

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministères de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR EN SCIENCE DE LA MER

Spécialité : ENVIRONNEMENT

Thème :

**Etude des paramètres d'évaluation des matrices eau et
sédiments des plages Est et Ouest de Sidi-Fredj**

Réaliser par :

- BOUMBAR Mohamed Yousri
- ZIANI Walid

Soutenu le 30/ 11/ 2019 devant le jury suivant :

M. SEFIANE O.	Maitre de Conférences Classe B	ENSSMAL	Président
Mme MEHDIDE S.	Maitre-Assistant Classe A	ENSSMAL	Examinatrice
Mme CHEKIR N.	Maitre de Conférences Classe A	U.S.T.H.B	Examinatrice
Mme KHELIFA N.	Maitre de Conférences Classe B	ENSSMAL	Promotrice
M. FERNANE L.	Maitre-Assistant Classe A	ENSSMAL	Co –Promoteur
Mme GUERROUMI H.	Ingénieur	ENSSMAL	Invitée

2018-2019

Remerciements

Nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage de mené à bien ce travail.

Tout d'abord, on adresse nos sincères remerciements à notre promotrice, **Madame KHELIFA, N** de nous avoir fait confiance pour entreprendre ce travail et de nous avoir accordé tout l'intérêt et le temps nécessaire pour mener à bien cette étude. Merci de nous avoir guidées, de nous avoir soutenu toute au long de ce projet.

Nous voudrions aussi exprimer toute notre gratitude à **Monsieur. FERNANE L**, d'avoir accepté de Co-encadrer ce travail, et pour les séances de travail qui nous ont permis de travailler dans les meilleures conditions merci pour vos conseils et vos directives.

Nos remerciements s'adressent également à **Monsieur SEFIANE.O**, pour l'intérêt qu'il a accordé à ce travail en acceptant de le juger et de présider le jury.

Nos vifs remerciements vont aussi à **Madame CHEKIR N**, pour nous avoir honorés de sa présence en acceptant d'examiner ce travail et de le juger.

Nous tenons à remercier chaleureusement **Madame MEHDID S**, pour avoir accepté d'examiner et de juger notre travail.

Un spécial remerciement s'adresse à **Madame H.GUERROUMI**, qu'elle trouve ici l'expression de notre profonde gratitude.

On tient particulièrement à remercier **Madame AMROUCHE L**, pour nous avoir consacré de son temps pour nous aider.

Merci également à l'ensemble des techniciens et ingénieurs du laboratoire de L'ENSSMAL et de Sidi Fredj : **Mme N.REFES, S.CHIOUKH, N.DJERRAI**, et **Y.MAATOUK**, et **Mme. N. IDDALIA, Mme .FARIZA**, nous tenons à les remercier aussi pour leur présence, leurs conseils et leurs encouragements, ainsi qu'aux bibliothécaires de l'école : **Mme BENTAMEUR A, Mme BAOUCHE F, Mme YAICHE A**, pour leurs aides, gentillesse et leur collaboration dans la bonne humeur pour tous cela nous vous remercions vivement.

Nous terminons par remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à mes très chers parents **Omrane** et **Yamina** qui sont source d'amour et d'affection, et sans lesquels ce travail n'aurait pas pu voir le jour.

A mes chers frères : **Mohamed, Amine et Wahid**

A mes chères sœurs : **Yasmina, Souhia, Hayet et Bouchra** qui comptent énormément pour moi.

À tous mes autres proches exclusivement ma grande famille.

À mes chers amis de l'ENSSMAL : **Mahyo, Zaki, Amine, Anouar, Abdelmoueine, Yacine, Hassen, Jojo, Samira, Manel, Sara, Sirine, Marwa, Saadia, Fahima, Zineb, Fatima, Liza,**

Meriem, Al3aila, Rabah et Kader.

Une dédicace spéciale à **AL-HADJA** qui nous a comblé par sa générosité et sa bienfaisance, et qui à toutes les étapes de notre cursus nous a accompagné par sa bienveillance inconditionnelle, notre gratitude infinie.

A mon binôme, mon cher ami et frère **YOUSRI**, l'accompagnateur fidèle et éternel.

À toutes les personnes qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de cette année ;

Ainsi qu'à tous ceux qui me connaissent à l'ENSSMAL et avec qui j'ai passé cinq ans inoubliables

;

À vous tous qui m'aimez, je dédie ce travail.

Walid le, 24 / 11/ 2019

Dédicace

A toi **Yemma Halima**, ma vie et ma raison de vivre, à toi **Baba Mohammed El Bachir « Tahar »**, mon modèle et mon guide spirituel, ma réussite je vous la dois, vous qui m'avez élevé depuis mon jeune âge, vous avez pris soin de ma santé jusqu'à ma rémission, vous n'avez lésiné aucun moyens, ni effort pour me soutenir, m'encourager et ce pour devenir l'homme que je suis maintenant, je vous dédie en premier ma première réussite

A vous mes parents **Hakim & Meriem**, vous avez été malgré l'éloignement présent dans chaque étape de ma vie, je vous remercie pour votre soutien, encouragement et surtout votre amour.

Mehdi d'dox, mon petit frère, la prunelle de mes yeux, loin de moi mais près du cœur, nos liens de sang son si fort et aucune distance ne peut les affaiblir, merci Bro.

A toi mon inspiration, mon moteur de motivation, mon pilier, tu as été tout le long de ma vie à mes côtés, m'éclairant le chemin, ce succès je te le dois aussi merci ma super et merveilleuse tante **Assia**.

A toi ma chère tante **Sabrina**, ma deuxième mère qui a contribué à mon éducation merci pour tes encouragements et ton soutien.

A vous mes chers oncles et tantes **Ahmed, Zineb, Khalti Fatima, Neness, Farid, Samir, Lilia, Fofou, Fafou, Nawel**, tata **Yamina** et tonton **Brahim**, présent dans ma vie, je vous remercie pour les pensées positives que vous me transmettez, vos prières et vos encouragements, merci de partager cette réussite avec moi.

Très chers cousins et cousines **Maria, Fouad, Salma, Ouissam, Samiha, Imad, Ramy, Tché** et les petits **Nazim, Amine et Lyza**, vous êtes l'incarnation de la joie de vivre, c'est un pure bonheur d'avoir partagé des moments inoubliables, des fou rires épiques et de merveilleux souvenirs, merci pour ces moments de bonheur.

A toi **Walid**, loyal ami, frère de lutte et mon pilier de binôme, nous avons vécu une belle aventure couronnée d'un succès bien mérité qui sera Inchallah une porte ouverte à d'autres réussite dans la vie.

A mes amis de l'ENSSMAL, **Yacine, Amine, Zaki "Kardish", Jojo, Mahyo "Terminator", Abdelmoueine, Hassen, Manel "Pinoucha", Anouagh, Sara, Sirine, Marwa, Saadia, Fahima, Zineb, Fatima, Lyza, Said, Rabah, Mani, Meriouma**, nous avons vécu durant ces 5 années : des joies, des peines, du stress, des moments de folies, et nous avons appris la valeur et cultivé la vraie amitié, merci d'avoir été à mes côtés tous le long de notre aventure humaine, je vous aime.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, Merci

Yousri le, 24 / 11/ 2019

Sommaire

Partie I : pollution marine

INTRODUCTION.....	2
Chapitre I : Généralité	
I.1. Définition de la pollution	5
I.2. Les différents types de pollution	5
I.2.1. Pollution Biologique.....	5
I.2.2. Pollution Physique	6
I.2.3. Pollution Chimique	6
II. Les descripteurs de pollution de la matrice eau de mer	6
II.1. Les paramètres physico-chimiques :.....	6
II.1.2. Salinité.....	6
II.1.3. Oxygène dissous (OD)	7
II.1.4. Potentiel d'hydrogène (pH):.....	7
II.1.5. Conductivité électrique (C).....	8
II.2. Les paramètres indicateurs de pollution	8
II.2.1. Turbidité :	8
II.2.2. Matière en suspension (MES) :	8
II.2.3. La Matière Organique Particulaire (MOP) :	9
II.3. Descripteurs hydrologique (sels nutritifs).....	9
II.3.1. L'Azote :	9
a. L'Azote ammoniacal ($NH_3 +, NH_4 +$) :	9
b. L'Azote Nitreux ($NO_2 -$) :	10
c. L'Azote Nitrique ($NO_3 -$) :	10
II.3.2. Les phosphate :	11
II.3.3. Les silicates :	11
III. Les polluants organiques : Les hydrocarbures (HC)	12
III.1. Les différents types d'hydrocarbures	12
III.2. Origines des hydrocarbures.....	12
III.2.1. Origines des hydrocarbures aliphatiques.....	12
III.2.2. Origines des HAP	12
III.3. Mécanismes d'impact sur l'environnement des déversements des hydrocarbures	13
III.4. Concentrations des hydrocarbures dans l'environnement :	13
a. Eau de mer.....	14
b. Sédiment.....	14
IV Les paramètres microbiologiques	14
IV.1. Les germes indicateurs de contamination fécale :	14
IV.1.1. Les coliformes :	14

IV.1.2. Les coliformes thermotolérants :(fécaux)	15
IV.1.3. Les Streptocoques Fécaux :	15
IV.2. Les germes pathogènes :	15
IV.2.1. Les salmonelles :	15
IV.2.2. Les vibrions :	16
V. La matrice sédiment	16
V.1. Définition	16
V.2. Composition des sédiments marins	16
V.3. Caractéristiques des sédiments.....	17
V.3.1. Granulométries des sédiments.....	17
V.3.2. Composition minérale et organique :	17
V.4. Le pouvoir accumulateur des sédiments	17
VI Les Métaux lourds	17
VI.1. Le Zinc :	18
VI.2. Le plomb.....	18
VI.3. Le Cadmium.....	18
VI.4. Le Cuivre	18
VI.5. Le Manganèse (Mn ²⁺).....	19
Partie II : Zone d'étude	20
I. Présentation de la zone d'étude.....	20
I.1. Plage Est de Sidi Fredj.....	20
I.2. Plage ouest sidi Fredj.....	20
I. Facteurs hydrodynamique.....	Erreur ! Signet non défini.
II. Facteurs hydrodynamique :	21
II.1. La Température.....	21
II.2. La précipitation	21
II.3. Le vent.....	21
II.4. La houle.....	21
II.5. Les courants	22
III. Réseaux d'hydrographique :	22
Chapitre II : Matériel et Méthodes	
I. Choix et localisation des stations	24
II. Les travaux en mer	25
II.1. Echantillonnage	25
II.1.1. Matrice eau.....	25
II.1.2. Matrice sédiments.....	25
II.2. La mesure in situ des paramètres physico-chimiques.....	26
II.2.1. Température (T).....	27

II.2.2. Oxygène dissous (OD).....	27
II.2.3. Potentiel d'hydrogène (pH)	27
II.2.4. Conductivité électrique (C) et la Salinité (S)	27
III. Les travaux de laboratoire	28
III.1. Matrice Eau.....	28
III.1.1. Mesure de la matière en suspension (MES)	28
a. Principe de la méthode.....	28
b. Appareillage (Figure 06)	28
c. Mode opératoire :	29
III.1.2. Mesure de la matière organique particulier	30
III.1.3. Dosage des sels nutritifs	30
a. Principe de dosage des sels nutritifs	30
b. Méthode d'analyse.....	31
III.1.4. Le traitement des hydrocarbures dans l'eau.....	32
a. Extraction des hydrocarbures.....	32
b. Concentration.....	32
c. séparation des hydrocarbures aliphatiques des hydrocarbures aromatiques.....	32
d. Mode et calcul des concentrations	34
IV. Analyse microbiologiques dans l'eau de mer :.....	34
a. Principe de la méthode.....	35
b. Matériel	35
c. Mode opératoire :	36
IV.1. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale :	36
IV.1.1. Dénombrement des coliformes totaux et coliformes thermotolérants (fécaux) :	37
IV.1.2. Dénombrement des streptocoques fécaux.....	39
IV.2. Recherche des germes pathogènes :.....	40
IV.2.1. Recherche des salmonelles :.....	41
IV.2.2. Recherche des vibrions :	43
IV.3. Techniques d'identifications et de caractérisations de quelques Bactéries :	44
IV.2.1. Coloration de Gram :	44
IV.2.2. Test catalase :	44
IV.2.3. Test oxydase :	44
IV.2.4. Test biochimique « Galerie API » :	45
V. Analyse granulométrique :	46
a. principe de la méthode	46
b. Mode opératoire :	46
c. Appareillage (Figure 18):	47
V.1. Paramètres de granulométrie :	47

V.2.	Les indice granulométriques.....	48
V.2.1.	Indice centraux (moyenne) :.....	48
V.2.2.	Indice de dispersion (indice de classement) :.....	48
V.2.3.	Indice d'asymétrie :	49
V.2.4.	L'indice hydrodynamique (FH).....	50
VI.	Analyse bactériologique des sédiments.....	50
VI.2.	Dénombrement des coliformes (totaux, thermotolérants) et des streptocoques fécaux.....	50
VII.	Analyse des hydrocarbures	52
a.	Extraction.....	52
b.	Concentration.....	53
c.	Purification et séparation des aliphatiques et aromatiques	53
d.	Mesure et mode de calcul	53
VIII.	Analyse des métaux lourds.....	53
VIII.1.	Traitement des métaux lourds	53
a.	Lyophilisation.....	54
b.	Broyage.....	54
c.	Minéralisation.....	54
VIII.2.	Dosage des métaux lourds	55
a.	Principe de la (S.A.A)	55
b.	Appareillage.....	55

Chapitre II : Résultats et Discussions

I.	variation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux au niveau du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj.....	58
I.1.	Paramètres physico-chimiques.....	58
I.1.1.	Température.....	58
I.1.2.	Le potentiel Hydrogène	59
I.2.	Variation des paramètres indicateurs de pollution.....	59
I.2.1.	La matière organique en suspension (MES).....	60
I.2.2.	La Matière organique particulaire (MOP)	61
I.3.	Variation des sels nutritifs	61
I.3.1.	Les Nitrates (NO₃ -).....	61
I.3.2.	Les Nitrites (NO₂ -).....	62
I.3.3.	Les Orthophosphates (PO₄ -).....	63
I.3.4.	Le Silicium dissout (SiO₂)	64
I.4.	Résultats de l'analyse des paramètres microbiologiques dans l'eau	64
I.4.1.	Les Germes indicateurs de contamination fécale	65
a.	Les coliformes totaux :.....	65
b.	Les coliformes Thermotolérant	66

c. Les streptocoques fécaux :	66
I. 4.2. Résultats de recherche des germes pathogènes.....	67
a. Salmonelles.....	67
b. Vibrions.....	67
I.5. Résultats granulométrique :	68
I. 5.1. Indice centraux (moyenne) :.....	69
I. 5.2. Indice de dispersion (indice de classement) S_0	69
I. 5.3. Indice d'asymétrie SK.....	70
I. 5.4. Indice d'hydrodynamique FH :.....	71
I. 5.5. Fraction des pélites.....	72
I. 6. Résultats des paramètres bactériologiques des sédiments	73
I. 6.1. Coliformes totaux :	74
I. 6.2. Les coliformes Thermotolérant:	74
I. 6.3. Les streptocoques fécaux	75
II. Résultats et interprétation des polluants organiques et inorganiques dans les sédiments au niveau des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj.....	75
II.1. Les Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques (en cour de la lecture).	75
II. 2. Les concentrations des éléments traces métalliques dans le sédiment superficielles des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj	75
II.2.1. Le Zinc (Zn^{2+})	76
II.2.2. Le Manganèse (Mn^{2+})	77
II.2.3. Le Cuivre (Cu^{2+})	78
II.2.4. Le Plomb (Pb).....	78
II.2.5. Le Cadmium (Cd)	79
II. Etude comparative et discussion générale des résultats des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj	810
II.1 Etude comparative	810
II.2. Discussion générale des résultats des paramètres physico-chimiques et microbiologiques, les traceurs hydrologiques et les polluants organiques et inorganiques	81

Conclusion

Bibliographie

Annexe

Liste des abréviations

ANP : Armé National populaire

°C : Degré Celsius

BEA : Bile-Esculine

BLBVB : Bouillon lactosé bilié au vert brillant.

BSI : Silice Biogénique

C : Conductivité

Cd : Cadmium

CF : Coliforme Fécaux

CFA : Conservation des Forêts d'Alger

CRAPC: Centre de Recherche et d'Analyse Physicochimique

CT : Coliformes Totaux

CTT : Coliformes Thermotolérants

DGF : Direction Général des Forêts

Dmax : diamètre max

DS : silice détritique

EDS : Eau Distillé Stérile

EPA : Eau Péptoné Alcaline

EPE : Eau péptoné Exempte d'Indole

F1 : Fraction Aliphatique

F2 : Fraction Aromatique

HAP : Hydrocarbure Aromatique Polycyclique

HC : Hydrocarbures

Hg : Mercure

ISO : International Standard Organization

LEM : Laboratoire d'Etude Maritime

m³/s : Mètre cube par second

MES : Matière En Suspension

mg/L : Milligramme par litre

MOP : Matière Organique Particulaire

mS/cm : Mili siemens

NPP : le Nombre le Plus Probable

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

OD: Oxygène Dissous

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONM : Office National de la Météorologie
 pH : potentiel hydrogène, : potentiel-Hydrogène
 PNUE : Programme des Nations Unis sur l'Environnement
 PSU : Pratical Salinity Unit
 S : Salinité
 S.A.A : Spectrométrie d'Absorption Atomique
 S.F.U.V : Spéctro-Fluoresçant Ultra-Violet
 SF : Streptocoques Fécaux
 SFB : Bouillon au Sélénite de sodium
 SS : Salmonelles-Shigelles
 T : Température
 TCBS : Thiosulfate-Citrate-Bile-Saccharose
 UFC : Unité Formant Colonie
 Zn : Zinc
 µg/L : microgramme par litre
 µm : Micromètre
 µmol/l : Micromole pat litre
 µS/m : MicroSiemens par mètre
 Φ : Diamètre

Liste des Figures

Chapitre I

Figure 1: situation géographique de Sidi-Fredj..... 20

Chapitre II

Figure 2: Localisation des stations de prélèvement dans les deux plages Est et Ouest de Sidi-Fredj 24
 Figure 3 : Flacons de prélèvement des échantillons d'eau de mer 26
 Figure 4 : Matériaux de prélèvement des sédiments 26
 Figure 5 : Appareils de mesure des paramètres in situ 28
 Figure 6: Matériaux pour la mesure de MES. 29
 Figure 7 : Four a Moufle 30
 Figure 8 : Auto analyser San Plus (SKALAR 1996). 31
 Figure 9 : Matériaux pour la mesure des hydrocarbures. 33
 Figure 10 : Matériaux pour l'analyse microbiologique 36
 Figure 11 : Technique de démembrement des Coliformes Totaux et Coliformes Thermotolérant 38
 Figure 12 : Test de Mac Kenzie : test de confirmation « Escherichia coli » 39
 Figure 13 : Technique de démembrement des Streptocoques fécaux..... 40
 Figure 14 : Technique de recherche des Salmonelles dans l'eau de mer 42
 Figure 15 : Technique de recherche des Vibrions dans l'eau de mer 43
 Figure 16 : Technique d'identification des vibrions dans l'eau de mer 45

Figure 17 : Galerie API 20E.....	45
Figure 18 : Matériels pour L'analyse granulométrique	47
Figure 19 : Technique de dilutions successives de NPP	51
Figure 20 : Dénombrement des indicateurs de contamination fécale par la méthode NPP dans les sédiments. .	52

Chapitre III

Figure 21: variation la Température en fonction des	58
Figure 22: Histogramme de potentiel Hydrogène moyenne au niveau des deux plages de Sidi Fredj.....	59
Figure 23: Variations des concentrations de MES au niveau des deux plages de Sidi Fredj.....	60
Figure 24: Variations des concentrations de MOP au niveau des deux plages de Sidi Fredj	61
Figure 25: Variations moyenne des concentrations des nitrates au niveau des deux plages de Sidi Fredj.....	62
Figure 26: Variations moyenne des concentrations des nitrites au niveau des deux plages de Sidi Fredj	63
Figure 27: Variations moyenne des concentrations des Orthophosphates au niveau des deux plages de Sidi Fredj.....	63
Figure 28: Variations moyenne des concentrations des Silicates au niveau des deux plages de Sidi Fredj.....	64
Figure 29: Variation des concentrations moyennes en coliformes totaux dans les deux plages de Sidi-Fredj dans l'eau de mer	65
Figure 30: Variation des concentrations moyennes en Coliformes Thermotolérants dans des eaux de baignade aux niveaux des deux plages de Sidi-Fredj	66
Figure 31: Variation des concentrations moyennes en Streptocoques fécaux des eaux de baignade aux niveaux des deux plages de Sidi-Fredj	67
Figure 32: distribution spatiale de la moyenne dans les deux plages de Sidi-Fredj	69
Figure 33: distribution spatiale de l'indice de dispersion dans les deux plages de Sidi-Fredj	70
Figure 34: distribution spatiale de l'indice d'asymétrie dans les deux plages de Sidi-Fredj	71
Figure 35: distribution spatiale de l'indice des Facteurs Hydrodynamiques dans les deux plages de Sidi-Fredj	72
Figure 36: distribution des pourcentages de la fraction péltique dans les deux plages de Sidi-Fredj	73
Figure 37: Variation des concentrations moyennes en Coliformes totaux dans les sédiments des deux plages de Sidi-Fredj	74
Figure 38 : Variation des concentrations moyennes en coliformes Thermotolérant des sédiments aux niveaux des deux plages de Sidi-Fredj dans le sédiment.....	74
Figure 39: Variation des concentrations moyennes en des streptocoques fécaux des sédiments aux niveaux des deux plages de Sidi-Fredj.....	75
Figure 40: variation des concentrations du zinc	77
Figure 41: Indice de contamination par le Zinc (Zn) dans le sédiment en fonctions des stations	77
Figure 42: variation des concentrations du Manganèse	78
Figure 43: Indice de contamination par le Manganèse dans le sédiment en fonctions des stations.	78
Figure 44: variation des concentrations du Cuivre	79
Figure 45 : Indice de contamination par le Cuivre dans le sédiment en fonctions des stations.	79
Figure 46: variation des concentrations du Plomb.....	80
Figure 47: Indice de contamination par le Plomb dans le sédiment en fonctions des stations.....	80
Figure 48: variation des concentrations du Cadmium.....	81
Figure 49: Indice de contamination par le Cadmium dans le sédiment en fonctions des stations.....	81

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau 1: les variations dans la concentration en HC (LACAZE & J-C, 1980).....	14
---	----

Chapitre II

Tableau 2: classement des tailles moyennes des grains	48
Tableau 3: classement de dispersion des grains.....	49
Tableau 4 : classement d'asymétrie des grains	49
Tableau 5: classement des facteurs hydrodynamiques.....	50

Chapitre III

Tableau 6: Valeurs moyenne de MES et MOP au niveau des deux plages.	60
Tableau 7: Récapitulatif des concentrations en sels nutritifs	61
Tableau 8: résultats des paramètres bactériologiques des deux plages de Sidi-Fredj	65
Tableau 9 : résultats de l'analyse granulométrique.....	68
Tableau 10 : Etude comparative des résultats de notre étude avec des études antérieurs ainsi que les normes Algérienne dans la plage Ouest de Sidi Fredj.....	82

Annexe

Annexe 1

Tableau 1 : Coordonnée géographique des stations de prélèvement des deux plages

Annexe 2

Préparation des filtres et des portes filtres pour les MES

Annexe 3

Préparation des réactifs pour l'analyse des sels nutritifs

Annexe 4

Tableau 2 : Composition du milieu de Slanetz et Bartley

Tableau 3 : Composition du milieu de Bile-Esculine.

Tableau 4 : Composition du milieu de culture tergitole.

Tableau 5 : Composition du bouillon au sélénite de sodium.

Tableau 6 : Composition du milieu de Salmonelles-Shiguelles.

Tableau 7: Composition de l'eau peptonée alcalin (EPA).

Tableau 8 : Composition de la gélose thiosulfate-citrate-bile-saccharose (TCBS).

Tableau 9: Composition de bouillon lactosé bilié au vert brillant (BLBVB).

Tableau 10 : Composition du milieu Rothe.

Tableau 11 : Composition du milieu Eva-litsky.

Annexe 5

Figure 1 : distribution spatiale de la Température dans les deux plages de Sidi-Fredj

Figure 2 : distribution spatiale de la Potentiel d'hydrogène (pH) dans les deux plages de Sidi-Fredj

Figure 3 : distribution spatiale de la MES dans les deux plages de Sidi-Fredj

Figure 4 : distribution spatiale de la MOP dans les deux plages de Sidi-Fredj

Figure 5 : distribution spatiale des Nitrites dans les deux plages de Sidi-Fredj

Figure 6 : distribution spatiale des Nitrates dans les deux plages de Sidi-Fredj

Figure 7 : distribution spatiale des Orthophosphates dans les deux plages de Sidi-Fredj

Figure 8 : distribution spatiale de la Température dans les deux plages de Sidi-Fredj

Annexe 6

Tableau 12 : nombre le plus probable (NPP) dans le cas du système a trois tubes (Brisou et Denis, 1980)

Tableau 13 : Les valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006)

Tableau 14 : Principaux critères de qualité des eaux de baignade (Extrait de l'annexe 1 du décret n° 93- 164 du 10 juillet 1993).

Annexe 7

Figure 9 : Courbe cumulative de la station 1.

Figure 10 : Courbe cumulative de la station 2

Figure 11 : Courbe cumulative de la station 4

Figure 12 : Courbe cumulative de la station 6.

Figure 13 : Courbe cumulative de la station 7.

Tableau 15 : résultat de la granulométrie de la station 1

Tableau 16 : résultat de la granulométrie de la station 2

Tableau 17 : résultat de la granulométrie de la station 4

Tableau 18 : résultat de la granulométrie de la station 6

Tableau 19 : résultat de la granulométrie de la station 7

Annexe 8

Figure 14 : distribution spatiale de la concentration de Cuivre dans les deux plages de Sidi-Fredj

Figure 15 : distribution spatiale de la concentration de Manganèse dans les deux plages de Sidi-Fredj

Figure 16 : distribution spatiale de la concentration de Zinc dans les deux plages de Sidi-Fredj

Introduction

Introduction

En Algérie, le développement des activités économiques à engendrer des impacts négatives sur le littoral.

Dans le cadre de la mise en place d'un système de classification de la qualité des eaux de rejets dans le milieu marin en Méditerranée, l'Algérie a adopté les normes par :

- décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels
- décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels

Etant noté que l'annexe n°1 du décret n° 93- 164 du 10 juillet 1993 définit la qualité requise des eaux de baignade

Outre les conflits intersectoriels entre l'homme et le milieu, la forte concentration de la population permanente, l'étendue du littoral semble insuffisante à l'affluence des estivants.

De nombreuses études ont signalé une pollution croissante, particulièrement des zones urbaines côtières.

Parmi les zones littorales algéroises affectées par ce problème nous citons, la ville de Staoueli, qui se caractérise par une intense activité touristique (au nord se trouve le complexe balnéaire de Moretti et ses plages, au sud la plage de Palm Beach et la ville de Sidi Fredj).

La ville de Sidi Fredj est dotée du premier port de plaisance construit en Algérie (1971), d'un grand complexe touristique dans les deux plages (Est et Ouest) avec un accès facile aux algérois.

Ainsi, notre travail tentera d'apporter une meilleure connaissance de la qualité de l'eau et des sédiments des deux plages de Sid-Fredj.

Pour se faire une compagnie de prélèvements des eaux et des sédiments marins a eu lieu au mois juin au mois et de juillet 2019.

Dans ce contexte, l'objectif de cette étude est d'analyser pour :

L'eau; les Paramètres physico-chimiques, indicateurs de pollution (MES, MOP, MIP, sels nutritifs et hydrocarbures) et microbiologiques;

Les sédiments; la granulométrie, le dosage des métaux lourds, le dosage des hydrocarbures et la recherche des germes indicateurs de contaminations fécales.

Ces objectifs sont développés dans ce manuscrit qui comporte trois chapitres, à savoir :

-Chapitre I, « **Généralité** », consacré à la synthèse bibliographique qui constitue un rappel de certaines considérations sur la pollution marine, aux différents paramètres étudiés et à la présentation de la zone d'étude.

-Chapitre II, « **Matériels et Méthodes** », qui décrit en premier lieu les différents moyens et matériels utilisés en mer et au laboratoire ainsi que les méthodes appliquées pour les différentes analyses. En deuxième lieu les protocoles adoptés pour l'extraction des polluants des deux matrices étudiées.

-Chapitre III « **Résultats et discussion** », est la partie de cette étude consacrée à exposer l'ensemble des résultats obtenus. La première étape porte à regrouper les résultats. La deuxième étape consiste en l'interprétation des résultats et l'estimation de la pollution dans les deux matrices au niveau des deux plages de Sidi-Fredj.

Enfin, nous finirons par une conclusion générale qui résume les principaux résultats de la présente étude.

Chapitre I : Généralités

I^{ère} Partie: La pollution marine

I.1. Définition de la pollution

Selon la Convention de Montego-Bay des Nations Unies (1982) sur le droit de la mer, la pollution marine est définie comme : « 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, à la faune et la flore marine, 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 et dégradation des valeurs d'agrément»

Selon l'OMS; « La pollution des milieux aquatiques est définie comme étant, toute modification de propriétés physiques, chimiques ou biologiques ou tout rejet de substances liquides ,gazeuses ou solides dans l'eau d'une 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 publics, soit de ses usages destinés à des fins domestiques, commerciales, agricoles, récréatives et autres, soit de la faune sauvage et aquatique».

I.2. Les différents types de 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.2.1. Pollution Biologique

Cette pollution 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 environnant 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.2.2. 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.2.3. Pollution Chimique

Cette pollution est due à l'entrée 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, détergents.

II. Les descripteurs de pollution de la matrice eau de mer

II.1. Les paramètres physico-chimiques

II.1.1. 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**).

II.1.2. 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) la première définition qui 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 35psu 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).

II.1.3. Oxygène dissous (OD)

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).

II.1.4. 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 logarithme décimal de la concentration en ions (H^+), (Aminot, et al., 2004)

$$pH = -\log[H^+]$$

Le pH de l'eau de mer, voisin de 8,2, est principalement fixé par la présence des carbonates, CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-} . La modification des concentrations en CO_2 (respiration, photosynthèse, échanges air-Mer) ou en HCO_3^- (précipitation) entrainera donc une modification de pH (Aminot, et al., 1983)

II.1.5. Conductivité électrique (C)

La conductivité électrique donne une indication sur la minéralisation globale de l'eau. La conductivité de l'eau de mer est très élevée en raison de la forte concentration en sels dissous (**Aminot, et al., 2004**). La mesure absolue de la conductivité peut servir au calcul de la salinité. La conductivité d'un échantillon est déterminée par la comparaison avec la conductivité d'une eau de mer standard (eau de mer normale) dont la salinité est de 35 % (**Rodier, et al., 2005**).

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (**Rodier, et al., 2005**). L'unité de conductivité est le micro-Siemens par mètre ($\mu\text{S/m}$).

II.2. Les paramètres indicateurs de pollution

II.2.1. Turbidité :

Selon la norme (**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;
- **Electroniquement:** (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**)

II.2.2. 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, terrigènes, éoliennes 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 $0.45 \mu\text{m}$ et elles peuvent être un indice de pollution (**Aminot, et al., 2004**).

II.2.3. La Matière Organique Particulaire (MOP) :

La matière organique particulaire est une matière de nature biogénique :

- Soit comme résultat de la synthèse de la biomasse par l'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. (Aminot, et al., 2004).

II.3. Descripteurs hydrologique (sels nutritifs)

La production primaire photosynthétique repose sur les composés minéraux (ou inorganiques) essentiels que sont le nitrate, le nitrite, l'ammonium, le phosphate et le silicate. Ces substances nutritives minérales reçoivent souvent le nom de « sels nutritifs ».

Les éléments nutritifs (azote, phosphore, silicium) sont des descripteurs hydrologiques indispensables à l'étude ou la caractérisation d'un écosystème marin (Aminot, et al., 2004). Ils se présentent sous plusieurs formes minérales en solution (Aminot, et al., 1983). Ils sont indispensables à la nutrition des organismes, l'azote et le phosphore ne représentent respectivement que 6 % et 1 % de la biomasse (Aminot, et al., 2004).

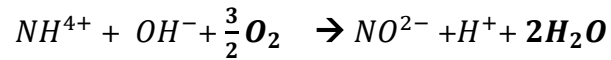
II.3.1. L'Azote :

L'azote présent sous plusieurs formes en fonction du degré d'oxydations issu de l'activité des organismes vivants (Aminot, et al., 2004).

a. L'Azote ammoniacal (NH^3 , NH^4+) :

L'azote ammoniacal est présent en solution sous deux formes, l'ammoniac NH^3 et l'ammonium NH^4+ dont les proportions relatives dépendent du pH, la température et la salinité.

L'azote ammoniacal provient des excréments animales et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés. Il est utilisé par le phytoplancton comme source et oxydé par les bactéries nitrifiantes. Dans les eaux marines, l'azote ammoniacal se trouve à des concentrations assez faibles. En effet, l'ammonium NH^4+ est une forme transitoire qui s'oxyde en milieu oxygéné en nitrite puis en nitrates.



Lorsque l'on se rapproche des émissaires urbains, les concentrations peuvent atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre. L'ammonium devient dans ces conditions un bon traceur de pollution urbaine (**Aminot, et al., 1983**).

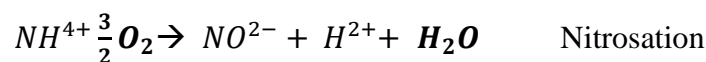
b. L'Azote Nitreux (NO_2^-) :

Dans le cycle de l'azote, les nitrites, au même titre que l'ammonium, sont considérés comme étant des ions en état transitoire, ce qui explique leurs faibles concentrations rencontrées en milieu marin qui sont de l'ordre de zéro à quelques micromoles par litres d'azote nitreux (**Aminot, et al., 1983**).

Ces concentrations connaissent des variations saisonnières. En hiver, elles varient entre 0.5 et 1 $\mu\text{mol/l}$ puis, suite au développement du phytoplancton, chutent en été et peuvent atteindre des valeurs très faibles, moins de 0.01 $\mu\text{mol/l}$ (**Aminot, et al., 1983**).

Les nitrites proviennent des deux réactions suivantes :

L'oxydation de l'ammonium par la réaction nitrosation qui est exothermique opérée par des bactéries (*Nitrosomonas*) :



La réduction des nitrates dans les milieux anoxiques ou pauvres en oxygène dissous, opérée par les bactéries anaérobiques.

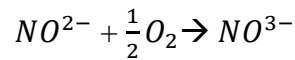
c. L'Azote Nitrique (NO_3^-) :

Dans le cycle de l'azote l'ion nitrate est considéré comme la forme principale et la plus stable dans l'océan ; il est facilement adsorbé sur les particules et présente l'élément essentiel pour la croissance du phytoplancton. Sa concentration varie de 0 $\mu\text{mol/l}$ en surface jusqu'à environ 40 micromole /l en eau profonde.

Dans certains cas, il constitue un facteur limitant pour la croissance des algues lorsque la vitesse de régénération devient inférieure à la vitesse d'utilisation, cette situation se rencontre en milieu océanique en surface ou en milieu côtier en été.

Dans les estuaires lorsque la salinité décroît, la concentration en nitrate peut atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre. (**Aminot, et al., 1983**).

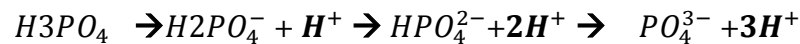
L'azote nitrique est issu de l'oxydation des nitrites par des bactéries. Dans les estuaires, lorsque la salinité décroît (**Aminot, et al., 1983**).



II.3.2. Les phosphate :

Le phosphore est un élément nutritif qui se trouve généralement en mer sous forme organique et inorganique, dissous et particulaire. Les Orthophosphates sont la forme la plus abondante HPO_4^{3-} (90%) et PO_4^{3-} (10%) et 1% de $H_2PO_4^-$ (**Aminot, et al., 1983**).

Ces différentes formes sont issues de la dissociation de l'acide ortho-phosphorique selon les équilibres suivants :



Les teneurs en Orthophosphates sont normalement assez faibles en surface (0 à 1 $\mu\text{mol/l}$), elles augmentent avec la profondeur. Dans les estuaires, les concentrations des phosphates sont très élevées et peuvent atteindre plusieurs dizaines de μmoles par litre (**Aminot, et al., 1983**).

Les fortes concentrations indiquent l'augmentation des apports terrigènes anthropiques (origine domestique et/ou agricole). (**Aminot, et al., 1983**).

II.3.3. Les silicates :

Le silicium est un élément nutritif car il rentre dans la composition des squelettes de certaines espèces phytoplanctoniques (diatomées, radiolaires,...) auxquelles il est indispensable (**Aminot, et al., 1983**). Toutefois, il n'entre pas dans l'édifice moléculaire organique du vivant (**Aminot, et al., 2004**). Les eaux de surface océanique ont des concentrations en silicium très basses (inférieures à 1 $\mu\text{mol/l}$) et augmente progressivement lorsque l'on se rapproche des côtes et/ou des estuaires (silice détritique DS).

Les concentrations sont importantes dans les eaux douces qui peuvent atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre ($\mu\text{mol/l}$).

Le silicium dissous se trouve au pH de l'eau de mer (8.2) à :

- 95% sous la forme d'acide ortho silicique $Si(OH)_4$
- 5% sous forme ionisé $SiO(OH)^{3-}$. (**Aminot, et al., 1983**).

III. Les polluants organiques : Les hydrocarbures (HC)

Les hydrocarbures sont des composés chimiques formés uniquement de carbone C et d'hydrogène H (Lefebvre, 1978) Un atome de carbone peut être relié à 4 atomes de H ou à d'autres atomes de carbone par des liaisons simple ou double. Dans ce dernier cas les chaînes carbonées peuvent être linéaire, ramifiées ou cyclique (Fattal, 2008) Les hydrocarbures forment le squelette de base des molécules plus complexes; en contenant des hétéro atomes telles que l'oxygène, l'azote, le soufre (Lefebvre, 1978).

Ils sont exploités comme carburant, combustible et comme base pour la fabrication des huiles lubrifiantes. (Lefebvre, 1978)

III.1. Les différents types d'hydrocarbures

Les hydrocarbures aliphatiques : on observe deux types ; des hydrocarbures linéaires saturés et insaturés, ramifiée ou pas, et aussi ceux comprenant un ou plusieurs cycles non-aromatiques (composés alicycliques)

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) : caractérisés par la présence dans leurs molécules d'au moins un cycle benzénique.

III.2. Origines des hydrocarbures

III.2.1. Origines des hydrocarbures aliphatiques

Ce terme était à l'origine utilisé pour décrire les acides gras linéaires ; parmi les acides aminés aliphatiques figurent : la Glycine, Alanine, Valine, Leucine ,Isoleucine , Méthionine , et Proline (acide aminé aliphatique cyclique du génome humain).

III.2.2. Origines des HAP

Selon leur origine, les HAP sont regroupés en trois catégories : pyrolytiques, pétro-géniques et diagénétiques :

- Pyrolytique : Formation par combustion incomplète de matière organique d'origine naturelle (feux, volcanisme) ou anthropique (activité domestique ou industrielle). Cette source est responsable de la majorité des émissions de HAP dans l'atmosphère.
- Pétrogénique : Formation à partir des produits pétroliers ou des dérivés des produits pétroliers. Cette source est responsable d'émissions plus localisées chroniques (activité portuaire, raffinerie, lessivage des infrastructures routières) ou accidentelle (marée noire).
- Diagénétique (ou biogéniques) : Formation par transformation par les organismes vivants.

Les origines pyrolytiques et pétrogéniques constituent les 2 sources majeures d'émission des HAP dans l'environnement. Les HAP d'origine pyrolytique, émis dans l'atmosphère, peuvent être dispersés parfois à très longue distance de leur point d'émission. Ces HAP finissent par retomber sur terre ou dans l'eau avec les précipitations. De même que pour les HAP d'origine pétrogénique on ne les retrouve pas en solution dans l'eau mais accumulés dans les sédiments ou associés à des particules en suspension. Dans tous les cas, il s'agit toujours de mélange d'une multitude de HAP. La composition des mélanges varie en fonction de leur origine.

III.3. Mécanismes d'impact sur l'environnement des déversements des hydrocarbures

Les déversements d'hydrocarbures peuvent avoir des répercussions sérieuses sur l'environnement marin, tant par engluement physique que par toxicité. La sévérité de l'impact dépend généralement de la quantité et de type d'hydrocarbure déversé, des conditions ambiantes, ainsi que de la sensibilité aux hydrocarbures des organismes touchés et de leurs habitats.

Les mécanismes d'impact sur l'environnement qui interviennent en cas de déversement d'hydrocarbures sont les suivants :

- L'engluement physique avec impact sur les fonctions physiologiques ;
- La toxicité chimique avec effets létaux ou sublétaux ou détérioration des fonctions cellulaires ;
- Les altérations écologiques, principalement la perte d'organismes clés d'une communauté et la prolifération d'espèces opportunistes au sein des habitats affectés ;
- Les effets indirects, tels que la perte d'habitats ou d'abri entraînant l'élimination d'espèces d'importance écologique.
- Le vent, les vagues et la force de Coriolis contribuent à l'étirement de la nappe déversée, au déplacement et à la fragmentation de la nappe. Les courants marins interviennent de façon moindre dans la mobilité des nappes. (**Lacaze, et al., 1980**).

III.4. Concentrations 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 :

a. Eau de mer

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**).

b. Sédiment

Le sédiment, joue un rôle important dans les écosystèmes aquatiques, il est perçu de nos jours, par les gestionnaires des eaux comme un milieu de vie pour une diversité biologique à protéger (**Ecotox, 2012**). L'accumulation préférentielle de métaux et de micropolluants organiques dans les petites particules de sédiments, c'est-à-dire dans le matériau organique et les argiles, est appelée effet granulométrique.

Dans le sédiment, la concentration en Hydrocarbures présentent d'importantes variations (**Tableau 1**)

Tableau 1: les variations dans la concentration en HC (Lacaze & J-C, 1980)

Localité	Concentration en hydrocarbures (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

IV Les paramètres microbiologiques

La microbiologie est un domaine d'étude qui s'intéresse aux organismes de taille microscopique, en particulier aux bactéries, aux protozoaires, aux virus ainsi qu'à certains champignons (levures) et algues unicellulaires de petite taille.

IV.1. Les germes indicateurs de contamination fécale :

IV.1.1. Les coliformes :

La définition suivante a été adoptée par l'Organisation internationale de standardisation (ISO). Le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs,

oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaries ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C. (Rodier, et al., 2009).

IV.1.2. Les coliformes thermotolérants :(fécaux)

Les coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux. Ce sont des bâtonnets Gram négatif, aérobie et facultativement anaérobie, non sporulant, capable de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à 44°C en moins de 24h (Rodier, et al., 2009). Bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale récente, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation alimentaire. C'est pourquoi il serait plus approprié d'utiliser le terme générique « coliformes thermotolérants » plutôt que celui de « coliformes fécaux »

IV.1.3. Les Streptocoques Fécaux :

L'expression « Streptocoques fécaux » regroupe toutes les bactéries à Gram positif de forme cocci sphérique légèrement ovale, catalase et cytochrome négatif (PNUE/OMS1977)

Ce sont des témoins de contamination fécale sensible, spécifique et assez résistants (y compris en milieu salé).ils n'ont pas de pouvoir pathogènes important (Gaujous, 1995).

Ils possèdent une substance (Acide Teichoïque) antigénique caractéristique du groupe D de la classification de Lancefield (Rodier, et al., 2009).

IV.2. Les germes pathogènes :

IV.2.1. Les salmonelles :

De la famille des Enterobactereaceae, Gram négatif aéro-anaérobie facultatif, sous forme de bâtonnets .Les produits d'origine animale, sont susceptible de contenir des salmonelles.

Ce sont des micro-organismes non sporulant, habituellement mobiles grâce à des flagelles pétriques ou immobiles, mésophiles avec une température optimale de croissance de 37°C.

Les salmonelles fermentent le glucose, le maltose et le mannitol, avec production de gaz, mais elles ne fermentent pas le saccharose .Elles réduisent le sulfite en sulfure et décarboxylent la lysine

IV.2.2. Les vibrions :

Les vibrions sont des bactéries qui appartiennent à la famille des Vibrionaceae (**Chitov, et al., 2009**). Gram négatif, mobile, anaérobie facultatif, en forme de bâtonnet incurvé et avec un seul flagelle polaire, est connu pour se produire naturellement dans les milieux marins, l'eau douce et, est donc souvent associé aux produits de la mer (**Colwell, 1997**).

Tous les vibrions ont une exigence en NaCl pour leur croissance, cependant certains d'entre eux comme *V.cholerae* ne nécessitent pas un taux élevé en NaCl. La surface et la flore microbienne intestinale des poissons pêchés et crustacés, en particulier dans les eaux saumâtres, estuarières et environnements côtiers, auront tendance à contenir un nombre élevé en vibrions pathogènes (**Merwad, 2011**); (**Le Fur BD, 2013**). La contamination des produits de la mer par les vibrions est généralement due à une contamination fécale de l'environnement marin ou par contact de l'eau avec les matières fécales, lors de la préparation de la nourriture (**Le Fur BD, 2013**). Seul un petit nombre d'espèces de vibrion, a été lié à des infections d'origine alimentaire humaine causant dans la plupart des cas des gastroentérites

V. La matrice sédiment

V.1. Définition

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**).

V.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 (**Julie Lions, 2004**).

V.3. Caractéristiques des sédiments

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

V.3.1. Granulométries des sédiments

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

V.3.2. 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.

V.4. 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 fins plus la concentration en polluants est élevé.

VI Les Métaux lourds

Les métaux lourds, aussi nommés éléments-traces métalliques, sont présents dans le milieu marin de façon naturelle et certains sont mêmes essentiels au bon fonctionnement de nombreux processus biologiques. Cependant, de trop grandes concentrations de ces métaux, principalement des métaux dits non-essentiels, peuvent s'avérer toxiques pour les organismes aquatiques

Nous avons choisi d'étudier cinq métaux à savoir le Zinc, le Plomb, le Cadmium, le Cuivre et le Manganèse.

VI.1. Le Zinc :

Le Zinc est un oligo-élément qui intervient dans de nombreuses réactions enzymatique et joue un rôle important dans le métabolisme des protéines, des glucides et des lipides (**Jean-Claude, 2011**), c'est un métal essentiel pour la croissance et le développement normal d'espèces animales et végétales, il devient nuisible quand il est en excès . L'oxyde est utilisé comme catalyseur de vulcanisation dans la préparation des caoutchoucs et le zinc-métal en feuilles, sert dans le bâtiment et dans la fabrication des piles électriques il est aussi utilisé pour la protection des métaux contre la corrosion (revêtement) dans le milieu marin ainsi que pour les équipements d'automobile (**Jean-Claude, 2011**). Selon (**Asso, 1982**) le zinc a une concentration comprise entre 10 et 40 µg/L s'avère néfaste sur la vie des organismes marins.

VI.2. Le plomb

Le Plomb est un élément très réactif dans l'environnement, sa principale source dans l'océan est l'atmosphère, en milieu marin il se concentre en fort pourcentage dans les eaux de surface et sa teneur diminue avec la profondeur (**DA DE GREGORI, 1988**).

L'eau de mer contient en moyenne 0.03µg/L (**Aubert, 1987**). On estime à 25000 tonnes l'apport annuel en plomb à l'océan, résultant de l'usage de carburants (tetraéthylplomb) (**Ramade, 1982**).

La vie aquatique peut être perturbée à partir de 0,1mg/L

VI.3. Le Cadmium

Le cadmium a une grande résistance à la corrosion. Son point de fusion est bas. Il a une bonne conductivité de l'électricité. Ses produits dérivés ont une bonne résistance aux fortes températures (**Borchardt, 1985 in (Stellio, 2005)**). Le cadmium est un élément rencontré en milieu aquatique sous diverses formes physiques (dissoute, colloïdale, particulaire) et chimiques (minérale ou organique), l'ensemble de variable physico-chimique du milieu (Température, Salinité, pH, concentration en chlorure,...) conduisent les transformations du Cadmium dans l'Environnement (**Chiffoleau, et al., 1999**) (**Chiffoleau, 2001**).

Les concentrations en cadmium dans les eaux de surface de la méditerranée sont inférieures à 0.5-12mg/L (**Kremling, 1985**).

VI.4. Le Cuivre

Le cuivre est un élément essentiel chez l'animal, impliqué dans de nombreuses voies métaboliques, notamment pour la formation d'hémoglobine, sa toxicité vis-vis des organismes

marins dépend de la forme chimique du cuivre et de son état d'oxydation. Il est peu toxique envers les animaux, toxique envers les plantes et les algues à des niveaux modérés (**Rodier, 1996**).

Les sels de cuivre sont des agents particulièrement irritants. Les principales formes toxiques chez l'homme et l'animal sont les formes solubles ; les sels de cuivre II (acétate, carbonate, chlorure, hydroxyde, nitrate, oxyde, oxychlorure et sulfate).

Cet élément est utilisé dans des produits phytosanitaires (désherbants, insecticides, fongicides) et l'oxyde de cuivre comme matière active des peintures anti-salissures constitue une source importante de cuivre en zone portuaire.

VI.5. Le Manganèse (Mn^{2+})

A de faibles concentrations le manganèse inhibe la photosynthèse et la croissance du phytoplancton. Les différents dérivés du manganèse y compris les dérivés organiques sont le plus souvent transportés sur les matières en suspension dans l'eau et le sédiment.

Partie II : Zone d'étude

I. Présentation de la zone d'étude

Sidi-Fredj est une presqu'île située à 25 kilomètres à l'ouest de la wilaya d'Alger. Elle fait partie du point de vue administratif de la commune de Staoueli, daïra de Zéralda et wilaya d'Alger. Elle comporte de nombreuses plages sableuses, La digue du port, le port de plaisance ainsi que l'hôtel El-Marsa. Cette région possède une riche faune et flore, englobe la forêt de Sidi Fredj (44 hectares) et une partie de la forêt de Zéralda. Cette biodiversité est gérée par la Conservation des forêts d'Alger (CFA) sous la tutelle de la Direction générale des forêts (DGF)

I.1. 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

I.2. Plage ouest sidi Fredj

La plage Ouest est délimitée au Nord par la digue du centre de thalassothérapie et au Sud par la digue du centre de repos de l'ANP. Cette plage est bordée par plusieurs habitations, une base nautique et des restaurants, certaines de ces habitations rejettent leurs eaux usées sur la plage .Cette plage est très fréquentée durant la période estivale. (Google earth, SAS PLANETE)

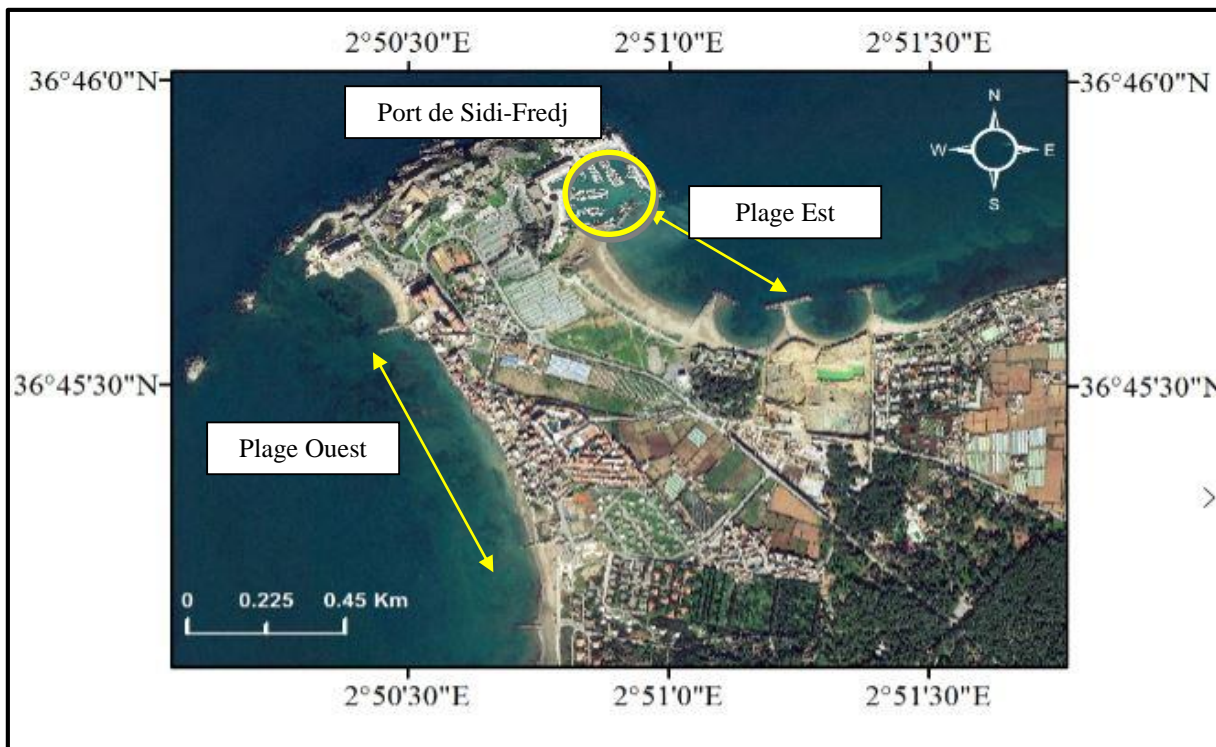


Figure 1: situation géographique de Sidi-Fredj (BOUMBAR,ZIANI/2019)

II. Facteurs hydrodynamique :

II.1. La Température

La région de Sidi Fredj est caractérisée par un climat méditerranéen tempéré, relativement froid et humide en hiver, et chaud en été.

- En période hivernal : les températures sont très variables s'échelonnant entre 6°et 26°C
- En période estivale : les températures sont très élevées se posant entre 25°et 38°C atteignant parfois 40°C (**Bellahcene, 2002**).

II.2. La précipitation

- En période hivernal : la pluviométrie est relativement importante de Décembre à Mai, se posant entre 15 et 108mm
- En période estivale : la pluviométrie est réduite, de Juin à Septembre avec une quantité variant entre 4 à 25 mm (**ONM, Office National de la Météorologie, 2007**).

II.3. Le vent

Le vent est un paramètre très important pour le climat, il conditionne le mécanisme des vagues à la surface de l'eau, pouvant atteindre des forces considérables.

Les données relatives au vent recueillies par le laboratoire des études maritimes (**LEM, 1984**) indiquent que :

- Une période hivernal : caractérisé par des vents de secteur Ouest et Nord-Ouest, avec des fréquences allant de 60 à 80% par le secteur Ouest et des fréquences de 90 à 99% pour secteur Nord-Est.
- Une période estival : caractérise par des vents de secteur Est et Nord-Est, avec des fréquences de 45 à 75% pour le secteur Nord-est.

Les vitesses des vents les plus fréquents s'échelonnent entre 6 et 10 nœuds.

II.4. La houle

Les statistiques des houles dans la région de Sidi Fredj, font apparaitre deux régions :

- Les houles les plus fortes sont hivernales, de direction Ouest dominante avec la plus grande amplitude entre 2 et 2.5 m. Les houles maximales peuvent atteindre 4m.
- La direction est importante durant la saison estivale avec des amplitudes plus faible de 0.5 à 1m.

II.5. Les courants

La circulation des eaux en méditerranée, le long des côtes algériennes, peut être considérée comme suit :

- Un courant de surface ou courant atlantique de direction Ouest-est.
- Un courant profond ou courant oriental d'Est en Ouest.

Les vents se répartissent de la même façon que les houles donc le sens et l'intensité des houles sont lié au régime des vents.

III. Réseaux d'hydrographique :

Les principaux oueds qui se jettent près de Sidi Fredj sont l'oued de Mazafran à l'Ouest de la région et celui de Beni Messous à l'Est :

- **Oued Mazafran** : il est considéré comme étant le plus important des Oueds qui débouchent dans la baie de Bou-Ismaïl ,formé par la réunion des Oued chiffa ,Djer et Bouroumi .Le régime hydrologique de cet oued est marqué par un long étiage de Juin a début Décembre avec des débits représentant 17.38% du débit liquide annuel .
Entre Décembre et Avril, ces débits sont de 82.61%. Il débouche au niveau d'une plage sablonneuse entre Douaouda et Zeralda.
- **Oued Beni messous** : il est situé entre El-Djamila et Sahel, traverse les communes de Beni messous et Chéraga au Nord, de Bouzaréah au Nord-Est, de Delly-Brahim à l'Est, et de Ain Benian à l'Ouest,
Il débouche au niveau d'une plage appelé «les dunes» qui font partie de la baie d'El-Djamila. Son débit est faible par rapport aux deux autres oueds et estimé 0.245 m³/s. (Menguellati A., 2012).

CHAPITRE II :
Matériel et Méthodes

Matériel et Méthodes

I. Choix et localisation des stations

Dans le but de suivi et d'évaluation des variations des descripteurs physico-chimiques et bactériologiques de l'eau de mer et des sédiments de la zone Est et Ouest de Sidi Fredj ; On a effectué deux sorties en mer à bord de l'embarcation «EL Aoures» le : 12 juin 2019 et le 10 juillet 2019.

Le choix des stations de prélèvement a été effectué d'une façon à avoir une variété de mesure et une estimation précise de l'état de la pollution dans chaque plage. Pour cette raison nous avons choisis 10 stations des prélèvements d'eau de mer entre les deux plages et 5 stations de sédiment (Figure 2). (Annexe 1)

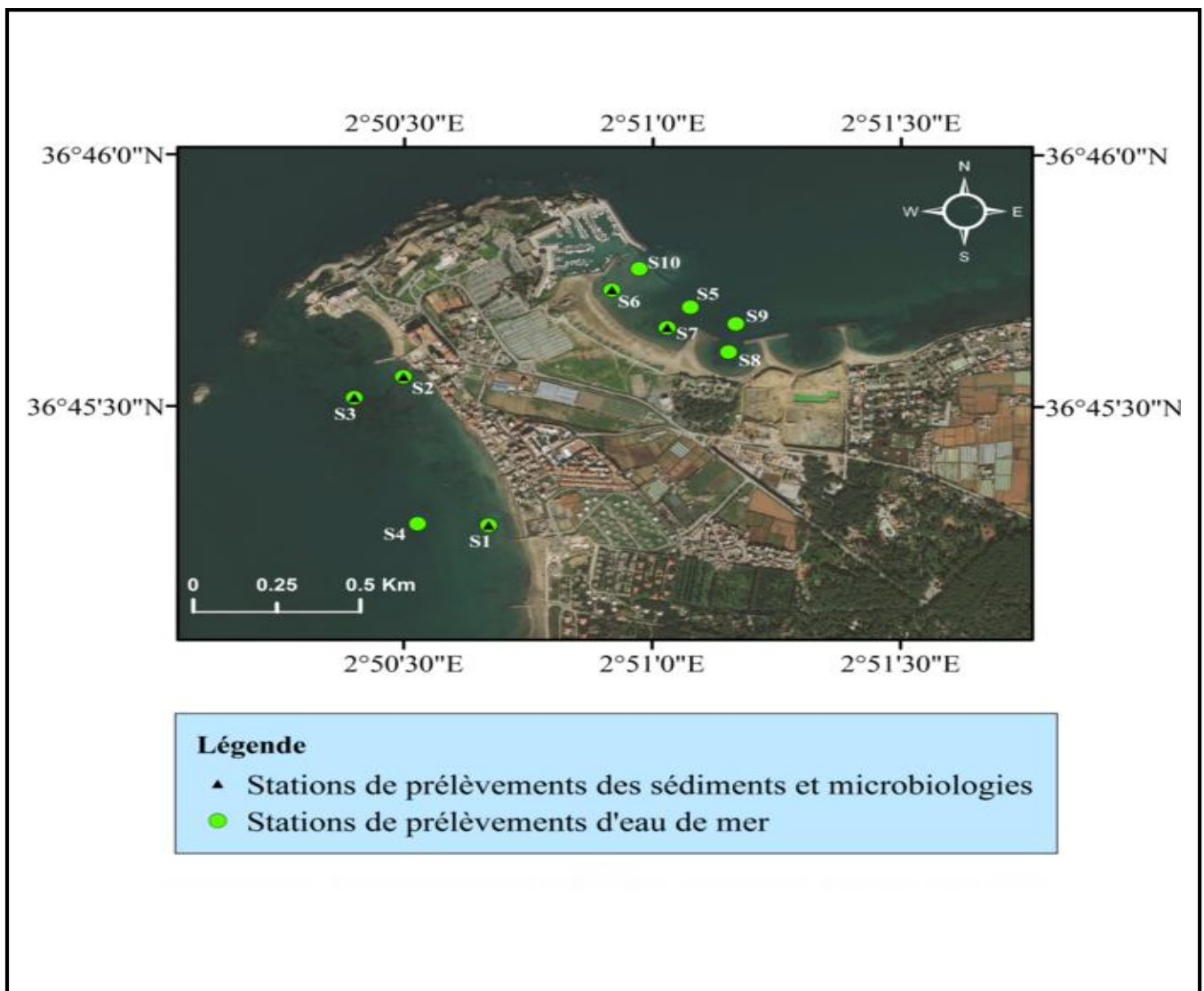


Figure 2: Localisation des stations de prélèvement dans les deux plages Est et Ouest de Sidi-Fredj (BOUMBAR,ZIANI/2019)

II. Les travaux en mer

II.1. Echantillonnage

Avant toute sortie, les appareils de mesure in situ, doivent être chargés et étalonnés et les flacons bien préparés et conditionnés. Le prélèvement d'eau a été effectué à quelques centimètres de profondeur et à l'arrêt afin d'éviter une possible contamination. Pour finir, les stations des prélèvements d'eau de mer et des sédiments ont été choisies d'une manière à couvrir l'ensemble des deux plages.

II.1.1. Matrice eau

Les prélèvements d'eau de mer sont introduits dans différents flacons (**Figure 03**):

- en polyéthylène de 120 ml pour la mesure des sels nutritifs,
- en plastiques de 250 ml pour la MES et la MOP,
- en verre stériles de 500 ml (Salmonelles, Vibrion) et de 200 ml (Coliformes et streptocoques)
- en verre bruns fumés de 1 L pour les hydrocarbures (**Figure 03**).

Le prélèvement est effectué à une profondeur de 20 à 30 cm sous la surface d'eau, Les flacons sont soigneusement étiquetés et conservés à 4°C dans une glacière et transportés jusqu'au laboratoire dans un laps de temps ne dépassant pas les 5 heures.

II.1.2. Matrice sédiments

Le prélèvement de sédiment est réalisé à l'aide d'une benne Van Veen (**Figure 04**) à profondeur de 3 m avec des matériels spécifiques pour chaque paramètre

- **Les métaux lourds** : cuillère en plastique, boîte de pétri en verre, sachet de congélation,
- **Microbiologie** : sachet de congélation
- **Hydrocarbures** : cuillère en métal conditionné, boîte de pétri en verre conditionné,
- **Granulométrie** : sachet de congélation.

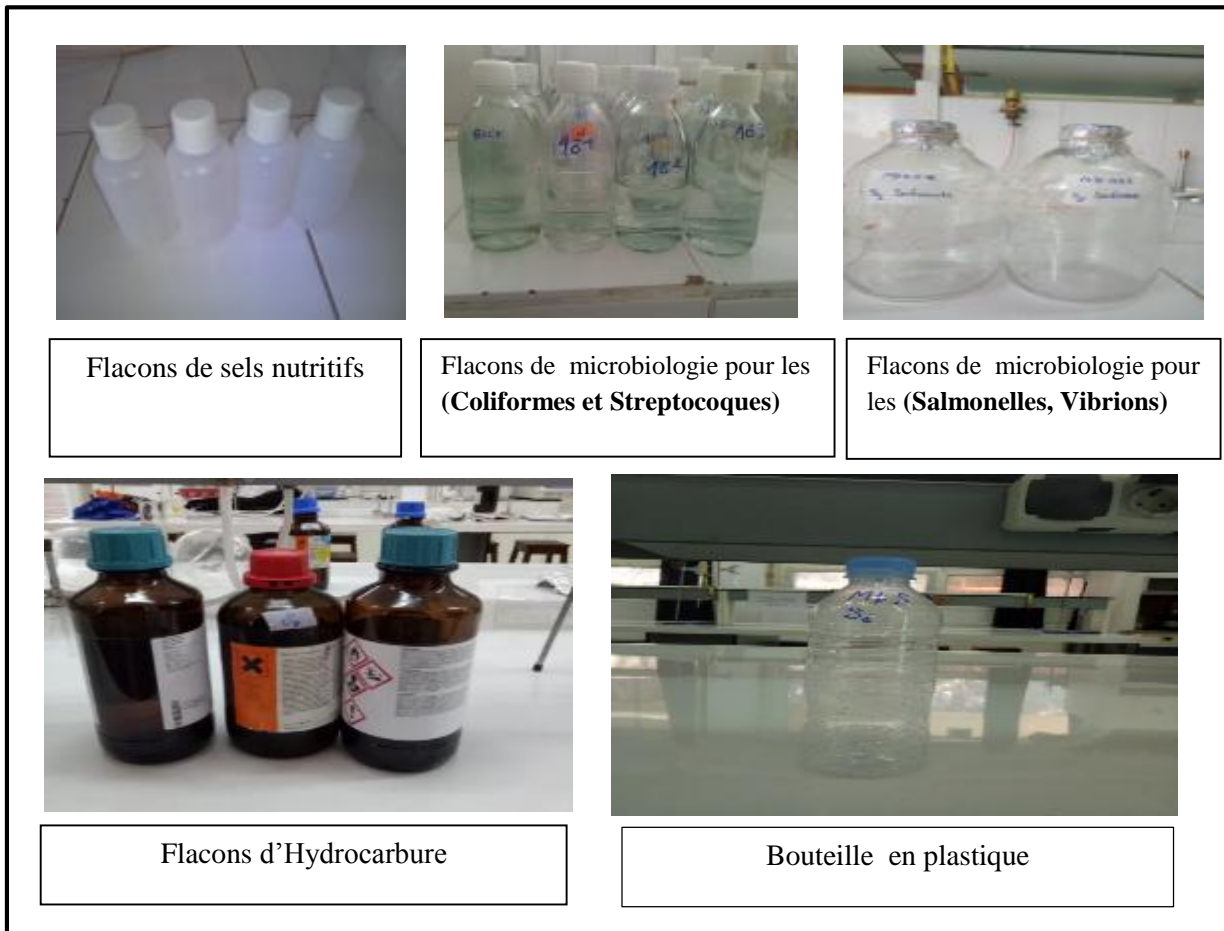


Figure 3 : Flacons de prélèvement des échantillons d'eau de mer



Figure 4 : Matériaux de prélèvement des sédiments

II.2. La mesure in situ des paramètres physico-chimiques

La conservation de l'échantillon étant très délicate pour la mesure des paramètres tels, la température, le pH, la conductivité et l'oxygène dissous, nous avons procédé à cette opération sur le bateau en utilisant différents appareils (**Figure 05**).

II.2.1. Température (T)

Nous avons réalisé notre mesure de la température avec l'oxymètre de terrain de marque (**HANNA Instruments HI9146**) (**Figure 5**)

La mesure de la température est important 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**).

II.2.2. Oxygène dissous (OD)

Pour nos mesures nous avons utilisé la méthode électrochimique à l'aide d'un oxymètre de terrain de marque (**HANNA Instruments HI9146**) (**Figure 5**), La valeur s'affiche en mg/l avec une précision de ± 0.1 %. L'oxymètre donne aussi la valeur du pourcentage de saturation en oxygène dissous.

II.2.3. Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH de l'eau de mer a été mesuré par la méthode électrochimique à l'aide d'un pH-mètre de terrain de marque **WTW pH 315** (**Figure 5**).l'électrode en verre est rince après chaque manipulation avec l'eau distillé et largement essuyée. L'étalonnage a été effectué avec des solutions étalons à pH connu (pH=4,01 pour le milieu acide ; pH=7,01 pour le milieu neutre et pH=10,01 pour le milieu basique).

II.2.4. Conductivité électrique (C) et la Salinité (S)

Ces deux paramètres ont été mesurés à l'aide d'un conductimètre de marque (**type Cond 197i, WTW**) (**Figure 5**) les valeurs sont notées en (PSU) pour la salinité et en (mS/cm) pour la conductivité.

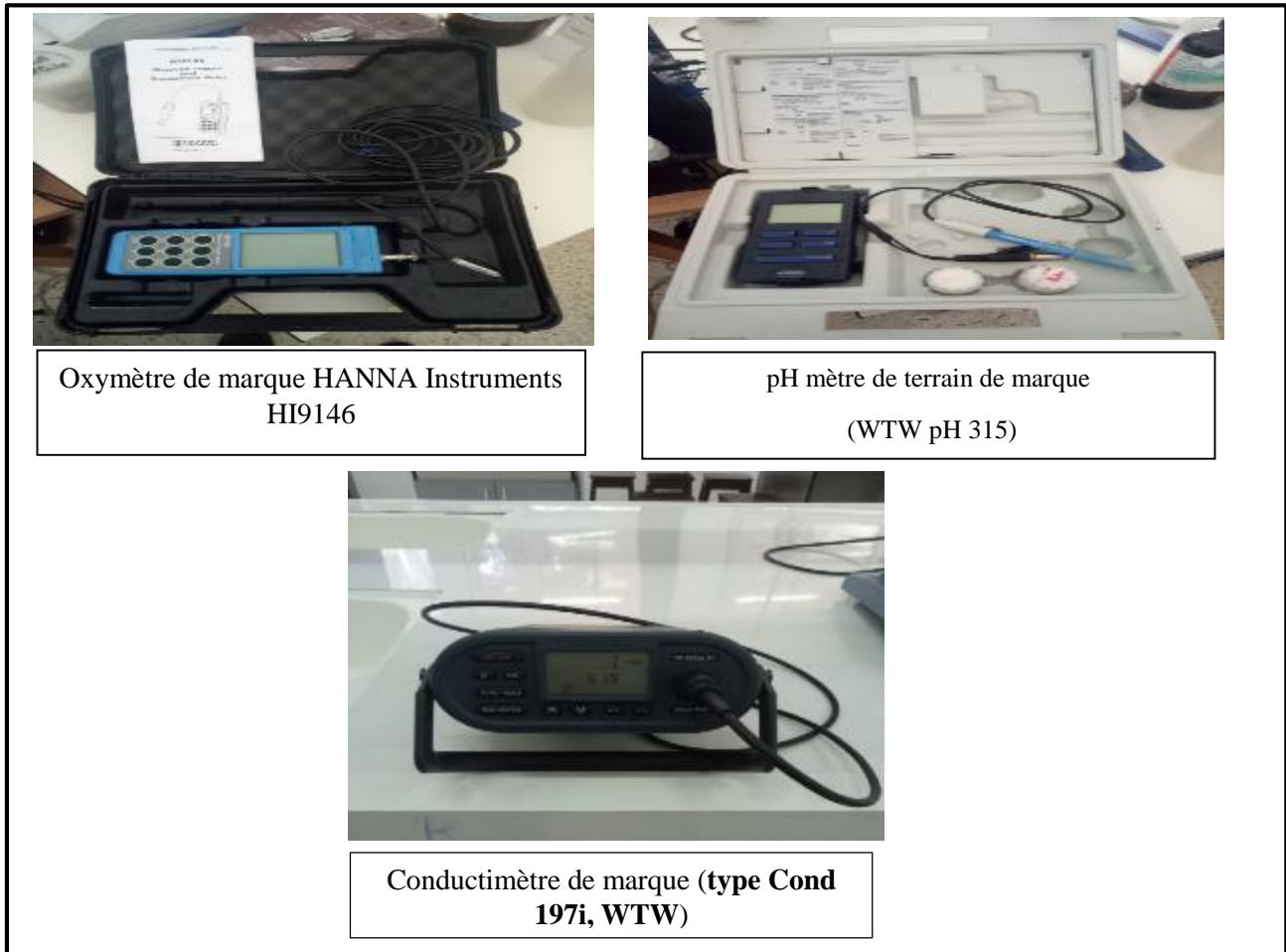


Figure 5 : Appareils de mesure des paramètres in situ

III. Les travaux de laboratoire

III.1. Matrice Eau

III.1.1. Mesure de la matière en suspension (MES)

a. Principe de la méthode

Cette mesure consiste à filtrer un volume d'eau de mer sur membrane filtrante afin de retenir toutes les particules de taille supérieur à 0.5 μm environ. La membrane est rincée, séchée et pesé avant et après filtration. La différence de poids permet de connaître la masse séchée totale de matière en suspension dans le volume filtré correspondant. (Aminot, et al., 2004).

b. Appareillage (Figure 06)

- Dispositif de filtration sous vide
- Disques filtrants en fibre de verre stérile (ou filtre Whatman)
- Etuve de marque Memmert.

- Four à moufle de marque **Wisetherm**.
- Balance de précision de type **Denver Instrument M- 220 D**
- Eprouvette graduée de 250 ml et des pinces.
- Dessiccateur,
- Creusets en porcelaine

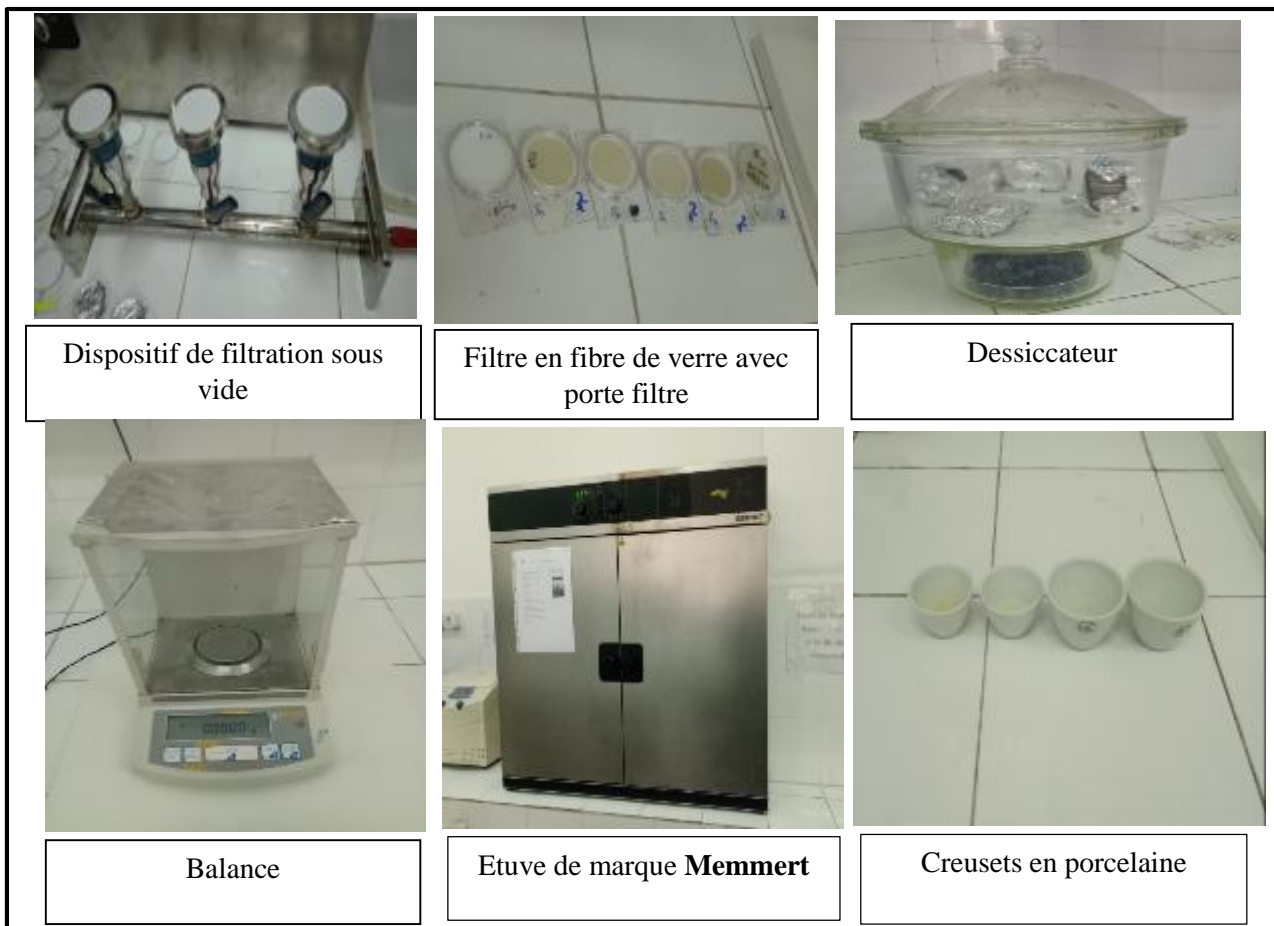


Figure 6: Matériaux pour la mesure de MES.

c. Mode opératoire :

- ✓ Préparation des filtres ;
- ✓ Filtration de l'échantillon (250 ml) ;
- ✓ Calculé la teneur en matière en suspension d'après l'expression suivante :

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

P1 et P2 (mg) : poids de filtre avant et après filtration, **V (L) :** le volume filtré

III.1.2. Mesure de la matière organique particulier

La mesure de la matière organique particulière consiste à calciner dans le four à moufle (**Figure 07**) les filtres déjà utilisés pour la mesure de la concentration des matières en suspension. La quantité en matière organique particulaire est la différence de poids des filtres avec les creusets avant (vide) et après (filtre) calcination.

$$MOP(\%) = \frac{(P1 - P2)}{P1} * 100$$

P1 (mg), P2 (mg) : poids du filtre avec le creuset avant et après calcination.



Figure 7 : Four a Moufle

III.1.3. Dosage des sels nutritifs

L'analyse de sels nutritifs a été faite avec la méthode automatique **SKALAR (AutoAnalyzer sur SAN PLUS)** (**Figure 08**) pour les sels nutritifs suivants : (NO^{-3}), (NO^{-2}), (NH^{+4}), (PO_3^{-4}), (SiO^{-2}).

a. Principe de dosage des sels nutritifs

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

L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration, de même, ce dernier est d'autant plus importante que la solution est concentrée en sel dosé. La quantité de lumière absorbée par la solution, appelée absorbance (A) ou densité optique (D.O), obéit à la loi de **BEER-LAMBERT** qui est exprimée par la relation suivante :

$$A = D.O = \log(I_0 - I) = \epsilon.L.C$$

I₀ et I : sont respectivement les intensités lumineuses incidente et émergente du milieu absorbant.

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

L : la longueur du milieu traversé exprimé en cm.

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

A : absorbance de la solution.

D.O : densité optique de la solution.



Figure 8 : Auto analyser San Plus (SKALAR 1996).

b. Méthode d'analyse

- Le fonctionnement de l'appareil repose sur un principe dynamique simple, celui de l'analyse liquide en flux continu : une veine liquide propulsée en continu par une pompe péristaltique dans un circuit analytique spécifique à chaque paramètre analysé.
- Les réactions chimiques s'effectuent dans cette veine en progression. L'analyse des échantillons est réalisée par séquence, ce qui permet une grande cadence de travail. Cette chaîne de mesure automatisée est totalement pilotée par un microordinateur doté d'un logiciel spécifique.
- A la fin de l'analyse, ce dernier fournit un fichier numérique contenant les résultats accompagnés de toutes les informations relatives à l'analyse.

III.1.4. Le traitement des hydrocarbures dans l'eau

1^{ère} étape : nous avons réalisé une extraction in situ le jour de prélèvement avec 50 ml d'hexane

Au laboratoire

a. Extraction des hydrocarbures

- Verser dans une ampoule à décanter le volume total de l'échantillon. (**Figure 09**)
- En ajoutant 50 ml de l'hexane,
- Agiter l'ampoule à décanter pendant une durée de 20 minutes environ avec dégazage 2 à 3s. A la fin de chaque agitation, on laisse l'eau de mer se décanter pour un quart d'heure.
- Après décantation, la phase organique supérieure de l'ampoule est récupérée dans un ballon à col rodé ou l'on ajoute du sodium anhydre (Na_2SO_4) afin d'éliminer toute trace d'eau

b. Concentration

Cette opération est réalisée dans le but d'éliminer le solvant d'extraction à l'aide d'un évaporateur rotatif à 40°C. L'échantillon est concentré jusqu'à un volume de 10 ml. (**Figure 09**) qui permet la concentration de l'échantillon et l'évaporation de l'hexane sous jet d'azote, cette étape nous permet de récupérer 2 ml d'échantillon.

2^{ème} étape :

c. Séparation et Purification des hydrocarbures aliphatiques des aromatiques

La séparation est généralement réalisée par chromatographie liquide sur colonne ouverte de 10 mm de diamètre, elle consiste à éliminer les composés polaires ainsi que toutes impuretés.

— Préparer la colonne de purification (\varnothing 1 cm) comme suit :

- Placer dans la colonne du coton de laine de verre.
- Verser 15ml d'hexane (pour le conditionnement de la colonne).
- 10g de gel de silice et 5g d'alumine mélangé avec l'hexane.
- Na_2SO_4 ajouté pour éliminer l'humidité.
- Attention : la colonne doit toujours être sous solvant : arrêter les éluions quand le niveau du solvant arrive au niveau de la couche supérieure de l'alumine.
- Introduire l'extrait (les 5 ml récupérés de la 1^{ère} étape) après leur agitation avec un agitateur mécanique.
- Ajouter 20 ml d'hexane et récupérer après décantation la première fraction aliphatique(F1) dans un tube à essai.

- Ajouter 20 ml (70/30) de mélange (hexane-dichlorométhane) pour récupérer la 2^{ème} fraction aromatique (F2) dans un tube à essai. Fermer avec le téflon puis conserver au frais.



Ampoule de décantation

Etuve de marque **Memmert**

Balance électronique



Rota vapeur



Concentration sous jet d'azote



Mortier en porcelaine

Figure 9 : Matériaux pour la mesure des hydrocarbures.

d. Mode de calcul des concentrations

La mesure des concentrations des hydrocarbures se fait avec **Spéctro-Fluoresçant Ultraviolet (S.F.U.V)** en plaçant la fraction de l'extrait purifié dans une cuve en quartz de 1 cm de trajet optique.

Les concentrations sont déterminées avec une série de standards d'étalonnage à partir de la droite d'étalonnage après évaluation de la cotangente α .

➤ Pour l'eau de mer :

$$\alpha = \frac{[(C)s]}{IF}$$

Avec :

α : Cotangente

[(C)s] : Concentration des standards

IF : Intensité Fluorescence

Les concentrations finales des hydrocarbures sont déterminées comme suit :

$$[C]f = \frac{([C]ech - [C]blanc) \times v}{V}$$

Avec :

- ✓ [C]f : Concentration finale des HPA dans l'échantillon ($\mu\text{g/ml}$) ;
- ✓ [C]ech : Concentration des hydrocarbures dans l'échantillon ($\mu\text{g/ml}$) ;
- ✓ [C]blanc : Concentration des hydrocarbures du blanc ($\mu\text{g/ml}$) ;
- ✓ v : Volume d'hexane d'extraction de la fraction (ml) ;
- ✓ V : Volume extrait de l'échantillon (l).

IV. Analyse microbiologiques dans l'eau de mer :

Pour l'analyse microbiologique on utilise la méthode de filtration sur membrane, est une technique de numération adaptée pour numériser des bactéries présentes à des concentrations très faibles dans l'eau. Pour pouvoir dénombrer ces bactéries, il est alors nécessaire d'analyser des volumes d'eau importants.

a. Principe de la méthode

Les bactéries présentes dans l'échantillon à analyser sont retenues sur un filtre dont les pores sont inférieurs à la taille des bactéries (pore de 0,45 µm de diamètre). Le filtre qui a retenu les bactéries contenues dans l'eau, est ensuite déposé sur un milieu de culture approprié où les bactéries puisent les éléments nécessaires à sa croissance et se développent. Après incubation, les UFC (unités formants colonies) sont comptées pour évaluer la qualité microbiologique de l'eau. Selon le milieu de culture où est déposé le filtre, on met en évidence la présence de différents types de microorganismes.

b. Matériel

- Dispositif de filtration de marque **Sartorius stedim**.
- Pompe à vide ; (**Figure 10**)
- Deux incubateurs (étuve à 37°C et un autre à 44°C) ; (**Figure 10**)
- Membranes d'ester de cellulose quadrillées et stériles de porosité de 0.45µm et de 47 mm de diamètre ;
- Bec-Bunsen pour rester dans la zone stérile tout au long la durée de manipulation ; (**Figure 10**)
- Autoclave pour stérilisé des matériels et préparé les milieux des cultures (**Figure 10**)
- Boîtes de pétri de 55 mm et de 90 mm avec les milieux de cultures spécifiques pour chaque germes ;
- Balance électronique (**Figure 10**)
- Verrerie (flacons, pipette pasteur, tubes à essai).
- Pinces stérile avec anse de platine

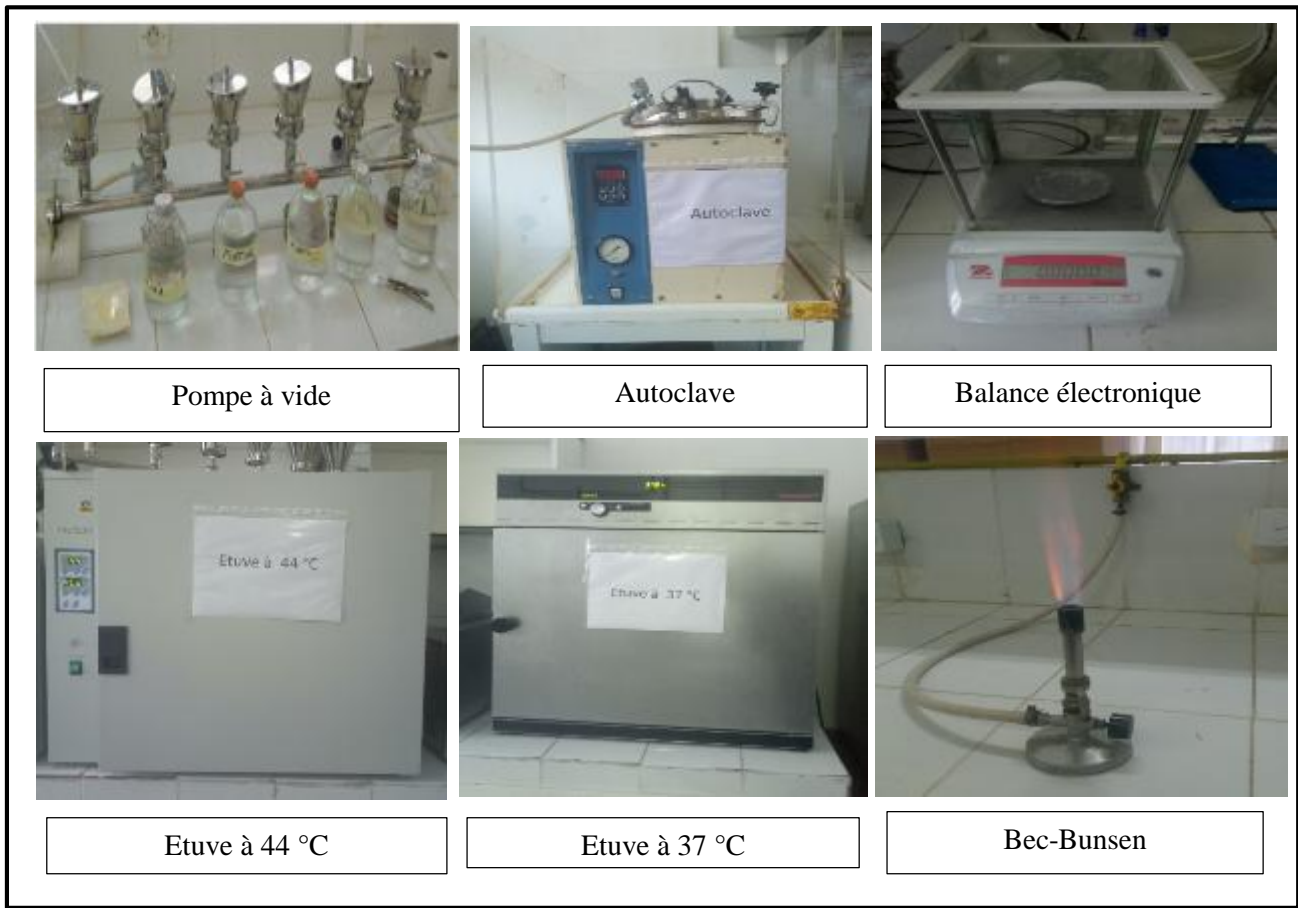


Figure 10 : Matériaux pour l'analyse microbiologique

c. Mode opératoire :

- Stériliser le dispositif de filtration ;
- Mettre le filtre sur la grille ;
- Filtrer le volume nécessaire de l'échantillon (par rapport au germe recherché) ;
- Déposé le filtre sur le milieu de culture adapté pour chaque germe ; la composition des milieux de culture utilisés est consignée en **Annexe 3** ;
- Incuber les boites à température adéquate.

IV.1. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale :

Pour la recherche les germes indicateurs de contamination (coliformes, coliformes thermotolérants, et streptocoques fécaux) on utilise la méthode de filtration sur membrane pour estimer la charge bactérienne de notre échantillon .cette méthode consiste à recueillir, identifier et dénombrer, à la surface d'une membrane filtrante et stérile les bactéries rechercher dans un échantillon.

Pour la recherche d'Escherichia coli, on prend une colonie jaune orangé à l'aide d'une anse de platine stérile et ensemencé dans des tubes contenant 9 ml d'eau peptoné exempt de indole (EPE), in cuber à 44 °C pendant 24 heures.

IV.1.1. Dénombrement des coliformes totaux et coliformes thermotolérants (fécaux) :

Pour le dénombrement les coliformes totaux et les coliformes thermotolérants, après la filtration on met le filtre dans une boîte de pétri contenant un milieu de culture nutritif sélectif «Gélose Tergitole».

Les boîtes sont incubées à 37°C pour les coliformes totaux et 44c pour les coliformes fécaux de 18 à 24h après l'incubation on remarque l'apparition des colonies jaune orangé dénombrées et identifier. **(Figure11)**

Pour la recherche d'Escherichia coli, on prend une colonie jaune orangé (la boîte de CTT) à l'aide d'une anse de platine stérile et ensemencé dans des tubes contenant 9 ml d'eau peptoné exempt de indole (EPE), in cuber à 44 °C pendant 24 heures. **(Figure12)**

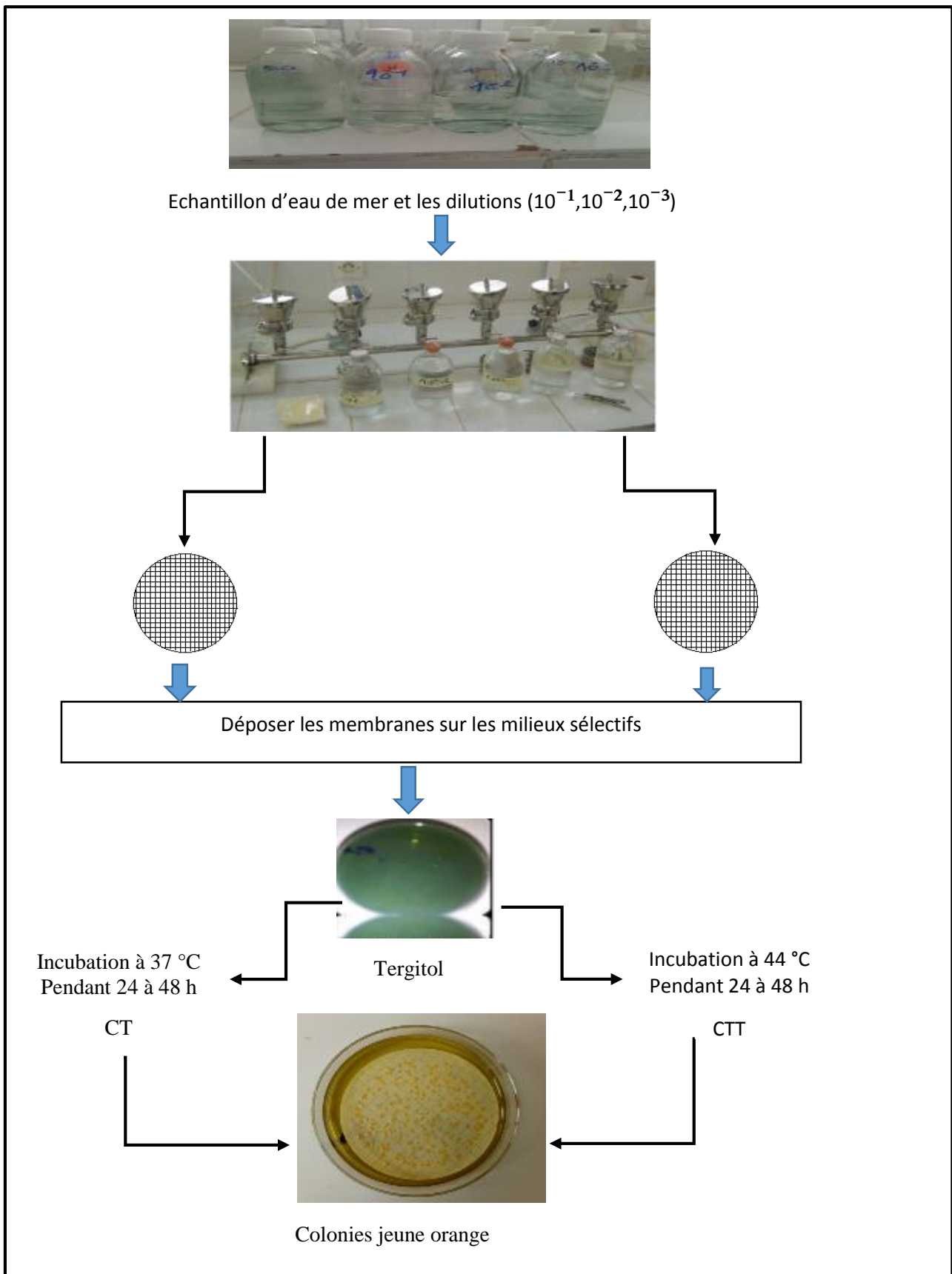


Figure 11 : Technique de démembrement des Coliformes Totaux et Coliformes Thermotolérant

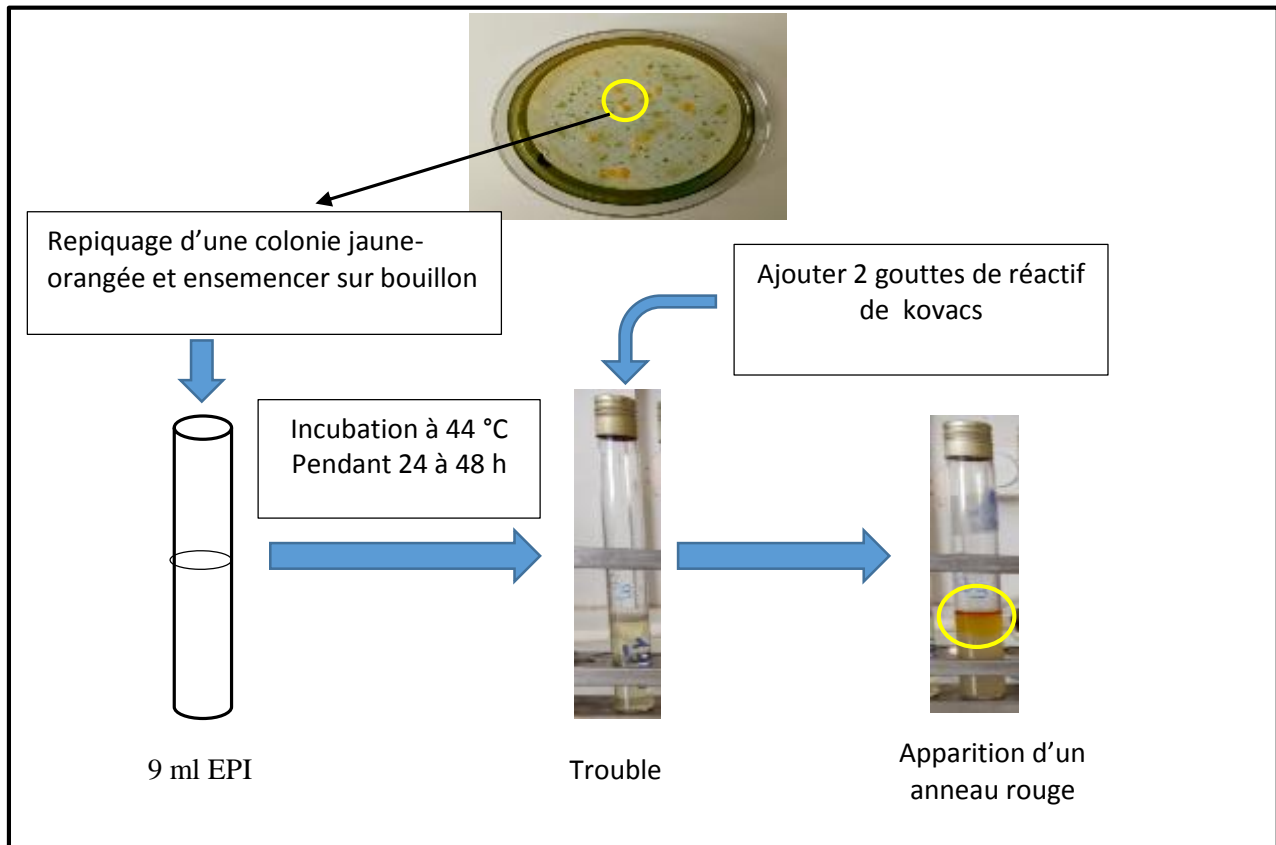


Figure 12 : Test de Mac Kenzie : test de confirmation « Escherichia coli »

IV.1.2. Dénombrement des streptocoques fécaux

La technique de recherche des Streptocoques fécaux nécessite deux tests à incubation à 37°C pendant 18 à 24h avec apparition des colonies (**Figure 13**)

· **Test présomptif** : réalisé sur le milieu de culture nutritif sélectif Slanetz et Bartley.

Si on a remarqué présence des colonies rouges on va passer pour le deuxième test

· **Test confirmatif** : se fait par repiquage des colonies positives sur le milieu BEA.

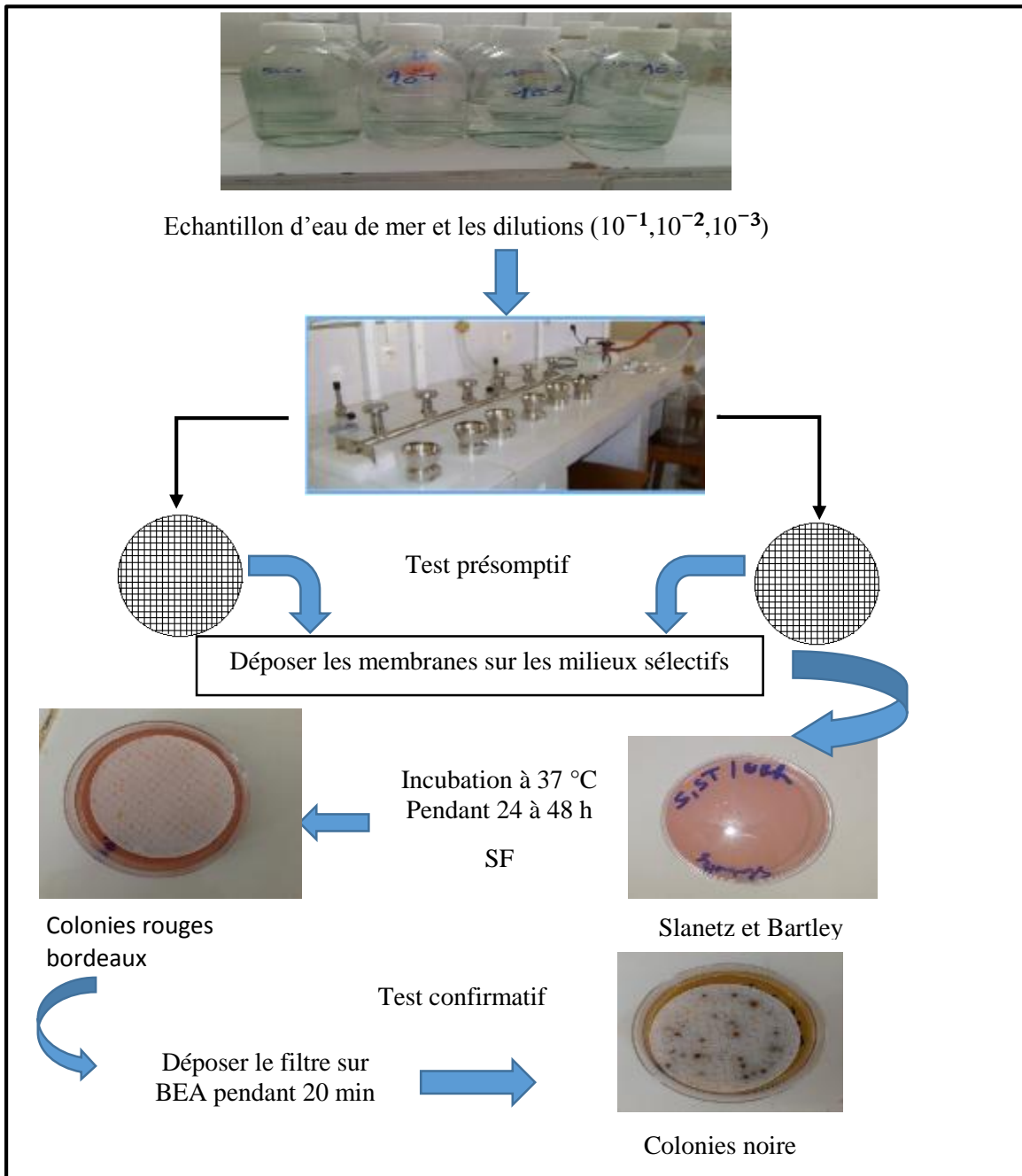


Figure 13 : Technique de démembrement des Streptocoques fécaux

IV.2. Recherche des germes pathogènes :

Pour la recherche des Salmonelles et des Vibrions on a suivi deux méthodes importantes pour l'identifier : enrichissement et l'isolement.

IV.2.1. Recherche des salmonelles :

Pour la recherche des Salmonelles on a utilisé deux milieux de culture pour identifier les bactéries des salmonelles. On réalise notre enrichissement avec milieu de culture SFB (Bouillon au Sélénite de Sodium et Cystéine). (**Figure 14**).

Pour l'isolement il s'agit d'une phase sélective mais qui utilise des milieux solides coulés en boites de pétri, contient soit le SS (Salmonelle-Shigelle) ou bien la gélose Hektoen. (**Figure 14**). (**Laurent, et al., novembre 1998**).

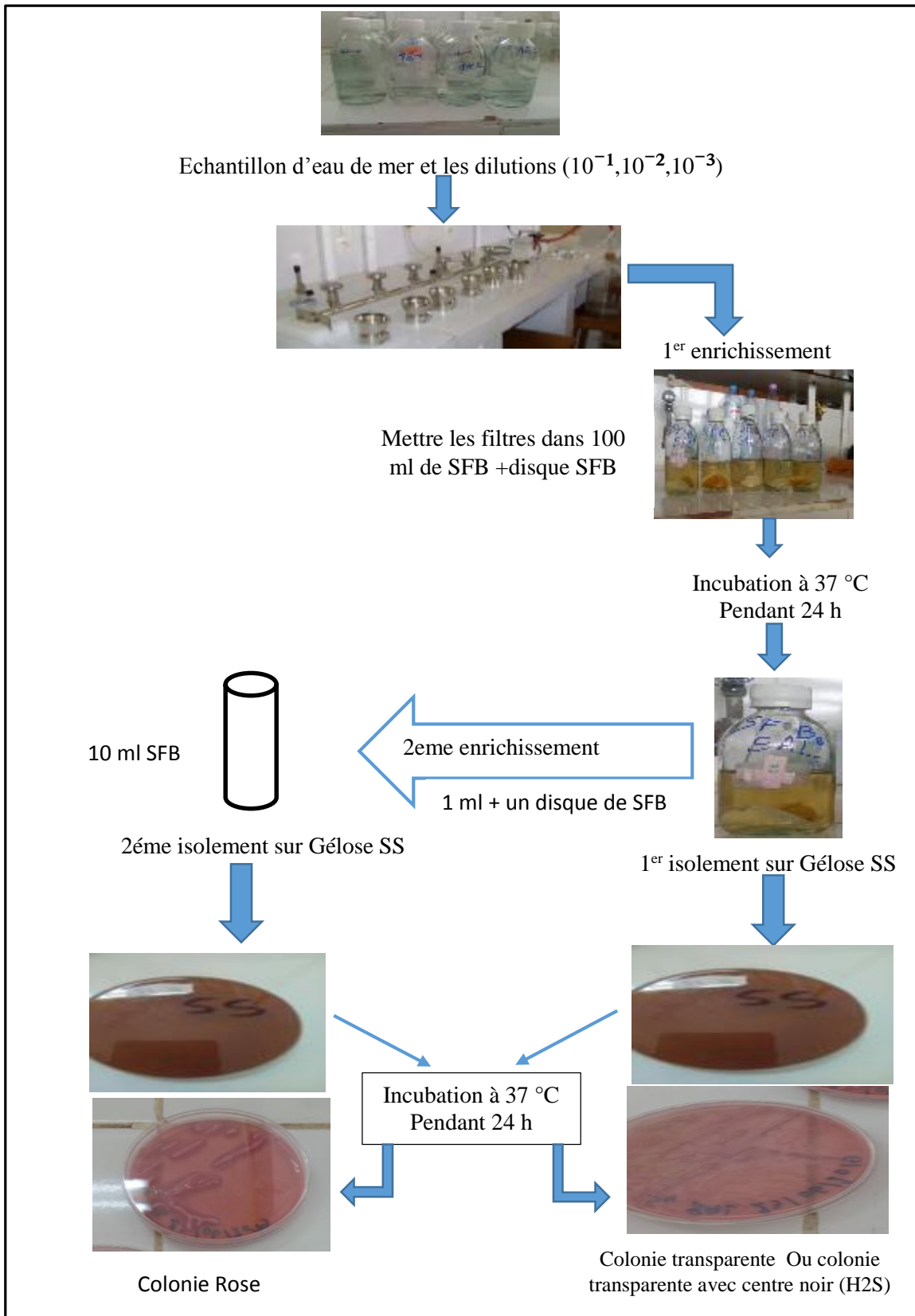


Figure 14 : Technique de recherche des Salmonelles dans l'eau de mer

IV.2.2. Recherche des vibrions

L'isolement des formes bactériennes cultivables de Vibrion dans l'eau et les produits de la mer se en deux étapes (**Figure 15**) :

- Un enrichissement dans un milieu de culture liquide, le plus courant étant l'eau peptoné alcaline (NaCl 0.5%, pH8.6) ou l'eau peptoné hypersalée alcaline (NaCl 3%, pH8.6).
- Un isolement sur milieu gélose sélectif, le plus courant étant le milieu TCBS. (Laurent, et al., novembre 1998).

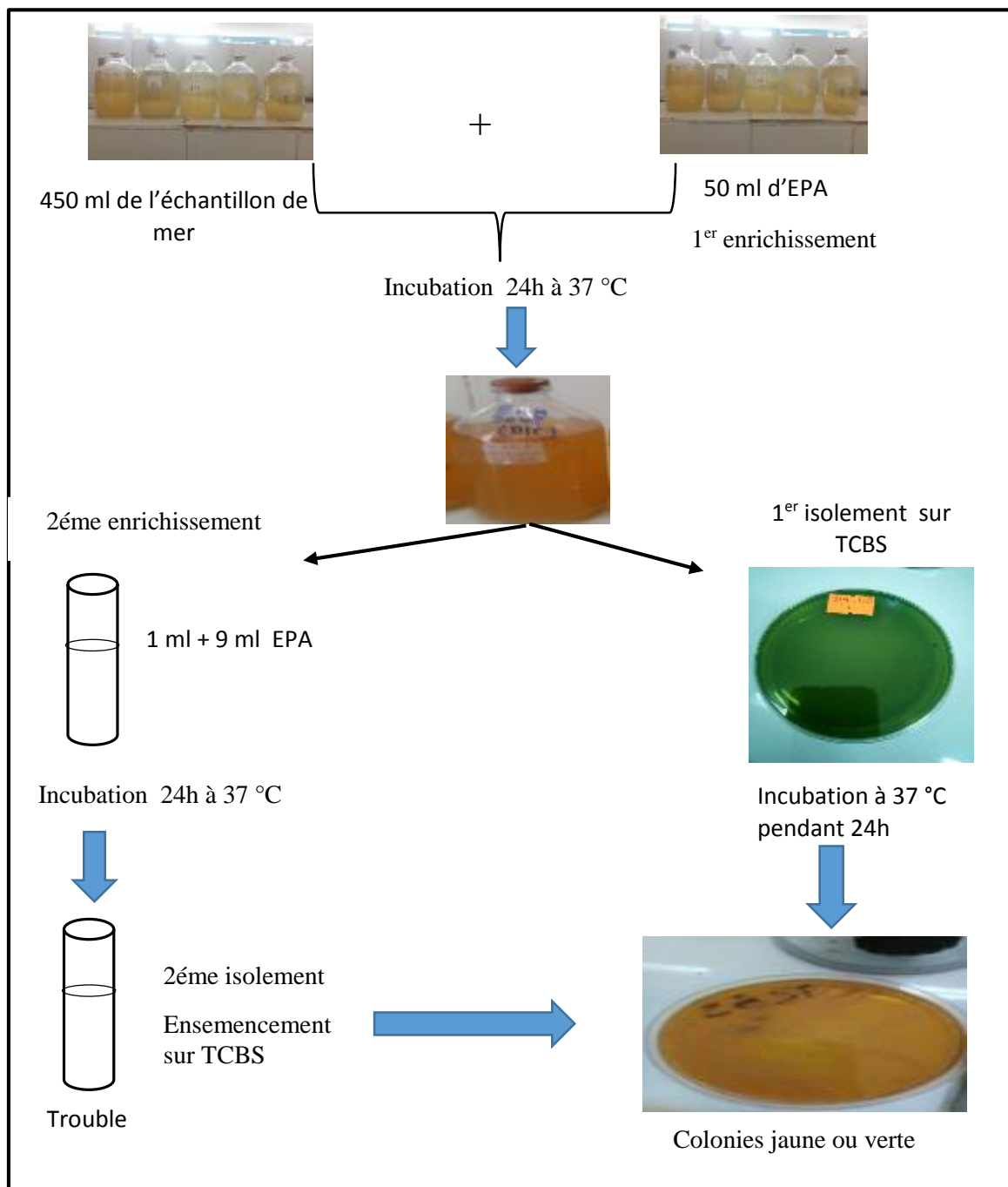


Figure 15 : Technique de recherche des Vibrions dans l'eau de mer

IV.3. Techniques d'identifications et de caractérisations de quelques Bactéries :

IV.2.1. Coloration de Gram :

Les bactéries peuvent être groupées en 2 catégories selon la méthode de coloration de Gram. Cette technique a été mise au point en 1884 par Hans Christian Gram, un bactériologiste danois.

a. Mode opératoire :

- réaliser un frottis et le fixer
- plonger la lame dans le violet de gentiane pendant 1 minute ;
- plonger la lame dans une solution de Lugol pendant 1 minute ;
- rincer à l'eau distillée les deux faces de la lame ;
- décolorer dix secondes à l'alcool.
- rincer immédiatement à l'eau distillée.
- plonger la lame dans la safranine (ou la fuchsine) phéniquée pendant 1 minute.
- laver la lame à l'eau distillée.
- sécher la lame en la tamponnant avec du papier Joseph.
- observer à l'objectif x100 à l'immersion.

IV.2.2. Test catalase :

Le test consiste à mettre des bactéries en quantité suffisante en contact de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2). Si elles possèdent la catalase, elles dégradent le peroxyde d'hydrogène en eau et dioxygène visible par la **formation de bulles**.

Technique :

- Déposer sur une lame **une goutte d'eau oxygénée** (= peroxyde d'hydrogène) à l'aide d'une anse de platine ou pipette Pasteur ;
- prélever une colonie à l'aide de l'anse ;
- dissocier la colonie dans la goutte.

IV.2.3. Test oxydase :

Le test consiste à mettre en évidence la capacité que possède la bactérie à oxyder un réactif incolore (la NN-diméthyl-paraphénylène diamine) en un dérivé rose violacé.



Technique :

- placer un disque non imprégné sur une lame à l'aide d'une **pince flambée**,
- déposer une goutte de réactif sur le disque non imprégné,
- avec **une pipette Pasteur** prélever une colonie sur milieu solide (GO) et la déposer doucement sur le disque.

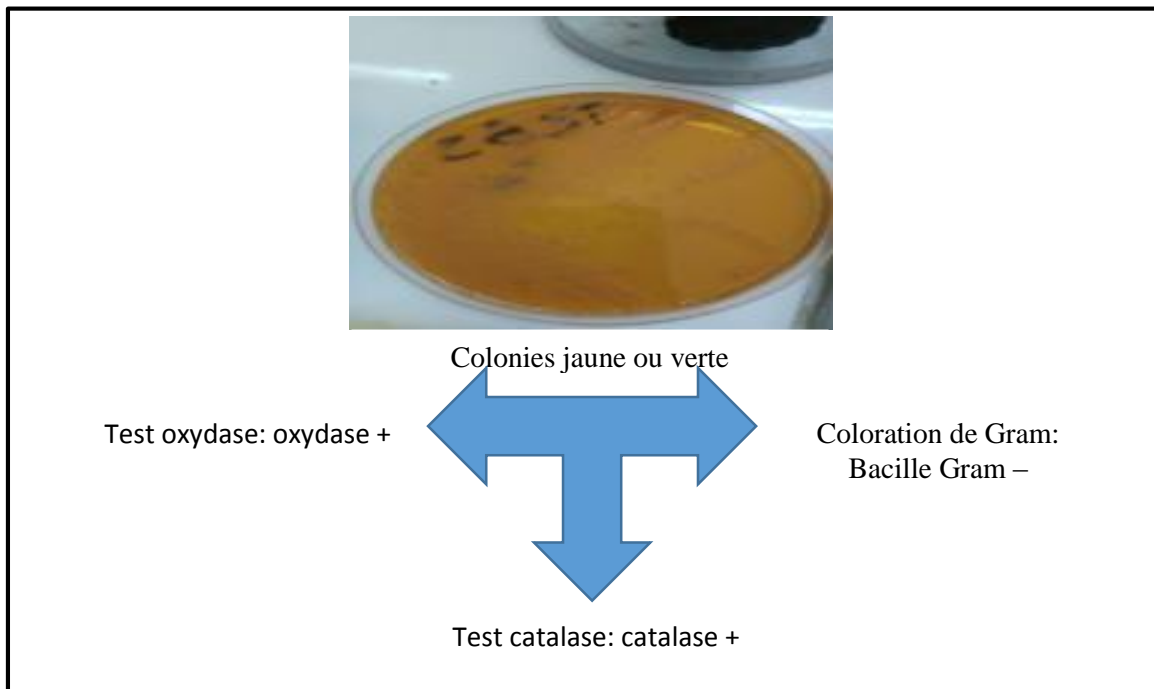


Figure 16 : Technique d'identification des vibrions dans l'eau de mer

IV.2.4. d-Test biochimique « Galerie API » :

Les galeries API ou également appelées galeries de tests biochimiques miniaturisés se présentent sous la forme d'une série de petits tubes, nommés tubules, correspondant chacun à un test biochimique spécifique. Chaque tubule est ouvert à son extrémité supérieure par une cupule pouvant être remplie, ou non, de liquide afin de placer le tube dans des conditions particulières. Chaque tube contient un substrat défini (ONPG, ADH, GEL...) et avec lequel les micro-organismes réagissent différemment (**Figure17**).



Figure 17 : Galerie API 20E

V. Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique permet de détecter et miner la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant l'échantillon. Elle s'applique à tous les granulats de dimension nominale inférieure ou égale à **63 μm** , à l'exclusion des filets.

A noter qu'il faut éviter la confusion entre la granulométrie qui s'intéresse à la détermination de la dimension des grains et la granularité qui concerne la distribution dimensionnelle des grains d'un granulat.

a. principe de la méthode

Selon la norme française **NF P 94-056** :

L'essai consiste à séparer par lavage les grains agglomérés d'un échantillon d'une masse connue de matériau, puis à les fractionner, au moyen d'une série de tamis et à peser successivement après séchage le refus cumulé sur chaque tamis.

Les dimensions nominales d'ouverture des mailles des tamis et le nombre de tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon et des seuils granulométriques utilisés dans la classification.

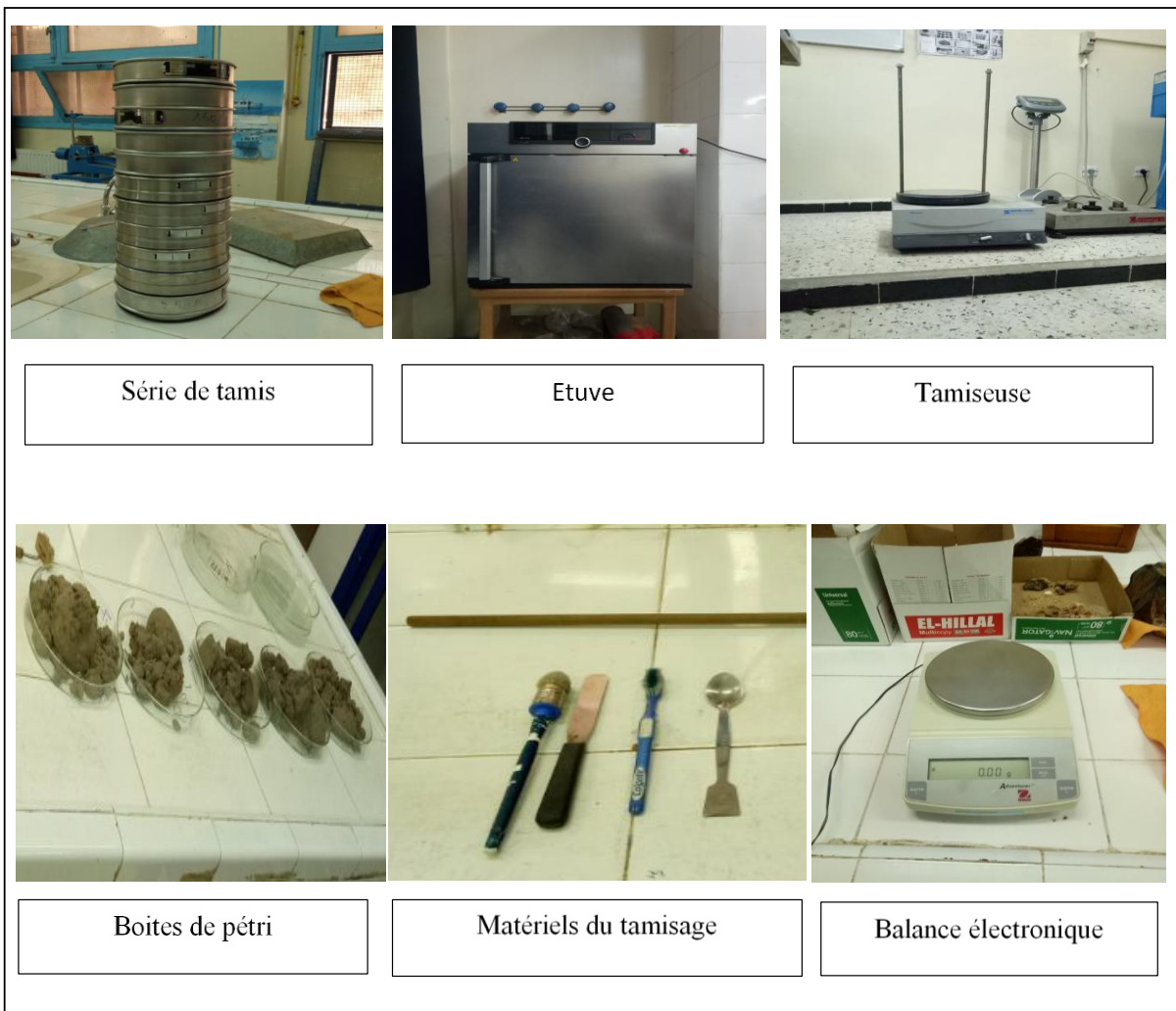
Les masses des différents refus ou des passants sont rapportées à la masse initiale du matériau sec soumis à essai, les pourcentages sont exploités et complétés par d'autres paramètres en vue de définir la classe de matériau à laquelle appartient l'échantillon.

b. Mode opératoire :

- ✓ On met les échantillons dans des boîtes de pétri et on les place à l'étuve à 105°C pendant 24 heures pour séchage;
- ✓ On procède à la détermination de la plus grande maille de tamis (D_{max}) ;
- ✓ On pèse une quantité de l'échantillon de telle sorte que la quantité en (Kg) doit être $\geq 0.2 \cdot D_{\text{max}}$ en (mm) ;
- ✓ Laver l'échantillon sous le robinet à l'aide d'un tamis de 63 μm , afin de soustraire la fraction fine (pélites) ;
- ✓ Sécher à nouveau l'échantillon lavé à 105°C pendant 24 heures ;
- ✓ Repeser l'échantillon une deuxième fois (P_f) après le séchage, pour estimer le pourcentage des particules fines (pélites) ;
- ✓ Placer l'échantillon dans une série de tamis et tamiser mécaniquement sur une tamiseuse pendant 10 min ;
- ✓ Peser le refus partiel de chaque tamis.

c. Appareillage (Figure 18):

- Une série de tamis de différentes mailles (1.6mm, 1.25mm, 0.8mm, 0.5mm, 0.315mm, 0.2mm, 0.16mm, 0.063mm).
- Etuve pour le séchage de l'échantillon de marque **Memmert**.
- Balance électronique avec une précision de 0.01 g
- une tamiseuse
- Brosse métallique, pinceau, cuillère.
- Boîtes de pétri en verre



Série de tamis

Etuve

Tamiseuse

Boîtes de pétri

Matériels du tamisage

Balance électronique

Figure 18 : Matériels pour L'analyse granulométrique

V.1. Paramètres de granulométrie :

Les indices granulométriques sont exprimés en unité (ϕ). L'échelle ϕ est une unité de mesure définie par la relation suivante :

$$\phi = -\frac{\ln(D)}{\ln 2}$$

Avec **D** : Diamètre en mm

sachant que $\phi_{i1} < i < 100$ représentent la taille des grains en ϕ correspond a (*i*%) du poids cumulé en pourcentage (%).

V.2. Les indice granulométriques

La classification des sédiments selon FOLK et WARD se fait selon trois indices suivants :

V.2.1. Indice centraux (moyenne) :

C'est de positionner globalement l'échantillon sur l'échelle des dimensions des sédiments

$$M = \frac{(\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84})}{3}$$

Les limites utilisées par FLOK et WARD 1954 sont comme suite dans le tableau :

Tableau 2: classement des tailles moyennes des grains

Moyenne	Classes granulaires
TM<-6	Galet
-6<TM<-2	Granule
-2<TM<-1	Sable très grossier
-1<TM<0	Sable grossier
0<TM<1	Sable moyen
1<TM<2	Sable fin
2<TM<3	Sable très fin
3<TM<3.98	Vase

V.2.2. Indice de dispersion (indice de classement) :

Ils donnent une idée de l'étalement de la courbe au tour de son grain moyenne.

Cet indice nous renseigne sur l'importance du tri lors de transport et de la sédimentation.

$$Si = [(\phi_{84} - \phi_{16})/4] + [(\phi_{95} - \phi_5)/6.6]$$

Les différentes stades du tirage utilisées par FOLK 1954 sont les suivants :

Tableau 3: classement de dispersion des grains

Indice de tri	Tendance du tri
TRI<0.35	Très bien trié
0.4<TRI<0.5	Bien trié
0.5<TRI<0.7	Modérément bien trié
0.7<TRI<1	Modérément trié
1<TRI<2	Mal trié
2<TRI<4	Très mal trié
4<TRI	Extrêmement mal trié

V.2.3. Indice d’asymétrie :

Ils donnent un étalement de la courbe granulométrie plus ou moins important vers les sédiments fins ou les sédiments grossiers.

$$SKi = \frac{(\phi 16 + \phi 84 - 2\phi 50)}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{(\phi 5 + \phi 95 - 2\phi 50)}{2(\phi 95 - \phi 5)}$$

Les limites et la nomenclature utilisées sont les suivant :

Tableau 4 : classement d’asymétrie des grains

Indice d’asymétrie	Mode d’asymétrie
-1<SKI<-0.3	asymétrie très négative
-0.3<SKI<-0.1	asymétrie négative
-0.1<SKI<0.1	Asymétrie
0.1<SKI<0.3	asymétrie positive
0.3<SKI<1	asymétrie très positive

V.2.4. L'indice hydrodynamique (FH)

Cet indice permet d'appréhender les conditions hydrodynamiques régnant dans le milieu.

$$FH = KG - \left(\frac{\phi 75 - \phi 25}{2} \right)$$

Avec :

$$KG = \frac{\phi 95 - \phi 5}{2.44} (\phi 75 - \phi 25)$$

Les valeurs positives correspondent à un sédiment en cours de transport par les masses d'eau et les valeurs négatives à des sédiments en place ou qui seront difficilement remis en mouvement.

Tableau 5: classement des facteurs hydrodynamiques

Indice d'Hydrodynamisme	Conditions hydrodynamiques
$2 < FH$	Très fort
$0.5 < FH < 1$	Moyen
$FH \approx 0$	Faible
$FH \approx -1$	Très faible

VI. Analyse bactériologique des sédiments

VI.2. Dénombrement des coliformes (totaux, thermotolérants) et des streptocoques fécaux

Il existe de technique normalisée pour le dénombrement des coliformes (totaux, thermotolérants) et des streptocoques fécaux dans les sédiments, la technique de NPP (le nombre le plus probable) (**Figure 19**).

Cette technique consiste en deux étapes :

- Ensemencement d'un volume d'échantillon en bouillon bilié lactose au vert brillant (BLBVB) pour les coliformes et en milieu Rothe pour les streptocoques fécaux, avec incu-

bation à 37°C pour les coliformes totaux et les streptocoques fécaux et 44°C pour coliformes thermotolérants pendant 24 heures (**Figure 20**).

- Puis, par repiquage des tubes positifs dans un milieu confirmatif tel le milieu Schubert pour les coliformes (totaux, thermotolérants), avec incubation à 37°C et 44°C pendant 24 h, et les streptocoques fécaux on utilise le milieu Eva Litsky à 37° pendant 24 h (**Figure 20**).

Remarque : les tubes positifs de coliformes thermotolérants met dans le milieu Schubert a destiné pour la recherche *Escherichia coli*.

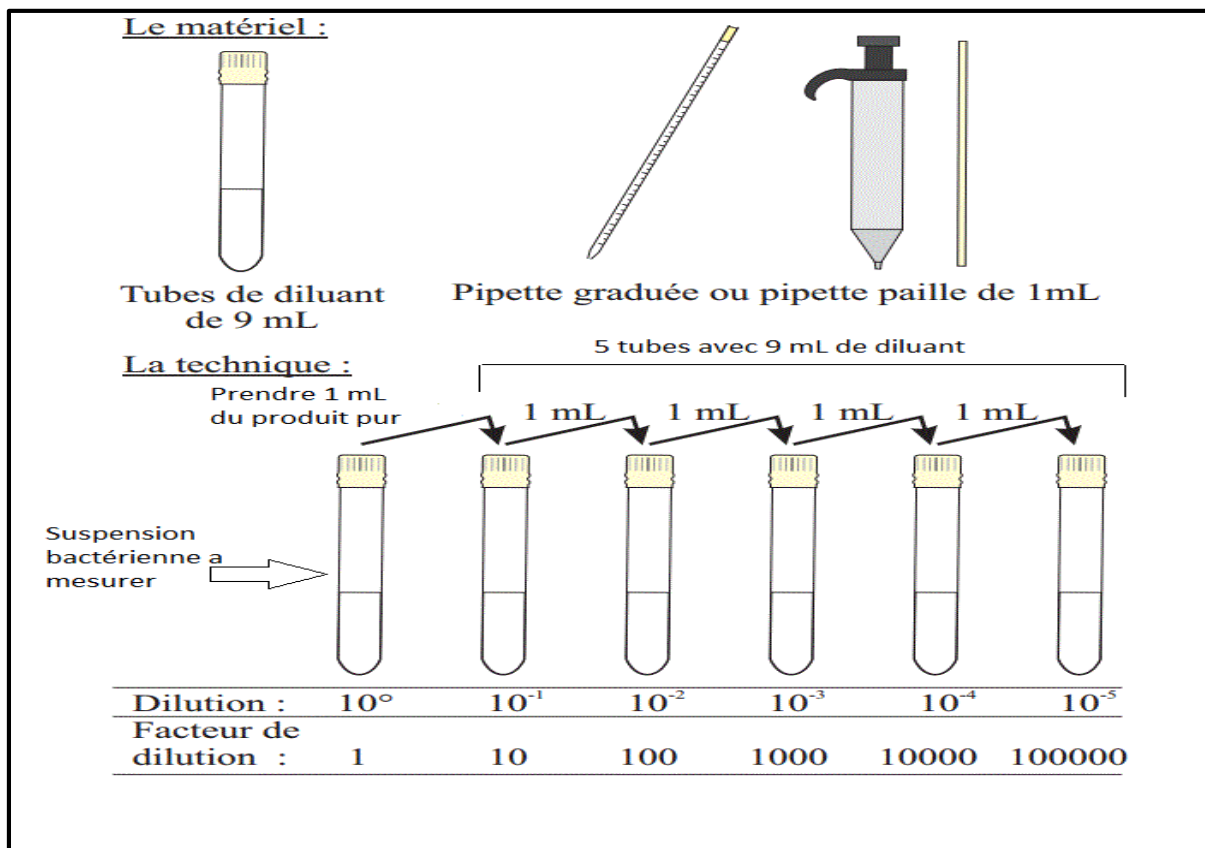


Figure 19 : Technique de dilutions successives de NPP

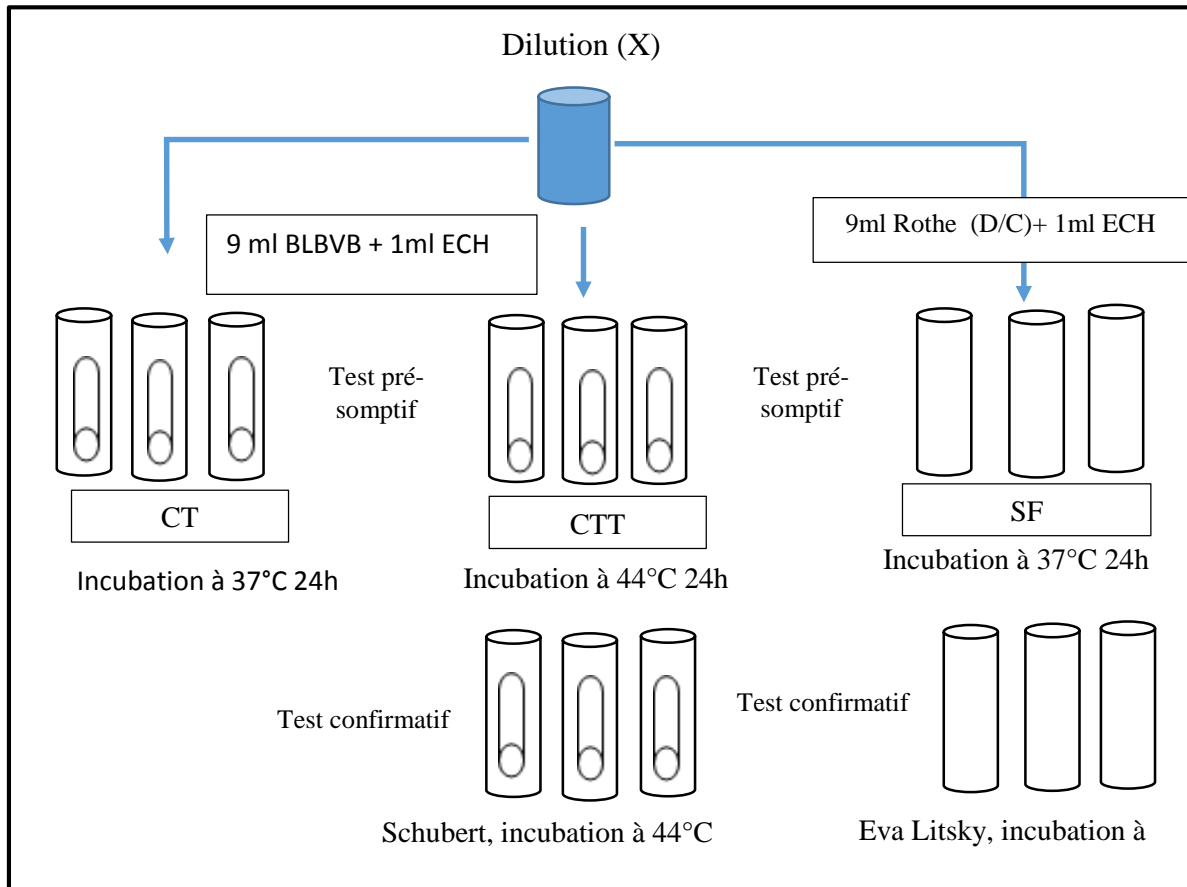


Figure 20 : Dénombrement des indicateurs de contamination fécale par la méthode NPP dans les sédiments.

VII. Analyse des hydrocarbures

Avant l'analyse, les échantillons prélevés dans la sortie en mer ont subi un prétraitement.

- Congélation : les échantillons sont congelés à -18 °C
- Lyophilisation : On place le sédiment au lyophilisateur à -50 °C pendant 48 h pour le sécher ;
- Broyage : Les sédiments lyophilisés sont ensuite broyés en poudre fine à l'aide d'un mortier en porcelaine, qui doit être conditionné entre chaque deux utilisations.

L'analyse des hydrocarbures dans les sédiments superficiels est réalisée selon les étapes suivantes :

a. Extraction.

On fait d'abord l'extraction à blanc pendant 4 heures avec l'hexane (échantillon d'inter calibration)

- peser 5 g de sédiment et les mettre dans des cartouches en cellulose ;
- Mettre les cartouches dans un extracteur Soxhlet pour extraire les hydrocarbures ;

- Verser 150 ml d'hexane et 150 ml de dichlorométhane dans le ballon à col rodé ;
- Régler le chauffage à 90°C en premier temps, dès que l'hexane commence à bouillir fixer la température à 60°C;
- Laisser l'extraction se poursuivre pendant 8 h.

b. Concentration

La concentration de l'échantillon du sédiment se fait de la même façon que pour l'échantillon d'eau de mer, mais contrairement à l'eau, le sédiment est très riche en soufre, donc, avant la concentration avec jet d'Azote. L'échantillon est traité au mercure : ajouter au mélange deux gouttes de mercure lesquelles au contact du soufre noircissent, ces gouttes noir seront retirées et l'opération sera ainsi répéter jusqu'à ce que le mercure ne change plus de couleur.

c. Purification et séparation des aliphatiques et aromatiques

La purification et la séparation des aliphatiques (F1) et aromatiques (F2) des hydrocarbures dans le sédiment suit le même schéma que leur purification dans l'eau de mer.

d. Mesure et mode de calcul

- Pour le sédiment :

Le calcul de la concentration finale de sédiment se fait comme suit :

$$[C]f = \frac{([C]ech - [C]blanc) \times v}{Ps}$$

Avec :

- ✓ **[C]f** : Concentration finale des HPA dans l'échantillon (µg/ml) ;
- ✓ **[C]ech** : Concentration des hydrocarbures dans l'échantillon (µg/ml) ;
- ✓ **[C]blanc** : Concentration des hydrocarbures du blanc (µg/ml) ;
- ✓ **v** : Volume d'hexane d'extraction de la fraction (ml) ;
- ✓ **Ps** : Volume extrait de l'échantillon (g).

VIII. Analyse des métaux lourds

VIII.1. Traitement des métaux lourds

Comme pour les hydrocarbures Chaque échantillon de sédiment prélevé et conservé par congélation, va subir le traitement suivant :

a. Lyophilisation

La lyophilisation est une technique permettant la déshydrations des échantillons congelés par sublimation (libération de l'eau de l'échantillon en passant de la phase solide à la phase vapeur sans passer par la phase liquide). Cette opération a été effectuée à l'aide d'un lyophilisateur de type CHRIST-Beta 1- 8 pendant (48 à 72 heures) sous vide (10^{-1} mbar) et à très basse température (-50 C° à -60 C°).

La lyophilisation est préférable à la déshydratation à l'étuve car cette dernière entraîne avec l'élévation de la température une perte des métaux lourds les plus volatiles en particulier le mercure.

b. Broyage

Les échantillons de sédiments lyophilisés sont broyés à l'aide d'un mortier en porcelaine jusqu'à l'obtention d'une poudre fine. Cette dernière est récupérée dans des piluliers en verre et stockée dans un endroit sec (dessiccateur en présence de gel de silice).

c. Minéralisation**❖ Minéralisation à blanc**

Elle s'effectue dans le but de décontaminer les godets ; on verse 2 ml d'eau régale (1 volume d'acide nitrique (HNO_3) concentré à 68 % + 3 volumes d'acide chlorhydrique (HCl) concentré à 37%), puis on les place sur une plaque chauffante à 120°C pendant 2h30minutes. Une fois refroidis, les godets sont vidés puis rincés à l'eau bi distillée et mis à l'étuve pour séchage.

❖ Minéralisation de l'échantillon

- Peser 0,5 de sédiment lyophilisé et les mettre dans les godets ;
- Ajouter 8 ml d'eau régale ;
- Laisser minéraliser à froid (à température ambiante) durant une heure ou deux afin d'éviter une réaction accélérée ;
- Placer les godets sur une plaque chauffante à $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant 2h30 pour l'extraction des métaux lourds et les mettre en suspension ;
- Transvaser les minéralisas dans des tubes en polypropylène et compléter le volume jusqu'à 50 ml avec de l'eau distillée ;

- Conserver au réfrigérateur.

VIII.2. Dosage des métaux lourds

La spectrométrie d'absorption atomique est une technique qui s'est largement développée ces dernières années mais dont le phénomène de base était connu depuis très longtemps. Les séduisantes possibilités de la méthode et en particulier sa rapidité, l'ont fait adapter au dosage d'un certain nombre d'éléments rencontrés dans les eaux.

a. Principe de la (S.A.A)

Le passage de la forme ionique (métal en solution) à la forme atomique se produit par une source thermique (source d'atomisation). Les atomes ainsi formés passent d'un niveau énergétique fondamental (état initial) à un niveau plus élevé (état excité), ce passage est conditionné à la fourniture d'un quantum d'énergie correspondant à la différence d'énergie entre le niveau excité et le niveau fondamental.

En effet, lorsque les atomes d'un élément ont été excités, leur retour à l'état fondamental s'accompagne de l'émission de photons, de fréquence F bien définie et propre à cet élément qui, dispersé dans un générateur d'atomes possède également la propriété d'absorber tout rayonnement de même fréquence F . Il en résulte une absorption du rayonnement incident liée à la concentration de l'élément considéré suivant la loi de BEER-LAMBERT :

$$\log \frac{I_0}{I} = K * L * C$$

Où :

I₀ : Intensité de la radiation incidente ;

I : Intensité de la radiation après la traversée de la flamme ou cellule de quartz ;

K : Constante caractéristique de l'échantillon ;

L : Longueur du chemin optique ;

C : Concentration dans la solution de l'élément considéré.

b. Appareillage

L'appareil utilisé est un Perkin Elmer Analyst 700 constitué d'un générateur de photons, destiné à fournir un flux de photons d'intensité constante dans le temps et de fréquence bien définie correspondant à l'élément à doser. À savoir, des lampes à cathode creuse constituée du métal (ou des métaux) à doser qui est volatilisé et excité par décharge cathodique dans une atmosphère gazeuse (néon ou argon) à très basse pression ; d'un générateur d'atomes ; d'un monochromateur à

double faisceau, destiné à la sélection de la longueur d'onde et dont l'un des faisceaux atteint directement le récepteur sans traverser la flamme, permet d'éliminer les fluctuations de la source ; et d'un récepteur constitué par un photomultiplicateur, associé à un amplificateur linéaire et logarithmique.

Il est équipé d'un générateur d'hydrures, d'un four à graphite et un système par flamme avec injecteur automatique (AS 800 Perkin Elmer) et est piloté par le logiciel Winlab 32 pour absorption atomique qui permet de très hautes performances d'analyse.

Pour le mercure, les échantillons minéralisés sont analysés avec le système d'hydrures (FIAS 400, Perkin Elmer) équipé d'un dispositif d'injection (passeur) automatique de l'échantillon (AS-91, Perkin Elmer) et une cellule de quartz. Une solution "carrier" d' HNO_3 à 5% et une solution réductrice de SnCl_2 sont utilisées.

Pour les autres métaux étudiés, les échantillons minéralisés sont analysés avec le système par flammes chaudes nécessitant un mélange de gaz air/acétylène (C_2H_2) et un bruleur de type laminaire muni d'une fente longitudinale de 15 cm.

Résultats et Discussions

I. variation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux au niveau du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj

Les résultats obtenus par la mesure in situ des paramètres physico-chimiques et l’analyse des paramètres indicateurs de pollution sont présentés dans le texte et par des histogrammes.

I.1. Paramètres physico-chimiques

I.1.1. Température

Les valeurs de la température mesurées dans les dix stations sont représentées dans la **Figure 21**. On remarque que la station **10** à la sortie du port, présente la température la plus élevée, cela est sûrement dû aux eaux de rejets du port. Les températures moyennes enregistrées pendant la période de prélèvement varient pour la plage Est et Ouest respectivement, entre les valeurs minimales 20,75°C (S5), 21.4°C (S1) et les valeurs maximales de 23,55°C (S10), 22.5°C (S2).

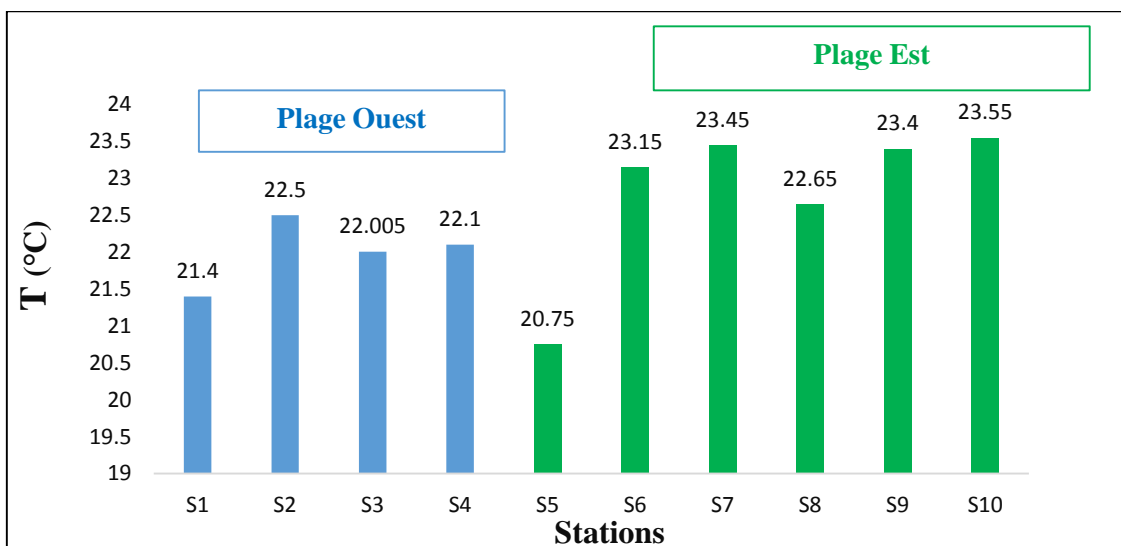


Figure 21 : variation de la Température en fonction des stations

Cette légère différence peut être liée à la profondeur de l’eau, en effet, l’eau est peu profonde sur les côtes, elle se chauffe donc plus rapidement que l’eau du large, comme ça peut aussi être une petite remontée au large de l’eau profonde fraîche du fond vers la surface. La région de Sidi Fredj est caractérisée par un climat méditerranéen tempérée (**Haoua, et al., 2006**). Les valeurs enregistrées restent dans la limite Algérienne. Les eaux des deux plages ne présentent donc pas une pollution thermique.

I.1.2. Le potentiel Hydrogène

Les valeurs relevées de pH de l'eau dans les 10 stations des deux plages (**Figure. 22**), sont supérieures à 7 et tournent autour de 8, le pH est donc alcalin.

Les stations **3** et **9** présentent respectivement un **pH de 7.99** et **7.985**, l'acidification du milieu par le processus est peut-être dû à de la dégradation de la matière organique.

La norme algérienne de la variation du pH est comprise entre 6 et 8 (**JORDA, 1993**).

Nous pouvons ainsi considérer que selon les recommandations Algériennes (1991), du point de vu pH, les deux plages ne présentent pas de pollution.

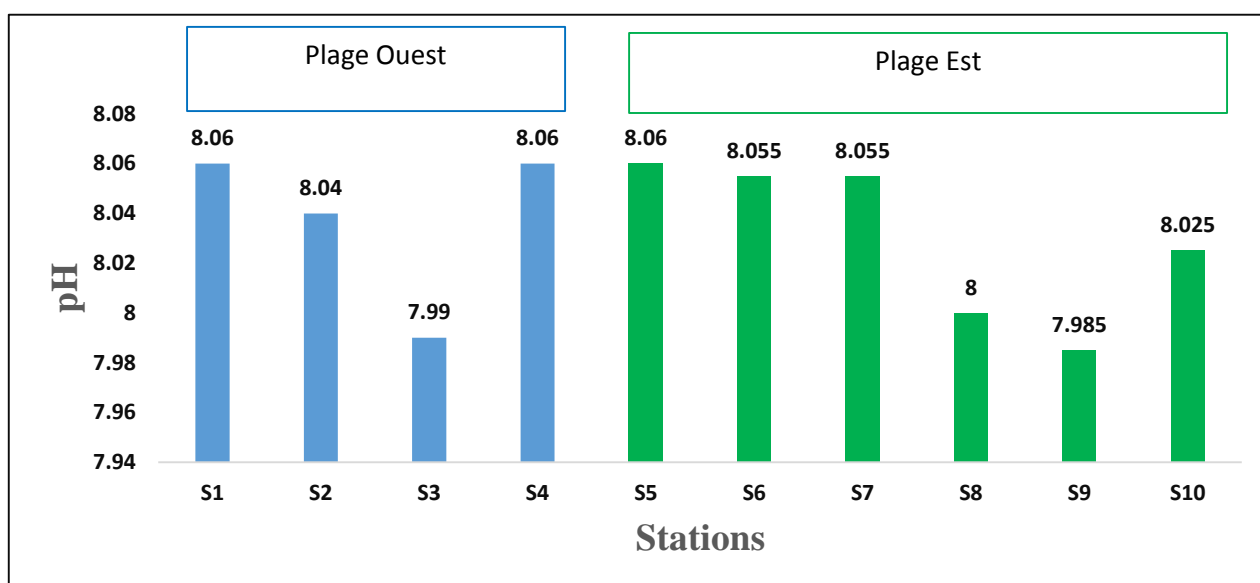


Figure 22 : Histogramme de potentiel Hydrogène moyenne au niveau des deux plages de Sidi Fredj

I.2. Variation des paramètres indicateurs de pollution

L'action des vagues et/ou des marées sont la cause de variations importante et rapide de la teneur en MES, plusieurs dizaines de mg. L⁻¹ de sable, limon ou autres dépôts peuvent être remis en suspension en un point donné. En outre, à proximité des agglomérations, industries, ports..., la pollution peut devenir très importante. Les matières organiques dissoutes sont la conséquence de la dégradation des matières organiques d'origine végétales, et la pollution provenant des activités humaines.

Les résultats obtenus dans l'analyse au laboratoire des paramètres indicateurs de pollution (MES, MOP) sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 6: Valeurs moyenne de MES et MOP au niveau des deux plages.

Paramètre	MES (mg/l)		MOP (%)	
	Est	Ouest	Est	Ouest
Maximum	134,4	132,4	8,57	9,34
Minimum	109,73	128,8	3,82	7,31
Moyenne	119,62	130,43	7,30	8,39
Ecart type	9,20	1,545	1,77	0,83

I.2.1. La matière en suspension (MES)

Les concentrations en matière en suspension au niveau des deux plages sont illustrées sur la (Figure 23) Nous avons enregistré sur la plage Est, une moyenne de 119.62 mg/l et un écart-type de 9.19 mg/l, avec la concentration la plus élevé dans la S5. Concernant la plage Ouest, les résultats obtenus révèlent des concentrations assez similaires ; l'écart-type est de 1.54mg/l et la valeur moyenne est 130.43mg/l entre les différentes stations.

Les MES sont la conséquence des rejets domestiques urbains riches en matières colloïdes d'origine minérale ou organique et ces concentrations élevées est le résultat des conditions climatiques (mer houleuse et agité) et du choix la zone ; en effet les stations choisi pour cette étude sont plutôt côtières. La moyenne des MES dans la plage Ouest est légèrement plus élevé que celle de l'Est car c'est une plage plus ouverte aux facteurs hydrodynamiques.

Ces résultats dépassent largement les normes fixées par la réglementation algérienne (2006) pour les eaux de mer qui est de l'ordre de 30 mg.L⁻¹.

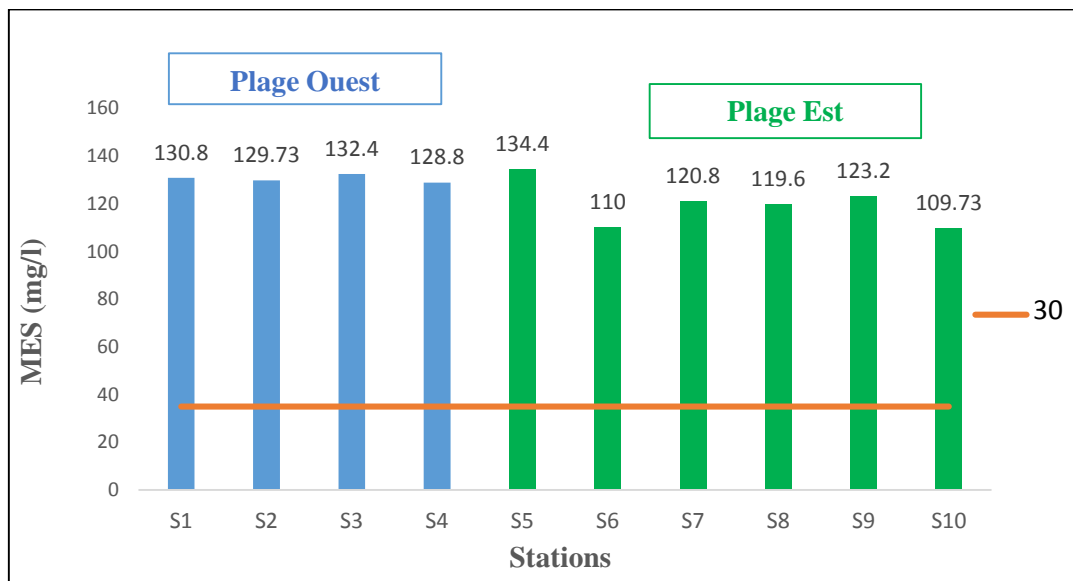


Figure 23 : Variations des concentrations de MES au niveau des deux plages de Sidi Fredj

I.2.2. La Matière organique particulaire (MOP)

Les variations des valeurs des concentrations des matières organiques particulaires au niveau des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj sont homogènes dans l'ensemble avec un maximum de 9.34% en S2 et de 8.54% en S5 et un minimum de 7.31% en S4 et de 3.82% en S10, avec une moyenne de 7.30% et de 8.39% et un écart-type de 1.76% et de 0.83% dans les deux plages Ouest et Est

Selon les représentations graphiques ci-dessous (**Figure 24**). Les teneurs en matière organique particulaire au niveau des deux plages sont homogènes et montrent des valeurs proportionnelles aux valeurs de la MES, mais avec des teneurs plus faibles donc on peut déduire que l'origine des matières en suspension est beaucoup plus minérale qu'organique.

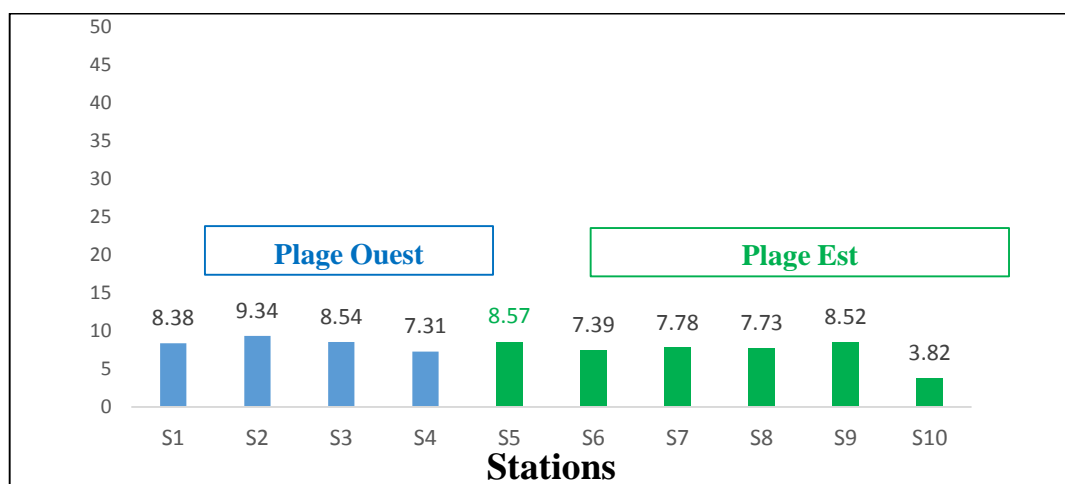


Figure 24 : Variations des concentrations de MOP au niveau des deux plages de Sidi Fredj

I. 3. Variation des sels nutritifs

Les données acquises dans les deux plages de Sidi Fredj sont résumées ci-dessous, sous forme de valeurs minimales, moyennes et extrêmes, Avec des représentations graphiques, et des cartes de la distribution spatiale. (Annexe 5).

Tableau 7: Récapitulatif des concentrations en sels nutritifs

I. 3.1. Les Nitrates (NO₃⁻)

Paramètres	NO ₃ ⁻ μmol/l		NO ₂ ⁻ μmol/l		PO ₄ ³⁻ μmol/l		SiO ₂ μmol/l	
	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest
Maximum	1,89	1,28	0,64	0,47	1,37	0,81	3,34	5,53
Minimum	0,47	0,82	0,11	0,15	0,63	0,38	0,97	1,47
Moyenne	1,05	1,06	0,28	0,32	0,98	0,64	1,63	2,98
Ecart type	0,55	0,20	0,25	0,13	0,29	0,19	1,01	1,77

Les valeurs de nitrates enregistrées au niveau du littoral Est de Sidi-Fredj (**Figure 25**) varient entre 1.9 $\mu\text{mol/l}$ et 0.47 $\mu\text{mol/l}$, avec une valeur moyenne 1.05 $\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de 0.54 $\mu\text{mol/l}$, et pour la plage Ouest, les teneurs varient entre 1.28 $\mu\text{mol/l}$ et 0.82 $\mu\text{mol/l}$, avec une valeur moyenne 1.05 $\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de 0.20 $\mu\text{mol/l}$,

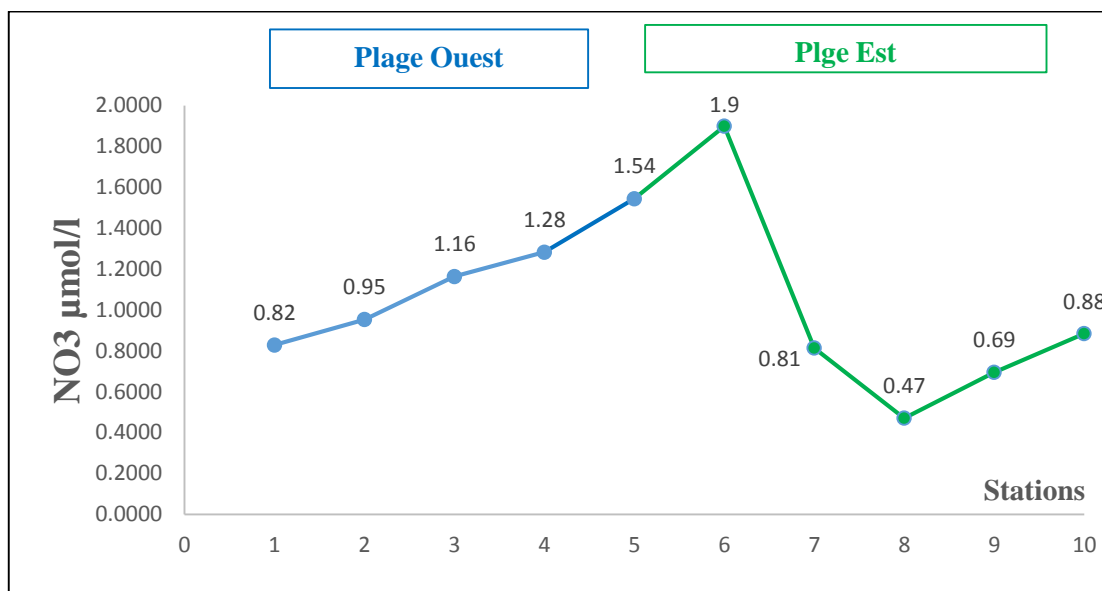


Figure 25 : Variations moyenne des concentrations des nitrates au niveau des deux plages de Sidi Fredj

Les concentrations en nitrates dans les deux plages sont faibles. Ceci peut s'expliquer par le mélange des eaux, l'activité photosynthétique et l'activité bactérienne intense, Il faut noter aussi que les nitrates sont consommés par le phytoplancton pendant la saison de la floraison (printanière)

I. 3.2. Les Nitrites (NO₂⁻)

Les concentrations de nitrites de la plage Est (**Figure 26**) sont relativement entre un maximum 0.64 $\mu\text{mol/L}$ dans la station S6 et un minimum 0.11 $\mu\text{mol/L}$ dans la S10 et S8 avec une moyenne de 0.28 $\mu\text{mol/L}$ et un écart-type de 0.25 $\mu\text{mol/L}$.

Concernant la plage Ouest on a marqué une concentration maximale de 0.47 $\mu\text{mol/L}$ (S4) et concentration minimale de 0.15 $\mu\text{mol/L}$ (S1) avec une moyenne de 0.31 $\mu\text{mol/L}$ et un écart-type de 0.13 $\mu\text{mol/L}$.

Les teneurs en nitrites sur toute la zone sont souvent faibles, car sont des formes intermédiaires de l'azote inorganique entre l'ammonium et les nitrates.

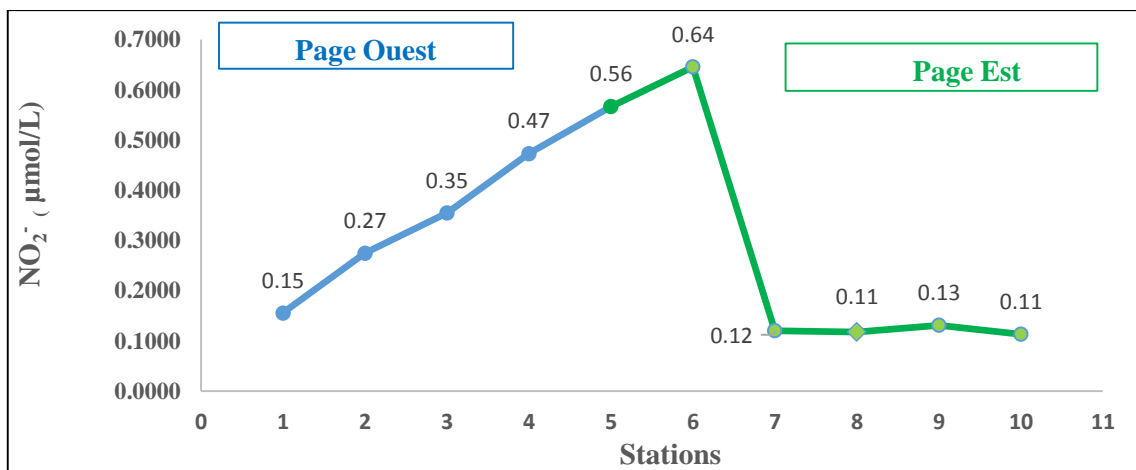


Figure26 : Variations moyenne des concentrations des nitrites au niveau des deux plages de Sidi Fredj

I. 3.3. Les Orthophosphates (PO₄³⁻)

Dans la plage Ouest la teneur la plus élevée en phosphate est enregistrée au niveau de la station S4 avec une valeur de 0,81 µmol/l et une valeur minimale de 0,38 µmol/l enregistré à la station S1. Cet élément présente une moyenne de 0.64µmol/l et un écart-type de 0,18µmol/l.

Les teneurs en phosphates enregistrée en zone Est sur les différentes stations sont comprises entre 1.37µmol/l en (S9) et 0.63µmol/l en station S7 avec une moyenne de 0.88 µmol/l et un écart-type de 0.30 µmol/l.

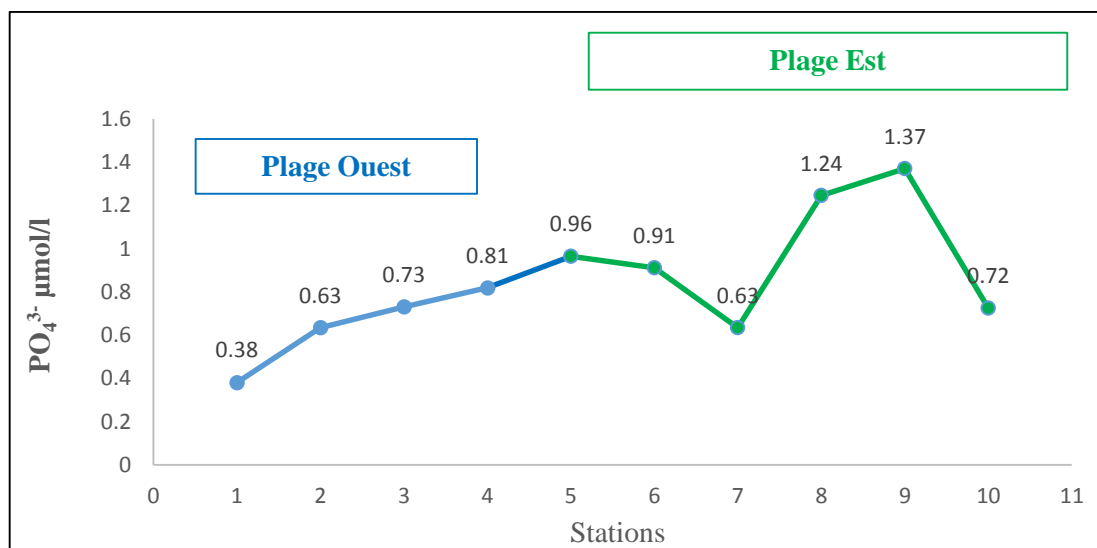


Figure 27 : Variations moyenne des concentrations des Orthophosphates au niveau des deux plages de Sidi Fredj

Les fortes concentrations indiquent l’augmentation des apports terrigènes anthropiques (origine domestique et/ou agricole). (Aminot, et al., 1983).

Dans les zones côtières non polluées, les concentrations en PO_4^{3-} sont assez faibles en surface, ils varient entre (0 et 1 $\mu\text{mol/l}$).

On a enregistré des fortes concentrations au niveau des stations 8 et 9, cela peut être causé par les rejets (domestiques) de l'hôtel EL-RIADH, avec des concentrations relativement faible sur toute la zone d'étude.

I. 3.4. Le Silicium dissout (SiO_2)

Les teneurs varient entre un maximum de 5.53 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 2, un minimum de 1.47 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 1 dans la plage Ouest, avec une moyenne de 2.97 $\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de 1.77 $\mu\text{mol/l}$

Pour la plage Est les concentrations varient entre un maximum de 3.34 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 6 et un minimum de 0.98 $\mu\text{mol/l}$ au niveau des deux stations (S7, S9), avec une moyenne de 1.63 $\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de 1.01 $\mu\text{mol/l}$.(Figure 28).

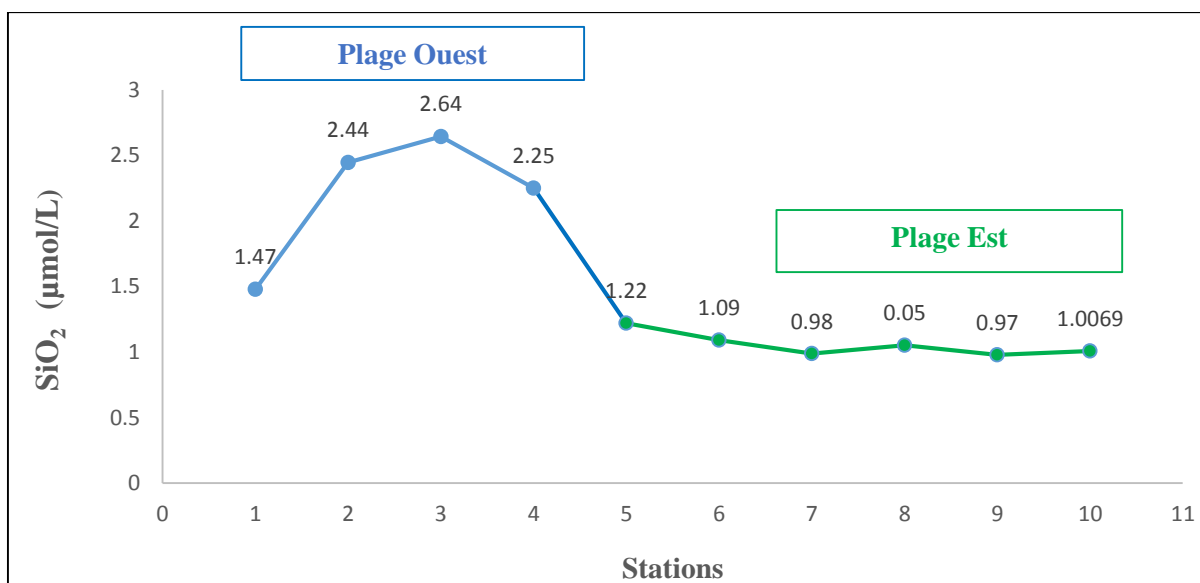


Figure 18 : Variations moyenne des concentrations des Silicates au niveau des deux plages de Sidi Fredj

Au niveau de la plage Est les teneurs sont plus basses que celles de la plage Ouest, cette richesse en silice dissoute peut être en relation avec les apports côtiers et celui des rejets et/ou encore avec la dissolution des roches présentes près des stations de prélèvements (Houma-Bachari, 2009).

I. 4. Résultats de l'analyse des paramètres microbiologiques dans l'eau

L'interprétation des résultats des analyses bactériologiques des eaux du littoral Est et Ouest de Sidi-Fredj est basée sur une simple comparaison entre les valeurs obtenues et les valeurs guide requises pour les eaux de baignade et proposées par la réglementation algérienne en vigueur. Ces

exigences réglementaires sont formulées dans le décret exécutif n°93-164 du 10 Juille‘1993 définissant la qualité requise des eaux de baignade (**Annex 6**).

I. 4.1. Les Germes indicateurs de contamination fécale

Les concentrations moyennes en germes indicateurs de contamination fécale sont consignées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 8: résultats des paramètres bactériologiques des deux plages de Sidi-Fredj

stations	CT UFC/100 ml	CF UFC /100 ml	SF UFC /100 ml
S1	30	12.5	26
S2	10	5	35
S4	135	42,5	48
S6	1755	705	342
S7	1470	488	302

a. Les coliformes totaux :

Au regard du tableau, on observe de faibles concentrations en coliformes totaux dans les stations S1, S2, S4 (30CT/100ml, 10/100ml 135CT/100ml) au niveau de la plage Ouest (**Figure 29**) ; elles sont inférieures à la valeur guide (500 CT /100 ml).

Quant à la plage Est, les concentrations en CT sont supérieures à la valeur guide (500 CT /100 ml) mais elles restent inférieures à la valeur limite (10000 CT /100 ml).

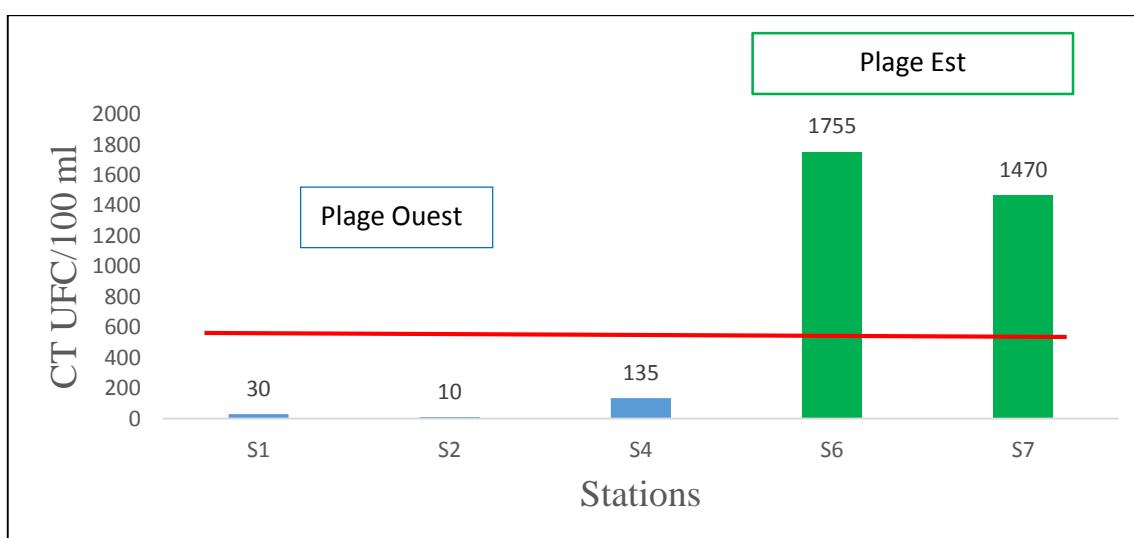


Figure 29 : Variation des concentrations moyennes en coliformes totaux dans les deux plages de Sidi-Fredj dans l’eau de mer

b. Les coliformes Thermotolérant

Les concentrations moyennes en coliformes thermotolérants (**Figure 30**) au niveau de la plage Ouest sont faibles dans les stations S1 et S4 avec une concentration encore plus faible dans la S2 et elles sont largement inférieures à la valeur guide (100CF /100ml). A l’inverse, les concentrations en ces germes sont élevées au niveau de la plage Est (S6 et S7) mais elles restent inférieures à la valeur limite (2000CF /100ml).

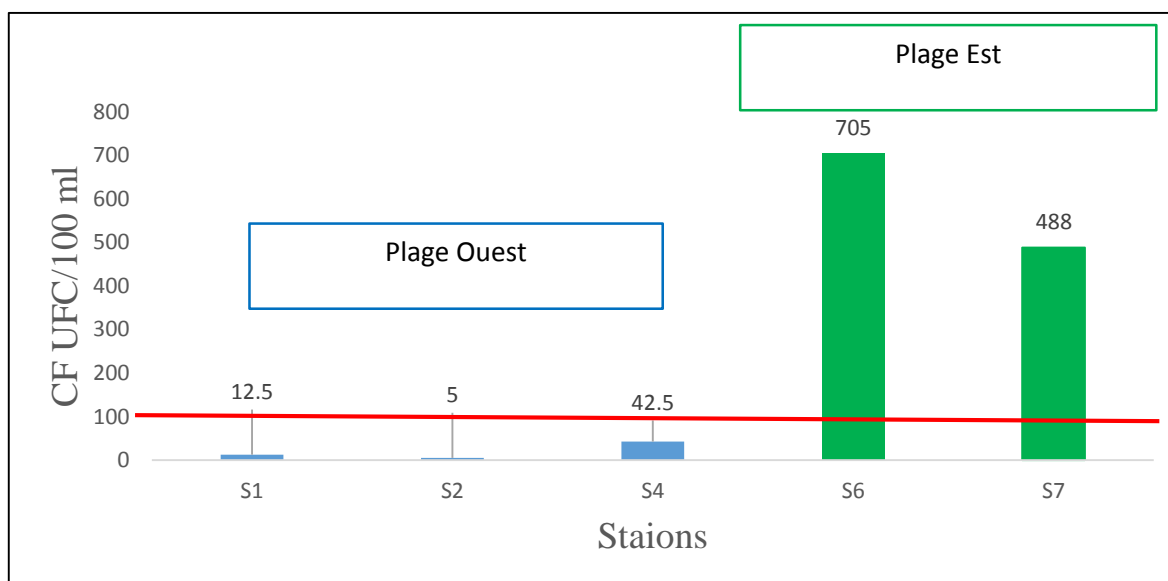


Figure 30 : Variation des concentrations moyennes en Coliformes Thermotolérant dans des eaux de baignade aux niveaux des deux plages de Sidi-Fredj

c. Les streptocoques fécaux :

Les concentrations moyennes en streptocoques fécaux (**Figure 31**) aux niveaux des stations S1, S2, S4 (26 SF/100ml, 35 SF/100ml, 48 SF/100ml) sont largement inférieures à la valeur guide (100 SF/ 100ml) dans la plage Ouest. En ce qui concerne la plage Est, les concentrations enregistrées (342 SF/100ml dans la station S6 et 302 SF/100ml dans S7) sont supérieures à la norme. Ces germes d’origine fécale se caractérisent par une bonne résistance aux conditions hostiles du milieu marin (pH, pression osmotique, rayonnements solaires, oligotrophie...).

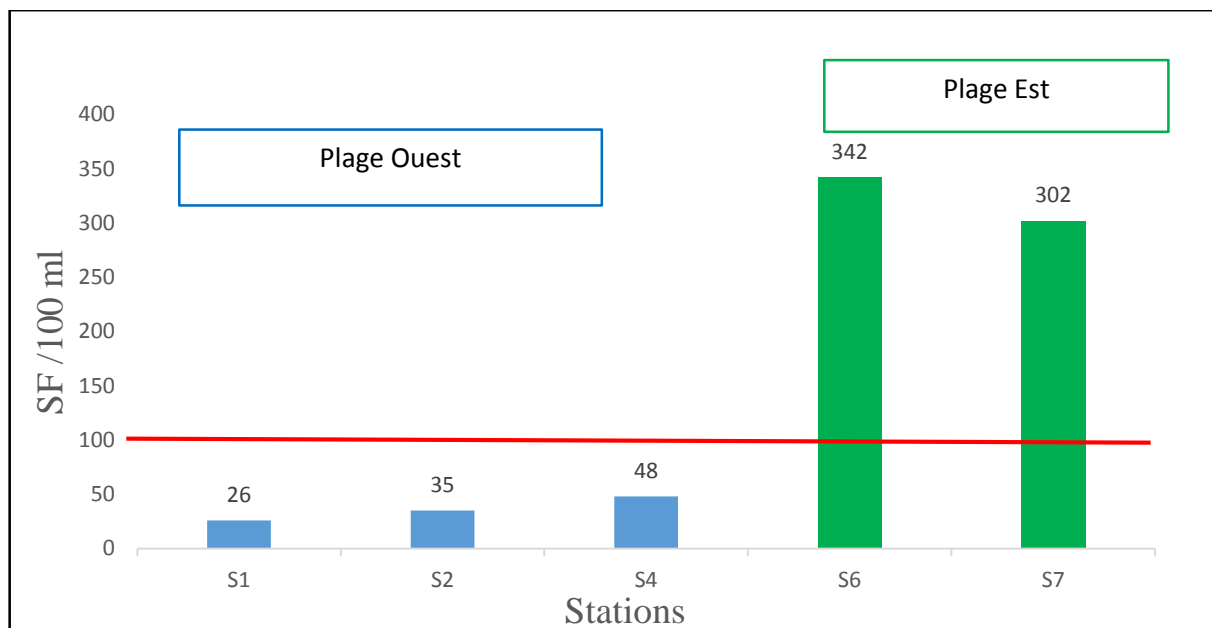


Figure 31 : Variation des concentrations moyennes en Streptocoques fécaux des eaux de baignade aux niveaux des deux plages de Sidi-Fredj

I. 4.2. Résultats de recherche des germes pathogènes

a. Salmonelles

Après enrichissement sur bouillon SFB, isolement sur milieu SS et identification, on a constaté l'absence des salmonelles au niveau de la zone d'étude :

Les germes isolés ont présenté les caractères suivants

- ◆ Isolement d'une colonie transparente et colonie transparente avec un centre noir sur milieu SS, Lactose (-) avec production de H₂S
- ◆ Lactose (-) avec production de H₂S
- ◆ La Coloration des Gram : bacille à Gram –
- ◆ Le teste oxydase : oxydase (+), Le teste catalase : catalase (+)

b. Vibrions

Après plusieurs repiquages des colonies suspectées sur milieu TCBS, à partir des cultures pures, nous avons constaté l'absence des vibrions au niveau du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj.

Les germes isolés ont présenté les caractères suivants

- ◆ Isolement d'une colonie jaune sur milieu Thiosulfate citrate bile saccharose TCBS
- ◆ La Coloration des Gram : bacille à Gram –
- ◆ Le teste oxydase : oxydase (-)
- ◆ Le teste catalase : catalase (+)

On peut constater que la qualité microbiologique de la plage Ouest de Sidi Fredj est bonne, si on prend en considération les coliformes fécaux et les Streptocoques fécaux et sans oublier l'absence des germes pathogènes (les Salmonelles et les vibrions), car les valeurs obtenues sont inférieures aux valeurs guides requises pour les eaux de baignade selon les exigences réglementaires algériennes qui sont formulées dans le décret exécutif n°93-1 64 du 10 Juillet 1993 définissant la qualité des eaux de baignade. Néanmoins, pour la plage Est, les taux enregistrés en coliformes totaux et en streptocoques fécaux sont élevés et supérieurs à la valeur guide requises pour les eaux de baignade qui est proposée par la réglementation algérienne en vigueur, il est possible de conclure que les eaux des deux plages sont de qualité acceptable, car pour considérer qu'une eau est de mauvaise qualité bactériologique, il faut que les valeurs obtenus soient supérieures aux valeurs limités, ce qui n'est pas le cas. On peut aussi considérer que la plage Ouest de Sidi Fredj est de meilleure qualité que celle de la plage Est pour la période d'étude.

I.5. Résultats granulométrique :

Les résultats de l'analyse granulométrique se présentent graphiquement sous la forme d'une "courbe granulométrique" tracée sur un diagramme semi-logarithmique. Le diagramme présente en abscisse la taille des grains en millimètres et en ordonnée le pourcentage massique cumulé. Le pourcentage cumulé exprime la proportion, en poids, par rapport au poids de l'échantillon sec, des grains dont la taille est inférieure à la taille portée en abscisse.

Dans le cadre de notre travail 5 échantillons ont fait l'objet d'une analyse granulométrique, les résultats obtenu ont été intégré dans un système d'information géographique (SIG), pour les présentées sous forme graphique (cartes).

Les résultats de l'analyse granulométrique obtenue dans les 5 stations sont représenté dans le tableau suivant :

Tableau 9 : résultats de l'analyse granulométrique

N° ST	Longitude	Latitude	M0	S0	SK	FH	% Pélite
1	2°50'40.175"E	36°45'16.098"N	2.636	0.608	0.165	0.213	2.3
2	2°50'29.766"E	36°45'33.704"N	3.084	0.603	0.297	0.194	3.89
4	2°50'31.133"E	36°45'15.872"N	2.865	0.663	0.518	0.418	5.05
6	2°50'54.394"E	36°45'43.724"N	3.038	0.611	0.21	0.251	5.35
7	2°51'1.849"E	36°45'39.738"N	1.625	-0.702	1.773	-0.687	4.21

I. 5.1. Indice centraux (moyenne) :

Pour la moyenne la valeur au niveau de la plage Ouest varie entre 3.084 (Station 2) et 2.636 (Station 1) avec une moyenne de 2.862 et un écart-type de 0.224. Concernant la plage Est la moyenne est comprise entre 3.038 (Station 6) et 1.625 (Station 7) avec une moyenne de 2.332 et un écart-type de 0.998.

D’après le calcul de l’indice central qui est la moyenne ou taille moyenne des particules au niveau des deux plages, on peut dire que la plage Ouest et la plage Est sont caractérisées par un sable très fin

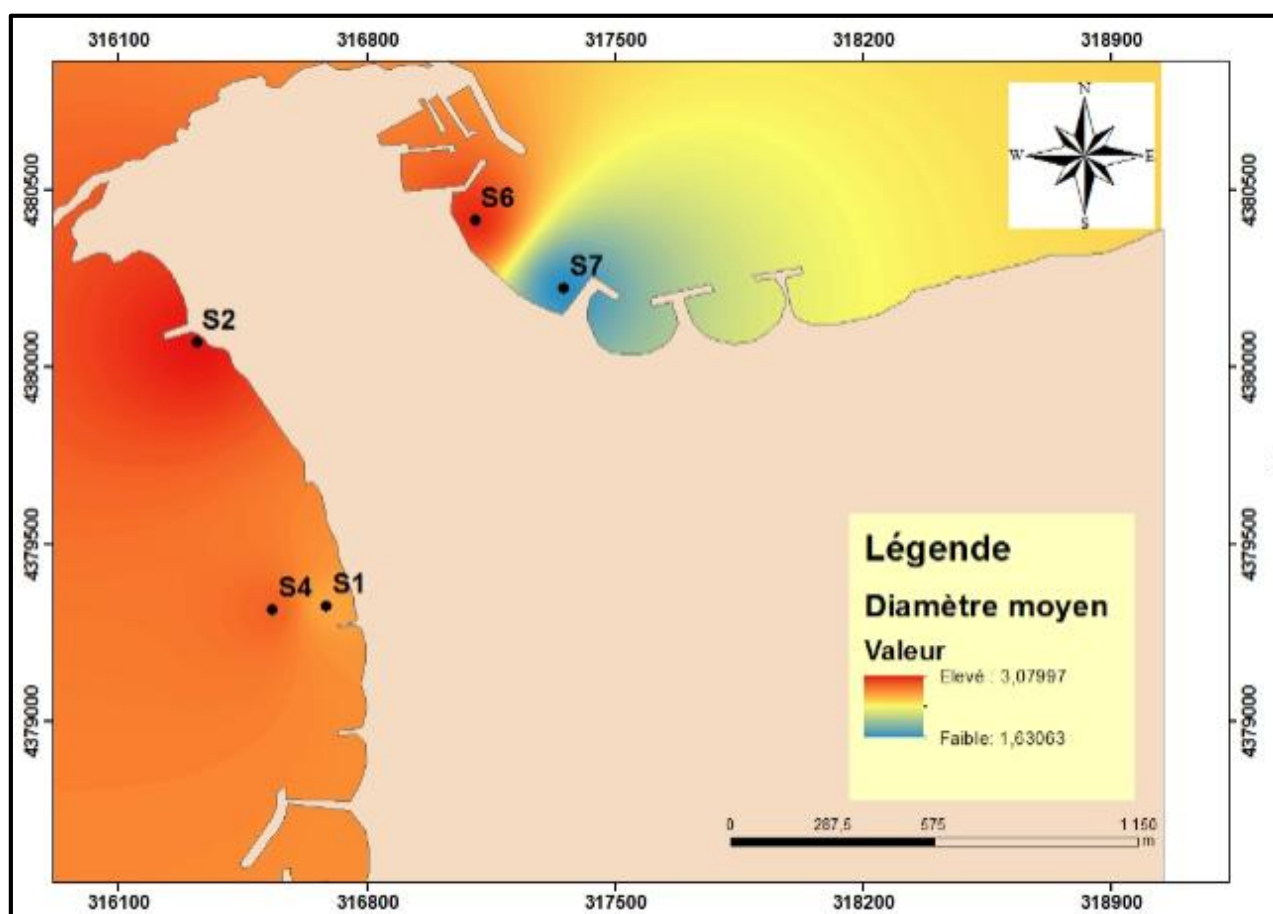


Figure 32 : distribution spatiale de la moyenne dans les deux plages de Sidi-Fredj

I. 5.2. Indice de dispersion (indice de classement) S_o

Pour l’indice de classement S_o la valeur au niveau de la plage Ouest varié entre 0.663(Station 4) et 0.603 (Station 1) avec une moyenne de 0.625 et un écart-type de 0.033.

Concernant la plage Est l’indice est compris entre 0.611 (Station 6) et 0.702(Station 7) avec une moyenne de 0.656 et un écart-type de 0.045.

Selon l'indice S_0 et le calcul de la moyenne ainsi que l'écart-types au niveau des deux plages, on peut dire que la dispersion de la plage Ouest est modérément bien trié et que la dispersion de la plage Est est très bien trié, donc on peut déduire que de point du vue transport le milieu est homogène les facteurs hydrodynamique ne variées pas trop.

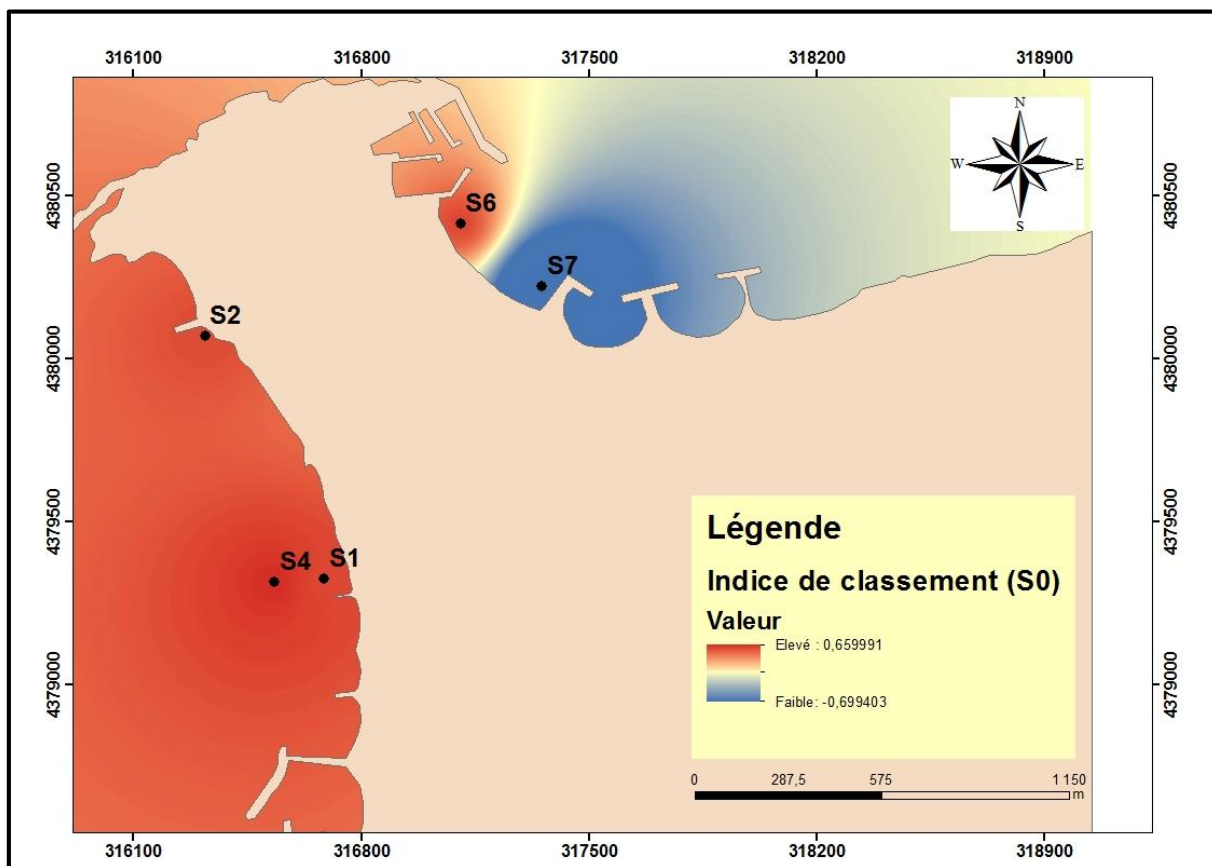


Figure 33 : distribution spatiale de l'indice de dispersion dans les deux plages de Sidi-Fredj

I. 5.3. Indice d'asymétrie SK

Les valeurs d'indice d'asymétrie au niveau de la plage Ouest varié entre 0.518 (Station 4) et 0.165 (Station 1) avec une moyenne de 0.327 et un écart-type de 0.178.

Concernant la plage Est l'indice est compris entre 1.773 (Station 7) et 0.210 (Station 6) avec une moyenne de 0.991 et un écart-type de 1.105.

D'après les valeurs de l'indice SK au niveau des deux plages, on peut dire que l'asymétrie est très positive c'est-à-dire que la fraction fines est mieux classé que la fraction grossière.

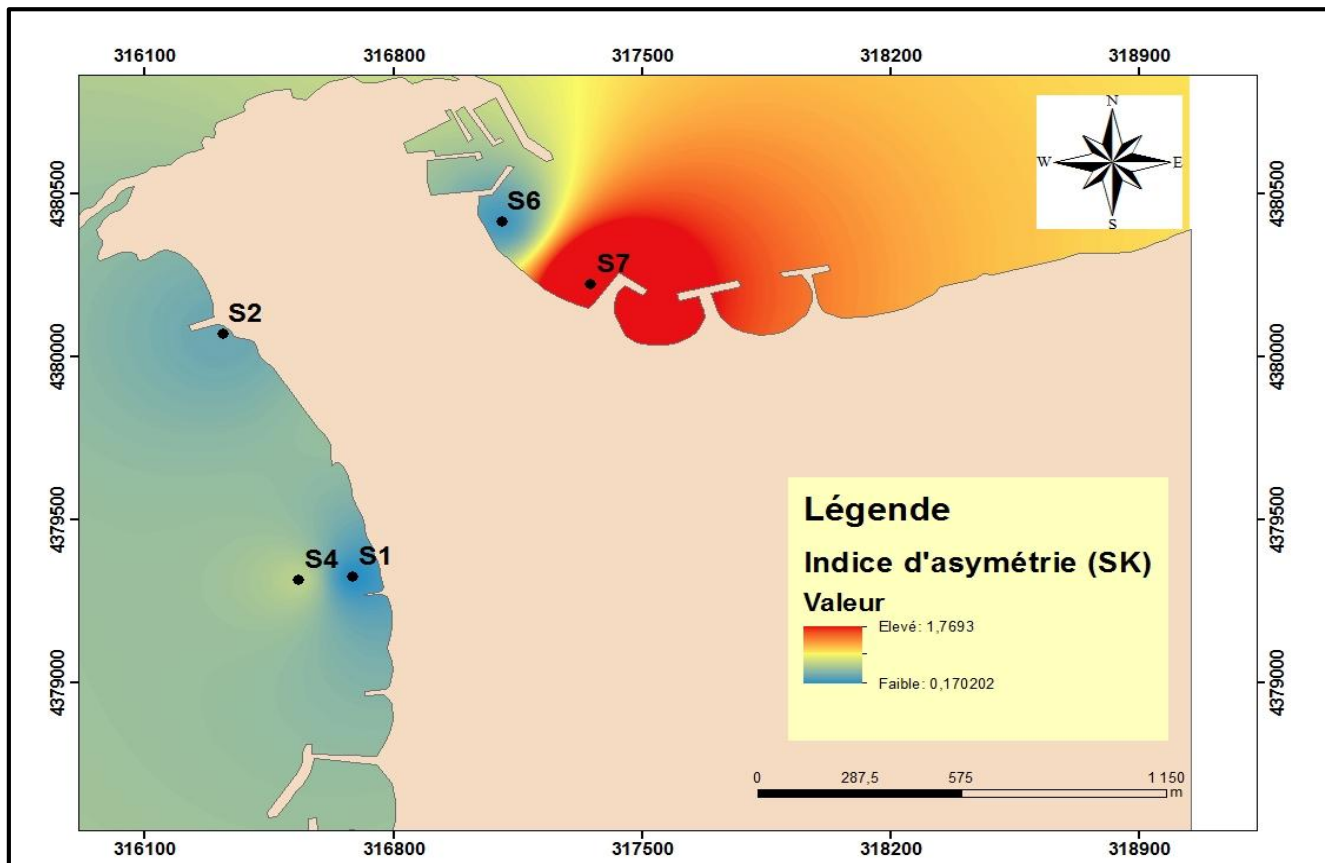


Figure 34 : distribution spatiale de l'indice d'asymétrie dans les deux plages de Sidi-Fredj

I. 5.4. Indice d'hydrodynamique FH :

Pour l'indice d'hydrodynamisme au niveau de la plage Ouest la valeur varie entre 0.418 (Station 4) et 0.194 (Station 2) avec une moyenne de 0.275 et un écart-type de 0.124.

Concernant la plage Est l'indice est compris entre 0.251 (Station 6) et -0.687 (Station 7) avec une moyenne de -0.218 et un écart-type de 0.663.

Selon les valeurs de l'indice au niveau des deux plages et selon les moyennes et les écart-types calculés on peut dire que les facteurs hydrodynamiques sont faibles dans la plage Ouest et très faible au niveau de la plage Est

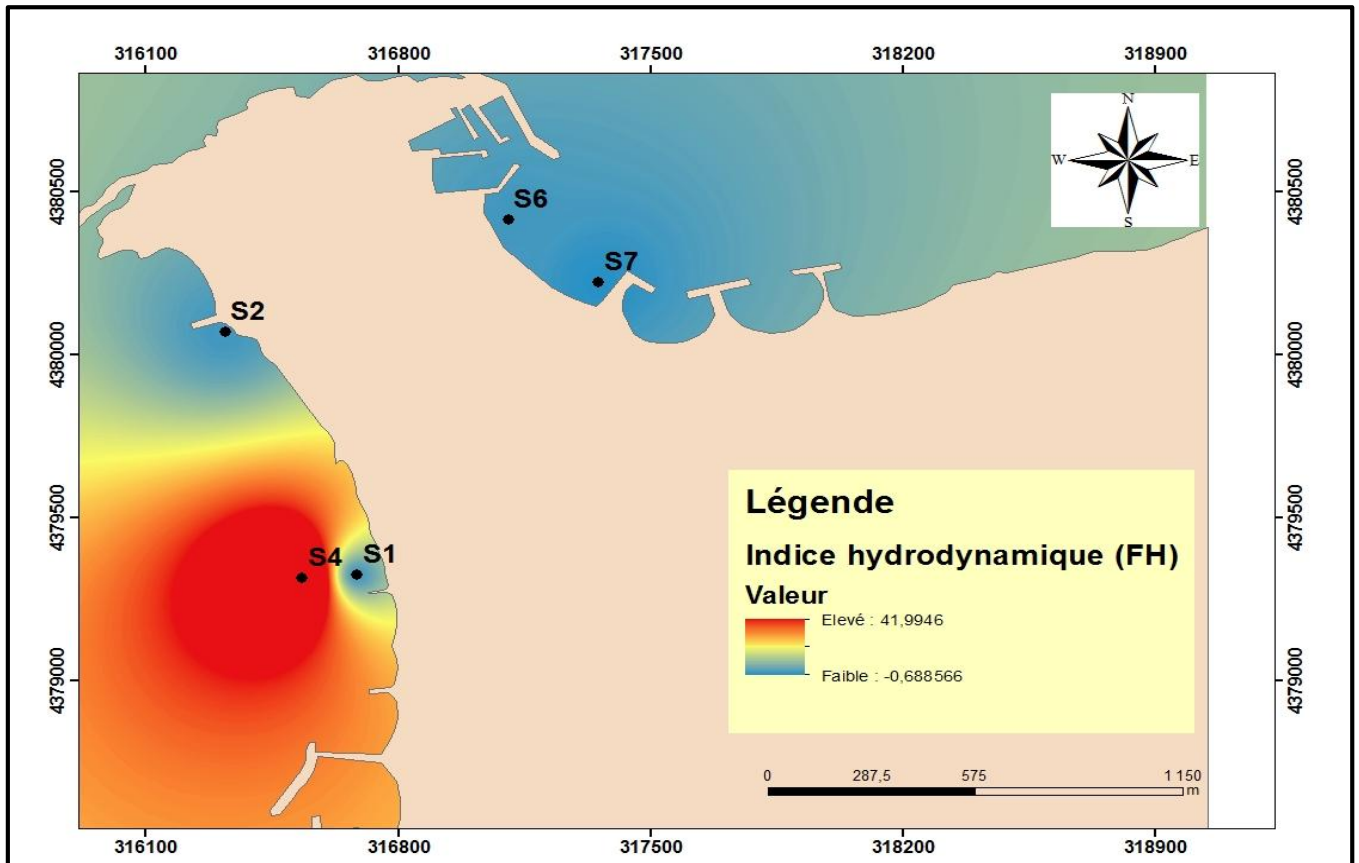


Figure 35 : distribution spatiale de l’indice des Facteurs Hydrodynamiques dans les deux plages de Sidi-Fredj

I. 5.5. Fraction des pélites

Le pourcentage des pélites au niveau de la plage Ouest varie entre 2.3 % (Station 1) et 5.05% (Station 4) avec une moyenne de 3.74 % et un écart-type de 1.38 .

Concernant la plage Est le pourcentage des pélites est compris entre 4.21 % (Station 7) et 5.35% (Station 6) avec une moyenne de 4.78 % et un écart-type de 0.81.

Les pourcentages de la fraction pélitiques sont faibles au niveau des deux plages de Sidi-Fredj, cela peut être expliqué par les faibles apports terrigènes transportés par l’Oued Beni Messous et l’Oued Mazafran, ainsi qu’aux courants et les houles qui font remuer les particules les plus fines.

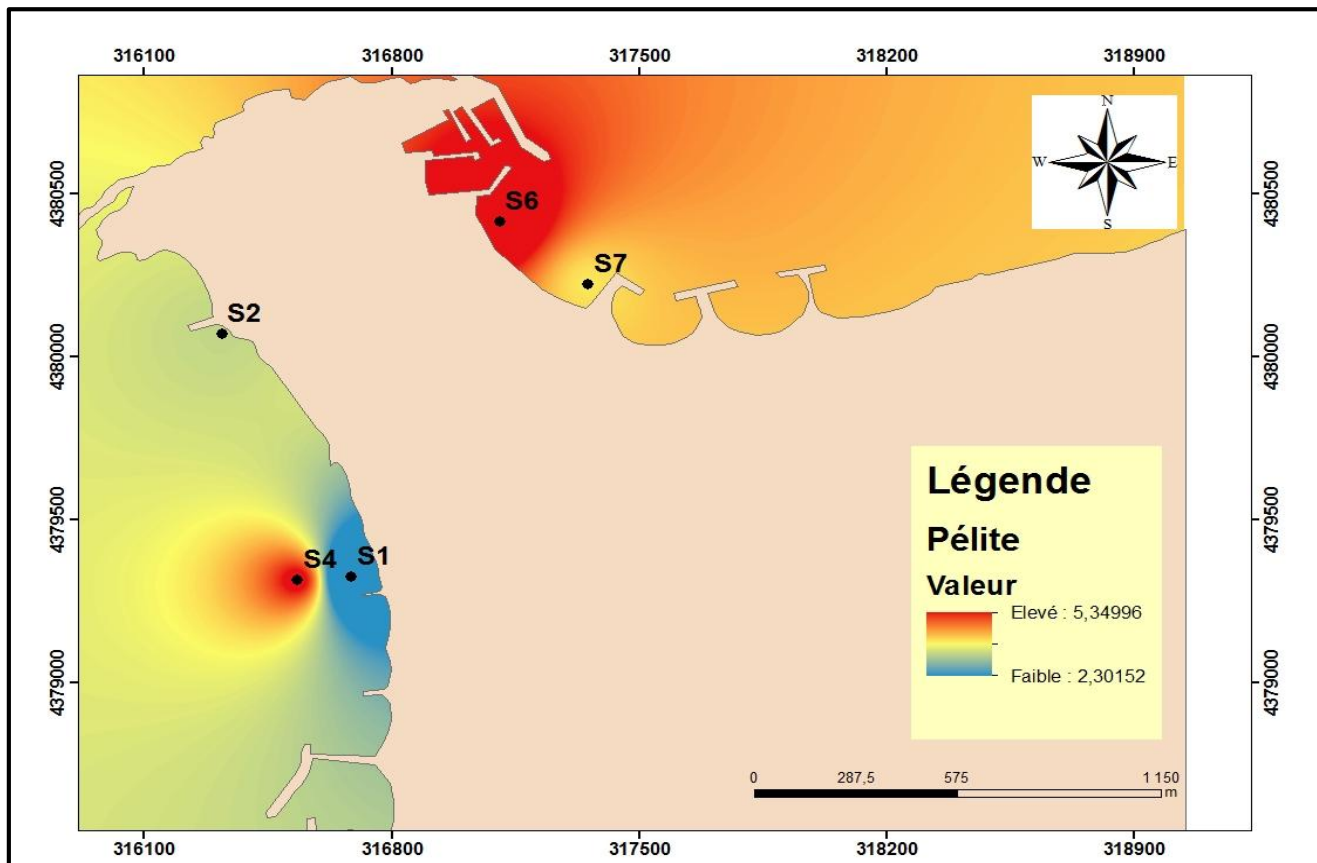


Figure 36 : distribution des pourcentages de la fraction pélitique dans les deux plages de Sidi-Fredj

I. 6. Résultats des paramètres bactériologiques des sédiments

L’analyse bactériologique des sédiments a été réalisée par la méthode de fermentation en tubes multiples nommée aussi la méthode du nombre le plus probable (NPP). Il n’ y a pas de normes bactériologiques en ce qui concerne les sédiments, mais les concentrations en microorganismes dans les sédiments sont 10 à 1000 fois plus importantes que celles retrouvées dans la colonne d’eau. Il est admis que l’adsorption des bactéries aux sédiments leur confère une meilleure résistance que la forme libre.

I. 6.1. Coliformes totaux :

Les taux des coliformes totaux par 100 g de sédiment sont représentés ci-dessous. (Figure 37)

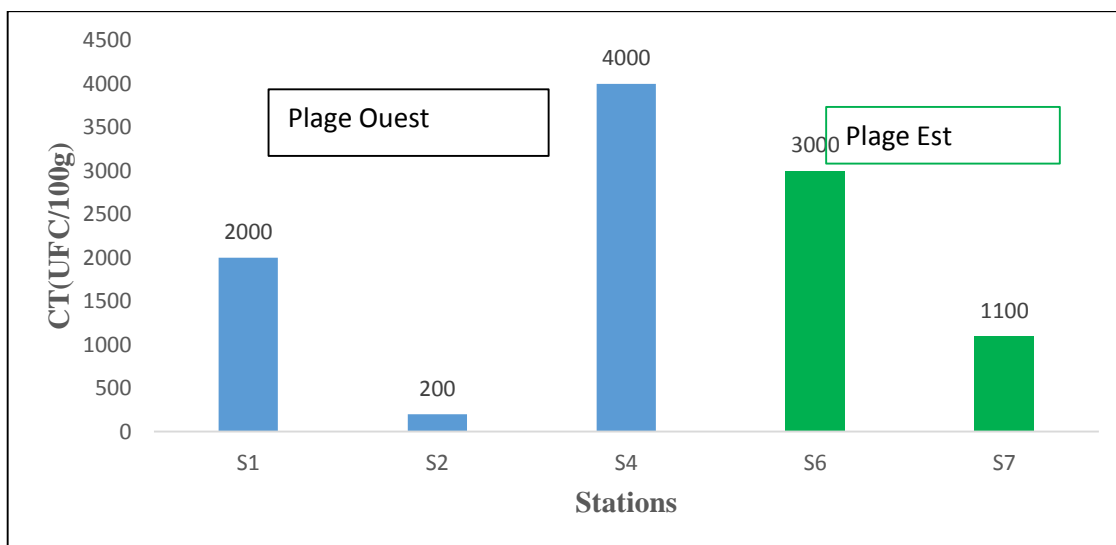


Figure 37 : Variation des concentrations moyennes en Coliformes totaux dans les sédiments des deux plages de Sidi-Fredj

Les concentrations des CT dans les deux plages varient entre un minimum de 200CT/100g dans la station S2 et un maximum de 4000CT/100g dans la station S4.

I. 6.2. Les coliformes Thermotolérant:

Les concentrations en coliformes Thermotolérants sont un sous-groupe des coliformes totaux. D’après l’histogramme ci-dessous, les teneurs moyennes en coliformes Thermotolérant sont plus importantes au niveau de la plage Ouest avec une concentration de 400 CT/100 g dans la station S4.

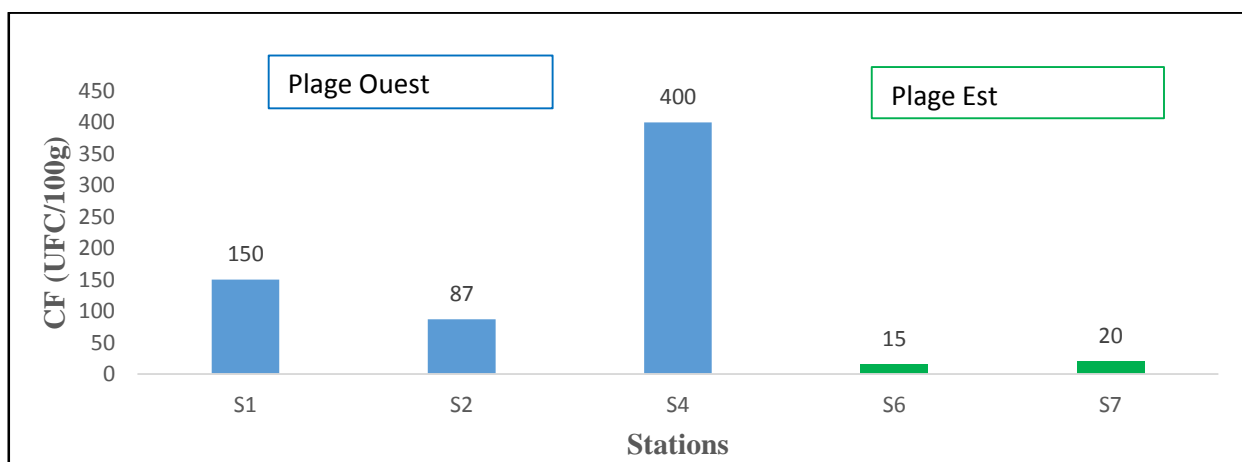


Figure 38 : Variation des concentrations moyennes en coliformes Thermotolérant des sédiments aux niveaux des deux plages de Sidi-Fredj dans le sédiment

I. 6.3. Les streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux dans les sédiments marins sont encore plus résistants et sont des indicateurs d'une contamination fécale ancienne. On a enregistré une concentration importante en SF au niveau de la station S1 (2500 SF/100g) de la plage Ouest, et pour les reste stations, les teneurs moyennes ne dépassent pas les 600 SF/100g.

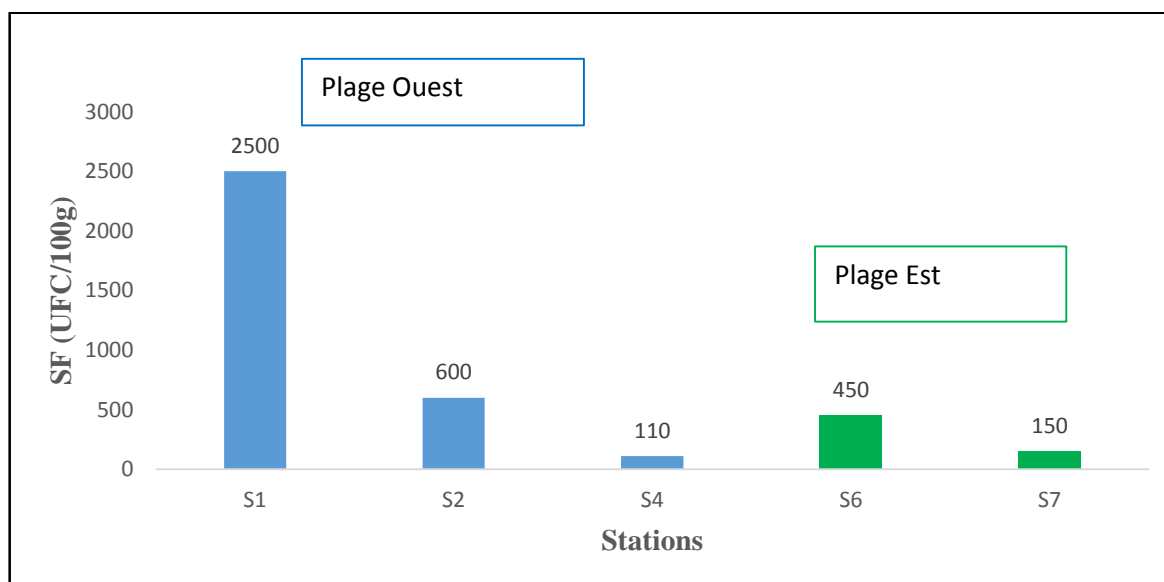


Figure 39 : Variation des concentrations moyennes en des streptocoques fécaux des sédiments aux niveaux des deux plages de Sidi-Fredj

II. Résultats et interprétation des polluants organiques et inorganiques dans les sédiments au niveau des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj

II.1. Les Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques (en cour de la lecture).

II. 2. Les concentrations des éléments traces métalliques dans le sédiment superficiels des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj

Au total cinq échantillons de sédiments marins (S1, S2 et S4 au niveau de la plage Ouest ; S6, S7 au niveau de la plage Est), ont fait l'objet de dosage de quatre métaux lourds (magnésium, zinc, cadmium et plomb). La minéralisation à blanc ainsi que l'extraction des métaux lourds ont été réalisés aux laboratoires de recherche de l'ENSSMAL à Sidi Fredj et la lecture de trois d'entre ces métaux (Cuivre, Manganèse et Zinc) a été effectuée au niveau du laboratoire de recherche de l'ENSSMAL et les deux autres (Cadmium et Plomb) au niveau du CRAPC.

II.2.1. Normes et classes de pollution par le calcul de l'indice de contamination.

Dans la plupart des études antérieures concernant la pollution, les auteurs ont défini des classes correspondant à un certain niveau de pollution. Ainsi on peut calculer l'indice de contamination (IC.) qui est le rapport entre la concentration ce qui est effectivement quantifié dans le sédiment et la valeur considérée comme normale.

$$IC = \frac{\text{concentration observé}}{\text{concentration normale}}$$

Si :

IC. < 3 : zone normale,

3 ≤ IC. < 10 : pollution du sédiment

IC > 10 : zone à risque.

II.2.1. Le Zinc (Zn²⁺)

Les teneurs du Zinc (**Figure 40**) contenu dans les sédiments superficielles de la plage Ouest, de Sidi Fredj sont de 28,15 µg/g (S1), 60,826 µg/g (S2); et 68,455µg/g (S4) avec une moyenne de 52,477µg/g. Pour la plage Est les teneurs en Zn sont 53,848 µg/g (S6) et 46,085µg/g (S7) avec une moyenne de 49.97 µg/g.

Notons que la station S4 affiche la valeur la plus élevée en Zn c'est peut être due à la présence d'une barrière de séparation (qui rentre de plusieurs mètres dans la mer) formée de piquets métalliques. D'après ces résultats et d'après les normes algériennes (JORA, 1993) ; les deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj sont dans les normes (**500 µg/g**).

Les indices de contamination par le Zn²⁺ des sédiments des deux plages Est et Ouest sont très faibles donc les deux plages sont normales.

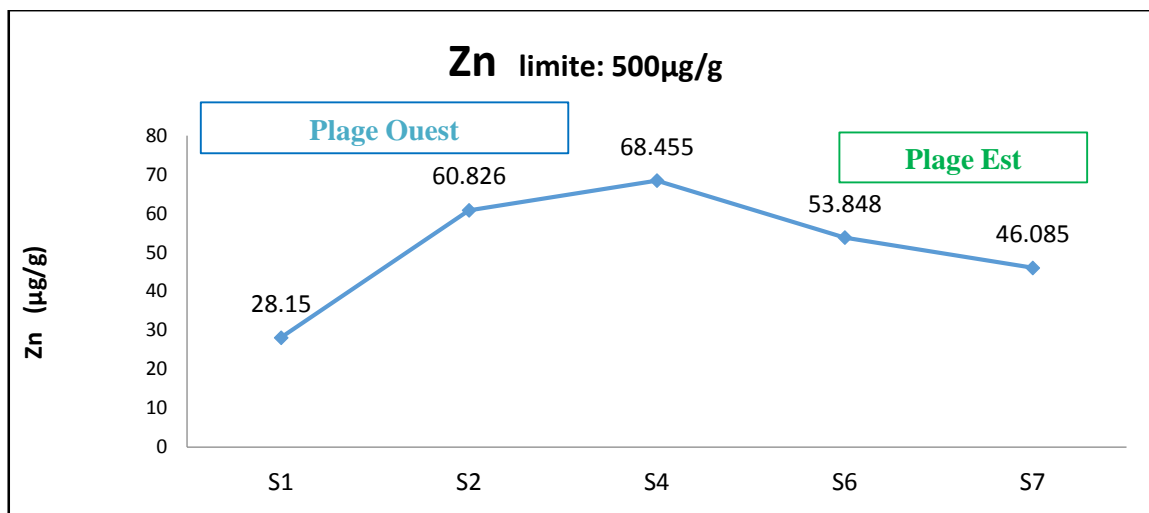


Figure 40 : variation des concentrations du zinc

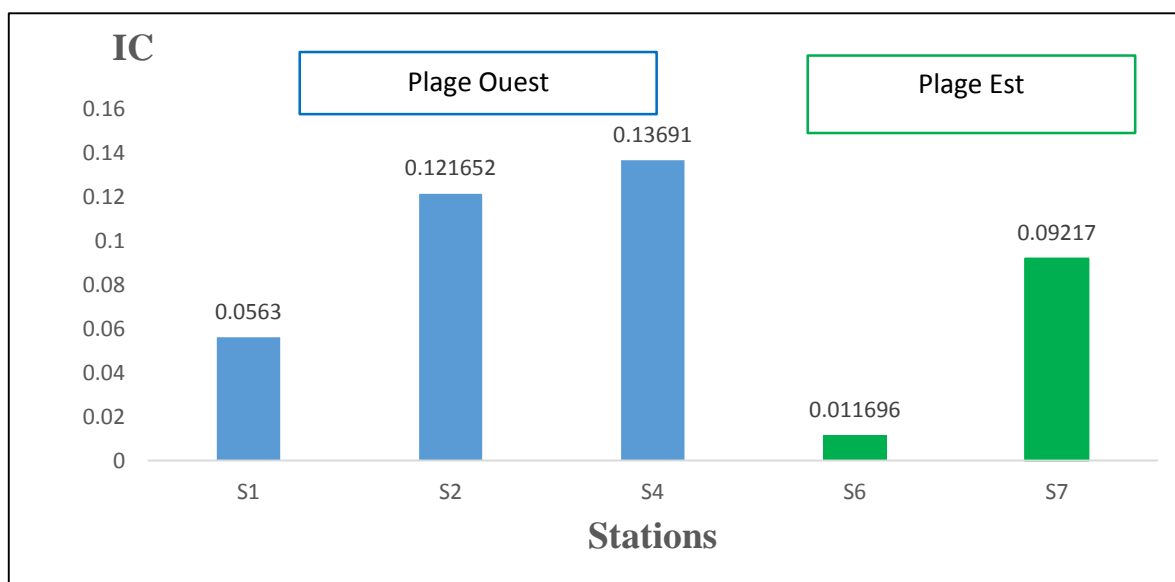


Figure 41 : Indice de contamination par le Zinc (Zn) dans le sédiment en fonctions des stations

II.2.2. Le Manganèse (Mn²⁺)

Les teneurs en Mn²⁺ (Figure 42) sont relativement homogènes dans les stations des deux plages, le Mn²⁺ peut être introduit par la dissolution des soudures d'alliages destinées à la protection des coques des bateaux contre la corrosion. La concentration la plus basse est observée dans la station (S4) au niveau de la plage ouest de Sidi Fredj.

Les teneurs observées au niveau des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj sont dans les normes (500 µg/g) (JORA, 1993).

De même les indices de contaminations par le manganèse des sédiments superficiels du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj sont très faibles donc les deux zones sont considéré comme zones normale par rapport à ce métal

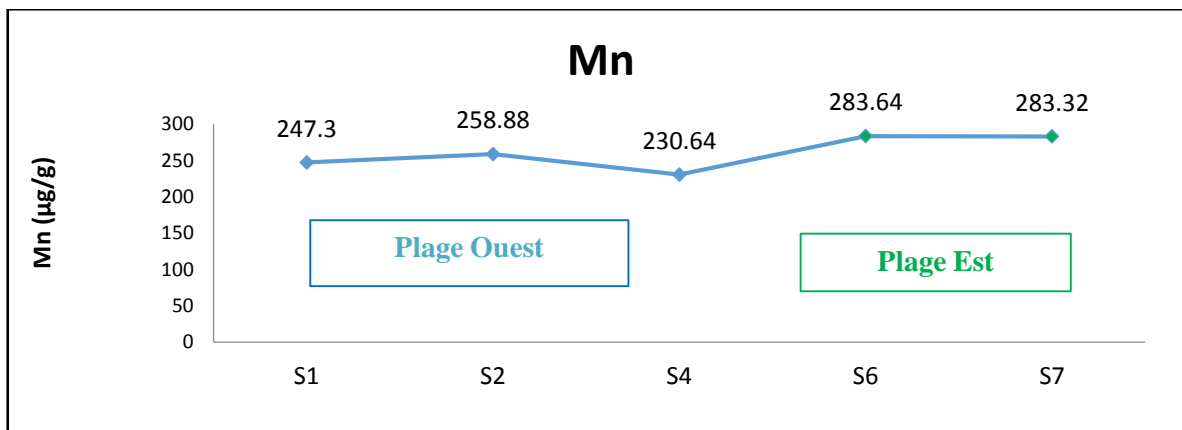


Figure 42 : variation des concentrations du Manganèse

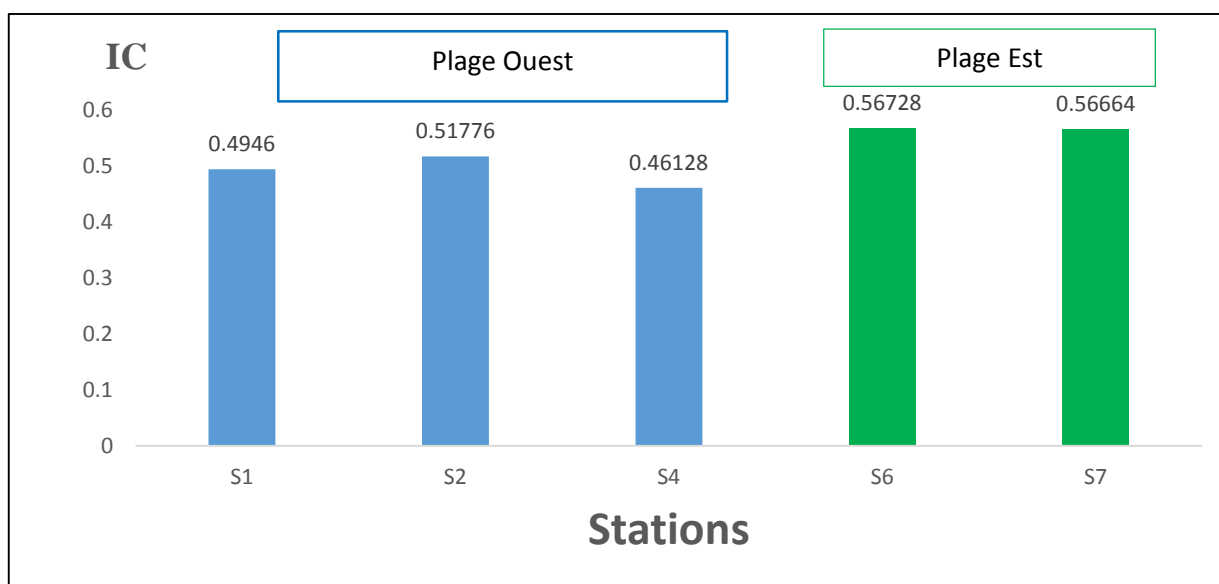


Figure 43: Indice de contamination par le Manganèse dans le sédiment en fonctions des stations.7

II.2.3. Le Cuivre (Cu²⁺)

Les teneurs en Cu²⁺ (Figure 44) trouvées dans la plage Est de Sidi Fredj sont de 10,145 µg/g (S6) et 13,402µg/g (S7) et pour la plage ouest les teneurs en Cu²⁺ sont de l'ordre de 10,0 µg/g pour (S2 et S4) et de 7,618 µg /g (S1). Les sédiments provenant des 5 stations présentent des teneurs en Cu²⁺ inférieures à la norme (Valeur maximale 150 µg/g de sédiment selon les Recommandations Algériennes du Ministère Délégué à l'Environnement (1999).

Les indices de contaminations par le Cu des sédiments superficiels du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj, sont très faible.

À la lumière de ces résultats des analyses des métaux lourds des sédiments marins les 5 stations seront classés normales.

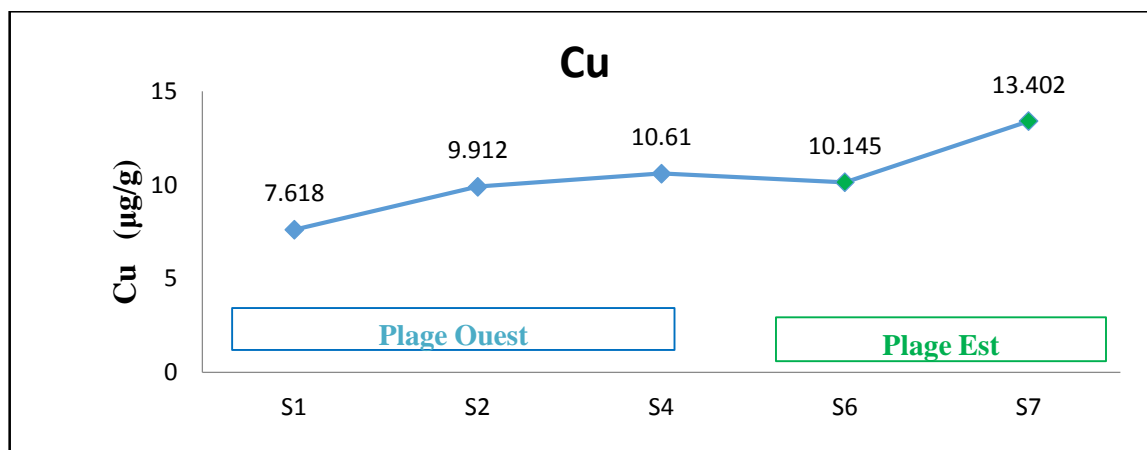


Figure 44 : variation des concentrations du Cuivre

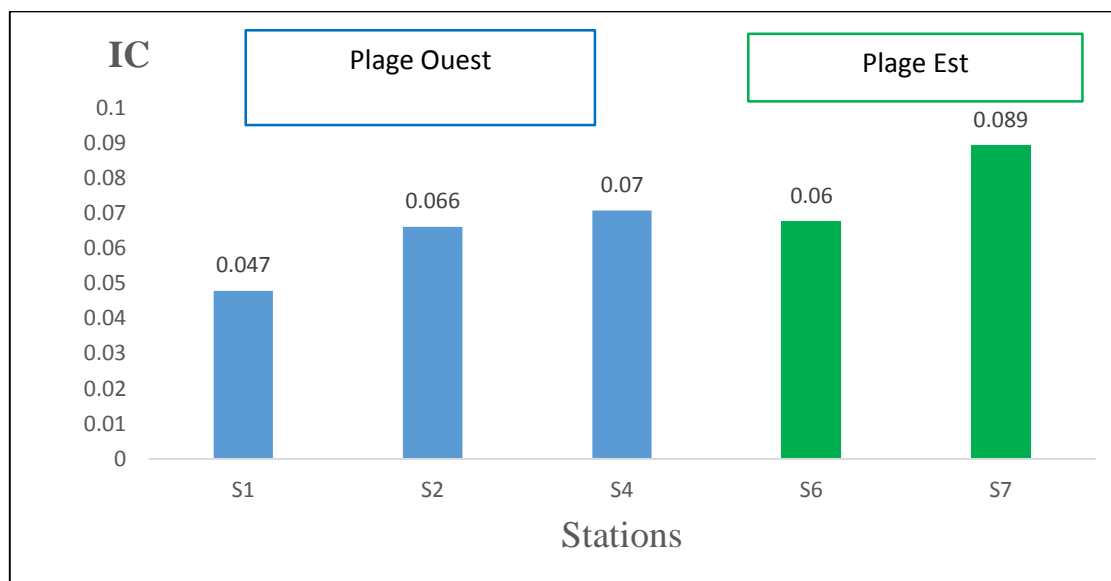


Figure 45 : Indice de contamination par le Cuivre dans le sédiment en fonctions des stations.

II.2.4. Le Plomb (Pb)

Dans le sédiment superficiel de la plage Est de Sidi Fredj, les teneurs en Plomb sont pratiquement les même dans les stations de 0.08 µg/g (S6) et (S7)

Concernant la plage Ouest, les concentrations en Pb varient entre un maximum de 0.071 µg/g (S1) et un minimum de 0.05 µg/g (S2) avec une moyenne de 0.0658 µg/.

Les teneurs observées au niveau des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj sont dans les normes (250 µg/g) (JORA, 1993). (Figure 46).

De même, les indices de contaminations par le plomb des sédiments superficiels du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj, sont largement en dessous des normes (**Figure 47**).

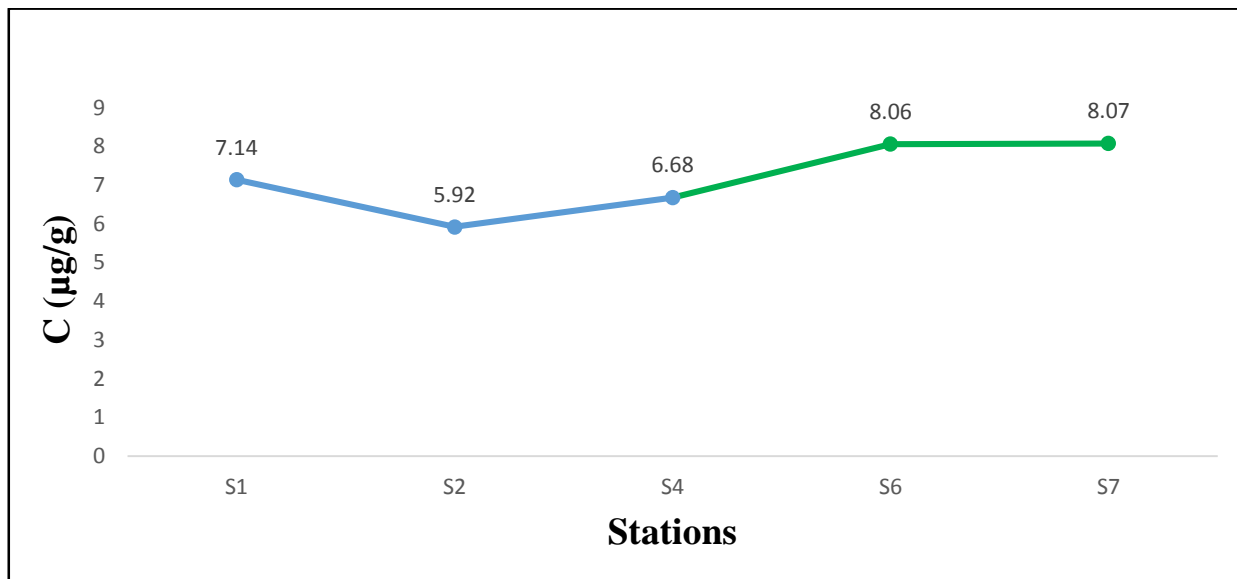


Figure 46 : variation des concentrations du Plomb

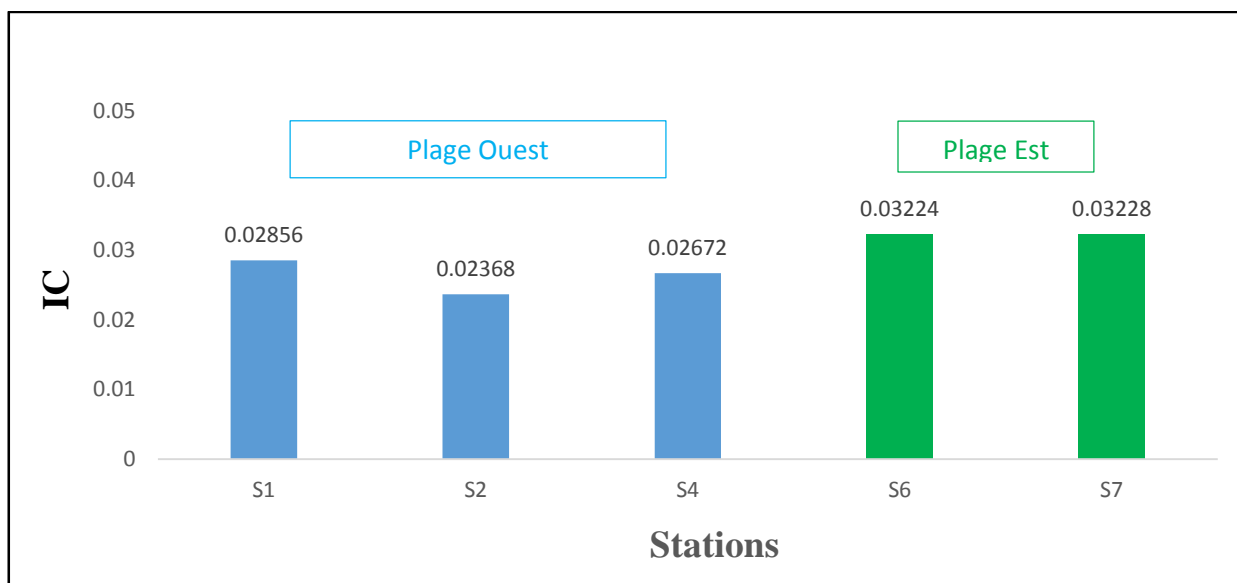


Figure 47 : Indice de contamination par le Plomb dans le sédiment en fonctions des stations

II.2.5. Le Cadmium (Cd)

Les concentrations du cadmium contenu dans le sédiment superficiel au niveau des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj sont presque les même dans toutes les stations.

Les valeurs du Cd des sédiments marins de la zone d'étude sont nettement supérieures aux normes algériennes où la **teneur** moyenne est de 2 µg/g. (**Figure 48**).

Les indices de contaminations par le Cd dans les sédiments du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj, sont largement en dessous de la norme qui est de 3. (**Figure 49**).

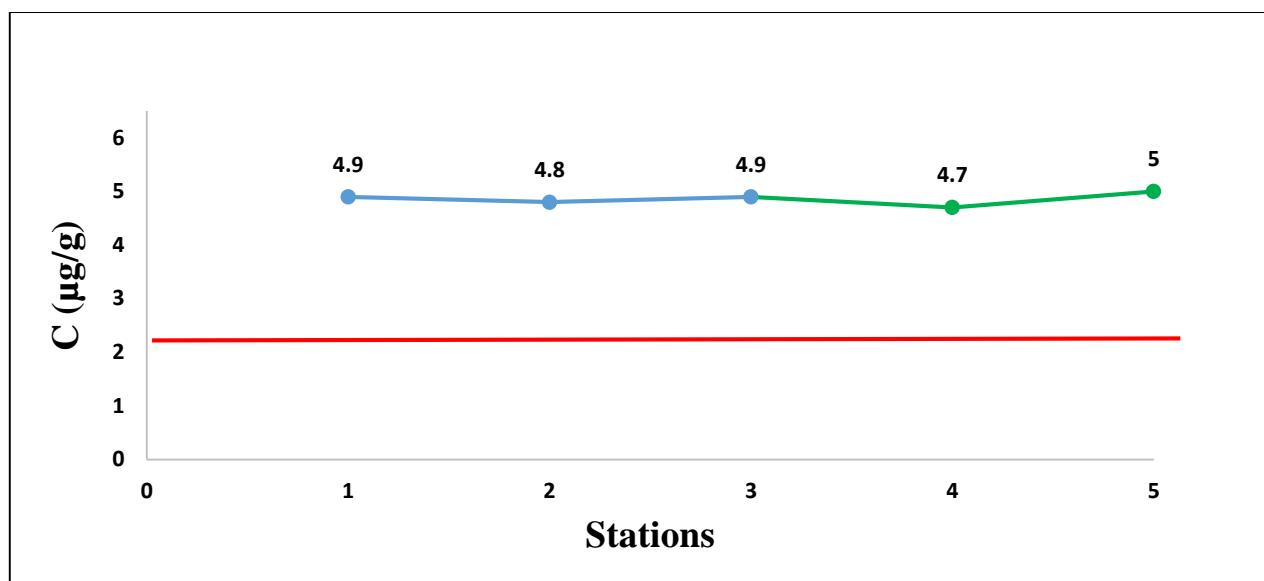


Figure 48 : variation des concentrations du Cadmium

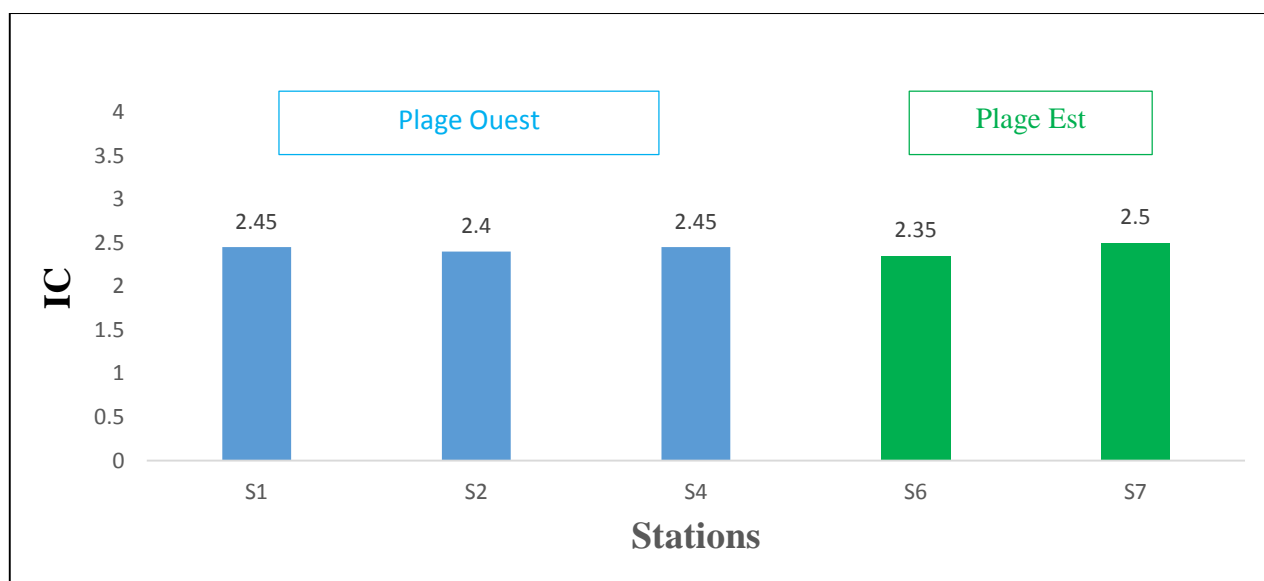


Figure 49 : Indice de contamination par le Cadmium dans le sédiment en fonctions des stations

II. Etude comparative et discussion générale des résultats des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj

II.1 Etude comparative

Les données acquises au niveau des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj ainsi que les normes Algérienne (**JORA, 1993**) sont résumées dans les deux tableaux ci-dessous. (**Tableau 10**)

Tableau 10 : Etude comparative des résultats de notre étude avec des études antérieurs ainsi que les normes Algérienne dans la plage Ouest de Sidi Fredj.

Références	Plage Ouest	Plage Est	Normes Algérienne
Paramètres mesurés dans l'eau de mer			
Paramètres physicochimique			
T°C	22.00125	22.825	30
pH	8.0375	8.03	6,5-8,5
MES (mg/L)	130.433	119.622	30
Paramètres microbiologiques			
CT : UFC /100ml	56.66	1612.5	500-10 000
CF : UFC /100ml	8.75	596.5	100-2000
SF : UFC /100 ml	36.33	322	100
Vibrions (/450 ml)	absence	absence	absence
Salmonelles (/1l)	absence	absence	absence

II.2. Discussion générale des résultats des paramètres physico-chimiques et microbiologiques, les traceurs hydrologiques et les polluants organiques et inorganiques

Dans notre étude, on a analysé les paramètres physico-chimiques (T° , pH, MES, MOP, SN, HC, Métaux lourds) et microbiologiques (germes indicateurs de contamination fécale à savoir les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux ainsi que les germes pathogènes tels que les salmonelles et les vibrions) des deux matrices eau de mer et sédiments marins de surface aux niveaux des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj.

A la vue des résultats, il en ressort :

Pour la matrice « eaux de surface »

- La température moyenne des deux plages suit celle de l'air, elle est saisonnière et reste conforme aux normes algériennes. Il en est de même pour le potentiel d'hydrogène.
- Des fluctuations importantes de MES ont été relevées avec des concentrations très élevées surtout au niveau de la plage Ouest. Ces teneurs sont influencées par l'état de la mer (agitée...), les courants généraux, la houle et la profondeur. La nature de ces MES est plutôt inorganique.
- Globalement, les concentrations des nitrates, nitrates, des phosphates et des silicates présentent une distribution spatiale en relation avec les apports terrigènes, au sens large, aboutissant dans les différentes baies de la zone d'étude. En effet, dans l'eau de mer, le phosphore dissous est essentiellement présent sous forme d'ions Orthophosphates (PO_4^{2-}). Les teneurs sont généralement très faibles en surface et augmentent avec la profondeur au-dessous de la zone euphotique.
- les concentrations bactériennes dits « témoins de contamination fécale » décroissent au fur et à mesure qu'on s'éloigne des points de rejet. Cette diminution est due aux phénomènes de dilution,
- Bien que les taux en coliformes fécaux soient globalement inférieurs à la valeur impérative, les taux enregistrés en coliformes totaux et en streptocoques fécaux sont élevés au niveau de la plage Est. On note cependant l'absence des germes potentiellement pathogènes tels que les salmonelles et les vibrions.
- En ce qui concerne la matrice sédiment :
- Parmi les métaux lourds analysés, les concentrations du manganèse, zinc, cuivre et plomb sont inférieures aux normes algériennes en vigueur ce qui n'est pas le cas pour le cadmium. Cependant, les indices de contaminations sont pour l'ensemble des métaux lourds inférieurs à 2, ce qui indique que ces deux zones ne sont pas polluées par ces métaux.
- D'après les deux classifications de Skewness le sédiment au niveau des deux plages est bien classé et la fraction qui domine est du sable très fin.

-Les concentrations en indicateurs de contamination fécale sont plus importantes que celles retrouvées dans la colonne d'eau.

L'adsorption des microorganismes sur les sédiments est inversement proportionnelle à la granulométrie de ces derniers. L'adsorption des bactéries aux sédiments leur donne une meilleure résistance que la forme libre.

Conclusion

Conclusion générale

La plage Est ainsi que la plage Ouest de Sidi Fredj sont des importantes stations touristique et balnéaire réputé à l'ouest d'Alger.

Le but principal de cette étude, qui s'est déroulée durant le mois de juin et de juillet de l'année en cours, est d'évaluer la qualité des deux plages Est et Ouest de Sidi-Fredj. A cet effet, deux matrices (eau de mer et sédiments marins de surface) ont fait l'objet d'une analyse physico-chimique et microbiologique et les résultats obtenus sont comparés aux normes algériennes en vigueur (eaux de baignade).

Pour la matrice « eau de mer », les paramètres physico-chimiques sont conformes aux normes algériennes à l'exception des matières en suspension dont les taux moyens enregistrés sont élevés avec une prédominance de la matière inorganique. La distribution de cette dernière, surtout en ce qui concerne les sels nutritifs, est principalement influencée par l'activité anthropique fertilisante véhiculée par les rejets domestiques et agricoles.

L'analyse bactériologique portée sur les germes microbiens dit « témoins de contamination fécale » dans les eaux fait ressortir que les taux en coliformes et en streptocoques fécaux sont compris entre les valeurs guides et les valeurs limites dans la plage Est et ils sont inférieure aux valeurs guides pour la plage Ouest. On peut alors considérer que la plage Ouest de Sidi Fredj est de meilleure qualité que celle de la plage Est pour la période d'étude. On note aussi l'absence des germes pathogènes (salmonelles et vibrions) dans l'ensemble des stations.

Les eaux de surface des deux plages sont de qualité acceptable, elles sont d'ailleurs autorisées à la baignade.

Par ailleurs, d'après l'étude sédimentaire et les indices calculés, les sédiments des deux plages sont qualifiés de très fins et bien classés (la fraction fine est mieux classé que la fraction grossière).

Les concentrations en métaux lourds analysés à savoir le zinc, le manganèse et le cuivre et le plomb sont conformes aux normes algériennes, exception faite pour le cadmium, mais son indice de contamination comme les quatre autres métaux ; faible et conformes aux normes internationales

Une évaluation globale du degré de pollution du littoral Est et Ouest de Sidi-Fredj ne sera possible que si l'on fait une répartition et une fréquence adéquate des échantillons à différentes périodes de l'année.

En perspectives, il serait intéressant d'inclure d'autres paramètres de pollution, notamment les parasites comme *Cryptosporidium spp* et le benthos tels que *Capitella capitata* et *Cardium exigum...*

L'évaluation nécessitera également l'analyse des autres métaux tels que le plomb ; mercure, le cadmium et l'étain qui constituent une source de pollution non négligeable en provenance des activités nautiques sachant que la plage EST abrite le seul port de plaisance au niveau national.

Bibliographies

Bibliographie

- Aminot, A et K erouel, R. 2007.** *Dosage automatique des nutriments dans les eaux marines :méthodes en flux continu.* Ifremer. 2007. p. 39.
- Aminot, Alain et Chaussepied, Marcel. 1983.** *Manuel des analyses chimiques en milieu marin.* BREST CEDEX. s.l. : CNEXO, 1983. pp. 65-75-107-119-125-135-143.
- Aminot, Alain et K erouel, Roger. 2004.** *Hydrologir des écosystèmes marins : Paramètres et Analyses.* [ d.] Ifremer. 2004. p. 164.
- Asso, A. 1982.** *Contribution   l'étude de pollution métallique cher la moule Perna perna (L) dans la région d'Alger.* 1982. p. 135.
- Aubert, M. 1987.** *Téchniques d'étude des pollutions chimiques.* 1987.
- Barbe, J. 1997.** *Impacts des dragages sur le milieu aquatique.* 1997.
- BELLAHCENE Naima. 2002.** *Etude des écoulements biphases et realisation d'une installation de transport solide.* 2002.
- Chiffolleau, JF et al. 1999.** *Le cadmium comportent d'un contaminant métallique en estuaire.* Ifremer. 1999. p. 31. Programme Scientifique Seine Aval.
- Chiffolleau, JF. 2001.** *La contamination m tallique.* s.l. : Ifremer, 2001. p. 39. Programme Scientifique Seine Aval..
- Chitov, T, et al. 2009.** *Occurrence of potentially pathogenic Vibrio species in raw,processed,and ready to eat seafood and seafood.* 2009. pp. 88-98.
- Colwell, Rita R. 1997.** *Global Climate and Infectious Disease: The Cholera Paradigm.* 1997.
- DA DE GREGORI, H. 1988.** *A votametric study on toxic metals,their speciation and iteration with nutrients and orgaicligands in a South Pacific Ocean region.* 1988. pp. 315-333.
- Ecotox, Centre. 2012.** *Surveillance de la qualité des sédiments en Suisse :  tat actuel des méthodes disponibles et mise en place de recommandations.* 2012. p. 34.
- Fattal, P. 2008.** *Pollution des cotes par les hydrocarbures.* Rennes : s.n., 2008. p. 395.
- Gaujous, D. 1995.** *La pollution des milieux aquatiques.* Tec et Doc. 1995. p. 220.

- Haoua, M et Lalaoui, A. 2006.** *Analyse corrélative des paramètres physico-chimiques indicateurs de la pollution aquatiques dans la zone Est de Sidi-Fredj (port et plage Est)*. [éd.] ENSSMAL. 2006.
- Houma-Bachari, F. 2009.** *Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir d'imagerie satellitaire*. 2009. p. 257.
- Ivanoff, A. 1972.** *Paramètres physico-chimiques des eaux de mer*. s.l. : Librairie Vuibert. Tome I, 1972. p. 208.
- Jean-Claude, A. 2011.** *Les risques chimiques environnementaux*. Paris : s.n., 2011. pp. 12-14.
- Juilie Lions. 2004.** *Etude hydrogéochimique de la mobilité de polluants inorganiques dans des sédiments de curage mis en dépôt : expérimentation, étude in situ et modélisations*. 2004.
- Kremling, K. 1985.** *The distribution of Cd, Cu, Ni, Mn and Al in the surface water of the open Atlantic and European shelf area*. 1985. pp. 531-553.
- Lacaze et J-C. 1980.** *La pollution pétrolière en milieu marin*. Masson. Paris : s.n., 1980.
- Laurent, SUTRA, et al. novembre 1998.** *Manuel de bactériologie alimentaire*. Paris : rue Lacépède, novembre 1998. p. 296.
- Lefebvre, G. 1978.** *chimie des hydrocarbures*. Paris : 27 rue Ginoux, 1978. p. 284.
- Le Fur BD, Wacogne, SI, Pilet MF, Leroi F. 2013.** *Applications de la biopréservation via des cultures microbiennes dans la filière des produits de la mer*. 2013, p. 19. Journée d'information et d'échange sur l'utilisation des flores protectrices pour la conservation des aliments..
- LEM. 1984.** *Etude de protection du rivage de Sidi-Fredj et de club des pins*. 1984.
- Loustau Cazalet, Marie. 2012.** *Caractérisation physico-chimique d'un sédiment marin traité aux liants hydrauliques – Évaluation de la mobilité potentielle des polluants inorganiques*. 2012.
- Mearn, A J, et al. 1986.** *Inter-Laboratory Comparison of a sediment Toxicity Test Using the Marine Amphipod, Rhepoxynius*. 1986. pp. 13-37.
- Menguellati A., Sraoui. 2012.** *Les métaux traces dans le sédiment et les biote du milieu marin dans la baie d'Alger et de la baie Bou-Ismaïl*. [éd.] ENSSMAL. 2012. p. 66. mémoire d'ingénieur.
- Occurrence of some Zoonotic Vibrios in Shellfish and Diarrheic Patients with Regard to tdh Gene in Vibrio.*

Merwad, AMA, El-Ghareeb WR et Taisir SM. 2011. 2011, Journal of American Science, pp. 449-459.

Ramade, F. 1982. *Elément écologie appliquée.* 1982. p. 452.

Rodier, J, Bernad, LEGUBE et Nicole, MERLET. 2009. *L'analyse de l'eau.* Paris : Dunod Paris, 2009. pp. 784-789.

Rodier, J, et al. 2005. *L'analyse de l'eau :eaux naturelles,eaux résiduaires,eau de mer.* 8 eme. Paris : Dunod, 2005.

Schneider, G. 2001. *Boue de curage des cours d'eau.* 2001.

Scordia, P.Y. 2008. *Caractérisation et valorisation de sédiments fluviaux pollués et traités dans les matériaux routiers.* Lille : s.n., 2008. p. 189. These de doctorat. Génie civil. Lille : L'écolecentrale de Lille.

Stellio, Casas. 2005. *Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, Mytilus galloprovincialis, en milieu méditerranéen.* [éd.] Ifremer. 2005.

Sites d'internet

<https://wwz.ifremer.fr/pep/Projets/Projet-acheve-Conphytop/Grand-public/HAP>

<https://www.bioutils.ch/protocoles/5-la-coloration-de-gram>

<https://www.etudier.com/dissertations/R%C3%A9alisation-d'Une-Coloration-De-Gram/158852.html>.

http://stl.bgb.liberte.free.fr/microbio_fiches/catalase1.pdf

http://stl.bgb.liberte.free.fr/microbio_fiches/oxydase1.pdf

<http://ephytia.inra.fr/fr/C/23587/Veg-Di-g-Galleries-API>

Annexe

Annexe 1 :**Tableau 1 :** Coordonnée géographique des stations de prélèvement des deux plages

station	x	y
S1	36,7542	36,7542
S2	36,7596016	36,7596016
S3	36,7587013	36,7587013
S4	36,7541008	36,7541008
S5	36,7613983	36,7613983
S6	36,762001	36,762001
S7	36,7607002	36,7607002
S8	36,7601013	36,7601013
S9	36,7607994	36,7607994
S10	36,7630997	36,7630997

Annexe 2 :**Préparation des filtres et des portes filtres pour les MES****Les portes filtres :**

- Nettoyer avec un détergeant ;
- Rincer avec l'eau de robinet ;
- Rincer avec l'eau distillée ;
- Mettre les portes filtres dans un bain d'acide (HCl ou HNO₃- a 0.1 N) ;
- 2^{ème} rinçage avec l'eau distillé ;
- Séchage a l'étuve 70°C pendant 1h.

Conditionnement des filtres :

- Calciné les filtres de type WHATTMAN de 0.47 de diamètre et de porosité de 0.45µm dans un four a 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 250 ml de l'échantillon et appliquer le vide pour commencer la filtration
- Supprimer l'aspiration dès que le filtre est à sec
- Verser 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 numérotée
- Mettre les boîtes pour le séchage dans l'étuve à 70°C pendant 2h
- Repeser les filtres après séchage et calculer la MES

Annexe 3 : Préparation des réactifs pour l'analyse des sels nutritifs

Dosage des nitrites + nitrates

I- Réactifs

1-1- Solution tampon

Produits chimiques exigés :

Chlorure d'ammonium NH ₄ Cl.....	50 g.
Solution d'ammonium NH ₄ OH (25%).....	±1 ml.
Hydroxyde de sodium NaOH.....	5 g.
Eau distillée H ₂ O.....	1000 ml.
Bridj 35 (30 %).....	3 ml.

Préparation

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

Bridj 35 et mélanger.

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

1-2- Réactif colorant

Produits chimiques exigés :

Acide o-phosphorique H₃PO₄ (85 %).....150 ml.

Sulfanilamide C₆H₈N₂O₂S.....10 g.

α- Naphtyléthylène diamine dihydrochloride C₁₂H₁₆Cl₂N₂....0, 5 g.

Eau distillée H₂O.....850 ml.

Préparation

Diluer l'acide o-phosphorique dans ±700 ml d'eau distillée. Ajouter le sulfanilamide et le α- Naphtyléthylène diamine dihydrochloride et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

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

1-3- Liquide de rinçage : Eau fraîchement distillée H₂O (régénérée chaque semaine).

II- Préparation des solutions étalons

2-1- Solution mère de 100 ppm N (*)

Produits chimiques exigés :

Nitrate de sodium NaNO₃.....0.6068 g.

Eau distillée H₂O.....1000 ml.

Préparation

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

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

2-2- Solution fille de 10 ppm N Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm N dans 100 ml d'eau distillée.

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

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

III- Préparation de la colonne réductrice

3-1- Solution d'acide chlorhydrique (4N)

Produits chimiques exigés :

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

Eau distillée H₂O.....600 ml.

Préparation :

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

3-2- Solution de sulfate de cuivre :

Sulfate de cuivre (CuSO₄.5H₂O)20 g

Eau distillée H₂O.....1000 ml

Préparation :

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

Produits chimiques exigés :

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

Procédure de remplissage :

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

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

Dosage des Orthophosphates**I- Réactifs****1-1- Solution de molybdate d'ammonium****Produits chimiques exigés :**

Tartrate de potassium et d'antimoine K(SbO) C₄H₄O₆.5H₂O.....230 mg.

Acide sulfurique H ₂ SO ₄ (97 %)	69,4 ml.
Molybdate d'ammonium (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O	6g.
Eau distillée H ₂ O	1000 ml.
FFD6	2 ml.

Préparation

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

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

1-2- Solution d'acide ascorbique

Produits chimiques exigés :

Acide ascorbique C ₆ H ₈ O ₆	6g.
Acétone C ₃ H ₆ O	60 ml.
Eau distillée H ₂ O	1000 ml.
FFD6	2 ml.

Préparation :

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

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

1-3- Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée H₂O (régénérée chaque semaine).

II- Préparation des solutions étalons

2-1- Solution mère de 100 ppm P (*)

Produits chimiques exigés :

Dihydrogène o-phosphate de potassium KH ₂ PO ₄	0,4394 g.
--	-----------

Eau distillée H₂O.....1000 ml.

Préparation :

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

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

2-2- Solution fille de 10 ppm P

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

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

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en µmoles/l de PO₄⁻.

Dosage des silicates

I- Réactifs

1-1- Solution d'acide sulfurique

Produits chimiques exigés :

Acide sulfurique H₂SO₄ (97 %).....10 ml.

Eau distillée H₂O.....1000 ml.

FFD6.....2 ml.

Préparation

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

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

1-2- Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés :

Molybdate d'ammonium (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O.....20g. Eau distillée

H₂O.....1000 ml. FFD6.....2 ml.

Préparation

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

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

1-3- Solution d'acide oxalique

Produits chimiques exigés :

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

Eau distillée H_2O1000 ml.

Préparation

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

Note : Conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant 1 mois. Conserver à $4^\circ C$ quand la solution n'est pas utilisée.

1-4- Solution d'acide ascorbique

Acide ascorbique $C_6H_8O_6$40g

Eau distillée H_2O 1000 ml

Préparation

Dissoudre l'acide ascorbique dans ± 800 ml d'eau distillée ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger

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

1-5- Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H_2O .

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

II- Préparation des solutions étalons

2-1- Solution mère de 100 ppm Si (*)

Produits chimiques exigés :

Métasilicate de sodium $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$1,0119 g.

Eau distillée H_2O1000 ml.

Préparation :

Dissoudre le méta-silicate de sodium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

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

2-2- Solution fille de 10 ppm Si

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

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

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{moles/l}$ de SiO_4 -

Annexe 4 : La composition des milieux de culture utilisés.**Recherche des germes indicateurs de contamination fécale dans l'eau de mer,****Streptocoque fécaux :**

Ensemencé d'abord sur le milieu **Stanetz et Bartlet**, puis confirmé sur le milieu **BEA**.

Tableau 2 : Composition du milieu de Stanetz et Bartley.

Milieu de Stanetz et Bartley	
Composition	Quantité (g/l)
Tryptone	20
Extrait de levure	5
Glucose	2
Mono hydrophosphate de potassium	4
Azide de sodium	0.4
Chlorure de triphényltétrazoline (TTC)	0.05
Agar	10
PH= 7,2. Ne pas Autoclavé, ne pas refondre	

Tableau 3 : Composition du milieu de Bile-Esculine.

Bile-Esculine (BEA)	
Composition	Quantité (g/l)
Tryptone	17
Peptone	3
Extrait de levure	5
Bile de boeuf déshydratée	10
Chlorure de sodium	5
Esculine	1
Citrate de fer et d'ammonium	0.5
Azoture de sodium ou Azide du sodium	0.15
Agar	15
pH : 7.1, stérilisation à l'autoclave : 15 minutes à 120 C	

Coliforme totaux et coliforme Thermotolérant : ensemencé sur gélose tergitole.

Tableau 4 : Composition du milieu de culture tergitole.

Gélose tergitole	
composition	Quantité (g/L)
Extrait de viande	5
Peptone	10
Extrait de levure	6
Lactose	20

Bleu de bromothymol	0.05
Agar	20
pH : 7.2. stériliser à l'Autoclave 15 minutes à 120°C	

Recherche des germes pathogènes dans l'eau de mer.

Salmonelles: enrichissement s'effectue sur bouillon SFB, et l'ensemencement sur gélose SS.

Tableau 5 : Composition du bouillon au sélénite de sodium.

Bouillon au Sélénite de sodium (SFB)	
Composition	Quantité (g/l)
Peptone de viande	5
Lactose	4
Sélénite de sodium	4
Phosphate dipotassique	3.5
Phosphate monopotassique	6.5
pH=6 à 6.3. Autoclavé à 120 C pendant 20 minutes	

Tableau 6 : Composition du milieu de Salmonelles-Shiguelles.

Gélose Salmonelles-Shiguelles (SS)	
Composition	Quantité (g/l)
Peptone	5
Extrait de viande de boeuf	5
Sels biliaires	4.2
Citrate de sodium	10
Citrate de fer	2
Lactose	10
Rouge neutre	0.025
Vert brillant	0.3
Thiosulfate de sodium	8.5
Agar	12

Vibrions : l'enrichissement s'effectue dans **L'eau peptonée alcaline**, et l'ensemencement sur gélose **TCBS**.

Tableau 7: Composition de l'eau peptonée alcalin (EPA).

Eau Peptonée Salée Alcaline (EPA)	
Composition	Quantité (g/l)
Peptone	40
NaCl	60
Ph = 8.6 Stérilisation à l'autoclave : 15 minutes à 121 °C	

Tableau 8 : Composition de la gélose thiosulfate-citrate-bile-saccharose (TCBS).

Gélose thiosulfate-citrate-bile-saccharose (TCBS)	
Composition	Quantité (g/l)
Peptone	10
Extrait de levure	5
Citrate de sodium	10
Chlorure de sodium	10
Thiosulfate de sodium	10
Bile de boeuf	8
Citrate de fer	1
Saccharose	20
Bleu de bromothymol	0.04
Bleu de thymol	0.04
Agar	14
pH : 8.2 ± 0.2. stérilisation à l'autoclave : 15 minutes à 120°C	

Recherche des germes indicateurs de contamination fécale dans le sédiment :

a- Recherche des coliformes totaux et thermotolérants :

Ensemencé sur Bouillon Lactosé bilié au vert brillant (BLBVB).

Tableau 9: Composition de bouillon lactosé bilié au vert brillant (BLBVB).

Bouillon lactosé bilié au vert brillant (BLBVB)	
Composition	Quantité (g/l)
Peptone	10
Lactose	10
Bille	20
Vert brillant	0.013
pH=7,4. Autoclaver à 121°C pendant 15 minutes	

b- Recherche des streptocoques fécaux :

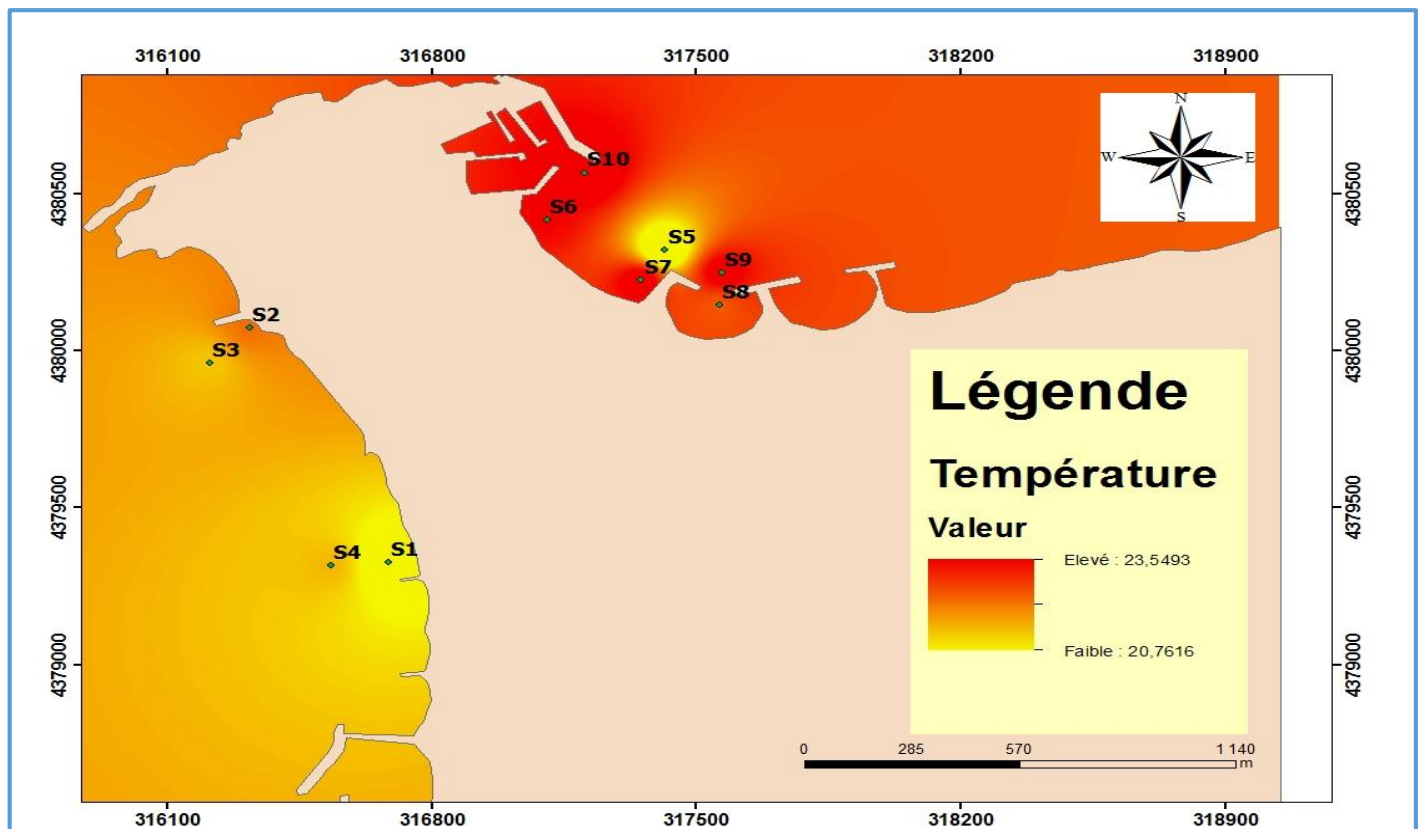
Ensemencé sur milieu **Rothe**, puis confirmer sur milieu **Eva-Litsky**.

Tableau 10 : Composition du milieu Rothe.

Milieu de Rothe	
Composition	Quantité (g/l)
Peptone	20
Glucose	5
Chlorure de sodium	5
Phosphate bipotassique	2.7
Phosphate monopotassique	2.7
Azothydrate de sodium	0.2
pH=6,8 à 7. Autoclavé à 115°C pendant 20 minutes	

Tableau 11 : Composition du milieu Eva-litsky.

Milieu Eva-LitskyMilieu Litsky	
Composition	Quantité (g/l)
Peptone	20
Glucose	5
Chlorure de sodium	5
Phosphate bipotassique	2.7
Phosphate monopotassique	2.7
Azohydrate de sodium	0.3
Ethyle violet	0.0005
pH=6,8 à 7. Autoclavé à 115°C pendant 20 minutes	

Annexe 5 : les cartes de la distribution spatiale des paramètres physicochimiques et des sels nutritifs**Figure 1** : distribution spatiale de la Température dans les deux plages de Sidi-Fredj

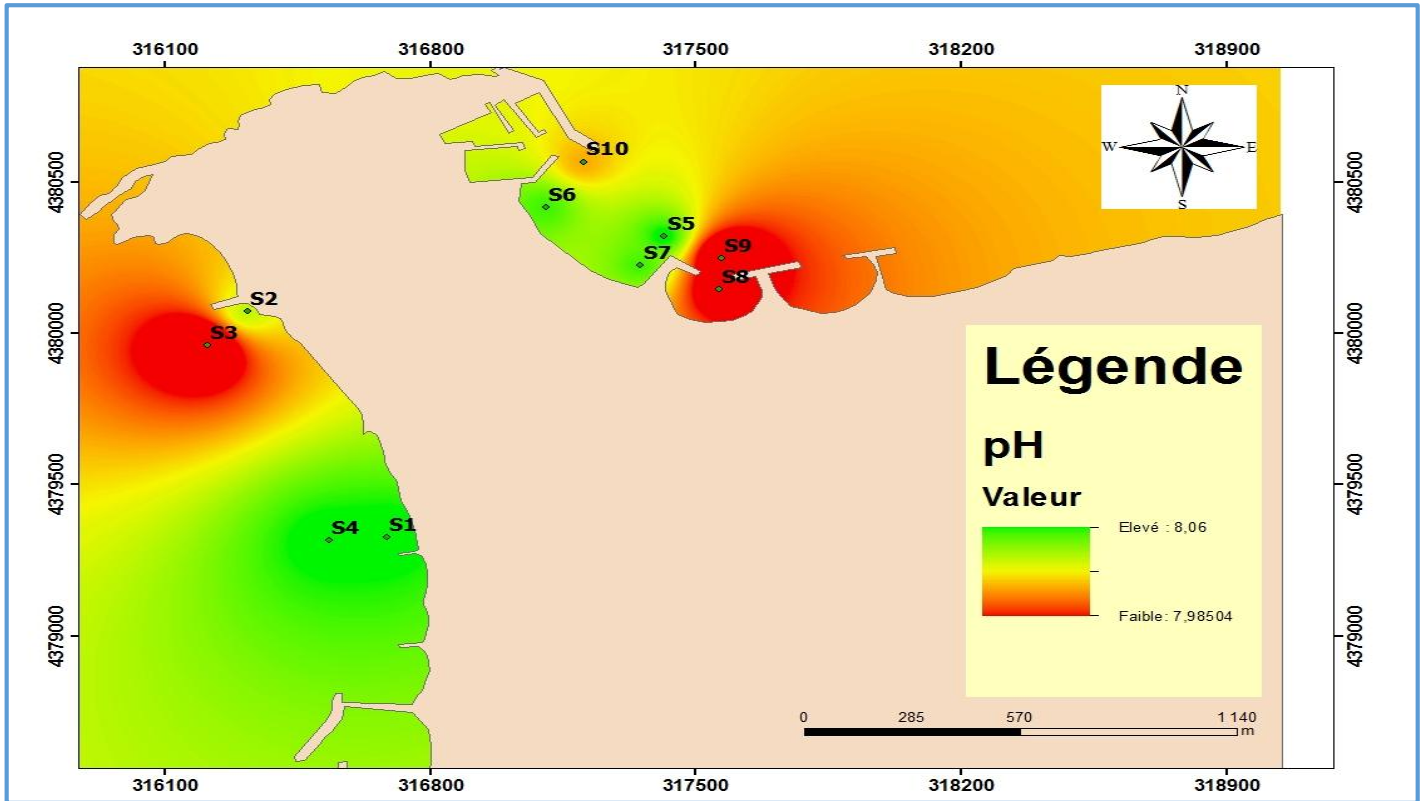


Figure 2 : distribution spatiale de la Potentiel d'hydrogène (pH) dans les deux plages de Sidi-Fredj

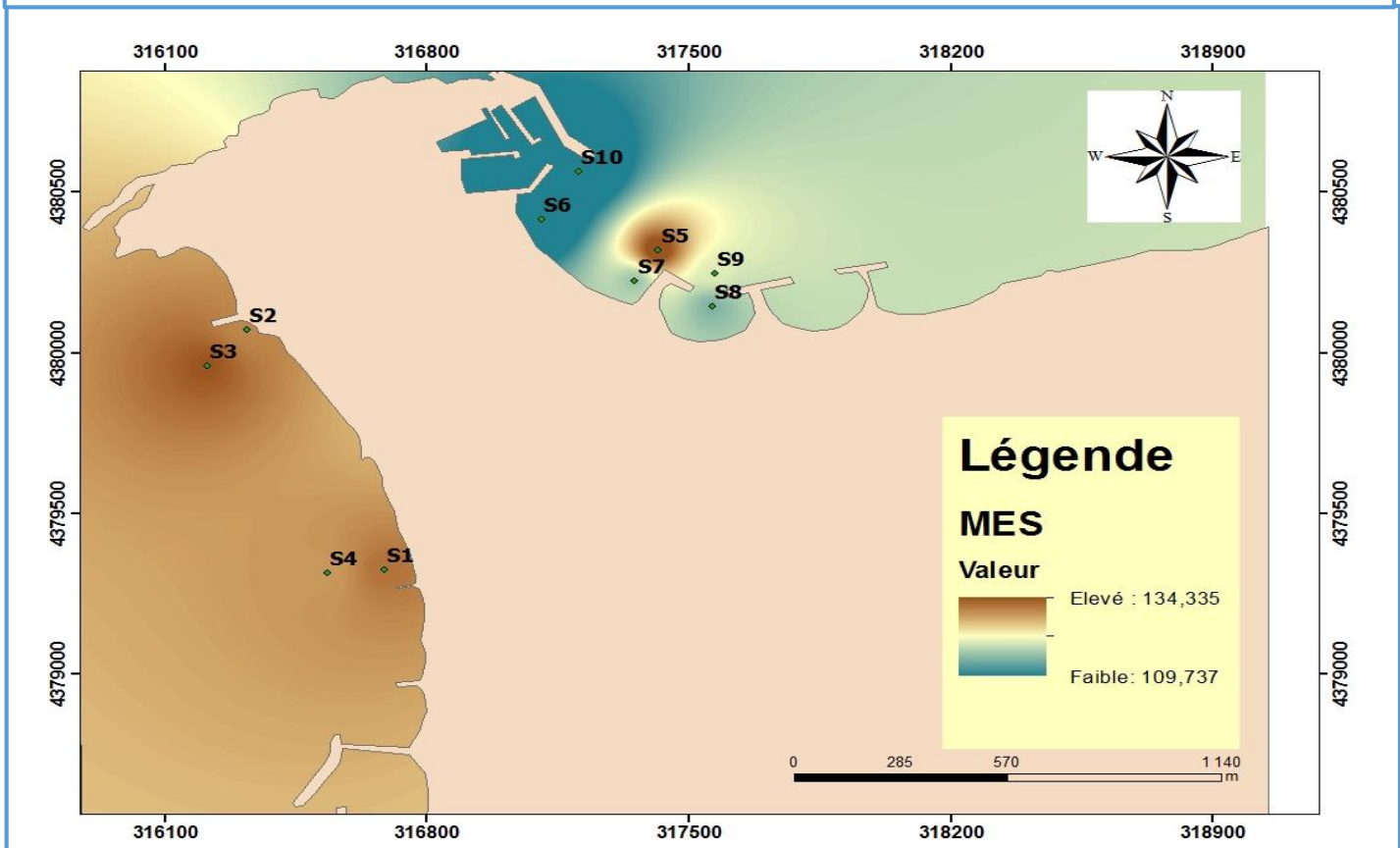


Figure 3 : distribution spatiale de la MES dans les deux plages de Sidi-Fredj

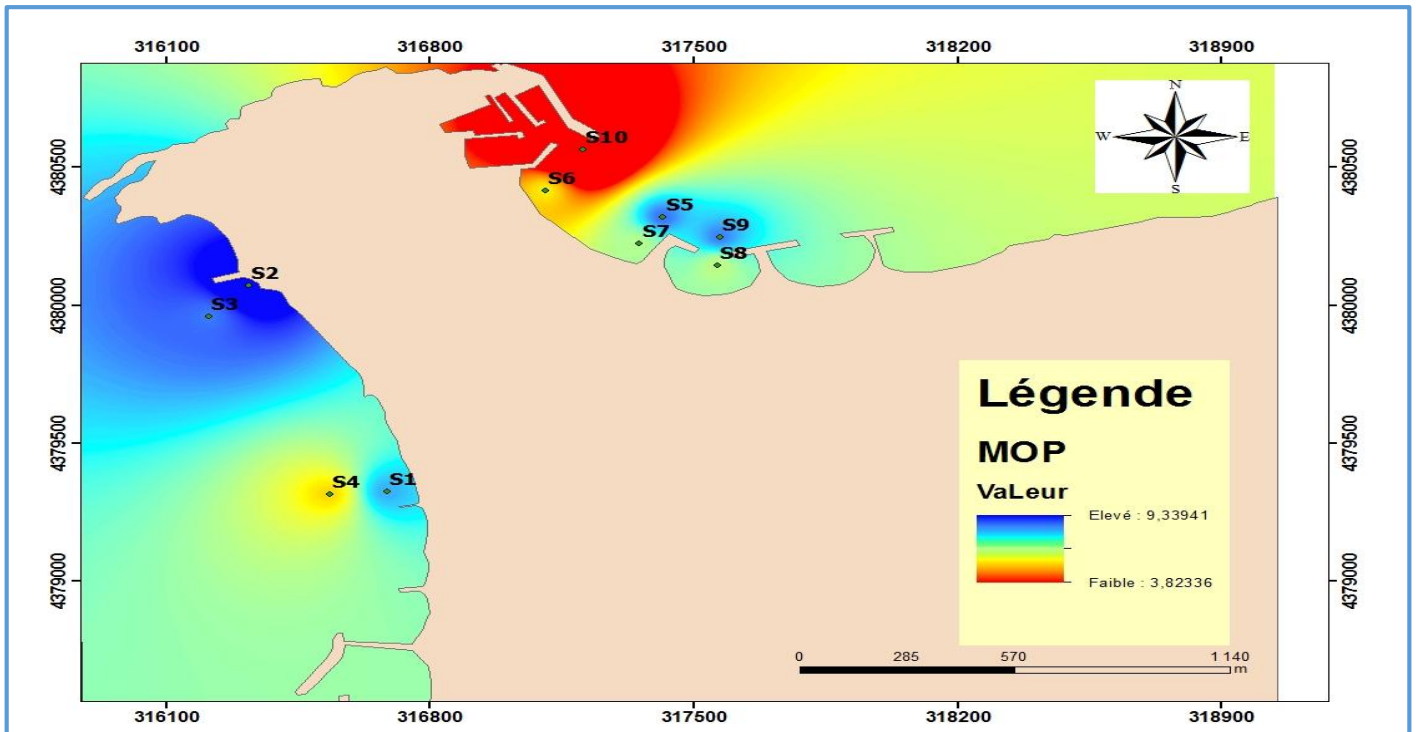


Figure 4 : distribution spatiale de la MOP dans les deux plages de Sidi-Fredj

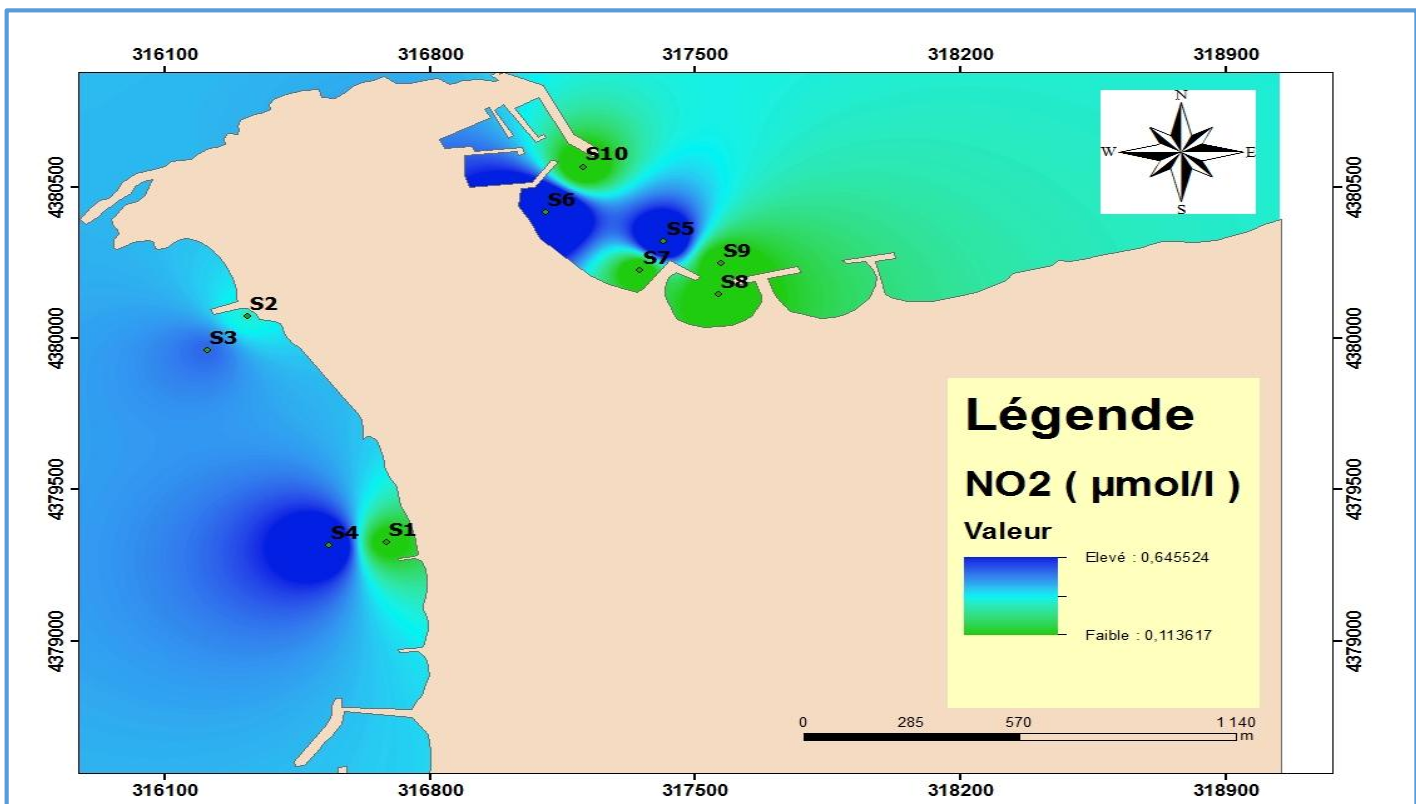


Figure 5 : distribution spatiale des Nitrites dans les deux plages de Sidi-Fredj

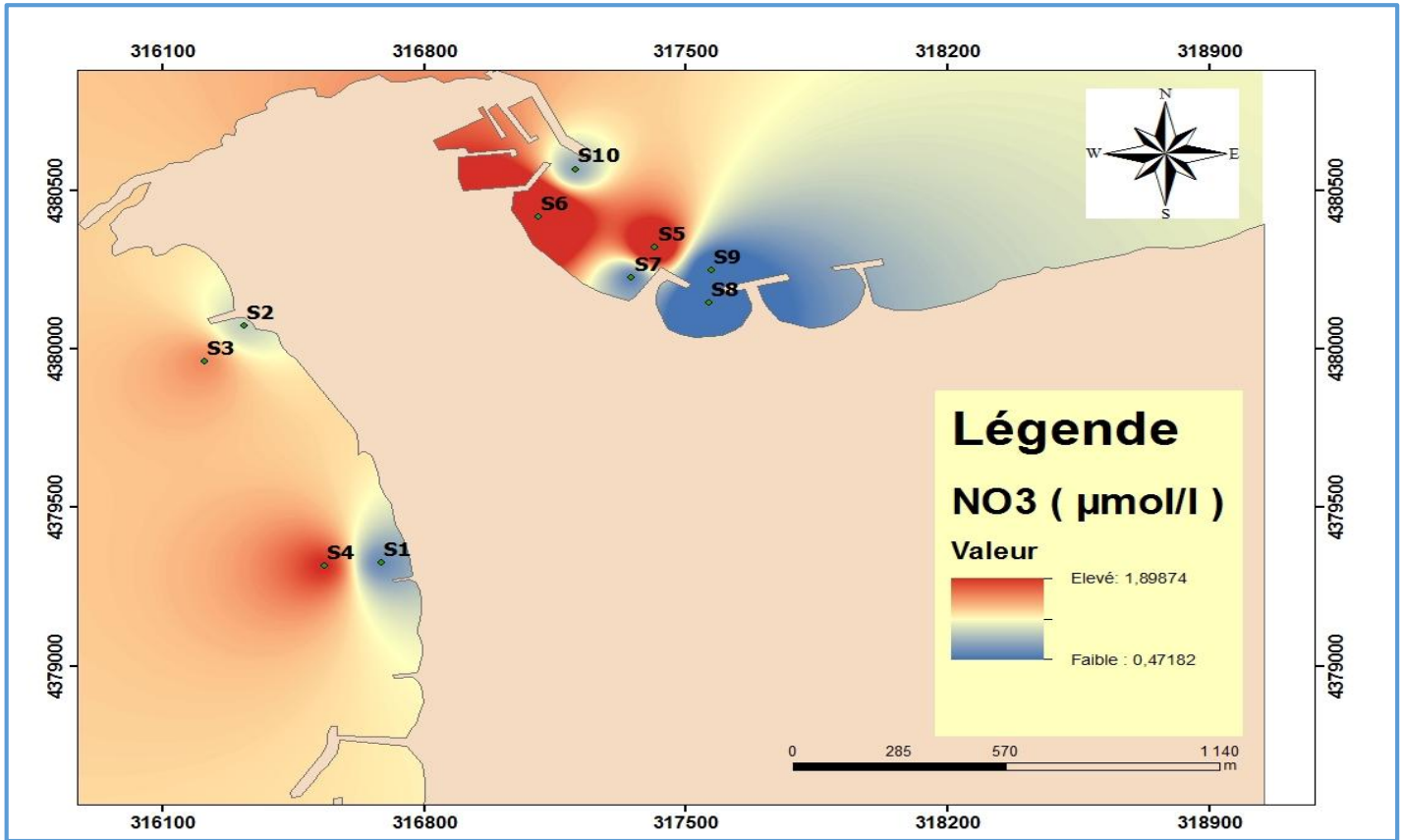


Figure 6 : distribution spatiale des Nitrates dans les deux plages de Sidi-Fredj

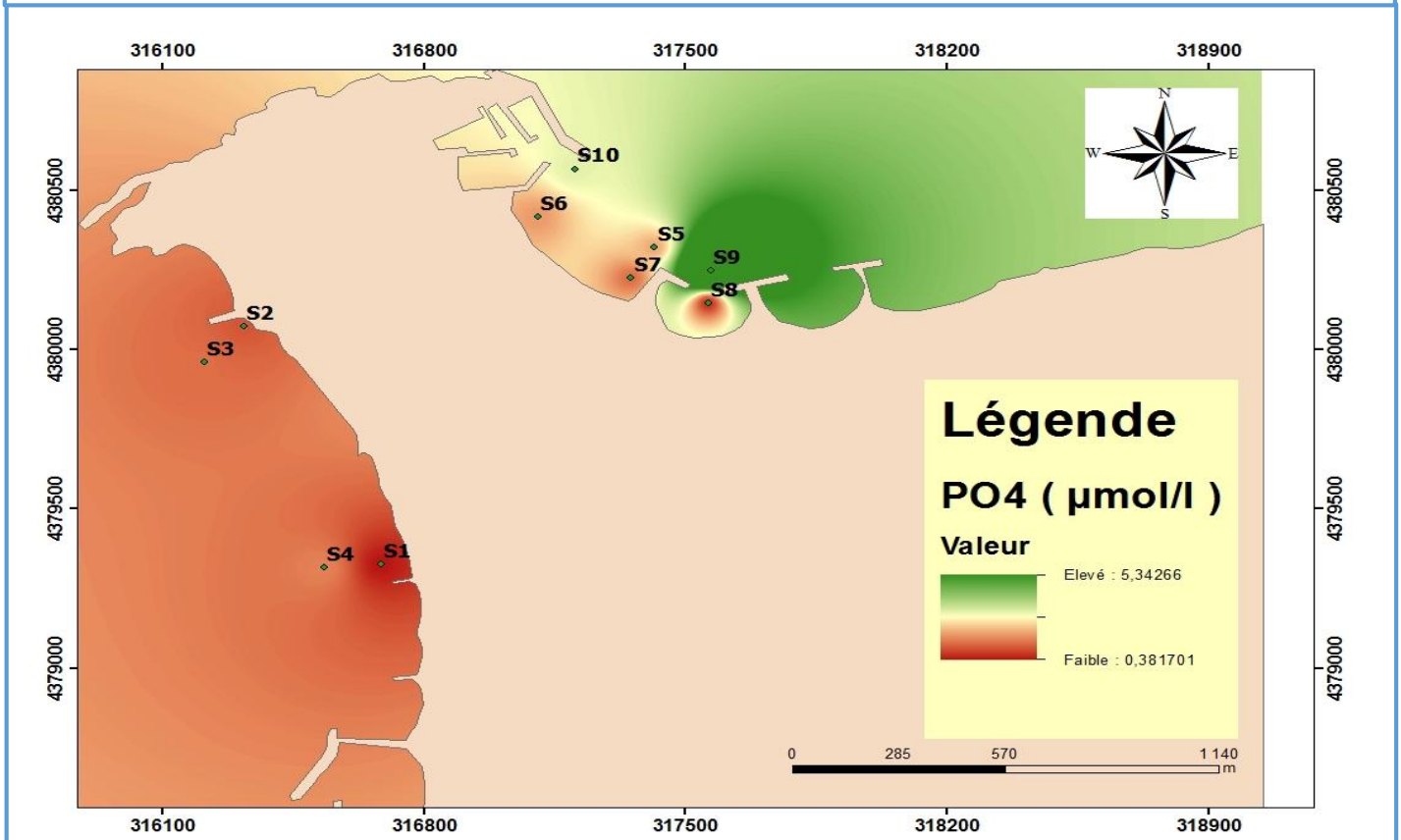


Figure 7 : distribution spatiale des Orthophosphates dans les deux plages de Sidi-Fredj

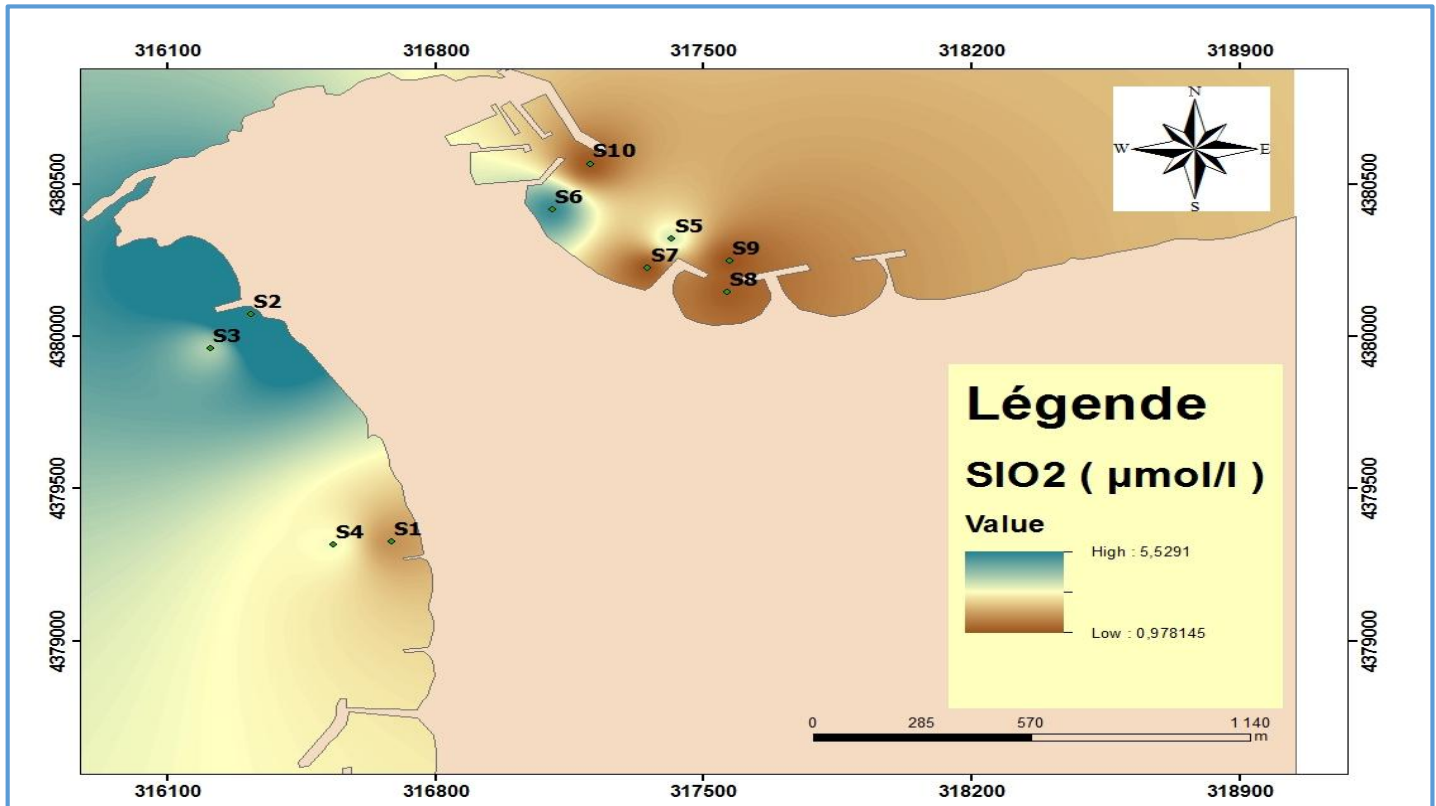


Figure 8 : distribution spatiale de la Température dans les deux plages de Sidi-Fredj

Annexe 6 :

Tableau 12 : nombre le plus probable (NPP) dans le cas du système a trois tubes (Brisou et Denis, 1980)

Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules
000	0.1	201	1.4	302	6.5
001	0.3	202	2.0	310	4.5
010	0.3	210	1.5	311	7.5
011	0.6	211	2.0	312	11.5
020	0.6	212	3.0	313	16.5
100	0.4	220	2.0	320	9.5
101	0.7	221	3.0	321	15.0
102	1.1	222	3.5	322	20.0
110	0.7	223	4.0	323	30.0
111	1.1	230	3.0	330	25.0
120	1.1	231	3.5	331	45.0
121	1.5	232	4.0	332	110.0
130	1.6	300	2.5	333	140.0
200	0.9	301	4.0		

Tableau 13 : Les valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Décret exécutif n° 06-141 du 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.)

PARAMÈTRES	UNITÉS	VALEURS LIMITES
Température	°C	30
pH	-	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35
DBO5	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10
Cyanures	mg/l	0.1
Aluminium	mg/l	3
Cadmium	mg/l	0.2
Fer	mg/l	3
Manganèse	mg/l	1
Mercure total	mg/l	0.01
Nickel total	mg/l	0.5
Plomb total	mg/l	0.5
Cuivre total	mg/l	0.5
Zinc total	mg/l	3
Huiles et Graisses	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg/l	10
Indice Phénols	mg/l	0.3

Fluor et composés	mg/l	15
Étain total	mg/l	02
Composés organiques chlorés	mg/l	5
Chrome total	mg/l	0.5
(*) Chrome III +	mg/l	3
(*) Chrome VI +	mg/l	0.1
(*) Solvants organiques	mg/l	20
(*) Chlore actif	mg/l	10
(*) PCB	mg/l	0.001
(*) Détergents	mg/l	2
(*) Tensioactifs anioniques	mg/l	10

(*) Valeurs fixées par le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993 réglementant les rejets d'effluents liquides industriels

Tableau 14 : Principaux critères de qualité des eaux de baignade (Extrait de l'annexe 1 du décret n° 93- 164 du 10 juillet 1993 définissant la qualité requise des eaux de baignade)

Paramètres microbiologiques	Unités	Valeurs guide	Valeur impérative
Coliformes totaux	/100ml	500	10000
Escherichia coli	/100ml	500	2000
Streptocoques fécaux	/100ml	100	-
Salmonelles	l/l	-	0
Vibrion cholérique	/450ml	-	0

Annexe 7 : Analyse granulométrique

Tableau 15: résultat de la granulométrie de la station 1

D (mm) Tamis	Refus poids partielle(g)	Refus poids cumulés(g)	poids cumulés (g)
1.6	2.73	2.73	0.87
1.25	0.94	3.67	1.17
0.8	3.31	6.98	2.22
0.5	7.05	14.03	4.46
0.315	14.5	28.53	9.08
0.2	53.58	82.11	26.12
0.16	131.98	214.09	68.11
0.063	98.98	313.07	99.60

Fond	1.6	314.67	100.11
------	-----	--------	--------

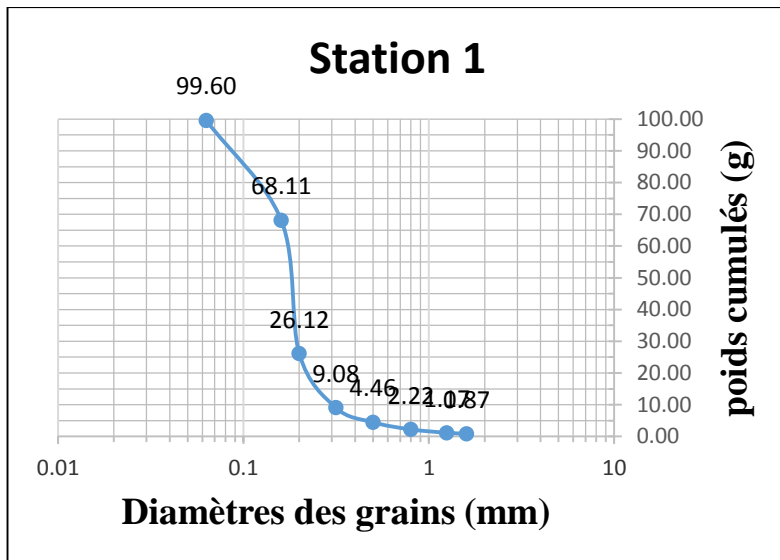


Figure 9 : Courbe cumulative et histogramme pour la station 1.

D (mm) Tamis	Refus poids partielle(g)	Refus poids cumulés(g)	poids cumulés (g)
0.63	0.12	0.12	0.09
0.5	0.17	0.29	0.23
0.315	0.56	0.85	0.67
0.2	3.95	4.8	3.77
0.16	27.92	32.72	25.71
0.063	92.36	125.08	98.28
Fond	2.33	127.41	100.11

Tableau 16 : résultat de la granulométrie de la station 2

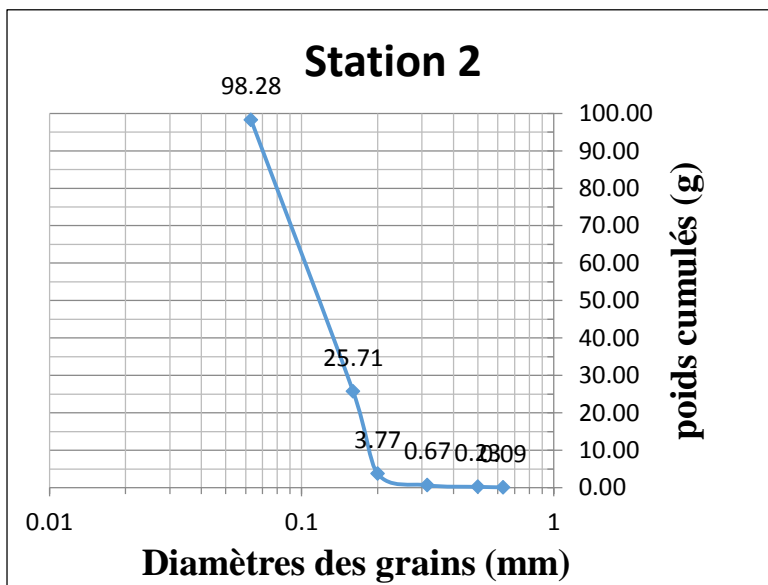


Figure 10 : Courbe cumulative et histogramme pour la station 2

D (mm) Tamis	Refus poids partielle(g)	Refus poids cumulés(g)	poids cumulés (g)
0.8	0.47	0.47	0.30
0.63	0.56	1.03	0.66
0.5	0.67	1.7	1.08
0.315	3.25	4.95	3.15

0.2	15.54	20.49	13.04
0.16	55.1	75.59	48.11
0.063	76.79	152.38	96.99
Fond	4.77	157.15	100.03

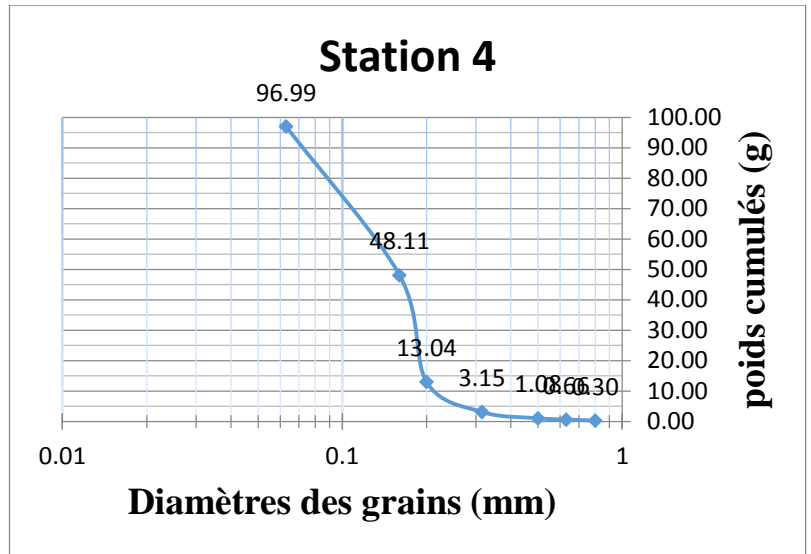


Tableau 17 : résultat de la granulométrie de la station 4

D (mm) Tamis	Refus poids partielle(g)	Refus poids cumulés(g)	poids cumulés (g)
0.8	0.03	0.03	0.02
0.63	0.24	0.27	0.17
0.5	0.36	0.63	0.40
0.315	1.72	2.35	1.49
0.2	9.28	11.63	7.39
0.16	38.37	50	31.75
0.063	101.91	151.91	96.46
Fond	5.43	157.34	99.91

Figure 11 : Courbe cumulative et histogramme pour la station 4

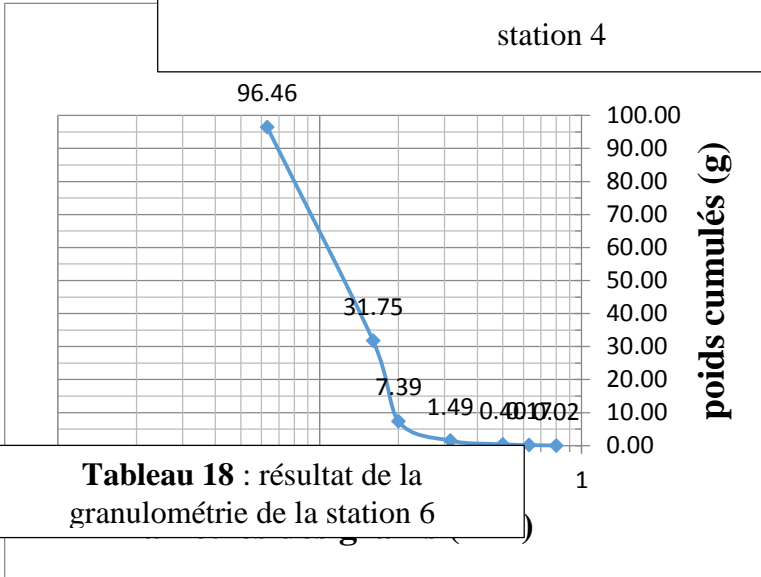


Tableau 18 : résultat de la granulométrie de la station 6

Figure 12 : Courbe cumulative station 6

D(mm) Tamis	Refus poids partielle(g)	Refus poids cumulés(g)	poids cumulés (g)
0.8	0.06	0.06	0.04
0.63	0.77	0.83	0.53
0.5	1.19	2.02	1.29
0.315	5.74	7.76	4.96
0.2	21.92	29.68	18.96
0.16	62.37	92.05	58.81
0.063	61.53	153.58	98.12
Fond	2.82	156.4	99.92

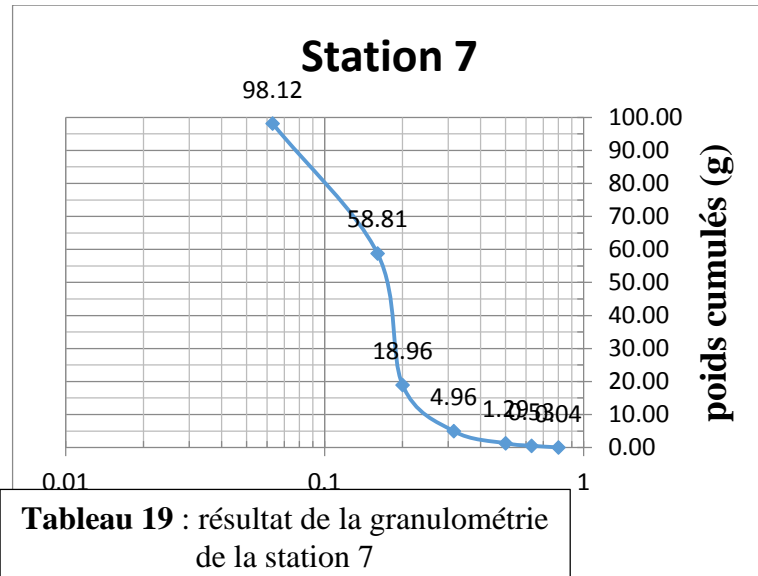


Figure 13 : Courbe cumulative et histogramme pour la station 7.

Annexe 8 : Crates des métaux lourds

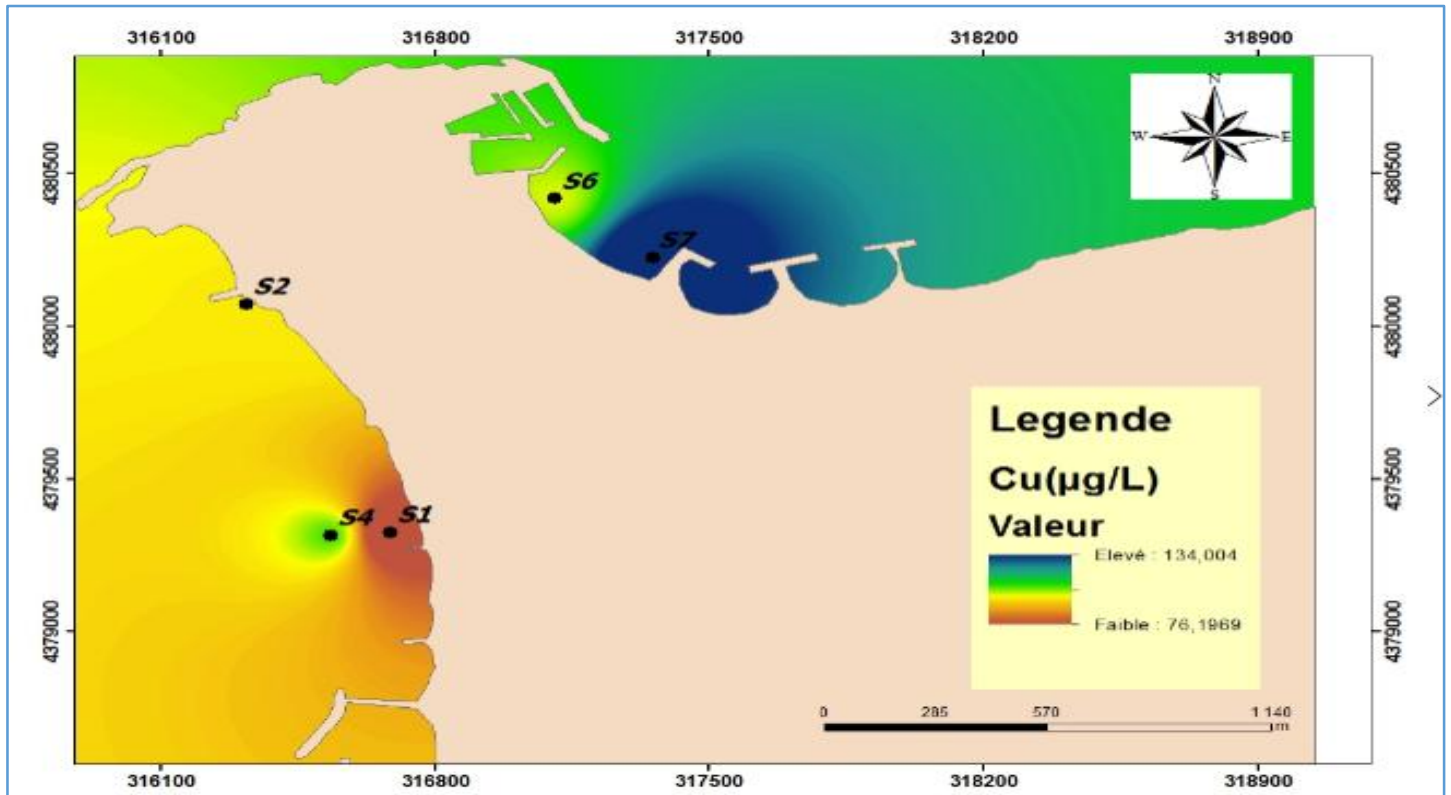


Figure 14 : distribution spatiale de la concentration de Cuivre dans les deux plages de Sidi-Fredj

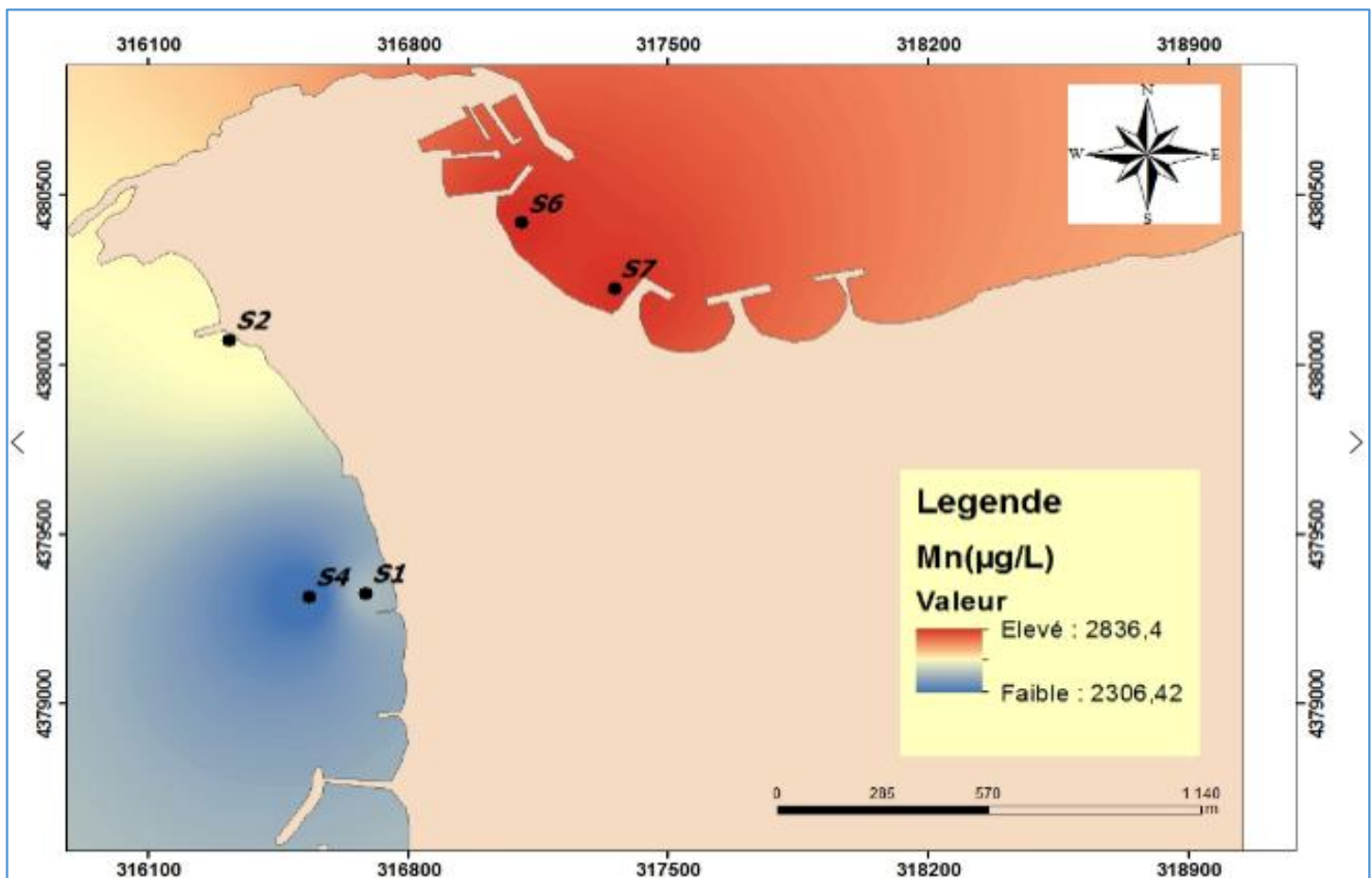


Figure 15 : distribution spatiale de la concentration de Manganèse dans les deux plages de Sidi-Fredj

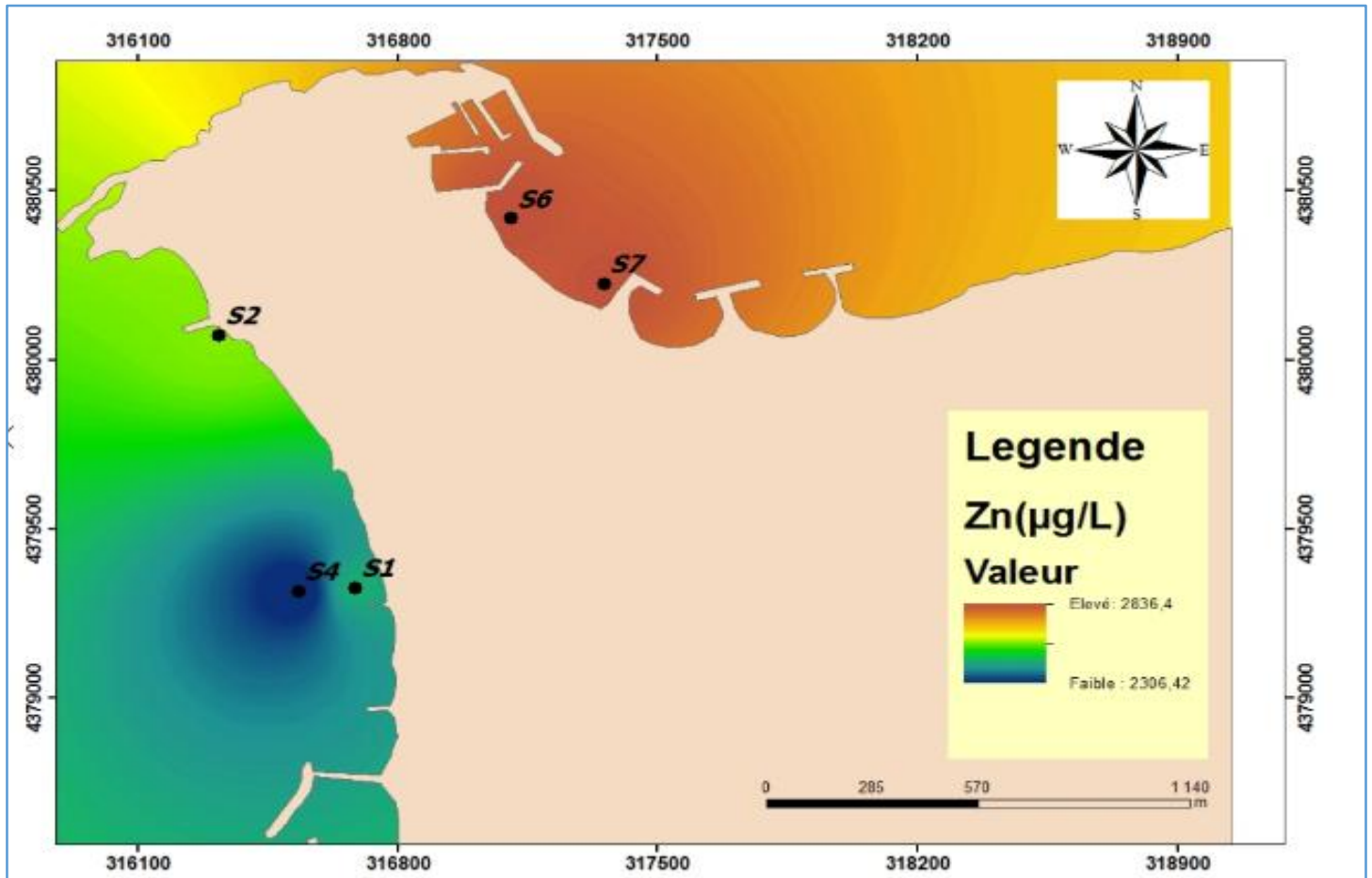


Figure 16 : distribution spatiale de la concentration de Zinc dans les deux plages de Sidi-Fredj

Résumé

Le littoral algérois, malgré son étendu sur une centaine de kilomètres, ne semble pas suffire au grand rush des estivants et connaît de plus en plus de pression due à de nombreuses activités humaines : navigation, urbanisation, industrie, agriculture, tourisme, baignade et loisirs divers. Cette pression est préoccupante par ses possibles conséquences sanitaires, environnementales et socioéconomique.

Le choix d'étude porte sur la coquette ville de Sidi-Fredj n'est pas impromptu, abritant le 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 est un lieu privilégié, sinon il est, en été, l'endroit le plus fréquenté du littoral Ouest d'Alger.

Cette étude base sur les deux matrices eau et sédiment dont l'objet c'est d'évaluer la qualité des deux plages Est et Ouest de Sidi-Fredj et les risques de santé liés au déversement des effluents sur les deux plages, pour cela des échantillons d'eau de mer et de sédiment marin ont été prélevés et destinés aux analyses physico-chimique, microbiologiques et granulométrique.

Mots clés : Plage Est et Ouest de Sidi-Fredj, paramètres physico-chimiques, Sels nutritifs, métaux lourds, hydrocarbures, paramètres microbiologique.

Abstract

The Algeria coast, despite its extent over a hundred kilometers, does not seem to be sufficient for the great rush of summer visitors and is experiencing increasing pressure due to many human activities : navigation, urbanization, industry, agriculture, tourism, swimming and leisure various. This pressure is worrying by its possible health, environmental and socio-economic consequence.

The choice of study focuses on the charming town of Sidi-Fredj is not impromptu, home to the first marina in Algeria; it receives significant human pressure since its construction in 1971. Indeed, the tourist complexes of Sidi-Fredj is a privileged place, otherwise it is, in summer, the busiest place on the West coast of Algeria.

This study is, based on the two matrices water and sediment whose object is to evaluate the quality of the two beaches East and West of Sidi-Fredj and the health risks related to the discharge of the effluents on the two beaches, for this reason Seawater and marine sediment samples were collected for physiochemical, microbiological.

Key words: East and West beach of Sidi-Fredj, physicochemical parameters, nutrients, Heavy metals, Hydrocarbons, microbiological parameters.

المخلص:

لا يبدو أن الساحل الجزائري، على الرغم من امتداده لمسافة تزيد عن مائة كيلومتر، كافٍ للاندفاع الكبير للزائرين في الصيف، وهو يواجه المزيد والمزيد من الضغط بسبب العديد من الأنشطة البشرية: الملاحة، التحضر، الصناعة، الزراعة، السياحة، السباحة والترفيه المتنوعة. هذا الضغط مثير للقلق بسبب عواقبه الصحية والبيئية والاجتماعية والاقتصادية المحتملة.

إن اختيار الدراسة يتعلق بمدينة سيدي فريدج المغامرة ليست مرتجلة، فهي تؤوي المرسى الأول في الجزائر، فهي تتلقى ضغطاً بشرياً كبيراً منذ بنائها في عام 1971. في الواقع، فإن مجمع سيدي السياحي تعد فرج مكاناً متميزاً، وإلا فهي في فصل الصيف هي المكان الأكثر شيوعاً على الساحل الغربي للجزائر العاصمة.

تستند هذه الدراسة إلى مصفوفي الماء والرسوبيات، والغرض منها هو تقييم جودة الشواطئ الشرقية والغربية لشاطئ سيدي فرج والمخاطر الصحية المرتبطة بتصريف الفضلات السائلة على الشواطئ. تم أخذ عينات من مياه البحر والرواسب البحرية وتهدف إلى التحليلات الفيزيائية والميكروبيولوجية.

الكلمات المفتاحية: شاطئ سيدي فرج الشرقي والغربي، المعلمات الفيزيائية والكيميائية، العناصر الغذائية، المعادن الثقيلة، الهيدروكربونات، المعلمات الميكروبيولوجية.

