

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
جامعة أمحمد بوقرة بومرداس
Université M'hamed Bougara de Boumerdès



Faculté des Sciences - Département de Chimie

Domaine : Science de la matière

Filière : Chimie

Spécialité : Chimie Analytique

Mémoire de projet de fin d'études en vue de l'obtention du Diplôme de Master
Présenté et soutenu par

Nom et Prénom

CHIOUKH SOURIA

Thème

**Evaluation de la qualité physico-chimique et la pollution
par les hydrocarbures dans l'eau et le sédiment au niveau
du port de plaisance de sidi Fredj et plage Est.**

Le 06 Juillet 2022

Devant les membres de jury :

Mme Hammadou Souad	Maitre de conférences A	FS-UMBB	Présidente
Mme Djebbari Baya	Maitre de conférences A	FS-UMBB	Promotrice
Mme Chikhi Sabah	Maitre de conférences B	FS-UMBB	Examinatrice
Mme Kacel Siham	Maitre de conférences B	FS-UMBB	Examinatrice
Mme Guerroumi Houda	Ingénieure	ENSSMAL	Invitée

Année universitaire : 2021 /2022

Remerciements

Avant tout, je remercie Dieu, pour m'avoir accordé santé et courage jusqu'à l'aboutissement et l'accomplissement de ce modeste travail.

Ce travail a été réalisé dans les laboratoires de chimie de l'ENSSMAL et la division chimie de l'environnement du CRAPC. Il n'aurait pu être effectué sans le soutien et l'aide de plusieurs personnes.

J'adresse mes vifs remerciements à Mme **DJEBARRI Baya** à L'UMBB pour avoir accepté de m'encadrer et avoir partagé cette aventure avec moi, auquel elle a manifesté beaucoup d'intérêt, ainsi pour sa patience, sa confiance, sa disponibilité et ses encouragements.

Je remercie Mme **S. HAMMADOU**. de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de mon mémoire. Je remercie également Mme **S.CHIKHI** et Mme **S.KACEL** pour avoir accepté de faire partie du jury et examiné le travail.

Je remercie également Mme **GUERROUMI Houda** d'avoir accepté d'être mon invitée d'honneur une manière de lui exprimer ma gratitude pour son soutien et son aide si efficace. au sein des laboratoire ENSSMAL.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Mr **MEZOUAR Khoudir** qui m'a autorisé d'effectuer mes travaux au sein des laboratoires ENSSMAL.

Je remercie aussi toute l'équipe des laboratoires de l'ENSSMAL mes ex collègues ; Mr **MAATOUK Youcef**, Mr. **DJERRAI Nouredine**, Me **AIT KACI Malik**, Mr **AROUA Mohamed** ainsi l'équipe de Sidi-Fredj ; Mr **BOUJLAL**, et du CRAPC Mme F. **TOUAHARA** et Mr **M. Mohamed**. Un grand merci pour votre aide, vos conseils, vos encouragements, votre serviabilité et votre gentillesse.

Je remercie mes camarades de classe Melle **OUKACI Saada**, Melle **OUACI Mirale** et Melle **BERRACHDI Yasmine**. ; pour leurs sympathies et leurs disponibilités durant les deux années d'étude.

Je remercie aussi toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Je tiens à exprimer ma gratitude à tous mes enseignants, depuis ma première année fondamentale, jusqu'à la deuxième années master.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

En premier lieu à mes chers parents MAKHLOUF et DJOHAR ; que nulle dédicace ne puisse exprimer mes sincères sentiments, qui ont attendu avec patience l'achèvement de ce travail. Ils m'ont accordé soutien, confiance et ne m'ont jamais privé de sentiment et cela pour que je puisse prendre le savoir.

En second lieu à mon cher mari Arab, qui m'a apporté amour, confiance et soutient tout au long de mon parcours, sans lui je ne pouvais arriver nulle part, pour qui je resterais admirative et reconnaissante.

À mes aimables frères : MOHAMES, SAMIR, FICEL ; ainsi que leurs femmes

À mes chères sœurs : TITEM, RIMA, HAYET, pour leur grand amour, qu'elles trouvent ici l'expression de ma haute gratitude, ainsi qu'à leurs maris.

À mes neveux et nièces.

À ma belle-famille, beau-père SALEM, belle-mère MAZHORA.

À mes beaux-frères, leurs femmes et enfants

À mes belles sœurs, leurs maris et leurs enfants.

Souria Chioukh

Sommaire

Introduction.....	1
I.Généralités	
Partie 1 : La pollution marine.....	4
I. Introduction	4
I.1.Les différents types et sources de la pollution	4
I.1.1. Pollution Biologique.....	5
I.1.2. Pollution Physique.....	5
I.1.3. Pollution Chimique.....	5
I.2. Les descripteurs de la pollution de l'eau de mer.....	5
I.2.1.Les paramètres physico-chimiques.....	5
I.2.1.1.La température	5
I.2.1.2.La salinité	6
I.2.1.3. Potentiel d'hydrogène (pH)	6
I.2.1.4. L'Oxygène dissous	6
I.2.1.5. Matière en suspension (MES) :	7
I.2.1.6. Matière Organique Particulaire (MOP)	7
I.2.1.7.La Turbidité	7
I.2.2. Les polluants organiques	8
I.2.2.1. Les Hydrocarbures (HC)	8
I.2.2.1.1. Les différents types d'Hydrocarbures	8
I.2.2.1.2. Les principales sources des Hydrocarbures	9
I.2.2.1.3. Comportement des hydrocarbures dans le milieu naturel.....	9
I.2.2.1.4. Concentration des hydrocarbures dans l'environnement	10
I.3. Les Sédiments	11
Introduction:.....	11
I.3.1. Définition.....	11
I.3.2. Composition des sédiments marins.....	11
I.3.3. Caractéristiques des sédiments	11
I.3.4. Granulométries des sédiments	12
I.3.5. Composition minérale et organique	11
I.3.5. Le pouvoir accumulateur des sédiments.....	12
Partie 2: Description de La zone d'étude	13
I. Situation géographiques	13
I.1. Description du port de sidi Fredj	14
I.2.Descreption de la plage Est de Sidi Fredj	15

II. Les facteurs climatiques et hydrodynamiques	15
II.1. La Température.....	15
II.2.La Précipitation.....	15
II.3. Le Vent.....	15
II.4. La Houle.....	16
II.5. Le Courant	16
III. Pollution dans la zone de Sidi Fredj.....	16

III. Matériels et méthodes

Introduction.....	17
II. Matériels et Méthodes	17
II.1. Conditionnement du matériel du prélèvement et de la verrerie	17
II.1.1.Appareils de mesure	18
II.2. Travaux effectués en mer	18
II.2.1 Localisation des stations et prélèvement des échantillons	20
II.2.2. Les mesures In-situ	21
II.2.2.1 La Température.....	21
II.2.2.2 Salinité et Conductivité	22
II.2.2.3 Le pH.....	22
II.2.2.4 l'Oxygène dissous.....	22
II.2.3. Prélèvement de la matrice eau de mer.....	23
II.2.4 Prélèvement du sédiment marin.....	24
II.3. Travaux effectués au laboratoire.....	25
II.3.1. Analyse de l'eau de mer.....	25
II.3.1.1 paramètres physico-chimiques.....	25
II.3.1.1.1 La Turbidité.....	25
II.3.1.1.2 Mesure de la matière en suspension (MES).....	26
II.3.1.1.3 Mesure de la matière organique particulaire (MOP).....	27
II.3.1.2. Analyse des hydrocarbures aliphatiques et aromatiques dans l'eau de mer.....	28
II.3.1.2.1. 1ère étape : Extraction L/L et concentration des hydrocarbures.....	29
II.3.1.2.2 2ème étape : Purification et séparation des portions aliphatiques et aromatiques.....	30
II.3.1.2.3 Concentration sous-jet d'azote	31
II.3.1.2.4 : Mesure et mode de Technique d'analyse des hydrocarbures aromatiques	31

II.3.2. Traitement du sédiment marin.....	33
II.3.2.1 : Granulométrie.....	33
II.3.3. Dosage des hydrocarbures dans le sédiment marin.....	35
II.3.3.1. Lyophilisation.....	35
II.3.3.2. Broyage et homogénéisation	35
II.3.3.3. Extraction solide-liquide.....	36
II.3.3.4. Concentration des extraits.....	36
II.3.3.5. Purification et fractionnement	36
II.3.3.6 Concentration sous-jet d'azote.....	37
II.3.3.7 Mesure et mode de calcul	38
 III. Résultats et discussions	
III.RESULTATS ET DISCUSSIONS	39
III.1. Analyse des paramètres physico-chimique de l'eau du port de Sidi Fredj et la Plage Est.....	39
III.1.1. Résultats des analyses physico-chimiques	39
III.1.1.1 : Température des eaux de surface.....	40
III.1.1.2 : Potentiel d'hydrogène (pH)	41
III.1.1.3 : Salinité des eaux de surfaces	42
III.1.1.4 : Conductivité des eaux de surfaces	43
III.1.1.5 : oxygène dissous des eaux de surfaces	44
III.1.1.6 : turbidité des eaux de surfaces	45
III.1.1.7 : Matière en suspension (MES) :.....	46
III.1.1.8 : Matière organique particulaire (MOP)	47
III.1.2. Etude comparative des paramètres physico-chimiques des eaux du port de.....	48
III.1.2. Dosage des hydrocarbures de l'eau du port de Sidi Fredj et la plage Est.....	49
III.1.2.1 Evaluation des résultats de dosage des hydrocarbures de l'eau du port de Sidi Fredj et la plage Est.....	49
III.2. Analyse du sédiment marin du port de Sidi Fredj et la Plage Est.....	51

III.2.1. Résultats de l'analyse granulométrique :	51
III.2.2. Résultats du dosage des hydrocarbures du sédiment marin.....	54
Conclusion.....	56

Conclusion générales

Conclusion générale.....	58
---------------------------------	-----------

Liste des figures

Chapitre I

Figure I.1 : Les processus de vieillissement des hydrocarbures en mer (Cèdre, 2005).....10

Figure I.2 : Situation géographique de Sidi Fredj et les zones d'études (Google Earth 2022).....13

Figure I.3 : Vue du ciel port de Sid Fredj et plage Est.....14

Chapitre II

Figure II.1 : Préparation équipements d'échantillonnage eau et sédiment marin.....19

Figure II.2 : localisation des stations de prélèvement eau et sédiment marin(Google Earth 2022).....20

Figure II.3 : Appareils de mesure de terrain, mesure des paramètres In-situ.....23

Figure II.4 : Conservation des échantillons.....24

Figure II.5 : Prélèvement du sédiment marin.....25

Figure II.6 : Mesure de la turbidité.....26

Figure II.7 : Equipement pour la mesure de la matière en suspension (MES).....27

Figure II.8 : équipement pour la mesure de la Matière organique particulaire (MOP).....28

Figure II.9 : Extraction et concentration de hydrocarbures eau de mer.....29

Figure II.10 : Purification des hydrocarbures eau de mer.....30

Figure II.11: Jet d'Azote.....31

Figure II.12 : La chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) (CRAPC).....32

Figure II.13 : équipement pour le traitement du sédiment marin.....34

Figure II.14 : Fractionnement du sédiment marin.....34

Figure II.15 : lyophilisation, broyage et homogénéisation du sédiment marin.....35

Figure II.16 : Extraction, concentration et purification des hydrocarbures du sédiment marin.....37

Chapitre III

Figure III.1 : Variation de la température en fonction des stations.....40

Figure III.1.1 : Situation géographique des valeurs maximales et minimale de la température.....40

Figure III.2 : Variation du pH en fonction des stations.....41

Figure III.2.1 : Situation géographique des valeurs maximales et minimale du pH.....	41
Figure III.3 : Variation de la salinité en fonction des stations.....	42
Figure III.3.1 : Situation géographique des valeurs maximales et minimale de la salinité.....	42
Figure III.4 : Variation de la conductivité en fonction des stations.....	43
Figure III.4.1 : Situation géographique des valeurs maximales et minimale de la conductivité.....	43
Figure III.5 : Variation de l'oxygène dissous en fonction des stations.....	44
Figure III.5.1 : Situation géographique des valeurs maximales et minimale de l'oxygène dissous.....	44
Figure III.6 : Variation de la turbidité en fonction des stations.....	45
Figure III.6.1 : Situation géographique des valeurs maximales et minimale de la turbidité.....	45
Figure III.7 : Variation de la concentration en MES en fonction des stations.....	46
Figure III.7.1 : Situation géographique des valeurs maximales et minimale de MES	46
Figure III.8 : Variation du taux de la MOP en fonction des stations.....	47
Figure III.8.1 : situation géographique des valeurs maximales et minimale de MOP.....	47
Figure III.9 : Variation de la concentration en hydrocarbures aromatiques eau de mer en fonction des stations.....	50
Figure III.9.1 : Concentration des Hydrocarbures aromatiques dans l'eau de mer port et plage Est	50
Figure III.9.2 : Situation géographique des valeurs maximales et minimales de la concentration en hydrocarbures aromatiques dans l'eau de mer.....	50
Figure III.10 : Variation du pourcentage des fractions du sédiment marin de chaque station en fonction des tailles des tamis.....	51
Figure III.10.1 : Situation géographique du classement du sédiment marin de l'ensemble des stations du port de Sidi Fredj et la plage Est.....	53
Figure III.11 : Concentration des Hydrocarbures aromatiques dans le sédiment port de Sidi Fredj et plage Est.....	54

Figure III.11.1 Situation géographique des valeurs maximales et minimales de la concentration en hydrocarbures aromatiques dans le sédiment marin.....	54
Figure III.12.2 : Les analytes présent dans l'eau de mer.....	55
Figure III.12.2 : Les analytes présents dans le sédiment marin.....	56

Liste des tableaux :

Chapitre I

Tableau I.1: Les variations dans la concentration en hydrocarbure dans le sédiment.....12

Tableau I.2: superficie et profondeur des bassins du port. (Amrani et Ferhat, 1994).....14

Chapitre II

Tableau II.1 : conditionnement récipients et matériels de prélèvement18

Tableau II.2 : Conditions météorologiques19

Tableau II.3 : Coordonnées GPS des stations de prélèvements.....21

Tableau II. 4 : classification des différents types du sédiment marin33

Chapitre III

Tableau III.1. Résultats des analyses physico-chimiques eau de mer port de sidi Fredj et plage Est.....39

Tableau III.2 : Résultats moyennes des paramètres physicochimiques enregistrés au niveau du port de Sidi Fredj(données antérieures).....48

Tableau III.3 : classement du sédiment marin suivant la taille des particules.....51

Liste des abréviations

- **AFNOR : Association Française de Normalisation et l'Organisation**
- **cm :Centimètre**
- **CRAPC : Centre de Recherches Scientifiques et Technique en analyses Physico-Chimiques**
- **°C : Degré Celsius**
- **CO₂ : Le dioxyde de carbon**
- **EGCTU : Etablissement de Gestion de la Circulation et Transport Urbain**
- **ENSSMAL : Ecole Nationale Supérieur en Sciences de la mer et l'Aménagement du Littoral.**
- **FTU :Formazine (unité de mesure de turbidité)**
- **GC/MS : Chromatographie en phase Gazeuse –Spectrométrie de masse**
- **G : Gramme**
- **GPS : Global Positioning System**
- **HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques**
- **HC : Hydrocarbure**
- **HCO₃²⁻ : Le bicarbonate, ou hydrogénocarbonate**
- **HCl : Acide Chlorhydrique**
- **H : Heure**
- **ISO : Organisation Internationale de Normalisation**
- **JORA : Journal officiel de la République Algérienne**
- **JTU : Jachson (unité de mesure de turbidité)**
- **LEM : Laboratoire d'Etude Maritime**
- **LCHF : Laboratoire Hydraulique Central de France**
- **L/L : Liquide /Liquide**
- **MES : Matière en Suspension**
- **MOP : Matière Organique Particulaire**
- **mS/cm : Milli Siemens par Centimètre**
- **NTU : Nephelometric Turbidity Unit**
- **Na₂SO₄ : Sulfate de Sodium**
- **OD : Oxygène Dissous**
- **OMS : Organisation Mondiale de Santé**
- **ONM : Office Nationale de Météorologie**

- **PET : Poly Ethylène**
- **pH : Potentiel d'Hydrogène**
- **T : Température**

Glossaires :

- **Eoliennes** : est un dispositif qui transforme l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique
- **Quartzeux** : relatif à ce qui a la nature du quartz, c'est-à-dire la silice cristallisée que l'on trouve dans de nombreuses roches comme le granite
- **Faune** : désigne l'ensemble des espèces animales présentes dans un espace géographique ou un écosystème déterminé
- **Flore** : l'ensemble des espèces végétales présentes dans un espace géographique ou un écosystème déterminé
- **Limons** : terre ou fines particules, entraînées par les eaux et déposées sur le lit et les rives des fleuves
- **Météorique** : concerne toute chose ou phénomène qui est lié à l'atmosphère, qui en est issu, qui arrive sur Terre depuis l'espace
- **Photo oxydation** : est la dégradation de la surface d'un polymère en présence d'oxygène ou d'ozone sous l'effet d'énergie radiante telle que les ultraviolets (UV) ou la lumière artificielle
- **Photosynthèse** : consiste à transformer l'énergie lumineuse en énergie chimique, Ce phénomène s'accompagne de l'absorption de dioxyde de carbone (CO₂) et de production d'oxygène (O₂)
- **Phytoplancton** : tous les organismes unicellulaires qui se retrouvent dans l'eau
- **Spores** : désigne un élément unicellulaire que produisent certains végétaux comme les fougères, les mousses et les champignons
- **SORENSEN** : est un chimiste danois. Il est connu principalement pour avoir introduit la notion de potentiel hydrogène en 1909
- **Terrigènes** : Qui a été arraché à la terre par l'érosion ou entraîné par un cours d'eau
-

Introduction générale

Introduction

Le littoral algérien, est un espace privilégié du fait de sa position géostratégique, son patrimoine historique et écologique, mais également sa richesse biologique et économique (**Benali, 2016**).

Le littoral algérois s'étend sur une centaine de kilomètres, connaît chaque saison estivale une visite d'un grand nombre d'estivants et une pression due à de nombreuses activités humaines durant les autres mois de l'année : navigation, industrie, urbanisation, agriculture, tourisme, baignade et loisirs divers. Cette pression est préoccupante par ses possible conséquences sanitaires, environnementales et socioéconomiques.

Plusieurs auteurs (**Grimes 1993 et 2003, Boutiba et al 2003**) ont montré que l'ensemble du littoral algérien et en particulier les zones côtières des grandes villes affichaient une pollution croissante et une contamination remarquable de divers type : physique, bactériologique et chimique, à l'instar des hydrocarbures, Ces contaminants, de nature chimique, est le résultat de plusieurs facteurs à savoir l'urbanisation, l'agriculture, l'industrialisation, la combustion incomplète des matières organiques et les accidents lors des transports maritimes (**Rachdi, 2013 ; Dahnoun, 2013**).

Les hydrocarbures, particulièrement les aromatiques polycycliques, présentent un caractère persistant et très toxique généré par le risque de bioconcentration, d'adsorption sur les matières en suspension et d'accumulation aussi bien dans les sédiments que dans les organismes vivants (**Gourlay, 2004**).

De ce fait, la pollution par les hydrocarbures est l'une des problèmes les plus inquiétants et préoccupants pour la santé et l'activité de l'homme. D'où leur classement en polluant organique persistant et leur inscription comme substance prioritaire sur les listes de la commission Européenne, de l'agence de protection de l'environnement des Etats-Unis et de l'Organisation Mondiale de la Santé (**GIP Seine Aval, 2008**).

Le choix d'étude porte sur la ville de Sidi Fredj qui dispose du 1^{er} port de plaisance en Algérie, elle reçoit une importante pression anthropique depuis sa construction en **1971**. En effet, Le complexe touristique de Sidi Fredj (Ouest d'Alger) est un lieu privilégié, sinon il est, en été, l'endroit le plus fréquenté du littoral Ouest d'Alger. Il contribue au budget de la commune de Staouéli, avec un chiffre d'affaires de **307 millions de dinars**, réalisé du **1er janvier au 30 juin 2015**, le chiffre d'affaires de l'hébergement est **de 176 millions** de dinars durant le premier semestre **2015**. Depuis, les revenus ont doublé selon le chargé de l'exploitation et du développement du complexe. (**Belaarbi et Limani, 2018**)

Introduction

D'une part, la plage Est de Sidi Fredj est la préférée des familles algéroises et des adolescents, arrivant dans des dizaines d'autobus des régions limitrophes, pour la gratuité de l'accès, la sécurité et pour la faible profondeur de la plage qui ne présente pas de danger pour les enfants.

Malheureusement, aujourd'hui sous le poids d'érosion, du déploiement, d'une multitude de petits vendeurs. À l'entrée du complexe touristique, à hauteur de l'hôtel Erriadh de Sidi Fredj se dégage des odeurs d'égouts éclatés dues à la détérioration du réseau d'assainissement, à cela s'ajoute les détritiques qui assaillent les estivants.

D'autre part, le port de Sidi Fredj comme il est le seul port de plaisance en Algérie, et qu'il dispose de plus de 400 places, et accueille plus de 600 bateaux périodiquement, il représente un milieu de diversement de rejet des activités d'entretien des bateaux.

Ces derniers constituent une cause majeure de la pollution (physique, chimique et biologique) et de sérieux problèmes environnementaux des deux sites : la plage Est et le port de loisir de Sidi Fredj.

L'objectif principal de cette étude est la caractérisation des paramètres physico-chimiques et la pollution par les hydrocarbures du port de plaisance de Sidi Fredj et la plage Est.

Pour se faire une campagne de prélèvements des eaux et des sédiments marins sur les lieux: port de plaisance de Sidi Fredj et la plage Est pour un ensemble de **06 stations** pour la **matrice eau** et **05 stations** pour le **sédiment**, durant le mois Mars 2022.

Ce travail est réalisé sur deux matrices :

- **Eau** : l'analyse des paramètres physico-chimiques, paramètres indicateurs de pollution (pH, Oxygène dissous, conductivité, turbidité, matière en suspension (MES), matière organique particulaire (MOP) et le dosage des hydrocarbures aromatiques.

- **Sédiments** : l'analyse granulométrique et le dosage des hydrocarbures aromatiques.

Ce travail est structuré en 3 chapitres:

❖ **Le premier chapitre** : traite des généralités sur les différentes sources et types de pollution marine, les paramètres physico chimiques et la pollution par les hydrocarbures, présentation de la zone d'étude et ses caractéristiques météorologique et hydrodynamique.

Introduction

❖ **Le deuxième chapitre :** décrit les stratégies expérimentales adoptées, lors du travail effectué sur site et dans les différents laboratoires.

❖ **Le troisième chapitre :** regroupe l'ensemble des résultats obtenus, leurs interprétations et l'évaluation de l'impact de la pollution de la colonne d'eau et de la matrice sédiment dans la zone d'étude.

Enfin, une conclusion générale qui résume les principaux résultats obtenus de la présente étude.

Généralités

Partie I : La pollution marine

I. Introduction

On entend et on parle souvent de la pollution marine, une problématique mondiale qui a de conséquences néfastes sur la vie des espèces marines, sur la faune et la flore et qui résulte un impact direct sur l'être humain. Afin de mieux comprendre la signification de ce terme (pollution) on présente quelques définitions.

➤ Du point de vue juridique:

- **Selon la convention de Montego Bay, 1982:** « On entend par pollution du milieu marin, l'introduction directe ou indirecte, par l'homme, de substances ou d'énergie dans le milieu marin, y compris les estuaires, lorsqu'elle a ou peut avoir des effets nuisibles tels que dommages aux ressources biologiques et à la faune et la flore marines, risques pour la santé de l'homme, entrave aux activités maritimes, y compris la pêche et les autres utilisations légitimes de la mer, altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation, dégradation des valeurs d'agrément ».

➤ Du point de vue opérationnel

- **Selon (O.M.S) :** « toute modification des propriétés physiques, chimiques ou biologiques, ou tout rejet de substances liquides, gazeuses ou solides dans l'eau de façon à créer une nuisance ou à rendre cette eau dangereuse ou préjudiciable du point de vue, soit de la santé, de la sécurité et du bien-être public, soit des usages destinés, à des fins domestiques, commerciales, industrielles, agricoles, récréatives et autres, soit de la faune sauvage et aquatique ».

I.1. Les différents types et sources de la pollution

L'industrialisation et l'urbanisation font partie de l'évolution inéluctable de l'espèce humaine, mais, les risques de pollution qui en résultent pour la santé des populations sont eux aussi inévitables. Avec l'utilisation plus extensive et intensive des matières et de l'énergie, la qualité des écosystèmes a été soumise à des pressions cumulatives. Il faut aussi tenir compte des sources naturelles de pollution (par exemple, les régions érodées, les volcans, certaines plantes qui libèrent de grandes quantités de pollen, les sources de bactéries, de spores et de virus). On distingue 3 types de pollution: la pollution biologique, chimique et physique.

I.1.1. Pollution Biologique

La pollution biologique est issue du milieu lui-même. C'est par le surdéveloppement de micro-organismes ou de végétaux micro ou macroscopiques qu'un déséquilibre du milieu environnemental peut entraîner une mortalité élevée chez les autres organismes présents. Ce surdéveloppement est généralement la conséquence d'une action humaine: enrichissement en nitrates d'un milieu (rejets organiques), développement de virus, de bactéries, modification de la température d'un milieu (rejet d'eau chaude), introduction d'espèces invasives, etc.

I.1.2. Pollution Physique

La production de déchets ou d'effluents radioactifs est directement lié au développement de la production d'énergie nucléaire dans l'industrie, les substances radioactives ont la propriété d'émettre des rayonnements qui, agissant sur la matière ou sur des tissus vivants, Les mécanismes de refroidissement des industries et centrales énergétiques provoquent la pollution thermique qui se traduit par des rejets d'eau chaude ou refroidie dans l'environnement.

I.1.3. Pollution Chimique

La pollution chimique est due à la présence d'éléments indésirable dans la composition chimique de l'eau, classiquement, on distingue les polluants minéraux (Hg, Pb, Cd...), les polluants organiques de synthèse, pesticides, polychlorobiphényles, et les détergents (**Ziani ; Boumbar,2019**)

I.2.Les descripteurs de la pollution de l'eau de mer

I.2.1.Les paramètres physico-chimiques

I.2.1.1.La température

La température est un paramètre physique important pour la caractérisation des masses d'eaux marines. Sa mesure est nécessaire à la détermination de la stratification verticale, la valeur de saturation des gaz dissous (en particulier l'oxygène) et la circulation océanique. Comme elle est aussi un facteur écologique du milieu, qui influe sur l'activité biologique dont dépend la production totale et sur la répartition des espèces (**Aminot, et al., 2004**). Son élévation peut perturber fortement la vie aquatique (pollution thermique). Dans les océans, la température décroît de la surface vers le fond. Elle varie en fonction des autres descripteurs physico-chimiques, telle que la pression. En surface, la température suit les variations climatiques atmosphériques, tandis qu'en profondeur, elle diminue progressivement (**Aminot, et al., 2007**).

I.2.1.2. La salinité

La salinité est un descripteur indispensable en milieu marin, elle représente la proportion de sels minéraux dissous dans l'eau de mer, sa mesure permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eaux d'origine différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte ou dans les estuaires (Aminot, et al., 1983).

La technique reproductible de SORENSEN (1902) a établi la première définition résulte de La salinité est la masse, en grammes, des substances solides contenues dans un kilogramme d'eau de mer, quand les ions bromure et iodure sont remplacés par leur équivalent de chlorure, les carbonates convertis en oxydes et toute la matière organique est oxydée » (Aminot, et al., 2004).

Dans les océans, la salinité est voisine de **35%** et décroît de l'équateur aux pôles. Toutefois, certaines mers présentent des salinités assez différentes, par exemple la Méditerranée : **38-39**, la mer Rouge : **36-47**, la mer Baltique : **< 15**, la mer Noire : **18-22**(Aminot, et al., 2004).

I.2.1.3. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est un paramètre qui donne le degré d'acidité ou d'alcalinité d'une eau à l'aide d'un pH-mètre ou à la méthode électrochimique avec électrode de verre. (Aminot, et al., 1983).

Le pH est relatif à la concentration en ions hydrogène (H^+), dans un milieu, donc à l'acidité de ce milieu. Cette notion a été introduite par SORENSEN en 1909 qui l'avait défini comme le cologarithme décimal de la concentration en ions (H^+), (Aminot, et al., 2004).

($pH = -\log [H_3O^+]$) Le pH de l'eau de mer, voisin de **8,2** est principalement fixé par la présence des Carbonates, $[CO_2]$, $[HCO_3^{2-}]$. La modification des concentrations en **CO_2** (respiration, photosynthèse, échanges air-Mer) ou en **HCO_3^-** (précipitation) entrainera donc une modification de pH (Aminot, et al., 1983).

I.2.1.4. L'Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un paramètre important dans le milieu marin car il gouverne la majorité des processus biologiques biogéochimiques et chimiques des écosystèmes aquatiques (Aminot, et al., 1983). La concentration de l'oxygène dissous est la résultante des facteurs suivants:

- **Facteurs Physiques:** Température, Pression atmosphérique, Salinité, échange air-mer, diffusion et mélange au sein de la masse d'eau (Rodier, et al., 2005); (Aminot, et al., 2004).
- **Facteurs Chimiques:** phénomènes de photo-oxydation, réactions d'oxydation chimique.
- **Facteurs Biologiques:** la respiration et la photosynthèse (Aminot, et al., 1983).

I.2.1.5. Matière en suspension (MES) :

D'après (**Ivanoff, 1972**) en plus des substances dissoutes, l'eau de mer contient des matières en suspension d'origines minérales ou organiques, vivantes ou détritiques, de natures biogénique (bactérie, phytoplancton ou poisson), terrigènes (apports fluviaux, produits de l'érosion de la cote, ou détritiques déversés par l'homme) éoliennes (particules transportés par les courants atmosphériques et tombants dans la mer) ou Météoriques. Les matières en suspension dans les eaux de mer sont donc de dimensions très variables. Elles comportent tous les composés ayant un diamètre supérieur à **0.45 μm** et elles peuvent être un indice de pollution (**Aminot, et al., 2004**).

I.2.1.6. Matière Organique Particulaire (MOP)

- Soit comme résultat de la synthèse de la biomasse par assimilation des nutriments par le phytoplancton lors de la photosynthèse.
- Soit comme source d'énergie et de nutriments pour les micro-organismes (bactéries, protozoaire) dans l'océan, la MOP, outre les apports éoliens, est majoritairement d'origine phytoplanctonique.

Dans les zones riches en matière organique particulaire sa présence fait courir au milieu un risque d'hypoxie voir anoxie; le risque étant plus grand quand cette dernière est facilement dégradable par les bactéries (**Aminot, et al., 2004**).

I.2.1.7. La Turbidité

Selon la norme **ISO 7027 (AFNOR, 1999)**, la turbidité est définie comme la « réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes ». La turbidité décrit l'opacité ou la transparence du milieu marin, elle n'est pas une grandeur physique intrinsèque du milieu (**Aminot, et al., 2004**).

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau. Elle varie suivant les matières en suspension (MES) de l'eau. Elle est mesurée soit :

- Visuellement : par la mesure de la profondeur de disparition du disque de Secchi, ce dernier détermine la "profondeur de Secchi" en mètre;
- Électroniquement
- néphélométrie : par la comparaison avec une gamme de solution de référence (silice, mastic, formazine); elle est alors exprimée en **mg/l** de silice, de mastic ...etc. ou en unité (NTU, Nephelometric Turbidity Unit), ou (JTU - Jackson ou FTU, Formazine-) (**Gaujous, 1995**)

I.2.2. Les polluants organiques

I.2.2.1. Les Hydrocarbures (HC)

Les hydrocarbures sont les composés organiques les plus simples, constitués de carbone et d'hydrogène essentiellement. Par contre, ils jouissent d'une grande importance commerciale : on les utilise comme carburants, comme combustibles, comme huiles lubrifiantes et comme produits de base en synthèse pétrochimique (**Gaujous, 2005**)

I.2.2.1.1. Les différents types d'Hydrocarbures

On distingue les hydrocarbures à chaîne ouverte (aliphatiques) et les composés cycliques.

Dans les composés à chaîne ouverte contenant plusieurs atomes de carbone, ceux-ci sont reliés les uns aux autres pour former une chaîne ouverte pouvant présenter une ou plusieurs ramifications.

Dans les composés cycliques, les atomes de carbone forment un ou plusieurs cycles fermés. Cependant, les principales familles d'hydrocarbures que l'on retrouve dans les pétroles et les produits raffinés sont :

- ✓ **Les hydrocarbures Aliphatiques** : on différencie les composés saturés, ne contenant que des liaisons simples, des composés insaturés, qui contiennent au moins une double liaison carbone-carbone, notée $C=C$, ou une triple liaison $C\equiv C$
- ✓ **Les hydrocarbures Aromatiques** : une substance dont les molécules possèdent au moins un cycle insaturé à six atomes de carbone. Les électrons impliqués dans le cycle sont délocalisés sur tout le cycle : il s'agit du phénomène de conjugaison. Ils sont parmi les polluants organiques les plus fréquents et persistants trouvés dans le milieu marin et dans les zones côtières.
- ✓ **Les hydrocarbures naphténiques**. Ce sont des hydrocarbures saturés renfermant des formes monocycliques en C5 (cyclopentane) et en C6 (cyclohexane). Ils sont en générale peu toxique, mais plus rémanents que les aliphatiques et moins que les composés aromatiques.
- ✓ **Les Résines** : groupe hétéroclites de composé de base de molécules contenant un ou plusieurs atomes d'oxygène, d'azote ou de soufre. La présence de ces hétéroatomes dans les structures donne naissance à des propriétés superficielles responsable du processus initial d'émulsion inverse avec l'eau de mer.

I.2.2.1.2. Les principales sources des Hydrocarbures

Les principales sources des hydrocarbures en mer sont

- a) **Sources naturelles** : Elles représentent les apports biogènes récents ou fossiles (pétroliers) qui sont le résultat d'activités sismiques et volcaniques sous-marines, et les apports continentaux.
- b) D'hydrocarbures d'origine naturelle (végétaux, feu de forêts,), véhiculés par les fleuves, les rivières, les lessivages ou par voie atmosphérique (**Sellali, 1996**).
- b) **Sources anthropogènes**: Elles sont caractérisées par des apports liés à l'activité humaine.

Les sources anthropogènes sont diverses (**Sellali, 1996**).

- Apports chroniques - Déversement de pétrole; - Activités industrielles (raffineries et industries pétrochimiques); - Exploitation des gisements de pétrole en offshore.
- Les rejets liés au trafic maritime opération des chargements ; déchargement et déballastage des pétroliers ; vidanges des eaux de cales et nettoyage des soutes.
- Les rejets d'eau chargée en hydrocarbures résiduels issus des garages; stations d'essences et; aérodrômes...

I.2.2.1.3. Comportement des hydrocarbures dans le milieu naturel

Le comportement des hydrocarbures en mer peut être cité comme suit :

- ✓ Étalement : déversé en mer, le pétrole a tendance à s'étaler horizontalement sous l'action conjuguée des forces de gravités, de viscosités et de tension superficielle.
- ✓ Déplacement : abordés empiriquement, les mouvements de surface de la nappe induit par le vent sont estimés à environ 3% de la vitesse moyenne du vent, en présence de courant de surface, cette vitesse est modifiée selon la direction, le sens et la vitesse du courant.
- ✓ Évaporation : dans les premières heures qui suivent le déplacement que les hydrocarbures à faible poids moléculaire se transforment de la phase liquide à la phase vapeur, diminuent ainsi la toxicité des hydrocarbures.
- ✓ Dissolution ou solubilisation : limité par l'évaporation, la dissolution dépend aussi de la composition et des propriétés physiques des hydrocarbures, de la température, salinité et l'agitation de l'eau ainsi que la dispersion de la nappe.
- ✓ Emulsification : c'est la dispersion des hydrocarbures de la surface de l'eau, elle comporte deux processus inverses à partir de la dispersion de l'un des deux liquide (eau –hydrocarbure) au sein de l'autre.
- ✓ Oxydation et biodégradation : l'oxydation est la combinaison chimique des hydrocarbures avec l'oxygène. Cependant les hydrocarbures peuvent subir, une auto—oxydation, une

Généralités

photo-oxydation et une oxydation bactérienne.

Pour la biodégradation est un processus naturel par lequel les bactéries, levures et champignons mettent en jeu des processus d'oxydation qui aboutissent à la formation d'hydrocarbure à un poids moléculaire réduit.

- ✓ Sédimentation : c'est le passage d'hydrocarbure de la masse d'eau vers le fond marin, ce phénomène aura lieu lorsque la densité de l'hydrocarbure augmente et dépasse celle de l'eau, suite aux processus, d'adsorption sur les particules en suspension (organiques ou minérales), ou le vieillissement dû à l'évaporation et la dissolution des composés à faible poids moléculaires.

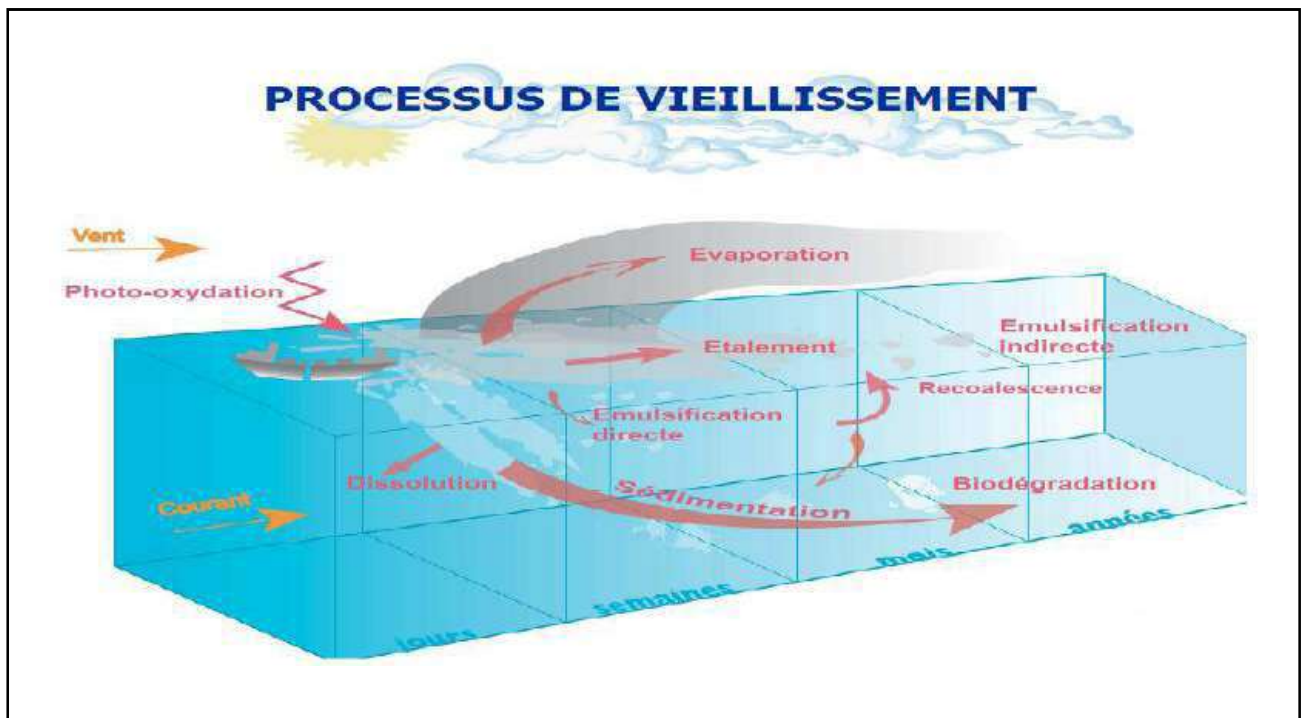


Figure I.1. Les processus de vieillissement des hydrocarbures en mer (Cèdre, 2005).

I.2.2.1.4. Concentration des hydrocarbures dans l'environnement

Du fait de leur nature complexe, les données concernant leur concentration dans les eaux et les sédiments sont peu nombreuses dans l'eau de mer et dans les eaux des océans, les hydrocarbures doivent être déterminés à 3 niveaux :

- La microcouche de surface;
- Les eaux de surface: boules de goudrons et résidus goudronneux flottants ;
- La colonne d'eau (phase dissoute et phase particulaire).

Les hydrocarbures s'accumulent dans la microcouche de surface des océans du fait de leur densité et de leur association avec les substances tensio-actives biogènes. (Lacaze, et al., 1980).

I.3. Les Sédiments

Introduction:

Pour bien comprendre le comportement des sédiments, il est important de bien connaître les interactions entre les phases composant les sédiments, et dans le cas d'une zone polluée, le type le comportement des polluants présents (Tran, 2009).

I.3.1. Définition

Selon le dictionnaire de géologie, 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 ». (Forstner, 1987).

Les sédiments sont définis comme des dépôts continentaux ou marins constitué de particules qui proviennent de l'altération ou de la désagrégation des roches préexistantes et de la précipitation de matières en suspensions qui transite dans la colonne d'eau (Loustau Cazalet, 2012).

I.3.2. Composition des sédiments marins

Les sédiments sont variés et leurs structures sont complexes et hétérogènes. On distingue trois phases dans les sédiments :

- ❖ **La phase solide** : composée par des sables, des argiles, des oxydes, des sulfures, des phosphates ou des sulfates insolubles mais également par des substances organiques ainsi que des débris et des déchets de natures diverses.
- ❖ **La phase liquide** : ou eau interstitielle qui assure les échanges entre le sédiment et la colonne d'eau, c'est également un vecteur de transferts des polluants vers les aquifères.
- ❖ **Phase faune et flore** : qui vit au sein ou à la surface des sédiments. Ces organismes font intervenir des réactions d'échanges nutritionnelles et énergétiques entre le sédiment et la colonne d'eau (Juilie Lions, 2004)

I.3.3. Caractéristiques des sédiments

Le sédiment se caractérise essentiellement par : sa granulométrie, sa composition minérale et sa teneur en eau et en matière organique

I.3.4. Granulométries des sédiments

La distribution granulométrique d'un sédiment explique la répartition des sédiments dans un milieu aquatique. En effet les grosses particules restent en amont tandis que les plus fines se retrouve en aval (Scordia, 2008).

I.3.5. Composition minérale et organique

La composition minérale des sédiments diffère selon leur provenance (**Schneider, 2001**).

Les blocs, les cailloux, les graviers et les sables sont des sédiments terrigènes (issus de l'érosion des sols). Leur nature chimique dépend principalement des terrains érodés. Les sables sont essentiellement quartzeux (Silice SiO_2) ou silicatés (mica, feldspath), souvent accompagnés de minéraux lourds (amphiboles, grenats, disthène...) qui dépendent de la nature des sols érodés.

On trouve aussi des sables calcaires. Les particules les plus fines, limons, boues et vases, sont composées de minéraux argileux d'origine terrigène et des squelettes d'organismes d'origine endogène.

I.3.6. Le pouvoir accumulateur des sédiments

Plusieurs substances chimiques rejetées dans l'environnement s'accumulent dans les sédiments, au fond des rivières, des canaux, des lacs et des retenues d'eau, ainsi que dans les estuaires et les fonds marins. Ils constituent donc un biotope privilégié pour rechercher l'état de pollution d'un écosystème aquatique (**Mearn, et al., 1986**).

Les argiles granulométriques ($< 2 \mu m$) et la matière organique sont les principaux lieux d'accumulation des polluants (**Barbe, 1997**).

Plus le grain du sédiment est fin plus la concentration en polluants est élevée.

Tableau I.1: Les variations dans la concentration en hydrocarbure dans le sédiment.

Localité	Concentration (ppm, poids sec)
Les eaux côtières non polluées et les sédiments prélevés au large des côtes	1 à 4
Les sédiments côtiers non pollués	Moins 100
Les régions très polluées	12

I. Situation géographiques

Sidi-Fredj est une presqu'île située à 25 kilomètres à l'ouest de la wilaya d'Alger. Elle fait partie du point de la vue administrative à la commune de Staoueli, daïra de Zeralda et wilaya d'Alger C'est le lieu historique du débarquement des Français (14 juin 1830).

Elle comporte de nombreuses plages sableuses, La digue du port, le port de plaisance ainsi que l'hôtel El-Marsa, qui en font un site touristique et balnéaire réputé à l'ouest d'Alger.

Cette presqu'île possède une riche faune et flore ,englobe une partie de la forêt de Zéralda partagée avec des communes limitrophes ,elle abrite aussi la forêt de Sidi Fredj sur une superficie de 44 hectares. Cette biodiversité est gérée par la Conservation des forêts d'Alger (CFA) sous la tutelle de la Direction générale des forêts (DGF) Ses coordonnées Lambert s'établissent comme suit -Longitude EST $2^{\circ}50' 52''$

-Latitude NORD $36^{\circ}45'05''$ (Belaarbi et Limani, 2018)



Figure I.2. Situation géographique de Sidi Fredj et les zones d'études (Google Earth 2022).

I.1. Description du port de sidi Fredj

Le port est subdivisé en cinq (5) bassins (**Figure I.3**) aménagés pour permettre l'accostage des petits bateaux ou embarcations.

Sidi-Fredj Ras Acrat a Baie d'El Djamila E 2°51' E 2°53' E 2°55' N 36°47'

- Bassin I : C'est le bassin le plus éloigné de l'entrée du port, et c'est lui qui accueille le déversement des eaux usées par égout provenant des restaurants qui se trouvent au niveau du site.
- Bassin II: Délimité par l'épi de la tour mauresque et l'épi de la station d'essence.
- Bassin III: C'est le bassin de l'hivernage, délimité par la grande jetée.
- Bassin IV: Délimité par l'appontement trois (3) à l'intérieur et la jetée sud à l'extérieur.
- Bassin V: Situé à la sortie du port et communique avec le large.

Le port qui couvre une superficie de 38 000 m² est protégé par des ouvrages contre la houle, et qui servent de délimitation. Ils sont protégés par des enrochements naturels. Ces ouvrages comprennent :

- une jetée nord principale, longue de 230 m se termine par un musoir, servant de barrière de protection contre les vents, et un phare,
- une jetée Sud, secondaire de 215 m (**Djerrai.et Bouazziz.,2010**).



Figure I.3 : Vue du ciel port de Sid Fredj et plage Est

Tableau I.2: superficie et profondeur des bassins du port. (Amrani et Ferhat, 1994)

Bassin	Superficie (m ²)	Profondeur (m)
1	8000	0,4-2,2
2	3000	1,75
3	5000	3-4,8
4	10000	1,4-2,6
5	9400	0,5-5

I.2.Descreption de la plage Est de Sidi Fredj

La plage Est de Sidi Fredj se situe dans la partie la plus Ouest de la baie d'El-Djamila près du port de Sidi Fredj qui fait partie aussi de notre site d'étude (Ziani et Bombare,2019)

La Plage se trouve à vingt-six kilomètres à l'ouest du centre-ville d'Alger. Elle est distante 750 mètres de sa jumelle "Sidi Fredj Ouest " qui se trouve de l'autre côté de la presqu'île. Constituée d'un sable fin, elle mesure à peu près 414 mètres de long et 83 mètres de large et la baignade y est autorisée. Elle est l'une des 17 plages potentielles de la wilaya. Un parking géré par l'EGCTU, est mis à la disposition des automobilistes La plage dispose aussi d'un kiosque géré par la Régie Foncière. Côté sécurité, on note également la présence de la garde communale (Gendarmerie nationale).

II. Les facteurs climatiques et hydrodynamiques

II.1. La Température

La région de Sidi Fredj est caractérisée par un climat méditerranéen tempéré, relativement froid et humide en hiver et chaude en été. (Bellahcene, 2002 in Haoua et Laloui, 2006).

II.2.LaPrécipitation

La pluviométrie est relativement importante de décembre à mai, situant entre 15 et 108 mm Par contre de juin à septembre elle est réduite, varie de 4 à 25 mm (ONM).

II.3. Le Vent

La répartition des houles dans la région de Sidi Fredj est liée au régime des vents tout au long de l'année. La vitesse de la houle se situe entre 6 et 10nœuds. La période hivernale caractérisée par les vents Ouest et Nord-Ouest; quand la période estivale c'est plutôt des vents Nord-est qui dominent. (Bellahcene, 2002 in Haoua et Laloui, 2006).

II.4. La Houle

L'analyse des houles est nécessaire car elle joue un rôle important sur le transit sédimentaire et aussi sur la richesse biologique par la circulation des eaux.

L'analyse des données de la houle faite par le **LEM (1983)** montre qu'on peut considérer deux périodes :

- Période hivernale : prédominance au large des houles Ouest à Nord-Ouest.
- Période estivale : prédominance au large des houles de Nord-est à Est.

II.5. Le Courant

Le courant algérien est défini comme une veine d'eau de surface près du méridien 0°, est un courant turbulent qui se déplace d'Ouest en Est en tourbillons croissants. Selon le laboratoire hydraulique central de France (**L.C.H.F**), (**1970**), la courantologie dans la région de Sidi Fredj se présente comme ce qui suit

Lorsque le vent souffle de NE, les courants mesurés portent en direction de l'Ouest, (vers le port)

Les mesures des vents effectuées dans le secteur N-NW, ont révélé que les courants portaient vers l'EST et le Nord-est, c'est-à-dire en direction opposée aux précédentes mesures. Par observation directes sur les lieux, il a été remarqué que par vent très faible à nul, les trajectoires des courants observées devant l'entrée du port sont faibles.

III. Pollution dans la zone de Sidi Fredj

- ✓ **La plage de Sidi-Fredj** est influencée essentiellement par Oued Mazafran à l'ouest et Oued Beni Messous à l'Est.

L'Oued de Beni Messous, il se situe à droite de Cap de Sidi Fredj et il débouche au niveau de la plage « les Dunes » qui font partie de la baie d'El Djamila. Il traverse les communes de Beni Messous et de Chéraga au nord, de Bouzaréah au nord-est, de Delly Ibrahim à l'Est et de Ain Beniane à l'Ouest.

Pour l'Oued Mazafran, constitue l'un des principaux cours d'eau de la Mitidja et le plus important débouchant dans la baie de Bou- Ismail. Il est formé par la confluence de trois Oueds secondaires : Oued Djer, Oued Bouroumi et Oued Chiffa.

La plage de Sidi Fredj est exposée à la pollution provenant des égouts des agglomérations de la région, des déchets laissés par les estivants, du centre de thalassothérapie (eaux usées et eau de mer sanitaires chaudes) (**Mezali, 1998**).

- ✓ **Le port de sidi Fredj** La pollution dans ce port de plaisance est surtout de type domestique, à caractère saisonnier. À cette pollution s'ajoute un apport de polluants issus des opérations de carénage (peinture, essence, détergent, hydrocarbures ...etc....) qui se réalisent dans l'un des bassins du port (**Djerrai.N et Bouazziz.T,2010**).

Matériels et méthodes

Introduction

Dans le cadre de notre étude qui est la caractérisation des paramètres physico-chimique et la pollution par les hydrocarbures du port de plaisance de Sidi Fredj et la plage Est, un échantillonnage a été réalisé le 19 Mars 2022.

Notre travail a commencé par la préparation du matériels et réactifs nécessaires pour effectuer l'échantillonnage par la calibration des appareils de mesures, dont un pH mètre, un conductimètre, un turbidimètre et un oxymètre.

II.1. Conditionnement du matériel du prélèvement et de la verrerie

Les produits et la verrerie utilisés pour l'échantillonnage et l'analyse sont préparés avant de commencer le travail, le matériel doit être lavé et conditionné le détail des différentes étapes effectuées avant l'échantillonnage sont montrés dans le tableau **II.1** suivant :

Matériels et méthodes

Tableau II.1 : conditionnement récipients et matériels de prélèvement :

MATRICE	Paramètre	Récipient /Matériel	Conditionnement
Eau	MES/MOP	-Flacon 1.5L PET	-rinçage à l'eau de robinet - rinçage à l'eau distillé - séchage à l'étuve 70°C/2H -étiquetage
		-Filtre en fibre de verre diamètre 45 µm	- Calcination au four à moufle à T 600°C/1H -rinçage à l'eau distillé -séchage à l'étuve à T 70°C/2H -Refroidissement au dessiccateur -pesé à vide
		Porte filtre	-Rinçage à l'eau acidulée à 10%(eau +HCl) -Rinçage à l'eau distillé -séchage à l'étuve à T 70°C/2H -étiquetage
	Hydrocarbures	Flacon 1L verre brun	-lavage à l'eau et à la lessive classique -rinçage à l'eau de robinet -rinçage à l'eau distillé -rinçage au solvant (hexane) -séchage à l'étuve T 200°C/24H -étiquetage
		Papier aluminium	-rinçage au solvant(hexane) -séchage à l'étuve à T 200C/24H
	Granulométrie	Sacs en plastique	-étiquetage
Sédiment	Hydrocarbure	Pilulier en verre 100 ml	-lavage à l'eau et à la lessive classique -rinçage à l'eau de robinet -rinçage à l'eau distillé -rinçage au solvant (hexane) -séchage à l'étuve 200°C/24H -étiquetage
		Papier aluminium	-rinçage au solvant(hexane) -séchage à l'étuve 200C/24H
		Boites pétris	-lavage à l'eau et à la lessive classique -rinçage à l'eau de robinet -rinçage à l'eau distillé - -séchage à l'étuve 70°C/24H -étiquetage

Matériels et méthodes

II.1.1. Appareils de mesure

L'ensemble des appareils de terrain utilisés ont été préparé et calibré avant d'effectuer la sortie en mer dont :

- Un pH mètre
- Un Thermomètre
- Un Conductimètre
- Un Oxymètre

II.2. Travaux effectués en mer

Le but de notre étude est la surveillance et le suivi de la qualité physico chimique et la contamination par les hydrocarbures de l'eau et le sédiment du port de plaisance de Sidi Fredj et la plage Est.

Pour se faire, une sortie en mer a été effectuée le **19 Mars 2022**. Les conditions climatiques étaient défavorables comme indiqué au tableau **II.2** :

Tableau II.2 : Conditions météorologiques :

Paramètre	Etat
Temps	Nuageux
T°	14/15°C
Vent	13-18 Km/H
Humidité	99%
Etat de le mer	Agitée



Figure II.1 : Préparation équipements d'échantillonnage eau et sédiment marin

Matériels et méthodes

II.2.1. Localisation des stations et prélèvement des échantillons

Les stations de prélèvement ont été sélectionnés d'une façon à avoir une variété de mesure et une estimation précise de l'état de la pollution dans chaque compartiment du port et de la plage Est, pour cette raison nous avons choisi 4 stations à l'intérieur du port et 2 stations dans la plage Est. (Figure II.2)



Figure II.2 : Localisation des stations de prélèvement eau et sédiment marin (Google Earth 2022)

Tableau II.3 : Coordonnées GPS des stations de prélèvements.

Points de prélèvement d'eau de mer

Points	X	Y
P1	2° 50' 52,566648"	36° 45' 51,575652"
P2	2° 50' 50,85924"	36° 45' 50,814864"
P3	2° 50' 53,046708"	36° 45' 48,817656"
P4	2° 50' 55,229856"	36° 45' 45,806472"
P5	2° 51' 1,605528"	36° 45' 40,111056"

Points de prélèvement du sédiment

Points	X	Y
P1	2° 50' 54,1428"	36° 45' 52,448508"
P2	2° 50' 52,566648"	36° 45' 51,575652"
P3	2° 50' 50,85924"	36° 45' 50,814864"
P4	2° 50' 53,046708"	36° 45' 48,817656"
P5	2° 50' 55,229856"	36° 45' 45,806472"
P6	2° 51' 1,605528"	36° 45' 40,111056"

II.2.2. Les mesures In-situ

Vu l'instabilité de certains paramètres tel que la T, pH, la conductivité, et l'oxygéné dissous nous avons opté pour faire leurs mesures In-situ.

Les mesures In-situ ont été réalisé sur site, nous avons introduit la sonde de l'appareil de mesure calibré auparavant dans l'eau de mer de chaque station et noter la valeur indiquée sur l'écran d'affichage pour chaque paramètre.

II.2.2.1. La température

a- Principe de la méthode : La mesure de la température est importante pour accéder à la détermination du champ de densité et donc des courants, et l'étude du mélange des masses d'eau. Elle joue un rôle important dans les cycles biologiques qui ont des répercussions sur la pêche par exemple : reproduction référendum thermique. (AMINOT, et al., 1983).

b- Appareillage : Nous avons réalisé notre mesure de la température avec l'oxymètre de terrain de marque (WTW Instruments Oxi 197i) (Figure II.3)

c- Mode opératoire : allumer l'appareil attendre sa remise à zéro puis introduire la sonde dans la matrice eau et noter la valeur de la température T en °C indiquée sur l'écran d'affichage.

II.2.2.2. La salinité et conductivité :

a-Principe de la méthode : Théoriquement, la salinité désigne la masse totale de substances solides dissoutes dans un kilogramme d'eau de mer. La forte concentration en sels dissous confère à l'eau de mer une forte conductivité. Les concentrations des différents ions étant proportionnelles, la salinité peut être mesurée par conductivité avec une grande précision. (Rodier, J, et al,2005).

b - Appareillage : Ces deux paramètres ont été mesurés à l'aide d'un conductimètre de marque (type Cond 197i, WTW) Figure (II.3). Les valeurs sont notées en (PSU) pour la salinité et en (mS/cm) pour la conductivité.

c- Mode opératoire : allumer l'appareil attendre sa remise à zéro puis introduire la sonde dans la matrice eau et noter la valeur indiquée sur l'écran d'affichage, basculer la touche M pour choisir le paramètre à mesurer.

II.2.2.3. Le pH

a-Principe de la méthode : La mesure du pH est apparemment simple et précise grâce à la généralisation des pH-mètres à affichage numérique à deux décimales. Néanmoins, on rappelle que c'est une mesure opérationnelle qui repose sur des conventions. De ce fait, l'utilisation du pH à des fins thermodynamiques n'a de sens que si la solution analysée et les constantes d'équilibre mises en jeu respectent les mêmes conditions conventionnelles et, en outre, que les électrodes sont fiables et reproductibles. (AMINOT, et al., 2004).

b-Appareillage : Nous avons mesuré le pH par la méthode électrochimique à l'aide d'un pH-mètre de terrain de marque (WTW pH 315) Figure(II.3). L'appareil doit être étalonné auparavant 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.

c-Mode opératoire : allumer l'appareil attendre sa remise à zéro puis introduire la sonde dans la matrice eau et noter la valeur du pH et la température indiquée sur l'écran d'affichage,

II.2.2.4. L'Oxygène dissous

a- Principe de la méthode. Le capteur consiste en une cathode et une anode baignant dans un électrolyte séparé par une membrane perméable à l'oxygène du milieu dans lequel on effectue la

Matériels et méthodes

mesure. Le capteur exploite la réduction de l'oxygène à la cathode : le courant résultant est mesuré et converti en équivalents d'OD. Dans les capteurs polarographiques, un voltage constant est appliqué entre une électrode de référence et une cathode en métal noble, l'électrolyte participant à la réaction (AMINOT, et al., 2004).

b- Appareillage : Pour ce paramètre de mesures nous avons utilisé la méthode électrochimique à l'aide d'un oxymètre de terrain de marque (WTW Oxi 197 i/SET) Figure(II.3)., La valeur s'affiche en **mg/l** avec une précision de $\pm 0.1 \%$. L'oxymètre donne aussi la valeur du pourcentage de saturation en oxygène dissous.

c- Mode opératoire : allumer l'appareil attendre sa remise à zéro et sa saturation en oxygéné de l'air puis introduire la sonde dans la matrice eau et noter la valeur d'oxygène dissous indiqué sur l'écran d'affichage.

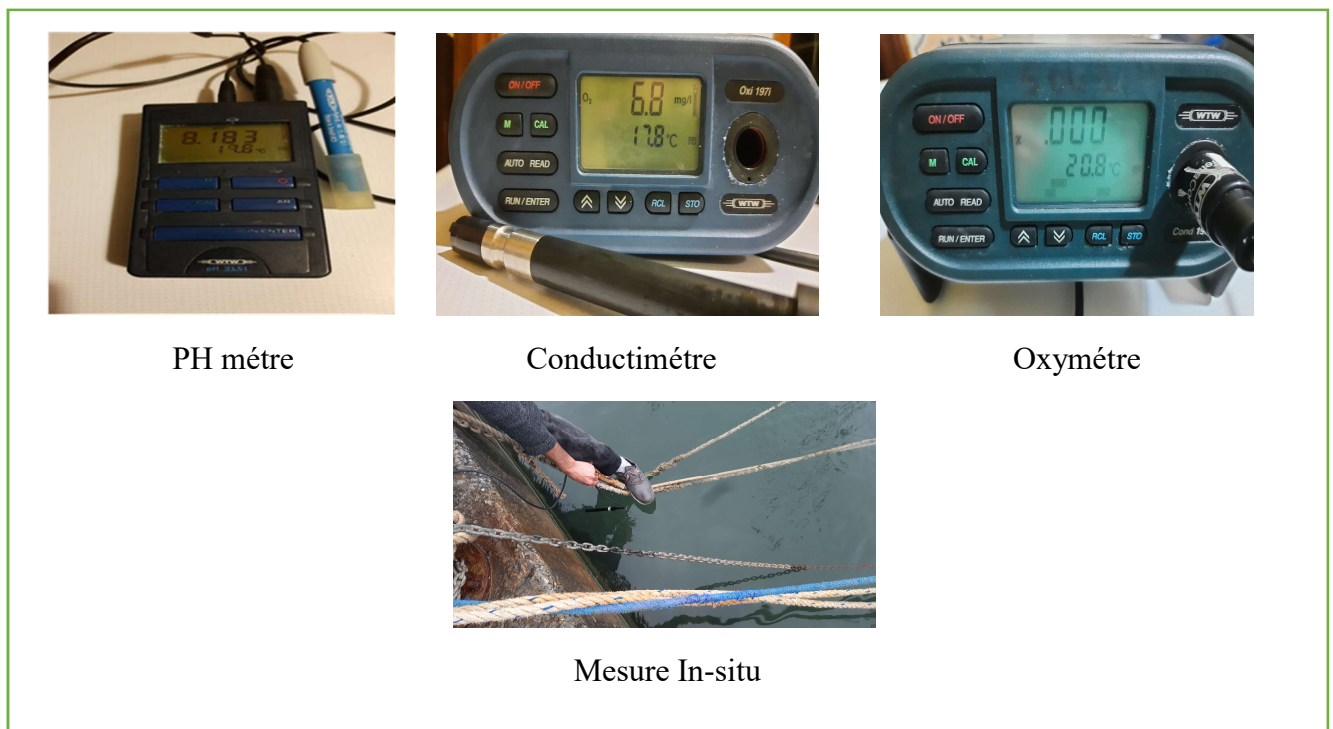


Figure II.3 : Appareils de mesure de terrain, mesure des paramètre In-situ

II.2.3. Prélèvement de la matrice eau de mer

Le prélèvement de l'eau de mer a été effectué manuellement sous la surface de la mer, à une profondeur de **15 à 20 cm**, nous avons remplis des flacons en polyéthylène d'un volume d'1.5 L préalablement conditionnés et étiquetés, ensuite rincés avec l'eau de mer afin d'homogénéiser le milieu, les flacons menés d'un goulot étroit pour un remplissage lent d'une façon à éviter toute

Matériels et méthodes

contaminations, et ce dernier est pendu vers le haut pour assurer le dégazage, ses échantillons seront destinés aux dosage de **MES/MOP** et la turbidité.

Pour le prélèvement des échantillons de l'eau de mer destiné au dosage des hydrocarbures, des flacons en verre brun d'un volume de 01 L préalablement conditionnés et étiquetés ont été utilisés, le remplissage s'est effectué à la main, nous avons plongé le flacon au goulot étroit sous une profondeur de **10 à 20 cm**, est assuré un remplissage lent afin de capter le maximum de matière, après chaque prélèvement, nous avons ajouté un volume de **50 ml** du solvant (Hexane) et agité pendant 3 minutes afin d'assurer une première extraction L/L et le préparer pour une seconde extraction au laboratoire.

Tous les échantillons sont ensuite conservés dans une glacière refroidis avec des glaçons transportable pour des analyses ultérieures au laboratoire. (**Figure II.4**)



Figure II.4 : Conservation des échantillons

II.2.4. Prélèvement du sédiment marin

Le prélèvement de sédiment marin a été réalisé à l'aide d'une benne de type « **Van Veen** ». La benne été plongée ouverte au profondeur à l'aide d'une longue corde, elle se referme dès le touché du fond marin et au remonté elle emprisonne une quantité du sédiment superficielle qui sera exploité et remplis dans, des sachets en plastique étiqueté pour la granulométrie, et des piluliers en verre préalablement conditionnés et étiquetés pour le dosage des hydrocarbures. (**Figure II.5**)

Tous les échantillons sont ensuite conservés dans une glacière transportable pour des analyses ultérieures au laboratoire.



Benne VAN-VEEN

Figure II.5 : Prélèvement du sédiment marin

II.3. Travaux effectués au laboratoire

II.3.1. Analyse de l'eau de mer

II.3.1.1 paramètres physico-chimiques

II.3.1.1.1 La turbidité

a- **Principe de la méthode.** La turbidité n'est pas une grandeur physique intrinsèque du milieu car elle décrit son opacité (ou sa transparence) par comparaison à des étalons artificiels. Ce n'est pas une notion absolue ou objective au sens strict puisque sa valeur dépend de la méthode de mesure, en particulier des caractéristiques instrumentales. La norme **ISO 7027 (Afnor, 1999b)** définit la turbidité comme la « réduction de transparence d'un liquide due à la présence de substances non dissoutes ». (AMINOT, et al., 2004).

b- **Appareillage :** la mesure de la turbidité a été effectuée au laboratoire à l'aide d'un turbidimètre de paillasse de marque (**HANNA Instrument HI88703**), les résultats sont affichés en NTU. (Figure II.6).

c- Mode opératoire

- Allumer l'appareil.
- Effectuer un calibrage avant d'entamer la mesure, introduire le flacon en verre contenant 10 ml des solutions de calibration et suivre l'ordre indiqué par l'appareil : **0.1/15/100/750 et 200 NTU**.
- Rincer le flacon avec l'eau distillée puis l'échantillon à mesurer.

Matériels et méthodes

- Remplir le flacon en verre par l'échantillon et lire le résultat affiché sur l'écran. (Figure II.6).



Turbidimètre



solution de calibration

Figure II.6 : Mesure de la turbidité

II.3.1.1.2 Mesure de la matière en suspension (MES)

a- Principe de la méthode : Elle consiste à filtrer un volume d'eau à travers une membrane poreuse afin de retenir les particules supérieures à 0.45 μm . La différence de poids des filtres séchés avant et après filtration permet de connaître la masse sèche totale de matières en suspension dans le volume filtré correspondant. La précision sur la concentration des (MES) dépend du volume d'eau filtré et la sensibilité de la balance (Aminot et Chaussepied ,1983 et Rodier et al., 2005).

b- Appareillage

- Des membranes filtrantes de type **Whattman GF/C** de Φ (diamètre) **47mm** et de porosité **0.45 μm** . (Figure II.7)
- Un dispositif de filtration sous vide de marque **Sartorius stedim**.(Figure II.7)
- Une balance de précision de type **Denver Instrument M- 220 D**. (Figure II.7)
- Une étuve de marque **MEMMERT**. (Figure II.7)
- Eprouvette graduée de 250 ml et des pinces.
- Dessiccateur

c- Mode opératoire : un volume de 200 ml d'eau de mer est filtré sur une membrane Whattman GF/F conditionnée au préalable et pesé vide d'une porosité de 0,45 μm (figure.II.7).la membrane est séché à l'étuve à T 70°C pendant 2 heures, et refroidis dans un dessiccateur pendant 1H ,une pesée différentielle est réalisée.

Matériels et méthodes

La concentration des matières en suspension est calculée selon l'expression suivante :

Avec :

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

- ❖ P1 : Poids initial du filtre (mg).
- ❖ P2 : Poids du filtre après la filtration (mg).
- ❖ V : Volume d'eau filtrée (L).



Dessiccateur



Filtres



Balance de précision



Etuve de séchage



Dispositif de Filtration

Figure II.7 : Équipements pour le mesure de la matière en suspension (MES)

II.3.1.1.3 Mesure de la matière organique particulaire (MOP)

a- Principe de la méthode : consiste à calciner les filtres déjà utilisé pour la MES (filtré ,séché et pesé), déposer dans des creusets en porcelaine au four à moufle.(**figure II.8**) réglé à T 600°C pendant 2H repeser après refroidissement, la différence des 2 poids donne le poids de la matière organique particulaire (**MOP**).

b- Appareillage :

- Une balance de précision de type **Denver Instrument M- 220 D. (Figure II.7)**
- Un four à moufle de marque **Wise Therme (Figure II.8).**
- Des creusets en porcelaines (**FigureII.8**)
- Une pince
- Un dessiccateur

Matériels et méthodes

c- Mode opératoire : déposer le filtre séché est pesé, dans un creuset en porcelaine, mentionné le nom de la station avec un crayon et repeser l'ensemble soit **P2**(figure.II.8), les mettre au four à moufle et calciné à T 600°C pendant deux heures (figure.II.8).

Retirer les creusets avec filtre calciner et laisser refroidir pendant 1H dans un dessiccateur, Le filtre est à nouveau pesé, soit **P3**.

Le taux des matières organiques est exprimé comme suit

$$MO(\%) = [(P2 - P3) / P2] * 100$$

Avec :

- ❖ **MO** : matière organique exprimée en pourcentage.
- ❖ **P2** : poids du filtre avant calcination avec creuset.
- ❖ **P3** : poids du creuset et du filtre après calcination



La pesée des filtres et creusets



Four à moufle



Figure II.8 : équipement pour la mesure de la Matière organique particulaire(MOP)

II.3.1.2. Analyse des hydrocarbures aliphatiques et aromatiques dans l'eau de mer

Les échantillons ont été prélevés dans des flacons en verre brun d'un volume de 1L déjà conditionnés par un lavage à l'eau de robinet et lessive ordinaire, rinçage à l'eau distillée, rinçage au solvant (hexane) suivis d'un séchage dans une étuve à T 200°C pendant 24 H, sur site un volume de 50 ml du solvant(Hexane) a été ajouté à 900 ml d'eau pour assurer une 1^{ère} extraction In-situ avec une agitation pendant 3 mn, l'échantillon est conservé dans une glacière menée de glaçants, et transporté jusqu'au laboratoire pour l'exploitation.

II.3.1.2.1. 1ère étape : Extraction L/L et concentration des hydrocarbures

a- Extraction

Une seconde extraction a été réalisée au laboratoire l'ensemble des étapes détaillées comme suit :

- Verser l'échantillon dans une ampoule à décanter de 2L.
- Rajouter 50 ml d'hexane pour chaque échantillon et agiter pendant 20 mn.
- Ouvrir le robinet à chaque fois et dégazer l'ensemble.
- Poser l'ampoule à décanter sur un support et laisser reposer, afin de séparer les deux phases aqueuse et organique ;. **(Figure II.9)**
- Récupérer la phase aqueuse dans une éprouvette graduée, noter le volume, et la fraction organique dissous dans l'hexane dans un ballon à Cole rodé. **.(Figure II.9)**
- Ajouter une pincée de Sulfate de Sodium (Na_2SO_4) pour déshydrater le mélange (fraction organique dissous dans l'hexane).

b- Concentration : à l'aide d'un Rote à vapeur rotatif (**IKA RVE**), régler la T à 40°C et la P(Pression) 1,3 millibar, une concentration se fait pour éliminer l'hexane et réduire le volume de la phase organique à **10 ml. (Figure II.9)**



Extraction L/L



Concentration

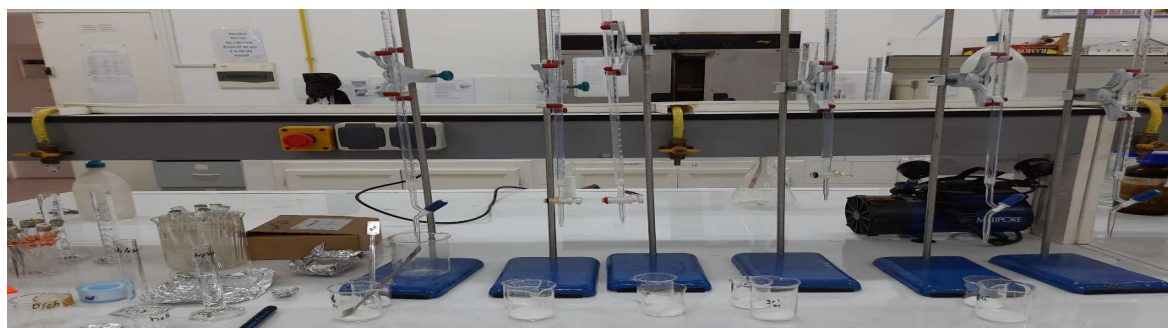
Figure II.9 : Extraction et concentration de hydrocarbures eau de mer

II.3.1.2.2 2ème 2tape : Purification et séparation des portions aliphatiques et aromatiques:

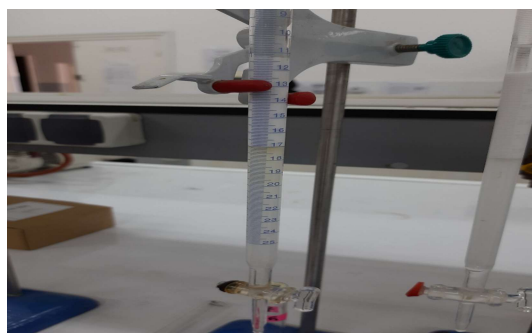
Cette séparation est réalisée en utilisant une colonne Chromatographique à ciel ouvert les étapes sont détaillées comme suit :

- Introduire à l'intérieur d'une burette de 25 ml conditionnée auparavant contenant de la laine de verre ; 5 g du gel de silice activé au four à moufle à T 105°C /1H et imbibé par l'hexane ; qui assure le fractionnement des 2 phases aliphatique et aromatique.
- Ajouter 5 g de l'Alumine activé au four à moufle à T 105°C /1H et imbibé par l'hexane qui permet la purification des 2 phases aliphatique et aromatique.
- Ajouter une pincé de Na₂SO₄.
- Verser 10 ml l'échantillon et 20 ml d'hexane, récupérer par décantation la première fraction : **(fraction aliphatique)** dans un tube à vis on note **F1.(Figure II.10)**
- Ajouter 20 ml d'un mélange d'hexane –Dichlorométhane avec une proportion **(70 :30)** et récupérer la seconde fraction **(fraction aromatique)** dans des tubes à vis et on note **F2. (Figure II.10)**

Les fractions récupérées seront conservées et congelées jusqu'à la prochaine étape.



Purification



Colonne chromatographique



réactifs de la purification

Figure II.10 : Purification des hydrocarbures eau de mer

II.3.1.2.3 Concentration sous-jet d'azote:

Cette étape permet d'évaporer le solvant d'extraction, ce qui va augmenter la concentration des Hydrocarbures. L'extrait est concentré jusqu'à un volume de 2 ml sous jet d'azote. **(Figure II.11)**. Il consiste à barboter notre échantillon par un **jet d'azote** issu d'un réservoir à très haute pression (300-380MPa) et basse température (-150°C)

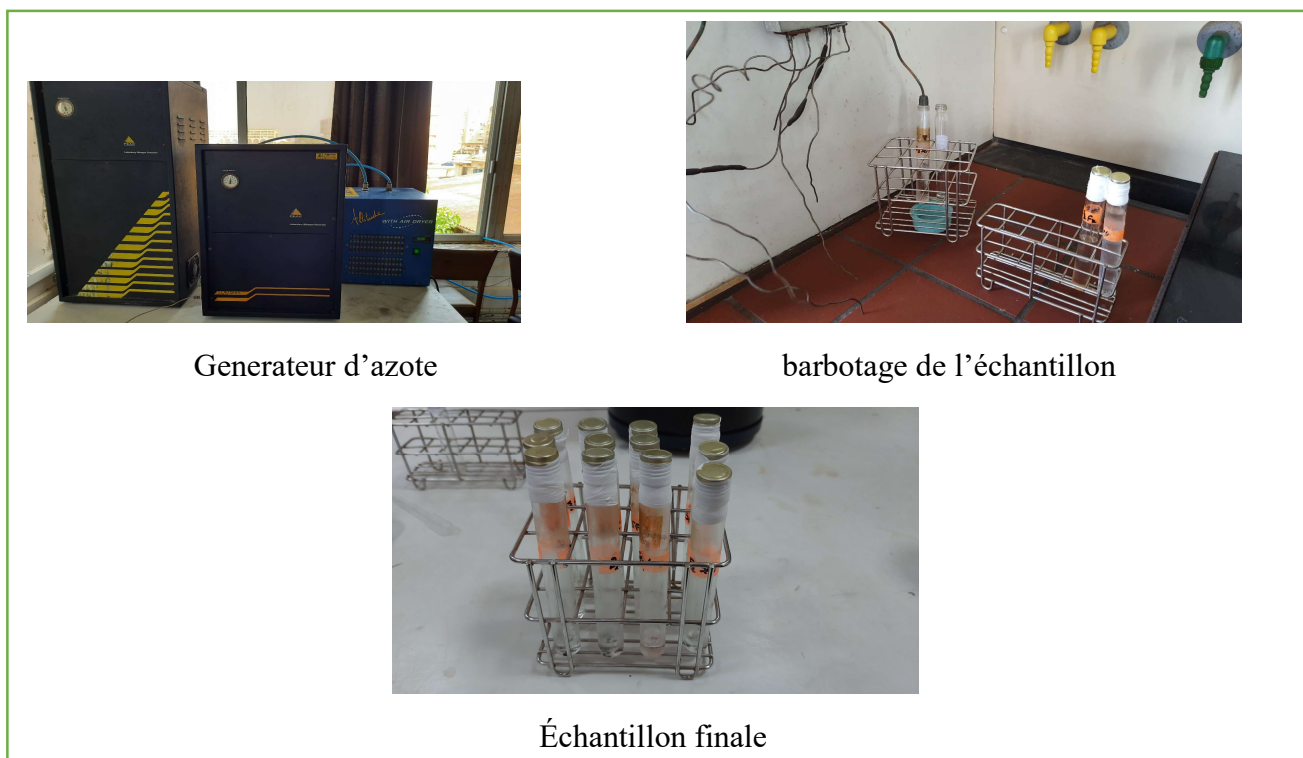


Figure II.11: Jet d'Azote

II.3.1.2.4 : Mesure et mode de technique d'analyse des hydrocarbures aromatiques :

Parmi les différentes techniques l'analyse, le choix s'est porté sur la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse. Cette dernière offre des résultats particulièrement satisfaisants du point de vue quantitatif et qualitatif.

La chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) est une méthode séparative qui permis l'identification et le dosage de différent composes d'un mélange.

Le principe est basé sur les différences d'affinité des composées du mélange avec la phase stationnaire et la phase mobile. Le chromatogramme traduit la variation du soluté dans l'éluant en fonction du temps.

La spectrométrie de masse est une technique d'analyse structurale et de détection sensible. Elle permet de mesurer les rapport m/z des molécules individuelles est ionisées et de leurs produits de

Matériels et méthodes

fragmentation, et permis ainsi de recueillir des informations sur sa nature, sa composition et même sur sa structure ou sa quantité sous certaines conditions.

Les différentes parties du spectromètre de masse sont maintenu sous vide par un système de pompage fonctionnant en permanence, la réalisation d'un vide suffisant pour un bon fonctionnement d'une spectrométrie de masse. (CRAPC)



FigureII.12 : La chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) (CRAPC)

II.3.2. Traitement du sédiment marin

II.3.2.1 : Granulométrie

a-Principe de la méthode : Selon la norme française : **NF P94-056**, la granulométrie correspond à la répartition massique de la dimension des particules solides exprimées en pourcentage de la masse totale du matériau. Ce procédé consiste à passer l'échantillon par une série de tamis de mailles décroissantes et de peser le poids des refus dans chaque tamis, ainsi qu'une représentation étendue sur un graphique (Belaarbi et Limani, 2018).

Tableau II. 4 : Classification des différents types du sédiment marin

Diamètre des particules	$\leq 0.002\text{mm}$	De 0.002-0.0625mm	De 0.0625-0.25 mm	De 0.251-1mm	De 1-2mm	$\geq 2\text{mm}$
Type de sédiment	Argile	Vase /limon	Sable fin	Sable grossier	Graviers	Roches

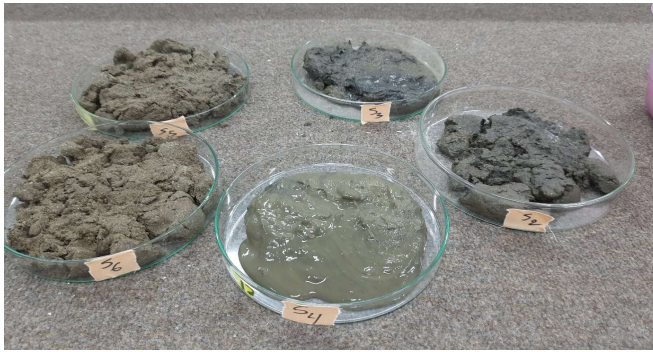
b-mode opératoire :

- Repartir le sédiment marin dans des boîtes pétries en verre étiquetées (Figure II.13)
- Sécher l'échantillon à l'étuve de séchage de marque **DHG** à T 105°C pendant 24 heures. (Figure II.13)
- Broyer l'échantillon séché à l'aide d'un mortier en porcelaine.
- Peser **200 g** de l'échantillon soit **Pi**,
- Placer l'échantillon dans la série des tamis pesé auparavant et tamiser mécaniquement sur une tamiseuse. (Figure II.14)
- Peser le refus de chaque tamis.

Nous avons utilisé une colonne de tamis qui suit la norme **AFNOR**. Le diamètre des mailles de la série des tamis (de la colonne utilisée) dans l'ordre décroissant sont : **800 μm , 630 μm , 500 μm , 400 μm , 315 μm , 250 μm , 160 μm , 80 μm , 63 μm .**

- c- **Traitement des données :** les résultats obtenus sont tracés sous formes de courbes dans lesquelles, l'axe des abscisses représente le diamètre des tamis et l'axe des ordonnées représente le pourcentage des fractions pesés.

Matériels et méthodes



Repartition du sédiment marin



sédiment séché



Étuve de séchage

Figure II.13 : équipement pour le traitement du sédiment marin



Tamiseuse Pesé des fractions



Figure II.14 : Fractionnement du sédiment marin

II.3.3. Dosage des hydrocarbures dans le sédiment marin

Cette technique passe par plusieurs étapes

II.3.3.1. Lyophilisation

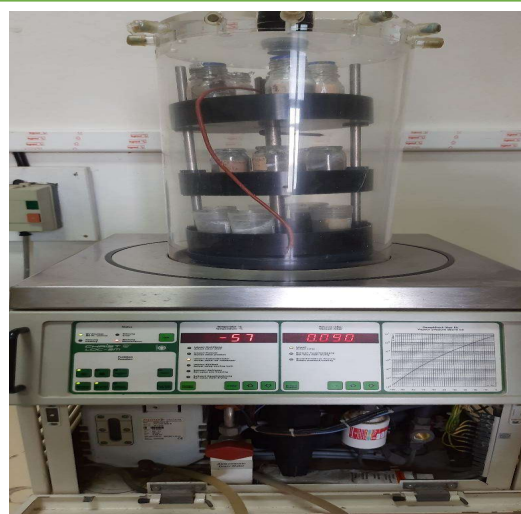
La lyophilisation c'est le passage de l'eau sous forme solide (état de cristaux) directement sous forme gazeuse ; appelée sublimation. Cette étape permet de déshydrater l'échantillon à froid. Les échantillons du sédiment ont été passés au lyophilisateur (**CHRIST BETTA 1-8**)(Figure II.15) à T -57°C avec une pression sous cloche de 10^{-1} bar pendant 48 heures. (Hamli.k,2017)

II.3.3.2. Broyage et homogénéisation

Le sédiment lyophilisé est broyé à l'aide d'un mortier en porcelaine conditionné jusqu'à l'obtention d'une poudre fine. Après broyage, les échantillons sont homogénéisés et stockés dans un endroit sec (dessiccateur en présence de gel de silice activé). Cette étape permet de libérer les polluants incrustés dans les particules du sédiment marin. (Figure II.15)



Broyage du sédiment marin



Lyophilisation

Figure II.15 : lyophilisation, broyage et homogénéisation du sédiment marin

II.3.3.3. Extraction solide-liquide

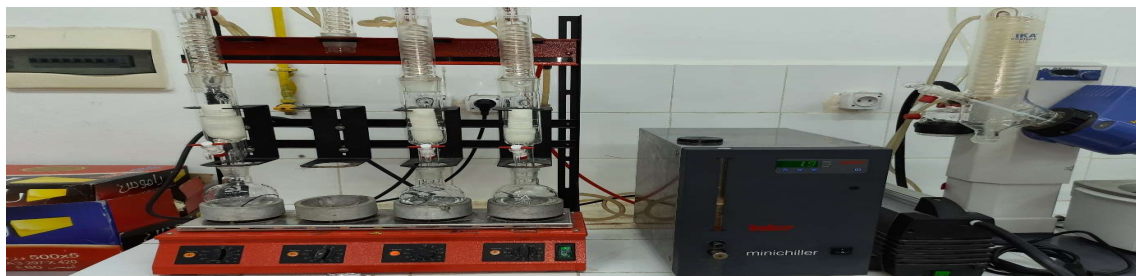
L'extraction des hydrocarbures se fait à l'aide d'un extracteur Soxhlet (**Figure II.16**). Cette opération permet de récupérer, par lessivage, tous les hydrocarbures contenus dans le sédiment marin avec un mélange de solvants (hexane –dichlorométhane) avec une proportion (50 :50). Le volume de solvant consommé est de 150 ml. Des grains "boilingships" sont introduits avec les solvants pour obtenir une température homogène comprise entre 65 et 72°C dans toute la phase organique. 5g de sédiment marin broyé sont déposés dans une cartouche en cellulose **Wattman** (préalablement nettoyée lors d'une extraction à blanc avec de l'hexane pendant 4 heures (**figure II.16**)). Chaque série d'extraction est complétée avec un blanc de procédure contenant du Na₂SO₄. L'étape d'extraction reste le point critique dans une analyse quantitative, car quelle que soit la technique d'extraction utilisée, le rendement n'atteint pas 100 % (**Hamli.K,2017**)

II.3.3.4. Concentration des extraits

Cette étape se fait de la même manière que la concentration des hydrocarbures dans l'eau, permet d'éliminer le solvant d'extraction, et concentrer les hydrocarbures aromatiques polycycliques à un volume de 10ml à l'évaporateur rotatif (Température : 40°C, Pression : 1,5 bar).

II.3.3.5. Purification et fractionnement

Cette opération est identique à celle décrite pour l'eau de mer. La phase de purification et fractionnement est réalisée par chromatographie liquide sur colonne ouverte remplie de deux adsorbants : gel de silice et l'alumine, afin de se débarrasser des composés organiques polaires tels que les lipides, les acides gras ainsi que toute impureté (**figureII.16**), qui peuvent causer des interférences au moment des analyses avec les hydrocarbures. Deux lits successifs de gel de silice et d'alumine permettent d'obtenir une fraction aromatique après élution avec **20 ml** d'un mélange hexane/dichlorométhane (**70 :30**). (**Hamli.k,2017**)



Extraction S/L :soxhlet



Concentration



Purification

Figure II.16 : Extraction, concentration et purification des hydrocarbures du sédiment marin

II.3.3.6 Concentration sous-jet d'azote:

Cette étape permet d'évaporer le solvant d'extraction, ce qui va augmenter la concentration des Hydrocarbures. L'extrait est concentré jusqu'à un volume de 2 ml sous jet d'azote. (**FigureII.11**). Étape identiques à celle faite avec l'eau de mer

II.3.3.7 Mesure et mode de calcul :

- La concentration finale en hydrocarbure dans l'eau de mer est calculée comme suit :

$$[C]f = ([C]m \times v) / V$$

Avec :

[C]f : Concentration finale des hydrocarbures dans l'eau (nl/l).

[C]m : Concentration des hydrocarbures mesuré par GC-MS (nl/l).

v : volume d'extrait (ml).

V : volume de l'échantillon d'eau de mer extrait (l)

- La concentration finale d'hydrocarbure dans le sédiment marin est calculée comme suit :

$$[C]f = ([C]m - [C]b) \times v / P$$

Avec :

[C]f : Concentration finale des hydrocarbures dans le sédiment marin (ng/g).

[C]m : Concentration des hydrocarbures mesuré par GC-MS (ng/l).

[C]b : Concentration du blanc correspondant (ng/l).

v : volume d'extrait (ml).

P : poids du sédiment analysé (g).

Résultats et discussions

Résultats et discussions

III.RESULTATS ET DISCUSSIONS

Dans le cadre de notre étude, qui est la caractérisation des paramètres physico-chimique et la pollution par les hydrocarbures du port de plaisance de Sidi Fredj et la plage Est, un échantillonnage a été réalisé le **19 Mars 2022**.

Pour l'analyse de l'eau, six stations ont été choisies dont, quatre au niveau du port de Sidi Fredj et deux au niveau de la plage Est au deux extrémités du port, ses échantillons sont utilisés pour la caractérisation des paramètres physico chimiques et l'analyse des hydrocarbures.

En ce qui concerne les sédiments, nous avons pu prélevés 05 échantillons au niveau des 05 stations, dont 03 au niveau du port, et 02 au niveau de la plage Est, les échantillons prélevés exploités et utilisés pour la granulométrie et l'analyse des hydrocarbures.

III.1. Analyse des paramètres physico-chimique de l'eau du port de Sidi Fredj et la Plage Est.

III.1.1.Résultats des analyses physico-chimiques : l'ensemble des résultats de mesure des paramètres physico chimique relevé in-situ et sont présentés dans le tableau III.1suivant :

Tableau III.1.Résultats des analyses physico-chimiques eau de mer du port de sidi Fredj et la plage Est :

STATIONS	TEMP °C	PH	SALINIE PSU	CONDUC mS/cm	OXY DISS mg/L	TURBI NTU	MES Mg/L	MOP %
S1	15,30	8.15	33,6	45,3	6,7	4,0	6,75	0,00694
S2	15,40	8.14	35,5	45,0	6,1	1,9	8,25	1,37103
S3	15,30	8.12	34,7	46,1	6,1	1,8	9,50	0,00721
S4	15,40	8.11	34,4	46,2	6,1	1,9	19,50	0,00392
S5	16,10	8.20	33,6	45,8	7,5	6,1	6,25	0,00452
S6	15,80	8.15	34,1	45,7	7,5	6,4	9,50	0,05680
MOY	15,55	8.14	34,31	46,68	6,66	3.68	9,96	0,24174
Ecart TYPE	0,32	0.03	0.72	0.46	0.68	2.15	4.86	0.55361

Résultats et discussions

III.1.1.1 : Température des eaux de surface

La température de la surface correspond à un élément fondamental en océanographie, ce facteur conditionne largement et significativement l'écologie des systèmes marins et côtiers.

Sa variation dépend de la température atmosphérique et du mélange des masses d'eau.

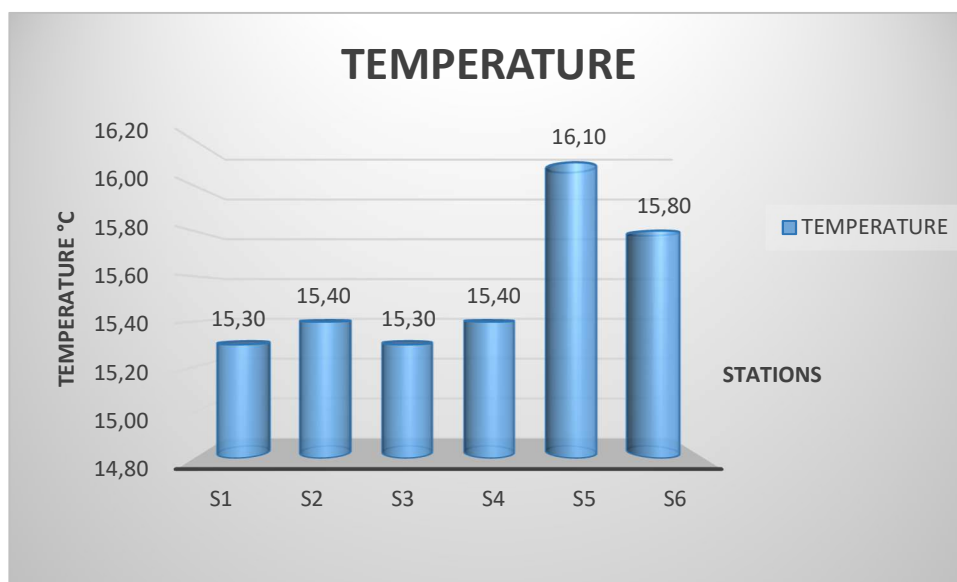


Figure III.1 : Valeurs moyenne de la température en fonction des stations



Figure III.1.1 : Situation géographique des valeurs maximales et minimales de la température.

D'après la **figure III.1** nous constatons que les valeurs de la température de surface varient entre un maximum de 16,10°C au niveau de la **station 5** de la plage Est, qui pourrait être dû à l'influence du courant du large et un minimum de 15,30°C au niveau de la **station 1** à l'intérieur du port, qui pourrait être dû au confinement du port, globalement nous avons enregistré une moyenne de 15,55°C et un écart type de 0,32, ses valeurs sont saisonnière et elles sont inférieur aux normes algériennes (30°C) comme indiqué dans (JORA,2006).

Résultats et discussions

III.1.1.2 : Potentiel d'hydrogène (pH)

Les valeurs moyennes du pH enregistrées à la surface de l'eau varient entre 8,11 et 8,15 à l'intérieur du port quant aux valeurs enregistrées à la plage Est varient entre 8,15 et 8,2 (**Figures III.2**). Nous remarquons que la station 5 présente la valeur du pH la plus élevée, ceci pourrait être en relation avec la valeur de la température la plus élevée enregistrée dans cette même station 5 comme montrée précédemment dans l'étude (**Température des eaux de surface**).

Les valeurs mesurées enregistrent une moyenne de 8,14 et un écart type de 0,03, elles restent dans les limites fixées par la norme algérienne de la variation du pH étant comprise entre 6 et 8 (**JORA,2006**).

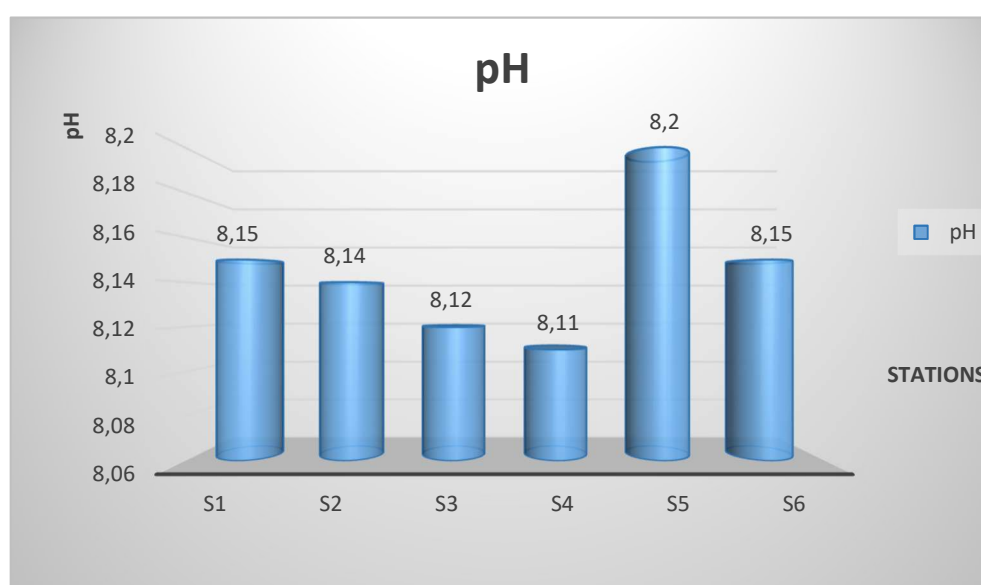


Figure III.2 : Valeurs moyenne du pH en fonction des stations



Figure III.2.1 : Situation géographique des valeurs maximales et minimale du pH.

Résultats et discussions

III.1.1.3 : Salinité des eaux de surfaces

Les valeurs mesurées enregistrent une moyenne de 34,31 PSU et un écart type de 0.72.

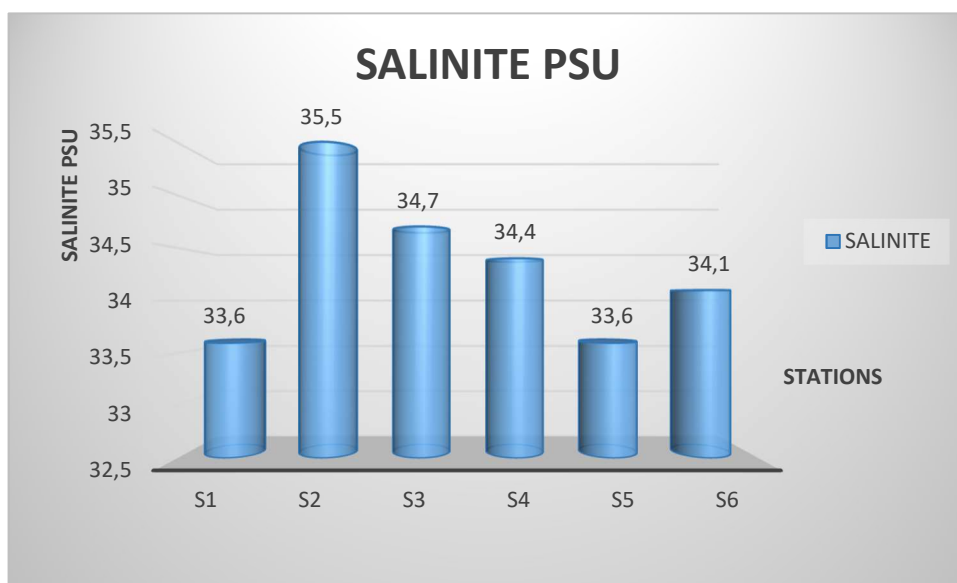


Figure III.3 : Valeurs moyenne de la salinité en fonction des stations



Figure III.3.1 : Situation géographique des valeurs maximales et minimale de la salinité.

nous constatons que les valeurs enregistrées à l'intérieur du port varient entre une valeur maximale de l'ordre de 35.5 PSU au niveau de la **station 2** et une valeur minimale de l'ordre 33.6 PSU au niveau de la **station 1** . Quant à la plage Est, les valeurs de la salinité varient entre 33,6 au niveau de la station 5 PSU et 34,1PSU au niveau de la station 6.(Figure III.3)

Les valeurs enregistrées durant cette période sont nettement inférieures à celles décrit par **Aminot et Chaussied (1983)**. En effet, en Méditerranée, la salinité avoisine les 38-39 PSU au large. Cela pourrait être expliqué par la présence des rejets d'eau usées des restaurant et hôtels El Riad et Thalassothérapie, qui constitue un apport d'eau douce qui fait baisser la salinité à l'intérieur du port et conduit jusqu'à la plage Est.

Résultats et discussions

III.1.1.4 : Conductivité des eaux de surfaces

La conductivité est liée à la concentration des substances dissoutes et à leurs natures.

La mesure de la conductivité permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau.

Les valeurs mesurées (Figure III.4) enregistrent une moyenne de 45,68 mS/cm et un écart type de 0,46.

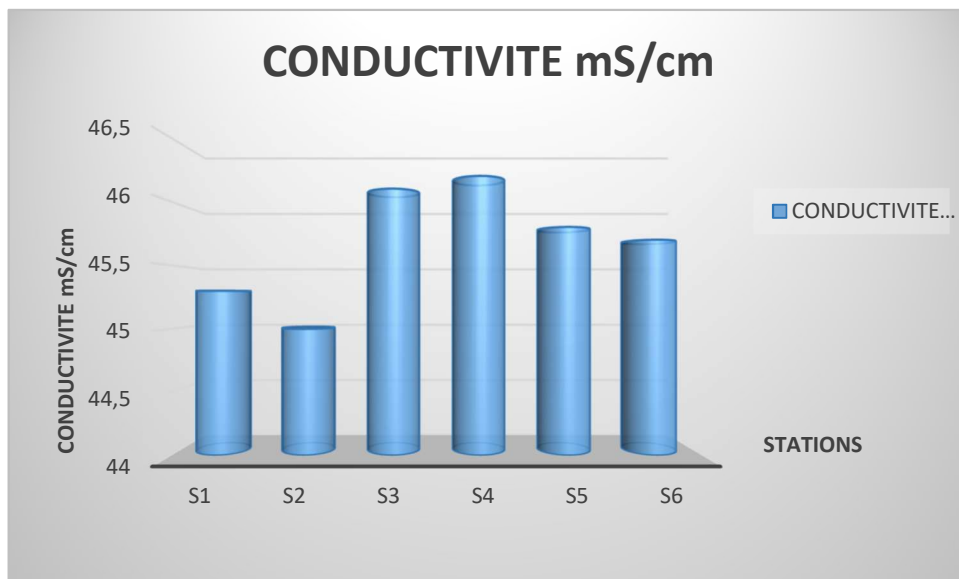


Figure III.4 : Valeurs moyenne de la conductivité en fonction des stations.



Figure III.4.1 : Situation géographique des valeurs maximales et minimale de la conductivité.

Nous avons enregistré une valeur maximale de 46,2 mS/cm au niveau de la **station 4** à l'intérieur du port, et une valeur minimale de 45 mS/cm au niveau de la **station 2** à l'intérieur du port. Globalement les valeurs mesurées présentent un taux élevé et en corrélation avec la salinité, cette dernière apprécie la quantité des sels dissouts dans l'eau car la plupart des matières dissoute se trouve sous forme d'ions chargés électriquement, d'où la conductivité mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes.

Résultats et discussions

Nous pouvons conclure que les valeurs de la conductivité sont proportionnelles aux valeurs des salinités enregistrées précédemment avec un léger écart au niveau de la station 2 où nous avons mesuré un maximum de salinité ce qui est pourrait être expliqué aux erreurs de manipulations.

III.1.1.5 : Oxygène dissous des eaux de surfaces

Les valeurs mesurées enregistrent une moyenne de 6,66mg/L et un écart type de 0,68.

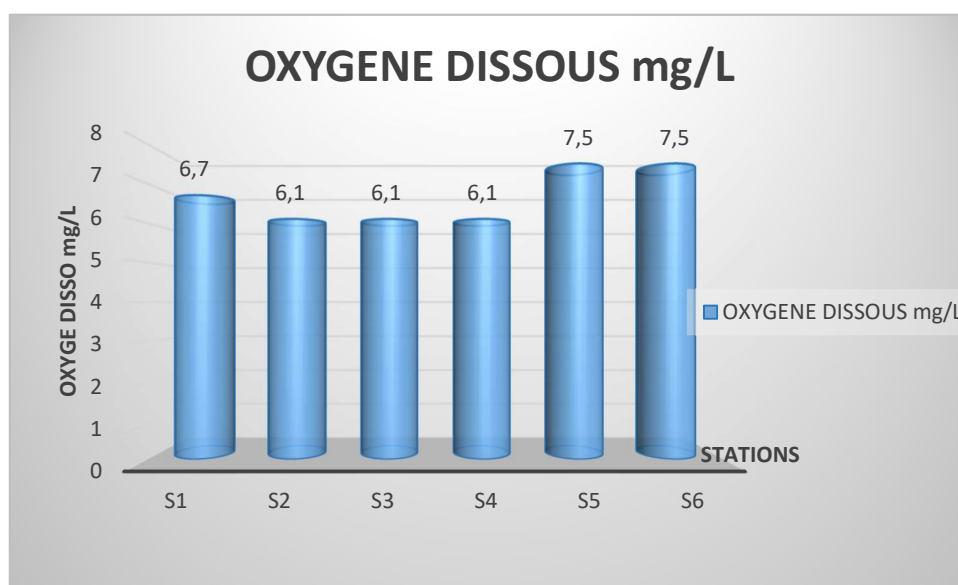


Figure III.5 : Valeurs moyenne de l'oxygène dissous en fonction des stations.



Figure III.5.1 : Situation géographique des valeurs maximales et minimale de l'oxygène dissous.

D'après la **figure III.5** la concentration maximale de 7.5 mg/L est enregistré au niveau des **stations 5 et 6** à la plage est, et c'est relatif à l'exposition de ces stations à une aération par le courant qui apporte de l'oxygène de l'air et l'introduire aux eaux et garantie un renouvellement permanent et la concentration minimale de 6.1mg/L au niveau des stations à l'intérieur du port, **stations 2,3 et 4**, cela peut être expliqué par une intense consommation d'oxygène du processus de minéralisation de la matière organique en provenance des eaux de ruissellement, des eaux usées et des entretiens des bateaux.

Les concentrations de l'oxygène dissous à l'intérieur du port montrent que les eaux des bassins ne sont pas suffisamment aérées, ce qui peut être expliqué par :

- La morphologie du port (bassins semi fermés et à faibles profondeurs).

Résultats et discussions

- La forte charge en matières en suspension, le faible hydrodynamisme (endroit calme), peuvent diminuer la dissolution de l'oxygène dans l'eau.
- Les films formés par les hydrocarbures (essence, fuel, huiles,...) à la surface de l'eau ralentissent ou peuvent même entraver la ré-oxygénation de l'eau par l'atmosphère. (Aminot et Kérouel, 2004).

III.1.1.6 : Turbidité des eaux de surfaces

Les valeurs mesurées enregistrent une moyenne de 3,68 NTU et un écart type de 2,15.

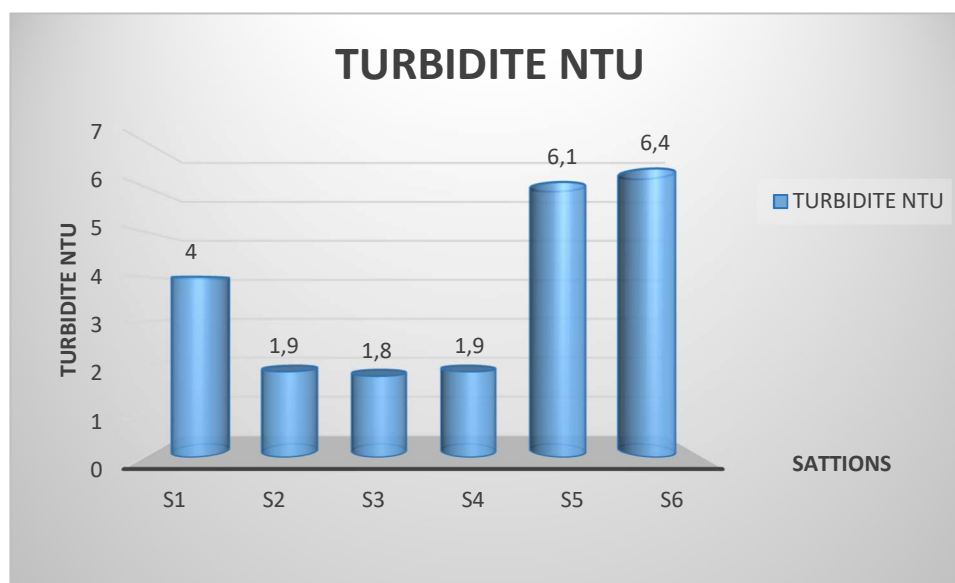


Figure III.6 : Valeurs moyenne de la turbidité en fonction des stations.



Figure III.6.1 : Situation géographique des valeurs maximales et minimale de la turbidité.

La valeur maximale est de l'ordre de 6,4 NTU est enregistré au niveau de la **station 6** à la plage Est, cela est expliqué par l'agitation des eaux par la houle et le vents forts enregistré lors de l'échantillonnage, cela conduit au remonté de la matière en suspension et la matière organique des particules fines ainsi le sable à la surface, et influence la clarté des eaux, et une valeur minimale de 1,8 NTU au niveau de la **station 3** à l'intérieur du port (**Figure III.6**). cette valeur explique clairement le confinement du port ce dernier entouré par les quais et des embarcations qui empêchent la perturbation du calme des eaux par le vent donc la sédimentation de la matière en suspension et des particules fines.

Résultats et discussions

III.1.1.7 : Matière en suspension (MES) :

Les rejets des eaux usées représentent une source importante pour la matière en suspension en milieu marin et comme le port de Sidi Fredj est exposé à ce type de contamination, nous avons enregistré une moyenne de 9,98 mg/L et un écart type de 4,86.

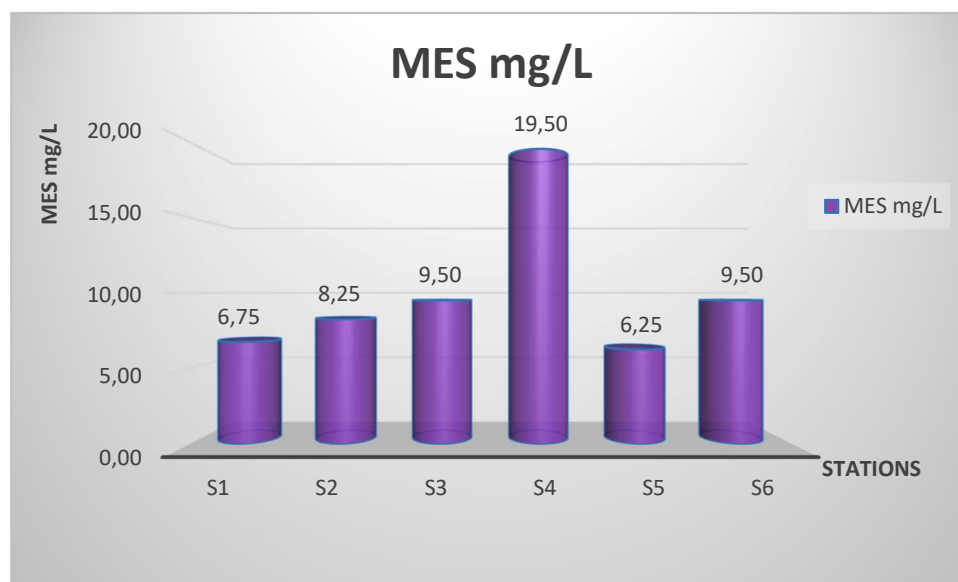


Figure III.7 : Valeurs moyenne de la concentration en MES en fonction des stations.



Figure III.7.1 : Situation géographique des valeurs maximales et minimale de MES.

D'après la **figure III.7** les concentrations en MES sont gouvernées en générale par le diamètre des particules et l'état de la mer (sédimentation, transport par l'eau et l'agitation des eaux), dont, la valeur maximale est enregistrée au niveau de la **station 4** avec un taux de 19,5mg/L. Cela pourrait être expliqué par l'emplacement de la station qui forme une impasse du port vers la plage Est, donc les eaux de la station sont exposés au flux des embarcations donc une agitation ponctuelle.

En revanche, nous avons enregistré une valeur minimale de l'ordre de 6,75 mg/L au niveau de la **station 2** à l'intérieur du port qui pourrait être expliqué par la faible agitation des eaux, et au facteur de

Résultats et discussions

sédimentation des particules. Une autre valeur minimale qui est de l'ordre de 6,25mg/L au niveau de la **station 5** de la plage Est, revient à la nature du sédiment (**sable fin**) donc la sédimentation est importante.

III.1.1.8 : Matière organique particulaire (MOP)

La matière organique caractérise la présence des déchets générés par l'activité humaine, soit le jet des matières solides qui suit une décomposition dans des conditions favorable (eau, bactéries, organismes vivants, oxygène...) ou sous forme des rejets urbains qui apporte une contamination considérable.

Dans la présente étude nous avons enregistré une moyenne 0,24% et un écart type de 0,53.

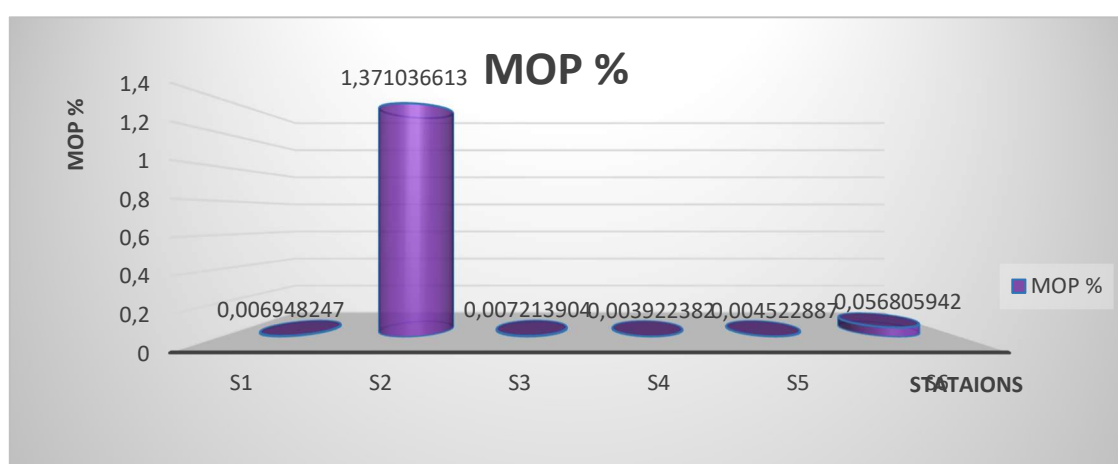


Figure III.8 : Valeurs moyenne du taux de la MOP en fonction des stations.



FigureIII.8.1 : Situation géographique des valeurs maximales et minimale de MOP

La valeur maximale de 1,37% est enregistrée au niveau de la **station 2** à l'intérieur du port, qui pourrait être expliqué par l'exposition du bassin aux rejets urbains suite à sa situation géographique à savoir au milieu du port et une valeur minimale 0.0039% au niveau de la **Station 4** qui se situe à l'entrée du port vers la plage Est,et pourrait être expliqué par le contact des eaux stagnantes du port et l'arrivée des eaux de la plage qui transporte avec elles la MOP versla plage.(**Figure III.8**)

Résultats et discussions

III.1.2. Etude comparative des paramètres physico-chimiques des eaux du port de Sidi Fredj avec les données antérieures

Le tableau III.2 suivant représente les moyennes des paramètres physico-chimiques mesurées au niveau du port de Sidi Fredj par différents auteurs

Tableau III.2 : Résultats moyens des paramètres physico-chimiques enregistrés au niveau du port de Sidi Fredj (données antérieures)

Paramètres Références	T°C	OD(mg/L)	MES(mg/L)	pH	S(PSU)
OUKAZI(1992)	24,58	8,08	16,24	8,10	35,46
AMRANI-FERHAT (1994)	25,73	8,26	25,54	7,78	36,18
BOUAZIZ- DJERRAI(2010)	18,1	5,38	232,06	8,05	36,34
AISSAT- CHEIKH(2013)	16,95	5,54	153,21	8,17	35,07
Présenteétude (2022)	15,55	6,66	9,96	8,14	34,31

Nous remarquons une grande variation de température moyenne, mais toutefois elle reste inférieure aux normes algériennes et européennes ($\leq 30^{\circ}\text{C}$)(JORA,2006). Cette variation est due essentiellement aux différentes périodes d'étude.

- Mois de juillet à septembre pour OUKAZI.
- Mois de juin pour AMRANI –FERHAT.
- Mois de Mars à Mai pour BOUAZIZ ET DJERRAI.
- Mois d'Avril pour AISSAT –CHEIKH.
- Mois de Mars pour la présente étude.

Ces fluctuations sont des variations saisonnières.

Le taux moyen de l'oxygène dissous enregistré dans la présente étude est inférieur aux taux moyens enregistrés aux années 1992 et 1994, et supérieur aux valeurs enregistrées aux années 2010 et 2013, ceci pourrait être expliqué par la faible température enregistrée et que ces deux paramètres évoluent de façon

Résultats et discussions

proportionnelle, ce qui reflète la sous saturation et le manque d'oxygène dans les eaux du port de Sidi Fredj.

Pour les matières en suspension, les concentration moyenne enregistrées dans notre étude sont nettement plus faible par rapport aux concentrations enregistrés aux précédents travaux. Cela pourrait être expliqué par la diminution de la turbidité après le dragage qui a été effectué en Janvier 2010, la turbidité dans les bassins du port devient moins importante par rapport à l'année 2010 (AISSAT-CHEIKH,2013), quant au valeurs de pH et la salinité très peu de variations sont notées.

III.1.2 :Dosage des hydrocarbures de l'eau du port de Sidi Fredj et la plage Est.

Il est démontré que tous les hydrocarbures sont susceptibles d'être accumulés par les espèces marins et il est admis que sont essentiellement les hydrocarbures aromatiques et leurs métabolites qui sont la cause principale des effets toxiques sur les espèces marines. (Aminot, Chaussied,1983).

La présence des hydrocarbures aromatique en milieu marin est essentiellement anthrogène, les produits pétroliers rejetés de façons chroniques ou accidentelles en contienne souvent 10 à 60 %. Les résidus de la combustion incomplètes du pétrole et la pyrolyse de composés naturelle ou sont aussi une source importante. (Aminot, Chaussied,1983).

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques présentent un risque toxicologique important même à faibles concentrations, notamment par leurs propriétés cancérigènes et/ou mutagènes. Du fait de leur forte hydrophobicité, ces molécules s'adsorbent fortement aux matières particulaires, rendant leur élimination et/ou leur transformation par des réactions chimiques difficiles. De plus, les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont peu biodégradables car faiblement biodisponibles, ce qui les rend persistants dans l'environnement. Ainsi leur sort dans l'environnement est devenu un sujet préoccupant (Gabet, 2004)

III.1.2.1 :Evaluation des résultats de dosage des hydrocarbures de l'eau de mer du port de Sidi Fredj et la plage Est.

D'après la figures III.9 les concentrations en hydrocarbures aromatiques sont comprises entre un minimum de 100 nL/L au niveau de la station 6 et un maximum de 400 nL /L au niveau de la station 2 avec une moyenne de 288.33 nL/L et un écart type de 128.13. Ces valeurs restent inferieures aux limites fixées par la norme algérienne étant comprise entre 10 mg/L et 15mg/L (JORA,2006).

Ces valeurs révèlent une contamination de l'eau de mer par les hydrocarbures aromatiques,cette contamination pourrait être issue des eaux de nettoyage des reservoirs des embarcations et les rejets

Résultats et discussions

des constructions aux alentours ainsi la vidange des citernes de la station d'essence située au niveau du port.

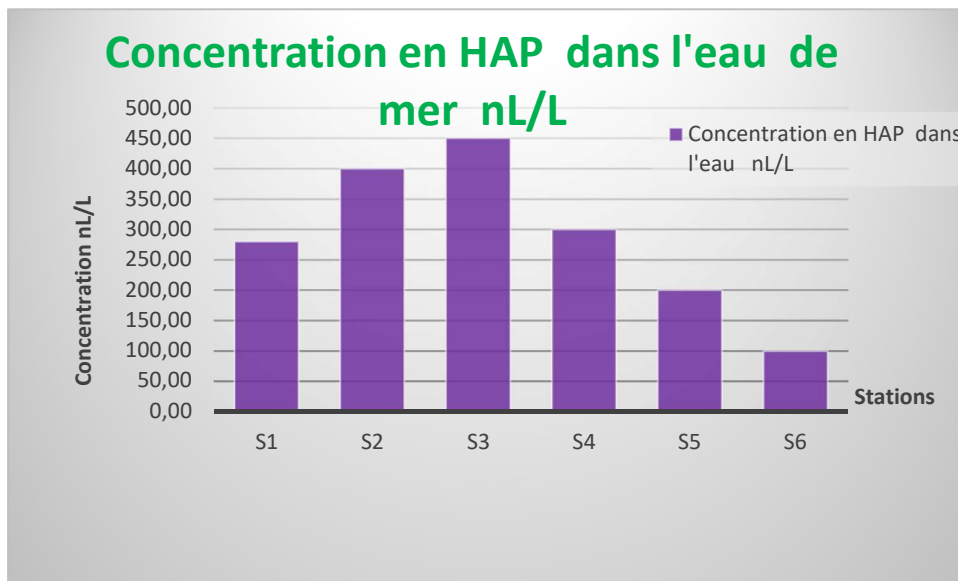


Figure III.9:Concentration des Hydrocarbures aromatiques dans l'eau de mer port et plage Est



Figure III.9.1 :Situation géographique des valeurs maximales et minimales de la concentration en hydrocarbures aromatiques dans l'eau de mer

Résultats et discussions

III.2 : Analyse du sédiment marin du port de Sidi Fredj et la Plage Est.

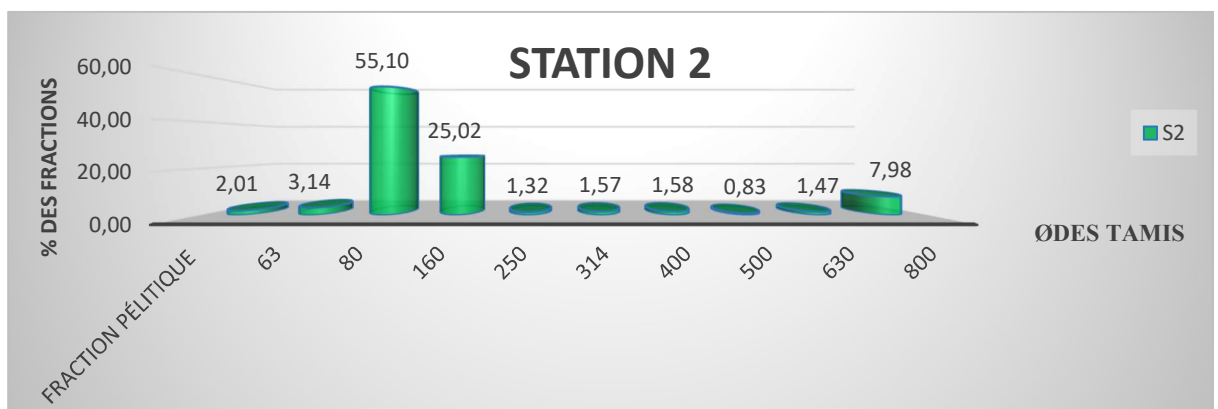
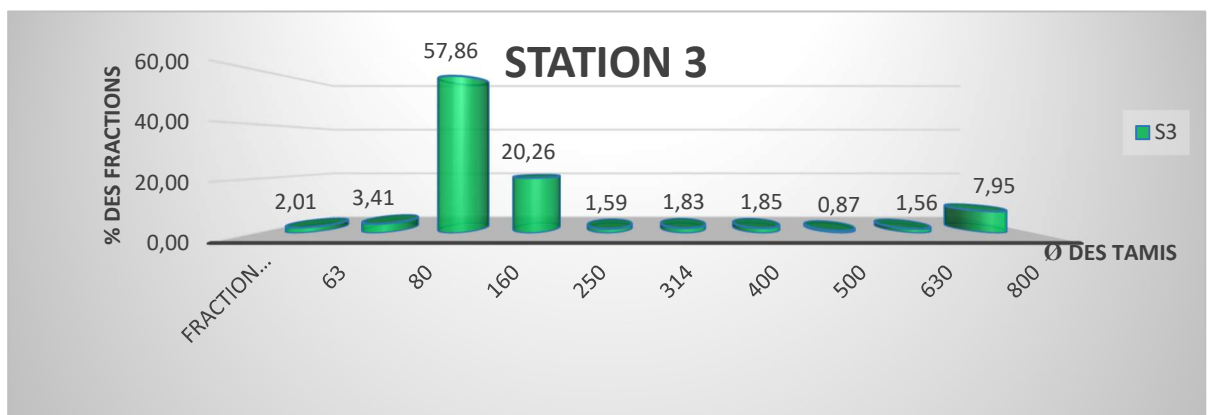
La sédimentation des hydrocarbures présente, le passage des hydrocarbures d'eau vers le fond marin. ce phénomène aura lieu lorsque la densité de la matière dépasse celle de l'eau les deux processus qui facilite la sédimentation sont

- L'adsorption sur les particules en suspension (organique ou minérale),
- Le vieillissement dû à l'évaporation et la dissolution des composés à faible poids moléculaires augmentant ainsi leurs densités.

Le phénomène d'adsorption est par ailleurs plus important sur les particules minérales fines (vase, argile, sables fins), elle représente la fraction pélitique ($\leq 40\mu\text{m}$) dans le sédiment, ainsi celle –ci peut adsorber de large quantités d'hydrocarbures dissous de la colonne d'eau, ce phénomène est favorisé par leurs propriétés électrochimiques.

Afin de mieux classer notre sédiment marin nous avons procédé au traitement de nos cinq échantillons prélevés par une granulométrie et tracer des courbes du pourcentage de chaque fraction en fonction des tailles des tamis utilisés. Dont nous avons pu localiser les stations présentant un pouvoir adsorbant (vase, argile, sable fin) on se basant sur le classement suivant voir (**Tableau II.4**)

III.2.1 :Résultats de l'analyse granulométrique : les graphes suivants représentent les résultats obtenus lors de l'analyse granulométrique:



Résultats et discussions

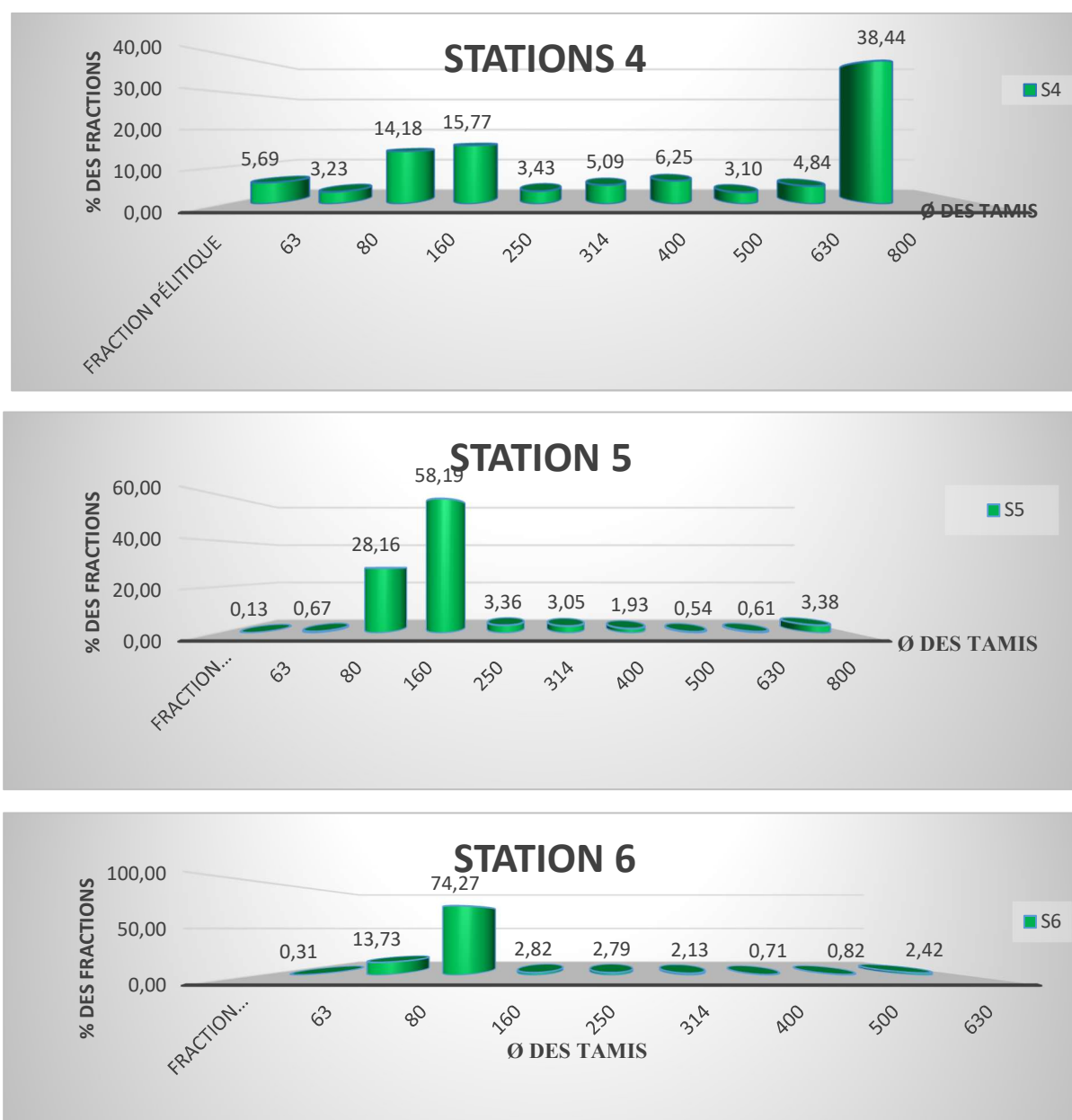


Figure III.10: Courbes représentatifs du pourcentage des fractions du sédiment marin de chaque station en fonction des tailles des tamis.

L'étude des différentes courbes nous renseigne sur la nature du sédiment de chaque station comme suit

- **Station 2 :** un taux moyen de 55.5% du sédiment soit retenu par le tamis avec un diamètre 80 μm (0.08mm), donc on peut le classer comme **sable fin** (0.0625-0.25mm)
- **Station 3 :** un taux moyen de 55.86% du sédiment soit retenu par le tamis avec un diamètre 80 μm (0.08mm), donc on peut le classer comme **sable fin** (0.0625-0.25mm)
- **Station 4 :** un taux moyen de 38.84% du sédiment soit retenu par le tamis avec un diamètre 800 μm (0.8mm), donc on peut le classer comme du **sable grossier** (0.25-1mm)

Résultats et discussions

- **Station 5:** un taux moyen 58.19% du sédiment soit retenu par le tamis avec un diamètre 160 μm (0.16mm) donc on peut le classer comme du **sable fin**(0.0625-0.25mm)
- **Station 6:** un taux moyen 74.27% du sédiment soit retenu par le tamis avec un diamètre 160 μm (0.16mm) donc on peut le classer comme du **sable fin**(0.0625-0.25mm)



Figure III.10.1 : Situation géographique du classement du sédiment marin de l'ensemble des stations du port de Sidi Fredj et la plage Est.

On peut conclure que l'ensemble des échantillons prélevés représentent du sable fin, qui pourra nous indiquer sur sa capacité d'adsorber une quantité importante des hydrocarbures,

Afin de justifier cette interprétation, nous représentons les résultats obtenus par le dosage des hydrocarbures dans le sédiment de nos échantillons, et faire une comparaison à l'étude granulométrique.

Résultats et discussions

III.2.2. Résultats du dosage des hydrocarbures du sédiment marin

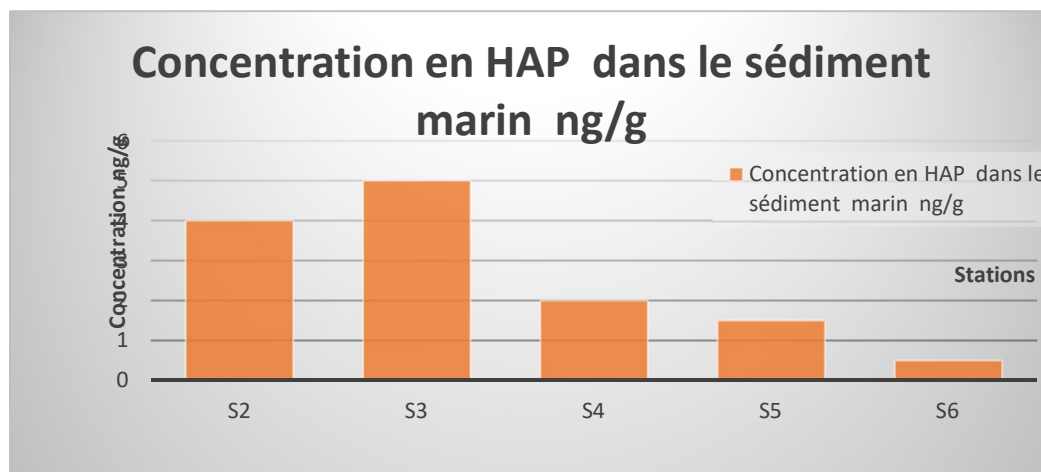


Figure III.11 :Concentration des Hydrocarbures aromatiques dans le sédiment port de Sidi Fredj et plage Est



Figure III.11.1 Situation géographique des valeurs maximales et minimales de la concentration en hydrocarbures aromatiques dans le sédiment marin

D'après la **figures III.11** les concentrations en hydrocarbures aromatiques sont comprises entre un minimum de 0.5 ng/g au niveau de la station 6 et un maximum de 5 ng /g de au niveau de la station 3 avec une moyenne de 2.6 ng/L et un écart type de 1.85

Ces valeurs révèlent une contamination du sédiment marin qui est due à l'adsorption des hydrocarbures aromatiques sur le sédiment qui présente un caractère comme étant sable fin, cette contamination pourrait être issue des gaz d'échappement des embarcations (surtout avec un moteur Diesel) .

Les 09 composés recherchés (analytes) selon leurs apparitions sont: le naphthalène, l'acénaphthène, l'acénaphthylène, le fluorène, le phénanthrène, l'anthracène, le fluoranthène, le pyrène, le benzo(a)pyrène. dans notre cas nous avons détecté :

- pour l'eau de mer 03 analytes sont détectés à savoir : **fluorène(C₁₃H₁₀),naphthalène(C₁₀H₈) , anthracène (C₁₄H₁₀)** **Figure III.12.1** Ces derniers ont présenté une répartition hétérogène dans la zone d'étude.

Résultats et discussions

Au niveau du port Le Fluorène c'est distingué avec une concentration élevée alors que l'antracène et le naphthalène sont présents avec des concentrations moins importantes. Quant au niveau de la plage Est les composés détectés présentent des valeurs inférieures comparé à celles trouvées au niveau du port. la détection d'une forte concentration du fluorène pourrait être due à la tendance de ce dernier à s'étaler sur la surface d'eau due à sa faible volatilité. La présence du fluorène sur le site est probablement due à la combustion de l'essence et du diesel des embarcations et aussi à la station d'essence présente sur site. nous pouvons conclure de cette étude que ces résultats sont en corrélation avec la mesure de la DCO qui a montré un manque d'oxygène et la MOP qui a révélé une contamination importante en matière organique.

- pour le sédiment 04 analytes sont détectés à savoir : **fluorène**($C_{13}H_{10}$), **naphthalène**($C_{10}H_8$), **antracène** ($C_{14}H_{10}$) et **benzo à pyrène**($C_{20}H_{12}$). (Figure III.12.2)

Comme précédemment nous avons constaté que le fluorène présente la concentration la plus élevée alors que les autres polluants présentent des valeurs moins importantes, que ce soit au niveau du port ou à la plage Est.

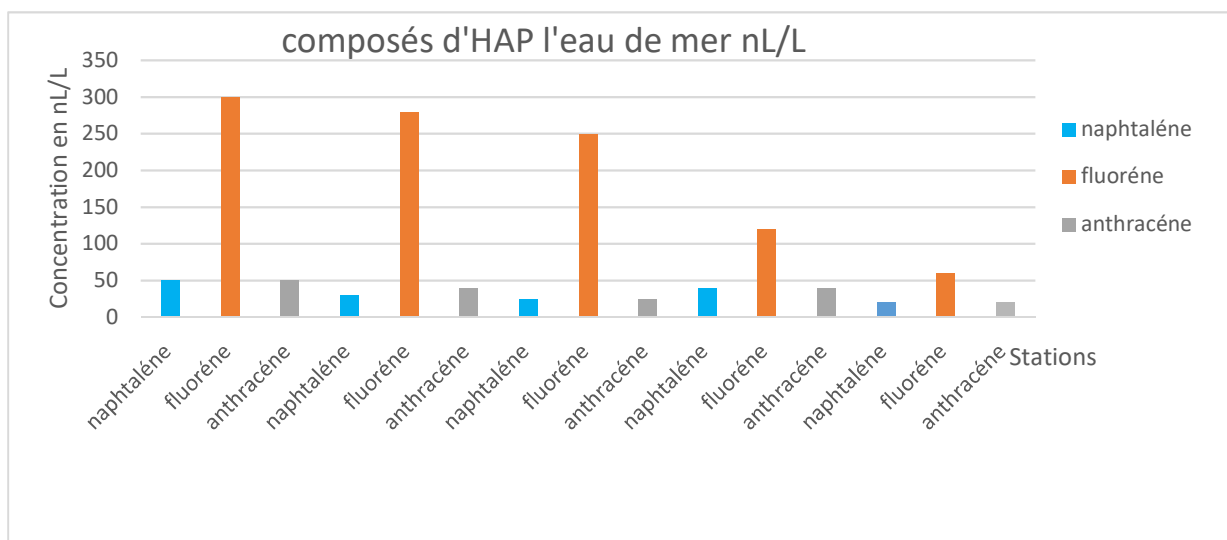


Figure III.12.1 : Les analytes présents dans l'eau de mer

Résultats et discussions

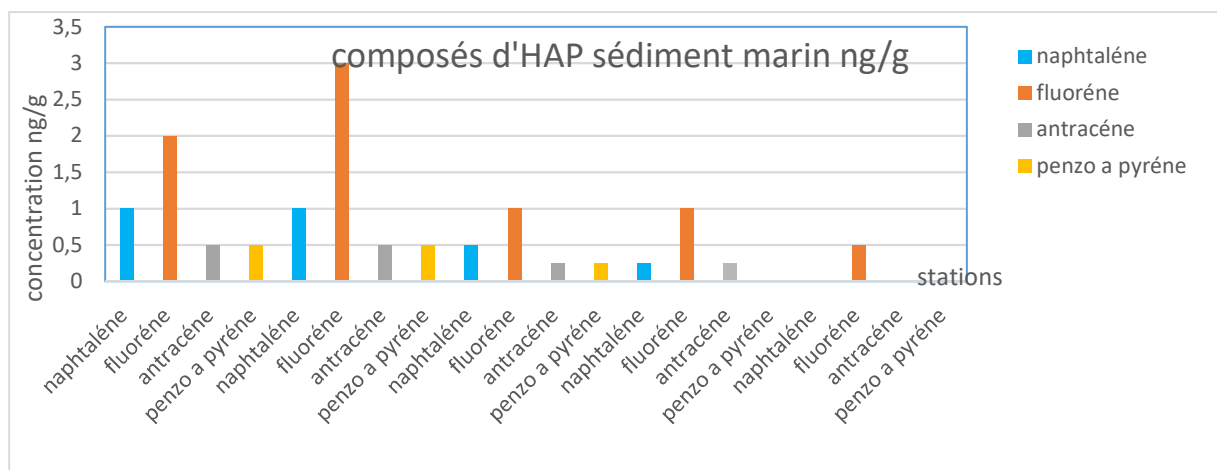


Figure III.12.2 : Les analytes présents dans le sédiment marin

Conclusion

Cette étude a pour objectif d'évaluer les paramètres physicochimiques et la pollution par les hydrocarbures dans le port de plaisance de Sidi Fredj et la plage Est.

Pour se faire une campagne de prélèvements des eaux et des sédiments marins sur les lieux : port de plaisance de Sidi Fredj et la plage Est pour un ensemble de 06 stations a été effectué durant le mois de mars 2022.

- Pour l'analyse de l'eau, au totale six stations ont été choisies dont quatre stations au niveau du port de Sidi Fredj et deux stations au niveau de la plage Est, les mesures effectués sont :

- ☐ Les mesures des paramètres physiques tel que la température, le pH, la conductivité, la turbidité et l'oxygène dissous.
- ☐ Des paramètres chimiques, à savoir l'analyse de la matière en suspension (MES), la matière organique particulaire (MOP) et le dosage des hydrocarbures aromatiques.

- Pour l'analyse du sédiment, au totale cinq stations ont été choisies dont trois stations au niveau du port de Sidi Fredj et deux stations au niveau de la plage Est, les mesures effectués sont :

- ☐ La granulométrie.
- ☐ Le dosage des hydrocarbures aromatiques.

Résultats et discussions

Les résultats des paramètres physico-chimiques obtenus ont été comparés aux normes Algériennes globalement elles restent inférieures aux limites fixées par cette dernière, quelques anomalies sont relevées tels que :

a) Matrice eau :

□ Un taux bas d'oxygène dissous au niveau du port de Sidi Fredj qui pourrait être dû à un apport d'eau douce qui baisse la salinité d'eau de mer, donc une contamination aux rejets urbains issus des constructions aux alentours.

□ Une valeur élevée de la matière en suspension et la matière organique au niveau du port de Sidi Fredj, et la plage Est, ce qui pourrait s'expliquer encore une fois par la présence d'une contamination des eaux du port par les effluents toxiques issus des rejets urbains des constructions avoisinantes et les embarcations garées, et les gestes incivils des visiteurs des lieux, cette contamination est apportée par le courant vers la plage Est qui accueille de nombreuses familles en saison estivale.

b) Matrice sédiment :

□ L'étude granulométrique du sédiment marin a pour objectif de classer le sédiment du port de Sidi Fredj et de la plage Est, qui représente globalement du sable fin donc une capacité importante d'adsorber des polluants tel que la matière organique en particulier les hydrocarbures aromatiques.

Le dosage des hydrocarbures aromatiques dans l'eau et le sédiment du port de Sidi Fredj et la plage révèle :

- Pour l'eau de mer :

Au niveau du port Le Fluorène c'est distingué avec une concentration élevée alors que l'anthracène et le naphthalène sont présents avec des concentrations moins importantes. Quant au niveau de la plage Est les composés détectés présentent des valeurs inférieures comparées à celles trouvées au niveau du port.

- Pour le sédiment :

une contamination du sédiment marin qui est due à l'adsorption des hydrocarbures aromatiques sur ce le sédiment qui présente un caractère comme étant sable fin, cette contamination pourrait être issue des gaz d'échappement des embarcations (surtout avec un moteur Diesel).

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

L'Algérie dispose d'une richesse naturelle, d'une diversité importante terre et mer, pour cette raison, le littoral Algérien attire des nombreux estivants durant toute l'année. Le port de plaisance de Sidi Fredj et la plage Est représentent les lieux les plus visités sur la cote Algérois, vue son emplacement stratégique et sa facilité d'accès.

Les deux lieux cités rencontrent une contamination persistante par les rejets urbains des constructions aux alentours, aussi par les hydrocarbures issus de la station d'essence implanté dans le port et le comportement insolents des propriétaires d'embarcations rangés dans les quais du port.

Cette étude a pour objectif d'évaluer les paramètres physicochimiques et la pollution par les hydrocarbures dans le port de plaisance de Sidi Fredj et la plage Est.

Pour se faire une compagne de prélèvements des eaux et des sédiments marins sur les lieux : port de plaisance de Sidi Fredj et la plage Est pour un ensemble de 06 stations a été effectué durant le mois de mars 2022.

- Pour l'analyse de l'eau, au totale six stations ont été choisies dont quatre stations au niveau du port de Sidi Fredj et deux stations au niveau de la plage Est, les mesures effectués sont :
 - Les mesures des paramètres physiques tel que la température, le pH, la conductivité, la turbidité et l'oxygène dissous.
 - Des paramètres chimiques, à savoir l'analyse de la matière en suspension (MES), la matière organique particulaire (MOP) et le dosage des hydrocarbures aromatiques.
- Pour l'analyse du sédiment, au totale cinq stations ont été choisies dont trois stations au niveau du port de Sidi Fredj et deux stations au niveau de la plage Est, les mesures effectués sont :
 - La granulométrie.
 - Le dosage des hydrocarbures aromatiques.

Les résultats des paramètres physico-chimiques obtenus ont été comparé aux normes Algériennes globalement elles restent inférieures aux limites fixés par cette derrière, quelques anomalies sont relevées tels que :

a) Matrice eau :

- Un taux bas d'oxygène dissous au niveau du port de Sidi Fredj qui pourrait être dû à un apport d'eau douce qui baisse la salinité d'eau de mer, donc une contamination aux rejets urbains issus des

CONCLUSION GENERALE

constructions aux alentours.

- Une valeur élevée de la matière en suspension et la matière organique au niveau du port de Sidi Fredj, et la plage Est, ce qui pourrait s'expliquer encore une fois par la présence d'une contamination des eaux du port par les efflux toxiques issues des rejets urbains des constructions avoisinantes et les embarcations garées, et les gestes incivils des visiteurs des lieux, cette contamination est apporté par le courant vers la plage Est qui accueille de nombreuses familles en saison estivale.

b) Matrice sédiment :

- L'étude granulométrique du sédiment marin a pour objectif de classer le sédiment du port de Sidi Fredj et de la plage Est, qui représente globalement du sable fin donc une capacité importante d'adsorber des polluants tel que la matière organique en particulier les hydrocarbures aromatiques.

Le dosage des hydrocarbures aromatiques dans l'eau et le sédiment du port de Sidi Fredj et la plage révèle :

- Pour l'eau de mer :

Au niveau du port Le Fluorène s'est distingué avec une concentration élevée alors que l'anthracène et le naphthalène sont présents avec des concentrations moins importantes. Quant au niveau de la plage Est les composés détectés présentent des valeurs inférieures comparé à celles trouvées au niveau du port

- Pour le sédiment :

Une contamination du sédiment marin qui est due à l'adsorption de des hydrocarbures aromatiques sur ce dernier qui présente un caractère comme étant sable fin, cette contamination pourrait être issue des gaz d'échappement des embarcations (surtout avec un moteur Diésel) .

En guise de perspectives pour cette étude :

- D'autre paramètre physico – chimiques à introduire dans les prochains travaux, tel que le dosage des sels nutritifs, des métaux lourds.
- S'intéresser aux paramètre bactériologique (indicateurs de pollution marine) eau et sédiment

A l'issues des résultats enregistrés et les informations recueillis il est

CONCLUSION GENERALE

recommandé de :

- D'autres campagnes de prélèvement durant les quatre saisons de l'année sont nécessaire afin de surveiller la contamination du port de Sidi Fredj et la plage Est par les rejets urbains et les hydrocarbures.
- Installer une cellule de surveillance aux niveau des ports, des plages et de la cote Algérienne, pour contrôler l'incivismes des citoyens et les habitants des constructions aux alentours afin de diminuer les déchets et rejet urbains et toutes sortes de contaminants.
- Cités des amendes pour chaque personne ou établissement contribue à la contamination de la cote Algérienne.
- Développer des méthodes chimiques pour la dépollution des eaux des port Algériens, et des équipements physiques tel que les mini stations de dépollution qui seront installer au niveau des ports et pour but de décontaminer les effluents.
- Faire des campagnes de nettoyage des font des bassins des ports, afin de retirer les débris et les grands déchets.
- Surveiller au sérieux la contamination des eaux marin par les hydrocarbures, et trouver un moyen pour le nettoyage et la vidange des citernes des embarcations.

ANNEXES

ANNEXE 1 : NORMES DE SALUBRITES

Tableau 1 : Principaux critères de qualité des eaux de baignade (Extrait de l'annexe 1 du décret n° 93-164 du 10 juillet 1993)

Paramètres microbiologiques	Unités	Valeurs guide	Valeur impérative
Coliformes totaux	/100ml	500	10 000
Escherichia coli / 100 ml	/100ml	100	2 000
Streptocoques fécaux/ 100 ml	/100ml	100	-
Salmonelles	1l	-	0
Vibron cholérique	/450ml	-	0
Paramètres Physicochimiques			
Coloration	mg/l	-	Pas de changement anormal de la couleur (0)
Huiles minérales	mg/l	0,3	Pas de film visible à la surface de l'eau et absence d'odeur
pH	-	-	6-8
Oxygène dissous	% saturation en O ₂	-	80 - 120
Transparence	Mètre	2	—
Autres substances	-	-	Ne doit pas contenir des substances capables de nuire la santé des baigneurs

Valeurs guide : caractérise une bonne qualité pour la baignade.

- **Valeurs limites** : constitue la limite supérieure au-delà de laquelle l'eau est considérée de mauvaise qualité (baignade interdite).

- Les eaux dont les concentrations sont comprises entre les valeurs guides et valeurs limites sont de qualité acceptable et doivent faire l'objet d'une surveillance continue

Tableau 3 : Principaux critères de qualité des eaux de baignade (Extrait de l'annexe 1 du décret n° 93- 164 du 10 juillet 1993)

Paramètres microbiologiques	Unités	Valeurs guide	Valeur impérative
Coliformes totaux	/100ml	500	10 000
Escherichia coli	/100ml	100	2000
Streptocoques fécaux	/100ml	100	-
Salmonelles	1l	-	0
Vibron cholérique	/450ml	-	0
Paramètres Physicochimiques			
Coloration	mg/l	-	Pas de changement anormal de la couleur (0)
Huiles minérales	mg/l	0.3	Pas de film visible à la surface de l'eau et absence d'odeur
pH	-	-	6.8
Oxygène dissous	% saturation en O ₂	—	80- 120
Transparence	Mètre	2	-
Autres substances	-	-	Ne doit pas contenir des substances capables de nuire la santé des baigneurs

Tableau 3: Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels
(journal officiel de la république algérienne N°26 : 24Rabie Elaouel 427 23avril 2006)

Paramètres	Unité	Valeurs limites	Tolérances aux valeurs limites anciennes installations
Température	°C	30	30
pH	-	6,5 à 8,5	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35	40
Azote Kjeldahl	mg/l	30	40
Phosphore total	mg/l	10	15
DCO	mg/l	120	130
DBO5	mg/l	35	40
Aluminium	mg/l	3	5
Substances toxiques bioaccumulables	mg/l	0,005	0,01
Cyanures	mg/l	0,1	0,15
Fluor et composés	mg/l	15	20
Indice de phénols	mg/l	0,3	0,5
Hydrocarbures totaux	mg/l	10	15
Huiles et graisses	mg/l	20	30
Cadmium	mg/l	0,2	0,25
Cuivre total	mg/l	0,5	1
Mercure total	mg/l	0,01	0,05
Plomb total	mg/l	0,5	0,75
Chrome total	mg/l	0,5	0,75
Etain total	mg/l	2	2,5
Manganèse	mg/l	1	1,5
Nickel total	mg/l	0,5	0,75
Zinc total	mg/l	3	5
Fer	mg/l	3	5
Composés organochlorés	mg/l	5	7

ANNEXE 2 : PROTOCOLES D'ANALYSES

Mode opératoire pour la mesure de MES :

Échantillonnage : L'eau est prélevée dans des flacons propres en plastiques de 1.5L, à une profondeur de 30 à 50 cm

Préparation des filtres et des portes filtres :

Les portes filtres :

- Nettoyer avec un détergeant ordinaire.
- Rincer avec l'eau de robinet.
- Rincer avec l'eau distillée.
- Mettre les portes filtres dans un bain d'acide acidulée (HCl ou HNO₃- 10%).
- 2ème rinçage avec l'eau distillé.
- Séchage à l'étuve 70 °C pendant 1h.

Conditionnement des filtres :

- Calciner les filtres de type WHATTMAN de 0.47 de diamètre et de porosité de 0.45µm dans un four à Moufle à 450 °C pendant 1h.
- Rincer la rampe de filtration avec l'eau distillée ;

- Placer les filtres dans la rampe de filtrations et les rincer avec 50 ml d'eau distillée.
- Mettre les filtres dans des portes filtres et laisser semi-fermé dans l'étuve à 70 °C pendant 2h.
- Laisser refroidir dans un dessiccateur.
- Peser P1 dans une balance de précision (10^{-4}).

Filtration :

- Placer un filtre et le centré dans la rampe de filtration.
- Homogénéiser l'échantillon.
- Verser 200 ml de l'échantillon et appliquer le vide pour commencer la filtration.
- Supprimer l'aspiration dès que le filtre est à sec.
- Rincer avec 5 à 10 ml d'eau distillée sur la paroi de l'entonnoir de filtration et aspirer à nouveau.
- Retirer l'entonnoir de filtration et mettre chaque filtre dans sa boîte étiquetée.
- Mettre les boîtes pour le séchage dans l'étuve à 70 °C pendant 2h.
- Repeser les filtres après séchage et calculer la MES.

Mode opératoire pour la mesure de MOP :

- Déposer le filtre préalablement pesé (filtres utilisés pour la mesure de MES), dans un creuset en porcelaine.
- Noter le nom de la station en bas du creuset avec un crayon.
- Peser l'ensemble filtre + creuset dans une balance de précision (10^{-4}).
- Calciner les filtres dans un four à moufle à T600°C pendant 2H.
- Retirer les filtres et laisser refroidir dans un dessiccateur pour 1H.
- Repeser l'ensemble creuset + filtre dans une balance de précision (10^{-4}).

ANNEXE 3 : RESULTATS D'ANALYSE

Tableau1 : poids des fractions du sédiment marin (granulométrie) port de Sidi Fredj et plage Est.

	poids des fractions du sédiment marin				
Diamètre tamis μM	S2	S3	S4	S5	S6
800	15.95	15.93	76.88	6.75	4.84
630	2.94	3.13	9.67	1.22	1.64
500	1.65	1.74	6.20	1.08	1.41
400	3.16	3.69	12.50	3.85	4.26
314	3.14	3.86	10.17	6.09	5.57
250	2.64	3.18	6.86	6.72	5.64
160	50.87	40.52	31.54	116.36	148.96
80	110.20	115.71	28.35	56.64	27.46
63	6.27	6.82	6.45	1.34	0.61
Refus /fraction pélitique	4.02	5.676	11.38	0.26	0.04

Tableau 2 : pourcentage des fractions du sédiment marin port de Sidi Fredj et plage Est

	% des fraction du sédiment marin				
Diametre des tamisµM	S2	S3	S4	S5	S6
fraction péltique	2,01	2,01	5,69	0,13	0,02
63	3,14	3,41	3,23	0,67	0,31
80	55,10	57,86	14,18	28,16	13,73
160	25,02	20,26	15,77	58,19	74,27
250	1,32	1,59	3,43	3,36	2,82
314	1,57	1,83	5,09	3,05	2,79
400	1,58	1,85	6,25	1,93	2,13
500	0,83	0,87	3,10	0,54	0,71
630	1,47	1,56	4,84	0,61	0,82
800	7,98	7,95	38,44	3,38	2,42

Tableau 3 : composant de l'étalon externe et leurs temps de rétention.

N°	HAP	TR(min)	Fragment caractéristique m/z
1	Naphthalene	6.43	102-128
2	Acenaphthylene,	9.12	76-152
3	Acenaphthene	9.53	76-152
4	Fluorene	9.89	166-139
5	Phenanthrene	14.52	152-178
6	Anthracene	14.77	152-178
7	Fluoranthene	20.28	101-202
8	Pyrene	21.40	101-202
9	Benz(a)anthracene	32.22	114-228
10	Chrysene	34.10	114-228
11	Benzo(b)fluoranthene	34.43	126-252
12	Benzo(k)fluoranthene	34.64	126-252
13	Benzo(a)pyrene	34.95	126-252
14	Dibenz(a,h)anthracene	35.61	139-278
15	Benzo(ghi)perylene	39.29	138-276
16	Indeno(1,2,3-C,D)pyrene	39.65	138-276

Abundance

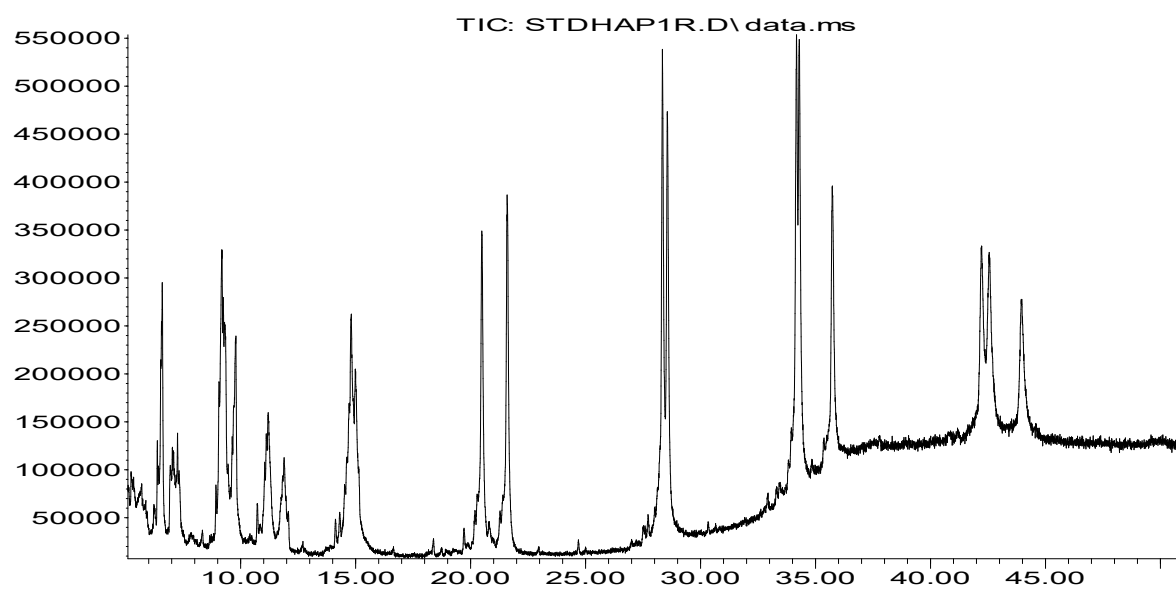


Figure 1 : Courbe d'étalonnage HAP

يتعرض الساحل الجزائري لتلوث بحري ضار يمكن أن تسببه عوامل مختلفة، ذات طبيعة حيوية، أرضية.

هذا التلوث له عواقب مؤسفة على صحة الإنسان، تنوع وثرأ الحيوانات والنباتات البحرية ويضر بحياة الأنواع البحرية.

يعد التلوث النفطي من أكثر المشاكل المقلقة لصحة الإنسان ونشاطه. يمثل تلوث المياه البحرية بواسطة الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات مخاطر كبيرة حتى عند التركيزات المنخفضة، لا سيما من خلال خصائصها المسببة للسرطان و / أو الطفرات. الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات غير قابلة للتحلل البيولوجي، مما يجعلها ثابتة في البيئة وأصبح مصيرها مصدر قلق.

الغرض من هذه الدراسة هو تقييم المعلمات الفيزيائية والكيميائية والتلوث بالهيدروكربونات لمرسى سيدي فرج والشاطئ الشرقي.

يركز اختيارنا على قياس مختلف المعلمات الفيزيائية والكيميائية التي تشير إلى التلوث البحري بالإضافة إلى الجرعة النوعية والكمية للتلوث بالهيدروكربون العطري في مياه البحر والرواسب البحرية.

توضح النتائج التي تم الحصول عليها تلوث مياه ميناء سيدي فرج والشاطئ الشرقي بمخلفات سائلة غير خاضعة للرقابة تم إلغاؤها بشكل عشوائي في المياه البحرية.

Résumé

Le littoral algérien est exposé à une pollution marine néfaste qui pourrait être apporté par divers facteurs, de nature biogénique, terrigènes, éoliennes aussi météoriques. Cette pollution présente des conséquences regrettables sur la santé humaine, la diversité et la richesse de la faune et flore marine et défavorise la vie des espèces marins.

La pollution par les hydrocarbures est l'une des problèmes les plus inquiétants et préoccupants pour la santé et l'activité de l'homme. La pollution des eaux marines par les hydrocarbures aromatiques polycycliques présentent un risque toxicologique important même à faibles concentrations, notamment par leurs propriétés cancérogènes et/ou mutagènes. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont peu biodégradables ce qui les rend persistants dans l'environnement et leurs sorts devenu un sujet préoccupant.

Le but de cette étude est l'évaluation des paramètres physico-chimique et la pollution par les hydrocarbures du port de plaisance de Sidi Fredj et plage Est.

Notre choix est porté sur la mesure des différents paramètres physico-chimiques indicateur de pollution marine ainsi le dosage qualitatif et quantitative de la contamination en hydrocarbure aromatique dans l'eau de mer et le sédiment marin.

Les résultats obtenus expliquent une contamination des eaux du port de Sidi Fredj et la plage Est par des effluents non contrôlé déversés d'une façon aléatoire dans les eaux marines.

Abstract

The Algerian coastline is exposed to a harmful marine pollution that could be brought by various factors, of biogenic nature, terrigenous, wind also meteoric. This pollution has unfortunate consequences on human health, diversity and richness of marine life and adversely affects the life of marine species.

Oil pollution is one of the most worrying problems for human health and activity. Pollution of marine waters by polycyclic aromatic hydrocarbons presents a significant toxicological risk even at low concentrations, particularly because of their carcinogenic and/or mutagenic properties. Polycyclic aromatic hydrocarbons are not very biodegradable which makes them persistent in the environment and their fate has become a matter of concern.

The aim of this study is the evaluation of the physico-chemical parameters and the pollution by hydrocarbons of the marina of Sidi Fredj and East beach.

Our choice is focused on the measurement of different physico-chemical parameters indicator of marine pollution as well as the qualitative and quantitative dosage of aromatic hydrocarbon contamination in sea water and marine sediment.

The results obtained explain a contamination of the waters of the port of Sidi Fredj and the East beach by uncontrolled effluents discharged in a random way in the marine waters.