

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المعهد الوطني لعلوم البحر و تهيئة الساحل  
INSTITUT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMENAGEMENT DU LITTORAL



MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR D'ETAT EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : Aquaculture

SUJET

*Contribution à l'étude du phytoplancton nocif  
dans la région d'Alger au cours du printemps  
2008 (Ports, plages et site aquacole).*

Présenté par : M<sup>elle</sup> ATTOUCHI FERIEL

Soutenu le 15 Octobre 2008 devant la commission d'examen formée de:

- Mme KORICHI.H.S..... (Présidente)
- Melle ILLOUL.H..... (Promotrice)
- Mme LOUANCHI.F.....(Examinatrice)
- Mr LOURGUIOUL.H.....(Examineur)
- Mr KODJA.B.....(Invité)

**\* PROMOTION : 2007/2008 \***

## **REMERCIEMENTS**

*Je tiens à présenter mon immense gratitude à ma promotrice Melle ILLOUL, qui m'a guidée, soutenue, et encouragée tout au long de mon étude.*

*Mes remerciements s'adressent également :*

*A Mme KORICHI qui a bien voulu assurer la présidence du jury*

*A Mme LOUANCHI et Mr LOURGUIOUI qui ont eu l'amabilité de juger la qualité de ce travail.*

*A Mr KHODJA, propriétaire du site aquacole « Orca marine » qui nous a beaucoup aidée au court de notre travail, avec beaucoup de gentillesse et de patience et sans qui nous n'aurions pas pu avoir des échantillons du site Aquacole.*

*A tous les membres du laboratoire de planctonologie de Sidi Fredj, sans qui je n'aurais pas pu travailler dans les meilleures conditions.*

*Mes plus vifs remerciement s'adressent particulièrement à mes parents, mes frères, mon mari qui m'ont apportée un soutien constant, une aide déterminante et témoigné beaucoup de compréhension, ainsi qu'à toute ma famille.*

*Je remercie également tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

# SOMMAIRE

|                                                                    |           |
|--------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introduction .....</b>                                          | <b>1</b>  |
| <b>Chapitre I : Généralités et présentation de la zone d'étude</b> |           |
| <b>1 : Généralités sur les espèces toxiques .....</b>              | <b>3</b>  |
| <b>2 : Présentation de la zone d'étude.....</b>                    | <b>5</b>  |
| <b>a- La baie de Bou Ismail .....</b>                              | <b>5</b>  |
| <b>b-La baie d'El Djamila .....</b>                                | <b>5</b>  |
| <b>c- La presqu'île de Sidi Fredj.....</b>                         | <b>6</b>  |
| <b>d- La plage Est de Sidi Fredj.....</b>                          | <b>6</b>  |
| <b>e- La plage de la Thalassothérapie.....</b>                     | <b>6</b>  |
| <b>f- Le site aquacole « Orca marine ».....</b>                    | <b>6</b>  |
| <b>Chapitre II : Matériel et méthode</b>                           |           |
| <b>II- 1 Choix et localisation des stations.....</b>               | <b>7</b>  |
| <b>II- 2 L'échantillonnage .....</b>                               | <b>11</b> |
| <b>II-3 L'étude biologique du phytoplancton.....</b>               | <b>11</b> |
| <b>II-4 Etude des paramètres physiques.....</b>                    | <b>13</b> |
| ➤ <b>Température.....</b>                                          | <b>13</b> |
| ➤ <b>Salinité.....</b>                                             | <b>13</b> |
| <b>II-5 Etude des paramètres chimiques.....</b>                    | <b>13</b> |
| <b>II-5-1 Dosage des Nitrates.....</b>                             | <b>14</b> |
| <b>II-5-2 Dosage des Nitrites.....</b>                             | <b>15</b> |
| <b>II-5-3 Dosage de l'Ammonium.....</b>                            | <b>15</b> |
| <b>II-5-4 Dosage des Orthophosphates.....</b>                      | <b>15</b> |
| <b>II-5-5 Dosage des Silicates.....</b>                            | <b>15</b> |

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| II-6 Etude de la diversité spécifique..... | 16 |
|--------------------------------------------|----|

### **Chapitre III : Résultats et discussion**

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| III- 1 La Température .....        | 17 |
| III- 2 La salinité .....           | 18 |
| III-3 Les Orthophosphates.....     | 19 |
| III-4 L'ammonium.....              | 21 |
| III-5 Les nitrates.....            | 23 |
| III-6 Les nitrites.....            | 25 |
| III-7 Les silicates.....           | 27 |
| III-8 Le phytoplancton.....        | 29 |
| III-9 La diversité spécifique..... | 49 |
| Conclusion.....                    | 51 |

## Introduction

Les algues microscopiques planctoniques constituent le premier maillon de la chaîne alimentaire; et donc la nourriture de base pour bon nombre de ressources vivantes des océans, notamment pour les bivalves filtreurs (moules, huîtres...), ainsi que pour les larves de crustacés et de poissons. Dans la plupart des cas les proliférations ou efflorescences de ces algues sont bénéfiques pour la faune marine et pour l'aquaculture.

Parmi les différents groupes constituant le phytoplancton, les diatomées (pennées et centriques), les dinoflagellés (cuirassées, gymnodiniens) représentent les groupes systématiques les plus étudiés suivis des coccolithophores, des silicoflagellées et des nanoflagellées nus.

Sous certaines conditions hydrologiques et climatologiques, des espèces peuvent se développer si intensément qu'elles arrivent à modifier la couleur de la mer, ce phénomène est appelé « red-tide » ou « eaux colorées ». Certaines espèces phytoplanctoniques peuvent provoquer des nuisances par leur développement intense et/ou par la production de toxines, on parle alors de HABs (Harmful Algal Blooms), ou PAN (Proliférations d'Algues Nocives).

Les Proliférations d'Algues Nocives sont provoquées par des espèces phytoplanctoniques nuisibles qui menacent la vie des communautés côtières, la santé humaine, le tourisme ainsi que la pêche et l'aquaculture, entraînant des pertes économiques importantes. De nombreuses études à travers le monde portent sur la recherche et l'identification des espèces toxiques. D'après **Bruslé, (1995 in Belin et Raffin, 1998)**, une soixantaine d'espèces ont déjà été impliquées dans le monde dans des proliférations mortelles pour les poissons, en particulier les poissons d'élevage, mais aussi dans la contamination de coquillages tels que les moules et les huîtres.

Des blooms de micro-algues n'ont cessé de croître au cours de ces dernières décennies dans les régions tempérées et tropicales (**Vila et al, 2001**). Leurs manifestations peuvent être nocives pour la faune marine ainsi que pour la santé humaine. Les espèces responsables appartiennent aux Dinophycées, Diatomophycées, Chlorophycées, Chrysophycées, Cryptophycées, Euglénophycées, Prymnesiophycées et Prasinophycées. À la suite de la recrudescence de ces phénomènes en Australie, aux États-Unis, en Europe et au Japon, et aux conséquences qu'ils entraînent, notamment pour l'aquaculture et le tourisme, plusieurs programmes de recherche et de surveillance ont été mis en oeuvre dans ce domaine.

À l'échelle mondiale, de nombreux travaux ont été menés sur les blooms à phytoplancton toxique, Sur la côte méditerranéenne sud occidentale, en particulier au Maroc (**Tagrouni et al, 1998 in Frehi, 2007**) et en Tunisie (**Turki et al, 2001 in Frehi, 2007**). En revanche, seules quelques données ponctuelles existent pour le littoral algérien, dont le phytoplancton marin demeure à ce jour peu connu.

Les travaux portant sur les PANs en Algérie concernent la baie de Annaba et la région d'Alger (**Frehi et al, 2007 ; Illoul et al, 2008**), mais aucun inventaire exhaustif n'a été réalisé à ce jour.

Le présent travail a pour but de rechercher et de décrire les espèces phytoplanctoniques nuisibles et/ou toxiques impliquées dans des efflorescences se manifestant parfois dans les eaux côtières de la baie de Bou-Ismaïl, et leur relation avec quelques paramètres physico-chimiques afin de tenter d'appréhender les conditions écologiques favorables au développement de ces microorganismes. .

Il comprend les chapitres suivants :

- Le premier chapitre, porte sur la présentation de la zone d'études
- Le deuxième chapitre est intitulé matériel et méthodes
- Le troisième chapitre est consacré aux résultats obtenus et à leur interprétation.
- La conclusion

# Chapitre I : Généralités et présentation de la zone d'étude

## 1- Généralités sur les espèces toxiques et/ou potentiellement nuisibles :

Parmi les 4 000 espèces micro algales 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 et al, 1991**). Parmi celles-ci, environ la moitié sont des Dinoflagellés, les Diatomées arrivant en seconde position, 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 Gailhard, 2003**).

| Les microalgues nuisibles et/ou toxiques possèdent trois modes d'actions :

- Effets toxiques sur la santé humaine **par des toxines** produites par certaines espèces impliquées dans des intoxications humaines à travers le monde :

### ➤ PSP (Paralytique Shellfish Poisonning) :

Ou Intoxication Paralytique par les Fruits de Mer (IPFM), constituée d'un ensemble de toxines, dont les plus importantes sont : la saxitoxine et la gonyautoxine ; celle-ci provoque chez le consommateurs de coquillages contaminés, une intoxication dont les effets apparaissent en moins de 30mn. Les principales espèces responsables de cette toxine sont : quelques espèce du genre *Alexandrium*, *Gymnodinium catenatum*....

Les principaux symptômes sont : fourmillement des extrémités, picotement et engourdissements autour des lèvres, vertiges et nausées, en cas d'intoxication faible, extension des picotements, incoordination motrice, pouls rapide, en cas d'intoxication modérée, paralysie et troubles respiratoires pouvant être mortels, en cas d'intoxication forte.

### ➤ DSP (Diarrhéique Shellfish Poisonning) :

Ou Intoxication Diarrhéique par les Fruits de Mer (IDFM), constituée principalement de l'acide okadaïque, les pecténotoxines, les yessotoxines et les Azaspiracides. La plupart de ces toxines ont une activité diarrhéiques, les principales espèces responsables de cette toxine sont : le genre *Dinophysis*, *Prorocentrum lima*.....

Une intoxication apparaît dans un délai de 2 à 12h après ingestion de coquillages contaminés. Les principaux symptômes sont : des diarrhées, des douleurs abdominales parfois des nausées et des vomissements. La toxine DSP, étant stable à la chaleur, la cuisson des coquillages ne diminue pas leur toxicité.

### ➤ ASP (Amnesic Shellfish Poisonning) :

Ou Intoxication Amnésique par les Fruits de Mer (IAFM), constituée principalement de l'acide domoïque. Les principales espèces responsables sont : quelques espèces de *Pseudo-Nitzschia spp.*

Les premiers symptômes sont de type gastro-intestinal (vomissements, diarrhées, nausées) Ils surviennent dans un délai de 2 à 24h, après consommation des moules contaminées ; après 24 à 48h, ce sont des symptômes neurologiques qui sont observés (maux de tête persistants, désorientation et confusion). Dans les cas les plus graves il apparaît une perte de mémoire, des dommages cérébraux et parfois des convulsions et un coma pouvant conduire à la mort.

➤ NSP (Neurotoxine) :

Ou Intoxication Neurologique par les Fruits de Mer (INFM), constituée principalement par les brevéttoxines produites par les dinoflagellés : *Ptychodiscus brevis* et *Gymnodinium breve*, l'ingestion de coquillages contaminés ,cause une intoxication alimentaire dont les symptômes n'apparaissent qu'après 3h du repas .

Ce sont des symptômes qui atteignent le tractus gastro-intestinal provoquant des douleurs abdominales, crampes, nausées, diarrhées et le système nerveux (perte de l'équilibre, crampe musculaire).

➤ CFP (ou toxine Ciguaterique) :

Constituée essentiellement d'une toxine très puissante, la Ciguatera, produite par une espèce phytoplanctoniques : *Gambierdiscus toxicus*, espèce présente uniquement dans les eaux tropicales.

Les principaux symptômes sont de types gastro-intestinaux, neurosensoriel, cardio-vasculaire et cutanéomuqueuse, ils apparaissent dans un délai de 2 à 6h après ingestion de coquillages contaminés.

- Mortalité massive d'animaux marins **par privation d'oxygène** : la prolifération rapide suivie de la mortalité et de la décomposition massive de la population phytoplanctoniques, conduit à une hypoxie, voire une anoxie du milieu.
- Mortalité de poissons sauvages ou d'élevage **par lésions mécaniques** : des branchies, accompagnées d'une hypersécrétion de mucus, provoquant des troubles respiratoires.

Les différentes espèces phytoplanctoniques responsables de ces mortalités sont les espèces appartenant aux groupes des *Gymnodiniens*. Un cas de mortalité de loups et de daurades en cage suivie d'une coloration des eaux en vert due à *Gyrodinium corsicum* à été observée dans l'étang de Diana-Urbino en Avril 1994 (**Paulmier et al. 1995 in Belin et Raffin, 1998**).

Des mortalités de poissons et de coquillages ainsi qu'une coloration des eaux en brun due à la prolifération de *Prorocentrum minimum* ont été observées en Mai 1986, dans l'étang de Carnon en France (**Berland et Lassus, 1988** ).

|

## 2- Présentation de la zone d'étude

### a- la baie de Bou-Ismaïl:

La baie de Bou-Ismaïl se situe à l'ouest d'Alger à environ 50 Km. Elle est délimitée par le massif d'Alger (Ras Acrata 2°55') à l'est et le massif de Chenoua (Ras el Amouch 2°25') à l'ouest ; elle présente un plateau continental de 509 km<sup>2</sup>.

La baie de Bou-Ismaïl englobe, la baie d'El Djamila à l'est et la baie de Chenoua à l'ouest. Plusieurs oueds à régimes très irréguliers s'y déversent, les plus importants sont les oueds Mazafran, Nador et Beni Messous.

- **Oued Beni Messous:** Chargé essentiellement de résidus d'origine urbaine récoltés lors de son passage à travers la commune de Beni Messous, de Ain Benian et de Delly Brahim, pour ensuite déboucher au niveau de la plage « les Dunes ». Son débit est de 0.245 m<sup>3</sup>/s (**Chaouch et Darbeida, 2000**).
- **Oued Mazafran:** regroupe trois oueds: Djer, Bouroumi et Chiffa .Il traverse le Sahel et débouche au niveau d'une petite plage. Le Mazafran draine un bassin versant de 1 850 Km<sup>2</sup>, son débit annuel moyen est de 6.88 m<sup>3</sup>/s (**Chaouch et Darbeida, 2000**).
- **Oued Nador:** regroupe deux oueds: Bou Yersen, Bou Ardoun et Meurad ; la superficie située dans la partie occidentale de la baie, débouche sous forme de collecteur entre Djebel Chenoua et Tipaza. Son débit est de 0.89 m<sup>3</sup>/s (**Chaouch et Darbeida, 2000**).

La baie est exposée à une pollution modérée comparée aux autres baies (**Boudjellal et al. 1995**), causée principalement par :

- les rejets domestiques et industriels des villes et des complexes touristiques environnants
- les rejets charriés par les oueds (Mazafran, Nador, Beni Messous)
- le lessivage des zones à vocation agricole

### b- La baie d'El Djamila :

La baie d'El Djamila se situe dans la commune de Ain Benian, à une vingtaine de kilomètres à l'ouest d'Alger. Elle occupe la partie orientale de la baie de Bou-Ismaïl, limitée à l'ouest par la presqu'île de Sidi Fredj et à l'est par Ras Acata.

Le port d'El Djamila est un petit port de pêche. Il accueille environ 07 sardiniers, 104 petits métiers et 30 bateaux de plaisance. Il est protégé contre les courants du large par la jetée principale au nord, et la jetée secondaire au sud.

Il est subdivisé en quatre bassins : (figure2)

- Dans le premier bassin on trouve les bateaux de plaisance
- Le deuxième bassin accueille les petits métiers
- Le troisième bassin est occupé par les petits métiers ainsi que les sardiniers
- Le quatrième bassin est occupé par les sardiniers, aussi il présente la zone de débarquement

### **c- la presqu'île de Sidi Fredj:**

La presqu'île de Sidi Fredj s'étend sur une superficie de 69 hectares qui se situe à environ 25 km à l'ouest d'Alger, (2° 50' Est et 36°45 Nord).

Le port de Sidi Fredj est implanté sur le côté Est de la presqu'île (pointe du Marabout). Il s'intègre dans le complexe touristique, et témoigne d'un afflux important de vacanciers.

Il est protégé contre la houle par la jetée nord et la jetée sud. Ces derniers sont à leur tour protégées par des rochers; subdivisé en cinq bassins : (figure 3)

Le premier reçoit un déversement d'eaux usées par l'égout principal

Le deuxième, délimité par l'épi de la tour mauresque et l'épi de la station d'essence

Le troisième, délimité par la grande jetée

Le quatrième, délimité par la jetée sud à l'extérieur

Le cinquième, situé vers la sortie du port, communique avec le large.

La pollution dans le port de Sidi Fredj, est surtout de type domestique, a caractère saisonnier. L'égout principal entraîne les eaux usées du complexe touristique, qui redéversent directement dans le port. A cela s'ajoute un apport de polluants chimiques issus des opérations de carénages (peinture, essence, détergents....) qui s'effectuent dans certains bassins.

### **d- la plage est de Sidi Fredj : (figure 4)**

Délimitée par l'hôtel El Riadh à l'est et le port de Sidi Fredj à l'ouest, elle présente une plage ouverte à fond sableux et de fin granit, exposée aux courants et à la houle du large.

### **e- la plage de la Thalassothérapie : (figure 4)**

Présente une plage semi-fermée à fond constituée de granit grossier et d'herbier, faisant partie du complexe touristique de la Thalassothérapie, elle reçoit les eaux usées du centre thérapeutique.

### **f- le site aquacole Orca marine: (figure 5)**

Le site aquacole « Orca marine » se situe à Ain Chrob (ex-Surcouf), en dehors de la baie d'Alger à environ 1 000m de la plage de Ain Taya. Elle présente une granulométrie de fond de sable grossier et de fin granite. Situé sur une plage ouverte, est soumis à des renouvellements d'eau et à l'influence de l'hydrodynamisme sans aucune protection.

L'hydrodynamisme concernant le site est représenté d'une part, par la houle qui est essentiellement d'une direction Nord-Est et Nord-Ouest, et d'autre part par les courants côtiers locaux (**Chebab, 1996**).

## Chapitre II - Matériel et Méthodes:

### II-1 choix et localisation des stations:

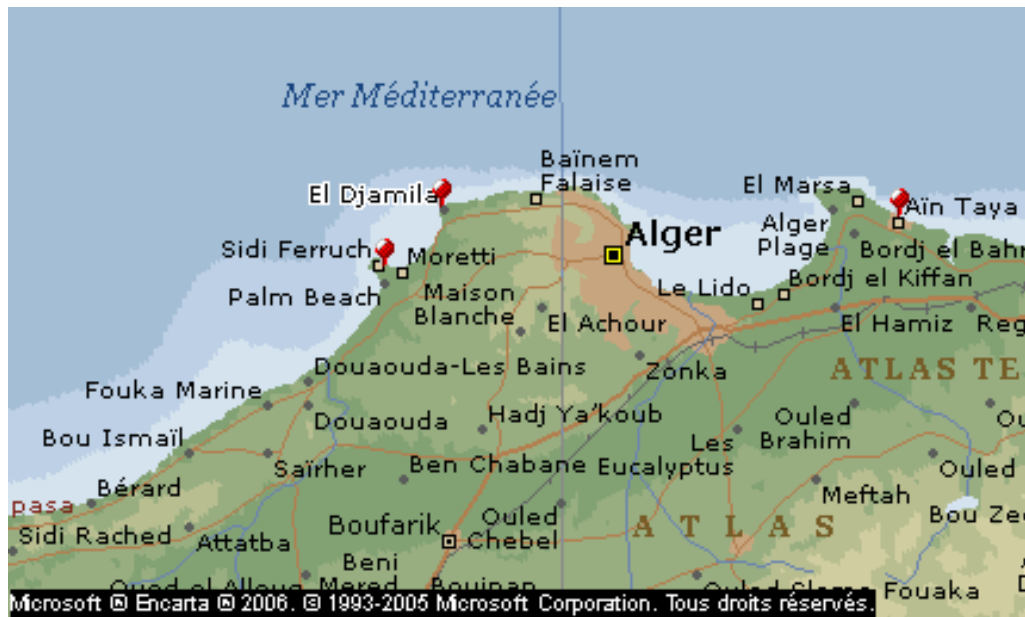
**Tableau1 : Coordonnées des stations et dates de prélèvements**

| Les stations           | Code stations | Coordonnées géographiques |           | Profondeurs de sonde (m) |
|------------------------|---------------|---------------------------|-----------|--------------------------|
|                        |               | Latitude                  | Longitude |                          |
| Port El Djamila        | ED 1          | 36°48'                    | 2°53'     | 1.7                      |
|                        | ED 2          | 36°48'.122                | 2°53'.918 | 0.5                      |
|                        | ED 3          | 36°48'                    | 2°53'     | 2                        |
| Port Sidi Fredj        | SF 1          | 36°45'.730                | 2°50'.873 | 1.5                      |
|                        | SF 2          | 36°45'                    | 2°50'     | 1.7                      |
| Plage est Sidi Fredj   | SFP           | 36°45'.728                | 2°50'.869 | 0.5                      |
| Plage Thalassothérapie | THA           | 36°45'.200                | 2°51'     | 0.5                      |
| Site Aquacole          | ORCA          | 36°47'.350                | 3°17'.00  | 23                       |

Le choix des stations s'est porté sur des zones confinées ou semi confinées parce qu'elles représentent des milieux favorables au développement des HABs. Selon **Vila *et al.* (2001)** les proliférations massives de phytoplancton nocif débutent souvent dans les aires confinées avant de s'élargir dans les milieux ouverts.

Le site aquacole, à été choisie afin d'y établir une liste floristique des différents espèces phytoplanctoniques susceptibles de contaminer les bivalves.

Les plages ont été choisies dans le but de détecter la présence d'espèces nocives dans les eaux de baignade. La zone échantillonnée de la plage Est de Sidi Fredj est protégée par un petit épi et constitue ainsi une zone semi confinée. La plage de la Thalassothérapie a été choisie afin de déceler la présence éventuelle de dinoflagellés benthiques nuisibles pour la santé des estivants.



**Figure1 : localisation géographique des différentes stations d'étude (Encarta 2006)**



**Figure 2 : vue aérienne du port avec localisation des stations au niveau du port d'El Djamilia**

★ ED1

★ ED2

★ ED3



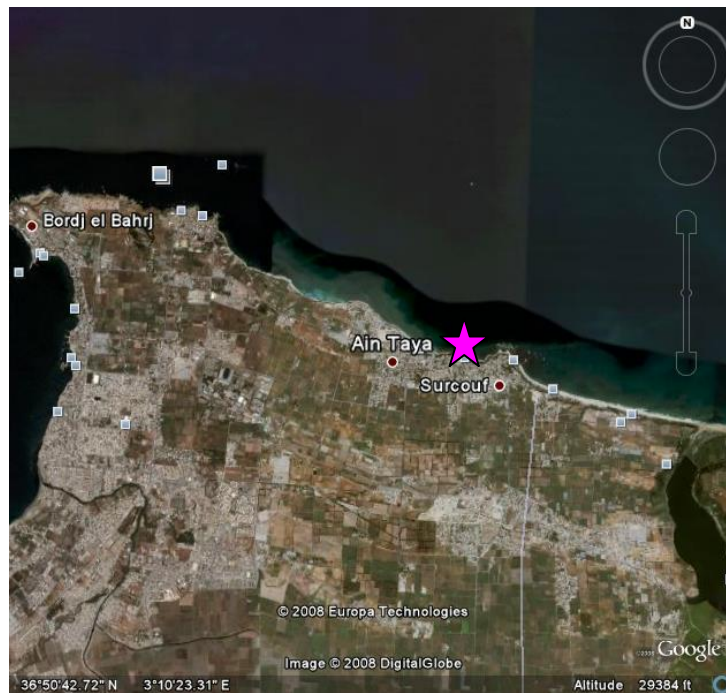
**Figure 3 : vue aérienne du port avec localisation des stations au niveau du port de Sidi Fredj**

- ★ SF1
- ★ SF2
- ★ SFP



**Figure 4 : vue aérienne de la région de Sidi Fredj avec localisation des Deux plages étudiées**

- ★ SFP
- ★ THA



**Figure 5 : vue aérienne de la région de Ain Chrob avec localisation du site aquacole ORCA marine**



## **II -2 L'échantillonnage:**

Un échantillonnage hebdomadaire a été réalisé entre Avril et Mai 2008, entre 10h et 15h (horaire propice aux dinoflagellés) à l'aide d'un filet à phytoplancton d'un maillage de 20µm, (afin de capturer les espèces les plus rares) (**Sournia, 1986**), et d'un seau en plastique de 5L pour l'étude quantitative du phytoplancton et les mesures de sels nutritifs.

Les prélèvements se sont effectués au niveau de deux stations portuaires à partir du quai, pour les deux plages à partir de la zone côtière, ainsi qu'au niveau du site aquacole à l'aide d'un bateau à environ 500 m de la côte. Les échantillons pour l'étude du phytoplancton sont fixés immédiatement avec une solution de Lugol; puis transportés directement au laboratoire où ils sont conservés dans des caisses à l'abri de la lumière, afin d'éviter la décoloration et la détérioration des échantillons. Les échantillons d'eau destinés au dosage des sels nutritifs sont transportés dans une glacière et congelés dès l'arrivée au laboratoire.

## **II-3 Etude biologique du phytoplancton:**

### **1- Numération et détermination du phytoplancton:**

Les échantillons d'eaux de mer fixés au Lugol ont été étudiés par la méthode d'Utermöhl (**Hasle, 1978**) au microscope inversé (figure 6). Le travail a porté essentiellement sur la recherche des espèces potentiellement nocives, aussi bien celles produisant des toxines que celles générant des proliférations de fortes biomasses.

### **2- Sédimentation des échantillons:**

Chaque flacon est agité très lentement (environ 50 fois) afin de d'homogénéiser l'échantillon et de décoller toutes les cellules adhérant éventuellement aux parois et au fond. 50 ml sont mis à sédimenter dans des chambres de sédimentation combinées (figure 7), placées sur une surface horizontale, à l'abri de la lumière.

#### **2.1- Le temps de sédimentation:**

Le temps de sédimentation varie entre 2h pour une cuve de 5ml à 48h pour une cuve de 50ml (**Hasle, 1978**).

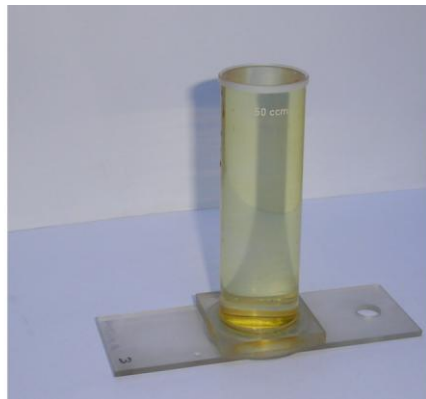
#### **2.2- Techniques de comptage:**

Le comptage des cellules les plus abondantes et de petite taille ( $\leq 20 \mu\text{m}$ ) se fait à un fort grossissement ( $\times 400$ ) selon une à deux bandes diamétrales (figure 8.a). La longueur d'une bande diamétrale correspond au diamètre de la cuve de sédimentation, sa largeur au diamètre du champ visuel. Les cellules de taille  $> 20 \mu\text{m}$  et de moindre abondance sont comptées à un plus faible grossissement ( $\times 160$ ) selon la moitié de la cuve ou sa totalité (figure 8.b).

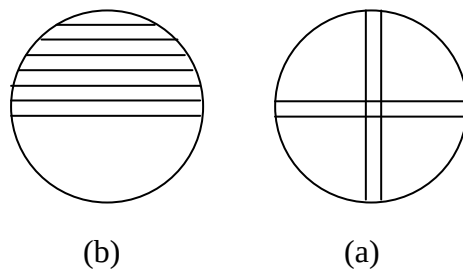
Le nombre de cellule trouvé est rapporté à 1litre d'eau de mer.



**Figure 6: Microscope inversée (Zeiss)**



**Figure 7: cuve de sédimentation combiné**



(b)

(a)

**Figure 8 : Technique de comptage des cellules phytoplanctoniques  
(D'après Hasle, 1978)**

(a) comptage de la demi cuve pour les espèces (grandes tailles)

(b) comptage des deux bandes diamétrales pour les espèces (petites tailles)

## II-4 Etude des paramètres physiques :

### ❖ La Température:

La Température est un paramètre déterminant en ce qui concerne les études sur le phytoplancton ; elle permet la détermination des masses d'eaux et intervient aussi dans la distribution spatio-temporelle des espèces. (**Aminot et chaussepied, 1983**). Son action est par ailleurs importante sur les processus biologiques (enkystement, croissance des populations...)

Les mesures de la températures ont été effectuées à l'aide d'un thermomètre à mercure de laboratoire d'une précision de 0.1°C.

### ❖ La Salinité :

La salinité est très importante dans l'étude des populations phytoplanctoniques, elle est considérée comme étant un facteur conservatif de l'eau de mer (**Aminot et chaussepied, 1983**). Elle a été mesurée à l'aide d'un conductimètre de précision de type WTW cond. 3L5I muni d'une sonde de type Tétra cond. R325. (figure 9)

Avant de procéder aux mesures de la salinité, l'appareil a été calibré à l'aide d'une solution étalon de chlorinité connue valeur (35psu) (Eau de mer standard).



Figure 9 : un conductimètre (WTWcond)

## II- 5 étude des paramètres chimiques :

### ❖ les sels nutritifs:

Les nitrites, les nitrates, l'ammonium, les phosphates et les silicates ont été dosés par la méthode d'analyse chimique automatisé à l'aide d'un autoanalyseur de type Skalar (San<sup>plus</sup> system), (figure 10) ; cette technique est basée sur la méthode colorimétrique décrite par **Tréguer et Le Corre (1975 in Brinis et Brahmia,1997)**, basée sur l'absorption de la lumière par la solution à analyser dans laquelle une réaction produisant une couleur a été préalablement provoquée par ajout de réactifs et cela selon le sel étudié.

Des courbes d'étalonnages ont été réalisées pour chaque sel analysé (Annexe 4)

L'autoanalyseur est constitué des éléments suivants:

- **un échantillonneur**, constituée 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 cassettes analytique**: comprend quatre voix pour l'analyses des différent sels, chaque sel a son propre circuit et donc sa propre cassette analytique.
- **Une pompe proportionnant**: permet le pompage des réactifs, des échantillons et de l'eau distillée et les propulse à travers les circuits analytiques.
- **Le colorimètre monocal** : 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 phototubes qui détecte l'intensité de cette énergie lumineuse; ces derniers émettent deux signaux électriques qui seront reçut par un commutateur et convertis en signaux proportionnels aux concentrations dosé.
- **une interface**, pour l'exploitation des donnés.
- **Un micro-ordinateur**: transforme les signaux électriques émis par le colorimètre en graphiques.



Figure 10: un autoanalyseur (Skalar San<sup>+</sup>)

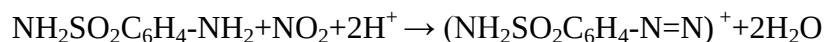
#### II-5-1 Dosage des Nitrates $\text{NO}_3^-$ :

Pour mesurer les nitrates, on a opté pour la méthode de dosage des nitrates obtenue par la réduction quantitative des nitrates en nitrites, cette réduction se fait en milieu alcalin à travers une colonne réductrice (cadmium, cuivre) introduite par **Woods et al (1967, in Aminot et Chaussepied 1983)**, les nitrates ainsi former sont dosés par colorimétrie avec les nitrites déjà présents dans les échantillons à une longueur d'onde de 540nm (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

### II-5-2 Dosage des Nitrite NO<sub>2</sub><sup>-</sup> :

La mesure des nitrites est basée sur la réaction de Greiss, et appliquée à l'eau de mer par **Bendschneider et Robinson (1952 in Aminot et Chaussepied, 1983)**.

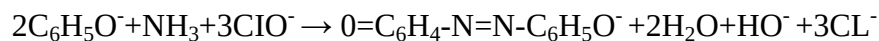
Les ions nitrites forment un diazoïque avec la sulfanilamide en milieu acide, selon la réaction suivante:



Ensuite le diazoïque réagit avec le  $\alpha$ -naphtyl-éthylènediamine dihydrochlorique, et forme la coloration rose qui absorbe à la longueur d'onde de 540nm (Aminot et Chaussepied, 1983).

### II-5-3 Dosage de l'Azote ammoniacal NH<sub>4</sub><sup>+</sup>:

Les concentrations d'ammonium sont mesurées par la méthode colorimétrique de **Koroleff (1969 in Aminot et Chaussepied, 1983)**. Cette méthode mesure la totalité de l'azote ammoniacal, c'est une application à l'eau de mer de la réaction de Berthelot:



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 630nm, la réaction est accélérée par le nitroprussiate (**Aminot, Guillaud et Kerouel, 1997**).

### II-5-4 Dosage des orthophosphates H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>:

Basé sur la méthode colorimétrique de **Murphy et Riley (1962, in Aminot et Chaussepied, 1983)**; il consiste en l'utilisation de molybdate d'ammonium et de tetraté de l'antimoine, on obtient alors un complexe antimoine-phospho molybdate qu'on doit réduire par l'acide ascorbique pour obtenir un composant de coloration bleu. L'absorption maximale se fait à une longueur d'onde de 880 nm.

### II-5-5 Dosage des Silicates Si (OH<sub>4</sub>):

Cette technique est réalisée selon la méthode de **Mullin et Riley (1955, in Aminot et Chaussepied, 1983)**. Elle est basée sur la réaction de l'acide orthosilicique avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe molybdosilicique, ce dernier sera réduit par l'acide ascorbique qui donnera une coloration bleue. L'absorption se fait à une longueur d'onde de 810 nm.

## II-6 étude de la diversité spécifique:

L'étude de la diversité spécifique nous permet de déterminer l'état de maturité des communautés phytoplanctoniques. Le calcul des indices de diversité spécifiques a pour but de donner une expression quantitative de la structure d'un ensemble multispécifique (**Travers, 1971**).

Dans le présent travail, l'indice de diversité de Shannon Weaver a été calculé à l'aide du logiciel PRIMER 6 (Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research).

$$H' = - \sum (P_i \cdot \log_2(P_i))$$

**H'** : Indice de Shannon

**P<sub>i</sub>** : Probabilité de capture de l'espèce i ou sa fréquence relative dans le peuplement

D'après Margalef, (**1976, in Illoul, 1991**), on peut distinguer trois étapes dans la succession du phytoplancton :

### - stade1 (1-2 bits) :

Durant cette phase apparaissent des espèces à croissance rapide, principalement des diatomées tels que : *Skeletonema costatum*, *Leptocylindrus danicus*, divers *Chaetoceros*, genre : *Thalassionema*, *Nitzschia*.... Cette étape est caractérisée par de fortes densités cellulaires et se produit à la suite d'enrichissement, notamment par les upwellings ; et donc l'indice de Shannon présente des valeurs faibles.

### - stade2 (2-3 bits) :

Cette phase présente le développement des diatomées les plus courantes telles que : le genre *Nitzschia*, *Rhizosolenia*, ainsi que l'apparition de quelques espèces de dinoflagellées telles que : *Ceratium fusus*, *C. furca*, *Scrippsiella trochoidea*, dont les densités cellulaires sont moins importantes qu'au stade précédent.

### - Stade3 (>3 bits):

Les diatomées sont peu développées et les dinoflagellés sont représentés par les genres suivants : *Ceratium*, *Dinophysis*, *Gonyaulax*.

Cette étape présente une grande diversité avec des valeurs élevées de l'indice de Shannon.

## Chapitre III : Résultats et Discussion

### III- 1- La Température:

Durant la période d'échantillonnage, on a enregistré des variations de températures importantes. Le minimum (17°C) est enregistré au niveau des trois stations du port d'El Djamila ainsi que la station 1 du port de Sidi Fredj le 19 Mai, et à la première station du port d'El Djamila le 27 Mai. Le maximum (23°C) est enregistré au niveau de la plage de la thalassothérapie le 06 Mai.

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

**Tableau 2: variations de la Températures (°C) au niveau des ports et des plages**

|     | 22/04/08 | 29/04/08 | 06/05/08 | 14/05/08 | 19/05/08 | 27/05/08 |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| ED1 | 19,5     | 18       | 18       | 18       | 17       | 17       |
| ED2 | 21       | 19       | 18       | 18       | 17       | 18       |
| ED3 |          | 18       | 19,5     | 18       | 17       | 18       |
| SF1 |          | 19       | 18       | 18       | 17       | 19       |
| SF2 |          | 19       | 18       | 20       | 18       | 19       |
| SFP |          | 22       | 22       | 22       | 19       | 19       |
| THA |          |          | 23       | 19       | 17       | 20,5     |

**Tableau 3 : variations de la Température (°C) au niveau du site aquacole "ORCA marine"**

|      | 23/04/2008 | 04/05/2008 | 13/05/2008 | 21/05/2008 | 25/05/2008 |
|------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Orca | 20.5       | 21         | 17.6       | 18.2       | 19.5       |

### III- 2- la Salinité:

La salinité présente des valeurs très peu variables avec une baisse au niveau de la station 2 du Port d'El Djamila et cela le 27 Mai ;le maximum de salinité est enregistré au niveau du site aquacole et cela le 13 Mai (37.1psu).

La baisse de salinité observée dans le port d'El Djamila est probablement due à un apport local par une arrivée d'eau douce par un émissaire qui déverse directement dans le port, par les apports urbains, domestiques et les eaux de pluies.

Sur le site aquacole, les salinités sont légèrement plus élevées qu'au niveau des ports, cela peut être expliqué par le fait que ses prélèvements se sont effectuée à environ 500-600m de la cote loin des apports continentaux d'eaux douce.

**Tableau 4 : variations de la Salinité (psu) rencontrer au niveau des ports et des plages**

|            | 22/04/08 | 29/04/08 | 06/05/08 | 14/05/08 | 19/05/08 | 27/05/08 |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>ED1</b> | 36,6     | 36,9     | 37       | 36,5     | 36,4     | 36,1     |
| <b>ED2</b> | 36,8     | 36,8     | 37       | 36,8     | 36,3     | 35,8     |
| <b>ED3</b> |          | 36,9     | 37,1     | 36,7     | 36,4     | 36,3     |
| <b>SF1</b> |          | 36,5     | 36,9     | 36,6     | 36,9     | 36,6     |
| <b>SF2</b> |          | 36,5     | 36,9     | 36,6     | 36,8     | 36,7     |
| <b>SFP</b> |          | 37       | 36,9     | 36,9     | 36,9     | 36,8     |
| <b>THA</b> |          |          | 36,9     | 36,9     | 36,9     | 36,7     |

**Tableau 5: variations de la Salinité (psu) au niveau du site aquacole "ORCA marine"**

|             | 23/04/2008 | 04/05/2008 | 13/05/2008 | 21/05/2008 | 25/05/2008 |
|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| <b>Orca</b> | 36,9       | 37         | 37,1       | 36,9       | 36,9       |

### III-3 les Orthophosphates $H_3 PO_4$ :

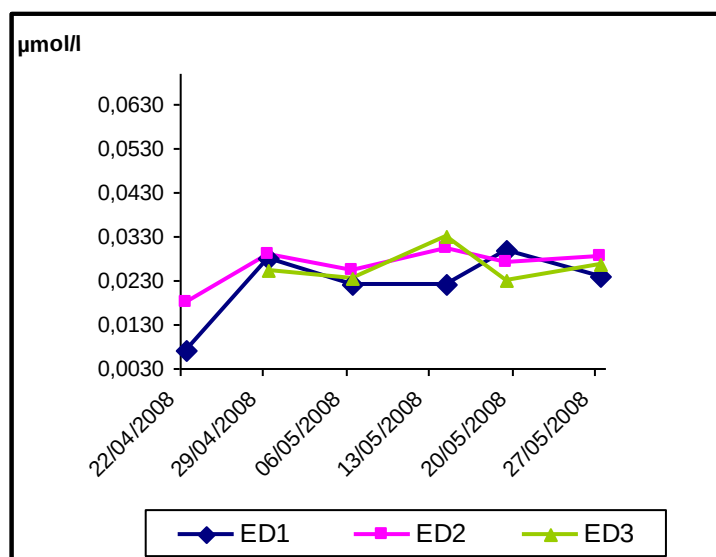
Les concentrations en Orthophosphates sont à la limite de détection, cela peut être dû au fait que ce soit la période du développement du phytoplancton, qui consomme les orthophosphates présents dans le milieu.

Le port de Sidi-Fredj, présente des concentrations un peu plus élevées comparées aux autres stations. Cela peut être dû au rejet principal qui déverse directement dans le port ainsi qu'aux opérations de carénage.

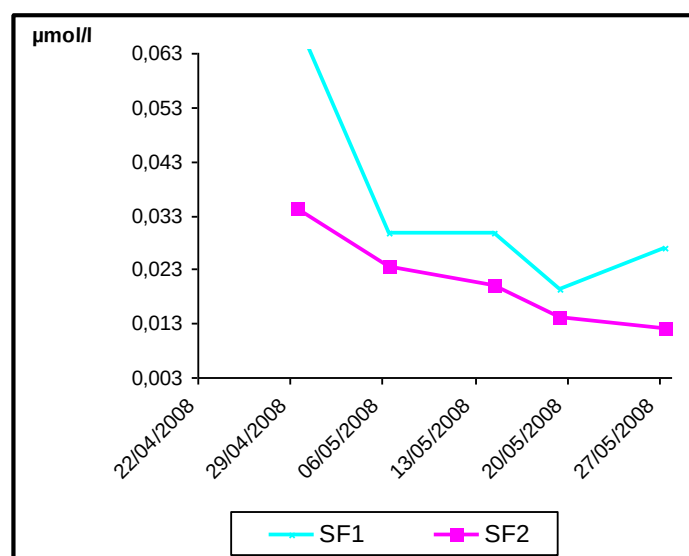
Les teneurs en phosphates sont normalement assez faibles en milieu océanique et côtier non pollué et varie entre 0-1  $\mu\text{mol/l}$ , on peut considérer que son est un épuisement de phosphates (Aminot et Chaussepieds, 1983).

**Tableau 6: les concentrations minimales et maximales des Orthophosphates  $H_3 PO_4^{-3}$  en  $\mu\text{mol/l}$**

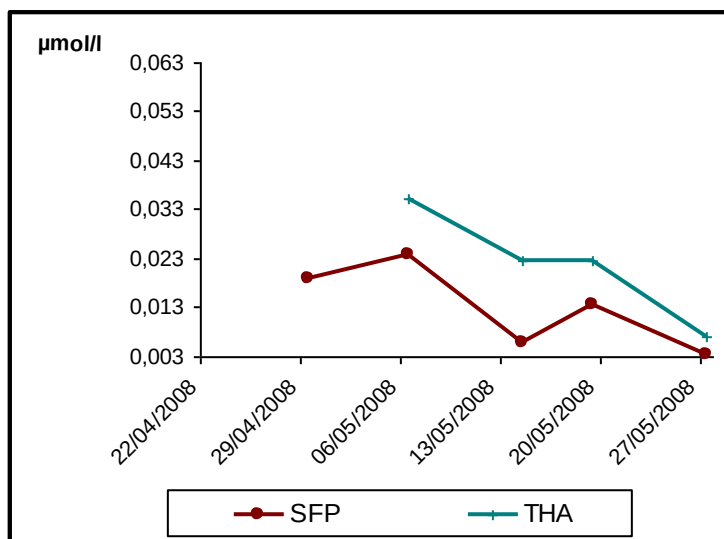
| stations | Minimum     | maximum     |
|----------|-------------|-------------|
| ED port  | 0,007 22/04 | 0,03 14/05  |
| SF port  | 0,012 27/05 | 0,069 29/04 |
| SFP      | 0,003 27/05 | 0,03 06/05  |
| THA      | 0,069 27/05 | 0,035 06/05 |



**Figure 10: concentrations des Orthophosphates dans le port d'El Djamila**



**Figure 11 : concentrations des Orthophosphates dans le port de Sidi Fredj**



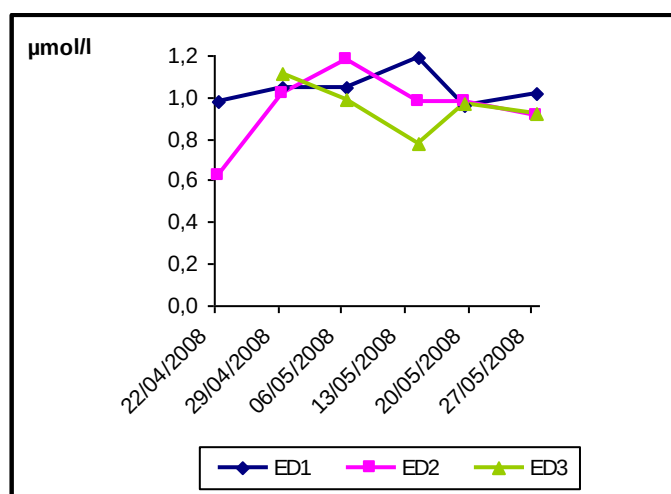
**Figure 12 : concentrations des Orthophosphates dans les plages**

### III-4 l'ammonium $\text{NH}_4^+$

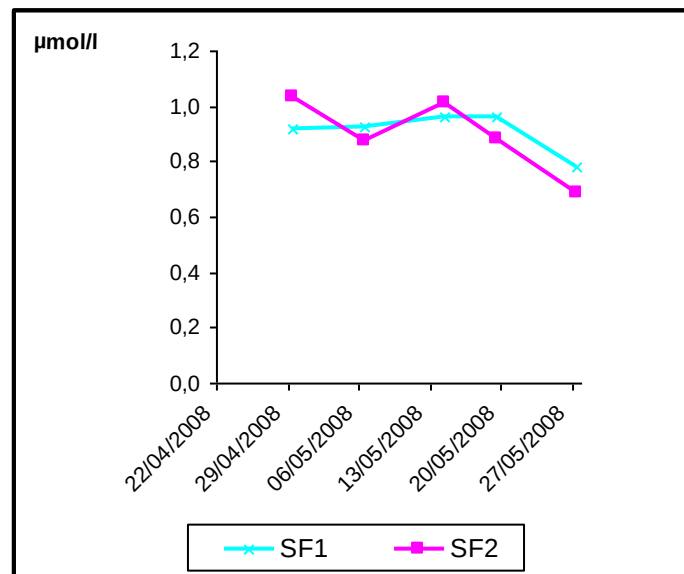
Les faibles taux en ammonium sur l'ensemble des stations sont probablement dus aux rejets domestiques ainsi qu'aux fertilisants agricoles. Néanmoins, la part de l'excrétion biologique n'est pas à négliger. Puisque l'ammonium constitue le principal produit azoté rejeté par les animaux marins **Mayzaud et Dallot (1973 in Brinis et Brahmia, 1997)**, entraîne en milieu confiné ou dans les élevages intensifs, une élévation très importante des concentrations d'ammonium dans l'eau. (**Bernabe, 1989**).

**Tableau 7: les concentrations minimales et maximales de l'ammonium  $\text{NH}_4^+$  en  $\mu\text{mol/l}$**

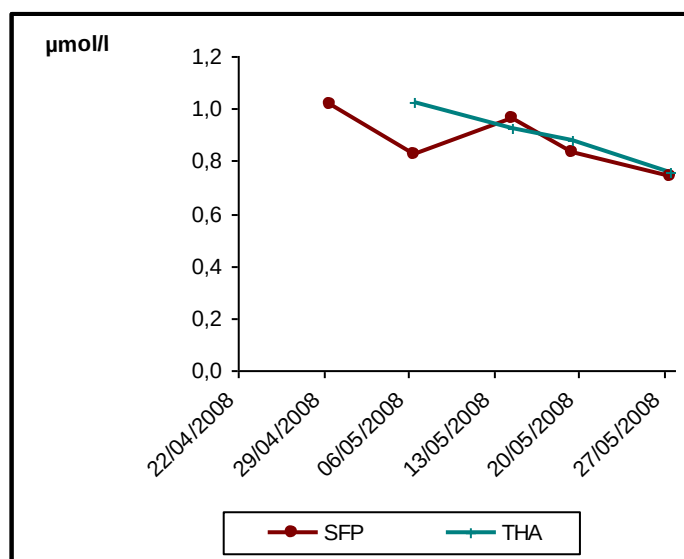
| stations | minimum |       | maximum |       |
|----------|---------|-------|---------|-------|
| ED port  | 0,62    | 22/04 | 1,18    | 14/05 |
| SF port  | 0,68    | 27/05 | 1,03    | 29/04 |
| SFP      | 0,73    | 27/05 | 1,02    | 06/05 |
| THA      | 0,754   | 27/05 | 1,026   | 06/05 |



**Figure 13: concentrations de l'ammonium dans le port d'El Djamila**



**Figure 14: concentrations de l'ammonium dans le port de Sidi-Fredj**



**Figure 15: concentrations de l'ammonium au niveau des plages**

### III-5 les nitrates $\text{NO}_3^-$

Le maximum de nitrate enregistré au cours de notre étude atteint les  $4,05 \mu\text{mol/l}$ , au niveau du port d'El Djamila, ceci peut être liée aux activités anthropiques, au lessivage par les pluies, ainsi que par la nitratisation des nitrites en nitrates car cette dernière est la forme la plus stable.

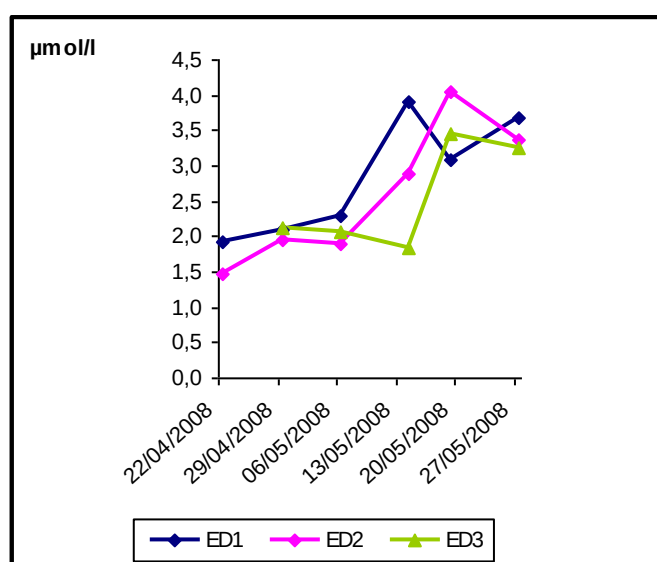
Cependant les faibles concentrations sont dues à la consommation des nitrates par l'activité photosynthétique.

**Aïd (1981)**, a constatée que selon les périodes de l'année l'azote et/ou le phosphore sont limitants tour à tour (l'azote en novembre, février et avril, le phosphore en mai, juin septembre et octobre) ou simultanément (juillet, décembre, janvier et mars).

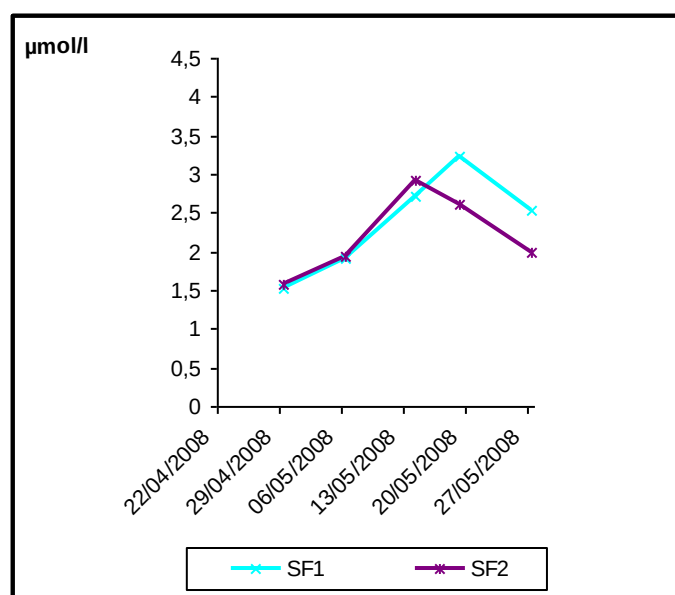
L'augmentation des nitrates dans la plupart des zones étudiées démontre que le phytoplancton assimile l'ammonium disponible en quantité suffisante pour qu'il soit préféré aux nitrates dans l'activité photosynthétique.

**Tableau 8: les concentrations minimales et maximales des nitrates  $\text{NO}_3^-$  en  $\mu\text{mol/l}$**

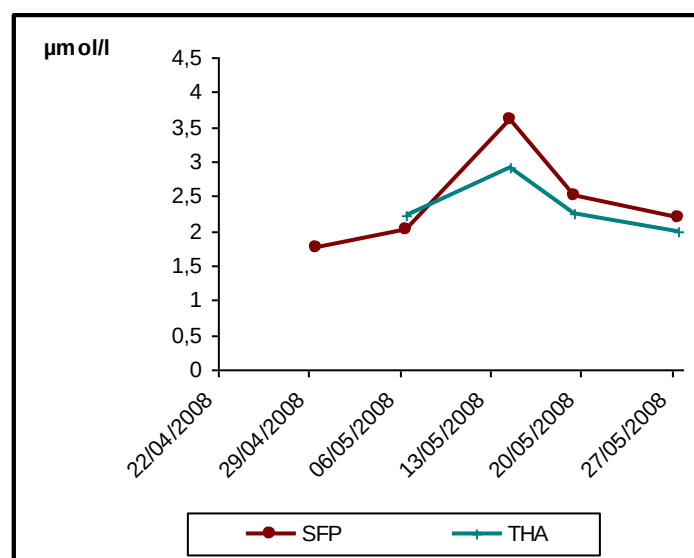
| stations | minimum    | maximum    |
|----------|------------|------------|
| ED port  | 1,46 22/04 | 4,05 19/05 |
| SF port  | 1,53 29/04 | 3,23 19/05 |
| SFP      | 1,75 29/04 | 3,59 14/05 |
| THA      | 1,99 27/05 | 2,90 14/05 |



**Figure 16: concentrations des nitrates dans le port d'El Djamila**



**Figure 17: concentrations des nitrates dans le port de Sidi-Fredj**



**Figure 18: concentrations des nitrates au niveau des plages**

### III-6 les nitrites $\text{NO}_2^-$ :

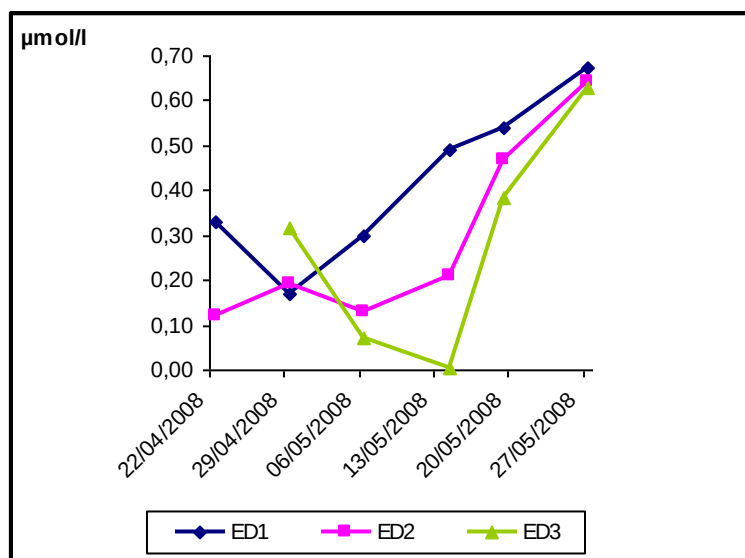
Les valeurs de nitrites enregistrées sont très faibles, en dessous des valeurs rencontrées dans les eaux côtières, et peuvent chuter à moins de  $0.01\mu\text{mol/l}$  en été suivant le cycle d'utilisation de l'azote par le phytoplancton.

Les origines des nitrites sont diverses, (**Bougis, 1976**) donne l'importance à l'excrétion Zooplanctonique (régénération directe), qui représentent à eux seules 80% de leur excréments, à cela s'ajoute la régénération bactérienne (moins importante), les rejets domestiques et urbains.

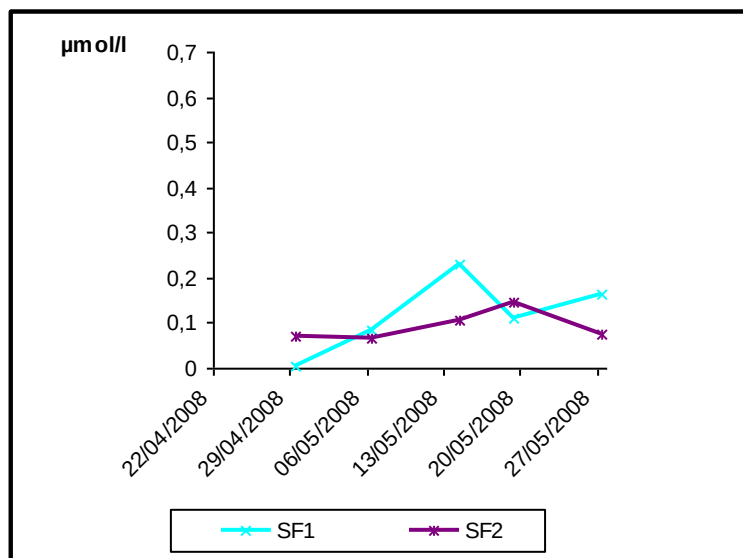
Toutefois, il faut noter qu'en plus d'être un élément nutritif, les nitrites à fortes concentrations ( $> 0.01\text{mg/l}$  pour les eaux salmonicole,  $>0.03\text{mg/l}$  pour les eaux cyprinicoles) altèrent le système respiratoire des poissons (les branchies), (**Bernabe, 1989**).

**Tableau 9: les concentrations minimales et maximales des nitrites  $\text{NO}_2^-$  en  $\mu\text{mol/l}$**

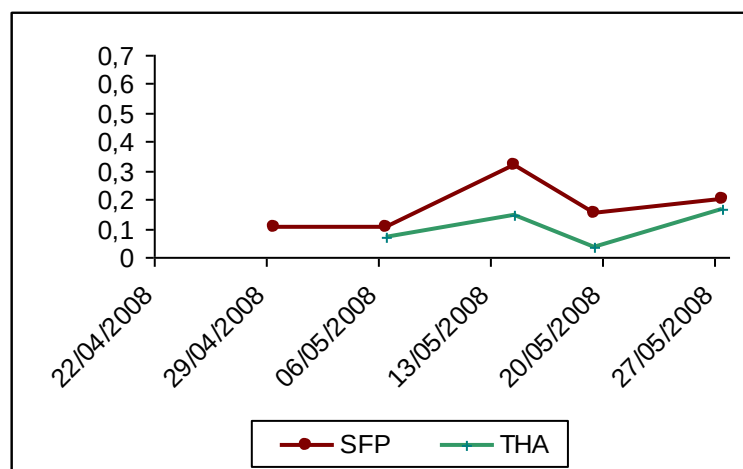
| stations | minimum |       | Maximum |       |
|----------|---------|-------|---------|-------|
| ED port  | 0,0036  | 14/05 | 0,64    | 27/05 |
| SF port  | 0,003   | 29/04 | 0,23    | 14/05 |
| SFP      | 0,1     | 29/04 | 0,31    | 14/05 |
| THA      | 0,03    | 19/05 | 0,16    | 27/05 |



**Figure 19: concentrations des nitrites dans le port d'El Djamila**



**Figure 20: concentrations des nitrites dans le port de Sidi-Fredj**



**Figure 21: concentrations des nitrites au niveau des plages**

### III-7 les silicates:

Les concentrations en silicates sont plus importantes dans les deux ports et surtout au niveau d'El Djamilia comparée aux autres stations.

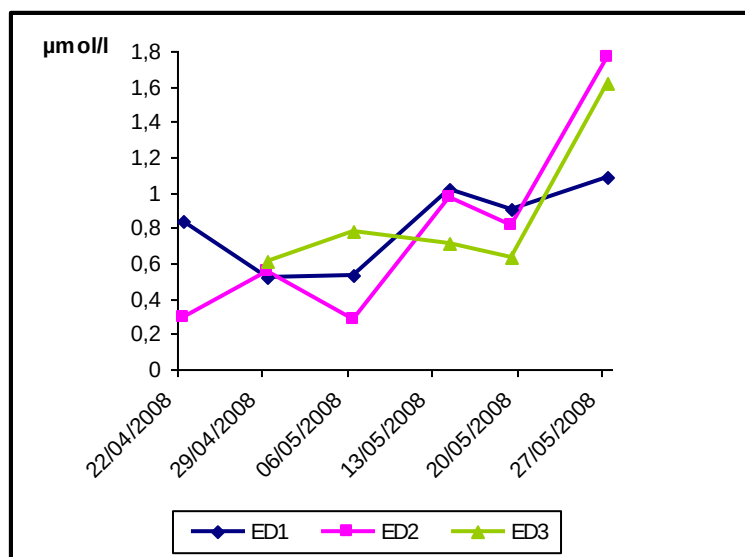
L'origine du silicium est entièrement naturelle et liée à la dissolution des roches siliceuses.

Selon **Bougis, (1976)** dans les régions côtières, en plus de la remontée des eaux du fond riches en matières nutritives, intervient aussi l'apport des eaux continentales.

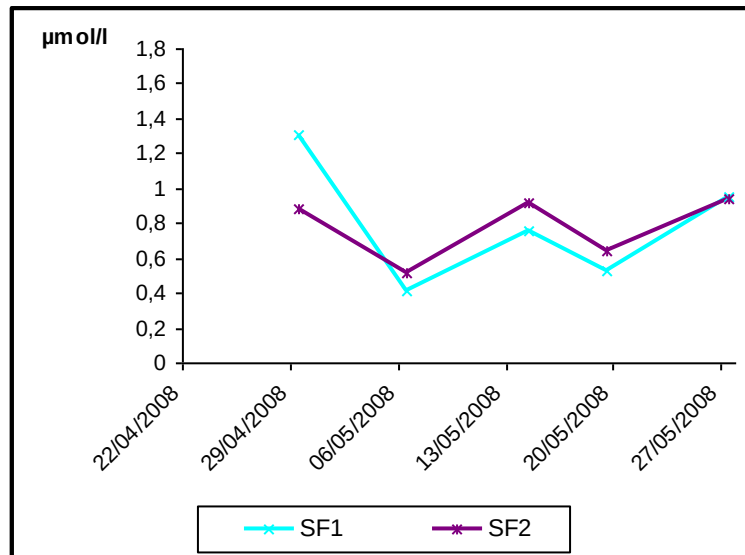
Les effets limitants des silicates ne sont perceptibles qu'aux saisons printanières lors des Floraisons des diatomées. Elle est en milieu marin indispensable pour les algues à squelette siliceux (diatomées) (**Samson- Kechacha, 1981**). Elle est absorbée sous forme dissoute et permet l'élaboration des enveloppes siliceuses de ces espèces.

**Tableau 10: les concentrations minimales et maximales des silicates  $\text{SiO}_2$  en  $\mu\text{mol/l}$**

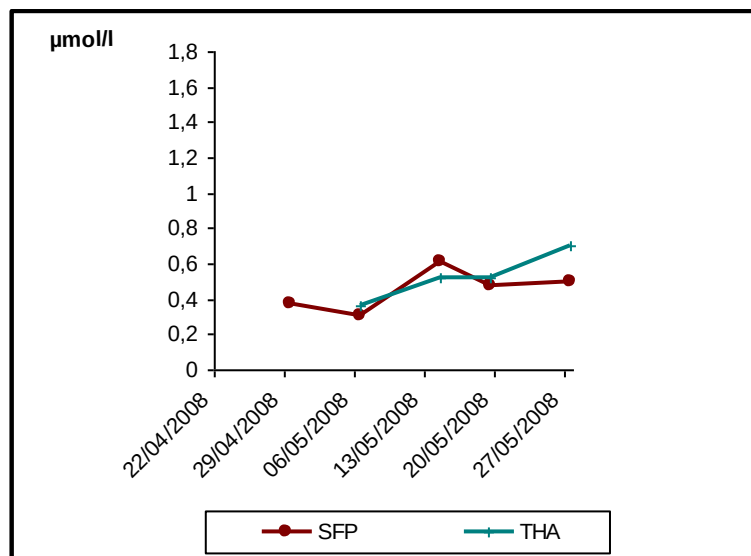
| stations | minimum |       | maximum |       |
|----------|---------|-------|---------|-------|
| ED port  | 0,28    | 06/05 | 1,76    | 27/05 |
| SF port  | 0,41    | 06/05 | 1,30    | 29/04 |
| SFP      | 0,30    | 06/05 | 0,61    | 14/05 |
| THA      | 0,35    | 06/05 | 0,69    | 27/05 |



**Figure 22: concentrations des silicates dans le port d'El Djamilia**



**Figure 23: concentrations des silicates dans le port de Sidi-Fredj**



**Figure 24: concentrations des silicates au niveau des plages**

### III-8 le phytoplancton:

Les observations enregistrées au cours de notre étude montrent que les densités cellulaires les plus importantes sont relevées dans les stations portuaires, en particulier dans le port d'El Djamila où les densités cellulaires des espèces phytoplanctoniques (tous groupes confondus), varient de 137 018 cellules/l à 52 689 181 cellules/l, (figure 28(a)) Au niveau des plages et du site aquacole les densités cellulaires sont moins importantes, à l'exception de la plage de Sidi Fredj, où elles atteignent de fortes valeurs de l'ordre de 1 161 357 cellules/l, le 19 Mai, (figure 28 (c) et 28 (d)).

Ces fortes concentrations de phytoplancton dans les zones portuaires peuvent être dues au fait que les eaux des ports reçoivent une partie des déchets urbains et industriels de la région, en plus des rejets proprement dus à l'activité des ports; pour le port d'El Djamila la pêche, tandis que le port de Sidi Fredj, malgré son statut (port de plaisance), déversent un émissaire directement à l'intérieur du port en plus des opérations de carénages des bateaux.

Les résultats montrent que les zones confinées (ports) semblent présenter des conditions favorables pour le développement des espèces phytoplanctoniques et la formation des blooms. En effet, selon **Vila et al, (2001)**, les eaux stagnantes présentant de faibles turbulences, favorisent la formation de blooms de microalgues en général et de dinoflagellés, en particulier.

Le présent travail montre qu'au niveau de toutes les stations et durant tout notre période d'échantillonnage, la prédominance des nanoflagellées suivies des diatomées et en fin des dinoflagellées car notre période d'échantillonnage ne correspond pas avec celle du développement des dinoflagellées, (figure 29).

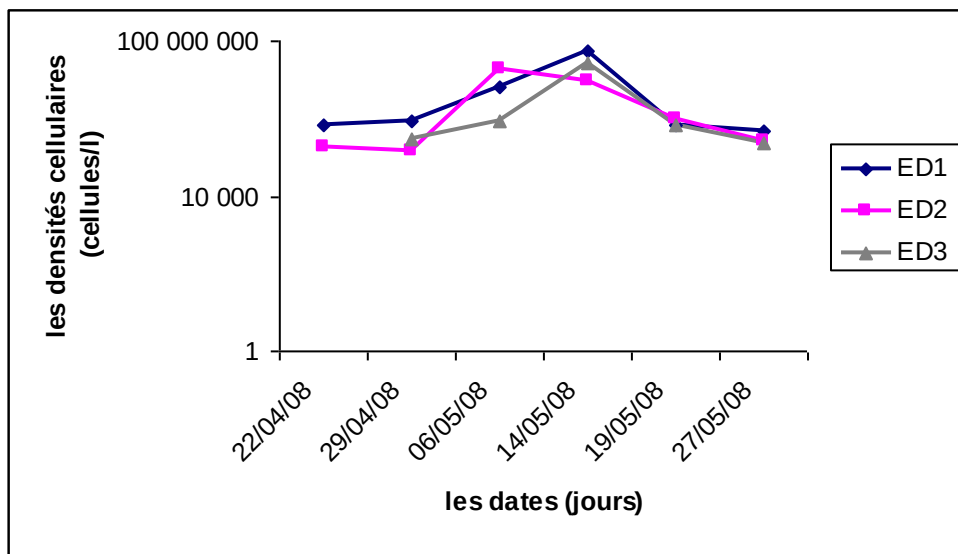
Le maximum de densité cellulaire des espèces phytoplanctoniques rencontrées au cours de notre étude est :

- Les nanoflagellées prédominent avec 99.8%, au niveau de la stations 1 du port d'El Djamila le 14 Mai (Annexe 3).
- Les diatomées avec 88.1% prédominent au niveau de la station 1 du port d'El Djamila le 22 Avril (Annexe 3).
- Les dinoflagellés qui prédominent dans le port de Sidi Fredj et atteignent 31.07% au niveau de la station 2 le 27 Mai (Annexe 3).

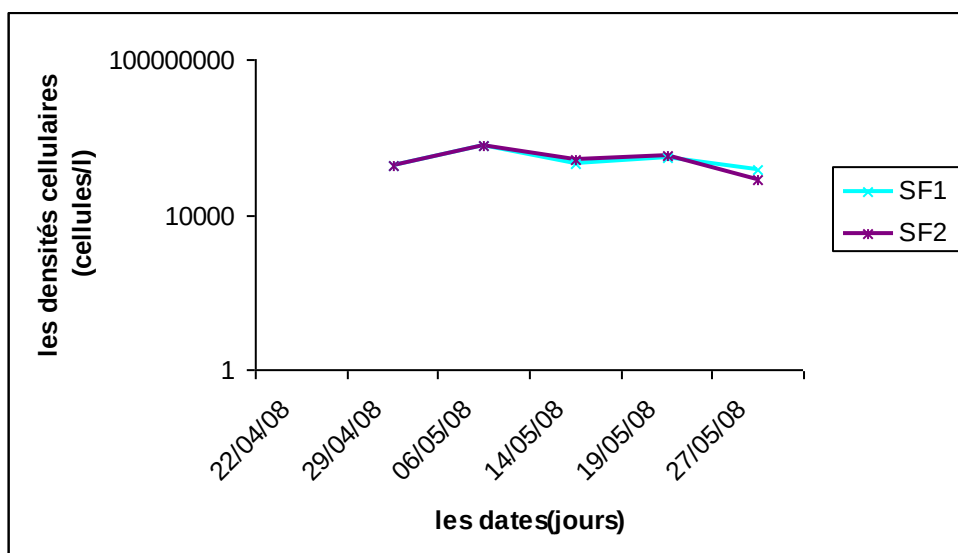
Les coccolithophorides sont absents dans toutes les stations à l'exception du site aquacole où on a enregistré des valeurs de 1.83% le 04 et le 13 Mai (Annexe 3).

La rareté de ces espèces dans le site peut s'expliquer par le fait que ce n'est probablement pas la période de développement des coccolithophorides.

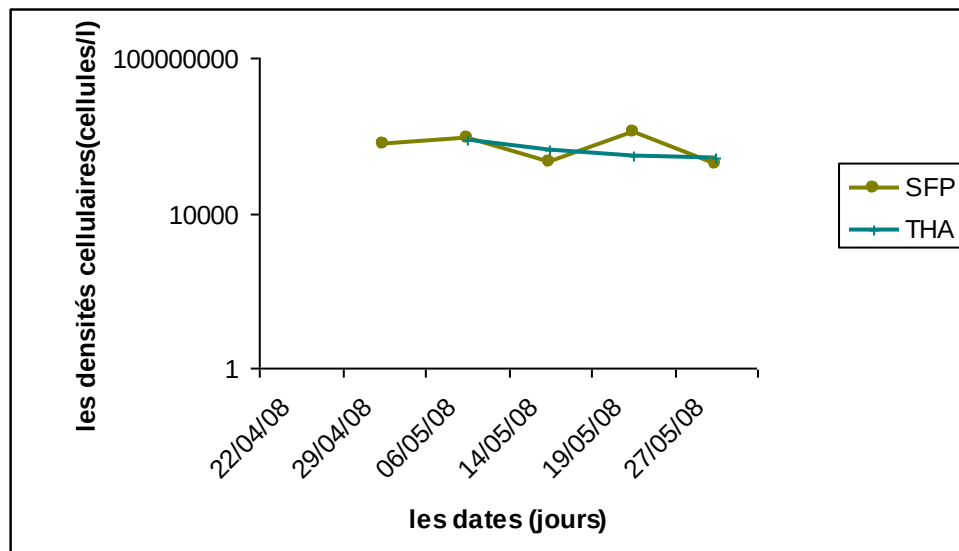
Les Raphidophycées, ont été enregistrées durant la dernière quinzaine du mois de mai au niveau des ports et tout au long de notre période d'étude au niveau des deux plages, le maximum est atteint au niveau du site aquacole le 04 Mai avec 4.4% (Annexe 3).



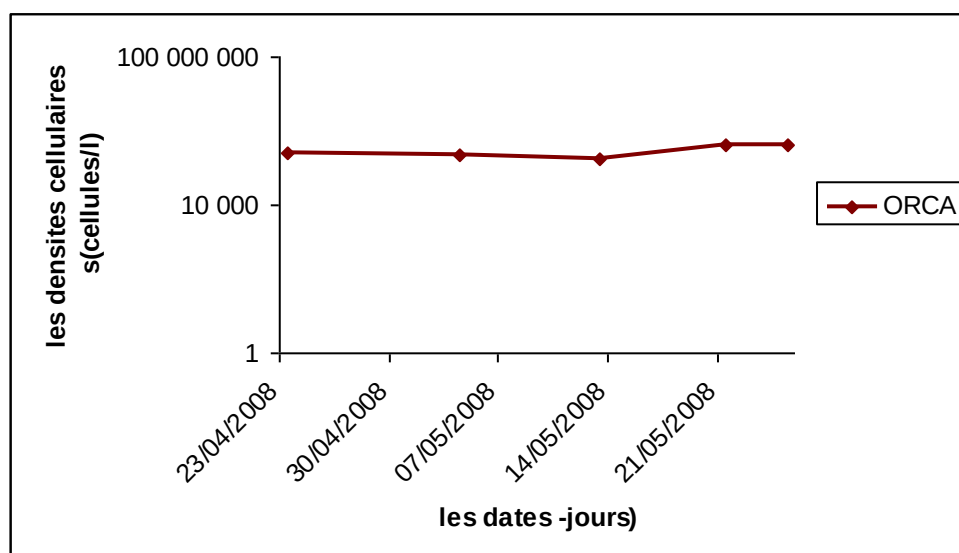
**Figure 28(a) : Variations temporelles des espèces phytoplanctoniques (tous groupes confondus) au port d'El Djamila**



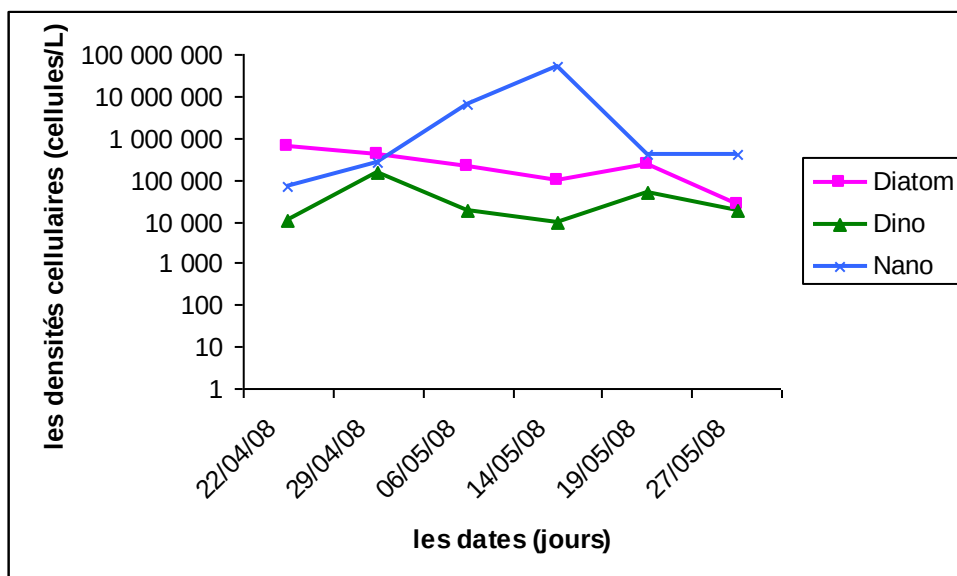
**Figure 28(b) : Variations temporelles des espèces phytoplanctoniques (tous groupes confondus) au port de Sidi Fredj**



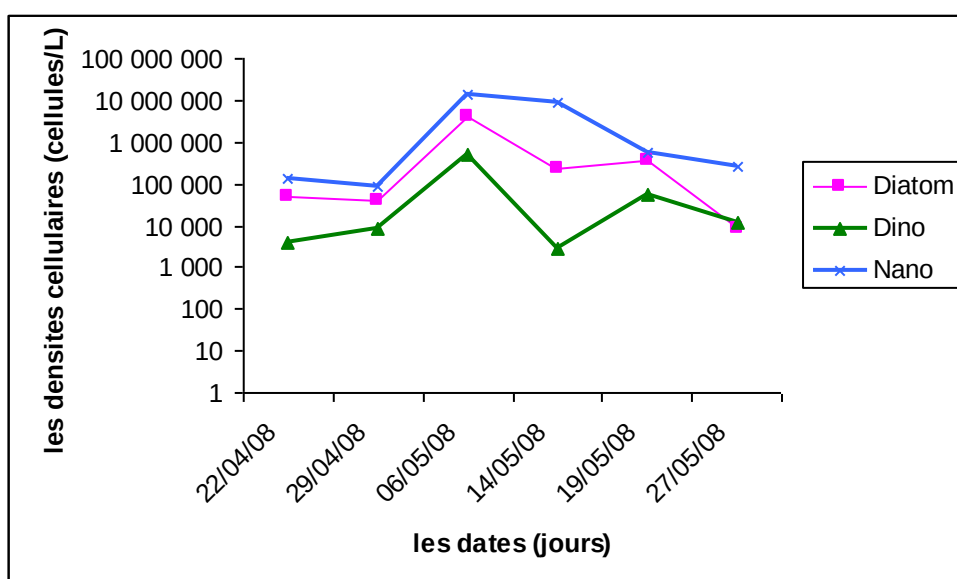
**.Figure 28(c) : Variations temporelle des espèces phytoplanctoniques (tous groupes confondus) au niveau des plages**



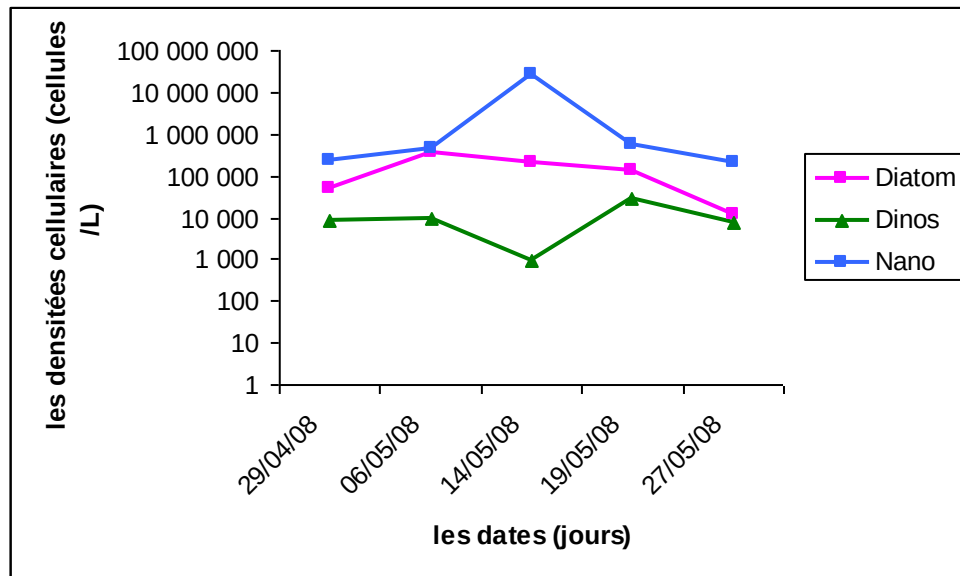
**Figure 28(d): Variations temporelles des espèces phytoplanctoniques (tous groupes confondus) au niveau du site aquacole "ORCA marine"**



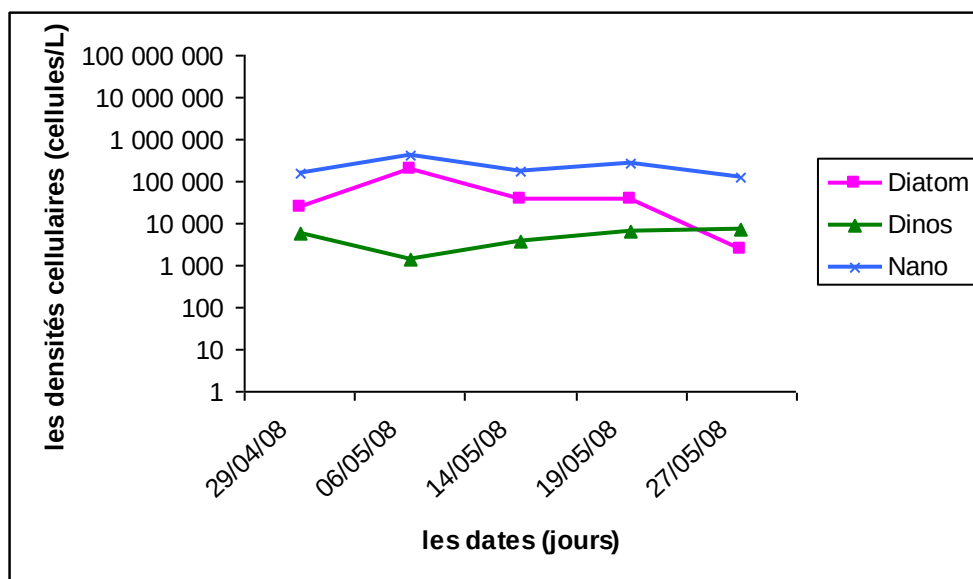
**Figure 29(a) : Variations des différents groupes de phytoplanctonique a la station1 du port d'El Djamilia**



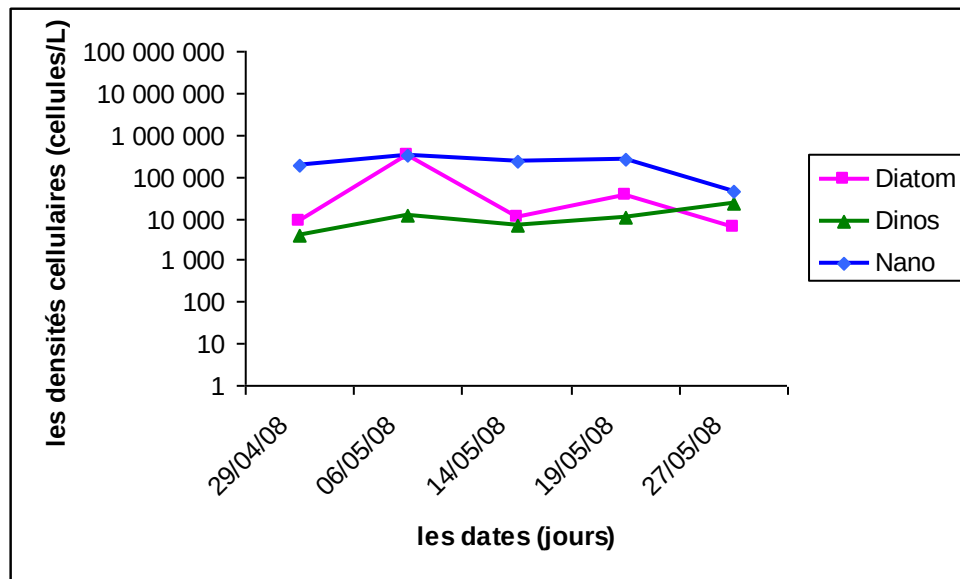
**Figure 29(b): Variations des différents groupes de phytoplancton a la station 2 du port d'El Djamilia**



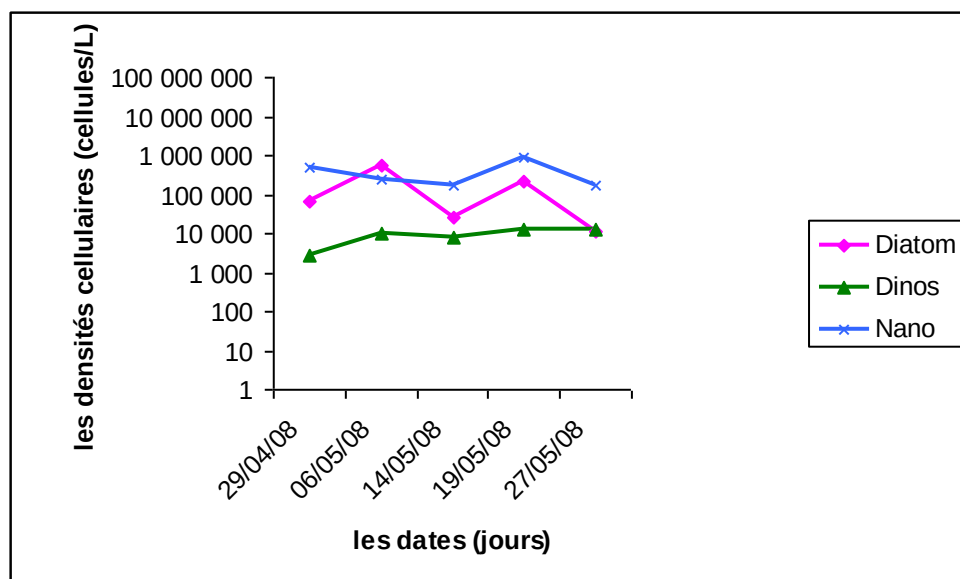
**Figure 29(c): Variations des différents groupes de phytoplancton a la station 3 du port d'El Djamila**



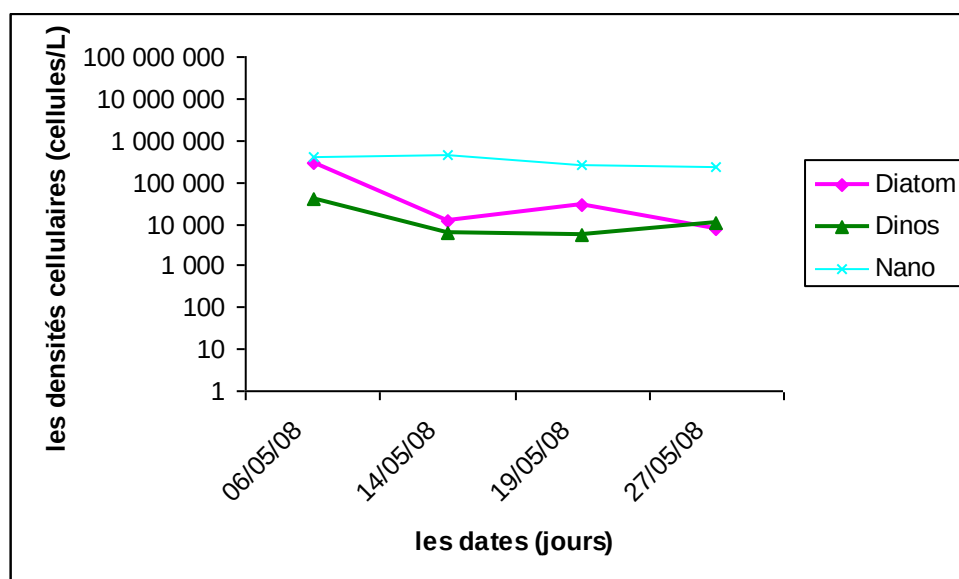
**Figure 29(d): Variations des différents groupes de phytoplancton a la station 1 du port de Sidi Fredj**



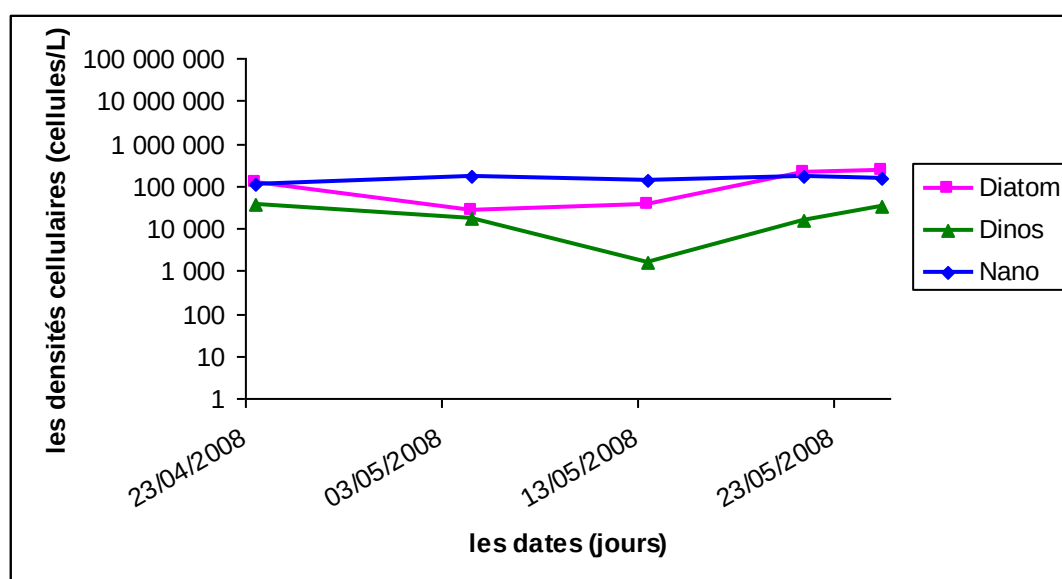
**Figure 29(e): Variations des différents groupes de phytoplancton a la station 2 du port de Sidi Fredj**



**Figure 29(f): Variations des différents groupes de phytoplancton au niveau de la plage Est de Sidi Fredj**



**Figure 29(g): Variations des différents groupes de phytoplancton au niveau de la plage de la Thalassothérapie**



**Figure 29(h): Variations des différents groupes de phytoplancton au niveau du site aquacole "ORCA marine"**

❖ Les Genres nuisibles et/ou toxiques les plus fréquents:

Tableau 11 : résumé des différentes espèces nuisibles et/ou toxiques

| Espèces toxiques                        | effets nocifs | concentrations max<br>(cellule/l) | stations | dates    |
|-----------------------------------------|---------------|-----------------------------------|----------|----------|
| <b>Espèces potentiellement toxiques</b> |               |                                   |          |          |
| <i>Ostreopsis sp.</i>                   |               | 60                                | Orca     | 23 Avril |
| <i>Dinophysis rotundata</i>             | DSP           | 20                                | ED2      | 27 Mai   |
| <i>Alexandrium sp</i>                   | PSP           | 40                                | ED1      | 22 Avril |
| <i>Pseudo-Nitzschia</i>                 | ASP           | 20 171                            | ED3      | 19 Mai   |
| <b>Espèces génératrices de bloom</b>    |               |                                   |          |          |
| <i>Prorocentrum triestinum</i>          | Bloom         | 1754                              | Orca     | 23 Avril |
|                                         |               | 3508                              | Orca     | 04 Mai   |
| <i>Prorocentrum micans</i>              | Bloom         |                                   |          |          |
| <i>Scrippsiella sp</i>                  | Bloom         | 3 508                             | SFP      | 06 Mai   |
| <i>Protoperdinium quinquecorne</i>      | Bloom         | 138 566                           | ED1      | 29 Avril |
| <i>Skeletonema costatum</i>             | Bloom         | 2631                              | Orca     | 21 Mai   |
| <i>Ceratium fusus</i>                   | Bloom         | 40                                | Orca     | 25 Mai   |
| <i>Leptocylindrus danicus</i>           | Bloom         | 490 800                           | ED2      | 06 Mai   |
| <i>Noctiluca scintians</i>              | Bloom         | 20                                | ED2      | 27 Mai   |
| <i>Chaetoceros spp</i>                  | Bloom         | 3 190 200                         | ED2      | 06 Mai   |
| <i>Eutroptiella sp</i>                  | Bloom         | 41 219                            | ED1      | 19 Mai   |

### ❖ Les dinoflagellés:

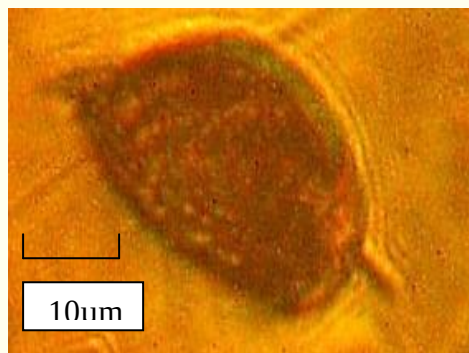
Les principales espèces nocives et/ou toxique représentantes de ce groupes sont : *Prorocentrum micans*, *Protoperidinium quinquecorne*, le genre *Dinophysis*, *Noctiluca scintians*, *Scrippsiella spp*, *Ceratium*,, *Prorocentrum triestinum*, *Ostreopsis sp....*

#### - Genre: *Prorocentrum* (EHRENBERG, 1834):

La production de toxine a été démontrée chez quelques espèces pouvant entraîner des intoxications de types soit Diarrhéique (DSP), ou vénéreux (VSP). (Nezan, Piclet, Grossel, 1997)

#### *Prorocentrum micans* (EHRENBERG, 1834):

Espèce bien localisé durant la période chaude de l'année, on la rencontre généralement pendant la période printanière. Elle a été retrouvée avec une densité cellulaire qui varie de **20 cellules/l** au niveau de la station 1 du port de Sidi-Fredj le 29/04 et le 06/05 à **3 508 cellules/l** au niveau du site aquacole « Orca marine » le 04/05.



*Prorocentrum micans*

**Tableau 12: les densités maximales de *Prorocentrum micans* au niveau des stations étudiée**

| Les stations | Les densités maximales<br>(cellules/l) | Les dates       |
|--------------|----------------------------------------|-----------------|
| ED 1         | 40                                     | 27 Mai          |
| ED 2         | 60                                     | 6 Mai           |
| ED 3         | 80                                     | 19,27 Mai       |
| SF 1         | 20                                     | 29 Avril, 6 Mai |
| SF 2         | 160                                    | 27 Mai          |
| SFP          | 877                                    | 19 Mai          |
| THA          | 2 631                                  | 6 Mai           |
| ORCA         | 3 508                                  | 4 Mai           |

### ***Prorocentrum triestinum* (SCHILLER) :**

Espèces retrouvées à des densités assez faibles au niveau des différents sites d'échantillonnage. Elles varient de **20 cellules/l** au niveau de la station 3 du port d'El Djamila le 14/05 à **440 cellules/l** au niveau de la plage de Sidi-Fredj. Au niveau du site aquacole la densité cellulaire de *Prorocentrum triestinum* varie de **40 cellules/l**, le 25/05 à **1 754 cellules/l** le 23/04 (Annexe 5). Cette espèce est considérée comme étant nuisible et non toxique, a déjà été enregistrée au niveau du port de Annaba en 2002, pratiquement toute l'année avec un bloom en juin (**Frehi et al, 2007**). Elle a aussi été détectée dans le port d'Alger en Juillet 2002 à de très fortes concentrations  $6.5.10^5$ cellules/l (**Illoul et al, 2008**).

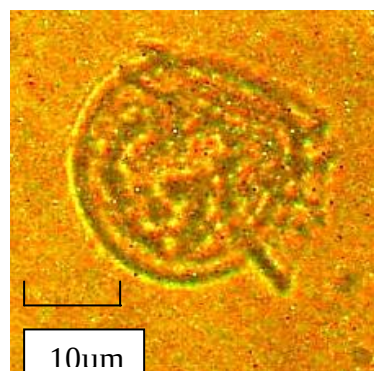
### **- Genre: *Dinophysis* (LINDEMANN, 1928):**

Un certain nombre d'espèces rattachées à ce genre est connu aujourd'hui pour produire des toxines de type DSP, ces toxines diarrhéiques se rencontrent de façon régulière dans les hépato-pancréas des coquillages bivalves et des moules en particulier, (**Nezan, Piclet, Grossel, 1997**).

### ***Dinophysis rotundata* (CLAPAREDE et LACHMANN)**

Sa densité cellulaire ne dépasse pas les **60 cellules/l** au niveau de la station 2 du port d'El Djamila le 27/05, espèce très peu abondante sur les cotes de Annaba mais déjà détectée de Mai à Août 2002, elle est commune des eaux froides et océaniques, présente en abondance dans la Manche, en Atlantique et, de façon occasionnelle, en Méditerranée (**Nezan, 1996 in Frehi et al , 2007**).

Des études toxicologiques ont révélé que *Dinophysis rotundata* était responsable de la production de la dinophysistoxine-1 (DTX1) (**Lee et al ,1989 in Frehi et al, 2007**).



***Dinophysis rotundata***

### ***Dinophysis acuminata* (CLAPAREDE et LACHMANN) :**

Cette espèce a été enregistrée uniquement dans les échantillons pris au filet, ce qui veut dire que sa densité cellulaire dans le milieu est inférieure à **20 cellules/l**.

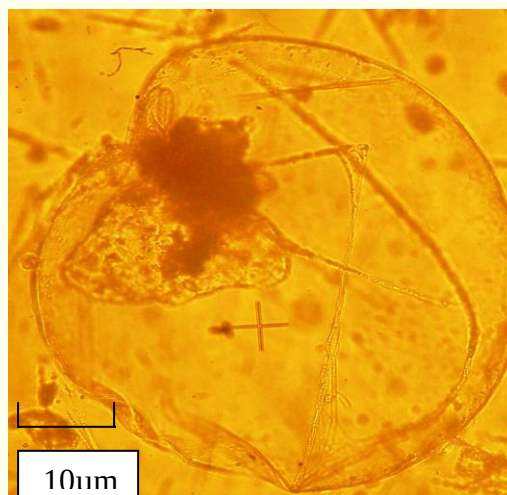
Dans le port de Annaba, Les espèces du genre *Dinophysis* ont été décelées à partir d'avril, mais leur abondance est bien marquée en période printanière (**Frehi et al, 2007**). Dans la région algéroise, les espèces appartenant au genre *Dinophysis* sont également détectées à des concentrations généralement inférieures à 100 cellules/l en mer ouverte et dépassent parfois 1 000 cellules/l dans le port d'Alger (**Illoul et al, 2008**). Selon (**Vila et al, 2001**), le genre *Dinophysis*, provoque des blooms dans les zones confinées. En dehors de ces zones, il présente des densités cellulaires très faibles à la limite de détection.

Ce genre est observé sur une grande partie du littoral de France où il est responsable de contaminations de coquillages. généralement associé aux épisodes de toxicité, ils sont habituellement observés en mai sur les côtes Atlantiques, en juillet sur le littoral de la Manche, la saison de développement de ce genre étant variable d'une année à l'autre sur le littoral méditerranéen (**Gaillard, 2003**). Il est très présent dans les eaux de faibles profondeurs telles que les ports, et ne dépasse pas les  $1.5 \cdot 10^3$  cellules/l (**Vila et al, 2005**).

### **– Genre *Noctiluca* (SURIRAY EX LAMARCK, 1816)**

#### ***Noctiluca scintians* (MACARTNEY) KOFOID et SWEZY**

A été enregistrée durant notre étude à des densités cellulaires faibles de **20 cellules/l** au niveau de la station 2 du port d'El Djamil le 27/05 et le site « Orca marine » le 19/05. Elle génère fréquemment au large, en période estivale et à la côte (dans les secteurs confinés) des manifestations d'eaux colorées appelées "eaux rouges" dont les développements sont spectaculaires, généralement de courtes durées et sans impact significatif sur la santé publique et la faune marine. Cette espèce a déjà été rencontrée au niveau de la baie d'Alger à des concentrations inférieures à  $10^4$  cellules/l. (**Illoul et al, 2008**).



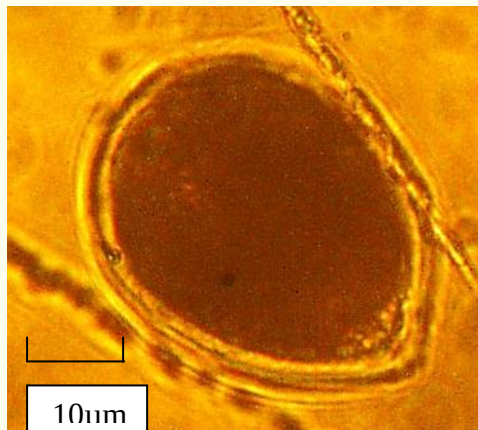
***Noctiluca scintians***

- **Genre *Ceratium* (SCHRANK, 1793)**

Les différentes espèces de *Ceratium* rencontrées au cours de notre étude sont: *C.lineatum*, *C.furca*, *C.candelatum*, *C.fusus*, *C.tripos*. Parmi ses espèces, *C.fusus* est considérée comme étant nuisible et responsable de bloom important causant la mortalité des poissons. Ils a été enregistré au niveau du site aquacole le 25 Mai avec une densité cellulaire de 40 cellules/l. Cette espèce a déjà été enregistrée au niveau de la baie d'Alger en 2003 à des concentrations qui ne dépassent pas les  $10^4$  cellules/l.

- **Genre *Ostreopsis* (SCHMIDT, 1901)**

Il a été enregistré au niveau du site aquacole « Orca marine » le 23/04 à une densité cellulaire de **60 cellules/l**, par contre il est totalement absent des ports et des plages. Cette espèce est favorisée par le réchauffement des eaux, connue comme étant une microalgue toxique. Ainsi un bloom d'*Ostreopsis ovata* a été enregistré dans les eaux Italienne ; provoquant une décoloration des eaux le long des cotes de Toscane (nord de la mer Tyrrhénienne) (**Zingone et al, 2006**), causant ainsi des problèmes respiratoires, conjonctivites et fièvres pour les humains, par les aérosols et la mort pour la faune marine.



*Ostreopsis sp*

- **Genre *Alexandrium* (HALIM, 1960)**

Ce genre a été enregistrée au niveau de la station 1 du port d'El Djamila le 22 et 29/04 et au niveau de la station 2 du port de Sidi-Fredj le 27/05 à des densités cellulaires qui ne dépassent pas les **40 cellules/l**; Le développement de ce genre est observé en fin de printemps et en été en Bretagne, et principalement l'hiver en Méditerranée. L'espèce détectée a été désignée comme *Alexandrium sp* car l'identification des espèces du genre *Alexandrium* nécessite d'observer les plaques thécales par la microscopie à épifluorescence, moyen dont nous ne disposons pas. Ce genre peut proliférer massivement (à des concentrations pouvant atteindre plusieurs dizaines de million de cellules par litre) et former des eaux rouges, ce phénomène a été observé en 1999 dans l'étang d'Urbino en Corse et en Bretagne sud en 2001. La toxicité d'un certain nombre d'espèces rattachées à ce genre a été démontrée.

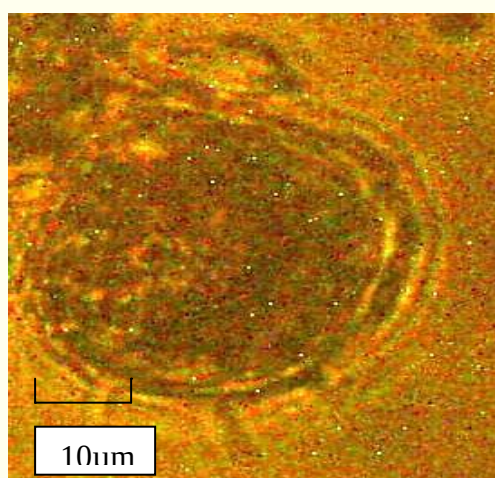
La plupart des espèces toxiques produisent des toxines paralysantes responsables chez l'homme du syndrome "PSP" (Paralytique Shellfish Poisonning). Les principaux vecteurs de contamination de la chaîne alimentaire sont : les mollusques bivalves. Le seuil de toxicité (80µg/100g de chaire) a été dépassé pour la première fois en France en 1988. *A.catenella* a déjà été enregistré au niveau du port de Annaba, provoquant un bloom avec une densité cellulaire de  $117.10^3$  cellules/l, en Mars 2002 (Frehi et al, 2007). D'après Vila et al, (2005); le genre *Alexandrium* a été détecté au niveau des ports de Catalogne (Méditerranée nord-occidentale) à des valeurs pouvant atteindre les  $10^6$  cellules/l, le bloom survient durant les saisons printanière et estivale.

- Genre *Protoperidinium* (BERGH, 1881)

*Protoperidinium quinquecorne* (Abé), BALECH

Cette espèce présente des densités cellulaires variants de **20 cellules/l** au niveau de la thalassothérapie le 27/05 à **138 566 cellules/l** au niveau de la station1 du port d'El Djamil le 29/04, avec une coloration des eaux en brun (Annexe 5). Cette espèce est considérée comme espèce nuisible provoquant des blooms et responsable de phénomène de coloration des eaux en brun. Rencontré au niveau des ports, et très peut abondant au niveau de la plage de Sidi-Fredj et du site aquacole. Par contre il est présent au niveau de la thalassothérapie mais ne dépasse pas les **40 cellules/l**. La présence de *Protoperidinium quinquecorne* dans les eaux côtières indique que cette espèce préfère les eaux riches en sels nutritifs. Il forme des blooms dans les zones eutrophiques ainsi qu'au niveau des eaux saumâtres polluée ; Il tolère des températures supérieures à 30°C. Le bloom tend à disparaître lorsque les températures baissent brusquement; cette espèce supporte des salinités entre 30 à 38psu (Hostman, 1980 in Lizzaragal, Del Socorro et Gomez, 2008).

D'après Cerate-Lizarraga et al (2008), *Protoperidinium quinquecorne* atteint des valeurs de densités importantes de l'ordre de  $2.1.10^6$  cellules/l en Mai 2003, et  $2.97.10^6$  cellules/l en Juillet 2004 dans la baie de Bahia de la Paz (en Californie). Il a aussi provoqué des blooms assez importants en Chine dans la baie de Daya (zone aquacole) en Mai 1999 (Jing Yu et al ,2007).

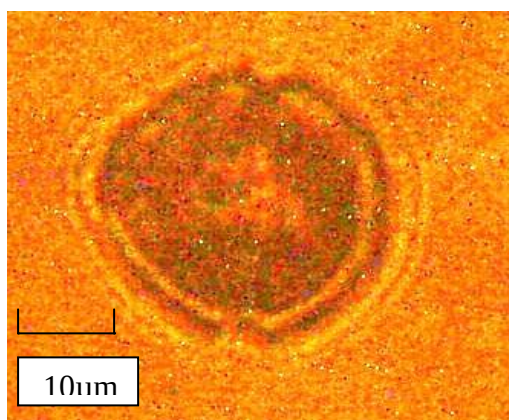


*Protoperidinium quinquecorne*

**- Genre *Scrippsiella* (BALECH EX A.R LOEBLICH III, 1965)**

Ce genre a été régulièrement récolté au niveau des ports avec des densités cellulaires qui varient de **40 cellules/l** au niveau de la station 1 du port d'El Djamila et la station 2 du port de Sidi-Fredj le 14/05 à **2 600 cellules/l** au niveau de la station 1 du port d'El Djamila le 29/04. Au niveau des plages la densité cellulaire varie de **240 cellules/l** au niveau de la plage de Sidi-Fredj le 29/04 à **3 508 cellules/l** le 06/05 au niveau de la même plage. Sur le site aquacole, la densité cellulaire de *Scrippsiella* spp. Ne dépasse pas les **877 cellules/l** (Annexe5).

Cette espèce a été récoltée dans le port de Annaba, pendant l'hiver, le printemps et l'été 2002. Elle a aussi formé des blooms en Mai et en juin 2002. Espèce provocatrice de bloom, rencontré au niveau du port d'Alger en juillet 2002 avec des concentrations de  $4.2.10^5$  cellules/l, provoquant la coloration des eaux en vert (Illoul et al, 2008).



***Scrippsiella* sp**

**- Genre *Coolia* : (MEUNIER, 1919)**

L'espèce a été rencontrée au niveau de la thalassothérapie le 06/05/08 et le 14/05/08 et au site aquacole le 04/05/08 a une densité cellulaire de **40 cellules /l**. on l'a également retrouvée au niveau du port de la station 2 du port de Sidi-Fredj le 29/04, a une densité cellulaire de **20 cellules/l**. Cette espèce produit la cooliatoxine qui est un analogue de la yessotoxine et provoque des mortalités intense pour la faune et la flore marine (Sournia et al, 1991)

## ❖ Les diatomées:

Les diatomées représentent le deuxième grand groupe taxinomique, présent tout au long de notre période d'échantillonnage, pendant le mois d'Avril, les densités cellulaires sont plus importantes de l'ordre de  $10^6$  cellules/l, et commencent à diminuer progressivement durant le mois de Mai, peut atteindre des densités cellulaires de l'ordre de  $10^4$  cellules/l. Les espèces les plus abondantes de ce groupe sont: *Chaetoceros spp*, *Pseudo-Nitzschia spp*, *Leptocylindrus danicus*, *Thalassionema sp*, *Thalassiosira sp*, *Asterionellopsis sp*, *Navicula sp*, *Cylindrotheca closterium*, *Skeletonema costatum* . .

### - Genre *Skeletonema* (GRENVILLE, 1865)

Espèce totalement absente des ports, et des plages toute au long de notre période d'échantillonnage, mais présente au niveau du site aquacole uniquement le 21/05 avec une densité cellulaire de **2 631 cellules/l**.

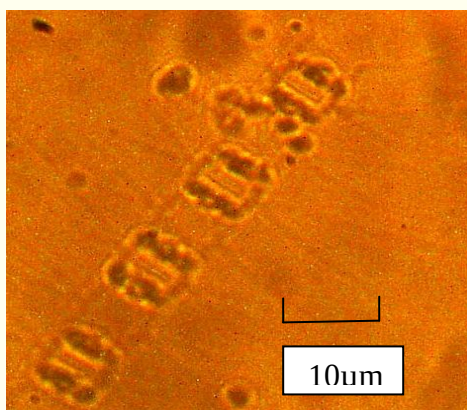
Contrairement aux résultats du présent travail, cette espèce est signalée de façon très fréquente dans le port de Mahon par Massuti (1948), dans le port de Naples par Yamazi (1964), dans le port d'Alexandrie par El Maghraby et Halim (1965) et par Paw (1969) dans le port d'Ostende, (*in Patriti, 1976*).

Ce genre est représenté par l'espèce *Skeletonema Costatum*, responsable de blooms importants aux alentours de  $5.10^6$  cellules/l, dans les zones néritiques (**Travers, 1971**), provoquant ainsi une anoxie du milieu suivie d'une mort de la faune et la flore marine.

### - Genre *Chaetoceros* (EHRENBERG, 1844)

#### - *Chaetoceros spp*:

Espèces non identifiées en raison de leur petite taille, présentes pratiquement dans toutes les stations avec des densités cellulaires qui varient d'une station à une autre. Un bloom à *Chaetoceros spp*. a été enregistré au niveau de la station 2 du port d'El Djamila le 06/05/08 avec une densité cellulaire de **3 190 200 cellules/l** (Annexe5). Durant la dernière semaine de prélèvement on enregistre une diminution de la densité cellulaire de *Chaetoceros spp*. Jusqu'à ce qu'il disparaisse totalement au niveau du port et de la plage de Sidi-Fredj, ainsi qu'au niveau de la thalassothérapie. Genre cosmopolite, générateur de blooms, il a été détecté au niveau du port d'Alger avec  $3.510^7$  cellules/l en Juillet 2003, (**Illoul, et al 2008**).



*Chaetoceros sp*

- ***Chaetoceros curvisetus* (CLEVE, 1889)**

Espèce peu fréquente au cours de notre étude, mais responsable d'une densité élevée, de l'ordre de **21 048 cellules/l** au niveau du port d'El Djamila le 19 mai. Selon Massuti, 1948 (**in Patriti, 1976**), *Chaetoceros curvisetus* est présente de manière assez fréquente dans les milieux portuaires. Par ailleurs, El Maghraby et Halim (**1965 in Patriti, 1976**) trouvent que cette espèce abonde surtout en hiver.

- **Genre *Cylindrotheca* (RABENHORST EMEND, REIMANN et LEWIN)**

Ce genre est représentée par l'espèce *Cylindrotheca Closterium* ; Espèce des eaux marines et saumâtres, très abondantes à toutes les stations, tout au long de la période d'échantillonnage, les densités maximales sont enregistrées au niveau des ports et de la plage de Sidi-Fredj, contrairement à la thalassothérapie et au site aquacole où les teneurs ne dépassent pas les **7 893 cellules/l**

Un bloom à *Cylindrotheca closterium* a été enregistré au niveau du port d'El Djamila le 06 mai avec une densité cellulaire de **184 050 cellules/l** (Annexe 5).

- **Genre *Thalassiosira* (LEBOUR, 1930, EMEND.HASLE, 1973b)**

Le maximum est enregistré au niveau de la station 1 du port d'El Djamila le 22/04/08 avec **30 120 cellules/l**. tandis qu'au niveau du port de Sidi-Fredj les concentrations sont moins importantes et ne dépassent pas les **8 770 cellules/l**.

Le minimum est enregistré au niveau de la station 2 du port de Sidi-Fredj avec une densité cellulaire de **40 cellules/l**.

*Thalassiosira sp* est totalement absente au niveau des plages sauf dans le site aquacole où elle a été enregistrée à des densités qui varient de **2 631 à 8 770 cellules/l**.



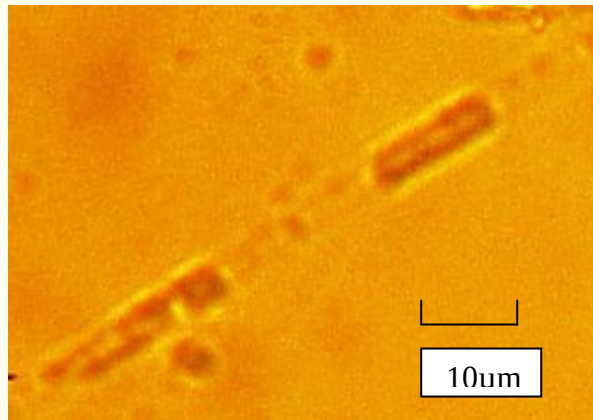
***Thalassiosira sp***

- **Genre *Leptocylindrus* (CLEVE, 1889)**

Ce genre est représenté au cours de notre étude par deux espèces: *L.danicus*, *L.minimus* qui sont cosmopolites et responsables de blooms importants.

***Leptocylindrus danicus* (CLEVE, 1889):**

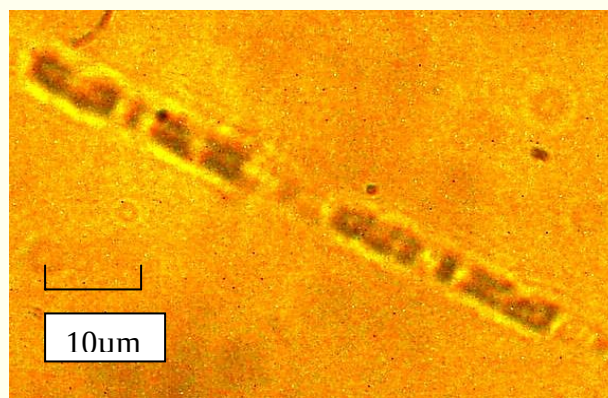
Espèce Présente de façon très abondante au niveau des ports, particulièrement au niveau d'El Djamila, où elle atteint des densités maximales de l'ordre de **490 800 cellules/l** à la station 2 le 06/05. Elle est totalement absente au niveau du site aquacole, et cela peut être dû au fait que ce soit un milieu ouvert (Annexe 5). *Leptocylindrus danicus* préfère les milieux fermés à semi fermés (**Patrity, 1976**).



***Leptocylindrus danicus***

- ***Leptocylindrus minimus* (GRAN):**

Cette espèce est totalement inexistante au port d'El Djamila durant toute notre période d'échantillonnage. Elle apparaît dans le port de Sidi-Fredj avec de faibles densités qui ne dépassent pas les **120 cellules/l**, cela coïncide avec les fortes concentrations en nitrates et en ammonium dans le port. L'espèce est rencontrée de façons plus fréquentes au niveau des plages. (Annexe 5).



***Leptocylindrus minimus***

- **Genre *Pseudo-Nitzshia* (HASSELL, 1845) :**

Ce genre est présent durant toute la période d'échantillonnage, avec des densités cellulaires qui varient de **40 cellules/l** au niveau de la station 2 du port de Sidi-Fredj le 29/04/08 à **13 155 cellules/l** au niveau de la plage de Thalassothérapie le 06/05/08. Totalement absente au niveau du site aquacole durant la période d'échantillonnage. On distingue deux groupes d'espèces différents, « groupe *delicatissima* », « groupe *seriata* », espèces potentiellement toxiques, responsables du syndrome ASP, elles forment aussi des blooms importants durant la période printanière. (Annexe 5).



***Pseudo-Nitzshia* sp**

### ❖ Les Nanoflagellées :

Ils représentent le groupe taxinomique le plus fréquemment rencontré au cours de notre étude, ce sont des espèces phytoplanctoniques de très petite taille (inférieure à  $5\mu\text{m}$ ), dont l'identification nécessite la microscopie électronique. Les Nanoflagellés prédominent au niveau de toutes les stations, en particulier au port d'El Djamila où elles atteignent des densités cellulaires de l'ordre de  $10^7$  **cellules/l**. Au niveau du port de Sidi Fredj, et au niveau des plages elles atteignent des densités cellulaires de l'ordre de  $10^6$  **cellules/l**, tandis qu'au niveau du site aquacole, la densité cellulaire ne dépasse pas les  $10^5$  **cellules/l**.

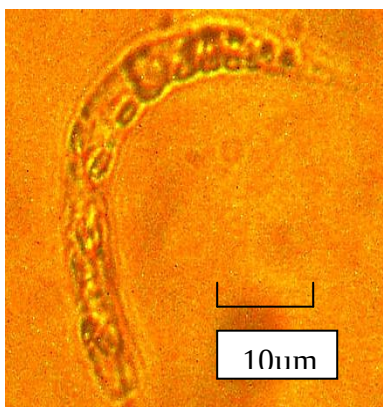
#### - les Chlorophycées :

Une espèce non identifiée, de la classe des chlorophycées, a été très abondante durant toute notre période de prélèvement. Plusieurs blooms dus à la prolifération massive de petits flagellés au niveau des ports et des plages ont été enregistrés à l'exception du site aquacole où ils sont introuvables. Le premier bloom a été enregistré au niveau de la station 1 du port d'El Djamila avec une densité cellulaire de **6 503 100cellules/l** le 6/05, le second avec une densité cellulaire de **52 576 950cellules/l** au niveau de la même station, suivi d'un autre bloom au niveau de la station 2 du port d'El Djamila avec une densité cellulaire de **9 028 217cellules/l** le 14/05(Annexe 5).

### ❖ Les Raphidophytes:

#### - *Eutreptiella sp*:

Cette espèce est présente au niveau de toutes les stations avec des densités cellulaires variables. Au port d'El Djamila, elle apparaît pendant le mois de Mai, son maximum est enregistré à la station 1 du port avec une densité cellulaire de **41 219 cellules/l**, le 21/05, son minimum est de **80 cellules/l** à la station 2 le 14/05. Au port de Sidi-Fredj, la densité cellulaire varie de **20 cellules/l** à la station 1 le 06/05, à **2 631 cellules/l** à la station 2 le 14/05. Les plages présentent une densité cellulaire plus importante qui varie de **20 cellules/l** au niveau de la thalassothérapie le 27/05, à **16 663 cellules/l** au niveau de la plage Est de Sidi Fredj le 21/05. Elle est totalement absente du site aquacole.



*Eutreptiella sp*

#### IV- la diversité spécifique:

L'indice de diversité varie au cours de notre période d'échantillonnage de 0.16 à 2.5, le minimum a été rencontré au niveau de la station portuaire d'El Djamila (station2) le 14 Mai, par contre le maximum a été observé au niveau du site aquacole le 04 Mai.

Le nombre d'espèces rencontrées durant notre étude varie de 11 espèces à la station 2 du port d'El Djamila le 29 Avril, à 29 espèces dans la même station le 19 Mai.

C'est dans le port d'El Djamila que l'on enregistre les fortes densités, le maximum a été enregistré au niveau de la station 2 à ce port le 14 Mai, et le minimum est de 12 267 individus au niveau de la station2 du port de Sidi Fredj le 29 Avril.

Le 22 Avril les stations étudiées sont occupées par des peuplements appartenant au stade 1 de la succession écologique, à cela correspondent des valeurs de l'indice de Shannon qui varie de 1.28 à 2.04. à cela s'ajoute une forte diversité en espèces qui varie de 19 à 21 espèces. Les espèces les plus abondantes durant cette période sont : *Protoperidinium quinquecorne*, *Chaetoceros spp*, *Scrippsiella sp*, *Thalassiosira sp*.

Le 29 Avril, la population phytoplanctonique appartient toujours au stade 1 de la succession écologique avec des valeurs de l'indice de Shannon qui varient entre 1.1 à 2.4 mais dans ce cas, la diversité des espèces varie de 11 à 25 espèces différentes. Cette période est caractérisée par la présence fréquente des espèces suivantes : *Protoperidinium quinquecorne*, *Cylindrotheca closterium*, *Chaetoceros spp*, *Prorocentrum sp*, *Pseudo-Nitzschia*, *Leptocylindrus minimums*, *Prorocentrum triestinum*

Le 06 Mai, la population phytoplanctonique est toujours au stade 1, avec un indice de diversité qui varie de 0.18 à 2.5, avec 15 à 25 espèces phytoplanctonique parmi les quelles on citera : *Protoperidinium quinquecorne*, *Ceratium lineatum*, *Chaetoceros spp*, *Leptocylindrus danicus*, *Skeletonema costatum*, *Thalassionema sp*, *Pseudo-Nitzschia*.

Les 14 et 19 Mai, l'indice de Shannon varie de 0.16 à 2.36, avec 12 à 29 espèces, les plus importantes sont représentées par : *Protoperidinium quinquecorne*, *Guinardia sp*, *Pseudo-Nitzschia*, *Chaetoceros spp*, *Rhizosolenia sp*, *Thalassionema*, *Prorocentrum micans*.

Durant la dernière semaine du mois de Mai, l'indice de diversité a tendance à diminuer et donc varie de 1.05 à 1.99, avec 12 à 28 espèces différentes. Les diatomées disparaissent peu à peu pour laisser place aux dinoflagellés.

Les espèces les plus importantes durant cette semaine sont : *Scrippsiella* sp, quelques espèces de dinoflagellés cuirassés, des *Gymnodiniens*, *Chaetoceros* spp, *Protoperdinium quinquecorne*.

En ce qui concerne le site aquacole « Orca marine », il présente une très grande variation en espèce phytoplanctonique telles que : *Prorocentrum triestinum*, *Scrippsiella* sp, *Guinardia* sp, *Rhizosolenia* sp, *Ostreopsis* sp, *Pseudo-Nitzschia* spp.....

**Tableau 13: résultats de l'indice de diversité au niveau des stations**

| stations    | Indice de Shannon<br>(bits) | Nombre d'espèce | Nombre d'individus<br>total/station |     |
|-------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------------------|-----|
|             |                             |                 | min                                 | max |
| <b>ED 1</b> | <b>0.18 – 1.93</b>          | <b>15 - 25</b>  | <b>153 478 – 6 732 737</b>          |     |
| <b>ED 2</b> | <b>0.16 -2.04</b>           | <b>11 - 29</b>  | <b>46 318 – 9 075 567</b>           |     |
| <b>ED 3</b> | <b>1.02 – 1.45</b>          | <b>12 – 25</b>  | <b>84 695 – 565 766</b>             |     |
| <b>SF 1</b> | <b>0.76 – 1.99</b>          | <b>14 - 25</b>  | <b>12 858 – 279 509</b>             |     |
| <b>SF 2</b> | <b>1.11 – 2.4</b>           | <b>18 - 25</b>  | <b>12 267 – 310 011</b>             |     |
| <b>SFP</b>  | <b>1.03 – 1.95</b>          | <b>12 – 25</b>  | <b>30 098 – 915 227</b>             |     |
| <b>THA</b>  | <b>0.66 – 2.36</b>          | <b>18 - 25</b>  | <b>20 491 – 405 217</b>             |     |
| <b>Orca</b> | <b>1.39 – 2.5</b>           | <b>17 - 28</b>  | <b>40 677 – 286 114</b>             |     |

## Conclusion

L'analyse des échantillons prélevés au niveau des ports (Sidi Fredj, El Djamila), des plages (Sidi Fredj Est, la Thalassothérapie), ainsi que le site aquacole Orca marine durant la saison printanière 2008 nous a permis d'aboutir aux conclusions suivantes :

- ❖ Le présent travail nous a permis d'identifier 17 genres parmi lesquels 14 sont nuisibles et/ou potentiellement toxiques.
- ❖ Les eaux côtières des zones confinées, semi confinées et site aquacole favorisent le développement des espèces phytoplanctoniques avec de grandes densités cellulaires pouvant atteindre les  $10^6$  cellules/l pour les espèces suivantes : *Chaetoceros spp*, *Protoperidinium quinquecorne* et quelques espèces de Nanoflagellés.
- ❖ L'apparition de plusieurs espèces toxiques et/ou nuisibles même à de faibles concentrations représente un réel danger pour la santé humaine telle que : *Alexandrium sp*, *Ostreopsis sp*, ou les animaux marins *Prorocentrum micans*, *Protoperidinium quinquecorne*, *Scrippsiella sp*, *Ceratium fusus*.
- ❖ L'étude des paramètres physico-chimiques a permis une meilleure compréhension de la répartition des espèces étudiées.
- ❖ Malgré la courte durée de l'échantillonnage, le présent travail a permis la détection de plusieurs espèces nuisibles et contribue à renforcer les arguments en faveur de l'installation de programmes de monitoring, afin de surveiller les proliférations massives d'espèces toxiques, et afin de contrôler les produits de la conchyliculture.
- ❖ Pour une étude plus approfondie et une meilleure connaissance des espèces étudiées, un échantillonnage plus étendu dans le temps et dans l'espace s'avère nécessaire. Par ailleurs, des moyens plus précis et plus performants tels que : la microscopie électronique, l'épifluorescence, ainsi que l'utilisation de colorants spécifiques permettrait une identification plus poussée des espèces collectées.

## BIBLIOGRAPHIE

**AID. F, 1981** - Variation saisonnières de la production auto et hétérotrophe du plancton de la baie d'Alger, effets des facteurs nutritionnels. Thèse de doctorat 3<sup>ème</sup> cycle, USTHB, Alger : 88 p

**AMINOT.A, CHAUSSEPIED.M, 1983**- Manuel des analyses chimiques en milieu marin.Edition CNEXO, Brest, France : 395 p.

**AMINOT. A, GUILLAUD. J.F, KEROUEL. R, 1997.** La baie de Seine : hydrologie, nutriments et chlorophylle (1978-1994). Edition IFREMER, Brest, France : 148 p.

**BALECH. E, 1988** – Los Dinoflagelados del Atlántico suboccidental.pub1.Espc.Inst. Esp.Oceanographique, 1:310 p.

**BELIN.C, RAFFIN.B, 1998**- les espèces phytoplanctoniques toxiques et nuisibles sur le littoral français de 1984-1995, résultats du REPHY.Edition IFREMER, Brest, France : 69p.

**BERNABE. G, 1989**- Aquaculture (volume II). Edition, Tech et Doc Lavoisier, Paris : 1308 p.

**BERLAND. B, LASSUS. P, 1988** - Efflorescences toxiques des eaux côtières Françaises, écologie, écophysiologie, toxicologie. CNRS, Edition, IFREMER, Brest, France : 201p.

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

**BOUDJELLAL.B, FERHAT.N, DJILLALI.M, AZZOUZ.M, 1995** – Heavy metals in the superficial sediment of Bou-Ismaïl Bay-Rapp, comm, Institut, Mer Mediterranean: 134 p.

**BOUGIS, 1976**- Ecologie du plancton marin I. le phytoplancton.Collection d'écologie, Edition, Masson and Cie, Paris, France : 196p.

**CHAOUCH. N, DARBEIDA .N, 2000**- contribution a l'étude des conditions physico-chimiques et biologiques dans la baie de Bou-Ismaïl, Mémoire, Ingénieur, chimie marine, ISMAL, Algérie : 126p.

**CHEBAB, 1996**- influence sur la reproduction de l'émersion permanente de *Mytilus galloprovincialis*, Thèse de magistère, ISMAL, Algérie : 150p

**FREHI.H, COUTE.A, MASCARELL.G, PERETTE-GALLET.C, AYADA.M, KARA.M.H, 2007**- Dinoflagellés toxiques et/ou responsables de blooms dans la baie d'Annaba (Algérie), C.R.Biologies, 330 : 615-628p.

**GAILHARD, 2003-** Analyse de la variabilité spatio-temporelle des populations microalgales côtières observées par "le réseau de surveillance du phytoplancton et des phytotoxines (REPHY), Thèse de Doctorat, Université d'Aix Marseille II, France : 293p.

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

**ILLOUL. H, 1991** – Contribution à l'étude qualitative, quantitative et structurale des populations phytoplanctoniques au large du Cap Caxine. Thèse de magistère, océanologie biologique, ISMAL, Algérie: 214 p

**ILLOUL, H., MASO, M., FORTUNO, J-M, CROS, L., MORALES-BLAKE, A. et SERIDJI, R. 2008-**Potentially harmful microalgae in coastal waters of the Algiers area (Southern Mediterranean Sea), Cryptogamy, Algology, 29 (3): 261-278p.

**JING YU, DAN-Ling TANG, IM-SANG OH and LI-JUN YAO, 2007-** Response of Harmful Algal Blooms to Environmental Changes in Daya Bay, China, Terre, Atmosphere, Océanologie, Science, 18(5): 1011-1027p.

**GARATE-LIZARRAGA. I, DEL SOCORRO.M, GOMEZ, M. 2008** - Bloom of *Peridinium quinquecorne* in la Ensenada de la Paz, gulf of California (July, 2003). Acta Botanica Mexicana, 83:33- 47p.

**NEZAN.E, PICLET.G, GROSSEL.H, 1997-** Guide pratique à l'usage des analystes du Réseau National de Surveillance du Phytoplancton. Edition, Ifremer, France: 31p

**PATRITI.G, 1976-** Structure et fonctionnement du système planctonique dans l'écosystème des zones fermées et semi fermées des ports de Marseille (Dystrophie et pollution). Thèse de Docteur d'etat. ES-Science naturelles. université d'Aix Marseille, France : 202p.

**RICARD. M, 1987-** Atlas du phytoplancton marin. Vol II: Diatomophycées, Edition CNRS, France: 297p

**SOURNIA. A, 1968** – Diatomées planctoniques du canal de Mozambique et de l'île Maurice. Edition ORSTOM, Paris : 117p

**SOURNIA. A, 1986** - Atlas du phytoplancton marin. Vol I : Introduction, Cyanophycées, Dictyochophycées, Dinophycées et Raphidophycées, Edition C.N.R.S, France : 219 p

**SOURNIA. A, BELIN. C, BERLAND. B, ERARD-LE DENN. E, GENTIEN. P, GRZEBYK. D, MARCAILLOU- LE BAUT. C, LASSUS. P et PARTENSKY. F, 1991** – Le phytoplancton nuisible des côtes de France, de la biologie à la prévention, Edition IFREMER, France : 154 p

**TRAVERS. M, 1971** - Le microplancton du golfe de Marseille, étude quantitative, structurale et synécologie variation spatio-temporelle, Tome1. Thèse de doctorat en ES- science naturelle, Université d'Aix Marseille, France : 387 p

**VILA.M, CAMP.J, GARCES.E, MASO.M and DELGADO.M, 2001**- Hight resolution spatio-temporel detection of potentially harmful dinoflagellates in confined waters of the NW Mediterranean, journal of plankton research, 23(5): 497-514 p.

**VILA.M, MASO.M, 2005**- Phytoplankton functional groups and harmful algal species in anthropogenically impacted waters of the NW Mediterranean Sea, scientia marina 69(1): 31-45.

**SAMSON- KECHACHA F L., 1981.** Variations saisonnières des matières nutritives de la baie d'Alger- Recherche des facteurs contrôlant le développement du phytoplancton. Thèse de doctorat 3<sup>eme</sup> cycle en océanographie, biologie. USTHB, / CROP, Alger: 98 p.

**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, 5:321–337p .

## **ANNEXES:**

### **Annexe1 : Liste des différentes espèces de diatomées rencontrées au cours de notre étude**

#### **Les pennées:**

Famille: Fragilariaceae (Dumortier, 1823)

Genre: Asterionella (Hassall, 1855)

Genre: Licmophora (Agardh, 1827)

Genre: Thalassionema (Grunow in Van Heurck, 1881)

Famille: Naviculaceae (Kutzing, 1844)

Genre: Navicula (Bory de st Vincent, 1822)

Genre: Nitzschia (Hassell, 1845)

Genre: Pseudo-nitzschia (Hassell, 1845)

#### **Les centrales:**

Famille: coscinodiscaceae (Kutzing, 1844)

Genre: coscinodiscus (Ehrenberg, 1838 emend, Rattray, 1890)

Famille: Thalassiosiraceae (Cleve, 1873)

Genre: Thalassiosira (Lebourg, 1930, emend. Hasle, 1973b)

Genre: Skeletonema (Greville, 1865)

Genre: Lauderia (Cleve, 1873)

Famille: Rhizosoleniaceae (Petit, 1888)

Genre: Rhizosolenia (Ehrenberg, 1841, emend. Brightwell, 1858)

Genre: Guinardia (Peragallo, 1892)

Famille: Leptocylindraceae (Lebourg, 1930)

Genre: Leptocylindrus (Cleve, 1889)

Espèce: *Leptocylindrus danicus* (Cleve, 1889)

Espèce: *Leptocylindrus minimus* (Gran)

Famille: Biddulphiaceae (Kutzing, 1844)

Genre: Cerataulina (Peragallo ex Schutt, 1896)

Famille: Chaetoceraceae (Smith, 1872)

Genre: Chaetoceros (Ehrenberg, 1844)

Espèce: *Chaetoceros curvatus* (Cleve, 1889)

Espèce: *Chaetoceros* spp

### Liste des différentes espèces de dinoflagellés rencontrées au cours de notre étude

Ordre: Prorocentrales (Lemmermann, 1910)

Famille: Prorocentraceae (Stein, 1883)

Genre: Prorocentrum (Ehrenberg, 1834)

Espèce: *Prorocentrum micans* (Ehrenberg, 1834)

Espèce: *Prorocentrum triestinum* (Schiller)

Espèce: *Prorocentrum* sp

Ordre: Dinophysales (Lindemann, 1928)

Famille: Dinophysaceae (Stein, 1883)

Genre: Dinophysis (Ehrenberg, 1839b)

Espèce: *Dinophysis rotundata* (Claparede et Lachmann)

Espèce: *Dinophysis acuminata* ((Claparede et Lachmann)

Ordre: Noctilucales (Haeckel, 1894)

Famille: Noctilucaceae (Kent, 1881)

Genre: Noctiluca (Suriray ex Lamarck, 1816)

Espèce: *Noctiluca scintians* (Macartent, Kofoid et Swzzy)

Ordre: Peridinales (Haeckel, 1894)

Famille: Ceratiaceae (Kofoid, 1907b)

Genre: Ceratium (Schrank, 1793)

Famille: Ostreopsidaceae (Lindemann, 1928)

Genre: Ostreopsis (Schmidt, 1901)

Genre: Coolia (Meunier, 1919)

Genre: Alexandrium (Halim, 1960b)

Famille: Peridiniaceae (Ehrenberg, 1828)

Genre: Protoperidinium (Bergh, 1881)

Espèce: *Protoperidinium quinquecorne* (Abe)

Espèce: *Protoperidinium spp*

Genre Scrippsiella (Balex ex A.R Loeblich III, 1965)

## Annexe 2: les concentrations de sels nutritifs pour chaque prélèvement effectué

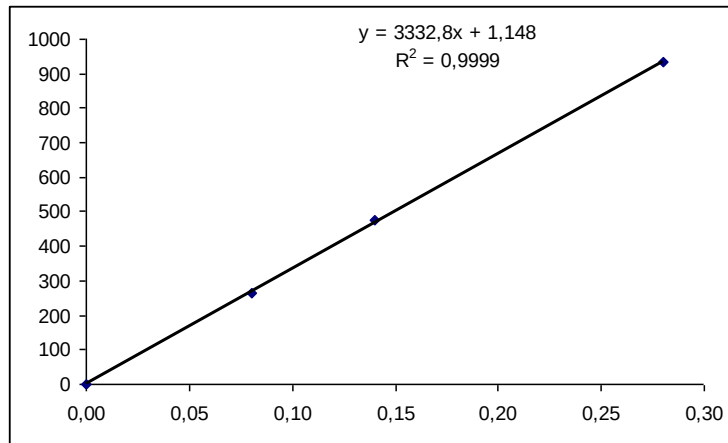
| Station-date | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> µmol/l | H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> µmol/l | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> µmol/l | SiO <sub>2</sub> µmol/l | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> µmol/l |
|--------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|
| ED1 22/04    | 1,927                               | 0,0077                                              | 0,9760                              | 0,8404                  | 0,3318                              |
| ED2 22/04    | 1,463                               | 0,0179                                              | 0,6267                              | 0,2948                  | 0,1185                              |
| ORCA 23/04   | 1,595                               | 0,0267                                              | 0,9077                              | 0,1593                  | 0,0199                              |
| ED1 29/04    | 2,104                               | 0,0280                                              | 1,0418                              | 0,5253                  | 0,1705                              |
| ED2 29/04    | 1,950                               | 0,0289                                              | 1,0203                              | 0,5558                  | 0,1935                              |
| ED3 29/04    | 2,118                               | 0,0251                                              | 1,1116                              | 0,6134                  | 0,3172                              |
| SF1 29/04    | 1,533                               | 0,0690                                              | 0,9169                              | 1,3081                  | 0,0030                              |
| SF2 29/04    | 1,581                               | 0,0340                                              | 1,0330                              | 0,8845                  | 0,0713                              |
| SFP 29/04    | 1,754                               | 0,0188                                              | 1,0130                              | 0,3728                  | 0,1031                              |
| ED1 06/05    | 2,296                               | 0,0222                                              | 1,0444                              | 0,5354                  | 0,2990                              |
| ED2 06/05    | 1,889                               | 0,0254                                              | 1,1792                              | 0,2881                  | 0,1271                              |
| ED3 06/05    | 2,077                               | 0,0234                                              | 0,9932                              | 0,776                   | 0,0702                              |
| SF1 06/05    | 1,921                               | 0,0295                                              | 0,9245                              | 0,41                    | 0,0859                              |
| SF2 06/05    | 1,930                               | 0,0235                                              | 0,8761                              | 0,5151                  | 0,0682                              |
| SFP 06/05    | 2,013                               | 0,0239                                              | 0,8257                              | 0,305                   | 0,1027                              |
| THA 06/05    | 2,217                               | 0,0354                                              | 1,0269                              | 0,3592                  | 0,0720                              |
| ED1 14/05    | 3,898                               | 0,0226                                              | 1,1859                              | 1,0167                  | 0,4884                              |
| ED2 14/05    | 2,887                               | 0,0305                                              | 0,9819                              | 0,976                   | 0,2083                              |
| ED3 14/05    | 1,837                               | 0,0331                                              | 0,7760                              | 0,7083                  | 0,0036                              |
| SF1 14/05    | 2,720                               | 0,0297                                              | 0,9632                              | 0,7523                  | 0,2318                              |
| SF2 14/05    | 2,926                               | 0,0201                                              | 1,0103                              | 0,9184                  | 0,1066                              |
| SFP 14/05    | 3,593                               | 0,0058                                              | 0,9655                              | 0,6168                  | 0,3167                              |
| THA 14/05    | 2,909                               | 0,0227                                              | 0,9254                              | 0,5219                  | 0,1462                              |
| ED1 19/05    | 3,093                               | 0,0307                                              | 0,9553                              | 0,9082                  | 0,5403                              |
| ED2 19/05    | 4,050                               | 0,0273                                              | 0,9792                              | 0,8167                  | 0,4701                              |
| ED3 19/05    | 3,458                               | 0,0228                                              | 0,9695                              | 0,6303                  | 0,3841                              |
| SF1 19/05    | 3,236                               | 0,0194                                              | 0,9642                              | 0,5219                  | 0,1118                              |
| SF2 19/05    | 2,612                               | 0,0143                                              | 0,8849                              | 0,6371                  | 0,1448                              |
| SFP 19/05    | 2,520                               | 0,0138                                              | 0,8315                              | 0,471                   | 0,1519                              |
| THA 19/05    | 2,248                               | 0,0226                                              | 0,8805                              | 0,5151                  | 0,0358                              |
| ED1 27/05    | 3,680                               | 0,0244                                              | 1,0149                              | 1,0844                  | 0,6750                              |
| ED2 27/05    | 3,379                               | 0,0285                                              | 0,9095                              | 1,769                   | 0,6407                              |
| ED3 27/05    | 3,248                               | 0,0266                                              | 0,9169                              | 1,6233                  | 0,6278                              |
| SF1 27/05    | 2,524                               | 0,0270                                              | 0,7793                              | 0,9523                  | 0,1620                              |
| SF2 27/05    | 2,004                               | 0,0121                                              | 0,6850                              | 0,9353                  | 0,0760                              |
| SFP 27/05    | 2,185                               | 0,0033                                              | 0,7395                              | 0,4982                  | 0,2007                              |
| THA 27/05    | 1,995                               | 0,0069                                              | 0,7540                              | 0,6981                  | 0,1691                              |

### Annexe 3 : pourcentages des groupes phytoplanctonique rencontrés dans notre étude

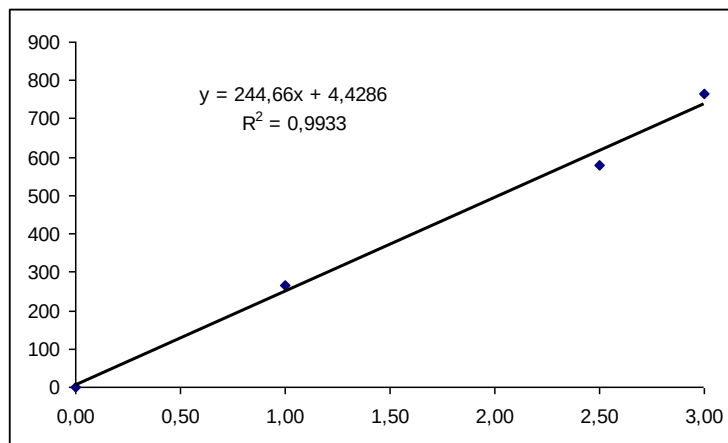
| code        | % dinos | % diat | % nano | % raphid | % ciliés | % tinti | % predats | % coccolitho |
|-------------|---------|--------|--------|----------|----------|---------|-----------|--------------|
| <b>ED1</b>  |         |        |        |          |          |         |           |              |
| 22-avr      | 0,90    | 88,10  | 9,98   | 0,00     | 0,99     | 0,03    | 0,00      | 0,00         |
| 29-avr      | 17,93   | 48,82  | 32,58  | 0,00     | 0,11     | 0,55    | 0,01      | 0,00         |
| 06-mai      | 0,26    | 3,15   | 96,58  | 0,00     | 0,01     | 0,00    | 0,00      | 0,00         |
| 14-mai      | 0,02    | 0,18   | 99,80  | 0,01     | 0,00     | 0,00    | 0,00      | 0,00         |
| 19-mai      | 7,01    | 32,51  | 54,25  | 6,10     | 0,13     | 0,00    | 0,00      | 0,00         |
| 27-mai      | 3,99    | 5,68   | 90,10  | 0,19     | 0,00     | 0,03    | 0,01      | 0,00         |
| <b>ED2</b>  |         |        |        |          |          |         |           |              |
| 22-avr      | 2,07    | 26,01  | 71,88  | 0,00     | 0,01     | 0,03    | 0,00      | 0,00         |
| 29-avr      | 3,48    | 30,51  | 64,66  | 0,00     | 0,00     | 0,68    | 0,68      | 0,00         |
| 06-mai      | 10,22   | 85,83  | 3,95   | 0,00     | 0,00     | 0,00    | 0,00      | 0,00         |
| 14-mai      | 0,03    | 2,57   | 97,38  | 0,00     | 0,02     | 0,00    | 0,00      | 0,00         |
| 19-mai      | 5,46    | 36,52  | 55,74  | 2,26     | 0,01     | 0,00    | 0,01      | 0,00         |
| 27-mai      | 4,26    | 2,96   | 92,67  | 0,01     | 0,01     | 0,05    | 0,04      | 0,00         |
| <b>ED3</b>  |         |        |        |          |          |         |           |              |
| 29-avr      | 2,34    | 17,14  | 80,52  | 0,00     | 0,01     | 0,00    | 0,00      | 0,00         |
| 06-mai      | 1,08    | 44,67  | 54,22  | 0,00     | 0,00     | 0,02    | 0,00      | 0,00         |
| 14-mai      | 0,00    | 0,78   | 99,22  | 0,00     | 0,00     | 0,00    | 0,00      | 0,00         |
| 19-mai      | 2,87    | 18,12  | 78,39  | 0,49     | 0,00     | 0,13    | 0,00      | 0,00         |
| 27-mai      | 3,27    | 5,06   | 90,74  | 0,42     | 0,02     | 0,47    | 0,02      | 0,00         |
| <b>SF1</b>  |         |        |        |          |          |         |           |              |
| 29-avr      | 3,10    | 12,90  | 83,93  | 0,04     | 0,02     | 0,01    | 0,00      | 0,00         |
| 06-mai      | 0,23    | 31,28  | 68,48  | 0,00     | 0,00     | 0,00    | 0,00      | 0,00         |
| 14-mai      | 1,72    | 18,36  | 79,44  | 0,42     | 0,00     | 0,06    | 0,00      | 0,00         |
| 19-mai      | 2,04    | 12,30  | 84,81  | 0,28     | 0,57     | 0,00    | 0,00      | 0,00         |
| 27-mai      | 5,07    | 1,65   | 92,62  | 0,00     | 0,00     | 0,64    | 0,01      | 0,00         |
| <b>SF2</b>  |         |        |        |          |          |         |           |              |
| 29-avr      | 2,14    | 3,44   | 94,39  | 0,00     | 0,00     | 0,03    | 0,00      | 0,00         |
| 06-mai      | 1,87    | 47,97  | 50,08  | 0,03     | 0,03     | 0,03    | 0,00      | 0,00         |
| 14-mai      | 2,66    | 3,73   | 89,80  | 1,10     | 0,34     | 2,37    | 0,00      | 0,00         |
| 19-mai      | 3,42    | 11,53  | 83,65  | 0,20     | 1,09     | 0,10    | 0,01      | 0,00         |
| 27-mai      | 31,07   | 2,71   | 64,45  | 0,22     | 1,22     | 0,28    | 0,06      | 0,00         |
| <b>SFP</b>  |         |        |        |          |          |         |           |              |
| 29-avr      | 0,48    | 11,48  | 87,38  | 0,60     | 0,03     | 0,03    | 0,00      | 0,00         |
| 06-mai      | 1,25    | 67,50  | 31,05  | 0,19     | 0,00     | 0,00    | 0,00      | 0,00         |
| 14-mai      | 3,95    | 12,88  | 81,72  | 0,44     | 0,00     | 1,00    | 0,00      | 0,00         |
| 19-mai      | 1,06    | 19,62  | 77,61  | 1,47     | 0,15     | 0,08    | 0,00      | 0,00         |
| 27-mai      | 7,00    | 5,60   | 86,21  | 0,92     | 0,00     | 0,25    | 0,02      | 0,00         |
| <b>THA</b>  |         |        |        |          |          |         |           |              |
| 06-mai      | 5,32    | 38,81  | 55,48  | 0,24     | 0,01     | 0,13    | 0,01      | 0,00         |
| 14-mai      | 1,32    | 2,76   | 95,27  | 0,62     | 0,01     | 0,02    | 0,00      | 0,00         |
| 19-mai      | 1,75    | 8,73   | 83,86  | 3,40     | 0,28     | 1,98    | 0,00      | 0,00         |
| 27-mai      | 4,09    | 3,04   | 91,82  | 0,01     | 0,67     | 0,38    | 0,00      | 0,00         |
| <b>ORCA</b> |         |        |        |          |          |         |           |              |
| 23-avr      | 21,75   | 16,94  | 60,74  | 0,00     | 0,49     | 0,07    | 0,00      | 0,00         |
| 04-mai      | 7,61    | 9,48   | 77,23  | 4,40     | 0,86     | 0,40    | 0,00      | 1,83         |
| 13-mai      | 0,93    | 19,65  | 78,67  | 0,09     | 0,09     | 0,54    | 0,00      | 1,83         |
| 21-mai      | 3,88    | 51,83  | 44,27  | 0,00     | 0,01     | 0,01    | 0,00      | 0.           |
| 25-mai      | 8.01    | 55.66  | 36.09  | 0.00     | 0.02     | 0.21    | 0.00      | 0            |

**Les abréviations :**

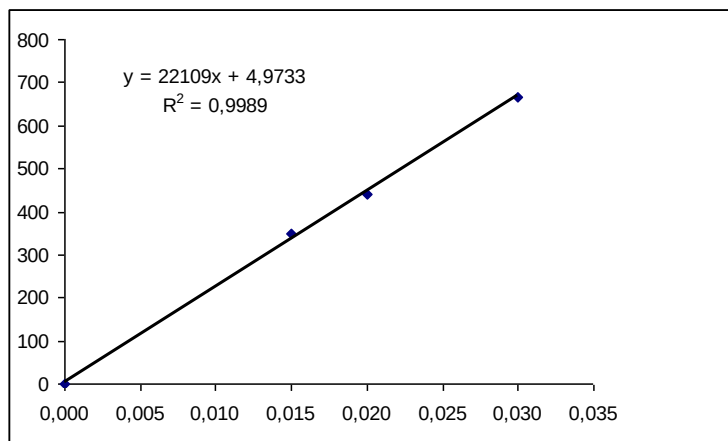
- dino : les dinoflagellés
- diat : les diatomées
- nano : les Nanoflagellées
- tinti : les Tintinnides
- prédateurs : les prédateurs
- coccolithe : les coccolithophorides



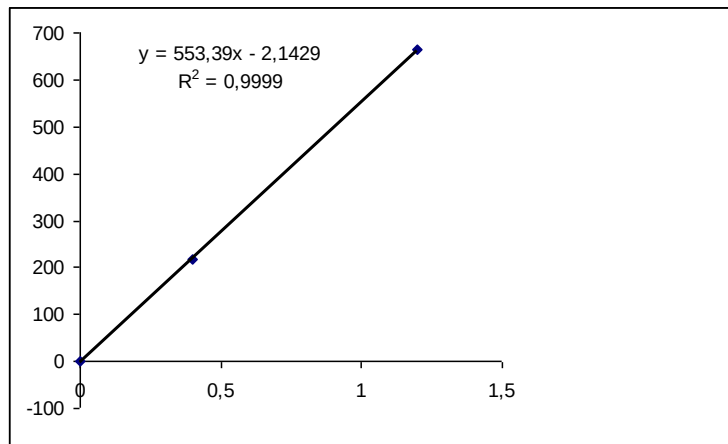
a- Courbe d'étalonnage de l'ammonium  $\text{NH}_4$



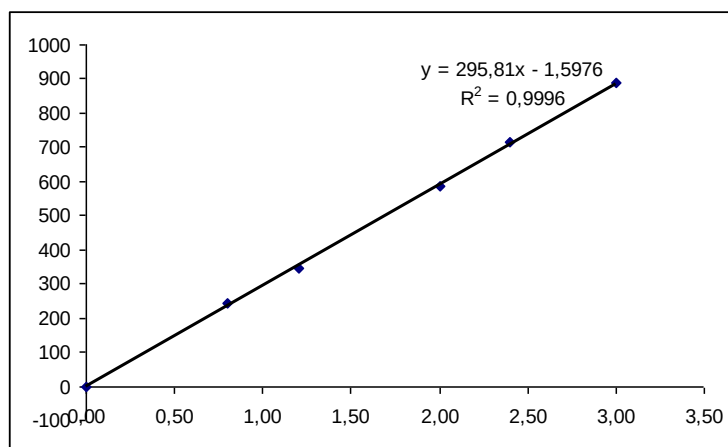
b-courbe d'étalonnage des Nitrates  $\text{NO}_3$



c- Courbe d'étalonnage des Orthophosphates  $\text{H}_3\text{PO}_4$



d- Courbe d'étalonnage des Nitrites NO<sub>2</sub>



e- Courbe d'étalonnage de la silice SiO<sub>2</sub>

#### Annexe 4 : Courbe d'étalonnages des sels nutritifs

- *Chaetoceros* spp

|       | ED1     | ED2       | ED3     | SF1     | SF2     | SFP     | THA     | ORCA    |
|-------|---------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 22/04 | 185 047 | 20 171    |         |         |         |         |         |         |
| 29/04 | 0       | 21 925    | 34 203  | 16 663  | 140     | 16 663  |         | 1 560   |
| 06/05 | 184 050 | 3 190 200 | 320 105 | 113 133 | 193 817 | 268 362 | 138 566 | 1 754   |
| 14/05 | 40 342  | 147 336   | 157 860 | 18 417  | 5 262   | 14 909  | 2 631   | 9 647   |
| 19/05 | 135 935 | 211 357   | 91 208  | 20 171  | 14 909  | 32 449  | 2 631   | 116 641 |
| 27/05 | 240     | 740       | 5 262   | 0       | 0       | 0       | 0       | 138 566 |

- *cylindrotheca* spp

|       | ED1    | ED2     | ED3    | SF1   | SF2   | SFP    | THA   | ORCA  |
|-------|--------|---------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
| 22/04 | 12 278 | 3 508   |        |       |       |        |       |       |
| 29/04 | 24 556 | 4 385   | 9 647  | 2 631 | 1 754 | 14 909 |       | 7 016 |
| 06/05 | 8 770  | 184 050 | 14 909 | 7 016 | 8 770 | 21 048 | 7 893 | 2 631 |
| 14/05 | 1 754  | 0       | 877    | 1 754 | 580   | 8 770  | 877   | 2 631 |
| 19/05 | 7 016  | 30 695  | 7 016  | 1 754 | 877   | 0      | 8 770 | 877   |
| 27/05 | 9 647  | 0       | 877    | 200   | 877   | 120    | 1 754 | 0     |

- *Leptocylindrus danicus*

|       | ED1    | ED2     | ED3    | SF1    | SF2    | SFP    | THA   | ORCA |
|-------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|------|
| 22/04 | 0      | 1 754   |        |        |        |        |       |      |
| 29/04 | 9 647  | 9 647   | 0      | 140    | 0      | 0      |       | 0    |
| 06/05 | 14 032 | 490 800 | 23 679 | 20 171 | 14 032 | 14 909 | 3 508 | 0    |
| 14/05 | 200    | 7 016   | 8 770  | 960    | 560    | 0      | 0     | 0    |
| 19/05 | 3 508  | 7 016   | 800    | 140    | 0      | 0      | 0     | 0    |
| 27/05 | 0      | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0    |

- *Leptocyldrus minimums*

[illegible]

**- *Protoperidinium quinquecorne***

|       | ED1     | ED2    | ED3    | SF1 | SF2 | SFP | THA | ORCA |
|-------|---------|--------|--------|-----|-----|-----|-----|------|
| 22/04 | 0       | 2 400  |        |     |     |     |     |      |
| 29/04 | 138 566 | 1 780  | 420    | 920 | 980 | 480 |     | 877  |
| 06/05 | 11 880  | 1 260  | 760    | 40  | 40  | 0   | 40  | 0    |
| 14/05 | 2 120   | 440    | 0      | 0   | 360 | 0   | 0   | 0    |
| 19/05 | 22 802  | 21 925 | 17 540 | 40  | 877 | 0   | 40  | 0    |
| 27/05 | 2 631   | 100    | 2 631  | 40  | 40  | 0   | 20  | 0    |

**- *Scrippsiella sp.***

|       | ED1   | ED2 | ED3   | SF1 | SF2   | SFP   | THA  | ORCA |
|-------|-------|-----|-------|-----|-------|-------|------|------|
| 22/04 | 1 800 | 460 |       |     |       |       |      |      |
| 29/04 | 2 600 | 0   | 200   | 240 | 400   | 240   |      | 520  |
| 06/05 | 1 760 | 500 | 2 520 | 180 | 1 040 | 3 508 | 0    | 877  |
| 14/05 | 40    | 0   | 0     | 0   | 40    | 877   | 1754 | 80   |
| 19/05 | 120   | 160 | 0     | 877 | 1 600 | 1 754 | 877  | 20   |
| 27/05 | 0     | 0   | 0     | 877 | 877   | 0     | 0    | 0    |

**- *Prorocentrum triestinum***

|       | ED1 | ED2 | ED3 | SF1 | SF2 | SFP | THA | ORCA  |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 22/05 | 240 | 0   |     |     |     |     |     |       |
| 29/05 | 240 | 0   | 0   | 40  | 100 | 0   |     | 1 754 |
| 06/05 | 240 | 0   | 0   | 0   | 40  | 440 | 40  | 1 360 |
| 14/05 | 40  | 0   | 20  | 40  | 0   | 0   | 0   | 877   |
| 19/05 | 0   | 877 | 80  | 0   | 877 | 0   | 0   | 0     |
| 27/05 | 80  | 0   | 120 | 0   | 40  | 80  | 0   | 40    |

**- les petits flagellées nus**

|      | ED1        | ED2       | ED3        | SF1     | SF2     | SFP     | THA     | ORCA    |
|------|------------|-----------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 22/4 | 71 037     | 139 446   |            |         |         |         |         |         |
| 29/4 | 270 993    | 83 823    | 235 036    | 162 245 | 178 031 | 509 537 |         | 107 871 |
| 06/5 | 6 503 100  | 192 063   | 454 286    | 406 928 | 311 335 | 249 945 | 406 928 | 169 261 |
| 14/5 | 52 576 950 | 9 028 217 | 26 328 797 | 165 753 | 232 405 | 163 122 | 423 591 | 138 566 |
| 19/5 | 374 479    | 549 002   | 559 526    | 263 100 | 270 116 | 900 679 | 259 592 | 170 138 |
| 27/5 | 408 682    | 253 453   | 206 095    | 128 919 | 46 481  | 163 999 | 241 175 | 155 229 |

**- *Pseudo-Nitzshia spp***

|      | ED1   | ED2   | ED3    | SF1    | SF2   | SFP    | THA    | ORCA  |
|------|-------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|
| 22/4 | 3 960 | 680   |        |        |       |        |        |       |
| 29/4 | 1 760 | 0     | 0      | 80     | 40    | 10 524 |        | 200   |
| 06/5 | 720   | 3 080 | 10 524 | 10 647 | 3 520 | 10 807 | 13 155 | 680   |
| 14/5 | 7 656 | 9 647 | 840    | 5 462  | 180   | 0      | 1 754  | 560   |
| 19/5 | 3 668 | 9 062 | 9 730  | 460    | 600   | 3 434  | 80     | 3 508 |
| 27/5 | 0     | 0     | 0      | 0      | 80    | 0      | 0      | 720   |

**Annexe 6 :** totales des espèces phytoplanctoniques (cellules/L) rencontrés au niveau de la station ED1 tout au long de notre période d'échantillonnage

| Les groupes          | 22/04/08 | 29/04/08 | 06/05/08  | 14/05/08   | 19/05/08 | 27/05/08 |
|----------------------|----------|----------|-----------|------------|----------|----------|
| Nanoflagellées       | 71 037   | 270 993  | 6 503 100 | 52 579 941 | 416 575  | 409 559  |
| Diatomées centriques | 593 994  | 358 216  | 198 282   | 88 460     | 202 833  | 12 558   |
| Diatomées pennées    | 33 184   | 47 887   | 9 610     | 11 324     | 21 568   | 13 195   |
| Dinos cuirassées     | 3 800    | 146 554  | 16 720    | 8 419      | 39 625   | 3 191    |
| grand gymnodiniens   | 0        | 0        | 640       | 877        | 4 385    | 4 385    |
| petits gymnodiniens  | 2 631    | 2 631    | 0         | 40         | 4 385    | 10 524   |
| ciliées              | 7 016    | 877      | 640       | 80         | 877      | 0        |
| Tintinnides          | 240      | 4 600    | 200       | 40         | 0        | 80       |
| Prédateurs           | 0        | 120      | 0         |            | 0        | 40       |

**Annexe 7 :** totales des espèces phytoplanctoniques (cellules/L) rencontrés au niveau de la station ED2 tout au long de notre période d'échantillonnage

| les groupes          | 22/04/08 | 29/04/08 | 06/05/08   | 14/05/08  | 19/05/08 | 27/05/08 |
|----------------------|----------|----------|------------|-----------|----------|----------|
| Nanoflagellées       | 139 443  | 86 823   | 13 435 650 | 9 028 297 | 571 287  | 253 473  |
| Diatomées centriques | 40 425   | 33 326   | 3 988 730  | 193 260   | 316 200  | 4 968    |
| Diatomées pennées    | 10 030   | 6 219    | 187 470    | 45 127    | 43 465   | 3 131    |
| Dinos cuirassées     | 3 920    | 1 200    | 63 610     | 2 500     | 42 256   | 1 117    |
| grand gymnodiniens   | 100      | 4 385    | 0          | 160       | 120      | 1 754    |
| petits gymnodiniens  | 0        | 2 631    | 429 450    | 40        | 11 401   | 8 770    |
| ciliées              | 20       | 0        | 80         | 1 754     | 80       | 40       |
| Tintinnides          | 60       | 1 754    | 0          | 80        | 40       | 140      |
| Prédateurs           | 0        | 0        | 0          | 0         | 0        | 120      |

**Annexe 8 :** totales des espèces phytoplanctoniques (cellules/L) rencontrés au niveau de la station ED3 tout au long de notre période d'échantillonnage

| les groupes          | 29.04   | 06.05   | 14/05      | 19/05   | 27/05   |
|----------------------|---------|---------|------------|---------|---------|
| Nanoflagellées       | 235 036 | 454 286 | 26 328 797 | 563 034 | 207 052 |
| Diatomées centriques | 37 711  | 347 772 | 204 184    | 106 006 | 9 987   |
| Diatomées pennées    | 12 318  | 26 513  | 2 137      | 23 365  | 1 517   |
| Dinos cuirassées     | 5 942   | 3 720   | 40         | 24 876  | 2 911   |
| grand gymnodiniens   | 0       | 1 000   | 0          | 877     | 1 754   |
| petits gymnodiniens  | 2 631   | 4 385   | 877        | 1 754   | 2 631   |
| ciliées              | 20      | 0       | 40         | 0       | 40      |
| Tintinnides          | 0       | 200     |            | 917     | 1 077   |
| Prédateurs           | 0       | 0       | 0          | 0       | 40      |

**Annexe 9 :** totales des espèces phytoplanctoniques (cellules/L) rencontrés au niveau de la station SF1 tout au long de notre période d'échantillonnage

| les groupes                 | 29.04   | 06.05   | 14/05   | 19/05   | 27/05   |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Nanoflagellées</b>       | 162 325 | 406 948 | 166 630 | 263 977 | 128 919 |
| <b>Diatomées centriques</b> | 22 085  | 166 053 | 30 221  | 33 866  | 1 137   |
| <b>Diatomées pennées</b>    | 2 851   | 20 677  | 8 093   | 4 288   | 1 157   |
| <b>Dinos cuirassées</b>     | 5 997   | 1 377   | 80      | 2 811   | 2 671   |
| <b>grand gymnodiniens</b>   |         | 877     | 0       | 877     | 1 754   |
| <b>petits gymnodiniens</b>  | 877     | 0       | 3 508   | 2 631   | 2 631   |
| <b>ciliées</b>              | 40      | 20      | 0       | 1 774   | 0       |
| <b>Tintinnides</b>          | 20      | 20      | 120     | 0       | 897     |
| <b>Prédateurs</b>           | 0       | 0       | 0       | 0       | 20      |

**Annexe 10 :** totales des espèces phytoplanctoniques (cellules/L) rencontrés au niveau de la station SF2 tout au long de notre période d'échantillonnage

| les groupes                 | 29.04   | 06.05   | 14/05   | 19/05   | 27/05  |
|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| <b>Nanoflagellées</b>       | 178 031 | 311 495 | 236 133 | 270 756 | 46 641 |
| <b>Diatomées centriques</b> | 4 645   | 291 944 | 8 236   | 35 800  | 4 425  |
| <b>Diatomées pennées</b>    | 3 588   | 18 555  | 2 554   | 1 637   | 1 914  |
| <b>Dinos cuirassées</b>     | 2 280   | 2 540   | 680     | 6 905   | 3 988  |
| <b>grand gymnodiniens</b>   | 877     | 320     | 60      | 640     | 6 139  |
| <b>petits gymnodiniens</b>  | 877     | 8 770   | 6 139   | 2 631   | 12 278 |
| <b>ciliées</b>              | 0       | 180     | 6 139   | 3 508   | 877    |
| <b>Tintinnides</b>          | 60      | 160     | 877     | 320     | 200    |
| <b>Prédateurs</b>           | 0       | 0       | 0       | 40      | 40     |

**Annexe 11 :** totales des espèces phytoplanctoniques (cellules/L) rencontrés au niveau de la station SFP tout au long de notre période d'échantillonnage

| les groupes                 | 29.04.04 | 06.0508 | 14/05   | 119/05  | 27/05   |
|-----------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|
| <b>Nanoflagellées</b>       | 513 065  | 251 502 | 163 999 | 917 782 | 165 753 |
| <b>Diatomées centriques</b> | 33 886   | 531 542 | 16 823  | 165 316 | 3 508   |
| <b>Diatomées pennées</b>    | 33 326   | 39 868  | 8 890   | 62 393  | 7 136   |
| <b>Dinos cuirassées</b>     | 2 000    | 4 628   | 877     | 5 262   | 160     |
| <b>grand gymnodiniens</b>   | 360      | 160     | 877     | 3 508   | 4 385   |
| <b>petits gymnodiniens</b>  | 440      | 5 262   | 6 139   | 4 385   | 8 770   |
| <b>ciliées</b>              | 200      | 0       | 0       | 1 794   | 0       |
| <b>Tintinnides</b>          | 160      | 0       | 1 994   | 877     | 480     |
| <b>Prédateurs</b>           | 40       | 40      | 0       | 40      | 40      |

**Annexe 12 :** totales des espèces phytoplanctoniques (cellules/L) rencontrés au niveau de la station THA tout au long de notre période d'échantillonnage

| les groupes          | 06/05   | 14/05   | 19/05   | 27/05   |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|
| Nanoflagellées       | 408 682 | 426 342 | 270 116 | 241 195 |
| Diatomées centriques | 252 219 | 7 016   | 11 164  | 3 548   |
| Diatomées pennées    | 31 572  | 5 262   | 15 866  | 4 425   |
| Dinos cuirassées     | 5 662   | 3 051   | 1 017   | 220     |
| grand gymnodiniens   | 10 524  | 200     | 877     | 2 631   |
| petits gymnodiniens  | 22 802  | 2 631   | 3 508   | 7 893   |
| ciliées              | 80      | 40      | 877     | 1 754   |
| Tintinnides          | 917     | 80      | 6 139   | 997     |
| Prédateurs           | 80      | 0       | 0       | 0       |

**Annexe 13 :** totales des espèces phytoplanctoniques (cellules/L) rencontrés au niveau de la station ORCA tout au long de notre période d'échantillonnage

| les groupes          | 23.04   | 04.05.  | 13.05   | 21.05   | 25.05   |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Nanoflagellées       | 107 871 | 171 015 | 138 726 | 170 138 | 155 229 |
| Diatomées centriques | 113 182 | 21 608  | 27 239  | 200 953 | 233 371 |
| Diatomées pennées    | 8 993   | 4 428   | 7 696   | 7 893   | 3 280   |
| Dinos cuirassées     | 27 870  | 9 673   | 1 237   | 20      | 7 256   |
| grand gymnodiniens   | 0       | 877     | 160     | 1 754   | 13 155  |
| petits gymnodiniens  | 9 647   | 6 139   | 240     | 13 155  | 14 032  |
| ciliées              | 877     | 1 874   | 160     | 20      | 80      |
| Tintinnides          | 100     | 877     | 957     | 40      | 917     |
| coccolithophorides   | 0       | 40      | 40      | 0       | 0       |
| Predateurs           | 0       | 0       | 0       | 0       | 40      |

