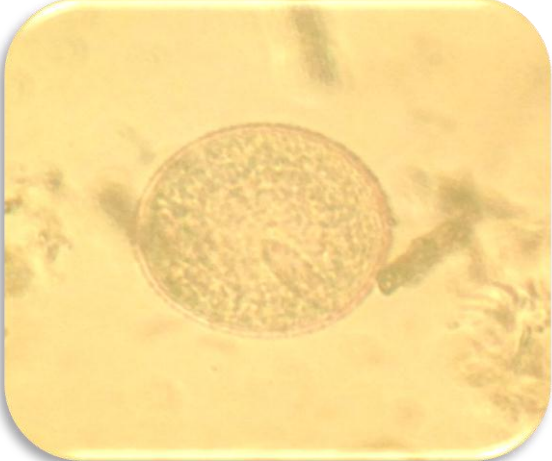
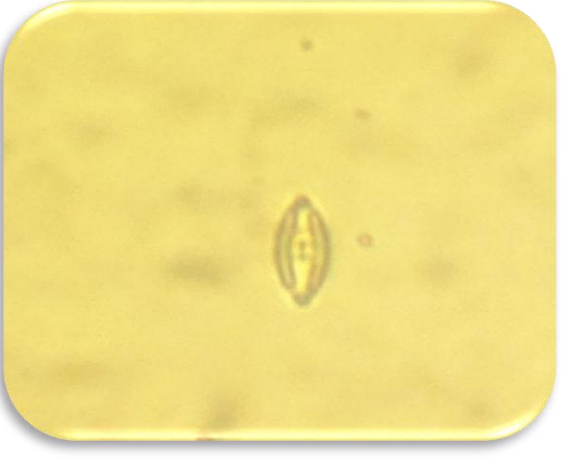


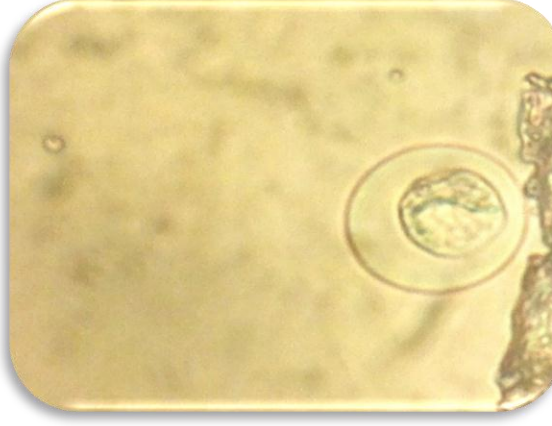
	
<p><i>Noctiluca scintilans</i></p>	<p><i>Oxytoxum sceptrum</i></p>
	
<p><i>Protoperidinium sp.</i></p>	<p><i>Pyrodinium bahamense var</i></p>
	
<p><i>Ceratium massiliense</i></p>	<p><i>Ceratium furca</i></p>

Planche II : Espèce de Diatomées observés au microscope inversé au différents grossissement.

	
<p><i>Thalassiosira sp.</i></p>	<p><i>Actinocyclus sp.</i></p>
	
<p><i>Navicula tripunctata</i></p>	<p><i>Cerataulina sp.</i></p>
	
<p><i>Nitzschia lorenziana</i></p>	<p><i>Coscinodiscus sp.</i></p>

I.3. Espèces et genres potentiellement nocives rencontrés

Parmi les objectifs fixés dans cette étude, c'est de faire suivre notre inventaire de l'évolution spatio-temporelle des espèces nocives. Il faut prendre en considération que certains Dinoflagellés peuvent être toxiques à faible concentration dans l'eau (10^2 à 1000 Cel/l). Pour les autres il faut atteindre des concentrations plus importantes que la précédente.

Pour notre observation, on a signalé la présence des producteurs des toxines qui appartient au groupe taxinomique des Dinoflagellés, car il est le groupe qui représente les concentrations les plus élevées. En effet, les résultats sur l'inventaire des espèces toxiques sont représentés par les trois genres suivant: *Prorocentrum* avec 2 ou 3 espèces toxiques identifiées (*Prorocentrum lima*), le genre *Ceratium*, suivi par le genre *Alexandrium*.

II. Etude quantitative

II.1. Fréquence relatif

II.1.1. Fréquence des groupes phytoplanctoniques

La figure 11 présente les fréquences des principaux groupes, rencontrés durant la période d'étude. En effet, nous avons illustrés les fréquences « Fr % » de ses groupes phytoplanctoniques par rapport au total des stations de prélèvement, ce qui permet de synthétiser la répartition spatiale de ce peuplement dans la zone considérée.

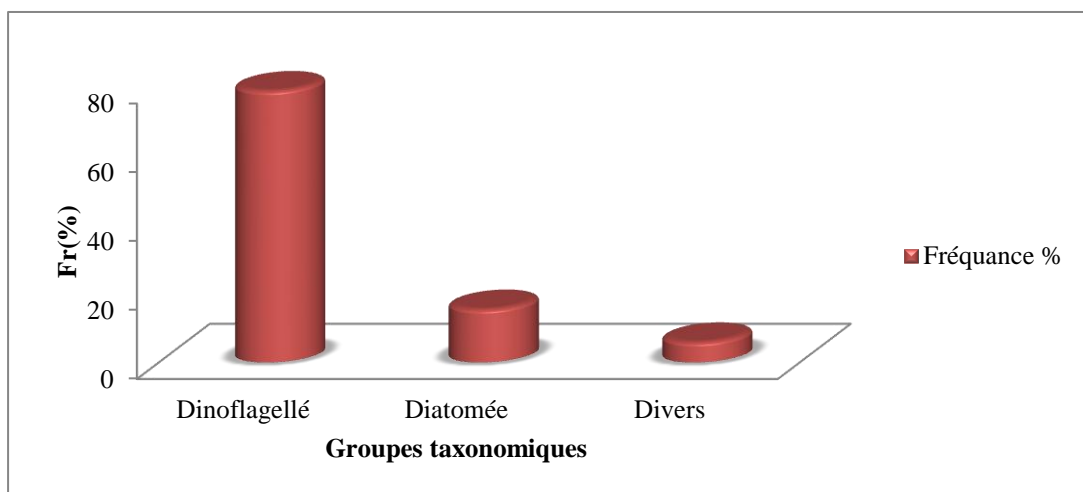


Figure 11: Evolution spatial de la fréquence des groupes phytoplanctoniques.

Les classes recensées des Dinoflagellés sont les plus fréquentes et constantes (Fr > 50 %) comparativement aux autres groupes taxonomiques avec une valeur maximale de 78%.

Les Diatomées contribuent à la diversité dans la région étudiée d'une manière rare, avec un pourcentage de **15%**. Le reste de la composition phytoplanctoniques, indique que les Foraminifères et les cyanobactéries sont les plus rares, ils présentent des fréquences largement inférieures à **25%**. Ceci explique par le fait, qu'ils sont moins compétitifs que les autres micro-algues.

II.1.2. Fréquence des genres phytoplanctoniques

La figure 12 présente les fréquences des principaux genres, Diatomées et Dinoflagellés rencontrés dans la zone d'étude.

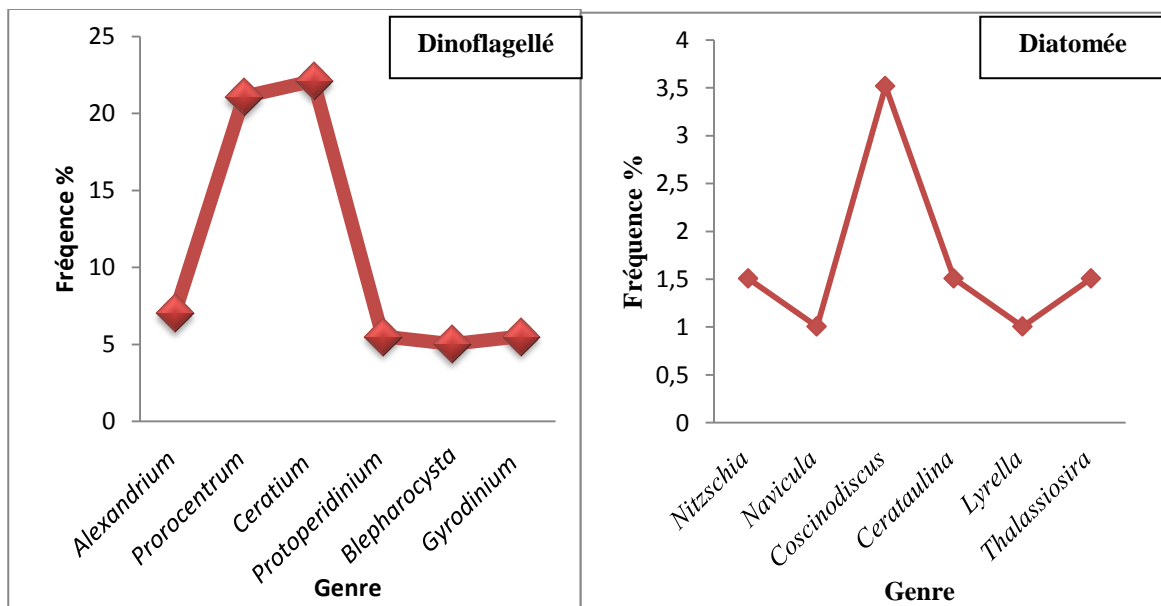


Figure 12: Evolution spatial de la fréquence des genres phytoplanctoniques.

Les observations enregistrées au cours de notre étude montrent que les fréquences relatives les plus importantes sont signalées par les genres *Prorocentrum* et *Ceratium* (Fr=21% et Fr=22%). Concernant les Diatomées, nous avons enregistré une valeur relativement élevée du genre *Coscinodiscus*, alors que le reste de la liste des autres genres (Diatomées et Dinoflagellés) notent des fréquences en constat de rareté.

II.2. L'abondance relative

II.2.1. L'abondance relative des groupes phytoplanctonique

Les résultats détaillés dans la figure 13 ci-dessous montrent l'abondance des groupes dominant dans la zone considérée (entre la Baie d' Alger et la Baie de Bou Ismail).

Le but de cette analyse est de faire une présentation de la richesse quantitative et la diversité des groupes phytoplanctoniques.

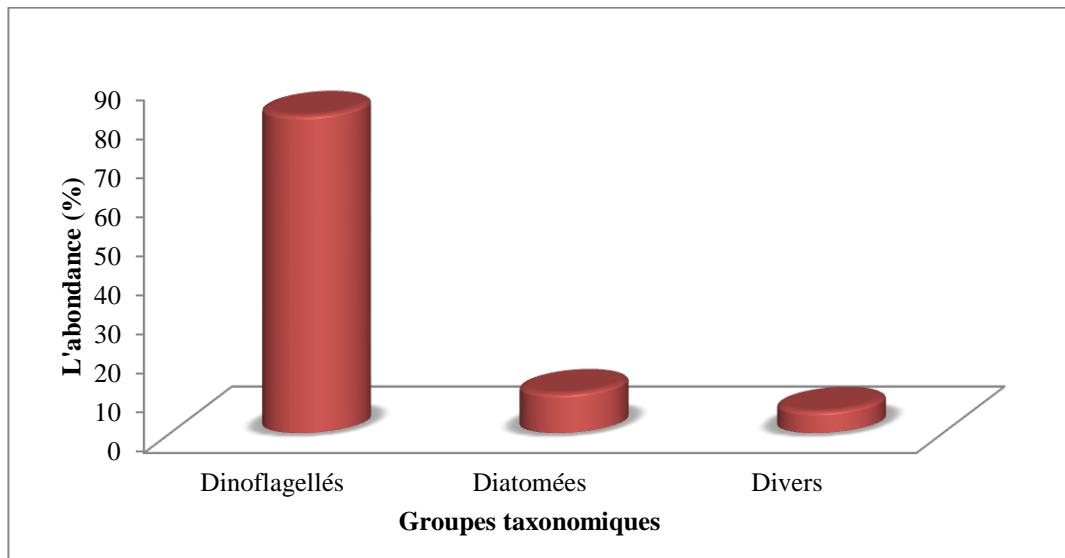


Figure 13: L'abondance relative des groupes phytoplanctoniques.

La figure 13 indique que les Dinoflagellés contribuent de manière significative à la richesse quantitative avec des proportions qui dépassent **70%** du total, alors que les Diatomées sont moins abondantes, elles ne dépassent pas **15%**. Ce qui concerne les divers autres classes, une valeur de **10%** d'abondance marquée sur toutes les stations étudiées.

II.2.2. L'abondance relative des principaux genres phytoplanctoniques

Les résultats détaillés dans la figure 14 ci-dessous montrent l'abondance des genres dominant. Cette représentation permet de comprendre les variations de la richesse quantitative et la diversité des genres phytoplanctoniques des deux principaux groupes.

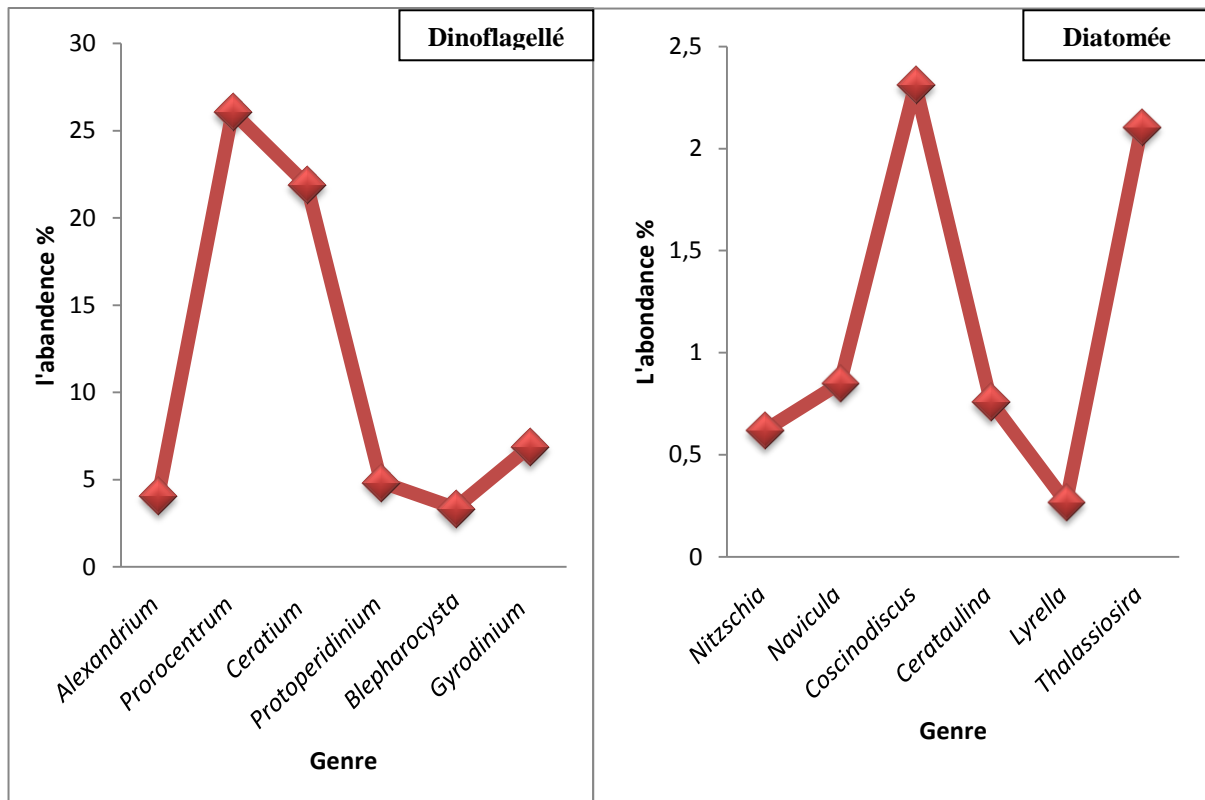


Figure 14: L'abondance relative des principaux genres phytoplanctoniques.

La figure 14 indique que les deux genres *Prorocentrum* et *Ceratium* appartiennent au groupe de Dinoflagellés et sont les plus abondants par rapport aux autres genres avec des taux respectifs de 25% et 22%. Concernant les Diatomées, les genres les plus abondants sont *Coscinodiscus* et *Thalassiosira* avec des valeurs très faibles oscillant entre 2% et 2,5%.

II.3. Variation de la densité cellulaire du phytoplancton

II.3.1. Variation de la densité cellulaire par station

La figure suivante représente la distribution de la densité cellulaire par salinité (Figure 15). Cette illustration graphique est consolidée par une carte qui définit les variations de densité cellulaire avec la localisation géographique des stations de prélèvements.

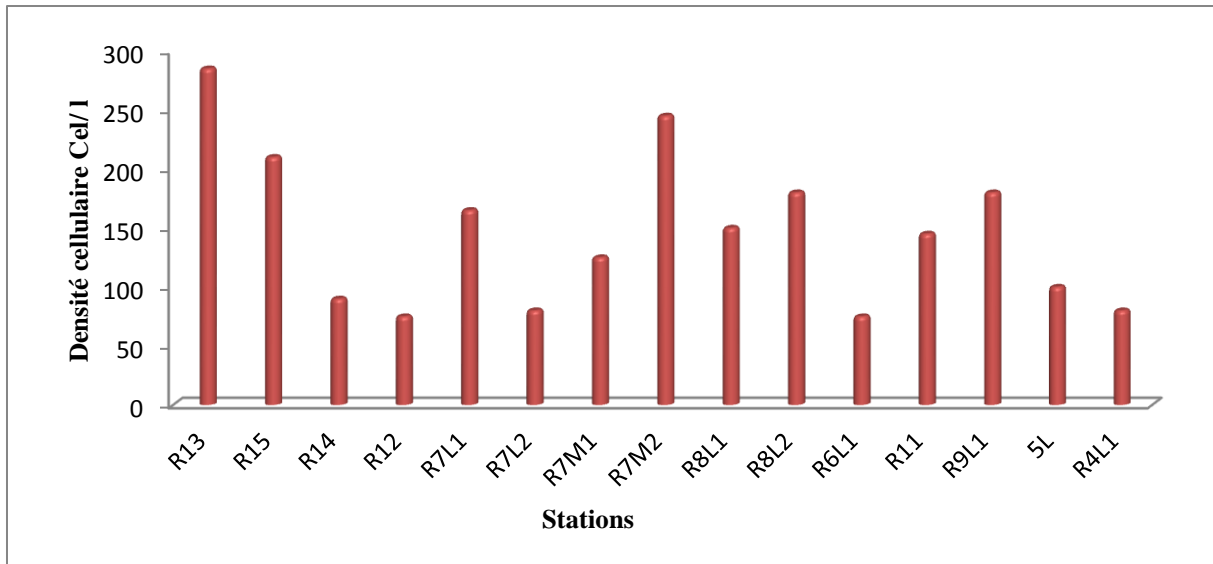


Figure 15: Variation de la densité cellulaire par station.

Les stations R13, R7M2, R15 enregistrent les valeurs les plus élevées de la densité cellulaire variant entre **280** et **200** Cel/l. par contre les stations R6L1, R4L1, R7L2 enregistrent les valeurs les plus faibles de la densité cellulaire qui ne dépasse pas **80** Cel/l. Le reste des stations leurs concentrations varient entre **200** et **100** Cel/l.

II.3.2. Variation de la densité cellulaire par groupes phytoplanctoniques

La figure 16 représente la distribution des densités cellulaires totales ente les différents groupes rencontrés. Le but de cette démarche est de déterminer la densité cellulaire de chaque taxon en comptant le nombre de cellules totales, tout en intégrant le volume d'échantillon sédimenté.

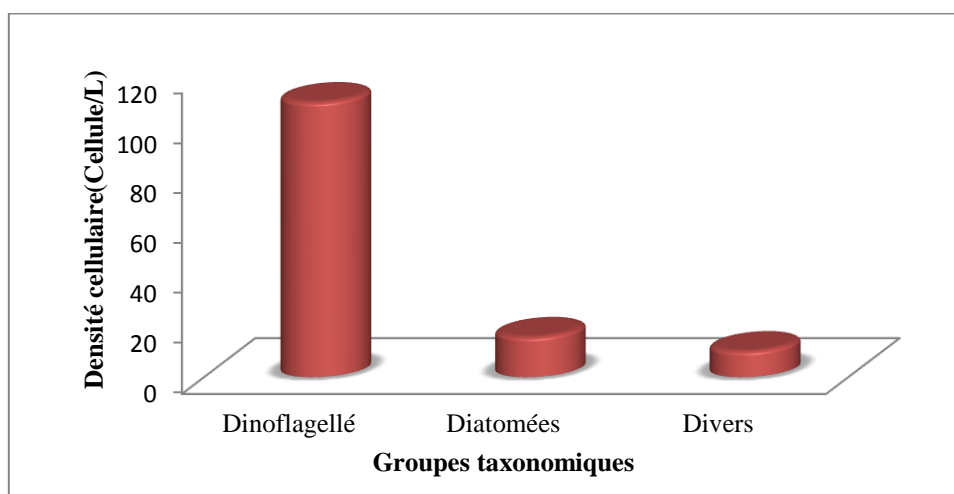


Figure 16: Variation de la densité cellulaire par Groupes phytoplanctoniques.

L'examen de figure 16 permet de mettre en évidence l'importante variation cellulaire au cours de notre étude, les observations enregistrées, montrent une densité cellulaire totale dépasse 2125 Cel/l avec une alternance des Dinoflagellés dominants numériquement (1646 Cel/l). Le groupe de diatomée et faiblement représenté avec une densité cellulaire totale de 240 Cel/l. Les Foraminifères et les cyanobactéries présentent une faible densité cellulaire qui ne dépasse pas 160 Cel/l.

II.3.3.Variation de la densité cellulaire des principaux genres rencontrés

D'après les résultats obtenus précédemment, les Dinoflagellés et les Diatomées monopolisent les stations étudiées, ce qui nous a permet de faire dans cette partie une comparaison entre les genres de ces deux majeurs groupes.

Les figures 17 représentent la densité cellulaire des taxons identifiés (répertoriés dans le Tableau en annexe), durant toute la période de l'étude.

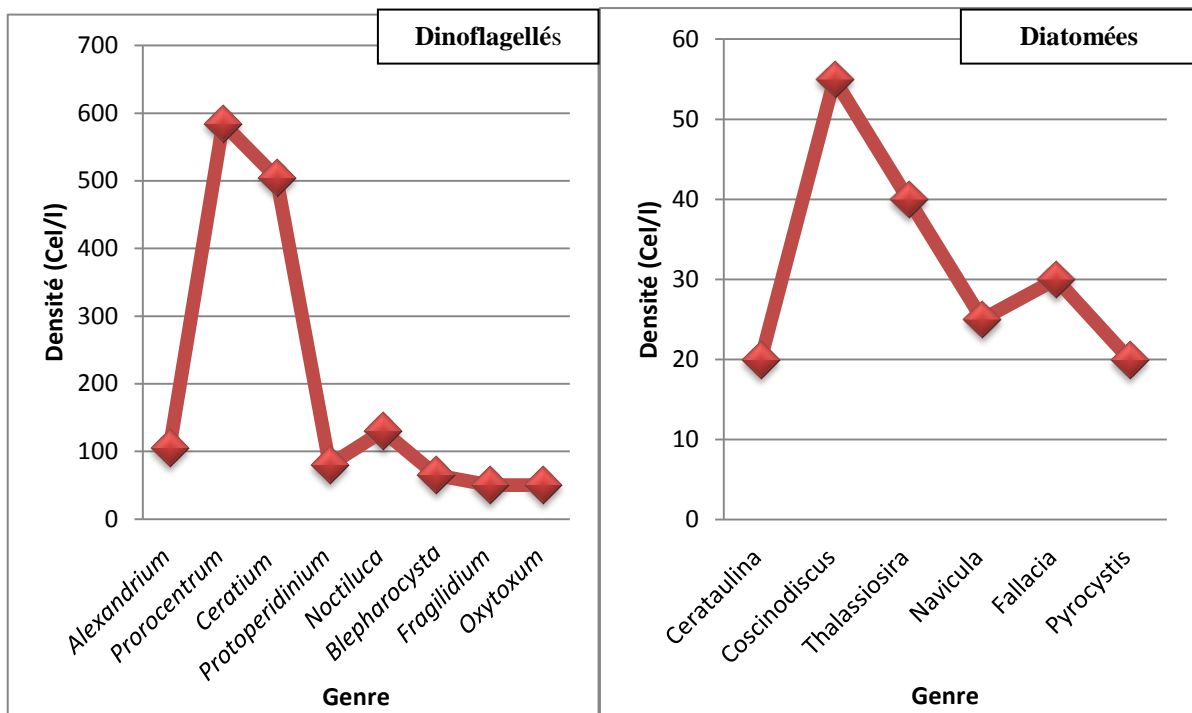


Figure 17: Variation de la densité cellulaire des différents Genres des Dinoflagellés et Diatomées rencontrés.

Les observations enregistrée au cours de notre étude montrent que les densités cellulaires les plus importante sont signaler par le genre *Prorocentrum* et *ceratium*.

Concernant les Diatomée, une concentration importante du genre *Coscinodiscus* a été calculée.

II.3.4. densité cellulaire des espèces nuisibles

L'analyse quantitative enregistre la présence des espèces toxiques et/ou nuisibles avec des densités importantes dans les différentes stations étudiées. Il s'agit des espèces *Ceratium furca*, *Prorocentrum sp*, *Noctiluca scintilans* et *Alexandrium sp*. Les densités enregistrées sont illustrées dans la figure suivante.

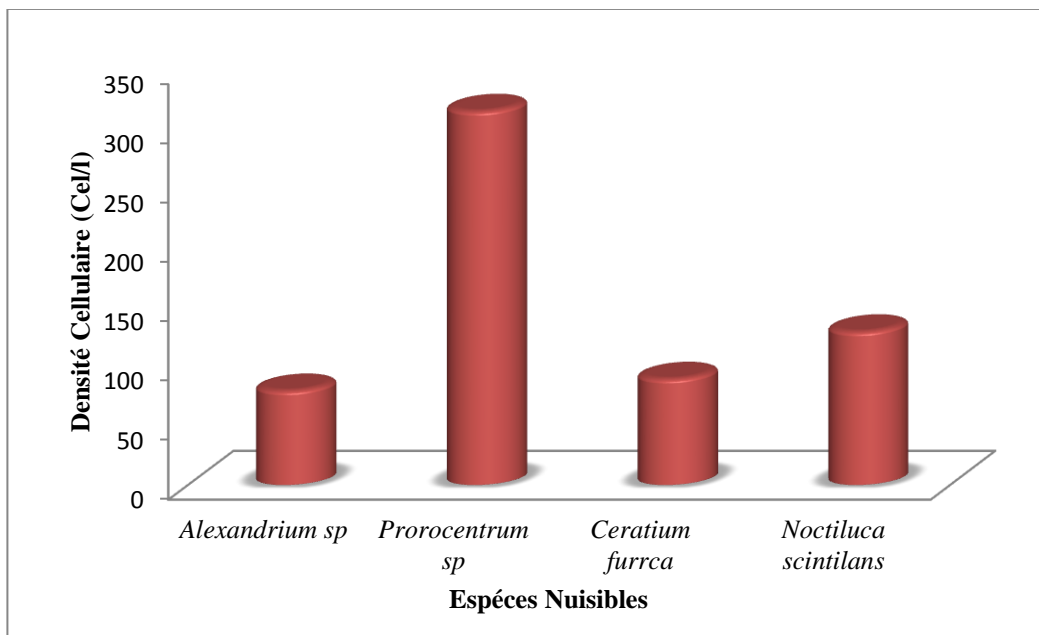


Figure 18: Densité cellulaire des espèces nuisibles.

L'illustration de la figure **18** montre des densités cellulaires importantes d'espèces considérées comme producteurs de toxines ou nuisibles. L'espèce *Prorocentrum sp* domine avec une valeur de densité égale à **350** Cel/l, suivie en deuxième position par l'espèce nuisible *Noctiluca scintilans* avec une densité de **130** Cel/l, et en troisième position *Ceratium furca* avec une densité de **90** Cel/l, *Alexandrium sp* classé en dernière position avec une densité de **80** Cel/l.

II.4. Indice de la diversité spécifique

II.4.1. Indice de Shannon «H'», Indice de Simpson et Indice d'équitabilité «E»

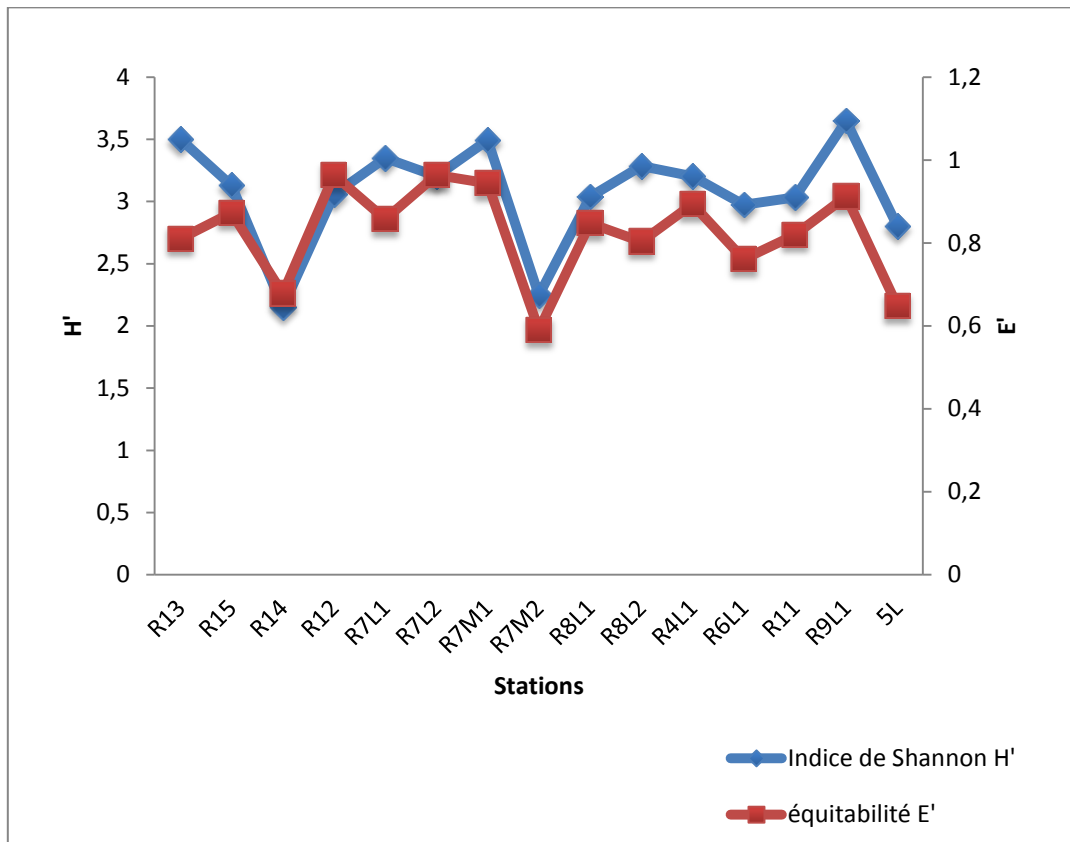


Figure 19: Evolution de l'indice de Shannon (H') et de l'indice indice d'équitabilité (E')

Tableaux 02: les valeurs de l'indice de Simpson.

Station Code	R13	R15	R14	R12	R7L1	R7L2	R7M1	R7M2	R8L1	R8L2
Indice de Simpson	0,078	0,104	0,098	0,066	0,070	0,058	0,063	0,070	0,135	0,098

R4L1	R6L1	R11	R9L1	5L
0,041	0,085	0,101	0,073	0,142

Les calculs de l'indice de Shannon « H' » des échantillons traités sont illustrés sur la figure 19. Les valeurs sont comprises entre **2,2** et **3,6** ind/bit. Les valeurs les plus élevées sont liées respectivement aux stations: R13 (bains romains à Alger), R9L1 (Tipaza) et R7M1 (berard à Tipaza). En moyenne ces valeurs peuvent être considérées comme des valeurs très proche de la valeur optimale calculé qui est de **5.11** ind/bit ($H'_{\max} = \log S$). Les stations R13 et R9L1, R7M1 sont les plus diversifiées en espèces phytoplanctoniques, car elles présentent des valeurs les plus proches de la valeur optimale. Tandis que le reste des points de prélèvement, l'indice de Shannon est compris entre **2.14** et **3** ind/bit, ceci assure un minimum de la diversité dans chaque station, ainsi toutes les espèces qui appartient au phytocénose sont représentées. Cependant, d'une manière générale toutes les stations étudiées affichent une diversité représentative.

En examinant les valeurs de l'indice d'équitabilité pour chaque station (Figure 19), les valeurs projetées oscillent entre **0.58** et **0.96**. Le minimum est lié à la station R14 (Bains Romains à Alger), R7M2 (Berard à Tipaza) et 5L (Bou Ismail). Ceci signifie une dominance spécifique d'une espèce particulière (*Prorocentrum sp*), qui affichent une distribution spatiale irrégulière.

Les valeurs de l'indice d'équitabilité qui tend vers la valeur « **1** », sont relative aux stations côtières R12 (Beni Messous à Alger), R7M1 (Berard à Tipaza), et R9L1 (Tipaza) donnant une image d'un peuplement diversifié avec une équi-répartition. Et ce qui concerne les autres stations, les valeurs de l'indice sont toujours loin de la valeur **0** et tende vers la valeur **0,8** qui reflètent un peuplement équilibré.

Le calcul de l'indice de Simpson illustré dans le tableau 02 montre des valeurs qui tendent vers **0**, et presque dans la majorité des stations étudiées, ce qui confirme une diversité importante.

III. Digramme rang-fréquence (DRF)

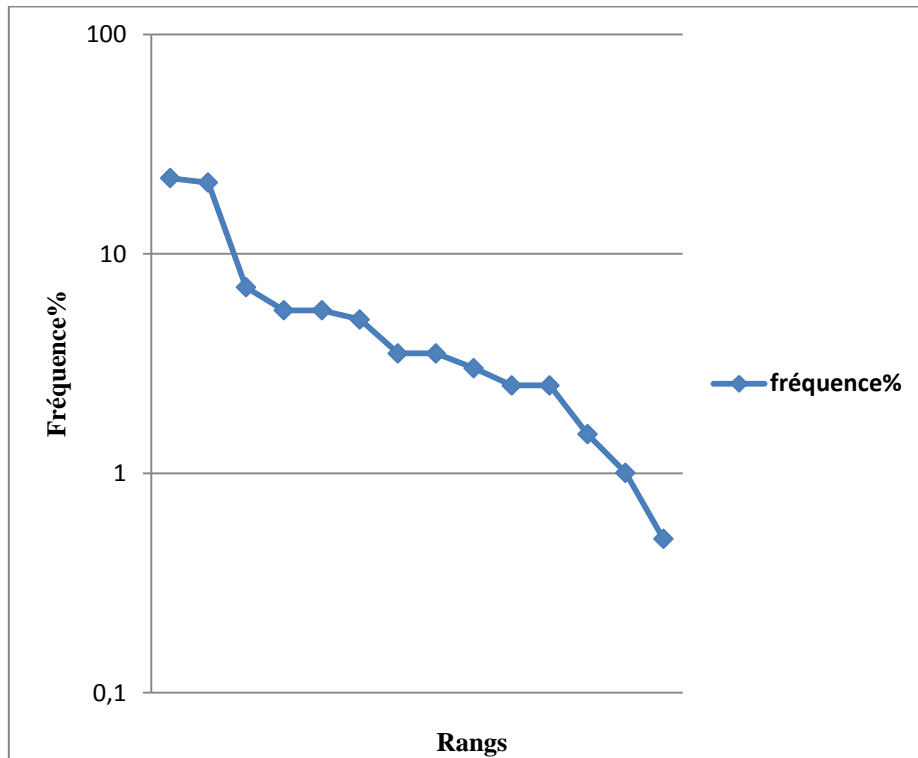


Figure 20 : Diagramme rang-Fréquences.

Le diagramme rang-fréquence offre une représentation synthétique de la structure de la communauté phytoplanctonique observée au niveau de la zone d'étude, après transformations logarithmiques des rangs des taxons, afin de linéariser la courbe l'observation de l'allure de graphe a permet de distinguer le type de la communauté pourvue dans la zone d'étude et déterminer le stade écologique.

Le diagramme de la zone d'étude est à un aspect bi-phasique typique d'un stade II, la courbe devienne entièrement convexe, se rapprochant de la distribution en bâton brisé. Donc un début de maturité du peuplement phytoplanctonique. Cette communauté est relativement plus diversifier avec une répartition équitable.

IV. Répartition géographique des résultats

L'examen de la figure 21 en ci-dessous a permet de mettre une distribution géographique variante de la densité cellulaires dans les différents statons de la région étudiée; La région de Ain Benian enregistre les valeurs les plus élevés par contre les régions centre de Bou Ismail enregistre des faible valeurs de la densité, et la région d'Aine Tagurait présente des valeurs moyennes.

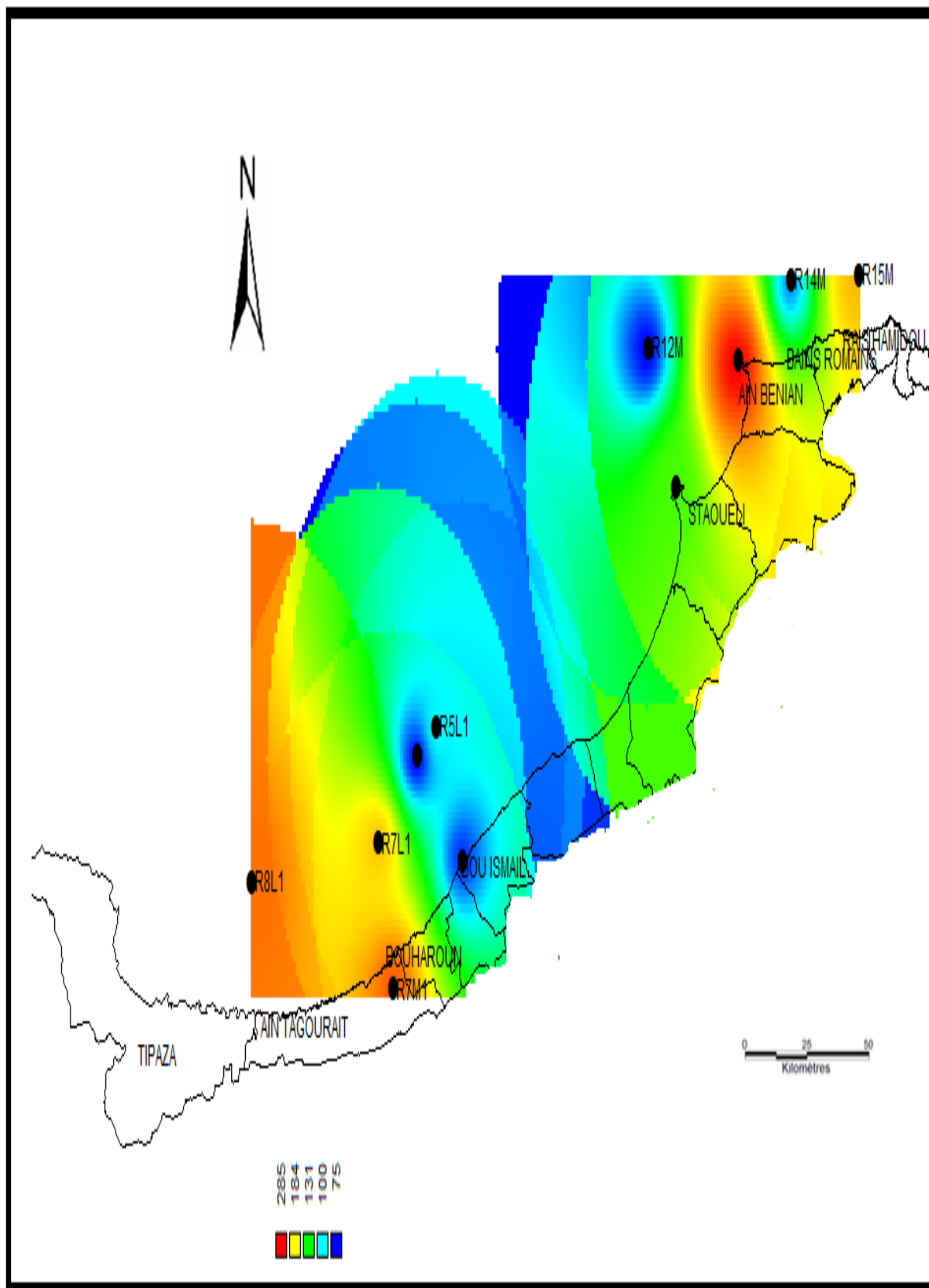


Figure 21 : Répartition géographique de la densité cellulaire du phytoplancton.

IV.1. Répartition géographique des groupes phytoplanctoniques par rapport à la densité cellulaire

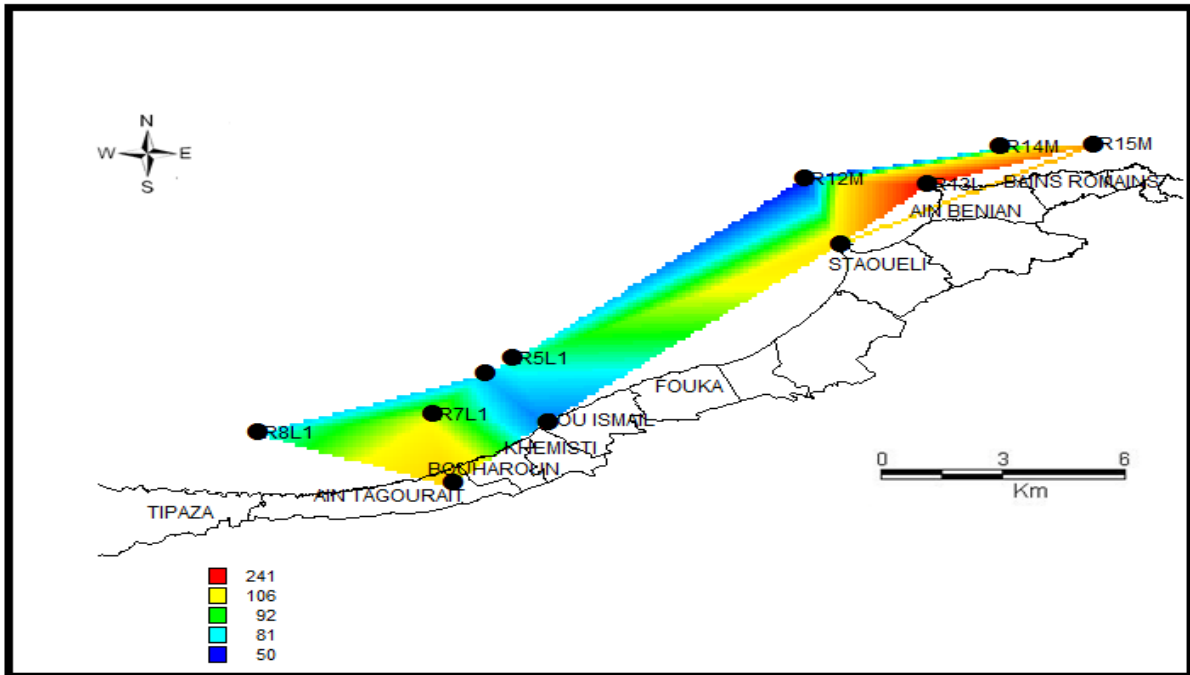


Figure 22 : Répartition spatiale de la densité cellulaire des Dinoflagellés.

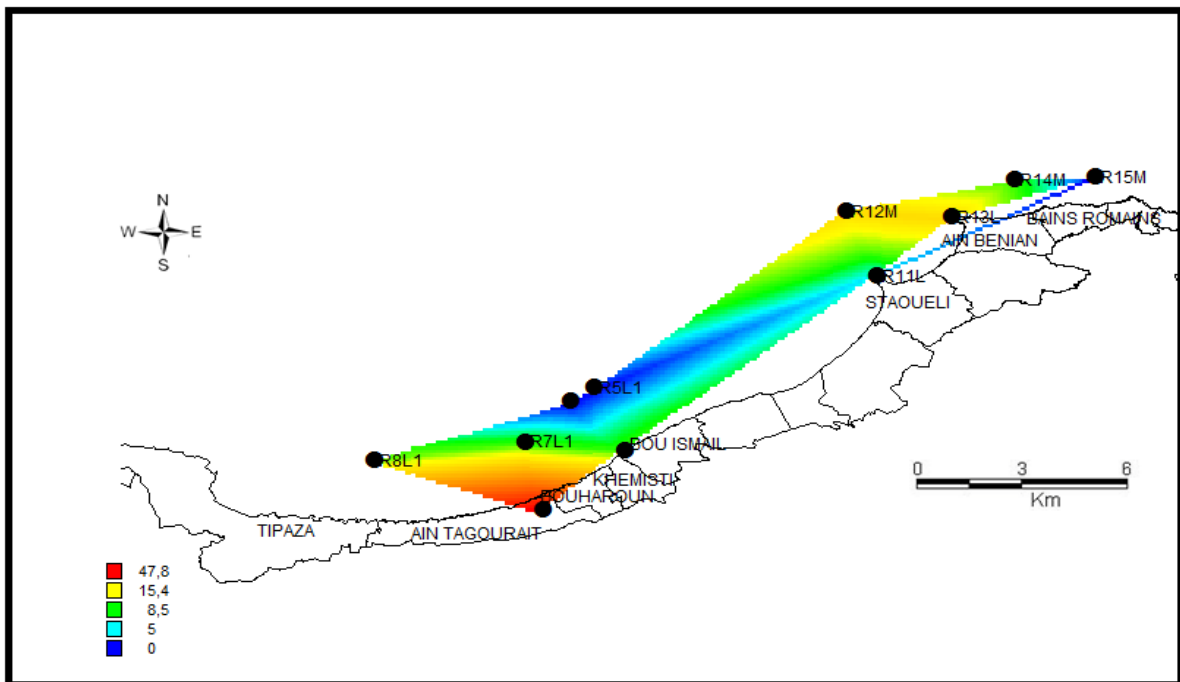


Figure 23 : Répartition spatiale de la densité cellulaire des Diatomées.

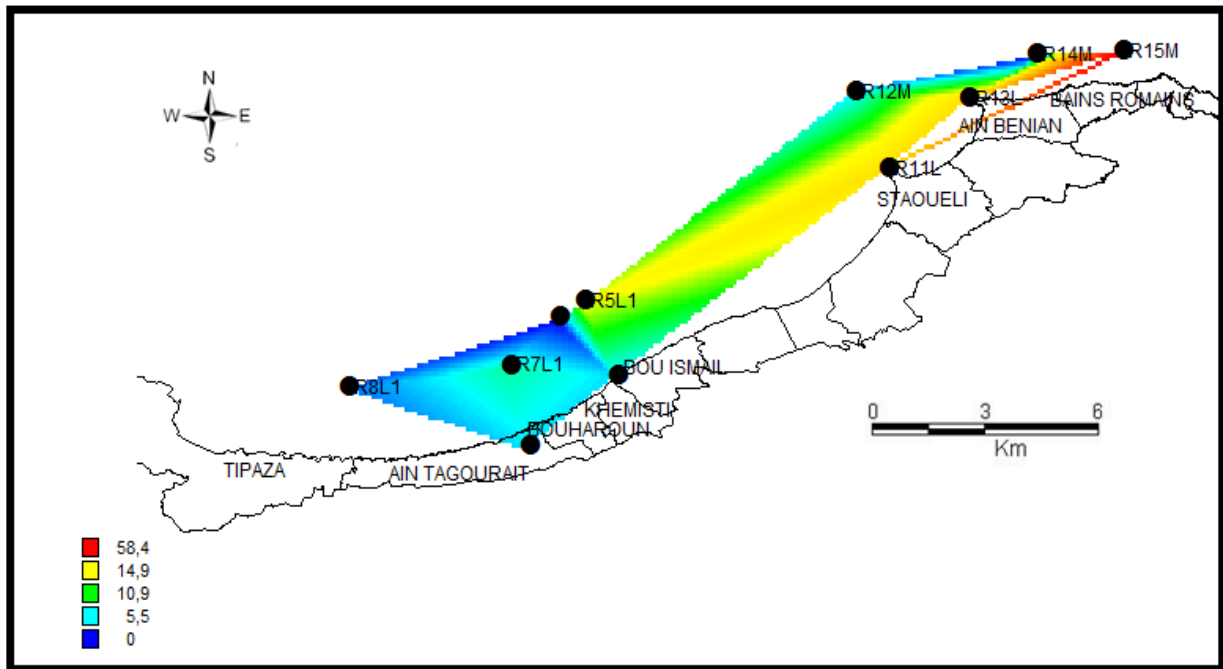


Figure 24 : Répartition spatiale de la densité cellulaire des divers autres classes.

L'examen des figures 22, 23, 24 montrent une distribution géographique très variée de la densité cellulaire des 3 groupes phytoplanctoniques. Les Dinoflagellés dominent les stations orientales de la région d'étude (Bains Romains, aine Beniane et Staoueli). Par contre, les stations de la région de Bou Ismail enregistrent des faibles valeurs. Les stations des régions de Bouharoun, Ain Tagourait et Tipaza enregistre des densités plus au moins moyennes par rapport aux autres régions.

Le groupe des Diatomées domine les stations de la région Ouest de la zone d'étude Bouharoun, Ain Tagourait et Tipaza qui enregistrent des concentrations relativement remarquables comparés à d'autres. Par contre, la région de Bou Ismail centre enregistre toujours une densité plus au moins faible.

Les autres classes (divers) des micros-algues enregistrent des densités faibles dans la majorité des stations et surtout dans la région Ouest de notre zone d'étude.

Discussion

L'étude qualitative du phytoplancton représentée par les résultats d'échantillons prélevés au mois de septembre **2015** par le navire «GRINE BELKACEM» du **CNRDPA**, indique la présence de **55** espèces déterminées dans **15** stations réparties toute au long de la zone d'étude. Les Dinoflagellés et les Diatomées prédominent dans toutes les stations avec des richesses spécifiques respectives de **39** et **14** espèces. C'est résultats indiquant aussi la présence d'autre groupes mais à faible pourcentage tel que les Foraminifères.

Ce travail est réalisé pendant la période estival, elle caractérise par des valeurs de température important d'eau de mer. L'analyse montre que la première position est attribuée au groupe des Dinoflagellés avec **39** espèces avec la dominance de deux genres principaux: *Prorocentrum*, *Ceratium*. Ce même constat, a été déjà signalé par **Gaumer (1981)** et **Kennouche (2000)** dans les eaux algéroises. Cette dominance est peut-être due au réchauffement graduel des eaux provoqué par la chaleur atmosphérique du mois de septembre. En effet, ce facteur à une influence primordiale sur la fluctuation des Dinoflagellés (**Travers., 1965 in Tregouboff., 1965**).

La deuxième position est attribuée au groupe des Diatomées avec **14** espèces, par une dominance de deux genres: *Coccinodiscus* et *Thalassiosira*. La cause de la pauvreté en Diatomées et due généralement au facteur du milieu qui empêchent la production primaire. Les stations qui affichent la présence des Diatomées signalent des valeurs de température faibles.

L'analyse quantitative des résultats obtenus nous a permet de présenter une synthèse en quelques points essentiels. Nous avons observés une densité cellulaire des Dinoflagellés supérieure à celle des Diatomées. Les densités cellulaires des Diatomées ont été pauvres ou absente sauf pour quelques espèces centriques du genre *Coccinodiscus* et *thalassiosira*.

La cause de cette pauvreté en espèces Bacillariales est généralement due aux facteurs du milieu qui empêchent la production primaire, et par conséquence agissent sur le développement de ces organismes. La carence en Silice dans la zone étudiée peut être la cause principale de la diminution des taux de Diatomées.

Concernant les Dinoflagellés, elles peuvent se développer avec des concentrations faibles en sels nutritifs, habituellement nécessaires, en grandes quantités pour le développement du phytoplancton (**Gilson, 1937 in P. Lassus., 1982**), ce qui confirme la cause des importantes concentrations dans les stations étudié.

Une étude a montré que les Diatomées tendent à dominer entre 5 et 20°C, et 25°C pour les Dinoflagellés (**Baki., 2009**). Dans la saison estivale où l'évaporation et la température sont élevées ; il y a le phénomène de relargage des sédiments qui libèrent des quantités importante de sels nutritifs, ce qui induit a une richesse en sels minéraux au sein de la colonne d'eau. (**Lassus., 1982**)

Notre résultats signalent la présence des espèces qui pouvant menacer la vie marine ainsi que la santé humaine. Pour les dinoflagellés nous mentionnons la présence du *Prorocentrum sp*, *Ceratium furca* et *Noctiluca scintillans* pouvant provoquer des contaminations suite à la consommation humaine des toxines accumulés dans les bivalves marins.

D'après les travaux de **Lassus (1982)**, l'étude de quelques paramètres physico-chimiques permet une meilleure compréhension de la répartition des espèces nocives et/ou toxiques. Les eaux colorées apparaissent lors d'un abaissement de la salinité.

Pour les espèces ichtyo-toxiques, il est difficile de savoir si leur apparitions traduisent une adaptations aux variations du milieu ou si les intoxications sont liés au développement de la pisciculture en ces dernières années. Parallèlement, le nombre d'espèces toxique pour l'homme augmente chaque année, à mesure que la connaissance de ces organismes et de leurs biologie s'approfondie, permettent ainsi d'élucider les causes d'intoxication observé dans le passé.

Les résultats obtenue par l'indice de Shannon montre des valeurs varient entre 2 et 4 ce qui confirme avec l'indice de Simpson que notre peuplement phytoplanctonique plus au moins diversifier qui a été déjà signalé dans les travaux de **Boudjenah (2012)**. Les valeurs de l'indice d'équitabilité montrent que le peuplement phytoplanctonique de la zone étudiée est équilibré due à la distribution équitable de la densité cellulaire des différents taxons.

Conclusion

L'objectif de cette étude est de contribuer à la description de la dynamique et la diversité des peuplements phytoplanctoniques de quelques stations situées à l'Ouest d'Alger et au niveau de la Baie de Bou-Ismaïl. Des prélèvements du phytoplancton sont réalisés le mois de septembre **2015** avec la mesure de la salinité et de la température.

Sur le plan qualitatif et malgré le nombre faible des prélèvements, une communauté diversifiée a été observée. En effet, plus de **55** espèces phytoplanctoniques appartenant à des groupes taxonomiques différents (Diatomées, Dinoflagellés et Cyanobactéries, Foraminifères), ont été identifiés. Sur le plan quantitatif, la composition phytoplanctonique de la zone d'étude est dominée aussi par les Dinoflagellés qui représentent **70%** de l'abondance totale suivie par les Diatomées qui représentent **15%** du total. Les autres classes sont moins abondantes. Nous avons distingué une production phytoplanctonique variable et dynamique ce qui influence la variabilité des sels nutritifs dans les eaux marines ainsi que leurs productivités.

Du point de vue biologique, l'ensemble des résultats de cette étude a montré que la production phytoplanctonique dans cette zone d'étude est relativement faible atteignant une densité maximale de **2125** cellules/litre.

Enfin, ce travail constitue -une contribution à la compréhension du fonctionnement de cet écosystème côtier, les successions des espèces, et les variations qui peuvent apparaître sur le plan spatial. En effet, il sera plus intéressant comme perspective de continuer cette étude selon les différentes saisons ainsi assuré un meilleur suivi temporel des successions phytoplanctoniques sur toute la côte algérienne.

Références Bibliographiques

Abdelli K., 2012. Contribution a l'étude des dinoflagellés toxique *Ostreopsis* et les épiphytes associés de macro algues dans la zone de sidi Fredj et la zone d'anse de kouali.88p.

Amblard., 1987. Les successions phytopalcnctoniques en milieu lacustre. L'année biologique 26 : 1-34.

Amzil Z. et Motteau L., 2000. Toxines amnésiantes en France. Rapport interne IFREMER/DEL/RST/00/07. Nantes. P : 37.

Aminot A., Chaussepied M. 1983. Manuel des analyses chimique en milieu lacustre. Ann. Biol. 26 :1-34.

Annane G., Kemila A., Ladjima F., 2007. Impacte et inventaire de ouvrage côtière sur le milieu marin dans la bai de bou-Ismaïl. Mémoire D'ingénieure d'état ISMAIL.1-10 P.

Attouchi F., 2008. Contribution a l'étude de phytoplancton nocif dans la région d'Alger au cours du printemps 2008 (ports, plages et site aquacole), mémoire d'ingénieure, ENSSMAL 53P.

Baki A., 2009. Contribution à l'étude d'une algue toxique «*OstropsisOvata*» des cotes oranaises (Algérie occidentale).2p.

Bougis P., 1974.écologies du plancton marin I. Le phytoplancton. Masson et Cie, Paris.196p.

Canter-Lund, H et Lund, J.W.G. 1995. Freshwater Algae: Their microscopic world explored. Biopres Limited, Bristol.

Couté A., Bernard, C., 2001. Les cyanobactéries toxiques. In: Toxines d'algues dans l'alimentation, Frémy, J. M. & Lassus, P. (Ed), Ifremer, Brest, 21-37.

CNRPDA., 2005. «Etude environnementale de la baie de bous Ismail. Monographie de la région de bou Ismail». Rapport préliminaire.30p.

Collignon J.. 1931. Ecologie et biologie marine : introduction à l'halieutique. Masson. Paris. 298p.

Chauvaud L. Jean F, RagueneauO, ThouzeauG .,2000. Long-term variation of the Bay of Brest ecosystem: benthic-pelagic coupling revisited. *Mar.Ecol.Prog.Ser.*200:35-48.

Chauvaud L, Jean F, Ragueneau O, Thouzeau G., 2000.Long-term variation of the bay of Brest ecosystem: benthic-pelagic coupling revisited. *Mar.Ecol.Prog. Ser.*, 200:35-48.

Chrétiennot-Dinet M, J., 1990. Atlas du phytoplancton marin. Editions du CNRS, Paris : 261pp.

Collignon L., 1991. Ecologie et biologie marine : introduction à l'halieutique. Masson.Paris.298p.

De Reviere, B., 2003. Biologie et phylogénie des algues. *Belin*, Paris. Collection Sup Sciences.Tome 2: 255p.

FAO.,2004. MarineBio toxins. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.*Food and Nutrition paper 80.* 278 p.

Finkel Z, Irwin A, Schofield O., 2004. Resource limitation alter the Three-quarters size scaling of metabolic rates of phytoplankton. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 273: 269-279.

Frontier S., Pichot-Viale D., Leprêtre A., Davoult D. et Luczak C. 2004. Ecosystèmes : Structure, Fonctionnement, Evolution. Dunod, Paris, 549 p.

Frontier S. 1976. Utilisation des diagrammes rangs-fréquence dans l'analyse des écosystèmes, *Bull. Rech. Océanogr.* 1: 35-48.

Gaumer., 1981. Evolution annuelle des communautés micro planctoniques de la baie d'Alger. Variation de la composition spécifique liée à la nature du facteur nutritionnelle limitant la biomasse algale. Thèse de doctorat 3ème cycle, Univer. Pierre et Marie Curie, 91p.

Gailhard I., 2003. Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations microalgales côtières observe par "le réseau de surveillance de phytoplancton et de phycotoxine" (REPHY). Thèse de doctorat, Université de la méditerranée, Aix-Marseille II.

Germain, H. 1981. Flore des diatomées : eaux douces et saumâtres. Société nouvelle des éditions Boubée, Paris.....

Giacomini V, Bertino S, Tibaldi E., 1984. La nature: mers et cotes la faune des rivages. Volume 3. Paris.....

Gray J.S., McIntyre A.D., Stirn J., 1992. Manuel des méthodes de recherché sur l'environnement aquatique. Onzième partie. Evaluation biologique de la pollution marine, eu égard en particuliere au benthos. FAO document technique sur les pêches° 324,53p.

Grall J, Coïc N. 2006. Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu cotière REF. Infemer DYNECO/VIGIES/06-13/REBENT...

Henry M, Beaudry J., 1992. Chimie des eaux, Édition le griffon dargibe in canada. 537p.

Hurlbert. S.H. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters, *Ecology* **52** (1971), 577p.

Khattabi H., 2002. Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologique et hydrologique pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats d'ordures ménagères d'etueffont (Belfort, France). Thèse de doctorat 3ème cycle 256p.

Kornprobst J., 2005. Substance naturelle d'origine marine tornel généralité microorganismes Algues Édition Lavoisier, paris 1830p.

Kennouche H., 2000. Contribution à l'étude des dinoflagellés dans la région de Sidi Fredj. Mémoire D.E.U.A, ISMAL.31p.

Lassus P., Paulmier G., Le Baut C., 1982. Rôle du phytoplancton dans les perturbations des écosystèmes côtiers et estuariens. IFREMER.5-14.

Lavoie I., Laurion I., Warren A., Vincent W.F., 2007. Les fleurs d'eau de cyanobactéries, revue de littérature. INRS rapport, n° 916, XIII, 124 p.

Levitus S, Antonov J, Boyer T., 2005. Warming of the world ocean.1995-2003. Geoph. Res.lett.32: ...

Leclaire L., 1972. La sédimentation holocène sur le versant Méridional du bassin Algéro-Baléares (Pré continent Algérien). Tome XXIV. Edition de Muséum, Paris, France, 391 P.

Noel Grogan., 2012. Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Cote d'Ivoire)/Thèse de d'écologie fonctionnelle Université de Toulouse, INP-Ensat.141p.

Nozaki, H., 2003. Flagellated Green Algae.Dans : Freshwater Algae of North America Ecology and Classification.Wehr, J.D. et Sheath, R.G. (eds). Academic Press, Paris.

Pierre M, Anne N., 2013. Le Manuel de plancton, Editions Charles Léopold Mayer. France. P21-24-35-32.

Prescott, L.M., Harley, J.P., Klein, D.A., 2003. Microbiologie, 2ème édition. De boeck Université, Bruxelles.

Rossi N., 2008. Ecologie des communautés planctonique méditerranéenne et l'étude des métaux lourds (cuivre, plomb, cadmium) dans différents compartiments de deux écosystèmes. Thèse de doctorat. Université de saude 20p.

Rodier J., 1996. L'analyse de l'eau: eaux résiduelles et eaux de mer 8ème Édition Dunod. Paris. 1383p.

Richardson K., 1997. Harmful or exceptional phytoplankton blooms in the marine ecosystem. *Adv. Mar. Biol.* 31: 301-385.

Richardson K., 1997. Harmful or exceptional phytoplankton blooms in the marine ecosystem. *Adv. Mar. Biol.* 31: 301-385.

Sauriau P.G., Guillaud J.F., 1984-1994. Qualité des eaux. Rapport de synthèse de L'APEEL tome II.104p.

Smith P., 1996. Toxic effects of blooms of marine species of oscillatorias on farmed prawns (*Penaeus monodon*, *Penaeus japonicus*) and brine shrimp (*Artemia Salina*). *Toxicon*, 34 (8): 857-869.

Sommer U, Gliwicz Z, Lampert W, Duncan A., 1986. The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Arch. Hydrobiol.*, 106: 433-471.

Travers M., 1964. Diversité du microplancton du Golf de Marseille. Station Marine d'Endoume et Centre d'Océanographie, Marseille, France : 308-343.
côtier. REF. Ifremer DYNECO/ VIGIES/06-13/REBENT,90p.

Tregoubeff G, Rose M., 1965. Manuel de planctonologie méditerranéenne. Paris, CNRS, Vol I : 587p. Vol II : 207p.

Teitelbaum J. S., Zatorre R. J., Carpenter S., Gendron D., Evans A. C., Gjedde A., Cashman N.R., 1990. Neurologic sequelae of domoic acid intoxication due to the injection of contaminated mussels. *New Engl. J. Med.*, 322, 1781-1787.

Wetzel G., 2001. Limnology: Lake and River Ecosystems. 3rd Edition. Academic Press, London.

Wright J.L.C., Boyd R.K., Defreitas A.S.W., Falk M., Foxall R.A., Jamieson W.D., Laycock M.V., McMulloch A.W., McInnes A.G., Odense P, Pathak V., Quilliam M.A., Ragen M., Sim P.G., Thibault P., Walter J.A., Gilgan M., Richard D.J.A., Dewar D., 1989. Identification of domoic acid, a neuroexcitatory amino acid, in toxic mussels from eastern P.E.I. Can. J. chem. 67, 481-490.

Zingone A, Enevoldsen H., 2000. The diversity of harmful algal blooms: a challenge for science and management. Ocean & coastal management.43: 725-748.

Cite Web

www.mapinfo.com