

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE D'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER**

**OPTION : AQUACULTURE**

**THEME :**

**Dynamique et diversité du peuplement  
phytoplanctonique de la baie de Bou-Ismaïl.**

Réalisé par :

- ❖ M<sup>lle</sup> BAKA Rachalyn.
- ❖ M. ROUABAH Abderaouf.

Soutenu le 06/10/2018 : Devant les membres de jurys suivants :

M. LOURGUIOUI H	Maitre-Assistant A (ENSSMAL)	Président
M. BOUDJENAH M	Attaché de recherche (CNRDPA)	Examineur
M <sup>me</sup> KAIDI N	Maitre Assistante B (ENSSMAL)	Examinatrice
M <sup>lle</sup> MOKRANE Z	Maitre de recherche (CNRDPA)	Promotrice

**Promotion : 2017/ 2018**

# Remerciement :

Nos remerciements, avant tout, à ALLAH tout puissant, pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté pour réaliser et terminer ce modeste travail.

Nos remerciements particuliers à notre promotrice M<sup>lle</sup> MOKRANE Zakia.

Votre confiance, votre patience, votre soutien et les conseils que vous nous avez prodigué tout au long de ce parcours, ainsi que l'autonomie que vous nous avez laissé, nous ont permis de réaliser ce travail dans des conditions intellectuelles favorables au questionnement et à l'approfondissement de la pensée. Travailler avec vous est une expérience passionnante.

Il est difficile de trouver des mots suffisamment forts pour exprimer notre reconnaissance envers toute l'équipe du « CNRDPA ». Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude également envers Monsieur BOUDJNAH.M, directeur du centre conchylicole « CNRDPA », pour son accueil chaleureux au sein du laboratoire de son établissement, sans votre aide ce travail n'aurait pas vu le jour.

Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à Monsieur LOURGUIOUI H, Maitre-Assistant A, et enseignant à l'ENSSMAL, pour l'honneur qu'il nous a fait d'accepter de présider le jury.

Notre profonde gratitude envers Monsieur BOUDJNAH M, Attaché de recherche au « CNRDPA », et à Madame KAIDI, Maitre-Assistante B, et enseignante à l'ENSSMAL, pour l'intérêt qu'ils ont bien voulu porter à ce travail.

Et au final, un grand merci à Maha KHERARBA de nous avoir ouvert cette porte. Sans toi on n'aurait pas pu une chance pareille, merci infiniment pour ton intervention, tes conseils et ton soutien.

## Liste des Abréviations :

- ❖  $\Sigma$  : la somme.
- ❖ **ACP** : Analyse en composante principale.
- ❖ **ASP** : Amnesic Shellfish Poisoning.
- ❖ **AZP** : Azaspiracid Poisoning.
- ❖ **Bit** : Binary digit.
- ❖ **C°** : Degré Celsius.
- ❖ **CFP** : Ciguatera Fish Poisoning.
- ❖ **CNRDPA** : Centre National de la Recherche et du Développement de la Pêche et l'Aquaculture.
- ❖ **DSP** : Diarrhetic Shellfish Poisoning.
- ❖ **GPS**: Global Position System.
- ❖ **L** : Litre.
- ❖ **Ln**: Logarithme népérien.
- ❖ **M** : Mètre.
- ❖ **m<sup>3</sup>/s** : mètre cube par seconde.
- ❖ **Max**: Maximum.
- ❖ **ml** : millilitre.
- ❖ **NSP** : Neurotoxic Shellfish Poisoning.
- ❖ **P.S.U**: Practical Salinity Unit.
- ❖ **PCB** : PolyChloroBiphényles.
- ❖ **PCDD** : PolyChloroDibenzoDioxine.
- ❖ **PCDF** : PolyChloroDibenzoFuranes.
- ❖ **pH** : Potentielle d'hydrogène.
- ❖ **PSP** : Paralytic Shellfish Poisoning.
- ❖ **µm**: micromètre.

## Liste des Figures :

Figure	Titre	Page
<b>CHAPITRE I : Généralités</b>		
<b>01</b>	La différence morphologique entre les Diatomées centriques et les Diatomées pennales.	<b>16</b>
<b>02</b>	La morphologie globale d'un dinoflagellé et son mode de déplacement.	<b>17</b>
<b>03</b>	La situation géographique de la Baie de Bou-Ismaïl. (Source: Google Earth)	<b>28</b>
<b>CHAPITRE II : Matériels et méthodes</b>		
<b>04</b>	La stratégie d'échantillonnage adoptée selon les deux gradients verticale et horizontale.	<b>32</b>
<b>05</b>	La situation géographique des différentes stations de prélèvement sur la Baie de Bou-Ismaïl.	<b>34</b>
<b>06</b>	Evolution théorique de l'allure des Diagrammes rang - fréquence selon les stades de la succession écologique notés 1, 2 et 3 sur le graphique.	<b>44</b>
<b>CHAPITRE III : Résultats &amp; Discussion</b>		
<b>07</b>	Les proportions de la richesse spécifique des trois groupes : Diatomées, Dinoflagellés et Divers.	<b>46</b>
<b>08</b>	Les fréquences relatives (%) des Diatomées pour tous les échantillons.	<b>51</b>
<b>09</b>	Les fréquences relatives (%) des Dinoflagellés pour tous les échantillons	<b>52</b>
<b>10</b>	Les abondances relatives (A%) des trois groupes principaux du phytoplancton dans la zone d'étude.	<b>55</b>
<b>11</b>	Les abondances relatives (A%) des espèces de Diatomées.	<b>56</b>
<b>12</b>	Les abondances relatives (%) des Dinoflagellés.	<b>56</b>
<b>13</b>	L'abondance relative (%) en fonction des différentes stations.	<b>57</b>
<b>14</b>	Graphe représentant l'abondance relative (%) en fonction des différentes radiales.	<b>58</b>
<b>15</b>	Les densités cellulaires (cellule/L) des trois groupes principaux.	<b>59</b>
<b>16</b>	Les densités cellulaires (Cellule/L) des Diatomées.	<b>59</b>
<b>17</b>	Les densités cellulaires (Cellule/L) des Dinoflagellés.	<b>60</b>
<b>18</b>	La densité cellulaire (Cellule/L) en fonction des différentes stations.	<b>61</b>
<b>19</b>	La densité cellulaire (Cellule/L) en fonction des différentes radiales	<b>61</b>
<b>20</b>	L'évolution de la densité cellulaire (Cellule/L) en fonction de la profondeur.	<b>62</b>

## Liste des Planches :

<b>Planche</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>CHAPITRE II : Matériels et méthodes</b>		
<b>01</b>	Des images de la campagne d'échantillonnage	<b>36</b>
<b>02</b>	Des images de quelques matériels requis au laboratoire pour le traitement des échantillons.	<b>39</b>
<b>CHAPITRE III : Résultats &amp; Discussion</b>		
<b>03</b>	Espèces de Diatomées observés au microscope inversé (grossissement x40).	<b>54</b>
<b>04</b>	Espèces de Dinoflagellés observés au microscope inversé (grossissement x40).	<b>55</b>
<b>05</b>	Les représentations graphiques des résultats de l'ACP réalisé par le logiciel R.	<b>69</b>

## Liste des tableaux :

<b>Tableau</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
<b>CHAPITRE II : Matériels et méthodes</b>		
<b>01</b>	Les différentes informations (nom de la station, profondeur, coordonnées géographiques.. etc.) des radiales concernées.	<b>33</b>
<b>CHAPITRE III : Résultats &amp; Discussion</b>		
<b>02</b>	Inventaire des différentes espèces trouvées pour les stations liées à la première tranche bathymétrique (0 m).	<b>49</b>
<b>03</b>	Inventaire des différentes espèces trouvées pour les stations liées à la deuxième tranche bathymétrique (20 m).	<b>50</b>
<b>04</b>	Inventaire des différentes espèces trouvées pour les stations liées à la troisième tranche bathymétrique (50 m).	<b>51</b>
<b>05</b>	La matrice de corrélations entre les différents paramètres environnementaux.	<b>67</b>

## **Table des matières :**

Remerciements.

Dédicaces.

Liste d'abréviations.

Liste des figures.

Liste des planches.

Liste des tableaux.

Introduction .....	12
<b>CHAPITRE I : Généralités...</b>	<b>15</b>
<b>Partie I : Le phytoplancton.....</b>	<b>15</b>
I.1 Le plancton.....	15
I.2 Le phytoplancton .....	15
I.2.1. Les Diatomées (Bacillariophycées) .....	15
I.2.2. Les Dinoflagellés (Dinophycées):.....	17
I.2.3. Les Coccolithophoridés.....	18
I.2.4. Les Silicoflagellés .....	18
I.2.5. Les Cyanobactéries .....	19
I.2.6. Les Cryptophycées .....	19
I.2.7. Les Euglenophycées.....	19
I.2.8 Les Chrysophycées .....	19
I.3 La toxicité des microalgues.....	20
I.4 L'impact des phycotoxines sur l'écosystème marin et les organismes aquatiques.....	21
I.5 La Photosynthèse .....	22
I.6 Les sels minéraux.....	22
I.7 Le Cycle annuel du phytoplancton « Ecologie du phytoplancton » .....	23
I.8 Distribution spatiale du phytoplancton .....	24
I.9 Les facteurs environnementaux et naturels qui influencent la dynamique phytoplanctonique .....	24

I.10. Impacts des facteurs anthropiques sur la dynamique Phytoplanctonique.....	25
I.11. Le rôle fonctionnel des producteurs primaires dans les écosystèmes marins .....	26
I.12. L'importance du phytoplancton .....	26
I.13 L'importance du phytoplancton en Aquaculture .....	27
<b>Partie II : la zone d'étude</b> .....	<b>28</b>
II.1. Situation géographique de la baie de Bou Ismaïl .....	28
II.2. Le réseau hydrographique .....	28
II.3. Apports nutritifs.....	29
II.4. Caractéristique physique du milieu .....	29
II.4.1 La température .....	29
II.4.2 La salinité .....	29
<b>CHAPITRE II : Matériels et méthodes</b> .....	<b>30</b>
<b>Partie I : Prélèvements et échantillonnage</b> .....	<b>31</b>
I.1. La campagne : Plancton - Février – 2018 .....	31
I.2. Localisation des stations de prélèvements .....	31
I.3 Matériels et solutions requis .....	34
I.4 Méthode de prélèvement.....	36
I.5 Méthodes de conservation et fixation des échantillons.....	36
I.6 Mesures in situ .....	37
<b>Partie II : Etude biologique et traitement des donnés</b> .....	<b>37</b>
II.1 Etude biologique du peuplement phytoplanctonique .....	37
II.2 Traitement des donnés .....	39
II.2.1 Comptage des cellules phytoplanctonique.....	39
II.2.1.1 La Densité cellulaire .....	40
II.2.1.2 L'Abondance relative .....	40
II.2.1.3 La Fréquence relative .....	40
II.2.2 Etude de la diversité des communautés phytoplanctoniques.....	41
II.2.2.1 Richesse spécifique.....	41

II.2.2.2 Indice de Shannon-Wiener (H')...	41
II.2.2.3 L'indice d'équitabilité (E)...	42
II.2.2.4Indice de Simpson .....	42
II.2.2.5 Diagrammes Rang-Fréquence (DRF) .....	43
II.2.3 Analyse des sels nutritifs .....	44
II.2.4 L'Analyse en composante principale .....	44
<b>CHAPITRE III : Résultats &amp; Discussion</b> .....	<b>46</b>
<b>Partie I : Résultats</b> .....	<b>47</b>
I. Etude qualitative du phytoplancton.....	47
I.1 Composition taxonomique .....	47
I.1.1 Les Diatomées.....	48
I.1.2 Les Dinoflagellés... .....	48
I.1.3 Autres groupes phytoplanctonique « Divers ».....	48
I.2 Distribution des principaux Genres identifiés.....	48
I.3 Fréquence relative (Fr %) .....	52
I.3.1 Fréquence relative des Diatomées .....	52
I.3.2 Fréquence relative des Dinoflagellés .....	53
II. Etude quantitative du phytoplancton .....	56
II.1 Abondance relative (A%)... .....	56
II.1.1 Abondance relatif en fonction des différents groupes phytoplanctoniques.....	56
II.1.1.1 Abondance relative des Diatomées.....	56
II.1.1.2 Abondance relative des Dinoflagellés .....	57
II.1.2. Abondance relative en fonction des stations .....	58
II.1.2. Abondance relative en fonction des radiales .....	59
II.2 Evolution de la Densité cellulaire (D) .....	59
II.2.1 La densité cellulaire en fonction des groupes phytoplanctonique .....	59
II.2.1.1 La densité cellulaire des Diatomées .....	60
II.2.1.2 La densité cellulaire des Dinoflagellés .....	61

II.2.2 La densité cellulaire en fonction des stations .....	61
II.2.3 La densité cellulaire en fonction des radiales .....	62
II.2.4 Variation de la densité cellulaire selon la profondeur... ..	63
II.3 Indice de la diversité spécifique .....	63
II.3.1 Evolution de l'Indice de Shannon «H'», Indice de Simpson et Indice d'équitabilité «E» selon les stations.....	63
II.3.2 Evolution de l'indice de Shannon «H'», Indice de Simpson et Indice d'Equitabilité «E» selon la profondeur.....	65
II.3.3 Diagramme Rang-Fréquence (DRF).....	66
II.4 Résultats de L'Analyse en composante principale... ..	67
II.4.1 La matrice de corrélation entre les différents paramètres environnementaux.....	67
II.4.2 L'analyse en composantes principale « ACP » .....	68
<b>Partie II : Discussion</b> .....	70
Conclusion.....	74
Références Bibliographiques.....	75
Annexes.....	84

## Introduction :

Les baies font le lien entre les environnements côtiers terrestres et les environnements pélagiques. De ce fait, ce sont des zones qui peuvent être fortement soumises aux activités anthropiques avec des conséquences sur le fonctionnement des écosystèmes et en particulier sur le premier niveau du réseau trophique qui est le compartiment phytoplanctonique.

Ce dernier joue un rôle important dans les écosystèmes pélagiques côtiers, il est constitué de microorganismes unicellulaires autotrophes, capables de réaliser la photosynthèse et de produire tous les constituants nécessaires à la cellule en utilisant l'énergie lumineuse et des nutriments inorganiques.

Les organismes phytoplanctoniques représentent seulement 1% de la biomasse des organismes photosynthétiques sur terre, or ils assurent 45 % de la production primaire (Behrenfeld et *al.* 2001). Ils sont ainsi à la base de la chaîne trophique pélagique. (Azam et Malfatti, 2007)

La structure et la dynamique de cette communauté sont sous le contrôle de différents facteurs ou processus qui interagissent simultanément entre eux. La croissance du phytoplancton peut être limitée par des facteurs physiques tels que la lumière, la température et la turbidité, et par des facteurs nutritionnels (sels azotés, phosphates, silicates) d'origine naturelle ou anthropique. (Bougis, 1974)

L'étude de la composition quantitative et qualitative du phytoplancton est utilisée pour caractériser certaines régions et certaines masses d'eau, pour pouvoir par la suite comprendre leur variation temporelle et leurs mélanges. (Hecq et *al.*, 2007)

La baie de Bou-Ismaïl a fait l'objet de plusieurs études dans le domaine tant biologique qu'hydrologique.

Ce travail de mémoire a pour but de faire suite aux différents travaux précédemment effectués au niveau du centre national de recherche et de développement de la pêche et de l'aquaculture « CNRDPA », tout en essayant de répondre aux problématiques scientifiques propres à la baie de Bou-Ismaïl concernant l'écologie des communautés phytoplanctoniques.

Les objectifs de cette étude sont donc:

- D'étudier la structure, la diversité et l'évolution des communautés phytoplanctoniques de la baie de Bou-Ismaïl avec une approche qualitative et quantitative.
- De contribuer à la détection des formes d'exposition dangereuse pour la santé humaine, ainsi repérer les espèces phytoplanctoniques productrices de toxines susceptibles de s'accumuler dans les produits marins propre à la consommation.

- De comprendre la caractérisation de la variabilité spatiale et de la répartition verticale du compartiment phytoplanctonique à la baie de Bou-Ismaïl.
- De décrire les influences des différentes activités exercées sur la baie de Bou-Ismaïl (pêche & aquaculture) sur le peuplement phytoplanctonique.

## **CHAPITRE I : Généralités :**

### **Partie I : Le phytoplancton :**

#### **I.1 Le plancton :**

Le plancton, du grec « *plagktos* » signifiant 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 ou le type d'environnement qu'ils peuplent.

#### **I.2 Le phytoplancton :**

Le phytoplancton représente le plancton de nature végétale. (Seguin et *al*, 1997)

C'est donc l'ensemble des algues unicellulaires, microscopiques dites microalgues. (Mollo, 2013)

Il existe environ 17 classes de phytoplancton, dont trois principales; les Diatomées (ou Bacillariophycées), les Dinoflagellés (ou Dinophycées) ainsi que les Coccolithophoridés. (Bougis, 1974)

Le phytoplancton est caractérisé par la présence de différents pigments : la chlorophylle *a,b* et *c*, la xanthophylle et les caroténoïdes. Ces derniers se trouvent à l'intérieure des cellules végétales dans des plastes. (Seguin et *al*, 1997)

##### **I.2.1 Les Diatomées (Bacillariophycées) :**

Les Diatomées sont des microalgues unicellulaires jaunes et brunes.

Cette classe est la plus répandue, elle représente environ 80% du phytoplancton mondial.

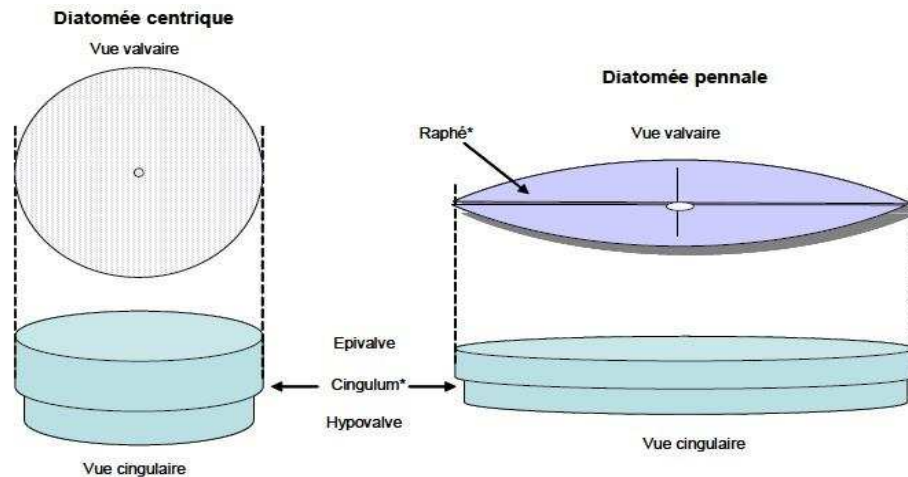
La taille des Diatomées varie de 2µm à 1mm, quelques formes rares peuvent être encore plus grandes. (Mollo, 2013)

Quelques espèces vivent en pleine eau, et d'autres sur le fond, libres ou fixées. (Seguin et *al*, 1997)

### A- Taxonomie :

Il existe entre 6000 et 8000 espèces de Diatomées connues jusqu'à nos jours.

Ils sont divisés en deux ordres principaux: les pennales et les centrales principalement selon leurs caractéristiques morphologiques, leurs préférences et leur milieu de vie. (Seguin *et al*, 1997)



**Figure 01:** La différence morphologique entre les Diatomées centrées et les Diatomées pennales.

### B- Morphologie :

Les Diatomées possèdent une capsule de nature siliceuse nommée «le frustule ». (Seguin *et al*, 1997).

Cette dernière entoure la cellule végétale afin de la protéger, elle est très solide, transparente, et perforée afin d'assurer les différents échanges avec le milieu externe.

La particularité de cette coquille est qu'elle est composée de deux valves emboîtées l'une dans l'autre. (Mollo, 2013)

### C- Cycle de vie et reproduction :

Les Diatomées se reproduisent par voie asexuée.

La cellule mère se divise en deux, chaque moitié donne une cellule identique à la cellule originale, mais chacune d'elle possède une partie seulement du frustule. (Seguin *et al*, 1997)

Puis chaque moitié complète son *frustule* ; celle qui possède le couvercle se fabrique un fond, et celle avec le fond se fabrique un couvercle ce qui aboutira à deux cellules de Diatomée. (Mollo, 2013)

### I.2.2 Les Dinoflagellés (Dinophycées):

Les Dinoflagellés sont apparus il y a environ 400 million d'années, ce sont des microalgues unicellulaires d'une coloration rouge-orangé, avec une taille qui varie de 3 à 50  $\mu\text{m}$ . (Mollo, 2013)

#### A- Taxonomie :

Cette classe englobe environ 3000 espèces, certaines espèces de Dinoflagellés sont hétérotrophes contrairement aux autres organismes phytoplanctoniques, et d'autres sont toxiques et néfastes pour la vie marine ou même humaine. (Mollo, 2013)

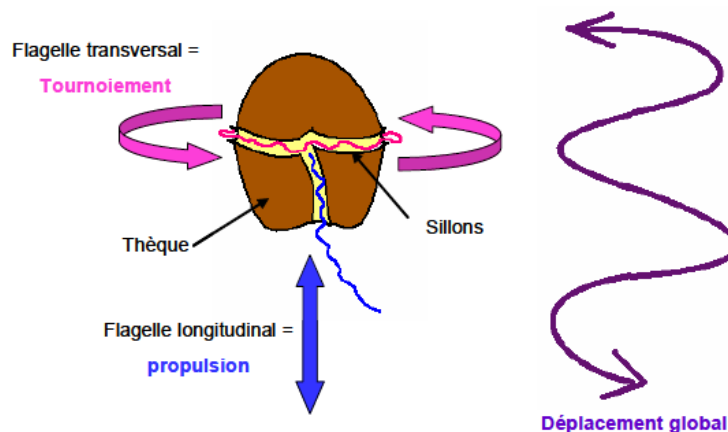
Ils possèdent deux flagelles qui leurs permettent d'effectuer de relatifs déplacements tournoyants et des micros migrations verticales dans la colonne d'eau. (Seguin et *al*, 1997)

#### B- La Morphologie :

On distingue deux types de Dinophycées, des « nus », et des « cuirassés » possédant une thèque protectrice de nature cellulosique. (Mollo, 2013)

Cependant, beaucoup de scientifiques nient cette séparation en disant qu'avec des moyens d'études et d'observation scientifiques modernes, nous pouvons parfaitement voir qu'aucun Dinoflagellé n'est réellement nu.

Les Dinoflagellés possèdent deux flagelles : l'un a pour but de faire tourner la cellule sur elle-même, l'autre, plus rigide, assure la force de propulsion. (Seguin et *al*, 1997)



**Figure 02:** La morphologie globale d'un Dinoflagellé et son mode de micro déplacement.

### C- Cycle de vie et reproduction :

Comme pour les Diatomées, les Dinoflagellés se repeuplent par voie asexuée, en effectuant une scission binaire ou multiple, avec la particularité de rejeter la thèque de la cellule mère complètement, ou de la partager et la compléter. (Seguin et *al*, 1997)

### D- La toxicité des Dinoflagellés et le phénomène des blooms phytoplanctoniques :

Certaines espèces de Dinoflagellés produisent des toxines qui ont un impact sur la santé humaine par la consommation de fruits de mer contaminés ou d'une exposition à l'eau contenant la toxine.

Des floraisons étendues de Dinoflagellés peuvent provoquer une coloration de l'eau appelée bloom phytoplanctonique ou marée rouge. Certaines espèces sont une source importante de bioluminescence. (Hackett et *al*, 2004)

## **I.2.3 Les Coccolithophoridés :**

Les Coccolithophoridées sont des algues unicellulaires biflagellées, généralement nanoplanctoniques (5 à 50  $\mu\text{m}$ ), elles sont dominantes dans les eaux chaudes et en plein océan.

Elles sont typiquement autotrophes, mais elles peuvent aussi absorber de la matière organique, sous la couche euphotique par exemple ou en cas de forte limitation par les micronutriments tels que le fer. (Hecq et *al*, 2007)

Les individus de cette classe ont la particularité d'être ornements par de petites plaques calcaires appelées *coccolites* et incrustées dans une feuille de mucus qui entoure la cellule. (Rossi, 2008).

Leur reproduction typique est sous forme de cystes dont les spores se développent pour former de nouveaux individus. (Hecq et *al*, 2007).

## **I.2.4 Les Silicoflagellés:**

Les Silicoflagellés sont très communs dans les eaux froides riches en silice. Ce sont de petites cellules libres à un seul flagelle, avec une taille inférieure à 30  $\mu\text{m}$ . Ces organismes sont photosynthétiques mais sont fréquemment hétérotrophes. Ils possèdent un squelette siliceux tubulaire et des chromatophores très nombreux contenant de la chlorophylle *a*. Les silicoflagellés se reproduisent par simple division. (Hecq et *al*, 2007)

### **I.2.5 Les Cyanobactéries :**

Les Cyanophycées planctoniques sont des procaryotes photosynthétiques de très petite taille, associés au picoplancton (taille inférieure à 2 µm), cette classe regroupe environ 1000 espèces. (Bourrelly, 1985)

Les Cyanobactéries ont une forme coccoïde ou en filaments formés de nombreuses cellules, avec une paroi cellulaire chitineuse.

Elles possèdent des réserves sous forme de glycogène, et des pigments comme les chlorophylles *a* et *b*. Les Cyanobactéries se reproduisent par simple division, fragmentation et sporulation. (Hecq et al, 2007)

### **I.2.6 Les Cryptophycées :**

Elles sont unicellulaires, filamenteuses ou coloniales et possèdent un flagelle. Elles sont parfois hétérotrophes. Les chlorophylles *a* et *c* sont des pigments caractéristiques des Cryptophycées. (Hecq et al, 2007)

### **I.2.7 Les Euglenophycées :**

Il existe environ 2000 espèces, ce sont des unicellulaires biflagellés, à cellule déformable. Elles sont généralement épi-benthiques, fréquemment hétérotrophes.

Les pigments caractéristiques des Euglènes sont les chlorophylles *a* et *b*, ainsi que la β-carotène. (Hecq et al, 2007)

### **I.2.8 Les Chrysophycées :**

C'est des algues unicellulaires ou coloniales, souvent uniflagellées.

Ils sont fortement concentrés en Xanthophylles (lutéine, fucoxanthine et diadinoxanthine) et en Caroténoïdes (*β-carotène*) ce qui donne une coloration jaunes ou bruns à leurs plastes. (Wetzel et al, 2001).

La plupart des chrysophycées sont mixotrophes. Beaucoup sont dépourvus de paroi cellulaire mais sont entourées d'une membrane cytoplasmique. D'autres possèdent une enveloppe protectrice appelée « *lorique* ». (Reviere, 2003)

### I.3 La toxicité des microalgues:

Certaines espèces microalgales produisent des toxines (phycotoxines) qui sont accumulées par les organismes phytoplanctonophages (mollusques bivalves principalement, mais également gastéropodes, crustacés, ainsi que certains poissons).

Ces organismes jouent le rôle de vecteurs sains : ils ne sont pas affectés par ces toxines, mais sont toxiques pour les consommateurs secondaires dont l'Homme.

Les différents types d'intoxications associées à des efflorescences algales toxinogènes sont les suivants :

- *Intoxications amnésiantes par les fruits de mer (Amnesic Shellfish Poisoning ou 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, entraîner 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*.

- *Intoxications paralysantes par les fruits de mer (Paralytic Shellfish Poisoning ou PSP)*

L'identification d'intoxications paralysantes est ancienne (Dale & Yentsch 1978) ; 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, toxines produites entre autres par des Dinoflagellés du genre *Alexandrium*. (Amzi l& Motteau 2000).

- *Intoxications neurologiques par les fruits de mer (Neurotoxic Shellfish Poisoning ou NSP) :*

Les intoxications neurologiques sont principalement associées à l'espèce de Dinoflagellé *Karenia brevis*. Elles sont caractérisées par des symptômes neurologiques, provoquées par un groupe de toxines rassemblées sous l'appellation brevetoxines (Reich & al, 2015).

- *Intoxications diarrhéiques par les fruits de mer (Diarrhetic Shellfish Poisoning ou DSP) :*  
Des symptômes gastro-intestinaux (douleurs abdominales, diarrhées, nausées et vomissements) sont associés à ces intoxications.  
Les toxines responsables sont l'acide okadaïque et ses dérivés produits par des Dinoflagellés appartenant aux genres *Dinophysis* et *Prorocentrum* principalement. (Amzil 1993).
- *Intoxications de type "ciguatériques" (Ciguatera Fish Poisoning ou CFP) :*  
Des espèces de Dinoflagellés benthiques, comme, par exemple, *Gambierdiscus toxicus*, sont à l'origine de ces intoxications connues depuis longtemps dans les zones tropicales. Les toxines responsables, la maïtotoxine et les ciguatoxines, sont transmises à l'homme au travers de la chaîne alimentaire, en général par des poissons (Laurent, 1993).
- *Intoxications par les azaspiracides (Azaspiracid Poisoning ou AZP) :*  
Les symptômes induits, des nausées, vomissements, diarrhées et douleurs abdominales, sont proches de ceux associés aux intoxications diarrhéiques (DSP).  
Une nouvelle toxine, l'azaspiracide, a été identifiée comme responsable de ces intoxications et l'organisme producteur non identifié avec certitude à l'heure actuelle, serait d'origine phytoplanctonique.
- *Toxines cyanobactériennes :*  
Les blooms de cyanobactéries sont plus fréquents en eau douce, mais quelques espèces peuvent proliférer en milieu marin (principalement à des faibles salinités), comme *Trichodesmium thiebautii* et *T. erythraeum*. (Lepage et Mayhew, 2009)  
Certaines espèces d'eau douce et saumâtre produisent des neurotoxines et des hépatotoxines qui peuvent entraîner des effets sévères sur les animaux vivants dans le milieu et éventuellement sur la santé humaine. (Santé Canada, 1998)

#### **I.4 L'impact des phycotoxines sur l'écosystème marin et les organismes aquatiques :**

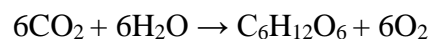
- Certaines espèces peuvent avoir un impact direct sur les populations marines (poissons ou invertébrés). Parmi les espèces productrices d'ichtyotoxines, on peut citer *Heterosigma akashiwo* et *Chattonella marina*, mais de nombreuses espèces de Dinoflagellés (e.g. *Karenia mikimotoi*) sont également impliquées. (Zingone & Enevoldsen, 2000)

- Les mortalités de poissons ou d'invertébrés marins sont généralement consécutives à la production de toxines extracellulaires qui sont libérées directement dans le milieu, mais des lésions mécaniques peuvent également être engendrées comme le colmatage des branchies par la production de mucus (e.g. *Chaetoceros convolutus*), ou l'altération des branchies par les excroissances de certaines espèces phytoplanctoniques (épines, soies).
- La réduction de la teneur en oxygène associée à l'extinction d'un *bloom* peut également entraîner des mortalités importantes d'organismes marins ce qui entraîne des phénomènes de dysfonctionnement de l'écosystème marin en général (anoxie).

### **I.5 La Photosynthèse :**

Le phytoplancton est un microorganisme autotrophe ; on l'appelle producteur primaire, car il produit ses propres substances organiques par le biais de la photosynthèse.

C'est un phénomène que seules les plantes peuvent réaliser en suivant la formule suivante :



En présence de l'eau, du gaz carbonique et des composés minéraux (azote, phosphore..), le phytoplancton capte la lumière grâce à ses pigments chlorophylliens, et par de multiples réactions (*Cycle de Calvin*), il synthétise de la matière organique (glucides, lipides et protéines) vitale pour lui tout en libérant de l'oxygène (O<sub>2</sub>).

### **I.6 Les sels minéraux:**

Ils sont présents naturellement dans la composition des roches. Ils sont issus également des différentes activités anthropiques: eaux usées, engrais utilisés en Agriculture, rejets industriels...etc. (Mollo, 2013)

*D'où proviennent les sels nutritifs existant dans le milieu marin ?*

Ils proviennent de plusieurs sources :

➤ *Les bactéries :*

Comme pour le milieu terrestre, il existe un type de bactéries dans les eaux qui dégradent la matière organique (Poissons et végétaux morts..) en matière minérale. (Mollo, 2013)

➤ *Le ruissèlement des eaux :*

Les rivières et les fleuves transportent les sels minéraux des roches et des sols terrestres jusqu'au milieu marin. (Mollo, 2013)

➤ *Les cheminés océaniques :*

Les fumées volcaniques provenant des profondeurs océaniques sont chargées de minéraux. Ces derniers vont finir par se dissoudre dans la colonne d'eau. (Mollo, 2013)

➤ *Les Upwellings :*

Les eaux profondes qui remontent en surface durant l'upwelling, sont riches en sels nutritifs. (Mollo, 2013)

### **I.7 Le Cycle annuel du phytoplancton « Ecologie du phytoplancton » :**

Le phytoplancton évolue de façon saisonnière aussi bien en milieu lacustre (Amblard, 1987) qu'en milieu marin (Margalef, 1958) ce qui a pour conséquence de structurer le réseau trophique, les niveaux trophiques supérieurs dépendant directement ou indirectement de cette saisonnalité.

En Méditerranée, la succession saisonnière phytoplanctonique s'articule en trois stades selon (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. Les espèces de petite taille capables de se multiplier rapidement sont favorisées. Les Bacillariophycées prédominent ce stade.

Stade 2: Il est caractérisé par la présence de Bacillariophycées de tailles plus importantes 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 de 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 Dinoflagellés augmentent, favorisés par leur taux de croissance faible et leur capacité à se diriger dans la masse d'eau grâce à leurs flagelles. Ce troisième stade a notamment lieu l'été, lors de la stratification de la masse d'eau. La diversité est inférieure à celle du stade 2 mais reste néanmoins supérieure à celle du stade 1.

## **I.8 Distribution spatiale du phytoplancton :**

Au sein de la masse d'eau, les communautés planctoniques sont organisées verticalement en fonction de leur capacité à obtenir de l'énergie lumineuse pour réussir la photosynthèse.

En effet, la fixation du carbone lors de la photosynthèse dépend de l'intensité lumineuse, de sa durée, de la composition du spectre lumineux pénétrant dans l'eau et, spécifiquement, de son atténuation avec la profondeur. (Sandgren, 1988)

La relation qui existe entre les paramètres chimiques (azote, phosphore), physiques (température, lumière, brassage), et les facteurs biologiques intrinsèques (croissance, parasitisme, prédation et compétition) contrôle la structuration des différentes communautés de ce producteur primaire. (Sandgren, 1988; Naseli-Flores, 2000)

## **I.9 Les facteurs environnementaux et naturels qui influencent la dynamique phytoplanctonique:**

- Les paramètres environnementaux jouent le rôle capital dans la dynamique saisonnière du phytoplancton. Le changement de la température de l'hiver vers l'été favorise la stratification de la colonne d'eau et donc une floraison printanière plus importante qu'en hiver. (Person, 2011)
- La salinité aussi a une influence significative sur la densité de l'eau de mer du fait qu'elle représente les proportions des sels minéraux dissous, donc elle permet d'identifier les masses d'eau d'origines différentes. (Aminot, 1983)
- Les pluies et les vents comme facteurs naturels influence aussi la dynamique des micro-algues puisque les pluies apportent une quantité non négligeable de nutriments et les deux participent à l'initiation des floraisons phytoplanctonique automnal et printanier. (Zingone et al, 1995 ; Jamet et al, 2005).
- Les nutriments dont le phosphore, l'azote et le silicium ont une influence directe sur les communautés phytoplanctoniques, leur quantité ainsi que leur disponibilité dans le milieu

contrôle leur développement. En Méditerranée, le phosphore est l'élément le plus souvent limitant (Krom *et al*, 1991).

- Les travaux de (Thingstad *et al*, 1998) ont montré que le stress nutritif entraîne une excrétion massive de carbone organique dissous par le phytoplancton. Ce surplus de carbone favorise la croissance bactérienne. Les bactéries ont une affinité plus importante pour le phosphore et entrent donc directement en compétition avec le phytoplancton pour cette ressource. Et d'après (Marty *et al*, 2002) en période de stratification estivale, durant laquelle les nutriments sont en quantités très faibles, les Flagellés étaient dominants. Concernant le silicium, les Diatomées dépendent directement de ce nutriment puisqu'elles forment leur *frustule* à partir de cet élément.

### **I.10 Impacts des facteurs anthropiques sur la dynamique Phytoplanctonique :**

- L'eutrophisation influe sur la structure des communautés phytoplanctoniques. Les apports anthropiques induisent une surproduction biologique en apportant plus de phosphore et d'azote. Selon (Vidal et Duarte, 2000), l'enrichissement des eaux en nutriments aurait pour conséquence un changement de taille de la communauté dominante initialement picoplanctonique vers une communauté microplanctonique influençant directement la composition des prédateurs zooplanctoniques au niveau du réseau trophique méditerranéen.
- D'après la convention de Stockholm de septembre 2001, les polluants organiques persistants sont définis par «des composés carbonés incluant des substances chimiques synthétiques.. ». Ils se caractérisent par deux propriétés : (1) Ils restent longtemps présents dans le milieu, (2) Ils sont accumulés par les organismes, et donc engendrant des conséquences sur l'ensemble de l'écosystème. Les communautés phytoplanctoniques sont largement touchées par ces composés. (Okumura *et al*, 2004) ont montré que :  
Les PCDD et les PCDF étaient très concentrés dans le phytoplancton, alors que d'autres polluants organiques, comme le cas des PCB étaient bioaccumulés tout au long du réseau trophique.
- Le phytoplancton est très sensible aux changements climatiques, ce qui le qualifie pour être l'un des indicateurs les plus fiables pour les étudier. Sa dépendance face à la température et aux courants font que le moindre changement de ces paramètres se traduit directement sur sa distribution dans le milieu. (Hays *et al*, 2005)  
En Méditerranée par exemple, (Goffart *et al*, 2002) ont montré une diminution remarquable de la biomasse phytoplanctonique accompagnée de la disparition de la

floraison phytoplanctonique printanière typique de la Méditerranée, à cause à des eaux plus chaudes.

### **I.11 Le rôle fonctionnel des producteurs primaires dans les écosystèmes marins :**

La concentration du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et celle dans les océans sont en équilibre.

Lors de la photosynthèse, le phytoplancton produit une diminution de la concentration du CO<sub>2</sub> dans les eaux océaniques et libère de l'oxygène. Cette diminution permet aux océans l'absorption du CO<sub>2</sub> additionnel provenant de l'atmosphère.

De plus, après la mort du phytoplancton, ces organismes tombent vers le fond des océans et sont recouverts par d'autres organismes morts ainsi que des sédiments. En piégeant le carbone de cette manière, les océans jouent le rôle d'un important puits.

Ce sont les phénomènes d'advection et de diffusion qui fournissent, en grande partie, ces matières premières. (Jaquet et *al*, 1999)

### **I.12 L'importance du phytoplancton :**

Le phytoplancton constitue la base de l'alimentation et le premier maillon de la chaîne trophique. Pour cela, sa biodiversité est importante, et son rythme de développement conditionne le rythme de vie de tous ses consommateurs (les consommateurs primaires en premier lieu, puis les consommateurs secondaires).

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 :

- Il contrôle la qualité de l'environnement en étant l'un des plus grands fournisseurs de l'oxygène atmosphérique. (Prescott et *al*, 2003)
- Il contient des substances ayant des vertus anticoagulantes et anti-inflammatoires, le phytoplancton commence à laisser son empreinte dans le domaine médical et du bien-être. (Lepere et *al*, 2011)
- Il peut être considéré de nos jours une source incontournable pour la production d'énergie, et des Biocombustibles. (Lepere et *al*, 2011)

### **I.13 L'importance du phytoplancton en Aquaculture :**

Le phytoplancton apparaît donc comme un «allié» de l'aquaculteur, que ce dernier a intérêt à entretenir à un « certain niveau de biomasse ».

Le phytoplancton des bassins aquacoles se situe à la base du réseau trophique planctonique.

Par son activité photosynthétique, il est le principal producteur d'oxygène. (Herbland, 2007)

- **En conchyliculture :** Le phytoplancton est une source essentielle d'alimentation durant les différents stades de vie des espèces filtreuses comme les mollusques bivalves marins (palourdes, huîtres..), ainsi que pour certains gastéropodes marins (ormeau, coquille de conque) durant leurs stades larvaires. (Nefraoui & Tabi, 2015)

**En pisciculture :** D'après (Person, 2010), sa contenance élevée en matière sèche (entre 12 et 85%) le qualifie comme une source indétournable de protéines dans l'alimentation du poisson.

## Partie II : la zone d'étude :

### II.1 Situation géographique de la baie de Bou Ismaïl :

La baie de Bou- Ismail est située dans la région centre algérienne, Wilaya de Tipasa a 50 km de l'ouest d'Alger. Elle est comprise entre les deux longitudes 2°22'E et 2°55'W. Sur terre elle est limitée de l'Est par le cap Ras Acrata et de l'Ouest par le mont Chenoua, couvrant une superficie de 350 km<sup>2</sup>. (Braik, 1989)

L'ouverture de la baie de Bou-Ismaïl est d'environ 40 km, et s'oriente du Sud-Ouest à Nord-Est.



**Figure 03:** La situation géographique de la Baie de Bou-Ismaïl. (Source: Google Earth)

### II.2 Le réseau hydrographique :

La baie de Bou-Ismaïl est alimentée par trois oueds connaissant en hiver de fortes crues, les oueds sont perpendiculaires a la côte au niveau des embouchures; ils traversent la plaine de la Mitidja avant de se jeter en mer. (Braik, 1989)

Ces oueds sont :

- *L'oued Mazafran:* étant le plus important des oueds qui débouchent dans la baie ; il est formé par la réunion des oueds Chiffa, Djer et Roumi. Le régime hydrologique de cet oued est marqué par un long étiage de juin à début décembre avec un débit de 0,89 m<sup>3</sup>/s. (ANRH, 2013)
- *L'oued Nador :* présente un bassin versant d'une superficie de 200 à 300 km<sup>2</sup>. Il est côtier et situé dans la partie occidentale de la baie et débouche sur la petite baie de Chenoua. Son débit est de 0,245 m<sup>3</sup>/s. (ANRH, 2013)

- *L'oued Beni-Messouss* : est situé entre El Djamila et club des pins ; débouche au niveau de la plage Les Dunes. Il traverse les communes de Beni-Messouss et Cheraga au nord, de Bouzareah au nord-est, Dely Brahim à l'est, Ain Benian à l'ouest, son débit est estimé à 11,92 m<sup>3</sup>/s. (ANRH, 2013)

### **II.3 Apports nutritifs :**

Les apports nutritifs existant dans la baie de Bou- Ismail viennent de deux sources distinctes.

La première parvient essentiellement des rejets domestiques des différentes villes, ainsi que les eaux usées provenant de la zone industrielle avoisinante.

Les oueds qui déversent dans la baie (Mazafran, Nador, et Béni Messouss), sont une deuxième source d'apports nutritifs, ramenant vers la mer les eaux de lessivage des terres agricoles riches en azote, phosphore... Etc.

### **II.4 Caractéristique physique du milieu :**

#### **II.4.1 La température :**

Les mesures effectuées dans la baie de Bou-Ismaïl, montrent que les températures des eaux superficielles sont de 16,33 à 26,90 °C en mois de septembre. (CNRDPA, 2015)

#### **II.4.2 La salinité :**

La salinité varie selon les saisons surtout dans les eaux superficielles. Le minimum est atteint en hiver quand les précipitations et le débit des eaux continentales arrivant à la mer sont importants. La salinité des eaux superficielles enregistrées dans le cadre d'une campagne du CNRDPA oscillent entre 34,36 et 37,30 P.S.U sur les côtes de la baie de Bou-Ismaïl en mois de septembre. (CNRDPA, 2015)

## **CHAPITRE II : Matériels et méthodes :**

Ce chapitre a comme but de citer les différents processus de prélèvements sur terrain, ainsi que d'expliquer les nombreuses étapes de traitements des données récoltées afin d'aboutir à des résultats qui peuvent nous aider à mieux comprendre la dynamique et la diversité du peuplement phytoplanctonique dans la baie de «Bou-Ismaïl».

### **Partie I : Prélèvements et échantillonnage :**

Les échantillons traités durant ce travail sont prélevés pendant la Campagne de prélèvement « Plancton\_Fevrier\_2018 » réalisée par le CNRDPA.

#### **I.1 La campagne : Plancton - Février – 2018 :**

La campagne « **Plancton - Février – 2018** » a été réalisée dans le cadre des projets de recherche de la division écosystèmes aquatiques du CNRDPA, l'un de ses objectifs principaux, est de comprendre le fonctionnement de l'écosystème et les relations entre ses différents compartiments, et l'étude qualitative et quantitative du phytoplancton.

Initialement, elle à été programmée pour la période allant du 20 au 28 Février 2018, par le bateau scientifique du CNRDPA « SALAH » pour effectuer des prélèvements du plancton (Zooplancton et phytoplancton) tout au long de la Baie de Bou-Ismaïl.

Dans le cadre de ce travail, quatre radiales (R5, R6, R7, R8) et 23 stations de prélèvement ont été choisies à être explorées durant notre période de stage au niveau du CNRDPA.

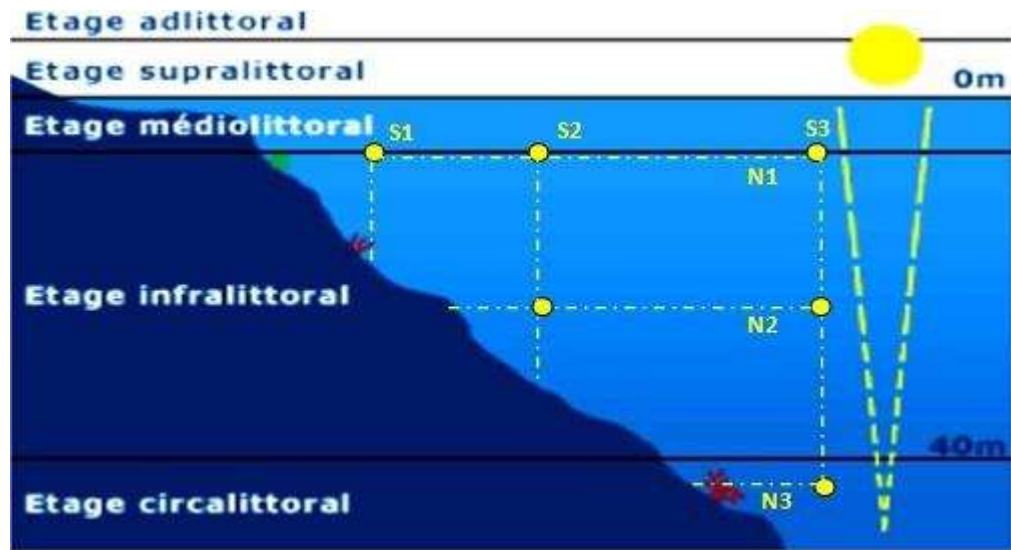
#### **I.2 Localisation des stations de prélèvements :**

Les deux radiales R5 et R6 sont proches de la zone de Bouharoun qui est une zone à vocation pêche et activités halieutiques, tandis que les deux autres R7 et R8 sont prélevées auprès de deux fermes conchylicoles, l'une située à Bérard (Ain Tagourait), et l'autre, située à l'Anse de Kouali.

Les prélèvements sont faits selon la stratégie suivante :

- Pour chaque radiale, 3 stations sont choisis selon le gradient côte-large : une proche du littoral (à moins de 5m de profondeur), une autre plus loin (à plus de 20m de profondeur) et une dernière au large (à plus de 50m de profondeur).

- Pour la première station de chaque radiale S1 : un seul prélèvement est réalisé en surface N1.
- Pour la deuxième station de chaque radiale S2 : deux prélèvements à deux différents niveaux sont réalisés : N1 en surface, et N2 à 20m de profondeur.
- Pour la troisième station de chaque radiale S3 : trois prélèvements à trois différents niveaux sont réalisés : N1 en surface, et N2 à 20m de profondeur, et N3 à 50m de profondeur (Gradient verticale).



**Figure 04:** La stratégie d'échantillonnage adoptée selon les deux gradients verticale et horizontale.

**Tableau 01:** Les différentes informations (nom de la station, profondeur, coordonnées géographiques.. etc.) des radiales concernées.

<i>Lieux</i>	<i>Date de prélèvement</i>	<i>station</i>	<i>Profondeur</i>		<i>Coordonnées géographiques</i>	
			<i>De la station</i>	<i>Du Lieu de l'échantillonnage</i>	<i>Latitude</i>	<i>Longitude</i>
<b>Bouharoun</b>	<b>28 Février 2018</b>	R5 S1 N1	0,5 m	7m	36° 37' 44	2° 39' 21. 5
		R5 S2 N1	0,5 m	20m	36° 38' 12	2° 39' 20. 9
		R5 S2 N2	20 m		36° 39' 82	2° 39' 28. 1
		R5 S3 N1	0,5 m	54m	36° 39' 82	/
		R5 S3 N2	20 m		36° 39' 82	/
		R5 S3 N3	50 m		36° 38' 57. 8	2° 40' 03. 1
<b>Khmisti</b>		R6 S2 N1	0,5 m	20,5m	36° 38' 18. 3	2° 40' 15. 1
		R6 S2 N2	20 m		36° 38' 18. 3	/
		R6 S1 N1	0,5 m	/	/	/
<b>Anse de kouali</b>	<b>14 Mars 2018</b>	R7 S1 N1	0,5 m	5m	36° 35' 34. 5	2° 30' 39.2
		R7 S2 N1	0,5m	22m	36° 35' 53. 2	2° 30' 34. 6
		R7 S2 N2	20 m			
		R7 S3 N1	0,5m	45m	36° 36' 11. 7	2° 30' 30.6
		R7 S3 N2	20 m			
		R7 S3 N3	40 m			
<b>Bérard</b>		R8 S1 N1	0,5 m	6m	36° 36' 35. 0	2° 36' 54. 3
		R8 S2 N1	0,5 m	21m	36° 36' 47.8	2° 36' 53. 3
		R8 S2 N2	20 m			
		R8 S3 N1	0,5 m	52m	36° 37' 18.5	2° 36' 33. 2
		R8 S3 N2	20 m			
		R8 S3 N3	50 m			

*NB:* La profondeur du lieu d'échantillonnage signifie la profondeur totale de la mer dans ce point de prélèvement, et la profondeur de la station signifie la profondeur à laquelle l'échantillon est prélevé. Les profondeurs des trois différentes stations de chaque radiales sont tous fixées entre 0 et 0,5 m pour les prélèvements de surface, à 20m, et à 50m pour les prélèvements de fond.

La carte ci-dessous, montrent la localisation exacte des différentes stations et radiales dans la baie de Bou-Ismaïl.



**Figure 05:** La situation géographique des différentes stations de prélèvement sur la Baie de Bou-Ismaïl.

### I.3 Matériels et solutions requis :

- GPS portatif : pour la localisation.
- Valise Multi- paramètre de terrain type « Hanna HI 9829 »: pour les mesures *in situ*.
- Bouteille de prélèvement type NISKIN de 5L pour le prélèvement de l'eau de mer.
- Bouteilles en plastiques (de 1L) : pour l'échantillonnage du phytoplancton.
- Pipette en plastique : pour prélever le Lugol.
- Solution Lugol : pour fixer le phytoplancton.
- Eau distillée : pour tout rinçage nécessaire.

**Planche 01:** Des images de la campagne d'échantillonnage.



Valise Multi-paramètres du type  
« Hanna HI 9829 »



Bouteille de prélèvement de type  
NISKIN (5L)



#### **I.4 Méthode de prélèvement :**

L'eau de mer a été prélevée à différentes profondeurs pour chaque station ; un prélèvement en surface, un à vingt mètres (20m) et un dernier à cinquante mètres (50 m) de profondeur.

L'échantillon de surface est prélevé directement de la surface de l'eau de mer à l'aide d'un récipient en plastique, les deux derniers sont faits à l'aide d'une bouteille NISKIN de 5L de volume.

L'eau recueillie à chacune des profondeurs est répartie en deux bouteilles en plastique d'un demi-litre de contenance (0,5 L).

Le conditionnement et la conservation des sous échantillons a été procédé selon des standards internationaux et ce pour chaque paramètre. Un flacon d'eau de mer additionnée par un volume de Lugol, destinée à l'étude du peuplement phytoplanctonique , l'autre est destiné directement pour l'analyse des sels nutritifs.

#### **I.5 Méthodes de conservation et fixation des échantillons :**

##### *A. La fixation des échantillons destinés à l'étude du peuplement phytoplanctonique :*

Le phytoplancton a été fixé directement sur le terrain après prélèvement, par ajout d'une quantité de Lugol (10%) suffisante pour faire virer la couleur de l'échantillon au jaune paille ou couleur Cognac, à raison d'environ 8 gouttes par un demi-litre d'échantillon. Cette fixation présente plusieurs avantages :

- Les Flagellés conservent en majorité leurs flagelles.
- Les cellules phytoplanctoniques prennent une coloration brune claire ce qui facilite l'observation microscopique. (Rossi, 2008)

##### *B. Conservation des échantillons destinés à l'analyse des sels nutritifs :*

Selon (Lampert, 2001), les échantillons destinés à l'analyse des sels nutritifs doivent être congelés immédiatement à  $-20^{\circ}\text{C}$  si l'analyse est programmée pour une date ultérieure. Ainsi les échantillons sont gardés au niveau du laboratoire physico-chimie du CNRDPA jusqu'au délai de leur analyse.

## **I.6 Mesures *in situ* :**

Les paramètres physico-chimiques; la salinité, la température, le pH, l'oxygène dissous ainsi que la conductivité ont été relevés *in situ* à chaque profondeur pour toutes les stations, et cela à l'aide d'un multi-paramètre professionnel du type « Hanna HI 9829 ».

## **Partie II : Etude biologique et traitement des données :**

### **II.1 Etude biologique du peuplement phytoplanctonique :**

#### **A La méthode d'UTERMÖHL :**

Le dénombrement des cellules micro-algales durant ce travail a été effectué sur des échantillons de 100 ml, à l'aide d'un microscope inversé (OPTIKA) conformément à la méthode d'UTERMÖHL (1958).

Cette méthode présente l'avantage d'une estimation qualitative et quantitative du phytoplancton, elle permet le dénombrement du phytoplancton, ainsi que l'observation de chaque cellule. (Utermohl, 1958)

Elle permet également de traiter de grandes quantités d'eau (jusqu'à 100 ml), et donc de concentrer le phytoplancton même s'il est très pauvre. (Rolland, 2009)

#### **B Concentration des échantillons par sédimentation :**

L'échantillon en question doit être homogénéisé et agité avant de procéder à la sédimentation.

L'homogénéisation est une étape cruciale de l'analyse, afin de rendre toute cellule phytoplanctonique déposée sur le fond, ou colmatée aux parois en suspension. (Illoul, 1991)

Celle-ci est effectuée par une trentaine (30) de retournements doux de l'échantillon avec la main. (Masson, 2015)

Une chambre de sédimentation de 100ml de contenance (cuve d'UTERMÖHL) est remplie par la suite, et mise à décantation. Le temps de sédimentation fut 24h.

#### **C Observation, dénombrement et identification des espèces:**

L'observation des cuves de sédimentation a été réalisée avec un microscope inversé de type OPTIKA et avec un objectif X40.

Le dénombrement des taxons consiste à enregistrer les espèces observées et le nombre d'unité (cellule) de chaque espèce dans le champ de vision.

Un balayage de la cuve entière, ou un «survol » est nécessaire avant de commencer le dénombrement, afin d'analyser la contenance de l'échantillon en phytoplancton, de ne pas négliger les cellules rares, ainsi que d'évaluer la distribution globale des particules.

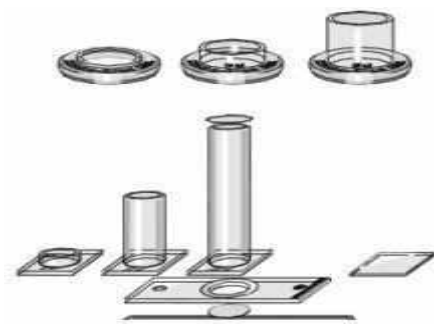
Deux méthodes de comptage ont été utilisées, le comptage de la moitié (1/2) de la chambre pour les espèces en abondance, et le comptage de la chambre entière qui est jugé obligatoire pour les taxons en faible quantité, ou pour les individus de grande taille dont la distribution peut ne pas être aléatoire dans la chambre. (Masson, 2015)

Les espèces comptées ont été prises en photo, et schématisées dans une fiche accompagnées de quelques informations relatives à l'échantillon source. (Nom de la station, date, lieu.. etc.)

L'identification des espèces a été faite à un niveau taxonomique supérieur seulement (Famille) pour les cas difficilement identifiables, et jusqu'à un niveau inférieur (genre et espèce) pour les cas les plus claires, et cela à l'aide de plusieurs ouvrages dont : Phytoplancton Identification Catalogue 2001, Guide pratique à l'usage des analystes du phytoplancton 1969 (Ifremer), Catalogue illustré des images ZooPhytoImage utilisé dans le cadre du REPHY 2015 (Ifremer).

Le reste des ouvrages et de sites web figurent dans la bibliographie.

**Planche 02:** Quelques images du matériels requis au laboratoire pour le traitement des échantillons.



Un schéma et une image qui montrent les composants de la cuve d'UTERMÖHL.



Une image du microscope inversé du type « OPTIKA ». (CNRDPA)



Une image de l'auto-analyseur du type « Quatro ». (CNRDPA)

## II.2 Traitement des données :

### II.2.1 Comptage des cellules phytoplanctonique :

Le calcul de ces paramètres quantitatifs permet de mieux comprendre la structure et l'état du peuplement phytoplanctonique dans les zones où les échantillons sont effectués.

### II.2.1.1 La Densité cellulaire :

Elle est calculée selon la méthode de comptage d'UTERMÖHL avec la formule suivante :

$$D = \frac{n}{V}$$

- Le résultat est exprimé en (Cellule/L)
- D : Densité.
- n : nombre de cellules comptées de l'espèce x.
- V : volume de l'échantillon (litre).

### II.2.1.2 L'Abondance relative :

Ce paramètre permet de comprendre l'importance d'une espèce dans sa communauté, elle est calculée par la formule ci-dessous :

$$A = \frac{n}{N} * 100$$

- Le résultat est exprimé en pourcentage (%)
- A : Abondance relative.
- n : nombre de cellules comptées de l'espèce x.
- N : nombre totale de cellules (dans tous l'échantillon).

### II.2.1.3 La Fréquence relative :

D'après (Bellan, 1964), la fréquence relative d'une espèce est le nombre de fois dont cette dernière est présente dans les échantillons, sur le nombre total des échantillons. La formule de calcul correspondante est la suivante :

$$F = \frac{\text{Nombre d'échantillons dont l'espèce est présente}}{\text{nombre total des échantillons}} * 100$$

- Le résultat est exprimé en pourcentage (%)
- F : Fréquence relative (%)

Les espèces trouvées sont classées d'après les fréquences qui leurs correspondent comme suit :

- Fr > 50% : Espèces constantes.
- 50% > Fr > 25% : Espèces communes.
- Fr < 25% : Espèces rares.

## II.2.2 Etude de la diversité des communautés phytoplanctoniques:

### II.2.2.1 Richesse spécifique :

D'après (Chao, 1984), la *Richesse spécifique* « S » prend en compte le nombre total d'individus d'une même espèce que l'on peut rencontrer dans un écosystème donné.

Ce paramètre permet de distinguer les variations spatio-temporelles d'une espèce donnée, il permet également de déterminer la structure d'une population dans un écosystème afin de comprendre son comportement et sa sensibilité envers différents paramètres.

Cependant, ce paramètre présente un inconvénient ; sa valeur est dépendante de la taille et le lieu de l'échantillon. (le nombre d'espèces dépend de la taille de l'échantillon, et de son lieu : échantillon de surface ou non, luminosité, salinité..etc) (Grall & Coic, 2015)

Les estimations de la richesse spécifique sont généralement obtenues par des analyses statistiques, vu la difficulté d'obtenir des données complètes de la zone étudiée.

### II.2.2.2 Indice de Shannon-Wiener (H'):

L'indice de Shannon et Weaver, d'après (Shannon et Weaver, 1963) permet de caractériser la diversité d'un peuplement.

Un milieu favorable à l'installation de nombreuses espèces correspond à un indice de diversité élevé. C'est l'indice de diversité le plus utilisé pour mesurer et évaluer la diversité spécifique.

Il permet de déterminer l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu donné, et donc de suivre son évolution.

L'indice de Shannon indique que le nombre d'espèces dans une communauté est en fonction de la stabilité du milieu ; plus l'indice est grand plus le milieu serait stable et réciproquement. Il est calculé selon la formule suivante :

$$H' = -\sum P_i \ln(P_i) \text{ avec } P_i = \frac{n_i}{N}$$

- Le résultat est exprimé en bits.
- $P_i$  : abondance spécifique
- $N$  : effectif total du peuplement phytoplanctonique considéré.
- $n_i$  : nombre d'individu de l'espèce  $i$ .

### II.2.2.3 L'indice d'équitabilité (E):

D'après (Macron, 2016) « La régularité de la distribution des espèces (Equitabilité) est un élément important de la diversité. Une espèce représentée abondamment ou par un seul individu n'apporte pas la même contribution à l'écosystème ».

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, 1976)

L'intermédiaire de l'Equitabilité est calculé par la formule suivante :

$$E = \frac{H'}{H_{\max}} \text{ avec } H_{\max} = \ln(S)$$

- Le résultat n'a pas d'unité.
- S : richesse spécifique.
- H' : l'indice de Shannon.

### II.2.2.4 Indice de Simpson :

L'indice de (Simpson, 1949) mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce.

Il est compris dans l'intervalle [0; 1] et sa valeur diminue avec la régularité de la distribution ; lorsque la diversité est maximale, sa valeur vaut 0, lorsque la diversité est minimale la valeur tend vers 1. Il est calculé par la formule suivante :

$$L = \sum \frac{(n_i(n_i-1))}{(N(N-1))}$$

- Le résultat n'a pas d'unité.
- N : nombre total d'individus de l'espèce i.
- n<sub>i</sub> : nombre d'individu.

### II.2.2.5 Diagrammes Rang-Fréquence (DRF) :

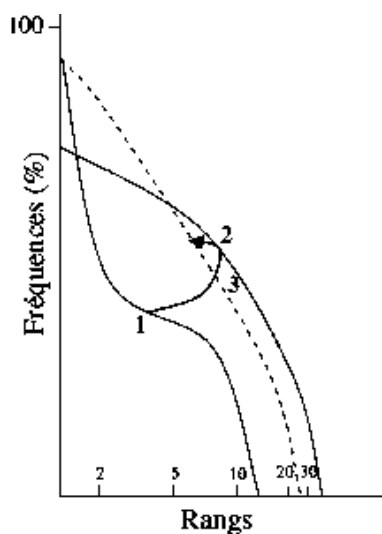
Ils permettent une représentation graphique de l'évolution de la diversité des communautés planctoniques. (Frontier, 1976)

Les DRF mettent en évidence les différents stades reliant les communautés pionnières à vieillissantes.

Pour réaliser un DRF, les espèces doivent être classées d'abord par ordre de fréquences décroissantes, puis à chaque espèce, un rang est attribué. Afin de tracer le graphique, les rangs sont mis en abscisses et les fréquences en ordonnées.

D'après (Frontier, 1976) on distingue 3 différents stades ; ces derniers ont été définis en fonction de l'allure des courbes obtenues par construction des DRF :

- Au stade I (départ de la succession) : la courbe est concave en haut à gauche, indiquant qu'une faible proportion d'espèces est dominante. La courbe s'infléchit et la partie droite devient convexe. La densité des espèces les plus rares décroît rapidement, la diversité est faible. La succession se poursuivant, la partie convexe se déplace encore sur la partie droite. Les espèces dominantes deviennent plus nombreuses et régulièrement distribuées. La diversité augmente et la densité des espèces rares continue à décroître.
- Au stade II (communauté mature), la courbe devient entièrement convexe. La diversité est maximale.
- Au stade III (fin de la succession), la courbe se linéarise, signe de l'augmentation des densités des espèces prédominantes. La diversité est inférieure à celle du stade II. La communauté devient vieillissante.



**Figure 06:** Evolution théorique de l'allure des Diagrammes rang - fréquence selon les stades de la succession écologique notés 1, 2 et 3 sur le graphique. (Modifiée d'après Frontier (1976))

### II.2.3 Analyse des sels nutritifs :

Les sels nutritifs sont importants pour l'étude et la précision de la fertilité de l'eau de mer et son état.

L'analyse des paramètres chimiques « Les Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), L'Ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) Les ortho-phosphates », et les silicates ( $\text{SiO}_2$ ) a été réalisée par un auto-analyseur, de type « Quatro » dans le laboratoire physico-chimique du CNRDPA. La méthode d'analyse des sels nutritifs repose sur la colorimétrie.

Le fonctionnement de l'appareil repose sur un principe dynamique simple, celui de l'analyse liquide en flux continu : une veine liquide propulsée en continu par une pompe péristaltique dans un circuit analytique spécifique à chaque paramètre analysé. Les réactions chimiques s'effectuent dans cette veine en progression. L'analyse des échantillons est réalisée par séquence, ce qui permet une grande cadence de travail. Cette chaîne de mesure automatisée est totalement pilotée par un microordinateur doté d'un logiciel spécifique.

A la fin de l'analyse, ce dernier fournit un fichier numérique contenant les résultats accompagnés de toutes les informations relatives à l'analyse.

### II.2.4 L'Analyse en composante principale :

L'ACP est une technique permettant de réduire un système complexe de corrélations en un plus petit nombre de dimensions.

La méthode des composantes principales est également appelée méthode des axes principaux : la recherche des composantes principales consiste à déterminer ce qu'on pourrait considérer comme les longueurs ou variance (valeurs propres) et les directions (vecteurs propres) des axes principaux.

Pour 3 variables les 3 axes principaux de l'ellipsoïde sont perpendiculaires et représentent les 3 composantes, qui sont indépendantes.

La première composante explique la plus grande partie du système, la variance expliquée par les 2 autres composantes sera moindre. On définit ainsi deux espaces : celui des individus et celui des caractères (Variables).

En effet, dans cette partie d'étude, une ACP a été réalisée en projetant les données environnementales et les densités des différents groupes phytoplanctoniques à l'aide du programme **R version 3.2.3** Ces méthodes sont particulièrement puissantes pour explorer la structure des données en tenant compte de leur caractère multidimensionnel.

En résumé, l'ACP permet:

- D'identifier les variables corrélées.
- De réduire les dimensions de données en enlevant leur redondance.

## CHAPITRE III : Résultats & Discussion:

Ce chapitre regroupe les différents résultats obtenus durant ce travail, ainsi que des arguments et des hypothèses qui les expliquent.

### Partie I : Résultats:

#### I. Etude qualitative du phytoplancton :

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.

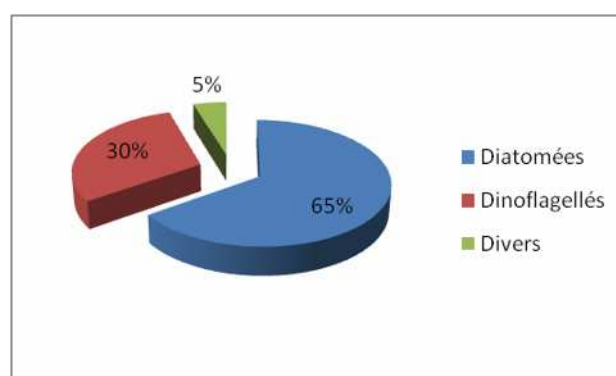
Il faut noter que les échantillons traités durant ce travail sont prélevés entre le mois de Février et le mois de Mars, ce qui correspond à la fin de l'Hiver et le début du Printemps ; cette période est caractérisée par un développement maximal du peuplement phytoplanctonique.

Les différents individus trouvés sont identifiés jusqu'au genre et jusqu'à l'espèce quand cela est possible.

#### I.1 Composition taxonomique :

Les résultats concernant la flore phytoplanctonique de la baie de Bou-Ismaïl, obtenus à la fin de ce travail sont de 41 espèces au total, répertoriés en 3 groupes majeurs: les Diatomées, les Dinoflagellés et tout autre individus n'appartenant pas aux deux classes précédentes est répertorié dans le groupe Divers.

Sur le plan spécifique, les proportions des groupes trouvés sont de : 65,20% pour les Diatomées, 30,07% pour les Dinoflagellés, et 4,73% pour Divers.



**Figure 07:** Les proportions de la richesse spécifique des trois groupes : Diatomées, Dinoflagellés et Divers.

### **I.1.1 Les Diatomées :**

C'est la classe la plus présente et la plus diversifiée avec une totalité de 23 espèces appartenant à 13 Ordres différents.

Les espèces les plus dominantes sont *Navicula sp* et *Cylindrotheca sp*.

### **I.1.2 Les Dinoflagellés :**

Cette classe est présente avec 18 espèces, appartenant à 6 différents Ordres.

Les principaux genres rencontrés régulièrement sont *Prorocentrum sp* et *Ceratium sp*.

### **I.1.3 Autres groupes phytoplanctonique « Divers » :**

D'un point de vue qualitatif, cette classe se compose essentiellement de deux Genres *Dictyocha sp* et *Euglena sp*.

## **I.2 Distribution des principaux Genres identifiés :**

Les tableaux qui suivent (**Tableaux 02,03 et 04**), indiquent la distribution des différents espèces récoltés et identifiés dans toutes les stations selon les différentes profondeurs :

**Tableau 02:** Inventaire des différentes espèces trouvées pour les stations liées à la première tranche bathymétrique (0 m).

	R5 S1 N1	R5 S2 N1	R5 S3 N1 a	R6 S1 N1	R6 S2 N1	R6 S3 N1 a	R7 S1 N1	R7 S2 N1	R7 S3 N1	R8 S1 N1	R8 S2 N1	R8 S3 N1
<b>Diatomées</b>												
<i>Amphora sp</i>				+	+						+	+
<i>Cerataulina sp</i>		+	+	+		+		+	+		+	+
<i>Chaetoceros sp</i>												+
<i>Coscinodiscus sp</i>	+	+	+	+		+	+	+	+			
<i>Cylindrotheca sp</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Dactyliosolen sp</i>				+								
<i>Ditylum sp</i>					+							
<i>Entomoneis sp</i>			+	+		+						
<i>Guinardia sp</i>				+					+			
<i>Leptocylindrus sp</i>		+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
<i>Licmophora sp</i>	+	+	+	+		+	+	+		+	+	
<i>Navicula sp</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia sp</i>	+						+				+	+
<i>Proboscia sp</i>				+								
<i>Pseudo-Nitzschia sp</i>	+	+	+			+	+	+		+	+	
<i>Rhizosolenia sp</i>	+		+	+		+	+		+		+	+
<b>Dinoflagellés</b>												
<i>Alexanderium sp</i>					+					+	+	
<i>Amphidinium sp</i>		+										
<i>Ceratium sp</i>	+	+	+			+	+	+	+	+	+	+
<i>Gonyaulax sp</i>	+						+					
<i>Gymnodinium sp</i>											+	
<i>Gyrodinium sp</i>	+	+	+			+						
<i>Heterocapsa sp</i>	+	+	+	+		+						+
<i>Katodinium sp</i>		+										
<i>Oxytoxum sp</i>	+		+	+		+						
<i>Peridinium sp</i>										+		
<i>Prorocentrum sp</i>	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+
<i>Proto-peridinium sp</i>		+	+			+	+					+
<i>Pyrocystis sp</i>											+	
<b>Divers</b>												
<i>Dictyocha sp</i>	+		+			+						
<i>Euglena sp</i>				+					+	+	+	+

**Tableau 03:** Inventaire des différentes espèces trouvées pour les stations liées à la deuxième tranche bathymétrique (20 m).

	R5 S2 N2 b	R5 S3 N2 b	R6 S2 N2	R6 S3 N2 b	R7 S2 N2	R7 S3 N2	R8 S2 N2	R8 S3 N2
<b>Diatomées</b>								
<i>Amphora sp</i>	+	+	+	+			+	+
<i>Cerataulina sp</i>		+	+	+	+	+		+
<i>Chaetoceros sp</i>								+
<i>Coscinodiscus sp</i>	+						+	+
<i>Cylindrotheca sp</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Detonula sp</i>		+		+				
<i>Eucampia sp</i>	+	+		+				
<i>Guinardia sp</i>	+	+	+	+		+	+	
<i>Lauderia sp</i>		+		+				
<i>Leptocylindrus sp</i>	+	+	+	+	+		+	
<i>Licmophora sp</i>	+					+	+	
<i>Navicula sp</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia sp</i>						+	+	
<i>Pseudo-Nitzschia sp</i>			+		+	+	+	+
<i>Rhizosolenia sp</i>		+		+	+	+		
<i>Thalassiosira sp</i>		+		+				
<b>Dinoflagellés</b>								
<i>Akashiwo sp</i>			+					
<i>Alexanderium sp</i>	+							+
<i>Ceratium sp</i>	+	+		+	+	+		+
<i>Dinophysis sp</i>					+	+		
<i>Gonyaulax sp</i>		+		+				
<i>Gymnodinium sp</i>		+		+				+
<i>Gyrodinium sp</i>	+							
<i>Heterocapsa sp</i>		+	+	+				
<i>Oxyphysis sp</i>			+					
<i>Prorocentrum sp</i>	+	+	+	+	+	+		+
<i>Protoperidinium sp</i>	+					+	+	+
<i>Scrippsiella sp</i>						+		
<b>Divers</b>								
<i>Dictyocha sp</i>					+			
<i>Euglena sp</i>			+			+		+

**Tableau 04:** Inventaire des différentes espèces trouvées pour les stations liées à la troisième tranche bathymétrique (50 m).

	R5 S3 N3 C	R6 S3 N3 C	R8 S3 N3
<b>Diatomées</b>			
<i>Amphora sp</i>	+	+	
<i>Cerataulina sp</i>	+	+	
<i>Coscinodiscus sp</i>	+	+	+
<i>Cylindrotheca sp</i>	+	+	+
<i>Diploneis sp</i>	+	+	
<i>Guinardia sp</i>	+	+	
<i>Leptocylindrus sp</i>			+
<i>Licmophora sp</i>			+
<i>Navicula sp</i>	+	+	+
<i>Nitzschia sp</i>	+	+	+
<i>Pseudo-Nitzschiasp</i>			+
<i>Rhizosolenia sp</i>			+
<i>Thalassiosira sp</i>			+
<b>Dinoflagellés</b>			
<i>Ceratium sp</i>			+
<i>Heterocapsa sp</i>	+	+	
<i>Prorocentrum sp</i>			+
<i>Scrippsiella sp</i>			+
<b>Divers</b>			
<i>Dictyocha sp</i>			+
<i>Euglena sp</i>			+

### I.3 Fréquence relative (Fr %) :

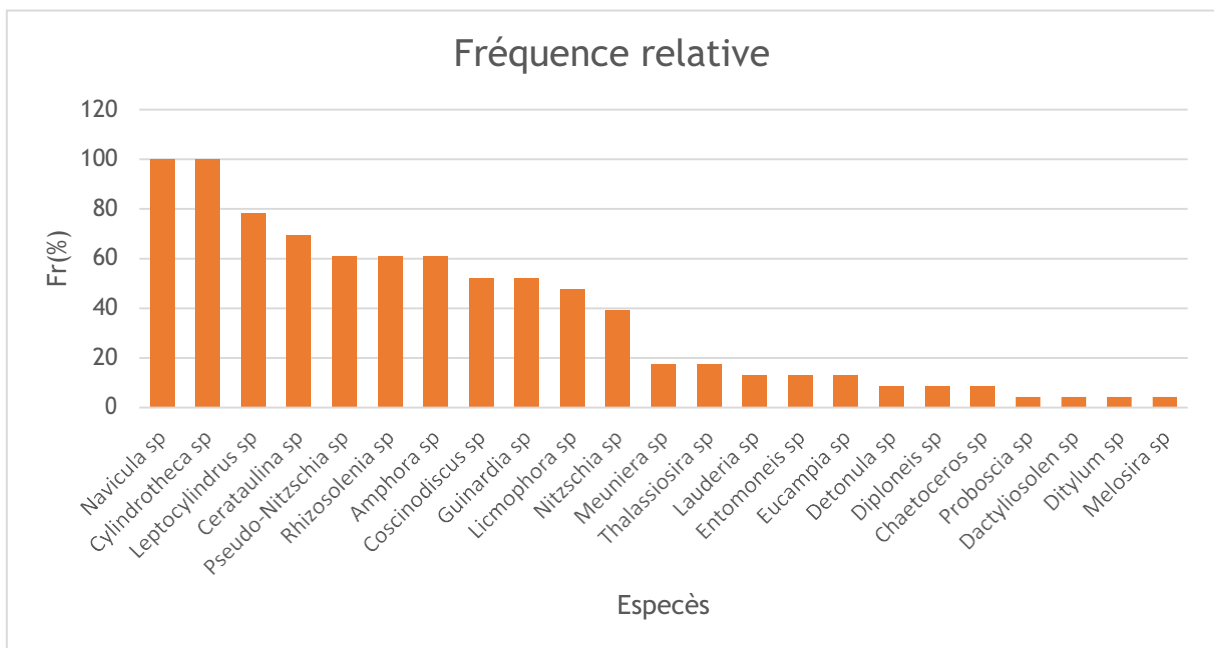
Ce paramètre permet de synthétiser la fréquence des Diatomées, des Dinoflagellés, et des autres groupes taxonomiques dans la zone considérée.

Les Diatomées et les Dinoflagellés sont des classes constantes (Fr=100%), en effet, elles sont présentes dans toutes les stations de prélèvement. Cependant, seuls les résultats d'une étude quantitative bien détaillée des différentes espèces de ces deux classes peuvent nous renseigner sur la nature du peuplement phytoplanctonique dans chaque station.

#### I.3.1 Fréquence relative des Diatomées :

Dans toutes les zones étudiées, les espèces *Navicula sp* et *Cylindrotheca sp* marquent une fréquence relative maximale de 100%, beaucoup d'espèces comme *Leptocylindrus sp*, *Rhizosolenia sp* et *Cerataulina sp* sont des espèces constantes. (Fr > 50%).

*Nitzschia sp* et *Licmophora sp* sont des espèces communes (25% < Fr < 50%), alors qu'environ 12 espèces dont *Melosira sp* et *Chaetoceros sp* sont des espèces rares (Fr < 25%) (**Figure 08**).



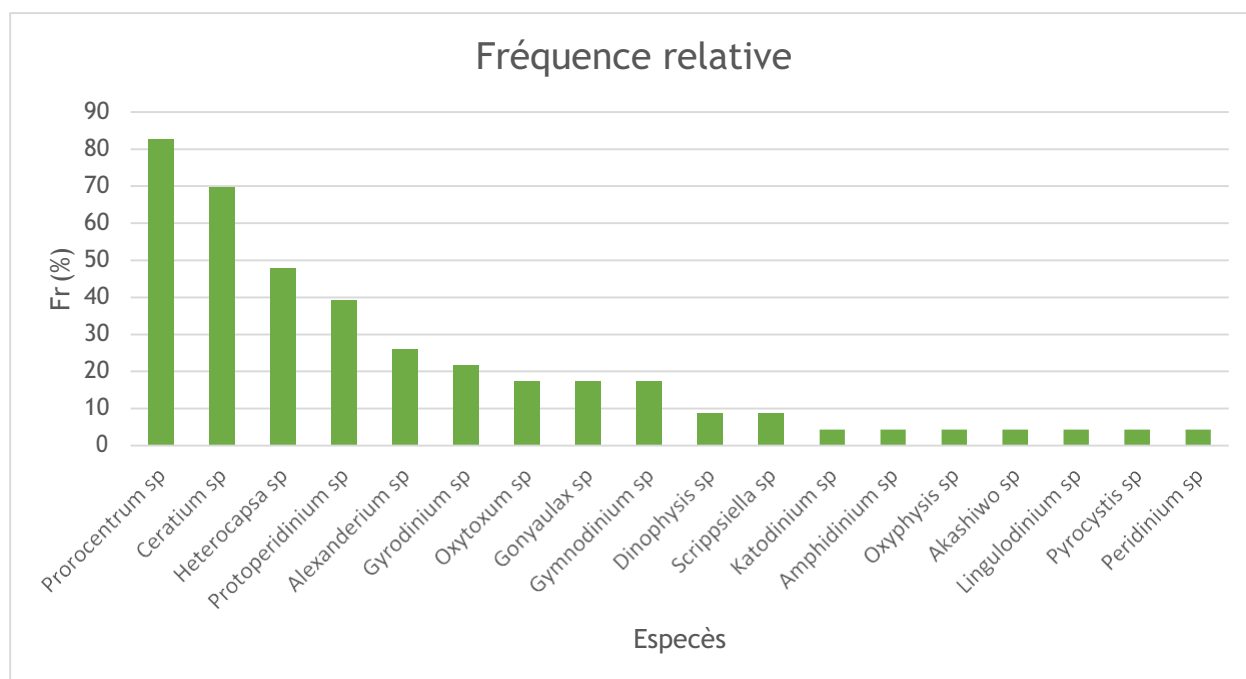
**Figure 08:** Les fréquences relatives (%) des Diatomées pour tous les échantillons.

### I.3.2 Fréquence relative des Dinoflagellés :

Pour le cas des dinoflagellés *Prorocentrum* (*Prorocentrum micans* et *Prorocentrum triestinum*) et les *Ceratium* (*Ceratium furca*, *Ceratium fusus* et *Ceratium lineatum*) sont des espèces constantes ( $Fr > 50\%$ ).

Les espèces *Heterocapsa sp*, *Protoperidinium sp* et *Alexanderium sp* sont des espèces communes ( $25\% < Fr < 50\%$ ).

Le reste des espèces de Dinoflagellés dont *Gyrodinium sp* et *Peridinium sp*, sont considérées comme espèces rares ( $Fr < 25\%$ ) (**Figure 09**).



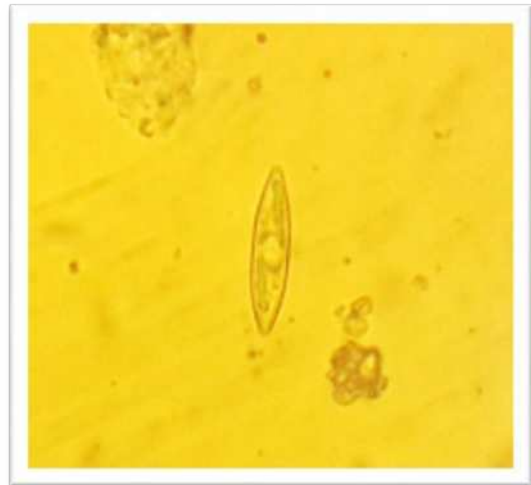
**Figure 09:** Les fréquences relatives (%) des Dinoflagellés pour tous les échantillons.

Ci-dessous figurent des planches avec des photos de quelques espèces de Diatomées et de Dinoflagellés prises durant ce travail :

**Planche 03** : Espèces de Diatomées observés au microscope inversé (grossissement x40).



*Leptocylindrus sp*



*Navicula sp*



*Cylindrotheca sp*



*Licmophra sp*

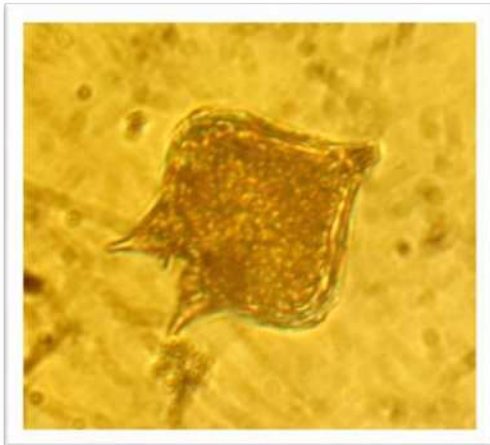
**Planche 04** : Espèces de Dinoflagellés observés au microscope inversé (grossissement x40).



*Dinophysis sp*



*Prorocentrum sp*



*Gyrodinium sp*



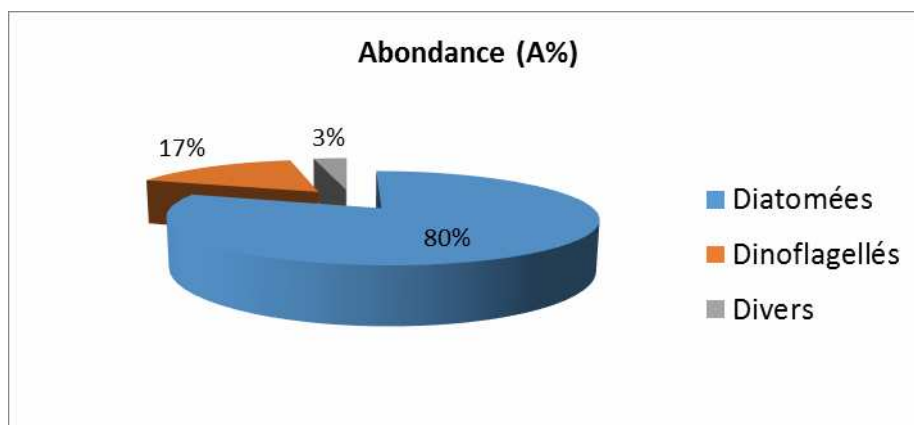
*Ceratium sp*

## II. Etude quantitative du phytoplancton :

### II.1 Abondance relative (A%) :

#### II.1.1 Abondance relatif en fonction des différents groupes phytoplanctoniques :

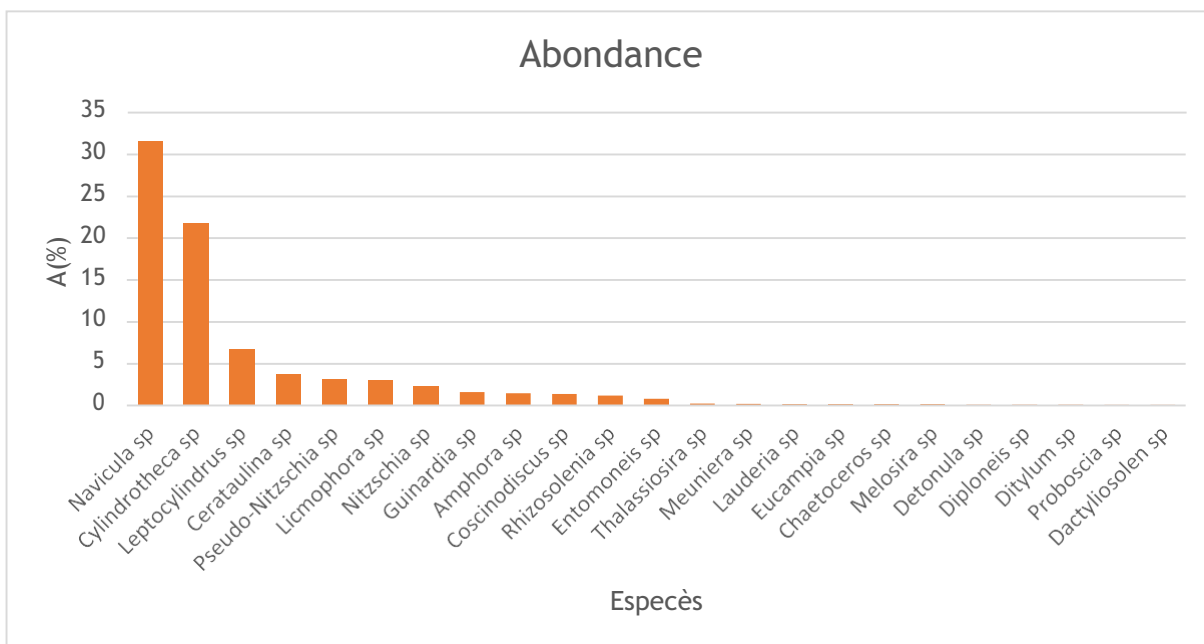
D'après la figure (10), les Diatomées sont les plus abondantes avec 80%, suivi par les Dinoflagellés avec 17% et les autres espèces sont enregistrées avec seulement 3%.



**Figure 10:** Les abondances relatives (A%) des trois groupes principaux du phytoplancton dans la zone d'étude.

#### II.1.1.1 Abondance relative des Diatomées :

Dans la classe des Diatomées, les espèces les plus abondantes sont *Navicula sp* (31,55%) et *Cylindrotheca sp* (21,80%). Les autres taxons ont une abondance assez faible comprise entre 6,73% et 0,05 % (**Figure 11**).

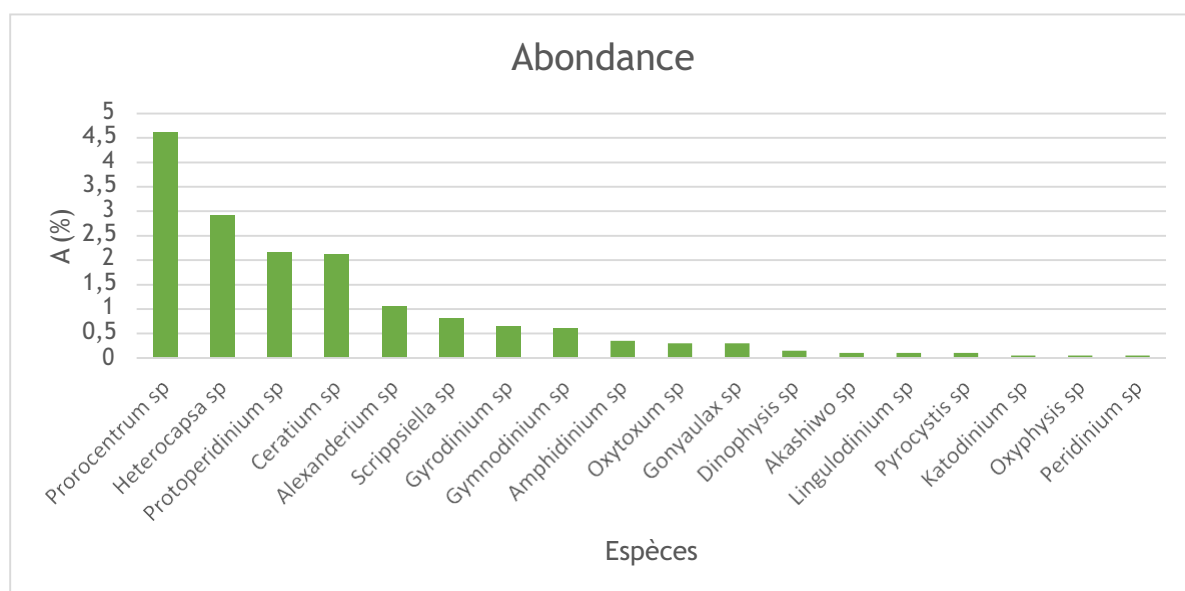


**Figure 11:** Les abondances relatives (A%) des espèces de Diatomées.

### II.1.1.2 Abondance relative des Dinoflagellés :

Dans la classe des Dinoflagellés, *Prorocentrum sp* est l'espèce la plus abondante pour tous les échantillons (4,62%) suivi par *Heterocapsa sp* (2,91%), *Protoperidinium sp* (2,16%) et *Ceratium sp* avec 2,11%. (**Figure 12**)

Cependant, les autres espèces sont marquées par une faible abondance, variant entre 0,05 et 1,06%.



**Figure 12:** Les abondances relatives (%) des Dinoflagellés.

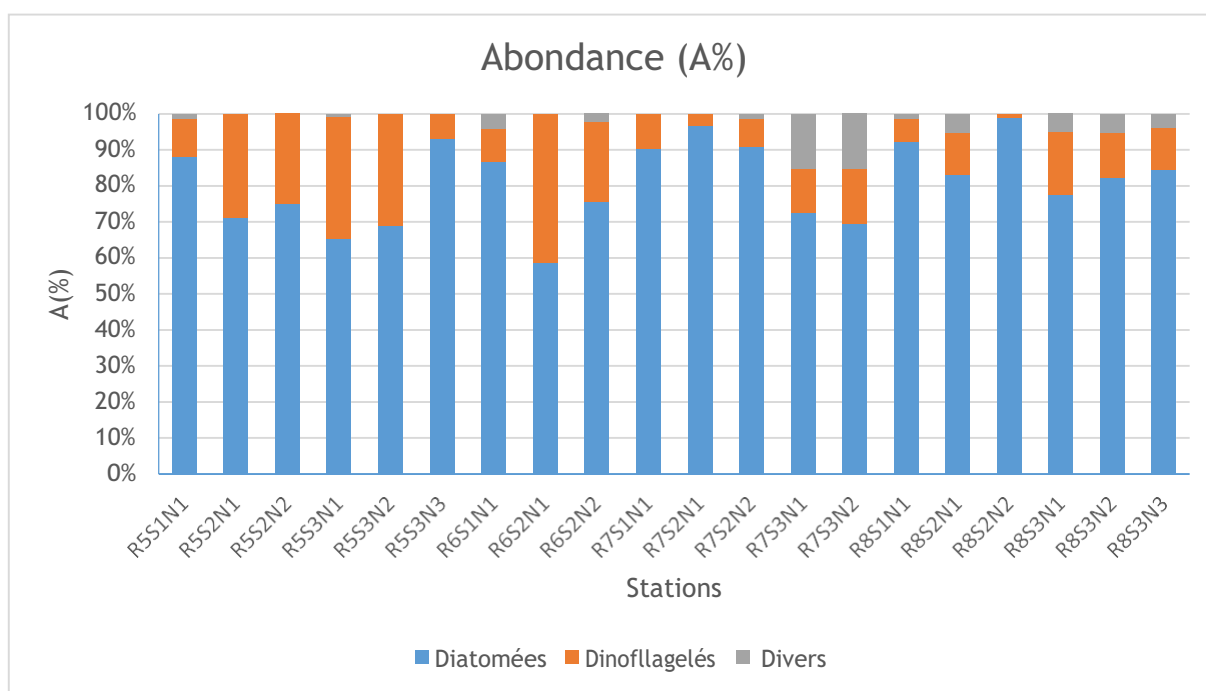
## II.1.2. Abondance relative en fonction des stations :

Nous constatons que les Diatomées sont les plus abondantes dans la plus part des stations, mais le taux d'abondance le plus élevé correspond à la station R8S2N2 (99,07%) située à Bérard.

Concernant les Dinoflagellés, leur abondance maximale est liée à la station R6S2N1 (41,18%) située à Khmisti.

Pour les Divers, c'est la classe dans laquelle les plus faibles abondances sont notées, ils sont théoriquement plus abondants dans les stations : R5S2N1, R5S2N2 et R5S3N2 de la région de Bouharoun, alors qu'ils sont totalement absents dans les stations R6S2N1 et R7S1N1 liées respectivement à Khemisti et à l'Anse de Kouali.

Nous pouvons en déduire également d'après les résultats précédents que les abondances les plus élevées sont liées au premier et deuxième niveau bathymétrique des prélèvements (N1 et N2 [0,5m ; 20m]). (**Figure 13**)



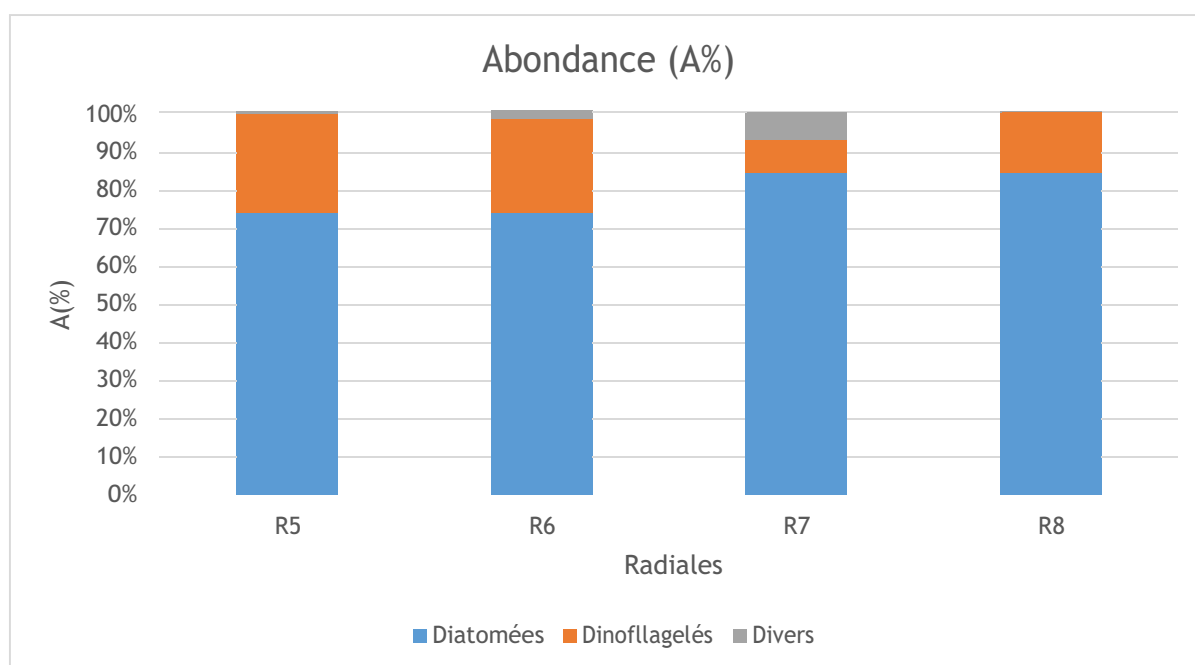
**Figure 13** : L'abondance relative (%) en fonction des différentes stations.

### II.1.2. Abondance relative en fonction des radiales :

D'après la figure (14), les Diatomées sont plus abondantes dans la radiale R8 (85,47%) situé à Bérard, quant aux Dinoflagellés, leur abondance maximale est liée à la radiale R5 (25,62%) du site de Bouharoun.

En ce qui concerne les Divers, ils sont plus abondants dans la radiale R7 (Anse de Kouali) avec une abondance de 6,81%.

Nous observons que les dinoflagellés sont moins abondants dans les deux radiales R7 et R8, ces dernières situées respectivement à l'Anse de Kouali et Bérard qui sont à vocation aquacole (Conchyliculture).

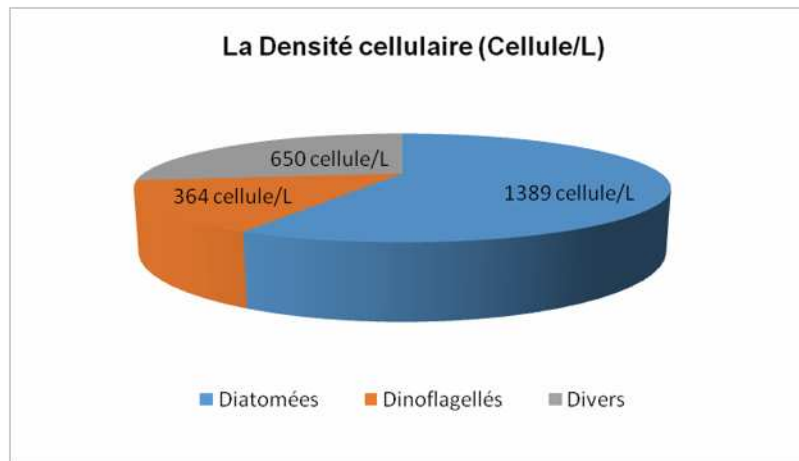


**Figure 14** : L'abondance relative (%) en fonction des différentes radiales.

### II.2 Evolution de la Densité cellulaire (D) :

#### II.2.1 La densité cellulaire en fonction des groupes phytoplanktonique :

D'après la figure (15) la densité cellulaire des Diatomées est la plus élevée avec 1389 cellule/L, suivi par plusieurs d'autres espèces répertoriées dans « Divers » avec 650 cellule/L, et enfin les Dinoflagellés avec 364 cellule/L.

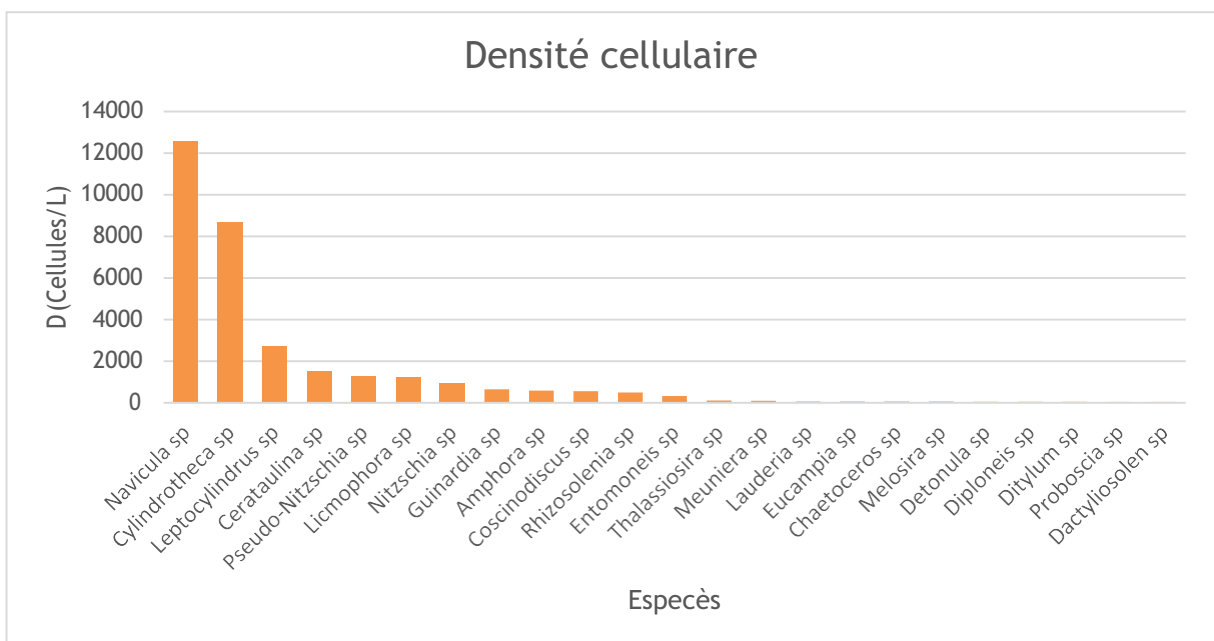


**Figure 15:** Les densités cellulaires (cellule/L) des trois groupes principaux.

### II.2.1.1 La densité cellulaire des Diatomées :

Les *Navicula sp* ainsi que *Cylindrotheca sp* restent les espèces les plus denses dans tous les échantillons avec des concentrations respectives de 8680 et 12560 cellule/L.

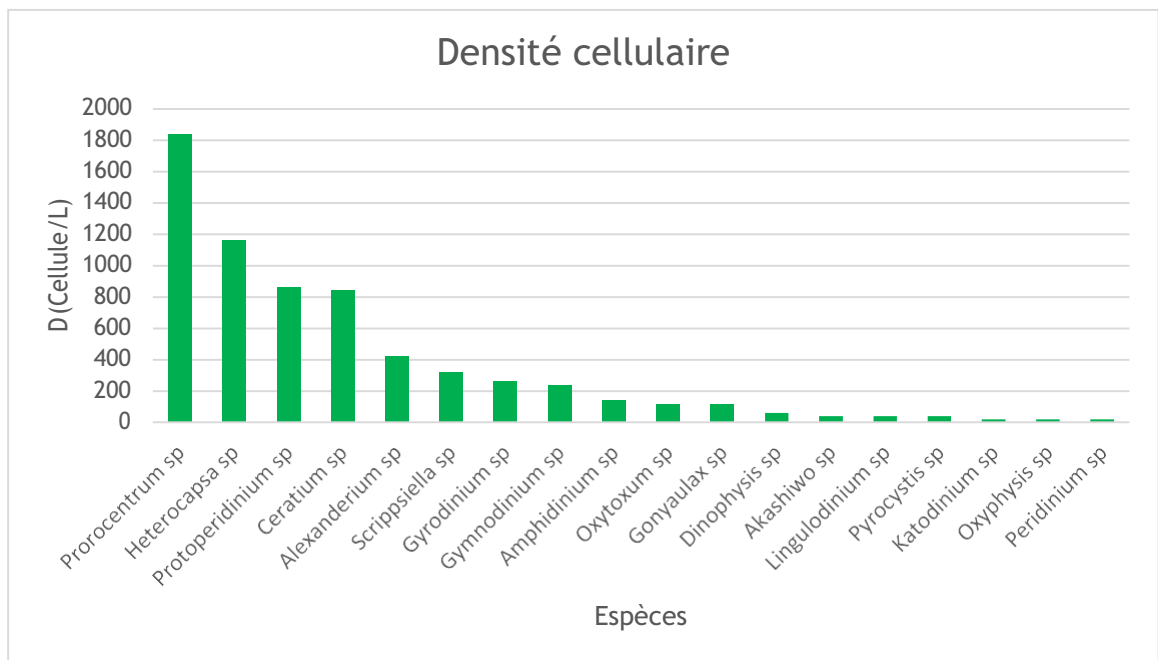
Les autres taxons peuvent être divisés en deux groupes : un groupe d'espèces moyennement présentes avec une densité cellulaire qui oscille entre 2680 et 1200 cellule/L comme *Leptocylindrus sp* et *Licmophora sp*, et un autre groupe pour les espèces à faible densité cellulaire, comme *Proboscia sp* avec 20 Cellule/L et *Ditylum sp* avec 40 Cellule/L. (**Figure 16**)



**Figure 16:** Les densités cellulaires (Cellule/L) des Diatomées.

### II.2.1.2 La densité cellulaire des Dinoflagellés :

D'après la figure (17) *Prorocentrum sp* est l'espèce ayant la densité cellulaire la plus élevée avec 1840 cellule/L, suivi par *Heterocapsa sp* avec 1160 cellule/L.

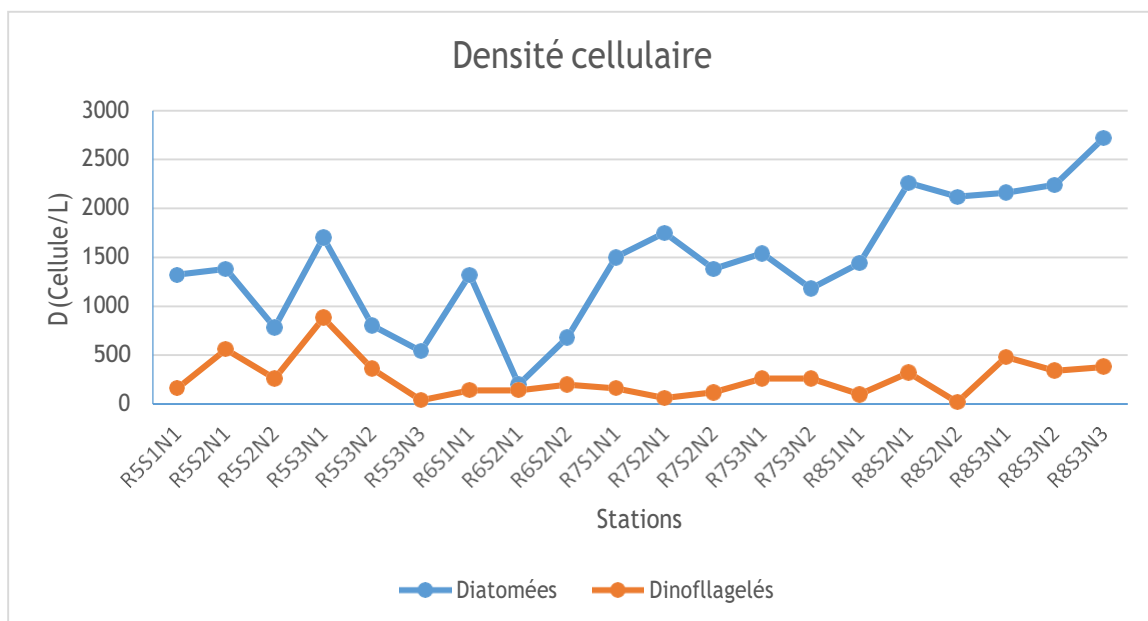


**Figure 17:** Les densités cellulaires (Cellule/L) des Dinoflagellés.

### II.2.2 La densité cellulaire en fonction des stations :

En ce qui concerne les Diatomées, elles sont plus denses dans la station R8S3N3 à Bérard avec une concentration de 2720 Cellule/L, alors que la plus faible densité cellulaire correspond à la station R6S2N1 à Khmisti avec seulement 200 Cellule/L.

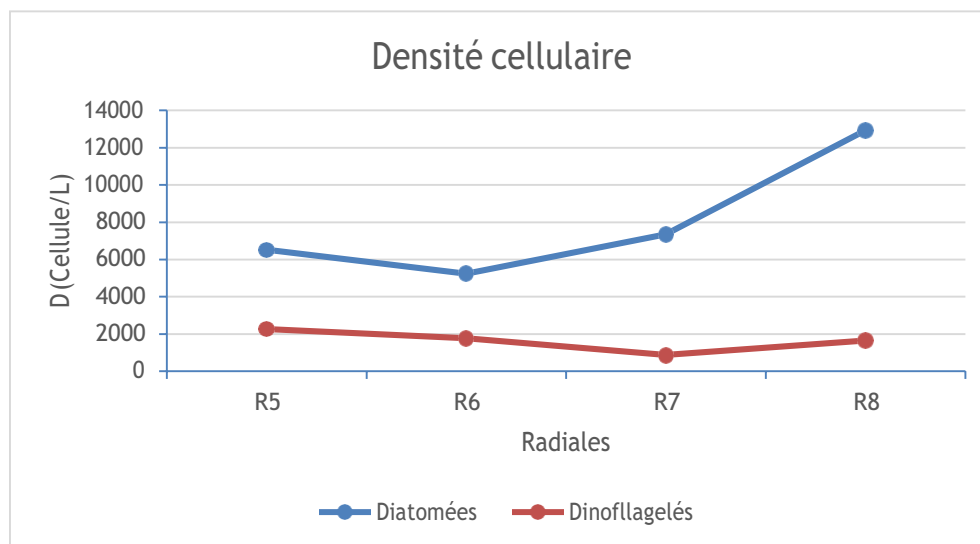
Tandis que, les Dinoflagellés ont une densité cellulaire très élevée dans la station R5S3N1 (880 Cellule/L) à Bouharoun, alors qu'ils sont faiblement denses dans la station R8S2N2 à l'Anse de Kouali avec uniquement 20 Cellule/L. (**Figure 18**)



**Figure 18:** La densité cellulaire (Cellule/L) en fonction des différentes stations.

### II.2.3 La densité cellulaire en fonction des radiales :

La figure (19) montre que la densité maximale des Diatomées est liée à la radiale R8 à Bérard avec 12940 Cellule/L, celle des Dinoflagellés correspond à la radiale R5 à Bouharoun avec 2620 Cellule/L.



**Figure 19:** La densité cellulaire (Cellule/L) en fonction des différentes radiales.

## II.2.4 Variation de la densité cellulaire selon la profondeur:

Nous constatons d'après la figure (20) que la densité cellulaire a tendance à diminuer en fonction de la profondeur dans toutes les radiales. En effet, dans toutes les tranches bathymétriques (0m, 20m et 50m), nous enregistrons clairement que la densité cellulaire la plus élevée correspond à la radiale R8 à Bérard.

Pour la troisième tranche bathymétriques (40m), nous observons que la densité cellulaire de la radiale R8 située à Bérard reste très importante (3100 Cellule/L).

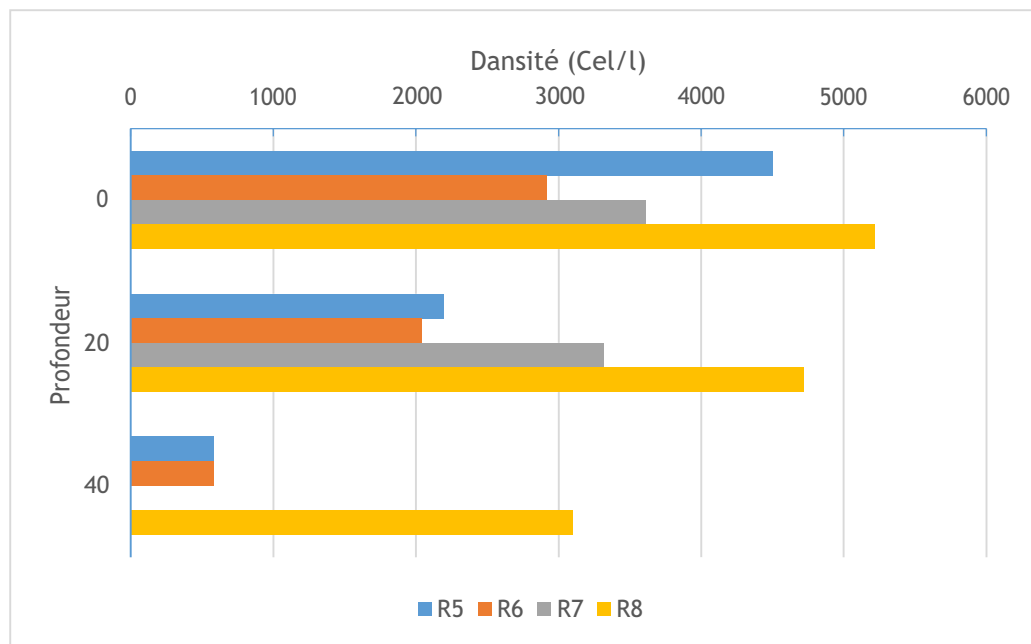
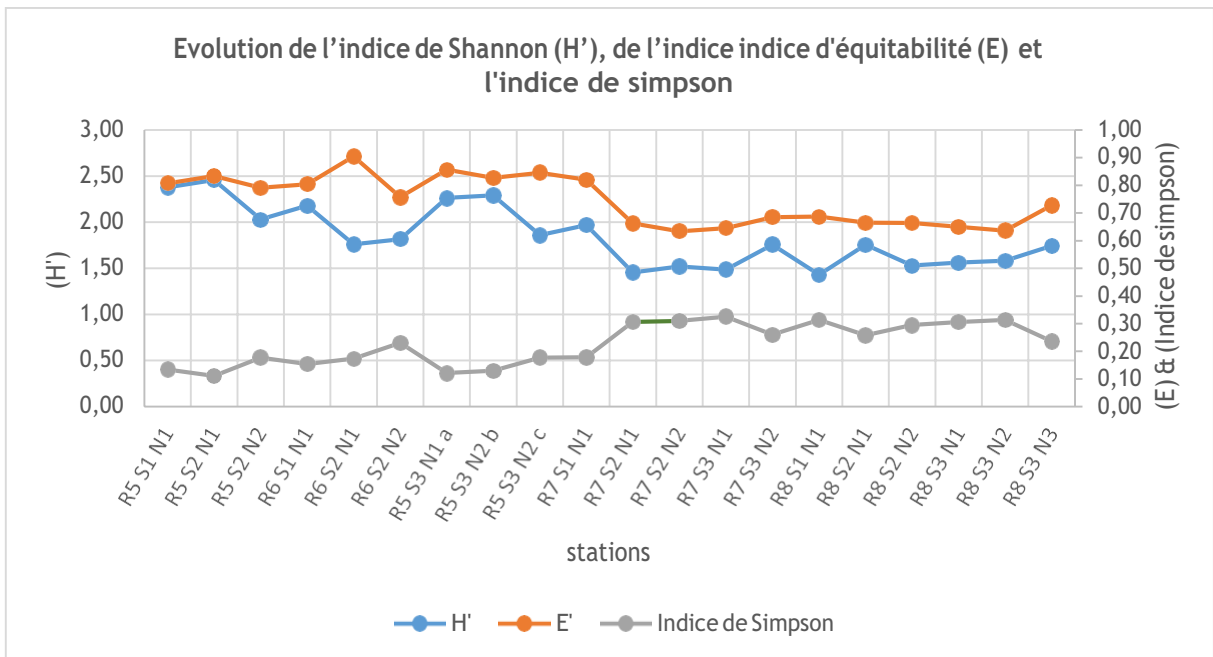


Figure 20: L'évolution de la densité cellulaire (Cellule/L) en fonction de la profondeur.

## II.3 Indice de la diversité spécifique :

### II.3.1 Evolution de l'Indice de Shannon «H'», Indice de Simpson et Indice d'équitabilité «E» selon les stations :



**Figure 21:** Evolution de l'indice de Shannon ( $H'$ ) et de l'indice d'Equitabilité ( $E$ ) et l'indice de Simpson selon les stations.

Les valeurs de l'indice de Shannon calculées sont comprises entre 1,43 et 2,46 bits.

Les valeurs les plus élevées enregistrées correspondent aux stations de la radiale R5 situées à Bouharoun ; R5S2N1 (2,46 bits), R5S1N1 (2,38 bits), R5S3N2 (2,29 bits) et R5S3N1 (2,26 bits). Ces stations sont les plus diversifiées en espèces phytoplanctoniques, car elles présentent des valeurs de l'indice de Shannon ( $H'$ ) proches de la valeur optimale calculée ( $H'_{max}=2,94$  bits).

Pour le reste des stations, les valeurs de l'indice de Shannon ( $H'$ ) sont comprises entre 1,43 et 2,18 bits, ceci implique une diversité relativement moins importante.

En examinant les valeurs de l'indice d'équitabilité ( $E$ ) pour chaque station, nous constatons qu'elles oscillent entre 0,63 et 0,90.

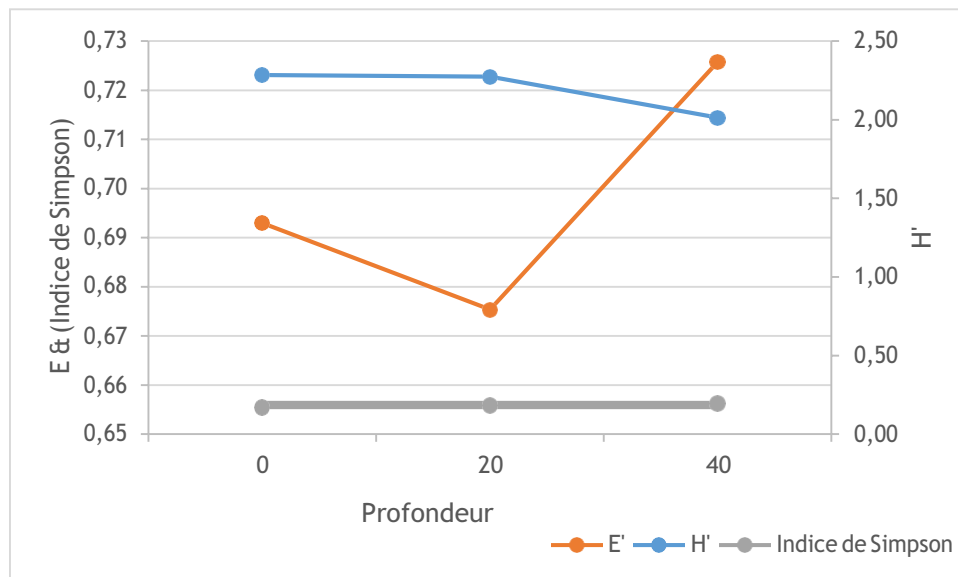
La valeur minimale (0,63) est liée aux deux stations R7S2N2 à l'Anse de Kouali et R8S3N2 à Bérard situées au deuxième niveau bathymétrique (20m), ce qui est expliqué par une dominance spécifique d'une espèce particulière qui est *Navicula sp.*

La station R6S1N1 à Khmisti, présente une équitabilité de 0,8 qui est considérée comme un indice de peuplement équilibré.

L'équitabilité qui tend le plus vers « 1 », est liée à la station R6S2N1 (0,9), cela indique que toutes les espèces ont une abondance égale, et donc une équi-répartition du peuplement phytoplanctonique dans cette zone.

Globalement, toutes les valeurs de l'indice d'équitabilité sont loin de la valeur 0, ceci reflète un peuplement équilibré et diversifié dans la totalité des stations, ceci est confirmé par le calcul de l'indice de Simpson, qui montre des valeurs qui tendent vers 0.

### II.3.2 Evolution de l'indice de Shannon «H'», Indice de Simpson et Indice d'Equitabilité «E» selon la profondeur :



**Figure 22:** Evolution de l'indice de Shannon «H'», Indice de Simpson et Indice d'équitabilité «E» selon la profondeur.

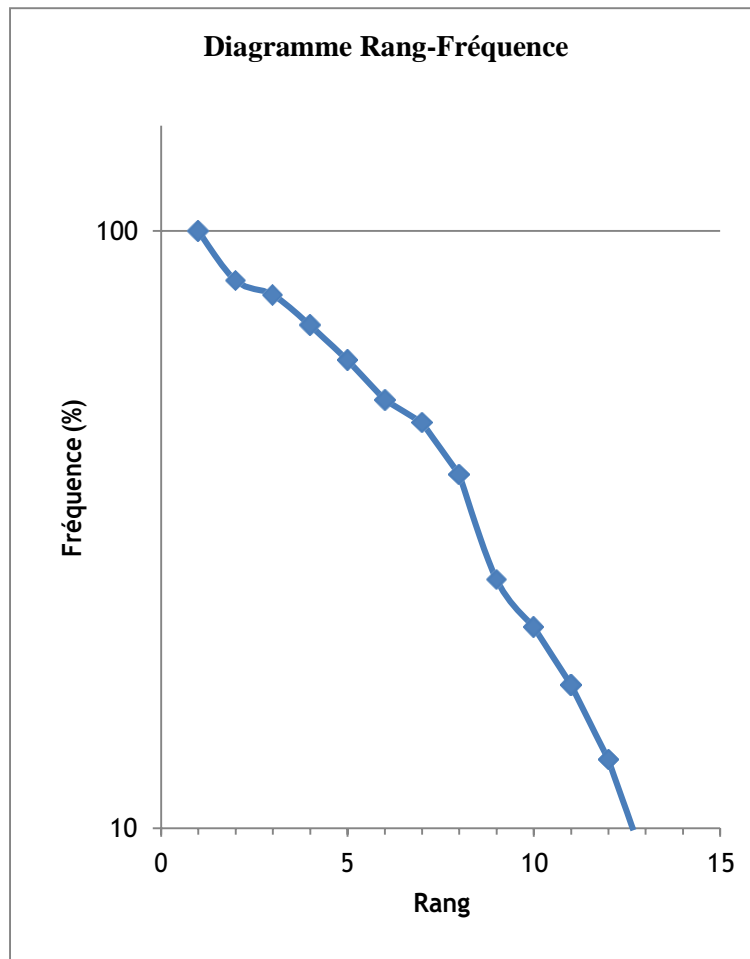
Le calcul de l'indice de Shannon par rapport aux différentes profondeurs a montré que la diversité phytoplanctonique est plus importante en surface et à 20m de profondeur avec des valeurs de  $H'$  comprises entre 2,28 bits 2,27 bits.

En revanche, on remarque que la diversité spécifique est moins importante au-delà de 40m de profondeur avec  $H'=2,01$  bits.

D'après la figure (22) les valeurs de l'indice d'équitabilité varient entre 0,67 et 0,73 bits, ces dernières tendent vers « 1 », cela signifie une répartition équilibrée de la communauté phytoplanctonique tout au long de la profondeur.

Les valeurs de l'indice de Simpson tendent vers 0, ce qui confirme une diversité importante. Nous constatons que les deux premières tranches bathymétriques (de surface, et moins de 20m) sont les plus diversifiées (les valeurs de l'indice de Simpson de 0,17 et 0,18), suivie par la troisième tranche bathymétrique (plus que 40m) qui est légèrement moins diversifiée que les deux première (indice de Simpson égale à 0,20).

### II.3.3 Diagramme Rang-Fréquence (DRF) :



**Figure 23:** Diagramme rang-Fréquences.

La figure (23) représente le diagramme Rang-Fréquence (DRF), il permet le suivi des stades de la succession phytoplanctonique observée au niveau de la zone d'étude, l'observation de l'allure de graphe a permet de distinguer le type de la communauté phytoplanctonique afin de déterminer son stade écologique.

L'analyse du DRF relatif à la communauté phytoplanctonique étudiée a mis en évidence un seul stade qui est le stade I.

Ce dernier est représenté par une courbe ayant une allure concave vers le haut dans sa partie gauche, indiquant la prédominance d'une à deux espèces qui sont *Navicula sp* et *Cylindrotheca sp*.

Cette courbe montre une inflexion par la suite ce qui lui donne une allure convexe dans sa partie droite. Vers les derniers rangs, la chute est rapide pour les espèces rares provoquant une diversité faible comme *Peridinium sp* et *Dactyliosolen sp*.

## II.4 Résultats de L'Analyse en composante principale :

### II.4.1 La matrice de corrélation entre les différents paramètres environnementaux:

La matrice de corrélation nous renseigne ainsi sur l'intensité des liaisons binaires entre chaque couple de paramètres. Généralement, les corrélations sont classées comme forte [ $> 0,75$ ], moyenne [ $0,75 - 0,5$ ] et faible [ $< 0,5$ ].

D'après la matrice, la plus importante corrélation a été trouvée entre le silicium ( $\text{SiO}_2$ ) et les Nitrate ( $\text{NO}_3$ ) (**0,986**).

Des corrélations moyennes ont été enregistrées entre le phosphate ( $\text{PO}_4$ ) et les Nitrite ( $\text{NH}_4$ ) (**0,748**), entre les Silicium ( $\text{SiO}_2$ ) et la densité des Diatomées (**0,685**), et entre les Nitrate ( $\text{NO}_3$ ) et la densité des Diatomées (**0,651**), ainsi qu'entre la température ( $^\circ\text{C}$ ) et la densité des Diatomées (**0,578**).

**Tableau 05:** La matrice de corrélations entre les différents paramètres environnementaux.

	SiO <sub>2</sub>	PO <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	Densité DIA	Densité DINO	Salinité (P.S.U)	T (C°)	O <sub>2</sub> (mg/L)	pH	Prof
SiO <sub>2</sub>	<b>1</b>											
PO <sub>4</sub>	0,145	<b>1</b>										
NH <sub>4</sub>	-0,150	<b>0,748</b>	<b>1</b>									
NO <sub>2</sub>	0,288	0,312	-0,115	<b>1</b>								
NO <sub>3</sub>	<b>0,986</b>	0,070	-0,156	0,213	<b>1</b>							
Densité DIA	<b>0,685</b>	-0,100	-0,283	0,004	<b>0,651</b>	<b>1</b>						
Densité DINO	-0,004	-0,240	-0,286	0,089	0,009	0,277	<b>1</b>					
Salinité (P.S.U)	0,415	-0,230	-0,293	0,198	0,423	0,458	0,209	<b>1</b>				
T (C°)	0,304	0,163	-0,200	0,122	0,196	<b>0,578</b>	<b>-0,166</b>	-0,042	<b>1</b>			
O <sub>2</sub> (mg/L)	-0,307	-0,237	0,095	-0,130	-0,219	<b>-0,536</b>	0,093	-0,008	-0,635	<b>1</b>		
pH	0,125	0,050	-0,289	0,135	0,121	-0,057	-0,155	-0,165	0,113	-0,324	<b>1</b>	
Prof	0,436	0,273	0,343	0,467	0,458	0,001	-0,171	0,113	-0,208	0,037	-0,050	<b>1</b>

#### II.4.2 L'analyse en composantes principale « ACP » :

L'analyse en composantes principale « ACP » et la projection des stations (individus) et des variables hydrologiques sur le plan des axes **I-II** illustrées dans la **Planche 05**.

Les deux premiers axes **I** et **II** contiennent plus de 70 % de l'inertie totale, 52 % est lié à la première composante principale (l'Axe **I**) et 24 % est présentée par la deuxième composante principale (l'Axe **II**).

Sur ce plan (**I** et **II**), certaines variables environnementales (Température, Salinité, Oxygène Dissous, PO<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>) expliquent davantage les densités du phytoplancton.

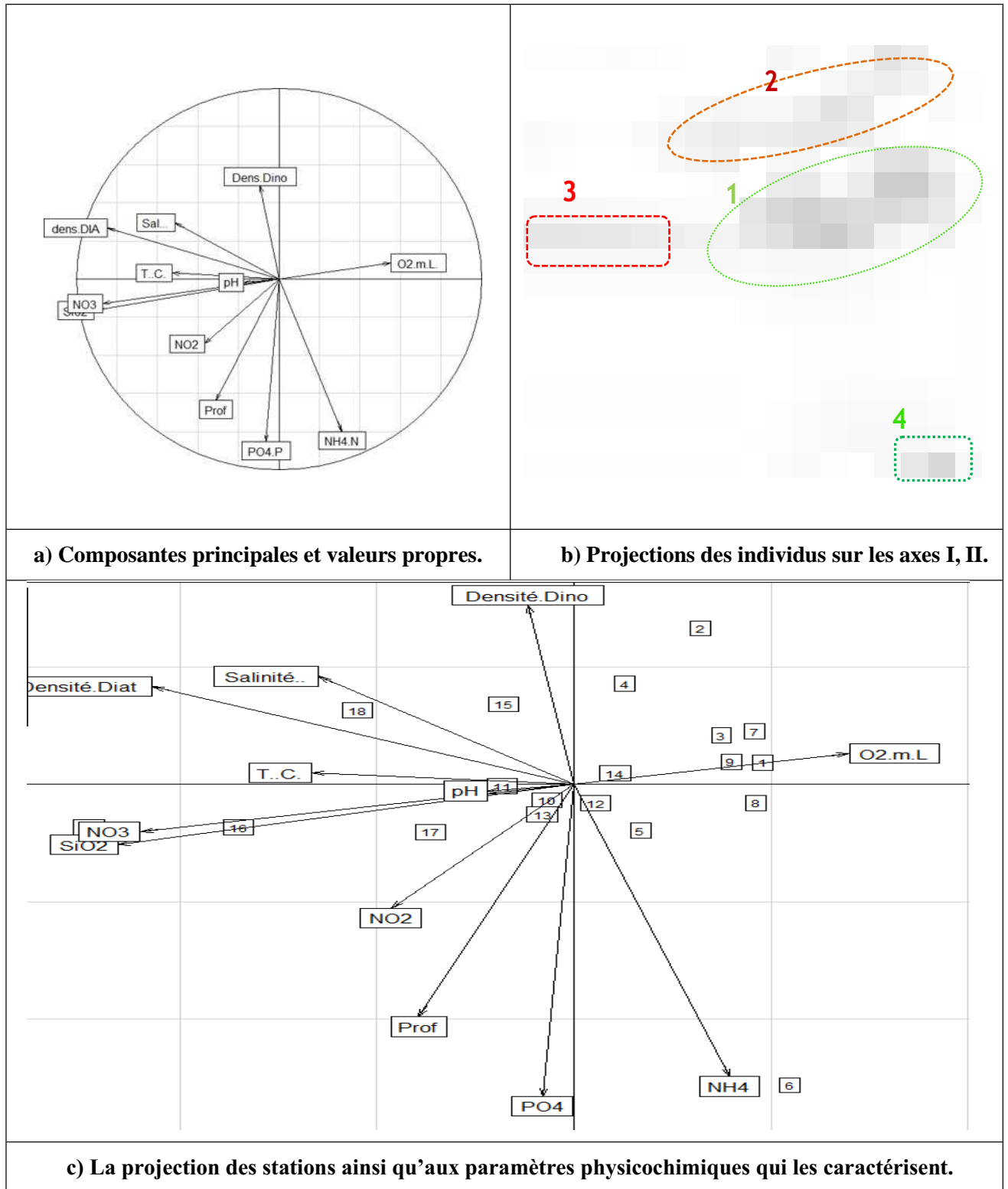
L'Axe **I** est positivement corrélé avec l'Oxygène Dissous, par contre, le pH, la température, la salinité les nitrites NO<sub>3</sub>, et le silicium (SiO<sub>2</sub>) contribuent avec une corrélation négative à la construction de cet Axe **I**.

Quant à l'Axe **II**, la densité des Dinoflagellés est la principale composante qui est liée positivement à la formation de cet Axe.

Selon la projection des stations (20 stations) sur le plan factoriel **I-II** en relation aux paramètres physicochimiques qui les caractérisent, des groupements de stations ont été identifiés. (**Planche 05, b**)

- **Le groupe 1** correspond à des stations (Profondeur entre 0 et 20m) qui présente les valeurs les plus élevées de l'oxygène dissous (OD mg/L), (stations: R6S1N1, R6S2N1, R6S2N2, R5S2N2). Les stations de ce premier group sont toutes situé au site Khemisti (R6) et Bouharoun (R5).
- **Le groupe 2** est constitué de stations peu profondes (0 et 20m) (stations : R8S2N1, R8S3N2, R5S3N1 et R5S2N1) qui sont marquées par des densités relativement importantes en Dinoflagellés. Elles ont des caractéristiques très similaires sur le plan hydrologique; la salinité moyenne est légèrement plus élevée (37,8 P.S.U). Ces stations sont situées à Bérard (R8) et Bouharoun (R5).
- **Le groupe 3** Les deux autres stations (R8S2N2 et R8S3N3), ont fait objet d'un troisième rassemblement qui est caractérisé par une concentration remarquable en Diatomées (densité moyenne de 2420 Cellule/L), ainsi coïncide avec les valeurs optimales des paramètres SiO<sub>2</sub> (Silicium) et NO<sub>3</sub> (Nitrate) mesurés dans ces deux stations situées à Bérard.
- **Le groupe 4** est associé à une seule station R5S3N3 qui se détache en bas à droit de l'Axe **II**, sa position correspondant aux valeurs maximales enregistrées pour les deux variables Ammonium (NH<sub>4</sub>=0.08 mg/L) et phosphates (PO<sub>4</sub>=0.007 mg/L).

**Planche 05:** Les représentations graphiques des résultats de l'ACP réalisé par le logiciel R.



**Clé :** T°C: Température; PO<sub>4</sub>: la concentration du phosphate; NO<sub>3</sub>: la concentration des nitrate; NO<sub>2</sub>: la concentration des Nitrite, **Densité Diat:** Densité des Diatomées, **Densité Dino:** Densité des Dinoflagellés.

## Partie II : Discussion :

L'analyse des échantillons prélevés durant ce travail, a permis de contribuer à une estimation de la composition phytoplanctonique de la baie de Bou-Ismaïl durant la période hivernale, et le début de la période printanière. (Février – Mars 2018).

Ce travail a été effectué sur une totalité de 23 échantillons, les résultats obtenus révèlent la présence de 41 espèces, dont 23 espèces sont des Diatomées et 18 espèces sont des Dinoflagellés.

Les résultats montrent la présence d'autres espèces qui n'appartiennent pas à ces deux classes ; *Dictyocha sp* et *Euglena sp*, ces dernières sont donc répertoriées dans Divers.

Les Diatomées sont dominantes sur la totalité des échantillons analysés, avec une proportion de 65%, suivi par les Dinoflagellés avec 30%, et en fin Divers avec seulement 5%.

Les espèces les plus présentes sont les *Navicula sp*, *Cylindrotheca sp* et *Leptocylindrus sp* pour les Diatomées, en ce qui concerne les Dinoflagellés, *Prorocentrum sp*, *Ceratium sp* et *Heterocapsa sp*.

Nos résultats indiquent la présence d'espèces susceptibles de menacer la vie marine et la santé humaine. Pour les Dinoflagellés, nous mentionnons la présence des espèces *Gymnodinium sp* et *Alexandrium sp* qui peut causer les intoxications paralysantes (PSP) à la consommation humaine par la toxine accumulée dans les bivalves marins (les moules dans les fermes de conchylicole).

La distribution ainsi que la densité cellulaire des espèces phytoplanctoniques signalées durant cette étude est conditionnée et influencée par les conditions physico-chimiques qui règnent au sein de la masse d'eau (e.g. température, salinité, oxygène), ainsi que plusieurs autres facteurs expliqués ci-dessous.

On note la prédominance nette des Diatomées dont les espèces sont près de deux fois plus nombreuses que celles des Dinoflagellés.

➤ Influence des facteurs environnementaux :

Les facteurs environnementaux et l'état de la mer dans la baie de Bou-Ismaïl qui ont précédé notre échantillonnage sont probablement la raison pour laquelle la biomasse algale est plus ou moins faible. (Environ 39810 cellule/L).

La température a une influence majeure sur le phytoplancton, ainsi que sur plusieurs paramètres physico-chimiques de l'eau de mer, d'où la difficulté d'étudier ce paramètre de manière indépendante. (Anderson et *al*, 2000).

Les températures enregistrées durant ce travail oscillent entre 14 et 16° C.

D'après (Baki, 2009), une étude a montré que les Diatomées tendent à dominer entre 5 et 20°C, et 25°C pour les Dinoflagellés.

Les travaux de (Wasmund et *al*, 1998 et 2013) montrent que l'ampleur de la prolifération des Diatomées est contrôlée par la température minimale en hiver. Cette conclusion est soutenue par (Klais et *al*, 2013).

Une succession de Diatomées aux Dinoflagellés se produit dans la plupart des régions de la mer Méditerranée. Les contributions relatives de ces organismes concurrents peuvent varier d'une saison à l'autre et sur plusieurs années, ce qui peut avoir des conséquences sur le fonctionnement des écosystèmes car les Diatomées et les Dinoflagellés diffèrent par leur valeur nutritionnelle. (Wasmund et *al*, 2017)

La lumière peut avoir une influence directe et indirecte sur la communauté phytoplanctonique, étant un facteur déterminant de la photosynthèse. Les profils verticaux de la densité cellulaire en fonction de la profondeur, ont montré une baisse progressive de cette dernière, ceci peut être expliqué par la diminution de l'intensité lumineuse.

➤ Influence des sels nutritifs :

Le phénomène de relargage des sédiments libère des quantités importantes de sels nutritifs, ce qui induit à une richesse en sels minéraux au sein de la colonne d'eau. (Lassus., 1982)

La richesse en silice (SiO<sub>2</sub>) et la température T (°C) sont deux facteurs qui ont une influence capitale sur la fluctuation des Diatomées. (Wasmund et *al*, 2017)

D'après (Hecq, 2007), les Diatomées abondent dans les régions riches en nutriments, En milieu côtier méditerranéen, elles se développent essentiellement au printemps, après l'enrichissement en sels nutritifs des couches de surface par le mélange hivernal.

➤ Influence de l'activité aquacole:

Les résultats obtenus à partir des deux radiales de prélèvement R7 et R8, qui sont proches des fermes conchylicoles de Bérard (Ain Tagourait), et de l'Anse de Kouali, ont montré que le taux des Dinoflagellés est moins élevé que celui des deux autres radiales.

D'après nos résultats, nous pouvons en déduire que la conchyliculture, peut influencer la composition et la diversité phytoplanctonique.

Il est connu que les bivalves sont des organismes filtreurs, bien que de nouvelles voies d'alimentation aient été trouvées (levure, pâtes d'algues.. etc), aucune d'entre elles présente une solution alternative aux microalgues vivantes. En effet, les flagellés unicellulaires constituent l'aliment préférentiel aux larves de bivalves. (Muller-Feuga, 1997)

D'autre part (Cognie *et al*, 2001) ont prouvé que le mucus sécrété par les bivalves élevés dans des fermes conchylicoles, peut orienter la structure de la communauté phytoplanctonique en stimulant le développement de quelques espèces, au préjudice des autres.

Cette étude a montré une richesse quantitative en phytoplancton remarquable avec la diversité des deux groupes principaux (Diatomées et Dinoflagellés).

Les résultats obtenues par l'indice de Shannon montrent des valeurs variant entre 1,43 et 2,46 bits, ce qui confirme avec l'indice de Simpson que le peuplement phytoplanctonique de la baie de Bou-Ismaïl est plus au moins diversifié.

Ce résultat est confirmé par les travaux de Boudjenah (2012), Nefraoui et Tabi(2015) et Chikr *et al* (2016).

Les valeurs de l'indice d'équitabilité sont loin de la valeur 0, ceci peut indiquer un peuplement équilibré.

En ce qui concerne la profondeur, l'indice de Shannon a montré que la diversité phytoplanctonique est plus importante en surface et à 20m de profondeur avec des valeurs de H' comprises entre 2,28 et 2,27 bits.

## **Conclusion :**

L'objectif de cette étude est de contribuer à la description de la dynamique et la diversité des peuplements phytoplanctoniques de la baie de Bou-Ismaïl.

Des prélèvements du phytoplancton sont réalisés dans quatre radiales entre le mois de Février et le mois de Mars 2018, avec la mesure des différents paramètres physico-chimiques ainsi que des sels nutritifs.

- Sur le plan qualitatif, une communauté diversifiée a été observée. En effet, plus de 41 espèces phytoplanctoniques appartenant principalement à deux groupes taxonomiques différents (Diatomées, Dinoflagellés), ont été identifiées.
- Sur le plan quantitatif, les Diatomées représentent 80% de l'abondance totale la composition du peuplement phytoplanctonique, suivi par les Dinoflagellés qui représentent 17% du total. Les autres classes « Divers » sont moins abondantes (3% seulement).
- Sur l'échelle spatiale, toutes les radiales sont dominées par les Diatomées, quant aux Dinoflagellés, leur abondance est plus ou moins importante dans les radiales de Bouharoun (R5) et de Khmisti (R6).
- Concernant la distribution verticale, la densité du phytoplancton reste très importante dans la dernière tranche bathymétrique (au delà de 20m) dans les radiales de Bérard (R7) et de l'Anse de Kouali (R8).
- La distribution et la concentration des sels nutritifs dans les eaux marines influence fortement la structure et la productivité de ce peuplement phytoplanctonique variable et dynamique. En effet, nous avons observé la présence de phosphates et de silice en quantités appréciables au niveau des stations et dans toutes les tranches bathymétriques. Ceci explique la dominance des Diatomées par rapport aux Dinoflagellés dans la zone d'étude.
- Ce travail constitue une contribution à la compréhension du fonctionnement de cet écosystème côtier, et des 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 :

**A. Herbland. (2007) :** La culture du phytoplancton dans les bassins aquacoles : Aspects théoriques et applications pratiques. IFREMER.

**Amblard C. (1987) :** Les successions phytoplanctoniques en milieu lacustre. Ann. Biol.

**Aminot A. et Chaussepied M. (1983) :** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO, Brest.

**Amzil Z. (1993) :** L'acide okadaïque : optimisation de la purification ; nouvelle méthode de détection biologique. Th. Univ. Nantes.

**Amzil Z., Motteau L., 2000.** Toxines amnésiantes en France, analyse par CLHP de l'acide domoïque et ses isomères, bilan 1999 de la surveillance des toxines amnésiantes liées aux efflorescences à *Pseudo-nitzschia* toxiques. Rapp. Intern. Ifremer.

**Anne Rolland (2009) :** Dynamique et Diversité du phytoplancton dans le réservoir marin MARNE (BASSIN VERSANT DE LA SEINE).

**ANRH. (2013) :** Agence National des ressources hydrauliques, Alger.

**Arnaud Muller-Feuga. (1997) :** Microalgues marines : Les enjeux de la recherche, Bilans & Perspectives, IFREMER.

**Azam, F. et Malfatti, F. (2007):** Microbial Structuring of marine ecosystems. Nature Reviews Microbiology.

**B. Cognie, L. Barillé, Y. Rincé. (2001):** Influence of bivalve mucus on growth in a microalgal assemblage, IFREMER.

**Baki, A et Birgin, O. (2009) :** An investigation of primary school teachers proficiency perceptions about measurement and assessment methods : the case of Turkey. Procedia Social and Behavioral Sciences.

**Behrenfeld, M. J., Randerson, J.T., McClain, C.R., Feldman, G.C., Los, S.O., Tucker, C.J., Falkowski, P.G., Field, C.B., Frouin, R., Esaias, W.E., Kolber, D.D et Pollack, N.H. (2001) :** Biospheric primary production during an ENSO transition.

**Bellan, G., (1964) :** Contribution à l'étude systématique, bionomique et écologique des Annélides Polychètes de la Méditerranée. Thèses de doctorat ès-sciences naturelles.

**Bougis Paul. (1974) :** Ecologie du plancton marin. I - Le phytoplancton. EDITION Masson et Cie, Paris.

**Bourrelly P. (1985) :** Les algues bleues et rouges. Les Eugleniens, Peridiniens et Cryptomonadines. Les algues d'eau douce : Tome 3. Boubée Ed & Cie, Paris.

**Braïk, D.J. (1989) :** Etude de La Dynamique Sédimentaire Devant Bou Ismail : Sédimentologie, Morphologie, Problème D'érosion Du Littoral et Aménagements. USTHB.

**C. E. Shannon ET W. Weaver. (1963):** The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press.

**Chao. (1984):** Nonparametric estimation of the number of classes in a population. Scandinavian Journal of Statistics 11.

**CHIKR, F et BADACHE, A. (2016) :** Contribution à l'étude qualitative et quantitative du peuplement phytoplanctonique de la région centre Algérienne. Mém. Master. Univ BLIDA1.

**CNRDPA. (2015) :** Centre National de la Recherche et du Développement de la Pêche et l'Aquaculture. Bou-Ismaïl, Tipaza.

**Dadi Samir. (2002) :** Contribution à l'étude des populations phytoplanctoniques de la région d'Alger au cours de l'automne 1999. Mém. Ing. Etat, I.S.M.A.L, Alg.

**DAGET, J. (1976) :** Les modèles mathématiques en écologie. Masson, Paris.

**Dale, Barrie, and Clarice M Yentsch. (1978):** Red Tide and Paralytic Shellfish Poisoning. Oceanus.

**Eric Marcon. (2016) :** Mesures de la biodiversité. UMR Écologie des forêts de Guyane.

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

**Gerard SEGUIN, Jean-Claude Bragonnot et Bernard Elkaim. (1997) :** Que sais-je ? Le plancton. PRESSES UNIVERSITAIRES DE France.

**Goffart A., Hecq J.H. et Legendre L. (2002).** Changes in the development of the winter-spring phytoplankton bloom in the Bay of Calvi (NW Mediterranean) over the last two decades: a response to changing climate?

**Grall J, et Coic N. (2006) :** Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. IFREMER.

**H. Simpson. (1949):** Measurement of diversity ». Nature 163.4148.

- Hackett, Jeremiah D., Donald M. Anderson, Deana L. Erdner, and Debashish Bhattacharya. (2004):** Dinoflagellates: A Remarkable Evolutionary Experiment. American Journal of Botany.
- Hays G.C., Richardson A.J. et Robinson C. (2005).** Climate change and marine plankton. Trends Ecol. Evol.
- Illoul H. (1991) :** Contribution à l'étude qualitative, quantitative et structurale des populations phytoplanctoniques au large du cap Caxine (Région Algéroise). Thèse Magistère, I.S.M.A.L Univ.A
- Jamet J.L., Jean N., Bogé G., Richard S. et Jamet D. (2005):** Plankton succession and assemblage structure in two neighbouring littoral ecosystems in the north-west Mediterranean Sea. Mar. Freshw.
- Jaquet, Laurence & Jauniaux, Jean-Claude. (1999):** Disruption and basic function analysis of five chromosome X novel ORFs of *Saccharomyces cerevisiae* reveals YJL125c as an essential gene for vegetative growth Yeast.
- Jean-Henri HECQ et Anne GOFFART. (2007) :** Diversité de l'écosystème planctonique de la baie de Calvi, Projet financé par l'agence de l'eau RMC.
- Klais, R., Tamminen, T., Kremp, A., Spilling, K., An, B. W., Hajdu, S, (2013):** Spring phytoplankton communities shaped by interannual weather variability and dispersal limitation: mechanisms of climate change effects on key coastal primary producers. Limnol. Oceanogr.
- Krom M.D., Kress N., Brenner S. et Gordon L.I. (1991):** Phosphorus limitation of primary productivity in the eastern Mediterranean Sea. Limnol. Oceanogr.
- Lassus Patrick, Andresen Leitao, Maria Da Paz, Maggi Pierre, Le Baut Claire, Chauvin Jacky, Truouet Philippe (1982) :** Phytoplancton des zones mytiques de la baie de Vilaine et intoxication par les coquillages. *Revue des Travaux de l'Institut des Pêches Maritimes*,
- Lassus, P. Paulmier, G. & Le Baut, C. (1988)** Rôle du phytoplancton dans les perturbations des écosystèmes côtiers et estuariens. IFREMER.
- Laurent, Dominique. (1993) :** La Ciguatera: Une Intoxication Liée À La Consommation de Poissons Tropicaux. Annales de La Société Belge de Médecine Tropicale.

**Lepere, Cécile, MikihideDemura, MasanobuKawachi, Sarah Romac, Ian Probert, and Daniel Vaultot. (2011):** Whole-Genome Amplification (WGA) of Marine Photosynthetic Eukaryote Populations. FEMS Microbiology Ecology.

**Luis Lampert (2001) :** Dynamique saisonnière et variabilité pigmentaire des populations phytoplanctoniques dans l'Atlantique Nord (GOLFE DE GASCOGNE).

**Margalef R. (1958) :** Temporal succession and spatial heterogeneity in phytoplankton. In [Ed.] A.A. Buzzati-Traverso. Perspectives in marine biology. University of California Press, Berkeley.

**Marty J.C., Chiaverini J., Pizay M.D. et Avril B. (2002) :** Seasonal and interannual dynamics of nutrients and phytoplankton pigments in the western Mediterranean Sea at the DYFAMED time-series station (1991-1999). Deep-Sea.

**Mollo, Pierre, and Anne Noury. (2013) :** Le Manuel Du Plancton.

**Nadège Rossi. (2008) :** Écologie des communautés planctoniques méditerranéennes et étude des métaux lourds (Cuivre, Plomb, Cadmium) dans différents compartiments de deux écosystèmes côtiers, Thèse (Toulon, France)

**Nadine NEAUD MASSON. (2015) :** Observation et dénombrement du phytoplancton marin par microscopie optique photonique – Spécifications techniques et méthodologiques appliquées au REPHY. IFREMER

**Naselli-flores L. (2000) :** Phytoplankton assemblages in twenty-one Sicilian reservoirs : relationships between species composition and environmental factors. Hydrobiologia.

**Nefraoui H, Tabi NH. (2015) :** Dynamique et diversité du phytoplancton de la cote algérienne. Mém. Ing. Etat. ENSSMAL, Alg.

**Okumura Y., Yamashita Y. et Kohno Y. (2004).** Bioaccumulation of PCDD/Fs and Co-PCBs in lower-trophic-level organisms in Sendai Bay, Japan. Water Air Soil Pollut.

**Paul R. Lepage, et Mary C. Mayhew. (2009):** Diarrhetic Shellfish Poisoning. Maine Center for Disease Control and Prevention, an office of the Department of Health and Human Services (Fact Sheet).

**Person, J. (2011) :** Livre Turquoise - Algues, Filière Du Future. Actes Du Colloque Adebitech, Romainville.

**PRESCOTT .M , Szczepan Nowakowski .P, Gavin, Phillip Nagley, James C. Whisstock and Rodney J. Devenus. (2003) :** Subunit  $\gamma$ -Green Fluorescent Protein Fusions Are Functionally Incorporated into Mitochondrial F1F0-ATP Synthase, Arguing Against a Rigid Cap Structure at the Top of F1.

**Regaudie-de-Gioux, A., Duarte, C.M., (2012):** Temperature dependence of planktonic metabolism in the ocean. *Global Biochemical Cycles*.

**Reich, Andrew, Rebecca Lazensky, Jeremy Faris, Lora E. Fleming, Barbara Kirkpatrick, Sharon Watkins, Steve Ullmann, Kate Kohler, and Porter Hoagland. (2015) :** Assessing the Impact of Shellfish Harvesting Area Closures on Neurotoxic Shellfish Poisoning (NSP) Incidence during Red Tide (*Karenia Brevis*) Blooms. *Harmful Algae* (March).

**Reviere, Bruno de, Gilles. Bosquet, Laurent. Blondel, and Catherine Martin. (2003) :** *Biologie et Phylogénie Des Algues. Tome 2. Paris : Belin.*

**Sandgren C. D. (1988) :** Growth and reproductive strategies of freshwater phytoplankton. Cambridge University Press. Cambridge.

**Sous-comité fédéral-provincial sur l'eau potable, Santé Canada. (1998) :** Les toxines des microcystines dans l'eau potable. Documentation pour consultation publique.

**Teitelbaum, Jeanne S., Robert J. Zatorre, Stirling Carpenter, Daniel Gendron, Alan C. Evans, Albert Gjedde, and Neil R. Cashman. (1990):** Neurologic Sequelae of Domoic Acid Intoxication Due to the Ingestion of Contaminated Mussels. *New England Journal of Medicine*.

**Thingstad T.F., Zweifel U.L. et Rassoulzadegan F. (1998) :** P limitation of heterotrophic bacteria and phytoplankton in the northwest Mediterranean. *Limnol. Oceanogr.*

**Toseland, A., Daines, S.J., Clark, J.R., Kirkham, A., Strauss, J., Uhlig, C., Lenton, T.M., Valentin, K., Pearson, G.A., Moulton, V., Mock, T., (2013) :** The impact of temperature on marine phytoplankton resource allocation and metabolism. *Nature Climate Change*.

**Utermöhl H. (1958) :** Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Methodik. *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*

**Vidal M. et Duarte C.M. (2000).** Nutrient accumulation at different supply rates in experimental Mediterranean planktonic communities.

**Wasmund, N., Kownacka, J., Göbel, J., Jaanus, A., Johansen, M. and Jurgensone, I. (2017):** The Diatom/Dinoflagellate index as an indicator of ecosystem changes in the BalticSea. 1. Principle and handling instruction. Front. Marine Sci.

**Wasmund, N., Nausch, G., and Feistel, R. (2013):** Silicate consumption: an indicator for long term trends in springdiatomdevelopment in the BalticSea. J. Plankton.

**Wasmund, N., Nausch, G., and Matthäus, W. (1998):** Phytoplanktonspring blooms in the southernBalticSea - spatio-temporaldevelopment and long-term trends. J. Plankton.

**WETZEL, ROBERT G. (2001):** THE PHOSPHORUS CYCLE. In Limnology.

**Wright, C D, and J E Low. (1989):** Formation of ChloramineDerivatives of Histamine : Role of Histamine Chloramines in Bronchoconstriction.Biochemical and BiophysicalResearch Communications.

**Zingone A., Casotti R., d'Alcala M.R., Scardi M. et Marino D. (1995) :** the case of an autumnphytoplankton bloom in the Gulf of Naples (MediterraneanSea). J.Plankton.

### **Références Bibliographique des ouvrages d'identification :**

**Lizeth Botes, (2001) :** Phytoplankton Identification Catalogue, Saldanha Bay, South Africa.  
GLOBALLAST MONOGRAPH SERIES NO.7

**E. NEZAN, G. PICLET et H. GROSSEL. (1997) :** Guide pratique à l'usage des analystes du  
phytoplankton. IFREMER.

**Nadine NEAUD-MASSON, Camille Blondel, Alain Lefebvre, Pascale Hébert, Danièle  
Maurer, Claire Meteigner, Myriam Rumèbe-Perrière, Guillaume Wacquet. (2015) :**  
Catalogue illustré des images ZooPhytoImage utilisé dans le cadre du REPHY 2015 (IFREMER)

Phytoplankton Identification: a look at the tiny drifters along the California coast. Kudela LAB,  
Biological Oceanography. University of California, Santa Cruz.

### **Webographie:**

**World Register Of Marine Species (WORMS):** <http://www.marinespecies.org/>

## Annexe 01 : Inventaire des espèces trouvées :

Classe	Ordre	Famille	Genre	Espèce	
Diatomées	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula</i>	<i>Sp</i>	
			<i>Pleurosigma</i>	<i>Sp</i>	
		Diploneidaceae	<i>Meuniera</i>	<i>Sp</i>	
	Rhizosoleniales	Rhizosoleniaceae	<i>Diploneis</i>	<i>Sp</i>	
			<i>Proboscia</i>	<i>Sp</i>	
			<i>Dactyliosolen</i>	<i>Sp</i>	
			<i>Rhizosolenia</i>	<i>Sp</i>	
	Thalassiosirales	Lauderiaceae	<i>Guinardia</i>	<i>Sp</i>	
			<i>Lauderia</i>	<i>Sp</i>	
			Thalassiosiraceae	<i>Thalassiosira</i>	<i>Sp</i>
	Bacillariales	Bacillariaceae	skeletonemaceae	<i>Detonula</i>	<i>Sp</i>
			<i>Nitzschia</i>	<i>Sp</i>	
			<i>Pseudo-Nitzschia</i>	<i>Sp</i>	
	Hemiaulales	Hemiaulaceae	<i>Cylindrotheca</i>	<i>Sp</i>	
			<i>Eucampia</i>	<i>Sp</i>	
	Lithodesmiales	Lithodesmiaceae	<i>Cerataulina</i>	<i>Sp</i>	
Melosirales	Melosiraceae	<i>Ditylum</i>	<i>Sp</i>		
Chaetocerotanae	Chaetocerotaceae	<i>Melosira</i>	<i>Sp</i>		
Coscinodiscales	Coscinodiscaceae	<i>Chaetoceros</i>	<i>Sp</i>		
Thalassiophysales	Catenulaceae	<i>Coscinodiscus</i>	<i>Sp</i>		
Surirellales	Entomoneidaceae	<i>Amphora</i>	<i>Sp</i>		
Leptocylindrales	Leptocylindraceae	<i>Entomoneis</i>	<i>Sp</i>		
Dinoflagelés	Licmophorales	Licmophoraceae	<i>Leptocylindrus</i>	<i>Sp</i>	
	Peridinales	Protoperidiniaceae	<i>Licmophora</i>	<i>Sp</i>	
			<i>Protoperidinium</i>	<i>Sp</i>	
		Peridiniaceae	<i>Heterocapsa</i>	<i>Sp</i>	
			<i>Peridinium</i>	<i>Sp</i>	
	Prorocentrales	Prorocentraceae	<i>Scrippsiella</i>	<i>Sp</i>	
			<i>Prorocentrum</i>	<i>P.micans</i> <i>P.triestinum</i>	
	Peridinales	Oxytoxaceae	<i>Oxytoxum</i>	<i>Sp</i>	
	Dinophysiales	Dinophysiaceae	<i>Oxyphysis</i>	<i>Sp</i>	
			<i>Dinophysis</i>	<i>Sp</i>	
	Gymnodiniales	Gymnodiniaceae	<i>Gymnodinium</i>	<i>Sp</i>	
	Gymnodiniales	Gymnodiniaceae	<i>Katodinium</i>	<i>Sp</i>	
			<i>Gyrodinium</i>	<i>Sp</i>	
			<i>Amphidinium</i>	<i>Sp</i>	
			<i>Akashiwo</i>	<i>Sp</i>	
	Gonyaulacales	Goniodomataceae	<i>Alexanderium</i>	<i>Sp</i>	
Ceratiaceae		<i>Ceratium</i>	<i>C. lineatium</i>		
			<i>C.furca</i>		
			<i>C.fusus</i>		
			<i>Ceratium</i>		
Gonyaulacaceae	<i>Gonyaulax</i>	<i>Sp</i>			
	<i>Lingulodinium</i>	<i>Sp</i>			
Pyrocystaceae	Pyrocystaceae	<i>Pyrocystis</i>	<i>Sp</i>		

## Annexe 02 : Le protocole de préparation du Lugol

### Tableaux : Composition chimique & dosage :

<b>Eau distillée</b>	100 ml
<b>Iodure de potassium</b>	2 g
<b>Iode</b>	1 g

### Méthode de préparation :

Dissoudre 100 g de KI (Iodure de potassium) dans 11 d'eau distillée ou déminéralisée, puis ajouter 50 g d'iode (Cristallin), agiter jusqu'à dissolution et ajouter 100 g d'acétate de Sodium (CH<sub>3</sub>COO-Na).

Lorsque la solution est proche de la saturation, il convient d'éliminer tout précipité éventuel en faisant décanter la solution avant l'utilisation.

L'utilisation de 5 ml de solution de Lugol par litre d'échantillon est la norme.

Cependant, cela dépend de la densité des algues : dans le cas des eaux mésotrophes et particulièrement oligotrophes, plus de 2 ml peuvent déjà provoquer une sursaturation ce qui rend les algues difficiles à identifier, auquel cas il convient de diminuer la quantité de liquide de Lugol.

Généralement, il convient d'ajouter suffisamment de liquide de Lugol pour faire virer la couleur de l'échantillon au jaune paille ou couleur Cognac.



## Résumé :

Le présent travail s'inscrit dans une démarche de détermination de la structure du peuplement phytoplanctonique de la baie de Bou Ismail.

L'objectif principale de cette étude est de faire une évaluation quantitative et qualitative afin d'explorer la diversité de la communauté phytoplanctonique et de comprendre sa dynamique. Des prélèvements sont réalisés entre les mois de Février et de Mars **2018** durant la campagne scientifique « **Plancton - Février – 2018** » du **CNRDPA**.

Les paramètres physico-chimiques de l'eau sont mesurés *in situ* dans toutes les stations par un Multi- paramètre.

Un total de **41** espèces est identifié, les résultats montrent que la composition phytoplanctonique de la zone étudiée est dominée par les Diatomées suivi par les Dinoflagellés.

La dynamique de la communauté phytoplanctonique étudiée par les indices de diversités et le diagramme Rangs-Fréquences dévoilent que le peuplement est mature et équilibré.

**Mots clé :** Phytoplancton, Baie de Bou-Ismail, Diatomées, Dinoflagellés, Dynamique, Diversité.

**Abstract :**

Ecological studies of phytoplankton are of major interest because these organisms constitute the food web basis. In coastal ecosystems phytoplankton communities are subjected to anthropogenic inputs which could influence their ecology and growth.

The framework of this study is the determination of the dynamics of phytoplankton populations, their structure and ecology in the Bay of Bou-Ismaïl.

Samples were taken in the period between February and March 2018. The physic-chemical characteristics of the sea water were measured *in situ* along with nutrient salts.

A total of 41 species were identified. According to the results, the phytoplankton population is dominated by Diatoms followed by Dinoflagellates.

**Keywords:** Phytoplankton, Bay of Bou-Ismaïl, Diatom, Dinoflagellates.

## ملخص :

هذا العمل هو جزء من عملية تحديد هيكل مجتمع العوالق النباتية البحرية في منطقة خليج بوسماعيل. هدف الدراسة هو إجراء تقييم كمي ونوعي لاستكشاف التنوع البيولوجي في تركيبة مجتمع العوالق النباتية البحرية بهذه المنطقة. تم أخذ عدة عينات في الفترة القائمة بين شهر فيفري و شهر مارس سنة 2018 و قد تم ذلك خلال الرحلة البحرية العلمية المنظمة من طرف المركز الوطني للبحث و التطوير في الصيد البحري و تربية المائيات. أوضحت النتائج المتحصل عليها هيمنة مجتمع الدياتوم يليها مجتمع الدينوفالجيليت، كما أظهرت نتائج الدراسات الإحصائية وجود تنوع ملحوظ في الأصناف المكتشفة.

الكلمات المفتاحية : العوالق النباتية، خليج بوسماعيل، التنوع البيولوجي.