

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهينة الساحل  
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME D'ETUDES  
UNIVERSITAIRES APPLIQUEES (D.E.U.A.) EN SCIENCES DE LA MER

**Option : Environnement**

**Sujet :**

**Caractérisation physico-chimiques des eaux de la zone de Sidi Fredj et  
caractérisation granulométrique de la baie de Bou-Ismail.**

**Préparé par :**

- Behilil Saadia
- Zanoun Merzouk.
- Khedia Ahlem.

**Présenté à la commission de jury suivante:**

M<sup>elle</sup> Ait Ameer

Mr Refes W (Maitre assistant)

Examinatrice.

Promoteur.

-Session 2008/2009-

*sommaire*

**INTRODUCTION** **1.**

**Chapitre I : MATERIEL ET METHODES** **.**

<b>1- Présentation de la zone d'étude.....</b>	<b>2</b>
1.1- Situation géographique.....	2
<b>2- Echantillonnage.....</b>	<b>3</b>
2.1- Choix et localisation des stations.....	3
2.2- Matériel de prélèvement.....	6
2.3- Méthodologie.....	7
<b>3. Analyse des paramètres physico-chimiques.....</b>	<b>7</b>
3.1- La température.....	7
3.2- La salinité.....	7
3.3- Le potentiel Hydrogène (pH).....	7
3.4- L'oxygène dissous.....	8
3.5- La chlorophylle <i>a</i> et les phéopigments.....	9
3.6- Les sels nutritifs.....	10
3.6.1- L'Azote ammoniacal (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ).....	10
3.6.2- Les Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ).....	11
3.6.3- Les Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ).....	12
3.6.4- Les phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ).....	13
3.6.5- Les Silicates (Si(OH) <sub>4</sub> ).....	14
<b>4- analyse du sédiment.....</b>	<b>17</b>
4-1Prétraitement des échantillons.....	17
4-2- Analyse des échantillons.....	17
<b>4.2.1 - La chlorophylle <i>a</i>.....</b>	<b>17</b>
a- Mode d'opérateur.....	17
<b>4.2.2- La matière organique.....</b>	<b>18</b>
a- Mesure de la matière organique.....	18
b- Mode opératoire.....	18

<b>4-3- Analyse granulométrique</b> .....	<b>26</b>
a- Traitement des échantillons.....	19
b- Aspect général des courbes granulométrique.....	20
c- Les indices granulométriques .....	21
c-1- Le mode.....	21
c-2- La médiane $Q_{50}$ .....	23
c-3- Le premier quartile $Q_{25}$ .....	23
c-4- Le troisième quartile $Q_{75}$ .....	23
c-5- Le classement.....	24
c-6- Facteur hydrodynamique.....	24

## **Chapitre II : RESULTATS ET INTERPRETATIONS**

<b>II- Résultats et interprétations de l'analyse de l'eau</b> .....	<b>26</b>
1- La température.....	26
2- La salinité.....	27
3- Le potentiel Hydrogène pH.....	29
4- L'oxygène dissous.....	30
5- La chlorophylle <i>a</i> et les phéopigments <i>a</i> .....	33
5.1- La chlorophylle <i>a</i> .....	33
5.2- Le phéopigments.....	35
6. Les sels nutritifs.....	37
6.1- L'Azote ammoniacal ( $NH_4^+$ ).....	37
6.2- Les Nitrites ( $NO_2^-$ ).....	38
6.3- Les Nitrates ( $NO_3^-$ ).....	40
6.4- Les phosphates ( $PO_4^{3-}$ ) .....	42
6.5- Les Silicates ( $Si(OH)_4$ ).....	43
<b>II. Résultats et interprétations de l'analyse des sédiments</b>	
7- La chlorophylle <i>a</i> dans les sédiments.....	45
8- La matière organique dans le sédiment.....	48

9- Analyse granulométrique .....	65
9.1- Le mode.....	49
9.2-La répartition de la médiane.....	50
9.3- Classement du sédiment.....	52
9.4- Facteur hydrodynamique.....	54

**CONCLUSION** **56**

**BIBLIOGRAPHIE** **58**

**ANNEXES** **.**

LISTE DES FIGURES, DES  
TABLEAUX ET DES PHOTOS

## *LISTE DES FIGURES*

---

<b>Figure 1.1</b> : Situation géographique de la baie de Bou Ismail.....	2
<b>Figure 1.2</b> : localisation des stations de prélèvement d'eau dans la baie de Sidi Fredj.....	3
<b>Figure 1.3</b> : les points de prélèvements des sédiments au niveau de la baie de Bou-Ismaïl.....	5
<b>Figure 1.4</b> : Courbe d'étalonnage de l'ammonium.....	11
<b>Figure 1.5</b> : Courbe d'étalonnage des nitrites.....	12
<b>Figure 1.6</b> : Courbe d'étalonnage des phosphates.....	13
<b>Figure 1.7</b> : Courbe d'étalonnage des silicates.....	14
<b>Figure 1.8</b> : Aspect général de courbe cumulative des stations.....	21
<b>Figure 1.9</b> : Courbe uni modale.....	21
<b>Figure 1.10</b> : Courbe bimodale.....	22
<b>Figure 1.11</b> : Courbe plurimodale.....	22

## *LISTE DES TABLEAUX*

---

<b>Tableau 1.1</b> : Coordonnées géographiques des stations de prélèvements de l'eau.....	4
<b>Tableau 1.2</b> : Numérotation et description des stations de prélèvements avec emplacements géographiques des sédiments de la baie de Bou-Ismaïl.....	5
<b>Tableau 1.3</b> : la nature des sédiments selon (MONBET, 1972) in (BOUKARTAOUI et BOUTOUILI, 1989).....	23
<b>Tableau 1.4</b> : valeurs du D représentant les types de classement de sédiment.....	24
<b>Tableau 2.1</b> : les valeurs minimales, moyennes et maximales des températures enregistrées dans la baie de Sidi Fredj (04 mai 2009).....	27
<b>Tableau 2.2</b> : les valeurs minimales, moyennes et maximales des Salinités enregistrées dans la baie de Sidi Fredj (04 mai 2009).....	27
<b>Tableau 2.3</b> : les valeurs minimales, moyennes et maximales des pH enregistrées dans la baie de Sidi Fredj (04 mai 2009).....	29
<b>Tableau 2.4</b> : les teneurs minimales, moyennes et maximales en Oxygène dissous (mg/l) enregistrées dans la plage Est et Ouest de Sidi Fredj (mai 2009).....	31
<b>Tableau 2.5</b> : les teneurs minimales, moyennes et maximales en Oxygène dissous (mg/l) enregistrées dans la plage Est et Ouest de Sidi Fredj (mai 2009).....	32
<b>Tableau 2.6</b> : les teneurs minimales, moyennes et maximales de la chlorophylle a enregistrées dans la plage Est et Ouest de Sidi Fredj (mai 2009).....	34
<b>Tableau 2.7</b> : les teneurs minimales, maximales et moyennes des phéopigments a enregistrées dans les eaux de la plage Est et Ouste de Sidi Fredj (mai 2009).....	36
<b>Tableau 2.8</b> : les teneurs minimales, moyennes et maximales en azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) enregistrées dans la plage Est et Ouest de Sidi Fredj (mai 2009).....	37
<b>Tableau 2.9</b> : les teneurs minimales, moyennes et maximales en azote nitreux (Nitrite) enregistrées dans la plage Est et Ouest de Sidi Fredj (mai 2009).....	54
<b>Tableau 2.10</b> : les teneurs minimales, maximales et moyennes des nitrates (mg/l) enregistrées dans les eaux de la plage Est et Oust de Sidi Fredj (mai 2009).....	41
<b>Tableau 2.11</b> : les teneurs en phosphates (mg/l) enregistrées dans la plage Est et Ouest de Sidi Fredj.....	42
<b>Tableau 2.12</b> : les teneurs en silicates (mg/l) enregistrées dans la plage Est et Ouest de Sidi Fredj.....	43

## LISTE DES PHOTOS

### **ANNEXE 1**

- Saturation en oxygène dissous exprimé en milligramme par litre.

### **ANNEXE 2**

- Les normes utilisées pour l'estimation de la qualité de l'eau superficielle et souterraine en fonction d'un certain nombre de paramètres.

### **ANNEXE 3**

- Les résultats finales de l'analyse de l'eau de la plage Est et Ouest de Sidi Fredj Mai/2009.

### **ANNEXE 4**

- Les résultats finals d'analyse de sédiments de la baie de Bou-Ismail Mai/2009 (Zanoun, Mail/2009).

### **ANNEXE 5**

- Les différentes courbe cumulatifs et histogrammes de fréquences.

## LISTE DES PHOTOS

### **Photo 1.1**

— Bouteilles des prélèvements de l'eau de mer au niveau de la baie de Sidi Fredj .

### **Photo 1.2**

— Conductimètres de terrain (cond 197).

### **Photo 1.3**

— PH-mètre de terrain de type (pH/mv mètre, WTW, 197).

### **Photo 1.4**

— Oxymètre de terrain (type Oxi / WTW 197).

### **Photo 1.5**

— Une pompe sous vide et un système de filtration.

### **Photo 1.6**

— Un spectrophotomètre de marque CECI type1201 série 1000.

### **Photo 1.7**

— Un four à moufle.

### **Photo 1.8**

— Creusets.

### **Photo 1.9**

— Une balance type : SCALTEC

### **Photo1.10**

— Une tamiseuse.

### **Photo1.11**

— Une série de tamis.

# *INTRODUCTION*

### **Introduction :**

Selon le rapport de l'**AEE (1999)**, l'état des eaux de haute mer de la Méditerranée est considéré comme étant généralement bon, mais seul un faible pourcentage de ses zones littorales est encore en parfait état et seule une proportion encore plus faible est protégée. La zone côtière étant un espace d'activité économique et de loisir par excellence subit une forte pression anthropique dont les effets sont très nuisibles sur ses écosystèmes et sur la qualité de ses eaux.

Notre zone d'étude qui comprend la baie de Bou-Ismaïl et la baie d'El Djamilia est principalement une région balnéaire très convoitée par de nombreux touristes et aussi susceptible d'acquérir d'éventuelles activités aquacoles. Ce qui nécessite des études poussées englobant tous les aspects hydrologiques, sédimentaires, climatiques et biologiques.

Les travaux et les études dans la majorité des baies algérienne notamment notre zone d'étude restent plus ou moins restreints et dérisoires. C'est donc dans un contexte nouveaux que s'inscrit cette présente étude qui porte sur l'analyse des eaux côtière dans le but de la valorisation des sites opportuns pour la mise en lumière de l'état des divers paramètres physicochimique, chimique, granulométrique et organique tout en soulignant les méthodologies adoptées à leurs mesures.

A cet effet, nous avons procédé comme suit :

- Présentation de la zone d'étude;
- Plan d'échantillonnage;
- Analyse des paramètres physico-chimiques et granulométrique;
- Résultat et discussion;
- Conclusion générale.

*CHAPITRE I : MATERIELS ET  
METHODES*

## I-Matériel et méthodes

### I.1-Présentation de la zone d'étude

#### I.1.1-Situation géographique

La baie de Bou-Ismail est située à 45 km à l'Ouest d'Alger entre (2° 20' E et 2° 55'E), elle s'étend du mont Chenoua à l'Ouest à Ras Acrata à l'Est. Couvrant une superficie de 350 Km<sup>2</sup> (voir la Figure1.1)



**Figure 1.1 :** Situation géographique de la baie de Bou-Ismail.

L'ouverture de la baie est de l'ordre de 40 Km, elle est orientée du sud Est au nord Est. Elle est composée de deux petites baies, el Djamila dans la partie orientale et Chenoua dans la partie occidentale (**Leclaire, 1972**) a dressé une carte de la couverture sédimentaire de toute la baie de Bou-Ismail, il a dégagé ainsi trois zones d'affleurement rocheux, qui sont comme suit :

- ✓ Le prolongement du massif de Chenoua, lequel rejoint la vallée sous-marin du Ras Nador ;
- ✓ depuis la côte jusqu'à l'isobathe 180 m en direction Nord Nord-est ;
- ✓ 2. Entre Bouharoun et Douaouda Marine ;
- ✓ 3. Depuis les fonds de 110 à 150 m au Nord de Bou-Ismail jusqu'à la hauteur de Sidi-Fredj.

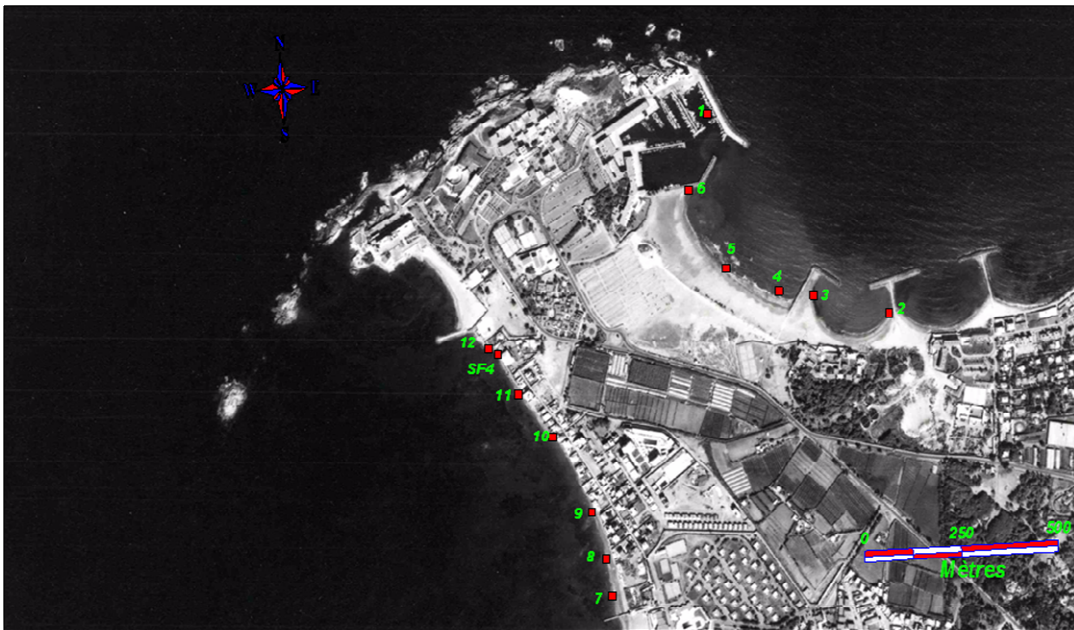
## I.2-Echantillonnage

La sortie d'échantillonnage pour l'analyse de l'eau a été effectuée le 04 mai 2009, le long de la baie de Sidi Fredj, en un temps ensoleillé et une mer calme.

### I.2.1-Choix et localisation des stations

➤ *Analyse de l'eau :*

Les prélèvements pour l'analyse de l'eau ont été répartis sur 13 stations, le long du littoral de la baie de Sidi Fredj,( voir **Figure 1.2**).



**Figure 1.2 :** localisation des stations de prélèvement d'eau dans la baie de Sidi Fredj.

- Le premier prélèvement a été réalisé au port de Sidi Fredj.
- Du deuxième jusqu'au sixième, dans la plage est de Sidi Fredj (baie el Djamila).
- Du septième jusqu'au douzième, dans la plage ouest de Sidi Fredj (baie de Bou-Ismaïl). Enfin le treizième prélèvement (sf4) a été fait le 4 avril 2009.

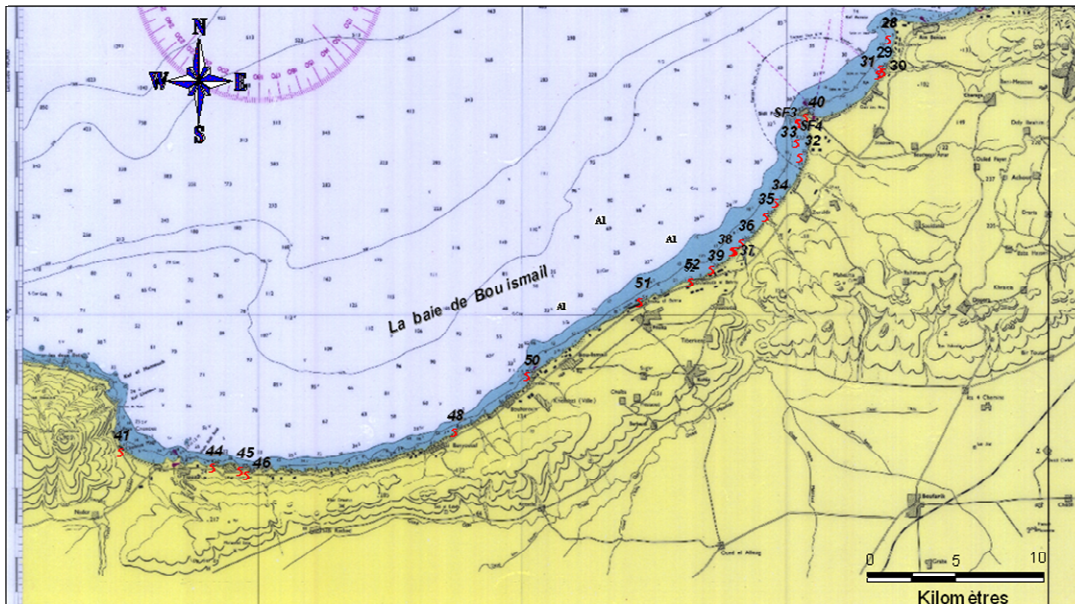
Les coordonnées géographiques fournies par le Système Globale de Positionnement (GPS), sont résumées dans le tableau (**Tableau 1.1**) pour l'analyse de l'eau, et dans le tableau (**Tableau1.2**) pour les études de la qualité granulométrique et organique des sédiments de la baie de Bou-Ismaïl.

**Tableau 1.1** : Coordonnées géographiques des stations de prélèvements de l'eau.

Date	Lieu	N°	Latitude(Nord)	Longitude(Est)
04/05/2009	Port de Sidi Fredj ( emplacement Ibtacim)	1	36° 45'.852	2°50'.920
04/05/2009	Extrême EST de la plage de Sidi Fredj	2	36°45'.595	2°51'.216
04/05/2009	Est de la plage de Sidi Fredj	3	36°45'.622	2°51'.086
04/05/2009	Est de la plage de Sidi Fredj	4	36°45'.630	2°51'.027
04/05/2009	Est de la plage de Sidi Fredj	5	36°45'.660	2°50'.938
04/05/2009	Est de la plage de Sidi Fredj	6	36°45'.760	2°50'.880
04/05/2009	Extrême Ouest de la plage de Sidi Fredj	7	36°45'.267	2°50'.707
04/05/2009	Ouest de la plage de Sidi Fredj	8	36°45'.312	2°50'.700
04/05/2009	Ouest de la plage de Sidi Fredj	9	36°45'.371	2°50'.680
04/05/2009	Ouest de la plage de Sidi Fredj	10	36°45'.466	2°50'.619
04/05/2009	Ouest de la plage de Sidi Fredj	11	36°45'.521	2°50'.565
04/05/2009	Ouest de la plage de Sidi Fredj	12	36°45'.579	2°50'.516
14/04/2009	Ouest de la plage de Sidi Fredj	SF 4	36°45'.571	2°50'.533

➤ **Analyses sédimentaires :**

Pour le sédiment, les prélèvements ont été réalisés le long du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (**Figure1.3**) sur une période d'un mois, soit du 10 mars à avril 2009 et répartis sur 23 stations.



**Figure 1.3 :** les points de prélèvements des sédiments au niveau de la baie de Bou-Ismaïl. source :

**Tableau 1.2 :** Numérotation et description des stations de prélèvements avec emplacements géographiques des sédiments de la baie de Bou-Ismaïl.

Stations	Numéros Des stations	Coordonnées géographiques		Date
		Latitude (Nord)	Longitude (Est)	
Port d'El Djamila (plage face la digue)	28	36° 48'.000	2° 54'.000	10/03/2009
Dunes (à droite de la station de dessalement)	29	36° 47'.160	2° 53'.700	10/03/2009
Station de dessalement	30	36° 47'.040	2° 53'.820	10/03/2009
Dunes (oued Béni Messous)	31	36° 46'.980	2° 53'.640	10/03/2009
Palm Beach (en face le premier	32	36° 44'.580	2° 50'.700	10/03/2009

parking)				
Azur plage (avant la voie de sortie)	33	36° 45'.000	2° 50'.520	10/03/2009
Station de dessalement	34	36° 43'.260	2° 49'.800	10/03/2009
Plage familiale 2 Zéralda	35	36° 42'.840	2° 49'.380	10/03/2009
Plage Klouffi 1	36	36° 42'.120	2° 48'.420	10/03/2009
Oued Mazafran	37	36° 41'.880	2° 48'.180	10/03/2009
Oued Mazafran (berge ouest)	38	36° 41'.880	2° 48'.120	10/03/2009
Plage Colonel Abbès (sortie)	39	36° 41'.340	2° 47'.720	10/03/2009
Sidi Fredj (plage est)	40	36° 45'.720	2° 50'.880	10/03/2009
Plage de Chenoua (en face la gendarmerie) oued - égout	41	36° 36'.120	2° 24'.840	11/03/2009
Plage de la Corne d'Or	44	36° 35'.640	2° 28'.320	11/03/2009
Anse de Kouali (plage ouest)	45	36° 35'.520	2° 29'.400	11/03/2009
Anse de Kouali (plage centrale)	46	36° 35'.400	2° 29'.640	11/03/2009
Ain Tagourait (plage - ferme conchylicole)	48	36° 36'.660	2° 37'.560	11/03/2009
Port de Khemesti (en face l'entrée du port)	50	36° 38'.280	2° 40'.320	11/03/2009
Village de Fouka marine	51	36° 40'.440	2° 44'.580	11/03/2009
Plage de Douaouda marine (entrée)	52	36° 40'.980	2° 46'.500	11/03/2009
plage ouest de Sidi Fredj	SF4	36° 45'.540	2° 50'.580	14/04/2009
Plage ouest de Sidi Fredj	SF3	36° 45'.540	2° 50'.580	14/03/2009

## 2.2-Matériel de prélèvement

Les prélèvements d'eau de mer ont été réalisés à l'aide des bouteilles en plastique opaque (polyéthylène), d'une capacité de 2 litres (**photo1.1**).



**Photo 1.1** : Bouteilles des prélèvements de l'eau de mer au niveau de la baie de Sidi Fredj .

## 2.3-Méthodologie

Les prélèvements ont été réalisés à l'aide des bouteilles en polyéthylène de 2 litres. L'échantillonnage a été effectué à une profondeur de 10-30 cm sous la surface.

Chaque bouteille a été étiquetée puis rincée à l'eau à prélever avant remplissage.

L'oxygène dissous et la température ont été mesurés in situ à l'aide d'un Oxymètre de terrain (type Oxi197, WTW). Les échantillons ont été transportés au niveau du laboratoire de l'ENSSMAL (Sidi Fredj) où on a mesuré la salinité et le pH. Les échantillons ont été conservés au frais et à l'abri de la lumière.

## 3. Analyse des paramètres physico- chimique et chimique

### 3.1-La température

La détermination de la température s'est faite in situ, à l'aide d'un Oxymètre de terrain (type Oxi 197, WTW).

### 3.2-La salinité

Pour la mesure de la salinité on a utilisé un salinomètre de terrain (cond 197) d'une précision de ( $\pm 0.5$  %) mesure. Après aussi calibré l'appareil avec de l'eau distillée (35‰).



**Photo 1.2 :** Conductimètres de terrain (cond 197)

La sonde du conductimètre (**Photo1-2**) est plongée dans l'échantillon et la valeur indiquée est notée.

Après chaque mesure, la sonde est rincée avec de l'eau distillée pour éviter toute contamination des échantillons.

### 3.3-Le potentiel Hydrogène (pH)

Pour la mesure, in situ, de ce paramètre, on a utilisé un pH mètre de terrain de type

(pH/mv mètre, WTW, 197), (Photo 1.3), d'une précision de  $\pm 0,01$  pH.

L'étalonnage de l'appareil est effectué avant la série de mesure avec une solution tampon de 19.376/ de chlorinité (salinité :35/ d'après l'équation :S/ =1.80655Cl/°)



**Photo 1.3** : pH-mètre de terrain de type (pH/mv mètre, WTW, 197).

Après calibrage, on procède à la mesure du pH pour chaque échantillon d'eau de mer prélevé. L'électrode en verre est rincée à l'eau distillée, essuyée et plongée dans les bouteilles de prélèvement.

### 3.4 L'oxygène dissous

Dans la présente étude, l'oxygène dissous a été mesuré par un Oxymètre de terrain (type Oxi / WTW 197), (Photo 1.4). Sa teneur est donnée en mg/l et la température en °C avec une précision de  $\pm 0.5$ .



**Photo 1.4** : Oxymètre de terrain (type Oxi / WTW 197)

La solubilité de l'oxygène dans l'eau est déterminée à l'aide d'une table ( voir annexe1) le pourcentage de saturation calculé par la formule suivante :

$$\% O_2 = (\text{Concentration mesurée} / \text{Solubilité}) \times 100$$

### 3.5-La chlorophylle *a* et les phéopigments *a* :

#### a-La loi d'absorbance

La mesure de l'intensité de l'absorption dépend directement du nombre des particules absorbant la lumière selon la loi de Beer Lambert selon laquelle l'absorbance est proportionnelle au coefficient d'absorption spécifique  $\epsilon$  ou trajet optique  $L$  et à la concentration  $C$ .

$$A = \epsilon L C = \log I_0 / I$$

- $I$  : l'intensité après absorption par les atomes.
- $I_0$  : l'intensité initiale de la source lumineuse

#### b-Protocole :

La quantité de chlorophylle *a* est mesurée par la méthode spectrophotométrique monochromatique de LORENZEN., selon AMINOT et KEROUEL. , 2004).

La filtration est réalisée sur un filtre de Wattman GF/F DE 0.45 micromètre, et la dépression est créée par une pompe de marque KMF NEUBE REGER Type N022.AN.18.

L'extraction se fait par addition de 10 ml d'acétone à 90/ (90/10 acétone /eau).Après passage des filtres dans un bac à ultra-son (VWR LUSL 300 TH) et cela pendant 5 minutes à 30°C, on mesure l'absorbance dans une cuve de 1 cm de trajet optique à l'aide d'un spectrophotomètre de marque CECIL type CE1021 Séries 10000, à une longueur d'onde de 665nm et cela dans un premier temps sans acidification , puis en deuxième lieu avec acidification (Acide chlorhydrique à 0.3mol/l) pour obtenir la mesure des phéopigments *a*.

Deux autres mesures d'absorbance ont été réalisées .L'une est celle du blanc de cuve qui a été obtenu par la mesure de l'absorbance de la loi de la cuve avec de l'eau distillée et la seconde mesure est celle du blanc de filtre (acétone à 90/) avec filtre avant et après acidification.

-De l'étape de filtration jusqu'au passage au spectrophotomètre, les tubes à essai ont toujours été gardés à l'obscurité.

#### Calcul et expression des résultats :

$$\text{Chlorophylle } a \text{ (mg/m}^3\text{)} = 27,7^* (A_{665^{na}} - A_{665^a})^* v / V.I$$

$$\text{Phéopigments } a \text{ (mg/m}^3\text{)} = 27,7^* (1,5 .A_{665^a} - A_{665^{na}})^* v / V.I$$

**Avec :**

- **V** : volume d'eau filtré (l) ;
- **v**: volume d'acétone (ml) ;
- **I**: longueur du chemin optique de la cuve de mesure, (1 cm).

**ET:**

- $A_{665}^{na} = Ab_{665}^{na} - Ab_{750}^{na}$
- $A_{665}^a = Ab_{665}^a - Ab_{750}^a$

**Avec:**

- $Ab_{665}^{na}$  : absorbance à 665 nm avant acidification ;
- $Ab_{665}^a$  : absorbance à 665 nm après acidification ;
- $Ab_{750}^{na}$  : absorbance à 750 nm avant acidification. ;
- $Ab_{750}^a$  : absorbance à 750 nm après acidification.

### 3.6-Les sels nutritifs

#### 3-6-1-l'Azote ammoniacal ( $NH_4^+$ )

##### Principe général et étapes de dosages :

L'eau prélevée est filtrée à l'aide d'un filtre de 100 micromètres, congelée et stockée jusqu'à l'analyse.

Les protocoles de dosages sont ceux de (AMINOT ET KEOUEL., 2004).

Le spectrophotomètre utilisé est le même pour le dosage de la chlorophylle a.

Les réactifs pour les dosages ont été préparés une seule fois et cela au début de l'analyse des sels nutritifs et de leurs gammes étalons (Annexes : Réactifs)

- ✓ 100 ml  $\pm$  5 ml de l'échantillon;
- ✓ Ajouter 3ml du réactif 1(Solution de phénol-nitroprussiate);
- ✓ Boucher et agiter pour bien homogénéiser;
- ✓ Ajouter sans attendre 3 ml du réactif 2 (Solution complexante au chlore);
- ✓ Boucher et agiter à nouveau;
- ✓ Placer immédiatement à l'abri de la lumière pendant 6 à 8 heures (ou mieux

pendant une nuit) à température ambiante;

- ✓ Mesurer l'absorbance à 630 nm par rapport au blanc de cuve (eau distillée), au blanc de l'échantillon (eau de mer) et blanc de réactif (réactif 1 et 2).

### Etalonnage

Introduire (0,5 – 1 – 2,5- 5 – 10 – 25 – 50 – 100 – 250 ml) de la solution étalon secondaire et compléter à 500 ml avec l'eau de mer filtrée soit une gamme de concentration de (0,5 – 1 – 2,5 – 5 – 10 – 25 – 50 – 100 – 250  $\mu\text{mole/l}$ );

Analyser à 630 nm les différentes solutions ainsi que l'eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon.

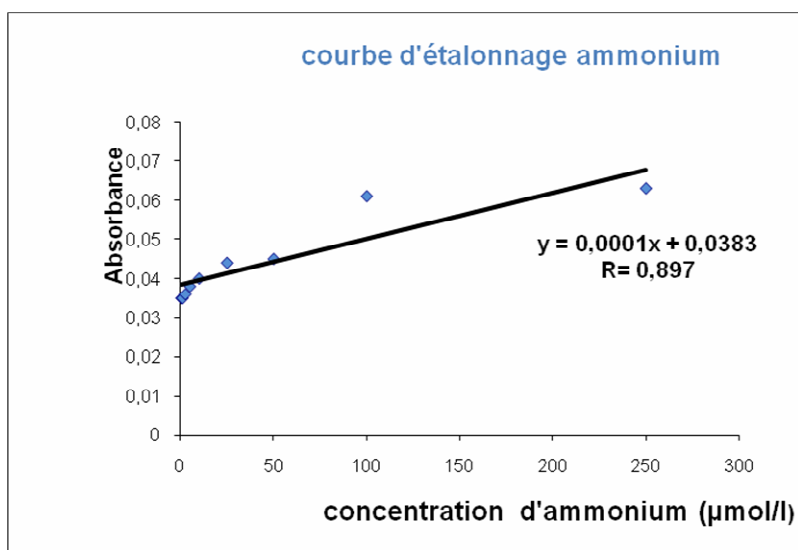


Figure 1.4 : Courbe d'étalonnage de l'ammonium.

### 3.6.2-Les Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

#### Mode opératoire

- ✓ 50 ml  $\pm$  1 ml de l'échantillon;
- ✓ Ajouter 1 ml du réactif1(Annexe : Réactifs « Les nitrites : solution de Sulfanilamide ») et mélanger;
- ✓ Laisser reposer 2 à 8 minutes;
- ✓ Ajouter 1 ml de réactif 2 (Annexe : Réactifs « Les nitrites : solution de N-(1-naphtyl)-éthylène diamine »)et mélanger;
- ✓ Attendre au moins 10 minutes au plus une heure;
- ✓ Mesure de l'absorbance à 543 nm en prenant de l'eau distillée comme référence;

- ✓ Mesure du blanc de cuve (eau distillée), du blanc des réactifs et de celui de l'échantillon (eau de mer).

- **Etalonnage**

Introduire dans des fioles jaugées de 500 ml de (1 – 2 – 5 – 10 – 20 – 50 – 100 – 250 ml) la solution secondaire de nitrite et compléter avec de l'eau de mer afin d'obtenir la gamme de concentration de (0,1 – 0,2 – 0,5 – 1 – 2 – 5 – 10 – 25  $\mu\text{mol/l}$ );

Analyser à 543 nm les différentes solutions ainsi que l'eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon.

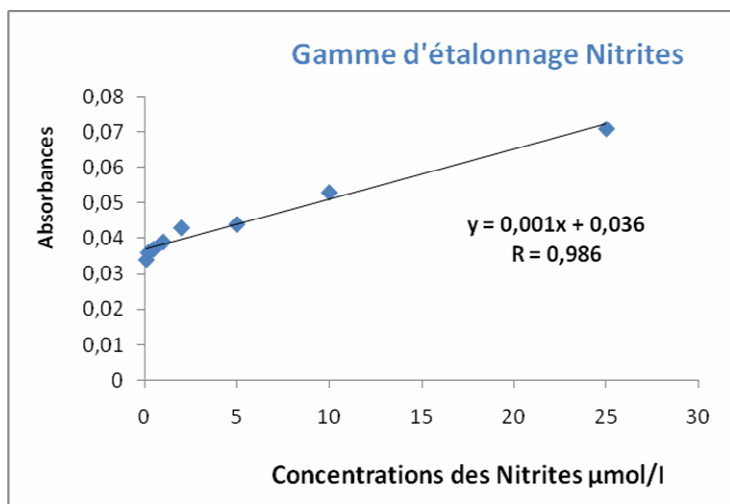


Figure 1.5 : Courbe d'étalonnage des nitrites.

### 3.6.3-Les Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

- **Principe :**

Le principe de base adopté par les analyses marines repose sur la réduction quasi quantitative (> 95%) du nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) en nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ). Après réduction, on mesure en réalité la somme des concentrations en nitrate et en nitrite (AMNOT & KEROUEL, 2004).

La réduction a été réalisée sur colonne droite de Cadmium dopée avant son utilisation et réactivée avant chaque analyse.

- **Procédure générale de dosage :**

- ✓ Activer la colonne si cela est nécessaire par passage d'une solution concentrée en nitrate;
- ✓ Prélever  $100 \pm 5$  ml d'eau de l'échantillon;
- ✓ Ajouter 2 ml de chlorure d'ammonium et mélanger;
- ✓ Passer 50 ml de l'échantillon afin de rincer la colonne;
- ✓ Récupérer les 50 ml restants et veiller à ce que la colonne ne se vide pas.

Après, suivre le même protocole pour la mesure des nitrites puisque les nitrates sont réduits en nitrites, le blanc de cuve et le blanc de réactif sont les mêmes.

### 3.6.3-Les ortho phosphates

#### ▪ Mode opératoire

- ✓ La température des échantillons doit être comprise entre 15 et 20° C;
- ✓ Mesurer 50 ml d'échantillon;
- ✓ Ajouter 2 ml du réactif 1 et mélanger;
- ✓ Ajouter 0,5 ml de thiosulfate et mélanger et laisser agir 15 minutes, mais pas de plus de 30 minute;
- ✓ Mesurer l'absorbance à 880 nm.

#### ▪ Etalonnage

Introduire (0,5 – 1 - 2,5 – 5 – 10 – 25 – 50 – 100 - 250 ml) de la solution étalon secondaire et compléter à 500 ml avec de l'eau de mer filtrée soit une gamme de concentration de (0,5 - 1 - 2,5 - 5-10 - 25 - 50 - 100 - 250  $\mu$  mol/l);

Analyser à 880 nm les différentes solutions, ainsi que l'eau distillée, l'eau brute ayant servi à préparer la gamme étalon et les réactifs.

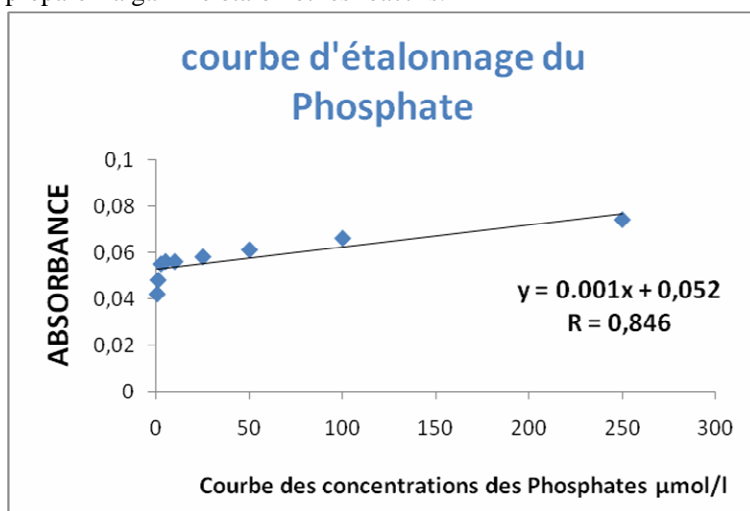


Figure 1.6 : Courbe d'étalonnage des phosphates.

### 3.6.4-les Silicates

#### Etalons à base d'Hexafluorosilicate de sodium

Introduire (1 -2 -5 -10 -20 -50 ml) de la solution étalon dans les fioles en plastique et compléter à 500 ml avec de l'eau de mer filtrée, soit une gamme de concentration de (10-20-50-100-200- 500  $\mu$  mol/l);

Analyser à 810 nm les différentes solutions, ainsi l'eau brute ayant servi à préparer la gamme d'étalonnage.

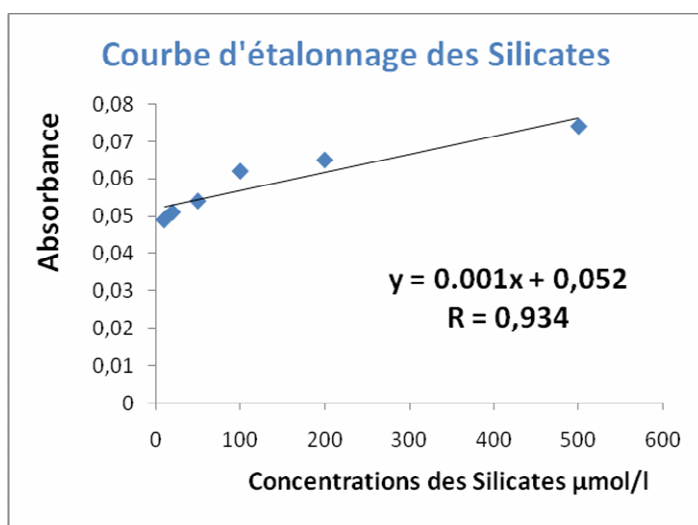


Figure 1.7 : Courbe d'étalonnage des silicates.

#### ▪ Mode opératoire :

- ✓ La température ambiante doit être comprise entre 19 et 25°C;
- ✓ Introduire dans une éprouvette en plastique 50 ml de l'échantillon;
- ✓ Ajouter 2 ml du reactif1 et mélanger;
- ✓ Attendre 5 minutes au moins et 13 minutes au plus;
- ✓ Ajouter 2 ml du reactif2 et mélanger;
- ✓ Ajouter 1 ml du reactif3 et mélanger;

Attendre 30 minutes à 2 heures et mesurer l'absorbance par rapport à l'eau distillée, l'échantillon et les réactifs à 810 nm.

**Calcul et expression des résultats :**

L'absorbance nette pour les sels nutritifs est obtenue par la formule suivante

$$A = A_{brute} - b_t - b_r$$

Avec :

- **A brute:** absorbance mesurée pour l'échantillon traité.
- **b<sub>t</sub>:** Absorbance mesurée pour le blanc de la cuve : a été obtenu par la mesure de l'absorbance de la paroi de la cuve avec de l'eau distillée
- **b<sub>r</sub> :** Absorbance mesurée pour le blanc des réactifs : on prend le même volume de la solution de molybdate, solution d'acide oxalique, et la solution d'acide ascorbique.

Dans le cas des nitrates, on se rapporte à la courbe d'étalonnage des nitrites pour calculer la concentration de nitrites après passage de l'échantillon sur la colonne.

Cette concentration (Nitrites+Nitrates) est la somme des concentrations en nitrate initial du milieu dilué et réduit avec un rendement  $R=I$  et du nitrite initial du milieu dilué et récupéré avec un rendement  $R=I$  :

$$[\text{NO}_3^-]_{\text{Milieu}} (\mu\text{mol/l}) = [\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-] (\mu\text{mol/l}) - [\text{NO}_2^-]_{\text{Milieu}} (\mu\text{mol/l})$$

Avec :

- $\text{NO}_3^-$  : Nitrates.
- $\text{NO}_2^-$  : Nitrites.

▪ **Courbes d'étalonnages**

La courbe d'étalonnage est obtenue par la projection des différentes points d'absorbance corrélés à des concentrations du paramètre recherche, ce qui nous donne une régression linéaire par la méthode des moindres carrés.

Le coefficient de corrélation (SCHWARTZ, 1983) se voit confirmé ou affirmé par l'application du test d'indépendance entre les deux variables X et Y. Les faibles valeurs observées peuvent être expliquées par la différence remarquée au niveau de l'absorbance des cuves qui influence sur l'absorbance de la solution. Toutefois, ces valeurs peuvent être prises en considération puisqu'elles se rapprochent de 1 et s'éloignent de 0.5.

L'étalonnage est obtenu par la mesure de l'absorbance aux mêmes longueurs d'ondes que les échantillons des différentes concentrations.

A chaque sel correspond une gamme de concentrations ascendantes qui nous permettra de tracer la courbe d'étalonnage selon la formule :

$$S = a C + b$$

Sachant que :

- **S** : l'absorbance.
- **C** : Concentration en sel nutritif.
- **a** : la pente.
- **b** : l'ordonnée a l'origine.

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{(n \sum x^2 - (\sum x)^2)(n \sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

Avec :

- **r** : coefficient de corrélation.
- **X et y** : deux variables aléatoires.
- **n** : effectif de l'échantillon.

— Si :  $|r| < 0,5$  : il n'y a pas de corrélation.

— Si :  $|r| > 0,5$  : il y a de corrélation.

## 5-Analyse du sédiment :

### 5.1.-Prétraitement des échantillons

Les échantillons prélevés ont été décongelés. On met chaque échantillon dans une boîte de pétrie étiquetée, puis on prend une quantité humide pour la mesure de la chlorophylle, le reste de sédiment est séché à l'aide d'un étuve a 80°C pour l'estimation de la matière organique et l'analyse granulométrique.

### 5.2-Analyse des échantillons

#### 5.2.1-La chlorophylle a

Les mesures de la chlorophylle dans le sédiment sont réalisées avec la méthode décrite par **Steele et Baird (1968) in HAMDOUNI et HAMMAMOUCHE.,2008** , en apportant quelques modifications proposées par **Riaux (1982) et Riaux-Gobin (1993) in HAMDOUNI et HAMMAMOUCHE.,2008**, au protocole de **Plante-Cuny (1974)**.

Le sédiment est inséré dans un tube de 15 ml et 6 ml d'acétone 90 % sont ajoutés. Le tube est agité.

L'extraction se réalise sur des sédiments humides (3 et 5 g approximativement respectivement pour les faciès sableux et vaseux). La chlorophylle-*a* en solution aqueuse se dégrade rapidement en présence de lumière et à la température ambiante.

Le rythme de dégradation peut être grandement réduit en conservant l'échantillon au froid et à l'obscurité donc il faut éviter d'exposer l'échantillon trop longtemps à la lumière.

Supprimé : ¶

#### 5.2.2-Mode opératoire

- ✓ Mettre l'appareil (spectrophotomètre) en marche environ 30 minutes avant de procéder aux dosages;
- ✓ Sortir les échantillons du réfrigérateur ou du congélateur.
- ✓ Éviter d'exposer les échantillons à la lumière et procéder le plus rapidement possible afin de minimiser la dégradation de la chlorophylle *a* par la lumière et la chaleur.
- ✓ L'échantillon est prêt pour passer au spectrophotomètre;
- ✓ Remplir la cuvette du spectrophotomètre avec environ 5 ml de l'échantillon et mesurer l'absorbance à 665 nm puis à 750 nm.
- ✓ Acidifier les échantillons avec 2 gouttes de HCl 2 N/10 ml et prendre de nouveau une lecture après 1 minute aux mêmes longueurs d'ondes.
- ✓ La mesure de l'absorbance est effectuée avant acidification (mesure de la chlorophylle *a*)

et après une acidification qui transforme toute la chlorophylle *a* en Pheopigments *a*.

- ✓ Les concentrations en chlorophylle-*a* et en Pheopigments *a* sont calculées à partir des équations de **LORENZEN (1967)** adaptées aux sédiments par **(C.E.A.E.Q, 2003)**.
- **Calcule et expression des résultats :**

**Chlorophylle *a* (µg/g de sédiment sec) :**

$$\text{Chl} = [26,7 (\text{Do } 665 \text{ O} - \text{Do } 665 \text{ A}) ((\text{TH} - \text{TS}) + \text{ACE})] / (\text{TS} - \text{T}) \text{ L}$$

**Phaeopigments (µg/g de sédiment sec) :**

$$\text{Phaeo} = [26,7 (1,7 \text{ Do } 665 \text{ A} - \text{Do } 665 \text{ O}) ((\text{TH} - \text{TS}) + \text{ACE})] / (\text{TS} - \text{T}) \text{ L}$$

- **Chl** : chlorophylle *a* (µg/g de poids sec de sédiment).
- **Phaeo** : Phaeopigments (µg/g de poids sec de sédiment).
- **Do665 O**: Do665 nm – Do750 nm (densité optique avant acidification).
- **Do665 A**: Do665 nm – Do750 nm (densité optique après acidification).
- **T** : poids du tube sec en g.
- **TH** : poids du tube contenant l'échantillon humide.
- **TS** : poids du tube contenant le sédiment après séchage.
- **ACE** : volume d'acétone versé en ml.
- **L** : longueur du trajet optique.
- **PS** : poids du sédiment humide en g.

### 5.1.2.2-Matière organique

#### a-Mesure de la matière organique

L'évaluation de la matière organique se fait par la méthode de Perte au feu, le sédiment brut est séché à l'étuve à 80°C pendant 24h puis incinéré dans un four à moufle (**Photo 1.7**) à 600°C pendant 24h afin de brûler toutes la matière organique (**Castel et al, 1990**) in (**BEL-LAHSENE & MESSAOUDI, 2005**) .

#### b-Mode d'opérateur

- ✓ Congélation du sédiment immédiatement après le prélèvement;

- ✓ Décongélation du sédiment;
- ✓ Numérotés les creusets et pesée sec (soit  $P_0$ );
- ✓ Remplissage des creusets numérotés de sédiment; (**Photo 1.8**)
- ✓ Séchage à l'étuve pendant une nuit à 80°C;
- ✓ Pesée des creusets remplis de sédiment (soit  $P_1$ ) sur une balance type : SCALTEC, (**Photo1.9**);
- ✓ Incinération du sédiment dans le four à moufle pendant 24 h à 600°C;
- ✓ Pesée à nouveau, soit  $P_2$  : le nouveau poids ;

La différence des deux poids obtenus précédemment  $P_1$  et  $P_2$  nous donne le poids de la matière organique brûlée.

$$MO = P_1 - P_2$$



**Photo 1.8 et Photo 1.9** : Des creusets (à Gauche) et une balance type : SCALTEC (à droite)

### 5.1.2.3 -Analyse granulométrique

#### a- Traitement des échantillons

Dans un premier temps, les échantillons ont été mis dans des boites de Pétri, puis passés à l'étuve pendant 24 heures, à une température de 80 °C.

Après, ce premier séchage, on prélève environ 200g de sédiment de chaque échantillon,

comme poids initial.

L'échantillon subit un tamisage (**Photo 1.10**) voir sur une table vibrante pendant 10 minute, en le passant à travers des séries de tamis de maille décroissante (**Photo 1.11**), comme suit : (2000, 1000, 800, 630, 500, 315, 250, 160, 125, 100  $\mu\text{m}$ ).

A la fin de chaque tamisage on pèse la quantité de refus retenue dans chaque tamis .



**Photo 1.10 et Photo 1.11 :** Une tamiseuse (à Gauche) et une série de tamis (à Droite)

#### **b-Aspect général des courbes granulométriques**

Le refus de chaque tamis est pesé puis transformé en pourcentage cumulé, les résultats de ces analyses ont été présentés sous forme des courbes cumulatives réalisées sur papier semi-logarithmique à l'aide d'un programme informatique (EXEL).

En abscisses logarithmique, le diamètre des différentes fractions du sédiment, et en ordonnée, selon une échelle de probabilités, les pourcentages cumulés inférieurs à une taille donnée.

Les courbes cumulatives permettent de comparer les résultats des analyses des différents échantillons et de calculer les indices granulométriques (**Figure 1.8**).

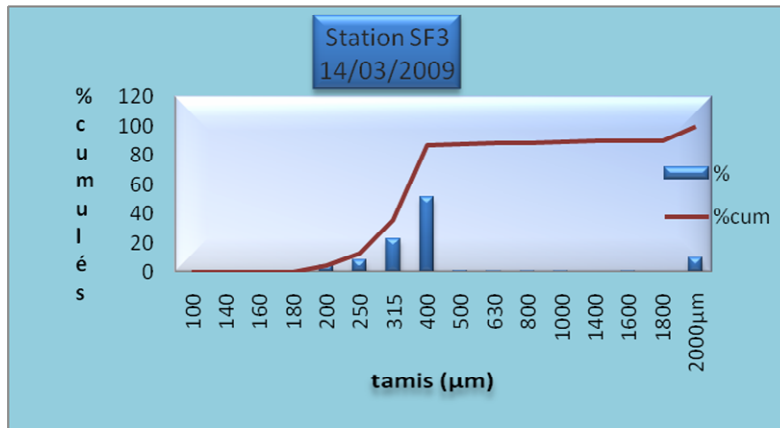


Figure 1.8 : Aspect général de courbe cumulative des stations.

5-1-2-3-4-Les indices granulométriques :

-Le mode

La représentation graphique en courbe cumulative et histogramme de fréquence des résultats granulométrique, permet de mettre en évidence dans un même échantillon la dominance d'une ou plusieurs fractions qu'on appelle couramment les modes, (RIVIERE, 1977) distingue trois courbes :

*Courbe uni modale* : où l'on note la dominance d'un seul stock sédimentaire (Figure 1.9).

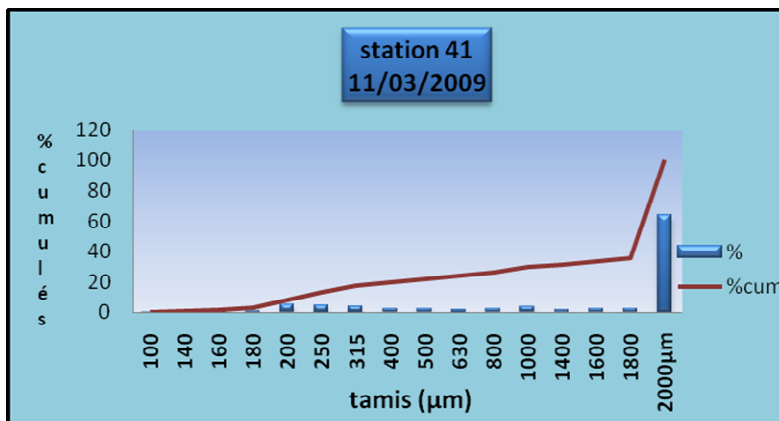


Figure 1.9 : Courbe uni modale

- **Courbe bimodale** : où l'on note la dominance de deux stocks sédimentaires (**Figure 1.10**)

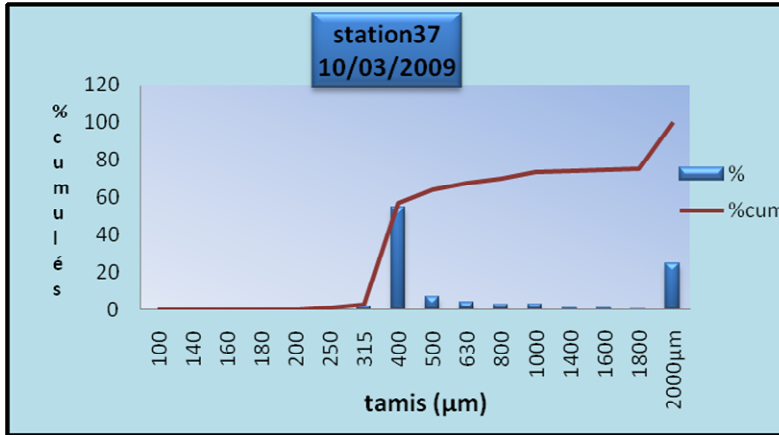


Figure 1.10 : Courbe bimodale.

- **Courbe plurimodale** : où l'on note la dominance de plusieurs stocks sédimentaires (**Figure 1.11**)

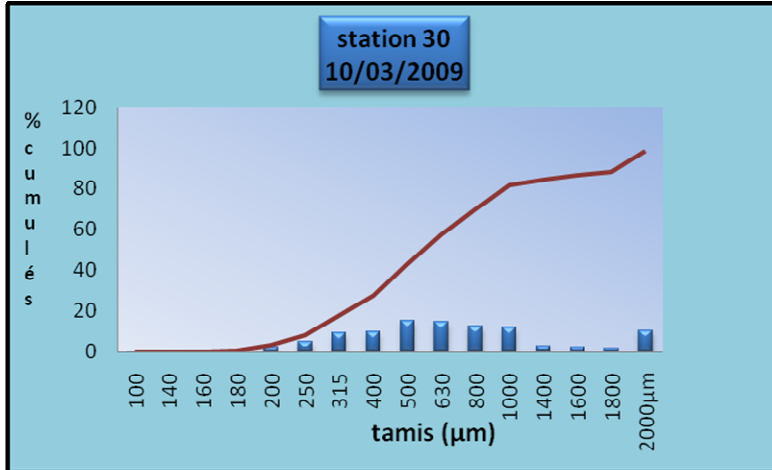


Figure 1.11 : Courbe plurimodale

**a- La médiane  $Q_{50}$** 

Elle représente le diamètre du grain moyen représentant 50% en poids du sédiment. Il permet de définir la nature du sédiment (**RIVIERE, 1977**).

Ce paramètre nous permet de définir la nature de sédiment et ce en se basant sur les travaux antérieurs. (**MONBET ,1972**) in (**BOKARTAOUI & BOUTOUILI, 1989**) a subdivisé le sédiment en trois fractions (**voire le Tableau 1.3**) :

**Tableau 1.3** : La nature des sédiments selon (**MONBET ,1972** in **BOUKARTAOUI et BOUTOUILI, 1989**)

Les graviers	Les sables	Les pélites
supérieur à 2mm	entre 2 et 0.05 mm	inférieure à 0.05mm
	Les sables grossier 2- 0.5 mm	
	Les sable moyens 0.5-0.2 mm	
	Les sables fins 0.2 - 0.05 mm	

**b--Le premier quartile  $Q_{25}$** 

Correspond au diamètre du grain représentant 25% en poids du sédiment.

**c--Le troisième quartile  $Q_{75}$** 

Correspond au diamètre du grain représentant 75% en poids du sédiment.

**d--Classement (D)**

Il nous permet d'étudier le classement des sédiments. Il indique la dispersion des tailles par rapport à la moyenne de l'échantillon

(Chamley ; 1987-2000) in (BENGHANEMI et al, 2006)

Suite aux actions de tri au cours du transport et du dépôt, comme il nous renseigne sur la croissance du tri lors du transport et de la sédimentation

(Chamley, 1987) in (BENGHANEMI et al, 2006).

$$D = \sqrt{(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

- **D** : classement
- $\phi_{75}$  et  $\phi_{25}$  : les fractiles en  $\phi$  des fractions 75 et 25%

D est inférieur ou égal à 1 pour un classement parfait, et est d'autant plus élevée que le classement est plus mauvais (RIVIERE, 1977) (tableau 1.4)

**Tableau 1.4 : valeurs du D représentant les types de classement de sédiment**

D	1,0 – 1,5	1,5 – 2,5	2,5 – 3,0	3,0 – 4,0	4,0
<b>Classement</b>	Sédiments très bien classés	Sédiments bien classés	Sédiments moyennement classés	Sédiments faiblement classés	Sédiments mal classés

**e-Facteur hydrodynamique**

$$FH = [ (\phi_{95} - \phi_5) / 2,44 * (\phi_{75} - \phi_{25}) ] - [ (\phi_{75} - \phi_{25}) / 2 ]$$

**FH** : Facteur Hydrodynamique

- $\Phi_{95}$ ,  $\Phi_{5}$ ,  $\Phi_{75}$  ET  $\Phi_{25}$  : les fractiles en  $\Phi$  des fractions **95, 75, 25, 5%**.

*Les limites du facteur hydrodynamique sont :*

**FH** > **0**, transfert sédimentaire actif sous l'effet d'une action hydrodynamique moyenne ou forte ;

**FH** = **0**, limite l'action des courants, ceux –ci est faible vis-à-vis des particules constituant le sédiment ;

**FH** < **0**, action hydrodynamique pratiquement nulle en temps normal (sauf tempête), les sédiments sont fixés et ne sont plus déplacés dans leur totalité.

### **Remarque : Importance de l'erreur relative**

Les résultats sont donnés sans l'erreur associée aux biais de l'échantillonnage et des étapes de mesures. Il est important de donner l'erreur relative qui est estimée à partir de mesures effectuées dans les mêmes conditions sur plusieurs échantillons pris dans les mêmes conditions (réplicas).

*CHAPITRE II : RESULTATS ET  
INTERPRETATIONS*

## II-Résultats et discussion

### II.1-la température :

Les valeurs thermiques de Sidi Fredj, est et ouest, enregistrent des fluctuations variant entre 15.87°C (SF4) et 21.7°C (station 6), en notant que les prélèvements ont été effectués le 04/05/2009, la cote, il faisait très beau, avec une exception de la station SF4 dont le prélèvement a été effectué le 14/04/2009 et la mer était agitée.

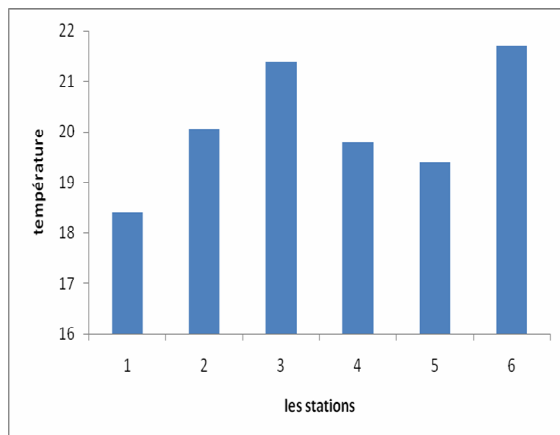
- A l'Est, les températures vont de 18.4°C (station 1) à 21.7°C (station 6) avec une moyenne de 20.12±1.24°C.
- A l'Ouest, les températures varient entre 19 (station 7) à 21.2°C (station 10) avec une moyenne de 19.51±1.79°C.

On remarque que la température minimale est celle du port, en raison que les échantillons prélevés dans des stations moins profondes que celle du port, alors que selon Haoua et Laloui (2006), les stations portuaires prennent des valeurs élevées, ceci s'explique par la stagnation des eaux et par la morphologie du port subdivisé en bassins peu profond.

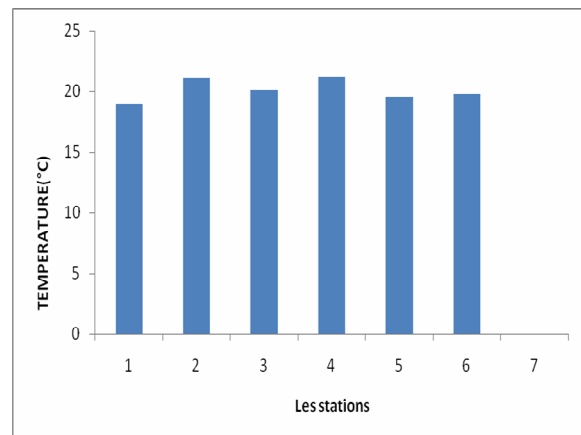
La température est en augmentation de mars à mai, ceci s'explique par l'effet de la température atmosphérique sur la température de l'eau

Différents auteurs ont travaillé sur la même baie, et ont observé des résultats comparable aux nôtres .En effet, Boudouma et Chenenou (mars 2007), ont 15.73-17.4°C ce qui vérifie pour la station SF4 (15.8°C), et Samari a trouvé 21.3°C ,ce qui vérifie les autres stations (21.12°C)

La région de Sidi Fredj est caractérisée par un climat méditerranéen tempéré (Haoua et Laoui, 2006)



-Les températures de la plage Est de Sidi Fredj



-Les températures de la plage Ouest de Sidi Fredj

**Tableau 2.1 :** les valeurs minimales, moyennes et maximales des températures enregistrées dans la baie de Sidi Fredj (04 Mai 2009).

	Lieu	Valeurs	T°C	Stations	Coordonnées
La profondeur 10 à 30 cm	Plage Est de Sidi Fredj (baie d'El Djamila).	Minimales	18,4	1	N 36°45'8526 E 2°50'920
		Moyennes	20,12+- 1.24	-	-
		Maximales	21,7	6	N 36°45'7602 E 2°50'8806
	Plage Ouest de Sidi Fredj (baie de Bou Ismail)	Minimales	19	7	N 36°45'267 E 2°50'718
		Moyennes	19.51+- 1.79	-	-
		Maximales	20,2	10	N 36°45'466 E 2°50'619

## II.2-La salinité

Les eaux de la baie de Sidi Fredj sont assez homogènes, elles présentent une salinité allant de 36 ‰ à 36,6 ‰ et une moyenne de 36.25 ‰.

A l'Est de la plage de Sidi Fredj, la salinité fluctue entre 36 ‰ (station 1) et 36,6 ‰ (stations 3 et 6) avec une moyenne de 36,37+-0.26 ‰. Tandis qu'à l'Ouest, elle varie entre 36 ‰ (station 11) et 36,4 ‰ (stations 7 et 12) avec une moyenne de 36.1+-0.3 ‰. Les résultats sont présentés dans le (Tableau 2.2).

**Tableau 2.2 :** les valeurs minimales, moyennes et maximales des salinités enregistrées dans la baie de Sidi Fredj (04 mai 2009).

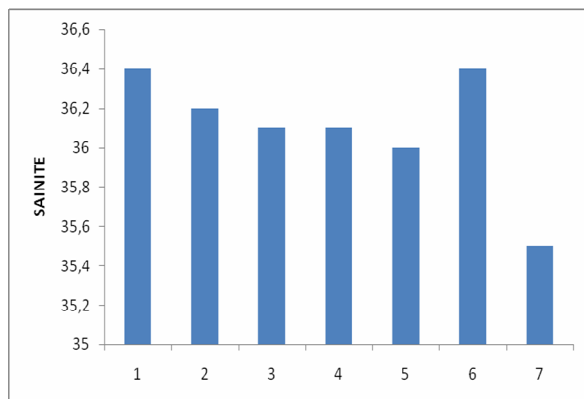
	Lieu	Valeurs	S(‰)	Stations	Coordonnées
La profondeur ( 10-30 cm)	Plage Est de Sidi Fredj (baie d'el Djamila).	Minimales	36	5	N 36°45'056 E 2°50'938
		Moyennes	<b>36,37+- 0.26</b>	-	-
		Maximales	36,6	3	N 36°45'6222 E 2°51'086
	6			N 36°45'7602 E 2°50'8806	
	Plage Ouest De Sidi Fredj (baie de Bou ismail)	Minimales	36	11	N 36°45'521 E 2°50'565
		Moyennes	<b>36,1+- 0.3</b>	-	-

		Maximales	36 ,4	7	N 36°45'267 E 2°50'718
				12	N 36°45'579 E 2°50'516

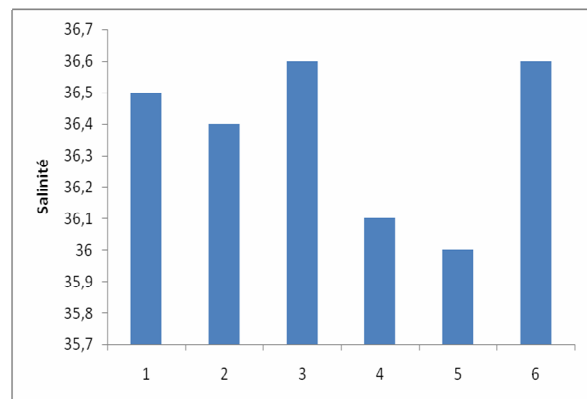
La salinité augmente du mois d'Avril (35,5 ‰) au mois de Mai (36,2 ‰) dans la plage Ouest de Sidi Fredj, ceci peut être dû à l'augmentation de la température qui favorise l'évaporation.

La salinité est d'environ 36,5 à 37,5 ‰ sur les côtes algériennes (MILLOT et al, 1989) in (HADDOUCHE, 2003).

D'après JAUQUES et TREGUER (1986), la méditerranée est un bassin de « concentrations » entouré de masses continentales et exposé à un climat sec, d'où d'importantes pertes par évaporation qui dépassent les apports fluviaux et les précipitations. Ce déficit est compensé par le courant entrant de l'Atlantique qui assure la conservation de la masse et de la salinité. Différents auteurs ont travaillé sur la même baie, et ont observé des résultats comparables aux nôtres, en effet, SAMARI (2008), BOUDOUMAN et CHENENNOU (2007), ont noté des valeurs comprises entre 36.2 à 36.9 ‰. alors que LEFNAOUI et OUALI (2008) ont trouvé 35,73 ‰ (Mars 2008).



-Salinité en ‰ dans la plage Ouest de Sidi Fredj



-Salinité en ‰ dans la plage Est de Sidi Fredj

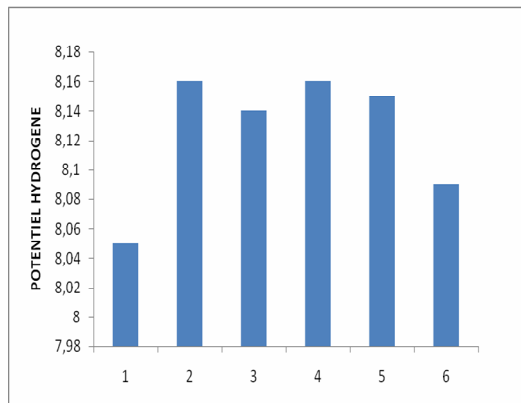
### II.3-Potentiel d'hydrogène (pH)

Selon AMINOT et CHAUSSEPIED (1983), le pH de l'eau de mer est voisin de 8,2. Et selon les normes algériennes 2006 (SAMARI, 2008) le pH est de 6 à 8,5. (voir annexe 2).

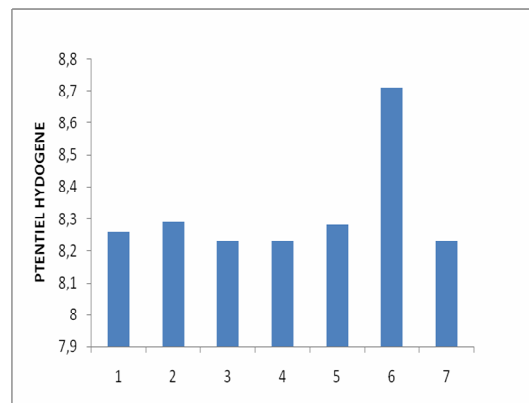
Nos résultats concordent assez bien, avec un pH minimum de 8,05 (station 1) et d'un pH maximum de 8.71 (stations 10 et 12), (voir le tableau 2.3).

Les valeurs varient entre 8,05 (station 1) et 8,16 (stations 2 et 4) avec une moyenne de 8,12+-0.04 dans la plage Est de Sidi Fredj.

Dans la plage Ouest les valeurs varient entre 8,23 (station 9) et 8,71 (stations 10 et 12), la moyenne est égale à 8,32+-0.17.



-Le pH dans la plage Est de Sidi Fredj



-Le pH dans la plage Ouest de Sidi Fredj

Les valeurs les plus basses sont enregistrées au niveau des stations portuaires, selon HAOUA et LALOUÏ (2006) cela serait dû à la présence d'un égout principal qui véhicule toutes les eaux usées du complexe touristique, se trouvant au niveau du port de Sidi Fredj.

**Tableau 2.3 :** les valeurs minimales, moyennes et maximales des pH enregistrées dans la baie de Sidi Fredj (04 mai 2009).

	Lieu	valeurs	pH	Stations	coordonnées
profondeur 10-30 cm	Plage Est Est de Sidi Fredj (baie d'el Djamila)	Minimales	8,05	1	N 36°45'8526 E 2°50'920
		Moyennes	<b>8,12+-0.04</b>	-	-
		Maximales	8,16	2	N 36°45'5958 E 2°51'216
	4			N 36°45'630 E 2°51'027	
		Minimales	8,23	9	N 36°45'371

	Plage Ouest de Sidi Fredj (baie de Bou ismail)				E 2°50'680
Moyennes		8,32+-0.17	-	-	
Maximales		8,71	10	N 36°45'466 E 2°50'619	
	12		N 36°45'579 E 2°50'516		

Les organismes sont très sensibles aux variations du *pH*, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si les valeurs sont comprises entre 6 et 9.

L'influence du *pH* se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments, comme les métaux dont il peut diminuer ou augmenter la disponibilité et donc la toxicité.

#### II.4-L'oxygène dissous

La concentration enregistrée de l'oxygène dissous dépend fortement des échanges air-mer à cause de la prise de mesure sur les couches superficielles ainsi que de l'activité photosynthétique en vu la faible profondeur.

Les teneurs en oxygène dissous dans les eaux de la plage Est de Sidi Fredj sont comprises entre 5,17 mg/l (station 3) et 8,6 mg/l (station 4) avec une moyenne de 7,11 +-1.15 mg/l.

Les taux de saturation varient entre 70 % (station 3) et 117 % (station 4), avec une moyenne de 95,56 +-15.56%.

Concernant les eaux de la plage Ouest de Sidi Fredj, les teneurs en oxygène dissous varient entre 5,69 mg/l (station 7) et 14,7 mg/l (station 14) avec une moyenne de 8,19+-3.09 mg/l.

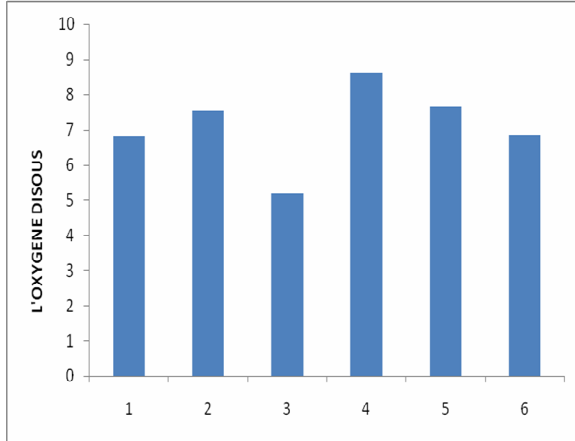
Le pourcentage de saturation de l'oxygène dissous, varient entre 79,3 % (station 7) et 200 % (station 12) avec une moyenne de 108.65+-43.37 %.

D'après ces résultats, nous remarquons que les eaux de la plage Ouest sont mieux oxygénées par rapport à celles de la plage Est de Sidi-Fredj (Mai 2009). La différence des teneurs et des taux de saturations en oxygène dissous peu être expliqué par :

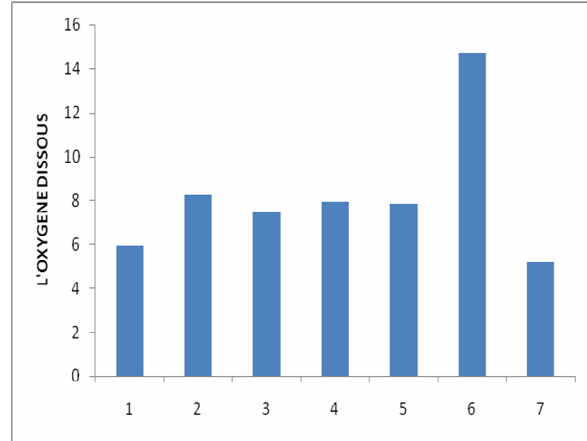
- ✓ L'activité photosynthétique des végétaux aquatiques (l'Herbier à posidonies et les différentes algues...) la plus élevée dans la plage Ouest. Car on a enregistré un seuil de sursaturation aux niveaux des stations 14 (200 %).
- ✓ Par contre dans la plage Est de Sidi Fredj, en moyenne, on a enregistré une sous saturation de 95,5 % qui est due, possiblement, aux rejets des eaux usées de complexe de Sidi Fredj,

la pollution issue des bateaux, la morphologie sableuse du fond (moins d'algues benthiques photosynthétiques) et au mode calme qui caractérise cette plage.

La sursaturation dans la station 4 (117%) et due aussi à l'activité photosynthétique des végétaux marine.



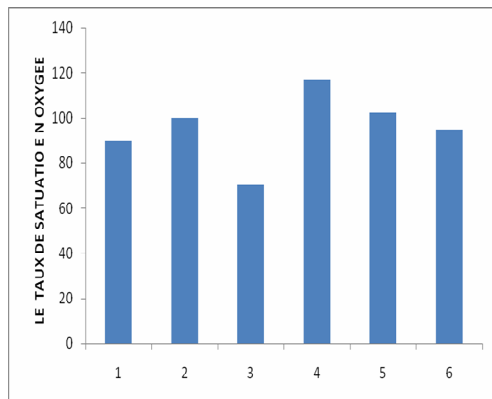
-L'oxygène dissous en mg/l dans la plage Est de Sidi Fedj



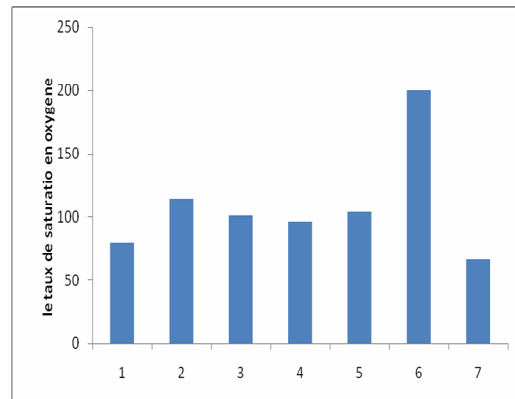
-L'oxygène dissous en mg/l dans la plage Ouest de Sidi Fedj

**Tableau 2.4 :** les teneurs minimales, moyennes et maximales en Oxygène dissous (mg/l) enregistrées dans la plage Est et Ouest de Sidi Fredj (Mai 2009).

	Lieu	Valeurs	O <sub>2</sub> (mg/l)	stations	coordonnées
Profondeur 10 à 30 cm	Plage Est de Sidi Fredj (baie d'El Djamila)	Minimales	5,17	3	N 36°45'522 E 2°51'086
		Moyennes	<b>7,11+-1.15</b>	-	-
		Maximales	8,6	4	N 36°45'630 E 2°51'027
	Plage Ouest de Sidi Fredj (baie de Bou ismail)	Minimales	5,94	7	N 36°45'267 E 2°50'718
		Moyennes	<b>8,19+-3.09</b>	-	-
		Maximales	14,7	12	N 36°45'779 E 2°50'516



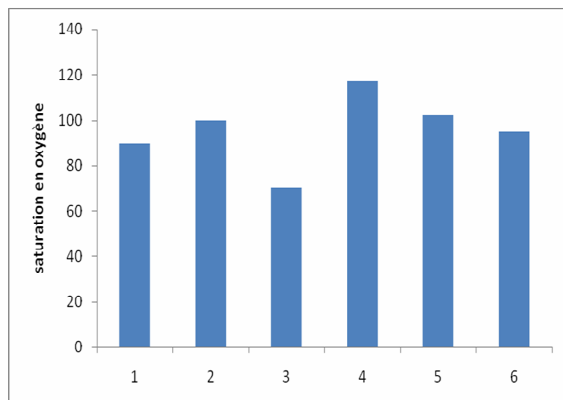
-Le pourcentage de l’oxygène dans la plage Est de Sidi Fredj



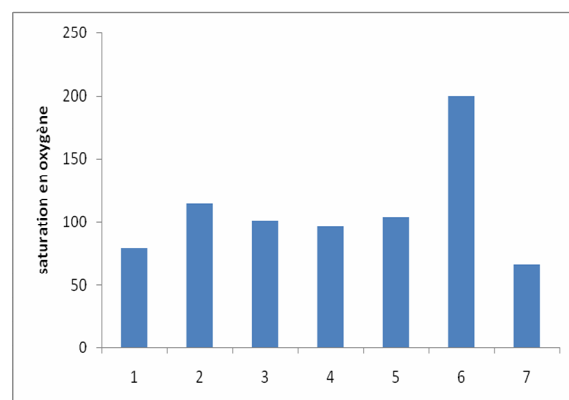
-Le pourcentage de l’oxygène dans la Ouest de Sidi Fredj

**Tableau 2.5** : les taux minimaux, maximaux et moyens de saturations en Oxygène dissous ; pourcentages enregistrés dans la plage Est et Ouest de Sidi Fredj (Mai 2009).

	Lieu	Valeurs	Saturations(%)	Stations	Coordonnées
Profondeur 10 à 30 cm	Plage Est de Sidi Fredj (baie d’el Djamila)	Minimales	70	3	N 36°45’522 E 2°51’086
		Moyennes	<b>95,56+-15.56</b>	-	-
		Maximales	117	4	N 36°45’630 E 2°51’027
	Plage Ouest de Sidi Fredj (baie de Bou ismail)	Minimales	79,3	7	N 36°45’267 E 2°50’718
		Moyennes	<b>108.65+-43.37</b>	-	-
		Maximales	200	12	N 36°45’779 E 2°50’516



-Les taux de saturation en Oxygène dissous dans la plage Est de Sidi Fredj



- Les taux de saturation en Oxygène dissous dans la plage Ouest de Sidi Fredj

Les variations des teneurs en oxygène dissous du moi d'Avril (5.174 mg/l) à Mai (8,9 mg/l) est probablement due à la poussé algale.

Dans les milieux naturels l'oxygène est surtout régi par la dissolution de l'oxygène atmosphérique ainsi que par l'activité photosynthétique des végétaux aquatiques (GAUJOUS, 1995). Et ses teneurs dans l'eau dépassent rarement les 10 mg/l (RODIER *et al*, 1996),

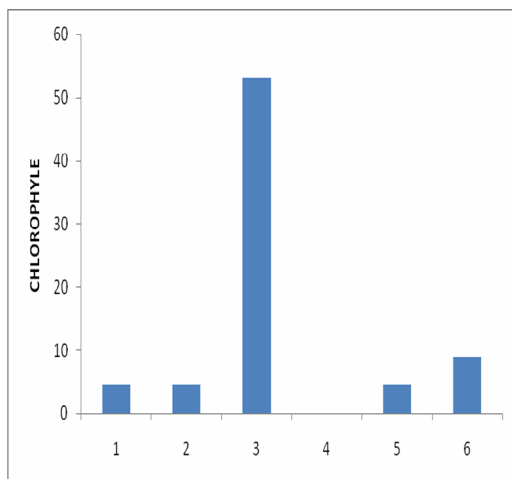
## II.5-La chlorophylle *a* et les phéopigments *a* (pheophytine *a*)

### II.5.1-La chlorophylle *a*

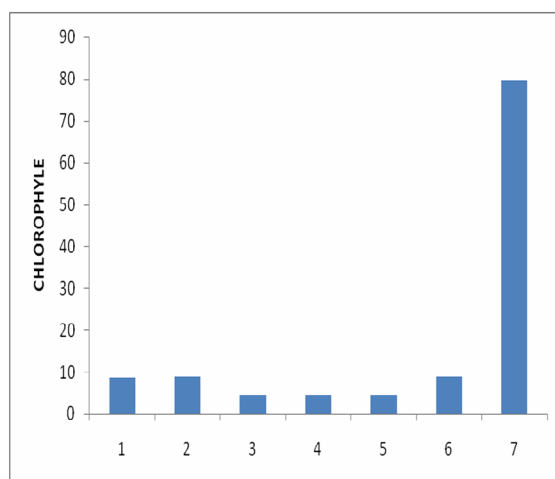
Les fluctuations des teneurs en chlorophylle *a* présentent une moyenne élevée 12,55  $\mu\text{g/l}$  à l'Est et une moyenne assez faible 6,64  $\mu\text{g/l}$  à l'Ouest.

Les eaux de la plage Est de Sidi Fredj (baie d'El Djamila) présentent des variations en teneurs de chlorophylle *a* allant de 0  $\mu\text{g/l}$  (stations 4) à 53,18  $\mu\text{g/l}$  (stations 3), avec une moyenne de 12,56 $\pm$ 20.1  $\mu\text{g/l}$ .

Alors qu'à l'Ouest (baie de Bou-Ismaïl), les valeurs de la chlorophylle *a* varient entre 4,43 $\mu\text{g/l}$  (stations 9,10,11) et 8,86  $\mu\text{g/l}$  (stations 8,12), avec une moyenne de 17.06 $\pm$ 27.74  $\mu\text{g/l}$  (Voir le Tableau 2.6).



- Le chlorophylle en  $\mu\text{g/l}$  dans la plage de Est de Sidi Fredj



-Le chlorophylle en  $\mu\text{g/l}$  dans la plage Ouest Sidi Fredj

**Tableau 2.6** : les teneurs minimales, moyennes et maximales de la chlorophylle *a* enregistrées dans la plage Est et Ouest de Sidi Fredj (mai 2009).

	Lieu	Valeurs	La chlorophylle <i>a</i> µg/l	Stations	Coordonnées
profondeur 10-30cm	La plage Est de Sidi Fredj (baie d'el Djamil).	Minimale	0	4	N 36° 45'630 E 2° 51'027
		Moyenne	<b>12,56+-20.1</b>	-	-
		Maximale	53,18	3	N 36° 45'622 E 2° 51'086
	La plage Ouest de Sidi Fredj (baie de Bou Ismail).	Minimale	4,43	9	N 36° 45'371 E 2° 50'680
				10	N 36° 45'466 E 2° 50'619
				11	N 36° 45'521 E 2° 50'565
		Moyenne	<b>17.06+-27.74</b>	-	-
		Maximale	8,86	12	N 36° 45'579 E 2° 50'533
				8	N 36°45'331 E 2° 50'700

Les grandes teneurs en chlorophylle *a* (abondance du phytoplancton) observées au niveau de la station SF4 (79,77 µg/l) peuvent être interprétées par le développement (*bloom*) des diatomées en présence de silicates en quantités excessives.

A l'Est, l'absence totale de la chlorophylle *a* au niveau de la station 4 (0 µg/l) explique probablement sa transformation en phéopigments *a* (40,33 µg/l) qui est assuré par la dégradation du phytoplancton, son broutage par le zooplancton herbivores ou bien, par l'existence d'un stress subi par les cellules phytoplanctoniques.

A l'Ouest, les faibles teneurs en chlorophylle *a* sont dues à l'abondance réduite du phytoplancton par rapport au côté Est de Sidi Fredj.

Les large variations des teneurs en chlorophylle *a* dans la zone d'étude pourraient bien être dues au :

- ✓ Fort ensoleillement
- ✓ Apports accrus en nutriments d'origines anthropiques charries par les oueds et les émissaires.

Le littoral en période hivernale accumule des réserves en nutriments en vue d'être utilisées en printemps.

Les sels nutritifs (silicates, ammoniums et nitrates...) se trouvent en quantités suffisantes, et dans certaines stations en quantités excessives. Ce qui influence directement sur la production primaire.

D'après **RODIER *et al* (1996)**, les pigments chlorophylliens sont très sensibles à la lumière. Sous l'action de cette dernière, les matières inorganiques du milieu sont transformées en matières organiques, c'est à ce processus qu'on donne le nom de : photosynthèse. Elle constitue un vaste complexe d'interactions physique, chimique et biologique affectant les relations entre les producteurs primaires et leurs environnements, sous la tutelle de divers paramètres indispensables (**LACAZE, 1996**).

Ce sont surtout les cours d'eau côtiers qui déversent en mer les nutriments qui alimentent l'eutrophisation (**MARCERON, 1999**), qui a pour conséquence la surproduction en phytoplancton et en algues qui diminuent l'oxygène du fond et déséquilibrent l'écosystème côtiers et met les espèces benthiques en danger (**CUGIER, 1999**).

Selon (**VOLLENWEIDER *et al*, 1996**) l'eutrophisation aboutit souvent à des changements dans les espèces du phytoplancton qui ne peuvent plus être filtrées par les organismes filtreurs, ou bien qui obstruent leur système de filtration en raison de leur taille et de leur forme, à cela s'ajoute les intoxications causées par les eaux colorées qui contiennent des espèces dangereuses pour les animaux et l'homme tel que les dinoflagellés.

Toutefois, il faut noter que les bactéries minéralisent activement la matière organique, ce qui permet un niveau de production primaire assez élevé pendant la saison chaude.

### II.5.2-les phéopigments *a*

D'après les résultats obtenus, les concentrations en phéopigments *a* sont comprises entre 38,19µg/l et 61,49µg/l. A l'Est, les phéopigments *a* sont totalement absents (00 µg/l) au niveau de la station 3 et atteignent leur maximales (53,184 µg/l) au niveau de la station 6, avec une moyenne de 38,19+-19.85 µg/l. Alors qu'à l'Ouest, ces teneurs fluctuent entre 42,10 µg/l (station11) et 86,66µg/l (station8) avec une moyenne de 52.70+-27.03 µg/l, (voir Tableau 2.7).

**Tableau 2.7 :** les teneurs minimales, maximales et moyennes des phéopigments (microgramme/litre) a enregistrées dans les eaux de la plage Est et Ouste de Sidi Fredj (mai 2009).

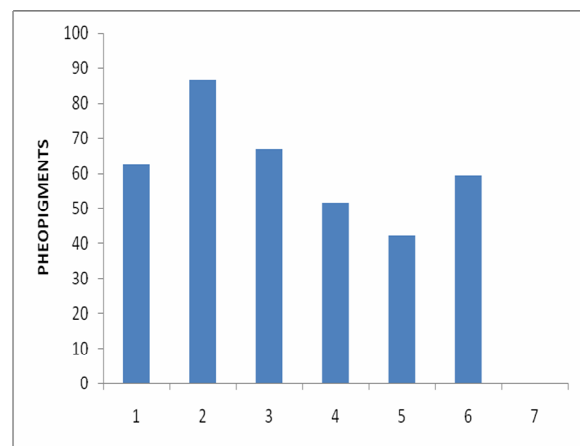
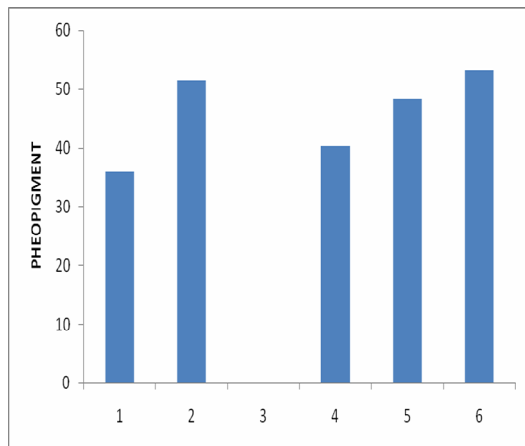
	Lieu	Valeurs	Phéopigments <i>a</i> µg/l	Stations	Coordonnées
Profondeur 10 à 30 cm	La plage Est de Sidi Fredj.	Minimales	00	3	N 36°45'622 E 2°51'086
		Moyennes	38,19+-19.85	-	-
		Maximales	53,18	6	N 36°45'760 E 2°50'880
	La plage Ouest de Sidi Fredj.	Minimales	42,10	11	N 36°45'521 E 2°50'565
		Moyenne	52.70+-27.03	-	-
		Maximales	86,61	8	N 36°45'331 E 2°50'700

Les teneurs élevées en phéopigments *a* dans la zone d'étude sont dues à la dégradation de la chlorophylle *a* par le broutage du zooplancton des cellules.

On remarque que la station 3 est totalement dépourvue des phéopigments *a* (0 µg/l) ce qui explique l'absence du zooplancton brouteur et la non dégradation du phytoplancton (*chlorophylle a* 53,18µg/l).

On remarque que la station portuaire SF4 est totalement dépourvue de phéopigments *a*, ce qui explique l'absence du zooplancton qui broute le phytoplancton et sa non dégradation.

Selon AMINOT et KEROUEL (2004), plus la concentration en pheopigments *a* est élevée par rapport à la concentration de la chlorophylle *a* plus les cellules algales sont vieilles, dégradées ou broutées par le zooplancton.



Les phéopigments en  $\mu\text{g/l}$  dans la plage Est de Sidi Fredj

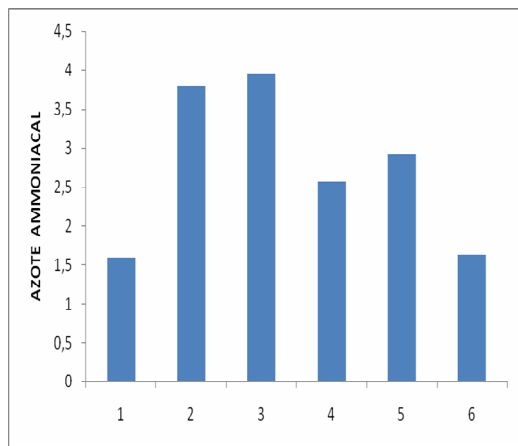
-Les phéopigments en  $\mu\text{g/l}$  dans la plage Ouest de Sidi Fredj

**II.6-Les sels nutritifs**

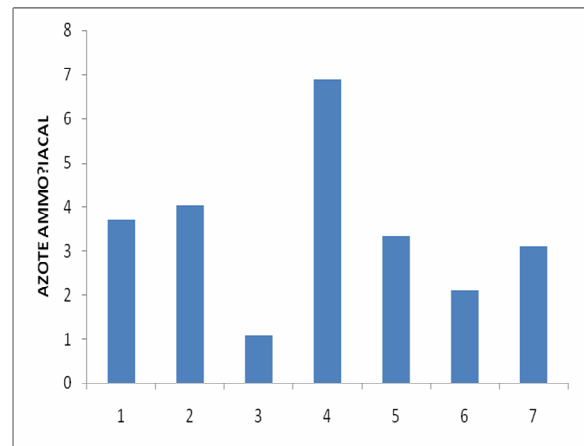
**II.6.1-L'Azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )**

Les teneurs en azote ammoniacal observées dans la plage Est de Sidi Fredj varient entre 1,58 mg/l (station 1) et 3,94 mg/l (station 3), avec une moyenne de 2,74 +-1.02mg/l.

Dans la plage Ouest de Sidi Fredj, les teneurs en azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) sont comprises entre 1,07 mg/l (station9) et 6,88 mg/l (station 10), avec une moyenne de 3,46+-1.82 mg/l, (voir le tableau 2.8).



-L'azote ammoniacal en mg/l à l'Est de la plage de Sidi Fredj



-L'azote ammoniacal en mg/l à l'Ouest de la plage de Sidi Fredj

**Tableau 2.8 :** les teneurs minimales, moyennes et maximales en azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) (mg/l) enregistrées dans la plage Est et Ouest de Sidi Fredj (mai 2009).

	Lieu	Valeurs	[ $\text{NH}_4^+$ ] mg/l	Stations	Coordonnées
profondeur (10-30cm)	Plage Est de Sidi Fredj	Minimale	1,58	1	N36°45'8526 E 2°50'920
		Moyenne	2,74+-1.02	-	-
		Maximale	3,94	3	N36°45'6222 E 2°51'086
	Plage Ouest de Sidi Fredj	Minimale	1,07	9	N 36°45'371 E 2°50'680
		Moyenne	3,46+-1.82	-	-
		Maximale	6,88	10	N36°45'466 E 2°50'619

On remarque que les teneurs en azote ammoniacal ne varient pas significativement entre Avril (3,1 mg/l) et Mai (3,6 mg/l), pour la station sf4. Et pour les autres stations de prélèvements dans la plage Ouest, voir la figure 2.12.

Les fortes teneurs d'ammonium observées dans les eaux de la plage Est et Ouest de Sidi Fredj, s'expliquent par la décomposition bactérienne des composées organiques azotées (synonyme d'une forte activité bactérienne) ou par une forte abondance animale dans le milieu.

Selon **AMINOT et CHAUSSEPIED (1983)**, l'azote ammoniacal provient généralement des excréments animales et la décomposition bactérienne des composés azotés.

D'après les teneurs en azote ammoniacal enregistrées dans la plage Est et Ouest de Sidi Fredj pour le mois d'avril (sf4) et mai (S1.....,S12) et selon la grille normative utilisée pour estimer la qualité de l'eau, ces zones font partie de la troisième et la quatrième catégorie :

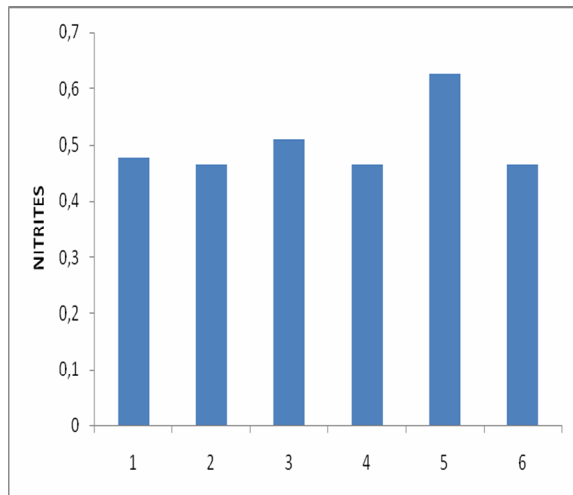
*Catégorie 3* : présentée par les stations S1, S4, S5, S6, S9, S12, caractérisée par une eau polluée qui ne peut être utilisée qu'après un traitement très poussé des rejets qui rejoignent ces zones.

*Catégorie 4* : S2, S7, S8, S10, S11, SF4, font partie de cette catégorie définie par une eau très polluée, et ne peut être utilisée qu'après un traitement spécifique et onéreux (voir l'annexe 2).

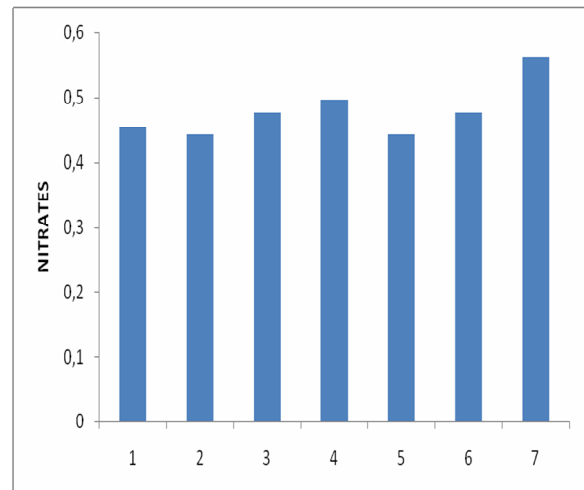
## **II.2-les Nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )**

Dans la plage Est de Sidi Fredj, la valeur minimale en azote nitreux est égale à 0,46 mg/l (stations 2, 4 et 6), tandis que la maximale atteint 0,62 mg/l (station 5) et la moyenne est de 0,50±0,06 mg/l.

Les teneurs en azote nitreux observées dans les eaux de la plage Ouest de Sidi Fredj, varient entre 0,44 mg/l (stations 8,11) et 0,49 mg/l (station 10), avec une moyenne de 0,48±0,04 mg/l, (voir le Tableau 2.9).



-Les nitrites en mg/l à l'Est de la plage de Sidi Fredj



-Les nitrates en mg/l à l'Ouest de la plage de Sidi Fredj

**Tableau 2.9 :** les teneurs minimales, moyennes et maximales en azote nitreux (nitrite) enregistrées dans la plage Est et Ouest de Sidi Fredj (mai 2009).

	Lieu	Valeurs	[NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ]mg/l	Stations	Coordonnées
Profondeur 10-30cm	Plage Est de Sidi Fredj.	Minimale	0,46	2	N36°45'5958 E 2°51'216
				4	N36°45'630 E 2°51'027
				6	N36°45'7602 E 2°50'880
		Moyenne	0,50+-0.06	-	-
		Maximale	0,62	5	N36°46'056 E 2°50'938
	Plage Ouest de Sidi Fredj.	Minimale	0,44	8	N36°45'331 E 2°50'700
				11	N36°45'521 E 2°50'565
			Moyenne	0,48+-0.04	-
	Maximale	0,49	10	N36°45'466 E 2°50'619	

La valeur observée (0,56 mg/l) au niveau de la station (sf4) est presque identique aux autres valeurs enregistrées dans les eaux de la plage Ouest de Sidi Fredj (voir l'annexe 3).

Comme les nitrites sont en état intermédiaire entre l'ammonium et les nitrates, leurs faibles teneurs dans la plage Est et Ouest de Sidi Fredj (par rapport aux concentrations de

l'ammonium et des nitrates) pourraient être interprétées par le processus de nitrification et/ou leur consommation par les microorganismes marins lors de leur croissance.

Mais selon la grille normative pour l'estimation de la qualité de l'eau (**SAMARI N, 2008**) les eaux de la plage Est et Ouest sont situées dans la *catégorie 3*: Eau polluée, ne peut être utilisée qu'après un traitement très poussé, (voir la annexe 2).

Les nitrites résultent de l'oxydation de l'ammonium par la réaction nitrosation exothermique opérée par des bactéries (Nitrosomonas). (**COPIN-MONTEGUT, 1996**)



Dans le cycle de l'azote, les ions nitrites sont des intermédiaires entre l'azote ammoniacal et les ions nitrates. Les concentrations retrouvées dans les eaux naturelles douces, saumâtres et marines vont de zéro à quelques ( $\mu \text{mol /L}$ ) (**AMINOT et al, 1983**).

Les origines des nitrites sont diverses. **BOUGIS, (1974)** donne l'importance à l'excrétion zooplanctonique (régénération direct), qui présente à eux seuls 80% de leurs excréments, à cela s'ajoute la régénération bactérienne (moins importante).

Les nitrites constituent un poison dangereux pour les organismes aquatiques même à de très faibles concentrations. Altérant le système respiratoire des poissons (les branchies), d'où leur qualification d'élément nocif et mortel ( $[ 0.01 \text{ mg/l}$  pour les eaux salmonicoles,  $[ 0.03 [ 0.01 \text{ mg/l}$  pour les eaux cyprinicoles), (**MEDJOU DJ, 2008**). Leur toxicité augmente avec la température.

### II.6.3-Les Nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les teneurs des nitrates observées dans la plage Est de Sidi Fredj varient entre 0,65 mg/l (station 2) et 12,33 mg/l (station 5), avec une moyenne de 4,57+-4.82 mg/l.

Dans la plage Ouest de Sidi Fredj, les teneurs des nitrates sont comprises entre 0,75 mg/l (station7) et 9,10 mg/l (station 10), avec une moyenne de 2.87+-3.05 mg/l, (voir le tableau 2.10).

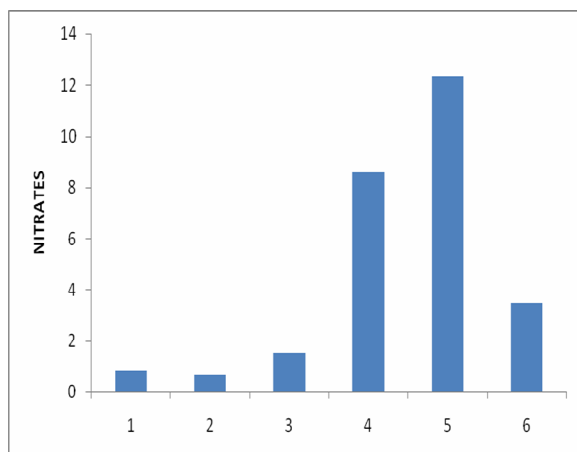
**Tableau 2.10 :** les teneurs minimales, maximales et moyennes des nitrates (mg/l) enregistrées dans les eaux de la plage Est et Ouste de Sidi Fredj (mai 2009).

	Lieu	Valeurs	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ]mg/l	Stations	Coordonnées
Profondeur 10-30cm	Plage Est de Sidi Fredj	Minimale	0,65	2	N36°45'5958 E 2°51'216
		Moyenne	4,57+-4.82	-	-
		Maximale	12,33	5	N 36°46'056 E 2°50'938
	Plage Ouest de Sidi Fredj	Minimale	0,75	7	N 36°45'267 E 2°50'718
		Moyenne	2.87+-3.05	-	-
		Maximale	9,10	10	N 36°45'466 E 2°50'619

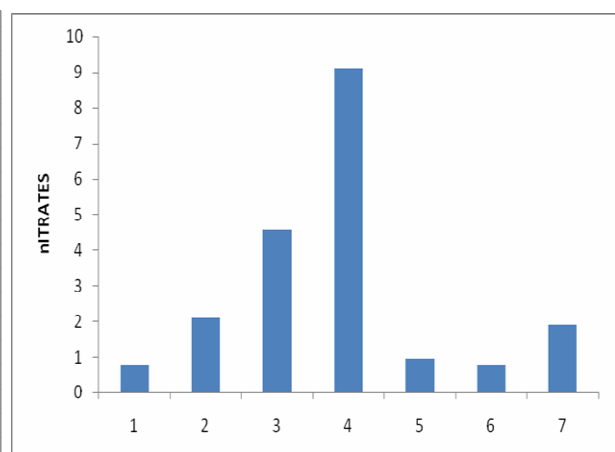
D'après nos résultats obtenus, les variations des concentrations en nitrates fluctuent entre 4,57 mg/l et 3,03 mg/l.

Les faibles concentrations en nitrates (1,89 mg/l) enregistrées au niveau de la station (SF4) peuvent être dues à certaines pollutions bactériennes qui transforment les nitrates en nitrites ou au processus de dénitrification biologique où les nitrates constituent une source d'oxygène pour le développement bactérien (RODIER et al, 1996).

L'augmentation des nitrates dans certaines stations démontre que le phytoplancton assimile l'ammonium disponible en quantité suffisante pour qu'il soit préféré aux nitrates dans l'activité photosynthétique (LEFNAOUI & OUALI, 2008)



-Les nitrates en mg/l à l'Est de la plage de Sidi Fredj



-Les nitrates en mg/l à l'Ouest de la plage de Sidi Fredj

### II.6.4-Les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Le phosphore est un élément nutritif dont la forme minérale majoritaire : orthophosphate est essentiel à la vie aquatique (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983).

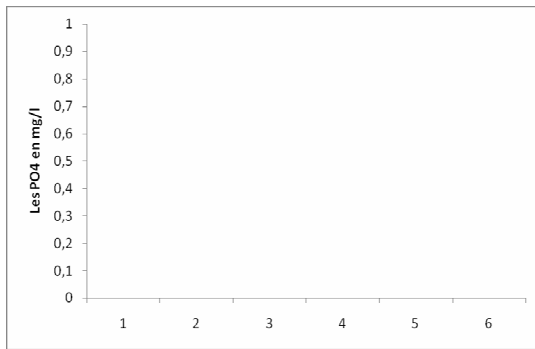
**Tableau 2.11** : les teneurs en phosphates (mg/l) enregistrées dans la plage Est et Ouest de Sidi Fredj (S1..., S12 prélevées le 4/05/2009, SF4 prélevées le 14/04/2009).

Stations	Coordonnées	[ $\text{PO}_4^{3-}$ ]mg/l	Stations	Coordonnées	[ $\text{PO}_4^{3-}$ ]mg/l
11	N36°45'8526 E 2°50'920	00	7	N 36°45'267 E 2°50'718	00
2	N 36°45'558 E 2°51'216	00	8	N 36°45'331 E 2°50'700	00
3	N36°45'6322 E 2°51'086	00	9	N 36°45'371 E 2°50'680	00
4	N 36°45'630 E 2°51'027	00	10	N 36°45'466 E 2°50'619	00
5	N 36°46'056 E 2°50'938	00	11	N 36°45'521 E 2°50'565	00
6	N36°45'7602 E 2°50'88060	00	12	N 36°45'579 E 2°50'516	00
-	-	-	SF4	N 36°45'571 E 2°50'533	00

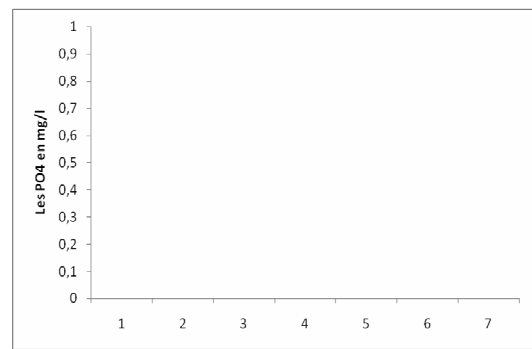
On remarque que les teneurs en orthophosphate dans la zone d'étude est de 0 mg/l. Ceci peut être expliqué par :

- ✓ Le phosphore est très consommé par le phytoplancton et/ou probablement que les phosphates sont retenues directement par le sédiment.
- ✓ La majeure partie des teneurs des phosphore (surtout qui sont des sels tricalciques insoluble) est peut être resté dans le sol.

Selon Copin-Montégut (1996), en générale les teneurs de phosphore sont très faibles dans les zones superficielles ; elles sont de l'ordre de 0 à 1  $\mu$  mole/l. Cette substance est consommée par le phytoplancton au point que ses concentrations peuvent être non mesurables (bloom printanier). Et selon TALEB (1970), lors de leurs crues les oueds nord africains déversent de grandes quantités de sels nutritifs en mer. Au contraire, les phosphates terrestre, qui sont des sels tricalciques insolubles, restent dans le sol.



-Les phosphates en mg/l à l'Est de la plage de Sidi Fredj



-Les phosphates en mg/l à l'Ouest de la plage de Sidi Fredj

### II.6.5-Les Silicates (Si (OH)<sub>4</sub>)

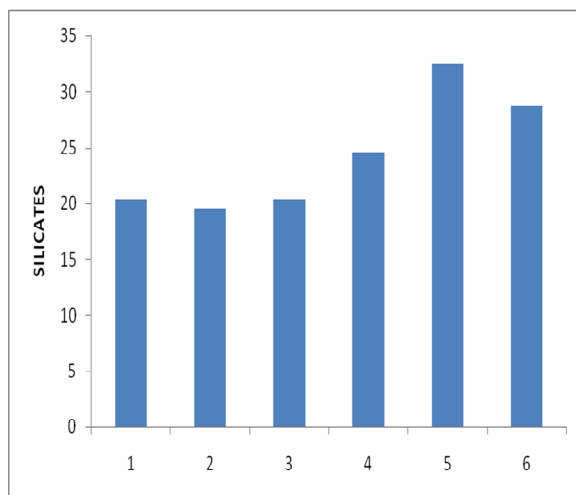
Le silicium est un élément nutritif car il entre dans la composition des squelettes de certaines espèces phytoplanctoniques auxquelles il est indispensable (AMINOT & CHAUSSEPIED, 1983).

**Tableau 2.12 :** les teneurs en silicates (mg/l) enregistrées dans la plage Est et Ouest de Sidi Fredj (S1..., S12 prélevées le 4/05/2009).

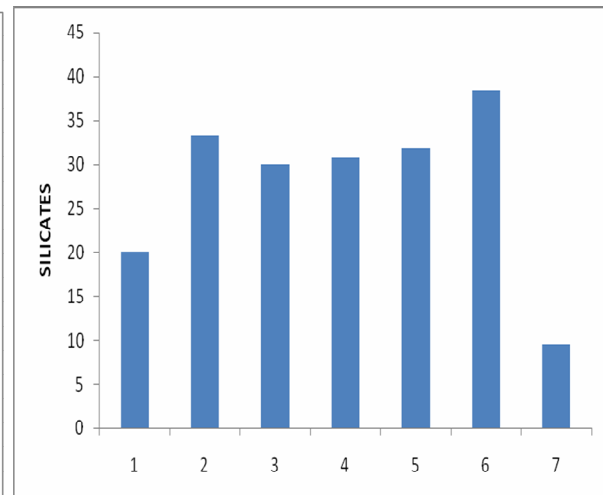
	Lieu	valeurs	[Si(OH) <sub>4</sub> ] mg/l	stations	Latitude/longitude
profondeur 10 à 30 cm	Plage Est de Sidi Fredj	minimales	19.544	2	N 36°45'5558 E 2°51'216
		maximales	32.424	5	N 36°46'056 E 2°50'938
		moyenne	24.35+-5.28	-	-
	Plage Ouest de Sidi Fredj	minimales	20.104	7	N 36°45'267 E 2°50'718
		maximales	38.304	12	N 36°45'579 E 2°50'516
		moyenne	27.66+-9.70	-	-

D'après nos résultats obtenus, les concentrations en silicium varient de 24.35 mg/l à 30.69 mg/l.

A l'Est (baie d'EL DJAMILA), les teneurs en silicium allant de 19.54 mg/l (station2) à 32.42 mg/l (station5) avec une moyenne de 24.35+-5.28 mg/l.



-Les silicates en mg/l à l'Est de la plage de Sidi Fredj



-Les silicates en mg/l à l'Ouest de la plge de Sidi Fredj

Alors qu'à l'Ouest, les eaux de la baie de BOU-ISMAIL présentent des teneurs comprises entre 20.10 mg/l (station 7) et 38.30 mg/l (station 12) avec une moyenne de 27.66+-9.70 mg/l.

Le minimum des silicates a été observé au niveau de la station portuaire SF4 pour le mois d'avril (9.46 mg/l). Ce qui est due surement au développement phytoplanctonique printanier,(voir annexe 3).

Selon **SAMSON-KECHACHA (1981)**, les effets limitant de la silice ne sont perceptibles qu'aux saisons printanières lors de la floraison des diatomées, elle est, en milieu marin, indispensable pour les algues à squelette siliceux (diatomées).

Selon **AMINOT et CHAUSSEPIED (1983)**, les teneurs de silicium dans la zone euphotique peuvent s'abaisser à quelques dizaines de micromoles par litre et même devenir indétectables par la méthode courante d'analyse.

## II.7-La chlorophylle *a* et le phéopigments *a* dans les sédiments

Selon **BARNABE (1989)** la biomasse phytoplanctonique varie de manière saisonnière, elle atteint généralement des valeurs maximales au printemps et en été, mais la floraison printanière est fréquemment la plus importante.

Les valeurs en chlorophylle *a* dans les sédiments de la baie de Bou-Ismaïl varient entre 0 et 3.30  $\mu\text{g/g}$  (voir annexe4).

On remarque des teneurs plus ou moins élevées dans les stations (34, 37, 44, 52), et une valeur maximale (3.30  $\mu\text{g/g}$ ) enregistrée dans la station 48 située à Ain Tagourait (ferme conchylicole). Ces teneurs sont essentiellement dues à la période d'échantillonnage caractérisée par une production primaire importante (poussée printanière) et aux apports fluviaux qui charrient la matière végétale.

Des concentrations faibles voire nulles enregistrées dans les autres stations qui s'expliquent par une forte dégradation et le broutage de la chlorophylle *a*. Ceci est représenté par de fortes valeurs de phéopigments pour ces stations.

Contrairement à la chlorophylle *a* le phéopigment *a* a des teneurs faibles voire nulles dans les stations (34, 37, 44, 48, 52), et varie de 0.107 à 1.639  $\mu\text{g/g}$  pour les autres stations.

Selon **AMINOT et KEROUEL, (2004)**, plus la proportion de phéopigments est élevée par rapport à la chlorophylle *a*, plus les cellules algales sont vieilles, dégradées ou broutées par le zooplancton.

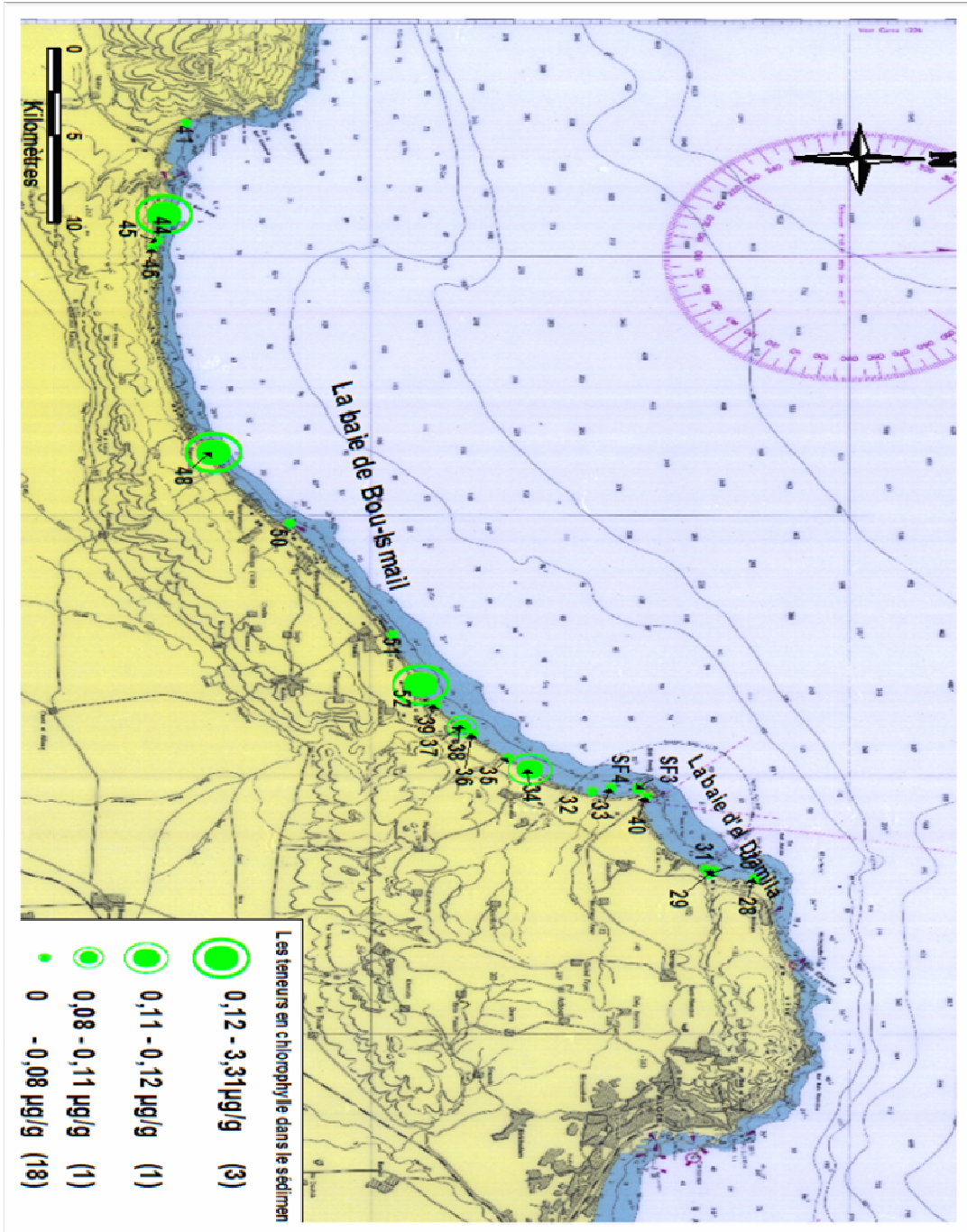


Figure 3.1 : Répartition spatiale de la chlorophylle a (µg/g) dans le sédiment de la baie de

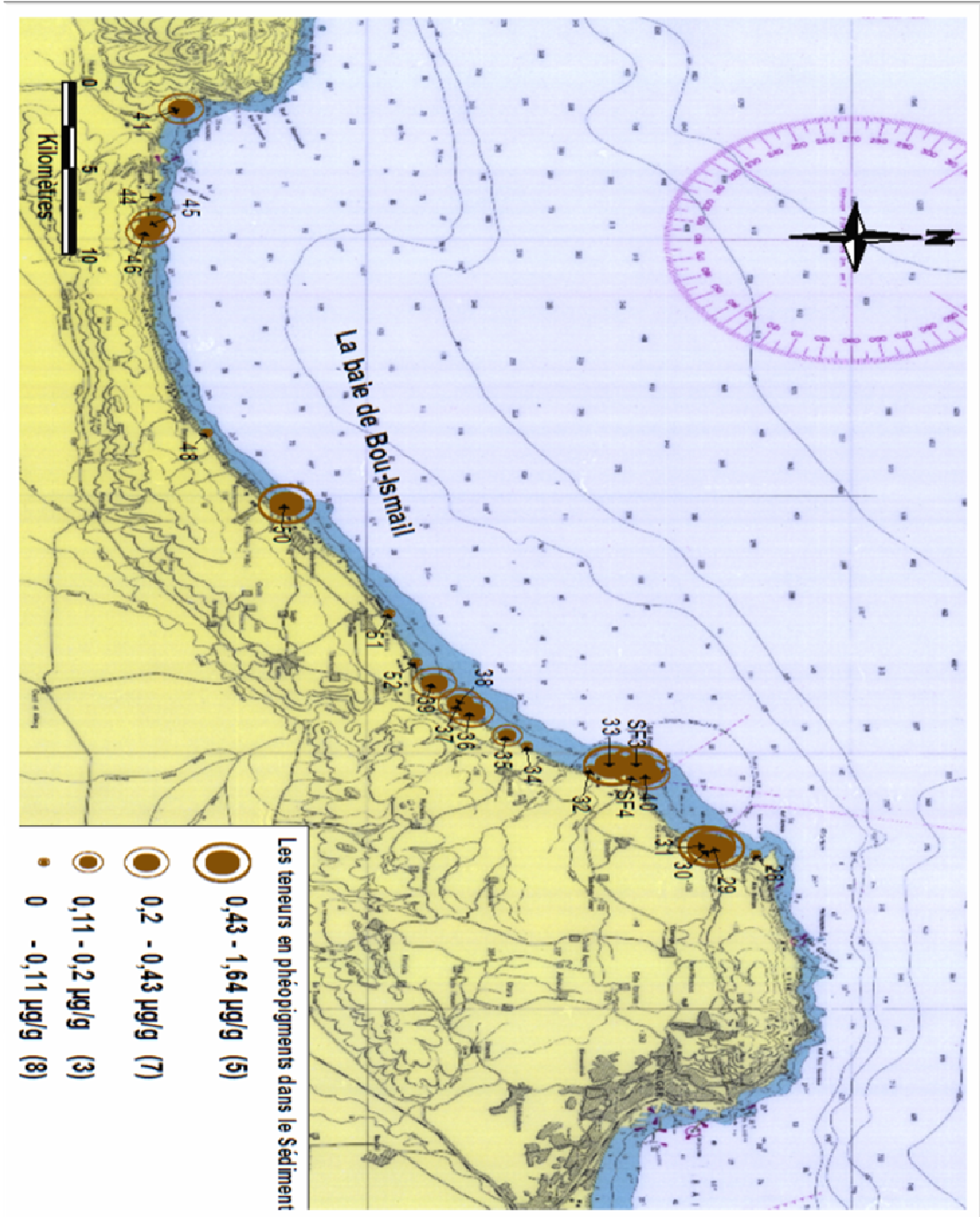


Figure 3.2 : Répartition spatiale de phéopigments a (µg/g) dans la baie de Bou-Ismaïl.

## **II.8-La matière organique dans les sédiments**

Les taux en matière organique enregistrent des fluctuations qui varient de 1,27% (station 35 la plage familiale 2 de Zéralda) à 9,96% (station 40 , plage Est Sidi Fredj).

Le taux minimal (1,27 %) qui se localise à la station 35 dans la plage familiale 2 de Zéralda peut être expliqué par l'absence de l'apport continental.

La valeur maximale (9,96%) localisée à la station 40 située à Sidi Fredj plage Est est le résultat d'un émissaire important et d'une stabilité de l'hydrodynamisme due à la position géographique de cette station.

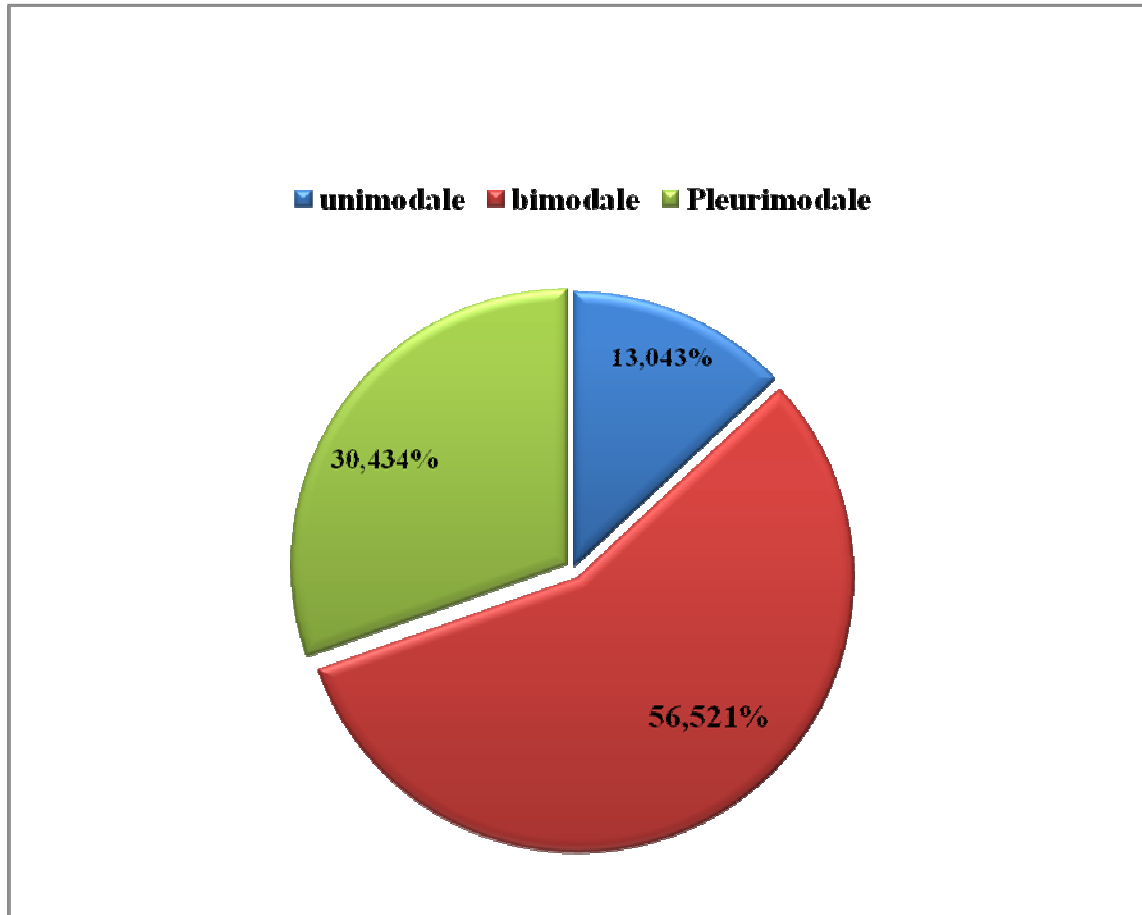
En comparant avec les pourcentages obtenues lors de l'étude effectuée par **HAMDOUNI et HAMMAMOUCHE (2008)** portant sur l'étude de la qualité granulométrique et organique de la baie de Bou-Ismaïl (2 % pour la station 35 et 7 % pour la station 40), on remarque que ces valeurs sont proches de nos résultats.

## II.9-Analyse granulométrique :

### II.9.1-Le mode :

La répartition graphique en courbes cumulatives et histogrammes des fréquences des résultats granulométriques (voir annexe 5) montrent qu'il existe dans un même échantillon la dominance de plusieurs fractions.

56.52 % des courbes sont des courbes bimodales où on note la dominance de deux stocks sédimentaires, 13.04 % des courbes sont uni modales où on note la dominance d'un seul stock sédimentaire et 30.43 % des courbes sont des courbes plurimodales (voir la figure 3.5) où on note la dominance de plusieurs stocks sédimentaires. Sur les stations étudiées, cinq modes granulométriques sont relevés : les modes 2000, 400, 500, 1000,200. Le premier et le deuxième sont plus présents que les autres.



**Figure 3.5 :** pourcentages des différents types de courbes granulométriques cumulatives dans la baie de Bou-Ismail.

✓ **Le mode 2000 :**

On remarque une dominance de ce mode dans la région comprise entre Fouka et Zéralda, où il atteint la valeur 88,71% à Fouka. Comme il domine aussi dans l'Anse de Kouali avec un taux de 60%, ainsi qu'à la plage de Chenoua avec 64%.

✓ **Le mode 400 :**

On constate un maximum dans la plage de la Couronne d'Or avec 77,52%. Ce mode domine aussi dans la plage Ouest de Sidi Fredj avec 59,37% et 51,16% respectivement pour les deux stations SF4 et SF3, ainsi qu'un taux de 54% pour Oued Mazafran.

✓ **Le mode 200 :**

Il est faible, et la valeur maximale ne dépassant pas 25,63% est enregistrée dans la plage Est de Sidi Fredj

✓ **Le mode 500 :**

On remarque une dominance de ce mode dans la station 28(port El Djamila) avec 38,42%.

✓ **Le mode 1000 :**

On remarque que ce mode est faible dans la totalité des stations, avec une valeur majorante de 21,80 % recensée à l'Anse de Kouali, (station 46).

### **9-2-Répartition de la médiane :**

La carte des médianes (Figure 3.4) montre que la baie de Bou-Ismaïl est présentée par :

- ✓ Des sables grossiers : qui couvrent la plupart des zones allant de Fouka jusqu'à la plage de Chenoua.
- ✓ Des sables moyens : qui couvrent la plus part de la baie d'El Djamila où on remarque l'absence totale de la fraction vaseuse, par contre dans la plage extérieure de la baie on trouve des sables grossiers.

On trouve aussi les sables moyens au niveau d'Azur plage, Ain Tagourait, corne d'Or et oued de Béni Messous.

- ✓ Des sables fins : qui couvrent la totalité de la plage Est de Sidi Fredj.

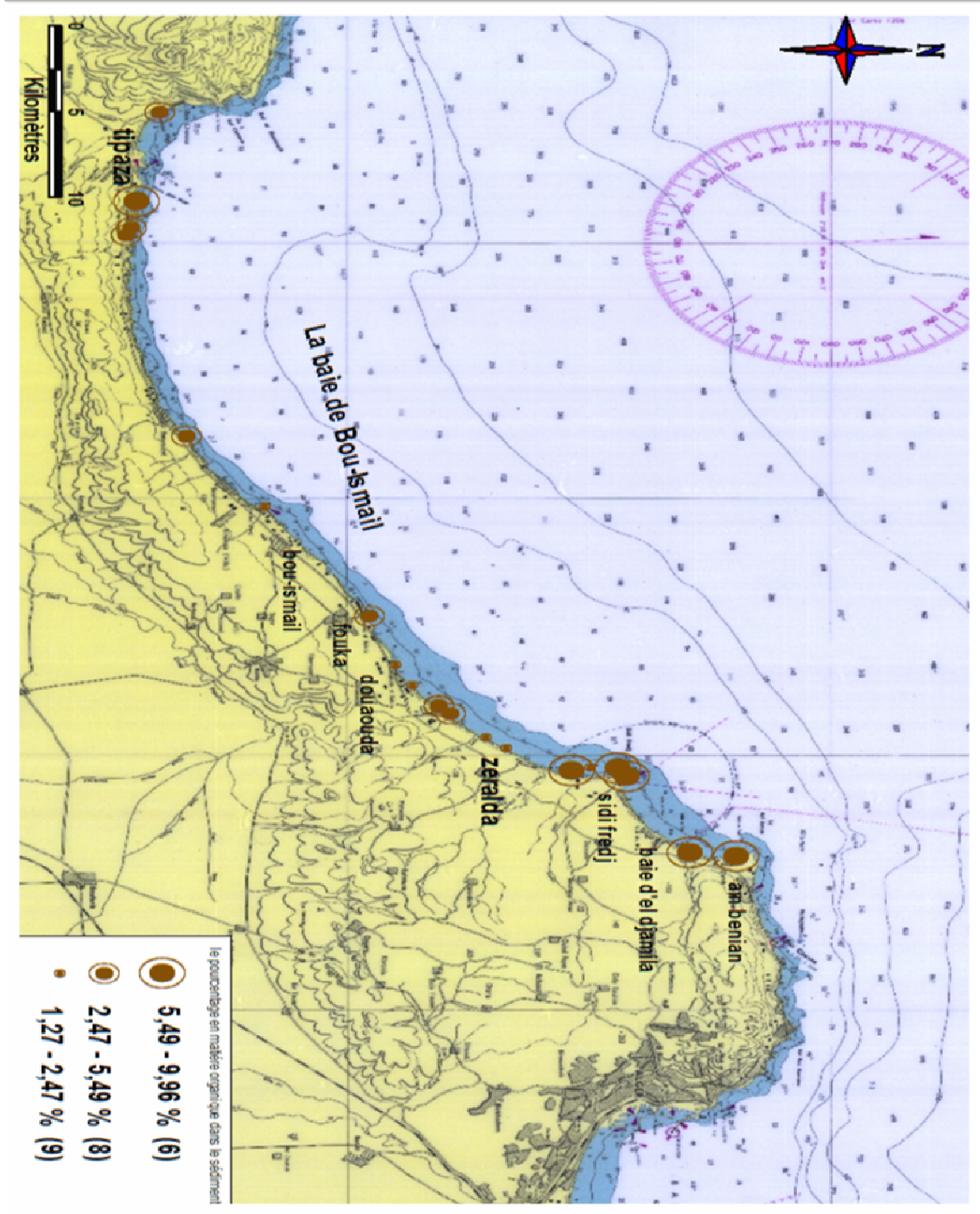


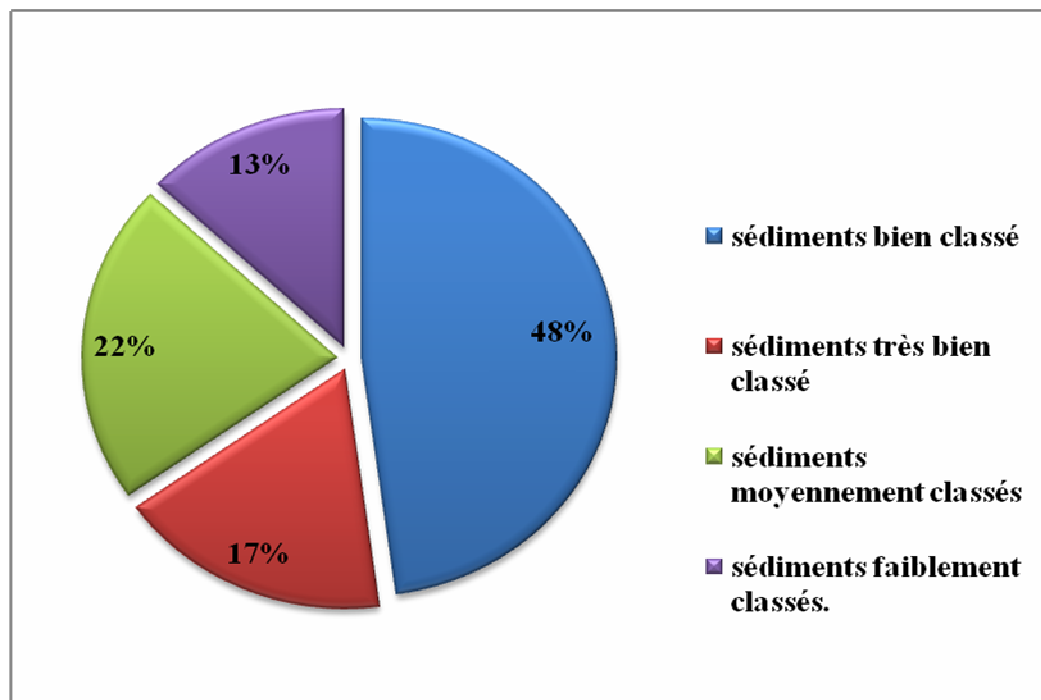
Figure 3.3 : répartition spatiale de la matière organique dans la baie de Bou-Ismaïl.

### 9-3-Classement du sédiment :

La carte de distribution des classements (**D**) se traduit par un bon classement (**D** < 2.5), pour la majorité des sédiments.

Le calcul de cet indice montre que :

- ✓ 48 % du sédiment est bien classé;
- ✓ 17 % du sédiment est très bien classé;
- ✓ 22 % du sédiment est moyennement classé ;
- ✓ 13% du sédiments est faiblement classé, (voir la figure 3.6)



**Figure 3.6 :** pourcentages des différents types de classement des sédiments dans la baie de Bou-Ismail.

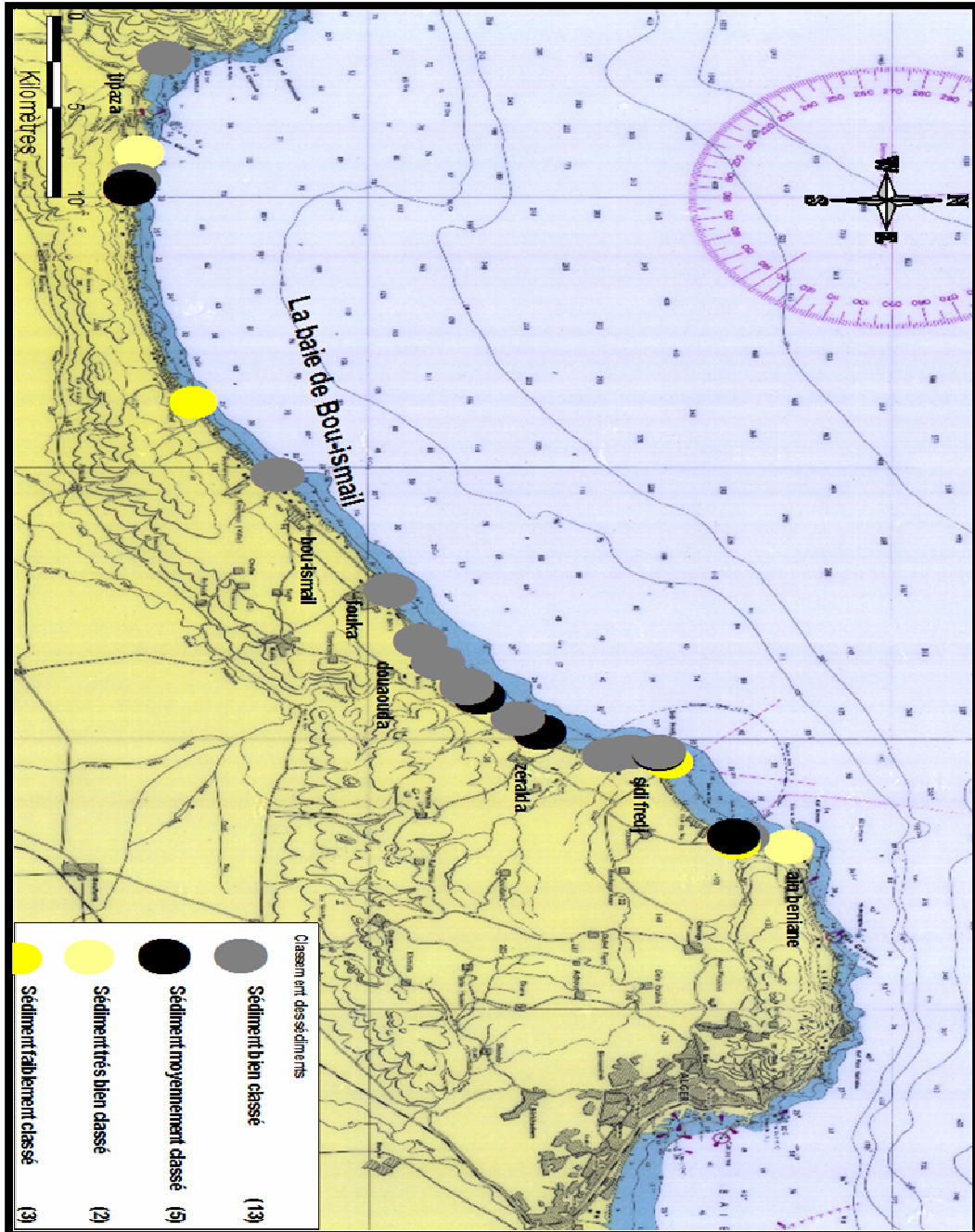


Figure 2.6 : Répartition de classement de sédiment dans la baie de Bou-Ismaïl

#### II.9.4-Facteur hydrodynamique

Le vent est un paramètre anémométrique très important pour une étude hydrodynamique, il est le principal générateur des houles et des courants superficiels, il conditionne les mécanismes des vagues à la surface, pouvant atteindre des forces considérables (**BENGHANEMI et al, 2006**).

Les vents Nord-Ouest sont assez faibles au cours de l'année, mais entraînent des houles assez fortes en période hivernal. Les vents d'Est, sont également prépondérant en été, mais génèrent de faibles (**BENGHANEMI et al, 2006**).

- Dans la baie d'El Djamila,  $FH < 0$ , action hydrodynamique pratiquement nulle en temps normal (sauf tempête), les sédiments sont fixés et ne sont plus déplacés dans leur totalité ce qui est probablement dû à la protection de la dite région, contre le courant dominant, par le cap et le port de Sidi Fredj ainsi que les diverses digues.
- De la plage Ouest de Sidi Fredj jusqu'à Palme Beach,  $FH > 0$ , transfert sédimentaire actif sous l'effet d'une action hydrodynamique moyenne ou forte, car la zone est ouverte et non protégée et donc exposée aux actions du courant qui mobilisent les particules du sédiment.
- De Douaouda marine jusqu'au port de Khemesti,  $FH > 0$ , transfert sédimentaire actif sous l'effet d'une action hydrodynamique moyenne ou forte, donc la région est soumise à l'influence des houles et courants Nord Ouest qui entraîne une dynamique sédimentaire
- A partir de Bouharoun jusqu'à l'Anse de Kouali (plage centrale),  $FH < 0$ , action hydrodynamique pratiquement nulle en temps normal (sauf tempête), les sédiments sont fixés et ne sont plus déplacés dans leur totalité, ce qui peut s'expliquer par la morphologie littorale très accidentée et la présence abondante d'herbiers de posidonie, qui constituent des récifs barrières protégeant le lagon contre l'hydrodynamisme et stabilisant les sédiments.
- Entre la plage Ouest de l'Anse de Kouali et la plage de Chenoua,  $FH > 0$ , transfert sédimentaire actif sous l'effet d'une action hydrodynamique moyenne ou forte, car cette zone est soumise aux effets du courant Atlantique, qui se déplace vers l'Est sous l'influence de la force de Coriolis et du régime des vents dominants. Ceci engendre un contre courant littoral vers l'Ouest dans la plupart des baies orientées vers l'Est (**BOKARTAOUI & BOUTOUILI, 1989**).

Généralement, les sédiments fins sont transportés en suspension par les courants de surfaces, alors que les courants du fond interviennent dans l'érosion du sédiment en place et son transport. Dans la plupart des houles, à amplitude petite et moyenne, les courants produits ne prennent vraiment d'importance que dans la zone de déferlement, ils affectent donc uniquement les graviers et les sables de la frange littorale (fond de moins de 10 m). Ce sont eux qui modèlent la physionomie des plages (**BOKARTAOUI & BOUTOUILI, 1989**).

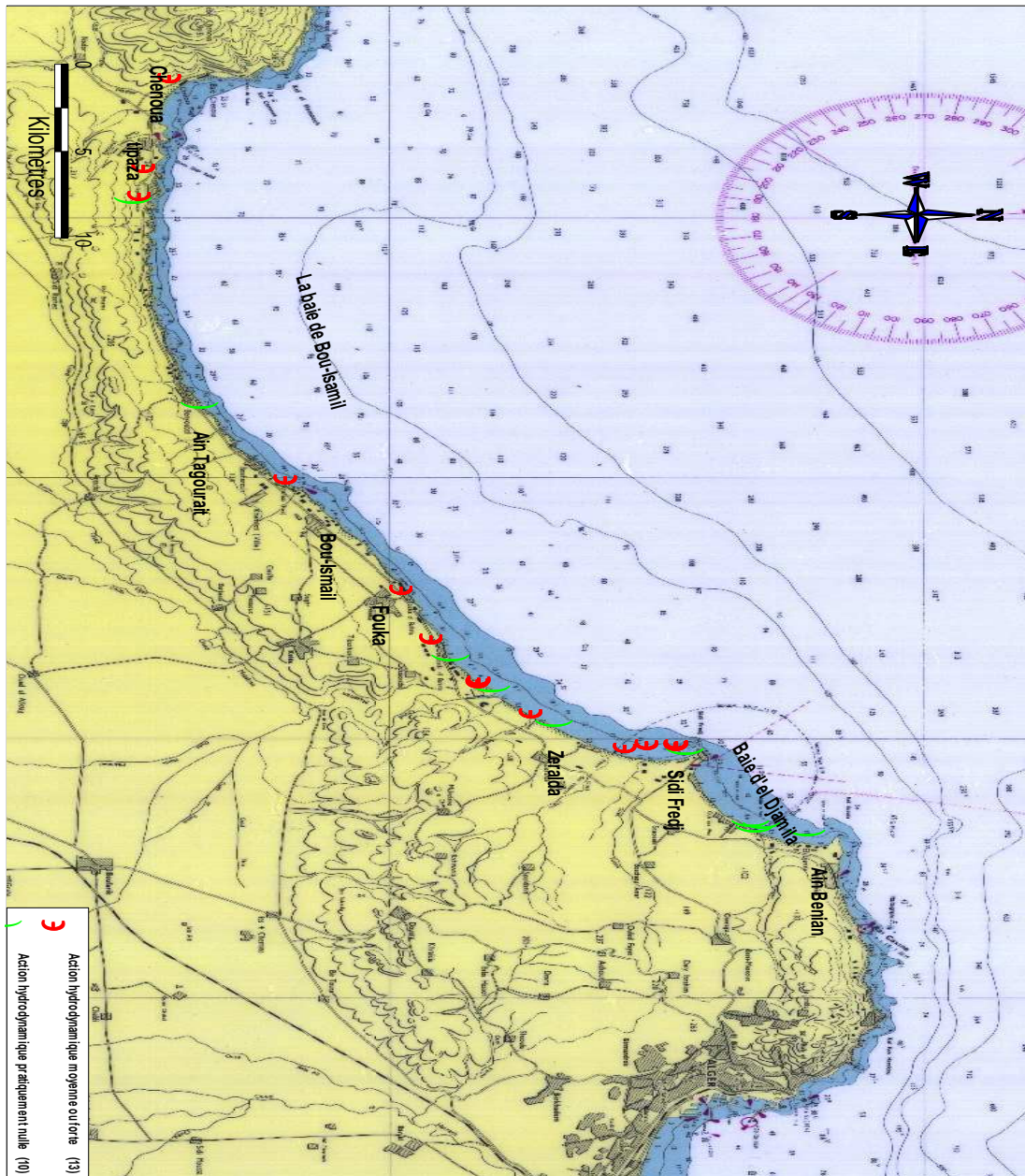


Figure 2.7 : Variation de facteur hydrodynamique.

*CONCLUSION*

## Conclusion :

Au terme de ce travail, sous le thème « Caractérisations physico-chimiques des eaux de la zone de Sidi Fredj et caractérisation granulométrique de la baie de Bou-Ismaïl », dont l'objectif était d'évaluer la qualité de l'eau. Cette dernière, étant un excellent conducteur de multiples substances, peut présenter un risque sanitaire particulièrement sur les élevages aquacoles très sensibles à la pollution marine. Les aléas climatiques engendrent aussi des risques importants concernant la ressource en eau et sa qualité.

Les données recueillies au cours de notre analyse des différents paramètres, dévoilent une certaine qualité hydrologique spécifique pour la zone d'étude, qui se résume comme suit :

- ✓ la répartition thermique est relativement stable dans la totalité des stations de prélèvement, à l'exception de SF4, qui présente une variation saisonnière vue à la baisse, due à un échantillonnage antérieur d'une période d'un mois.
- ✓ l'homogénéité des deux facteurs, potentiel hydrogène et salinité, indique que le milieu est en bon équilibre.
- ✓ concernant la teneur en oxygène, la plage Ouest de Sidi Fredj est plus oxygénée que la plage Est, car cette dernière est altérée par les rejets d'eaux usées. donc les organismes marins prolifèrent mieux dans la plage Ouest.
- ✓ Les teneurs en chlorophylle *a* et en phéopigments *a* (phéophytine *a*) sont non négligeables, avec une légère dominance dans la plage Ouest.
- ✓ Les résultats obtenus pour les sels nutritifs sont généralement conformes aux normes. A l'exception des teneurs en éléments azotés (Ammonium et Nitrate), qui sont élevées dans les deux zones de prélèvements (plage Est et Ouest) cela nous mène à dire que ces deux sites sont pollués, présente un très fort risque d'eutrophisation ce qui va engendrer un danger pour les organismes marins.

En ce qui concerne l'étude granulométrique et organique des sédiments de la baie de Bou-Ismaïl, on a noté les remarques suivantes :

## *CONCLUSION*

---

- ✓ Les pourcentages de la matière organique calculés dans le sédiment de la baie de Bou-Ismaïl dévoilent qu'elle présente des quantités plus ou moins faibles, typiques à des eaux de bonne qualité.
- ✓ La dominance des sables moyens et grossiers (200-2000micromètre), cette dominance serait liée à la topographie accidentée de la zone, aux affleurements rocheux et à l'activité intense de l'hydrodynamisme.

Pour résumer, on peut dire que les eaux de la baie de Bou-Ismaïl, peuvent être classées dans la catégorie où l'eau est polluée.

Notre travail aussi modéré soit-il, reste cependant d'une certaine valeur pour les futures études de ce site, quoi qu'insuffisant et, vue les divers obstacles qui se réfèrent au nombre de prélèvements limité, à l'échantillonnage lui-même, ainsi qu'à la calibration inadéquate.

## *BIBLIOGRAPHIE*

**A.E.E : (Agence Européenne pour l'Environnement), 1999.** Le milieu marin et littoral méditerranéen état et pression (Copenhague), 44p.

**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO, 395p.

**AMINOT ET KEROUEL., 2004.** Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. Ed. Ifremer. 336p.

**BARNABE, 1989.** L'eau : milieu de culture *in* Aquaculture. 2<sup>ème</sup> Ed. Tec et Doc, Tome 1. 565p.

**BELLAHSENE et MESSAOUDI, 2005.** Etudes bathymétriques, sédimentologie et pollution par les métaux lourds, Mémoire d'ingénieur d'état en Aménagement du littoral. ISMAL, (Alger). 51p.

**BENGHANEMI, 2006.** Morphologie et sédimentologie de la zone Est de Sidi Fredj. Mémoire d'étude universitaire appliquée (D.E.U.A). ISMAL, (Alger ). 50p.

**BENGHANEMI. I, DELMI. L, KHARFALLAH .M, et LAHLOU. A., 2006.** Morphologie et sédimentologie de la zone Est de Sidi Fredj. Mémoire d'étude universitaire appliquée (D.E.U.A). ISMAL, (Alger ). 50p.

**BOKARTAOUI et BOUTOUILI, 1989.** Baie de Bou-Ismaïl : étude des paramètres physiques et chimique approches bio sédimentaires. Mémoire d'ingénieur d'état en halieutique. ISMAL, (Alger). 92p.

**BOUDOUMAN et CHENENNOU, 2007.** Analyse des eaux côtières pour la mise en place d'un élevage aquacole capacité biotique. Mémoire d'ingénieur d'état en science de la mer, option aquaculture. ISMAL, (Alger ). 54p.

**BOUGIS, 1974.** Ecologie du plancton marin (Tome 1). Masson, (Paris). 196p.

**C.E.A.E.Q : (Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec), 2003.** Détermination de la chlorophylle *a* : méthode par fluorométrie. MA. 800 – Chlor. 1.0. Ministère de l'Environnement du Québec. 18 P.

**COPIN-MONTEGUT, 1996.** Chimie de l'eau de mer. Collection "synthèses" Institut océanographique, (Paris). 319 p.

**GAUJOUS, 1995.** La pollution des milieux aquatique : aide-mémoire. Edition Technique et Documentation Lavoisier. 220p.

**HADDOUCHE, 2003.** Etude de d'état de pollution de la baie de Bou-Ismaïl par les sels nutritifs et les métaux lourds en Juillet 2002, mémoire d'ingénieur d'état en Aménagement du littoral et protection de l'environnement, option chimie marine, ISMAL.

**HAMDOUNI et HAMMAMOUCHE, 2008.** Etudes de la qualité granulométrique et organique des sédiments pour l'installation d'une ferme aquacole. Mémoire d'études universitaires appliqués (D.E.U.A). ISMAL, (Alger). 32p.

**HAOUA et LALOUI, 2006.** Analyse corrélative des paramètres physico-chimiques indicateurs de la pollution aquatique dans la zone Est de Sidi Fredj (port et plage Est). Mémoire d'études universitaires appliquées (D.E.U.A). ISMAL, (Alger). 46p.

**JAQUES et TREGUER, 1986.** Ecosystèmes pélagiques marin. Collection d'écologie.19 Ed. Masson, (Paris). 243 p.

**LACAZE J., 1996.** L'eutrophisation des eaux marines et continentales : Causes, manipulation, conséquences et moyens de lutte. Edition Ellipse.191p.

**LECLAIRE, 1972.** La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algero-Baléares (précontinent algérien), (Paris). . 391p.

**LEFNAOUI et OUALI, 2008.** Analyse des eaux côtières de la baie de Bou-Ismaïl pour la mise en place d'une ferme aquacole. Mémoire d'ingénieur d'état en aquaculture, ISMAL (Alger).50p

**LORENZEN C.J., 1967.** Determination of clorophyll and pheopigments : spectrophotometric equations. Limnol. Oceanogr. 346p.

**MARCERON M., 1999.** Pollutions diffuses : du bassin versant au littoral. Ifremer ( Brest), 350p.

**MEDJOUJ, 2008.** Analyse des eaux côtières pour la mise en place d'un élevage aquacole au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj. Mémoire d'étude universitaires appliquées en science de la mer (D.E.U.A). ISMAL, (Alger). 40p.

**RIVIERE, 1977.** Méthode granulométrique. Technique et interprétation, (Paris). 170 p.

**RODIER, 1996.** Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8<sup>ème</sup> édition. Edition DUNOD, (Paris). 1983p.

**SAMARI N., 2008.** Qualité physico-chimique, sels nutritifs et Bactériologique dans la baie de Bou-Ismaïl et le port de Bouharoun. En vue de l'obtention de diplôme d'ingénieur d'état en science de la mer, option environnement marin. ISMAL (Alger), 109p, annexes.

**SAMSON-KECHACHA, 1981.** Variations saisonnières des matières nutritives de la baie d'Alger- Recherche des facteurs contrôlant le développement du phytoplancton. En vue de l'obtention du doctorat de troisième cycle, spécialité océanographie, option : biologie. USTHB/CROP (Alger). 98p.

**SCHWARTZ, 1983.** Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes. 290p.

**TALEB R., 1970.** Facteurs de répartition verticale du phytoplancton au large d'Alger. Pour l'obtention du doctorat de troisième cycle, spécialité océanographie biologique. USTHB (Alger), 194p.

**VOLLENWEIDER R. A., RINALDI A., VIVIANI R. et TODINI E., 1996.** Evaluation de l'état de l'eutrophisation en mer méditerranée. MAP Technical Reports Série N° 106 (Athènes). 240p.

# *ANNEXES*

*LISTE DES ANNEXES*

## *LISTE DES ANNEXES*

---

**ANNEXE 1** : Saturation en oxygène dissous exprimé en milligramme par litre.

**ANNEXE 2** : Les normes utilisées pour l'estimation de la qualité de l'eau superficielle et souterraine en fonction d'un certain nombre de paramètres.

**ANNEXE 3** : Les résultats finales de l'analyse de l'eau de la plage Est et Ouest de Sidi Fredj Mai/2009,

**ANNEXE 4** : Les résultats finales d'analyse granulométriques et organiques des sédiments de la baie de Bou-Ismaïl Mai/2009.

**ANNEXE 5** : Les différentes courbe cumulatifs et histogrammes de fréquences.

**ANNEXE 6** : Les protocoles de dosage des sels nutritifs

## ANNEXE 1

### ANNEXE 1 : Saturation en oxygène dissous exprimé en milligramme par litre.

t °C	Salinité PSS78																				
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
0	14,62	14,42	14,22	14,02	13,83	13,63	13,44	13,26	13,07	12,89	12,71	12,54	12,36	12,19	12,02	11,85	11,69	11,53	11,37	11,21	11,05
1	14,22	14,02	13,83	13,64	13,45	13,26	13,08	12,90	12,72	12,55	12,38	12,21	12,04	11,87	11,71	11,55	11,39	11,23	11,08	10,93	10,77
2	13,83	13,64	13,46	13,27	13,09	12,91	12,74	12,56	12,39	12,22	12,06	11,89	11,73	11,57	11,41	11,26	11,10	10,95	10,80	10,65	10,51
3	13,46	13,28	13,10	12,92	12,75	12,58	12,41	12,24	12,07	11,91	11,75	11,59	11,43	11,28	11,13	10,98	10,83	10,68	10,54	10,39	10,25
4	13,11	12,93	12,76	12,59	12,42	12,25	12,09	11,93	11,77	11,61	11,46	11,30	11,15	11,00	10,85	10,71	10,56	10,42	10,28	10,15	10,01
5	12,77	12,60	12,43	12,27	12,11	11,95	11,79	11,63	11,48	11,32	11,17	11,03	10,88	10,73	10,59	10,45	10,31	10,18	10,04	9,91	9,78
6	12,45	12,28	12,12	11,96	11,81	11,65	11,50	11,35	11,20	11,05	10,90	10,76	10,62	10,48	10,34	10,21	10,07	9,94	9,81	9,68	9,55
7	12,14	11,98	11,82	11,67	11,52	11,37	11,22	11,07	10,93	10,79	10,65	10,51	10,37	10,23	10,10	9,97	9,84	9,71	9,58	9,46	9,34
8	11,84	11,69	11,54	11,39	11,24	11,10	10,95	10,81	10,67	10,53	10,40	10,26	10,13	10,00	9,87	9,74	9,62	9,49	9,37	9,25	9,13
9	11,56	11,41	11,27	11,12	10,98	10,84	10,70	10,56	10,43	10,29	10,16	10,03	9,90	9,78	9,65	9,53	9,40	9,28	9,16	9,05	8,93
10	11,29	11,14	11,00	10,86	10,73	10,59	10,45	10,32	10,19	10,06	9,93	9,81	9,68	9,56	9,44	9,32	9,20	9,08	8,97	8,85	8,74
11	11,03	10,89	10,75	10,62	10,48	10,35	10,22	10,09	9,96	9,84	9,71	9,59	9,47	9,35	9,23	9,12	9,00	8,89	8,78	8,67	8,56
12	10,78	10,64	10,51	10,38	10,25	10,12	9,99	9,87	9,75	9,62	9,50	9,38	9,27	9,15	9,04	8,92	8,81	8,70	8,59	8,49	8,38
13	10,54	10,41	10,28	10,15	10,02	9,90	9,78	9,66	9,54	9,42	9,30	9,19	9,07	8,96	8,85	8,74	8,63	8,52	8,42	8,31	8,21
14	10,31	10,18	10,05	9,93	9,81	9,69	9,57	9,45	9,33	9,22	9,11	8,99	8,88	8,77	8,67	8,56	8,46	8,35	8,25	8,15	8,05
15	10,08	9,96	9,84	9,72	9,60	9,48	9,37	9,25	9,14	9,03	8,92	8,81	8,70	8,60	8,49	8,39	8,29	8,19	8,09	7,99	7,89
16	9,87	9,75	9,63	9,52	9,40	9,29	9,18	9,06	8,95	8,85	8,74	8,63	8,53	8,43	8,32	8,22	8,12	8,03	7,93	7,83	7,74
17	9,66	9,55	9,43	9,32	9,21	9,10	8,99	8,88	8,77	8,67	8,57	8,46	8,36	8,26	8,16	8,06	7,97	7,87	7,78	7,68	7,59
18	9,47	9,35	9,24	9,13	9,02	8,92	8,81	8,71	8,60	8,50	8,40	8,30	8,20	8,10	8,00	7,91	7,82	7,72	7,63	7,54	7,45
19	9,28	9,17	9,06	8,95	8,85	8,74	8,64	8,54	8,43	8,33	8,24	8,14	8,04	7,95	7,85	7,76	7,67	7,58	7,49	7,40	7,31
20	9,09	8,99	8,88	8,78	8,67	8,57	8,47	8,37	8,27	8,18	8,08	7,99	7,89	7,80	7,71	7,62	7,53	7,44	7,35	7,27	7,18
21	8,92	8,81	8,71	8,61	8,51	8,41	8,31	8,21	8,12	8,02	7,93	7,84	7,75	7,66	7,57	7,48	7,39	7,31	7,22	7,14	7,05
22	8,74	8,64	8,54	8,44	8,35	8,25	8,15	8,06	7,97	7,88	7,78	7,69	7,61	7,52	7,43	7,34	7,26	7,18	7,09	7,01	6,93
23	8,58	8,48	8,38	8,29	8,19	8,10	8,00	7,91	7,82	7,73	7,64	7,56	7,47	7,38	7,30	7,21	7,13	7,05	6,97	6,89	6,81
24	8,42	8,32	8,23	8,13	8,04	7,95	7,86	7,77	7,68	7,59	7,51	7,42	7,34	7,25	7,17	7,09	7,01	6,93	6,85	6,77	6,69
25	8,26	8,17	8,08	7,99	7,90	7,81	7,72	7,63	7,54	7,46	7,38	7,29	7,21	7,13	7,05	6,97	6,89	6,81	6,73	6,66	6,58
26	8,11	8,02	7,93	7,84	7,76	7,67	7,58	7,50	7,41	7,33	7,25	7,17	7,09	7,01	6,93	6,85	6,77	6,70	6,62	6,55	6,47
27	7,97	7,88	7,79	7,70	7,62	7,53	7,45	7,37	7,28	7,20	7,12	7,04	6,97	6,89	6,81	6,73	6,66	6,59	6,51	6,44	6,37
28	7,83	7,74	7,66	7,57	7,49	7,40	7,32	7,24	7,16	7,08	7,00	6,93	6,85	6,77	6,70	6,62	6,55	6,48	6,41	6,33	6,26
29	7,69	7,61	7,52	7,44	7,36	7,28	7,20	7,12	7,04	6,96	6,89	6,81	6,74	6,66	6,59	6,52	6,44	6,37	6,30	6,23	6,16
30	7,56	7,48	7,39	7,31	7,23	7,15	7,08	7,00	6,92	6,85	6,77	6,70	6,63	6,55	6,48	6,41	6,34	6,27	6,20	6,13	6,07
31	7,43	7,35	7,27	7,19	7,11	7,04	6,96	6,88	6,81	6,73	6,66	6,59	6,52	6,45	6,38	6,31	6,24	6,17	6,10	6,04	5,97
32	7,30	7,23	7,15	7,07	6,99	6,92	6,84	6,77	6,70	6,63	6,55	6,48	6,41	6,34	6,28	6,21	6,14	6,08	6,01	5,94	5,88
33	7,18	7,11	7,03	6,95	6,88	6,81	6,73	6,66	6,59	6,52	6,45	6,38	6,31	6,24	6,18	6,11	6,05	5,98	5,92	5,85	5,79
34	7,06	6,99	6,92	6,84	6,77	6,70	6,63	6,55	6,48	6,42	6,35	6,28	6,21	6,15	6,08	6,02	5,95	5,89	5,83	5,76	5,70
35	6,95	6,88	6,80	6,73	6,66	6,59	6,52	6,45	6,38	6,31	6,25	6,18	6,12	6,05	5,99	5,92	5,86	5,80	5,74	5,68	5,62

## ANNEXE 2

### ANNEXE 2 : Les normes utilisées pour l'estimation de la qualité de l'eau superficielle et souterraine en fonction d'un certain nombre de paramètres.

Les eaux sont classées en quatre catégories de qualité :

**Catégorie 1** : Eau de bonne qualité, utilisable sans exigence particulière.

**Catégorie 2** : Eau de qualité moyenne, utilisable après traitement simple.

**Catégorie 3** : Eau polluée, ne peut être utilisée qu'après un traitement très poussé.

**Catégorie 4** : Eau très polluée, ne peut être utilisée qu'après un traitement spécifique et onéreux.

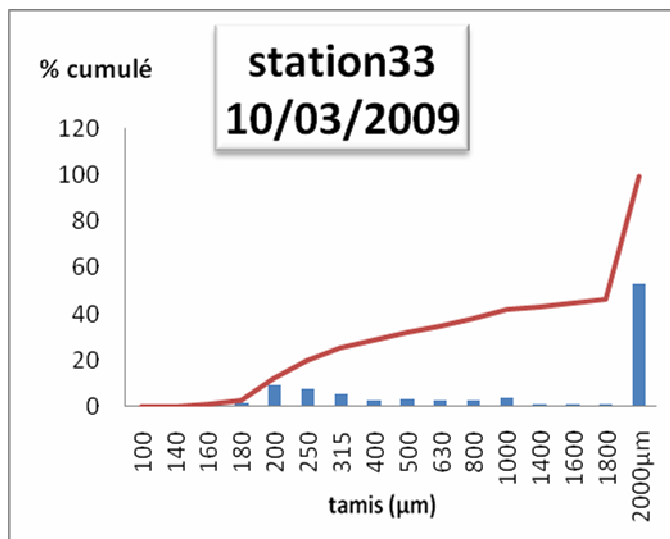
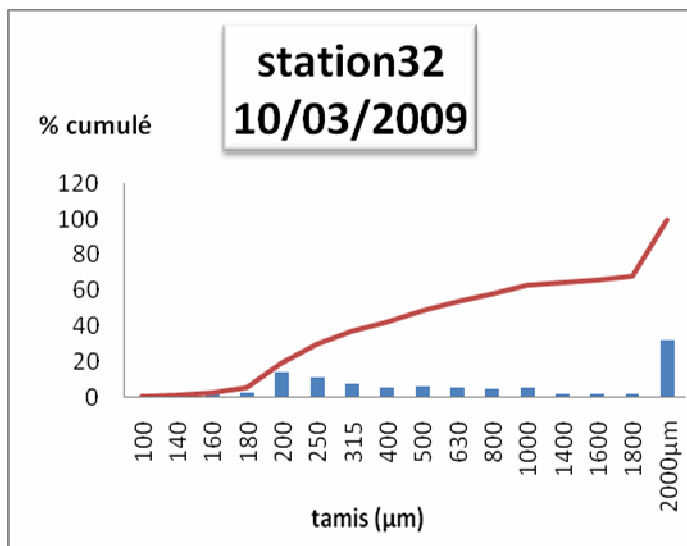
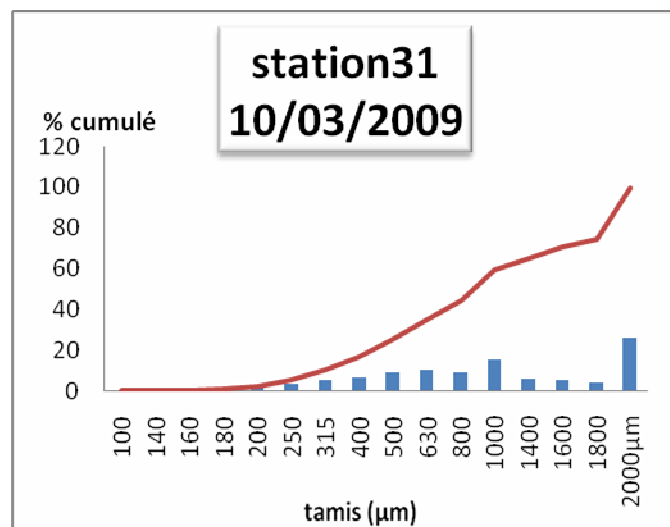
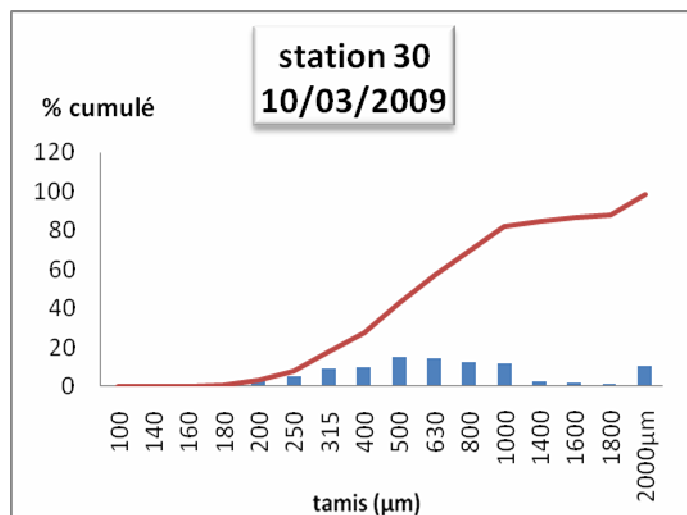
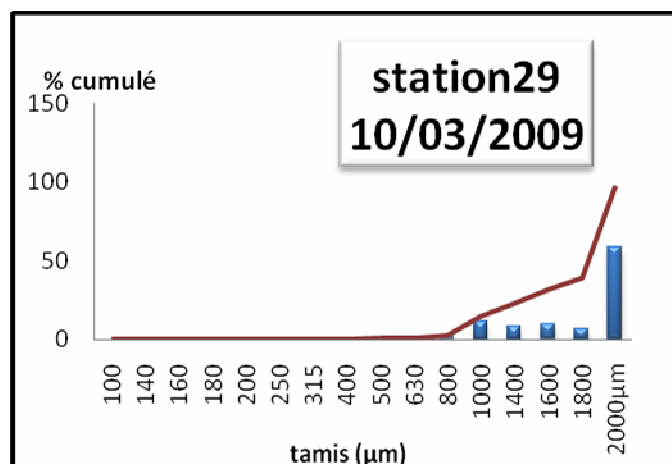
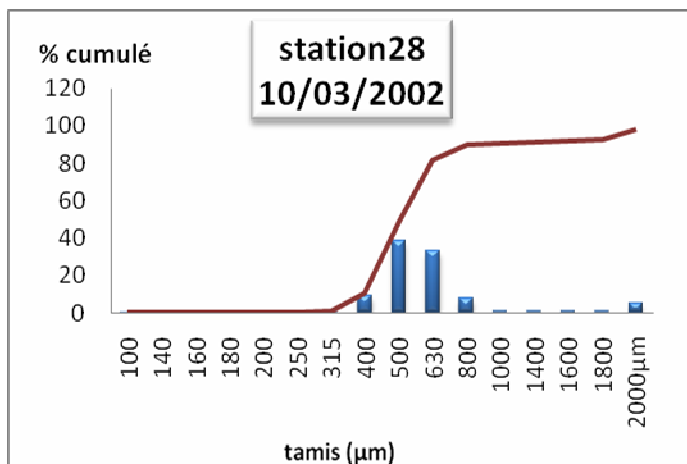
Paramètres	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4
<b>O<sub>2</sub> dissous</b>	>100	100-50	50-30	< 30
<b>DBO<sub>5</sub> mg/l</b>	5	4-10	10-15	>15
<b>DCO mg/l</b>	20	20-40	40-50	>50
<b>MO</b>	5	5-10	10-15	>15
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> mg/l</b>	0-0,1	0,01-0,1	0,1-3	>3
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup> mg/l</b>	0-0,01	0,01-0,1	0,1-3	>3
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> mg/l</b>	0-10	10-20	20-40	>40
<b>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> mg/l</b>	0-0,01	0,01-0,1	0,1-3	>3
<b>pH</b>	6,5-8,5	6,5-8,5	< 6,5>-8,5	< 5,5>-8,5
<b>MES mg/l</b>	0-30	30-75	75-100	>100
<b>T °C</b>	25	25-30	30-35	>35
<b>Odeur, goût</b>	sans	sans	sans	Sans

ANNEXE 3

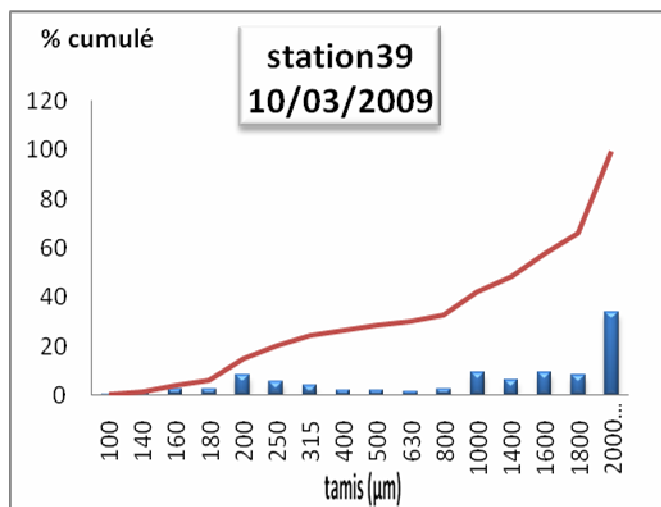
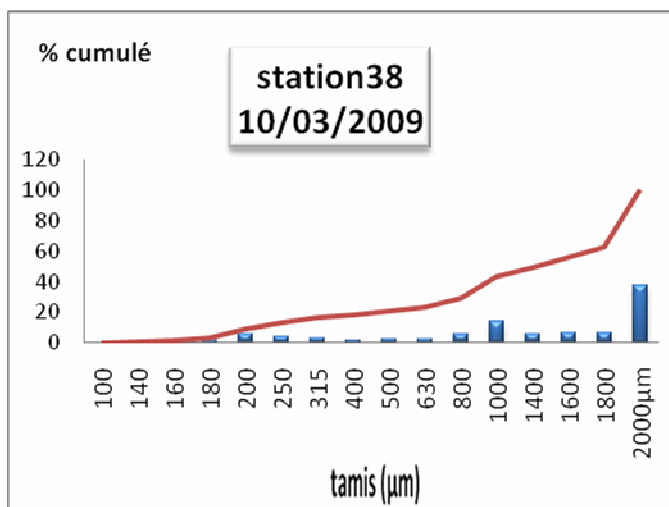
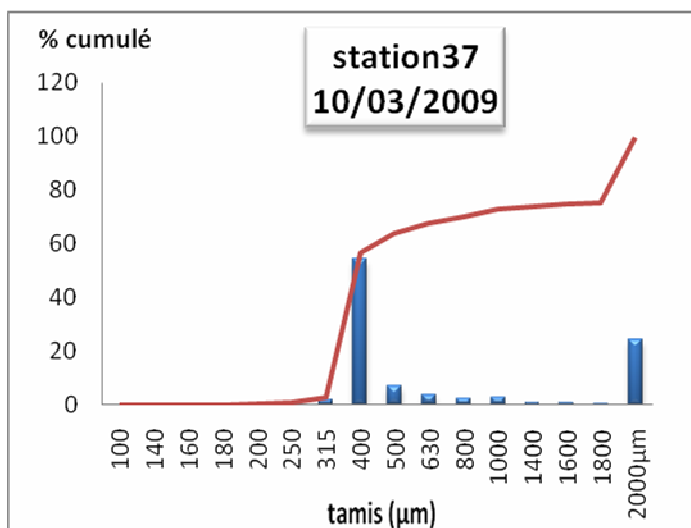
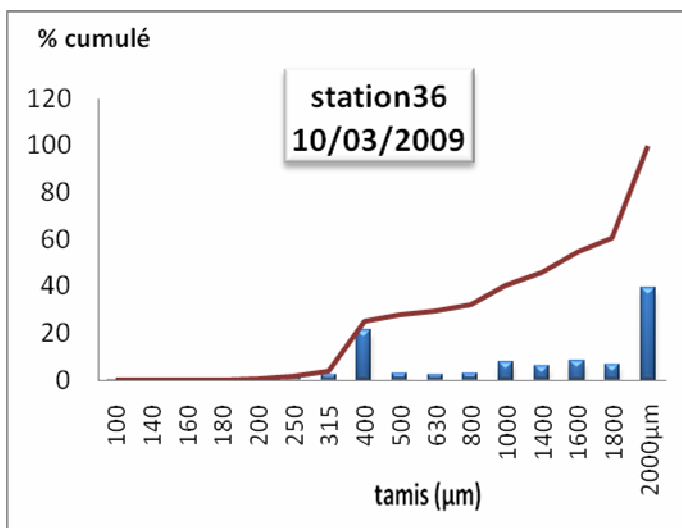
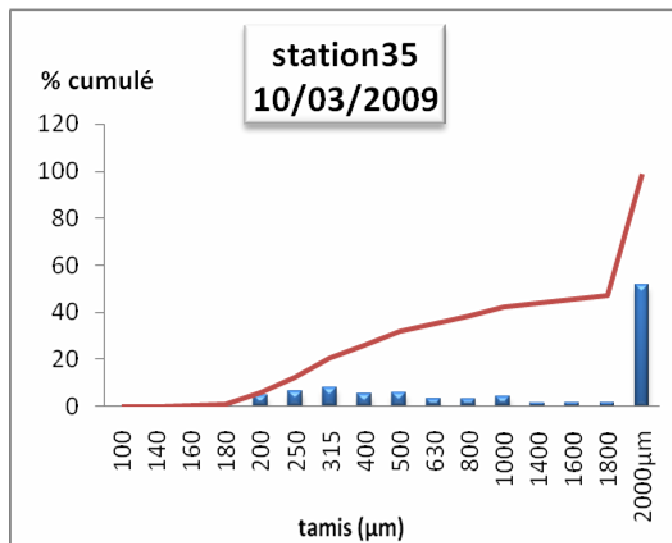
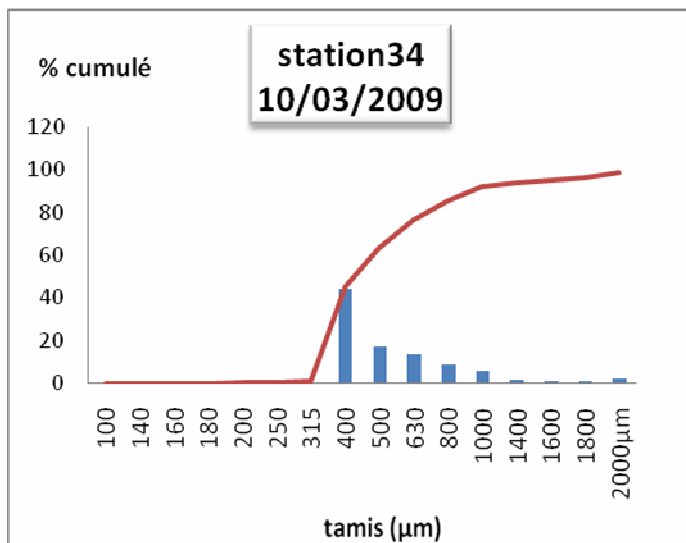
**ANNEXE 3** : Les résultats finales de l'analyse de l'eau de la plage Est et Ouest de Sidi Fredj Mai/2009, (Zanoun, Mai/2009)

Date	Lieu	N°	Latitude	Longitude	T °C	S ‰	pH	O2 (mg/l)	O2 (%)	[NO2] (mg/l)	[NO3] (mg/l)	[NH4+] (mg/l)	[Si(OH)4] (mg/l)	[PO4] (mg/l)	[CHL] (µg/l)	[phea] (µg/l)
04/05/09	Port de Sidi Fredj (emplacement Ibtacim)	1	36° 45'.852	2°50'.920	18,4	36,5	8,05	6,83	89,51	0,476	0,818	1,586	20,384	00	4,432	35,899
04/05/09	Extrême EST de la plage de Sidi Fredj	2	36°45'.595	2°51'.216	20,05	36,4	8,16	7,56	100	0,465	0,657	3,803	19,544	00	4,432	51,411
04/05/09	Est de la plage de Sidi Fredj	3	36°45'.622	2°51'.086	21,4	36,6	8,14	5,17	70	0,508	1,535	3,943	20,384	00	53,184	0
04/05/09	Est de la plage de Sidi Fredj	4	36°45'.630	2°51'.027	19,8	36,1	8,16	8,6	117	0,465	8,595	2,566	24,584	00	0	40,331
04/05/09	Est de la plage de Sidi Fredj	5	36°45'.660	2°50'.938	19,4	36	8,15	7,66	102	0,625	12,339	2,916	32,424	00	4,432	48,308
04/05/09	Est de la plage de Sidi Fredj	6	36°45'.760	2°50'.880	21,7	36,6	8,09	6,85	94,85	0,465	3,482	1,633	28,784	00	8,864	53,184
04/05/09	Extrême Ouest de la plage de Sidi Fredj	7	36°45'.267	2°50'.707	19	36,4	8,26	5,94	79,3	0,454	0,754	3,71	20,104	00	8,64	62,492
04/05/09	Ouest de la plage de Sidi Fredj	8	36°45'.312	2°50'.700	21,1	36,2	8,29	8,25	114	0,443	2,08	4,036	33,264	00	8,864	86,616
04/05/09	Ouest de la plage de Sidi Fredj	9	36°45'.371	2°50'.680	20,1	36,1	8,23	7,49	101	0,476	4,562	1,073	29,904	00	4,432	66,923
04/05/09	Ouest de la plage de Sidi Fredj	10	36°45'.466	2°50'.619	21,2	36,1	8,23	7,95	96,26	0,497	9,109	6,883	30,744	00	4,432	51,4112
04/05/09	Ouest de la plage de Sidi Fredj	11	36°45'.521	2°50'.565	19,5	36	8,28	7,83	104	0,443	0,957	3,336	31,864	00	4,432	42,104
04/05/09	Ouest de la plage de Sidi Fredj	12	36°45'.579	2°50'.516	19,8	36,4	8,71	14,7	200	0,476	0,764	2,1	38,304	00	8,864	59,388
14/04/09	Ouest de la plage de Sidi Fredj	SF 4	36°45'.571	2°50'.533	15, 87	35,5	8,23	5,17	66	0,561	1,898	3,103	9,464	00	79,779	0

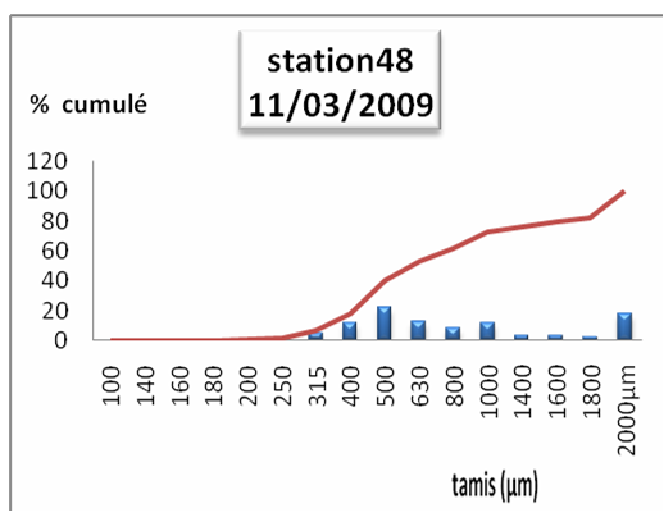
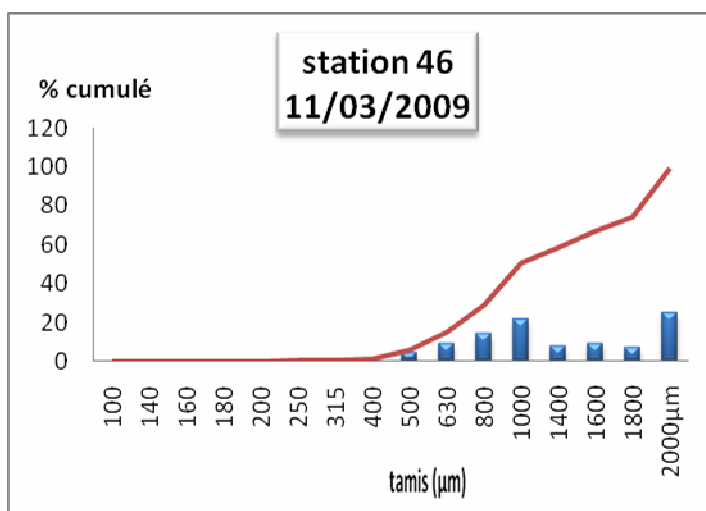
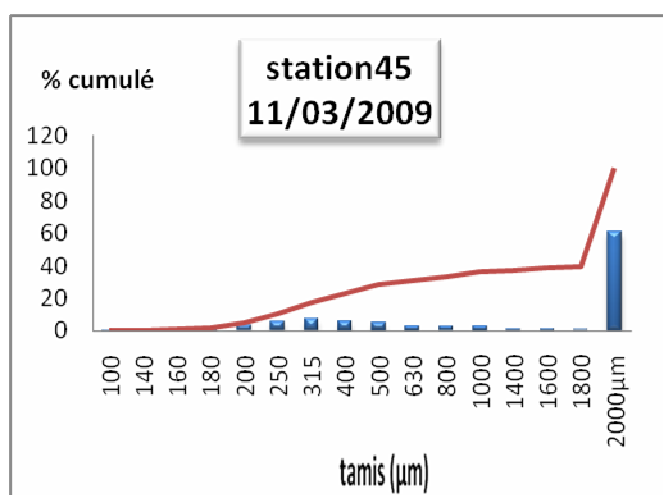
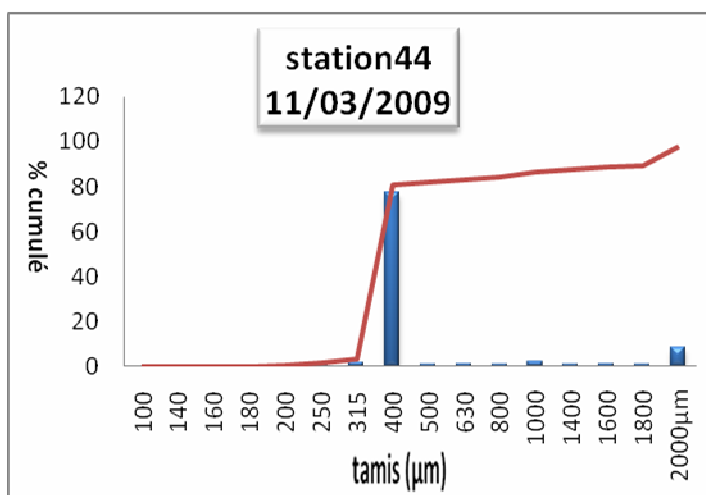
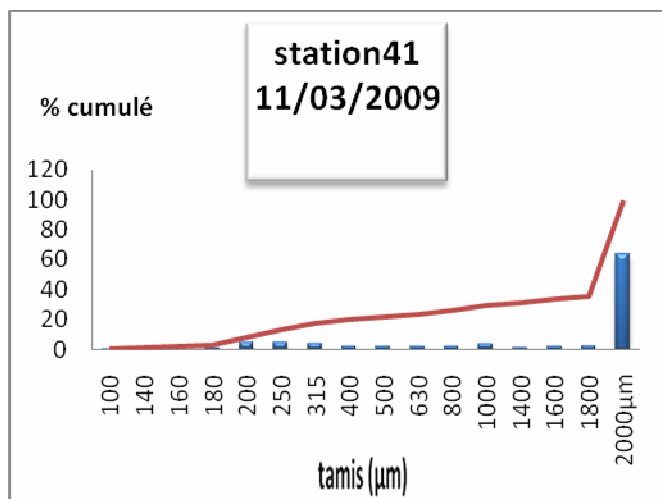
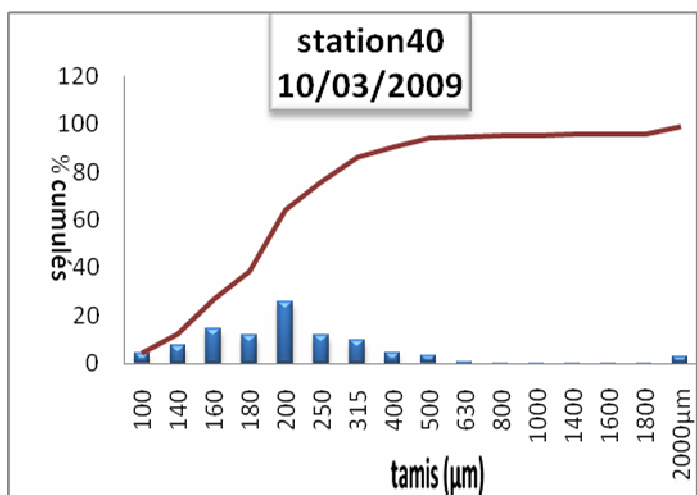
## ANNEXE 5 : Courbes cumulatives et histogrammes des fréquences.



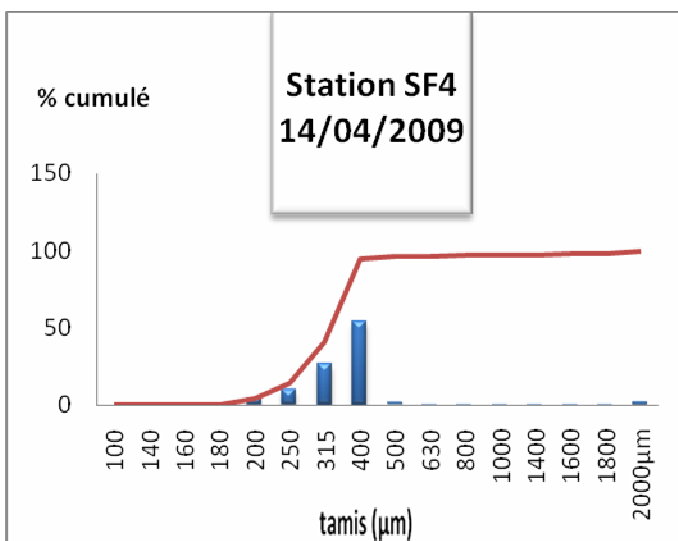
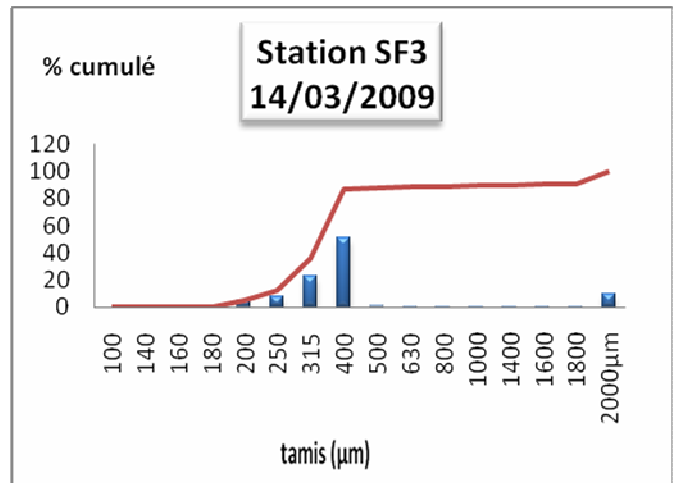
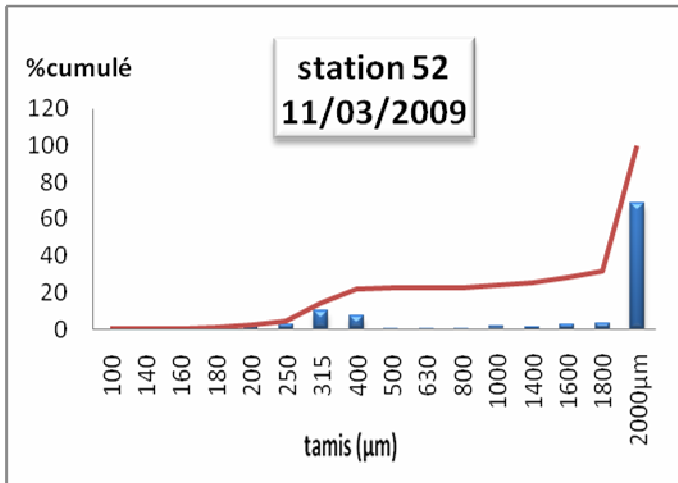
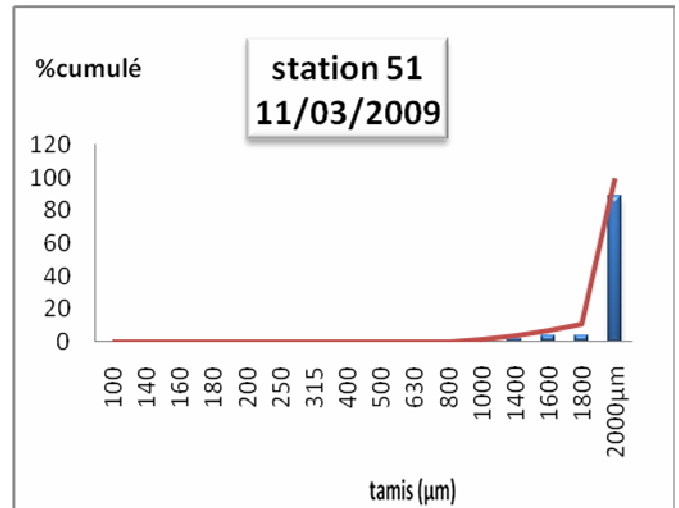
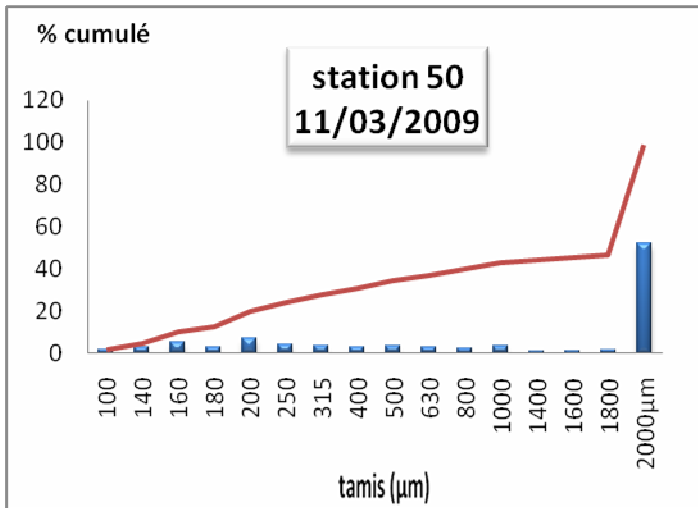
ANNEXE 5



ANNEXE 5



ANNEXE 5



## ANNEXE 6 : protocoles de dosage des sels nutritifs

- Protocole de dosage de l'azote ammoniacal, (AMINOT et CHASSEPIED, 1983)

Réactifs	Réactif 1 : Solution de phénol- nitroprussiate	Solution alcaline complexante :	Réactif 2 : Solution alcaline au chlore	Solution étalon primaire d'ammonium	Solution étalon secondaire d'ammonium
-Citrates trisodique - Dichloroisocyanurate -Nitroprussiate -Phénol -Soude -Sulfate d'ammonium	-65g de phénol dans 80ml d'eau distillée -ajouter 1.5g de Nitroprussiate de sodium et de compléter à 1000ml -Ce réactif doit être conservé au réfrigérateur et à l'abri de la lumière ; il n'est pas stable que quelques semaines et doit être renouvelé s'il prend une teinte verdâtre.	-375g de citrates trisodique et 30g de soude dans 800ml d'eau distillée -compléter à 1000ml -Cette solution est stable plusieurs mois à température ambiante dans un flacon en plastique	-A la solution complexante, on ajoute 8g de Dichloroisocyanurate de sodium par litre -Conservée au réfrigérateur, cette solution n'est utilisable qu'une semaine	-Sécher 1 heure à 105°C du sulfate d'ammonium de pureté analytique et en dissoudre 0.661g -1000ml d'eau distillée -1 ml de solution étalon contient 10 micromole d'ammonium -Cette solution est stable une année à température ambiante et à l'abri de la lumière	-Diluer 20 fois la solution étalon primaire de sulfate d'ammonium, soit 50ml de la solution mère dans 1000ml d'eau distillée -1ml de la solution secondaire contient 0.5 micromole d'ammonium -Cette solution est stable une journée

## ANNEXE 5

### Protocole de dosage des nitrites (AMINOT, 1983)

Réactifs	Réactif 1 : Solution de sulfanilamide	Réactif 2 : Solution de N-(1-naphtyl)-éthylène diamine	Solution étalon primaire de nitrite	Solution étalon secondaire de nitrite
-Acide chlorhydrique - Dichlorohydrate de N-(1-naphtyl)-éthylène diamine -Nitrite de sodium -Sulfanilamide	-100ml d'acide chlorhydrique concentré dans 500 ml d'eau distillée -Dissoudre 10 g de sulfanilamide dans cette solution -Compléter à 1l avec de l'eau distillée -Cette solution est stable plusieurs mois à l'abri de la lumière	-Dissoudre 1 g de Ddichlorohydrate de N-(1-naphtyl)-éthylène diamine dans 1l d'eau distillée. -Conserver cette solution au froid et à l'abri de la lumière .La renouveler tous les mois ou dès qu'il s'y développe une coloration brune.	-Sécher à 100°C pendant 1 heure du nitrite de sodium -0.345g dans de l'eau distillée -Compléter à 1 litre -1ml contient 5 micromoles de nitrite -Conserver à l'abri de la lumière et à température ambiante, cette solution est stable plusieurs mois	-Diluer 100 fois la solution étalon primaire pour obtenir la solution secondaire soit 1 ml d'étalon -primaire dans 100ml d'eau distillée -1ml contient 0.05 micro mole/l de N-NO-2 -Cette solution doit être préparée extemporanément : elle ne se conserve que quelques heures

## Protocole de dosage des nitrates

Préparation de la colonne réductrice de Cadmium	L'entretien de la colonne :
<p>-Le grain de Cadmium utilisé est d'environ 0.5à 2mm de diamètre, la préparation est réalisée comme suite :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-Laver le cadmium avec de l'acide chlorhydrique 2 mol/l puis rincer à l'eau distillée</li><li>-laver directement avec de l'acide nitrique 0.3mol/l puis passer à l'eau distillée</li><li>-Laver une deuxième fois à l'aide de l'acide chlorhydrique 2 mol/l pour éliminer le nitrate résiduel puis rincer abondamment à l'eau distillée</li><li>-Vider au maximum la colonne sans la laisser à l'air libre et ajouter sans attendre la solution du sulfate de cuivre et laisser en contact plusieurs minutes</li><li>-Laver abondamment la colonne avec de l'eau déminéralisée</li><li>-Laver avec la solution tampon et laisser la colonne en milieu tampon pendant 24-48 heures</li><li>-L'activation du réducteur est réalisée par le passage sur la colonne, de 500ml de solution tampon à laquelle avant rajouté 10ml d'étalon de nitrite à 5000micromole / litre</li><li>-Puis rinçage de la colonne impérativement avec la solution tampon.</li></ul>	<p>-Avant chaque série d'analyse qui dépasse une heure, réactiver la colonne avec 250ml de tampon dopé à 100 micromole/litre de nitrate et rincer la colonne avec la solution tampon et la conserver dans son milieu</p>

## ANNEXE 5

### -Protocole de dosage des orthophosphates (AMINOT et CHAUSSEPIED ,1983)

Réactifs	Réactif 1 : Solution d'acide ascorbique	Réactif 2 : Solution acide de molybdène et d'antimoine	Solution de thiosulfate	Solution étalon concentrée de phosphate à 5000 micromole/l	Solution de phosphate diluée à 50 micro mole /l
<p>-Acide ascorbique</p> <p>-Acide sulfurique</p> <p>- Dihydrogénophosphat e de potassium anhydre</p> <p>-Heptamolybdate d'ammonium d'antimoine</p> <p>-Thiosulfate</p> <p>-Acide sulfurique 2.9 mol/l</p> <p>-Ajouter 160ml d'acide sulfurique (1.84kg/l, 98.2g/mol,18mol/l) dans 840ml d'eau distillée</p> <p>-Cette solution se conserve indéfiniment</p>	<p>-Dissoudre 5g d'acide ascorbique dans 100ml d'acide sulfurique 2.9mol/l</p> <p>-Cette solution est stable quelques semaines au réfrigérateu r</p>	<p>-Dissoudre 13g de molybdène d'ammoniu m dans 450ml d'acide sulfurique 2.9mol/l</p> <p>-Dissoudre 0.3gt d'Oxytartrat e d'antimoine dans 50ml d'eau distillée et l'ajouter à la solution de molybdène d'ammoniu m</p> <p>-Cette solution est stable quelques mois à température ambiante.</p>	<p>-Cette solution n'est à préparer que si l'interférenc e de l'arséniat e doit être éliminée.</p> <p>-Dissoudre 2.4g de thiosulfate dans 100ml d'eau distillée</p> <p>-Conserver cette solution en flacon de verre au réfrigérateur et la renouveler toutes les deux semaines.</p>	<p>-Sécher du Dihydrogénophosphat e de potassium à 105°C pendant une heure</p> <p>-Dissoudre 0.6805g pour 1000ml d'eau distillée</p> <p>-Transférer la solution dans un flacon en verre ou en plastique</p> <p>-1ml contient 0.05micromole de phosphate</p> <p>-Cette solution se conserve plus d'un an à température ambiante et à l'abri de la lumière.</p>	<p>Diluer 100 fois la solution étalon concentrée , soit 1 ml de la solution mère dans 100ml d'eau distillée</p> <p>-1 ml contient 0.05 micromole de phosphate</p> <p>-Cette solution se conserve quelques jours au réfrigérateur .</p>

## ANNEXE 5

### -Protocole de dosage des silicates (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983)

Réactifs	Réactif1 : Solution acide de molybdate	Réactif2 : Solution d'acide oxalique	Réactif3 : Solution d'acide ascorbique	Solution étalon de silicate à 5000micromole/l	
-Acide ascorbique -Acide oxalique dihydraté -Acide sulfurique - Heptamolybdate d'ammonium tétra hydraté - Hexafluorosilicate de sodium anhydre -Acide sulfurique à 4.5mol/l- Ajouter 250 ml d'acide sulfurique (1.84kg/l ; 98.2g/mol ; 18mol/l) dans 750ml d'eau distillée -Cette solution se conserve indéfiniment en flacon en plastique	-Dissoudre 60g de molybdate d'ammonium dans 400ml d'eau distillée -Ajouter lentement la totalité de la solution de molybdate à 200ml d'acide sulfurique 4.5mol/ l (ne pas diluer dans la solution de molybdate) -Cette solution est stable plusieurs mois à température ambiante dans un flacon en plastique et à l'abri de la lumière.	-Dissoudre 10g d'acide oxalique dans 100ml d'eau distillée -Cette solution est stable indéfiniment à température ambiante et se conserve dans un lacon en plastique	Ajouter 2.8g d'acide ascorbique dans 100ml d'eau distillée, laisser décanter et prendre le surnageant. -Cette solution se conserve au réfrigérateur plusieurs semaines.	-Sécher l'Hexafluorosilicate de sodium à 105°C pendant une heure -Dissoudre 0.9403g d'Hexafluorosilicate dans 1l d'eau -1ml contient 5mol/l de silicate -Cette solution se conserve plusieurs années à température ambiante et à l'abri de la lumière	