

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



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur
d'état en sciences de la mer

Option : Aquaculture

Thème :

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.

Présenté par :

-ABDELLI Khedidja

-KHADIR Saliha

Soutenu le 26 Juillet 2010 devant le jury suivant :

| | | |
|--------------------------|---------------------|--------------|
| M ^{me} KORICHI | Maitre-assistante A | Présidente |
| M ^r SAMROUD | Professeur | Examineur |
| M ^{me} LOUANCHI | Professeur | Examinatrice |
| M ^{me} ILLOUL | Maitre-assistante A | Promotrice |

Promotion : 2012

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, Nous remercions toutes les personnes qui ont permis, par leurs remarques, leurs conseils et leur disponibilité, l'élaboration de cette étude.

Nous tenons, à remercier **M^{me} KORICHI**, qui nous fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury en dépit de ses nombreuses occupations.

Nous remercions **M^{me} LOUANCHI**, d'avoir aimablement accepté d'évaluer ce modeste travail.

C'est avec un grand plaisir que nous remercions **Mr SAMROUD**, pour avoir pris le temps d'examiner ce travail, pour ses critiques constructives.

Nos remerciements les plus sincères s'adressent à **M^{me} ILLOUL**, C'est à elle que nous devons d'avoir pu faire ce travail, le temps et l'énergie qu'elle nous a consacré, l'encadrement de ce travail, les conseils et critiques qu'elle nous a prodigués ont été d'une grande aide.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes du laboratoire de conservation et valorisation des ressources marines de l'**ENSSMAL** à Sidi Fredj, particulièrement **M^{me} ZEINEB** et **M^{me} NAWAL** pour leur accueil.

Nous tenons à remercier nos chers parents et famille qui nous ont constamment aidés de leurs conseils, encouragements, et de leur soutien moral tout le long de nos études.

Aussi, nous ne pouvons nous empêcher de remercier, et sans exception, tous nos collègues de notre promotion de fin d'études, tous nos amis où qu'il soit, à tout ceux qui nous ont aidé et soutenus, un grand merci à vous, sans oublier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce présent mémoire.

Un grand merci à l'ensemble des personnes de l'**E.N.S.S.M.A.L**, qui nous ont permis de réaliser cette étude dans les meilleures conditions de travail et dans une bonne ambiance.

Nous espérons n'avoir oublié personne, si c'est le cas veuillez nous le pardonner.

Je dédie ce travail

A la mémoire de ma très chère grand-mère qui s'est sacrifiée pour nous permettre de nous consacrer entièrement à nos études, elle est partie avant d'avoir assisté à la concrétisation de ses attentes. Que Dieu l'accueille dans son vaste paradis.

A mes chers parents, pour leur patience, leur aide, leur soutien et leur encouragement tout au long de mes années d'études, que Dieu nous les garde en leur souhaitant santé et Bonheur.

A mes chers frères.

A toute ma famille sans exception.

A tous mes proches.

A tous mes amis en particulier ma meilleur amie Aknouche KHadidja.

A tous ceux qui m'ont aidé et encouragé

Khadir Saliha.

Je dédie ce travail

A la mémoire de mon très chère grand-père qui nous a quittés avant qu'il voie le fruit de mon travail. Que dieu l'accueille dans son vaste paradis.

A mes chers parents :

A mon chère père qui n'a jamais privé un seul centime, et cela pour que je puisse apprendre le savoir qu'il faut de même son soutien moral que j'ai beaucoup besoin de la continuité de mon parcours

A ma chère mère qui m'a soutenu moralement, qui m'a donnée tous ce qu'il faut tendresse amour et affection.

A mes chers frères et chères tantes : Nabila, Adada, Aicha.

A toute ma famille sans exception.

A mon cher époux : Faouzi.

A mes amis : Ahlam, Amina, Siham, Sara, Moukrane, Houcine, Omar, Mouh, toutes la promotion Aquaculture et toutes les promotions de ENSSMAL.

A mes deux meilleures amies qui sont des sœurs : Farida, Nissa .

A tous ce qui ont contribué de façon directe ou indirecte.

Abdelli KHedidja

Sommaire

| | |
|---|----|
| Introduction | 1 |
| Chapitre I : Généralités et présentation de la zone d'étude. | 3 |
| 1-1 - les microalgues épiphytes. | 3 |
| I.1.1- Classe des dinophycées. | 3 |
| I.1.2-Classe des diatomophycees. | 4 |
| I.2- Généralités sur les espèces toxiques ou potentiellement nuisibles. | 5 |
| I.2.1- Les microalgues benthiques. | 6 |
| I.2.2- Les microalgues planctoniques. | 7 |
| I.3- Présentation de la zone d'étude. | 10 |
| 1-3-1-La presqu'île de Sidi Fredj. | 11 |
| 1-3-2-L'Anse de Kouali. | 14 |
| Chapitre II : Matériel et méthodes. | 15 |
| II-1- Choix et localisation des stations. | 15 |
| II-2- Echantillonnage. | 16 |
| II-3-Etude des paramètres physico-chimiques. | 18 |
| II-3-1- Température et salinité. | 18 |
| II-3-2- les sels nutritifs. | 18 |
| II-4- Etude microscopique des microalgues. | 21 |
| II-4-1- Etude des microalgues épiphytes. | 21 |
| II-4-1-1- Microscope droit (cellule de comptage Sedgewick-Rafter) | 21 |
| II-4-1-2- Microscope inversé (méthode d'Utermöhl). | 23 |
| II-4-2- Etude du phytoplancton. | 25 |
| Chapitre III : Résultats et Discussions. | 27 |
| III-1-Les paramètres physico-chimiques. | 27 |

| | |
|-------------------------------|----|
| III-1-1- La température | 27 |
| III-1-2-la salinité. | 27 |
| III-1-3-les sels nutritifs. | 28 |
| III-2- les microalgues. | 32 |
| III-2-1-le microphytobenthos. | 32 |
| III-2-2-le phytoplancton. | 42 |
| Discussion. | 45 |
| Conclusion. | 47 |
| Bibliographie | 48 |

Liste des figures

- **Chapitre I :**
 - Figure I.1 :** Exemples de différentes formes (photographies au microscope photonique) (Chomérat et Nezan, 2010). 4
 - Figure I.2 :** Présentation géographique de la zone et des stations d'étude. 10
 - Figure I.3 :** Présentation géographique de la zone de Sidi-Fredj. 11
 - Figure I.4 :** La plage Ouest de Sidi-Fredj. 11
 - Figure I.5 :** Vue aérienne de La plage de Thalassothérapie. 12
 - Figure I.6 :** La plage de Thalassothérapie. 13
 - Figure I.7 :** Vue aérienne du bassin Thalassothérapie. 13
 - Figure I.8 :** Le bassin de Thalassothérapie. 13
 - Figure I.9 :** Vue aérienne de l'anse de Kouali. 14
 - Figure I.10 :** La plage de l'anse de Kouali. 14

- **Chapitre II :**
 - Figure II.1 :** Pesée des fragments de macroalgues. 17
 - Figure II.2 :** Epruvette graduée contenant l'échantillon d'épiphytes. 17
 - Figure II.3 :** Photos de l'Auto-Analyzer SAN plus System, SKALAR®, 1998. 20
 - Figure II.4 :** La cellule de comptage Sedgewick-Rafter. 22
 - Figure II.5 :** Microscope droit Motic BA20. 22
 - Figure II.6 :** Préparation de l'échantillon d'épiphyte à la Sedgewick-Rafter. 23
 - Figure II.7 :** Emplacement de la cellule sous microscope droit. 23
 - Figure II.8 :** Microscope inversé (Zeiss). 23
 - Figure II.9 :** Les chambres de sédimentation (2 et 10 ml). 24
 - Figure II.10 :** Technique de comptage des cellules phytoplanctoniques. 24
 - Figure II.11 :** Chambre de sédimentation de 50ml. 25

- **Chapitre III :**
 - Figure III.1 :** Variation spatio-temporelle des concentrations en nitrites. 29
 - Figure III.2 :** Variation spatio-temporelle des concentrations en nitrates. 29
 - Figure III.3 :** Variation spatio-temporelle des concentrations en azote Ammoniacal. 30
 - Figure III.4 :** Variation spatio-temporelle des concentrations en phosphates. 31
 - Figure III.5 :** Variation spatio-temporelle des concentrations en silicates. 32
 - Figure III.6 :** Histogramme de la distribution des microalgues épiphytes dans la zone Sidi Fredj (cellules/gpf). 34
 - Figure III.7 :** Histogramme de la distribution des microalgues épiphytes dans la zone anse de Kouali (cellules/gpf). 35
 - Figure III.8 :** Histogramme des espèces toxiques observés dans les échantillons des macroalgues de la zone sidi fredj (cellules/gpf). 36
 - Figure III.9 :** Histogramme des espèces toxiques observées dans les échantillons des macroalgues de la zone anse de Kouali (cellules/gpF). 36

| | |
|---|----|
| Figure III.10: <i>Ostreopsis sp</i> (x100). | 38 |
| Figure III.11: <i>Prorocentrum lima</i> (x100). | 39 |
| Figure III.12 : <i>Coolia monotis</i> (x100). | 40 |
| Figure III.13 : <i>Amphidinium carterae</i> (x100). | 40 |
| Figure III.14: Coloration de la mer. | 44 |
| Figure III.15: <i>Noctiluca scintillans</i> vue au microscope droit. | 44 |

Liste des tableaux

- **Chapitre II :**

Tableau II.1 : Coordonnées des stations et dates des prélèvements. 15

- **Chapitre III :**

Tableau III.1 : Variation de la température au niveau de chaque station durant les deux périodes de prélèvement. 27

Tableau III.2: Variation de la salinité au niveau de chaque station durant les deux périodes de prélèvement. 28

Tableau III-3 : Les macroalgues prélevées et les épiphytes associés avec leurs Pourcentages. 33

Tableau III-4 : Les macroalgues prélevées et épiphytes toxiques associés. 41

Tableau III-5 : Densité cellulaire (cells/l) et les pourcentages (%) des groupes phytoplanctoniques durant les deux périodes d'échantillonnage et dans toutes les stations des zones d'étude. 43

Tableau III-6 : Distribution temporelle des différentes espèces observées durant les deux périodes d'échantillonnage et dans toutes les stations des zones d'étude (cells/l). 43

Introduction

L'existence du plancton a été ignorée pendant fort longtemps, bien que dès l'antiquité, l'importance du plancton était déjà perçue chez les pêcheurs au moyen âge, chez lesquels existait l'adage : «*che i pesci crede, che si plancton*» qui signifie «qui dit poissons dit plancton». Les premières études du microplancton ont débuté au début du XIX^{ème} siècle, et ne se sont développées qu'à partir de 1845 à la suite de l'invention du filet pélagique par Müller, permettant d'effectuer de vraies pêches planctoniques. Dès lors, l'immense diversité du plancton a suscité un intérêt croissant, et les scientifiques n'ont eu de cesse que de décrire cette fascinante variété (**Gaillard, 2003**).

La prolifération massive des espèces toxiques est désigné sous le terme de **HABs** (Harmful Algal Bloom) (**Illoul et al., 2008**), les proliférations de microalgues nocives représentent un phénomène émergent dans des zones tempérées, causant des problèmes de santé publique, écologique et économique (**Mangialajo et al., 2011**).

Les premières intoxications humaines attribuées aux aérosols contenant les palytoxines produites par le genre *Ostreopsis* ont été rapportées dans plusieurs pays (Italie, France, et Espagne) de la mer Méditerranée du Nord-Occidental (**Totti et al., 2007 ; Kermarek et al., 2008 ; Vila et al., 2008**). Depuis lors, la détection des proliférations d'*Ostreopsis* a été documentée dans plusieurs endroits le long des pays de Méditerranée Nord et Sud (**Illoul et al., 2012 ; Turki et al., 2005 ; Ross, 2009 ; Tichadou et al., 2010 ; Totti et al., 2010 ; Touahria et Sériidji, 2011**)

En juillet 2009, plus de 300 cas d'intoxications respiratoires humaines ont été enregistrés simultanément en plusieurs plages de trois wilayas, Alger, Boumerdes et Ain-Temouchent (**EL Watan, 2009 ; Le Soir d'Algérie, 2009**). 175 cas ont été enregistrés à Boumerdes, 163 à Ain-Temouchent et 100 à Alger où 40 personnes ont dû être hospitalisées. La fièvre, la rhinite, la conjonctivite, la toux et les irritations de peau étaient les symptômes cliniques les plus communs observés. Aucune analyse de phytoplancton n'avait été exécutée en plages d'Ain-Temouchent ou de Boumerdes. En conséquence, un programme de contrôle dans la région d'Alger a commencé quelques jours après l'événement toxique par l'agence pour la protection et la promotion des côtes de la Wilaya d'Alger (**APPL**). Le genre *Ostreopsis* identifié dès l'initiation du monitoring est désigné comme l'agent causatif le plus plausible des intoxications. *Ostreopsis* a été déjà

Introduction

signalée en eaux côtières de la région d'Alger durant les étés 2002 et 2003 et puis à la fin de la décennie passée (2008 - 2010) (**Illoul et al., 2012**)

Un assemblage d'épiphyte potentiellement toxique de dinoflagellés sur des macroalgues a été étudié pendant 1 année dans un habitat rocheux protégé peu profond dans le compartiment de Bou Ismail (à l'ouest du compartiment d'Alger, du bassin algérien). L'assemblage a été surveillé sur des macroalgues de Rhodophyte : *Corallina sp.* Les dinoflagellés dominants étaient *Ostreopsis sp.*, et les espèces d'accompagnement étaient des *Coolia monotis* et *Prorocentrum lima* de. Les diatomées *Coscinodiscus* et de *Licmophora* étaient les composants abondants des épiphytes (**Touahria et Séridji, 2011**).

L'objectif de notre travail est de rechercher des dinoflagellés toxiques benthiques essentiellement le genre *Ostreopsis* et les dinoflagellés toxiques qui lui sont généralement associés (*Prorocentrum lima* et *Coolia monotis*) dans la région de Sidi Fredj et de l'Anse de Kouali et de déterminer la période de leur apparition, en relation avec les facteurs environnementaux, sur un de leur substrat naturel (les macroalgues) ainsi que dans la colonne d'eau. Le développement des dinoflagellés dans un endroit précis est un indicateur de l'état de ce dernier :

- par les mesures des sels nutritifs ; une eutrophisation est expliquée.
- par une augmentation de la température qui est un indice du changement climatique.
- ainsi que la stratification des eaux qui est déterminé par le rapport température, salinité.

Chapitre I : Généralités

I.1- Les microalgues épiphytes :

Les microalgues épiphytes ou microphytobenthos sont des algues unicellulaires, microscopiques qui se développent sur divers substrats benthiques (macroalgues, rochers, coraux) et ils sont le plus souvent autotrophes. Elles synthétisent leur propre substance organique à partir d'éléments minéraux par la photosynthèse. Elles vivent dans la zone euphotique (**Aberle-Malzahn, 2004**) Parmi ces microalgues, on trouve essentiellement des diatomées et des dinoflagellés.

Les dinoflagellés sont les plus étudiés car plusieurs espèces sont toxiques (**Vila et al., 2001**).

Des microalgues benthiques toxiques existent également en Méditerranée. Une ou plusieurs espèces du genre *Ostreopsis* vivent au fond de la mer, sur un support biologique, (comme les macroalgues), ou sur des phanérogames. Elles se développent généralement à de très faibles profondeurs. On les retrouve libres dans l'eau en cas de bloom. Il existe une dizaine d'espèce du genre *Ostreopsis* dans le monde, qui se développent généralement dans les zones tropicales (**Lemée et al., 2010**).

Ostreopsis sp vit en association avec deux autres dinoflagellés benthiques, *Prorocentrum lima* et *Coolia monotis* à la surface des macroalgues (**Vila et al., 2001**)

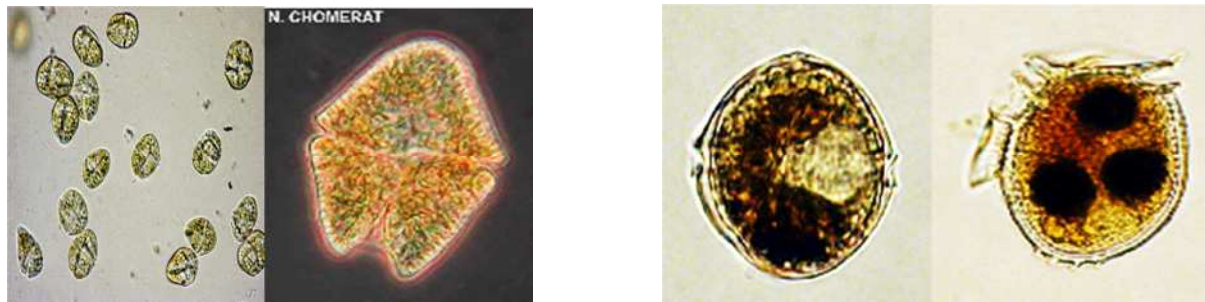
I.1.1- Classe des dinophycées :

Appelés aussi les péridiniens, ce sont deux noms d'origine grecques : « Dino » qui veut dire tourner et « péridino » qui signifie tourner autour, Ce sont des organismes unicellulaires microscopiques dont la taille varie entre 20 et 250 µm isolés mais ils sont planctoniques, benthiques, symbiotiques ou parasites d'autres organismes Ils se caractérisent par la présence de deux flagelles, logés dans deux sillons orthogonaux, lors de la phase mobile, un sillon axial (*sulcus*) et un sillon équatorial (*cingulum*), un dinocaryon ou un noyau montrant des chromosomes condensés pendant l'interphase, facultativement des chloroplastes qui contiennent chlorophylle a et c, carotène et de xanthophylle (péridinine), des produits de réserve de la photosynthèse (amidon et globules lipidiques) et d'autres organites intracellulaires tels que les stigmas, les pusules, les tréphocytes (**Nezan et al., 1997**).

Les dinoflagellés vivants peuvent être autotrophes, hétérotrophes ou mixotrophes (c'est-à-dire à la fois autotrophe et hétérotrophe), phototrophes (**Mathieu et al., 2011**).

Chapitre I : Généralités

Les dinoflagellés vivants montrent une très grande diversité de formes, ils sont classés en gymnodiniens (dinoflagellés nus sans thèque) et en dinoflagellés cuirasses entourés d'une thèque cellulosique (Nezan *et al.*, 1997).



Formes sans thèque=«nue».

Forme à thèque.

**Figure I-1 : Exemples de différentes formes (photographies au microscope photonique)
(Chomérat et Nezan, 2010).**

Ils sont présents dans toutes sortes d'environnements et constituent un élément majeur du plancton moderne. Ils vivent dans les eaux salées, saumâtres et douces, une majorité (90%) peuplant les eaux marines. Ils dominent dans les eaux des mers tropicales et subtropicales (18 à 25°C) où les espèces autotrophes se répartissent dans la zone euphotique (de 20 à 70 m) (Robert Mathieu *et al.*, 2011).

La diversité des dinoflagellés benthiques est mal connue en zones tempérées et de nombreuses espèces sont encore à découvrir (Mathieu *et al.*, 2011).

I.1.2-Classe des diatomophycées :

Les Diatomées ou Bacillariophycées sont des microorganismes unicellulaires photosynthétiques. Leur taille varie environ de 20 à 200 μm , quoique certaines puissent atteindre 2 mm. Elles peuvent se présenter en cellules isolées ou regroupées en colonies, ils peuvent être des espèces planctoniques vivant en suspension dans la colonne d'eau ou des espèces benthiques vivant sur des supports divers. (Loir, 2004) (Mathieu *et al.*, 2011).

Chapitre I : Généralités

Elles se caractérisent par une paroi rigide faite de silice hydratée insérée dans une matrice organique, le frustule. Cette paroi finement ornementée (pores, excroissances, épines, etc.) est divisée en deux valves emboîtées de taille différente (Loir, 2004) (Mathieu et al., 2011).

Morphologiquement, On distingue deux grandes catégories de Diatomées selon la géométrie de leur frustule: les Diatomées centrales, à symétrie radiale et les Diatomées pénales, à symétrie bilatérale. La plupart des diatomées benthiques font partie d'ordre des pennées qui peuvent générer des blooms sans aucun effet nocif (Loir, 2004)

Un grand nombre de microalgues épiphytes qui se développent sur les macroalgues tels que (Rhodophycées, Phéophycées, Chlorophycées) et les phanérogames, sont des diatomées (Lemee et al., 2010).le pouvoir adhésif de ces microalgues est l'un des plus importants facteurs écologiques qui influe leur distribution sur le substrat (Tanaka, 1985).

I.2- Généralités sur les espèces toxiques ou potentiellement nuisibles :

Parmi les 4000 espèces microalgales planctoniques marines recensées à travers le monde 5.5 à 6.7 % (184-267 espèces) ont été identifiées comme responsables d'efflorescences algales massives (Sournia, 1995). Parmi celles-ci, environ la moitié sont des Dinoflagellés, les Diatomées arrivant en seconde position, neuf autres classes étant également impliquées. 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»). Parmi ces espèces, 90% sont des Flagellés, et plus particulièrement des Dinoflagellés (Smayda, 1997 in Gaillard, 2003).Ces derniers produisent des toxines (phycotoxines) qui sont accumulées par les organismes phytoplanctonophages (mollusques bivalves principalement, mais également gastéropodes, crustacés, ainsi que certains poissons). Ces organismes jouent le rôle de vecteurs sains : ils ne sont pas affectés par ces toxines, mais sont toxiques pour les consommateurs secondaires dont l'Homme ou les espèces marines (Gaillard, 2003).

Ostreopsis sp., *Coolia monotis*, *gambierdiscus toxicus* et *Prorocentrum lima*, sont des dinoflagellés benthiques toxiques, qui sont à l'origine de différents syndromes et peuvent former des associations.

Chapitre I : Généralités

Modes d'action des microalgues nuisibles :

- ❖ Effets nuisibles sur la santé Humaine par des toxines produites par certaines espèces planctoniques ou benthiques impliquées dans des intoxications humaines à travers le monde:

I.2.1- Les microalgues benthiques :

- **Syndrome pseudo-grippal :**

Lors d'importants blooms, le dinoflagellé épiphyte genre *Ostreopsis sp* peut causer des intoxications par inhalation d'aérosols marins contenant une toxine appelé palytoxine (**Mangialajo et al., 2008**). Cette dernière est une des molécules naturelles marines les plus toxiques connues à ce jour (**Lemée et al., 2010**) et provoque des syndromes proche 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**).

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

- **DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning) :**

Ou Intoxications Diarrhéiques par les Fruits de Mer (IDFM). Les intoxications diarrhéiques ont été d'abord observées aux Pays-Bas dès 1961 (**Korringa et Roskam, 1961**) puis identifiées pour la première fois au Japon, en 1976 (**Yasumoto et al., 1978 in Richardson, 1997**). L'intoxication apparait entre 2 à 12h après ingestion des coquillages contaminés. Des symptômes gastro-intestinaux (douleurs abdominales, diarrhées, nausées et vomissements) sont associés à ces intoxications (**WHO, 1984 in Richardson, 1997**). Les toxines responsables sont l'acide okadaïque, les pectenotoxines, et les yessotoxines produits par des Dinoflagellés appartenant aux genres *Dinophysis* (planctonique) et *Prorocentrum lima* (benthique) principalement (**Lassus et al., 1988, Sournia et al., 1991b, Amzil, 1993**).

L'espèce *Coolia monotis* produit la cooliatoxine, cette toxine a été testé sur des souris provoquant des symptômes similaires à ceux décrits pour les yessotoxines à savoir, une hypothermie, une détresse respiratoire et une convulsion qui précèdent la mort (**Holmes et al., 1995 in Fremy et Lassus, 2001**).

Chapitre I : Généralités

- **CFP (Ciguatera Fish Poisoning) :**

Ou Intoxications de type "ciguatériques" dues à l'ingestion de poissons infectés par des dinoflagellés benthiques (épiphytes), comme *Gambierdiscus toxicus*, qui vit dans les zones tropicales et qui a été enregistrée en association avec *Ostreopsis sp*, *Coolia monotis*, et *Prorocentrum lima* (Yasumoto et al, 1979, Adachi et Fukyo, 1979 in Vila et al., 2001). Les toxines responsables : la maïtotoxine et les ciguatoxines, sont transmises à l'homme à travers la chaîne alimentaire, en général par des poissons (Richardson, 1997).

Les symptômes sont de type gastro-intestinal, neurosensoriel, cardio-vasculaire, cutané-muqueux.ils surgissent 2 à 6h après ingestion de l'aliment infecté.

I.2.2- Les microalgues planctoniques :

- **ASP (Amnesic Shellfish Poisoning) :**

Ou Intoxications Amnésiantes par les Fruits de Mer (IAFM), les toxines amnésiantes ont été d'identifiées en 1987, suite à une intoxication alimentaire massive (145 intoxications recensées, dont quatre mortelles) liée à la consommation de moules (Canada) (Bates et al., 1989). Les premiers symptômes sont de type gastro-intestinal (vomissements, diarrhées, nausées) après 2 à 24h mais également des symptômes neurologiques (avec notamment des pertes de mémoire) après 24 à 48h, ces toxines pouvant, dans les cas les plus graves, entraîner la mort (Teitelbaum et al. 1990). La toxine responsable de ces intoxications est une neurotoxine, l'acide domoïque (Wright et al, 1989), synthétisée principalement par des Diatomées Pénales du genre *Pseudo-nitzschia*.

- **PSP (Paralytic Shellfish Poisoning) :**

Ou Intoxications Paralysantes par les Fruits de Mer (IPFM), l'identification d'intoxications paralysantes est ancienne (Dale et Yentsch, 1978) ; ces intoxications entraînent en moins de 30 mn une paralysie musculaire et, dans les cas les plus graves, peuvent être mortelles lorsque le système respiratoire est atteint. Elles sont provoquées par la saxitoxine et ses dérivées dont la néosaxitoxine et les gonyautoxines, qui sont des toxines produites entre autres par des Dinoflagellés du genre *Alexandrium* et *Gymnodinium catenatum* (Lassus et al., 1994, Amzil et Motteau, 2000).

Chapitre I : Généralités

- **NSP (Neurotoxic Shellfish Poisoning) :**

Intoxications Neurologiques par les Fruits de Mer (INFM), les intoxications neurologiques sont principalement associées à l'espèce de Dinoflagellé *Ptychodiscus brevis* et *Gylnodium breve*. Elles sont caractérisées par des symptômes gastro-intestinal (crampes, nausées, diarrhées ...), également neurologiques qui surviennent 3h après ingestion de l'aliment contaminé (**Fremy et Lassus, 2001**) et provoquées par un groupe de toxines rassemblées sous l'appellation brevetoxines (**Richardson, 1997**). Ces toxines sont également responsables de mortalités de mammifères marins (Anderson et White, 1992).

- ❖ **Impact sur les organismes marins :**

Certaines espèces responsables de HABs peuvent avoir un impact direct sur les populations marines (poissons ou invertébrés).

Parmi les espèces productrices d'ichtyotoxines, on peut citer les Raphidophycées *Heterosigma akashiwo* et *Chattonella marina*, mais de nombreuses espèces de Dinoflagellés comme *Karenia mikimotoi*, et de Prymnésiophycées comme *Chrysochromulina polylepis*, espèce responsable de mortalités massives de poissons sur les côtes scandinaves en 1988 ; (**Zingone et Enevoldsen, 2000 in Gaillard, 2003**) sont également impliquées.

Les mortalités de poissons ou d'invertébrés marins sont généralement consécutives à la production de toxines extracellulaires libérées directement dans le milieu, ainsi, des lésions 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**)

Chapitre I : Généralités

❖ Impact sur le fonctionnement de l'écosystème marin :

La dégradation de la biomasse associée aux efflorescences algales massives entraîne une diminution de la teneur en oxygène, qui peut engendrer des phénomènes de mortalités d'organismes marins comme évoqué précédemment, mais également un dysfonctionnement de l'écosystème marin en général (anoxie).

Les blooms peuvent également avoir des conséquences sur la croissance de certains organismes tels que les coquilles Saint Jacques (**Chauvaud et al., 2000 in Gaillard, 2003**), ainsi que sur le broutage du phytoplancton par le zooplancton, affectant ainsi l'ensemble du réseau trophique.

Les impacts sur les cheptels aquacoles et sur le fonctionnement de l'écosystème ont des conséquences graves sur les activités économiques et touristiques développées en domaine côtier.

Chapitre I : Généralités

I.3- Présentation de la zone d'étude :

La localité de Sidi-Fredj est une presqu'île se trouvant à une vingtaine de Km à l'Ouest d'Alger ($2^{\circ}50'$ Est et $36^{\circ}45'$ Nord). Sa superficie est de 69 Km², étendue sur 1 Km au bord de la mer formant le cap Est de la baie de Bou-Ismaïl et la limite Ouest de la baie d'El-Djamila.

Le site « Anse Kouali » appartient à la baie de BouI-smail à 70 km à l'Ouest d'Alger ($36^{\circ}35'$ N et $2^{\circ}29'$ E).

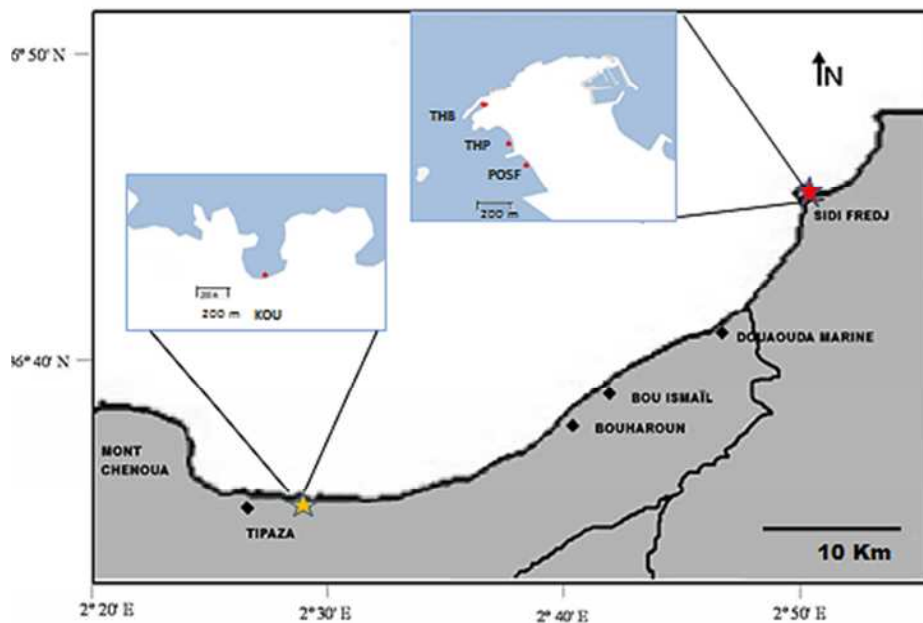


Figure I.2 : Présentation géographique de la zone et des stations d'étude.

Chapitre I : Généralités

I.3.1- La presqu'île de Sidi Fredj

Cette localité est constituée des parties essentielles qui font l'objet de notre étude : la plage Ouest de Sidi-Fredj (**ENSSMAL**), la plage et le bassin de Thalassothérapie



Figure I.3 : Présentation géographique de la zone de Sidi-Fredj, (source : Google earth).

I.3.1.1-Présentation de la plage Ouest de Sidi-Fredj :

Cette station se situe du côté Ouest de la presqu'île de Sidi-Fredj, en contrebas du laboratoire de L'ENSSMAL et à proximité de la plage de Thalassothérapie, elle présente un site à fond sableux,

Cette plage fait une longueur de 100 m et une largeur de 5 m, et elle est riche en macroalgues sur lesquelles se développent les dinoflagellés et les diatomées (<http://www.APPL.dz>).

Chapitre I : Généralités



Figure I.4 : la plage Ouest de Sidi-Fredj, (source : Google earth).

I.3.1.2-La plage de Thalassothérapie:

La plage de thalassothérapie est située dans la presqu'île de Sidi-Fredj à 2°50' Est, à 20 Km à l'Ouest d'Alger et à l'extrême Est de la baie de Bou-Ismaïl,. Elle est naturellement protégée par son emplacement, à l'abri des vagues du Nord.



Figure I.5: vue aérienne de La plage de Thalassothérapie, (source : Google earth).



Figure I.6: La plage de Thalassothérapie.

I.3.1.3.- Présentation du bassin de thalassothérapie:

Situé dans la presqu'île de Sidi-Fredj à l'extrême Est de la Thalassothérapie à 36°45' N et 2°50' Est, c'est un milieu confiné, rocheux riche en macroalgues avec présence de l'herbier de Posidonie, il se caractérise par son état de mer calme et un faible courant.



**I.7: vue aérienne du bassin
Thalassothérapie**



Figure I.8 : Le bassin de Thalassothérapie

Chapitre I : Généralités

I.3.2- Présentation de l'anse Kouali :

L'anse de Kouali occupe une surface de 5 Km², il y débouche un réseau hydrographique constitué de l'oued Gasbayan à l'Ouest, un petit court d'eau au centre reliant l'oued Seris et l'oued Hadjidjid et un ravin à l'Est.

Par ailleurs, la présence d'un goulet qui protège l'anse de Kouali de secteur nord d'une part et l'existence d'un îlot rocheux et d'un récif-barrière de *Posidonia oceanica* d'une autre part, cette localité mérite d'être protégée et nécessite des études et un suivi permanent.



Figure I.9: vue aérienne de l'anse de Kouali (source : Google earth).



Figure I.10: la plage de l'anse de Kouali.

Chapitre II : Matériels et Méthodes

Nous allons consacrer ce chapitre à l'échantillonnage et le traitement des échantillons au microscope. Il s'agira d'étudier des épiphytes de macroalgues par deux méthodes : la méthode Utermöhl et la méthode utilisant la cellule de comptage Sedgewick-Rafter. Le travail a porté essentiellement sur la recherche des espèces potentiellement nocives aussi bien celles produisant des toxines que celles générant des proliférations de forte biomasse. Par la suite nous avons illustré la méthode de calcul utilisé ainsi que l'étude physico-chimique par laquelle nous avons déterminé la température, la salinité et les sels nutritifs.

II-1-Le Choix et la localisation des stations :

Le choix des stations s'est porté sur des sites rocheux plus ou moins confinés peu profonds et riches en macroalgues. Les stations situées dans la péninsule de Sidi-Fredj diffèrent par leur exposition à l'influence des courants et des vents. La plage Ouest (POSF) est largement ouverte alors que la plage de la Thalassothérapie (THP) est partiellement confinée, elles sont soumises à l'influence des vents d'ouest. Le bassin situé en arrière du centre de Thalassothérapie est confiné et bien protégé de l'influence de la mer ouverte (THB). L'Anse de Kouali (KOU) est une crique bien protégée et très riche en macroalgues

Tableau II.1 : coordonnées des stations et dates des prélèvements :

| Station | code station | Date | heure | latitude | longitude |
|-------------------------|--------------|-------|-------|-------------|-------------|
| Plage Ouest Sidi Fredj | POSF | 02/05 | 11:00 | 36°45'32" N | 2°50'32." E |
| | POSF | 16/05 | 14:45 | | |
| Thalassothérapie bassin | THB | 06/05 | 10:00 | 36°45'45" N | 2°50'20" E |
| | THB | 16/05 | 11:00 | | |
| Thalassothérapie plage | THP | 07/05 | 10:30 | 36°45'35" N | 2°50'27" E |
| | THP | 16/05 | 10:30 | | |
| Anse Kouali | KOU | 29/05 | 11:00 | 36°35'27" N | 2°29'4" E |

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II-2-L'échantillonnage :

Dans la présente étude, un total de 39 échantillons de macroalgues a été prélevé dans les stations suivantes (la plage Ouest de Sidi-Fredj en contrebas de l'ENSSMAL, la plage et le bassin de thalassothérapie, et la plage de l'Anse de Kouali), entre le 02 et le 29 Mai et ils seront examinés au laboratoire. Des mesures de température et de salinité sont effectuées *in situ*.

➤ Prélèvement des échantillons :

Pour la recherche des épiphytes, nous avons réalisé des prélèvements de macroalgues appartenant à différentes espèces de Rhodophycées, Phéophycées et Chlorophycées. Ces macroalgues sont sélectionnées selon leur abondance et leur disponibilité dans la zone d'étude. Un fragment de chaque espèce est prélevé délicatement et mis dans un bocal en PVC rempli au 1/3 environ d'eau de mer filtrée. Les fragments d'algues doivent être immergés complètement dans l'eau de mer filtrée.

Les échantillons sont immédiatement fixés à l'aide d'une solution de Lugol alcalin afin d'obtenir une coloration légèrement brune (soit 8 gouttes de Lugol pour environ 100 ml d'eau de mer) (**Laplace et al., 2009**). La fixation a pour but de préserver la forme originale des épiphytes et d'éviter leur prolifération ce qui pourrait fausser les résultats lors des études ultérieures. Les bocaux sont ensuite refermés puis étiquetés en mettant la date du prélèvement, la station et le nom du genre auquel appartient la macroalgue. Dès le retour au laboratoire ces échantillons subiront un prétraitement pour les préparer à l'étude microscopique (**voir II-4-1-étude des microalgues épiphytes**).

Des échantillons d'eau de mer destinés à la recherche de dinoflagellés épiphytes détachés de leur hôte sont prélevés au niveau de chaque station en utilisant des flacons en PVC d'une contenance de 200 ml. Ils sont fixés à l'aide d'une solution de Lugol alcalin de manière à obtenir une coloration légèrement brune. Au laboratoire ils seront conservés à l'abri de la lumière afin d'éviter toute décoloration. Une décoloration peut se produire avec le temps, dans ce cas on rajoute quelques gouttes de Lugol pour maintenir la fixation de l'échantillon. L'échantillon ainsi fixé peut être conservé au maximum 3 semaines à l'obscurité avant analyse (**Reguera et al., 2011**).

Chapitre II : Matériels et Méthodes

Les échantillons d'eau destinés au dosage des sels nutritifs sont stockés au congélateur dès l'arrivée au laboratoire jusqu'au moment de leur analyse. Le prélèvement est réalisé avec précaution de manière à éviter toute contamination.

➤ Séparation des épiphytes et traitement des macroalgues :

Une fois arrivés au laboratoire, les échantillons de macroalgues contenus dans les bocaux sont fortement secoués dans tous les sens afin de détacher un maximum d'épiphytes de leurs hôtes les fragments de macroalgues sont retirés et le volume de l'eau de mer filtrée contenant les épiphytes est mesuré à l'aide d'une éprouvette graduée (**Figure II.1**) les macroalgues sont pesées à l'aide d'une balance de (Denver Instrument M-220D) pour déterminer leurs poids frais (**Vila et al., 2001**).

Les échantillons d'eau de mer contenant les épiphytes sont conservés au réfrigérateur (+4°C) en raison de leur forte charge en matière organique (débris de macroalgues, microfauneépiphyte).



Figure II-1 : Pesée des fragments de macroalgues



Figure II-2 : Eprouvette graduée contenant l'échantillon d'épiphytes.

II.3-Étude des paramètres physico-chimiques:

II.3.1- Température et salinité :

- **La température :**

La température est un facteur déterminant en ce qui concerne les études sur le phytoplancton, elle nous permet d'identifier la présence d'une thermocline et intervient dans la distribution spatio-temporelle des espèces (**Aminot et Chaussepied, 1983**)

Elle est importante grâce à son action sur les processus biologiques. Les mesures de température sont effectuées *in-situ* à l'aide d'un conductimètre (Cond 315i WTW).

- **La salinité :**

La salinité est très intéressante dans l'étude des populations phytoplanctoniques, c'est un facteur conservatif de l'eau de mer (**Aminot et Chaussepied, 1983**). Elle a été mesurée *in-situ* à l'aide d'un conductimètre.

II.3.2-les sels nutritifs :

- **principe de dosage des sels nutritifs dans l'eau :**

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs (Nitrate NO_3^- , Nitrite NO_2^- , Orthophosphate PO_4^{3-} , Silicate $\text{Si}(\text{OH})_4$ et Ammonium NH_4^+) est basée sur une réaction de coloration.

En effet, ces sels réagissent dans certaines conditions (températures, pH, présence de catalyseurs,...) avec des réactifs pour donner une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'onde.

L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration. Ce dernier est d'autant plus important que la solution est concentrée en sel dosé.

La quantité de lumière absorbée par la solution, appelée absorbance (A) ou densité optique (D.O), obéit à la loi de (**BEER LAMBERT**) qui est exprimée par l'expression suivante :

$$\mathbf{A = D.O = \log (I_0/I) = \epsilon \times L \times C}$$

Le dosage des sels nutritifs a été réalisé par Mme Eddalia à l'ENSSMAL, Sidi Fredj

Chapitre II : Matériels et Méthodes

Les paramètres de cette loi sont:

A : absorbance de la solution

D.O : densité optique de la solution.

I₀ et **I** : présentée respectivement l'intensité lumineuse incidente et émergente du milieu absorbant.

ε : le coefficient d'extinction molaire qui varie en fonction de la température et de la longueur d'onde.

L : la longueur de cuve spectrophotomètre exprimée en cm.

C : concentration de la solution absorbante exprimée en mol/l.

➤ **Analyse automatique des sels nutritifs :**

L'analyse automatique des sels nutritifs consiste à réaliser automatiquement les différentes manipulations nécessaires à un dosage manuel : prélèvement, analyse et lecture (**Rodier et al., 1996**).

Dans notre étude, le dosage des sels nutritifs s'est fait par colorimétrie à flux continu sur chaîne automatisée (**Auto-Analyseur SAN pro PLUS**) selon les protocoles définis par le fabricant (**Skalar, 2000**).

L'auto-analyseur est constitué des éléments suivants :

- **Un échantillonneur** : constitué de quatre rachs A, B, C, D, chacun peut comprendre jusqu'à 35 échantillons, il permet le prélèvement automatique des échantillons, il est lié à la cassette analytique.
- **Une cassette analytique** : comprend quatre voix pour analyse des différents sels, chaque sel à son propre circuit.
- **Une pompe proportionnante** : permet le pompage des réactifs, des échantillons et de l'eau distillé et les propulse à travers les circuits analytiques.
- **Le colorimètre monocanal** : assure la mesure de la densité optique qu'il envoie à l'enregistreur sous forme de signal électrique. Pendant l'analyse le colorimètre envoie des faisceaux lumineux qui aboutissent à deux photo tubes qui détectent l'intensité de cette énergie lumineuse ; ces détecteurs émettent deux signaux électriques qui seront reçus par un commutateur et convertis en signaux proportionnels aux concentrations dosées.
- **Une interface** pour l'exploitation des données.

Chapitre II : Matériels et Méthodes

- **Un micro-ordinateur** : transforme les signaux électriques émis par le colorimètre en graphiques.



Figure II.3 : Photos de l'Auto-Analyzer SAN plus System,SKALAR®, 1998.

- **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**).

- **Dosage des nitrates**

La méthode est basée sur la réduction des nitrates (NO_3^-) en nitrites (NO_2^-) par le passage de l'échantillon à travers une colonne réductrice de Cadmium traité au Cuivre (**Wood et al., 1967**). 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**).

- **Dosage des orthophosphates :**

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

Chapitre II : Matériels et Méthodes

▪ Dosage des silicates :

Dans l'eau de mer, le silicium dissous se trouve à 95 % sous forme d'acide orthosilicique ($\text{Si}(\text{OH})_4$) (Aminot et Chaussepied, 1983). Cette forme réagit avec le molybdate d'ammonium en milieu acide pour former un complexe silicomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique en un composé coloré en bleu absorbant à 810 nm. On y ajoute l'acide oxalique pour éviter les interférences des phosphates.

▪ Dosage de l'Azote ammoniacal :

Cette méthode mesure la totalité de l'Azote ammoniacal. L'ammoniac forme un monochloramine avec l'hypochlorite en milieu légèrement basique. Cette dernière réagit avec le phénol en présence d'un excès d'hypochlorite pour former le bleu d'indophénol absorbant à 630 nm, la réaction est accélérée par le nitroprussiate (Aminot, Guillaud et Keroual, 1997)

Les courbes d'étalonnages qui ont été réalisées pour chaque sel analysé sont consignées en (Annexe 1).

II.4 - Etude microscopique des microalgues :

II.4.1-Etude des microalgues épiphytes :

Deux techniques microscopiques sont utilisées pour l'étude des épiphytes: la méthode de comptage d'Utermöhl qui nécessite l'utilisation d'un microscope inversé et la méthode de comptage avec la cellule de Sedgewick-Rafter sur microscope droit. Les deux méthodes permettent d'obtenir des résultats comparables et elles sont complémentaires. La cellule Sedgewick Rafter présente l'avantage de pouvoir être utilisée sur un microscope optique classique mais ne permet pas l'observation de volumes $>$ à 1 ml. La méthode d'Utermöhl quant à elle, permet de sédimenter des volumes atteignant 50 ml mais ne peut être utilisée qu'avec un microscope spécialisé, l'invertoscope ou microscope inversé. Selon l'abondance des espèces recherchées et la charge en particules détritiques des échantillons on choisit d'utiliser l'une ou l'autre méthode.

II.4.1.1- Microscope droit (cellule de comptage Sedgewick-Rafter):

La cellule Sedgewick-Rafter (Figure II.4) constitue une méthode traditionnelle de comptage des cellules, utilisée avec un microscope optique droit à des faibles grossissements

Chapitre II : Matériels et Méthodes

(x100) .elle permet l'observation et le comptage des organismes de taille entre 50 et 500 μm , (Sournia, 1978).

Elle se divise en petits carreaux ,20 carreaux en largeur et 50 carreaux en longueur le volume totale de la cellule est de 1 ml, le volume d'un carreau est donné par le constructeur 1 carreau= 1 microlitre.

Pour bien homogénéiser l'échantillon, le flacon est remué environ 40 fois. A l'aide d'une pipette en plastique gradué (2.5ml) on verse délicatement l'échantillon homogénéisé dans la cellule de Sedgewick-Rafter .une lamelle en verre est placée de manière à recouvrir la cellule, en évitant la formation de bulles d'air (Figure II.4) (Reguera *et al.*, 2011).

On laisse l'échantillon sédimenter environ 30 minutes, en suite on place la cellule sur le plateau mobile sous l'objectif 10x. (Figure II.5) (Sournia, 1978).

Selon la concentration de l'échantillon, le comptage se fera soit sur la totalité de la cellule, soit sur la moitié de la cellule (0.5ml) ou sur une ligne ou alors sur dix carreaux prise au hasard de la cellule de comptage.

Le comptage est représentatif lorsque le nombre d'individus atteint 100 cellules pour les espèces dominantes.

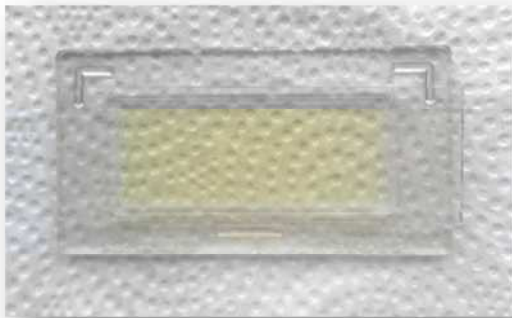


Figure II.4: La cellule de comptage

Sedgewick-Rafter.



Figure II.5: Microscope droit Motic
BA20.

Chapitre II : Matériels et Méthodes

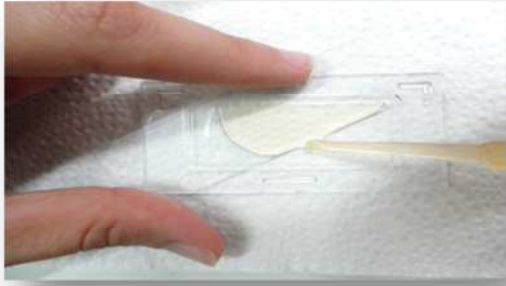


Figure II.6 : Préparation de l'échantillon d'épiphyte à la Sedgewick-Rafter



Figure II.7: Emplacement de la cellule sous microscope droit

II.4.1.2- Microscope inversé (La méthode d'Utermöhl (1958 *in* Hasle, 1978)) :

Dans ce cadre, l'analyse des échantillons d'eau de mer et des épiphytes fixés au Lugol ont été dénombrés par microscope inversé (**Figure II.8**) - modèle (Zeiss IM35), correspondant à la méthode d'Utermöhl (**Hasle, 1978**).



Figure II.8 : Microscope inversé (Zeiss IM35).

L'échantillon est alors doucement agité pendant au moins une minute afin d'homogénéiser son contenu, quelques minutes peuvent s'avérer nécessaires lorsque des agglomérats subsistent dans l'échantillon. Un sous-échantillon est versé délicatement dans

Chapitre II : Matériels et Méthodes

une chambre de sédimentation simple de 2 ou 10 ml de contenance (**Figure II.9**). Les chambres de 2 à 10 ml conviennent pour des échantillons d'épiphytes de forte concentration chargée en différents débris et d'épiphytes.

Le temps de sédimentation est de 3 heures par centimètre de hauteur (**Laplace et al., 2009**). Pour la chambre de 2ml nous avons laissé sédimenter pendant une heure et pour la chambre de sédimentation de 10ml qui mesure 2 cm, le temps nécessaire de sédimentation est de 6 heures.



Figure II.9 : Les chambres de sédimentation (2 et 10 ml).

Le comptage des cellules abondantes se fait selon une à 2 bandes diamétrales (**Figure II.10, a**) et celui des cellules moins abondantes se fait selon la moitié de la cuve ou sa totalité (**Figure II.10, b**).



Figure II.10 : Technique de comptage des cellules phytoplanctoniques (Halse, 1978).

Quand il s'agit des épiphytes de macroalgues, nous rapportons le nombre de cellule d'épiphyte à 1g de poids frais (pf) de la macroalgue (cells/gpf).

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II.4.2-Etude du phytoplancton :

Les échantillons d'eau prélevés et fixés au Lugol sont étudiés par la méthode Utermöhl (**Hasle, 1978**) au microscope inversé.

La chambre de 50 ml s'avère indispensable pour des plans d'eau très oligotrophe ou la concentration algale de l'échantillon d'eau est très faible.

Le temps de sédimentation est de 30 heures pour les chambres de 50 ml (**Laplace et al., 2009**).

Pour les chambres de 50 ml, à la fin de cette phase de sédimentation, il faut glisser la partie supérieure de la chambre (la colonne) et placer une fine lame en verre sur la chambre de comptage pour la fermer. Il faut éviter d'emprisonner des bulles d'air qui peuvent gêner le comptage, et on la place au microscope inversé sous l'objectif 10x.

La recherche a porté essentiellement sur les espèces de dinoflagellés potentiellement toxiques d'origine benthique : *Ostreopsis*, *Coolia*... .

Nous rapportons le nombre de cellules phytoplanctoniques à un litre d'eau de mer (cells/l).

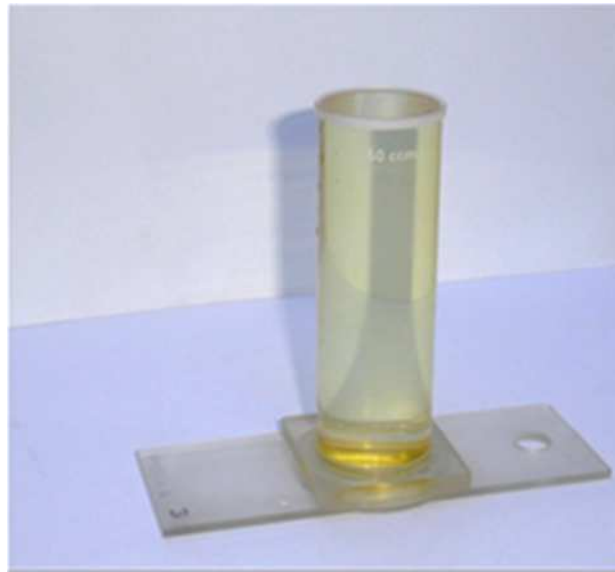


Figure II.11 : Chambre de sédimentation de 50ml.

Remarque :

Dans les manipulations, la partie qui concerne les réplicats n'a pas été faite.

Chapitre : Résultats et discussions

Dans ce chapitre, nous présentons les données physico-chimiques et biologiques enregistrées dans notre zone d'étude au cours de nos deux périodes de prélèvement du mois de Mai 2012. Les résultats biologiques sont discutés en relation avec les paramètres physico-chimiques observés et l'état de la mer.

III-1-Les paramètres physico-chimiques :

III-1-1- La température :

Les températures dans nos stations d'étude ont été comprises entre 18,4°C enregistré durant la première période d'échantillonnage et 21,3°C enregistré durant la deuxième période. Ces variations modérées correspondent à la fin de la saison printanière et au début de la saison estivale.

On enregistre la température minimale 18.4°C le 02 Mai au site de la plage Ouest de Sidi-Fredj (POSF) et la température maximale 21.3°C le 16 Mai à la station du petit bassin de la thalassothérapie (THB). Durant la première période, les températures sont comparables aux trois stations de la Péninsule de Sidi Fredj. Durant la seconde période, la température la plus élevée a été mesurée à la station THB. Ceci peut s'expliquer par le fait que cette station est une zone fermée ayant une faible profondeur, elle se réchauffe davantage et de manière plus durable que les autres stations beaucoup plus exposées

Tableau III-1 : Variation de la température au niveau de chaque station durant les deux périodes de prélèvement.

| Périodes | 1 ^{ère} période | | | 2 ^{ème} période | | | |
|------------------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|-------|
| Station | POSF | THB | THP | POSF | THB | THP | KOU |
| Date | 02/05 | 06/05 | 07/05 | 16/05 | 16/05 | 16/05 | 29/05 |
| Température (°C) | 18.4 | 18.6 | 19 | 20.2 | 21.3 | 20.3 | 20.5 |

III-1-2-La salinité

La salinité est un autre facteur environnemental mentionné dans la littérature comme ayant un rôle important dans la distribution de la communauté micro-épiphytique (**Johnson et al.**,

Chapitre : Résultats et discussions

2005 in Mabrouk, et *al.*, 2011). Elle est considérée comme étant un facteur conservatif de l'eau de mer (Aminot et chaussepied, 1983).

Durant la période d'échantillonnage, nous avons mesuré des salinités dont le minimum est de 34.6 à la station du petit bassin de thalassothérapie le 06 Mai, et un maximum de à la station de la plage Ouest de Sidi-Fredj le 02 Mai.

Tableau III-2 : Variation de la salinité au niveau de chaque station durant les deux périodes de prélèvement.

| Période | 1 ^{ère} période | | | 2 ^{ème} période | | | |
|----------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|-------|
| Station | POSF | THB | THP | POSF | THP | THB | KOU |
| Date | 02/05 | 06/05 | 07/05 | 16/05 | 16/05 | 16/05 | 29/05 |
| Salinité | 36 | 34.6 | 34.8 | 35.9 | 35.5 | 35.3 | 34.7 |

Ces valeurs sont comprises entre 34 et 35 ; vu que la salinité moyenne dans le bassin algérien est inférieure à 37 ; ils expliquent clairement des apports d'eau douce dû aux différents oueds qui déversent dans la zone de l'anse de Kouali et aux rejets existant au niveau de Sidi Fredj.

III-1-3- les sels nutritifs :

- **Les nitrites NO₂ :**

Dans notre travail l'ensemble des concentrations en nitrites montrent une nette différence entre les deux périodes d'échantillonnage. Une concentration (0.29 µmol/l) a été enregistrée à la station de la plage Ouest de Sidi-Fredj le 02 Mai. La concentration la plus faible (0.002 µmol/l) a été mesurée à la station de l'Anse de Kouali le 29 Mai.

Chapitre : Résultats et discussions

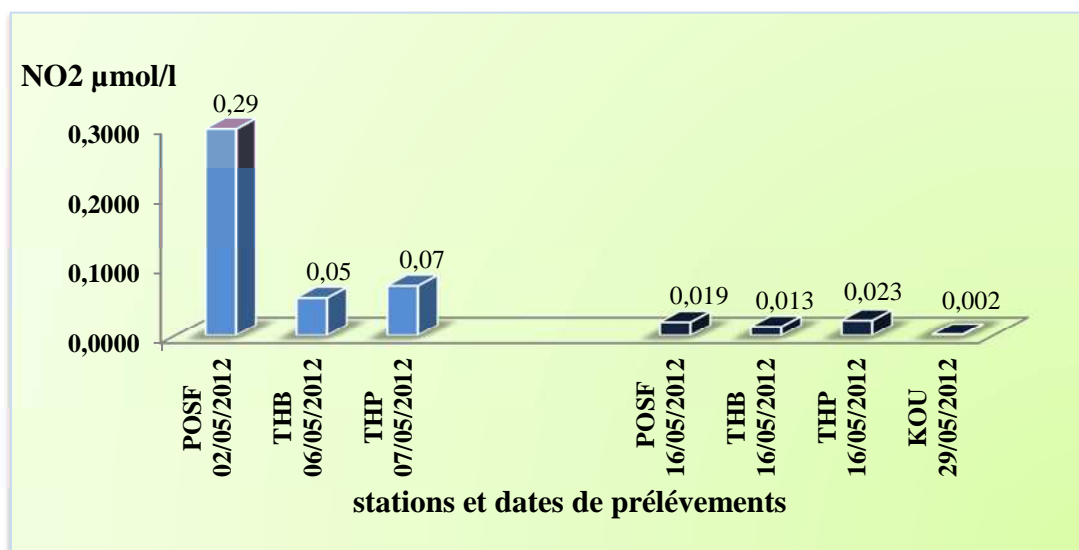


Figure III-1 : Variation spatio-temporelle des concentrations en nitrites.

▪ Les nitrates NO_3^- :

Nous avons enregistré deux concentrations, la première de $0,598 \mu\text{mol/mol}$ le 02 mai à la station POSF et la seconde de $0,691 \mu\text{mol/mol}$ le 16 Mai à la station THB.

Les concentrations en nitrates des autres stations sont moyennement faibles, elles sont comprises entre $0,064$ et $0,163 \mu\text{mol/l}$.

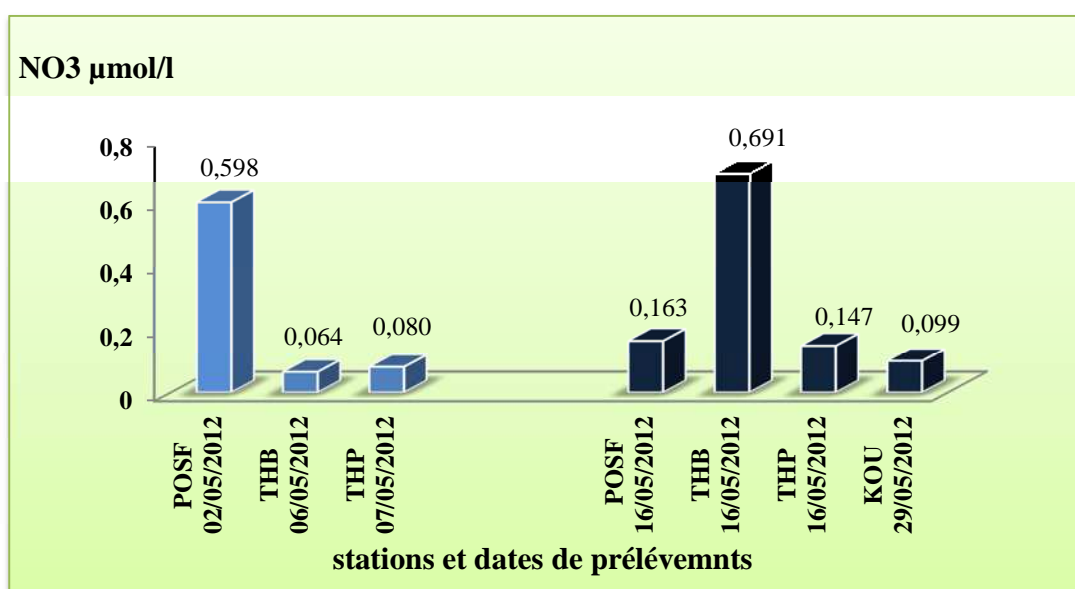


Figure III-2 : Variation spatio-temporelle des concentrations en nitrates.

Chapitre : Résultats et discussions

▪ L'azote ammoniacal NH_4^+ :

Ce qui concerne l'azote ammoniacal, et d'après les résultats de dosage, nous avons relevés une concentration minimale de $11.41\mu\text{mol/l}$ au niveau de la plage Ouest de Sidi-Fredj le 02 Mai. Cette dernière a augmenté pour atteindre une concentration maximale de $32.51\mu\text{mol/l}$, les valeurs élevés des concentrations de l'azote ammoniacal peuvent être due aux rejets domestiques, agricoles et aux excréments biologiques.

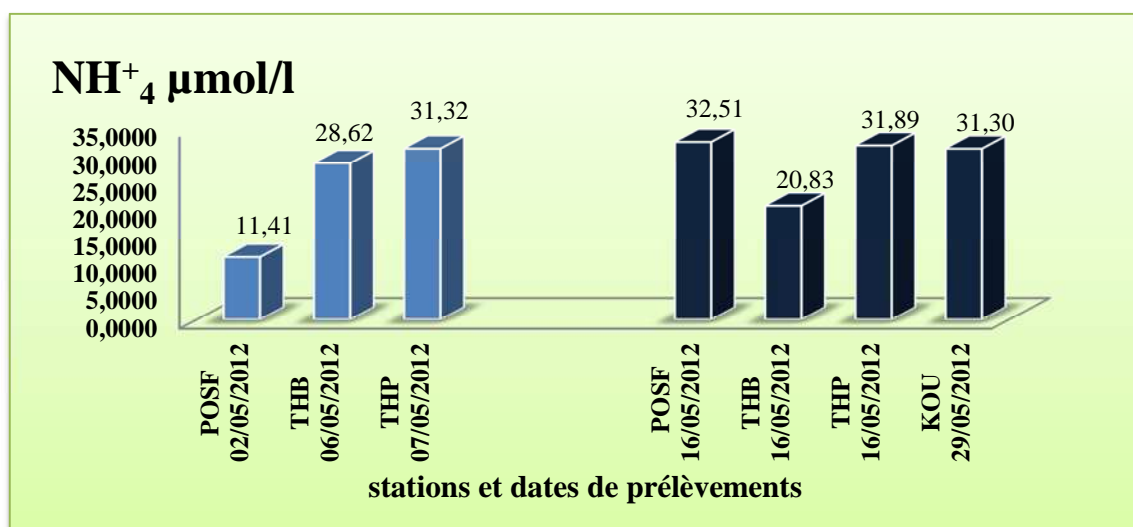


Figure III-3: Variation spatio-temporelle des concentrations en azote ammoniacal.

Les différentes sources d'azote (nitrites, nitrates et ammonium) sont disponibles dans la plupart des stations au cours des deux périodes d'étude, à l'exception toutefois des nitrites qui ont présenté des concentrations relativement faibles (entre 0.002 et $0.019\mu\text{mol/l}$) durant la seconde période. Notre zone d'étude se situant au niveau de plages, elle est naturellement approvisionnée en nutriments par les phénomènes de lessivage et les différentes activités anthropiques (rejets domestiques...). Par ailleurs, les plages ouvertes sont soumises à l'influence des courants qui peuvent être des eaux oligotrophes. Il est important de noter que l'ammonium qui est la source préférentielle d'azote pour les microalgues est présent en abondance dans les différentes stations et durant les deux périodes essentiellement fourni par l'excrétion des poissons et des invertébrés abondants dans les différentes stations.

Chapitre : Résultats et discussions

▪ Les phosphates :

A l'exception du maximum enregistré ($2.30\mu\text{mol/l}$) à la plage Ouest de Sidi Fredj le 02 Mai, du aux apports anthropiques terrigènes ; les concentrations en phosphates ont été plutôt faibles. Le minimum est enregistré à la station du bassin de thalassothérapie le 06 Mai ($0.067\mu\text{mol/l}$). Selon **Aminot et Chaussepied (1983)**, les teneurs en phosphates sont normalement faibles en mer y compris dans les zones côtières.

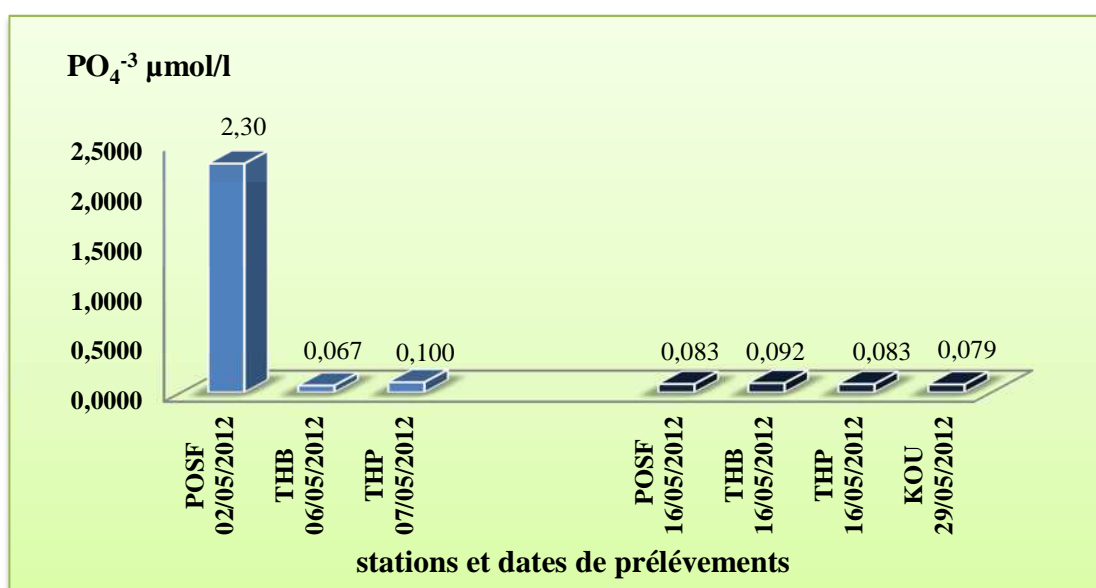


Figure III-4 Variation spatio-temporelle des concentrations en phosphates.

▪ Les silicates :

Les teneurs en silicate sont relativement élevées, à toutes les stations et varient de 9.42 à $10.25\mu\text{mol/l}$, mise à part la plage ouest de Sidi-Fredj le 02 Mai où la concentration est minimale: $1.403\mu\text{mol/l}$.

L'origine du silicium est entièrement naturelle liée à la dissolution des rochers siliceuses dans les régions côtières. En plus de la remontée des eaux du fond riches en matières nutritives, intervient aussi l'apport des eaux continentales (**Bougis, 1976 in Attouchi, 2008**)

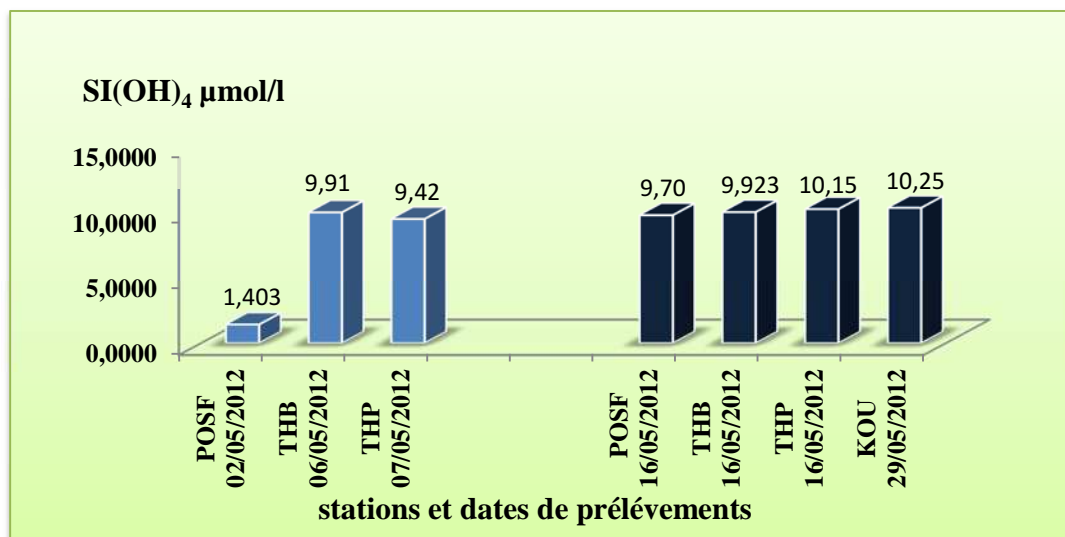


Figure III-5 Variation spatio-temporelle des concentrations en silicates.

III-2- les microalgues :

III-2-1-le microphytobenthos :

Au cours de notre étude, les espèces de macroalgues prélevées, aux différentes stations font partie des trois grands groupes d'algues (Rhodophycées, Phéophycées, Chlorophycées). Parmi ces espèces de macroalgues, nous avons choisi de présenter les résultats pour un genre de chaque groupe d'algues, celles qui sont abondantes dans toutes les stations de la zone Sidi Fredj: *Corallina sp*, *Cystoseira sp*, *Ulva sp*. Dans le cas de l'Anse de Kouali très riche en macroalgues, nous avons présenté les résultats pour toutes les macroalgues prélevées.

Les échantillons d'épiphytes examinés, montrent une dominance quantitative des diatomées dans les régions d'étude, durant les deux périodes d'échantillonnage, avec une densités cellulaire variant entre 956 à 595 495 cells/gpf, et un pourcentage de 64,43 à 100%. Les dinoflagellés quant à eux sont apparus uniquement durant la deuxième période d'échantillonnage avec une densité variant entre 15 à 13176 cells/gpf et un pourcentage de 0 à 35,57 % (**Tableau III-3**).

Chapitre : Résultats et discussions

Tableau III-3 : Les macroalgues prélevées et les épiphytes associés avec leurs pourcentages.

NI : Non Identifié, Rhodo : Rhodophycées, Phéo : phéophycées, Chloro : Chlorophycées Diat : Diatomés, Dino : Dinoflagellés.

| Code station | date | Macroalgues | | Diat | Dino | Somme Diat+Dino | % Diat | % Dino |
|--------------|-------|-------------|-----------------------|--------|-------|-----------------|--------|--------|
| | | Classe | Genre | | | | | |
| POSF | 02/05 | Rhodo | <i>Corallina sp</i> | 8079 | 0 | 8079 | 100 | 0 |
| | | Phéo | <i>Sargassum sp</i> | 5126 | 0 | 5126 | 100 | 0 |
| | | Phéo | <i>Cystoseira sp</i> | 4265 | 0 | 4265 | 100 | 0 |
| | | Chloro | <i>Ulva sp</i> | 8629 | 0 | 8629 | 100 | 0 |
| POSF | 16/05 | Phéo | <i>Sargassum sp</i> | 15266 | 15 | 15281 | 99,90 | 0,1 |
| | | Phéo | <i>Cystoseira</i> | 21976 | 425 | 22401 | 98,1 | 1,9 |
| | | Rhodo | <i>Corallina sp</i> | 1979 | 17 | 1996 | 99,15 | 0,85 |
| | | Chlo | <i>Ulva sp</i> | 32855 | 0 | 32855 | 100 | 0 |
| THB | 06/05 | Rhodo | <i>Corallina sp</i> | 15318 | 0 | 15318 | 100 | 0 |
| | | Phéo | <i>Stypocoulon sp</i> | 82133 | 0 | 82133 | 100 | 0 |
| | | Phéo | <i>Sargassum sp</i> | 59359 | 0 | 59359 | 100 | 0 |
| | | Phéo | <i>Cystoseira sp</i> | 47120 | 0 | 47120 | 100 | 0 |
| | | Chloro | <i>Ulva sp</i> | 26995 | 726 | 27721 | 97,39 | 2,62 |
| | | Phéo | <i>Padina p</i> | 17141 | 0 | 17141 | 100 | 0 |
| | | Phéo | Phéo NI | 11196 | 0 | 11196 | 100 | 0 |
| THB | 16/05 | Rhodo | <i>Corallina sp</i> | 8075 | 52 | 8127 | 99,36 | 0,64 |
| | | Phéo | Phéo NI | 2148 | 57 | 2205 | 97,41 | 2,59 |
| | | Phéo | <i>Stypocoulon sp</i> | 29576 | 0 | 2956 | 100 | 0 |
| | | Phéo | <i>Sargassum sp</i> | 41720 | 287 | 42007 | 99,32 | 0,68 |
| | | Phéo | <i>Padina p</i> | 12457 | 3701 | 16158 | 77,09 | 22,91 |
| | | Chlo | <i>Ulva sp</i> | 956 | 70 | 1026 | 93,18 | 6,82 |
| | | Phéo | <i>Cystoseira sp</i> | 181451 | 1486 | 182937 | 99,19 | 0,81 |
| | | Rhodo | Rhod NI | 499738 | 2692 | 502430 | 99,46 | 0,54 |
| THP | 07/05 | Rhodo | <i>Corallina sp</i> | 13151 | 0 | 13151 | 100 | 0 |
| | | Phéo | <i>Dictyota sp</i> | 1089 | 0 | 1089 | 100 | 0 |
| | | Phéo | <i>Cystoseira sp</i> | 32214 | 0 | 32214 | 100 | 0 |
| | | Chloro | <i>Ulva sp</i> | 31128 | 0 | 31128 | 100 | 0 |
| THP | 16/05 | Chloro | <i>Ulva sp</i> | 17120 | 0 | 17120 | 100 | 0 |
| | | Phéo | <i>Cystoseira sp</i> | 219570 | 0 | 219570 | 100 | 0 |
| | | Rhodo | <i>Corallina sp</i> | 34749 | 0 | 35749 | 100 | 0 |
| | | Phéo | <i>Dictyota sp</i> | 185080 | 0 | 185080 | 100 | 0 |
| OU | 29/05 | Phéo | <i>Sargassum sp</i> | 70440 | 12110 | 82550 | 85,33 | 14,67 |
| | | Phéo | <i>Dictyota sp</i> | 131420 | 12278 | 143698 | 91,46 | 8,54 |
| | | Phéo | <i>Stypocoulon sp</i> | 51067 | 4313 | 55380 | 92,21 | 7,79 |
| | | Phéo | <i>Cystoseira sp</i> | 595495 | 7503 | 602998 | 98,76 | 1,24 |
| | | Phéo | <i>Padina p</i> | 36224 | 6262 | 42486 | 85,26 | 14,74 |
| | | Chloro | <i>Ulva sp</i> | 16966 | 9366 | 26332 | 64,43 | 35,57 |
| | | Chloro | <i>Codium sp</i> | 54168 | 13176 | 67344 | 80,43 | 19,57 |
| | | Rhodo | <i>Corallina sp</i> | 15217 | 2376 | 17593 | 86,49 | 13,51 |

Chapitre : Résultats et discussions

Nous avons sélectionné 3 espèces pour représenter chacun des trois groupes de macroalgues (rhodophycées, phéophycées et chlorophycées) elles appartiennent aux genres *Corallina*, *Cystoseira* et *Ulva*. Ces espèces ont été présentes à toutes stations de la zone de Sidi Fredj durant les deux périodes d'échantillonnage. Les résultats des groupes de microalgues épiphytes de ces macroalgues sont représentés dans la **figure III-6**.

Dans la première période d'échantillonnage nous avons enregistré une absence totale des dinoflagellés, et une densité cellulaire relativement homogène des diatomées, où la valeur maximale est de 47120 cells/gpf sur *Cystoseira sp*, a été enregistrée dans le bassin de thalassothérapie le 06 Mai, et une densité minimale de 4265cells/gpf sur *Cystoseira sp* au niveau de la plage ouest de Sidi Fredj le 02 Mai.

Durant la deuxième période d'échantillonnage le 16 Mai, nous avons constaté une apparition des dinoflagellés avec une densité variant entre 17 à 1486 cells/gpf au niveau de la plage Ouest sidi Fredj et du bassin de la thalassothérapie sur les macroalgues *Corallina sp* et *Cystoseira sp* respectivement.

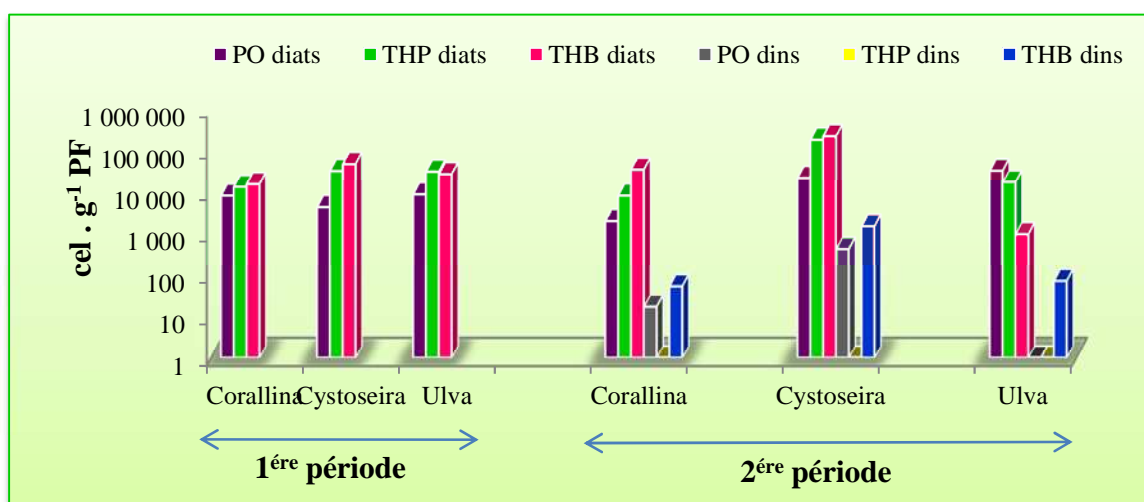


Figure III-6: Histogramme de la distribution des microalgues épiphytes dans la zone de Sidi Fredj (cells/gpf).

Chapitre : Résultats et discussions

Les résultats des groupes d'espèces épiphytes observés lors de traitement des échantillons de la zone anse de Kouali sont représentés dans la **figure III.7**

Nous voyons bien que d'après cet histogramme que les deux groupes : diatomées et dinoflagellés sont abondants, avec une dominance des diatomées qui varient entre 15217 cells/gpf de *Corallina sp* à 595495 cells/gpf de *Cystoseira sp*. Ces densités de diatomées sont probablement liées avec les hautes concentrations de silicate nécessaires pour la formation des frustule des cellules (maximum de $10.25\mu\text{mol/l}$ d'eau de mer, voir Figure III-4).suivies par les dinoflagellés avec une densité variable entre 2376 cells/gpf de *Corallina sp* à 13176 cells/gpf de *Codium sp*.

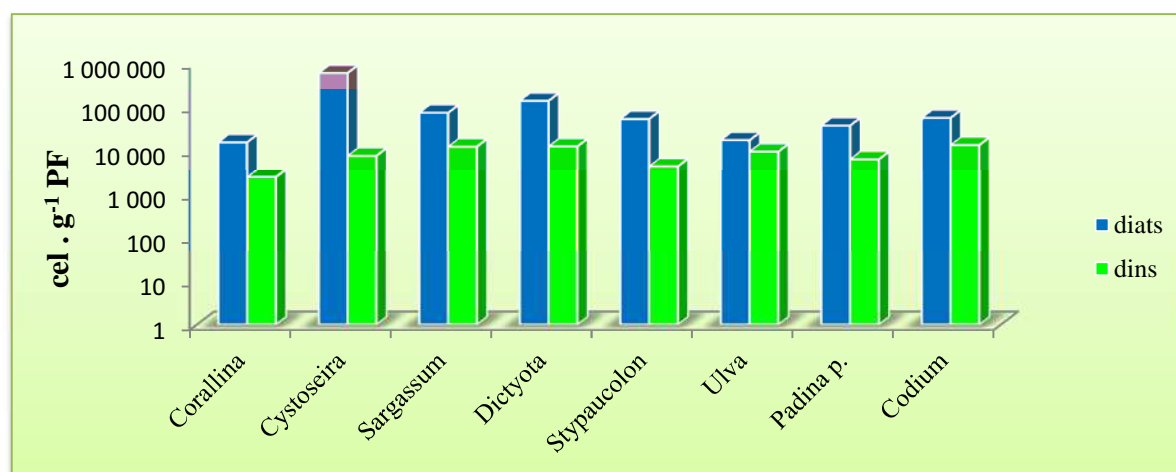


Figure III.7 : Histogramme de la distribution des microalgues épiphytes dans la zone anse de Kouali (cellules/gpf).

Les espèces potentiellement toxiques :

Sur les 11 espèces de microalgues observées dans les échantillons de macroalgues, 8 espèces appartiennent au groupe des diatomées (les plus abondantes étant *Cylindrotheca closterium*, *Licmophora sp*, *Cocconeis sp* et *Navicula sp*.) et trois espèces aux groupes des dinoflagellés (*Ostreopsis sp*, *Coolia monotis*, *Prorocentrum lima*). Parmi les 39 échantillons examinés ,18 d'entre eux indiquent la présence de ces dinoflagellés qui sont enregistrés dans les deux stations, la plage ouest et le bassin de thalassothérapie de la zone de Sidi Fredj, et la zone Anse de Kouali durant la deuxième période de prélèvement.

Chapitre : Résultats et discussions

Les résultats des espèces épiphytes toxiques des dinoflagellés observés lors de traitement des échantillons de la zone de Sidi Fredj et la zone Anse de Kouali sont représentés dans les (Figures III-8 et III-9).

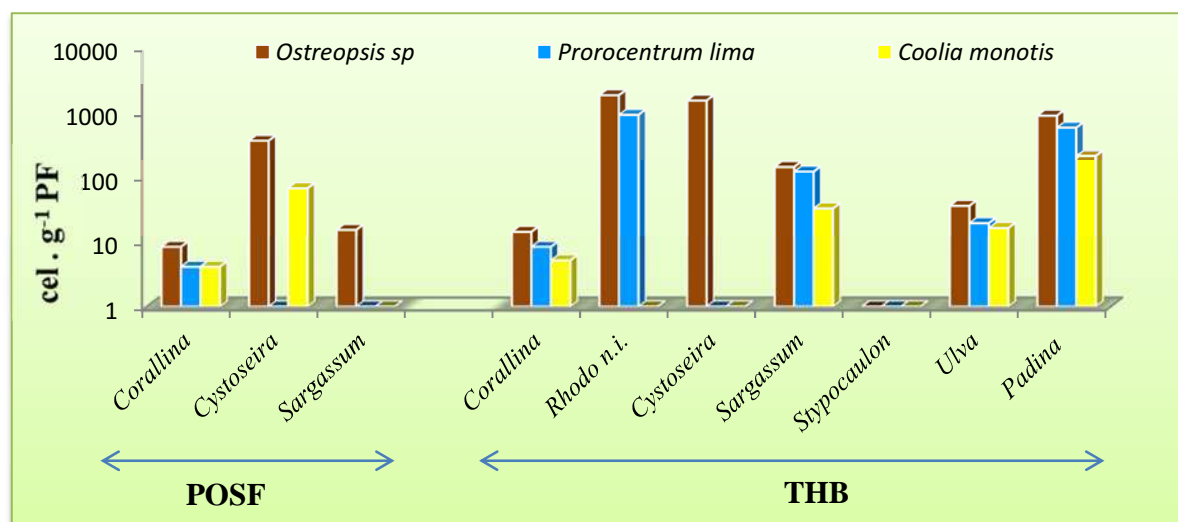


Figure III-8 : Histogramme des espèces toxiques observées dans les échantillons des macroalgues de la zone Sidi Fredj (cells/gpf).

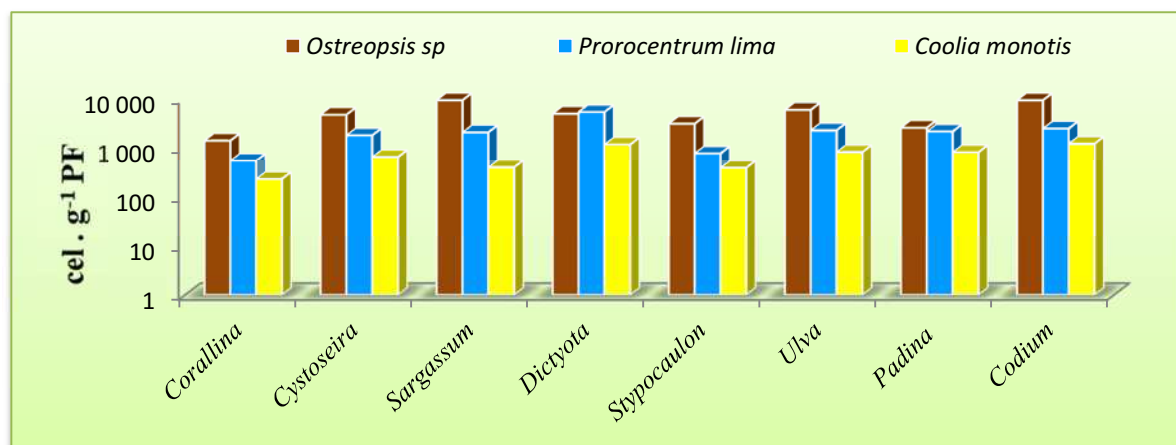


Figure III-9: Histogramme des espèces toxiques observées dans les échantillons des macroalgues de la zone Anse de Kouali (cells/gpF).

Chapitre : Résultats et discussions

▪ *Ostreopsis sp* (Schmidt, 1901) :

Au cours de notre étude, la densité cellulaire la plus élevée d'*Ostreopsis sp*, a été détectée dans la zone anse de Kouali, avec 9244 cells/gpf de *Sargassum sp* (**Tableau III-4**). Dans le bassin de thalassothérapie, *Ostreopsis* a atteint 1794 cells/gpf d'une rhodophycée non identifiée. Enfin, à la plage Ouest de Sidi Fredj la densité maximale a été de 360 cells/gpf de *Cystoseira sp*.

Les espèces du genre *Ostreopsis sp*, sont des microalgues appartenant au groupe des dinoflagellés. Elles sont petites (environ 50 µm de long). Elles vivent fixées sur le fond de la mer, sur un support biologique, comme des macroalgues (brunes, rouges et vertes), des phanérogames (Posidonie) ou des coraux, à très faible profondeur. On les retrouve plus rarement libres dans l'eau. Il existe une dizaine d'espèce du genre *Ostreopsis* dans le monde, qui se développent généralement dans les zones tropicales (**Lemée, 2010**). Les cellules d'*Ostreopsis* synthétisent la palytoxine (PTX) et ses dérivés (PTX-like). La PTX est une des molécules naturelles marines les plus toxiques connue à ce jour. Cette toxine est à l'origine d'intoxications humaines respiratoires quand elles se retrouvent dans les aérosols marins à la suite de blooms importants d'*Ostreopsis*. Plusieurs épisodes toxiques ont été enregistrés depuis une dizaine d'années dans plusieurs pays de Méditerranée Nord (Italie, Espagne et France) (**Illoul et al., 2012**)

Le plus ancien recensement d'une espèce du genre *Ostreopsis sp* observés par L.Tognetto en Méditerranée remonte à 1972, dans la baie de Villefranche-sur-Mer (**Zingone et al., 2006**). Mais depuis une dizaine d'années, deux espèces prolifèrent en Méditerranée, aussi bien dans le bassin oriental que dans le bassin occidental (**Lemee, 2010**). Ces auteurs n'excluent pas que cette espèce soit indigène en Méditerranée, et non introduite par les ballasts des bateaux, comme suggéré pour d'autres algues d'origine tropicale (**Tognetto et al., 1995 in Lemee, 2010**).

De fortes densités cellulaires sont enregistrées dans différentes régions de Méditerranée. *Ostreopsis* a atteint 596000 cells/gpf sur la macroalgue *Halopteris scoparia* sur le long de côte Catalane et Majorquine (Espagne) en juillet 1997 (**Vila et al, 2001**). Depuis 2003, des blooms d'*Ostreopsis sp* sont enregistrés dans les eaux italiennes (**Zingone et al., 2006**), ainsi que sur les côtes algéroises où des intoxications respiratoires ont été observées durant l'été 2009 (**Illoul et al., 2012**).



Figure III-10: *Ostreopsis sp* (x100)

▪ ***Prorocentrum lima* (Ehrenberg, 1898) :**

Au cours de notre étude, nous avons observés une densité cellulaire élevé de *Prorocentrum lima*, dans la zone anse de Kouali, où la densité cellulaire maximal est de 5334 cells /gpf sur *Dictyota sp*, suivie de celle du bassin de thalassothérapie où la densité maximal est de 897 cells/gpf sur une rhodophycée non identifiée (**Tableau III.4**), et enfin celle de la plage Ouest de Sidi Fredj avec 4 cells /gpf sur *Corallina sp*.

Prorocentrum lima appartient au groupe des dinoflagellés microépihybenthique genre essentiellement marin (**Nezan et al., 1997**) qui contient un pyrénoïde centrale. Sa taille varie de 32 -50 μm de longueur et 20-28 μm de largeur. Sa production de toxines (acide Okadaïque) et dinophysistoxines a été démontrée, peuvent entraîner des intoxications de type DSP (Diarrhetic Shellfish Poisoning) (**Ajuzie et Houvnaghel, 2000 in Djaroun, 2010**).

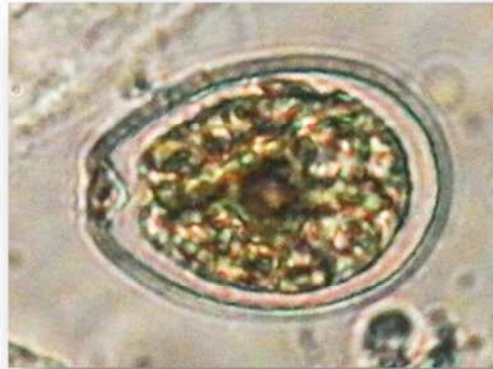


Figure III.11 : *Prorocentrum lima* (x100)

- *Coolia monotis* (Meunier 1919) :

Nous avons noté une densité cellulaire élevée de *Coolia monotis*, dans la zone anse de Kouali, où la densité cellulaire maximale est de 1246 cells /gpf de *Codium sp*, suivie de celle du bassin de thalassothérapie où la densité maximale est de 211 cells/gpf de *Padina pavonica*, et enfin celle de la plage Ouest de Sidi Fredj où la densité cellulaire maximale est de 65 cells/gpf de *Cystoseira sp*.

Coolia monotis est une espèce qui appartient au groupe des dinoflagellés microépiphybenthiques de forme ronde de petite taille allant de 25-45 μm diamètre Elle est considérée comme espèce toxique produisant la cooliatoxine (Zingone et al., 2006), ses effets restent encore mal connus.



Figure III.12 : *Coolia monotis* (x100)

▪ *Amphidinium carterae*:

Au cours de notre traitement des échantillons, nous avons observé *Amphidinium carterae*, qui est une espèce potentiellement toxique appartenant au groupe des dinoflagellés Gymnodiales (sans thèque). Cette espèce est productrice de toxines hémolytiques et a été associée à des mortalités de poissons (<http://www.marinespecies.org>).

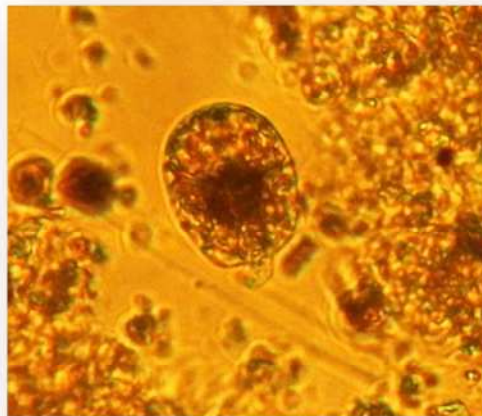


Figure III.13 : *Amphidinium carterae* (x100)

Chapitre : Résultats et discussions

Tableau III-4 : Les macroalgues prélevées et épiphytes toxiques associés. NI : Non Identifié
Rhodo : Rhodophycées, Phéo : phéophycées, Chloro : Chlorophycées Ostre : *Ostreopsis* sp, Proro : *Prorocentrum lima*, Cool : *Coolia monotis*

| Code station | date | Macroalgues | | Ostre | Proro | Cool |
|--------------|-------|-------------|-----------------------|-------|-------|------|
| | | Classe | Genre | | | |
| POSF | 02/05 | Rhodo | <i>Corallina sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| | | Phéo | <i>Sargassum sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| | | Phéo | <i>Cystoseira sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| | | Chloro | <i>Ulva sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| POSF | 16/05 | Phéo | <i>Sargassum sp</i> | 15 | 0 | 0 |
| | | Phéo | <i>Cystoseira</i> | 360 | 0 | 65 |
| | | Rhodo | <i>Corallina sp</i> | 8 | 4 | 4 |
| | | Chlo | <i>Ulva sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| THB | 06/05 | Rhodo | <i>Corallina sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| | | Phéo | <i>Stypocoulon sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| | | Phéo | <i>Sargassum sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| | | Phéo | <i>Cystoseira sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| | | Chloro | <i>Ulva sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| | | Phéo | <i>Padina p</i> | 0 | 0 | 0 |
| | | Phéo | Phéo NI | 0 | 0 | 0 |
| THB | 16/05 | Rhodo | <i>Corallina sp</i> | 14 | 8 | 5 |
| | | Phéo | Phéo NI | 8 | 0 | 0 |
| | | Phéo | <i>Stypocoulon sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| | | Phéo | <i>Sargassum sp</i> | 138 | 117 | 32 |
| | | Phéo | <i>Padina p</i> | 873 | 572 | 211 |
| | | Chlo | <i>Ulva sp</i> | 35 | 19 | 16 |
| | | Phéo | <i>Cystoseira sp</i> | 1486 | 0 | 0 |
| | | Rhodo | Rhod NI | 1794 | 897 | 0 |
| THP | 07/05 | Rhodo | <i>Corallina sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| | | Phéo | <i>Dictyota sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| | | Phéo | <i>Cystoseira sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| | | Chloro | <i>Ulva sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| THP | 16/05 | Chloro | <i>Ulva sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| | | Phéo | <i>Cystoseira sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| | | Rhodo | <i>Corallina sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| | | Phéo | <i>Dictyota sp</i> | 0 | 0 | 0 |
| KOU | 29/05 | Phéo | <i>Sargassum sp</i> | 9244 | 2099 | 404 |
| | | Phéo | <i>Dictyota sp</i> | 4966 | 5334 | 1196 |
| | | Phéo | <i>Stypocoulon sp</i> | 3127 | 791 | 396 |
| | | Phéo | <i>Cystoseira sp</i> | 4737 | 1826 | 669 |
| | | Phéo | <i>Padina p</i> | 2599 | 2180 | 837 |
| | | Chloro | <i>Ulva sp</i> | 5914 | 2305 | 843 |
| | | Chloro | <i>Codium sp</i> | 9204 | 2506 | 1246 |
| | | Rhodo | <i>Corallina sp</i> | 1432 | 560 | 234 |

Chapitre : Résultats et discussions

III.5-Le phytoplancton :

De manière générale, les dinoflagellés planctoniques ont été pauvres durant notre période et dans toutes les zones d'étude. Marquant qu'aucun dinoflagellés épiphytes (*Coolia monotis*, *Ostreopsis sp* et *Prorocentrum lima*) ne sont observés, à l'exception de la zone anse de Kouali où nous avons enregistré une densité de dinoflagellés d'origine épiphytes de 540 cells/litre (**Tableau III-6**). *Ostreopsis sp*, *Prorocentrum lima* et *Coolia monotis* ont présenté de faibles abondances avec respectivement 260,160 et 120 cells/l.

Notre étude montre que les diatomées étaient dominantes. Elles ont varié entre 4300 à 16880 cells/l, au niveau de toutes les stations d'étude, et durant les deux périodes d'échantillonnage. Les espèces identifiées sont d'origine benthique il s'agit de *Cylindrotheca closterium*, *Licmophora sp*, *Cocconeis sp* et *Navicula sp*. Le pourcentage de diatomées a été maximal : 99.30% au niveau du bassin de la Thalassothérapie le 06 Mai. Elles sont suivies par le nanoflagellé (*Eutreptiella sp*), de 6120 cells/l durant la deuxième période d'échantillonnage, à la plage Ouest de Sidi Fredj le 16 Mai. Et enfin celle des dinoflagellés, qui varient entre 0 à 600 cells/l, avec un pourcentage qui ne dépasse pas 9.38% au niveau de la plage ouest de sidi Fredj le 16 Mai. L'absence d'espèces planctoniques dans la colonne d'eau et l'origine benthique des espèces identifiées mettent en évidence le fait qu'il s'agit d'une période de déclin des diatomées.

Chapitre : Résultats et discussions

Tableau III-5 : Densité cellulaire (cells/l) et les pourcentages (%) des groupes phytoplanktoniques durant les deux périodes d'échantillonnage et pour toutes les stations des zones d'étude.

| période | 1 ^{ère} période | | | 2 ^{ème} période | | | |
|---------|--------------------------|-------|-------|--------------------------|-------|-------|-------|
| | Code station | POSF | THB | THP | POSF | THB | THP |
| date | 2/05 | 6/05 | 7/05 | 16/05 | 16/05 | 16/05 | 29/05 |
| diat | 8920 | 5700 | 5460 | 4300 | 11040 | 16880 | 8600 |
| dino | 140 | 40 | 100 | 600 | 0 | 80 | 600 |
| nanof | 0 | 0 | 0 | 1500 | 1340 | 3280 | 0 |
| somme | 9060 | 5740 | 5560 | 6400 | 12380 | 20240 | 9200 |
| % diat | 98,45 | 99,30 | 98,20 | 67,19 | 89,18 | 83,40 | 93,48 |
| % dino | 1,55 | 0,70 | 1,80 | 9,38 | 0,00 | 0,40 | 6,52 |
| % nano | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 23,44 | 10,82 | 16,20 | 0,00 |

Tableau III-6 : Distribution temporelle des différentes espèces observées durant les deux périodes d'échantillonnage et dans toutes les stations des zones d'étude (cells/l).

| Code station | 1 ^{ère} période | | | 2 ^{ème} période | | | |
|------------------------------|--------------------------|------|------|--------------------------|-------|-------|-------|
| | POSF | THB | THP | POSF | THB | THP | KOU |
| Date | 2/05 | 6/05 | 7/05 | 16/05 | 16/05 | 16/05 | 29/05 |
| <i>Coolia sp.</i> | - | - | - | - | - | - | 120 |
| <i>Ostreopsis sp.</i> | - | - | - | - | - | - | 260 |
| <i>Prorocentrum lima</i> | - | - | - | - | - | - | 160 |
| <i>Noctiluca scintillans</i> | - | - | 80 | 40 | - | - | - |
| <i>Scrippsiella sp.</i> | - | - | - | 280 | - | - | - |
| Dino petits NI | 140 | 40 | - | - | - | - | 60 |
| <i>Ceratium furca</i> | - | - | 20 | - | - | - | - |
| <i>Protoperdinium sp.</i> | - | - | - | - | - | 80 | - |

Chapitre : Résultats et discussions

Parmi les espèces de dinoflagellés rencontrées dans notre étude:

- *Noctiluca scintillans* : est présente aux deux stations de la zone de Sidi Fredj, la plage de thalassothérapie le 07 Mai, et la plage ouest le 16 Mai. Il s'agit d'une espèce non toxique génératrice de blooms d'eaux colorées orangées. Nous avons observé une efflorescence le 28 Mai à la plage Ouest de Sidi Fredj de cette espèce.



Figure III.14 : Coloration de la mer.

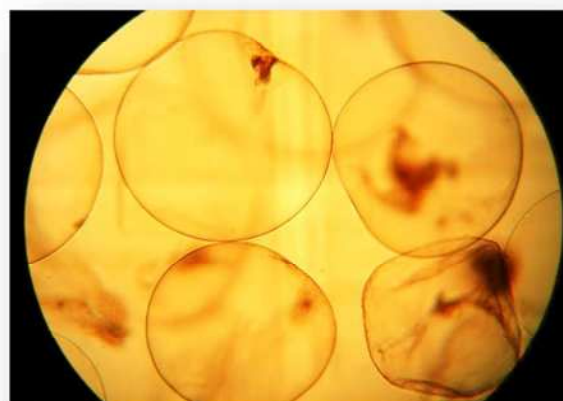


Figure III.15 : *Noctiluca scintillans*
vue au microscope droit.

- *Scrippsiella sp* : est présente à la station de la plage ouest de Sidi Fredj le 16 Mai. C'est également une espèce formatrice de blooms colorés, elle n'est pas toxique.
- *Ceratium furca* : est présente à la station de la plage de Thalassothérapie le 07 Mai, elle peut générer des blooms mais aucun n'a été signalé dans nos régions.
- *Protoperidinium sp* : présent à la station de la plage de thalassothérapie le 16 Mai. C'est un genre commun sans aucun effet nocif.

Chapitre : Résultats et discussions

Les résultats obtenus au cours de la présente étude nous ont permis de séparer deux périodes distinctes. Une première période (du 2 au 7 Mai) caractérisée par une abondance des diatomées épiphytes et une absence totale de dinoflagellés épiphytes et une seconde période (les 16 et 29 Mai) pendant laquelle apparaissent les dinoflagellés avec toutefois des abondances modérées. Plusieurs études ont prouvé que les facteurs environnementaux, tels que l'hydrodynamisme, l'intensité de la lumière, la température, et salinité affectent le règlement, et le développement des espèces épiphytes (Cinelli et al., 1984 ; Amrouni-Bouaziz et al., 2007 ; Nesti et al., 2009). L'absence des dinoflagellés durant la première période semble liée aux températures encore trop basses pour le développement de ces microalgues (entre 18,4 et 19 °C) mais aussi à l'état de la mer avant et pendant l'échantillonnage. En effet, la semaine antérieure aux premiers prélèvements a été caractérisée par une mer agitée à très agitée. Les fortes turbulences sont très défavorables aux dinoflagellés qu'ils soient planctoniques ou benthiques. Elles détachent par ailleurs les épiphytes comme *Ostreopsis sp* de leur hôte et provoquent leur dispersion dans les eaux (Vila et al., 2001). L'apparition des dinoflagellés à partir du 16 Mai peut s'expliquer par une élévation de la température et une situation d'eaux calmes plusieurs jours avant et le jour des prélèvements. Les concentrations en dinoflagellés restent toutefois faibles en dépit de la disponibilité des sels nutritifs indispensables à leur croissance. Le facteur limitant leur développement est probablement la température. En effet, les températures mesurées sont nettement inférieures à des températures estivales qui sont les plus favorables aux dinoflagellés (Jacques, 1976 ; Lalami-Taleb, 1971). La température optimale pour un bon nombre de dinoflagellés épiphytes a été constaté entre 25-29 °C (Morton et al., 1992 in Mabrouk, et al., 2011). La concentration la plus élevée en *Ostreopsis sp* enregistrée dans le présent travail a atteint plus de 9000 cells/gpf (température 20,5 °C) reste nettement inférieure à celle enregistrée en juillet 2010 dans la région d'Alger (79000 cells/gpf) avec une température de 21,8 °C (Illoul et al., 2012). Il est important de noter que ce sont les stations les mieux protégées (THB et KOU) qui semblent les plus favorables aux dinoflagellés épiphytes. Elles sont fermées et les herbiers de posidonies y amortissent l'effet des vagues, leurs eaux sont par conséquent généralement calmes. Les dinoflagellés épiphytes sont présents sur les différentes macroalgues échantillonnées sur ces deux stations avec des abondances comprises entre 15 et 13176 cells/gpf alors que pour la station PO, les dinoflagellés ont été présents avec des abondances modérées (< 500 cells/gpf) et totalement absents à la station THP. La faible abondance des dinoflagellés

Chapitre : Résultats et discussions

pélagiques peut aussi s'expliquer par les températures trop faibles pour leur développement. Notre échantillonnage a eu lieu au cours d'une période intermédiaire caractérisée par le déclin des diatomées et la faible abondance des dinoflagellés. En effet, les seules diatomées retrouvées dans la colonne d'eau sont des diatomées d'origine benthique probablement détachées de leurs hôtes.

Conclusion

Cette étude nous a permis de décrire deux types de microalgues unicellulaires : le microphytobenthos et le microphytoplancton, qui se présente sur nos zones d'étude, avec un nombre de 5 microalgues phytoplanctoniques, et de 12 microalgues benthiques, parmi lesquels nous avons identifié trois principales espèces (*Ostreopsis sp*, *Coolia monotis*, *Prorocentrum lima*) qui appartiennent au groupe des dinoflagellés potentiellement toxiques, problématiques et responsables des HABs et Intoxications, sur les différents groupes de macroalgues (Rhodophycées, Phéophycées, Chlorophycées). Ces espèces sont découvertes depuis l'été 2009 sur les côtes algéroises, ces dernières ont été décrites durant notre deuxième période d'échantillonnage (les 16 et 29 Mai), avec des valeurs modérées dans la zone de Sidi Fredj (plage ouest et bassin de thalassothérapie), et la zone anse de Kouali. Cette apparition est probablement due à l'augmentation des températures et à la stabilité des masses d'eaux dans ces zones pendant plusieurs jours consécutifs. Conditions favorables au développement des dinoflagellés en général et d'*Ostreopsis* en particulier. Il est important de comprendre que la toxicité potentielle d'*Ostreopsis* n'est pas liée à la présence de l'algue, mais liée à son abondance dans le milieu. En cas de bloom, ses cellules se détachent de leurs hôtes et se retrouvent dans la colonne d'eau en grande quantité. Leurs toxines sont émises et peuvent être transportées par des aérosols et causer des intoxications respiratoires chez les baigneurs et les riverains. Toutefois les microalgues les plus abondantes que nous avons enregistrées sont des diatomées pennées comme : *Cylindrotheca clostrium*, *Licmophora sp*, *Navicula sp* qui sont naturellement benthiques mais peuvent aussi se retrouver dans la colonne d'eau comme dans le cas de la présente étude. Elles ont présenté des densités relativement élevées mais sans aucun effet toxique.

La combinaison des deux méthodes de comptage que nous avons utilisées Sedgewick-Rafter et Utermöhl nous a permis de réaliser une étude quantitative et qualitative poussée des microalgues et d'obtenir des résultats comparables et complémentaires. Mais bien que ces deux méthodes soient complémentaires, la méthode d'Utermöhl présente plusieurs avantages car elle permet d'étudier à la fois le microphytobenthos et le phytoplancton par la possibilité de travailler avec de grands volumes d'eau mais aussi d'utiliser des objectifs puissants pour l'identification d'espèces de petite taille difficiles à observer avec la cellule Sedgewick-Rafter qui ne peut être utilisée qu'avec de faibles grossissements. Cela a été le cas pour l'espèce *Amphidinium carterae* qui n'a pu être détectée qu'au microscope inversé en raison de sa petite taille. .

Conclusion

Il est primordial de généraliser les réseaux de surveillance avec un suivi permanent de ces espèces nocives comme celui mis en place au niveau de l'Agence pour la Protection et la Promotion du Littoral de la Wilaya d'Alger (APPL) car les risques environnementaux liés à la prolifération de ces microalgues représentent une menace grandissante, aussi bien pour la santé publique que pour l'économie. Le suivi dynamique du microphytobenthos et du genre *Ostreopsis* en particulier et l'apparition des événements nuisibles, voire toxiques, est au cœur même d'importants enjeux sanitaires et environnementaux.

Bibliographie

Aberle-Malzahn N., 2004 - The microphytobenthos and its role in aquatic food webs. Thèse de doctorat, Université Christian Kiel, Allemagne: 150 p.

Ameur KH., 2011- Contribution à l'étude des dinoflagellés et diatomées épiphytes de macroalgues dans la région d'Alger. Recherche de dinoflagellés potentiellement nocifs. Mémoire de DEUA, ENSSMAL : 44 p.

Aminot A., Chaussepied M., 1983 - Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre national pour l'exploitation des océans, Brest : 395p.

Aminot A., Guillaud J.F., Kerouel R., 1997 - La baie de Seine: hydrologie nutriments et chlorophylle (1978-1994). Edition IFREMER, Brest, France: 148 p.

Amrouni-Bouaziz O., Souissi R., Barousseau J.P., Abdeljaoued S., Pauc H., Certain R., 2007- Grain-size and morphodynamical state of the Bay-of-Mahdia shoreface (Tunisia) - Contribution to the assessment of coastal sensitivity. *Geo- Eco- Marina*, 13, 5 –19.

Amzil Z., 1993 - Phycotoxines des efflorescences algales, l'acide okadaïque : optimisation de la purification - nouvelle méthode de détection biologique. Thèse de 3^{ème} cycle, Université de Nantes, Ecole doctorale de Chimie-Biologie : 234 p.

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

Anderson D M., White A W., 1992 - Marine biotoxins at the top of the food chain. *Oceanus*, 35 (3): 55-61.

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, ISMAL: 53p.

Bates SS., Bird CJ., De Freitas ASW., Foxall R., Gilgan M., Hanic LA., Johnson GR., McCulloch AW., Odense P., 1989 - Pennate diatom *Nitzschia pungens* as the primary source of

Bibliographie

domoic acid, a toxin in shellfish from eastern Prince Edward Island, Canada. *Can J. Fish. Aquat. Sci.*, 46 (7): 1203-1215.

Benschneider K., Robinson R J., 1952 - A new spectrophotometric method. FAO biodiversity. *In: Lassus P, Arzul G, Erard-Le Denn E, Gentien P, Marcaillou-Le Baut C (eds) Harmful Marine Algal Blooms - Proliférations d'algues nuisibles.* Paris France Lavoisier: 103-112.

Chomérat N., Nezan E., 2010- Diversité des dinoflagellés Benthiques en sud Bretagne IFREMER, LER FBN Concarneau : 2 p.

Cinelli F., Cormaci M., Furnari G., Mazzella L., 1984 - Epiphytic macroflora of *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves around the Island of Ischia (Gulf of Naples). *In: Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. (Eds), 1st International Workshop on Posidonia oceanica Beds.* G.I.S., Posidonie, France, 1: 91–99.

Collignon J., 1991 - Ecologie et biologie marine : Introduction à l'halieutique. Masson (Eds): 298 p.

Dale B., Yentsch C M., 1978 - Red tide and paralytic shellfish poisoning. *Oceanus*, 21: 41-49 p.

Djaroun S., 2010 - Contribution à l'étude du phytoplancton nocif dans les eaux côtières et confinées de la région d'Alger .Mémoire de DEUA, ISMAL : 55p.

Guillard., 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, Université de Aix Marseille II, France : 293 p.

Hasle G R., 1978 - The inverted microscope method: 88-96 in Sournia. A-Edition, phytoplankton manuel, U.N.E.S.C.O, Paris (Monographs on oceanography methodologies): 337 p.

Bibliographie

El Watan., 2009 - Plusieurs plages ont été contaminées. Alerte à une algue toxique. <http://www.elwatan.com> 20/07/2009.

Illoul H., Maso M., Fortuno J -M., Cros L., Morales-Blake A. & Seridji., 2008 - Potentially harmful microalgae in coastal waters of the Algiers area (Southern Mediterranean Sea). *Cryptogamie Algologie* 29 (3): 261-278.

Illoul H., Hernandez F R., Vila M., Adjad N., Aït Younes A., Bournissa M., Koroghli A., Marouf N., Rabia S., Ameur KH., 2012 - The genus *Ostreopsis* along the Algerian coastal waters (SW Mediterranean Sea) associated with a human respiratory intoxication episode. *Cryptogamie, Algologie*, 33 (2): 8 p

Jaques G., 1978 - Phytoplancton 1.composition spécifique. Laboratoire Arago, Banyuls-sur-Mer : 107 p.

Kermarec F., Dor F., Armengaud F., Charlet F., Kantin R., Sauzade D., De Haro L., 2008 - Les risques sanitaires liés à la présence d'*Ostreopsis ovata* dans les eaux de baignade ou d'activités nautiques. *Environnement, risques & santé* 7 (5): 357-363.

Korringa P, Roskam RT., 1961-An unusual case of mussel poisoning. Int. Cons. Explor. Sea.
Lalami-Taleb R., 1971 - Facteurs de répartition verticale du phytoplancton au large d'Alger *Pelagos*, Thèse doctorat.3eme cycle, 3 (3) : 186 p.

Laplace-Treyture Ch., Barbe J., Dutartre A., 2009 - Protocole standardisé d'échantillonnage, de conservation, d'observation et de dénombrement du phytoplancton en plan d'eau pour la mise en œuvre de la DCE. Version 3.3.1, Cemagref : 44 p.

Lassus P., Proniewski F., 1988 - Déterminisme des floraisons de *Dinophysis* en zone côtière. *In: La gestion des systèmes écologiques : des progrès de la recherche au développement des techniques*. IVème colloque national de l'AFIE. Ministère de l'environnement: 239-252.

Bibliographie

Lassus P., Partensky F., 1991 - Noxious phytoplankton species on the coasts of France: From biology to prevention. IFREMER: 154 p.

Lassus P., Ledoux M., Bardouil M., Bohec M., Erard E., 1994 - Kinetics of *Alexandrium minutum* halim toxin accumulation in mussels and clams. *Nat. Toxins*, 2 (5): 329-333.

Lemee R., 2010 - Le développement des dinoflagellés toxiques du genre *Ostreopsis* sur le littoral de la Méditerranée nord occidentale : mise en évidence des zones à risque et première évaluation des impacts écologiques, sanitaires et socio-économiques. MediOs 2, Programme LITEAU III, Rapport de fin de contrat : 23 p.

Le Soir d'Algérie., 2009 - Psychose dans les plages d'Ain Temouchent. <http://www.lesoirdalgerie.com> 19/07/2009.

Loir M., 2004 - Guide des diatomées et médecine légale. Medicals internationaux (Eds): 256 p.

Mabrouk L., Hamza A., Ben Brahim M., Bradai M., 2011- Temporal and depth distribution of microepiphytes on *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves in a meadow off Tunisia. Original article, *Marine Ecology*: 148-161.

Mangialajo L., Bertolotto R., Cattaneo-Vietti R., Chantore M., Grillo C., Lemee R., Elchiorre N., Moretto P., Povero P., Ruggieri N., 2008 - The toxic benthic dinoflagellate *Ostreopsis ovate*: Quantification of proliferation along the coastline of Genoa, Italy. *Marine pollution Bulletin*, No.n56: 1209-1214.

Mathieu R., Jean-Pierre B., et Bruno G., 2011- Manuel de Micropaléontologie. Carnets de Géologie, Livre 2, France : 123 p.

Michael J.R. Fasham, 2003 - the role of the ocean Carbon cycle in the global change, *Ocean biogeochemistry*, Springer-Verlag Berlin and Heidelberg GmbH and Co. K: 320p.

Bibliographie

Nesti U., Piazzì L., Balata D., 2009 - Variability in the structure of epiphytic assemblages of the Mediterranean Sea grass *Posidonia oceanica* in relation to depth. *Marine Ecology*, 30, 276 –287.

Nezan E., Piclet G., Grossel H., 1997- Guide pratique à l'usage des analystes du Réseau National de Surveillance du phytoplancton. IFREMER (Eds), France : 31p.

Reguera R., Alonso R., Moreira Á., Méndez S., 2011- Guía para el diseño y puesta en marcha de un plan de seguimiento de microalgas productoras de toxinas. COI d'UNESCO et OIEA, Paris et Viena. Manuales y Guías., 59 : 41.

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

Rodier et al., 1996 - L'analyse de l'eau : eau naturelle, eaux résiduelle, eau de mer, Edt Dunod, Paris:1383p.

Sournia M., 1978- Phytoplankton manual. Edition Unesco: 337 p.

Sournia A., Bellin C., Berland B., Erard-Le Denn E., Gentien P., Grzebyk D., Marcaillou-Le Baut C., Lassus P., Partensky F., 1991 - Le phytoplancton nuisible des côtes de France, de la biologie a la prévention. (Eds) IFREMER, France : 154 p.

Sournia A., Belin C., Berland B., Erard - Le Denn E., Gentien P., Grzebyk D., Marcaillou-Le-Baut C., Lassus P., Partensky F., 1991b – Le phytoplancton nuisible des côtes de France, de la biologie a la prévention, Edition IFREMER, France : 154p.

Sournia A., 1995 - Red tide and toxic marine phytoplankton of the world ocean: An inquiry into Fisherie Technical Paper: 137-238.

Bibliographie

Tanaka N., Ohwada K., Sugiyama M., Asakawa A., Iikura T., Kitamura S., 1984 - Seasonal Occurrences of Epiphytic Microalgae on the Natural Seaweds and Artificial Seagrasses in the Ago Bay. *Bulletin of Japanese Society of Scientific Fisheries* 50(10):1664-1669.

Teitelbaum JS., Zatorre RJ., Carpenter S., Gendron D., Evans AC., Gjedde A., Cashman NR., 1990 - Neurologic sequelae of domoic acid intoxication due to the ingestion of contaminated mussels. *N. Engl. J. Med.*, 322 (25): 1781-1787.

Tichadou L., Glaizal M., Armengaud A., Grossel H., Lemee R., Kantin R., Lassale J.L., Drouet G., Rambaud L., Malfait P., Haro L., 2010 - Health impact of unicellular algae of the *Ostreopsis* genus blooms in the Mediterranean Sea: experience of the French Mediterranean coast surveillance network from 2006 to 2009. *Clinical Toxicology*, VOL 48. No.8: 839-844.

Totti C., Cucchiari E., Romagnoli T., & Penna A., 2007 - Bloom of *Ostreopsis ovata* on the Conero Riviera (NW Adriatic Sea). *Harmful algae news* 33: 12-13.

Touahria, Séridji, 2011 - Monitoring of the potentially toxic genera *Ostreopsis*, *Coolia* and *Prorocentrum* (Dinophyceae) in the Bou Ismail Bay; (Algerian coast) in International Conference on *Ostreopsis* Development (ICOD): 70 p.

Turki S., 2004 - Suivi des microalgues planctoniques toxiques dans les zones de production, d'élevage des mollusques bivalves et d'exploitation des oursins du nord de la Tunisie. *Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbo*, Vol. 31, 14.

Vila M., Garcés E., Maso M., 2001 - Potentially toxic epiphytic dinoflagellate assemblages on macroalgae in the NW Mediterranean. *Aquatic Microbial Ecology* Vol.26: 51-60.

Bibliographie

Vila M., Maso M., Sampedro N., Illoul H., Arin L., Garces E., Giacobbe M.G., Alvarez J., Camp J., 2008 - The genus *Ostreopsis* in recreational waters of the Catalan Coast and Balearic Islands (NW Mediterranean Sea): is this the origin of human respiratory difficulties? *Proceedings of the 12th International Conference on Harmful Algae*, pp. 334-336.

Wood E P K., Amstrong F A J., Richard F. A., 1967- Determination of nitrate in seawater by cadmium-cooper reduction to nitrite. *J. Mar. Biol. Assc. U.K.*, 47: 23- 31.

Wright JLC., Boyd RK., Freitas ASW., Falk M., Foxall RA., Jamieson WD., Laycock MV., McCulloch AW., McInnes AG., 1989 - Identification of domoic acid, a neuroexcitatory amino acid, in toxic mussels from eastern Prince Edward Island. *Can. J. Chem.*, 67 (3): 481-490 .

Zingone A., Enevoldsen HO., 2000 - The diversity of harmful algal blooms: a challenge for science and management. *Ocean and Coastal Management*, 43: 725-748.

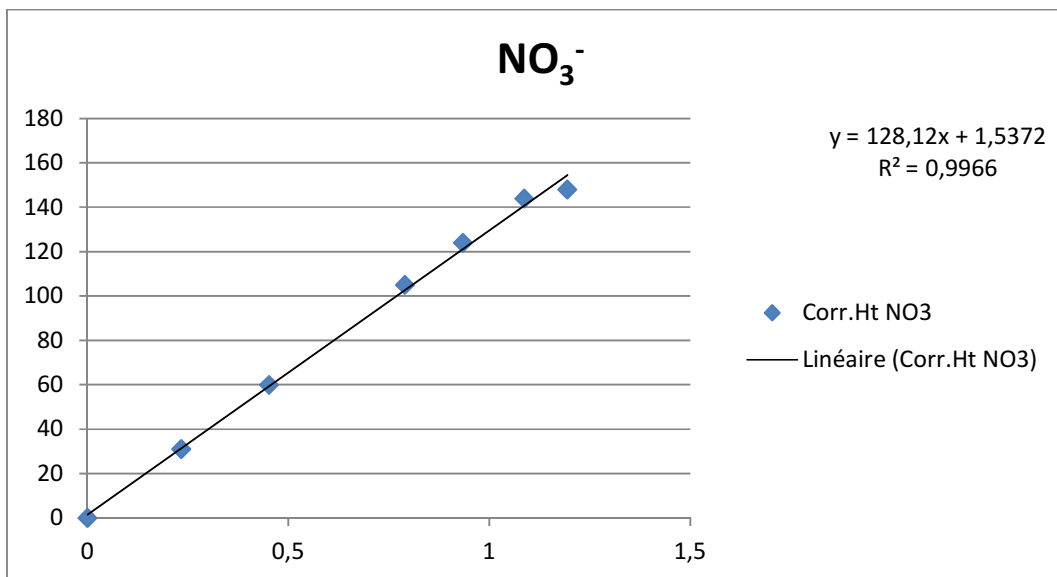
Zingone A., Siano R., D'alelio D., Sarno D., 2006 - Potentially toxic and harmful microalgae from coastal waters of the Campania region (Tyrrhenian Sea, Mediterranean Sea), *Harmful Algae*, 5 : 321-337.

Annexe

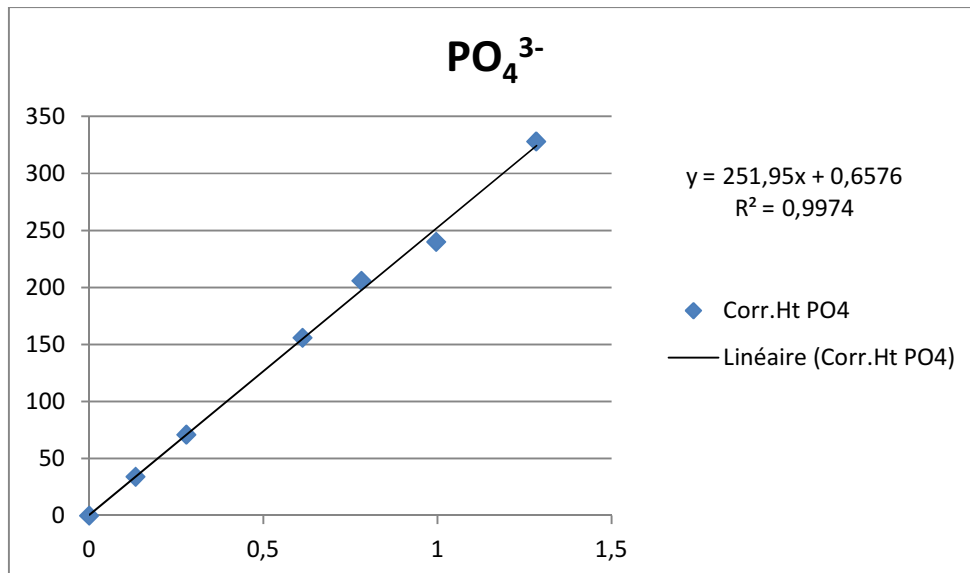
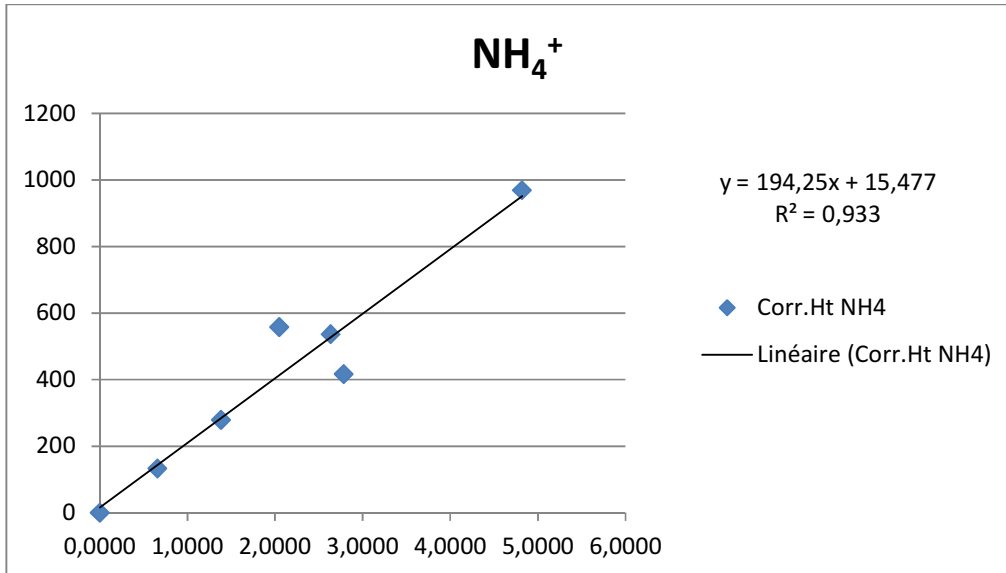
Annexe n° 1

Les graphes ci-dessous représentent les courbes d'étalonnage des sels nutritifs et les histogrammes des densités des microphytobenthos.

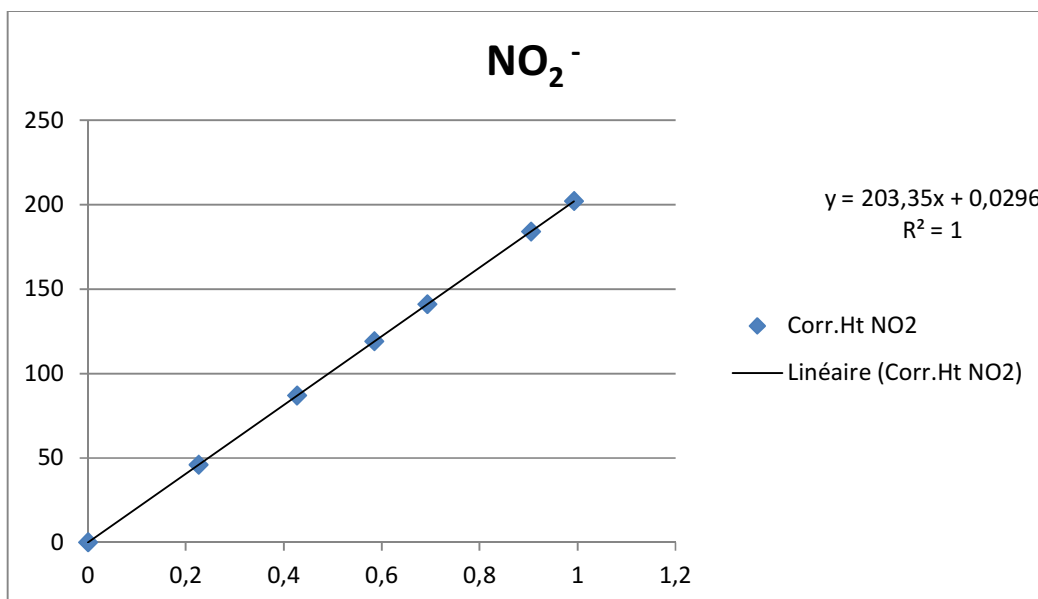
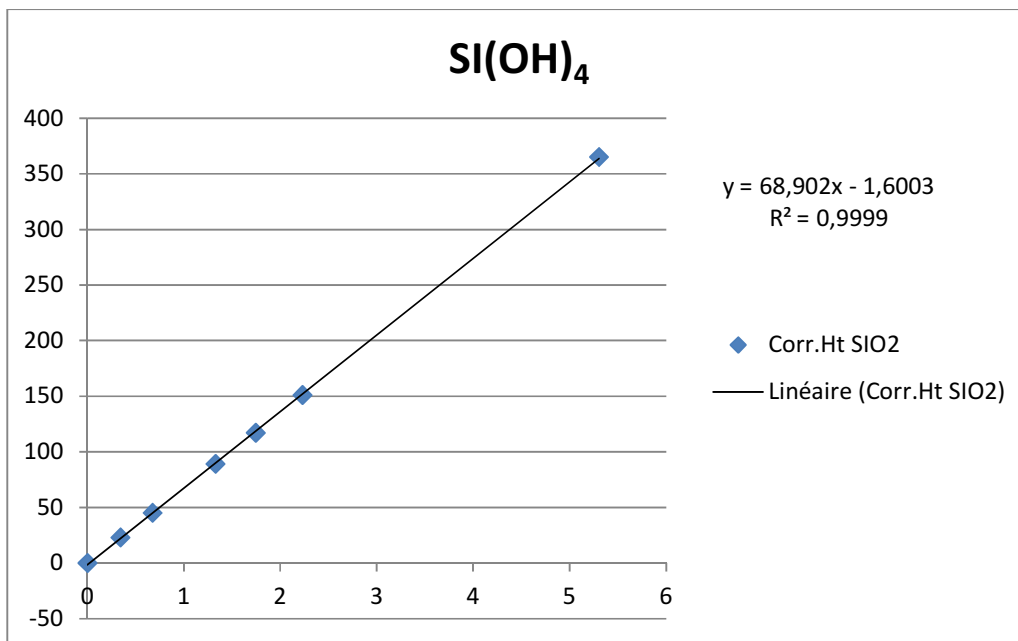
Les nitrates (NO_3^-), L'Ammonium (NH_4^+), Les Orthophosphates (PO_4^{3-}), Les silicates (SiO_2), Les nitrites (NO_2^-).



Annexe



Annexe



Annexe

Tableau I : Les concentrations des sels nutritifs obtenues pour chaque station durant les deux périodes de prélèvement

| Identity1 | NO₃⁻ μmol/l | NH₄⁺ μmol/l | PO₄³⁻ μmol/l | SI(OH)₄ μmol/l | NO₂⁻ μmol/l |
|------------------------|--|--|---|--------------------------------------|--|
| 02/05/2012-POSF | 0,59805589 | 11,4091 | 2,2926 | 1,4029 | 0,2968 |
| 16/05/2012 POSF | 0,1630 | 32,5123 | 0,0832 | 9,7003 | 0,0196 |
| 06/05/2012-THB | 0,0646 | 28,6233 | 0,0674 | 9,9050 | 0,0541 |
| 16/05/2012-THB | 0,6916 | 20,8247 | 0,0919 | 9,9269 | 0,0129 |
| 07/05/2012-THP | 0,0804 | 31,3178 | 0,1004 | 9,4152 | 0,0713 |
| 16/05/2012-THP | 0,1476 | 31,8850 | 0,0826 | 10,1535 | 0,0219 |
| 9/5/2012-PESF1 | 0,1485 | 38,2579 | 0,0711 | 10,3436 | 0,0348 |
| 9/05/2012-PESF2 | 0,51980559 | 10,5905 | 1,3101 | 0,4518 | 0,2226 |
| 17/5/2012-PESF1 | 0,20680437 | 10,1991 | 0,9023 | 2,8890 | 0,4890 |
| 17/5/2012-PESF2 | 0,6965 | 9,9601 | 2,5769 | 1,0929 | 0,5645 |
| 29/5/2012-KOU | 0,0993 | 31,3014 | 0,0786 | 10,2485 | 0,0016 |

Annexe

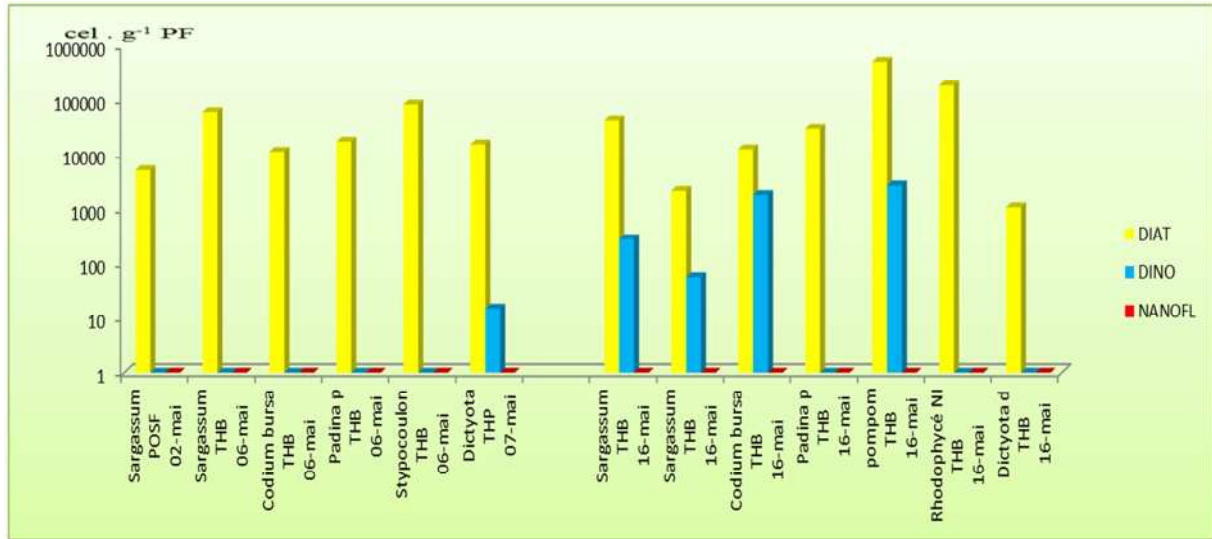


Figure 1: Histogramme de la distribution des microalgues épiphytes dans la zone Sidi Fredj (cells/gpf).

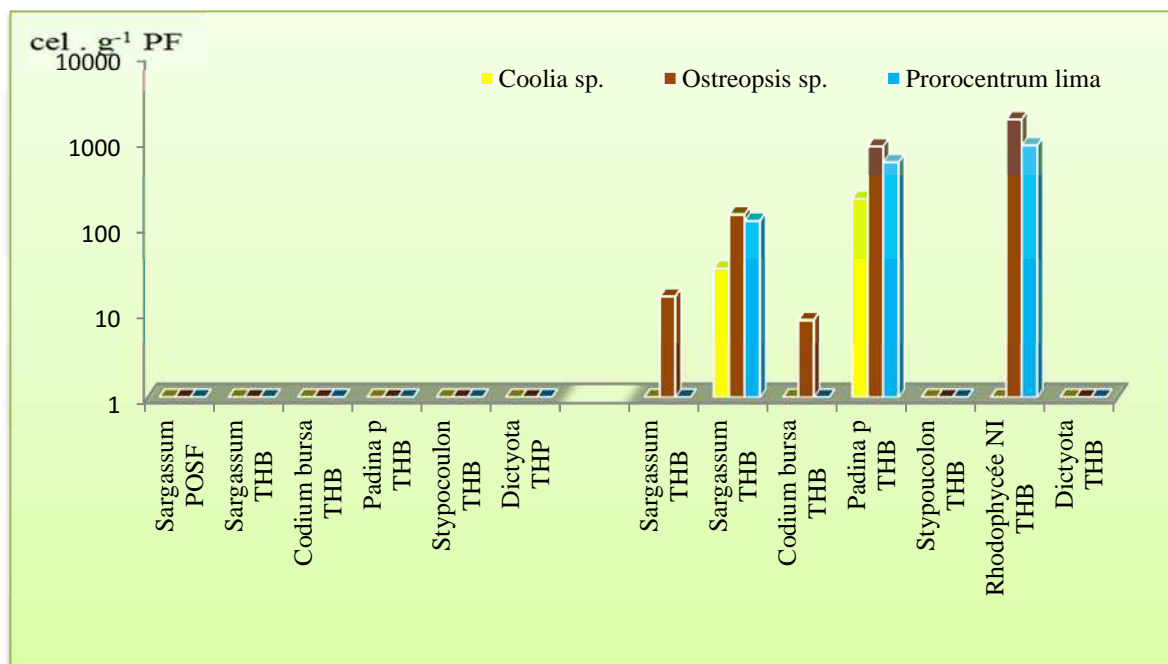


Figure 2 : Histogramme des espèces toxiques observés dans les échantillon des macroalgues de la zone Sidi Fredj (cells/gpf)

Annexe

Annexe 2

Les macroalgues prélevées.

***Corallina sp* :**

Morphologie - algue rosée ou jaunâtre de consistance très dure (calcifiée) fixée aux rochers par une croûte. Frondes dressées à ramification régulièrement pennée, formées d'articles comprimés, généralement beaucoup plus larges à la partie supérieure; chaque article donne naissance à deux articles secondaires (ou se transforme en conceptacle). Articles à tissus fortement calcifiés unis entre eux par des portions (articulations) non calcifiées. **Structure** - multiaxiale. Les articles sont formés de filaments centraux dont les cellules sont longues et étroites, disposées en rangées, et de tissu périphérique à cellules plus petites. **Croissance** - par un ensemble d'initiales apicales.

Taille : Commune de 2 à 12 cm.



Figure 1: *Corallina sp*

Annexe

Sargassum sp:

Morphologie - thalle formé d'une tige portant de nombreux rameaux. La tige courte (1 à 4 cm) est fixée par un élargissement discoïde. Les rameaux primaires, longs de 20 à 70 cm, portent des rameaux secondaires distiques longs de 5 à 10 cm. Présence de feuilles allongées ayant une nervure médiane et dont les bords portent des denticulations profondes ou sont simplement ondulés. A la base des feuilles se trouvent des vésicules sphériques, creuses (5 à 8 mm) portées par un pédicelle et constituant des flotteurs. **Structure** - parenchymateuse complexe. **Croissance** - apicale par une cellule initiale pyramidale se cloisonnant à la fois sur sa face inférieure et ses faces latérales.

Taille : Commune de 50 à 70 cm.



Figure 2 : *Sargassum sp*

Annexe

Cystoseira sp : sont des algues pérennantes qui renouvellent leurs rameaux de manière saisonnières. La chute de ceux-ci peut être partielle ou totale ; dans ce dernier cas, seule la base subsiste pendant la période de repos saisonnier, en général en automne ou en hiver. Les cystoseira se rangent parmi les algues brunes à plus forte longévité. Le cycle de d'un cystoseira est semblable à celui d'un Fucus.



Figure 3 : *Cystoseira sp*

Annexe

Padina pavonica.

morphologie thalle en forme d'éventail, fixé par une touffe de rhizoïdes avec une base courte et plus ou moins cylindrique. Couleur blanchâtre due à un revêtement calcaire (sur la face dirigée vers la lumière); présence de lignes concentriques brunâtres (lignes de poils).

Structure - polystique. En coupe transversale, la fronde apparaît composée de plusieurs assises de cellules (une ou deux internes à grandes cellules incolores, et deux externes à cellules plus petites riches en plastes). **Croissance** - marginale, avec le bord de la fronde enroulé.



Figure 4 : *Padina pavonica*

Annexe

Dictyota sp :

Morphologie - thalle en forme de ruban de couleur brune avec les extrémités plus claires, régulièrement ramifié par dichotomie, dans un plan; fixé au substrat par un disque formé de rhizoïdes.

Structure - uniaxiale et polystique. En coupe transversale, présence d'une seule assise de cellules internes volumineuses et incolores avec, de chaque côté, une assise de petites cellules corticales superficielles renfermant de nombreux plastes.

Croissance - terminale par une seule cellule initiale se ramifiant de façon dichotome.

Taille : Commune de 5 à 15 cm.



Figure 5 : *Dictyota sp*

Annexe

Stypocoulon sp :

Morphologie - touffes volumineuses, compactes, rudes au toucher, brun foncé, fixées par des rhizoïdes constituant une masse spongieuse à la base de la plante. Thalle ayant l'aspect de petits balais.

Structure - uniaxiale polystique. Les ramules ont une disposition régulière, distique, et sont toujours insérés "à cheval", sur une cloison des segments de l'axe. Présence d'une touffe de poils à l'aisselle des ramules

(ce qui différencie cette espèce de *Halopteris filicina* présentant un seul ramule axillaire).

Croissance – apicale avec une cellule caractéristique (sphacèle

Taille : Commune de 5 à 15 cm.



Figure 6 : *Stypocoulon sp*

Annexe

Codium sp :

Morphologie - thalle formé de cordons cylindriques, ramifiés dichotomiquement, à consistance "fragile" caractéristique, de couleur verte plus ou moins foncée en fonction des stations.

Structure - constitué de siphons différenciés en utricules et filaments pré- ou postutriculaires.

Les filaments

sont abondants dans la medulla; le cortex est constitué par les utricules juxtaposés. **Croissance** - les cordons croissent par leur apex; les siphons présentent une croissance sympodiale (chaque utricule correspondant à l'arrêt de croissance d'un filament).



Figure 7 : *Codium sp.*

Annexe

Ulva sp.:

Morphologie - thalle foliacé, très polymorphe, fixé au substrat par un petit disque formé de nombreux rhizoïdes issus des cellules basales.

Structure - distromatique (deux assises de cellules); les cellules de la zone basale engendrent des rhizoïdes. **Croissance** - d'abord terminale (stade filamenteux plein, puis creux) puis diffuse quand la structure distromatique apparaît (par accollement des parois).

Taille : Commune de 10 à 30 cm; dans les stations calmes et eutrophisées peut atteindre 1 m.



Figure 8 : *Ulva sp*

Annexe

Annexe 3

Figures des diatomées observées sous microscope

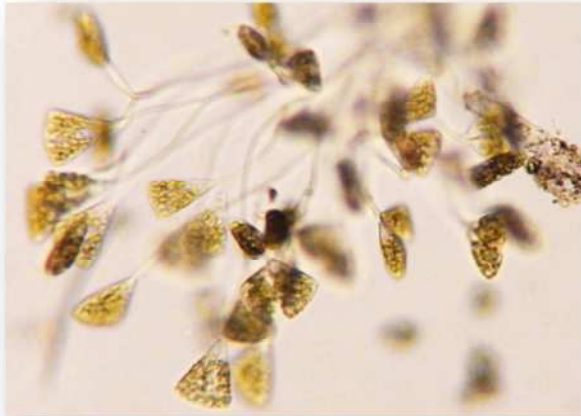


Figure 1 : *Licmophora sp* en colonies (x100).



Figure 2 : *Licmophora sp* (x100).

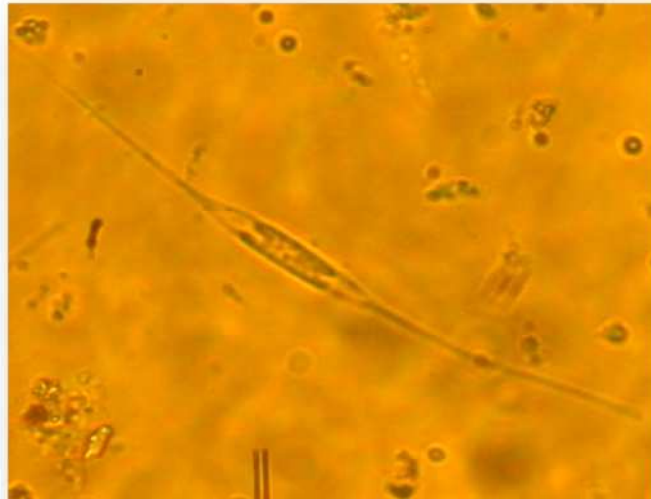


Figure 4: *Cylandrotheca clostrium* (x100).

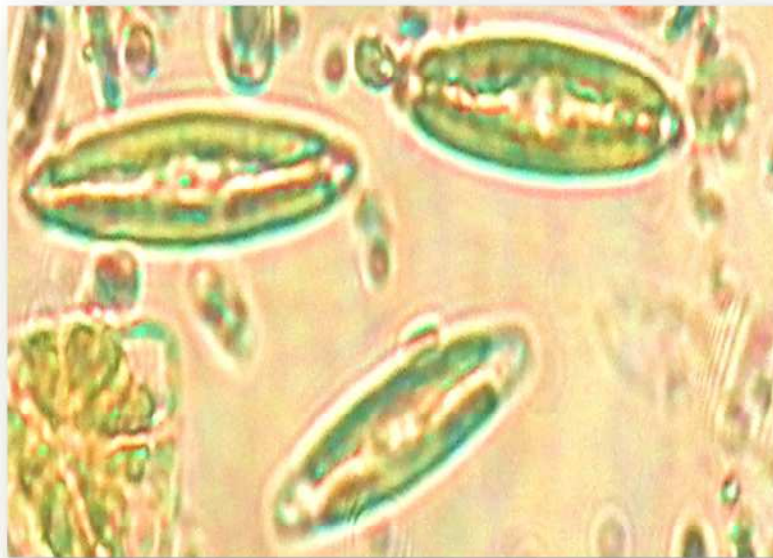


Figure 3: *Navicula sp* (x100).

Annexe

Annexe 4

Figures des microalgues phytoplanctoniques



Figure 1 : *Ceracium furca* (x100).

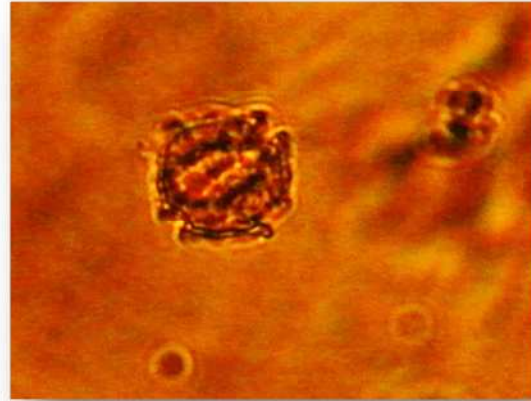


Figure 2 : *Scripsiella sp* (x100).



Figure 3 : *Protoperidinium sp* (x100).