

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme des études universitaires Appliquées (D.E.U.A)

Thème :

*ANALYSE DES SELS NUTRITIFS DANS  
LE PORT DE "SIDI FREDJ"*

Présenté par :

✚ OUM SALEM MERYEM.

✚ TAHAR KHADIDJA.

Promoteur :

✚ Mr. BACHOUCHE

Promotion : (2010/2011)

## Remerciements

En premier lieu, on remercie **DIEU** pour sa clémence il nous a donné le courage, la volonte et surtout la santé pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à remercier vivement **MR BACHOUCHE** notre promoteur de nous avoir initié à la recherche, ainsi que pour ses excellents conseils, critique et suggestions qui nous ont été d'une grande utilité.

Nous tenons par ailleurs à exprimer et notre haute considération et sincères remerciements aux membres de laboratoire de l'ESSMAL, **M<sup>ME</sup> EDALIA**, **MR BOUDJALLAL** et **MR YUCEF** pour leurs conseils, aides, et temps.

Sans oublier **MOUSTAPHA** pour ses nombreux services, sa disponibilité et sa serviabilité.

Notre infiniment remerciements vont à **NOS FAMILLES** pour tout ce qu'ils ont fait pour nous tout au long de notre parcours universitaire.

Notre remerciement à tous les professeurs de l'ENSSMAL, et à tout les amis et les personnes qui nous ont aidés de prés ou de loin à la réalisation de ce modeste mémoire.

## Liste d'abréviation

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NH<sub>3</sub>** : Ammonium, ammoniac (azote ammoniacal).

**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** : Nitrite (azote nitreux).

**NO<sub>3</sub><sup>-</sup>** : Nitrate (azote nitrique).

**PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>** : Orthophosphate, phosphate.

**WTW** : Wissenschaftlich Technische Werkstätten.

**pH** : potentiel d'hydrogène.

**PSU** : Practical Salinity Unit.

## La liste des figures

Figure 1 : Cycle biologique de l'azote dans l'eau de mer.....	4
Figure 2 : Cycle biologique de phosphore dans l'eau de mer.....	5
Figure 3 : Situation géographique de la presqu'île de Sidi Fredj.....	8
Figure 4 : Description du port de Sidi Fredj.....	9
Figure 5 : diagramme embrothermique.....	11
Figure 6 : Localisation des stations de prélèvement.....	13
Figure 7 : Conductimètre de type WTW 315 i/Set.....	14
Figure 8 : pH mètre.....	14
Figure 9 : Oxymètre de type WTW OXI 330i/set.....	14
Figure 10 : Un dispositif de filtration.....	15
Figure 11 : Un four à moufle.....	17
Figure 12 : L'Auto Analyser San Plus (SKALAR®1998) ( <a href="http://www.skalar.fr/pr_san.htm">www.skalar.fr/pr_san.htm</a> ).....	18
Figure 13 : La courbe d'étalonnage de Nitrite.....	21
Figure 14 : La courbe d'étalonnage de Silicate.....	21
Figure 15 : Courbe d'étalonnage d'ortho phosphate.....	21
Figure 16 : Courbe d'étalonnage des Nitrates.....	21
Figure 17 : Variation de la température dans le port de Sidi Fredj (Avril 2011).....	22
Figure 18 : Les variations de la salinité (PSU) au niveau de port de Sidi Fredj.....	23
Figure 19 : Les variations de l'Oxygène dissous au niveau de port de Sidi Fredj (Avril 2011).....	24
Figure 20 : Les variations de pH au niveau de port de Sidi Fredj(Avril2011).....	25
Figure 21: Les variation de la matière en suspension dans le port de Sidi Fredj(Avril2011)...	26

Figure 22 : Les variation de la matière organique dans le port de Sidi Fredj(Avril 2011).....	27
Figure 23 : Les variations de la teneur en nitrite dans le port de Sidi Fredj (Avril 2011).....	28
Figure 24 : Les variations de la teneur en phosphate au niveau de port de Sidi Fredj (Avril 2011) .....	29
Figure 25 : Les variations de L'azote ammoniacal au niveau de port de Sidi Fredj (Avril 2011).....	29
Figure 26 : Les variations de la teneur en silicate dans le port de Sidi Fredj (Avril 2011).....	30
Figure 27 : les variations de la teneur en nitrate dans le port de Sidi Fredj (Avril 2011).....	31

## La liste des tableaux

Tableau 1 : Températures mensuelles moyennes des maxima et des minima enregistrés sur une période de 10 ans (1999- 2009) dans la station météorologique de Dar-El-Beida.....	9
Tableau 2 : Précipitations mensuelles enregistrées sur une période de 10 ans allant de 1999 à 2009 dans la station météorologique de Dar-El-Beida.....	10
Tableau 3 : les paramètres moyens et extrêmes des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs dans les eaux du port de sidi Fredj (avril 2011).....	22
Tableau 4 : : les teneurs en matière en suspension dans le port de Sidi Fredj (Avril 2011).....	25
Tableau 5 :les variation de la teneur en matière organique.....	26
Tableau 6: les concentrations maximales, minimales et moyennes des sels nutritifs dans le port de Sidi Fredj (Avril 2011).....	27
Tableau 7 : résultat moyenne des paramètres physico-chimiques enregistrés au niveau du port de Sidi Fredj.....	31
Tableau 8 : teneur moyennes des eaux du port de Sidi Fredj en sels nutritifs.....	32

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهئية الساحل

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



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme des études universitaires Appliquées (D.E.U.A)

Thème :

*ANALYSE DES SELS NUTRITIFS DANS  
LE PORT DE "SIDI FREDJ"*

Présenté par :

✚ OUM SALEM MERYEM.

✚ TAHAR KHADIDJA.

Promoteur :

✚ Mr. BACHOUCHE

Promotion : (2010/2011)

## Sommaire

Introduction.....	1
Chapitre I : Généralités	
I. Les sels nutritifs	
1. Définition et origine des sels nutritifs dans l'eau de mer.....	2
a. source interne.....	2
b. source externe.....	2
2. Différentes forme des sels nutritifs .....	2
2.1. l'azote.....	2
a) l'ammonium.....	3
b) les nitrites.....	3
c) les nitrates.....	3
2.2. les phosphates.....	4
2.3. les silicates.....	5
3. rôles et importance d'étude des sels nutritifs.....	6
II présentation de la zone d'étude.....	7
1. Historique du port.....	7
2. Situation géographique.....	7
3. Description du port.....	8
4. Données hydro-climatique.....	9
4.1.La température.....	9
4.2.Pluviométrie.....	10
4.3.Les vents.....	11
4.4.Les houles.....	12
4.5.Les courants.....	12
Chapitre II : matériel et méthodes	
1. choix et localisation des points de prélèvement.....	13
2. Travaux effectués en mer.....	13
2. 1.prélèvement d'eau de mer.....	13
2. 2.Mesure des paramètres physico-chimiques.....	14
2. 2.1.La salinité.....	14
2. 2.2.Le pH.....	14
2. 2.3.L'oxygène dissous.....	14

2. 2.4.La température.....	15
3. Travaux au laboratoire.....	15
3.1.Dosage de la matière en suspension.....	15
3 .1.1.principe de la méthode.....	15
3 .1.2.appareillage.....	15
3 .1.3.mode opératoire.....	15
3.2.Dosage de la matière organique.....	17
3.3.Dosage des sels nutritifs.....	17
3 .3.1 méthode d'analyse.....	17
3 .3.2 principe général.....	18
3 .3.3 analyse automatique des sels nutritifs.....	19
A) Dosage des nitrites.....	19
B) Dosage des nitrates.....	19
C) Dosage des ortho phosphates.....	20
D) Dosage de silicium dissous.....	20
E) Etalonnage.....	20
F) Les courbes d'étalonnage.....	21
Chapitre III : résultat et interprétation.	
1. Analyse paramétrique.....	22
1.1 variation des paramètres physico-chimique.....	22
a) la température.....	22
b) la salinité.....	23
c) l'oxygène dissous.....	24
d) le pH.....	25
e) matière en suspension.....	25
f) matière organique.....	26
1.2 concentration des sels nutritifs.....	27
1) les nitrites.....	28
2) les ortho phosphates.....	29
3) l'azote ammoniacal.....	29
4) les silicates.....	30
5) les nitrates.....	31

2. Etude comparative des paramètres physico-chimiques des eaux du port de Sidi Fredj avec les données antérieurs .....31

3. Etude comparative des sels nutritifs des eaux du port de Sidi Fredj avec les données antérieurs .....32

conclusion.....33

La bibliographie.

Annexe.

# Introduction

## **Introduction**

Les sels nutritifs dissous dans l'eau de mer sont très importants pour la caractérisation et l'identification des masses d'eaux et pour l'étude et la compréhension des différents phénomènes océaniques : circulation des eaux, production primaire marine, cycle biogéochimique.

Les variations de ces sels sont gouvernées par les facteurs physiques, chimiques et biologiques. Dans notre étude, l'accent est mis sur les eaux du port de Sidi Fredj, qui est le seul port de plaisance en Algérie.

La présente étude s'intéresse à l'analyse des sels nutritifs et l'étude des variations spatiales des paramètres physico-chimiques au niveau du port de Sidi Fredj.

Le travail est organisé comme suit :

- Dans le premier chapitre, des rappels sur les sels nutritifs (notion, rôle et importance des différentes formes), et une description générale de la zone d'étude.
- Dans le deuxième chapitre, le matériel utilisé pour les prélèvements des échantillons d'eau de mer, ainsi que les méthodologies appliquées sur terrain et au laboratoire pour la mesure des paramètres physico-chimiques et l'analyse des sels nutritifs sont décrites.
- Dans le troisième chapitre, interprétation des résultats obtenus et en fin une conclusion générale.

Généralité

## **I. Les sels nutritifs**

### **1. Définition et origines des sels nutritifs dans l'eau de mer**

Par définition les sels nutritifs sont des éléments chimiques nécessaires pour le développement phytoplanctonique, les éléments nutritifs majeurs sont : l'azote, phosphore et le silicium inorganique.

L'origine des sels nutritifs en milieu marin peut être classée en deux sources principales :

#### **a. Source interne**

C'est la régénération des sels nutritifs à partir de la matière organique produite par le plancton marin dans les eaux de surfaces. Cette origine est la plus importante, et peut représenter à elle seule jusqu'à 97% du flux annuel total.

L'océan constitue une importante réserve de la matière organique et les sels nutritifs dans le cas des eaux peu profonde, lorsque la matière organique n'a pas le temps de se minéraliser avant son dépôt d'une part et les remontées d'eaux profondes qui sont enrichis en sels nutritifs d'autre part.

Cette production interne liée à l'activité biologique influe sur les variations des concentrations des sels nutritifs dissous marins (Azzi et Fahem, 2007).

#### **b. Source externe**

Elle est représentée par tous les apports continentaux qui sont transférés à la mer, soit par la voie atmosphérique, c'est-à-dire par le transport éolien, soit par la voie fluviale (cours d'eaux...) ainsi que le transport par les ruissellements des rejets qui contiennent des polluants et des substances qui sont nuisibles pour le milieu marin (les rejets domestiques, détergent) ceux-ci peuvent enrichir le milieu marin en sels nutritifs (Azzi et Fahem, 2007).

### **2. Différentes formes des sels nutritifs**

#### **2. 1. L'azote**

Il existe sous trois formes essentielles selon le degré d'oxydation : nitrate( $\text{NO}_3^-$ ), nitrite( $\text{NO}_2^-$ ) et ammonium( $\text{NH}_4^+$ ), ainsi que l'urée ou les acides aminés. Se sont les formes d'azote utilisables par le phytoplancton (Copin-Montégut, 1996).

**a) L'ammonium**

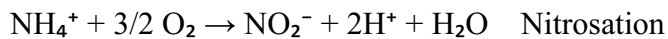
C'est la forme la plus réduite, par conséquent il est assimilé par la plus part des espèces planctoniques du fait qu'elle est plus énergétique. Cette forme résulte de la dégradation de la matière organique en générale par les bactéries et aussi par la réduction des nitrates et nitrites en milieu anaérobie (absence d'oxygène).

Dans le milieu marin l'azote ammoniacal se trouve à des concentrations inférieures à  $1\ \mu\text{mol/l}$ . Il est considéré comme étant un bon indicateur de pollution urbaine.

**b) Les nitrites**

La concentration des nitrites dans le milieu marin est faible de l'ordre de quelque  $\mu\text{mol/l}$  (Amino et Chaussepied, 1983). Les nitrites constituent une forme intermédiaire de l'azote et résultent :

- Soit de l'oxydation partielle de l'ammonium sous l'action des bactéries nitrifiantes (nitrosomonas).



- Soit de la réduction des nitrates par les bactéries dénitrifiant, dans un milieu anaérobie.



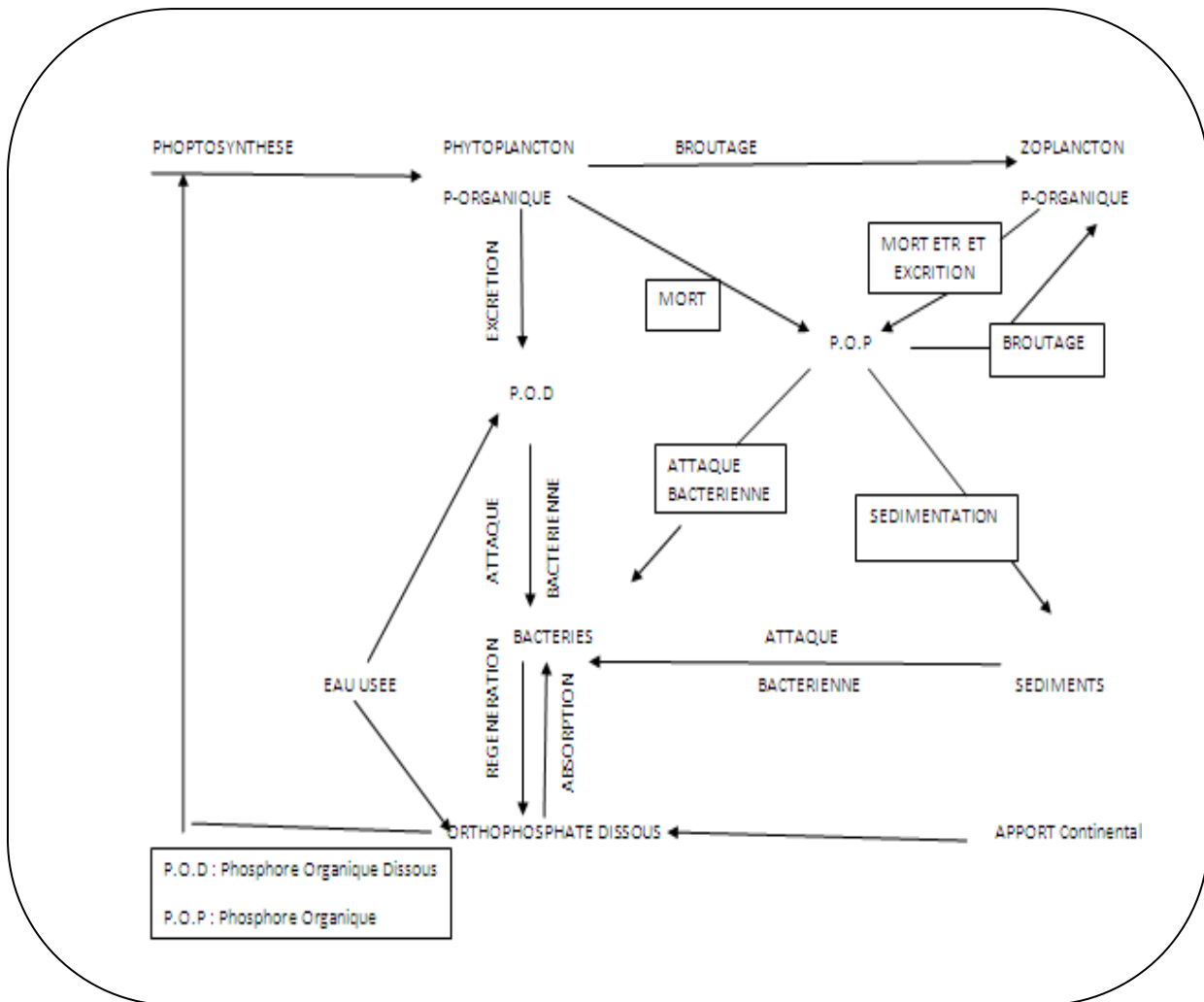
- Comme ils peuvent aussi provenir de l'excrétion directe des organismes marins.

**c) Les nitrates**

Les nitrates sont la forme la plus répandue et la plus stable de l'azote dans l'océan. Ils représentent environ 65% du stock de l'azote. La concentration varie de  $0\ \mu\text{mol/l}$  en surface à plus de  $45\ \mu\text{mol/l}$  dans les eaux profondes des océans. Ce pendant, dans les estuaires, lorsque la salinité décroît et les apports terrigènes augmentent, la concentration de nitrates peuvent atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre (Aminot et *al*, 1983).

Ils résultent de l'oxydation des nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) par une réaction exothermique ( $\Delta G^\circ = -18\ \text{Kcal}$ ) opérée par des bactéries du type nitrobacter (autotrophes strictement aérobies) et on parle de nitrification. (Aminot et *al*, 1983).  $\text{NO}_2^- + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3^-$





**Figure 2** : cycle biologique de phosphore dans l'eau de mer (Azzi et Fahem, 2007).

### 2. 3. Les silicates

Le silicium est un élément nutritif, car il entre dans la composition des squelettes de certaines espèces phytoplanctoniques (diatomées, radiolaires...). Il est présent sous forme de particules en suspension d'origine biogénique (squelette), ou terrigène (silicate) et à l'état dissous directement assimilable par les organismes marins.

La silice particulaire se dissocie sous forme d'acide orthosilicique jusqu'à environ 95% dans les eaux profondes des océans.

### 3. Rôle et importance d'étude des sels nutritifs

Leur rôle en milieu marin réside dans le fait qu'il forme un substrat chimique principal pour le phytoplancton. Donc la richesse d'une eau marine en sels nutritifs reflète sa fertilité. Ce sont en outre des traceurs chimiques non conservatifs. Gouvernés par les facteurs physiques, chimiques et biologiques. Ils constituent un outil capital pour la caractérisation et l'identification des masses d'eaux et la compréhension de certains phénomènes océaniques : circulation des eaux, production primaire marine, cycles biogéochimiques de certains éléments chimiques et autres, notamment en méditerranée (Béthoux et *al*, 1998). Les régions des remontées d'eaux profondes sont riches en sels nutritifs. Les upwellings sont le siège d'une production intense (Jeandel, 1998).

# Matériel et méthodes

## II. Présentation de la zone d'étude

### 1. Historique du port

Le port de Sidi Fredj, construit en 1969 par l'architecte français, Fernand Pouillon, et inauguré en 1971 par le ministre du tourisme, est destiné spécialement à la plaisance. Implanté dans une région historique témoignant du débarquement des troupes française sur le territoire Algérien, le 14 juin 1830, marquant le point de départ d'une colonisation de plus de 130 années.

### 2. Situation géographique

Sidi Fredj est considéré comme presqu'île, qui se situe à 25 Km environ à l'ouest d'Alger, c'est une localité situé sur un kilomètre au bord de la mer orientée vers le nord ouest de la baie d'Eldjamila.

C'est un promontoire rocheux caractérisé par deux pointes :

- La pointe du marabout, à l'Est.
- La pointe de saint-janvier, à l'Ouest.

Ces coordonnées géographiques sont :

- 2° 50' Est.
- 36° 45' Nord.

La localité de sidi Fredj appartient du point de vue administratif à la commune de Staouéli, Daïra de Zéralda et wilaya d'Alger.



**Figure 3 :** situation géographique de la presqu'île de Sidi Fredj (Google earth).

### 3. Description du port

Le port est subdivisé en cinq bassins (Figure 4) aménagés pour permettre l'accostage des petits bateaux ou embarcations.

**Bassin I :** c'est le bassin le plus éloigné de l'entrée du port, et c'est lui qui accueille le déversement des eaux usées par égout provenant des restaurations qui se trouvent au niveau du site.

**Bassin II:** délimité par l'épi de la tour mauresque et l'épi de la station d'essence.

**Bassin III :** c'est le bassin de l'hivernage, délimité par la grande jetée.

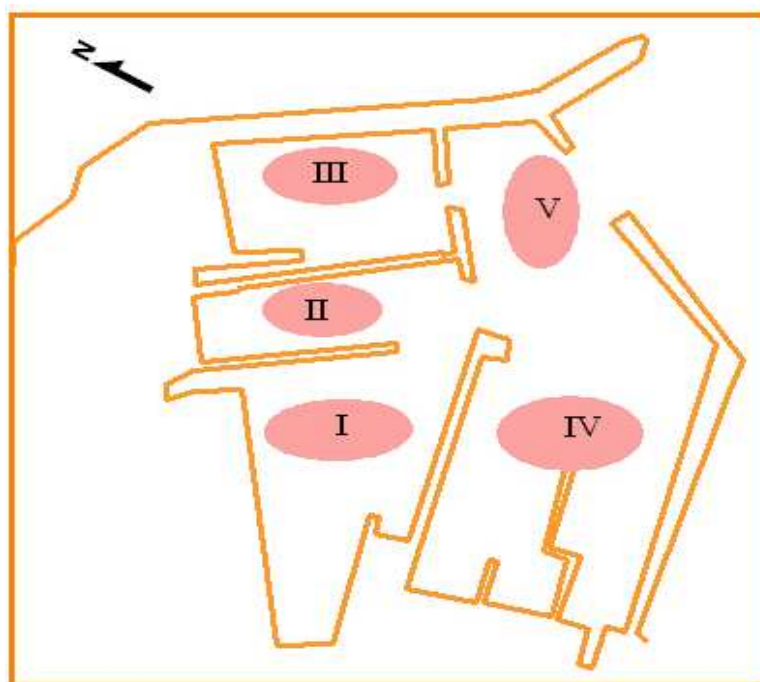
**Bassin IV :** délimité par l'apponement trois (3) à l'intérieur et la jetée sud à l'extérieure.

**Bassin V :** situé à la sortie du port et communique avec le large.

Le port qui couvre une superficie de 38 000 m<sup>2</sup> est composé de :

- Une jetée principale de 230 ml.
- Une jetée secondaire de 215 ml.

- Un quai et un appontement de 777 ml.
- Une capacité de 400 plaisanciers. (Bouaziz et Djerrai, 2010).



**Figure 4** : description du port de Sidi Fredj.

#### 4. Données hydro-climatique

La région de sidi Fredj. Comme l'ensemble de la cote Algérienne est caractérisé par un climat méditerranéen tempéré, relativement froid et humide en hiver et chaud en été.

##### 4. 1. La température

**Tableau 1** - Températures mensuelles moyennes des maxima et des minima enregistrés sur une période de 10 ans (1999- 2009) dans la station météorologique de Dar-El-Beida

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc
M (°C.)	18,48	19,11	22,06	23,26	28,08	32,74	35,51	36,05	32,62	29,56	23,31	19,43
m. (°C.)	5,3	5,35	8,04	9,94	14,1	18,05	21,35	22,22	19,3	16,06	10,83	7,43
(M+m) /2	11,89	12,23	15,05	16,6	21,09	25,4	28,43	29,14	25,96	22,81	17,07	13,43

(www.tutiempo.net)

M : moyenne mensuelle des températures maxima

m : moyenne mensuelle des températures minima

$(M+m)/2$  : Température moyenne mensuelle.

La température moyenne la plus basse est celle du mois de janvier. Elle est égale à 11,89°C pour la période de 10 ans de 1999 jusqu'à 2009, alors que aout est le mois le plus chaud avec une valeur de 29,14°C. (Tableau 1). Il est à noter que le mois de janvier est le plus froid avec une moyenne des minima de 5,3°C.

#### 4. 2. Pluviométrie

Selon Ramade (1984), la pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres.

La pluviométrie influe en premier lieu sur la flore, agit sur le comportement alimentaire, sur la reproduction des oiseaux et sur la biologie des autres espèces animales. Les précipitations selon Hufty (1976) sont relevées une fois par jour.

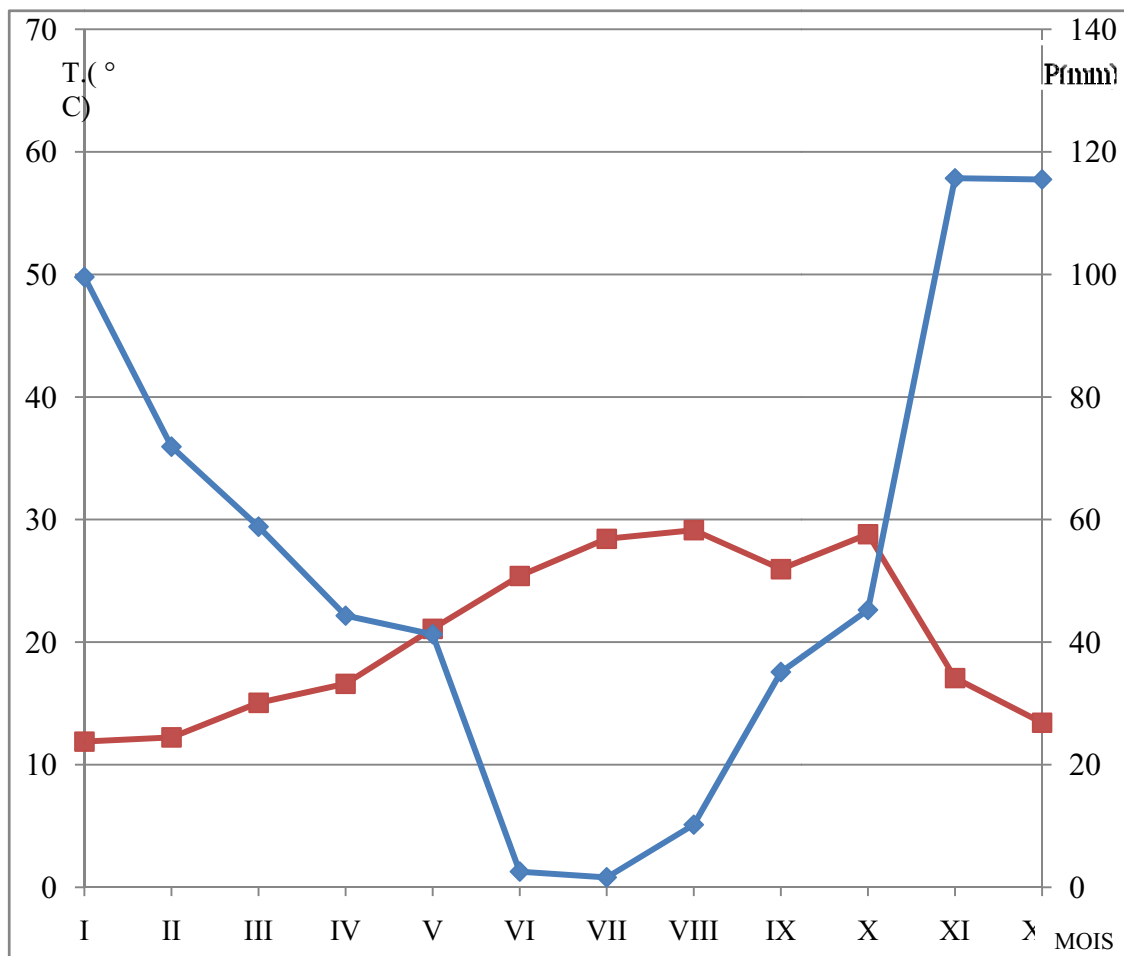
Il est intéressant de noter la fréquence des jours de pluie, leur répartition au cours de l'année leur intensité soit la quantité d'eau tombée par unité de temps (Faurie et *al.* 1980).

Les précipitations mensuelles sur une période de 10 ans (1999-2009) dans la station de Dar El Beida sont mentionnées dans le tableau 2.

**Tableau 2-** Précipitations mensuelles enregistrées sur une période de 10 ans allant de 1999 à 2009 dans la station météorologique de Dar-El-Beida.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	dec	Total
P (mm)	99,58	71,89	58,84	44,33	41,28	2,56	1,61	10,22	35,12	45,26	115,7	115,5	641,9

(www.tutiempo.net)



**Figure 5 :** Diagramme ombrothermique

#### 4.3. Les vents

Dans la région de sidi Fredj, la répartition des vents est proportionnellement liée au régime des houles tout le long de l'année. On relève à ce titre :

- Une dominance hivernale caractérisée par les vents d'ouest et nord-ouest.
- Une dominance estivale avec du vent nord-est.

#### 4. 4. Les houles

Les statistiques des houles dans la région de sidi Fredj, font apparaitre deux régimes :

- Les houles plus fortes sont hivernales, de direction ouest dominante avec les plus grandes amplitudes.
- En été, les directions dominantes sont l'est avec des amplitudes plus faibles.

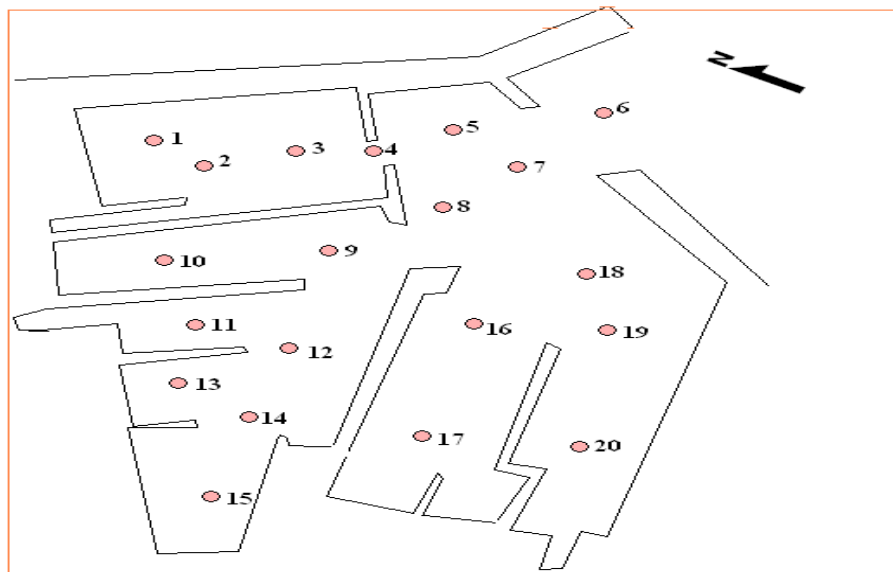
#### 4. 5. Les courants

Le long des cotes algériennes, les courants sont relativement faibles et ne constituent pas un facteur déterminant pour le fonctionnement des ouvrages littoraux.

Les informations compilées au cours des observations enregistrées au large par l'institut météorologique Royal Néerlandais indique que les courants ont une vitesse inférieure à 0.5 nœud pendant environ 75% et un nœud pour 80% du temps.

## 1. Choix et localisation des points de prélèvement

Afin d'avoir un échantillonnage aussi complet que possible vingt un (21) stations ont été localisées et réparties d'une façon à couvrir l'ensemble du port.



**Figure 6 :** Localisation des stations de prélèvement.

## 2. Travaux effectués en mer

### 2. 1. Prélèvements d'eau de mer

Les prélèvements de l'eau ont été effectués en printemps (le 13-04-2011) au niveau du port de sidi Fredj.

Les échantillons prélevés manuellement sont mis dans des flacons en polyéthylène d'une capacité de 250 ml préalablement rincer à l'eau distillée.

21 échantillons d'eau de mer ont prélevés pour la mesure des paramètres physicochimique à bord et l'analyse des sels nutritifs au laboratoire.

6 échantillons d'eau de mer ont prélevés pour la mesure de la matière en suspension (MES) et la matière organique (MO).

### 2. 2. Mesure des paramètres physico-chimiques

Les paramètres physicochimiques (salinité, pH, O<sub>2</sub>, température) ont été mesurés dans les différentes stations de prélèvement par des instruments de terrain calibré avant chaque série de mesure. Ces instrument ont l'avantage d'être simple d'utilisation, surtout sur le terrain et en mer, et permettant l'acquisition rapide des résultats.

## 2. 2.1. la salinité

La mesure de la salinité (PSU) a été faite à l'aide d'un conductimètre de type WTW 315 i/set.



**Figure 7 :** conductimètre de type WTW 315 i/set.

## 2. 2.2. Le PH

Le pH de l'eau a été mesuré par la méthode électrochimique à l'aide d'un pH mètre de terrain de marque « WTW type pH 315 i/set. L'appareil est étalonné avant chaque série de mesure avec des solutions étalon à pH de 4, 7 et 9



**Figure 8 :** Ph mètre.

## 2. 2.3. L'oxygène dissous

Il est mesuré sur le terrain par la méthode électrochimique en raison de sa rapidité. On a utilisé un oxymètre de terrain de marque « WTW type oxi330 i/set ». L'appareil est calibré avant son utilisation. La valeur s'affiche en mg/l avec une précision de  $\pm 0.1$  %.



**Figure 9 :** oxymètre de type WTW OXI 330i/set.

## 2. 2.4. La température

Pour la température, tous les appareils de mesures utilisés (conductimètre, oxymètre et pH-mètre) donnent la température en °C. Nous avons noté qu'il n'y avait pas de différence entre les résultats des différents appareils.

### 3. Travaux au laboratoire

#### 3. 1. Dosage de la matière en suspension

##### 3. 1.1. Principe de la méthode

Elle consiste à filtrer de l'eau de mer sur une membrane filtrante afin de retenir toute les particules supérieures à  $0.45\mu\text{m}$ .

##### 3. 1.2. Appareillage

Leurs mesures nécessitent le matériel suivant :

- Un dispositif de filtration (rampe de filtration muni d'une pompe à vide).
- Une étuve.
- Un dessiccateur.
- Une balance de précision.



**Figure 10** : Un dispositif de filtration.

##### 3. 1.3. Mode opératoire

###### ➤ Préparation des filtres

- Placer les filtres dans un papier d'aluminium au four à  $450^{\circ}\text{C}$  pendant deux heures.
- Laisser les filtres refroidir au dessiccateur, qui contient des cristaux de silice pour absorber l'humidité pendant 10 min.
- Numérotter les filtres (sur les portes filtres).
- Peser chaque filtre seul à la précision de  $0.00001\text{ g}$  (soit P1 ce poids).
- Replacer aussitôt chaque filtre dans sa boîte à l'abri de la poussière.

###### ➤ Filtration

- Agiter l'échantillon énergiquement avant la filtration.
- Mesurer le volume à filtrer (pour être représentatif doit être supérieure à 100 ml).

- Filtrer l'échantillon en le versant sur le filtre puis faire le vide sans créer une dépression supérieure à 0.66 bars.
- Supprimer l'aspiration dès que le filtre est à sec verser alors à 10 ml d'eau distillée sur le filtre et aspire à nouveau.
- Recommencer une seconde fois cette opération de rinçage.
- Supprimer l'aspiration et remettre chaque filtre dans sa boîte numérotée.
- Mettre les boîtes, contenant les filtres sans le couvercle à l'étuve à 80°C (105°C) pendant deux heures.
- Laisser refroidir au dessiccateur et n'en pas sortir les filtres que juste avant la pesée.
- Peser chaque filtre (voir P2 ce nouveau poids)
- Garder les filtres pour la pesée de la matière organique (MO).

➤ **Calcul de la teneur en MES**

La concentration des MES s'obtient par l'expression suivante :

$$[\text{MES}] \text{ mg/l} = (\text{P2} - \text{P1}) / \text{V}$$

**P1** : Poids du filtre avant filtration (mg).

**P2** : Poids du filtre après filtration (mg).

**V** : Volume filtré (L).

### 3. 2. Dosage de la matière organique (MO)

La méthode décrite par Rodier, (1984) consiste à sécher des filtres d'eau de mer dans un four à moufle à 450°C pendant deux heures afin de brûler toute la matière organique suivant ces étapes :

- Mettre les filtres précédant dans des creusés numérotés.
- Peser les creusés contenant les filtres (soit W1 ce poids).

- Placer les creusés au four à 450°C pendant deux heures.
- Laisser refroidir.
- Peser les creusés avec les filtres (soit W2 le nouveau poids)

Le calcul de MO se fait comme suit :

$$W = W1 - W2$$



**Figure11** : Un four à moufle.

**W** : Poids de la matière organique (mg).

**W1** : Poids sec du filtre pesé pou la MES (mg).

**W2** : Poids du filtre après incinération (mg).

### 3. 3. Dosage des sels nutritifs :

#### 3. 3.1. Méthode d'analyse

L'analyse des sels nutritifs est faite par la méthode de colorimétrie à flux continu sur chaîne automatisée SKALAR (Auto-analyzer SAN PLUS) (troisième génération), selon les protocoles décrits par le constructeur SKALAR (figure II.3). Le fonctionnement de l'appareil repose sur un principe dynamique, celui de l'analyse liquide en flux continu : une veine liquide propulsée en continu par une pompe péristaltique dans un circuit analytique spécifique à chaque paramètre analysé. Les réactions chimiques s'effectuent dans cette veine en progression. L'analyse des échantillons est réalisée par séquence, ce qui permet une grande cadence de travail. Cette chaîne de mesure automatisée est totalement pilotée par un microordinateur doté d'un logiciel spécifique. A la fin de l'analyse, ce dernier fourni un fichier numérique contenant les résultats accompagnés de toutes les informations relatives à l'analyse.



**Figure 12** : L'Auto Analyser San Plus (SKALAR<sup>®</sup>,1998) ([www.skalar.fr/pr\\_san.htm](http://www.skalar.fr/pr_san.htm))

### 3. 3.2. Principe général

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs (ammonium, nitrites, nitrates, orthophosphates et silicates) est basée sur une réaction de coloration. En effet, ces sels réagissent dans certaines conditions (température, pH, présence de catalyseurs,...) avec des réactifs spécifiques pour donner une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'onde ( $\lambda$ ). (Annexe II)

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

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

$$A = D.O. = \log (I_0/I) = \epsilon.l.C$$

$I_0$  et  $I$  : sont respectivement les intensités lumineuses incidente et émergente du milieu absorbant.

$\epsilon$  : le coefficient d'extinction molaire variant en fonction de la température et la longueur d'onde.

$l$  : la longueur du milieu traversé exprimé en cm.

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

A : absorbance de la solution.

D.O : densité optique de la solution.

### 3. 3.3. Analyse automatique des sels nutritifs

#### A. Dosage des nitrites

Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) forment un diazoïque par action avec la sulfanilamide en milieu acide  $\text{pH} < 2$ . Ce composé formera ensuite en présence de N-naphtylethylénediamine un composé azoïque de couleur rose absorbant la lumière à 540 nm (Benschneider et Robinson, 1952)

#### B. Dosage des nitrates

La méthode est basée sur la réduction des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) par le passage de l'échantillon à travers une colonne réductrice de cadmium traité au cuivre (Wood et *al.*, 1967). Les nitrites (en réalité  $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$  réduits) seront ensuite dosés par colorimétrie selon la méthode précédemment décrite. Il suffira alors d'en déduire la concentration des nitrites déterminés directement (sans passage de l'échantillon sur la colonne réductrice) pour trouver les concentrations des nitrates (Rodier et *al.*, 1996).

#### C. Dosage des orthophosphates

En présence d'antimoine oxytartrate de potassium à une température de 40° C (bain-marie), les ions orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe antimoine phosphomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique (Murphy et Riley, 1962). Cette forme réduite de coloration bleue a un maximum d'absorption à 880 nm.

#### D. Dosage du silicium dissous

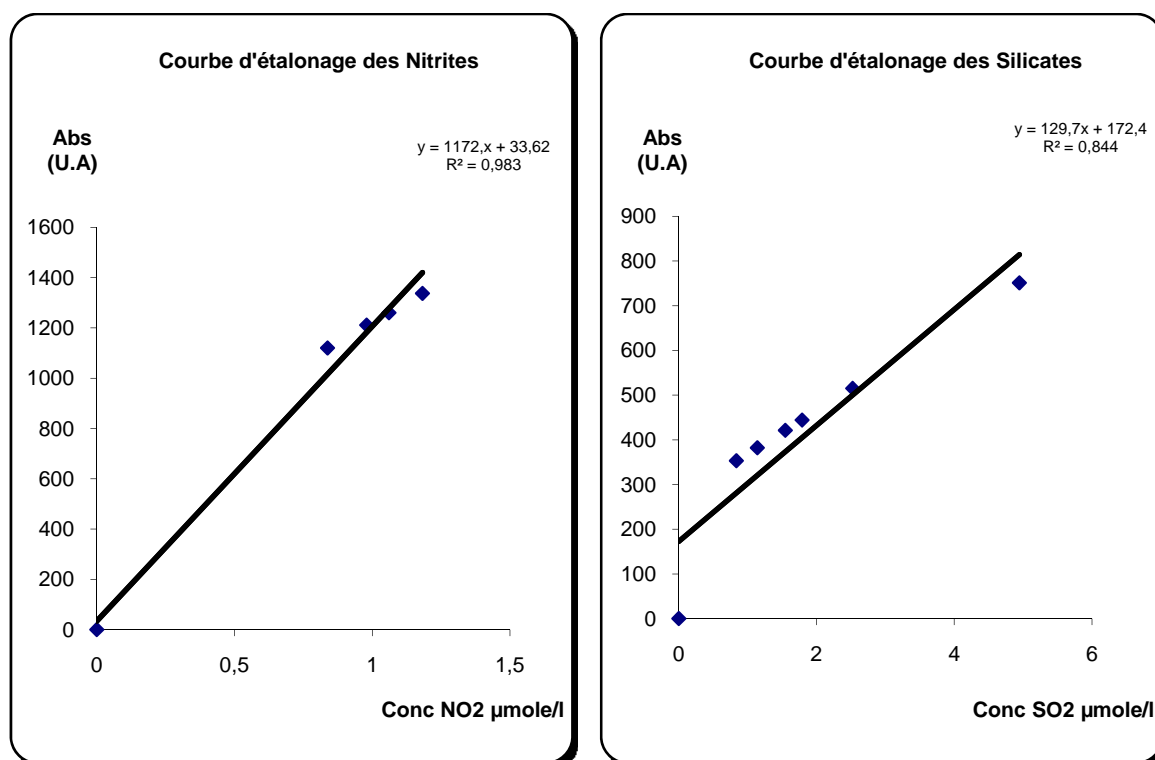
Dans l'eau de mer, le silicium dissous se trouve à 95 % sous forme d'acide orthosilicique ( $\text{Si(OH)}_4$ ) (Aminot et Chaussepied, 1983). Cette forme réagit avec le molybdate d'ammonium en milieu acide pour former un complexe silicomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique en un composé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

### E. Etalonnage

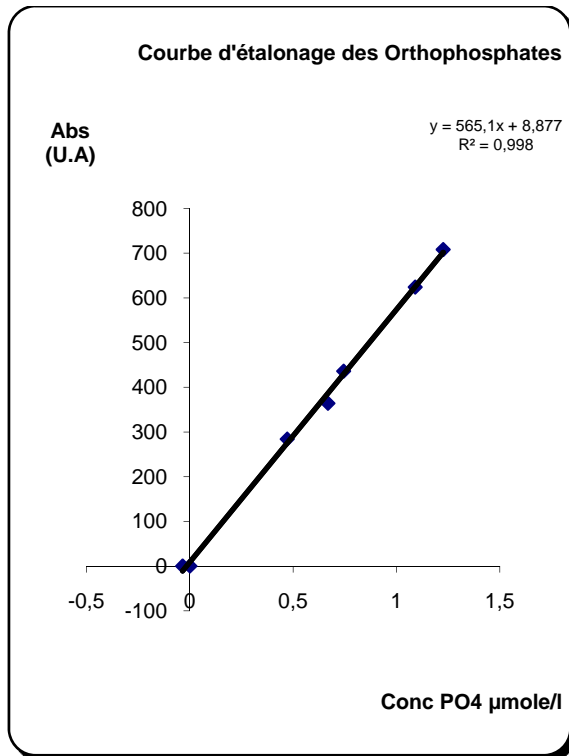
Cette opération nécessite la préparation d'une solution mère puis une solution fille pour chaque élément à analyser (voir annexe 1).

Les droites d'étalonnage sont établies automatiquement par le logiciel en utilisant les concentrations connues des solutions étalons et leurs hauteurs de pic correspondantes.

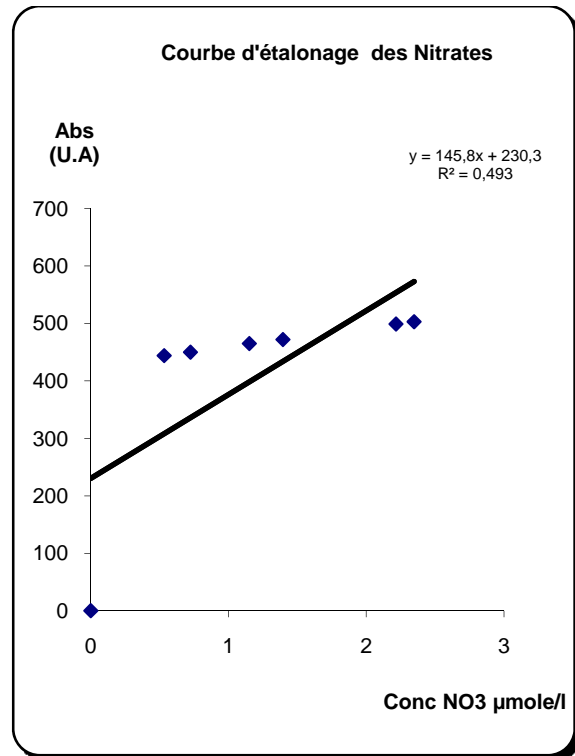
### F. Les courbes d'étalonnages



**Figure 13:**La courbe d'étalonnage de Nitrite. **Figure 14:**la courbe d'étalonnage de Silicate.



**Figure 15 :** Courbe d'étalonnage d'Orthophosphates.



**Figure 16 :** courbe d'étalonnage des Nitrates

# Résultats et interprétations

### 1) Analyse paramétrique :

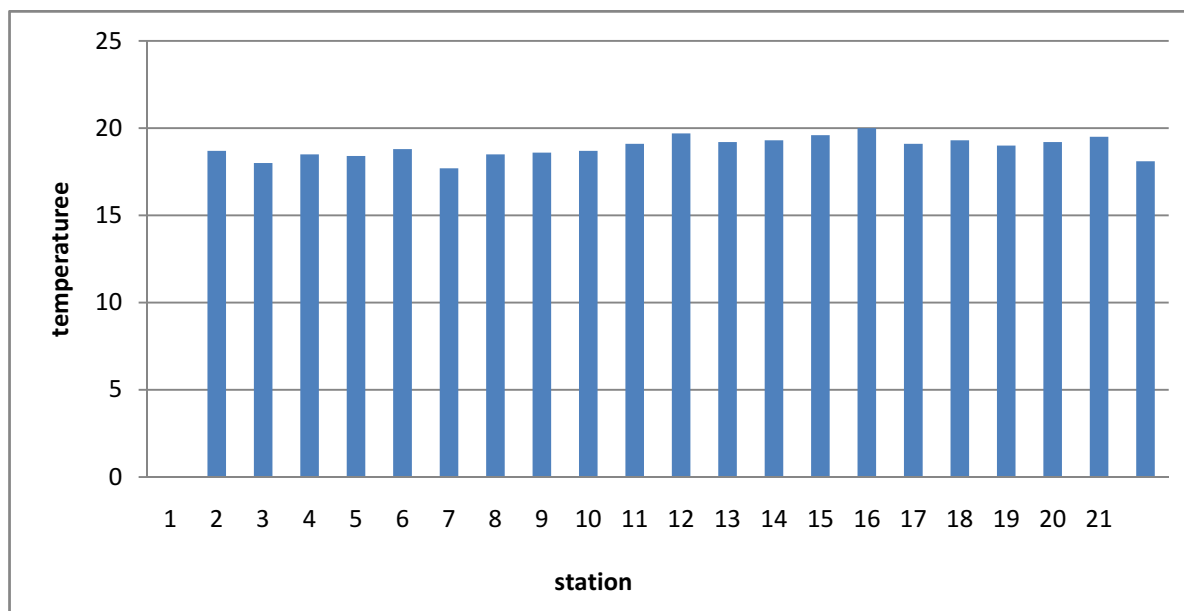
Les données acquises dans le port de sidi Fredj sont résumées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 3 :** les paramètres moyens et extrêmes des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs dans les eaux du port de sidi Fredj (avril 2011).

Paramètres	température	salinité	pH	O <sub>2</sub> dissous	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Si(OH) <sub>4</sub>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Unité	(C°)	(PSU)		mg/l	μ mol / l				
Max	20	36.9	8.12	12.8	4.7546	0.1624	0.7281	1.3548	10.2128
Min	17.7	36.1	7.96	1	2.1585	0.0014	0.0022	0.4296	0.1635
Moy	18.9	36.3	8.07	10.80	3.3235	0.0385	0.5707	0.7308	4.1521
Ecart-type	0.5744	0.2368	0.1020	2.3285	0.6756	0.0453	0.1304	0.2535	2.1163

#### 1.1. Variation des paramètres physico-chimiques :

##### a) La température :



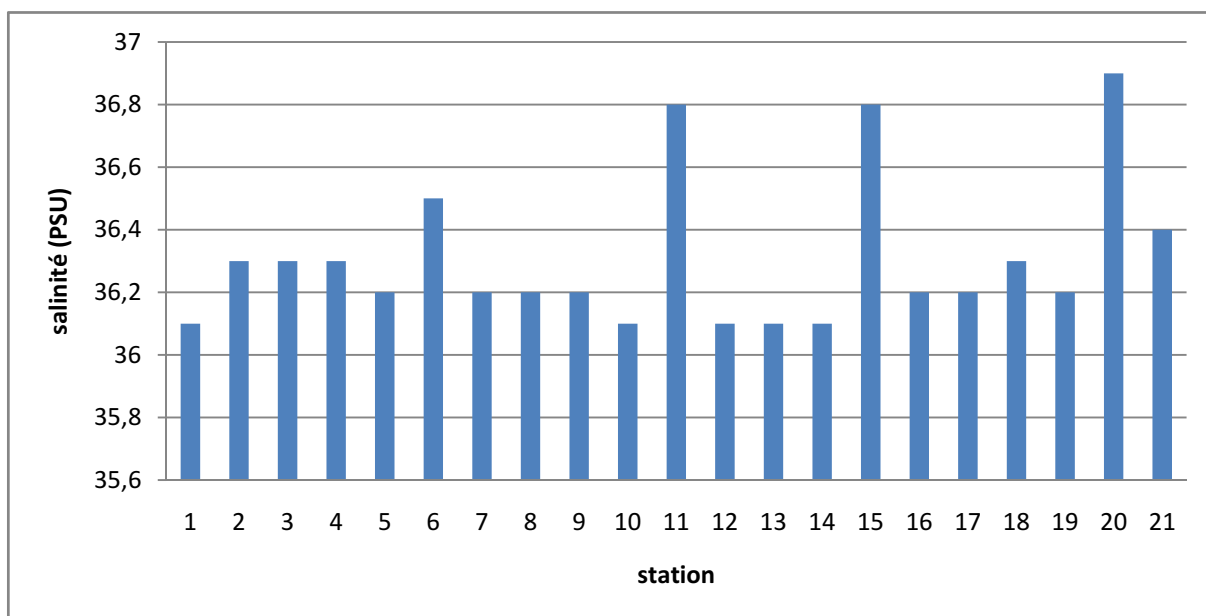
**Figure 17 :** variation de la température dans le port de Sidi Fredj (Avril 2011)

Généralement les eaux superficielles sont directement soumises aux conditions météorologiques. En effet les valeurs de la température enregistrées au niveau des différentes stations dans le port de Sidi Fredj sont variées entre un minimum de 17.7°C (Station n°15) et

un maximum de 20°C (station6). La variation de la température entre les différentes stations peut être attribuée à l'action du vent et des courants de surface. (Taoudiat ,2009)

D'une manière générale on peut remarquer une relative stabilité thermique (homogénéité des eaux).

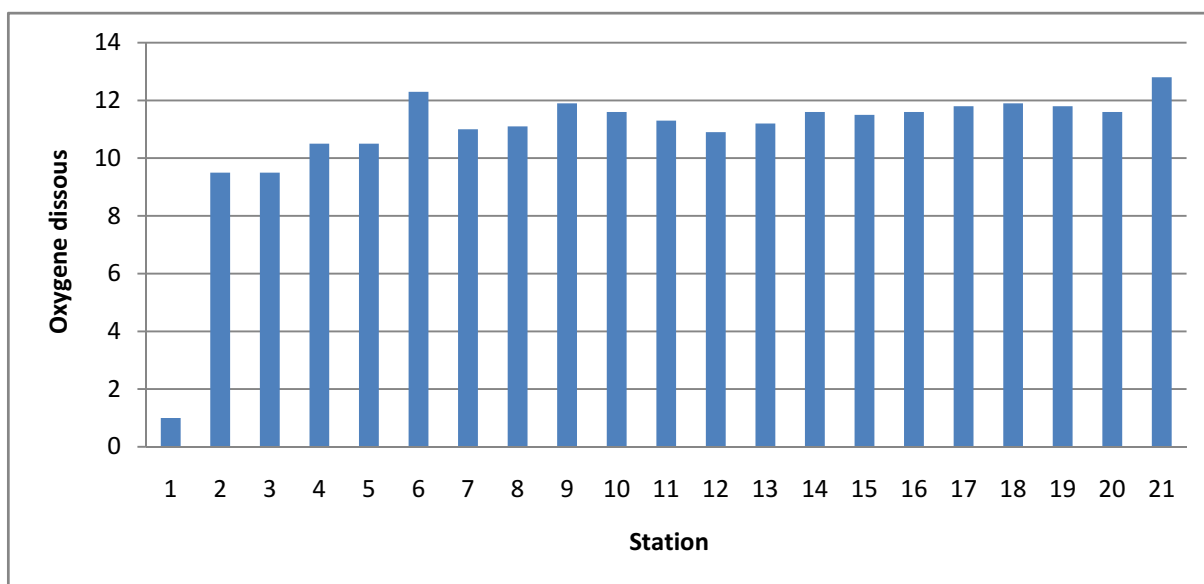
**b) La salinité :**



**Figure 18 :** Les variations de la salinité (PSU) au niveau de port de Sidi Fredj

On remarque ainsi que les valeurs de la salinité sont relativement homogène. Les valeurs de la salinité sont situées entre 36.1 et 36.9 (PSU), la valeur la plus élevée est localisée dans la station20, et les valeurs les plus faibles sont localisées dans les stations (1, 10,12, 13,14). (Bouaziz et Djerrai, 2010)

## c) L'oxygène dissous :



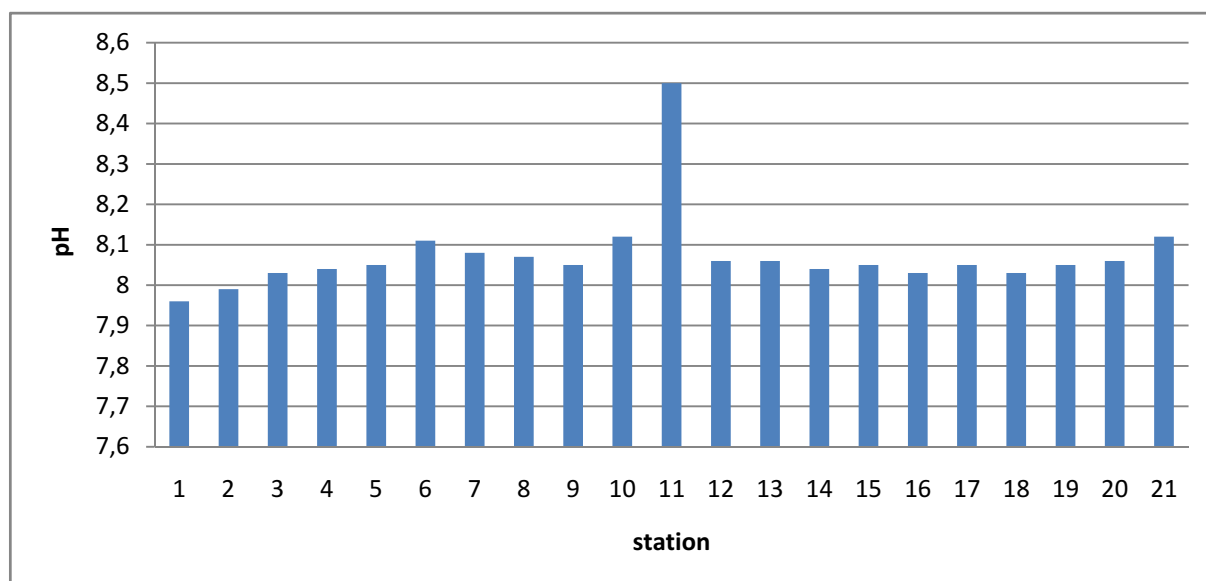
**Figure 19 :** Les variations de l'Oxygène dissous au niveau de port de Sidi Fredj (Avril 2011)

Les variations de l'oxygène dissous ont été observé entre un minimum 1mg /l (station1) et un maximum de 12.8mg/l (station 21).

La variation de ce paramètres est due aux mélanges des masses d'eaux, échange air-mer la respiration de la biomasse (ensemble de la faune et de la flore aquatique) et la photosynthèse (le Pimpec et *al*, 2002).

La faible concentration indique une intense consommation d'oxygène par le processus de reminéralisations de la matière organique en provenance des eaux usées des entretiens des bateaux.

La plus forte teneur en oxygène dissous se trouve dans la station 21 donc à ces endroits, les eaux sont relativement oxygénées.(Bouaziz et *al*,2010).

**d) pH :**

**Figure 20 :** Les variations de pH au niveau de port de Sidi Fredj(Avril2011).

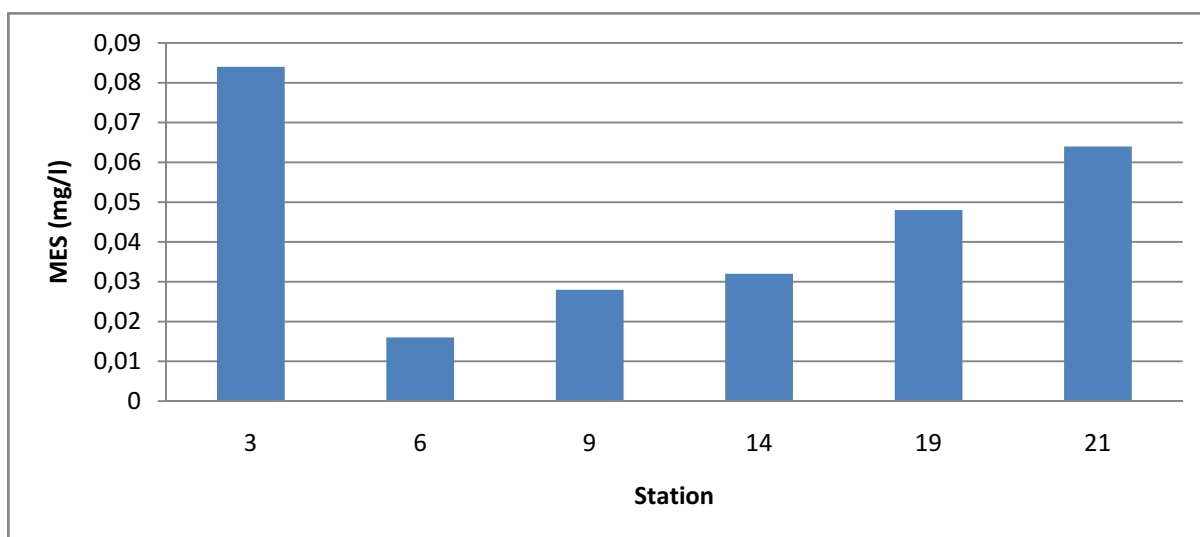
Le ph des différentes stations ne présente pas des variations significatives.les valeur sont comprises entre 7.96 et 8.12.elles restent dans la limites fixées par la législation algérienne pour les eaux de mer (6.5-8.5). (Jora, 2006)

**f) la matière es suspension**

Le tableau suivant représente les teneurs en matière en suspension dans le port de Sidi Fredj.

**Tableau 4:** les teneurs en matière en suspension dans le port de Sidi Fredj (Avril 2011).

Station	3	6	9	14	19	21
MES (mg/l)	0.084	0.016	0.028	0.032	0.048	0.064



**Figure 21:** les variation de la matière en suspension dans le port de Sidi Fredj(Avril2011).

D'après la figure et le tableau, un maximum de MES est enregistré dans la station 3 (0.084 mg/l) tandis qu'un minimum dans la station 6 (0.016 mg/l). globalement il n'existe pas une large différence entre les six stations.

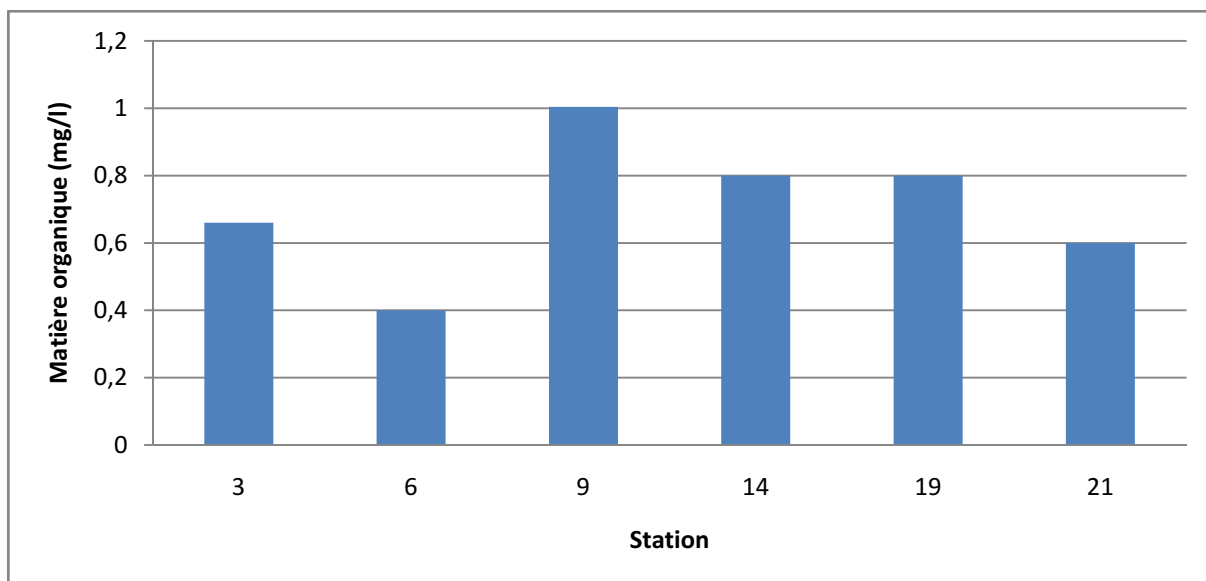
On note aussi que dans le port de Sidi Fredj il y a absence d'hydrodynamisme suffisant pour véhiculer la matière en suspension vers les autres bassins.

En conclusion, le sens et l'intensité des courants dans la zone de Sidi Fredj sont étroitement liés au régime des vents régnant et contribuent à l'agitation dans les bassins intérieurs du port.(Haoua,2006)

#### **g) la matière organique :**

**Tableau 5 :** les variation de la teneur en matière organique.

Station	3	6	9	14	19	21
<b>M.O (mg/l)</b>	0.66	0.40	1.004	0.80	0.80	0.60



**Figure 22 :** les variation de la matière organique dans le port de Sidi Fredj(Avril 2011).

D'après le tableau et le graphe on remarque que Les teneurs en matière organique sont comprises entre 0.40 et 1.004 mg/l.les faible teneurs de la MO supposées que les MES sont essentiellement de matière inorganique.(Eddalia ,1990).

Cette matière organique diminue du fait des organismes hétérotrophes qui la transforment par son oxydation biochimique (minéralisation). Ce phénomène est lié à la teneur en oxygène dissous, nécessaire à la survie des organismes aérobie et aux réactions d'oxydation. (Cauwet,1985).

### 1- 2 concentrations des sels nutritifs :

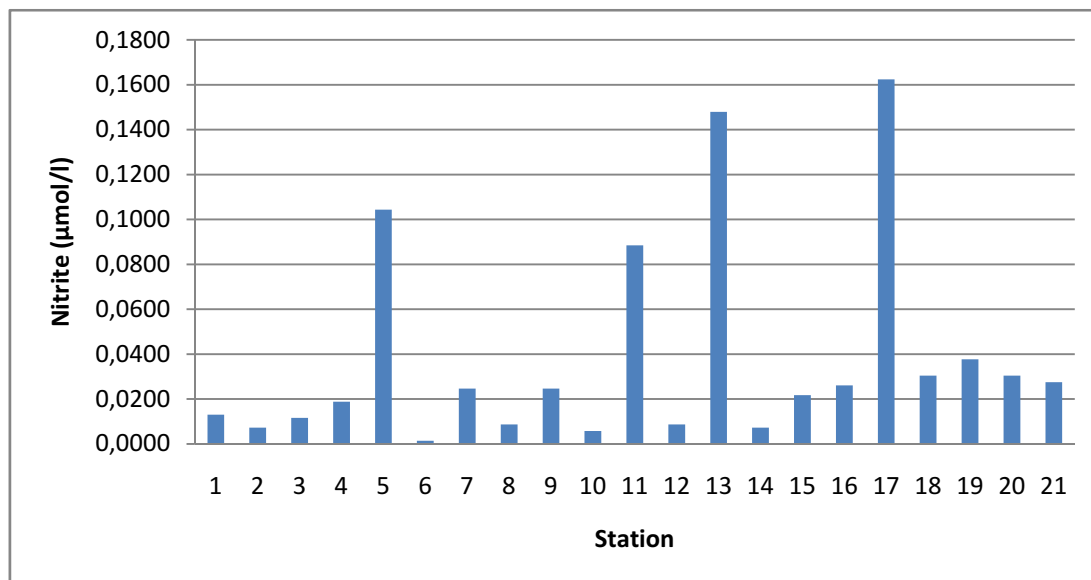
Les concentrations maximales, minimales et moyennes des sels nutritifs sont présentées dans le tableau suivant.

**Tableau 6:** les concentrations maximales, minimales et moyennes des sels nutritifs dans le port de Sidi Fredj (Avril 2011).

Elément nutritif	$\text{NO}_2^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NH}_4^+$	$\text{PO}_4^-$	$\text{SiO}_2$
<b>Max</b>	0.1624	4.7546	10.20	0.7281	1.3548
<b>Min</b>	0.0014	2.1585	0,1635	0.02292	0.4296
<b>Moy</b>	0.0385	3.3235	4.1521	0.5707	0.7308

### 1) les nitrites :

Les nitrites proviennent d'une oxydation de l'ammonium (nitrosation) et de la réduction des nitrates (dénitrification).



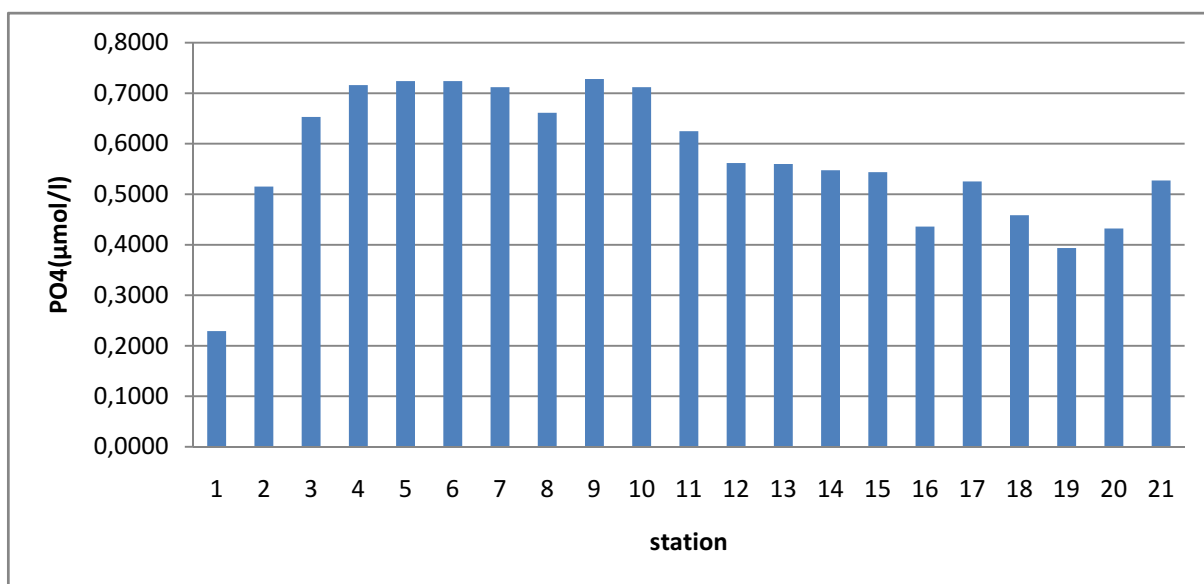
**Figure 23** : les variations de la teneur en nitrite dans le port de Sidi Fredj (Avril 2011)

Les teneurs en nitrites varient entre 0.0014 et 0.1624  $\mu\text{mol/l}$  avec une moyenne de 0.08544  $\mu\text{mol/l}$ , elles sont faibles pour l'ensemble des stations.

Les faibles valeurs en nitrites peuvent être expliquées par le fait que cet ion est un élément intermédiaire dans la réaction de dénitrification.

Les valeurs les plus élevées sont attribuées soit à l'apport de substances organique ou non organiques par les rejets directs d'eaux pluviales dans le bassin du port (auxquelles ne mêlent quelque fois des eaux usées parasite) , soit à la formation des nitrites à partir de la dégradation de la matière organique et l'oxydation de l'ammonium.(Bouaziz et *al.*,2010)

## 2) Les orthophosphates :

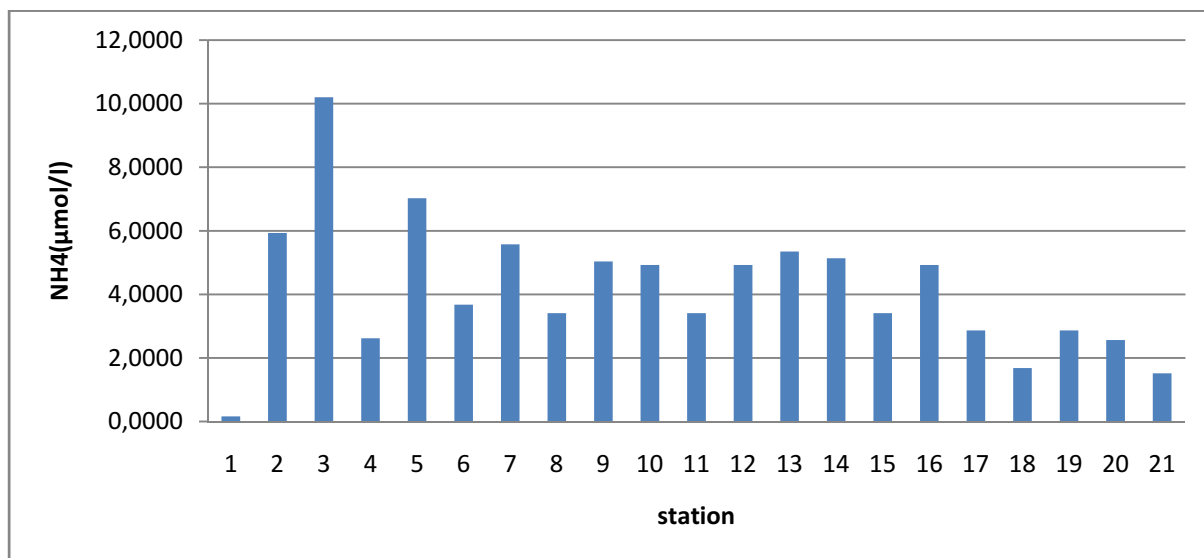


**Figure 24** : les variations de la teneur en phosphate au niveau de port de Sidi Fredj (Avril 2011)

Les teneurs en phosphate enregistrées varient entre 0,002292 à 0,7281 μmol/l et , avec une moyenne de 0,5707 μmol/l.

Les phosphates peuvent provenir des détergents utilisées lors de l'entretien des bateaux qu'il s'agisse de leur entretien courant (lavage avec des détergents anioniques) ou périodique (entretien et peintures des coques sur les aires de carénage, petites et grosses réparation). (Bouaziz *et al.*, 2010).

## 3) L'azote ammoniacal :



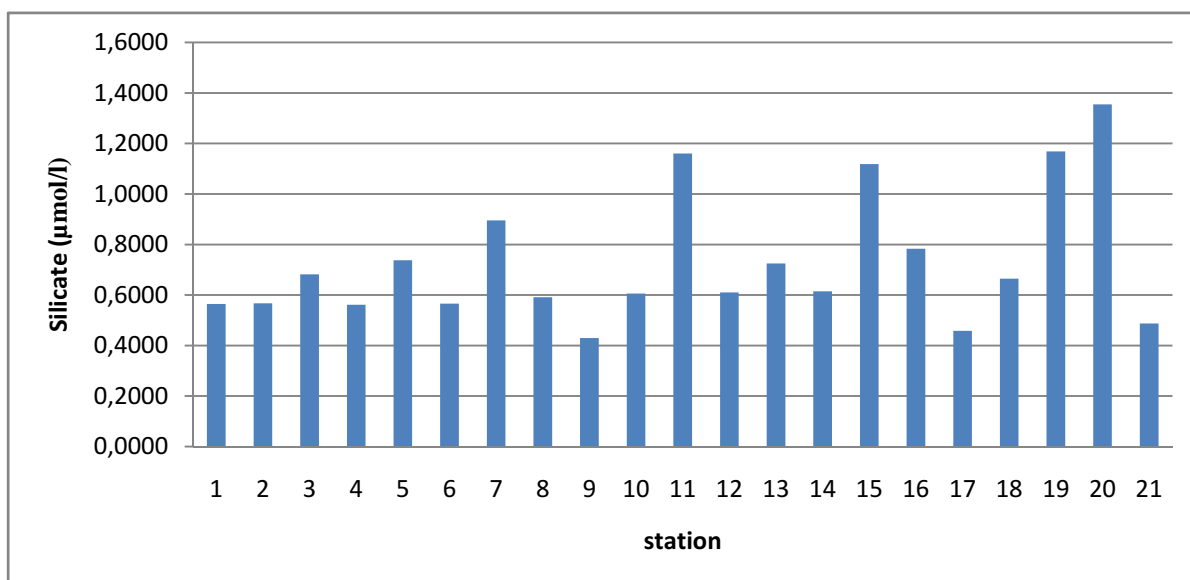
**Figure 25** : les variations de L'azote ammoniacal au niveau de port de Sidi Fredj (Avril 2011)

La teneur en ammonium varie entre un minimum de 0.1635 et un maximum de 10.2028  $\mu\text{mol/l}$ , avec une moyenne de 4.1521  $\mu\text{mol/l}$ .

La faible valeur est enregistrée dans la station 1 et la plus forte valeur est enregistrée dans la station 3, cela peut être expliqué par les eaux pluviales et l'activité portuaire et les rejets des bateaux de plaisance ou aussi par une dégradation importante de la matière organique au niveau des bassins. (Bouaziz et *al.*, 2010).

#### 4) Les silicates

Le silicium n'est pas un composant de la matière organique proprement dite, mais aussi sous formes d'opale, il est le constituant essentiel des squelettes et teste silicique

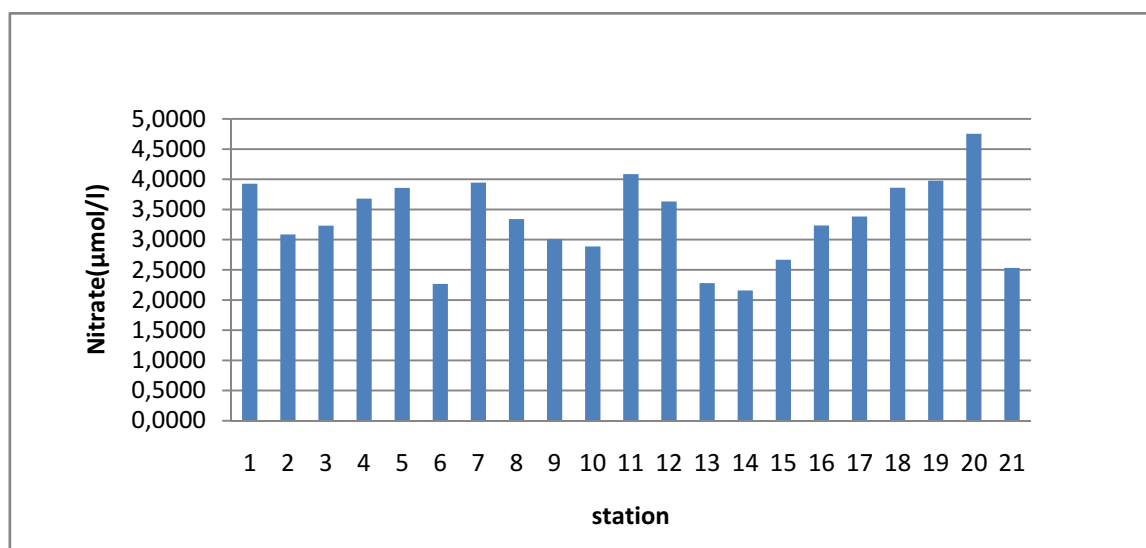


**Figure 26** : les variations de la teneur en silicate dans le port de Sidi Fredj(Avril 2011)

Les teneurs en silicate sont comprises entre 0.4296 et 1.3548  $\mu\text{mol/l}$ , avec une moyenne de 0.7308. La valeur la plus élevée est située dans la station 20 est la valeur la plus basse est située dans la station 9.

La consommation de silicate par les diatomées provoque une forte baisse de concentration. (Aminot et *al.*, 1994).

### 5) Les nitrates :



**Figure 27** : les variations de la teneur en nitrate dans le port de Sidi Fredj (Avril 2011).

D'après la figure on remarque que les teneurs en nitrate varie entre un minimum de 2.1585  $\mu\text{mol/l}$  et maximum de 4.7546  $\mu\text{mol/l}$  et avec une moyenne de 3.3255  $\mu\text{mol/l}$ .

Ces faibles teneurs en nitrate sont probablement dues à l'épuisement des sels par l'activité biologique du bloom printanier. (Haddouche, 2003)

### 2) Etude comparative des paramètres physico-chimiques des eaux du port de Sidi Fredj avec les données antérieur :

Le tableau suivant représente les moyennes des paramètres physico-chimiques mesurés au niveau du port de Sidi Fredj.

**Tableau 7** : résultat moyenne des paramètres physico-chimiques enregistrés au niveau du port de Sidi Fredj.

	T°(c)	Salinité	pH	O <sub>2</sub> dissous	MES
<b>(Bouaziz et Djerrai 2010)</b>	18.1	36.34	8.05	5.38	232.06
<b>Amrani Ferhat 1994</b>	25.73	36.18	7.78	8.26	25.54
<b>Notre étude (2011)</b>	18.9	36.3	8.07	10.80	0.045

A partir du tableau 7, on remarque que les températures moyennes de notre étude sont significatives avec celle de Bouaziz (du mars au mai 2010), mais elle présente des grandes variations avec celle d'Amrani 1994. Cependant elles restent tous inférieurs aux normes algériennes et européennes (inférieur à 30°C). Cela s'explique aisément par le fait que ces études ont été faites à différentes périodes : mars à mai pour Bouaziz et le mois d'avril pour notre étude.

Pour l'oxygène dissous, les teneurs moyennes d'oxygène dissous enregistrées dans notre étude sont nettement supérieures à celles des autres travaux, pour le pH et la salinité très peu de variation sont notées.

La matière en suspension, les valeurs enregistrées dans notre étude sont plus faibles, donc la turbidité dans les bassins du port devient moins importante.

### 3) Etude comparative des sels nutritifs des eaux du port de Sidi Fredj avec les données antérieures.

Le tableau suivant représente les moyennes des sels nutritifs mesurées au niveau du port de Sidi Fredj.

**Tableau 8 :** teneur moyennes des eaux du port de Sidi Fredj en sels nutritifs.

Paramètres	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub>
<b>Bouaziz</b>	0.22	0.53	0.50
<b>Amrani</b>	0.39	1.39	1.26
<b>Notre étude</b>	0.03	3.32	0.57

D'après le tableau on remarque que les teneurs en nitrite et en phosphate sont significatives pour toutes les études mais pour les nitrates très peu de variation ont été observées.

# Conclusion

## **La conclusion :**

Notre travail consiste d'une part, à maîtriser les techniques particulièrement l'analyse des sels nutritifs et d'autre part, d'évaluer la pollution des eaux dans le port du Sidi Fredj. Notre étude est aussi basée sur l'approche de l'utilisation des paramètres physico-chimiques, et le comportement de la matière en suspension.

L'analyse des paramètres physico-chimiques (température, potentiel d'hydrogène, oxygène dissous) dans les stations, la charge en matière en suspension et organique ainsi que les sels nutritifs (ammonium, nitrite, nitrate, phosphate et silicate) en particulier a permis de mettre en évidence l'importance des différents apports naturels et anthropiques (rejets domestiques) par le port étudiés.

D'après les données on distingue des teneurs élevées en oxygène dissous et une faible teneur en matière organique. Supposées ces MES sont essentiellement de matière inorganique, et les faibles teneurs en matière en suspension sont dues à une absence d'hydrodynamisme suffisant pour véhiculer la matière en suspension et on distingue aussi des teneurs élevées en ammonium. Ceci est probablement dû aux rejets urbains qui sont souvent chargés en  $\text{NH}_4^+$ .

Enfin, cette étude ponctuelle réalisée sur une courte période ne nous permet pas de définir l'importance de la pollution dans la zone d'étude. Donc en résulte qu'il existe certainement une pollution par les sels nutritifs dans le port de Sidi Fredj.

# Bibliographie

## Bibliographique

- Aminot A.,1978. La baie de sein : hydrologie nutriment et chlorophylle, 121 p.
- Aminot A , et Kerouel R., 2004 : hydrologie des écosystème marin, paramètre et analyse. Edt ifremer, 316 p.
- Aminot A,et Chausspied ., 1983 : manuel des analyse chimique au milieu marin, station des océans.Edt . CNEXO ,395 p.
- Azzi A,et Fahem Z., 2007 : évaluation de la pollution par les sels nutritifs dans les principaux rejets de littoral algérois. Mémoire D.E.U.A., ENSSMAL ,36 p.
- Bellahsen Y., 2002 : dragage et site de dépôt des matériaux. Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement
- Beraaho A., 2006 : évaluation du milieu marin, 219,291 p.
- Bouaziz T,et Djerrai N.,2010 : étude des caractéristique physico-chimique et bactériologiques des eaux de mer et des sédiments dans le port de plaisance de « Sidi Fredj», en vue d'une immersion. *Mémoire d'ingénieur .*, ENSSMAL, 16,44,45.48 ,49,50,51 ;52 p.
- Eddaliab N.,1990 : les sels nutritifs et la matière en suspension de la baie d'Alger et le golf d'Arzew identification des masses d'eaux .Mémoire d'ingénieur d'état en halieutique.,ENSSMAL,103 p.
- Haddouche I.,2002 : étude de l'état de pollution de la baie de Bou ismail par les sels nutritifs et les métaux lourds. Mémoire d'ingénieur d'état en pollution.,ENSSMAL,43 p.
- Haoua M., Laloui A.,2006 : analyse corrélative des paramètres physico-chimiques indicateurs de la pollution aquatiques dans la zone Est de Sidi Fredj(port et plage Est).Mémoire D.E.U.A.,ENSSMAL,36p.
- Kaci L,et Nemmar M.,2009 : évaluation de la pollution des principaux rejets au niveau du littoral algérois. Mémoire D.E.U.A.,ENSSMAL
- Laama C : contribution à l'étude des paramètre physico-chimique et bactériologiques des eaux de port d'Alger. Mémoire D.E.U.A.,ENSSMAL ,32 p.
- Lourguioui H.,2006 : étude hydrologique du barrage de Boukourdane (Wilaya de Tipaza).Mémoire de Magister en environnement et écosystème littoraux.
- Samari N.,2008 : qualité physico-chimique des sels nutritifs et bactériologique dans la baie de Bouismail et le port de Bouharoun. Mémoire d'ingénieur d'état en environnement marin.,ENSSMAL ,55 p.
- Taoudiat S.,2009 : hydrologie et sels nutritifs dans les eaux de la baie d'Alger,28 p.

# Annexe

**Dosage de l'ammonium****I. Réactifs****1. 1. Solution tampon****Produit chimique exigés :**

Tartrate de potassium et de sodium	
$C_4H_4O_6KNa \cdot 4H_2O$ .....	33g.
Citrate de sodium $C_6H_5O_7Na_3 \cdot 2H_2O$ .....	24g.
Acide sulfurique $H_2SO_4(IN)$ .....	xml.
Eau distillée $H_2O$ .....	1000ml.
Brij 35 (30%).....	2ml.

**Préparation**

Dissoudre le tartrate de potassium et de sodium dans  $\pm 800$ ml d'eau distillée. Ajouter le citrate de sodium et dissoudre. Ajuster le pH à 5 avec la solution d'acide sulfurique. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le Brij 35 et mélanger.

**Note :**

La solution est stable pendant 1 semaine. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

**1. 2. Solution de phénol****Produits chimiques exigés :**

Phénol $C_6H_5OH$ .....	6g.
Hydroxyde de sodium $NaOH$ .....	40g.
Eau distillée $H_2O$ .....	1000ml.

**Préparation**

Dissoudre le phénol dans  $\pm 50$  ml d'eau distillée. Ajouter l'hydroxyde de sodium. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

**Note :** La solution est stable pendant 1 semaine.

### 1. 3. Solution d'hypochlorite de sodium

**Produits chimiques exigés :**

Solution d'hypochlorite de sodium NaClO  
(13% de chlore actif) .....200ml.  
Eau distillée H<sub>2</sub>O .....800ml.

#### **Préparation**

Diluer la solution d'hypochlorite de sodium dans ± 700 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

### 1. 4. Solution de nitroprussiate de sodium

**Produits chimiques exigés :**

Nitroprussiate de sodium Na<sub>2</sub>[Fe(CN)<sub>5</sub>NO].2H<sub>2</sub>O.....0,5g.  
Eau distillée H<sub>2</sub>O .....1000ml.

#### **Préparation**

Dissoudre le nitroprussiate de sodium dans ± 700 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

#### **Note :**

Conserver dans une bouteille à couleur sombre.

La solution est stable pendant 1 semaine.

Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

### 1. 5. Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée H<sub>2</sub>O.

## II. Préparation des solutions étalons

### 2. 1. Solution mère de 100 ppm N (\*)

#### Produits chimiques exigés :

Chlorure d'ammonium NH <sub>4</sub> Cl.....	0,3819g.
Eau distillée H <sub>2</sub> O .....	1000ml.

#### Préparation

Dissoudre le chlorure d'ammonium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

#### Note :

La solution est stable pendant 1 mois. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

### 2. 2. Solution fille de 10 ppm N

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm N dans 100 ml d'eau distillée.

#### Note :

Préparer la solution fille à 10 ppm Si chaque semaine et les standards chaque jour.

(\*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en µmoles/l de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>.

**Dosage de nitrites + nitrates****I-Réactifs****I-1 Solution tampon****Produits chimique exigés :**

Chlorure d'ammonium $\text{NH}_4\text{Cl}$ .....	50g.
Solution d'ammonium $\text{NH}_4\text{OH}$ (25%).....	$\pm 1\text{ml}$ .
Hydroxyde de Sodium $\text{NaOH}$ .....	5g.
Eau distillée $\text{H}_2\text{O}$ .....	1000ml.
Bridj 35(30%).....	3ml.

**Préparation :**

Dissoudre le Chlorure d'ammonium dans 800ml d'eau distillée. Ajusté le pH à 8.2 avec la solution d'ammonium. Ajouter l'hydroxyde de sodium dissoudre. Ajusté à 1 litre avec de l'eau distillée, ajouter le Bridj 35 et mélanger.

**Note :** La solution est stable pendant 1 semaine. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

**1. 2. Réactif colorant****Produit chimique exigés :**

Acide o-phosphorique $\text{H}_3\text{PO}_4$ (85%).....	50ml.
Sulfanilamide $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$ .....	10g.
$\alpha$ -Naphthyléthylène diamine dihydrochloride $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{Cl}_2\text{N}_2$ .....	0.5g.
Eau distillée $\text{H}_2\text{O}$ .....	850ml.

**Préparation :**

Diluer l'acide o-phosphorique dans  $\pm 750$  ml d'eau distillée. Ajouter le sulfanilamide et le  $\alpha$ -Naphthyléthylène diamide dihydrochloride et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

**Note :** La solution est stable pendant 2 semaines. Conserver dans une bouteille à couleur sombre.

**1. 3. Liquide de rinçage :**

Eau fraîchement distillée H<sub>2</sub>O (régénérée chaque semaine).

**II-Préparation des solutions étalons**

**2. 1. Solution mère de 100pp N(\*).**

**Produits chimique exigés :**

Nitrate de sodium NaNO<sub>3</sub>.....0.6068g.

Eau distillée H<sub>2</sub>O.....1000ml.

**Préparation**

Dissoudre le nitrate de sodium dans  $\pm 800$  ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

**Note :** la solution est stable pendant 4 semaines. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

**3. 2. Solution fille de 10ppm N**

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm N dans 100 ml d'eau distillée.

**Note :** Préparer la solution fille à 10 ppm chaque semaine et les standards chaque jour.

(\*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en  $\mu\text{moles/l}$  de N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ou de N-NO<sub>2</sub><sup>-</sup> puis en  $\mu\text{moles/l}$  de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ou de NO<sub>2</sub><sup>-</sup>.

**III- Préparation de la colonne réductrice**

**4. 1. solution d'acide Chlorhydrique (4N)**

**Produits chimiques exigés :**

Acide chlorhydrique HCl (32%).....400ml.

Eau distillée H<sub>2</sub>O .....600ml.

**Préparation :** Diluer l'acide chlorhydrique dans 600ml d'eau distillée.

**2. 2. Cadmium**

**Produits chimiques exigés :**

Granules de cadmium taille 0.3-1.0 mm (tamisé).....2.5g.

**Procédure de remplissage :**

- 1- Les granules de cadmium sont mélangées avec  $\pm 30$  ml de la solution d'acide chlorhydrique (4N).
- 2- Agiter pendant 1 minute.
- 3- Ajouter environ 50 ml de solution de sulfate de cuivre et agiter pendant 5, minutes.
- 4- Laver la saleté entre les granules avec l'eau distillée.
- 5- Sécher les granules de cadmium.
- 6- Ajouter, à l'acide d'un entonnoir, les granules dans une colonne sèche, en secouant de temps en temps pour empaqueter la colonne des deux cotés.
- 7- Remplir jusqu'à  $\pm 5$  mm du sommet.
- 8- Placer un petit morceau de tube en polyéthylène, dans la colonne pour éviter que les granules ne sortent de la colonne.
- 9- Remplir la colonne, à l'acide d'une seringue contenant la solution tampon (réactif 1-1 préparé précédemment).
- 10- Placer la colonne dans le système.

**Note :** Eviter que l'air entre dans la colonne.

Les granules de cadmium activés peuvent être stockés sec , dans une bouteille bien fermée.

**Dosage des phosphates**

**I-Réactifs**

**1-1-Solution de molybdate d'ammonium**

**Produits chimiques exigés :**

Tartrate de potassium et d'antimoine	
$K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 5H_2O$ .....	230mg.
Acide sulfurique $H_2SO_4$ (97%).....	69.4 ml.
Molybdate d'ammonium $(NH_4)_6 MO_7O_2 \cdot 44H_2O$ .....	6g.
Eau distillée $H_2O$ .....	1000 ml.
FFD6.....	2 ml.

**Préparation**

Dissoudre le tartrate de potassium et d'antimoine dans  $\pm$  800 ml d'eau distillée. Ajouter soigneusement l'acide sulfurique en mélangeant constamment. Ajouter le molybdate d'ammonium et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

**Note :**

Ne pas employer de cuillères en métal pour le molybdate d'ammonium. La sensibilité peut être augmentée de 50% en employant 35 ml d'acide sulfurique concentré au lieu de 69.4 ml. Avec 35 ml l'interférence des silicates est 10 % pour 300 ppb Si et 10 ppb P.

Le pH final doit être inférieur à 1. La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

**1-2- solution d'acide ascorbique**

**Produits chimiques exigés :**

Acide ascorbique $C_6H_8O_6$ .....	6g.
Acétone $C_3H_6O$ .....	60 ml.
Eau distillée $H_2O$ .....	1000 ml.
FFD6.....	2 ml.

### Préparation

Dissoudre l'acide ascorbique dans  $\pm 800$  ml d'eau distillée. Ajouter l'acétone .Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

**Note :** La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à  $4^\circ C$  quand la solution n'est pas utilisée.

### 1-3- Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée  $H_2O$  (régénérée chaque semaine).

## II- préparation des solution étalons

### 2-1- Solution mère de 100 ppm P (\*)

#### Produits chimiques exigés :

Dihydrogène o-phosphate de potassium $KH_2PO_4$ .....	0.4394 g.
Eau distillée $H_2O$ .....	1000 ml.

### Préparation

Dissoudre le dihydrogène o-phosphate de potassium dans  $\pm 800$  ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

**Note :** La solution est stable pendant 4 semaines. Conserver à  $4^\circ C$  quand la solution n'est pas utilisée.

### 2-2-Solution fille de 10 ppm P

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm P dans 100 ml d'eau distillée.

**Note :** Préparer la solution fille à 10 ppm P chaque semaine et les standards chaque jour.

(\*) : Les concentration des transform ées en  $\mu\text{moles/l}$  de

**Dosage des silicates**

solutions étalons sont  $\text{PO}_4^-$ .

**I-Réactifs****1-1-Solution d'acide sulfurique****Produits chimiques exigés :**

Acide sulfurique $\text{H}_2\text{SO}_4$ (97%).....	10 ml.
Eau distillée $\text{H}_2\text{O}$ .....	1000 ml.
FFD6.....	2 ml.

**Préparation**

Diluer l'acide sulfurique dans  $\pm 800$  ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note :La solution est stable pendant 1 semaine . Conserver à  $4^\circ\text{C}$  quand la solution n'est pas utilisée.

**1-2- la solution de molybdate d'ammonium****Produits chimiques exigés :**

Molybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6 \text{MO}_7\text{O}_{24}.4\text{H}_2\text{O}$ .....	20 g.
Eau distillé $\text{H}_2\text{O}$ .....	1000 ml.
FFD6.....	2 ml.

**Préparation**

Dissoudre le molybdate d'ammonium dans  $\pm 800$  ml d'eau distillée.Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : conserver dans une bouteille de polyéthylène . la solution est stable pendant 1 jour . Ne pas utiliser des cuillères en métal pour le molybdate d'ammonium.

### 1-3- solution d'acide oxalique

#### Produits chimiques exigés :

Acide oxalique  $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$ .....44 g.

Eau distillée  $H_2O$ .....1000 ml.

#### Préparation

Dissoudre l'acide oxalique dans  $\pm 800$  ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

#### Note :

Conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant 1 mois.

Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

### 1-4- Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée

**Note :** Changer l'eau quotidiennement. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

## II- Préparation des solution étalons.

### 2-1- Solution mère de 100 ppm Si (\*)

#### Produits chimiques exigés :

Métasilicate de sodium  $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$ .....1.0119 g.

Eau distillée  $H_2O$ .....1000 ml.

#### Préparation

Dissoudre le métasilicate de sodium dans  $\pm 800$  ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

**Note :** La solution est stable pendant 1 mois. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

### **2-2- Solution fille de ppm Si**

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm Si dans 100 ml d'eau distillée.

**Note :** Préparer la solution fille à 10 ppm Si chaque semaine et les standards chaque jour. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

(\*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en  $\mu\text{moles/l}$  de  $\text{SiO}_4^-$ .

Tableau des résultats des analyses

Ident ity1	NO2 UMOL /L	Height NO2	SIO2 UMOL/ L	Height SIO2	NO3 Umol/l	Height NO3	NH4 Umol/l	Height NH4	PO4 Umol/l	Heig ht PO4
Was h	0	0	0	0	0	427	0	431	0	0
S1	0,1245	642	0,8362	353	1,1510	465	0,1375	469	-0,0350	0
S2	0,3404	784	1,1405	382	0,5324	444	1,5159	841	0,6683	364
S3	0,8375	1120	1,5471	421	0,7236	450	2,4560	1095	0,4710	284
S4	0,9794	1211	1,7901	444	1,3947	472	2,2665	1045	0,7443	436
S5	1,0605	1260	2,5240	515	2,2158	499	3,7267	1439	1,0907	624
S6	1,1821	1337	4,9457	751	2,3470	503	4,8265	1736	1,2260	708
1	0,0130	516		321	3,9270	555	0,1635	483	0,2292	246
2	0,0072	511	0,5671	321	3,0849	527	5,9300	2035	0,5152	382
3	0,0116	513	0,6819	332	3,2327	532	10,202 0	3185	0,6531	445
4	0,0188	517	0,5615	320	3,6804	547	2,6194	1144	0,7159	471
5	0,1044	575	0,7376	337	3,8581	553	7,0224	2329	0,7241	470
6	0,0014	503	0,5660	320	2,2662	500	3,6784	1429	0,7241	465
7	0,0246	518	0,8956	352	3,9437	556	5,5733	1939	0,7119	454
8	0,0087	506	0,5910	322	3,3416	536	3,4071	1356	0,6612	424
9	0,0246	516	0,4296	306	3,0094	525	5,0345	1794	0,7281	452
10	0,0058	502	0,6058	323	2,8872	521	4,9268	1765	0,7119	439
11	0,0884	558	1,1604	377	4,0847	561	3,4071	1356	0,6247	391
12	0,0087	502	0,6103	323	3,6326	546	4,9268	1765	0,5618	355
13	0,1479	597	0,7251	334	2,2807	501	5,3466	1878	0,5598	349
14	0,0072	499	0,6149	323	2,1585	497	5,1349	1821	0,5476	338
15	0,0217	508	1,1184	372	2,6661	514	3,4071	1356	0,5436	331
16	0,0261	510	0,7831	339	3,2338	533	4,9268	1765	0,4361	273
17	0,1624	603	0,4580	307	3,3815	538	2,8631	2017	0,5253	312
18	0,0304	511	0,6649	327	3,8592	554	1,6810	1968	0,4584	274
19	0,0377	515	1,1684	376	3,9770	558	2,8631	2017	0,3935	237
20	0,0304	509	1,3548	394	4,7546	584	2,5631	2013	0,4320	251
21	0,0275	506	0,4876	309	2,5328	510	1,5159	841	0,5273	293

## Fiche de prélèvement

Date de prélèvement : 13 /04/2011

Etat de la mer : Calme

Direction des vents : Néant

Zone d'étude : Port de sidi fredj

STATION	LONGITUDE(N)	LATITUDE(E)	HEURE	T	S	PH	O <sub>2</sub>
1	36°45'52.81''	2°50'54.07''	10h00	18.7	36.1	7.96	01
2	36°45'51.91''	2°50'53.72''	10h06	18	36.3	7.99	9.5
3	36°45'51.07''	2°50'54.07''	10h10	18.5	36.3	8.03	9.5
4	36°45'50.29''	2°50'54.93''	10h12	18.4	36.3	8.04	10.5
5	36°45'49.64''	2°50'55.88''	10h21	18.8	36.2	8.05	10.5
6	36°45'48.32''	2°50'56.86''	10h23	17.7	36.5	8.11	12.3
7	36°45'49.14''	2°50'55.58''	10h29	18.5	36.2	8.08	11
8	36°45'49.45''	2°50'54.28''	10h32	18.6	36.2	8.07	11.1
9	36°45'50.16''	2°50'52.74''	10h34	18.7	36.2	8.05	11.9
10	36°45'51.66''	2°50'51.75''	10h39	19.1	36.1	8.12	11.6
11	36°45'51.07''	2°50'50.54''	10h43	19.7	36.8	8.5	11.3
12	36°45'49.74''	2°50'54.78''	10h44	19.2	36.1	8.06	10.9
13	36°45'50.58''	2°50'49.29''	10h46	19.3	36.1	8.06	11.2
14	36°45'49.83''	2°50'49.10''	10h50	19.6	36.1	8.04	11.6
15	36°45'49.72''	2°50'47.12''	10h55	20	36.8	8.05	11.5
16	36°45'48.05''	2°50'52.27''	11h00	19.1	36.2	8.03	11.6
17	36°45'47.83''	2°50'49.49''	11h03	19.3	36.2	8.05	11.8
18	36°45'47.42''	2°50'53.82''	11h05	19	36.3	8.03	11.9
19	36°45'46.75''	2°50'52.41''	11h07	19.2	36.2	8.05	11.8
20	36°45'46.28''	2°50'54.17''	11h08	19.5	36.9	8.06	11.6
21	36°45'45.89''	2°50'56.54''	11h10	18.1	36.4	8.12	12.8

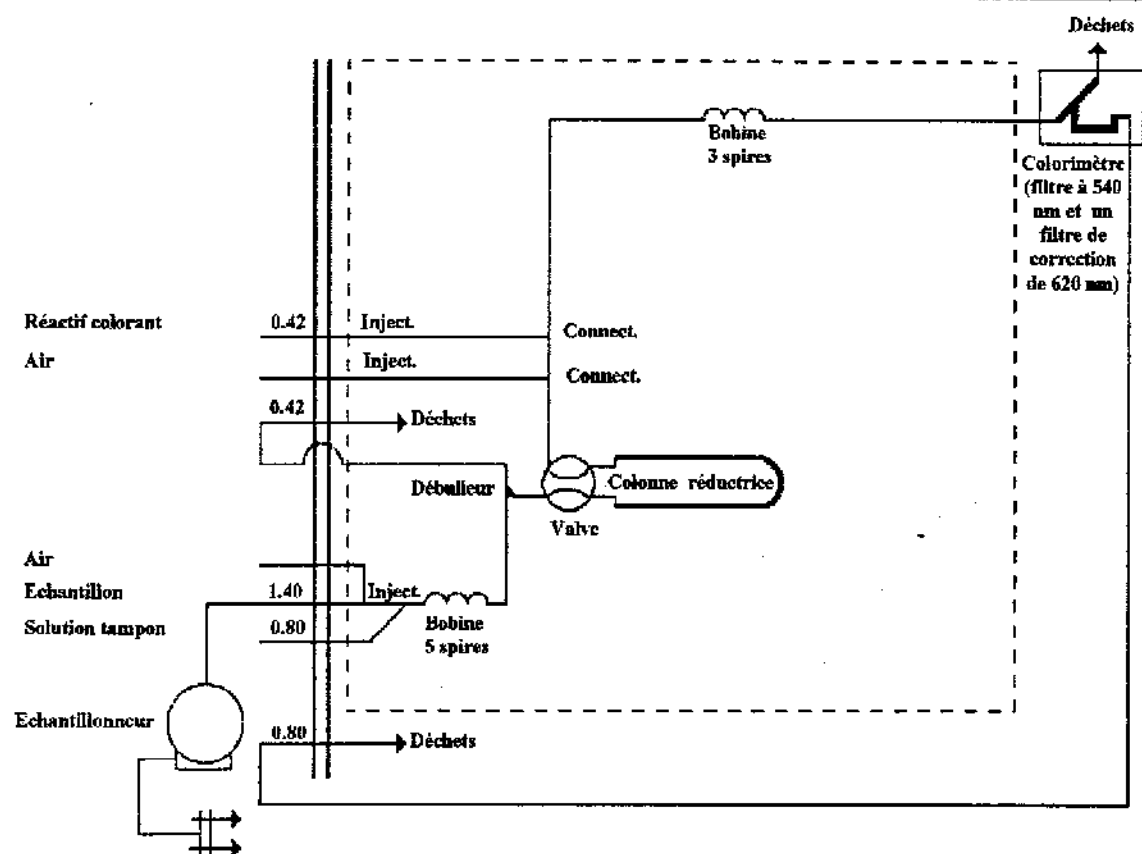


Figure A : Circuit analytique pour le dosage des nitrates et des nitrites (SKALAR<sup>®</sup>, 1998).

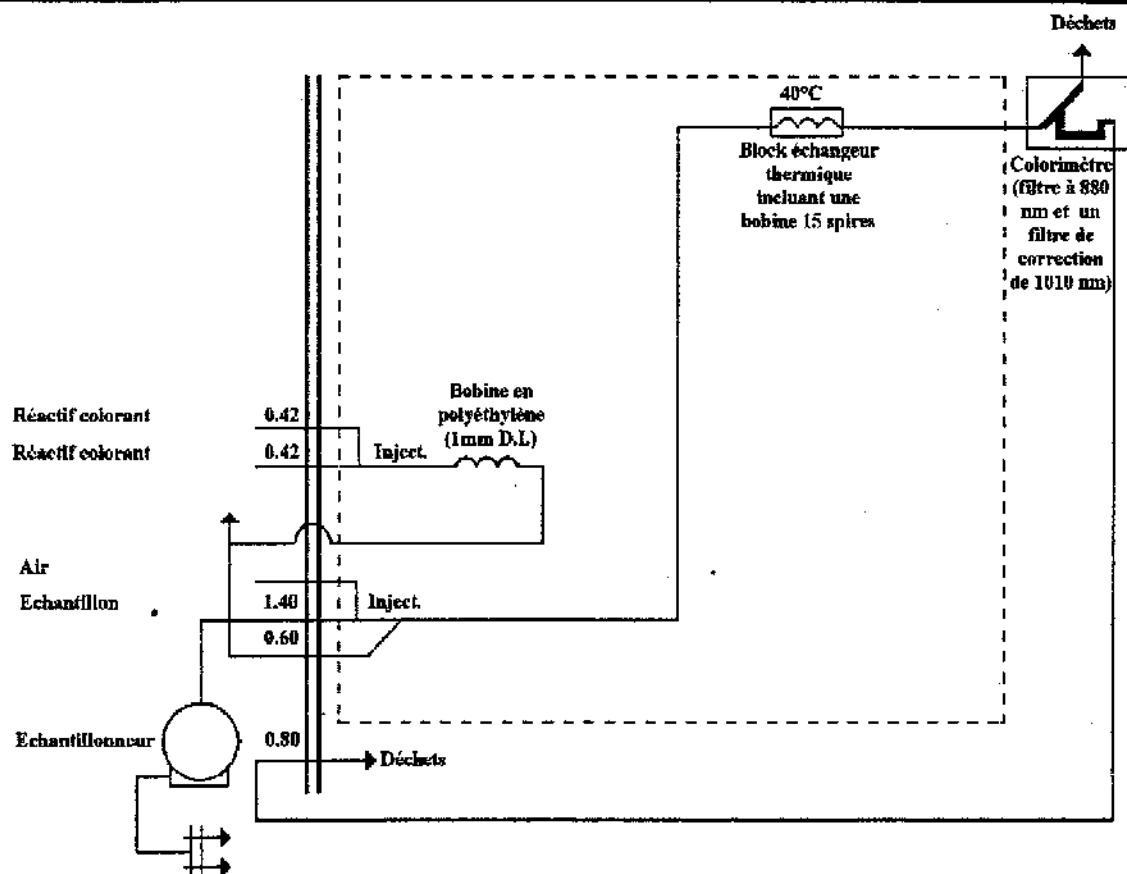


Figure B : Circuit analytique pour le dosage des phosphates (SKALAR<sup>®</sup>, 1998).

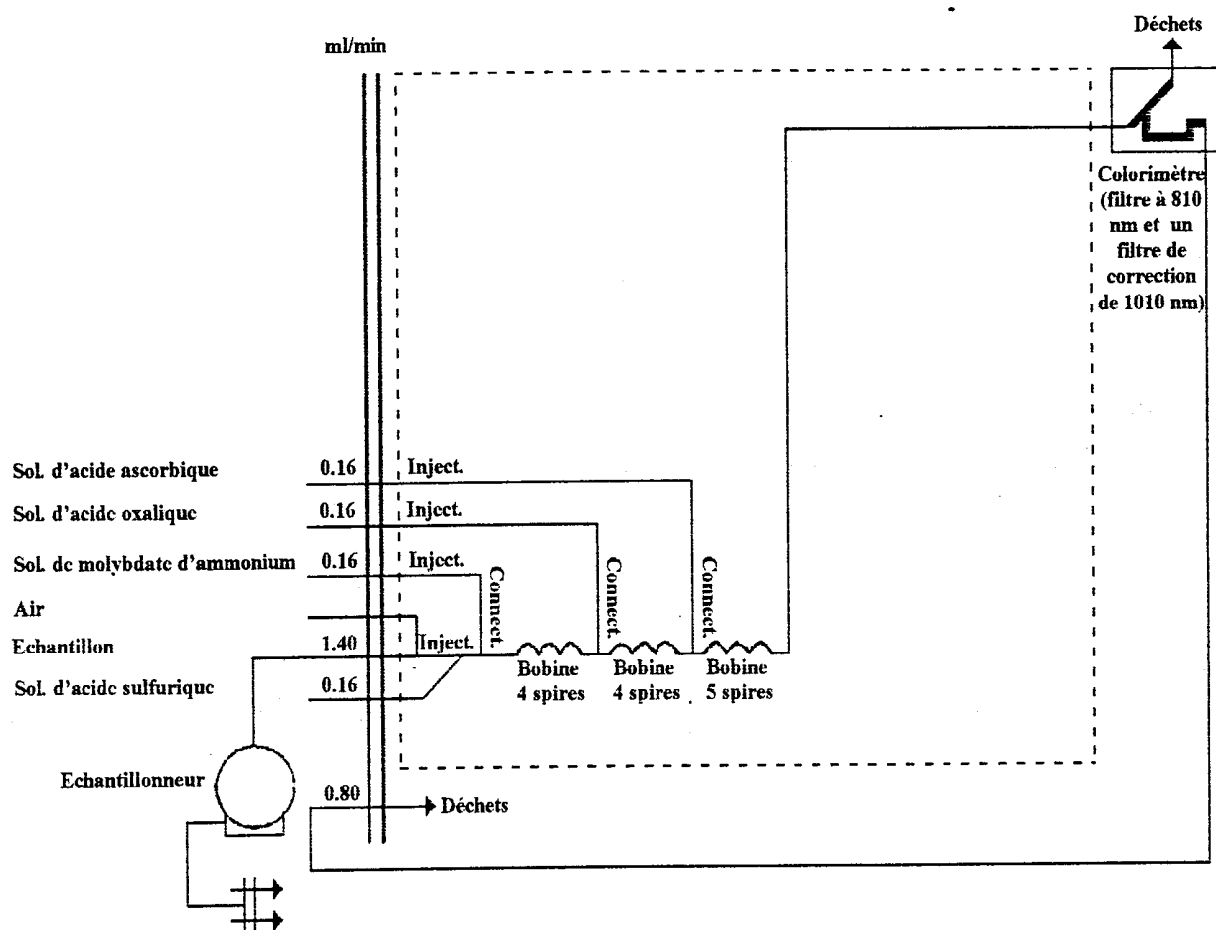


Figure C : Circuit analytique pour le dosage des silicates (SKALAR<sup>®</sup>, 1998)