

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و 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
DIPLOME D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER**

OPTION : Environnement Marin et Côtier

Thème :

*Les paramètres physico-chimiques dans l'eau de mer et les
sédiments dans le port de Sidi-Fredj*

Réalisé par :

- KHETTOU Mohammed El-Amine
- BELALA Souheib

Soutenu le 03/11/2021 à 10 :00 h devant le jury suivant :

Mr. LOURGUIOUI Hichem	M.C - ENSSMAL	Président
Mr. DRICHE Mohamed	M.C - ENSSMAL	Promoteur
Mme. KERAGHEL Mehdi	M.A - ENSSMAL	Examinatrice
Mr. ZERROUKI Mohamed	M.A - ENSSMAL	Examinateur

Année universitaire : 2020-2021

REMERCIEMENTS

Avant toute chose, nous tenons à remercier Dieu le tout puissant qui nous a donné la force et le courage pour achever ce travail.

Tout d'abord, on a le plaisir de remercier tous les enseignants qui ont contribué à notre formation d'écoles primaire jusqu'à ce jour.

*Nous tenons tout particulièrement à remercier vivement Monsieur **LOURGUIOUI Hichem** qui nous a fait l'honneur de présider ce jury.*

*Nous remercions notre Promoteur Monsieur **DRICHE Mohamed** pour tous ses conseils et ses orientations, tout au long de la réalisation de ce projet malgré cette période si difficile de la pandémie covid-19.*

*Nous exprimons également toute notre gratitude aux Mme **KERAGHEL Mehdi**a et Monsieur **ZERROUKI Mohamed** pour avoir bien accepté d'examiner ce travail.*

Dédicace

Nous dédions ce travail à :

Nos parents,

Nos frères et

A tous Nos amis

Haroun, Lamouchi, Said, Hichem, Khalil, Issam, Djalil,

Charaf, Sofiane, Hakim

Sommaire

Introduction

Chapitre I : Généralités

I.1) Les paramètres physico-chimiques

I.1.1) La température.....	3
I.1.2) L'oxygène dissous.....	3
I.1.3) La salinité.....	4
I.1.4) Le potentiel d'hydrogène.....	4
I.1.5) La turbidité.....	5
I.1.6) La conductivité.....	5
I.1.7) La matière en suspension.....	5
I.1.8) La Matière organique.....	5

I.2) Les sédiments marins

I.2.1) Définition et origine des sédiments.....	6
I.2.2) Composition structurale.....	6
I.2.3) Composition organique.....	7

I.3) Les sédiments dans le milieu naturel.....7

I.3.1) Interactions minéralo-organiques.....	7
I.3.2) La contamination du sédiment.....	8

I.4) Définition de la pollution de l'eau de mer.....8

I.4.1) Classification de la pollution selon la source et la nature.....8

I.4.1.1) Selon la Source de pollution.....	9
I.4.1.1.1) Pollution urbaine.....	9
I.4.1.1.2) Pollution industrielle.....	9
I.4.1.1.3) Pollution agricole.....	9
I.4.1.2) Classification selon la nature.....	9
I.4.1.2.1) La pollution physique.....	9
I.4.1.2.1.1) Pollution mécanique.....	10
I.4.1.2.1.2) Pollution thermique.....	10
I.4.1.2.1.3) Pollution nucléaire.....	10
I.4.1.2.2) Pollution biologique.....	11
I.4.1.2.3) Pollution chimique.....	11
I.4.1.2.3.1) La pollution par les sels nutritifs.....	11
a) Définition des sels nutritifs.....	11

b) Les différentes origines des sels nutritifs dans l'océan.....	12
c) Les différentes formes des sels nutritifs.....	12
d) Dangers liés à la pollution par les sels nutritifs.....	13

Chapitre II : La zone d'étude

II.1) présentation de la zone d'étude.....	15
II.1.1) Historique.....	15
II.1.2) Description de la zone d'étude (port de Sidi Fredj).....	15
II.1.3) Localisation géographique du port de Sidi Fredj.....	18
II.2) Etude de l'état initial du port.....	18
II.2.1) La géomorphologie de la zone d'étude.....	18
II.2.2) Aspect hydro-climatique.....	19
II.3) Source de pollution du port.....	20

Chapitre III : Matériels et méthodes

III) Matériels et méthodes.....	21
III.1) Choix et localisation des stations.....	21
III.2) Les travaux en mer.....	22
III.2.1) Le matériel utilisé lors de la sortie en mer.....	22
III.2.2) Prélèvement d'eau de mer.....	22
III.2.3) Prélèvement des sédiments.....	22
III.2.4) Mesures in-situ.....	23
III.2.4.1) Température.....	23
III.2.4.2) Salinité et conductivité.....	23
III.2.4.3) Oxygène dessous.....	23
III.2.4.4) Le potentiel d'hydrogène.....	23
III.3) L'analyse au laboratoire.....	23
III.3.1) La matière en suspension (MES).....	23
III.3.1.1) Principe de la méthode.....	23
III.3.1.2) Matériels utilisés.....	24
III.3.1.3) Mode opératoire.....	24
a) Préparation des filtres au laboratoire.....	24
b) filtration de l'eau de mer.....	24
c) séchage et pesée des filtres.....	24

III.3.2) La matière organique dans l'eau de mer.....	25
III.3.2.1) Principe de la méthode.....	25
III.3.2.2) Matériels utilisés.....	25
III.3.2.3) Mode opératoire.....	25
III.3.3) Le taux de la matière organique dans le sédiment.....	26
III.3.3.1) Mode opératoire.....	26
III.3.4) Turbidité.....	26
III.3.4.1) Matériels utilisés.....	26
III.3.4.2) Mode opératoire.....	26
III.3.5) Analyse calcimétrique.....	27
III.3.5.1) But de manipulation.....	27
III.3.5.2) Principe de manipulation.....	27
III.3.5.3) mode opératoire.....	28
III.3.5.4) Le calcul de la teneur en CaCO ₃	28
III.3.6) Dosage des sels nutritifs.....	29
III.3.6.1) Principe de dosage des sels nutritifs.....	29
III.3.6.2) Analyse automatique des sels nutritifs.....	30
III.3.7) Analyse granulométrique.....	31
III.3.7.1) Mode opératoire.....	31
III.3.7.2) Présentation des résultats.....	31
III.3.7.3) La fraction fine.....	31
III.3.7.4) Les indices granulométriques.....	32
➤ Les indices de classement.....	32

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1) Les paramètres physico-chimiques.....	33
IV.1.1) La température.....	33
IV.1.2) La salinité.....	34
IV.1.3) La conductivité.....	35
IV.1.4) Le potentiel Hydrogène.....	36
IV.1.5) L'oxygène dissous.....	37
IV.2) Variation des paramètres mesurés au laboratoire.....	39
IV.2.1) La matière en suspension.....	39
IV.2.2) Matière organique particulaire.....	40

IV.2.4) Les sels nutritifs.....	41
IV.2.4.1) Nitrites.....	41
IV.2.4.2) Nitrates.....	43
IV.2.4.3) Les orthophosphates.....	44
IV.2.4.4) Les silicates.....	45
IV.2.5) La matière organique dans le sédiment.....	46
IV.2.6) Calcimétrie.....	47
IV.3) Résultats des analyses des sédiments.....	48
IV.3.1) Résultats et discussion de l'analyse de la fraction péloïtiques.....	48
IV.3.2) Résultats des indices granulométriques.....	59

Conclusion

Bibliographie

Annexes

Liste des figures

Figure (II.1) : Représentation de la zone d'étude (ArcMap 10.2).....	15
Figure (II.2) : Répartition des bassins dans le port de Sidi Fredj (ArcMap 10.5).....	17
Figure (II.3) : Représente le petit canal.....	17
Figure (II.4) : Représentation de la zone d'étude avec logiciel (ArcMap 10.2).....	18
Figure (III.1) : Localisation des stations à l'intérieur et à l'extérieur du port de Sidi Fred...	21
Figure (III.2): Le calcimètre de BERNARD.....	27
Figure (III.3): L'Auto Analyser San Plus « SKALAR ».....	29
Figure (IV.1) : Variation de la température en fonction des stations.....	33
Figure (IV.2) : Carte de répartition de la température en fonction des stations.....	34
Figure (IV.3) : Variation de la salinité en fonction des stations.....	34
Figure (IV.4) : Carte de la répartition de la salinité en fonction des stations.....	35
Figure (IV.5) : Variation de la conductivité en fonction des stations.....	35
Figure (IV.6) : Carte de répartition de la conductivité en fonction des stations.....	36
Figure (IV.7) : Variation de pH en fonction des stations.....	36
Figure (IV.8) : Carte de répartition de pH en fonction des stations.....	37
Figure (IV.9) : Variation de l'oxygène dissous en fonction des stations.....	38
Figure (IV.10) : Carte de répartition de l'oxygène dissous en fonction des stations.....	39
Figure (IV.11) : Variation de la matière en suspension en fonction des stations.....	39
Figure (IV.12) : Carte de répartition de la matière en suspension en fonction des stations...	40
Figure (IV.13) : Variation de la matière organique particulaire en fonction des stations.....	40
Figure (IV.14) : Carte de répartition de la matière organique en fonction des stations.....	41
Figure (IV.15) : Variation des nitrites en fonction des stations.....	42
Figure (IV.16) : Carte de répartition des nitrites en fonction des stations.....	42
Figure (IV.17) : Variation des nitrates en fonction des stations.....	43
Figure (IV.18) : Carte de répartition des nitrates en fonction des stations.....	43
Figure (IV.19) : Variation des orthophosphates en fonction des stations.....	44
Figure (IV.20) : Carte de répartition des orthophosphates en fonction des stations.....	44
Figure (IV.21) : Variation de la silice en fonction des stations.....	45
Figure (IV.22) : Carte de répartition de silice en fonction des stations.....	45
Figure (IV.23) : Variation de la matière organique en fonction des stations.....	46
Figure (IV.24) : Carte de répartition de la matière organique en fonction des stations.....	47

Figure (IV.25) : Variation du taux de CaCo3 (%) dans le sédiment en fonction des stations.....	47
Figure (IV.26) : Carte de répartition des Taux de CaCO ₃ en fonction des stations.....	48
Figure (IV.27) : Variation des taux de pélite (%) dans les sédiments du port de Sidi Fredj.....	48
Figure (IV.28) : Carte de répartition de la distribution de la fraction péltique dans les sédiments en fonction des stations.....	49
Figure (V.1) : Benne « Van Veen ».....	Annexe II
Figure (V.2) : pH-mètre.....	Annexe II
Figure (V.3) : Conductimètre.....	Annexe II
Figure (V.4) : Oxymètre.....	Annexe II
Figure (V.5) : Glacière.....	Annexe II
Figure (V.6) : Rampe de filtration.....	Annexe III
Figure (V.7) : Étuve.....	Annexe III
Figure (V.8) : Dessiccateur.....	Annexe III
Figure (V.9) : Balance de précision (1/10000 mg)	Annexe III
Figure (V.10) : Creusets.....	Annexe III
Figure (V.11) : Four à moufle.....	Annexe III
Figure (V.12) : Turbidimètre.....	Annexe III
Figure (V.13) : Courbe d'étalonnage des nitrites.....	Annexe IV
Figure (V.14) : Courbe d'étalonnage des nitrates.	Annexe IV
Figure (V.15) : Courbe d'étalonnage des ortho-phosphates	Annexe IV
Figure (V.16) : Courbe d'étalonnage des silicates.	Annexe IV
Figure (V.17) : Tamiseuse électrique.....	Annexe V
Figure (V.18) : Balance.....	Annexe V
Figure (V.19) : Pinceaux.....	Annexe V
Figure (V.20) : Etuve.....	Annexe V
Figure (V.21) : Boites de Pétri.....	Annexe V

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Classement granulométrique.....6

Tableau II.1 : Superficie et profondeur des bassins du port.....16

Tableau IV.1 : Calcul des indices granulométriques et interprétation des résultats.....49

Annexe I

Tableau I.1 : Coordonnées géographiques et les résultats des mesures in-situ de chaque station étudiée.

Annexe II

Tableau II.1: Les valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels (**Journal officiel de la République Algérienne, 2006**).

Annexe IV

Tableau IV.1: Les solutions standards de chaque sel et leurs hauteurs de pic.

Annexe V

Tableau V.1 : Les valeurs adoptées de MZ pour la taille moyenne du grain (**Folk et Ward, 1954**).

Tableau V.2 : Les valeurs adoptées pour le Sk représentant l'asymétrie du sédiment.

Tableau V.3 : Les valeurs adoptées pour S0 représentant les types de classement (**Folk et Ward, 1954**).

Liste des abréviations

μmol : micromole.

cm³ : centimètre cube.

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

ENSSMAL : Ecole National des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral.

GESAMP : Groupe des Experts Scientifiques et Aspect de Protection de l'environnement Marin.

GPS : Système de positionnement global.

HCL : l'acide chlorhydrique.

JORA : journal officielle de la république algérienne.

l : litre.

m : mètre.

MES : La matière en suspension.

ml : millilitre.

mm : millimètre.

MO : Matière organique.

MOP : la matière organique particulaire.

MZ : L'indice central.

NH₃ : Ammoniac.

NH₄⁺ : Ammonium.

NO₂⁻ : Nitrite.

NO₃⁻ : Nitrate.

OD: L'oxygène dissous.

OMS : Organisation mondiale de la santé.

P : Phosphore.

pH: potential Hydrogène.

PO₄⁻³, H₂PO₄, HPO₄⁻ : Orthophosphate.

PSU : Pratical Salinity Unit.

S : salinité.

SiO₂ : La silice dissoute.

SK : Indice d'asymétrie Skewness.

S₀ : Indice de classement Sorting de Trask.

T: Temperature.

WTW : Wissenschaftliche Technische Workstätten.

Introduction

Introduction

L'eau est la plus importante source vitale, présente partout dans la nature. C'est un composé chimique ubiquitaire sur terre, essentiel pour tous les organismes vivants connus. Un liquide incolore, inodore, sans saveur, de pH neutre.

La pollution est le danger le plus prononcé qui pèse sur le milieu marin, englobant la pollution de l'eau, mais aussi celle des sédiments marins, et plus généralement toutes les atteintes aux écosystèmes marins causées par des rejets de substances nuisibles et par leur impacts, quelles que soient leur nature ou quantité.

Les êtres humains ont provoqué des déséquilibres et des changements dans la qualité des eaux côtières du fait de la croissance démographique, du développement industriel, de l'urbanisation et des activités touristiques. Par conséquent, cette mauvaise qualité de l'eau aura un effet néfaste sur la santé publique.

Devant ce constat, il nous est apparu intéressant de faire choisir le port de Sidi Fredj, qui est considéré comme le port de plaisance le plus important en Algérie, il se situe dans un complexe touristique qui couvre les équipements suivants : des hôtels; des résidences; lieux de loisir; restaurants et un village artisanal qui constituent la source principale de la pollution domestique. Aussi le port représente un milieu de déversement des rejets des activités d'entretiens des bateaux.

Plusieurs d'étude concernant l'état de pollution ont été menées au niveau du port de Sidi Fredj, citons une étude de 2013 qui a permis d'évaluer l'état de la pollution dans ce port (**Yakhlef et al., 2013**), cette étude a montré que la zone est polluée.

Le but principal de notre travail est l'estimation de l'état de la pollution dans l'eau de mer et le sédiment du port de Sidi Fredj. Pour cette raison, on a réalisé une sortie le 28/06/2021 pour effectuer des prélèvements des échantillons destinés à l'analyse des différents indicateurs de pollution, soit :

- Les paramètres physico-chimiques.
- Les sels nutritifs.
- Analyse granulométrique.

Ces analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de l'ENSSMAL à Dely brahim et Sidi Fredj. Pour atteindre ce but, on a suivi la démarche suivante :

Chapitre I : consacré à la synthèse bibliographique qui concerne des généralités sur la pollution marine, les différents paramètres physico-chimiques et la sédimentologie.

Chapitre II : une représentation générale de la zone d'étude dans ses différents cadres géographiques et climatiques, suivi par les sources de pollution.

Chapitre III : dans ce chapitre on a traité les différents moyens et matériels utilisés en mer et au laboratoire, ainsi que les méthodes appliquées pour les différentes analyses.

Chapitre IV: dans le dernier chapitre on a discuté les différents résultats obtenus au niveau du port de sidi-Fredj.

En fin, on termine avec une conclusion sur la présence ou pas d'une charge polluante au niveau des deux matrices sédiment et eaux.

Chapitre I

Généralités

I.1) Les paramètres physico-chimiques

Les principales propriétés physico-chimiques répandues dans le domaine de l'océanographique sont en général la température, la salinité, la turbidité, la transparence de l'eau que nous allons évoquer ainsi que d'autres paramètres. Ces paramètres peuvent être dépendants les uns des autres et la variabilité de chaque paramètre influe sur une caractéristique déterminée de l'eau de la mer.

I.1.1) La température : (°C)

La température est un paramètre important pour la connaissance du milieu marin (**Aminot , 1983**).

La température est l'élément de base de toutes les réactions chimiques. C'est un facteur essentiel dans le contrôle de tous les paramètres physicochimiques d'un écosystème donné (**Gaujous, 1995**). Elle agit sur le pH, la densité, la solubilité des gaz dans l'eau (en particulier celles de l'oxygène et du CO₂) et sur les réactions chimiques et biochimiques (**Bremont et Perrodon, 1979**).

La température de l'eau joue un rôle dans la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels.

I.1.2) L'oxygène dissous : (mg /l)

L'oxygène dissous est un composé essentiel de l'eau car il permet la vie de la faune et il conditionne les réactions biologiques qui ont lieu dans les écosystèmes aquatiques. La solubilité de l'oxygène dans l'eau dépend de différents facteurs, dont la température, la pression et la force ionique du milieu. La concentration en oxygène dissous est exprimée en mg /l (**Rejsek, 2002**).

La teneur de l'oxygène dans l'eau est fonction de l'origine de l'eau : les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation ; par contre, les eaux profondes n'en contiennent le plus souvent que quelques milligrammes par litre. La cause des variations de la teneur en oxygène pouvant être fonction de la présence des végétaux, des matières organiques oxydables, des organismes et des germes aérobies, ainsi que la perturbation des échanges atmosphériques à l'interface (présence de graisses, d'hydrocarbures, de détergents, etc.). Dans les milieux à faible taux de renouvellement (milieux fermés), la teneur en oxygène dissous a tendance à diminuer avec la profondeur (**Djermakoye, 2005**).

Quand la température s'élève, la valeur en oxygène diminue en raison de sa plus faible solubilité et à cause de la consommation par les êtres vivants et les bactéries qui se multiplient. Ceci favorise la réduction des nitrates en nitrites et des sulfates en sulfures. D'un point de vue industriel, les eaux de chaudière haute pression ne doivent pas en contenir plus de 0,3 mg/l (**Rodier, 1996**).

I.1.3) La salinité :(PSU)

La salinité est une propriété de l'eau de mer qui est fondamentale à l'étude du milieu marin (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

Elle correspond à la masse de sels contenue dans 1 kg d'eau de mer. On évalue maintenant la conductivité et on l'exprime en UPS : Unité Pratique de Salinité, qui équivaut approximativement à 1 mg/g de sel. La salinité de l'eau de mer est en moyenne de 35 UPS, soit 35g/kg (**Chevallier, 2007**).

I.1.4) Le potentiel d'hydrogène :

$$\text{pH} = -\text{Log}_{10} [\text{H}^+]$$

C'est un paramètre qui nous permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau. (**Gomella et Guerree, 1978 in Azzoug et Lamani, 2005**).

Le pH de l'eau de mer voisin de 8,2 est principalement fixé par la présence des carbonates : CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-} . La modification des concentrations en CO_2 (respiration, photosynthèse ou échange air-océan) ou en CO_3^{2-} (précipitation) entraîne donc une modification du pH (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

En milieu côtier, certains rejets industriels ou les apports d'eaux de ruissellement sont la cause de variation du pH qui s'avère être dans ce cas un indice de pollution, mais cette variation reste très localisée aussi bien dans le temps que dans l'espace et cela du fait du « pouvoir tampon » de l'eau de mer. (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

La mesure du pH aura deux applications à considérer séparément : le suivi de la qualité des eaux, d'une part, et les études thermodynamiques des équilibres chimiques, d'autre part. La distinction majeure réside dans le niveau de justesse et de précision requis pour ces deux applications (**Aminot et Kerouel, 2004**).

I.1.5) La turbidité :(NTU)

La turbidité de l'eau est liée à sa transparence. Elle donne une idée sur la teneur en matière en suspension. Les eaux troubles sont chargées de substances finement divisées (grains de silice, matière organique, limons...), elles forment parfois d'importants dépôts dans les tuyauteries et dans les réservoirs. Pour la sécurité de l'eau, il faut maintenir une turbidité inférieure à 5 NTU (**Jean Claude, 1983**).

I.1.6) La conductivité :(ms/cm)

La conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant électrique. Ce paramètre donne une indication de la concentration totale de l'eau en ions. Comme une grande partie des sels dissous dans l'eau s'y trouvent sous forme d'ions (chlorures, nitrates, sodium, calcium, sulfures etc.). Les variations de ces concentrations peuvent avoir des impacts sur le milieu naturel (**Bradai, 1994**).

I.1.7) La matière en suspension :(mg/l)

Ce sont les très fines particules qui sont non dissoutes dans l'eau (sables, argiles, produits organiques, micro-organismes, ...), qui permettent une bonne évaluation du degré de pollution d'une eau.

La fraction organique de ces matières en suspension constitue un support parfait pour la pollution chimique et surtout microbiologique, de plus ces éléments vont être incorporés aux sédiments et pourront être rendus de nouveau disponibles lors des remises en suspension de la phase sédimentaire (**Sadowski, 2002**).

Les MES sont exprimées en mg/l et ont un impact direct sur le milieu par l'augmentation de la turbidité.

I.1.8) La Matière organique :(mg/l)

La matière organique est une substance nutritive considérée comme une source d'énergie pour les micro-organismes (bactéries, protozoaires), elle correspond à la fraction endogène qui est facilement dégradée (**Boulahtid, 1987**).

La fraction oxygène formée par les débris des animaux et des végétaux possède une certaine résistance à la dégradation bactérienne. Cette fraction est nécessaire au fonctionnement des cycles biochimiques par régénération des sels nutritifs. (**Lacaze, 1980**).

Le sédiment représente un milieu d'accumulation des particules d'origine géologique ou biologique, en équilibre avec les eaux surnageant des peuplements adaptés à leurs caractéristiques physiques et chimiques. Le phénomène d'adsorption des polluants organique et inorganique sur la matière organique est responsable du déplacement de ces polluants vers le sédiment marin puis vers les sites d'immersions après une opération de dragage ; il existe une corrélation significative entre la matière organique du sédiment et les concentrations en ces polluants. La détermination de la matière organique revêt un intérêt particulier pour l'interprétation des résultats (Agostini, 2006).

I.2) Les sédiments marins

I.2.1) Définition et origine des sédiments :

Appelés communément vases, les sédiments marins sont constitués de phases Minérale, organique et liquide. Dans le dictionnaire de géologie (Foucault et Raoult, 1980), les sédiments sont définis comme "un ensemble constitué par la réunion de particules plus ou moins grosses ou de matières précipitées ayant, séparément, subi un certain transport".


Ces particules proviennent de l'érosion des roches et des sols, de l'activité organique (accumulation de coquilles, ...) ainsi que des rejets locaux dus à l'activité humaine (LIFE, 2002), (Foucault et Raoult, 1980).

I.2.2) Composition structurale

La distribution granulométrique d'un sol, ou d'un matériau, peut s'étendre des cailloux ($d > 20$ mm) aux argiles ($d < 2\mu\text{m}$), **Tableau I.1**.

Tableau I.1 : Classement granulométrique (Costet et Sanglerat, 1981).

Cailloux	Graviers	Sables	Limons	Argiles
$d > 20$ mm	$2\text{mm} < d < 20$ mm	$63\mu\text{m} < d < 2$ mm	$2\mu\text{m} < d < 63$ μm	$d < 2$ μm


 80 μm **vases**

La fraction fine, relative aux particules inférieures à 40 μm , est la fraction caractéristique de toute vase. Cette fraction engendre généralement des comportements complexes provoqués par les interactions entre les particules minérales, les interactions de ces particules avec l'eau

contenue dans le milieu, les ions présents dans le milieu, et aussi les éléments organiques. **(Vincent Dubois, 2006)**

Dans la fraction fine, sur le plan granulométrique, on trouve les limons et les argiles. Dans toute étude géotechnique, les argiles sont considérées comme des éléments influençant le comportement d'un sol, par le caractère plastique et les échanges cationiques avec le milieu. **(Vincent Dubois, 2006)**

I.2.3) Composition organique :

Les sols organiques sont très compressibles, et ont une couleur sombre ainsi qu'une odeur caractéristique **(Schlosser, 1988)**. La fraction organique est faiblement représentée dans un sol, en comparaison à la fraction minérale. C'est aussi une fraction très variable au cours du temps, **(Mustin, 1987)**.

Les matières organiques du sol, en général, sont réparties en quatre classes **(Mustin, 1987) :**

- la matière organique vivante (biomasse active),
- la matière organique fraîche (débris végétaux, cadavres, excréments, ...),
- les composés en cours d'évolution dits transitoires,
- les composés organiques stabilisés, appelés communément humus.

I.3) Les sédiments dans le milieu naturel

Dans le milieu naturel, les sédiments vont évoluer, de part les apports permanents de nouvelles matières minérales ou organiques, et les activités externes du milieu dans lequel ils se trouvent. Le cas particulier des ports va induire, de part la présence d'industries et les activités urbaines et agricoles, des sources de rejets polluants, qui peuvent interagir avec les sédiments **(Vincent Dubois, 2006)**.

Pour une bonne compréhension du comportement des sédiments, il est donc important de bien connaître les interactions entre les phases composant le sédiment, et dans le cas d'une zone polluée, le type et le comportement des polluants présents **(Vincent Dubois, 2006)**.

I.3.1) Interactions minéralo-organiques

Les composés organiques s'associent facilement avec les particules fines des sols et en particulier, les argiles. Cette association va augmenter la capacité de fixation des cations **(Mustin, 1987)**. Ces interactions sont provoquées par le phénomène d'adsorption entre les éléments, les ponts d'eau, et les cations de liaison, tels que l'aluminium et le fer qui ont

tendance à se lier étroitement avec les particules de sol et les éléments organiques (**Mustin, 1987**).

La présence de sels dans le milieu va jouer un rôle important. En effet, l'ion sodium est un flocculant peu stable, car il s'entoure d'une grande couche d'eau, et va aussi entraîner l'inhibition de l'humification et de la minéralisation de la matière organique. Le sol aura, alors, une stabilité structurale moins stable. A ces différents phénomènes, vont venir s'ajouter, les interactions liant les sédiments aux polluants.

I.3.2) La contamination du sédiment

Les dépôts des particules chargées de bactéries seront fonction de l'hydrodynamisme et se feront dans les zones peu profondes, abritées des courants et des clapots. Plus le sédiment est riche en matière organique plus les bactéries fécales survivront plus longtemps.

Dans le sédiment, les bactéries d'origine fécale peuvent acquérir une résistance vis-à-vis des facteurs inhibiteurs par l'échange de gènes avec les bactéries autochtones (**Gauthier, 1989**).

I.4) Définition de la pollution de l'eau de mer :

On peut définir la pollution comme une modification défavorable du milieu naturel qui apparaît en totalité ou en partie comme un sous-produit de l'action humaine, au travers d'effets directs ou indirects altérant les critères de préparation des flux d'énergie, des niveaux de radiation, de la constitution physico- chimique du milieu naturel et de l'abondance des espèces vivantes (**Gaujous, 1995**).

La pollution marine a été définie par le **GESAMP** (Groupe Mixte d'Experts chargé d'étudier les Aspects Scientifiques de la Protection de l'environnement Marin) comme étant :

« l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans l'environnement marin pouvant entraîner des effets délétères, tels que dommage aux ressources biologiques, danger pour la santé humaine, entraves aux activités maritimes, y compris les pêcheries, détérioration des qualité de l'eau de mer pour son utilisation et réduction des possibilités dans le domaine des loisirs » (**GESAMP, 1889**).

I.4.1) Classification de la pollution selon la source et la nature

Les deux critères principaux pour classer la pollution marine (**Galaf et Ghonnam, 2003**).

I.4.1.1) Selon la Source de pollution :

Cette pollution provient de plusieurs sources d'origine anthropique, les principales sont :

- Urbaines (activités domestiques ; eaux d'égout, eaux de cuisine...).
- Industrielles (agroalimentaire, chimie pharmacie, pétrochimie, raffinage...).
- Agricoles (engrais, pesticides).

(Benkkadour, 2018).

I.4.1.1.1) Pollution urbaine :

Ce type de pollution est dû essentiellement aux rejets domestiques (eaux collectives de lavage, huiles de vidange, médicament périmés, matières fécales...). Elle est liée aux grandes concentrations urbaines. **(Galaf et Ghonnam, 2003).**

I.4.1.1.2) Pollution industrielle :

Les rejets liquides industriels véhiculent une importante pollution organique et toxique, il s'agit des différents déchets provenant des industries divers qui sont principalement installées au niveau du rivage à la fois pour se débarrasser des déchets directement et pour refroidir leurs machines (industrie alimentaire, industrie agricole, industrie chimique et pétrochimique ...) **(Galaf et Ghonnam, 2003).**

I.4.1.1.3) Pollution agricole :

L'agriculture est responsable du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans l'eau de mer. Ces contaminants comprennent à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des composés phosphorés azotés issus des déchets animaux et des engrais commerciaux notamment des nitrates.

Ainsi parmi les polluants d'origine agricole, les pesticides qui sont utilisés en agriculture pour protéger les cultures contre leurs ennemis afin d'augmenter leurs rendements. **(Galaf et Ghonnam, 2003).**

I.4.1.2) Classification selon la nature :

Selon ce critère, la pollution est classée en trois catégories :

I.4.1.2.1) La pollution physique

On parle de la pollution physique lorsque le milieu marin est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Il peut s'agir d'un rejet d'eau douce qui fera baisser la salinité

d'un lieu (par une centrale hydroélectrique). D'un rejet d'eau réchauffée ou refroidie (par une centrale électrique ou usine de regazéification de gaz liquide), d'un rejet liquide ou solide de substances modifiant la turbidité du milieu (boue, limon, macro-déchets ...), d'une source de radioactivité (**Gravez et Bernard, 2006**).

La pollution physique est répartie en trois types :

I.4.1.2.1.1) Pollution mécanique

Due essentiellement à des substances solides, comme les boues, les solides flottants (sac en plastique, morceaux de bois), ces rejets ont comme première conséquence l'augmentation de la turbidité de l'eau.

I.4.1.2.1.2) Pollution thermique

La pollution thermique est engendrée par les usines utilisant un circuit d'eau de mer pour le refroidissement de certaines installations (centrales thermiques, nucléaires, raffineries). Les eaux rejetées des usines ont une température de l'ordre de 70-80°C qui s'abaisse à 40-45°C en contact avec les eaux de rivière, entraînant ainsi un réchauffement de l'eau, par exemple, les ports d'Oran et d'Arzew à vocation industrielle et commerciale, de par leur important trafic maritime, représentent également une source de pollution non négligeable (**Bouderbala, 1997**).

Quand la température augmente, la concentration en oxygène dans l'eau diminue ; ceci se traduit par la disparition d'espèces exigeantes en oxygène, un développement bactérien apparaît conduisant à des maladies chez les poissons. (**Martinez, 1998**).

I.4.1.2.1.3) Pollution nucléaire

Cette pollution a une importance particulière en raison de la demande croissante en énergie et de développement attendu dans la construction des centrales nucléaires et des usines de traitement des combustibles irradiés. (**Souidi, 2008**).

Aujourd'hui avec l'évolution industriel et le développement de nouvelles techniques, il est apparu une catégorie de sous-produits, classés en trois catégories : effluents gazeux ; effluents liquides et résidus solides (**Nabi et Aouragh, 1992**).

Une fois en mer, l'irradiation va se faire soit de l'eau vers l'être vivant, soit du sédiment contaminé vers l'être vivant. On note une irradiation externe ou les sédiments radioactifs contaminent le poisson par voie cutanée. On distingue aussi une autre contamination interne

résultant soit d'une absorption cutanée, branchiale ou digestive, soit d'une ingestion de nourriture contaminée (**Amiard-Triquet et Amiard, 1980**).

I.4.1.2.2) Pollution biologique

Il s'agit de la pollution par les micro-organismes, les germes (bactéries, virus, champignons) provenant des égouts et qui peuvent proliférer à leurs arrivées dans le milieu marin, même s'il est vrai qu'il s'agit d'un milieu qui ne favorise pas la vie de la plupart des agents pathogènes (**Berraho, 2006**). Cette forme est provoquée par les eaux usées d'origines domestiques et industrielles.

I.4.1.2.3) Pollution chimique :

Ce type de pollution est engendré par des substances étrangères qui peuvent provoquer une nuisance ou un effet toxique (**Vila, 1998**).

Ces polluants sont de deux catégories (**Galaf et Ghannam, 2003**):

- **Les micropolluants chimiques organiques:** ils sont représentés essentiellement par les hydrocarbures, pesticides, détergents et autres. Ces polluants sont appelés les polluants organiques persistants (pop), ce sont des composés organiques toxiques. Ils peuvent s'accumuler dans les organismes vivants et ils peuvent avoir des conséquences néfastes sur l'environnement et la santé humaines (**P.N.U.E.1995**).

- **Les micropolluants chimiques inorganiques:** ils sont représentés essentiellement par les métaux lourds et des substances à concentration excessive.

Il y a d'autres polluants ayant un pouvoir contaminant plus nuisible, il s'agit des molécules qui échappent à la dégradation, elles sont appelées récalcitrantes (**Galaf et Ghannam, 2003**).

I.4.1.2.3.1) La pollution par les sels nutritifs

a) Définition des sels nutritifs

Les sels nutritifs constituent un « outil » très important pour l'étude chimique et dynamique des masses d'eaux océaniques. Les sels nutritifs dissous dans l'eau de mer sont transportés par les courants océaniques d'une part et constituent une base alimentaire du cycle biologique de la biomasse océanique d'autre part (**Boulaïdid, 1987**).

b) Les différentes origines des sels nutritifs dans l'océan

- **Les sources internes**

La régénération des sels nutritifs dissous dans l'océan se fait principalement à partir de l'oxydation des déchets organiques le long de la colonne d'eau de mer. Dans une moindre mesure, les sels nutritifs sont régénérés à partir des sédiments marins (**Boulahtid, 1987**).

- **Les sources externes**

Ce sont les apports continentaux fluviaux, éoliens et hydrothermaux englobant les processus naturels (biologie, géologie, ...) et la pollution anthropogénique (industrie, produits fertilisants, détergents, ...) (**Boulahtid, 1987**).

c) Les différentes formes des sels nutritifs

- **L'azote ammoniacal**

Il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac (NH_3) et l'ammonium (NH_4^+) dont les proportions dépendent du pH et de la température. L'azote ammoniacal provient des excréments animaux et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés ; il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote et oxydé par les bactéries nitrifiantes (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

Dans certains cas, les teneurs peuvent atteindre des seuils toxiques, variables pour chaque espèce, et liés au pH et à l'oxygénation des eaux (**Alzieu, 1989**).

- **Les nitrites (NO_2^-)**

Dans le cycle de l'azote, les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique qui sont de l'ordre de quelques micromoles par litre d'azote nitreux (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

- **Les nitrates (NO_3^-)**

L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse, il entre dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance phytoplanctonique, il est ensuite régénéré à partir des formes organiques par les bactéries. L'ion nitrate est issu de l'oxydation des nitrites par les bactéries appelées nitrobactères (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

➤ **Phosphore (P)**

Le phosphore est présent dans l'eau sous plusieurs formes : phosphates, polyphosphates, phosphore organique, les apports les plus importants proviennent des déjections humaines et animales, et surtout des produits de lavage. C'est un agent d'eutrophisation gênant dans le milieu naturel (**Bontoux, 1993**).

➤ **La silice dissoute (SiO₂)**

L'élément nutritif silicium entre dans la composition des squelettes de certaines espèces phytoplanctoniques (Diatomées, Radiolaires...) (**Aminot et Chaussepied, 1983**). A pH moyen de l'eau de mer (~8,2), les formes majoritaires dissoutes dans l'eau de mer étant à 95 % sous les formes d'acide ortho-silicique, Si(OH)₄, 5 % Si(OH)₃⁻ (**Aminot et Kérouel, 2004**).

La distribution verticale de l'acide silicique diffère de celle du phosphore ou de l'azote. Les concentrations augmentent lentement avec la profondeur pour atteindre généralement leur maximum au fond (**Guy, 2006**). Les silicates sont régénérés à différentes vitesses et par différents processus et, à présent, il y a toujours une incertitude sur les facteurs qui contrôlent le budget marin des silicates (**Jacques et Tréguer, 1986**).

d) Dangers liés à la pollution par les sels nutritifs

• Eutrophisation

C'est un phénomène qui résulte d'un enrichissement naturel ou artificiel produit par diverses pollutions d'origine anthropiques des eaux continentales ou littorales en sels minéraux nutritifs (phosphates, nitrates, etc.). Elle se caractérise par une prolifération d'algues et de plantes supérieures aquatiques qui peut conduire à une désoxygénation des couches profondes des eaux lacustres exposées à l'eutrophisation (**Ramade, 2000**).

Chapitre II

La zone d'étude

Introduction :

Le secteur Sidi Fredj est l'un des quatre zones de la **baie de bousmail**, constitué sur environ 12 Km de plage de sables fins. Le **port de Sidi Fredj** est l'un des plus attrayants ports de la rive sud de la méditerranée. Il est considéré comme le portail de l'Afrique.

II.1) présentation de la zone d'étude :

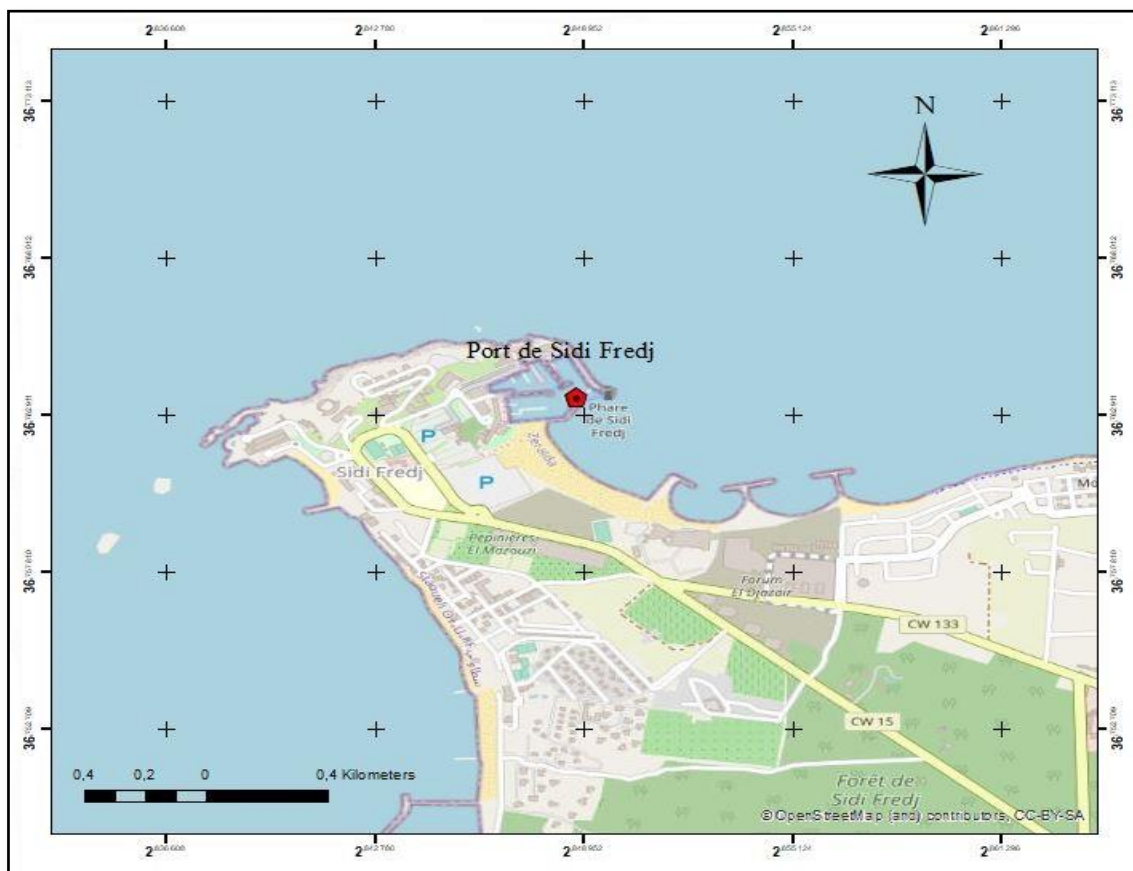
II.1.1) Historique :

Le **port de sidi fredj**, construit en 1969 par l'architecte français, **Fernand Pouillon**, et inauguré en 1971 par le ministre de tourisme, est destiné spécialement à la plaisance.

Il est implanté dans une région historique, témoignant du débarquement des troupes françaises sur le territoire algérien, le 14 juin 1830, marquant le point de départ d'une colonisation de plus de 130années.

II.1.2) Description de la zone d'étude (port de Sidi Fredj) :

La presqu'île de Sidi-Fredj forme deux baies très ouvertes, celle du nord-est et celle du sud-ouest, également remarquables par les grandes plages et les dunes qui les bordent. La baie du nord-est permet l'accès au port de plaisance; la baie du sud-ouest offre un bon mouillage pour toute espèce de bâtiments avec des vents d'est et de nord-est. **Figure(II.1)**



Figure(II.1) : Représentation de la zone d'étude (ArcMap 10.2).

Le port de plaisance de Sidi-Fredj dispose d'une passe d'entrée par voie de mer draguée de manière suffisante qui subsiste à marée basse.

Ce port qui couvre une superficie de 38000 m² est protégé par des ouvrages contre la houle, et qui servent de délimitation. Ils sont protégés par des enrochements naturels.

Il comporte :

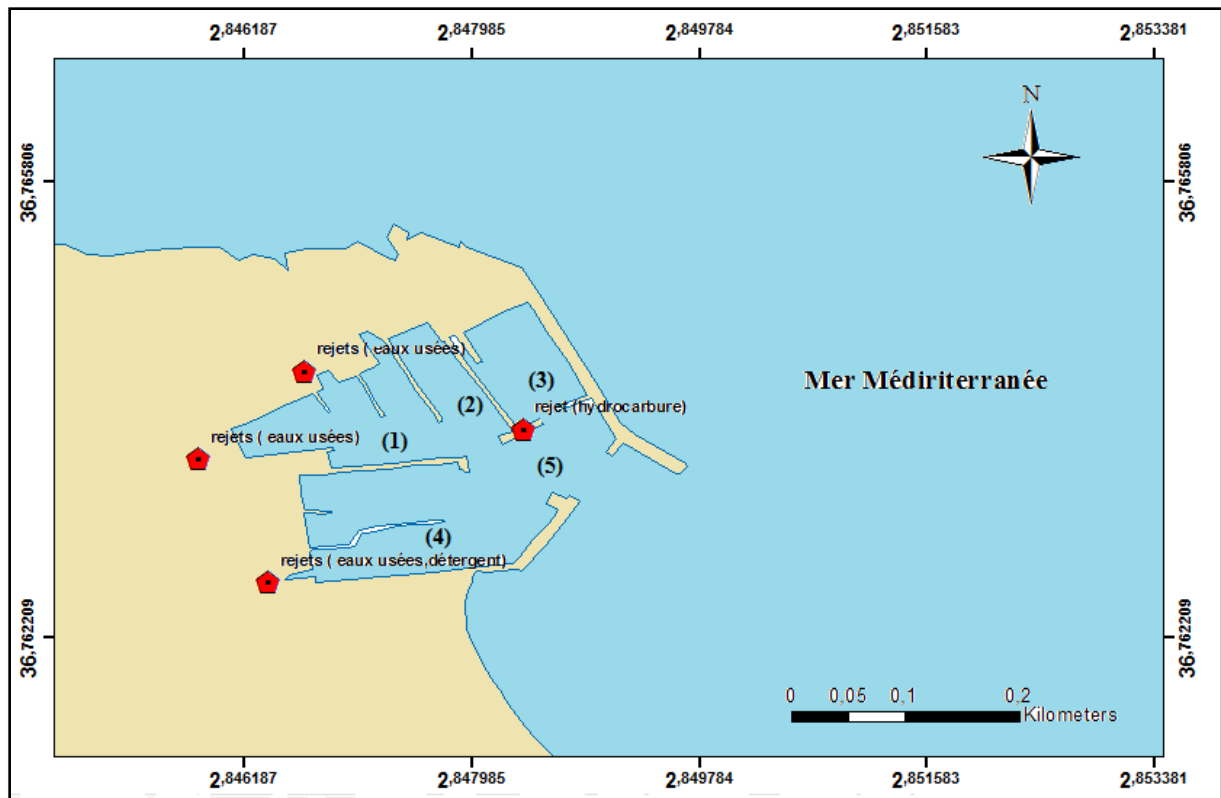
- deux jetées destinés à protéger les embarcations de l'action des houles et des marées :
 - Une jetée principale de 230 ml (mètre linéaire), se termine par un musoir.
 - Une jetée secondaire de 215 ml.
- Un quai et un appontement de 777 ml.
- 6 bassins qui permettent d'accueillir 400 plaisanciers de différentes tailles.

Figure(II.2)

Tableau II.1 : Superficie et profondeur des bassins du port (Goucem et Rebhi, 2011).

Bassin portuaire	Superficie (m ²)	Profondeur (m)
1	8000	0.40 – 2.20
2	3000	1.75
3	5000	3 – 4.80
4	10000	1.40 – 2.60
5	9400	0.50 - 5

Remarque : ce tableau des données anciennes est mis à titre indicatif en raison de l'absence de nouvelles données.



Figure(II.2) : Répartition des bassins dans le port de Sidi Fredj (ArcMap 10.5).

Le port de sidi fredj communique avec le large en deux points :

- Du côté est, grâce à la passe d'entrée.
- Du côté ouest, par un petit canal **Figure(II.3)**.



Figure(II.3) : Photo représentant le petit canal.

Le port dispose des moyens nécessaires de toutes commodités tel que: station de carburant destinée aux bateaux /Cale de halage/Eau potable et électricité/Restaurants variés/Club de distraction/Hôtels/Parc a autos/.....etc.

II.1.3) Localisation géographique du port de Sidi Fredj :

Le port de Sidi Fredj est situé dans une presque-île large d'environ 620 mètres aux reliefs parfois accidentés et jouissant d'une nature belle et dense, à l'extrémité Sud-Ouest de la baie d'El Djamila et à 24km à l'ouest d'Alger aux environs de la commune de Staouali entre les longitudes 2°50'35.01"E et 2°50.5836E et les latitudes 36°45'45.00" N et 36°45.7500 N

Figure(II.4).



Figure(II.4) : Représentation de la zone d'étude avec logiciel (ArcMap 10.2).

Le port de Sidi Fredj forme un promontoire limité par deux points :

- La pointe du Marabout à l'Est où se situe le port de plaisance.
- La pointe de Saint Janvier à l'Ouest (limite Est de la baie d'El Djamila).

Il forme le cap Est de la baie de Bou Ismail.

II.2) Etude de l'état initial du port :

II.2.1) La géomorphologie de la zone d'étude :

Le substratum métamorphique de la presque-île de Sidi Fredj est constitué de granites et gneiss largement fissurés et diaclases.

Grace à l'étude sédimentologique du littoral de Sidi Fredj, on sait que le sable domine avec certains affleurements rocheux, au sud du port. Par contre, dans le prolongement de la jetée Nord, on trouve un massif rocheux orienté vers le Sud-est (**Bellahcene, 2001**).

II.2.2) Aspect hydro-climatique :

➤ température et précipitation :

La zone de Sidi Fredj, est une région particularisée d'un climat méditerranéen tempéré : relativement froid et humide en période hivernale et chaud en période estivale. D'après **Köppen et Geiger**, le climat y est classé **Csa**.

❖ **Définition de Köppen** : Le climat est dit « a été chaud » (**Csa**) si le mois le plus chaud a une moyenne supérieure à 22 °C.

- Les données sont recueillies du Site Web <https://fr.climate-data.org> (2020).

En période hivernale :

En hiver, les pluies sont bien plus importantes à Sidi Fredj qu'elles ne le sont en été. La précipitation en hiver varie entre 73 et 94 mm.

La température varie entre 8 et 16°C. Le mois le plus froid de l'année est celui de Février avec une température moyenne de 11,8 °C.

Le mois avec le moins d'heures d'ensoleillement quotidien à Sidi Fredj est Janvier avec une moyenne de 7,27 heures d'ensoleillement par jour. Au total, il y a 225,39 heures d'ensoleillement en Janvier.

La température de l'eau la plus basse est de 5°C vers le 10 janvier.

En période estivale :

En été, la pluviométrie est réduite dans la région. Elle varie entre 1 et 24 mm, Des précipitations moyennes de 1 mm font du mois de Juillet le mois le plus sec.

Les températures sont très élevées se situant entre 20 et 38°C.

A Sidi Fredj, le mois avec le plus d'ensoleillement quotidien est Juin avec une moyenne de 12,36 heures d'ensoleillement. Au total, il y a 383,27 heures d'ensoleillement en Juin.

La température moyenne de l'eau la plus élevée pour cet endroit est de 25,30°C et elle est atteinte en moyenne vers le 10 juillet.

➤ **Les vents :**

La distribution des vents dans la province de Sidi Fredj est corrélativement adhérente au régime des houles tout le long de l'année. On extrait à ce titre :

- Une dominance hivernale accusée par les vents d'Ouest et Nord-Ouest.
- Une dominance estivale avec du vent Nord-Est.

Les vitesses de vents les plus fréquents se situent entre 6 et 10 nœuds (**LEM, 1984**).

➤ **Les houles :**

Lorsque le vent souffle de Nord-Est, les courants mesurés portent en direction de l'Ouest, c'est-à-dire vers le port. Les mesures de vents effectuées dans le secteur Nord-Ouest ont révélé que les courants, portaient, vers l'Est et le Nord-Est, c'est-à-dire en direction opposée aux précédentes mesures de courants (**S.S.M.O, 1970**).

Dans la zone d'amarrage, la houle ne doit pas excéder 0,30 mètre.

➤ **Les courants :**

Le sens et l'intensité des courants dans la zone de Sidi Fredj sont étroitement liés au régime des vents régnant et contribuent à l'agitation dans les bassins intérieurs du port.

Si le vent est très faible voir nul, les trajectoires des courants observés devant l'entrée du port sont faibles (**Berard, 1973**).

II.3) Source de pollution du port :

Le développement de l'activité économique dans un port et dans son voisinage a comme conséquences des apports polluants. Les principales causes de cette pollution portuaire sont tout d'abord les hydrocarbures provenant de l'activité maritime. Ces pollutions chroniques rencontrées dans les ports de plaisance concernent essentiellement les fuites ou rejets involontaires de carburant. Une partie importante s'évapore en donnant des odeurs caractéristiques tandis que la fraction la plus lourde forme un film irisé à la surface de l'eau. Lorsque le film est continu et occupe une surface importante, il diminue la pénétration de lumière et peut ainsi contribuer à un déficit en oxygène des eaux sous-jacentes. Il faut mentionner ensuite les polluants métalliques tels que la dilution des peintures antisalissure qui protègent les coques contre la corrosion et les biosalissures en tuant les algues. Elles sont donc très toxiques pour les organismes marins et non biodégradables. Enfin, la pollution de types urbains provenant de l'habitat à bord des bateaux dans le bassin portuaire est très importante. Par ailleurs, la création d'un port favorise le développement d'activités annexes liées à la plaisance et au tourisme. Le développement de ces activités ne va pas sans poser quelques problèmes de qualité des eaux dans le port et son voisinage.

Chapitre III

Matériels et méthodes

III) Matériels et méthodes

Dans ce troisième chapitre de matériels et méthodes nous allons voir tous les paramètres étudiés, que se soit in-situ : Température, Salinité, Oxygène dissous, Conductivité, Potentiel d'hydrogène ou bien au laboratoire : Matière en suspension, Matière organique dans l'eau et dans le sédiment, les Sels Nutritifs, la Granulométrie, Calcimétrie, et cela avec les méthodes d'analyses qui correspondent à chaque paramètre.

III.1) Choix et localisation des stations

Les stations de prélèvement ont été sélectionnées d'une façon à avoir une variété de mesure et une estimation précise de l'état de la pollution dans chaque compartiment du port, pour cette raison nous avons choisis 5 stations à l'intérieur du port et deux autre en dehors du port. (Station 6 et station 7 comme référence).

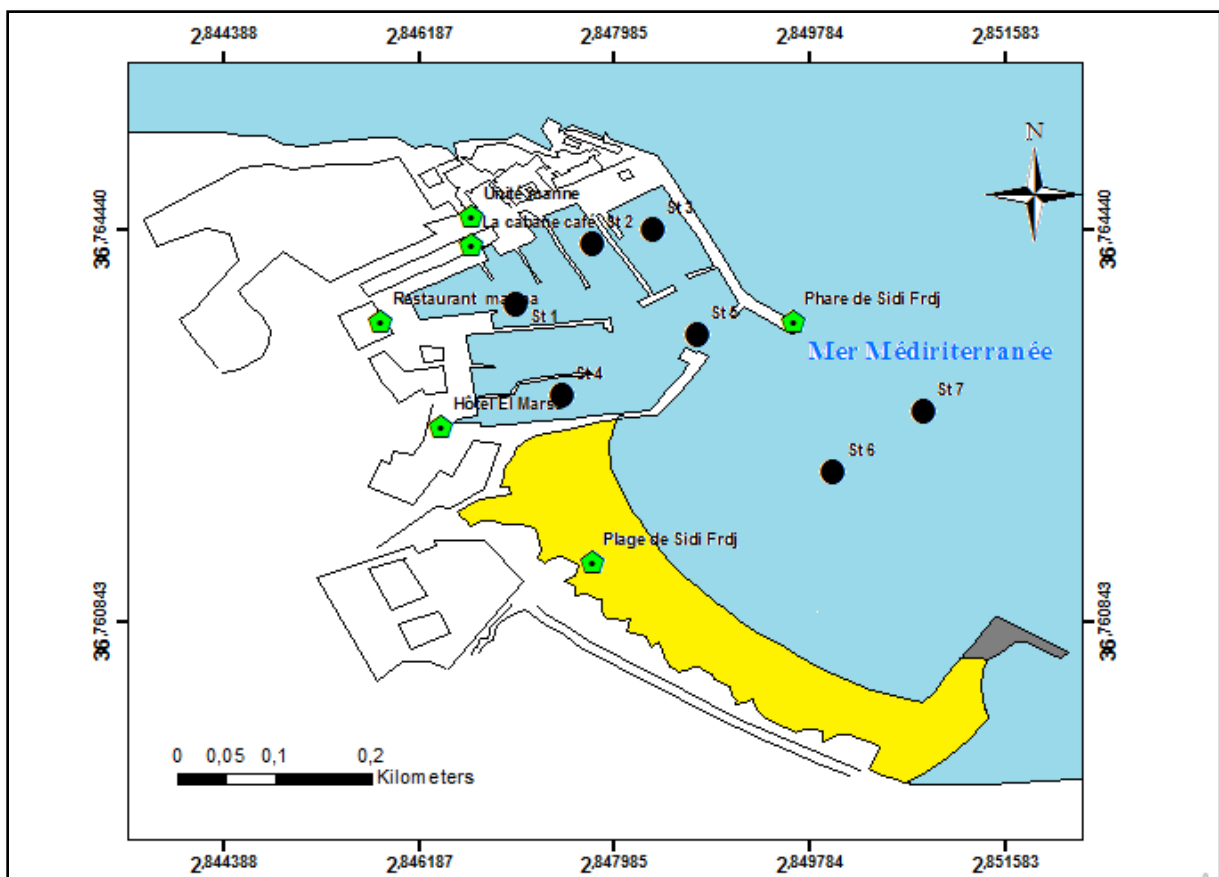


Figure (III.1) : Localisation des stations à l'intérieur et à l'extérieur du port de Sidi Fredj.

III.2) Travaux en mer

Les travaux en mer ont été réalisés le 28/06/2021 à bord de l'embarcation « Habibas » où le climat de ce jour ainsi que l'état de la mer ont été favorables pour toute manipulation en mer (état de la mer : calme, direction du vent : néant, et une journée très ensoleillée) ; ça, nous a permis d'effectuer les prélèvements dans les 7 stations.

III.2.1) Le matériel utilisé lors de la sortie en mer

Pour pouvoir récolter toutes les données nécessaires sur le site d'étude, notre embarcation a été munie d'un ensemble de matériels (**Voir annexe II.1**) qui est comme suit:

- Une benne de type «VanVeen».
- Flacons en plastiques (250 ml).
- Pour les sels nutritifs on a utilisé des flacons en polyéthylène. Les flacons sont lavés à l'acide chlorhydrique et rincés à l'eau distillée.
- Sachets de congélation utilisés pour les prélèvements des sédiments.
- Valise multi-paramètre.
- La bouteille de Niskin.
- Glacière pour la conservation et le transport des échantillons.
- Un GPS avec lequel on tire les coordonnées des différentes stations.
- Un plan de masse du port où sont précisément indiqués et numérotés les stations de prélèvement.

III.2.2) Prélèvement d'eau de mer

Les échantillons d'eau de mer ont été prélevés avec la bouteille de Niskin à une profondeur de 1m sous la surface de l'eau puis ont servi à remplir des bouteilles en plastique de 250 ml. Les bouteilles sont étiquetées et placées dans une glacière, tous les flacons de prélèvement sont ensuite transportés. Les échantillons de sels nutritifs ont été conservés dans un réfrigérateur (4°C) pour une ultérieure analyse au laboratoire, cet échantillonnage a été effectué pour les mesures des paramètres physico-chimiques : les MES, ainsi que la matière organique et les sels nutritifs.

III.2.3) Prélèvement des sédiments

Les prélèvements ont été effectués avec une benne de type «Van Veen». Les échantillons sont destinés à l'analyse granulométrique, la calcimétrie et la matière organique. Ces échantillons

sont transvasés dans des sachets en plastique doublés et refermés sur lesquels sont inscrites les coordonnées de chaque station.

III.2.4) Mesures in-situ

III.2.4.1) Température

Pour la température, nous avons utilisé le conductimètre de marque WTW (Wissenschaftlich Technische Werkstätten) de type «cond 197i» comme appareil de mesure de ce paramètre.

Cet appareil est muni d'une sonde électrique que l'on plonge dans l'eau de mer, ensuite les valeurs s'affichent par unité de °C.

III.2.4.2) Salinité et conductivité

Les mesures de la salinité et de la conductivité ont été effectuées à l'aide d'un conductimètre de terrain de marque WTW (Wissenschaftlich Technische Werkstätten) de type «cond 197i».

III.2.4.3) Oxygène dessous

La concentration de l'oxygène dissous est déterminée à partir d'un oxymètre de terrain de marque WTW «Oxi 197i /S». L'appareil est calibré avant son utilisation. La valeur s'affiche en (mg/l) et en (%).

III.2.4.4) Le potentiel d'hydrogène

Le pH a été mesuré par la méthode électrique à l'aide d'un pH-mètre de terrain de marque WTW et de type : «PH 315 I/SET», muni d'une électrode. L'appareil doit être étalonné avec des solutions tampons à pH connu : à pH=4,01 pour le milieu acide ; pH=7,01 pour le milieu neutre et pH=10,01 pour le milieu alcalin. L'électrode est plongée dans l'eau de mer à analyser qui reste jusqu'à la stabilisation de la valeur du pH affiché. Cette électrode est rincée à l'eau distillée d'une station à une autre.

III.3) L'analyse au laboratoire

III.3.1) La matière en suspension (MES)

III.3.1.1) Principe de la méthode

Cette mesure consiste à filtrer un volume d'échantillon sur une membrane poreuse afin de retenir les particules supérieures à 0,45 µm (Aminot et Chaussepied, 1983). La différence de poids des filtres avant et après filtration nous renseigne sur la masse sèche totale de matières en suspension dans le volume filtré correspondant. La précision sur la concentration de MES dépendant du volume filtré et la sensibilité de la balance (Rodier et al, 2005).

III.3.1.2) Matériels utilisés (voir annexe III.1) :

- Filtres Whatman (GF/F) de diamètre 47 μm .
- Boîtes de conditionnement (boîte de pétries).
- Rampe de filtration ou système de filtration à 3 postes.
- Pompe à vide pour filtration. Muni d'un manomètre.
- Dessiccateur (contenant de gel de silice activé).
- Etuve de type WTB binder, réglé à 65°C.
- Balance de précision de type Denver Instrument M- 220D (au 1/100000g).
- Epruvette graduée de 250ml et une pince.

III.3.1.3) Mode opératoire

a) Préparation des filtres au laboratoire

- Les filtres GF/F sont mis dans l'eau acidulée (HCl à 1%) pendant une demi-heure puis rincées abondamment à l'eau distillée, Puis séchés à l'étuve pendant 24 heures à 70° C.
- Placer chaque filtre dans une boîte à filtre préalablement étiquetée, et Placer ans un dessiccateur pour refroidir.
- Peser le filtre pour avoir (P1) mg.
- Remplacer aussitôt chaque filtre dans sa boîte. A l'abri de la poussière.

b) filtration de l'eau de mer

Cette étape consiste à :

- Agiter l'échantillon prélevé avant sa filtration.
- Mesurer aussitôt le volume a filtré.
- Placer un filtre et le centrer dans le dispositif de filtration.
- Verser l'échantillon sur l filtre de filtrer progressivement tout le volume mesuré.
- Supprimer l'aspiration dès que le filtre est à sec et verser alors 5 à 10 ml d'eau distillée.
- Remettre chaque filtre dans sa boîte numérotée.
- Mettre les boîtes à sécher immédiatement.

c) séchage et pesée des filtres

- Mettre les boîtes contenant les filtres. Sans le couvercle, dans l'étuve exempte de poussières à 70°C pendant 2h (**Aminot et Chaussé-pied.1983**).

- Laisser refroidir dans un dessiccateur et ne pas faire sortir les filtres que juste avant la pesée.
- Peser chaque filtre pour avoir (P2) mg.

Calcul de la concentration en MES des échantillons

La concentration en MES est donnée par l'expression :

$$[\text{MES}] \text{ (mg/l)} = (\text{p2} - \text{p1}) / \text{v}$$

(p1) : poids du filtre sec avant filtration (mg).

(p2) : poids du filtre sec après filtration (mg).

(v) : volume de l'eau de mer filtré (l).

III.3.2) La matière organique dans l'eau de mer

Le milieu marin contient naturellement des composés organiques essentiellement des organismes vivants et de leur produit d'élimination et de dégradation. La matière organique et la matière inorganique constituent la concentration des eaux en matières en suspensions.

III.3.2.1) Principe de la méthode

Cette mesure consiste à calciner les filtres déjà utilisés pour la mesure de la concentration de la matière en suspensions. La teneur en matière organique est obtenue par la différence de poids des filtres avant et après calcination.

III.3.2.2) Matériels utilisés (voir annexe III.2) :

- Une balance de précision de type «Denver Instrument M- 220D» (précision : 1/10000g).
- Des creusés en porcelain.
- Four à moufle de type CWF 1200.

III.3.2.3) Mode opératoire

Les filtres issus de la mesure de la concentration de la MES, sont conservés dans un dessiccateur afin de déterminer la charge des eaux en MO, dans le but d'éviter qu'ils absorbent l'humidité de l'air.

- Après le nettoyage des creusés pour enlever toute la poussière, numéroter les.
- Plier chaque filtre en 4 à l'aide d'une pince et le mettre dans un creusé.
- Peser ensuite le creusé avec le filtre (P1).
- Placer les creuser dans le four à moufle à 600°C pendant 2 heures.
- Une fois les deux heures écoulées, attendre la descente progressive de la température jusqu'à qu'elle atteigne 100°C.

- Retirer les creusés à l'aide d'un bras métallique et les mettre dans un dessiccateur.
- Peser les filtres calcinés avec le creusé pour avoir (P2).

Le calcul de la concentration en MO s'est fait avec la formule suivante :

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

(P1) : est le poids du creusé avec le filtre avant calcination (mg).

(P2) : est le poids du creusé avec le filtre après calcination (mg).

(V) : volume de l'eau de mer filtré, (l).

III.3.3) Le taux de la matière organique dans le sédiment

L'une des méthodes d'évaluation de la teneur de la matière organique dans le sédiment, est la perte au feu (Rodier, 1996).

III.3.3.1) Mode opératoire

- Décongélation du sédiment.
- Mettre le sédiment dans des creusets puis l'étuve à 70°C pendant 24 heures (séchage).
- Pesée les échantillons avec une balance de précision, on obtient alors le poids (P1).
- Mise les échantillons au four à moufle à 600°C pendant 2 heures.
- On effectue une deuxième pesée (P2) qui est le poids du sédiment calciné.

La différence du poids entre (P1) et (P2) représente le poids de la matière organique contenue dans le sédiment.

$$\text{M.O(g)} = \text{P1} - \text{P2} \quad \text{où} \quad \text{M.O(\%)} = [(\text{P1} - \text{P2}) / \text{P1}] * 100$$

III.3.4) Turbidité

La turbidité est un indice de la présence de particules en suspension dans l'eau. Elle est déterminée à l'aide d'un turbidimètre. Cet appareil mesure la lumière dispersée par les particules en suspension avec un angle de 90° par rapport au faisceau de lumière incident (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 2016).

III.3.4.1) Matériels utilisés (voir annexe III.3) :

- Turbidimètre.
- Une Cuvette de 10 ml.

III.3.4.2) Mode opératoire

- Remplir la cuvette de 10 ml par l'eau à analyser.
- Placer la cuvette dans le puits de mesure et fermer le capot.

- Faire une lecture lorsque le signal est stable et noter le résultat.
- Les résultats sont exprimés en NTU et sont affichés directement par l'appareil.

III.3.5) Analyse calcimétrique

Les échantillons de sédiment qu'on a déjà prélevés lors de la sortie sur terrain sont mis au laboratoire afin de les utiliser pour les analyses après séchage et broyage.

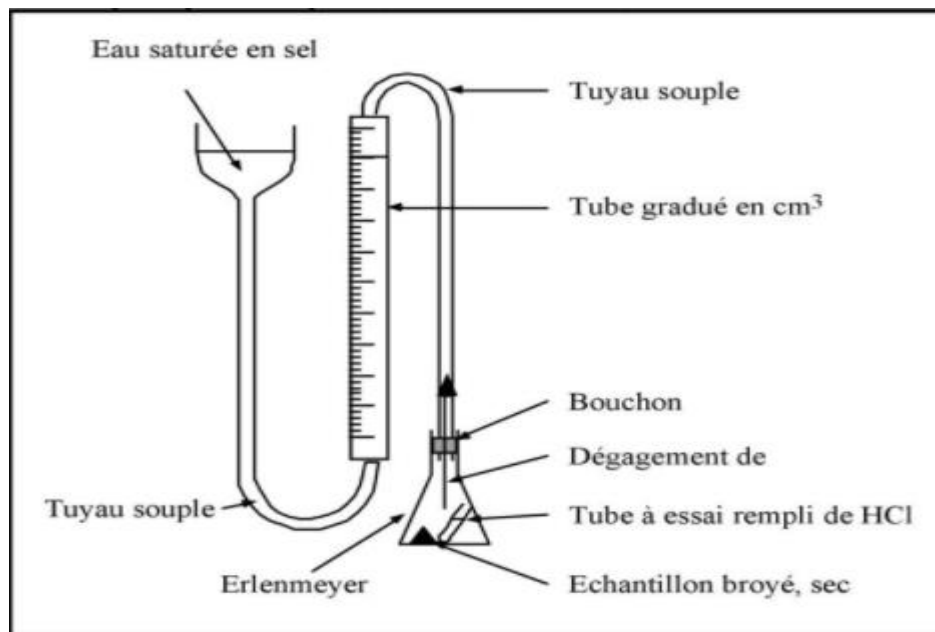
III.3.5.1) But de manipulation :

Calcul du le pourcentage de CaCO_3 dans les échantillons étudiés se fait en comparaison avec un échantillon témoin de carbonate pur (100% CaCO_3). (Aminot, Chaussepied, 1983).

III.3.5.2) Principe de manipulation :

Pour définir complètement une roche carbonatée, une mesure de la teneur en carbonate de calcium est nécessaire.

Le dosage du carbonate de calcium est basé sur l'attaque par l'acide chlorhydrique (HCl) dilué d'un échantillon d'une masse donnée à pression et température constantes. C'est le principe utilisé par le calcimètre de BERNARD.



Figure(III.2): le calcimètre de BERNARD.

On mesure le volume de CO_2 dans un tube manométrique après attaque de l'échantillon à l'acide chlorhydrique (HCl) suivant la réaction suivante :



On utilise l'eau saturée en sel pour éviter la perte de CO₂ à partir de leur réaction avec H₂O selon la réaction suivante :

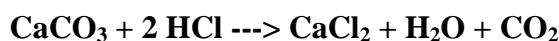


III.3.5.3) mode opératoire :

- On prépare une solution saturée de NaCl.
- Tarer la balance puis peser 0,5g de l'échantillon broyé.
- On remplit au même niveau le niveau de la solution saturée en NaCl du tube gradué et de l'ampoule du calcimètre et on note la division correspond au v₁ sur le tube gradué.
- On introduit 0,5g de carbonate pur ou 0,5g de l'échantillon à étudier dans l'enlemeyer.
- On remplit un petit tube avec de l'acide chlorhydrique (HCl 0,5M) et on l'introduit dans l'enlemeyer avec une pince et avec précaution pour ne pas le verser.
- On bouche l'enlemeyer avec le bouchon relié au tube gradué du calcimètre de Bernard.
- On renverse l'acide contenu dans le tube sur l'échantillon.
- On agite de temps en temps l'enlemeyer pour activer la réaction.
- À la fin de l'effervescence, on note la division correspond au v₂ sur le tube gradué.

Le volume de CO₂ dégagé est la différence des volumes V₂ - V₁

III.3.5.4) Le calcul de la teneur en CaCO₃ :



Si l'acide HCl est en excès, son action sur une mole de CaCO₃ (100g/mol) libère une mole de CO₂ (22,4 l soit 22400 ml).

Connaissant le volume de CO₂ dégagé (niveau final - niveau initial), faire un produit en croix pour calculer la masse de CaCO₃ attaqué.

Connaissant la masse de CaCO₃ et la masse de l'échantillon, faire un produit en croix pour calculer le pourcentage de CaCO₃ dans l'échantillon.

III.3.6) Dosage des sels nutritifs

L'analyse des sels nutritifs est faite par la méthode de colorimétrie à flux continu sur chaîne automatisée SKALAR (Auto-Analyser SAN PLUS) (troisième génération), selon les protocoles décrits par le constructeur SKALAR.

Le fonctionnement de l'appareil de dosage repose sur :

- Un principe dynamique simple : une veine liquide propulsée par une pompe péristaltique dans un circuit analytique spécifique à chaque paramètre analysé.
- Les réactions chimiques qui s'effectuent dans la veine liquide.

La chaîne automatisée SKALAR est pilotée par un microordinateur pour fournir un fichier numérique contenant les résultats relatifs à l'analyse.



Figure(III.3): L'Auto Analyser San Plus « SKALAR ».

III.3.6.1) Principe de dosage des sels nutritifs :

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

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

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

$$A = D.O = \log (I_0/I) = \epsilon.I.C \dots\dots (3)$$

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

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

I : la longueur du milieu traversé exprimé en cm.

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

III.3.6.2) Analyse automatique des sels nutritifs :

- **Dosage des nitrites** : Les nitrites (NO_2^-) forment un diazoïque par action avec la sulfanilamide en milieu acide $\text{pH} < 2$. Ce composé formera ensuite en présence de N-naphtylethylénediamine un composé azoïque de couleur rose absorbant la lumière à 540 nm (**Benschneider, Robinson, 1952, Skalar, 1998**).
- **Dosage des nitrates** : La méthode est basée sur la réduction des nitrates (NO_3^-) en nitrites (NO_2^-) par le passage de l'échantillon à travers une colonne réductrice de cadmium traité au cuivre (**Wood, 1967**). Les nitrites (en réalité $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ réduits) seront ensuite dosés par colorimétrie selon la méthode précédemment décrite. Il suffira alors d'en déduire la concentration des nitrites déterminés directement (sans passage de l'échantillon sur la colonne réductrice) pour trouver les concentrations des nitrates (**Rodier et al, 1996**).
- **Dosage des orthophosphates** : En présence d'antimoine oxytartrate de potassium à une température de 40° C (bain-marie), les ions orthophosphates (PO_4^{3-}) réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe antimoine phosphomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique (**Murphy, Riley, 1962**). Cette forme réduite de coloration bleue a un maximum d'absorption à 880 nm.
- **Dosage du silicium dissous** : Dans l'eau de mer, le silicium dissous se trouve à 95 % sous forme d'acide orthosilicique $\text{Si}(\text{OH})_4$ (**Aminot, Chaussepied, 1983**). Cette forme réagit avec le molybdate d'ammonium en milieu acide pour former un complexe silicomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique en un composé coloré en bleu absorbant à 810 nm. On y ajoute l'acide oxalique pour éviter les interférences des phosphates.
- **Etalonnage** : Cette opération nécessite la préparation d'une solution mère puis de solutions filles pour chaque élément à analyser (**voir annexe IV.1.1**).
- Les droites d'étalonnage sont établies automatiquement par le logiciel en utilisant les concentrations connues des solutions étalons et leurs hauteurs de pic correspondantes (**voir annexe IV.1.2**).

III.3.7) Analyse granulométrique

La granulométrie consiste à évaluer le pourcentage de la masse totale correspondant à la dimension des particules (Rivière, 1977).

III.3.7.1) Mode opératoire (matériel utilisé dans l'annexe V.1)

- Déposer les échantillons dans des boîtes de Pétri en verre.
- Séchage à 105°C pendant 24h dans une étuve.
- Prélèvement 200g de sédiment de chaque échantillon.
- Faire passer sous un courant d'eau « robinet » dans un tamis de 40 µm de diamètre afin de soustraire la fraction fine (pélites).
- Remettre les échantillons dans l'étuve à 105°C pendant 24h.
- Peser une deuxième fois.
- Tamiser mécaniquement sur une tamiseuse électrique.
- Peser le refus de chaque tamis.

Le diamètre des mailles de la série de tamis qu'on a utilisé dans l'ordre décroissant sont : 2000 µm- 1000 µm 800 µm- 630 µm -500 µm -400 µm -315 µm -250 µm-200 µm- 160 µm- 140 µm- 100 µm -80 µm - 63µm - 50 µm - 40 µm. Chaque tamisage dure 10 minutes.

III.3.7.2) Présentation des résultats : (Voir l'annexe V.3)

Les résultats de ces analyses ont été présentés sous forme de courbe cumulative :

- En abscisse logarithmique, le diamètre des particules.
- En ordonnée, le pourcentage des refus cumulés.

III.3.7.3) La fraction fine :

L'étude de la fraction fine consiste, d'abord à évaluer pour chaque échantillon, le pourcentage de cette fraction fine inférieure à 40 µm :

$$P_p(\%) = [(P_1 - P_2) / P_1] * 100$$

(**P_p**) : pourcentage des pélites.

(**P₁**) : poids initial (g).

(**P₂**) : poids final (g).

III.3.7.4) Les indices granulométriques :

➤ **Les indices de classement :**

- **L'indice central MZ :** Cet indice nous permet de positionner globalement l'échantillon sur l'échelle des dimensions des sédiments.

$$Mz = (\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84})/3$$

Où $\Phi = -\log_2 D$

- **Indice de classement Sorting de Trask (S₀) :** Il permet d'étudier le classement des sédiments. Il indique la dispersion des tailles par rapport à la moyenne de l'échantillon. (Chamley, 1987)

$$\text{Folk et Ward : } S_0 = [(\phi_{84} - \phi_{16})/4] + [(\phi_{95} - \phi_5)/6,6]$$

- **Indice d'asymétrie Skewness (SK) :** Il permet d'évaluer la tendance des sédiments vers le grossier, ou vers le fin.

$$\text{Folk et Ward : } S_k = ((\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50})/2 (\phi_{84} + \phi_{16})) + ((\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50})/2 (\phi_{95} + \phi_5))$$

Les différents indices granulométriques ont été calculés à partir de **MATLAB**. (Voir l'annexe IV.2)

Chapitre IV

Résultat et discussion

Dans le cadre de notre travail, l'échantillonnage a été réalisé à raison d'une sortie dans le but de connaître les paramètres physico-chimiques (eau, sédiments) dans la presqu'île de Sidi Fredj (port et plage ouest de Sidi Fredj). Les taux obtenus ont été comparés aux normes Algériennes en vigueur selon l'OMS et le journal officiel algérien. (**Annexe II**).

Pour l'analyse de l'eau, au total sept stations ont été choisies dont cinq au niveau du port, une dans la plage ouest et l'autre dans le large.

Les résultats obtenus par la mesure in situ des paramètres physico-chimiques et l'analyse des paramètres indicateurs de pollution sont présentés dans le texte et graphiquement par des histogrammes et des cartes réalisées sur **d'ArcMap 10.8**.

IV.1) Les paramètres physico-chimiques

IV.1.1) La température

Selon la **Figure (IV.1)**, on constate que la température en surface varie entre 23,9 C° et 22,4 C°. La valeur minimale est observée au niveau du large (St 07) et la valeur maximale est observée au niveau du bassin du port (St 04).

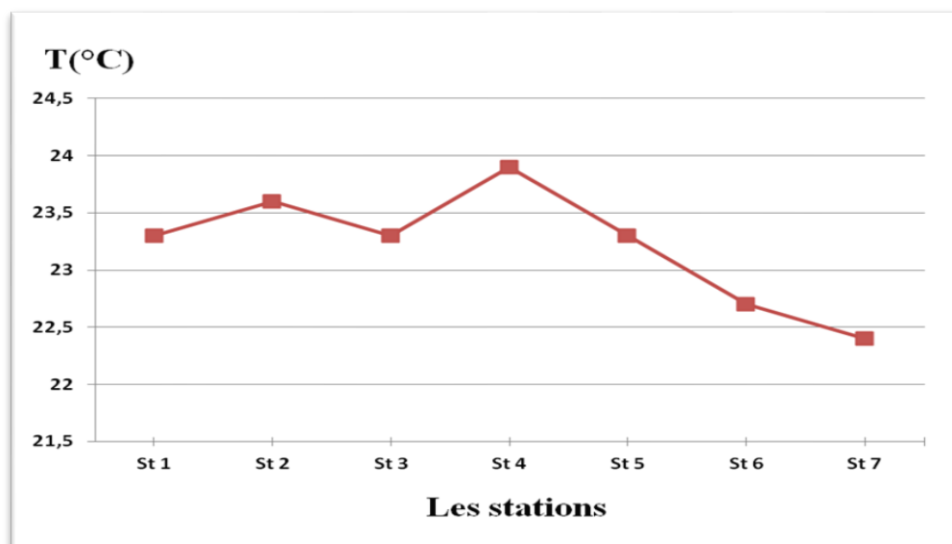


Figure (IV.1) : Variation de la température en fonction des stations.

D'après la **Figure (IV.2)**, on observe que les températures au niveau du port sont élevées par rapport au niveau des stations 6 et 7 en dehors du port. Ceci peut être expliqué par le fait que c'est un milieu semi-fermé, les contacts avec le large pour les changements des eaux sont limités et l'influence des rejets des eaux usées des établissements au alentour du port (hôtels

El Marsa, les restaurants et les cafés ...). Contrairement au niveau des stations 6 et 7 à l'extérieur du port qui sont en milieu ouvert et en agitation permanente.

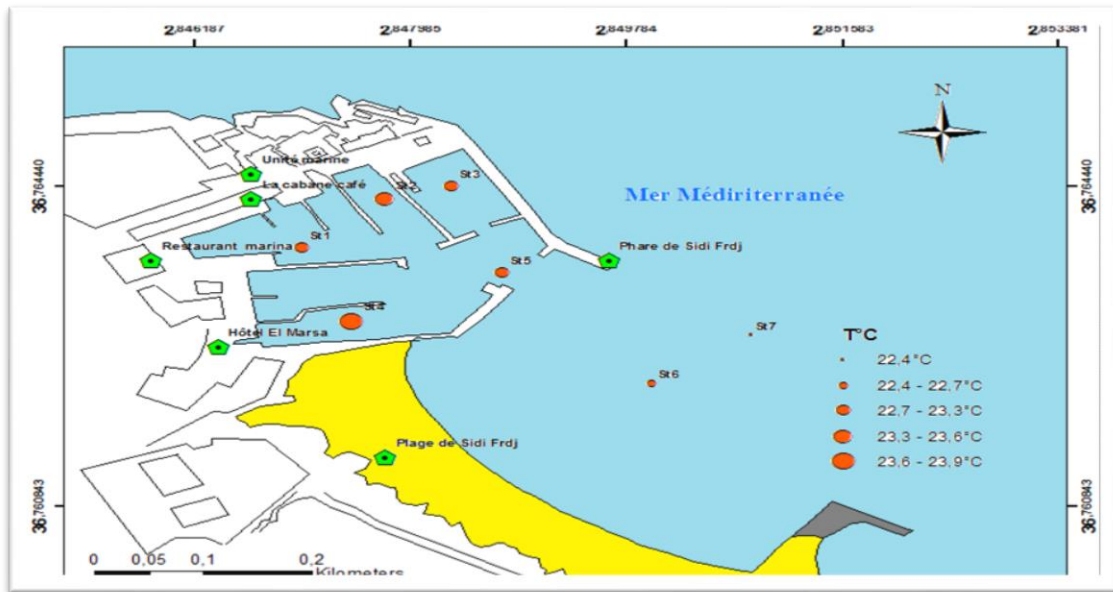


Figure (IV.2) : Carte de répartition de la température en fonction des stations.

IV.1.2) La salinité

Les valeurs de la salinité mentionnée dans la zone d'étude varient entre 37,3 et 34,6 PSU. Comme le montre la Figure (IV.3) :

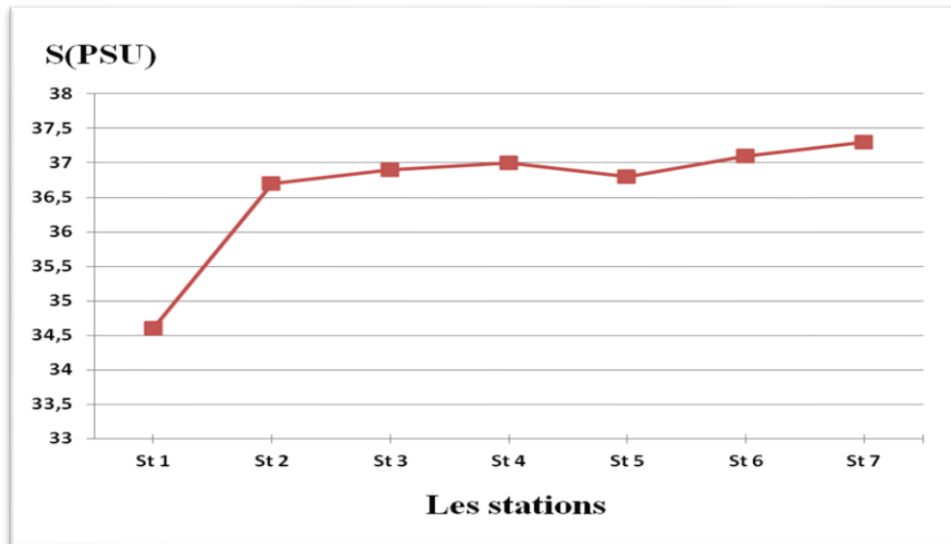


Figure (IV.3) : Variation de la salinité en fonction des stations.

D'après la Figure (IV.4), on trouve que la valeur la plus faible se situe au niveau de la station 1, et la valeur la plus élevée se situe au niveau de la station 7.

La basse salinité au niveau du port revient aux déversements des eaux usées (urbaines et l'eau provenant de la vidange des bateaux et du déballastage) et à la nature fermée du port.

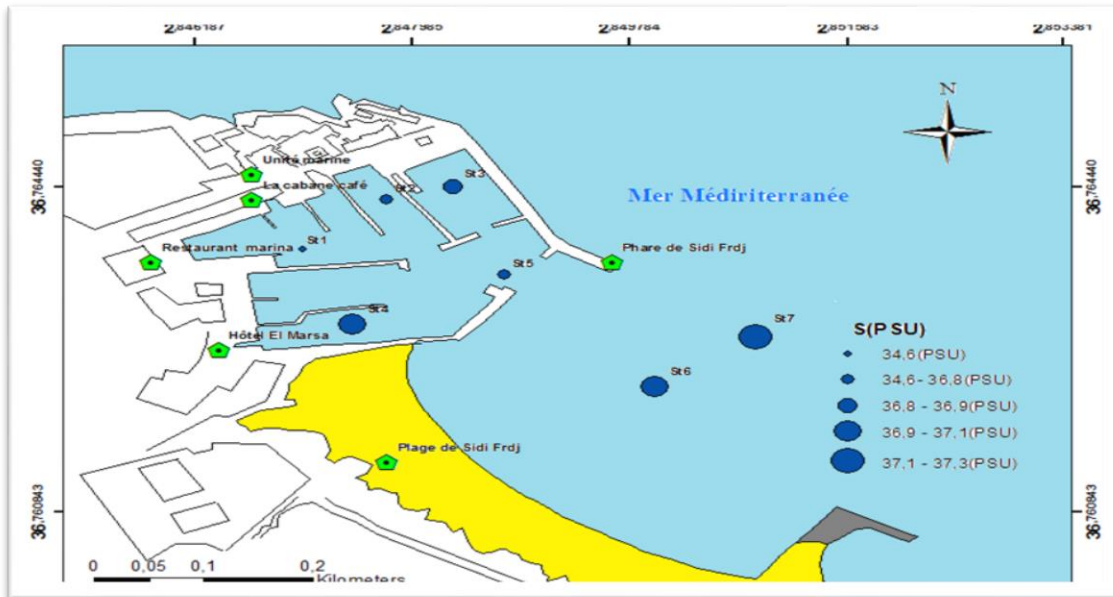


Figure (IV.4) : Carte de la répartition de la salinité en fonction des stations.

IV.1.3) La conductivité

Comme le montre la Figure (IV.5), Les valeurs enregistrées de la conductivité dans le port varient entre 52,4 (mS/cm) au niveau de la station 1 et de 55,8 (mS/cm) au niveau de la station 7.

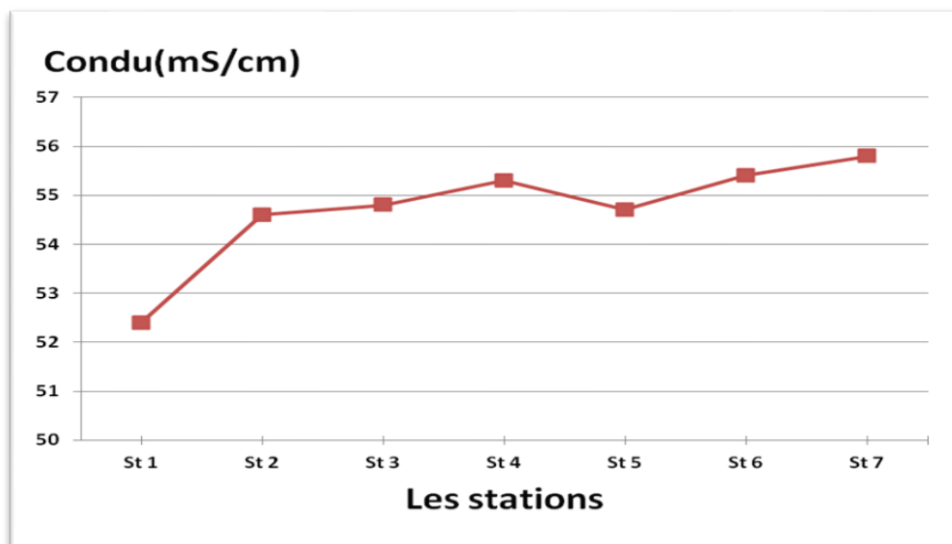


Figure (IV.5) : Variation de la conductivité en fonction des stations.

Selon la **Figure (IV.6)**, on estime qu'à l'intérieur du port les valeurs de la conductivité sont homogènes et relativement faibles par rapport à celle des stations 6 et 7 (55,4 mS/cm et 55,8 mS/cm). Nous remarquons que l'évolution de la conductivité est proportionnelle à la salinité.

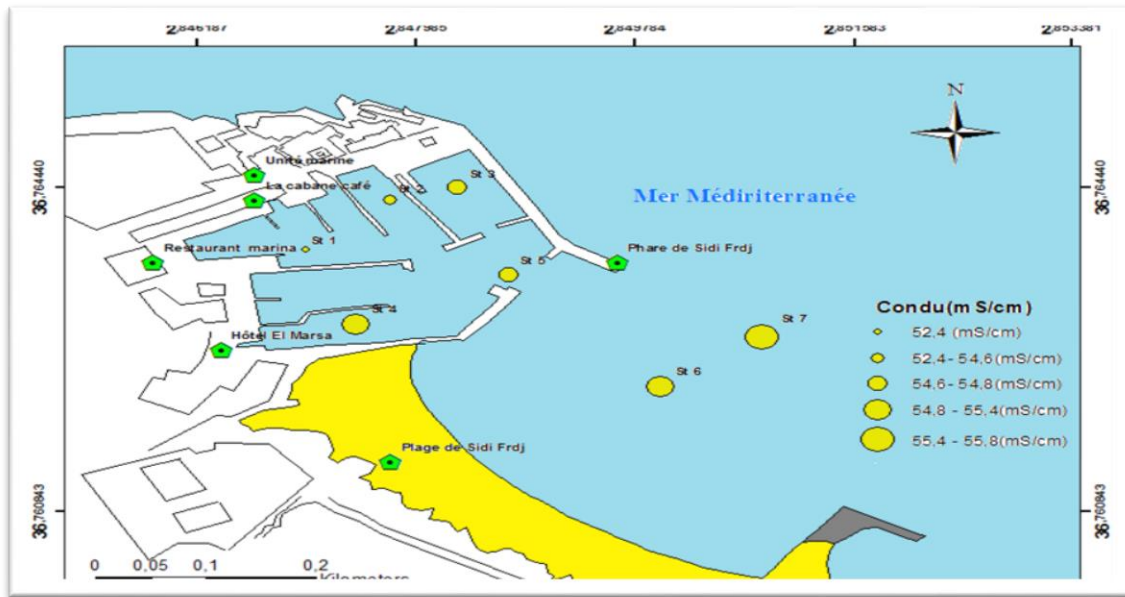


Figure (IV.6) : Carte de répartition de la conductivité en fonction des stations.

IV.1.4) Le potentiel Hydrogène

A partir de la **Figure (IV.7)**, On observe que les valeurs du pH sont comprises entre une valeur maximale de 8,05 au niveau de la station 7 et une valeur minimale de 7,79 au niveau de la station 1.

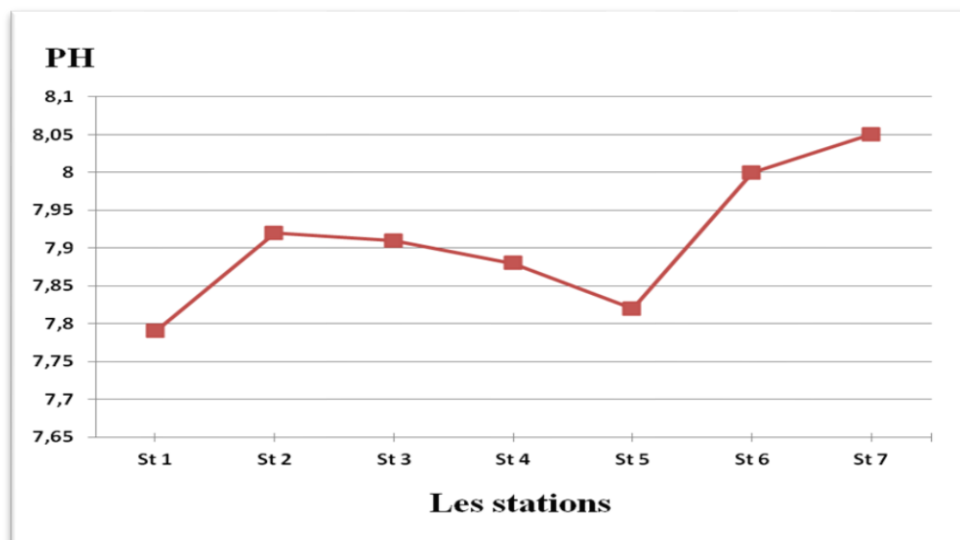


Figure (IV.7) : Variation de pH en fonction des stations.

D'après les résultats obtenus et représentés dans **la Figure (IV.8)**, la valeur moyenne du pH (7,92) est inférieure à celle de l'eau de mer qui est de 8,3 (**Aminot et Kérouel, 2004**).

Ces valeurs moyennes du pH sont plus ou moins homogènes sur l'ensemble des stations. Cependant les plus faibles valeurs sont observées au niveau du port, dues aux rejets d'eaux usées et à une acidification du milieu provoquée par le processus de la dégradation de la matière organique.

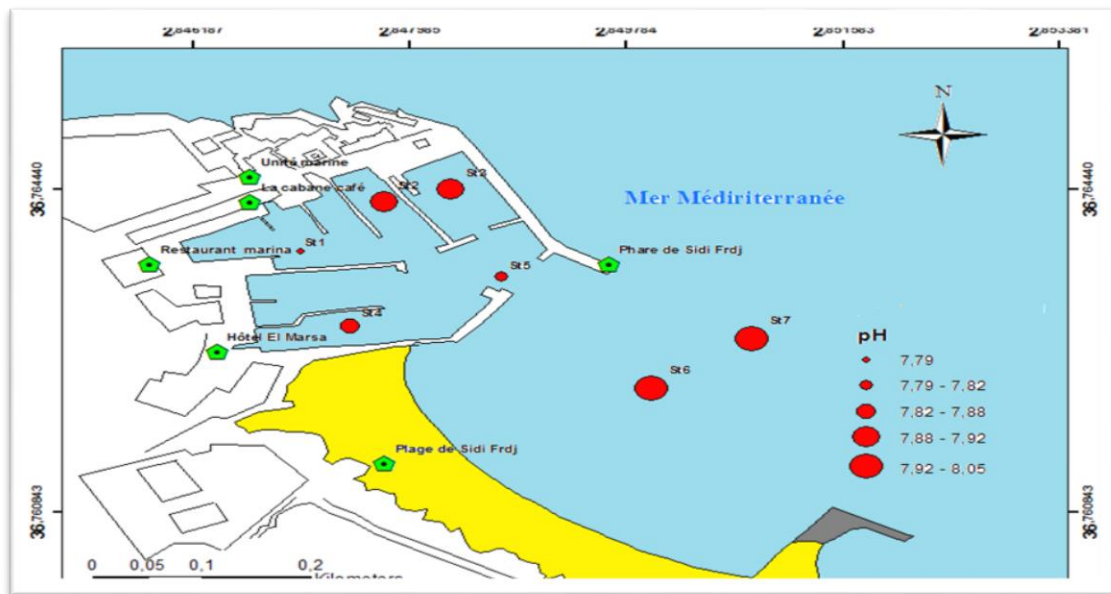


Figure (IV.8) : Carte de répartition du pH en fonction des stations.

IV.1.5 L'oxygène dissous :

D'après **La Figure (IV.9)**, on remarque que les teneurs de l'OD enregistrées dans le port varient entre 2,7 (mg/l) avec un taux de saturation de (28%) dans la station 1 et 6,04 (mg/l) avec un taux de saturation (62%) au niveau de la station 7, la moyenne calculée est de 3,4 (mg/l) et 35% de saturation en OD.

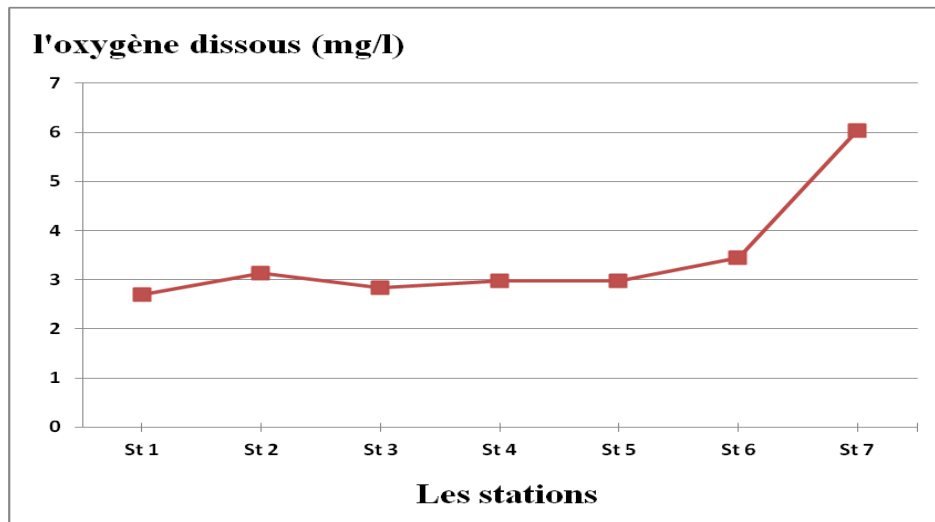


Figure (IV.9) : Variation de l'oxygène dissous en fonction des stations.

Selon la **figure (IV.10)**, la valeur la plus faible est observée au niveau de la station 1, où se trouvent les apports de la matière organique dans les rejets des établissements qui entourent le bassin (station 1), et la valeur maximale est signalée au niveau de la station 7 au large.

Les valeurs d'OD dans le port sont faibles par rapport à celle de la station 7 au large, probablement à cause de la forme semi-fermée du port qui empêche le renouvellement et les échanges des eaux ainsi que la consommation de l'OD pour la dégradation des composés organiques. Rappelons aussi que le jour de la prise de mesure l'état de la mer était calme ce qui diminue la diffusion de l'oxygène atmosphérique.

D'après les résultats retenus, on estime qu'il y a une sous saturation en oxygène dissous au niveau de l'ensemble de la zone d'étude et les espèces sont exposées à une hypoxie légère (une insuffisance en oxygène dissous).

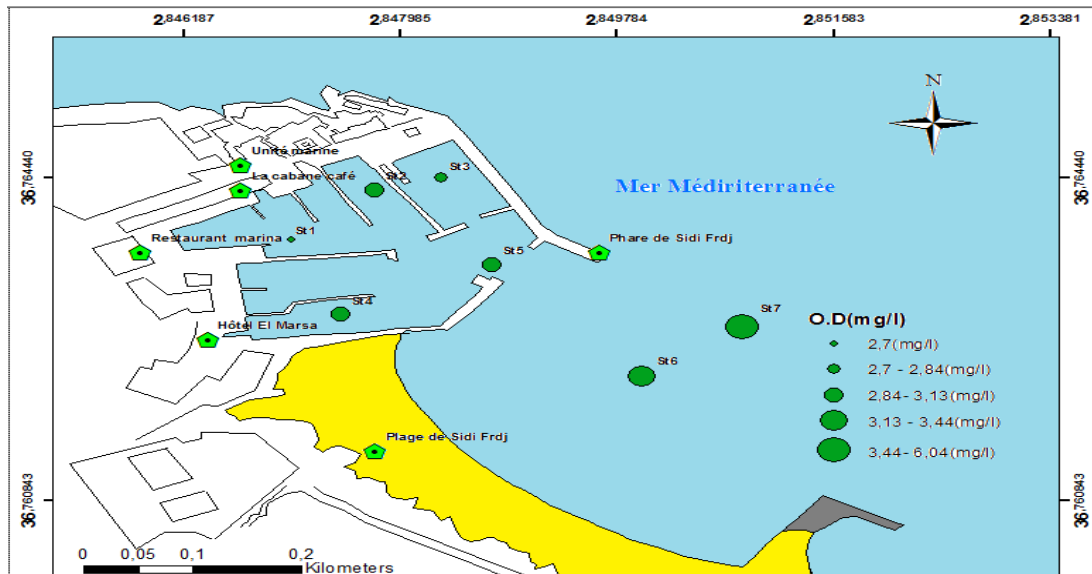


Figure (IV.10) : Carte de répartition de l’oxygène dissous en fonction des stations.

IV.2) Variation des paramètres mesurés au laboratoire :

Les résultats sont présentés graphiquement et sous forme des figures déterminant la répartition des paramètres en fonction des stations de prélèvement.

IV.2.1) La matière en suspension :

Selon La Figures (IV.11), Les valeurs de la MES sont comprises entre 31 mg/l au niveau de la station 3 et 39,5 mg/l au niveau de la station 6 avec une valeur moyenne de 34,7mg/l.

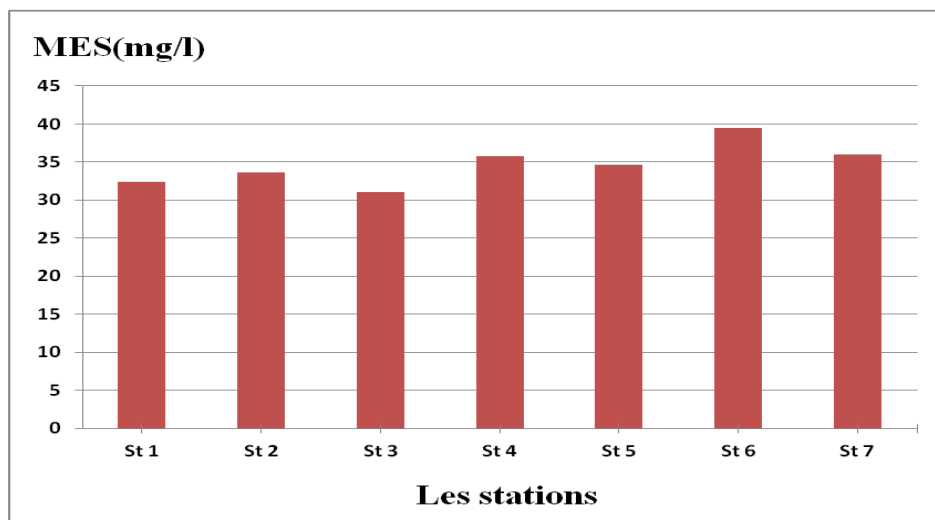
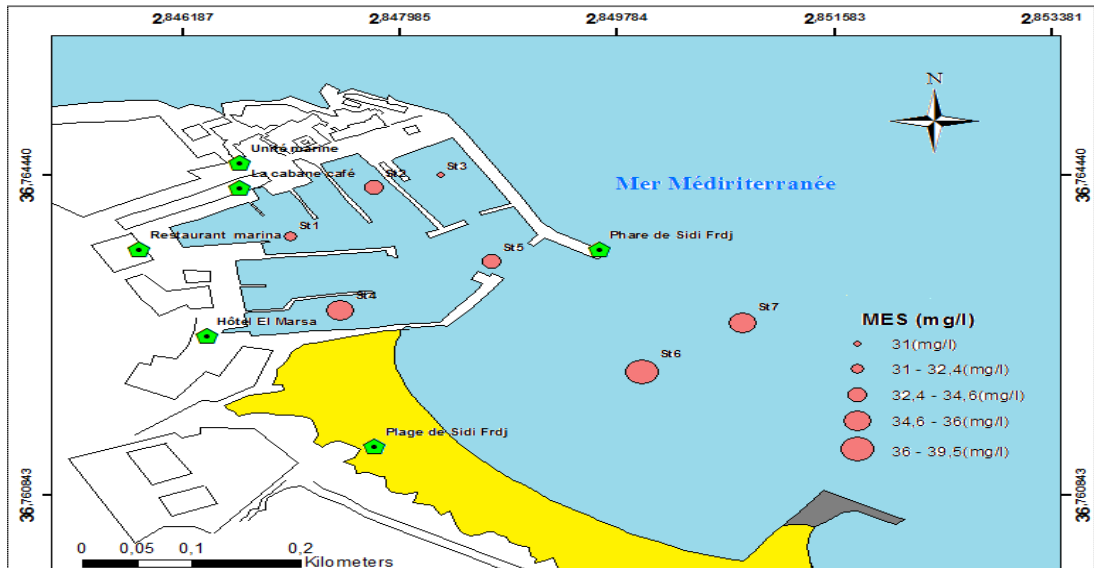


Figure (IV.11) : Variation de la matière en suspension en fonction des stations.

D’après la carte Figure (IV.12), On constate que la teneur élevée au niveau de la station 6 en d’hors du port est due à la circulation continue des bateaux (bateaux de plaisances, les yachts,

les jet-ski...) qui agitent et remettre en suspension les sédiments décantés, à l'inverse de la station 3 dans le port qui connaît une faible teneur en MES puisque ses eaux sont calmes et stagnantes.

On remarque aussi que la station 4 a une charge élevée (35,8 mg/l), cela est due probablement à la présence d'un rejet de l'hôtel El Marsa.



Figure(IV.12) : Carte de répartition de la matière en suspension en fonction des stations.

IV.2.2) Matière organique particulaire

A partir de la Figure (IV.13), on observe que les concentrations en MOP varient entre de 23,8 (mg/l) au niveau de l'entrée du port (station 5) et 18,8 (mg/l) au large (station 7).

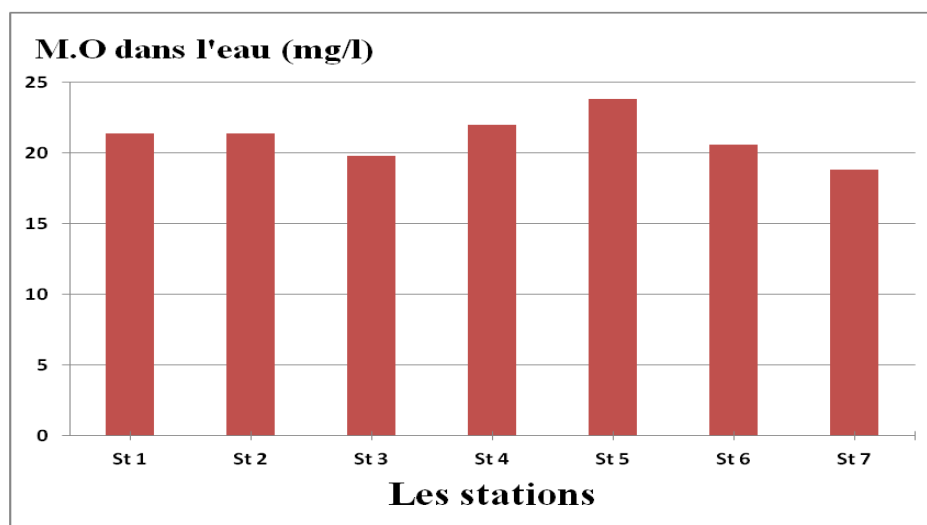


Figure (IV.13) : Variation de la matière organique particulaire en fonction des stations.

Selon la carte **Figure (IV.14)**, on remarque que les teneurs en matière organique particulière au niveau du port sont presque homogènes à l'exception de la station 5 au niveau de l'embouchure du port ce qui est expliqué probablement par le trafic des bateaux de plaisance qui cause l'agitation des masses d'eaux ou bien cette zone soumise à des rejets.

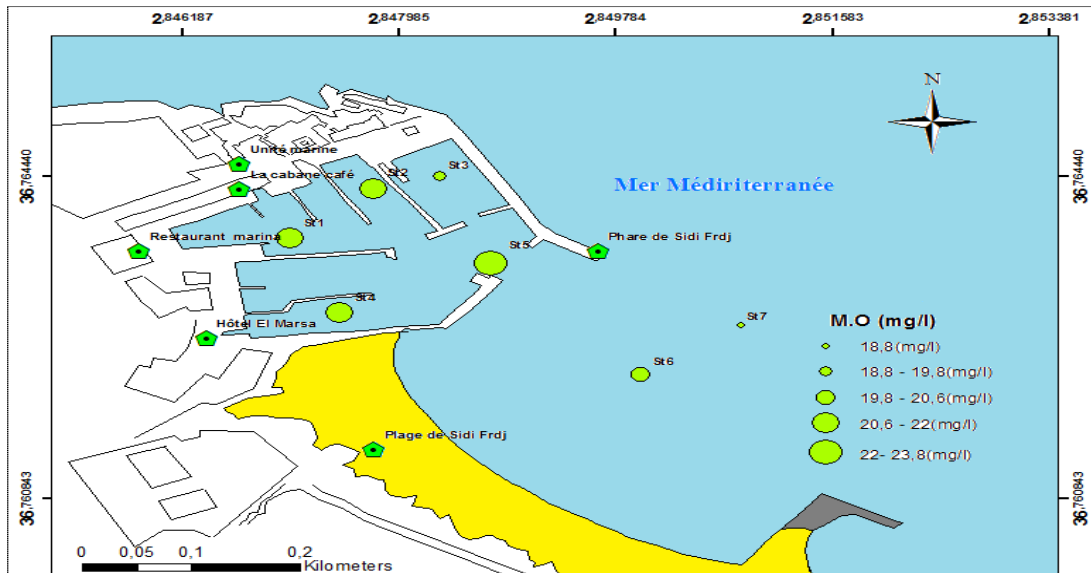


Figure (IV.14) : Carte de répartition de la matière organique en fonction des stations.

IV.2.4) Les sels nutritifs

Les données acquises dans le port de Sidi Fredj sont résumées ci-dessous, sous forme de valeurs minimales, moyennes et extrêmes, avec des représentations graphiques.

IV.2.4.1) Nitrites

D'après la **Figure (IV.15)**, on remarque que les valeurs de nitrites varient entre $0,0248 \mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 6 (à l'extérieure du port) et $0,1348 \mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 1 (à l'intérieure du port) avec une moyenne de $0,05 \mu\text{mol/l}$.

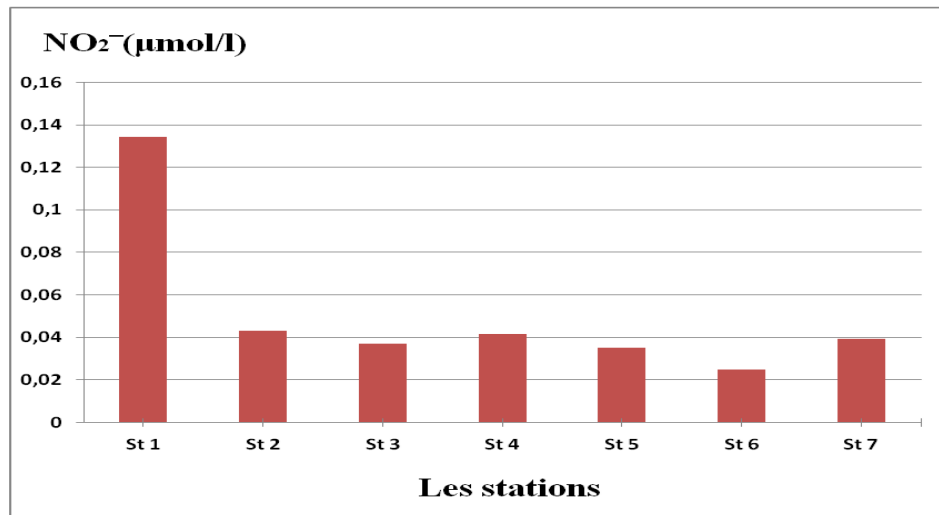


Figure (IV.15) : Variation des nitrites en fonction des stations.

Selon la **Figure (IV.16)**, on constate que les concentrations élevées ont été observées au niveau de la station portuaire (St 1), ceci s'explique par l'oxydation de l'ammonium originaire certainement de la matière organique issue de la charge polluante des eaux usées des rejets près de cette station.

Par ailleurs, les teneurs en nitrites sont faibles et relativement homogènes au niveau des autres stations.

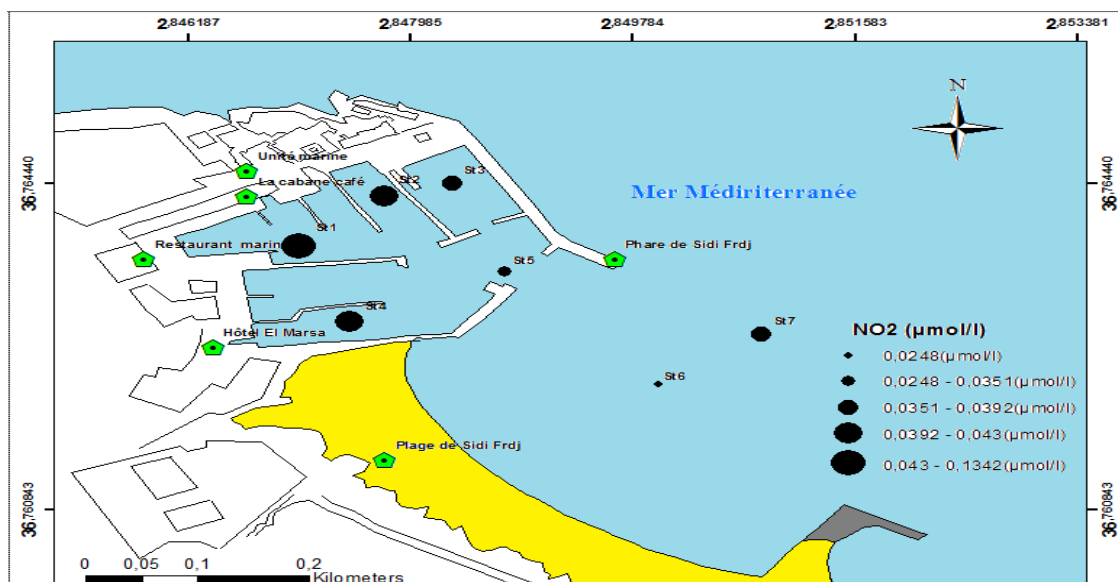


Figure (IV.16) : Carte de répartition des nitrites en fonction des stations.

IV.2.4.2) Nitrates

A partir de la **Figure (IV.17)**, on remarque que les valeurs de nitrates varient entre 0,1404 $\mu\text{mol/l}$ (station 2) dans le port et 0,0491 $\mu\text{mol/l}$ (station 7) à l'extérieur du port avec une moyenne 0,0795 $\mu\text{mol/l}$.

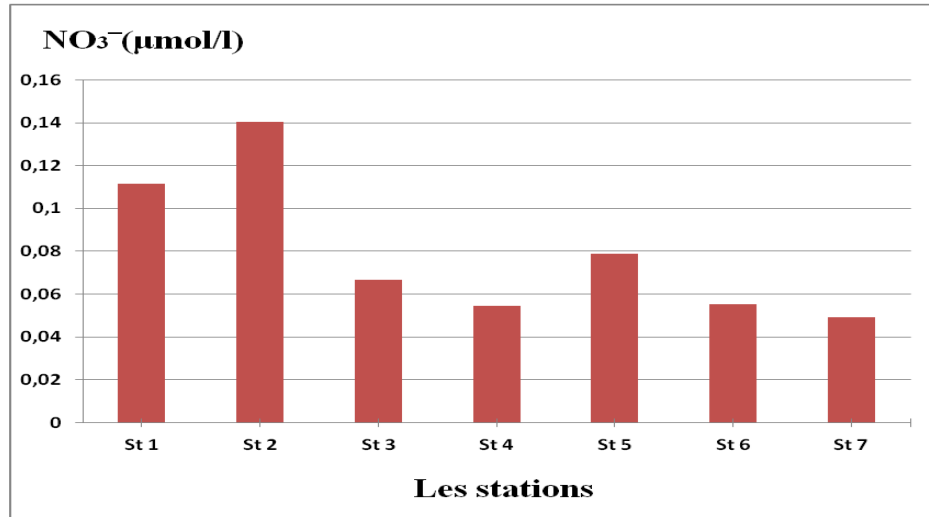


Figure (IV.17) : Variation des nitrates en fonction des stations.

Selon la **Figure (IV.18)**, les concentrations les plus élevées en nitrates ont été observées au niveau des stations du port (S1, S2, S3 et S5), ceci peut être dû aux activités anthropiques et à l'oxydation des matières azotées par les bactéries. Rappelons aussi qu'il existe des rejets au niveau de ses bassins.

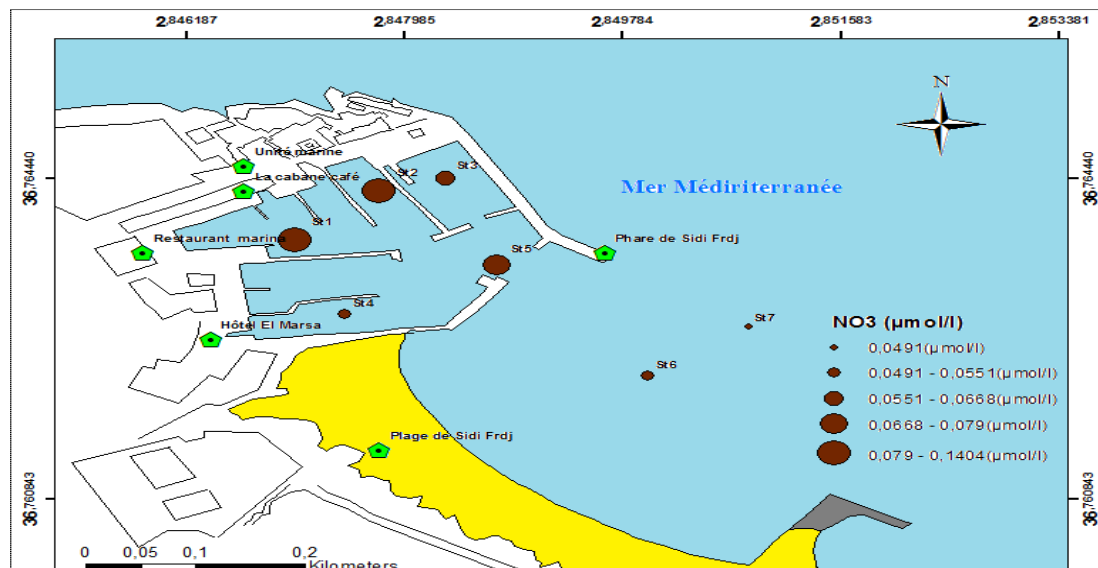


Figure (IV.18) : Carte de répartition des nitrates en fonction des stations.

IV.2.4.3) Les orthophosphates

Selon la **Figure (IV.19)**, on observe que les concentrations en orthophosphates varient entre 0,0436 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 4 et 0,3075 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 1 à l'intérieur du port avec une moyenne de 0,09 $\mu\text{mol/l}$.

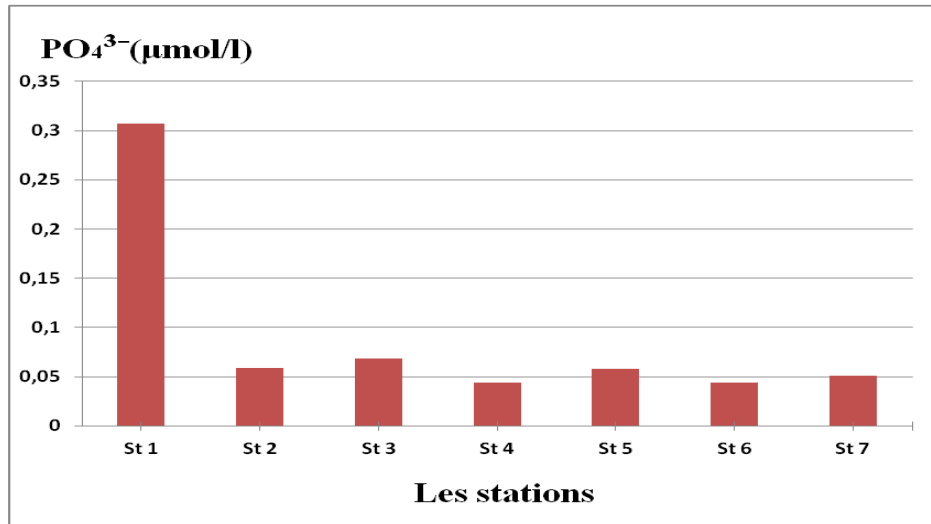


Figure (IV.19) : Variation des orthophosphates en fonction des stations.

D'après les représentations graphiques **Figure (IV.20)**, on remarque que la concentration la plus importante est de 0,3075 ($\mu\text{mol/l}$), cette valeur était enregistrée au niveau de la station 1 dans le port. Cela s'explique par le fait que les orthophosphates proviennent de la dégradation de la matière organique ou des polyphosphates utilisés pour le traitement des eaux ou comme adjuvants actifs dans les détergents.

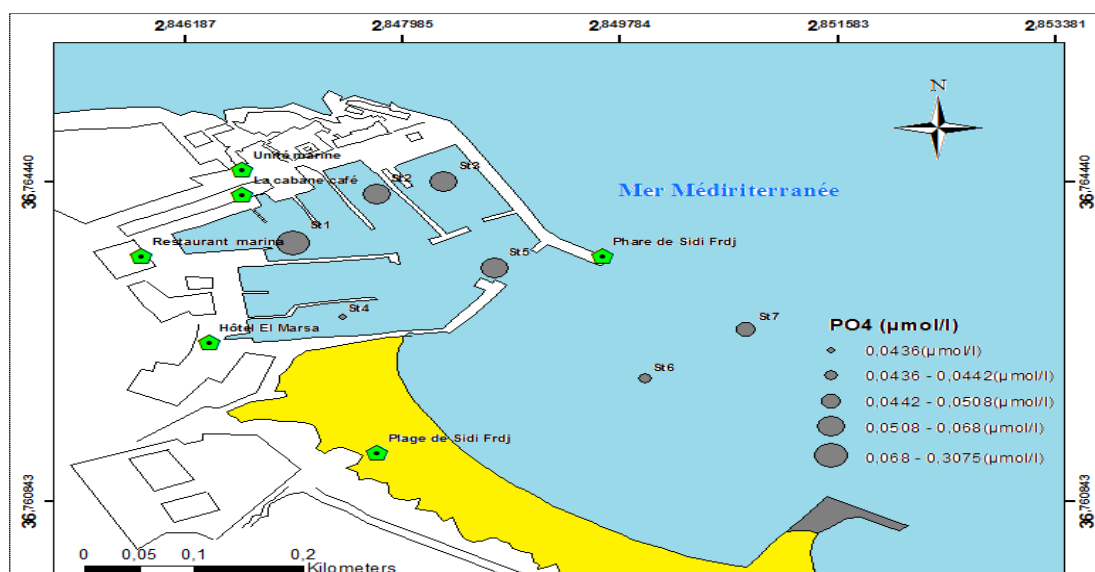


Figure (IV.20) : Carte de répartition des orthophosphates en fonction des stations.

IV.2.4.4) Les silicates

Les teneurs en silice varient entre 0,155 à 1,373 $\mu\text{mol/l}$, avec une moyenne de 0,421 $\mu\text{mol/l}$. Les résultats obtenus sont représentés dans la **Figure (IV.21)**.

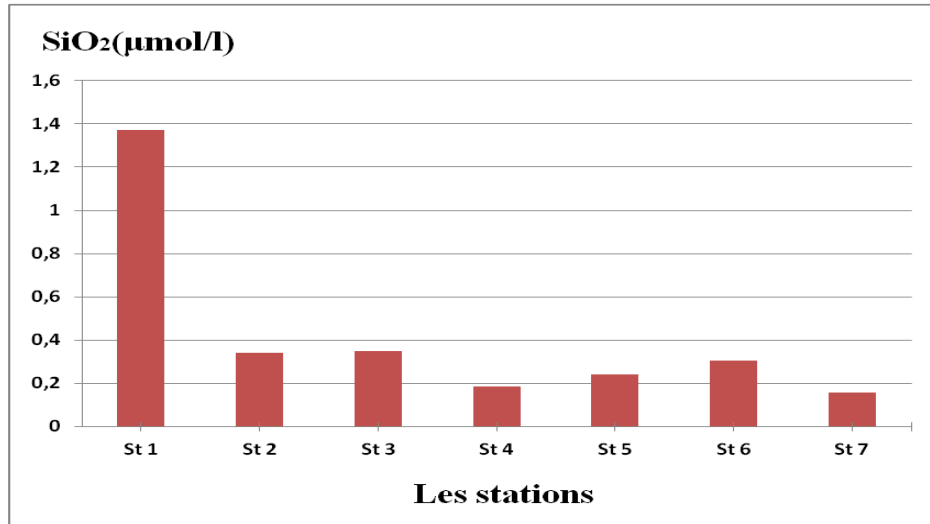


Figure (IV.21) : Variation de la silice en fonction des stations.

D’après la **Figure (IV.22)**, on constate que la forte concentration en silice est enregistrée au niveau du port (station 1) et la valeur moyenne de la silice est plus élevée par rapport à l’extérieur (station 6 et 7).

Cette richesse en silice dissoute peut être en relation avec les apports côtiers et celui des rejets et/ou encore avec la dissolution des tests siliciques et la diffusion à partir des sédiments marins (**Houma et al., 2009**).

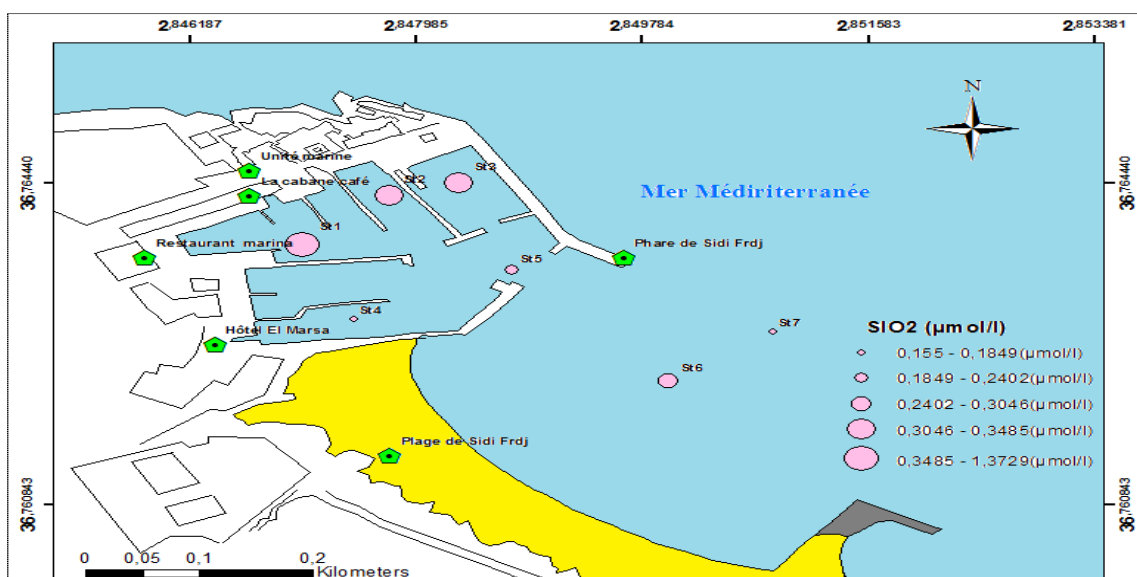


Figure (IV.22) : Carte de répartition de silice en fonction des stations.

IV.2.5) La matière organique dans le sédiment

Les pourcentages de la matière organique particulaire varient entre un minimum de 0,94% (Station 7) et un maximum de 2,88 % au niveau de (Station 1).

La figure montre la représentation graphique de ce paramètre

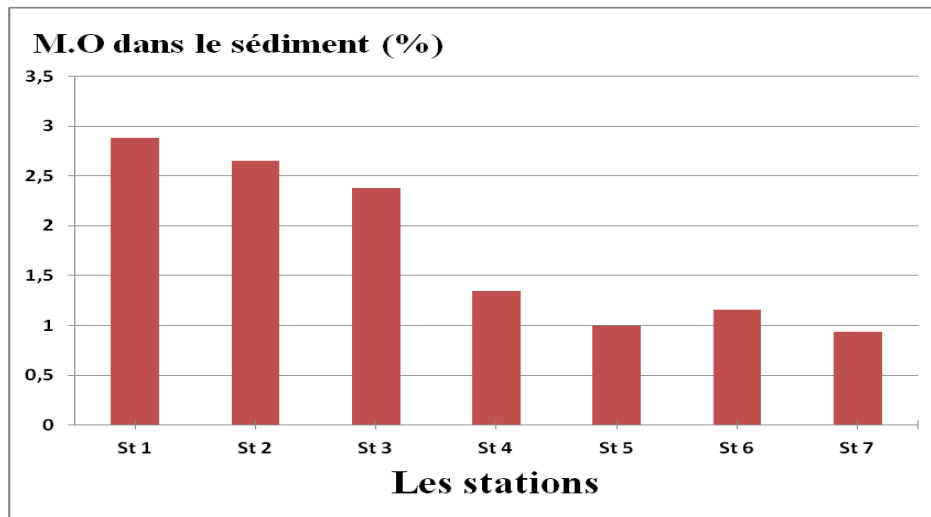


Figure (IV.23) : Variation de la matière organique en fonction des stations.

D'après la **Figure (IV.24)**, on trouve que les valeurs de la MOP dans le sédiment sont élevées au niveau du port particulièrement dans les stations (1,2 et 3) par rapport aux stations en dehors du port.

La forte teneur en matière organique est expliquée par la présence d'une pompe à essence au niveau de la station 2 et la diffusion de ses rejets vers la station 1, et la présence de déversement des eaux usées dans la station 3.

Cet excès est expliqué par la décantation de la matière en suspension qui est favorisée par le confinement du port et l'absence de l'hydrodynamisme.

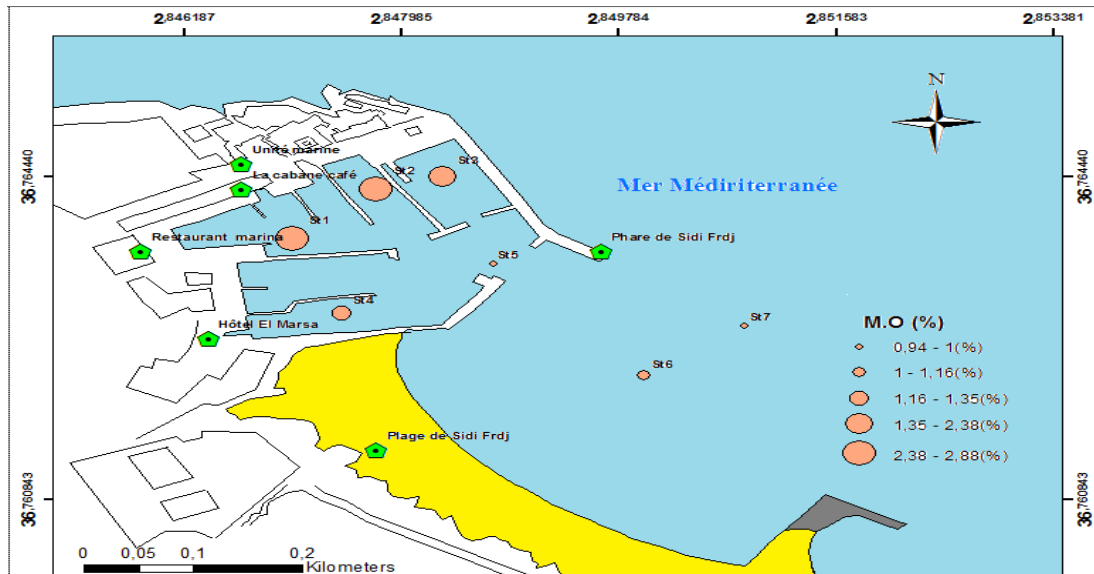


Figure (IV.24) : Carte de répartition de la matière organique en fonction des stations.

IV.2.6 Calcimétrie

D'après la Figure (IV.25), les carbonates de calcium sont présents dans les sédiments du port de sidi fredj avec des taux qui varient d'un minimum de 7 %(station 5) à un maximum de 9,66 % (station 2) avec une moyenne de 8,14 %.

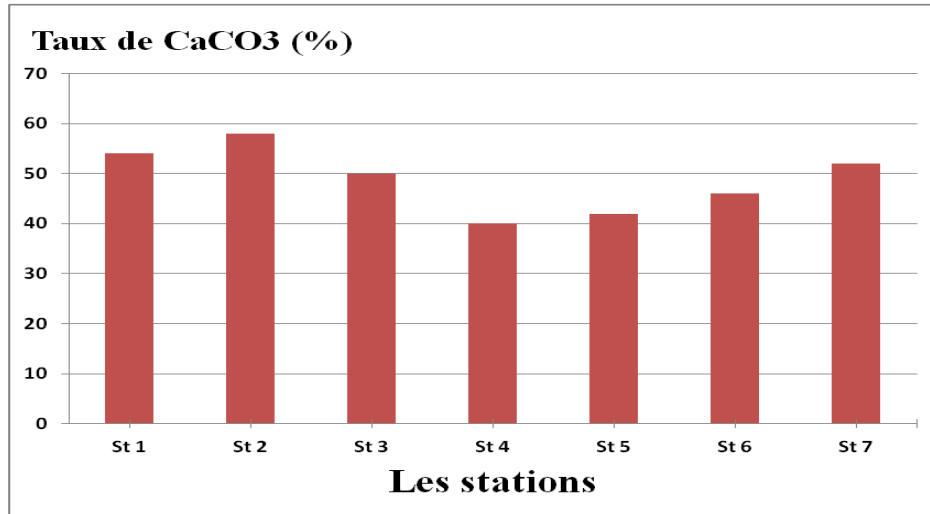


Figure (IV.25) : Variation du taux de CaCO₃ (%) dans le sédiment en fonction des stations.

A partir de la Figure (IV.26), on constate que ces résultats d'étude calcimétrique permettent de connaître la part des sédiments biogènes, ou débris coquilliers et de suivre les migrations des sédiments nés dans des régions riches en plantes ou animaux fabriquant du calcaire.

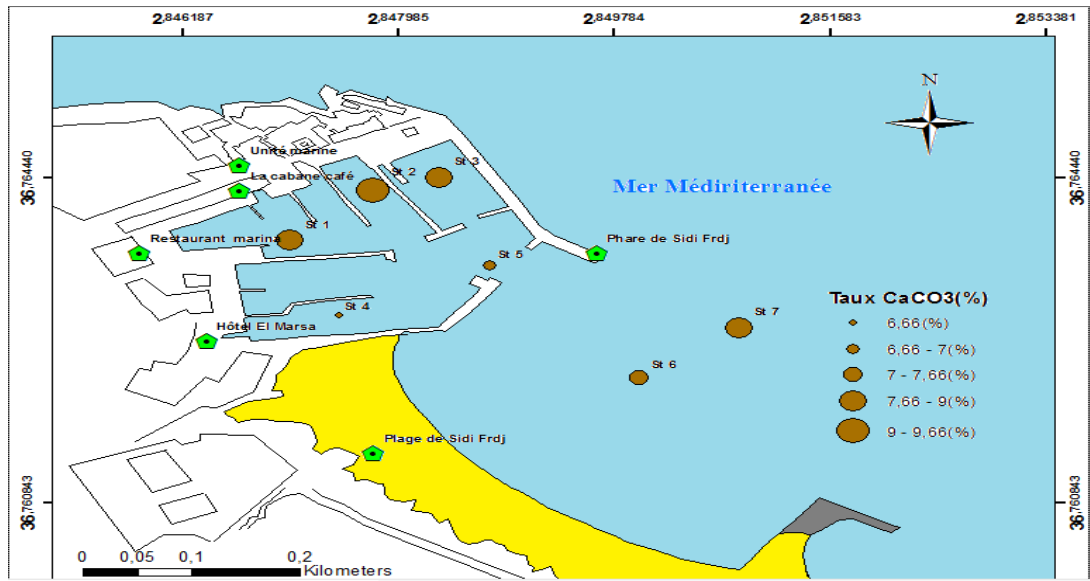


Figure (IV.26) : Carte de répartition des Taux de CaCO₃ en fonction des stations.

IV.3) Résultats des analyses des sédiments

IV.3.1) Résultats et discussion de l'analyse de la fraction pélitiques :

Selon la Figure (IV.27), on remarque que le pourcentage des pélites s'échelonne entre 5,1% (St2) et 0,069% (St5).

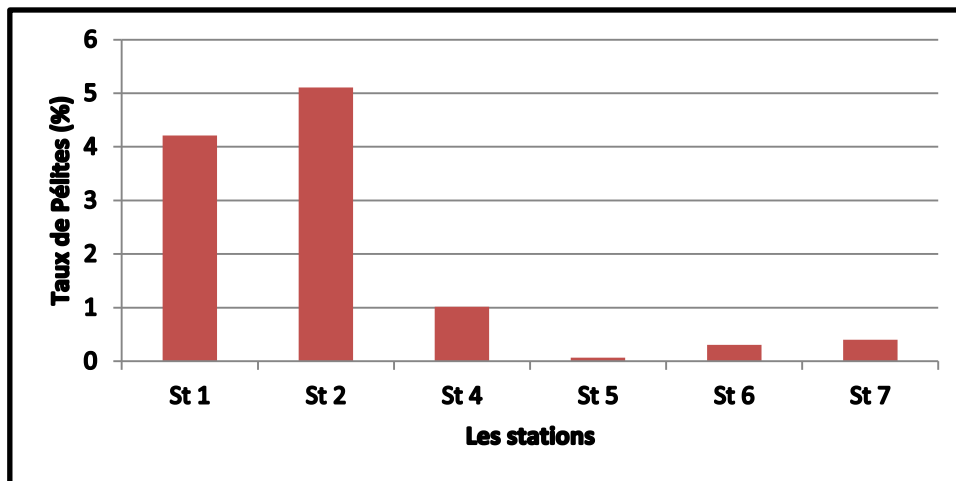


Figure (IV.27) : Variation des taux de pélite (%) dans les sédiments du port de Sidi Fredj.

A partir de la Figure (IV.28), le taux des pélites enregistrés au niveau de (St5), la passe d'entrée du port, la (St6) et (St7) sont faibles cela est due aux renouvellements des eaux par les houles et les courants qui empêchent la sédimentation. Les valeurs élevées des taux de la fraction fine dans le sédiment à l'intérieur du port (St1, St2, St4) peuvent être expliquées par

le fait que le port est un milieu semi-fermé (zones calmes) donc, soumis à la stagnation des eaux et au faible gradient de courant à l'intérieur des bassins.

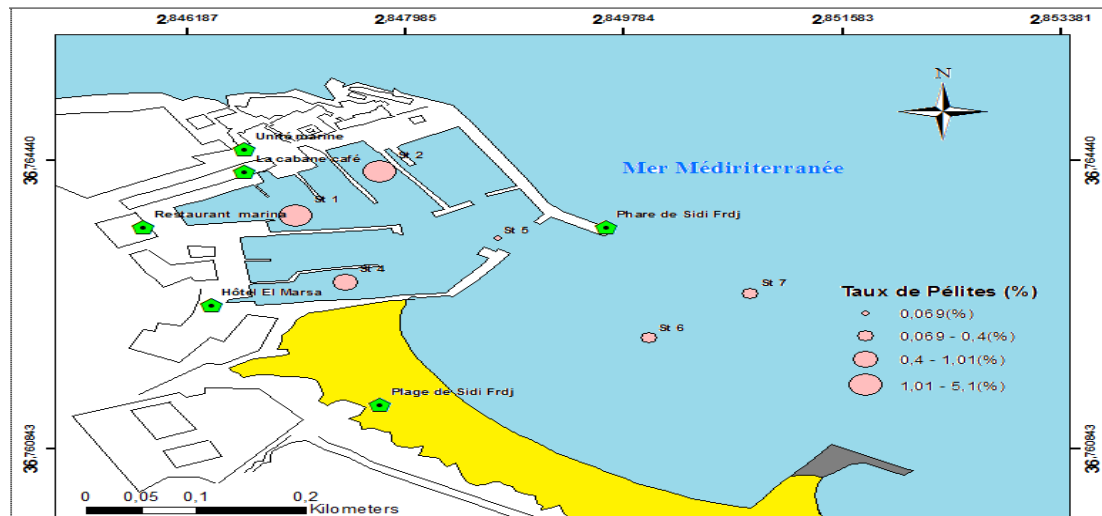


Figure (IV.28) : carte de répartition de la distribution de la fraction pélitique dans les sédiments en fonction des stations.

IV.3.2) Résultats des indices granulométriques

Après avoir calculé les différents indices granulométriques à partir de **MATLAB** et les avoir classés, on obtient les résultats élaborés dans le tableau suivant :

Tableau IV.1 : Calcul des indices granulométriques et interprétation des résultats.

Stations	Mz	Classification du diamètre moyen	S ₀	Classification du tri	Sk	Classification d'asymétrie
St1	0,27081	Sable moyen	4,1839	Faiblement classé	0,8074	Classement maximum vers les fines
St2	0,18487	Sable moyen	3,3497	Normalement classé	0,80542	Classement maximum vers les fines
St4	0,17357	Sable moyen	1,6451	Bien classé	0,88372	Classement maximum vers les fines
St5	0,17525	Sable moyen	1,4412	Bien classé	0,82631	Classement maximum vers les fines
St6	0,1481	Sable moyen	1,4864	Bien classé	0,86354	Classement maximum vers les fines
St7	0,13071	Sable moyen	1,3769	Très bien classé	0,98115	Classement maximum vers les fines

D'après le tableau, les résultats obtenus pour le Mz, on peut constater qu'il y a une dominance de sable moyen qui occupe la majeure partie du port.

A partir des résultats obtenus pour le S_0 , on constate que les valeurs sont diversifiées, ce qui permet de dire qu'il y a une hétérogénéité de classement, à l'exception de l'échantillon 7 qui est très bien classé.

Nous remarquons selon les valeurs de Sk , que la majorité des stations sont inférieures à 1 et supérieures à 0,7, cela nous informe que le classement tend vers les fines et l'asymétrie est très positive

Remarque : La station 3 a été annulée car elle contient peu des sédiments (insuffisant pour l'analyse).

Selon l'étude d'**Aifoun (2011)**, les valeurs de S_0 durant l'année 2011 est inférieure à celle de l'année 2021. Donc selon l'indice de Trask S_0 de (**Folk, 1996**), on constate qu'il ya un changement dans le classement de sédiment, de sédiment très bien classé au sédiment bien classé.

Les valeurs de Sk durant l'année 2011 est presque identique à celle de l'année 2021. Donc selon l'indice d'asymétrie Sk de (**Folk, 1996**), on constate que le classement des sédiments est un classement maximum vers les fines.

Conclusion

Conclusion :

L'objectif principal de notre étude est l'évaluation de l'état globale du port de Sidi Fredj. A cet effet, deux matrices ont été étudiées. Il s'agit des eaux de surfaces et les sédiments qui ont été mentionnée comme des indicateurs de pollution.

Des mesures de certains paramètre physico-chimique ont été réalisées au bord de l'embarcation alors que d'autres ont été effectué au niveau du laboratoire.

L'analyse des paramètres physico-chimique sur les 07 stations de prélèvement de l'eau de mer, a permis de signaler les constatations suivantes :

- Le potentiel d'hydrogène et la température mesurés in situ restent conformes aux normes Algérienne (**JORA, 2006**).
- Par contre, les valeurs de la salinité sont faible par rapport à celle de la méditerranée, ceci est expliqué par les apports continentaux des différents rejets qui se déversent dans la zone.
- La charge moyenne en MES dans le port de Sidi Fredj reste en général proche de la norme Algériennes (**JORA, 2006**), sauf aux stations qui sont situées à l'extérieure du port.
- Une sous-saturation en oxygène dissous renseigne sur la faible activité photosynthétique et son utilisation pour la dégradation de la matière organique.
- Pour la matière organique dans le sédiment les concentrations sont plus au moins élevées, les teneurs dépassant 1% sont considérées pour la mer Méditerranée comme très élevées. (**Chamley 1987 in Tazi Ch et Touahir N, 2011**)

L'analyse des sels nutritifs nous a permis de conclure que Les eaux de mer du port de Sidi Fredj ont révélé des faibles teneurs en nitrite et nitrate par contre des fortes teneurs en silicate et phosphore ceci est dû aux apports côtiers, des détergents utilisés lors de l'entretien des bateaux de plaisances, les eaux de ruissèlement et les rejets qui se trouve à l'intérieur du port.

Concernant les sédiments, on a réalisés deux analyses :

- Analyse granulométrique qui nous a permis de connaitre la nature des grains et le taux de pélites qui nous donne une vue globale sur l'hydrodynamisme dans cette zone.
- Calcémetrie qui nous a permis à détecter la présence des sédiments riche en calcaire et la part des sédiments biogènes.

A partir des informations recueillies, l'état du port de Sidi Fredj nécessite une prise en charge qui doit être rapidement mise en œuvre pour assurer le développement durable de la façade maritime de notre pays.

Il convient de mettre en place des mesures draconiennes de salubrité des plan d'eaux portuaires, telles que des aspirations des eaux de surface polluées par les carburants, des mesures sanitaires pour limiter la pollution de type urbain et la mise en point au plan national ou international, de peintures antisalissure biodégradables pour les bateaux, Sensibiliser les usagers et personnels du port pour éviter les comportements à risque comme le stockage des huiles usagées à même les voiries portuaires.

Pour une bonne évaluation de l'état de port :

- il faut mesurer d'autres paramètres (Hydrocarbures, métaux lourds ...) dans l'eau et le sédiment.
- Mise en place d'une cellule de vigilance et suivi quotidien du niveau de pollution à l'intérieur du port avec l'élaboration de lois dissuasives pour protéger l'environnement côtier.
- Un suivi à long terme des caractéristiques des eaux du port.

Bibliographie

- **Agostini, F., (2006)** - Inertage et valorisation des sédiments de dragage marins. Thèse de doctorat. Environnement. Université des Sciences et Techniques de Lille, p.p. 207.
- **Aifoun, F., Bezghiche, K., (2011)**. Analyse granulométrique au niveau de port de Sidi-fredj. Aménagement. DEUA. Dely Brahim. ENSSMAL, p.p. 21.
- **Alzieu, C., (1989)**. L'eau : milieu de culture. In Aquaculture. 2ème. Paris : Tec et Doc, p.p. 16-43.
- **Amiard –Triquet, C et Amiard J.C., (1980)** – Radioécologie des milieux aquatiques .Ed . Paris : MASSON, p.p. 191.
- **Aminot, A et Chaussepied M, (1983)**. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest : CNEXO, p.p. 395.
- **Aminot, A et Kerouel, R. (2004)** Hydrologie des écosystèmes marins Paramètres et analyses. France : Ifremer, p.p. 336.
- **Azzouzg, M., Lamani, K., (2005)**. contribution a l'évaluation de la contamination bactériologique des eaux littorales : cas de l'émissaire de l'hôpital de bainem. Mémoire d'ingénieur, option environnement littoral. Dely Brahim : ISMAL. p.p.50.
- **Batoul, B., (2018)** Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Cheliff (Algérie). Thèse de Doctorat. UNIVERSITÉ DE PERPIGNAN. p.p. 14-15.
- **Bellahsene, Y., (2001)**. Etude de dragage et site de dépôt des matériaux : le port de sidi fredj. Mémoire de fin d'études. Aménagement. Dely Brahim : ISMAL. p.p. 2-8.
- **Benschneider, K., Robinson, R.J. (1952)**. A new spectrophotometric method. Rome: FAO, p.p. 137-238.
- **Berard P., (1973)**. Etude hydrogéologique : Terroir de tiébélé. Ed. LCHF géohydraulique AAVV.
- **Berraho, A., (2006)**. Ressources halieutique et potentialités aquacoles au Maroc : Edi. Okad. p.p.82.
- **Bouderbala, M., (1997)**. Etat actuel de la pollution marine par les métaux lourds et son impact sur les cétacés dans le bassin algérien. Mémoire de Magister, Oran : Université d'Oran, p.p.138.
- **Boulahdid, M., (1987)**. Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Etude du mélange des masses d'eaux et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan. Thèse de Doctorat, France : Université de paris, p.p. 266.

- **Bradai, M. N., (1994).** Mémoire sur la floraison et la fructification de deux phanérogames marines.
- **Bremond. R., et Perrodon. C., (1979).** Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'environnement Direction de prévention des pollutions, France : 2 e éd, p.p. 259.
- **Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. (2016).** Détermination de la turbidité dans l'eau : méthode néphélométrique. Canada : *Docum.* 103, p.p. 11.
- **Chamley, H., (1987).** *La sédimentologie.* Paris : Dunod, p.p. 175.
- **Chevallier. H., (2007).** L'eau un enjeu pour demain. ETAT DES LIEUX ET PERSPECTIVES, Sang de la terre. p.p. 26.
- **Costet, J., Sanglerat G., (1981),** "Cours pratique de mécanique des sols. 1. Plasticité et calcul des tassements", Editions Dunod, p.p. 22.
- **Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427** correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.
- **Djermakoye, H., (2005).** Les Eaux Résiduaire des Tanneries et des Teintureries : caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. Thèse de doctorat en pharmacie, Univ. De Bamako. p.p.119.
- **Folk, R.L., Ward, W.C., (1957).** Brazos river bar: a study of significance of grain size parameters. *J. Sediment. Petrol.* N. ° 27, p.p. 3-26.
- **Foucault A. et Raoult JF., (1980).** "Dictionnaire de géologie", Paris : Masson.
- **Galaf, F., Ghannam S., (2003).** Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. Mémoire de troisième cycle. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II Rabat. p.p.101.
- **Gaujous., (1995).** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire (2ème éd.) Traitement des eaux de refroidissement
- **Gaujous, D., (1995).** La pollution des milieux aquatiques, Aide-mémoire, Paris : 2ème édition, Tec & Doc Lavoisier, p.p. 25-174.
- **Gauthier, M et Pietri C., (1989).** Devenir des bactéries et virus entériques en mer, Microorganismes dans les écosystèmes océaniques. Edition Masson, p.p. 447
- **GESAMP., (1989)-** Groupe mixte d'experts chargé d'étudier les aspects scientifiques de la protection de l'environnement marin, la santé de l'océan : la pollution marine sommet de la mer, Canada : St John 's, Terre –Neuve.

- **Gomella C et Guerre H., (1978).** Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Paris : Edition Eyrolles, p.p. 262.
- **Goucem R., (2011).** Port de Sidi Fredj : Quantités de sédiments à draguer. p.p. 27.
- **Gravez, V., Bernard, G., (2006).** Pollution marine : Les définitions.
- **Guy., (2006).** Ecologie du plancton. Paris : Edition : TEC & DOC, p.p. 283.
- **Jacques, G., Treguer, P., (1986).** Ecosystème pélagique marin. Collection d'écologie, Paris : édition : Masson, p.p. 243.
- **Jean-Claude B., (1983).** Contrôle des Eaux Douces et de Consommation Humaine, Edition Ed. Techniques Ingénieur, p.p. 2-8.
- **Lacaze J.C, (1980)** – La pollution pétrolière en milieu marin. Paris : Ed. MASSON, p.p. 117-118.
- **LEM. (1984).** Laboratoire des études maritime. Hydra. Algérie.
- **LIFE. (2002).** "Méthodes de gestion et de réutilisation des sédiments pollués", Projet européen LIFE réalisé par In Vivo, l'Agence de l'eau Artois Picardie, le Pôle de Compétence des sites et sols pollués. [en ligne]. [consulté le 12/06/2021]. Disponible sur le web : <http://www.eau-artois-picardie.fr>
- **Martinez., (1998).** La pollution de l'eau dans le midi et l'arctique. France: Facicule N° 8. p.p. 11.
- **Murphy, J., RILEY, J.P., (1962).** A modified single method for determination of phosphates in natural waters. Anal. Chim. Acta. N. °27, p.p. 31-36.
- **Mustin, M., (1987).** "Le compost", France : Editions François Dubusc. p.p. 954.
- **Nabi, N.K., Aouaragh, R., (1992).** Pollution de l'environnement connaissances et contrôles. Ingéniorat d'Etat en chimie Industrielle, Oran : Univ, des Sciences et de la technologie d'Oran, p.p. 102.
- **P.N.U.E. (1995).** programme des nations unies pour l'environnement. «Programme d'action mondiale pour a protection du milieu marin contre la pollution due aux activités terrestres ».
- **Ramade F., (2000).** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Paris : Ed. Ediscience international. p.p. 690
- **Rejesek., (2002).** « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine.
- **Riviere., A. (1977).** Méthode granulométrique, technique et interprétation. Techniques et méthodes de sédimentologie. Paris : Masson, p.p. 170.

- **Rodier J, (1996).** L'analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer. Paris : 8^{ème} Edition: DUNOT. p.p 385- 401.
- **RODIER, J., Bazin, C., Broutin, J.P. et al., (1996).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.. France : Dunod, 8^{ème} édition, p.p. 1384.
- **Rodier. J, Bzin C, Broutin J P, et al., (2005).** L'analyse de l'eau : eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer. France : DUNOD : p.p. 1383
- **S.S.M.O., (1970).** Document de l'US naval weather command : summary of synoptique meteorological observations.
- **Sadowski., A. (2002).** Généralités sur les techniques de l'assainissement. In : Traitement des eaux usées urbaines. Enges : Cirsee., p.p. 99-139.
- **Schlosser, F., (1988),** "Eléments de mécanique des sols", Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, p.p. 276.
- **Skalar Analytical (1998).** Manuel san plus analyser : SA 1050 (Random Access Auto sampler). Netherlands : Breda, p.p. 23.
- **Souidi, H., (2008).** Evaluation du niveau de la pollution bactériologique chez un échinoderme l'oursin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) dans la cote oranaise orientale. Mémoire de Magister, Oran : université d'Oran, p.p. 111.
- **Vila, A., (1998).** «Elément de toxicologie. Technique et documentation». Paris : Lavoisier. p.p. 117- 319.
- **Vincent, D., (2006).** Etude du comportement physico-mécanique et caractérisation environnementale des sédiments marins – Valorisation en technique routière. Thèse de Doctorat en génie civil. France. p.p. 7.
- **Wood, E.P.K., Amstrong, F.A.J., Richard, F.A., (1967).** Determination of nitrate in seawater by cadmium-cooper reduction to nitrite. J. Mar. U.K : Biol. Assc..., p.p. 23-31.
- **Yakhlef A., Zaoui, S., (2013).** Les paramètres phisico-chimique de la pollution dans l'eau et les sédiments dans le port de sidi Fredj. Option envirenement. Dely Brahim : ENSSMAL.

Annexes

Annexe I :

Tableau I.1 : Coordonnées géographiques et les résultats des mesures in-situ de chaque station étudiée.

Station	latitude	longitude	T (°C)	PH	S(PSU)	Conductivité (mS/cm)	O.D (mg/l)
1	36°45'49.5"N	2°50'49.5"E	23,3	7,79	34,6	52,4	2,7
2	36°45'51.5"N	2°50'52"E	23,6	7,92	36,7	54,6	3,13
3	36°45'52"N	2°50'54"E	23,3	7,91	36,9	54,8	2,84
4	36°45'46.5"N	2°50'51"E	23,9	7,88	37	55,3	2,97
5	36°45'48.5"N	2°50'55.5"E	23,3	7,82	36,8	54,7	2,98
6	36°45'44"N	2°51'00"E	22,7	8	37,1	55,4	3,44
7	36°45'46"N	2°51'03"E	22,4	8,05	37,3	55,8	6,04

Annexe II :

Tableau II.1: Les valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels
(*Journal officiel de la République Algérienne, 2006*).

Paramètre	Unité	Valeur limite
Température	°C	30
pH	/	6,5-8,5
MES	mg/L	35

II.1) Le matériel utilisé sur terrain :



Figure (V.1) : Benne « Van Veen »



Figure (V.2) : pH-mètre



Figure (V.3) : Conductimètre



Figure (V.4) : oxymètre



Figure (V.5) : Glacière

Annexe III :

III.1) Le matériel utilisé dans la mesure des MES



Figure (V.6) : Rampe de filtration



Figure (V.7) : Étuve



Figure (V.8) : Dessiccateur

III.2) Le matériel utilisé dans la mesure de la matière organique



Figure (V.9) : Balance de précision (1/10000 mg)



Figure (V.10) : Creusets



Figure (V.11) : Four à moufle

III.3) Le matériel utilisé dans la mesure de la turbidité



Figure (V.12) : Turbidimètre

Annexe IV :**IV.1) Dosage des sels nutritifs****IV.1.1) Etalonnage**

- **Dosage des nitrites + nitrates**

I) Réactifs**I.1) Solution tampon Produits chimiques exigés :**

Chlorure d'ammonium NH_4Cl	50 g.
Solution d'ammonium NH_4OH (25 %)	± 1 ml.
Hydroxyde de sodium NaOH	5 g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.
Bridj 35 (30 %)......	3 ml.

Préparation : Dissoudre le chlorure d'ammonium dans 800 ml d'eau distillée. Ajuster le Ph à 8,2 avec la solution d'ammonium. Ajouter l'hydroxyde de sodium et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée, ajouter le Bridj 35 et mélanger.

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

I.2) Réactif colorant Produits chimiques exigés :**Produits chimiques exigés :**

Acide o-phosphorique H_3PO_4 (85 %).....	50 ml.
Sulfanilamide $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$	10 g.
α - Naphtyléthylène diamine dihydrochloride $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{Cl}_2\text{N}_2$	0,5 g.
Eau distillée H_2O	850 ml.

Préparation : Diluer l'acide o-phosphorique dans ± 750 ml d'eau distillée. Ajouter le sulfanilamide et le α - Naphtyléthylène diamine dihydrochloride et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

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

I.3) Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée H_2O (régénérée chaque semaine).

II) Préparation des solutions étalons**II.1) Solution mère de 100 ppm N (*)****Produits chimiques exigés :**

Nitrate de sodium NaNO_3	0,6068 g.
---	-----------

Eau distillée H₂O.....1000 ml.

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

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

II.2) Solution fille de 10 ppm N

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

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

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en μ moles/l de N-NO₃⁻ ou de N-NO₂⁻ puis en μ moles/l de NO₃⁻ ou de NO₂⁻.

III) Préparation de la colonne réductrice

III.1) Solution d'acide chlorhydrique (4N)

Produits chimiques exigés :

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

Eau distillée H₂O.....600 ml.

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

III.2) Cadmium

Produits chimiques exigés :

Granules de cadmium taille 0,3-1,0 mm (tamisé).....2,5 g.

Procédure de remplissage :

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

Note : Eviter que l'air rentre dans la colonne. Les granules de cadmium activés peuvent être stockés sec, dans une bouteille bien fermée.

- **Dosage des orthophosphates**

I) Réactifs

I.1) Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés :

Tartrate de potassium et d'antimoine $K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 5H_2O$	230 mg.
Acide sulfurique H_2SO_4 (97 %).....	69,4 ml.
Molybdate d'ammonium $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$	6 g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.
FFD6.....	2 ml.

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

Note : Ne pas employer de cuillères en métal pour le molybdate d'ammonium. La sensibilité peut être augmentée de 50 % en employant 35 ml d'acide sulfurique concentré au lieu de 69,4 ml. Avec 35 ml l'interférence des silicates est 10 % pour 300 ppb Si et 10 % pour 10 ppb P. Le Ph final doit être inférieur à 1. La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

I.2) Solution d'acide ascorbique

Produits chimiques exigés :

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

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

Note : La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

I.3) Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H_2O (régénérée chaque semaine).

II) Préparation des solutions étalons

II.1) Solution mère de 100 ppm P (*)

Produits chimiques exigés :

Dihydrogène o-phosphate de potassium KH_2PO_40,4394 g.

Eau distillée H_2O1000 ml.

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

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

II.2) Solution fille de 10 ppm P

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

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

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{moles/l}$ de PO_4^- .

- **Dosage des silicates**

I) Réactifs

I.1) Solution d'acide sulfurique

Produits chimiques exigés :

Acide sulfurique H_2SO_4 (97 %).....10 ml.

Eau distillée H_2O1000 ml.

FFD6.....2 ml.

Préparation : Diluer l'acide sulfurique dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

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

I.2) Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés :

Molybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$20g.

Eau distillée H_2O1000 ml.

FFD6.....2 ml.

Préparation : Dissoudre le molybdate d'ammonium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

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

I.3) Solution d'acide oxalique

Produits chimiques exigés :Acide oxalique $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$44g.Eau distillée H_2O1000 ml.**Préparation :** Dissoudre l'acide oxalique dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.**Note :** Conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant 1 mois. Conserver à $4^\circ C$ quand la solution n'est pas utilisée.**I.4) Liquide de rinçage**Eau fraîchement distillée H_2O .**Note :** Changer l'eau quotidiennement. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.**II) Préparation des solutions étalons****II.1) Solution mère de 100 ppm Si (*)****Produits chimiques exigés :**Métasilicate de sodium $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$1,0119 g.Eau distillée H_2O1000 ml.**Préparation :** Dissoudre le métasilicate de sodium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.**Note :** La solution est stable pendant 1 mois. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.**II.2) Solution fille de 10 ppm Si**

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

Note : Préparer la solution fille à 10 ppm Si chaque semaine et les standards chaque jour. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{moles/l}$ de SiO_4 .**IV.1.2) Les droites d'étalonnage****Tableau IV.1:** Les solutions standards de chaque sel et leurs hauteurs de pic.

Identity1	NO_2^- ($\mu\text{mol/l}$)	Height NO_2^-	NO_3^- ($\mu\text{mol/l}$)	Height NO_3^-	PO_4^{3-} ($\mu\text{mol/l}$)	Height PO_4^{3-}	SiO_2 ($\mu\text{mol/l}$)	Height SiO_2
Wash	0	0	0	0	0	0	0	0
S1	0,1992	1982	0,1908	1654	0,1942	777	0,5129	891
S2	0,3941	3922	0,4157	3603	0,3941	1578	1,0149	1764
S3	0,6078	6049	0,6396	5544	0,6194	2480	1,3373	2324
S4	0,7973	7934	0,91	7888	0,8181	3275	1,8405	3198
S5	1,2134	12075	1,1787	10218	0,982	3931	2,5232	4384
S6	2,172	21615	2,3622	20476	1,1962	4788	4,9842	8660

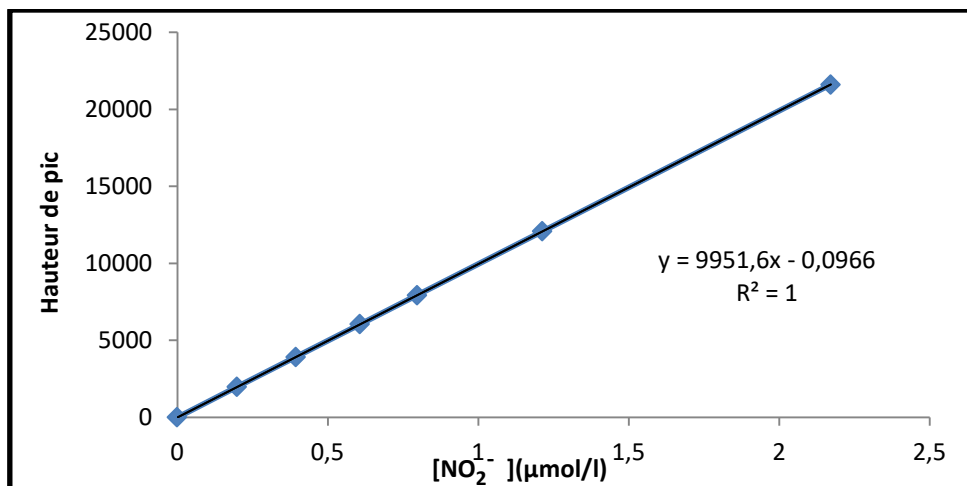


Figure (V.13): Courbe d'étalonnage des nitrites.

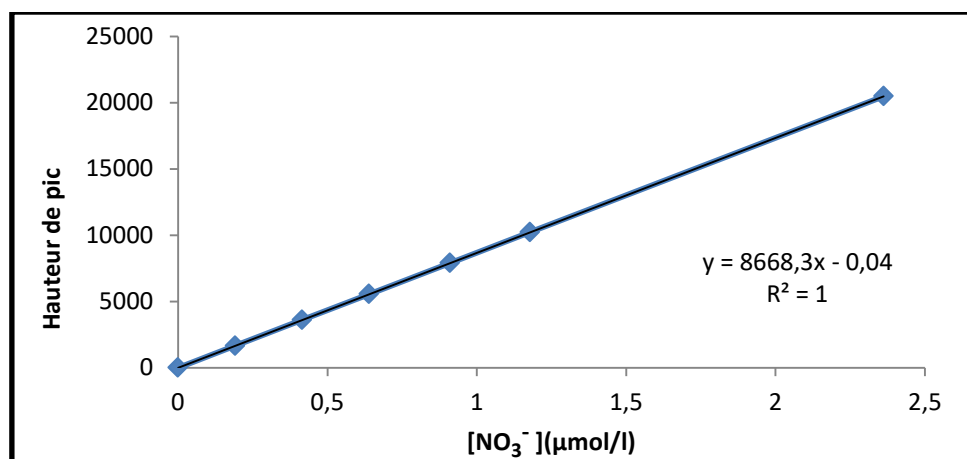


Figure (V.14): Courbe d'étalonnage des nitrates.

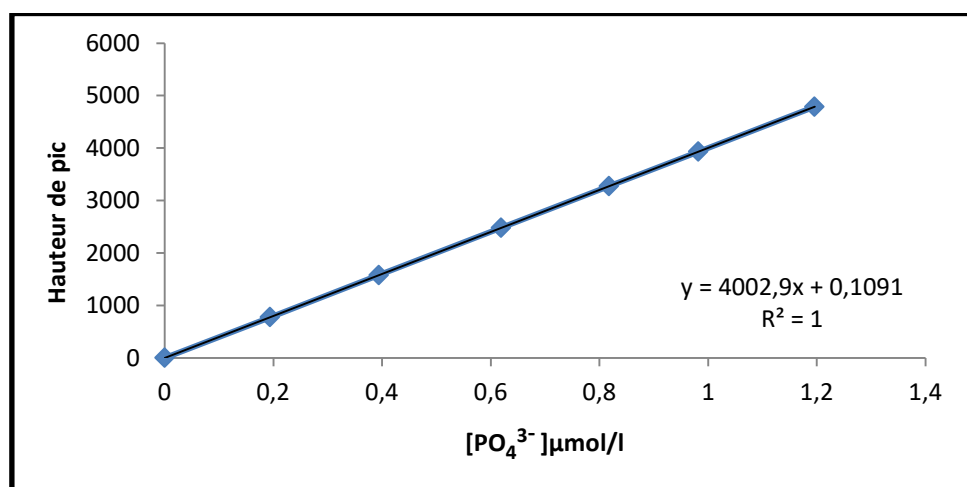


Figure (V.15): Courbe d'étalonnage des ortho-phosphates.

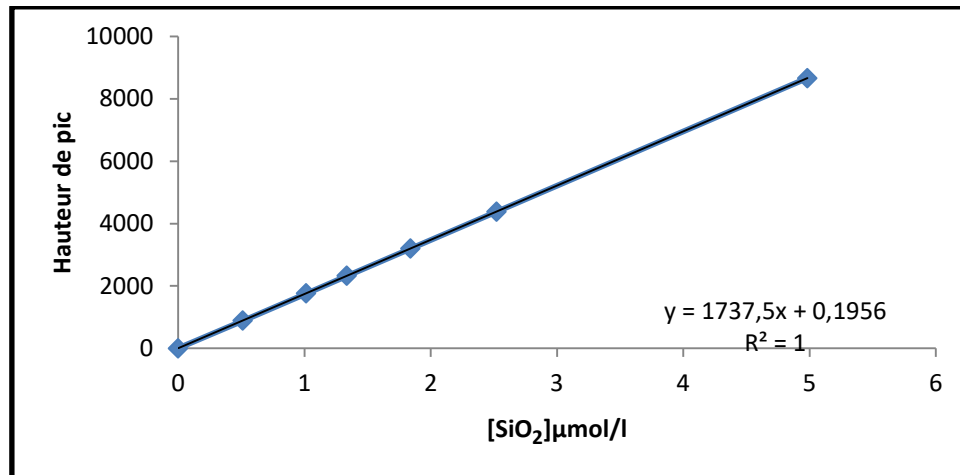


Figure (V.16): Courbe d'étalonnage des silicates.

Annexe V :

V.1) Le matériel utilisé dans l'analyse granulométrique



Figure(V.17) : Tamiseuse électrique



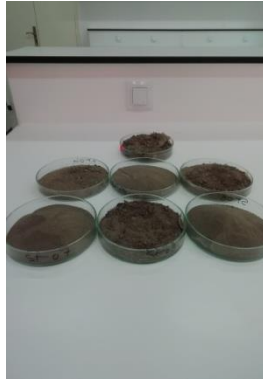
Figure(V.18) : Balance



Figure(V.19) : pinceaux

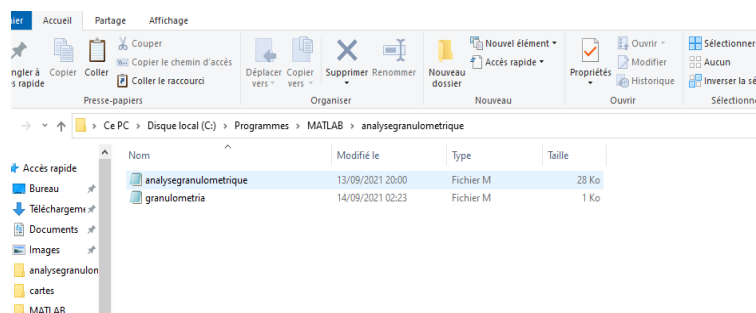
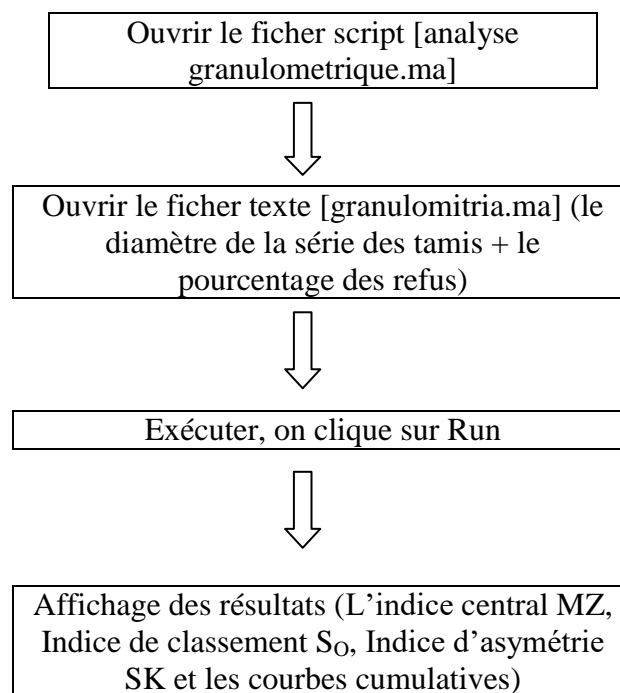


Figure(V.20) : Etuve



Figure(V.21) : Boites de Pétri

IV.2) Le manuel de MATLAB

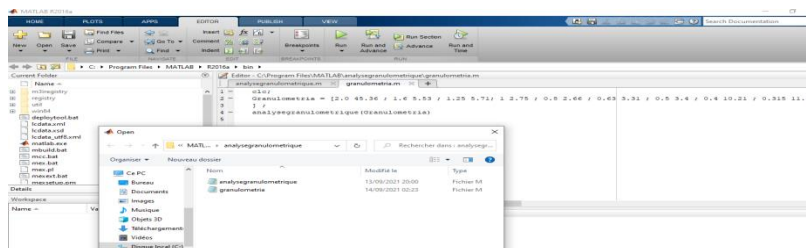


Etape(1)

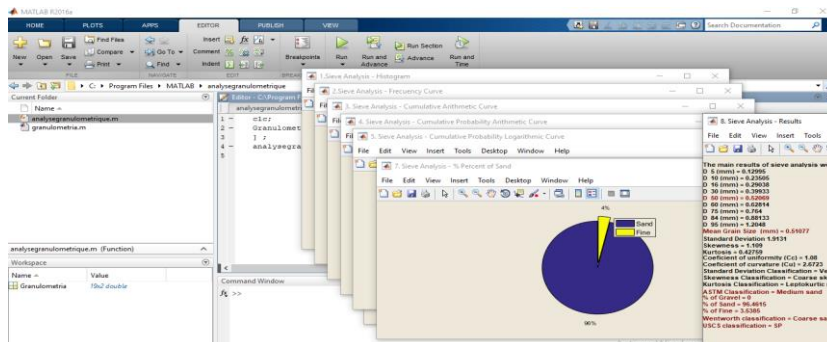
```

granulometria.ma - Bloc-notes
Fichier Edition Format Affichage ?
clc;
Granulometria = [2 18.66 ; 1 8.83 ; 0.8 2.41 ; 0.63 2.12 ; 0.5 1.51 ; 0.4 2.65 ; 0.315 2.63 ; 0.25 2.88 ; 0.2 4.37 ; 0.16 ;
analyse granulometrique(Granulometria)]
    
```

Etape(2)

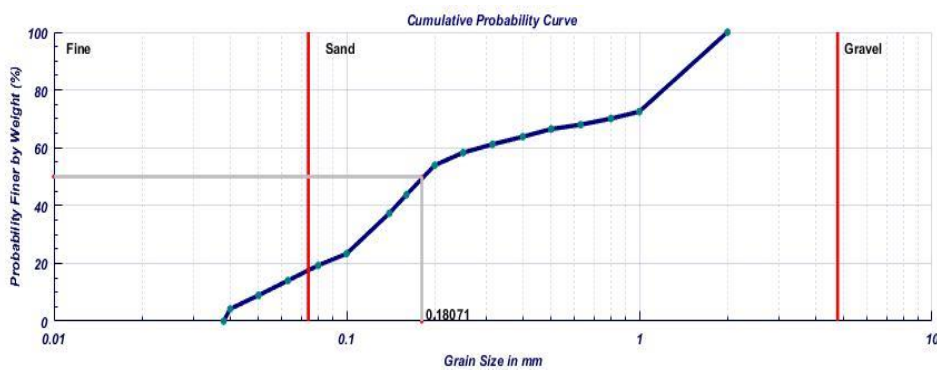


Etape(3)

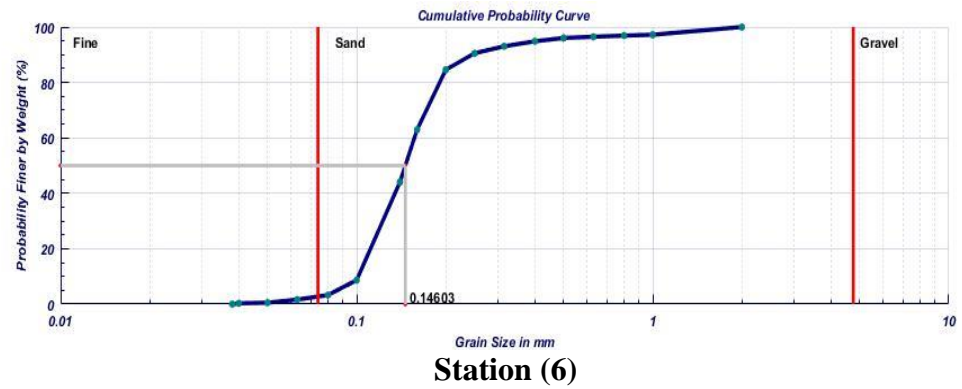
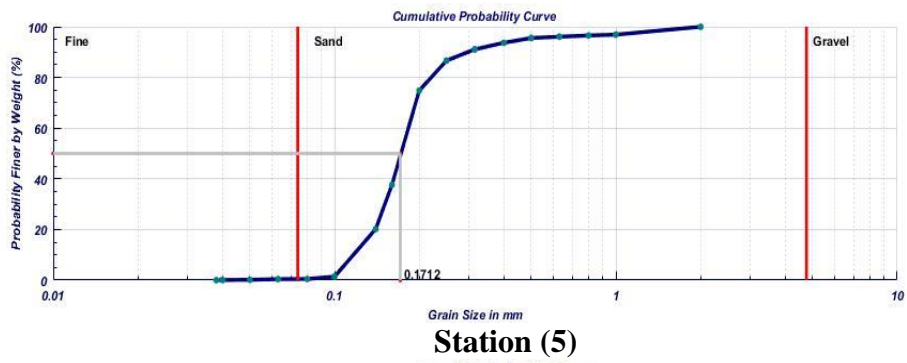
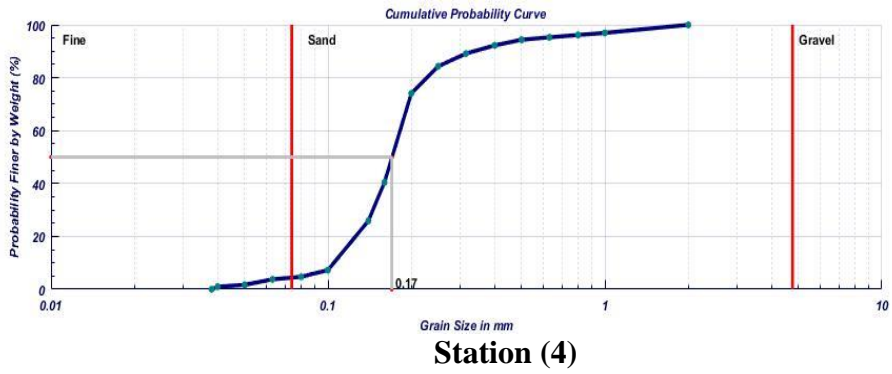
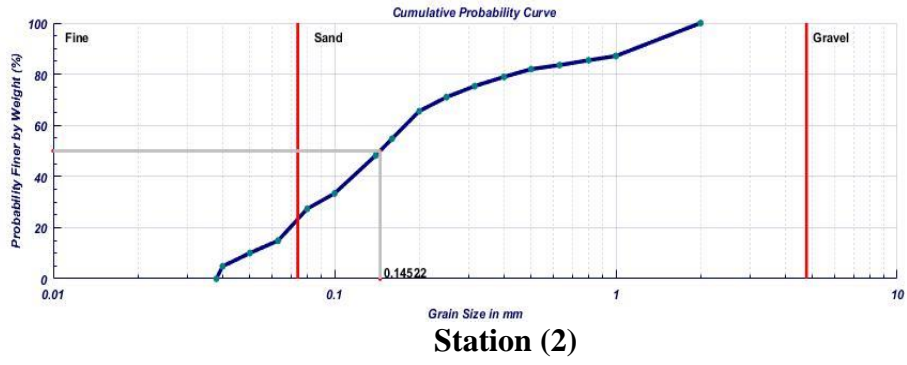


Etape(4)

V.3) Les courbes cumulatives des stations :



Station (1)



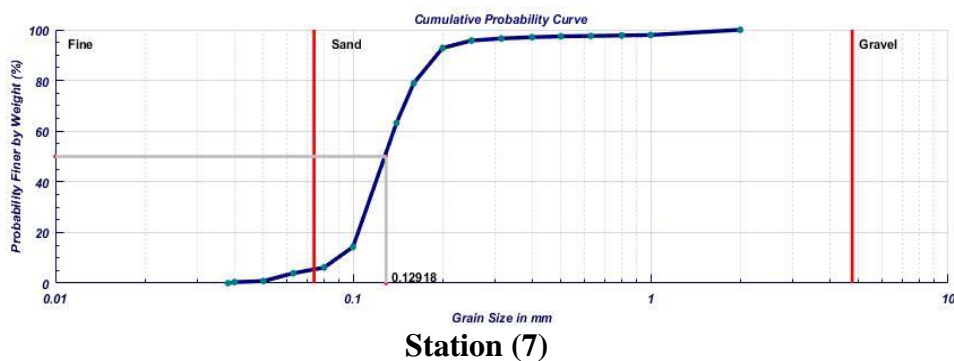


Tableau V.1 : Les valeurs adoptées de MZ pour la taille moyenne du grain (Folk et Ward, 1954).

Valeur de Mz	Taille moyenne du grain
$MZ < -6$	Galet
$-6 < MZ < -2$	Granule
$-2 < MZ < -1$	Sable très grossier
$-1 < MZ < 0$	Sable grossier
$0 < MZ < 1$	Sable moyen
$1 < MZ < 2$	Sable fin
$2 < MZ < 3$	Sable très fin
$3 < MZ < 3,98$	Vase

Tableau V.2 : Les valeurs adoptées pour le Sk représentant l'asymétrie du sédiment.

La valeur de Sk	L'asymétrie
$Sk < 1$	Classement maximum vers les fines
$Sk = 1$	symétrie est parfaite
$Sk > 1$	Classement maximum vers le grossier

Tableau V.3 : Les valeurs adoptées pour S0 représentant les types de classement (Folk et Ward, 1954).

Valeur de S ₀	[1 — 1,5]] 1,5 — 2,5]] 2,5 — 3,5]] 3,5 — 4,5]	> 4,5
Classement	Très bien classé	Bien classé	Normalement classé	Faiblement classé	Mal classé

Résumé

Dans le but d'évaluer le niveau de la pollution de l'environnement marin côtier dans la zone de Sidi Fredj, et plus précisément celui du port de plaisance de Sidi Fredj, des échantillons d'eaux de mer et de sédiments ont été prélevés au niveau des bassins du port et ces alentours.

Les analyses des paramètres physico-chimiques permettent de déterminer et de connaître le niveau de contamination de l'eau de mer et les sédiments.

A partir de la collection des résultats obtenus des différentes analyses : paramètres physico-chimiques, granulométriques, les sels nutritifs et aussi permettre de savoir les facteurs et les raisons affectant les concentrations de nutriments chimiques qui perturbent le milieu marin.

Les résultats obtenus de cette étude ont montrés que le port de Sidi Fredj présente une pollution anthropique.

Mots clés : paramètres, physico-chimique, port, Sidi Fredj, sels nutritifs, eau de mer, sédiments, granulométrie, rejets.

Abstracts

In order to evaluate the level of pollution of the coastal marine environment in the area of Sidi Fredj, and more precisely that of the marina of Sidi Fredj, samples of sea water and sediments were taken at the level of the basins of the port and its surroundings.

The analyses of the physico-chemical parameters make it possible to determine and know the level of contamination of the sea water and the sediments.

From the collection of the results obtained from the different analyses: physico-chemical parameters, granulometric parameters, nutrient salts and also to know the factors and reasons affecting the concentrations of chemical nutrients that disturb the marine environment.

The results obtained from this study showed that the port of Sidi Fredj presents an anthropic pollution.

Key words: parameters, physico-chemical, port, Sidi Fredj, nutritive salts, sea water, sediments, granulometry, discharges.

ملخص

من أجل تقييم مستوى تلوث البيئة البحرية الساحلية في منطقة سيدي فرج، وبشكل أكثر تحديداً في مرسى سيدي فرج، تم أخذ عينات من مياه البحر والرواسب على مستوى أحواض الميناء والمناطق المحيطة به.

تتيح التحليلات الفيزيائية والكيميائية تحديد ومعرفة مستوى تلوث مياه البحر والرواسب.

من خلال جمع النتائج التي تم الحصول عليها من التحليلات المختلفة: الفيزيائية والكيميائية، قياس الحبيبات

، أملاح المغذية وتسمح أيضاً بمعرفة العوامل والأسباب التي تؤثر على تركيزات المغذيات الكيميائية التي تهدد

البيئة البحرية.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من خلال هذه الدراسة أن ميناء سيدي فرج يعاني من التلوث البشري.
الكلمات المفتاحية: التحليلات ، الفيزيائية والكيميائية ، الميناء ، سيدي فرج ، الأملاح المغذية ، مياه البحر ، الرواسب ،
قياس الحبيبات ، التصريفات

