

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 DE L'OBTENTION DU DIPLÔME
D'INGENIEUR D'ETAT EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : ENVIRONNEMENT

Thème :

**Contribution à l'étude du phytoplancton nocif dans
des zones confinées de la région d'Alger (Port et plage
d'El-Djamila, port et plage de Sidi-Fredj)**

Présenté par :

- ❖ DJERIOUI Naziha Narimene
- ❖ HAMMOUCHE Fatma-Zohra

Soutenu le 29/09/2015 devant le jury suivant :

| | | |
|-------------------------------------|--|----------------------|
| M^{me} KORICHI. H | Maître Assistante A (ENSSMAL) | Présidente |
| M^{elle} LOUANCHI. F | Professeur (ENSSMAL) | Examinatrice |
| M^r BOUDJENAH. M | Attaché de Recherche (CNRDPA) | Examinateur |
| M^{elle} ILLOUL. H | Maître de Conférences B (ENSSMAL) | Promotrice |
| M^{elle} LAOUAR. A | Maître Assistante A (ENSSMAL) | Co-Promotrice |

Promotion : 2014/2015

Dédicace

A mon Epoux

A mes chers Parents

A mes Sœurs

A mon Frère

A mes futures Enfants

A mon binôme Djoudji

Djérioui Nazha Narimene

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents qui m'ont entouré par amour et tendresse

Mes frères et mes sœurs qui j'aime très fort

Amina, Nesrine, Rabah

Karima et Abdou

Toute ma famille et mes amis spécialement

Meriem Bouchikh

Et bien sûr mon binôme Naziha

Hammouche Fatma-Zohra

Remerciements

Nous tenons à remercier le bon Dieu qui nous a procuré tout l'aide et qui nous a éclairé notre chemin

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à

M^{me} la présidente des membres de jury :

M^{me} Korichi H.S

Et nos examinateurs :

M^{elle} Louanchi F

Mr Boudjenah M

D'avoir honoré de leur présence et d'avoir accepté d'évaluer notre modeste travail.

Nos plus vifs remerciements s'adressent à notre promotrice M^{elle} Illoul, qui nous a guidé, et conseillé durant notre travail.

Nous tenons à remercier notre Co-promotrice M^{elle} Laouar qui nous a aidé et encouragé.

Mais aussi un grand remerciement à tous le personnel du laboratoire de recherche de Sidi-Fredj, qui nous ont bien accueillis, spécialement M^{me} Bamoune et M^{me} Boudjellal.

Nos remerciements et notre gratitude, pour tous les professeurs de l'ENSSMAL qui nous ont soutenu et éclairé le chemin de l'avenir.

Ainsi que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin, à la réalisation de ce mémoire.

Liste des tableaux

Chapitre 1

Tableau 1.1 : Exemples d'espèces ichtyotoxiques, espèces génératrice de bloom et espèces toxiques modes d'action et effets délétères (d'après Hallegareff, 1993 ; GEOHAB, 2001 ; Thébaud et *al.*, 2005 *in* Illoul, modifié).....27

Chapitre 2

Tableau 2.1 : Codes des stations d'échantillonnage.....33

Chapitre 3

Tableau 3.1 : Concentrations minimales et maximales d'ammonium ($\mu\text{mol/l}$) au niveau des zones de Sidi-Fredj et El-Djamila en Février et Mai.....50

Tableau 3.2 : Concentrations minimales et maximales des nitrates ($\mu\text{mol/l}$) au niveau des zones de Sidi-Fredj et El-Djamila en Février et Mai.....51

Tableau 3.3 : Concentrations minimales et maximales des nitrites ($\mu\text{mol/l}$) au niveau des zones de Sidi-Fredj et El-Djamila en Février et Mai.....52

Tableau 3.4 : Concentrations minimales et maximales des phosphates ($\mu\text{mol/l}$) au niveau des zones de Sidi-Fredj et El-Djamila en Février et Mai.....53

Tableau 3.5 : Concentrations minimales et maximales de la silice ($\mu\text{mol/l}$) au niveau des zones de Sidi-Fredj et El-Djamila en Février et Mai.....54

Tableau 3.6 : Les densités minimales et maximales (cellules/litre) des différents groupes phytoplanctoniques en février et Mai au niveau des ports et plages de la zone de Sidi-Fredj et El-Djamila.....57

Tableau 3.7 : Pourcentages des groupes phytoplanctoniques aux niveaux des différentes stations.58

Tableau 3.8 : Le BPR des espèces au niveau des différentes stations.....59

Tableau 3.9 : résumé des différentes espèces nuisibles et/ou toxiques.....79

Tableau 3.10 : L'indice de Shannon, indice d'équitabilité, nombre d'espèces, espèce dominante et son pourcentage au niveau des différentes stations pendant Février.....80

Tableau 3.11 : L'indice de Shannon, indice d'équitabilité, nombre d'espèces, espèce dominante et son pourcentage au niveau des différentes stations pendant Mai.....82

Liste des figures

Chapitre 1

| | |
|--|----|
| Figure 1.1: Schéma représentant une diatomée pennée..... | 18 |
| Figure 1.2: Schéma représentant une diatomée centrique..... | 19 |
| Figure 1.3: Schéma représentant un dinoflagellé | 20 |
| Figure 1.4 : Schéma représentant un coccolithophoride..... | 21 |
| Figure 1.5 : Schéma représentant une euglénophycée..... | 22 |

Chapitre 2

| | |
|--|----|
| Figure 2.1: Baie d'El-Djamila (Google earth, 2015)..... | 39 |
| Figure 2.2 : Port El-Djamila (EGPP, 2015)..... | 30 |
| Figure 2.3 : a : Plage Sidi-Fredj b : Port Sidi-Fredj..... | 31 |
| Figure 2.4 : a : Plage El-Djamila b : Port El-Djamila..... | 32 |
| Figure 2.5 : Conductimètre, type WTW cond..... | 35 |
| Figure2.6: l'autoanalyseur (SKALAR San plus)..... | 36 |
| Figure 2.7 : microscope optique, type ZEISS modèle IM3..... | 40 |
| Figure 2.8 : Etapes de préparation de l'échantillon pour l'observation microscopique..... | 41 |
| Figure 2.9 : Digrammes Rangs-Fréquences (Frontier, 1976)..... | 46 |

Chapitre 3

| | |
|---|----|
| Figure 3.1 : Variation spatio-temporelle de la température en février et Mai au niveau des ports et plages de la zone de Sidi-Fredj et El-Djamila..... | 48 |
| Figure 3.2 : Variation spatio-temporelle de la salinité en février et Mai au niveau des ports et plages de la zone de Sidi-Fredj et El-Djamila..... | 49 |

| | |
|--|----|
| Figure 3.3 : Variation spatio-temporelle des concentrations en ammonium en février et Mai au niveau des ports et plages de la zone de Sidi-Fredj et El-Djamila..... | 51 |
| Figure 3.4 : Variation spatio-temporelle des concentrations en nitrates en février et Mai au niveau des ports et plages de la zone de Sidi-Fredj et El-Djamila..... | 52 |
| Figure 3.5 : Variation spatio-temporelle des concentrations en nitrites en février et Mai au niveau des ports et plages de la zone de Sidi-Fredj et El-Djamila..... | 53 |
| Figure 3.6 : variation spatio-temporelle des concentrations en phosphates en février et Mai au niveau des ports et plages de la zone de Sidi-Fredj et El-Djamila..... | 54 |
| Figure 3.7 : Variation spatio-temporelle des concentrations en silice en février et Mai au niveau des ports et plages de la zone de Sidi-Fredj et El-Djamila..... | 55 |
| Figure 3.8: Variation spatio-temporelle des groupes phytoplanctoniques en février et Mai au niveau des ports et plages de la zone de Sidi-Fredj et El-Djamila..... | 57 |
| Figure 3.9 : Diagrammes Rangs-Fréquences..... | 87 |

Liste des photos des espèces

(Par : HAMMOUCHE Fatma-Zohra et DJERIOUI Naziha)

Chapitre 3

| | |
|---|----|
| Photo 3.1: <i>Navicula spp.</i> | 60 |
| Photo 3.2: <i>Licmophora abbreviata</i> | 61 |
| Photo 3.3: <i>Cylindrotheca closterium</i> | 62 |
| Photo 3.4: <i>Thalassionema nitzschioides</i> | 62 |
| Photo 3.5: <i>Bacillaria paradoxa</i> | 63 |
| Photo 3.6: <i>Protoberidinium sp.</i> | 64 |
| Photo 3.7: <i>Thalassiosira sp.</i> | 66 |
| Photo 3.8: <i>Leptocylindrus danicus</i> | 66 |
| Photo 3.9: <i>Chaetoceros sp.</i> | 67 |
| Photo 3.10: <i>Neoceratium furca</i> | 68 |
| Photo 3.11: <i>Neoceratium fusus</i> | 69 |
| Photo 3.12: <i>Protoberidinium quinquecorne</i> | 69 |
| Photo 3.13: <i>Prorocentrum micans</i> | 70 |
| Photo 3.14: <i>Prorocentrum triestinum</i> | 71 |
| Photo 3.15: <i>Noctiluca scintillans</i> | 72 |
| Photo 3.16: <i>Eutreptiella sp.</i> | 73 |
| Photo 3.17: <i>Holococcolithophora sphaeroidea</i> | 74 |
| Photo 3.18: <i>Pseudo-Nitzschia spp.</i> | 76 |
| Photo 3.19: <i>Gymnodinium catenatum</i> | 77 |
| Photo 3.20: <i>Amphidinium carterae</i> | 77 |
| Photo 3.21: <i>Dinophysis acuminata</i> | 78 |

Liste des abréviations

- **Diat** : diatomées
- **Dino** : dinoflagellés
- **Euglé** : euglenophycées
- **Cocco** : coccolithophorides
- **BPR** : Benthic to Pelagic Ratio
- **Max** : maximale
- **Min** : Minimum
- **Nbre** : nombre
- **Dj** : El-Djamila
- **SF** : Sidi-Fredj

Sommaire

| | |
|---------------------------|----|
| Introduction | 14 |
|---------------------------|----|

Chapitre 1. Généralités

| | |
|---|----|
| 1.1. Généralité sur le phytoplancton..... | 18 |
| 1.1.1. Classe des diatomées..... | 18 |
| 1.1.2. Classe des dinoflagellés..... | 19 |
| 1.1.3. Classe des Coccolithophorides..... | 21 |
| 1.1.4. Classe des euglénophycées..... | 22 |
| 1.2. Généralités sur le phytoplancton nocif/toxique | 23 |
| 1.2.1. Espèces toxiques..... | 23 |
| 1.2.2. Espèces non toxiques génératrices de blooms..... | 25 |
| 1.2.3. Espèces ichtyotoxiques..... | 26 |

Chapitre 2. Matériels et Méthodes

| | |
|--|----|
| 2.1. Zone d'étude..... | 29 |
| 2.1.1. La presqu'île de Sidi-Fredj..... | 29 |
| 2.1.2. La zone d'El-Djamila..... | 30 |
| 2.2. Choix et localisation des stations..... | 33 |
| 2.3. Prélèvement des échantillons..... | 34 |
| 2.4. Etude des paramètres physiques..... | 34 |
| 2.5. Etude des paramètres chimiques..... | 35 |
| 2.5.1. Sels nutritifs..... | 35 |
| 2.5.2. Principe des dosages des sels nutritifs dans l'eau..... | 37 |
| 2.6. Etude biologique..... | 38 |

| | |
|--|----|
| 2.6.1. La détermination du phytoplancton par la méthode d'Uthermohl..... | 38 |
| 2.7. Indicateur de la contribution des espèces benthiques (BPR)..... | 42 |
| 2.8. Analyses mathématiques..... | 42 |
| 2.9. Etude de la diversité spécifique..... | 42 |
| 2.9.1. Indice de diversité de Shannon et Weaver (1963)..... | 43 |
| 2.9.2. Indice d'équitabilité de Piélou..... | 44 |
| 2.9.3. Diagrammes Rangs-Fréquences..... | 45 |

Chapitre 3. Résultats et Discussions

| | |
|--|----|
| 3.1. Le milieu..... | 48 |
| 3.1.1. La température..... | 48 |
| 3.1.2. La salinité..... | 49 |
| 3.1.3. Les sels nutritifs..... | 50 |
| 3.2. Phytoplancton..... | 56 |
| 3.2.1. Les espèces potentiellement nocives..... | 65 |
| 3.2.1.1. Les espèces génératrices de blooms..... | 65 |
| 3.2.1.2. Les espèces potentiellement toxiques..... | 75 |
| 3.3. Etude de la diversité spécifique..... | 80 |
| 3.3.1. Indice de Shannon et Indice d'équitabilité..... | 80 |
| 3.3.2. Digrammes Rangs-Fréquences..... | 83 |

| | |
|-------------------------|----|
| Conclusion | 89 |
|-------------------------|----|

| | |
|--|----|
| Références Bibliographiques | 91 |
|--|----|

INTRODUCTION

Introduction

Le phytoplancton ou l'ensemble des organismes végétaux vivant en suspension dans l'eau, est consommé par les organismes microscopiques (zooplancton) et les animaux de petite taille (invertébrés filtreurs, poissons pélagiques). Ceux-ci constituent eux-mêmes la nourriture de consommateurs plus gros qui, à leur tour, sont mangés par d'autres prédateurs. Le phytoplancton constitue ainsi la base de la chaîne alimentaire aquatique.

Notre travail porte sur l'étude des floraisons phytoplanctoniques qui peuvent se convertir en phénomènes ayant des effets négatifs aussi bien sur l'écosystème marin que sur la santé et les intérêts économiques de l'homme (Illoul, 2014). On parle alors de PANs (Prolifération d'Algues Nocives) ou HABs (Harmful Algal Blooms). Les espèces responsables de ces phénomènes appartiennent principalement aux classes des dinophycées et des bacillariophycées (ou diatomophycées).

Sous certaines conditions hydrologiques et climatologiques, ces espèces peuvent se développer si intensément qu'elles en arrivent à modifier la couleur apparente de la surface des mers et à conduire à des épisodes d'eaux colorées. Certaines espèces produisent des phycotoxines qui peuvent occasionner des intoxications parfois mortelles chez l'homme en cas de consommation de bivalves filtreurs contaminés. D'autres espèces peuvent causer la mortalité de poissons ou d'invertébrés en générant une anoxie du milieu en cas de blooms ou en colmatant les branchies des poissons. Le développement des proliférations d'algues nocives peut être ainsi à l'origine de pertes économiques importantes dans le domaine de la conchyliculture (arrêt des exploitations) mais aussi du tourisme (baisse de fréquentation des plages affectées par des blooms récurrents et/ou toxiques).

Les zones confinées sont connues pour favoriser les proliférations d'algues nocives. En effet, les ports et les plages protégées sont des milieux favorables au développement de blooms en raison de leur confinement, de la stabilité de leurs eaux, la richesse en nutriments et les températures élevées (Vila *et al.*, 2005 in Illoul, 2014).

Le milieu marin côtier est soumis à la pression exercée par l'accroissement des populations littorales, par conséquent une augmentation des rejets domestiques, celle de

Introduction

l'exploitation des ressources marines, des activités aquacoles ainsi que des activités récréatives. La recrudescence des proliférations d'algues nocives semble résulter de cette activité anthropique intense et croissante qui se généralisent au niveau de la plupart des zones côtières (Vila *et al.*, 2005 ; Zingone *et al.*, 2006 in Illoul, 2014).

L'eutrophisation, par enrichissement des eaux littorales en nutriments, est considérée actuellement comme un des facteurs déterminants de l'augmentation mondiale des PANs (Hallegraeff, 1993 ; Zingone et Enevoldsen, 2000, GEOHAB, 2006).

En Algérie, les fruits de mer sont peu consommés. Ceci peut expliquer le fait que nos populations aient été préservées des intoxications par les HABS, malgré la présence de nombreuses espèces toxiques sur nos côtes (Frehi *et al.*, 2007 ; Illoul *et al.*, 2008).

Il est impératif donc d'accroître les connaissances fondamentales sur les conditions environnementales et les mécanismes qui conduisent à des efflorescences toxiques ou nuisibles, ainsi qu'une étude quantitative et qualitative sur les espèces perturbatrices ou génératrices de bloom est indispensable pour pouvoir intervenir et élaborer un diagnostic exhaustif en cas des épisodes d'eau rouge.

Notre zone d'étude est une zone côtière, confinée, soumise aux différents types d'activités anthropiques (aménagement des plages et ports...), connues pour favoriser les proliférations d'algues nocives, de ce fait, le but de ce travail est de compléter la liste floristique des espèces microalgales potentiellement nocives présentes dans la région d'Alger et de suivre leur évolution dans le temps, et leurs relations avec quelques paramètres physico-chimiques afin de comprendre les conditions écologiques favorables au développement de ces espèces.

Introduction

Le présent travail est structuré comme suit :

- Une **Introduction** dans laquelle est présentée la problématique des proliférations d'algues nocives ainsi que le but de l'étude.
- Chapitre 1 : **Généralités**, dans lequel nous avons décrit les différentes classes du phytoplancton, quelques généralités sur les espèces nocives/toxiques sont abordées, ainsi que quelques espèces les plus importantes impliqués dans des syndromes d'intoxications et celles générant des blooms non toxiques.
- Chapitre 2 : **Matériels et méthodes**, dans ce chapitre, la zone d'étude, les techniques de prélèvement, de mesure des paramètres physico-chimiques, des techniques biologiques (fixation, sédimentation, microscopie optique, comptage de cellule), ainsi que les méthodes de la diversité spécifique sont décrites.
- Chapitre 3 : **Résultats et Discussion**, Dans cette partie, nous avons abordé les résultats du milieu (Température, salinité, sels nutritifs), ainsi que l'évolution spatio-temporelle du phytoplancton où nous avons discuté la relation du phytoplancton avec les paramètres physicochimiques, Ce chapitre nous a permis aussi d'enregistrer les espèces potentiellement nocives (toxiques/blooms) rencontrées.
Nous avons aussi traité les résultats de l'étude de la diversité spécifiques et les discuté.
- Une **conclusion** dans laquelle nous avons rappelé les résultats les plus importants et citer des recommandations afin de perfectionner notre travail.

CHAPITRE 1 : GENERALITES

1.1. Généralités sur le phytoplancton

Le phytoplancton est constitué d'algues unicellulaires isolées ou réunies en chaînes de façon très lâche. Trois groupes d'algues jouent un rôle quantitativement essentiel : Diatomées, Dinoflagellés, Euglénophycées et Coccolithophorides.

1.1.1. Classe des diatomées

Cette classe joue le premier rôle dans la production végétale marine des eaux froides (Collignon, 1991)

Les diatomées (encore appelée bacillariophycées ou diatomophycées) sont des organismes microscopiques de nature végétale, vivant dans l'eau, soit en suspension (plancton), soit sur le fond, libres ou fixés à des supports divers (épiphytes de macroalgues..). Ce sont des algues jaunes et brunes unicellulaires dont la taille varie entre 2 micromètres et 1 millimètre (Loir, 2004). Elles présentent une enveloppe siliceuse bivalve externe, la *frustule* (Collignon, 1991), qui est constitué de silice faiblement cristallisé et associé à des composants organiques (Loir, 2004).

Cette classe se subdivise en deux ordre : les *Centriques* à symétrie radiale et les *Pennées* à symétrie bilatérale (Collignon, 1991).

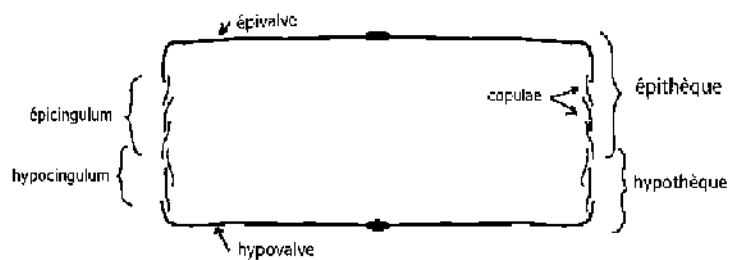


Figure 1.1: Schéma représentant une diatomée pennée (Van den Hoek et al, 1995)

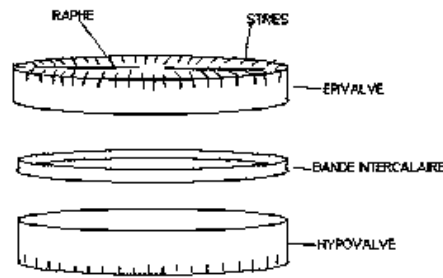


Figure 1.2: Schéma représentant une diatomée centrique (Van den Hoek et al, 1995)

Elles sont dites autotrophes car elles fabriquent leurs matières organiques à partir de l'eau, du CO₂ et des composés minéraux, principalement azotés et phosphorés, présents dans le milieu (Loir, 2004). Elles utilisent l'énergie de la lumière grâce à leurs plastes qui renferment la chlorophylle a et c masqués par une quantité importante de pigment caroténoïdes (Collignon, 1991).

La reproduction des diatomées fait intervenir des processus sexués (auxospores), ainsi que lorsque les conditions sont favorables à leur prolifération, les diatomées se multiplient par bipartition, c'est-à-dire que chaque cellule se divise pour donner deux cellules identiques (Loir, 2004).

La présence d'une espèce de diatomée dans un milieu aquatique est liée à plusieurs paramètres physicochimiques. Outre l'intensité lumineuse et la présence des composants minéraux qui sont nécessaires à ces algues, ce sont notamment la température, la concentration en oxygène, le pH, la concentration en matière organique et la salinité (Loir, 2004).

1.1.2. Classe des Dinoflagellés

Les Dinoflagellés (ou Dinophycés), ce sont des protistes flagellés typiquement munies de plastes, donc des végétaux qui se classent dans les *Pyrrophycophytes* du fait de leurs caractères biochimiques, et de leurs flagelles dissemblable (Collignon, 1991).

Généralités

Ce groupe, globalement euryhalin, se rencontre de l'eau douce à des milieux sursalés. En zone tropicales où ils sont très abondants et très variés, ils peuvent localement représenter 50% de la biomasse phytoplanctonique. Dans certains milieux particuliers, ils arrivent à pulluler (jusqu'à plusieurs millions d'individus par litre d'eau), provoquant des « **marées rouges** » à peuplements parfois mono-spécifique.

Les dinoflagellés sont classés en *Gymnodiniens* (dinoflagellés nus) et en *Dinoflagellés Cuirassés* entourés d'une thèque cellulosique formée de deux parties séparées transversalement par un cingulum. Ils sont caractérisés par la présence de deux flagelles à insertion ventrale, l'un longitudinal et l'autre transversal.

Leurs plastes contiennent la chlorophylle a et c, le carotène et la xanthophylle. Majoritairement, les dinoflagellés sont photosynthétiques, il existe cependant des espèces hétérotrophes dépourvue de plastes dont certaines sont phagotrophe (Collignon, 1991).

La reproduction se fait par division cellulaire et libération de spore de résistance.

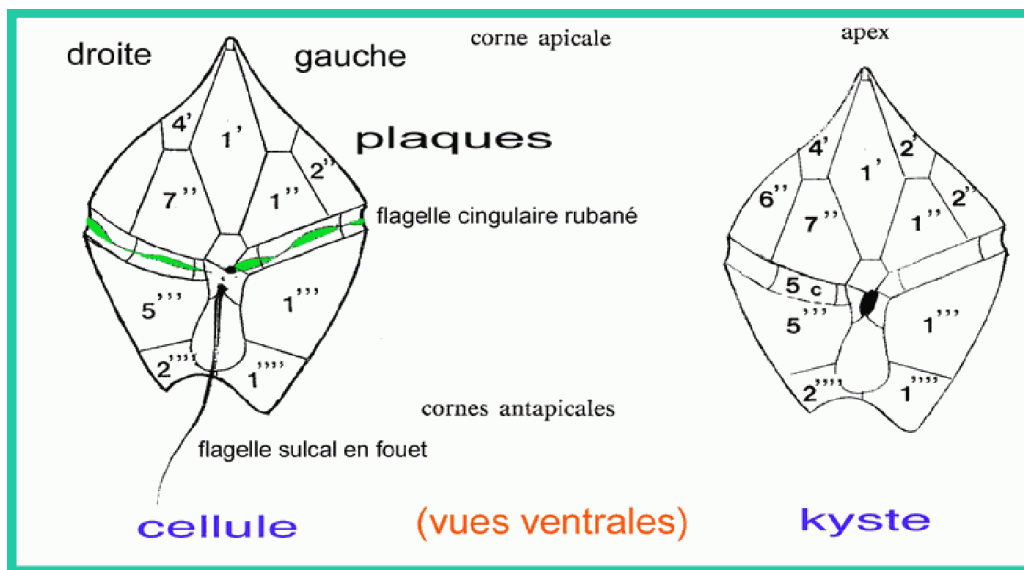


Figure 1.3: Schéma représentant un dinoflagellé (E. Masure, 2004)

Généralités

1.1.3. Classe des Coccolithophorides

Ce sont des flagellés minuscules qui jouent dans la biologie des océans un rôle considérable dans le nanoplancton. Ils se distinguent par la possession d'une coque externe complexe formée d'éléments calcaires, les *Coccolithes*.

Les Coccolithophorides sont des cellules peu ou pas déformables ovoïdes, dont la membrane gélifiée, très épaisse, renferme les coccolithes. Deux flagelles égaux ou subégaux sortent au même pôle (Collignon, 1991).

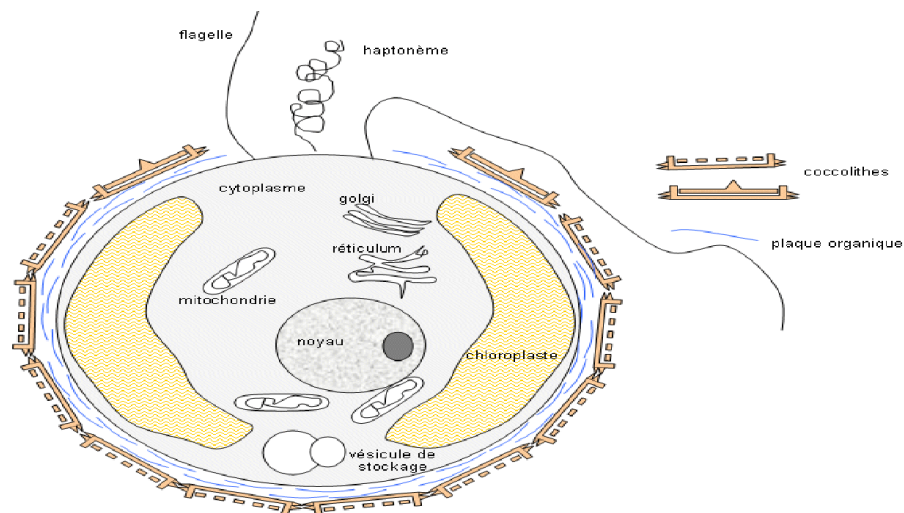


Figure 1.4 : Schéma représentant un coccolithophoride (Alain Gallien, 2007)

Leur reproduction se fait soit par simple division longitudinal, sans perte de flagelles ; la bipartition est totale y compris la membrane, soit par schizogamie ou sporulation en 2 ou 16 zoopores égales avec reconstitution des flagelles et sécrétion d'une nouvelle enveloppe, soit par formation de *Kystes* de différents types qui sont des formes de résistances (Collignon, 1991).

Aucun phénomène de sexualité n'a été signalé. Ce sont des flagellés typiquement autotrophes, liés en principe aux couches suffisamment éclairées pour permettre la photosynthèse. Mais il existe des populations abondantes à des profondeurs de 1000 à 4000 mètres, ce qui doit faire admettre une nutrition hétérotrophe à partir du matériel dissous (Collignon, 1991).

Généralités

1.1.4. Classe des Euglénophycées

Fréquentes dans les eaux très chargées en matières organiques (purin), les euglénophycées se rencontrent aussi dans les eaux saumâtres et marines. Certaines espèces ont des plastes, mais ne fabriquent jamais d'amidon, mais une autre forme de réserves glucidiques, le paramylon. Certaines espèces établissent des relations symbiotiques avec des chlorelles. Ces relations sont plus ou moins durables. Les chlorelles, contenues dans des vacuoles, font de la photosynthèse. À la mauvaise saison ou si la lumière est trop faible, l'euglène se nourrit par phagocytose comme un protozoaire.

Si les conditions deviennent très difficiles, certaines euglènes perdent leurs flagelles, se chargent de réserves, s'arrondissent et s'entourent d'une enveloppe protectrice qui leur permet d'attendre de meilleures conditions (Collignon, 1991).

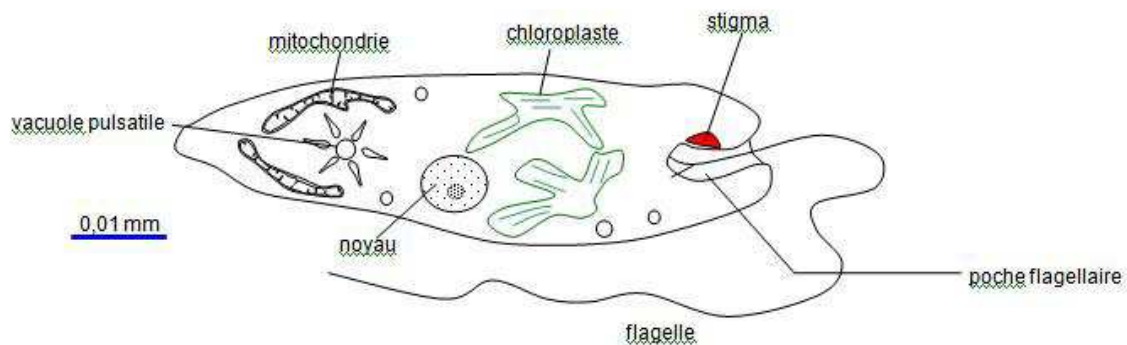


Figure 1.5 : Schéma représentant une euglénophycée (Collignon, 1991)

1.2. Généralités sur le phytoplancton nocif/toxique

Parmi les 5000 espèces qui composent le phytoplancton marin, quelques 300 espèces sont susceptibles de générer de fortes biomasses et de produire des effets nocifs (Hallegraeff, 2003 *in* Illoul, 2014).

Les espèces productrices de toxines sont moins nombreuses, 60 à 78 espèces ayant été recensées (soit 1,8 à 1,9 % de la « microflore pélagique mondiale »), (Samyda, 1997 *in* Gaillard, 2003), 70% d'entre elles sont des dinoflagellés, les diatomées arrivent en seconde position, viennent ensuite les haptophycées puis les raphidophycées (www.bi.ku.dk/ioc), ces espèces et plus particulièrement les Dinoflagellés produisent des toxines (phycotoxines) qui sont accumulés par les organismes phytoplanctonophage (mollusque bivalve principalement, mais également gastéropodes, crustacés, ainsi que certains poissons). Ces organismes jouent le rôle de vecteur sains : ils ne sont pas affectés par ces toxines, mais sont toxiques pour les consommateurs secondaires dont l'homme et les espèces marines (Gaillard, 2003 *in* Abdelli, 2012).

1.2.1. Espèces toxiques

En milieu côtier, beaucoup de bivalves filtrent l'eau et récoltent le phytoplancton. Les coquillages deviennent impropres à la consommation si les espèces dont ils se nourrissent produisent des toxines. En 2002, année la plus chaude depuis 150 ans, la présence du dinoflagellé toxique sur toutes les côtes de la Manche, en Méditerranée, dont l'étang de Salses-Leucate a perduré. Pour cette lagune, *Dinophysis* fut présente de manière continue avec interdiction de commercialisation des moules, de novembre à avril (Guy, 2006).

- **Mode d'action des espèces toxiques**

Cinq familles de toxines, causant chacune un syndrome particulier, sont produites par des microalgues :

- Les **PSP** (*Paralytic Shellfish Poisoning*, intoxication paralysante par consommation de fruits de mer) dues à un ensemble de toxines paralysante (saxitoxine) produite par plusieurs espèces du genre *Alexandrium* et le gymnodinien *Gymnodinium catenatum*.

Généralités

Il s'agit d'un des poisons les plus violents pour l'homme. Les principaux syndromes sont des arrêts respiratoires ou cardiaques, des troubles gastriques ou neurologiques (Guy, 2006).

- Les **ASP** (*Amnesic Shellfish Poisoning*), toxines (acide domoïque) produites par des diatomées du genre *Pseudo-nitzschia*.
- Les **NSP** (**N**eurotoxin **S**hellfish **P**oisoning) dont une des toxines, la brevététoxine, produite par *Karenia brevis*, déclenche chez le consommateur de coquillage contaminé des effets neurotoxiques proches de ceux de la ciguatera.
- Les **DSP** (**D**iarrhetic **S**hellfish **P**oisoning), ensemble des toxines diarrhéiques (acide okadaïque) produite essentiellement par le genre *Dinophysis* (*D.fortii*, *D.acuminata*, *D.sacculus*) qui sont signalés comme étant générateurs d'efflorescence responsable de décoloration des eaux (Dahl et al, 1996 in Berland et al., 1997) et *Prorocentrum lima*. Les moules sont régulièrement contaminés, alors que les huîtres accumule peu de ces toxines.
- Les **CFP** (**C**iguatera **F**ish **P**oisoning), une des toxines synthétisées par *Gambier discus toxicus*. *Prorocentrum spp.*, etc. la ciguatoxine est transmise par certains poissons de récifs (Guy, 2006).
- **Syndrome pseudo-grippal** Lors d'importants blooms, les dinoflagellés épiphytes Genre *Ostreopsis sp* peut causer des intoxications par inhalation d'aérosols marins contenant une toxine appelée palytoxine (Mangialajo et al., 2008 in Djaroun, 2010). Cette dernière est une des molécules naturelles marines les plus toxiques connues à ce jour (Lemée et al., 2010 in Attouchi, 2008) et provoque des syndromes proches de la grippe.

Les symptômes enregistrés sont des toux, fièvre et des problèmes respiratoires décrits en Italie et en Espagne depuis 2003 (Tichadou et al., 2010 in Djaroun, 2010).

Depuis l'été 2009, l'Algérie fait partie des pays méditerranéens affectés par ce type d'intoxication du aux blooms d'*Ostreopsis sp* dans les eaux de la côte algérienne (Illoul et al., 2012).

1.2.2. Espèces non toxiques génératrices de blooms

Parmi les 3 400 à 4 000 espèces de phytoplancton (Sournia, 1978) 300 peuvent, en certaines occasions, se retrouver à des densités telles qu'elles ont la capacité de colorer l'eau.

Une efflorescence (ou **bloom** en anglais) correspond à une prolifération rapide, massive, mais fugace de microalgues, l'apparition de ce phénomène conjugue toujours l'existence de conditions favorables à la multiplication rapide de certains organismes et des conditions météorologiques et hydrologiques (mer calme) favorisant leur concentration (Lassus, 1988 *in* Guy, 2006).

La concentration élevée en microalgues donne à l'eau de mer une apparence inhabituelle et visible à l'œil nu : colorations vertes, brunes, rouges ou dorées, appelées "eaux colorées" ou présence abondante de mousse.

Dans la plupart des cas, les eaux colorées apparaissent après une période prolongée de fortes températures de l'air et de l'eau qui coïncide avec une absence d'agitation des eaux. Un abaissement de salinités consécutives à de fortes pluies peut avoir le même effet, empêchant tout mélange vertical de l'eau et apportant de nombreux composés minéraux et organiques. La dominance des dinoflagellés dans le cas d'eaux colorées explique que ces fortes concentrations de phytoplancton se produisent en dépit de concentrations faibles de phosphate et de nitrate. En effet, à l'inverse des diatomées, favorisées lors d'apport massifs de sels nutritifs, les dinoflagellés utilisent, si nécessaire des sources organiques d'azote et de phosphore (Guy, 2006).

Les pollutions sont parfois citées comme des facteurs favorisant ou amplifiant le phénomène d'eaux colorées (Guy, 2006).

Certains dinoflagellés ubiquistes, régulièrement présents à des concentrations ne dépassant pas quelques milliers de cellules par litre, par exemple *Ceratium furca* et *Ceratium fusus*, peuvent exceptionnellement proliférer. Pour *Ceratium furca*, des concentrations de $1 \cdot 10^6$ cellules par litre sont signalés en 1981 en Norvège. Pour *Ceratium fusus*, Marteil et Paulmier (1970) dénombrent plus de $4 \cdot 10^6$ cellules par litre en rivière d'Auray. Si les conditions d'apparition de différents types d'eaux colorées commentent à être cernées, rien

Généralités

ne permet de prévoir l'espèce qui se développera et, donc, son éventuelle toxicité (Guy, 2006).

Parmi les espèces génératrices de bloom, on peut citer l'exemple de : *Noctiluca scintillans*, *Prorocentrum micans*, *Eutreptiella sp*, *Protooperidinium quinquecorne*.

1.2.3. Espèces ichthyotoxiques

Ces espèces sont toxiques et mortelles pour la faune marine mais sans danger pour l'homme. Elles occasionnent d'importants dégâts (mortalités massives) principalement dans les sites aquacoles et de très importantes pertes économiques (Assadi et al., 2008 in Illoul, 2014).

Les mortalités de poissons ou d'invertébrés marins sont généralement consécutives à la production de toxines extracellulaires libérées directement dans le milieu, ainsi, des liaisons mécaniques peuvent également être engendrées comme le colmatage des branchies par la production de mucus comme *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 (Gaillard, 2003, in Abdelli, 2012).

Généralités

Tableau 1.1 : Exemples d'espèces ichtyotoxiques, espèces génératrice de bloom et espèces toxiques modes d'action et effets délétères (d'après Hallegareff, 1993 ; GEOHAB, 2001 ; Thébaud et al., 2005 in Illoul 2014, modifié).

| Espèces | Mode d'action | Effet |
|--|--|--|
| Diatomées <i>Chaetoceros convolutus</i> <i>C.concavicornis</i> Silicoflagellés <i>Dictyocha speculum</i> Dinoflagellés <i>Neoceratium fusus</i> <i>Noctiluca scintillans</i> | Action mécanique : perforation des tissus des branchies ou colmatage des branchies. | Mort par dysfonctionnement des échanges gazeux des branchies, suffocation par hypersécrétion de mucus par les branchies, hémorragie. |
| Dinoflagellé <i>Karenia mikimotoi</i> | Toxines hémolytiques qui endommagent l'épithélium des branchies (parfois nécrose). | |
| Raphidophyte <i>Heterosigma akashiwo</i> | Elle libère des substances hémolysantes qui attaquent les membranes des cellules épithéliales des branchies et des parois digestives des poissons. | Mort par suffocation |
| Prymnesiophyte <i>Phaeocystis spp.</i> | Colmatage des branchies, hypoxie. | |
| Dinoflagellé <i>Dinophysis acuminata</i> <i>Dinophysis fortii</i> , <i>Dinophysis sacculus</i> | Générateur d'efflorescence, responsable de décoloration des eaux. Libération de toxines. | les effets apparaissent moins de 12 heures après l'ingestion : diarrhées, douleurs abdominales, nausées et vomissements |
| Dinoflagellé <i>Gymnodinium catenatum</i> | Production des toxines paralysantes (saxitoxine) lors de prolifération dans tout l'océan mondial. | Un arrêt respiratoire ou cardiaque, des troubles gastriques ou neurologiques. |
| Dinoflagellé <i>Alexandrium minutum</i> | Production des toxines paralysantes responsables chez l'homme de syndrome (PSP). | Contaminations neurotoxiques après consommation de coquillage. Bloquent le transfert des influx nerveux et musculaires. |
| Dinoflagellé <i>Procentrum micans</i> | Génératrice de bloom. | Elle forme des eaux colorées. |

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

2.1. Zone d'étude

Notre zone d'étude, la baie d'El-Djamila, est une baie relativement fermée, se situe à une trentaine de Kilomètre de l'ouest d'Alger, ayant presque 6 Km de côte.

Elle est délimitée par Ras-Acrata à l'est ($2^{\circ}53'42.792''$ Est et $36^{\circ}48'5.796''$) et la presqu'île de Sidi-Fredj à l'ouest ($2^{\circ}50'54.744''$ Est et $36^{\circ}45'43.092''$). Elle est étroite et peu profonde (5-15m).

Les deux extrémités de la baie d'El-Djamila (Sidi-Fredj – El-Djamila) font l'objet de notre étude.



Figure 2.1: Baie d'El-Djamila (Google earth, 2015)

2.1.1. La presqu'île de Sidi Fredj

La presqu'île de Sidi Fredj est située à 30 kilomètres d'Alger, d'une largeur d'environ 620 mètres, et sur une longueur de 3 km environ entre le port de Sidi-Fredj et la plage de Moretti.

2.1.1.1. La plage de Sidi-Fredj

Cette plage est attenante au complexe touristique de la Thalassothérapie. C'est une plage semi-fermée, avec un fond sableux rocheux, présentant une longueur de 220m et une largeur de 12m.

2.1.1.2. Le port de Sidi Fredj

Le port de Sidi Fredj est un petit port de plaisance, il a été construit en 1974, d'une capacité de 400 plaisanciers. Il comporte 4 bassins, une jetée principale nord, une jetée secondaire sud et 4 appontements.

2.1.2. La zone d'El-Djamila

El Djamila est située à l'extrême ouest de la commune d'Aïn Bénian et fait face à la presqu'île de Sidi-Fredj dont elle est séparée par une plage de sable d'une longueur d'environ 7 km.

2.1.2.1. El-Djamila beach

C'est une plage artificielle, aménagée en 2009. Elle est située en prolongement du port de plaisance d'El-Djamila, d'une longueur de 70m et une superficie totale de 8 000 m².

Elle est constituée d'une jetée de protection, et d'une promenade de 300 m protégée par une digue à talus.

2.1.2.2. Le port d'El-Djamila

Le port d'El-Djamila (ex- La Madrague) est un petit port de pêche situé à 15km d'Alger, il est protégé contre les courants du large par une digue principale de 300 m de longueur au nord et une autre secondaire de 160 m de longueur au sud (EGPP, 2015).

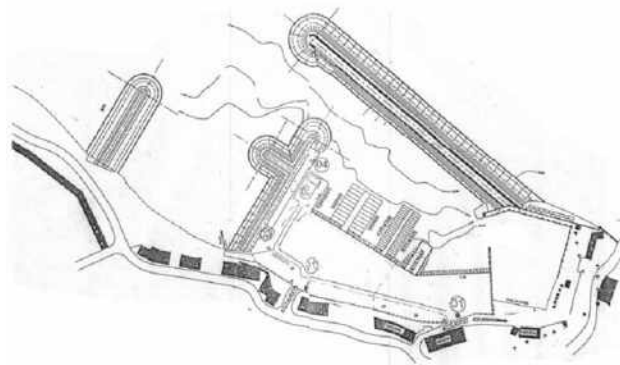


Figure 2.2 : Port El-Djamila (EGPP, 2015)



Figure 2.3 : a : Port Sidi-Fredj b : Plage Sidi-Fredj

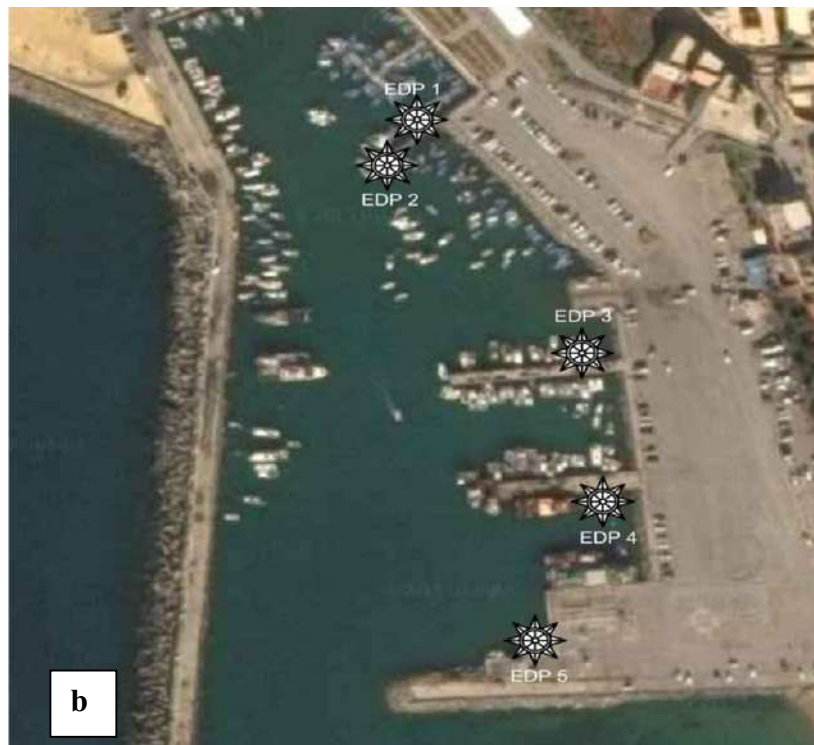
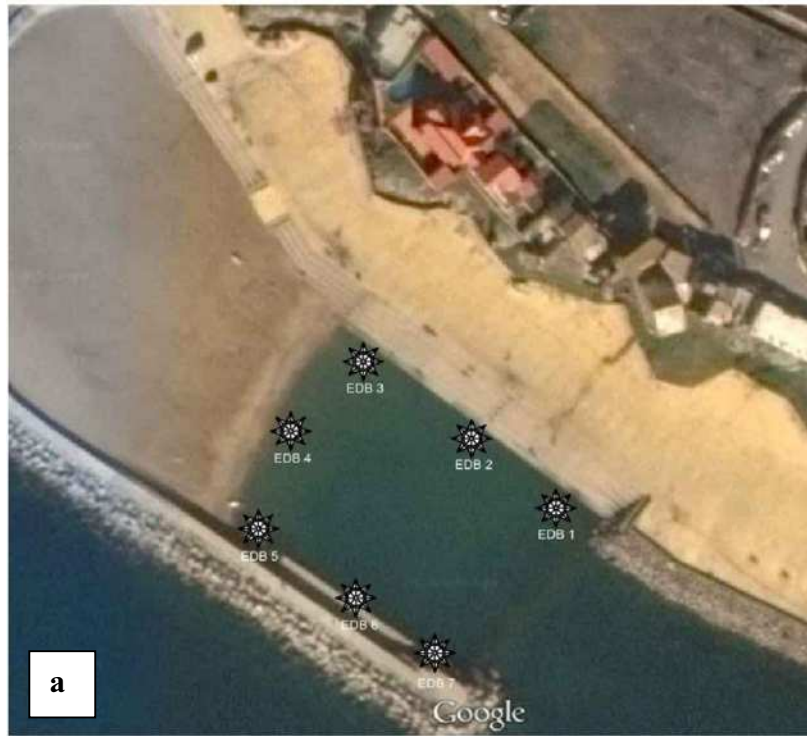


Figure 2.4 : a : Plage El-Djamila b : Port El-Djamila

2.2. Choix et localisation des stations

Les proliférations massives de phytoplancton nocif débutent souvent dans les aires confinées avant de s'élargir dans les milieux ouverts (Vila *et al.* 2001). En effet, les ports et les plages protégées sont des milieux favorables au développement de blooms en raison de leur confinement, de la stabilité de leurs eaux, la richesse en nutriments et les températures élevées.

C'est pourquoi le choix des stations s'est basé sur des zones confinées parce qu'elles sont des milieux propices au développement des PANs.

Tableau 2.1 : Codes des stations d'échantillonnage

| Codes | Stations | Codes | Stations |
|-------|--------------------|-------|--------------------|
| SB1 | Sidi-Fredj Beach 1 | EDB3 | El-Djamila Beach 3 |
| SB2 | Sidi-Fredj Beach 2 | EDB4 | El-Djamila Beach 4 |
| SB3 | Sidi-Fredj Beach 3 | EDB5 | El-Djamila Beach 5 |
| SP1 | Sidi-Fredj Port 1 | EDB6 | El-Djamila Beach 6 |
| SP2 | Sidi-Fredj Port 2 | EDB7 | El-Djamila Beach 7 |
| SP3 | Sidi-Fredj Port 3 | EDP3 | El-Djamila Port 3 |
| EDB1 | El-Djamila Beach 1 | EDP4 | El-Djamila Port 4 |
| EDB2 | El-Djamila Beach 2 | EDP5 | El-Djamila Port 5 |

Deux ports et deux plages de la région d'El Djamila ont été choisis afin de mettre en évidence d'éventuelles différences dans les populations phytoplanctoniques entre ports et plages mais aussi en fonction des niveaux de confinements et d'exposition à l'influence des eaux libres. Les deux ports ont été choisis en raison de leur niveau de confinement différent et de leurs activités différentes à savoir la pêche et la plaisance. Les plages ont été choisies dans le but de faire une comparaison entre ces deux zones côtières, plus ou moins exposées aux influences des eaux du large.

2.3. Prélèvements des échantillons

Les Prélèvements des échantillons sont effectués pendant les mois de Février et Mai à Sidi-Fredj et El-Djamila.

Nous avons effectué des prélèvements pour l'étude du phytoplancton, et des paramètres physico-chimiques. Les prélèvements d'eau en surface ont été réalisés à l'aide d'un seau.

La température et la salinité ont été mesurées immédiatement à l'aide d'un conductimètre.

Après le conditionnement de tous les flacons, nous avons rempli ceux des sels nutritifs avec un volume de 100 ml, ensuite, les flacons du phytoplancton pour un volume de 250ml, avec l'ajout immédiat de quelque gouttes du Lugol (10 à 15).

Tous les flacons sont rangés dans une glacière.

Une fois au laboratoire, les flacons des sels nutritifs sont stockés au congélateur jusqu'au moment du dosage, et le reste des flacons (phytoplancton, salinité) sont rangés dans un carton à l'abri de la lumière à une température ambiante.

2.4. Etude des paramètres physiques

Le développement du phytoplancton c'est-à-dire la productivité primaire dépend essentiellement des paramètres physiques, température et salinité.

- **Température :**

La température est un facteur important pour la connaissance des masses d'eau (**Aminot et chaussepied, 1983**), elle influence sur différents processus biologiques (activités photosynthétiques, enkystement, croissance des populations, d'où la nécessité de mesurer ce paramètre.

- **Salinité :**

La salinité est un paramètre conservatif de l'eau de mer (**Aminot et chaussepied, 1983**), indispensable dans toute étude hydrologique.

➤ Mesure de la température et la salinité

Les mesures de la température et la salinité ont été effectuées à l'aide d'un conductimètre de type WTW cond (précision : ± 0.1). Avant d'entamer la mesure avec le conductimètre, on a procédé à la vérification de sa calibration.

La constante de cellule calibrée est de 0.4791/cm



Figure 2.5 : Conductimètre, type WTW cond

2.5. Etude des paramètres chimiques

2.5.1. Sels nutritifs

Les éléments nutritifs se présentent sous plusieurs formes minérales en solution. (Aminot et Chaussepied, 1983).

Les sels nutritifs ont été dosés par la méthode automatisée à l'aide d'un autoanalyseur de type SKALAR (SAN^{plus}), cette technique est portée sur la méthode colorimétrique qui se base sur l'absorption de lumière par la solution à analyser.

Matériels et Méthodes

L'autoanalyseur est composé de :

- **Echantillonneur** : Est constitué de 4 rachs A, B, C, D, Chacun de ces derniers peut contenir jusqu'à 35 échantillons, Il permet le prélèvement automatique des échantillons.
- **Cassette analytique** : Elle comprend 4 voix pour l'analyse de différents sels, et elle assure le support au montage du circuit grâce à ses bobines spirales, chaque sel a son propre circuit analytique.
- **Pompe proportionnante** : Elle permet le pompage des : réactifs, échantillons, bulles d'air et la solution de rinçage, enfin elle permet aussi leur propulsion à travers le circuit analytique.
- **Colorimètre monocanal à flux continu** : Il assure la mesure de la densité optique qu'il envoie à l'enregistreur sous forme de signal électrique proportionnel à celle-ci (la densité optique), pendant l'analyse le colorimètre envoie des faisceaux lumineux qui aboutissent à 2 phototubes qui détectent l'intensité de cette énergie lumineuse ; ces derniers émettent 2 signaux électriques qui seront reçus par un consommateur et convertis en signaux proportionnels aux concentrations dosées.
- **Interface** : Exploitation des données.
- **Enregistreur graphiques** : Il transforme les signaux électrique émis par le colorimètre en signaux graphique sur du papier. La hauteur du graphique sera proportionnelle à la concentration de la substance analysée.



Figure2.6: l'autoanalyseur (SKALAR San plus)

2.5.2. Principe des dosages des sels nutritifs dans l'eau

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs (ammonium, nitrites, nitrates, orthophosphates) est basé sur une réaction de coloration. En effet ces sels réagissent dans certaines conditions (Température, pH, présence de catalyseur,...) avec des réactifs spécifiques pour donner une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'onde(λ).

L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration, de même, cette dernière est d'autant plus importante que la solution est concentrée en sel dosé.

La quantité de lumière absorbée par la solution, appelé absorbance (A) ou densité optique (D.O), obéit à la loi de Beer-Lambert qui est exprimé par la relation suivante :

$$A = D.O = \log(I_0/I) = K.L.C$$

Avec:

I, I_0 : Intensités lumineuses incidentes et émergentes du milieu.

K : Coefficient d'extinction molaire, variant en fonction de la longueur d'onde exprimé en l/mol.cm.

L : Longueur du milieu traversé exprimé en cm.l.

C : Concentration du milieu exprimé en mol/l.

- **Dosage de l'ammonium**

Le dosage de l'ammonium (NH_4^+) est réalisé suivant la méthode de Koroleff (1969) *in* (Aminot et Chaussepied, 1983).

En milieu alcalin ($8 < \text{pH} < 11,5$), l'ammonium dissous réagit sur l'hypochlorite pour former une monochloramine.

Matériels et Méthodes

Ce composé, en présence de phénol et d'un excès d'hypochlorite (milieu oxydant) donne lieu à la formation d'un bleu d'indophénol. La réaction est catalysée par le nitroprussiate de sodium. Le maximum d'absorption se fait à une longueur d'onde de 630 nm.

- **Dosage des nitrites**

Les nitrites (NO_2^-) forment un diazoïque par action avec la sulfanilamide en milieu acide $\text{pH} < 2$. Ce composé formera ensuite en présence de N-naphtylethylénediamine un composé azoïque de couleur rose absorbant la lumière à 540 nm (Benschneider et Robinson, 1952 et Skalar, 1998 *in* Lourguioui, 2006).

- **Dosage des nitrates**

La méthode est basée sur la réduction des nitrates (NO_3^-) en (NO_2^-) par passage de l'échantillon sur une colonne de cadmium traitée au cuivre (Wood et *al.*, 1967 *in* Lourguioui, 2006).

Les nitrites (en réalité $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ réduits) seront ensuite dosés par colorimétrie selon la méthode précédemment décrite. Il suffira alors d'en déduire la concentration des nitrites déterminés directement (sans passage de l'échantillon sur la colonne réductrice) pour trouver les concentrations des nitrates (Rodier et *al.*, 1996 *in* Lourguioui, 2006).

- **Dosage des orthophosphates**

En présence d'antimoine tartrate de potassium à une température de 40°C (bain-marie), les ions orthophosphates (PO_4^{3-}) régissent avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe antimoine phosphomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique (Murphy et Riley, 1962 *in* Lourguioui, 2006). Cette forme réduite de coloration bleue a un maximum d'absorption à 880 nm.

2.6. Etude biologique

2.6.1. Détermination du phytoplancton par la méthode d'Utermöhl (Hasle, 1978)

La technique d'Utermöhl est la méthode de référence pour déterminer quantitativement et qualitativement la flore planctonique et reste à ce jour, la plus utilisée dans l'étude du phytoplancton (Utermöhl, 1958 *in* Sournia 1978).

2.6.1.1. Fixation des échantillons

Les échantillons d'eau prélevés, ont été immédiatement fixés avec du Lugol neutre (10 à 15 gouttes pour 250 ml d'eau de mer), de manière à obtenir une coloration légèrement brune. La fixation permet d'éviter la multiplication des microalgues ou leur détérioration.

Les échantillons sont conservés à l'abri de la lumière, afin d'éviter la décoloration des échantillons fixés.

2.6.1.2. Concentration des organismes par sédimentation

Avant de procéder à cette étape selon le protocole d'Utermohl, il est nécessaire d'homogénéiser tous les échantillons en agitant les flacons lentement (une cinquantaine de fois) afin de remettre en suspension les cellules qui se sont déposées sur le fond du flacon ou accolées aux parois (Illoul, 1991). Après l'agitation, on transvase 50 ml de l'échantillon dans une chambre de sédimentation combinée (cuve surmontée d'un cylindre) qu'on remplit délicatement (Margalef, 1969 *in* Hasle, 1978 *in* Illoul, 1991) pour éviter les bulles d'air.

Puis, on place une plaque de verre au sommet du cylindre, et on les place dans une surface horizontale et en lumière atténuée.

➤ Temps de sédimentation

La durée de sédimentation est proportionnelle à la hauteur, de la chambre de sédimentation, cette durée a été estimée à 3 heures par cm de hauteur (Margalef, 1969 *in* Hasle, 1978). L'aliquote de 50 ml mis à sédimenter dans la chambre de sédimentation haute de 10 cm une trentaine d'heure.

Après la sédimentation, le surnageant est enlevée en faisant glisser le tube supérieur de la cuve à l'aide d'une spatule mince.

2.6.1.3. Comptage des cellules

L'observation des cellules est réalisée avec un microscope inversé de type ZEISS modèle IM35.

Les cellules sont identifiées jusqu'au niveau d'espèces quand cela est possible en utilisant les ouvrages de systématique suivant : Gerhard Drebes, 1974 ; Lizeth Botes, 2001 ; Ricard,

Matériels et Méthodes

1987 ; Thomas, 1996. Elles sont en même temps comptabilisées en tenant compte de leur taille et leur abondance. Les cellules les plus petites ($< 20 \mu\text{m}$) et les plus abondantes sont comptabilisées dans 50% du volume sédimenté (25 ml) à un grossissement ($\times 250$). Les grandes cellules sont comptabilisées dans toute la cuve à un grossissement ($\times 160$).

Pour avoir le nombre de cellule par litre dans un volume de sédimentation de 50 ml qui correspond au grossissement ($\times 400$), ($\times 250$), ($\times 160$) on multiplie le nombre d'individus comptés dans la cuve par le facteur multiplicatif 40.



Figure 2.7 : microscope optique, type ZEISS modèle IM3

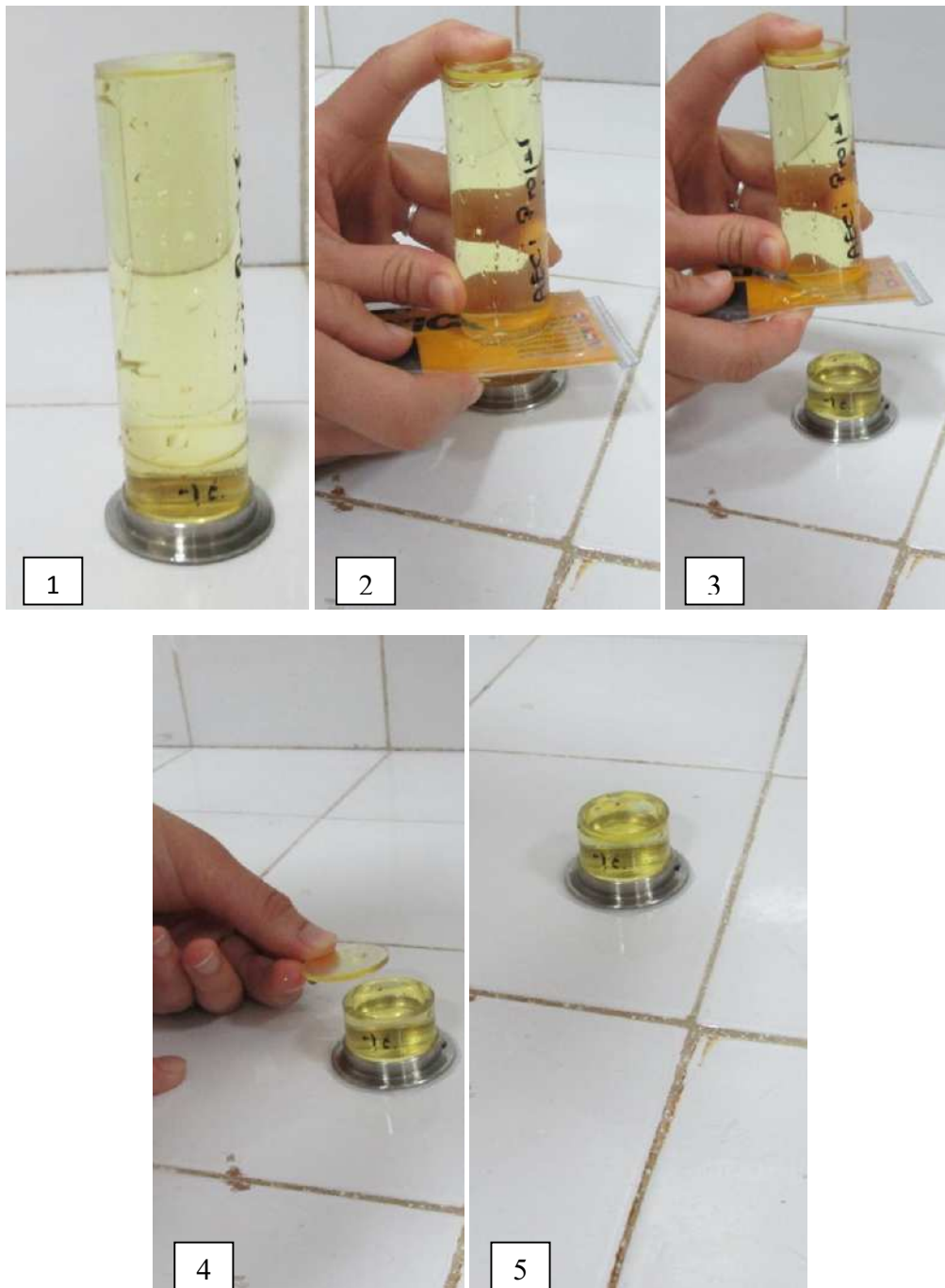


Figure 2.8 : Etapes de préparation de l'échantillon pour l'observation microscopique

1: Chambre de sédimentation

5: Cuve de sédimentation

2.7. Indicateur de la contribution des espèces benthiques (BPR)

L'abondance des espèces benthiques par rapport aux espèces pélagiques dans la colonne d'eau a été calculée par le BPR (benthic to pelagic ratio) (Ma'ruf K ; Hiroshi M, 2006) par l'équation suivante :

$$\text{BPR} = B / (B+P)$$

Où :

B : nombre de cellules d'espèces benthiques.

P : nombre de cellules d'espèces pélagiques.

2.8. Analyses mathématiques

Pour mieux comprendre la corrélation entre les différents groupes phytoplanctoniques et les différents paramètres physico-chimiques, nous avons calculé une matrice de corrélations (coefficient de corrélation de Bravais- Pearson) à l'aide du logiciel STATISTICA 6.

Nous avons préalablement fait une transformation logarithmique (base 10) pour homogénéiser les différentes variables vu qu'elles n'ont pas les mêmes unités et ne sont pas de même grandeur.

2.9. Etude de la diversité spécifique

Les écosystèmes se caractérisent par une grande diversité de formes de vie, Or, il est très difficile, voire impossible, de procéder aux mesures de tout un écosystème. En effet, il faudrait disposer d'une méthode d'échantillonnage permettant la capture d'organismes différent les uns des autres par plusieurs aspects : biologique, écologiques,.... (Daget, 1976 *in* Illoul, 1991).

Pour mieux comprendre l'évolution des communautés phytoplanctoniques, nous avons complété notre travail par une analyse de la structure des peuplements, où nous avons

Matériels et Méthodes

choisie l'indice de diversité de Shannon-Weaver accompagné par l'indice d'équitabilité complétés par une méthode graphique qui est le tracé de diagrammes rangs-fréquences.

2.9.1. Indice de diversité de Shannon et -Weaver (1963) :

L'indice de Shannon-Weaver est un indice quantitatif tenant compte de la dominance relative des différentes espèces dans chaque prélèvement, il considère à la fois l'abondance et la richesse spécifique. Il permet aussi de donner une expression qualitative plus ou moins pertinente de la structure de l'écosystème. Il est considéré comme une mesure de la composition en espèce d'un peuplement. Il est donné par la formule suivante :

$$I_s = -\sum_{i=1}^S D_i * \text{Log}_2 D_i$$

Avec : $D_i = n_i / N$

I_s : indice de Shannon-Weaver

D_i : dominance de l'espèce 'i'

S : nombre d'espèces récoltées dans le peuplement

n_i : nombre d'individus de l'espèce 'i'

N : nombre total d'individus présent dans le peuplement

Log_2 : logarithme à base 2

Les faibles valeurs d' I_s traduisent un état de déséquilibre du peuplement, reflétant ainsi la dominance numérique d'une ou deux espèces par rapport aux autres, alors que les valeurs élevées de l' I_s mettent en évidence la répartition équitable des individus entre les espèces, donc l'équilibre du peuplement.

L' I_s est égale à 0 quand l'échantillon ne contient qu'une seule espèce et augmente à mesure que s'accroît le nombre d'espèces.

Matériels et Méthodes

L'indice de Shannon donne une bonne appréciation de la diversité des peuplements naturels et il présente l'avantage d'être indépendant de la taille de l'échantillon.

La diversité spécifique est estimée par l'indice de Shannon -Weaver (I_s) exprimé en bits.cell^{-1} (Sournia, 1978).

2.9.2. L'indice d'équitabilité de piélou

L'indice de Shannon-Weaver doit être avantageusement accompagné par l'indice d'équitabilité de Piélou, cet indice est donné par la formule suivante :

$$J' = I_s / H_{\max}$$

$$H_{\max} = \log_2 S$$

Avec :

I_s : Indice de Shannon-Weaver.

S : nombre total d'espèces.

L'indice d'équitabilité permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0 (dominance d'une des espèces) à 1 (équirépartition des individus dans les espèces) (Grall J, Coic N., 2005).

2.9.3. Diagrammes Rangs-Fréquence

Le degré d'organisation de la communauté dans l'écosystème peut être caractérisé par des Diagrammes Rangs-Fréquences (DRF). Ceux-ci permettent de représenter la structure d'un peuplement et d'en distinguer, au cours de son évolution, les différentes phases d'une succession écologique (Frontier, 1969)

La succession saisonnière du phytoplancton se distingue en trois stades (Margalef 1976, *in* Illoul, 1991).

- **Stade 1 (1-2 bits) :**

Ce stade est représenté par la croissance rapide des espèces de petites tailles (Rapport surface/volume ~ 1), essentiellement les Diatomées : Chaetoceros, Thalassiosira, Thalassionema, Asterionella et Leptocylindrus...

Cette étape est caractérisée par un développement phytoplanctonique important (forte densité cellulaire), ceci est produit suite à un enrichissement en nutriment, notamment par les upwellings.

Cette étape présente un Indice de Shannon faible, et donc la diversité est globalement faible.

- **Stade 2 (2-3 bits) :**

Ce stade est caractérisé par un développement des Diatomées de tailles plus importantes (Rapport surface/volume $\sim 0,5$) : Rhizosolenia, Guinardia... et par une apparition de quelques genres de Dinoflagellés : Ceratium, Prorocentrum, Scripsiella, Dinophysis, Peridinum.

Le développement phytoplanctonique (densité cellulaire) est plus faible qu'au stade précédant.

Ce stade correspond à un peuplement mature, et la diversité atteint son maximum.

- **Stade 3 (>3 bits) :**

Ce stade ou climax est représenté par un faible développement des Diatomées, et une croissance des Dinoflagellés essentiellement : Ceratium, Dinophysis, Gonyaulax, Peridinum, Gymnodinium.

Matériels et Méthodes

Ce stade est la fin de la succession, se caractérise par un graphique quasi- rectiligne (équitabilité très élevée), avec une diminution de la diversité.

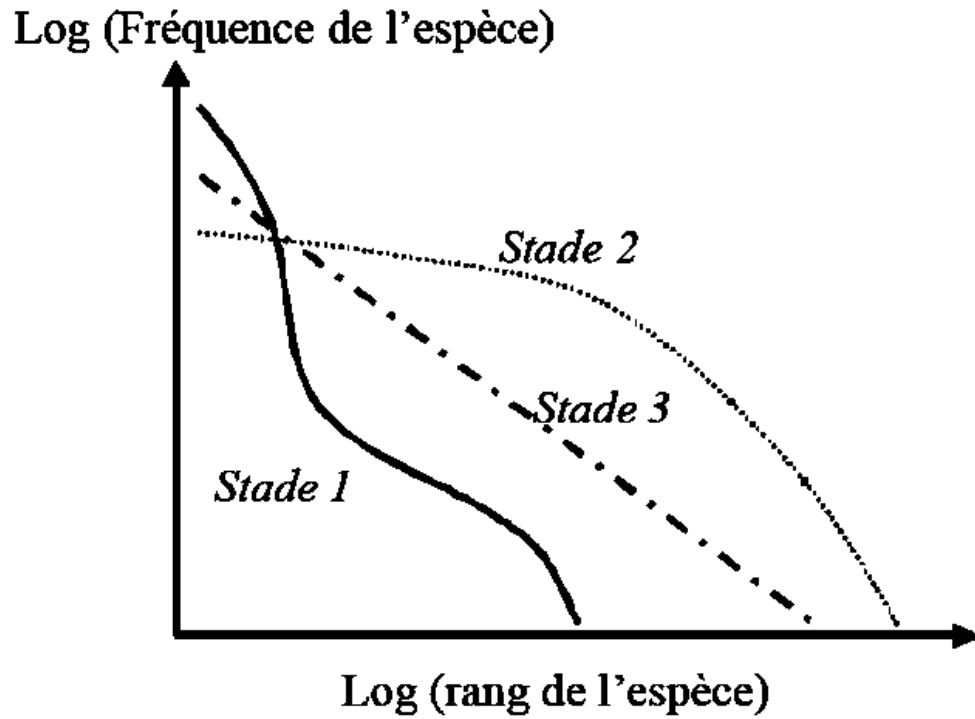


Figure 2.9 : Digrammes Rangs-Fréquences (Frontier, 1969)

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET DISCUSSIONS

Résultats et Discussions

3.1. Le milieu

3.1.1. La température

Durant le mois de Février, les températures dans nos stations d'étude ont été comprises entre 16°C au niveau de la station EDP2 du port d'El-Djamila et 14,4°C au niveau de la station SB1 de la plage de Sidi-Fredj.

Les températures ont été plus élevées en mois de Mai, avec un maximum de 22,5°C au niveau de la station SP2 du port de Sidi-Fredj et un minimum de 18,3°C au niveau de la station EDP5 du port d'El-Djamila.

Ces variations importantes de températures sont dues à l'intersaison et aussi au fait que les eaux peu profondes des ports et des plages répondent plus vite aux modifications météorologiques.

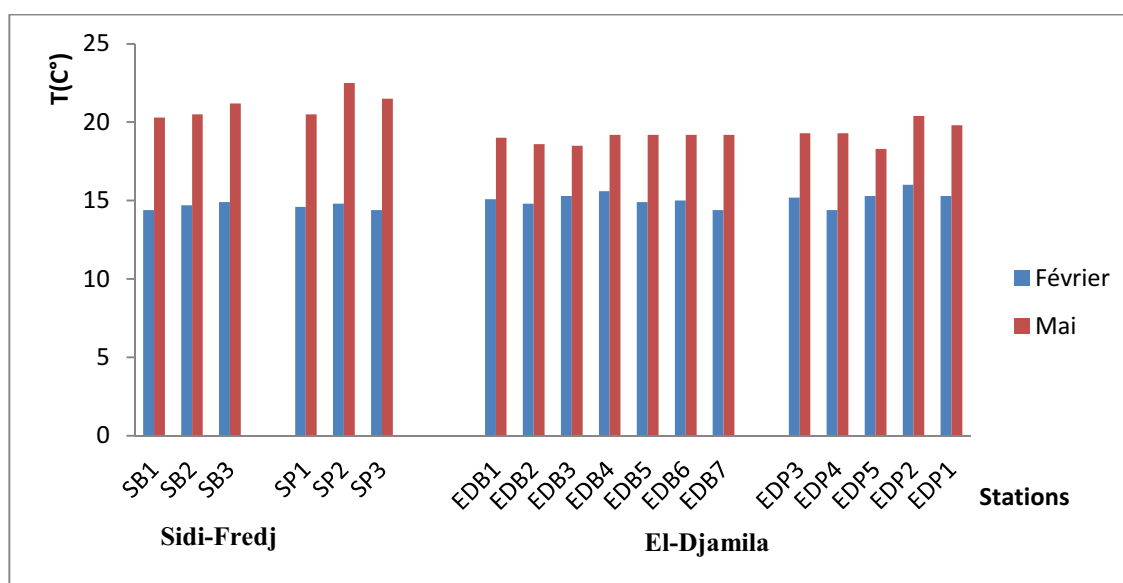


Figure 3.1 : Variation spatio-temporelle de la température en février et Mai au niveau des ports et plages de la zone de Sidi-Fredj et El-Djamila

Résultats et Discussions

3.1.2. La salinité

Les salinités dans nos stations d'étude ont été comprises entre 35,8 au niveau de la station EDB6 de la plage d'El-Djamila et 36,6 au niveau de toutes les stations de la plage de Sidi-Fredj durant le mois de Février.

Les salinités ont baissé au mois de Mai, avec un maximum de 36,3 au niveau de la station SP1 du port de Sidi-Fredj et un minimum de 33,9 au niveau de la station EDB4 de la plage d'El-Djamila.

Les baisses de salinités en mai sont probablement dues à des apports locaux par arrivées d'eau douce (apports urbains, domestiques, et les eaux de pluies).

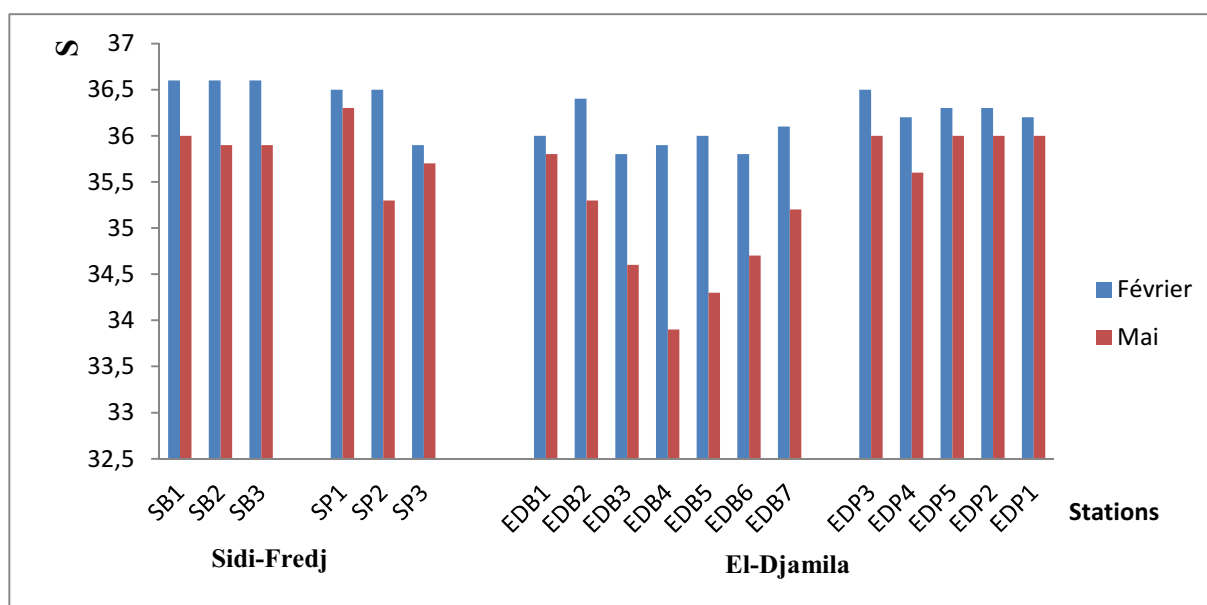


Figure 3.2 : Variation spatio-temporelle de la salinité en février et Mai au niveau des ports et plages de la zone de Sidi-Fredj et El-Djamila

Résultats et Discussions

3.1.3. Les sels nutritifs

Les différents sels nutritifs dosés dans notre zone d'étude ont présenté des teneurs généralement inférieures à 1 $\mu\text{mol/l}$. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées dans la plage d'El Djamila en mai essentiellement au niveau des stations EDB3, EDB4 et EDB5.

- **L'ammonium NH_4^+**

Durant le mois de Février, les concentrations en ammonium étaient comprises entre le minimum de 1,78 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station EDB5 (plage d'El-Djamila) et le maximum de 3,15 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station EDP1 (port d'El-Djamila). Nous avons remarqué une élévation des concentrations en ammonium en Mai, dont les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau d'El-Djamila beach (voir figure 4.3) avec un maximum de 25,21 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station EDB4.

Tableau 3.1 : Concentrations minimales et maximales d'ammonium ($\mu\text{mol/l}$) au niveau des zones de Sidi-Fredj et El-Djamila en Février et Mai.

| Ammonium | Février | | Mai | |
|----------|---------|-------|-------|---------------|
| | Min | Max | Min | Max |
| Zones | | | | |
| Plage SF | 2,561 | 3,094 | 4,141 | 6,260 |
| Port SF | 1,912 | 2,414 | 3,551 | 4,700 |
| Plage Dj | 1,780 | 2,897 | 5,175 | 25,214 |
| Port Dj | 2,657 | 3,157 | 4,607 | 5,693 |

Résultats et Discussions

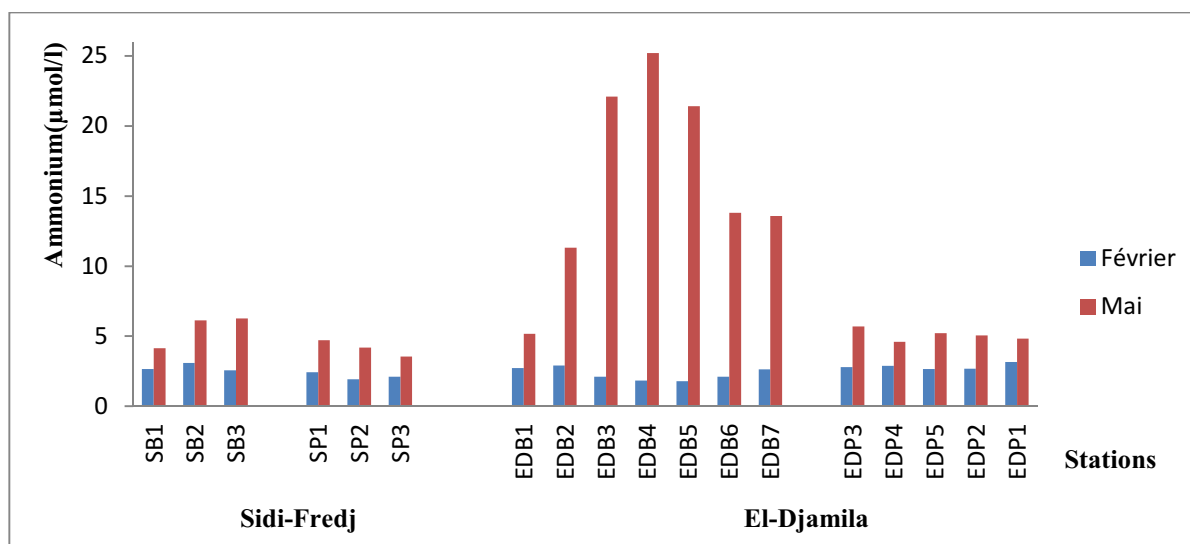


Figure 3.3 : Variation spatio-temporelle des concentrations en ammonium en février et Mai au niveau des ports et plages de la zone de Sidi-Fredj et El-Djamila

- **Les nitrates NO_3^-**

En Février, nous avons enregistré des concentrations en nitrates comprises entre 0,13 $\mu\text{mol/l}$ (au niveau de la plage de Sidi Fredj) et 0,21 $\mu\text{mol/l}$ (au niveau de la plage d'El-Djamila). Contrairement au mois de Mai, nous avons enregistré les valeurs les plus élevées au niveau d'El-Djamila Beach (voir figure 4.4) avec un pic de 3,37 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station EDB4.

Tableau 3.2 : Concentrations minimales et maximales des nitrates ($\mu\text{mol/l}$) au niveau des zones de Sidi-Fredj et El-Djamila en Février et Mai.

| Nitrates | Février | | Mai | |
|----------|---------|-------|-------|-------|
| | Min | Max | Min | Max |
| Zones | | | | |
| Plage SF | 0,129 | 0,184 | 0,025 | 0,044 |
| Port SF | 0,132 | 0,211 | 0,022 | 0,096 |
| Plage Dj | 0,110 | 0,217 | 0,387 | 3,372 |
| Port Dj | 0,145 | 0,203 | 0,110 | 0,404 |

Résultats et Discussions

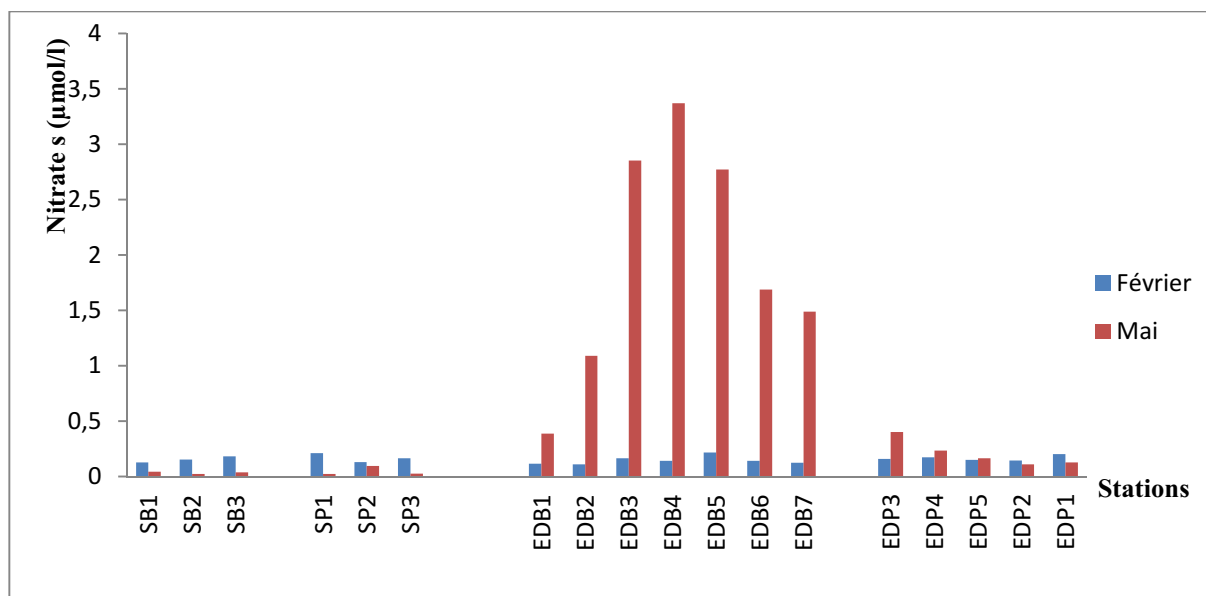


Figure 3.4 : Variation spatio-temporelle des concentrations en nitrates en février et Mai au niveau des ports et plages de la zone de Sidi-Fredj et El-Djamila

- **Les nitrites NO_2^-**

Nous avons enregistré des teneurs faibles en nitrites, un maximum de $0,022 \mu\text{mol/l}$ au niveau des stations EDP (2 et 4) du port d'El-Djamila en Février, les teneurs les plus élevées ont été enregistré au niveau d'El-Djamila beach (voir figure 4.5), avec un maximum de $1,64 \mu\text{mol/l}$ a été enregistré en Mai, au niveau de la station EDB4 de la plage d'El-Djamila.

Tableau 3.3 : Concentrations minimales et maximales des nitrites ($\mu\text{mol/l}$) au niveau des zones de Sidi-Fredj et El-Djamila en Février et Mai

| Nitrites | Février | | Mai | |
|----------|---------|-------|-------|-------|
| | Min | Max | Min | Max |
| Zones | | | | |
| Plage SF | 0,013 | 0,020 | 0,002 | 0,025 |
| Port SF | 0,007 | 0,013 | 0,025 | 0,049 |
| Plage Dj | 0,005 | 0,018 | 0,243 | 1,642 |
| Port Dj | 0,013 | 0,022 | 0,056 | 0,087 |

Résultats et Discussions

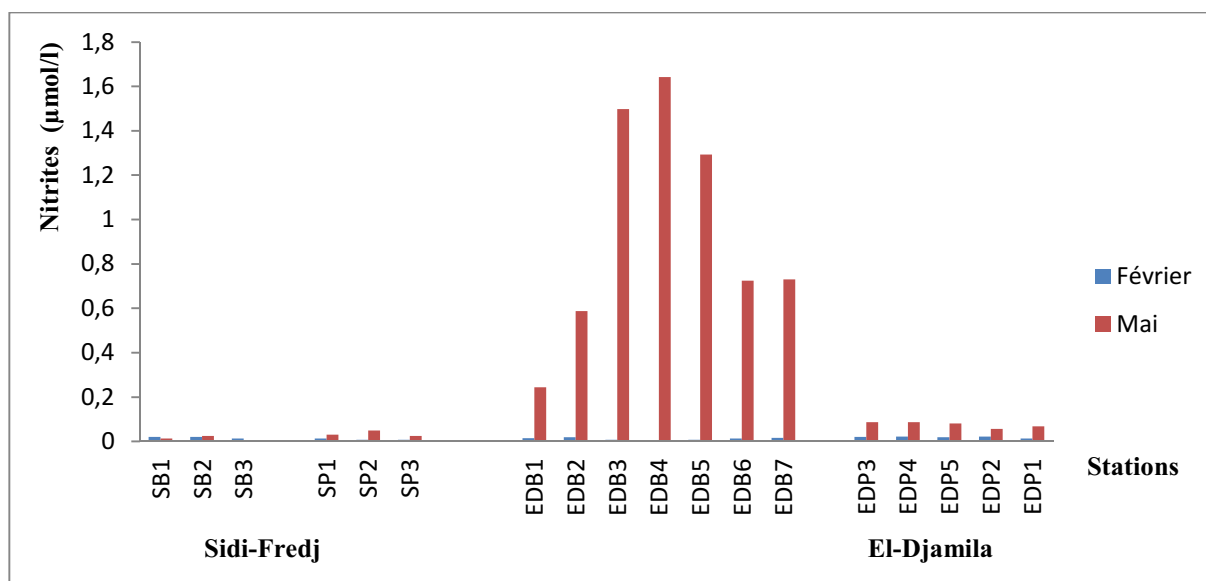


Figure 3.5 : Variation spatio-temporelle des concentrations en nitrites en février et Mai au niveau des ports et plages de la zone de Sidi-Fredj et El-Djamila

- **Les phosphates PO_4^{3-}**

En Février, les concentrations étaient comprises entre, 0,026 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station SP2 (port de Sidi-Fredj) et 0,071 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station SB2 (plage de Sidi-Fredj). Les résultats obtenus montrent une élévation des concentrations en phosphates en Mai dont les teneurs les plus élevées ont été enregistré au niveau d'El-Djamila Beach (voir figure 4.6), où on a enregistré un maximum de 0,47 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la Station EDB4.

Tableau 3.4 : Concentrations minimales et maximales des phosphates ($\mu\text{mol/l}$) au niveau des zones de Sidi-Fredj et El-Djamila en Février et Mai

| Phosphates | Février | | Mai | |
|------------|---------|-------|-------|-------|
| | Min | Max | Min | Max |
| Plage SF | 0,032 | 0,071 | 0,064 | 0,066 |
| Port SF | 0,026 | 0,052 | 0,068 | 0,093 |
| Plage Dj | 0,027 | 0,049 | 0,075 | 0,473 |
| Port Dj | 0,032 | 0,060 | 0,081 | 0,090 |

Résultats et Discussions

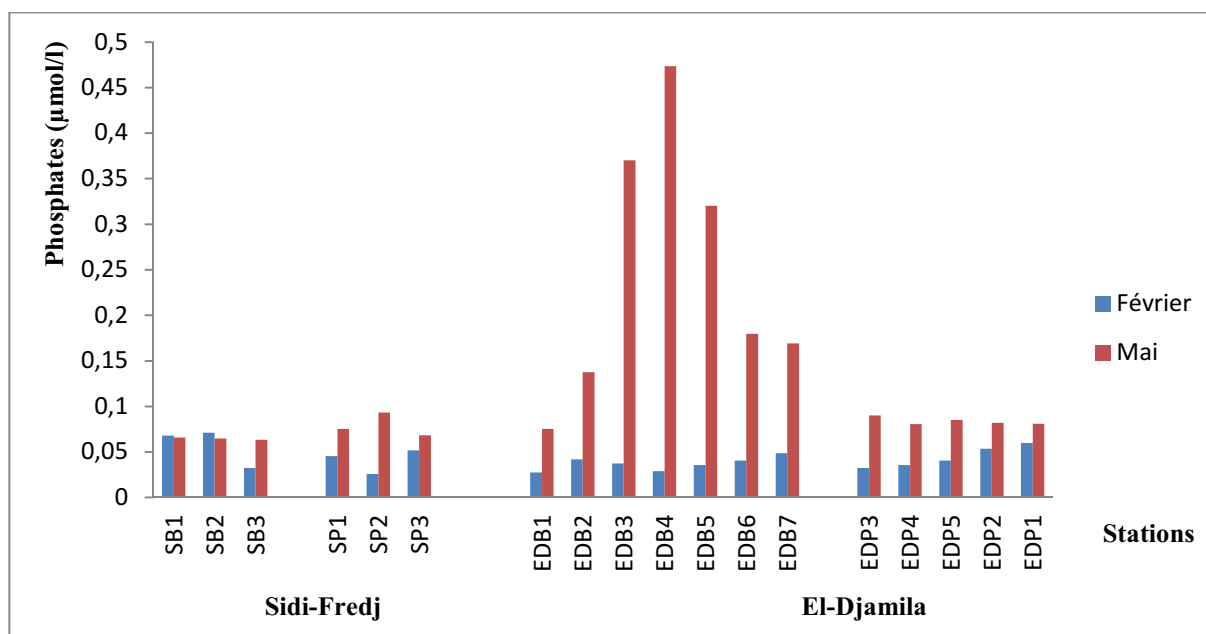


Figure 3.6 : variation spatio-temporelle des concentrations en phosphates en février et Mai au niveau des ports et plages de la zone de Sidi-Fredj et El-Djamila

• Les Silicates SiO₂

En Février, les concentrations en Silicates étaient basses avec un maximum de 1,124 µmol/l au niveau de la station SP2 du port de Sidi-Fredj, et un minimum de 0,17 µmol/l au niveau de la station SP1 du port de Sidi-Fredj, Contrairement en Mai, nous avons remarqué une élévation des concentrations en silicates où nous avons enregistré les valeurs les plus élevées en niveau d'El-Djamila beach (voir figure 4.7), avec un maximum de 3,19 µmol/l au niveau de la station EDB3.

Tableau 3.5 : Concentrations minimales et maximales de la silice (µmol/l) au niveau des zones de Sidi-Fredj et El-Djamila en Février et Mai

| Silice | Février | | Mai | |
|----------|---------|-------|-------|-------|
| | Min | Max | Min | Max |
| Zones | | | | |
| Plage SF | 0,281 | 0,399 | 0,348 | 0,734 |
| Port SF | 0,177 | 1,124 | 0,583 | 0,763 |
| Plage Dj | 0,576 | 0,844 | 0,522 | 3,194 |
| Port Dj | 0,308 | 0,889 | 0,017 | 0,385 |

Résultats et Discussions

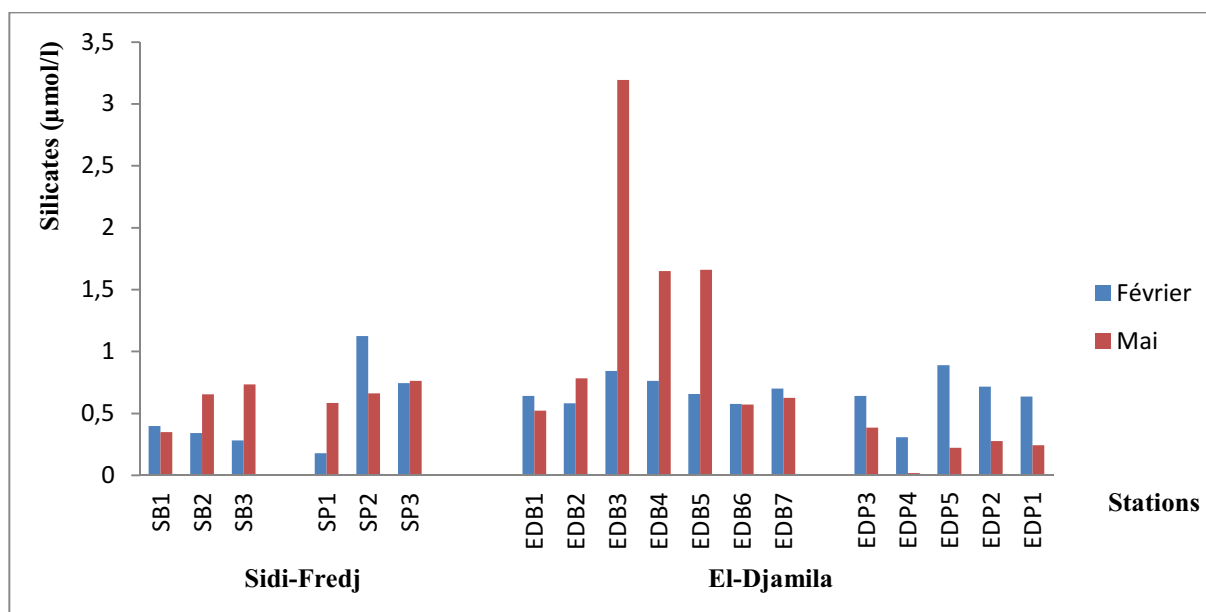


Figure 3.7 : Variation spatio-temporelle des concentrations en silice en février et Mai au niveau des ports et plages de la zone de Sidi-Fredj et El-Djamila

Dans l'ensemble, les concentrations les plus élevées en sels nutritifs ont été enregistrées en mai. Cette élévation peut être due à une remise en suspension des sels nutritifs à partir des fonds, aux excréments biologiques et aux rejets anthropiques dans les ports. A titre d'exemple, l'ammonium constitue le principal produit azoté rejeté par les animaux marins (Mayzaud et Dallot 1973 *in* Brinis et Brahmia, 1997) qui a enregistré une concentration maximale de 25.21 µmol/ litre au niveau de la station EDB4 de la plage d'El-Djamila, ceci nous permis de dire clairement que la plage d'El-Djamila est envahi d'égout. Le confinement, l'élévation des températures et la faible profondeur des stations EDB (3, 4 et 5) peuvent expliquer les concentrations maximales qui y ont été relevées en mai.

3.2. Le phytoplancton

Les populations totales (somme des diatomées, dinoflagellés, euglénophycées et coccolithophorides) ont rarement dépassé 30 000 cellules par litre (Figure 3.8).

Les diatomées ont présenté des concentrations modérées au cours des 2 saisons d'étude (< à 10 000 cellules par litre) et qui ont peu varié entre les stations et entre les deux saisons hiver et printemps. En effet, aucun bloom de diatomées n'a été enregistré au printemps (saison favorable) malgré la disponibilité des sels nutritifs. Les corrélations ont d'ailleurs été faibles entre ce groupe et les facteurs tels que température, ammonium et silicates (respectivement -0.48, 0.31, -0.004 ; risque $p < 0.05$) (Voir annexe 7).

Les seuls blooms enregistrés ont été générés par une euglénophycée (*Eutreptiella sp*) au printemps. Ce petit flagellé profite rapidement des conditions favorables (réchauffement des eaux et enrichissement en sels nutritifs). La matrice de corrélation (voir annexe 7) montre une corrélation de 0.88 entre la somme des euglénophycées et la température et de 0.56 entre euglénophycées et ammonium (risque $p < 0.05$).

En Février seules les diatomées sont présentes dans toutes les stations. Elles représentent 100% des cellules au niveau des stations EDB (1, 2, 3, 5) de la plage d'El-Djamila et EDP (3, 4, 5, 2) du port d'El-Djamila., L'absence des coccolithophorides et des euglénophycées en hiver et les faibles densités des dinoflagellés sont probablement liées aux basses températures relevées en février (entre 14.4 et 16° C) défavorables au développement de ces trois groupes. Nous avons obtenu les corrélations suivantes entre la température et ces trois groupes respectifs : 0.94, 0.88 et 0.78 ($p < 0.05$).

Résultats et Discussions

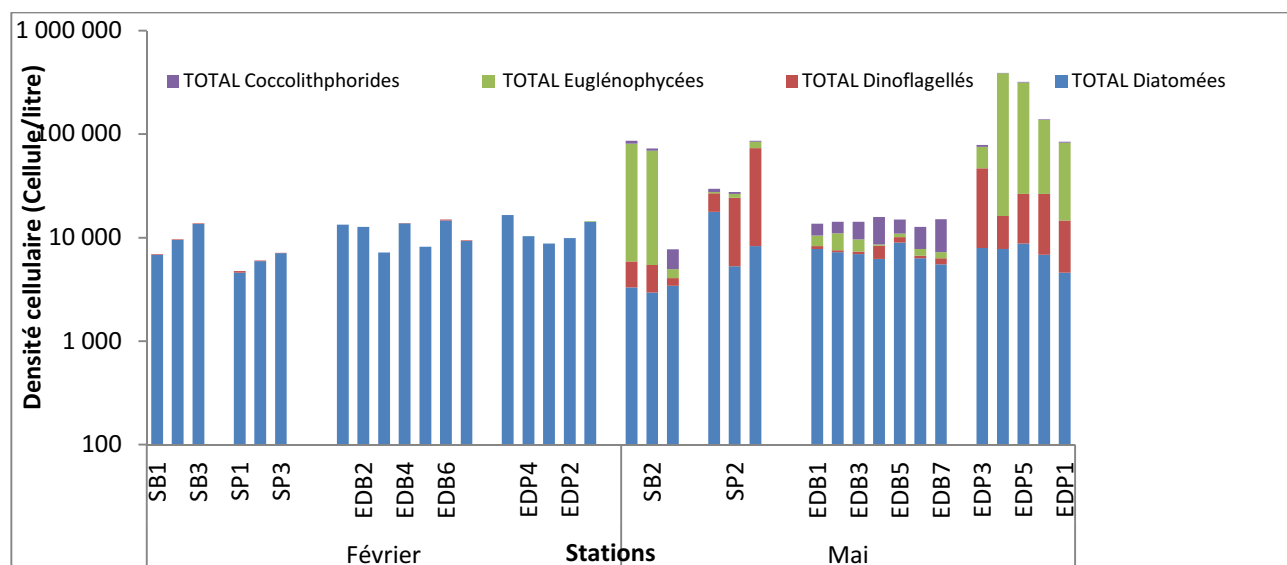


Figure 3.8: Variation spatio-temporelle des groupes phytoplanctoniques en février et Mai au niveau des ports et plages de la zone de Sidi-Fredj et El-Djamila

Tableau 3.6 : Les densités minimales et maximales (cellules/litre) des différents groupes phytoplanctoniques en février et Mai au niveau des ports et plages de la zone de Sidi-Fredj et El-Djamila.

| Groupe | Février | | Mai | |
|--------------------|---------|------------|-------|----------------|
| | Min | Max | Min | Max |
| Diatomées | 4 600 | 16 520 | 2 960 | 17 800 |
| Dinoflagellés | 0 | 360 | 320 | 64 960 |
| Euglénophycées | 0 | 160 | 200 | 371 080 |
| Coccolithophorides | 0 | 0 | 1 160 | 7 800 |

Résultats et Discussions

Tableau 3.7 : Pourcentages des groupes phytoplanctoniques aux niveaux des différentes stations.

| Stations | Février | | | | Mai | | | |
|-------------|------------|--------|--------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|
| | Diat % | Dino % | Euglé% | Cocco % | Diat % | Dino % | Euglé % | Cocco % |
| SB1 | <u>98</u> | 2 | 0 | 0 | 4 | 3 | <u>87</u> | 6 |
| SB2 | <u>99</u> | 1 | 0 | 0 | 4 | 3 | <u>88</u> | 5 |
| SB3 | <u>98</u> | 2 | 0 | 0 | 45 | 8 | 11 | <u>36</u> |
| SP1 | <u>97</u> | 3 | 0 | 0 | 60 | 31 | 3 | 7 |
| SP2 | <u>99</u> | 1 | 0 | 0 | 19 | <u>69</u> | 8 | 4 |
| SP3 | <u>99</u> | 1 | 0 | 0 | 10 | <u>75</u> | 13 | 2 |
| EDB1 | <u>100</u> | 0 | 0 | 0 | 57 | 4 | 16 | 23 |
| EDB2 | <u>100</u> | 0 | 0 | 0 | 51 | 2 | 24 | 23 |
| EDB3 | <u>100</u> | 0 | 0 | 0 | 49 | 3 | 16 | 32 |
| EDB4 | <u>99</u> | 1 | 0 | 0 | 39 | 13 | 1 | <u>46</u> |
| EDB5 | <u>100</u> | 0 | 0 | 0 | 60 | 8 | 6 | 27 |
| EDB6 | <u>98</u> | 2 | 0 | 0 | 50 | 3 | 9 | <u>39</u> |
| EDB7 | <u>99</u> | 1 | 0 | 0 | 37 | 5 | 6 | <u>52</u> |
| EDP3 | <u>100</u> | 0 | 0 | 0 | 10 | <u>49</u> | 37 | 4 |
| EDP4 | <u>100</u> | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | <u>95</u> | 0 |
| EDP5 | <u>100</u> | 0 | 0 | 0 | 3 | 6 | <u>91</u> | 1 |
| EDP2 | <u>100</u> | 0 | 0 | 0 | 5 | 14 | <u>80</u> | 1 |
| EDP1 | <u>99</u> | 0 | 1 | 0 | 5 | 12 | 81 | 2 |

Résultats et Discussions

L'échantillonnage mené en Février et Mai, nous a permis aussi d'enregistrer dans plusieurs stations une dominance des diatomées benthiques par rapport aux pélagiques (BPR=1), ce résultat peut être expliqué par le fait que nous avons prélevé dans des stations peu profondes (profondeur maximale ~ 3m), les diatomées benthiques remises en suspension par l'agitation se retrouvent ainsi dans la colonne d'eau.

Tableau 3.8 : Le BPR des espèces au niveau des différentes stations

| Stations | BPR | |
|----------|---------|-----|
| | Février | Mai |
| SB1 | 1 | 1 |
| SB2 | 0 | 1 |
| SB3 | 1 | 1 |
| SP1 | 0 | 0 |
| SP2 | 0 | 0 |
| SP3 | 1 | 0 |
| EDB1 | 1 | 1 |
| EDB2 | 1 | 1 |
| EDB3 | 0 | 1 |
| EDB4 | 0 | 1 |
| EDB5 | 0 | 1 |
| EDB6 | 0 | 1 |
| EDB7 | 0 | 0 |
| EDP3 | 1 | 1 |
| EDP4 | 0 | 1 |
| EDP5 | 0 | 0 |
| EDP2 | 1 | 1 |
| EDP1 | 1 | 0 |

Résultats et Discussions

a) Les diatomées

Elles sont présentes dans toutes les stations de notre prélèvement à savoir les ports et les plages pendant le mois de Février, avec une densité cellulaire maximale de 16 520 cellules/litres au niveau de la station EDP3 du port d'El-Djamila. Les espèces les plus abondamment rencontrées dans ce groupe durant cette période sont : *Thalassiosira sp*, *Navicula spp*, *Bacillaria paradoxa*, *Licmophora abbreviata*, *Cylindrotheca closterium*, *Thalassionema nitzschioides*.

En Mai, nous avons enregistré des densités presque similaires qu'à la saison hivernale, avec un maximum de 17 800 Cellule/litre au niveau de la station SP1 du port de Sidi-Fredj. Les espèces les plus abondamment rencontrées durant cette période sont : *Chaetoceros sp*, *Cylindrotheca sp*, *Leptocylindrus sp*, *Navicula spp*, *Thalassiosira sp*.

➤ Famille : Naviculaceae

• Genre *Navicula* Bory de Saint-Vincent, 1822

La distinction entre les espèces ne peut parfois être faite qu'avec le recours à la microscopie électronique. C'est pour cette raison que nous avons regroupé les espèces sous l'appellation *Navicula spp*

- *Navicula spp*

Espèces benthiques assez fréquentes dans toutes les stations avec des densités importantes qui varient d'une station à une autre. Le maximum est enregistré en Février est de l'ordre de 6 720 cellules/litre au niveau de la station EDB1 de la plage d'El-Djamila.



Photo 3.1 : *Navicula spp*

Résultats et Discussions

➤ Famille : Licmophoraceae

• Genre *Licmophora* C.Agardh, 1827

Le genre *Licmophora* comprend plusieurs espèces coloniales dont les cellules regroupées en éventail sont fixées à des supports par un pédoncule mucilagineux.

- *Licmophora abbreviata* C.Agardh

Espèce benthique qui a enregistré un maximum de 3 680 cellules/litre au niveau de la station EDP3 du port d'El-Djamila et un maximum au niveau de la plage de Sidi-Fredj à une densité de 2 040 cellules/litre au niveau de la station SB3.

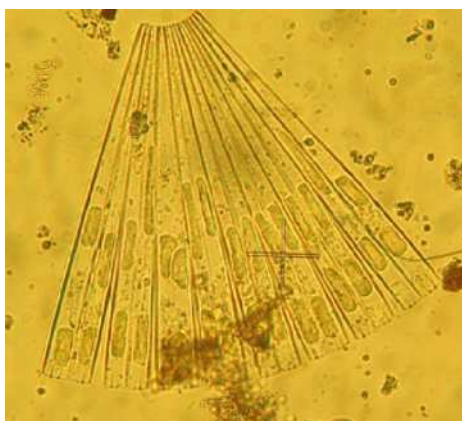


Photo 3.2 : *Licmophora abbreviata*

➤ Famille : Bacillariaceae

• Genre *Cylindrotheca* Rabenhorst, 1858

Les cellules sont solitaires. La partie centrale est fusiforme ou cylindrique. Les deux extrémités sont minces et rostrées, et parfois arrondies. Les cellules ont tendance à s'arquer.

Genre très abondant tout au long de notre période d'échantillonnage, un bloom a été signalé le 06/05/ 2008 au niveau du port El-Djamila (ATTOUCHI Feriel, 2008) par une espèce appartenant à ce genre *Cylindrotheca closterium* qui est une espèce des eaux marines et saumâtre.

Résultats et Discussions

- ***Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & J.C.Lewin**

Espèce existante dans toutes les stations. Le maximum a été enregistré en Mai au niveau de la plage d'El-Djamila avec une densité de 2 800 et 2 600 cellules/litre, respectivement au niveau de la station EDB2 et EDB1.

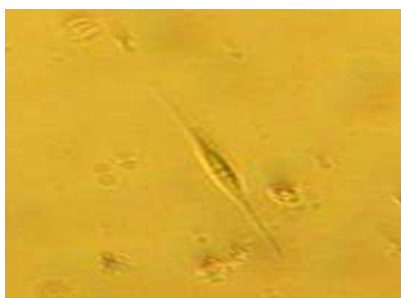


Photo 3.3: *Cylindrotheca closterium*

➤ **Famille : Thalassionemataceae**

• **Genre *Thalassionema* Grunow ex Mereschkowsky, 1902**

Les cellules sont unies en colonies étoilées ou en zigzag. Ce sont des chaînes rigides ou légèrement courbées. En vue connective, le frustule apparaît de forme rectangulaire, les valves sont ornementées. Leur taille varie entre 10 et 230 µm.

- ***Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky**

Espèce présente dans toutes les stations, avec une densité maximale enregistrée en Février de 1 600 et 1 400 cellules/litre respectivement au niveau des stations SB3 de la plage de Sidi-Fredj et EDP4 du port El-Djamila.



Photo 3.4 : *Thalassionema nitzschioides*

Résultats et Discussions

➤ **Famille : Bacillariaceae**

• **Genre *Bacillaria* J.F.Gmelin, 1791**

Les cellules sont coloniales et réunies entre elles (valve à valve). Elles forment des colonies rubanées. Elles sont caractérisées par le glissement de leur frustule l'un sur l'autre. Leur frustule est étroit, rectangulaire et linéaire. Les cellules sont constamment mobiles. Leur taille varie entre 70 et 115 µm.

- ***Bacillaria paradoxa* J.F.Gmelin**

Cette espèce est essentiellement présente en Février au niveau de la station EDP5 du port d'El-Djamila avec 1 280 cellules/litre, et en second lieu une densité de 1 040 cellules/litre dans la station EDB4 de la plage d'El-Djamila.

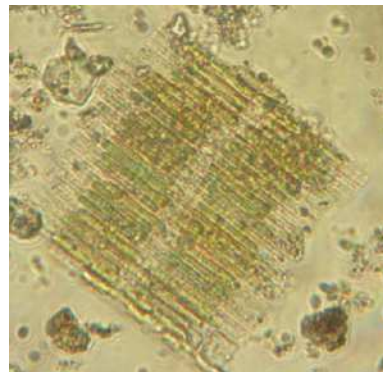


Photo 3.5 : *Bacillaria paradoxa*

Résultats et Discussions

b) Les dinoflagellés

Durant le mois de Février, les dinoflagellés étaient absents presque dans toutes les stations, avec une densité qui ne dépasse pas 360 cellules/litre, Contrairement en Mai, nous avons enregistré une prolifération massive de ce groupe avec un maximum de 64 960 cellules/litre au niveau de la station SP3 du port de Sidi-Fredj, les espèces les plus abondamment rencontrées dans ce groupe durant cette période sont : *Protoperidinium quinquecorne*, *Protoperidinium sp*, *Prorocentrum micans*, et *Prorocentrum triestinum*.

➤ Famille: Protoperidiniaceae

- Genre *Protoperidinium* R.S.Bergh, 1881

Les cellules sont solitaires. Elles peuvent être globulaires, ovoïdes, en forme de poire, biconiques, ou d'une autre forme aplatie ou non. Les tailles sont diverses. Quelques espèces ont une corne aux extrémités ou des épines au niveau de la partie antapicale. La bioluminescence est connue chez certaines espèces.

- *Protoperidinium sp*

En Mai, Nous avons enregistré une présence au niveau de toutes les stations, avec un maximum de 7 280 cellules/litre au niveau de la station EDP3 du port d'El-Djamila.



Photo 3.6 : *Protoperidinium sp*

Résultats et Discussions

c) Les euglénophycées

Durant nos périodes d'échantillonnage, ce groupe a été représenté par une seule espèce *Eutreptiella sp.*

En Mai, elle était présente dans toutes les stations avec des densités cellulaires importantes, où nous avons enregistré des Blooms dans plusieurs stations.

d) Les Coccolithophorides

Durant nos périodes d'échantillonnage, ce groupe a été représenté par deux espèces ; *Emiliana huxleyi*, *Holococcolithophora sphaeroidea*.

Une absence totale de ce groupe en Février, contrairement en Mai, où elles étaient présentes dans toutes les stations, avec des densités importantes.

3.2.1. Les espèces potentiellement nocives

3.2.1.1. Les espèces génératrices de Blooms

Les espèces non toxique génératrices de blooms rencontrées durant notre étude appartiennent aux quatre groupes phytoplanctoniques ; les Diatomées, les Dinoflagellés, les Euglenophycées et les Coccolithophorides.

a) Les diatomées

➤ Famille : Thalassiosiraceae

- Genre *Thalassiosira* Cleve, 1873

Les cellules sont généralement réunies en chaîne à l'aide d'un ou plusieurs filaments ou dans du mucilage. Elles sont habituellement discoïdes, plates ou légèrement incurvées aux bords arrondis. Certaines espèces ont leurs cellules recouvertes de processus.

Résultats et Discussions

- *Thalassiosira sp*

Une seule espèce du genre a été récoltée mais nous n'avons réussi à l'identifier. Le maximum a été enregistré en Février au niveau de la station EDB 4 de la plage d'El-Djamila qui est de 4 760 cellules/litre.

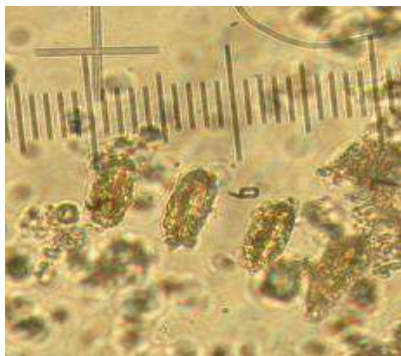


Photo 3.7 : *Thalassiosira sp*

➤ Famille : Leptocylindraceae

• Genre *Leptocylindrus* Cleve, 1889

Les cellules sont coloniales, cylindriques et allongées. Leurs frustule sont étroitement réunis entre eux pour former des chaînes filamenteuses. Les valves sont planes légèrement convexes et portent de courtes épines. Leur diamètre varie entre 2 et 15 μm .

Ce genre a été caractérisé durant notre étude par *Leptocylindrus danicus*

- *Leptocylindrus danicus* Cleve

Espèce abondante durant nos périodes d'échantillonnage, un maximum a été enregistré en Mai au niveau de la Station SP1 du port de Sidi-Fredj avec une densité de 5 160 cellules/litre.

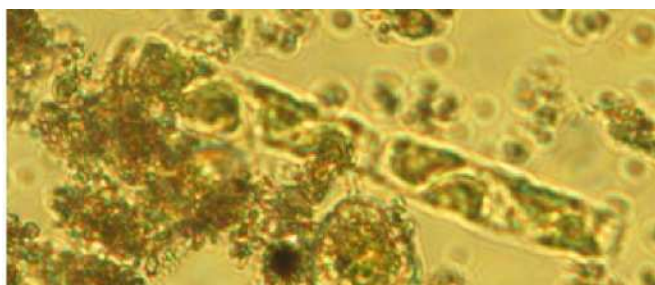


Photo 3.8 : *Leptocylindrus danicus*

Résultats et Discussions

➤ **Famille : Chaetocerotaceae**

Les cellules sont habituellement coloniales réunies en chaînes plus ou moins longues.

Chaque cellule porte 4 soies (2 soies par valve), plus ou moins longues et épaisses. Les valves sont généralement elliptiques. Les cellules sont généralement regroupées en lignes ou en spirales par entrecroisement des soies. Ces soies sont creuses, souvent armées de courtes épines.

• **Genre *Chaetoceros* Ehrenberg, 1844**

- *Chaetoceros sp*

Espèces pélagiques, très peu abondante en Février, contrairement en Mai où elle était présentes presque dans toutes les stations, avec une densité maximale de 7 880 cellules/litre au niveau de la station SP1 du port de Sidi-Fredj.



Photo 3.9 : *Chaetoceros sp*

Résultats et Discussions

b) Les dinoflagellés

➤ Famille : Ceratiaceae

- Genre *Neoceratium* F.Gómez, D.Moreira & P.López-Garcia, 2010

- *Neoceratium furca* (Ehrenberg) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia

Très connue en zone littorale et plusieurs variétés existent (Lassus 1988).

Fraga et Sanchez relatent une eau colorées à *Ceratium furca* en 1953 (rivière de Vigo) et, en 1981, d'autres phénomènes similaires sont signalés en « German Bight » par Hickel (1982) et en mer du Nord par Gillbricht (1982). (Lassus 1988).

Dans ce dernier cas (1981), les densités atteintes sont de 500 000 cellules/litre mais, en 1986, on atteint 1 million d'organisme au litre sur la côte nord-ouest de la Norvège (Lassus 1988).

Les concentrations enregistrées dans nos périodes d'échantillonnage ont été faible, un maximum a été enregistré de 40 cellules/litre dans plusieurs stations.



Photo 3.10 : *Neoceratium furca*

- *Neoceratium fusus* (Ehrenberg) F.Gomez, D.Moreira & P.Lopez-Garcia

Espèce très commune l'été en zone littoral, en particulier en Manche et mer du Nord. En France, es eaux colorées d'aspect blanchâtres sont signalées par Marteil et Paulmier (1970) en rivière d'Auray (1965), avec des concentrations de l'ordre de 4,5 million de

Résultats et Discussions

cellules/litre (Lassus, 1988). Un bloom a été signalé en 2001 dans une baie semi fermée de la péninsule Arabique (Baie de Kuwait) (Glibert et *al.*, 2002 in Illoul, 2014).

Nous avons enregistré une faible densité pendant notre échantillonnage, qui est de 80 cellules/litre au niveau de la station SB2 de la plage de Sidi-Fredj.



Photo 3.11 : *Neoceratium fusus*

- **Famille: Protoperidiniaceae**
- **Genre *Protoperidinium* R.S.Bergh, 1881**
- ***Protoperidinium quinquecorne* (Abé) Balech**

Petit péridinien photosynthétique, proche des **Gonyaulaxe**. Commun sur les côtes françaises, il peut proliférer sans provoquer d'eau rouge. (Lassus 1988).

Nous avons enregistré en Mai au niveau du port de Sidi-Fredj une densité maximale de 53 200 cellules/litre au niveau de la station SP3.

Durant cette même période, nous avons enregistré une densité maximale de 25 680 cellules/litre au niveau de la station EDP3 du port d'El-Djamila.

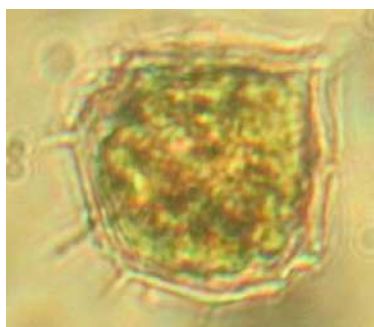


Photo 3.12 : *Protoperidinium quinquecorne*

Résultats et Discussions

➤ Famille : Prorocentraceae

• Genre *Prorocentrum* C.G.Ehrenberg, 1834

Les cellules sont solitaires. Elles sont cuirassées. Leur taille est plutôt réduite. Leur contour est variable arrondie, sigmoïde, cordiforme. Les valves peuvent être convexes à concaves en vue latérale. La thèque est formée essentiellement de deux valves couvertes ou non de petites épines et de pores. Il y a deux flagelles de tailles différentes, présence d'une épine ou d'une dent bien visibles.

- *Prorocentrum micans* Ehrenberg

Il s'agit d'une espèce à distribution cosmopolite. Les eaux colorées à *P.micans* sont fréquentes et décrites un peu partout dans le monde (Lassus, 1988).

Un bloom a été signalé dans l'est de l'Algérie (Frehi et al., 2007 *in* Illoul, 2014). Un cas rare de nocivité : *Prorocentrum micans* a été impliqué dans une mortalité massive de poissons par anoxie sur la côte ouest d'Afrique du sud (GEOHAB, 2001 *in* Illoul, 2014).

Dans notre région d'étude, elle est présente d'une manière régulière, mais avec des abondances modérées, avec un maximum de 2800 cellules/litre au niveau de la station EDP2 en Mai.

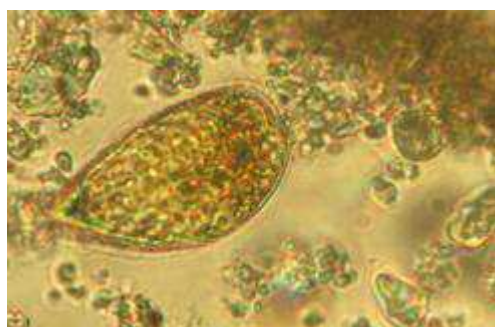


Photo 3.13 : *Prorocentrum micans*

Résultats et Discussions

- *Prorocentrum triestinum* J.Schiller

C'est une espèce cosmopolite, qui se développe conjointement à *Scrippsiella*-like aussi bien en mer ouverte que dans les eaux côtières sans toutefois atteindre les mêmes niveaux de concentrations. Il a provoqué des eaux rouges, de 1961 à 1975, sur les côtes hollandaises avec 1,4 millions de cellules/litre (Kat 1979 et 1982 *in* Lassus 1988).

En Mai, la concentration maximale qui a été atteinte durant cette étude, était de 2 320 cellules/litre au niveau de la station SP3 du port de Sidi-Fredj.



Photo 3.14: *Prorocentrum triestinum*

➤ Famille : Thoracosphaeraceae

• Genre *Scrippsiella* Balech ex A.R.Loeblich III, 1965

Les cellules sont cuirassées. Elles sont réunies ou non en amas et peuvent s'attacher au substrat. Les cellules sont arrondies plus ou moins comprimées dorso-ventralement. Elles sont de petite taille.

- *Scrippsiella* sp

Espèce génératrice de bloom colorée, dans notre période d'échantillonnage, elle était présente uniquement au niveau du port d'El-Djamila avec une concentration maximale enregistrée en Mai de 520 cellules/litre au niveau de la station EDP2.

Résultats et Discussions

➤ **Famille : Noctilucaeae**

• **Genre Noctiluca Suriray, 1816**

Les cellules sont solitaires. Elles sont nues. Elles sont ovoïdes ou sub-sphériques. Leurs contours varient selon le stade de développement. La taille du diamètre variant de 200 à 1000 µm. La partie haute de la thèque est quasi absente. Il y a un seul flagelle court, non locomoteur qui a un rôle plutôt alimentaire. Cette espèce est **bio-luminescente**.

- ***Noctiluca scintillans* (Macartney) Kofoid & Swezy**

Espèce formatrice de bloom. A partir de 1,5 millions de cellules/litre, l'eau est déjà colorée en rose, contenue de la tendance des noctiluques à s'accumuler en surface et d'une corrélation évidente avec la stratification de la colonne d'eau (Lefèvre et Grall, 1970 *in* Lassus, 1988). Elle a été enregistrée sur la côte algéroise à des concentrations proches de 100 cellules/litre entre 2001 et 2002 (Illoul et al.2008a).

Dans notre étude, nous n'avons noté la présence de cette espèce qu'en Mai et au niveau de la station EDP2 du port d'El-Djamila avec une faible concentration qui est de 40 cellules/litre.



Photo 3.15 : *Noctiluca scintillans*

c) Les euglenophycées

➤ Famille : Eutreptiaceae

• Genre *Eutreptiella* A.da Cunha, 1914

Les cellules sont solitaires, mobiles par deux flagelles inégaux. L'un est dirigé vers l'avant l'autre en position latérale. Les cellules ont une aptitude à se déformer. La taille des cellules varie entre 20 et 100 µm.

- *Eutreptiella* sp

C'est un flagellé de la classe des Euglenophycées qui peut donner lieu à des blooms très importants, en Turquie, elle a pu arriver à la densité de $7 \cdot 10^5$ cellules/litre, ceci a provoqué l'anoxie du milieu (Koray, 2004 *in* Djaroun, 2010).

Plusieurs blooms ont été enregistré en Mai dans différents stations avec des concentrations de 74 897 et 63 833 cellules/litre respectivement dans les stations SB1 et SB2 de plage de Sidi-Fredj, et des concentrations de 371 080, 289 374, 110643 et 68088 cellules/litre respectivement dans les stations EDP4, EDP5, EDP2,EDP1 du port d'El-Djamila.



Photo 3.16 : *Eutreptiella* sp

Résultats et Discussions

d) Les coccolithophorides :

➤ Famille : Noelaerhabdaceae

- Genre *Emiliana* W.W.Hay & H.P.Mohler, 1967

- *Emiliana huxleyi* (Lohmann) W.W.Hay & H.P.Mohler

Il provoque des eaux « blanches » dues à la forte réfringence des coccolithes, aussi bien dans les fjords et estuaire que le long des fronts de discontinuité entre masse d'eau océanique (Holligan et al. 1983 in Lassus 1988). En 1939, des blooms importants sont signalés dans le fjord d'Oslo avec 33 millions de cellule par litre. (Lassus 1988).

Pendant notre période d'échantillonnage, nous avons enregistré des concentrations modérées dans toutes les stations en Mai avec un maximum de 5 280 cellules/litre au niveau de la station SB1 de la plage de Sidi-Fredj et un minimum de 120 cellules/litre au niveau de la station EDB3 de la plage d'El-Djamila.

➤ Famille: Calyptosphaeraceae

- Genre *Holococcolithophora* L.Cros & J.R.Young, 2005

- *Holococcolithophora sphaeroidea* (Schiller) J.W.Jordan, L.Cros & J.R.Young.

Un bloom a été enregistré dans les eaux de petit port de pêche de Tamenfoust, situé dans la partie Est de la baie d'Alger, avec une concentration record : $4,7 \cdot 10^8$ cellules/litre (Illoul et al., 2008). En Mai, Nous avons enregistré des densités modérées au niveau de toutes les stations, avec une concentration minimale de 200 cellules/litre au niveau de la station SB1 de la plage de la Sidi-Fredj et un maximum de 6 960 cellules/litre au niveau de la station EDB4 de la plage d'El-Djamila.

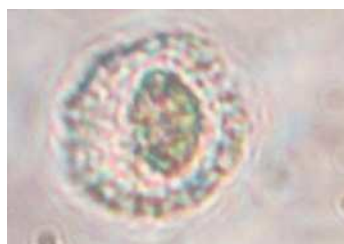


Photo 3.17 : *Holococcolithophora sphaeroidea*

3.2.1.2. Les espèces potentiellement toxiques :

a) Les diatomées :

Dans ce vaste ensemble de diatomées pennées, les espèces proliférantes et neurotoxique productrices d'acide domoïque se rencontrent dans la famille des Bacillariacées et appartiennent au genre *Pseudo-Nitzschia* (Frémy et Lassus, 2001).

➤ Famille : Bacillariaceae

• Genre *Pseudo-Nitzschia* H.Peragallo, 1900

Les cellules sont en chaînes courtes ou longues, rigides. Elles sont unies bout à bout avec superposition d'une partie terminale des valves. Les cellules sont fortement allongées, rectangulaires ou fusiformes en vue cingulaire, aux extrémités légèrement arrondies ou pointues. Les valves sont légèrement courbées ou aplaties, mais pas ondulées. Leur taille varie entre 30 et 160 µm.

- *Pseudo-Nitzschia* spp

Caractérisé par ses cellules fusiformes formant des colonies « en escalier » par adhérence des parties apicales des valves et formant ainsi de longs filaments.

Le genre qui est cosmopolite, comporte une vingtaine d'espèce exclusivement marine dont sept capable de produire de l'acide domoïque en culture stationnaire, parmi eux : *P.serriata*, (Fruxell et al., 1997 ; Sarno & Dahlmann, 2000 in Frémy et Lassus, 2001). La capacité de produire de l'acide domoïque est plus ou moins forte selon les espèces et certaines peuvent, par ailleurs, présenter des clones apparemment non toxique (Lundholm et al., 1994 in Frémy et Lassus, 2001).

En Méditerranée, on a prouvé la toxicité de deux espèces de ce genre : *Pseudo-Nitzschia glaxiae* et *Pseudo-Nitzschia multistriata* (Quijano et al., 2005 in Djaroun, 2010).

Résultats et Discussions

L'espèce rencontrée pendant notre étude est *Pseudo-Nitzschia seriata* avec une densité cellulaire maximale de 800 cellules/litre en Mai au niveau de la station SP1 du port de Sidi-Fredj.

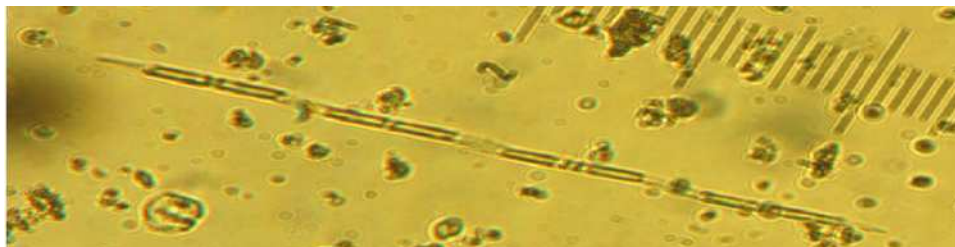


Photo 3.18 : *Pseudo-Nitzschia* spp

b) Les dinoflagellés

➤ Famille : Gymnodiniaceae

- **Genre *Gymnodinium* F.Stein, 1878**
- ***Gymnodinium catenatum* H.W.Graham, 1943**

Cette espèce forme des chainettes d'individus (4 à 64). Cette espèce authentique, productrice d'efflorescences toxiques est connue dans les eaux tempérées avec une distribution discontinue en Amérique du nord. Elle est absente en Europe du nord notamment en France (Frémy et Lassus, 2001).

Cette espèce est principalement responsable d'intoxication de type PSP (Lassus, 1988), et est le seul dinoflagellé « nu » produisant des toxines paralysantes : les autres dinoflagellés producteurs de ces toxines sont des « cuirassés » appartenant au Gonyaulacales (Frémy et Lassus, 2001).

Résultats et Discussions

Cette espèce toxique a été récoltée occasionnellement en Mai dans la station EDP5 du port d'El-Djamila avec une densité de 760 cellules/litre.

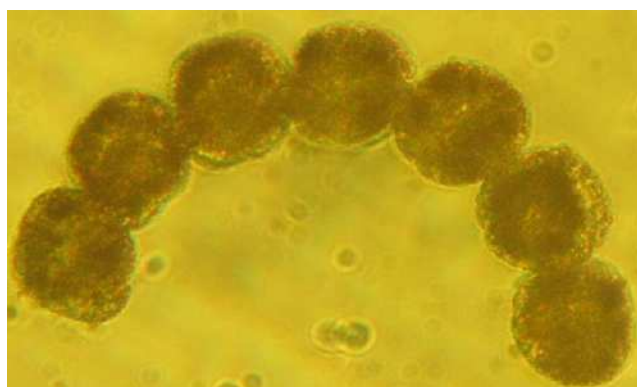


Photo 3.19 : *Gymnodinium catenatum*

- **Genre *Amphidinium* É.Claperède & J.Lachmann, 1859**

- ***Amphidinium carterae* Hulburt**

Une eau rouge à *Amphidinium sp* est décrite par Fraga et Sanchez (1979) dans la ria de Vigo (nord-ouest de l'Espagne) en 1977. Il n'y a pas de description précise de l'espèce mais les auteurs indiquent une concentration maximal de 4,5 millions de cellules/litre tandis qu'aucune toxicité n'est détectée dans les moules cultivées dans la zone concernée. (Lassus, 1988).

Une densité maximale de 240 cellules/litre a été observée en Mai, au niveau de la station SP1 du port de Sidi-Fredj.

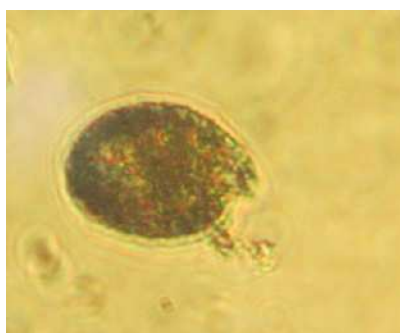


Photo 3.20 : *Amphidinium carterae*

➤ **Famille : Dinophysaceae**

• **Genre *Dinophysis* Ehrenberg, 1839**

Les cellules sont solitaires, de petite ou moyenne taille. Le cingulum est bordé par deux collerettes et le sulcus est bordé par deux ailettes. Certaines espèces sont productrices de toxines.

- ***Dinophysis acuminata* Claparède & Lachmann**

Cette espèce est commune l'été en zone néritique, bien qu'elle soit souvent confondue avec des espèces proches comme *D. sacculus*.

Durant notre étude, nous avons marqué en Mai une présence de 80 cellules/litre au niveau de la station SB2 de la plage de Sidi-Fredj.



Photo 3.21 : *Dinophysis acuminata*

Résultats et Discussions

➤ Les genres nuisibles et/ou toxiques les plus fréquents :

Tableau 3.9: résumé des différentes espèces nuisibles et/ou toxiques

| Espèce toxique | Effet nocif | Densité max (cellule/litre) | Stations | Mois |
|---|--------------|--------------------------------|----------|---------|
| Espèces potentiellement toxiques | | | | |
| <i>Dinophysis acuminata</i> | DSP | 80 | SB2 | Mai |
| <i>Gymnodinium catenatum</i> | PSP | 760 | EDP5 | |
| <i>Pseudo-Nitzschia spp</i> | ASP | 800 | SP1 | |
| <i>Amphidinium carterae</i> | CFP | 240 | SP1 | |
| Espèces génératrices de bloom | | | | |
| Diatomées | | | | |
| <i>Thalassiosira sp</i> | Bloom | 4 760 | EDB4 | Février |
| <i>Leptocylindrus danicus</i> | Bloom | 5 160 | SP1 | Mai |
| <i>Chaetoceros sp</i> | Bloom | 7 880 | SP1 | Mai |
| Dinoflagellé | | | | |
| <i>Neoceratium furca</i> | Bloom | 40 | | Mai |
| <i>Neoceratium fusus</i> | Bloom | 80 | SB2 | Mai |
| <i>Protoperidinium quinquecorne</i> | Bloom | 25 680 | EDP3 | Mai |
| <i>Prorocentrum micans</i> | Bloom | 2 800 | EDP2 | Mai |
| <i>Prorocentrum triestinum</i> | Bloom | 2 320 | SP3 | Mai |
| <i>Scrippsiella sp</i> | Bloom | 520 | EDP2 | Mai |
| <i>Noctiluca scintillans</i> | Bloom | 40 | EDP2 | Mai |
| Euglenophycées | | | | |
| <i>Eutreptiella sp</i> | Bloom | 371 080 | EDP4 | Mai |
| Coccolithophorides | | | | |
| <i>Emiliana huxleyi</i> | Bloom | 5 280 | SB1 | Mai |
| <i>Holococcolithophora sphaeroidea</i> | Bloom | 6 960 | EDB4 | Mai |

Résultats et Discussions

3.3. Etude de la diversité spécifique

3.3.1. Indice de Shannon et Indice d'équitabilité

Tableau 3.10 : L'indice de Shannon, indice d'équitabilité, nombre d'espèces, espèce dominante et son pourcentage au niveau des différentes stations pendant Février.

| Février | | | | | |
|-------------|-------------|---------------|-----------------------|-------------------------|--------------|
| Stations | Is | Nbre d'espèce | Indice d'équitabilité | Espèce dominante | Pourcentage% |
| SB1 | 3,78 | 20 | 0,66 | <i>Navicula sp</i> | 20.11 |
| SB2 | 3,78 | 21 | 0,66 | Diatomée penné | 18.33 |
| SB3 | 3,49 | 25 | 0,61 | <i>Navicula sp</i> | 19.73 |
| SP1 | 3,31 | 18 | 0,58 | <i>Thalassionema sp</i> | 28.57 |
| SP2 | 3,27 | 16 | 0,57 | <i>Navicula sp</i> | 28.66 |
| SP3 | 2,41 | 9 | 0,42 | <i>Navicula sp</i> | 30.33 |
| EDB1 | 1,84 | 6 | 0,32 | <i>Navicula sp</i> | 50.45 |
| EDB2 | 2,32 | 11 | 0,41 | <i>Navicula sp</i> | 39.74 |
| EDB3 | 2,73 | 13 | 0,48 | <i>Navicula sp</i> | 26.74 |
| EDB4 | 3,13 | 19 | 0,55 | <i>Thalassiosira sp</i> | 34.49 |
| EDB5 | 2,53 | 10 | 0,44 | <i>Thalassiosira sp</i> | 39.70 |
| EDB6 | 3,1 | 20 | 0,54 | <i>Thalassiosira sp</i> | 25.6 |
| EDB7 | 2,72 | 16 | 0,48 | <i>Thalassiosira sp</i> | 44.49 |
| EDP3 | 3,29 | 17 | 0,58 | <i>Navicula sp</i> | 28.32 |
| EDP4 | 3,31 | 17 | 0,58 | <i>Navicula sp</i> | 25.86 |
| EDP5 | 3,49 | 17 | 0,61 | <i>Thalassiosira sp</i> | 17.72 |
| EDP2 | 2,8 | 18 | 0,49 | <i>Navicula sp</i> | 47.58 |
| EDP1 | 3,01 | 18 | 0,53 | <i>Navicula sp</i> | 38.88 |

Résultats et Discussions

La richesse spécifique totale dans nos périodes d'échantillonnage est considérée de 52 espèces.

L'indice de diversité Shannon-Weaver varie au cours de la saison hivernale de 1,84 à 3,78 le minimum a été enregistré au niveau de station EDB1 de la plage d'El-Djamila, et le maximum au niveau de la station SB1, SB2 de la plage de Sidi-Fredj.

Ces résultats traduisent un état de déséquilibre du peuplement au niveau de la station EDB1, ceci correspond à une dominance d'une ou deux espèces par rapport aux autres (*Navicula sp* avec 50,45%) présentes dans cette station, l'indice d'équitabilité qui est de 0,32 (proche de 0) confirme les résultats précédents. La station SB1 présente un état d'équilibre et une répartition équitable des espèces (20 espèces), avec un indice d'équitabilité de 0,66 (proche de 1) qui confirme l'équirépartition des individus dans une espèce.

Résultats et Discussions

Tableau 3.11 : L'indice de Shannon, indice d'équitabilité, nombre d'espèces, espèce dominante et son pourcentage au niveau des différentes stations pendant Mai.

| Mai | | | | | |
|----------|-------------|---------------|-----------------------|--|---------------|
| Stations | Is | Nbre d'espèce | Indice d'équitabilité | Espèce dominante | Pourcentage % |
| SB1 | 0,93 | 21 | 0,16 | <i>Eutreptiella sp</i> | 86.83 |
| SB2 | 0,93 | 19 | 0,16 | <i>Eutreptiella sp</i> | 87.78 |
| SB3 | 3,18 | 16 | 0,56 | <i>Holococcolithophora sphaeroidea</i> | 20.72 |
| SP1 | 3,21 | 18 | 0,56 | <i>Chaetoceros sp</i> | 26.62 |
| SP2 | 2,99 | 16 | 0,52 | <i>Protoperidinium quinquecorne</i> | 39.27 |
| SP3 | 2,2 | 20 | 0,39 | <i>Protoperidinium quinquecorne</i> | 61.83 |
| EDB1 | 3,05 | 14 | 0,54 | <i>Emiliana huxleyi</i> | 21.11 |
| EDB2 | 3,13 | 18 | 0,55 | <i>Eutreptiella sp</i> | 24.22 |
| EDB3 | 2,96 | 20 | 0,52 | <i>Holococcolithophora sphaeroidea</i> | 31.54 |
| EDB4 | 3,04 | 22 | 0,53 | <i>Holococcolithophora sphaeroidea</i> | 43.82 |
| EDB5 | 3,47 | 20 | 0,61 | <i>Holococcolithophora sphaeroidea</i> | 24.12 |
| EDB6 | 3,25 | 17 | 0,57 | <i>Holococcolithophora sphaeroidea</i> | 21.69 |
| EDB7 | 2,99 | 19 | 0,52 | <i>Holococcolithophora sphaeroidea</i> | 44.41 |
| EDP3 | 2,55 | 21 | 0,45 | <i>Eutreptiella sp</i> | 36.51 |
| EDP4 | 0,44 | 22 | 0,08 | <i>Eutreptiella sp</i> | 95.36 |
| EDP5 | 0,74 | 22 | 0,13 | <i>Eutreptiella sp</i> | 90.62 |
| EDP2 | 1,41 | 21 | 0,25 | <i>Eutreptiella sp</i> | 79.89 |
| EDP1 | 1,37 | 18 | 0,24 | <i>Eutreptiella sp</i> | 80.85 |

Résultats et Discussions

Durant la saison printannière, l'indice de Shannon varie de 0,44 à 3,47, le minimum a été enregistré au niveau de la station EDP4 du port d'El-Djamila, et le maximum au niveau de la station EDB5 de la plage d'El-Djamila.

La faible valeur enregistré au niveau de la station EDP4, traduit un état de déséquilibre du peuplement, l'indice d'équitabilité qui est de 0,08 confirme la dominance d'une ou deux espèces par rapport aux autres (*Eutreptiella sp* avec 95,36%), tandis qu'à la station EDB5 présente un état d'équilibre du peuplement (20 espèces) confirmé par l'indice d'équitabilité qui est de 0,61 qui traduit une équirépartition des individus au sein de l'espèce.

3.3.2. Digrammes Rangs-Fréquences

La comparaison des diagrammes rang-fréquence mensuels obtenus pour les stations d'étude permet de les situer par rapport aux trois stades de la succession phytoplanctoniques (Frontier,1976).

Durant cette étude , nous avons choisie les stations EDB1, EDB4 de la plage d'El-Djamila, EDP1,EDP5 du port d'El-Djamila, SB1,SB3 de la plage de Sidi-Fredj et SP1, SP3 du port de Sidi-Fredj.

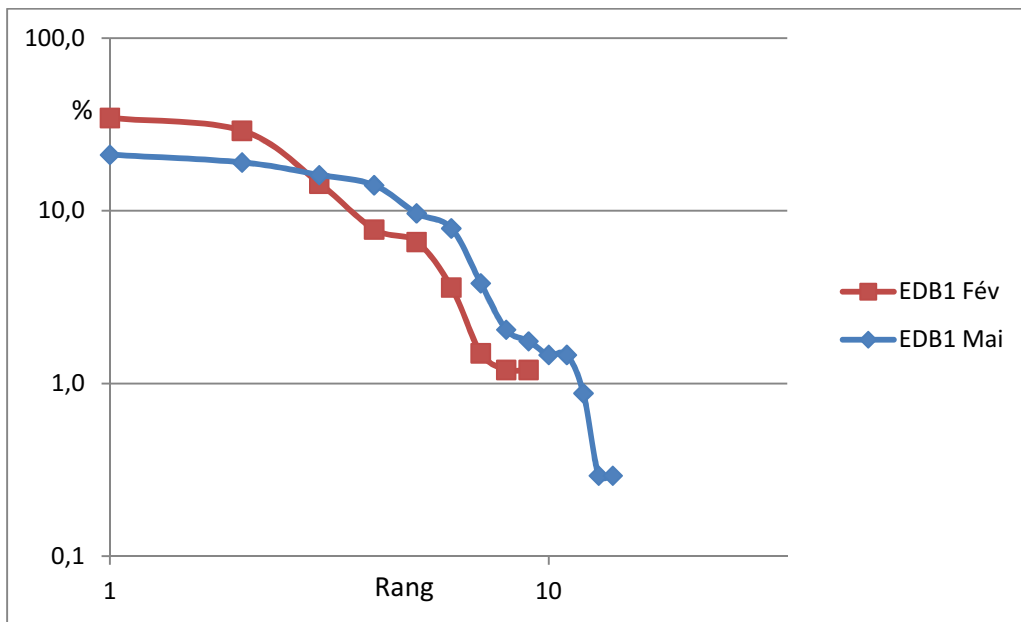
Nous avons remarqué en Février que toutes les stations choisies correspondent au stade 2, tandis qu'en Mai, nous avons observé la présence des 3 stades.

Au niveau des stations EDB1, SB3 et SP1 , la population phytoplanctonique appartient au stade 2 en Février et Mai, ce stade correspond à un peuplement mature caractérisé essentiellement par les diatomées : *Rhizosolenia sp*, *Guinardia delicatula...* et par une apparition de quelques dinoflagellés : *Ceratium furca*, *Ceratium fusus*, *Prorocentrum micans*, *Scrippsiella sp*, *Dinophysis accuminata*.

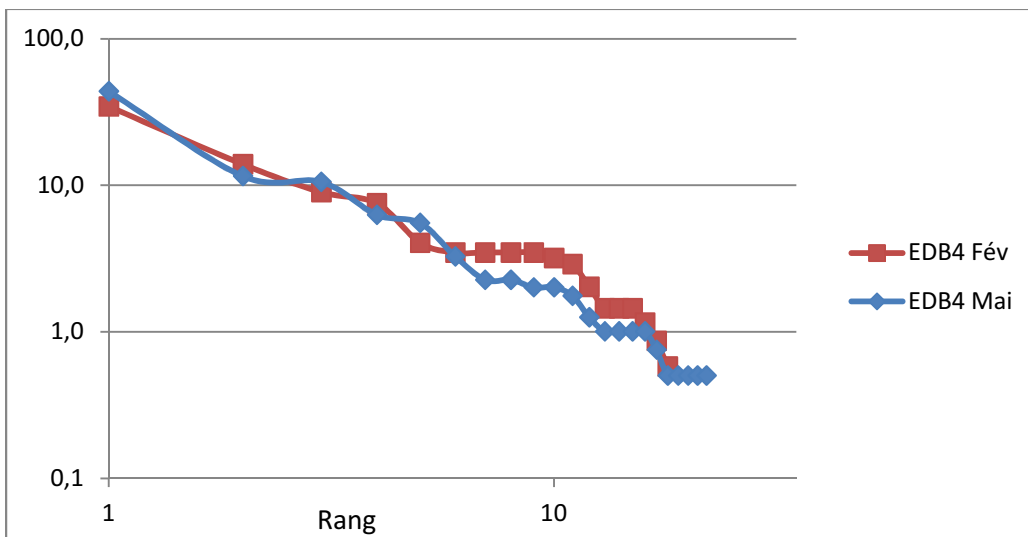
Au niveau des stations EDB4, SP3, la population phytoplanctonique évolue du stade 2 en Février au stade 3 en Mai, ce dernier est représenté par un faible développement des diatomées, et une croissance des dinoflagellés essentiellement : *Ceratium fusus*, *Dinophysis accuminata*, *Gymnodinium catenatum*.

Résultats et Discussions

Au niveau des stations EDP1, EDP5 et SB1, la population phytoplanctonique évolue du stade 2 en Février au stade 1 en Mai, ce dernier est dominé par une espèce ou un petit nombre d'espèces très abondantes, il est caractérisé par des peuplement juvéniles, ce stade est constitué essentiellement des diatomées : *Chaetoceros sp*, *Thalassiosira sp*, *Thalassionema sp*, et *Leptocylindrus danicus*.



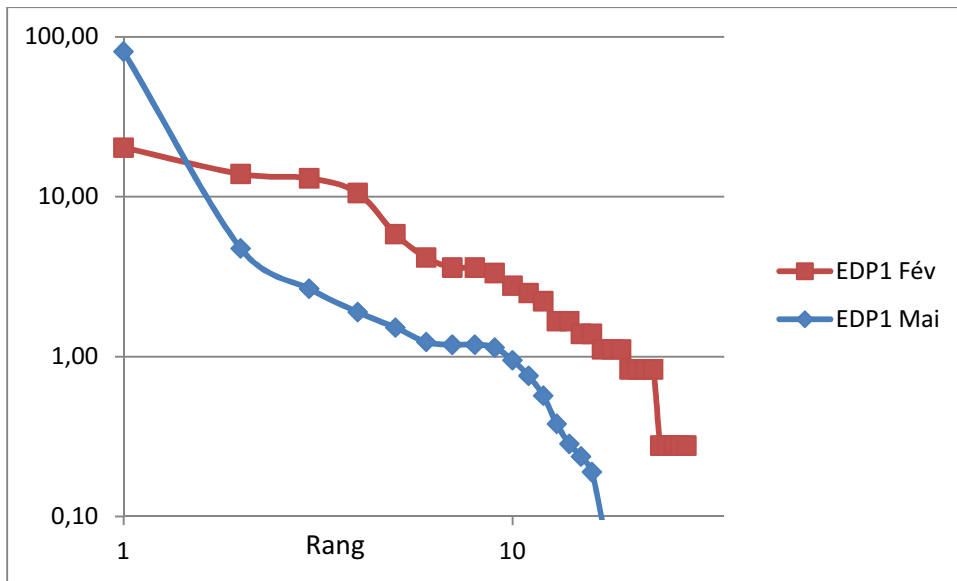
Stade 2 (Février-Mai)



Stade 2 (Février)

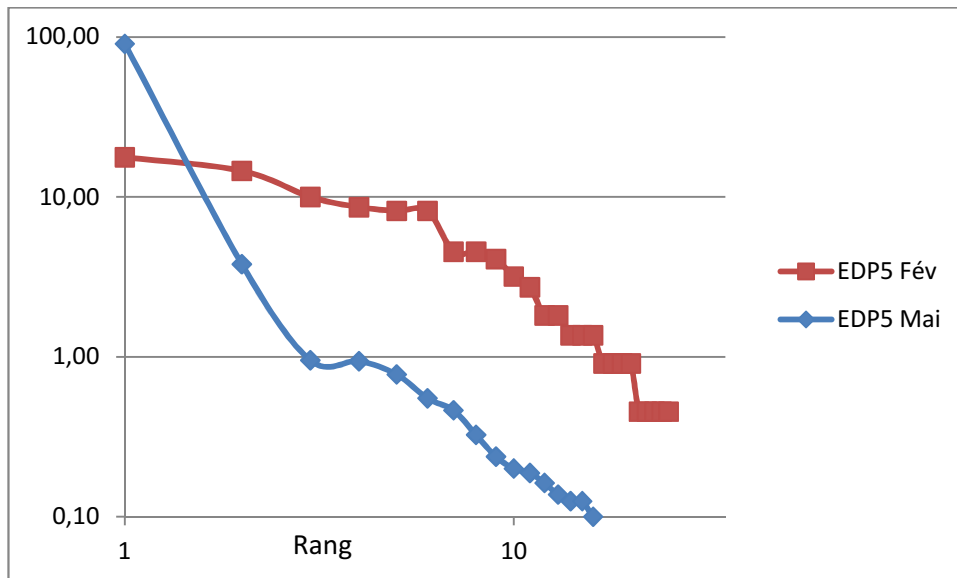
Stade 3 (Mai)

Résultats et Discussions



Stade 2(Février)

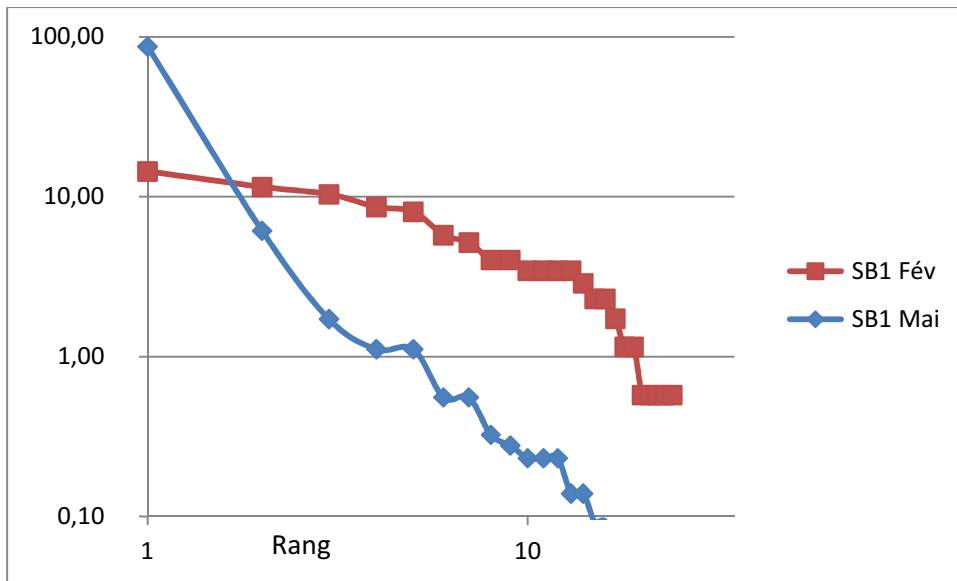
Stade 1(Mai)



Stade 2(Février)

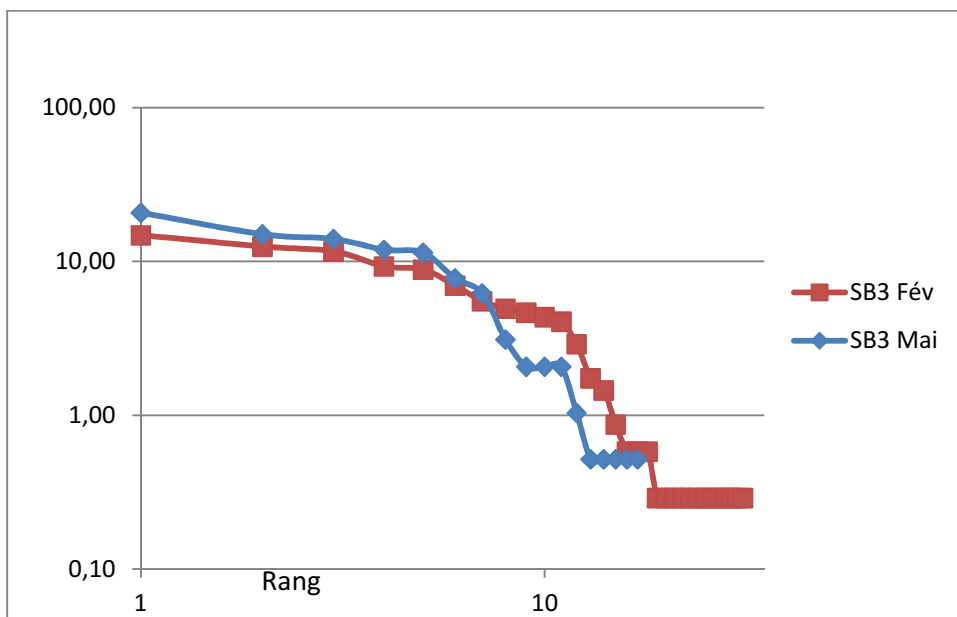
Stade 1(Mai)

Résultats et Discussions



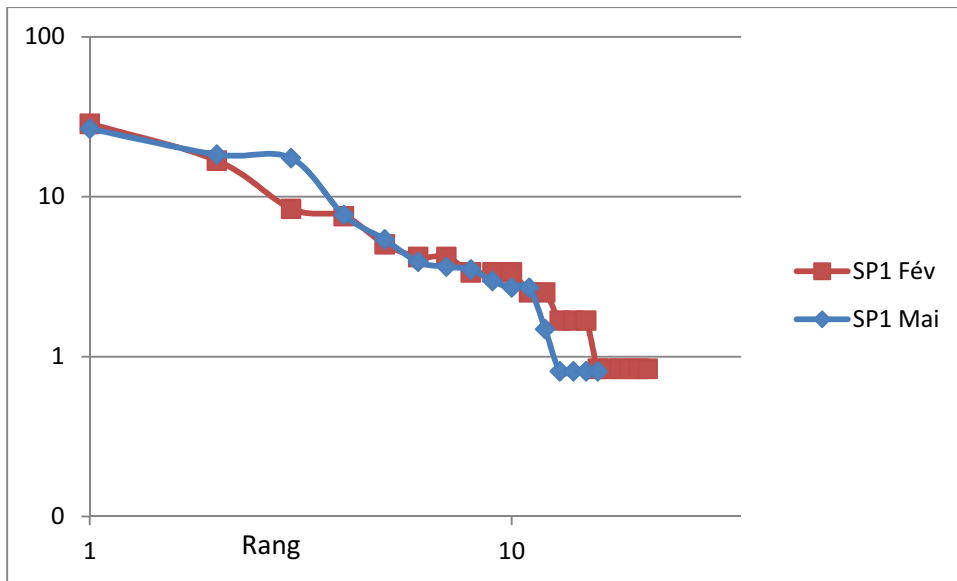
Stade 2 (Février)

Stade 1 (Mai)

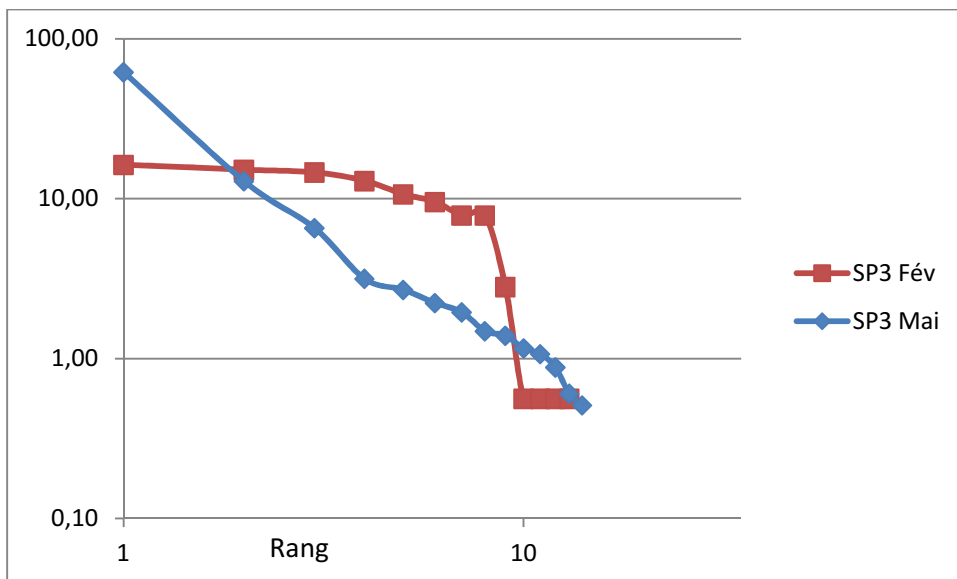


Stade 2 (Février-Mai)

Résultats et Discussions



Stade 2 (Février-Mai)



Stade 2 (Février)

Stade 3 (Mai)

Figure 3.9 : Digrammes Rangs-Fréquences

CONCLUSION

Conclusion

Ce travail a porté sur l'étude du phytoplancton nocif dans les zones confinées de la région d'Alger, Sidi-Fredj et El-Djamila (Ports et plages) durant la période hivernale et printanière.

Ce présent travail nous a permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

- Une dominance des diatomées durant la saison hivernale qui sont présentes dans toutes les stations, en parallèle une absence des coccolithophorides et des euglénophycées avec une faible densité des dinoflagellés.
- Un milieu confiné tel que les ports et les plages fermées constitue un facteur propice pour le développement des espèces phytoplanctoniques.
- Identification de plusieurs espèces formatrices de blooms : *Chaetoceros sp*, *Thalassiosira sp*, *Leptocylindrus danicus*, appartenant au groupe des diatomées, *Neoceratium furca*, *Neoceratium fuscum*, *Noctiluca scintillans*, *Protoperidinium quinquecorne*, *Prorocentrum micans*, *Prorocentrum triestinum*, *Scrippsiella sp*, appartenant au groupe des dinoflagellés, *Eutreptiella sp*, appartenant au groupe des euglénophycées, *Holococcolithophora sphaeroidea*, *Emiliania huxleyi* appartenant au groupe des Coccolithophorides.
- Nous avons pu identifier aussi 4 espèces toxiques : *Amphidinium carterae*, *Dinophysis cf. acuminata*, *Gymnodinium catenatum*, appartenant au groupe des dinoflagellés et *Pseudo-Nitzschia seriata* appartenant au groupe des diatomées.
- Cette étude nous a permis d'enregistrer 01 bloom d'*Eutreptiella sp*, au niveau de la plage de Sidi-Fredj, et port d'El-Djamila.
- Les teneurs les plus élevées en sels nutritifs ont été enregistrées en Mai, où on a relevé les concentrations maximales au niveau de trois stations de la plage d'El-Djamila
- Une étude de la diversité spécifique avec les deux indices Shannon et équitabilité ont permis à la fois d'avoir une vision plus précise sur la répartition des espèces ainsi que l'état du milieu où on relevé les valeurs maximal au niveau d'une station du port et plage d'El-Djamila qui ont traduit un état de déséquilibre des

Conclusion

peuplements , et les valeurs minimales au niveau d'une station de la plage de Sidi Fredj et une station de la plage d'El-Djamila qui ont traduit un état d'équilibre et une répartition équitable des espèces.

Au terme de cette étude nous pensons que notre travail devrait être complété par une analyse en composantes principales qui permet de mieux appréhender les liaisons entre les facteurs physico chimiques et les populations phytoplanctoniques.

Pour une meilleure connaissance des espèces potentiellement nocives, il est impératif donc d'accroître les connaissances fondamentales sur les conditions environnementales et les mécanismes qui conduisent à des efflorescences toxiques ou nuisibles.

Ainsi qu'un échantillonnage plus étendu dans l'espace et dans le temps, utilisation de moyens plus performants (microscopie électronique, épi-fluorescence...), s'avèrent nécessaire.

Il est indispensable par ailleurs d'installer des programmes de monitoring afin de surveiller les espèces toxiques qui présentent un danger pour la santé humaine.

Références Bibliographiques

ABDELLI, K. (2012). Contribution à l'étude du dinoflagellé toxique *Ostreopsis* et les épiphytes associés de macroalgues dans la zone de Sidi Fredj et la zone Anse de Kouali. Mémoire d'Ingénieur : Aquaculture : Algérie : ENSSMAL, 50 p.

AMINOT, A. et **Chaussepied, M.** (1983). *Manuel des analyses chimiques en milieu marin*. Paris : Cnexo, 395 p.

ATTOUCHI, F. (2008). Contribution à l'étude du phytoplancton nocif dans la région d'Alger au cours du printemps 2008 (Ports, plages et site aquacole). Mémoire d'Ingénieur : Aquaculture : Algérie : ENSSMAL, 51 p.

BRIGITTE, B. et **PATRICK, L.** (1997). *Efflorescences toxiques des eaux côtières françaises Ecologie, écophysologie, toxicologie*. France: Ifremer, 191 p.

BRINIS, A. et **BRAHMIA, A.** (1997). Caractéristiques hydrologiques et niveaux de fertilité des eaux de la baie de Bou-Ismaïl. Mémoire d'Ingénieur : Chimie marine : Algérie : ISMAL, 126 p.

COLLIGNON, J. (1991). *Ecologie et biologie marines (Introduction à l'halieutique)*. Paris : Masson, 298 p.

DJAROUN, S. (2010). Contribution à l'étude du phytoplancton nocif dans les eaux côtière et confinées de la région d'Alger. Mémoire d'Ingénieur : Environnement : Algérie : ENSSMAL, 30 p.

FREMY, J. et **PATRICK, L.** (2001). *Toxines d'algues dans l'alimentation*. France : Ifremer, 553 p.

FRONTIER, S. (1969). *Méthodes d'analyses faunistiques rapides du zooplancton*. J.Exp. Mar. Biol. Ecol.

GAILLARD, H. (2003). Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations microalgales côtières observées par « le réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines (REPHY) ». Thèse de doctorat : France : Université d'Aix Marseille II, 293 p.

GRALL, J. et **COÏC, N.** (2005). Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Mémoire d'Ingénieur : France : Lemar, 75 p.

GRANT, P. et al. (2000). Harmful Algae News. Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms. Sl. Unesco. Denmark, 7 p.

GERHARD DREBES, V. (1974). *Marines phytoplankton*. Germany: Georg thieme verlag stuttgart, 180 p.

GUY, J. (2006). *Ecologie du plancton*. Paris: Tec & doc, 269 p.

HASLE, G.R. (1978). *The inverted microscope method*. In *Phytoplankton manual*. Sournia, A: Paris: Unesco, 88-96 p.

ILLOUL, H. (1991). Contribution à l'étude qualitative, quantitative et structurale des populations phytoplanctoniques au large du Cap Caxine. Thèse de Magistère : Océanologie biologique : Algérie : ISMAL, 214 p.

ILLOUL, H. (2014). Les dinoflagellés des côtes algériennes : aspects taxonomiques et écologiques ; recherche et identification des espèces potentiellement toxiques. Thèse de Doctorat : Algérie : USTHB, 162 p.

LASSUS, P. (1988). *Plancton toxique et plancton d'eaux rouges sur les côtes européennes*. France: Ifremer, 111 p.

LIZETH, B. (2001). *Phytoplankton Identification Catalogue*. South Africa: Global ballast water management programme, 88 p.

LOURGUIOUI, H. (2006). Etude hydrobiologique du barrage de Boukourdane (wilaya de Tipaza): Mémoire de Magister: Algérie: ENSSMAL, 78 p.

LOIR, M. (2004). *Guide des diatomées*. Paris : Delachaux et niestlé, 239 p.

MA'RUF, K. et Hiroshi, M. (2006). *Contribution of Benthic and Epiphytic Diatoms to Clam and Oyster Production in the Akkeshi-ko Estuary*. Journal of Oceanography, Vol. 62, 267-281 p.

RICARD, M. (1987). *Atlas du phytoplancton marin volume II : Diatomophycées*. Paris : Centre national de la recherche scientifique, 280 p.

SOURNIA, A. (1978). *Phytoplankton manual*. Paris: Unesco, 337 p.

THOMAS, R. (1996). *Identifying Marine Diatoms and Dinoflagellates*. Se, Sl, 589 p.

VILA, M. et al. (2001). *High resolution spatio-temporel detection of potentially harmful dinoflagellate in confined waters of the NW Mediterranean.* Journal of plankton research, 23(5), 49 p.

Annexes

Annexe 1 : Liste des différentes espèces rencontrées au cours de notre étude

❖ Les diatomées :

➤ Famille : Biddulphiaceae

- Genre *Biddulphia* S.F.Gray, 1821

- *Biddulphia* sp

➤ Famille : Bacillariaceae

- Genre *Cylindrotheca* Rabenhorst, 1858

- *Cylindrotheca closterium*

- Genre *Bacillaria* J.F.Gmelin, 1791

- *Bacillaria paradoxa*

- Genre *Pseudo-Nitzschia* H.Peragallo, 1900

- *Pseudo-Nitzschia* spp

➤ Famille: Cocconeidaceae

- Genre *Cocconeis* Ehrenberg, 1836

- *Cocconeis* sp

➤ Famille: Corethraceae

- Genre *Corethron* Castracane, 1886

- *Corethron* sp

➤ Famille: Coscinodiscaceae

- *Coscinodiscus* Ehrenberg, 1839

- *Coscinodiscus* sp

➤ Famille : Chaetocerotaceae

- Genre *Chaetoceros* Ehrenberg, 1844

- *Chaetoceros* sp

➤ **Famille: Diploneidaceae**

- **Genre *Diploneis* Ehrenberg ex Cleve, 1894**
 - *Diploneis sp*

➤ **Famille: Hemiaulaceae**

- **Genre *Cerataulina pelagica* (Cleve) Hendey 1937**
 - *Cerataulina pelagica*

➤ **Famille : Lithodesmiaceae**

- **Genre *Ditylum* J.W.Bailey, 1861**
 - *Ditylum sp*

➤ **Famille : Licmophoraceae**

- **Genre *Licmophora* C.Agardh, 1827**
 - *Licmophora abbreviata* C.Agardh

➤ **Famille : Lauderiaceae**

- **Genre *Lauderia* Cleve, 1873**
 - *Lauderia borealis*
 - *Lauderia sp*

➤ **Famille : Leptocylindraceae**

- **Genre *Leptocylindrus* Cleve, 1889**
 - *Leptocylindrus danicus*
 - *Leptocylindrus sp*

➤ **Famille : Naviculaceae**

- **Genre *Navicula* Bory de Saint-Vincent, 1822**
 - *Navicula spp*

➤ **Famille : Pleurosigmataceae**

• **Genre *Pleurosigma* W.Smith, 1852**

- *Pleurosigma* sp

➤ **Famille : Rhizosoleniaceae**

• **Genre *Guinardia* H.Peragallo, 1892**

- *Guinardia delicatula*

- *Guinardia flaccida*

• **Genre *Rhizosolenia* Brightwell, 1858**

- *Rhizosolenia* sp

➤ **Famille : Striatellaceae**

• **Genre *Striatella* C.Agardh, 1832**

- *Striatella unipunctata*

➤ **Famille : Thalassionemataceae**

• **Genre *Thalassionema* Grunow ex Mereschkowsky, 1902**

- *Thalassionema nitzschioides*

➤ **Famille : Thalassiosiraceae**

• **Genre *Thalassiosira* Cleve, 1873**

- *Thalassiosira* sp

❖ **Les dinoflagellés :**

➤ **Famille : Ceratiaceae**

• **Genre *Neoceratium* F.Gómez, D.Moreira & P.López-Garcia, 2010**

- *Neoceratium furca*
- *Neoceratium sp*

➤ **Famille : Dinophysaceae**

• **Genre *Dinophysis* Ehrenberg, 1839**

- *Dinophysis acuminata*

➤ **Famille : Gymnodiniaceae**

• **Genre *Gymnodinium* F.Stein, 1878**

- *Gymnodinium catenatum*
- *Gymnodinium sp*

➤ **Famille : Noctilucaeae**

• **Genre *Noctiluca* Suriray, 1816**

- *Noctiluca scintillans*

• **Genre *Amphidinium* É.Claperède & J.Lachmann, 1859**

- *Amphidinium carterae*

➤ **Famille: Protoperidiniaceae**

• **Genre *Protoperidinium* R.S.Bergh, 1881**

- *Protoperidinium sp*
- *Protoperidinium claudicans*
- *Protoperidinium quinquecorne*
- *Protoperidinium depressum*

➤ **Famille : Prorocentraceae**

• **Genre *Prorocentrum* C.G.Ehrenberg, 1834**

- *Prorocentrum micans*
- *Prorocentrum triestinum*
- *Prorocentrum sp*

➤ **Famille : Thoracosphaeraceae**

• **Genre *Scrippsiella* Balech ex A.R.Loeblich III, 1965**

- *Scrippsiella sp*

❖ **Les euglenophycées :**

➤ **Famille : Eutreptiaceae**

• **Genre *Eutreptiella* A.da Cunha, 1914**

- *Eutreptiella sp*

❖ **Les coccolithophorides :**

➤ **Famille: Calyptosphaeraceae**

• **Genre *Holococcolithophora* L.Cros & J.R.Young, 2005**

- *Holococcolithophora sphaeroidea* .

➤ **Famille : Noelaerhabdaceae**

• **Genre *Emiliana* W.W.Hay & H.P.Mohler, 1967**

- *Emiliana huxleyi*

Annexe 2 : Total des groupes phytoplanctoniques (Cellule/litre) rencontrés au niveau des différentes stations

| Stations | Février | | | | Total |
|----------|---------|------|-------|-------|-------|
| | Diat | Dino | Euglé | Cocco | |
| SB1 | 6840 | 120 | 0 | 0 | 6960 |
| SB2 | 9480 | 120 | 0 | 0 | 9600 |
| SB3 | 13540 | 240 | 0 | 0 | 13780 |
| SP1 | 4600 | 160 | 0 | 0 | 4760 |
| SP2 | 5920 | 80 | 0 | 0 | 6000 |
| SP3 | 7080 | 40 | 0 | 0 | 7120 |
| EDB1 | 13320 | 0 | 0 | 0 | 13320 |
| EDB2 | 12680 | 0 | 0 | 0 | 12680 |
| EDB3 | 7180 | 0 | 0 | 0 | 7180 |
| EDB4 | 13720 | 80 | 0 | 0 | 13800 |
| EDB5 | 8160 | 0 | 0 | 0 | 8160 |
| EDB6 | 14640 | 360 | 0 | 0 | 15000 |
| EDB7 | 9320 | 120 | 0 | 0 | 9440 |
| EDP3 | 16520 | 0 | 0 | 0 | 16520 |
| EDP4 | 10360 | 0 | 0 | 0 | 10360 |
| EDP5 | 8800 | 0 | 0 | 0 | 8800 |
| EDP2 | 9920 | 0 | 0 | 0 | 9920 |
| EDP1 | 14240 | 0 | 160 | 0 | 14400 |

| Stations | Mai | | | | Total |
|----------|--------|--------|---------|-------|--------|
| | Diat | Dino | Euglé | Cocco | |
| SB1 | 3 320 | 2 560 | 74 897 | 5 480 | 86257 |
| SB2 | 2 960 | 2 480 | 63 833 | 3 440 | 72713 |
| SB3 | 3 440 | 640 | 880 | 2 760 | 7720 |
| SP1 | 17 800 | 9 040 | 800 | 1 960 | 29600 |
| SP2 | 5 280 | 18 920 | 2 240 | 1 160 | 27600 |
| SP3 | 8 280 | 64 960 | 11 080 | 1 720 | 86040 |
| EDB1 | 7 760 | 520 | 2 200 | 3 160 | 13640 |
| EDB2 | 7 240 | 320 | 3 440 | 3 200 | 14200 |
| EDB3 | 6 920 | 400 | 2 280 | 4 600 | 14200 |
| EDB4 | 6 240 | 2 120 | 200 | 7 320 | 15880 |
| EDB5 | 8 960 | 1 160 | 840 | 3 960 | 14920 |
| EDB6 | 6 320 | 360 | 1 120 | 4 920 | 12720 |
| EDB7 | 5 520 | 800 | 920 | 7 800 | 15040 |
| EDP3 | 7 960 | 38 640 | 28 800 | 3 480 | 78880 |
| EDP4 | 7 760 | 8 440 | 371 080 | 1 840 | 389120 |
| EDP5 | 8 800 | 17 720 | 289 374 | 3 400 | 319294 |
| EDP2 | 6 840 | 19 640 | 110 643 | 1 360 | 138483 |
| EDP1 | 4 600 | 10 080 | 68 088 | 1 440 | 84208 |

Annexes 3 : Les concentrations des sels nutritifs au niveau de chaque station

| Stations | Février | | | | |
|----------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| | NH4 ($\mu\text{mol/l}$) | NO3 ($\mu\text{mol/l}$) | NO2 ($\mu\text{mol/l}$) | PO4 ($\mu\text{mol/l}$) | SiO2 ($\mu\text{mol/l}$) |
| SB1 | 2,64 | 0,13 | 0,02 | 0,07 | 0,4 |
| SB2 | 3,09 | 0,15 | 0,02 | 0,07 | 0,34 |
| SB3 | 2,56 | 0,18 | 0,01 | 0,03 | 0,28 |
| SP1 | 2,41 | 0,21 | 0,01 | 0,05 | 0,18 |
| SP2 | 1,91 | 0,13 | 0,01 | 0,03 | 1,12 |
| SP3 | 2,09 | 0,16 | 0,01 | 0,05 | 0,75 |
| EDB1 | 2,72 | 0,12 | 0,01 | 0,03 | 0,64 |
| EDB2 | 2,9 | 0,11 | 0,02 | 0,04 | 0,58 |
| EDB3 | 2,1 | 0,16 | 0,01 | 0,04 | 0,84 |
| EDB4 | 1,84 | 0,14 | 0,01 | 0,03 | 0,76 |
| EDB5 | 1,78 | 0,22 | 0,01 | 0,04 | 0,66 |
| EDB6 | 2,12 | 0,14 | 0,01 | 0,04 | 0,58 |
| EDB7 | 2,63 | 0,13 | 0,02 | 0,05 | 0,7 |
| EDP3 | 2,79 | 0,16 | 0,02 | 0,03 | 0,64 |
| EDP4 | 2,89 | 0,17 | 0,02 | 0,04 | 0,31 |
| EDP5 | 2,66 | 0,15 | 0,02 | 0,04 | 0,89 |
| EDP2 | 2,67 | 0,15 | 0,02 | 0,05 | 0,72 |
| EDP1 | 3,16 | 0,2 | 0,01 | 0,06 | 0,64 |

| Stations | Mai | | | | |
|----------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| | NH4 ($\mu\text{mol/l}$) | NO3 ($\mu\text{mol/l}$) | NO2 ($\mu\text{mol/l}$) | PO4 ($\mu\text{mol/l}$) | SiO2 ($\mu\text{mol/l}$) |
| SB1 | 4,1407 | 0,0441 | 0,0125 | 0,0659 | 0,35 |
| SB2 | 6,1161 | 0,0252 | 0,025 | 0,0647 | 0,66 |
| SB3 | 6,2602 | 0,0371 | 0,0025 | 0,0636 | 0,73 |
| SP1 | 4,6999 | 0,0224 | 0,0312 | 0,0752 | 0,58 |
| SP2 | 4,1923 | 0,0963 | 0,0499 | 0,0933 | 0,66 |
| SP3 | 3,551 | 0,0271 | 0,025 | 0,0683 | 0,76 |
| EDB1 | 5,1755 | 0,3873 | 0,2435 | 0,0754 | 0,52 |
| EDB2 | 11,3215 | 1,0911 | 0,5869 | 0,1375 | 0,78 |
| EDB3 | 22,096 | 2,8544 | 1,4984 | 0,3701 | 3,19 |
| EDB4 | 25,2143 | 3,3721 | 1,642 | 0,4734 | 1,65 |
| EDB5 | 21,4083 | 2,7731 | 1,2924 | 0,3201 | 1,66 |
| EDB6 | 13,8026 | 1,6874 | 0,7242 | 0,1796 | 0,57 |
| EDB7 | 13,5691 | 1,4893 | 0,7305 | 0,1693 | 0,63 |
| EDP3 | 5,6927 | 0,4036 | 0,0874 | 0,0902 | 0,39 |
| EDP4 | 4,607 | 0,2341 | 0,0874 | 0,0807 | 0,02 |
| EDP5 | 5,2155 | 0,1648 | 0,0812 | 0,0851 | 0,22 |
| EDP2 | 5,0622 | 0,1099 | 0,0562 | 0,0821 | 0,28 |
| EDP1 | 4,8319 | 0,1265 | 0,0687 | 0,0809 | 0,24 |

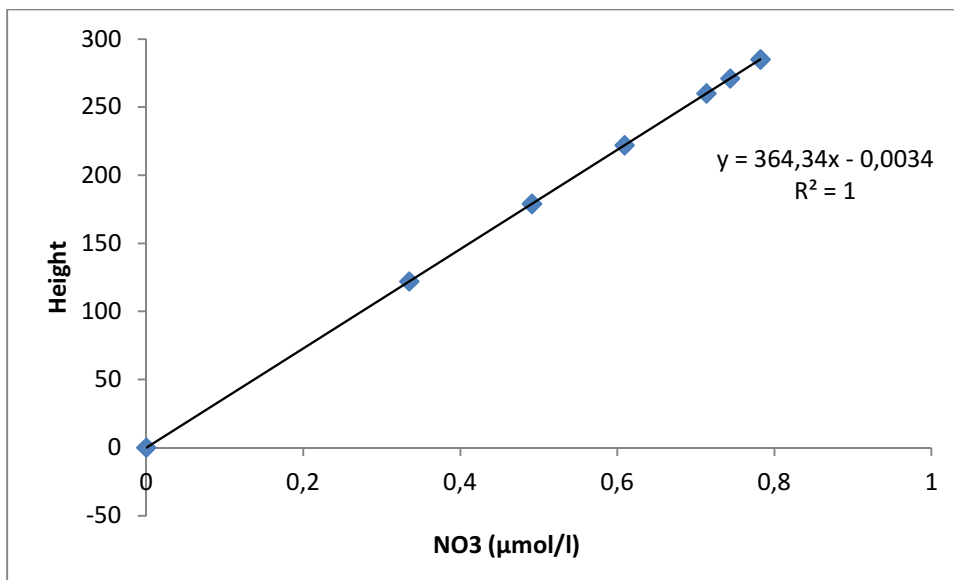
Annexe 4 : Températures, salinités au niveau des différentes stations

| Stations | Février | |
|----------|---------|----------------|
| | T(C°) | σ _t |
| SB1 | 14,4 | 36,6 |
| SB2 | 14,7 | 36,6 |
| SB3 | 14,9 | 36,6 |
| SP1 | 14,6 | 36,5 |
| SP2 | 14,8 | 36,5 |
| SP3 | 14,4 | 35,9 |
| EDB1 | 15,1 | 36 |
| EDB2 | 14,8 | 36,4 |
| EDB3 | 15,3 | 35,8 |
| EDB4 | 15,6 | 35,9 |
| EDB5 | 14,9 | 36 |
| EDB6 | 15 | 35,8 |
| EDB7 | 14,4 | 36,1 |
| EDP3 | 15,2 | 36,5 |
| EDP4 | 14,4 | 36,2 |
| EDP5 | 15,3 | 36,3 |
| EDP2 | 16 | 36,3 |
| EDP1 | 15,3 | 36,2 |

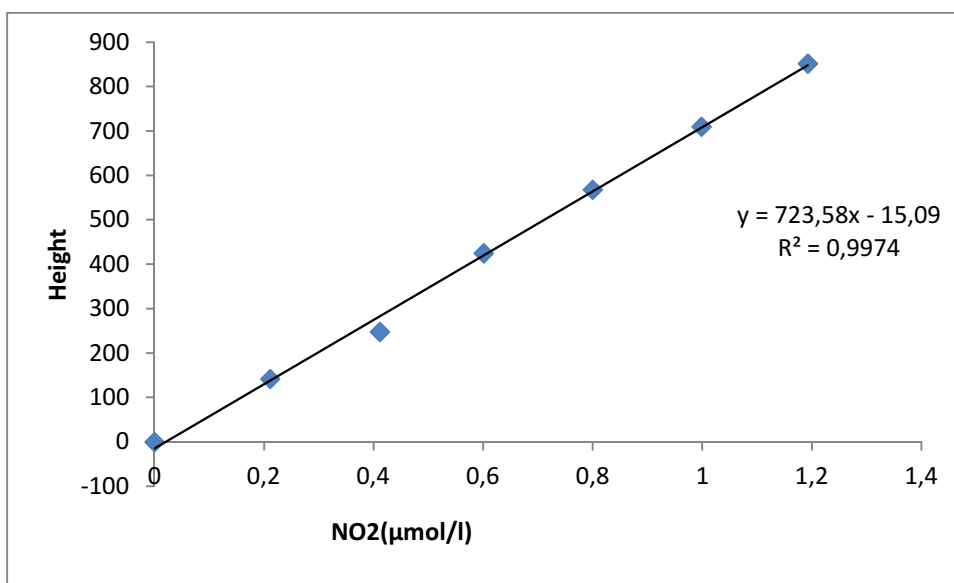
| Stations | Mai | |
|----------|-------|----------------|
| | T(C°) | σ _t |
| SB1 | 20,3 | 36 |
| SB2 | 20,5 | 35,9 |
| SB3 | 21,2 | 35,9 |
| SP1 | 20,5 | 36,3 |
| SP2 | 22,5 | 35,3 |
| SP3 | 21,5 | 35,7 |
| EDB1 | 19 | 35,8 |
| EDB2 | 18,6 | 35,3 |
| EDB3 | 18,5 | 34,6 |
| EDB4 | 19,2 | 33,9 |
| EDB5 | 19,2 | 34,3 |
| EDB6 | 19,2 | 34,7 |
| EDB7 | 19,2 | 35,2 |
| EDP3 | 19,3 | 36 |
| EDP4 | 19,3 | 35,6 |
| EDP5 | 18,3 | 36 |
| EDP2 | 20,4 | 36 |
| EDP1 | 19,8 | 36 |

Annexe 5 : les courbes d'étalonnages des sels nutritifs

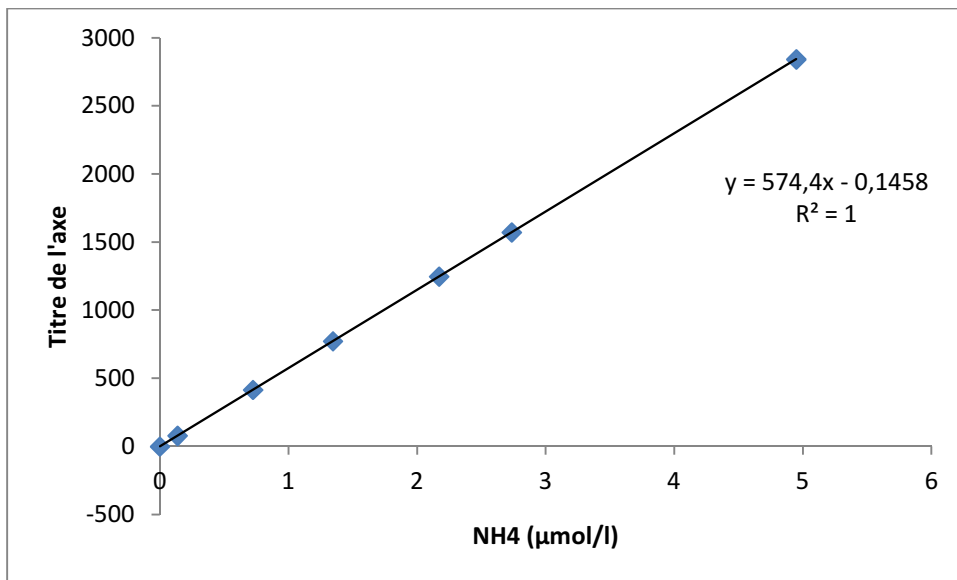
Courbes d'étalonnage des sels nutritifs en Février



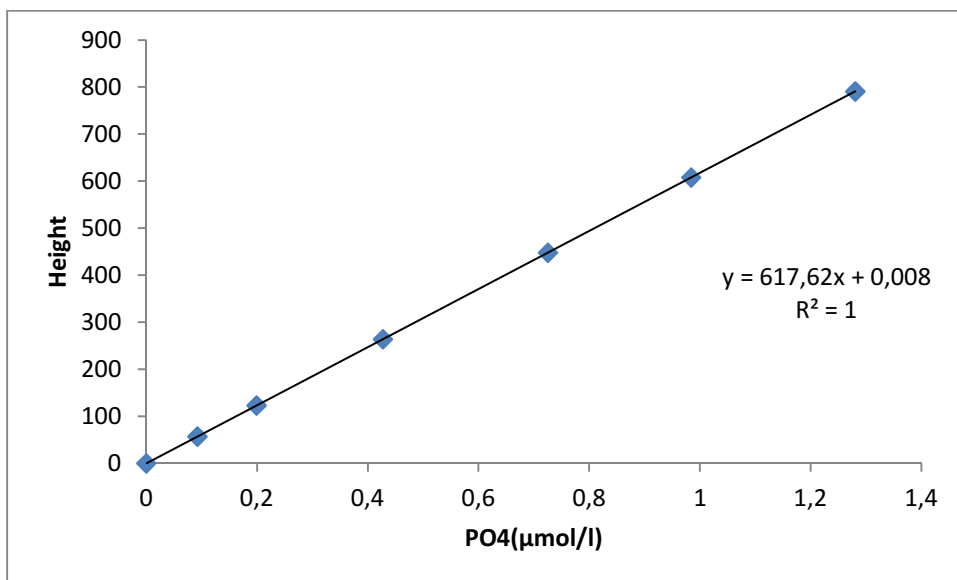
a- Courbe d'étalonnage des Nitrates NO₃



b- Courbe d'étalonnage des Nitrites NO₂

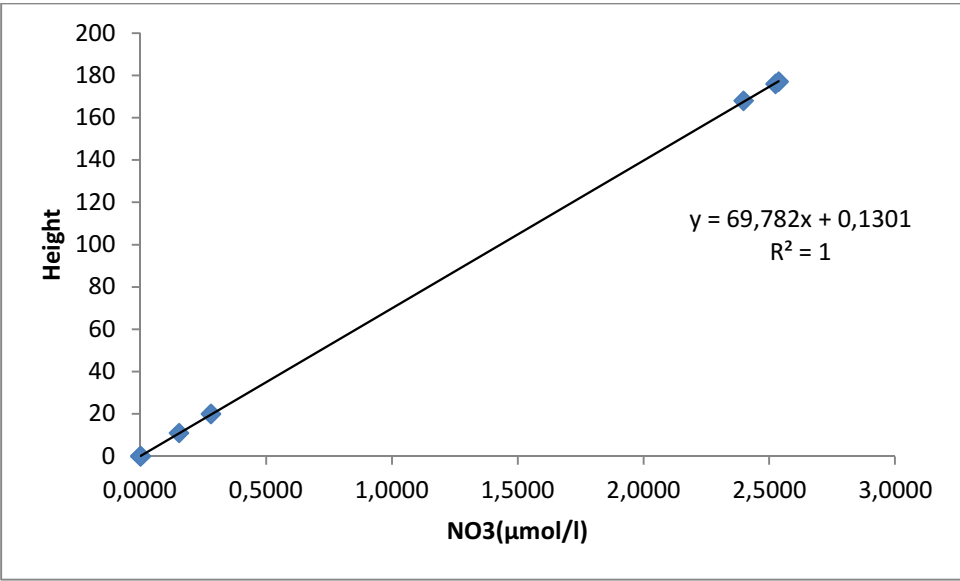


c- Courbe d'étalonnage d'Ammonium NH₄

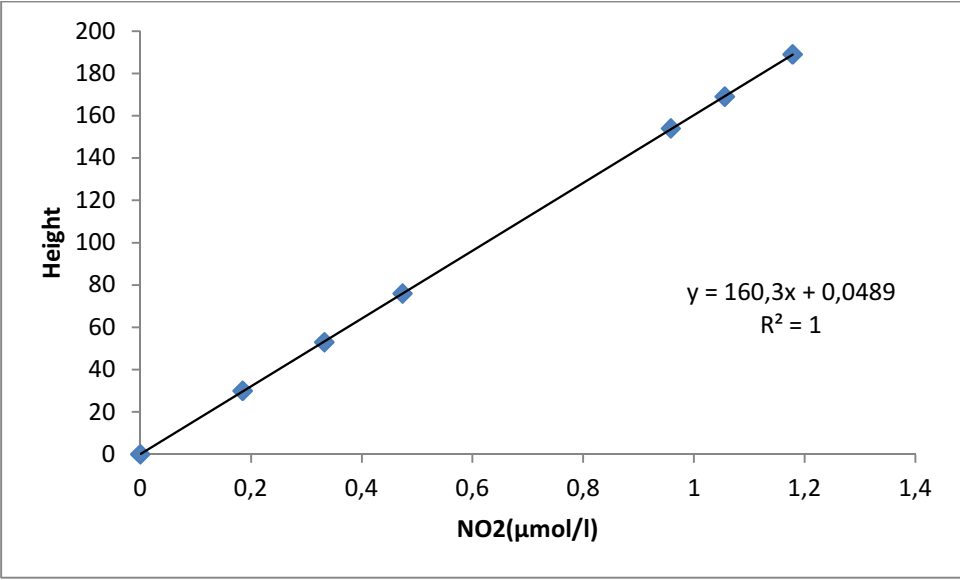


d- Courbe d'étalonnage des Phosphates PO₄

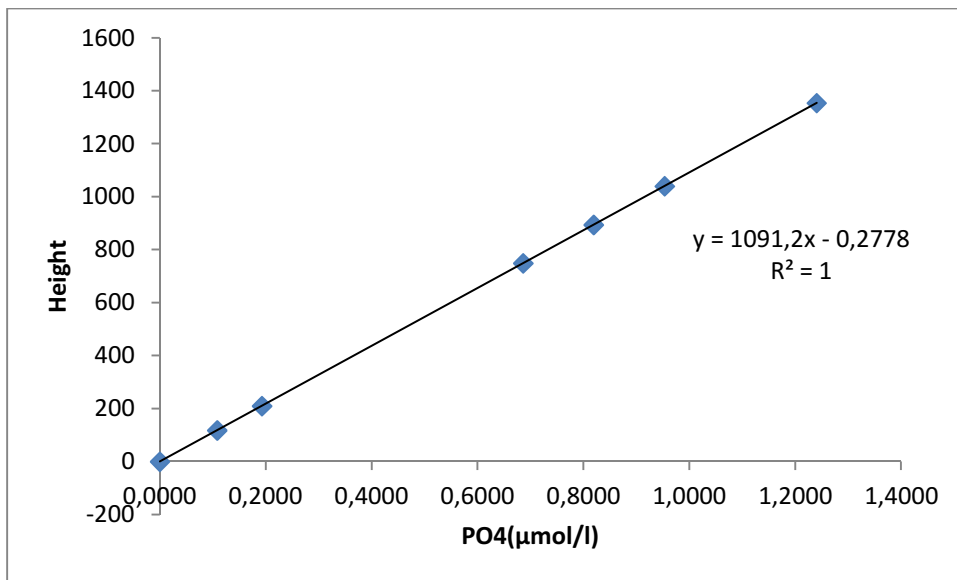
Courbes d'étalonnage des sels nutritifs en Mai



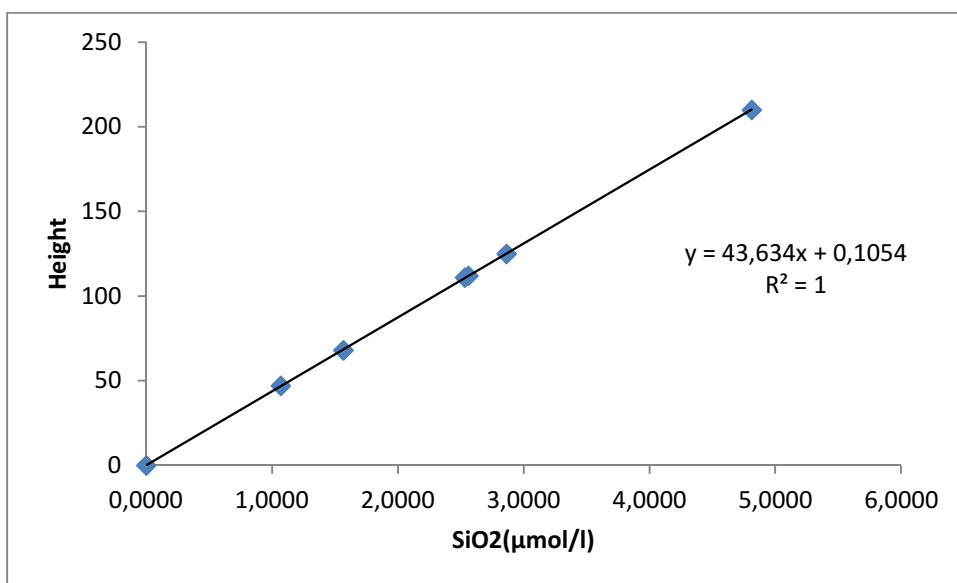
a- Courbe d'étalonnage des Nitrates NO₃



b- Courbe d'étalonnage des Nitrites NO₂

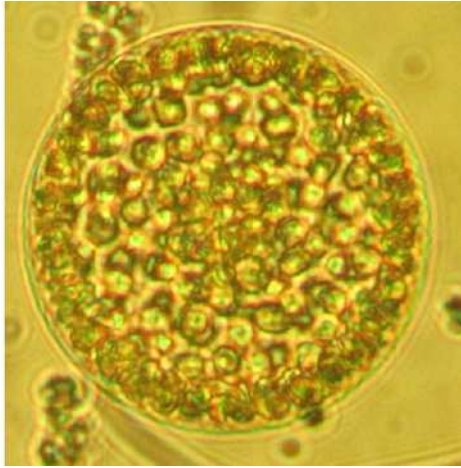


c- Courbe d'étalonnage des Phosphates PO₄

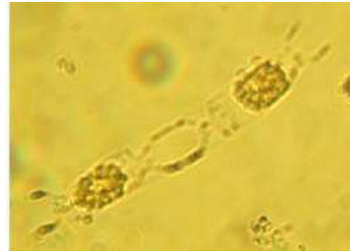


d- Courbe d'étalonnage des Silicates SiO₂

Annexe 6 : Quelques espèces rencontrées durant notre étude :



Coscinodiscus sp



Biddulphia sp



Pleurosigma sp



Protoperidinium sp



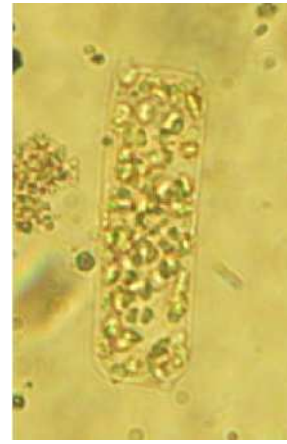
Protoperidinium sp



Cocconeis sp



Lauderia sp



Cerataulina pelagica

Annexe 7

Tableau: Corrélations (matrice pour analyses math ESP-GPES-FACTEURS Fév mai 2015) Corrélations significatives marquées à $p < 0,05000$
N=36 (Observations à VM ignorées)

| num | matrice | Log S DIA | Log S DIN | Log S COCC | Log S EUGL | Log total | Log tem | Log sal | Log NH4+ | Log nitrates | Log nitrites | Log phosphates | Log silicates |
|-----|-------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------|---------|-------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------|
| 1 | Log S DIA | 1,00 | -0,40 | -0,49 | -0,46 | -0,15 | -0,48 | 0,24 | -0,31 | -0,11 | -0,15 | -0,20 | 0,00 |
| 2 | Log S DIN | -0,40 | 1,00 | 0,78 | 0,78 | 0,67 | 0,78 | -0,33 | 0,44 | 0,14 | 0,22 | 0,33 | -0,13 |
| 3 | Log S COCC | -0,49 | 0,78 | 1,00 | 0,91 | 0,60 | 0,94 | -0,63 | 0,78 | 0,46 | 0,54 | 0,58 | 0,13 |
| 4 | Log S EUGL | -0,46 | 0,78 | 0,91 | 1,00 | 0,83 | 0,88 | -0,40 | 0,56 | 0,19 | 0,27 | 0,34 | -0,12 |
| 5 | Log total | -0,15 | 0,67 | 0,60 | 0,83 | 1,00 | 0,62 | -0,09 | 0,18 | -0,13 | -0,06 | 0,04 | -0,38 |
| 6 | Log temp | -0,48 | 0,78 | 0,94 | 0,88 | 0,62 | 1,00 | -0,51 | 0,61 | 0,24 | 0,34 | 0,41 | 0,07 |
| 7 | Log sal | 0,24 | -0,33 | -0,63 | -0,40 | -0,09 | -0,51 | 1,00 | -0,86 | -0,87 | -0,89 | -0,89 | -0,60 |
| 8 | Log NH4+ | -0,31 | 0,44 | 0,78 | 0,56 | 0,18 | 0,61 | -0,86 | 1,00 | 0,88 | 0,92 | 0,91 | 0,50 |
| 9 | Log nitrates | -0,11 | 0,14 | 0,46 | 0,19 | -0,13 | 0,24 | -0,87 | 0,88 | 1,00 | 0,99 | 0,93 | 0,64 |
| 10 | Log nitrites | -0,15 | 0,22 | 0,54 | 0,27 | -0,06 | 0,34 | -0,89 | 0,92 | 0,99 | 1,00 | 0,96 | 0,67 |
| 11 | Log phosphates | -0,20 | 0,33 | 0,58 | 0,34 | 0,04 | 0,41 | -0,89 | 0,91 | 0,93 | 0,96 | 1,00 | 0,65 |
| 12 | Log silicates | 0,00 | -0,13 | 0,13 | -0,12 | -0,38 | 0,07 | -0,60 | 0,50 | 0,64 | 0,67 | 0,65 | 1,00 |