

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة والتعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهينة الساحل

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



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

Option : Environnement

Sujet :

**Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique
des eaux et des sédiments de la zone de Sidi Fredj :
analyse spatio-temporelle.**

Présenté par :

- Mr AMMI ALI Rabah
- Mlle HAMOUCHE Fahima

Soutenu le : 04 /07/2013 devant le jury suivant :

Mr HEMDANE Y.	Maître de conférences A	(ENSSMAL)	Président
Mme BENTCHIKOU L.	Maître assistante A	(ENSSMAL)	Examinatrice
Mr DRICHE M.	Maître de conférences B	(ENSSMAL)	Examineur
Mme HOUMA-BACHAR I F.	Professeur	(ENSSMAL)	Promotrice

Promotion : 2012/2013

Remerciement

Tout d'abord nous remercions *ALLAH*, le tout puissant qui nous a offert la force et la patience pour accomplir ce travail.

Nous tenons à remercier chaleureusement notre promotrice *Madame HOUMA-BACHARI F.*, qui a accepté de diriger ce travail dès nos premières discussions. Elle nous a aidé en nous accordant une grande confiance dans la démarche de notre travail, sans oublié son regard pertinent et ses critiques constructive. Ce travail n'existerait pas sans son aide et sa bienveillance, nous tenons à lui exprimer nos reconnaissances et nos sincères gratitude.

Nous tenons aussi à remercier vivement Monsieur *HEMDANE Y.* d'avoir accepté de présider ce jury .Nos remerciements vont aussi à *M^{me} BENCHIKOU L.* et *Mr DRICHE M.*, pour avoir accepté d'examiner notre travail

Nous tenons à remercier d'une façon toute particulière *M^{me} REFES* de nous avoir guidés et conseillés pendant la réalisation de ce travail et surtout pour son infinie patience.

Un grand merci pour *Mr. MATOUK Y.*, pour son soutien et pour les conseils qu'il nous a prodigués tout au long de ce travail. Nous tenons également à lui exprimer toute notre reconnaissance pour sa grande disponibilité.

Nous remercions aussi *Mr. Boudejellal B.Y.* et *M^{me}. Eddafia N.*, de nous avoir apportés leur aide précieuse, pour tous leurs conseils, critiques et les données qu'ils ont mis à notre disposition et pour le temps qu'ils nous ont accordé tout au long de nôtre travail au laboratoire de Sidi Fredj.

Tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à l'élaboration de ce travail, qu'ils trouvent nos sincères remerciements.

Dédicaces

Je dédie ce travail...

A la mémoire de mon oncle «khalî Mohand» et ma grand-mère Tassadît : Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous que dieu vous accueille dans son vaste paradis.

A mes très chers parents: la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que vous n'avez cessé de me donner depuis ma naissance. Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

A mes très chers frères Amar, Karim, Yacine : Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A ma très chère sœur Hayet et son époux Youssef et leurs petite princesse Anaïs, et ma très chère sœur Rabia et son époux Karim : Vous avez toujours été présents pour les bons conseils. Votre affection et votre soutien m'ont été d'un grand secours.

Veuillez trouver dans ce modeste travail ma reconnaissance pour tous vos efforts.

A mes très chers petits frères Mohand, Massinissa, et Samy qui sont présents dans tous mes moments par leurs belles surprises sucrées. Je vous souhaite un avenir plein de joie, de bonheur, de réussite et de sérénité. Je vous exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour.

A mon très cher copain Rabah :

Que dieu réunisse nos chemins pour un long commun serein et que ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle.

Fahima Hamouche

Je dédie ce travail....

A la mémoire de ma grand- mère « JIDA LOUIZA », la grande dame qui a tant sacrifié pour nous .Puisse Dieu, le tout puissant, t'avoir en sa sainte miséricorde, et t'accueille dans son vaste paradis.

A mes très chers parents

Vous vous êtes dépensés pour moi sans compter. En reconnaissance de tous les sacrifices consentis par tous et chacun pour me permettre d'atteindre cette étape de ma vie.

A toi ma chère maman, ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études, Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. Ce travail est le fruit de vos sacrifices pour mon éducation et ma formation. Que dieu vous protège et vous garde à mes cotés.

A mes très chères frères Salim, Amine, Ali, Hamouche et Yousef qui ont toujours été là pour moi et qui m'ont transmis un magnifique modèle de labeur et de persévérance.

Je vous dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon adorable petite sœur Amina.

A ma très chère copine « Fahima », Que dieu te protège et te laisse a mes cotés. Et ouvre nos chemins vers du bonheur de joie et de prospérité.

A tous mes amis de l'ENSSMAC

A toutes les personnes qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de mon cursus.

AMMIALI Rabah

LISTE DES ACRONYMES

BEA : Bile-Esculine-Azide.

CEAEQ : Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec.

CF : Coliformes Fécaux.

COT : Carbone Organique Total.

CT : Coliformes Totaux.

DBO₅ : Demande Biochimique en Oxygène pendant 5 jours.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

DO : Densité Optique.

EDS : Eau Distillée Stérile.

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

EPA : Eau Peptonée Salée Alcaline.

GESAMP: Group of Experts on the Scientific Aspect of Marine Pollution.

GPS : Global Positioning System.

LEM : Laboratoire d'Etudes Maritimes.

MES: Matières en Suspension.

MOP : Matière Organique Particulaire.

NED: Naphtyle-Ethylène Diamine.

ISO: International Standard Organization.

PSU: Pratical Salinity Unit.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONM : Office National Météorologique.

PAC : Plan d'Aménagement Côtier.

pH : Potentiel d'Hydrogène.

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement.

SF : Streptocoques Fécaux.

SFUV : Spectro-Fluométrie Ultra-Violet.

SFB: Bouillon au Sélénite de Sodium et Cystéine.

TCBS: Thiosulfate-Citrate-Bile-Saccharose.

Tu : Turbidité.

WTW: Wissenschaftliche Technische Workstätten.

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Classification de la pollution marine.....	2
Figure I.2 : Apports au milieu littoral et impacts possibles.....	3
Figure I.3 : Structure de la <i>chlorophylle a</i>	8
Figure I.4 : Espèces chimiques majoritaires situées sur l'échelle d'oxydoréduction et réactions de transformation de l'azote dans l'environnement marin.....	11
Figure I.5 : Cycle simplifié des éléments nutritifs. Équilibre écologique.....	13
Figure II.1 : Situation géographique et localisation de la zone Sidi Fredj.....	17
Figure II.2 : Réseau hydrographique dans la baie de Bou-Ismaïl.....	19
Figure II.3 : Dérive littorale dans la zone de Sidi Fredj.....	22
Figure II.4 : Sédimentologie de la baie de Bou Ismail.....	22
Figure II.5 : Répartition sédimentologique de la baie d'El Djamila.....	23
Figure II.6 : Bathymétrie de la baie de Bou-Ismaïl.....	24
Figure II.7 : Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou-Ismaïl.....	24
Figure III.1 : Carte de positionnement des stations de prélèvement dans le littoral Est de Sidi Fredj (baie El Djamila).....	26
Figure III.2 : Carte de positionnement des stations de prélèvement dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.....	27
Figure III.3 : Courbe d'étalonnage des nitrites.....	39
Figure III.4 : Courbe d'étalonnage des nitrates.....	39
Figure.III.5 : Courbe d'étalonnage des orthophosphates.....	39
Figure.III.6 : Courbe d'étalonnage des silicates.....	39
Figure.III.7 : Technique de dénombrement des Coliformes Totaux, Fécaux et Staphylocoques.....	43
Figure.III.8 : Technique de dénombrement des Streptocoques fécaux.....	44
Figure.III.9 : Technique de recherche des salmonelles.....	45
Figure.III.10 : Technique d'identification des salmonelles.....	46
Figure.III.11 : Technique de recherche des vibrions.....	47
Figure III.12 : Technique d'identification des vibrions.....	48
Figure IV.1 : Histogramme de variation des températures du littoral Est de Sidi Fredj.....	49
Figure IV.2 : Courbe de variation des températures du littoral Est de Sidi Fredj.....	49
Figure IV.3 : Histogramme de variation des températures du littoral Ouest de Sidi Fredj.....	50
Figure IV.4 : Courbe de variation des températures du littoral Ouest de Sidi Fredj.....	50
Figure IV.5 : Carte de répartition spatiale des températures du littoral Est de Sidi Fredj.....	50
Figure IV.6 : Carte de répartition spatiale des températures du littoral Ouest de Sidi Fredj.....	51
Figure IV.7 : Histogramme de variation de la salinité dans le littoral Est de Sidi Fredj.....	51

Figure IV.8 : Courbe de variation de la salinité dans le littoral Est de Sidi Fredj.....	51
Figure IV.9 : Histogramme de variation de la salinité dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.....	52
Figure IV.10 : Courbe de variation de la salinité dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.....	52
Figure IV.11 : Carte de répartition spatiale de la salinité dans le littoral Est de Sidi Fredj.....	52
Figure IV.12 : Carte de variation spatiale de la salinité dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.....	53
Figure IV.13 : Variation temporelle de la salinité dans la zone de Sidi Fredj.....	53
Figure IV.14 : Histogramme de variation de la conductivité du littoral Est de Sidi Fredj.....	54
Figure IV.15 : Courbe de variation de la conductivité du littoral Est de Sidi Fredj.....	54
Figure IV.16 : Histogramme de variation de la conductivité du littoral Ouest de Sidi Fredj.....	54
Figure IV.17 : Courbe de variation de la conductivité du littoral Ouest de Sidi Fredj.....	54
Figure IV.18 : Carte de répartition spatiale de la conductivité du littoral Est de Sidi Fredj.....	55
Figure IV.19 : Carte de répartition spatiale de la conductivité du littoral Ouest de Sidi Fredj.....	55
Figure IV.20 : Variation temporelle de la conductivité dans la zone de Sidi Fredj.....	56
Figure IV.21 : Histogramme de variation des teneurs en oxygène dissous dans le littoral Est de Sidi Fredj.....	57
Figure IV.22 : Courbe de variation des teneurs en oxygène dissous dans le littoral Est de Sidi Fredj.....	57
Figure IV.23 : Histogramme de variation des teneurs en oxygène dissous dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.	57
Figure IV.24 : Courbe de variation des teneurs en oxygène dissous dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.....	57
Figure IV.25 : Carte de répartition spatiale des teneurs en oxygène dissous dans le littoral Est de Sidi Fredj.....	57
Figure IV.26 : Carte de répartition spatiale des teneurs en oxygène dissous dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.	58
Figure IV.27 : Variation temporelle des teneurs en oxygène dissous dans la zone de Sidi Fredj.....	59
Figure IV.28 : Histogramme de variation du pH dans le littoral Est de Sidi Fredj.....	59
Figure IV.29 : Courbe de variation du pH dans le littoral Est de Sidi Fredj.....	59
Figure IV.30 : Histogramme de variation du pH dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.....	60
Figure IV.31 : Courbe de variation du pH dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.....	60
Figure IV.32 : Carte de répartition spatiale du pH du littoral Est de Sidi Fredj.....	60
Figure IV.33 : Carte de répartition spatiale du pH du littoral Ouest de Sidi Fredj.....	61
Figure IV.34 : Variation temporelle du pH dans la zone de Sidi Fredj.....	61
Figure IV.35 : Histogramme de variation de la MES dans le littoral Est de Sidi Fredj.....	63
Figure IV.36 : Courbe de variation de la MES dans le littoral Est de Sidi Fredj.....	63

Figure IV.37 : Histogramme de variation de la MES dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.....	63
Figure IV.38 : Courbe de variation de la MES dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.....	63
Figure IV.39 : Carte de répartition spatiale de la MES du littoral Est de Sidi Fredj.....	63
Figure IV.40 : Carte de répartition spatiale de la MES du littoral Ouest de Sidi Fredj.....	64
Figure IV.41 : Histogramme de variation de la MOP dans les eaux du littoral Est de Sidi Fredj.	65
Figure IV.42 : Courbe de variation de la MOP dans les eaux du littoral Est de Sidi Fredj.....	65
Figure IV.43 : Histogramme de variation de la MOP dans les eaux du littoral Ouest de Sidi Fredj.....	65
Figure IV.44 : Courbe de variation de la MOP dans les eaux du littoral Ouest de Sidi Fredj.....	65
Figure IV.45 : Carte de répartition spatiale de la MOP dans les eaux du littoral Est de Sidi Fredj.	66
Figure IV.46 : Carte de répartition spatiale de la MOP dans les eaux du littoral Ouest de Sidi Fredj	66
Figure IV.47 : Histogramme de variation de la MOP dans les sédiments du littoral Est de Sidi Fredj.....	67
Figure IV.48 : Courbe de variation de la MOP dans les sédiments du littoral Ouest de Sidi Fredj.	67
Figure IV.49 : Histogramme de variation de la DCO dans le littoral Est de Sidi Fredj.....	67
Figure IV.50 : Courbe de variation de la DCO dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.....	67
Figure IV.51 : Histogramme de variation de la <i>chlorophylle a</i> dans le littoral Est de Sidi Fredj.....	68
Figure IV.52 : Histogramme de variation de la <i>chlorophylle a</i> dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.	68
Figure IV.53 : Histogramme de variation des nitrates dans le littoral Est de Sidi Fredj.....	69
Figure IV.54 : Histogramme de variation des nitrates dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.....	69
Figure IV.55 : Variation temporelle des nitrates dans la zone de Sidi Fredj.....	70
Figure IV.56 : Histogramme de variation des nitrites dans le littoral Est de Sidi Fredj.....	71
Figure IV.57 : Histogramme de variation des nitrites dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.....	71
Figure IV.58 : Variation temporelle des nitrites dans la zone de Sidi Fredj.....	72
Figure IV.59 : Histogramme de variation des orthophosphates dans le littoral Est de Sidi Fredj.	73
Figure IV.60 : Histogramme de variation des orthophosphates dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.....	73
Figure IV.61 : Variation temporelle de la concentration des orthophosphates la zone de Sidi Fredj.....	73

Figure IV.62 : Histogramme de variation de la silice dans le littoral Est de Sidi Fredj.....	74
Figure IV.63 : Histogramme de variation de la silice en ($\mu\text{mol/l}$) dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.....	74
Figure IV.64 : Histogramme de variation des coliformes totaux dans du littoral Ouest de Sidi Fredj.....	75
Figure IV.65 : Carte de répartition spatiale de coliformes totaux du littoral Ouest de Sidi Fredj.....	76
Figure IV.66 : Histogramme de variation des coliformes fécaux dans la plage Ouest de Sidi Fredj.....	77
Figure IV.67 : Carte de répartition spatiale de coliformes fécaux du littoral Ouest de Sidi Fredj.....	77
Figure IV.68 : Histogramme des streptocoques fécaux du littoral Ouest de Sidi Fredj.....	78
Figure IV.69 : Carte de répartition spatiale des streptocoques fécaux du littoral Ouest de.....	79
Figure IV.70 : Histogramme de variation des Staphylocoques dans le Littoral Ouest de Sidi Fredj.....	79
Figure IV.71 : Carte de variation spatiale de sthaphylocoques du littoral Ouest de Sidi Fredj.....	80

LISTE DES PHOTOS

Photo III.1 : Flacons de prélèvement d'eau de mer.....	28
Photo III.2 : pH-mètre de terrain de marque « WTW ».....	29
Photo III.3 : Conductimètre de terrain « WTW » de type « Cond 197i ».....	29
Photo III.4 : Oxymètre de terrain de marque « Oxi/ WTW 197i ».....	30
Photo III.5 : Benne inoxydable de type « Van Veen ».....	30
Photo III.6 : Dessiccateur.....	31
Photo III.7 : Pompe de filtration.....	31
Photo III.8 : Balance électrique.....	31
Photo III.9 : Four à moufle « CARBOLITE OWF .1200 ».....	33
Photo III.10 : Etuve de marque « WTC binder ».....	33
Photo III.11 : Agitateur de marque « Heidolph ».....	34
Photo III.12 : Centrifugeuse de marque « Hettich ZENTRIFUGEN ».....	34
Photo III.13 : Tube+filtre+méthanol.....	34
Photo III.14 : Spectrophotomètre à fluorescence de type « Hitachi ».....	35
Photo III.15 : Spectrophotomètre.....	37
Photo III.16 : Dispositif de filtration sur membrane.....	40

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1 : Tableau de Fréquence en pourcentage d'apparition de la houle dominante....	21
--	----

Tableau IV.1 : Tableau des valeurs moyennes, maximales, minimales et écart-types des paramètres physico-chimiques du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj.....	49
Tableau IV.2 : Tableau des valeurs moyennes, maximales, minimales et écart-types des paramètres indicateurs de pollution du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj.....	62
Tableau IV.3 : Tableau des valeurs moyennes, maximales, minimales et écart-types du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj.....	69
Tableau IV.4 : Tableau des résultats des paramètres bactériologiques du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj.....	75

Sommaire

SOMMAIRE

Introduction	1
---------------------------	---

Chapitre I: Généralités

I. Pollution marine	2
I.1. Définition de la pollution marine.....	2
I.2. Les différents types de pollution	2
I.3. Impacts de la pollution sur l'environnement.....	3
II. Les paramètres physico-chimiques	3
II.1. Température (T).....	3
II.2. Salinité (S)	4
II.3. Oxygène dissous (OD).....	4
II.4. Potentiel d'hydrogène (pH)	5
II.5. Conductivité électrique (C)	5
II.6. Transparence de l'eau	6
III. Les paramètres indicateurs de pollution	6
III.1. Turbidité (Tu).....	6
III.2. Matières en suspension (MES).....	6
III.3. Matière organique particulaire (MOP).....	6
III.4. La demande chimique en oxygène (DCO).....	7
III.5. La demande biochimique en oxygène (DBO ₅).....	7
III.6. Carbone organique total (COT).....	7
IV. La production primaire	7
IV.1. La <i>chlorophylle a</i>	8
V. Les sels nutritifs	9
V.1. Notion des éléments nutritifs.....	9
V.2. Origine des sels nutritifs.....	9
V.3. Les différentes formes des sels nutritifs.....	9
V.3.1. Azote (N).....	9
V.3.1.1. Les nitrates (NO ₃ ⁻).....	9
V.3.1.2. Les nitrites (NO ₂ ⁻).....	10
V.3.1.3. Azote ammoniacal (NH ₄ ⁺).....	10
V.3.2. Le phosphore (P).....	11
V.3.3. La silice dissoute (Si).....	12
V.4. Le cycle biogéochimique des sels nutritifs.....	12
V.5. Sels nutritifs et le rapport de Redfield.....	13
VI. Paramètres microbiologiques	14

VI.1. Germes indicateurs de contamination fécale.....	14
VI.1.1. Les coliformes totaux (CT).....	14
VI.1.2. Les coliformes fécaux ou thermotolérants (CF).....	14
VI.1.3. Les streptocoques fécaux (SF).....	14
VI.2. Germes pathogènes	15
VI.2.1. Les salmonelles.....	15
VI.2.2. Les vibrions.....	15

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

I. La zone de Sidi Fredj.....	16
I.1. Situation géographique.....	16
I.2. Cadre géologique.....	16
I.3. Présentation du site d'étude.....	18
I.3.1. Plage Ouest de Sidi Fredj.....	18
I.3.2. Plage de Thalassothérapie.....	18
I.3.3. Le port de Sidi Fredj.....	18
I.3.4. Plage Est de Sidi Fredj.....	18
II. Les facteurs hydrodynamiques.....	19
II.1. Réseau hydrographique.....	19
II.2. Température et précipitation.....	20
II.2.1. La température.....	20
II.2.2. Précipitation.....	20
II.3. Les Vents.....	20
II.4. Les courants.....	20
II.4.1. Les courants côtiers.....	21
II.5. La houle.....	21
II.6. La dérive littorale.....	21
II.7. La couverture sédimentaire.....	22
III. Nature des fonds.....	23
IV. Sources de pollution.....	24

Chapitre III : Matériels et méthodes

I. Travaux effectués en mer et paramètres mesurés.....	25
I.1. Choix et localisation des stations.....	25
I.1.1. Sorties en mer.....	25
I.1.2. Positionnement des stations de prélèvement.....	26
I.1.3. Conditionnement des moyens de prélèvement.....	27
I.1.3.1. Les flacons.....	27
I.1.3.2. Les filtres.....	28
I.1.3.3. Matériels de prélèvement.....	28

I.1.4. Prélèvement d'eau de mer et mesures in-situ	28
I.1.4.1. La température.....	28
I.1.4.2. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	29
I.1.4.3. La salinité et la conductivité.....	29
I.1.4.4. L'oxygène dissous (OD).....	29
I.1.5. Prélèvement du sédiment.....	30
II. Travaux effectués au laboratoire	30
II.1. Paramètres physico-chimiques et indicateurs de pollution	30
II.1.1. Mesure de la Matière En Suspension (MES).....	30
II.1.1.1. Matériels	31
II.1.1.2. Mode opératoire.....	31
II.1.2. Matière Organique Particulaire (MOP).....	32
II.1.2.1. Analyse de l'eau.....	32
II.1.2.2. Analyse des sédiments.....	32
II.1.3. Dosage de la <i>chlorophylle a</i> par fluorimétrie.....	33
II.1.3.1. Principe de la méthode de dosage (SFUV).....	33
II.1.3.2. Appareillage.....	33
II.1.3.3. Mode opératoire	34
II.1.3.4. Calcul des concentrations.....	35
II.1.4. Demande chimique en oxygène (DCO)	36
II.1.4.1. Préparation des réactifs	36
II.1.4.2. Mode opératoire	36
II.1.4.3. Calcul et expression des résultats	36
II.2. Analyse des sels nutritifs	36
II.2.1. Méthode d'analyse	37
II.2.2. Principe de dosage des sels nutritifs dans l'eau	37
II.2.2.1. Principe de dosage de l'azote Nitreux (NO_2^-)	38
II.2.2.2. Principe de dosage de l'azote Nitrique (NO_3^-)	38
II.2.2.3. Principe de dosage des phosphates (PO_4^{-3})	38
II.2.2.4. Principe de dosage de silicates (SiO_2^-)	39
II.2.3. Etalonnage.....	39
II.2.3.1. Droites d'étalonnage.....	39
II.3. Analyse microbiologique	40
II.3.1. Analyse bactériologique dans l'eau de mer	40
II.3.1.1. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale.....	40
II.3.1.2. Recherche des germes pathogènes (Salmonelles et les Vibrions).....	42
II.3.1.3. Identification par la méthode des galeries API.....	42

Chapitre IV : Résultats et discussions

I. Paramètres physico-chimiques	49
I.1. La température.....	49
I.1.1. Analyse spatiale.....	49

I.2. La salinité.....	51
I.2.1. Analyse spatiale.....	51
I.2.2. Analyse temporelle.....	53
I.3. La conductivité.....	54
I.3.1. Analyse spatiale.....	54
I.3.2. Analyse temporelle.....	56
I.4. L'oxygène dissous	56
I.4.1. Analyse spatiale.....	56
I.4.2. Analyse temporelle.....	58
I.5. Le potentiel hydrogène	59
I.5.1. Analyse spatiale.....	59
I.4.2. Analyse temporelle.....	61
II. Paramètres indicateurs de pollution.....	62
II.1. La matière en suspension(MES).....	62
II.2. Matière organique particulaire dans l'eau.....	64
II.3. La matière organique particulaire dans le sédiment	66
II.4. La demande chimique en oxygène (DCO).....	67
II.5. La chlorophylle.....	68
III. Les sels nutritifs.....	68
III.1. Les nitrates (NO_3^-).....	69
III.1.1. Analyse spatiale	69
III.1.2. Analyse temporelle	70
III.2. Les nitrites (NO_2^-).....	70
III.2.1. Analyse spatiale.....	70
III.2.2. Analyse temporelle.....	71
III.3. Les orthophosphates (PO_4^{3-}).....	72
III.3.1. Analyse spatiale.....	72
III.3.2. Analyse temporelle	73
III.4. Les silicates.....	74
III.4.1. Analyse spatiale.....	74
IV. Les paramètres bactériologiques.....	75
IV.1. Les coliformes totaux.....	75
IV.2. Les coliformes Féaux.....	76
IV.3. Les streptocoques fécaux.....	78
IV.4. Les staphylocoques.....	79
Conclusion.....	81
Références bibliographiques	
Annexes	

Introduction

La pollution marine résulte de tous les produits rejetés dans les mers et les océans en conséquence de l'activité humaine. Cette pollution arrive dans le milieu marin par le vecteur des voies fluviales, des vents et de l'air en basse altitude où est directement rejetée à la mer. La notion de « **pollution marine** » englobe celle de pollution de l'eau, mais aussi celle des sédiments marins, et plus généralement toutes les atteintes aux écosystèmes marins causées par des rejets de substances nuisibles par leur impacts, quelles que soient leur nature ou quantité.

Dans cette étude nous allons s'intéresser à la zone de Sidi Fredj, qui est une zone littorale sensible, dont les principales sources de pollution sont d'origine des eaux usées domestique provenant des habitants de cette zone.

En période estivale, la zone de Sidi Fredj est très fréquentée, cette fréquentation provoque une pollution des eaux de ses plages, ce qui conduit par la suite à des maladies.

Dans ce fait, l'objectif principal de notre étude est d'évaluer la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux et des sédiments de la zone de Sidi Fredj. Dans le but d'atteindre cet objectif, notre mémoire est subdivisé en quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacré pour la synthèse bibliographique qui concerne la pollution marine, les paramètres physico-chimiques, les indicateurs de la pollution, les sels nutritifs, et les paramètres microbiologiques.
- Le second chapitre porte sur la présentation générale du site d'étude, Les facteurs hydrodynamiques, Nature des fonds, Sources de pollution déversée dans cette zone.
- Le troisième chapitre a abordé le matériel utilisé et les méthodes appliquées dans les différentes analyses.
- Le quatrième chapitre est consacré pour l'interprétation des résultats et les données obtenues.
- Enfin, à base des résultats que nous allons obtenir, nous clôturons ce mémoire avec une conclusion générale sur la qualité des eaux et des sédiments de la zone de Sidi Fredj.

Chapitre 1

Généralités

I. Pollution marine

I.1. Définition de la pollution marine

Le terme de pollution marine est défini comme étant : « l'introduction par l'homme dans le milieu marin, y compris les estuaires directement ou indirectement des substances ou d'énergie pouvant entraîner des effets délétères tels que dommage aux ressources biologiques, danger pour la santé humaine, entraves aux activités maritimes (pêche), diminution de la qualité de l'eau de point de vue son utilisation et réduction de possibilités offertes dans le domaine des loisirs ». (GESAMP, 1993)

I.2. Les différents types de pollution

Il existe deux principaux critères (source et nature) utilisés pour classer les polluants en milieu marin. (Figure I.1)

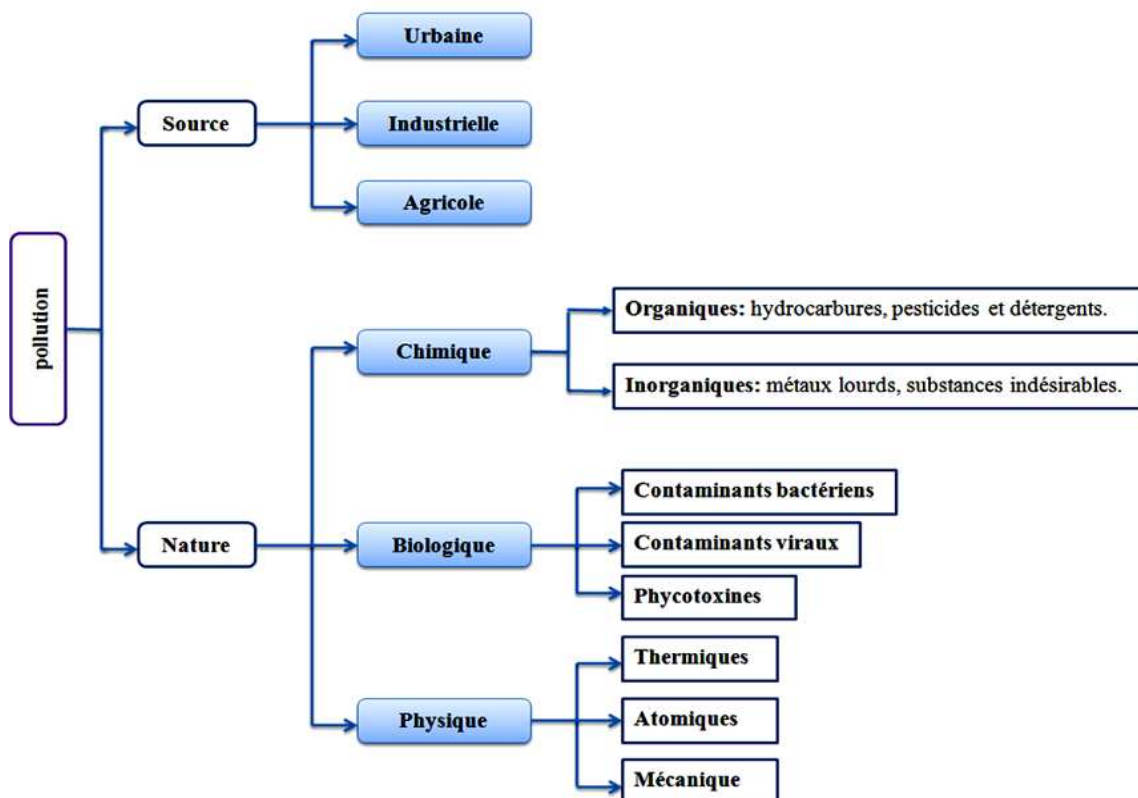


Figure I.1 : Classification de la pollution marine (Galaf et Ghannam, 2003).

I.3. Impacts de la pollution sur l'environnement

La pollution marine peut avoir plusieurs impacts néfastes sur le milieu marin qui dépend des apports d'éléments continentaux. (Figure I.2)

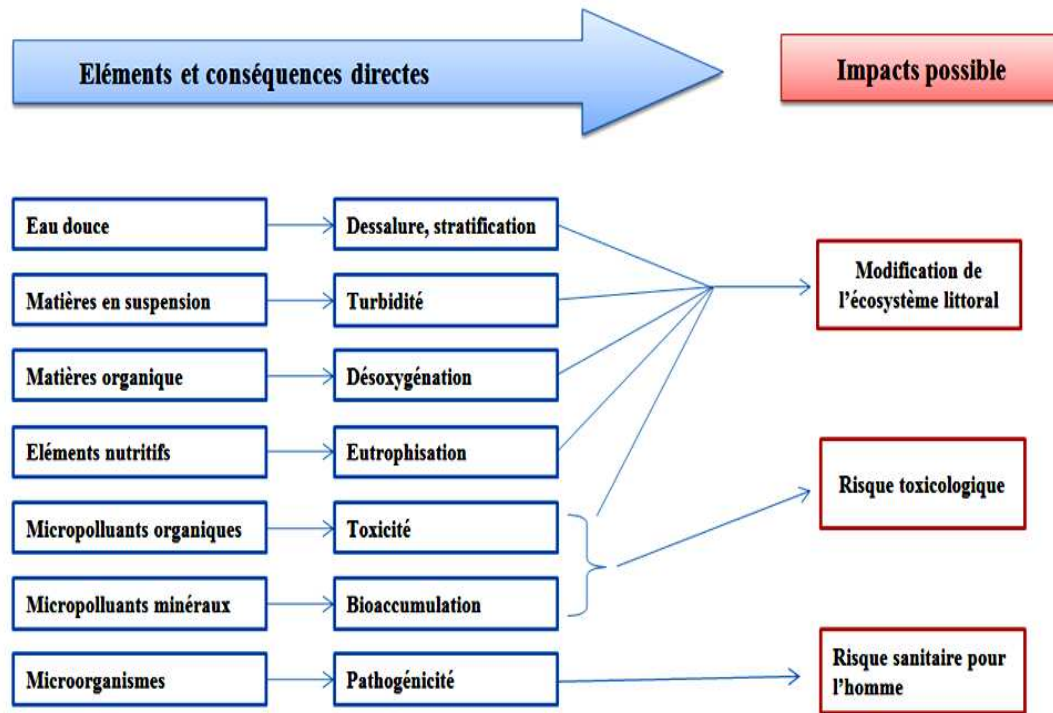


Figure I.2 : Apports au milieu littoral et impacts possibles (Equinox, 1990).

II. Les paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques varient en fonction de plusieurs facteurs tels que la latitude, la longitude, des saisons et la profondeur. Ces paramètres sont mesurés in-situ.

II.1. Température (T)

La température est une caractéristique physique, qui joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz, et dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels.

Elle décroît de la surface vers le fond, elle varie en fonction des autres descripteurs physico-chimiques, telle que la pression. Dans les eaux de surface, sa variation dépend essentiellement des phénomènes climatiques. (Aminot et Chausse-Pied, 1983)

La mesure de la température est indispensable pour le traitement ou l'interprétation d'autres paramètres tel que: la saturation des gaz dissous et la mesure du pH (Aminot et Kérouel, 2004). Dans le cas d'une élévation de température, le milieu peut être perturbé, même peut induire une pollution thermique. (Gaujous, 1995)

II.2. Salinité (S) (Practical Salinity Unit)

La salinité est une propriété de l'eau de mer qui est fondamentale à l'étude du milieu marin, elle permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eaux d'origines différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte ou dans les estuaires (Aminot et Kérouel, 2004). Elle correspond à la teneur en sels dissous de l'eau de mer, elle peut être mesurée et exprimée de différentes manières suivant que l'on considère l'ensemble des corps ; ou seulement les sels dominants (Rodier, 1996). Le symbole utilisé pour exprimer la salinité est : S (‰)

$$S (\text{‰}) = 1,805 \times Cl (\text{‰}) + 0,030 \quad (1)$$

Cl (‰) : la chlorinité (c'est la masse d'halogénures, exprimée en g de chlorure, obtenue à partir de 1 Kg d'eau de mer).

II.3. Oxygène dissous (OD)

L'oxygène moléculaire dissous est un paramètre physique important, qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques.

La concentration en oxygène dissous est la résultante des facteurs :

- Physiques (température, échange air-mer et la salinité) ;
- Chimiques (oxydation chimique) ;
- Biologiques (photosynthèse, respiration et régénération). (Rodier, 2005)

La concentration de l'oxygène de l'eau est influencée par des processus biologiques, qui permettent soit :

- La saturation dans les zones eutrophes (accroissement important du phytoplancton).
- Soit la sous-saturation de l'eau dans les zones riches en matières carbonées dégradables par des micro-organismes (oxydation de la matière organique, nitrification de l'azote ammoniacal). (Aminot et Chausse-Pied, 1983)

La teneur en oxygène dissous dépend de :

- la température et de la salinité de l'eau
- la pression et de la température de l'air

Le déficit en oxygène est évalué par la teneur en matière oxydable. (Burns et Saliot, 1986)

II.4. Potentiel d'hydrogène (pH)

C'est un paramètre chimique caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu. Il résulte de la composition ionique de l'eau, et essentiellement de la présence des carbonates issus de l'échange de dioxyde de carbone (CO₂) à l'interface air-mer, ainsi que de la dissolution du calcaire. (Aminot et Kérouel, 2004)

En théorie, le *pH* est défini comme le cologarithme décimal de l'activité d'ion H⁺ (a). (Ramade, 2000)

$$\boxed{\text{pH} = - \log (a)} \quad (2)$$

pH : potentiel d'hydrogène

a : activité d'ion H⁺.

L'eau de mer est moins sensible aux variations du pH grâce à l'effet tampon des sels dissous, le pH en surface est proche de 8,1 et descend à 7,7 en eau profonde. (Aminot et Chausse-Pied, 1983)

En moyenne, le *pH* de l'eau de mer, voisin de 8,2 donc il tend vers un milieu basique. (Rodier, 2005)

II.5. Conductivité électrique (C)

La conductivité électrique peut être définie comme étant la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques. (Rodier, 2005)

La conductivité de l'eau de mer est très élevée en raison de la forte concentration en sels dissous (Aminot et Kérouel, 2004), elle permet d'évaluer la charge totale en électrolytes d'une eau. (Ramade, 2000)

II.6. Transparence de l'eau

La transparence de l'eau est un facteur important qui détermine l'intensité lumineuse pénétrante sous la surface, donc l'épaisseur de la couche photosynthétique productive, où s'élabore la matière vivante grâce à la photosynthèse. Il permet également une approche de la quantité de particules en suspension. (Aminot & Chausse-Pied, 1983)

III. Les paramètres indicateurs de pollution

Les paramètres indicateurs de pollution sont des paramètres à analyser au laboratoire après des prélèvements effectués en sortie.

III.1. Turbidité (Tu)

Son unité est « NTU ». Elle est définie comme étant "l'expression de la propriété optique qui fait que la lumière est dispersée et absorbée plutôt que transmise en ligne droite à travers un échantillon". (Halmann, 1996)

Elle est due à la présence des matières en suspension finement divisées : Argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. (Rodier, 1996)

III.2. Matières en suspension (MES)

D'après Ivanoff (1972), en plus des substances dissoutes, l'eau de mer contient des matières en suspension de toutes tailles et de toutes formes, minérales ou organiques, vivantes ou détritiques, de nature soit biogénique, soit éolien, soit météorique. Les matières en suspension dans les eaux de mer sont donc de dimensions très variables. Elles comportent tous les composés ayant un diamètre supérieur à 0.45 μm et elles peuvent être un indice de pollution. (Aminot et Chaussepied, 1983). Exprimée en (mg/l).

III.3. Matière organique particulaire (MOP)

Les facteurs physiques, biologiques et chimiques contrôlent l'activité biologique des espèces trophiques primaires de l'environnement marin.

La matière organique particulaire correspond à la fraction endogène, ce dernier est la matière organique produite par l'assimilation des nutriments par le phytoplancton lors de la photosynthèse.

Cette matière organique qui est facilement dégradable sera source d'énergie et de nutriments pour les microorganismes (bactéries, protozoaires). (Boulahdid, 1987)

Reste la fraction exogène formée par les débris des animaux et des végétaux, possède une certaine résistance à la dégradation bactérienne. Cette fraction est nécessaire au fonctionnement des cycles biogéochimiques par la régénération des sels nutritifs. (Aminot et Kérouel, 2004)

III.4. La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est exprimée en mg/l (Ramade, 2000). C'est la quantité d'oxygène consommée par voie chimique dans les conditions de l'essai pour assurer la dégradation des matières réductrices. On admet que la DCO est une mesure représentative de la charge organique d'une eau. (Le Pimpec et al, 2002)

Plus une eau est chargée de matières organiques, plus la demande en oxygène cédée par voie chimique est importante. (Rejsek, 2002)

III.5. La demande biochimique en oxygène (DBO₅)

C'est la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai, c'est-à-dire après l'incubation durant 5j, à 20°C et à l'obscurité, par certaines matières présentes dans l'eau, principalement pour assurer leur dégradation par voie biologique. (Rodier et al, 2005)

La DBO s'exprime en milligramme par litre (mg/l). (Ramade, 2000)

III.6. Carbone organique total (COT)

Le carbone organique est constitué d'une grande diversité de composés organiques à plusieurs états d'oxydation dont certains sont susceptibles d'être oxydés par des procédés chimiques ou biologiques. Sa détermination porte sur les composés organiques fixes ou volatils, naturels ou synthétiques, présents dans les eaux résiduaires (celluloses, sucres, huiles, etc.). (Rodier et al, 2005)

IV. La production primaire

La production primaire est synonyme de production autotrophe qui signifie la synthèse de matière organique à partir de matière minérale par l'activité photosynthétique ou chimiosynthétique, en transformant l'énergie lumineuse en énergie chimique potentielle stockée dans les composants organiques des tissus du vivant (Frontier et Pichod-Viale, 1998), elle est quantifiée en [g (C).m⁻².j⁻¹]

IV.1. La chlorophylle a

La chlorophylle est un composé chimique indispensable à la photosynthèse. Sa présence dans tous les organismes végétaux, associée à l'énergie solaire, lui permet de synthétiser ses propres matières organiques carbonées à partir du carbone minéral.

Dans les milieux aquatiques, les algues possèdent une diversité de pigments dont les plus importants sont les chlorophylles *a*, *b*, *c1*, *c2* et *d*.

La chlorophylle *a* est le pigment photosynthétique principal du phytoplancton (Figure I.3) qui est considéré comme étant un bon indicateur de la santé de l'océan et de son niveau de productivité et de la biomasse phytoplanctonique. (Aminot et Chaussepied, 1983)

La concentration de chlorophylle est utilisée pour l'estimation de la production primaire. (Eppley et Peterson, 1979)

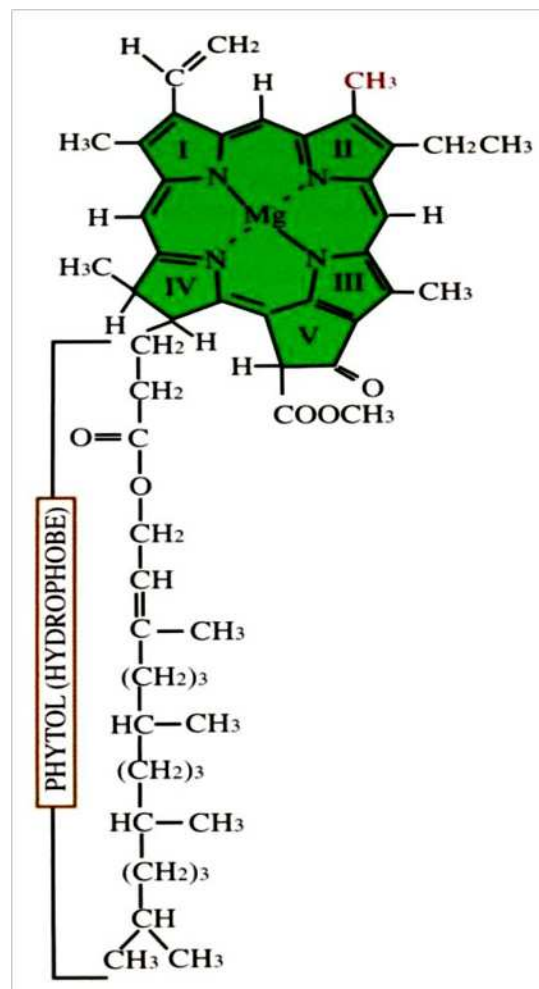


Figure I.3 : Structure de la *chlorophylle a*. (Meyer et al, 2004)

V. Les sels nutritifs

V.1. Notion des éléments nutritifs

Les éléments nutritifs (azote, phosphore, silicium) sont des descripteurs hydrologiques indispensables à l'étude ou à la caractérisation d'un écosystème marin. (Aminot et Kérouel, 2004)

Ils se présentent sous plusieurs formes minérales en solution (Aminot et Chausse-pied, 1983), et indispensables à la nutrition des organismes. (Aminot & Kérouel, 2004)

Ce sont des substances qui deviennent polluantes lorsque leurs concentrations dans le milieu aquatique augmentent pour arriver à des seuils alarmantes. (Levitus et al, 1993)

V.2. Origine des sels nutritifs

Les sels nutritifs, dans l'eau de mer ont plusieurs origines que nous pouvons regrouper en deux types de sources :

➤ **Source externe :**

Elle regroupe tous les apports continentaux déversant en mer, qu'ils soient par voie éolienne ou par voie fluviale ;

➤ **Source interne :**

Elle représente l'origine la plus importante, elle est assurée par des flux verticaux et leur régénération à partir de la matière organique issue de la photosynthèse effectuée par les organismes autotrophes dans la couche euphotique. (Levitus et al, 1993)

97% des sels nutritifs dans l'océan sont d'origine interne. (Boulaïdid, 1987)

V.3. Les différentes formes des sels nutritifs

V.3.1. Azote (N)

L'azote est un élément de grande importance dans les écosystèmes marins. Il est un constituant majeur des organismes vivants, et considéré ainsi comme le nutriment limitant la production primaire (Luc-Henri, 2007)

V.3.1.1. Les nitrates (NO_3^-)

C'est une forme chimique stable, elle entre dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton.

Leur concentration varie entre 0 $\mu\text{mole/l}$ à la surface et à plus de 45 $\mu\text{mole/l}$ dans les eaux profondes. Mais dans les estuaires, lorsque la salinité décroît par l'effet des apports terrigènes, leur concentration peut atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre. (Aminot & Chausse-Pied, 1983)

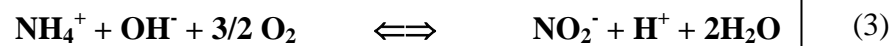
Les nitrates résultent de l'oxydation des nitrites uniquement. Cette réaction d'oxydation est exothermique ($\Delta G^\circ = -18 \text{ kcal}$). Cette oxydation est opérée par des bactéries (*Le Nitrobacter*), et on parle de **nitratation**.

V.3.1.2. Les nitrites (NO_2^-)

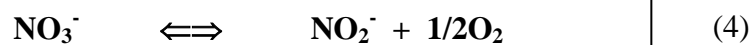
Dans le cycle de l'azote, les nitrites sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique qui sont de l'ordre de quelques micromoles par litre d'azote nitreux. (Aminot & Chausse-Pied,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

Les nitrites résultent de :

- l'oxydation de l'ammonium : Cette réaction est exothermique ($\Delta G^\circ = -59,4 \text{ Kcal}$). Cette oxydation est opérée par des bactéries (*Le Nitrosomonas*) et s'appelle la **nitrosation**.



- la réduction des nitrates dans les milieux anoxiques ou pauvres en oxygène dissous. Cette réduction est opérée par des bactéries anaérobiques, selon la réaction suivante :



- Les organismes, dans leurs excréments, rejettent aussi des nitrites.

V.3.1.3. Azote ammoniacal (NH_4^+)

L'ammonium dans l'eau de mer provient de la décomposition par les bactéries de l'azote organique (Ammonification) ou des rejets directs d'animaux (urines, excréments). Et aussi de la réduction des nitrates en ammonium qui se fait par un mécanisme bactérien en milieu anaérobique selon la réaction suivante :



La variation de la concentration de NH_4^+ est en fonction du lieu et de la saison, elle est de l'ordre de $1\ \mu\text{mol/l}$ en eaux côtières non polluées et en milieu océanique, et nulle dans les eaux profondes. Mais cette concentration augmente dans les estuaires sous l'influence des rejets urbains et/ou agricoles. (Aminot & Chausse-Pied, 1983)

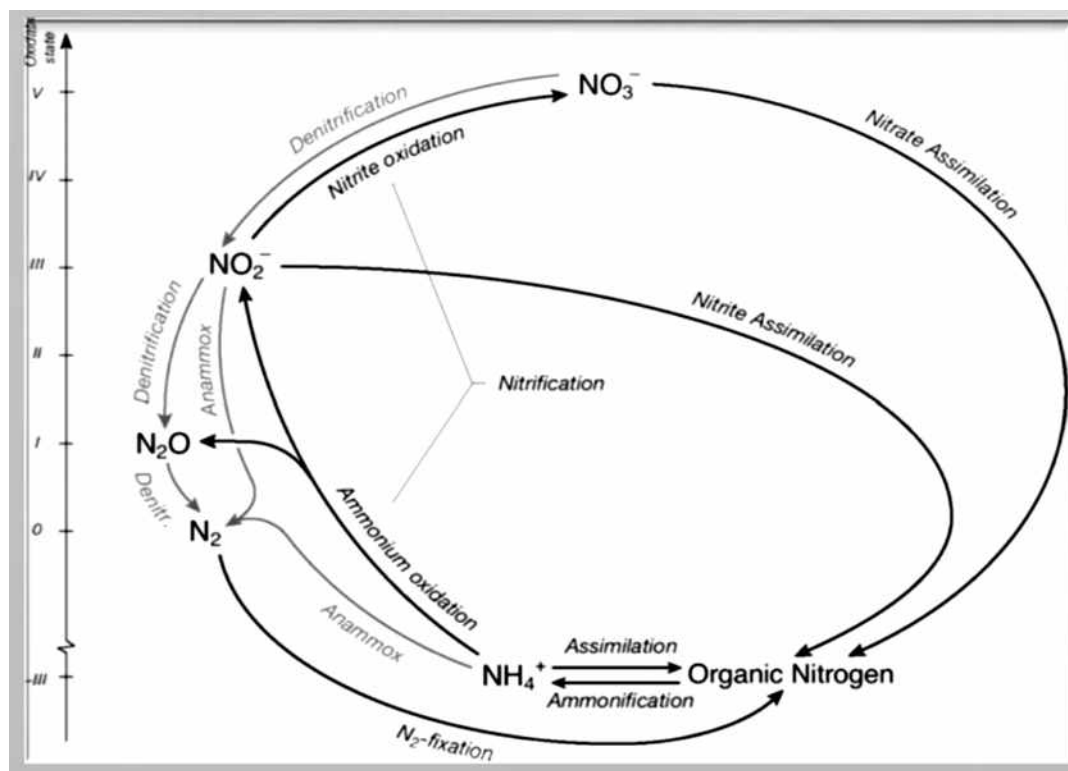


Figure I.4 : Espèces chimiques majoritaires situées sur l'échelle d'oxydoréduction et réactions de transformation de l'azote dans l'environnement marin (Copin –Montégut, 1996). Les processus symbolisés par les traits gris sont ceux se déroulant uniquement en milieu anoxique (Gruber, sous presse).

V.3.2. Le phosphore (P)

Dans l'eau de mer, le phosphore existe sous forme organique et inorganique, dissous et particulaire. Les Orthophosphates présentent la forme la plus abondante HPO_4^{2-} (90%), PO_4^{3-} (10 %) et (1%) de H_2PO_4^- (Aminot & Chausse-Pied, 1983).

A l'état d'équilibre, elles se trouvent avec des teneurs assez faibles en surface (0 à 1 $\mu\text{mol/l}$) à cause de leur consommation par le phytoplancton (bloom printanier). (Copin-Montégut, 1996)

V.3.3. La silice dissoute (Si)

Le silicium est un élément nutritif car il entre dans la composition des squelettes de certaines espèces phytoplanctoniques (diatomées, radiolaires,...etc.) (Aminot & Chaussepied, 1983). A pH moyen de l'eau de mer (~ 8.2), les formes majoritaires dissoutes dans l'eau de mer étant à (95%) Si(OH)_4 et (5%) de Si(OH)_3^- . (Aminot & Kérouel, 2004)

Les silicates sont régénérés à différentes vitesses et par différents processus, et à présent, il y a toujours une incertitude sur les facteurs qui contrôlent le budget marin des silicates. (Jacques & Tréguer, 1986)

V.4. Le cycle biogéochimique des sels nutritifs

Dans un écosystème naturel, les nutriments sont consommés sous forme minérale dissoute par les producteurs primaires, majoritairement constitués par des algues unicellulaires (le phytoplancton). Intégrés dans la biomasse (assimilés), ils permettent la multiplication du nombre de cellules. Les nutriments passent ainsi sous forme organique particulaire.

Les nutriments organiques sont ensuite progressivement régénérés sous leur forme minérale originelle,

- Soit par le biais de leur ingestion puis de leur excrétion par les différents échelons animaux de la chaîne alimentaire,
- Soit, à la mort de la biomasse, par suite de la dégradation directe par les bactéries hétérotrophes. C'est le cycle des éléments nutritifs.

Ce cycle fonctionne grâce à plusieurs processus qui selon les conditions environnementales, peuvent se dérouler plus ou moins simultanément ou se succéder. (Aminot & Kérouel, 2004)

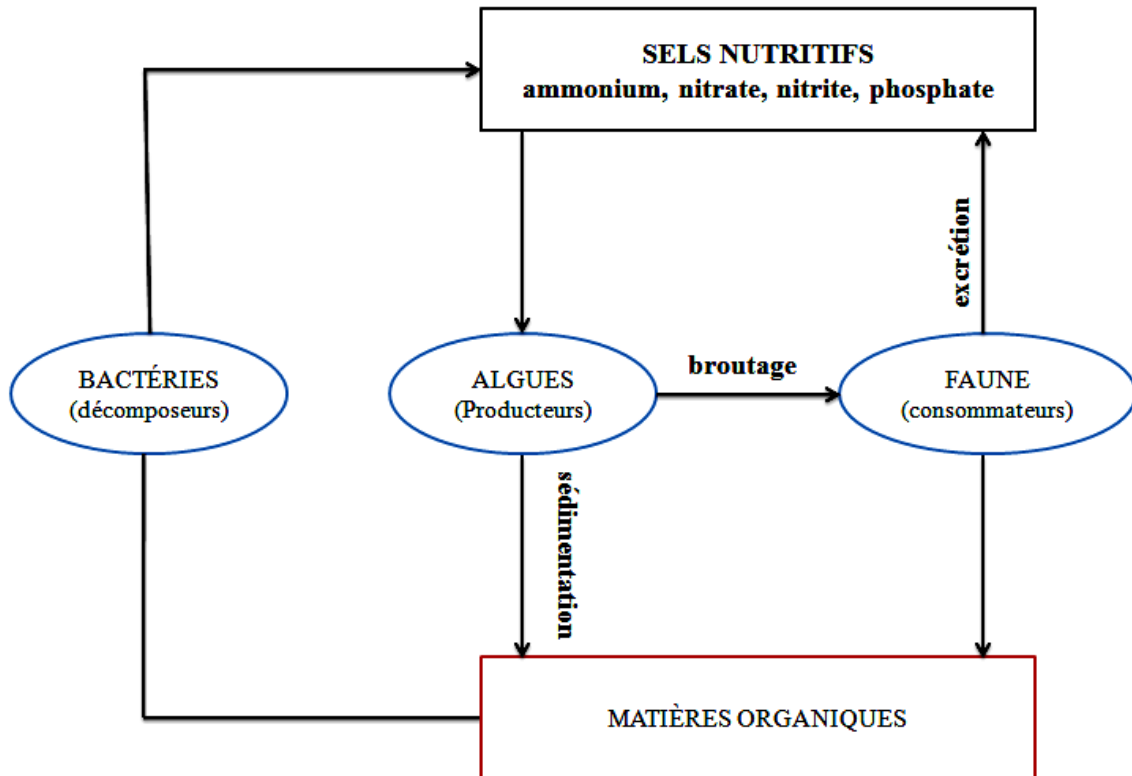


Figure I.5 : Cycle simplifié des éléments nutritifs. Équilibre écologique. (Lacaze, 1996)

V.5. Sels nutritifs et le rapport de Redfield

L'assimilation des composants nutritifs et leur régénération à partir du matériel biogénique se font dans des proportions bien déterminées appelés communément rapport biogéochimique de Redfield. Après plusieurs travaux, Redfield (1934) et Redfield et al (1963) (in Boulahdid, 1987).

Ils ont proposé les rapports suivants par l'analyse de la composition chimique de la matière organique :

$$\boxed{\text{P/N/C/O}_2 = 1/16/106/138.} \quad (6)$$

Ils ont également montré que cette composition de la matière organique influençait la composition en C/N/P des eaux dans lesquelles ces organismes marins vivent, puisque la source principale des sels nutritifs dans l'océan global est le recyclage interne.

Ce rapport varie avec les saisons et selon les régions et décroît avec la profondeur (Minster et Boulahdid, 1987).

VI. Paramètres microbiologiques

VI.1. Germes indicateurs de contamination fécale

VI.1.1. Les coliformes totaux (CT)

Selon la définition (ISO), le terme « coliforme » ce sont des bacilles à Gram négatif, non sporulant, anaérobie facultatif, oxydase négative. Ils peuvent croître en présence des sels biliaries et sont capables de fermenter le lactose et le mannitol avec production de gaz en 48 heures, à des températures de 35 à 37°C.

Les coliformes totaux constituent un groupe de bactéries très hétérogènes, le plus souvent présents en grand nombre dans les excréments animaux et humains mais dont certaines espèces ne sont pas nécessairement liées à la flore intestinale humaine ou animale et peuvent proliférer dans les sols ou dans les milieux aquatiques. (CEAEQ, 2005.a)

Les coliformes comprennent les genres *Echerichia*, *Citrobacter*, *Entérobacter*, *Klébsiella*, *Yersinia*, *Serratia*, *Rahnella*, et *Buttiauxella* (Rodier et al, 1996). Ils sont présents en très grand nombre dans l'intestin et les selles de l'homme (Goujaus, 1995). De nombreux coliformes ne sont pas dangereux du point de vue sanitaire sauf en cas de prolifération extrêmement abondante ou de réceptivité particulière de consommateur. (Guiraud, 1998)

VI.1.2. Les coliformes fécaux ou thermotolérants (CF)

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est '*Escherichia coli* et dans une moindre mesure, certaines espèces des genres : *Citrobacter freundii*, *Entérobacter aerogenes*, *Klebsiella pneumoniae* (CEAEQ, 2005.b). Un très grand nombre de coliformes thermotolérants vivent en abondance dans les matières fécales des animaux à sang chaud, ils constituent de très bons indicateurs de pollution d'origine fécale. Leur densité est proportionnelle au degré de la pollution et leur suivie dans l'environnement est également équivalente à celle des pathogènes (Rodier et al, 2005). Leur présence est le témoin d'une contamination fécale qui rend l'eau impropre à la consommation. (Béraud, 2004)

VI.1.3. Les streptocoques fécaux (SF)

Le terme « streptocoques fécaux » regroupe toutes les bactéries à Gram positif de forme cocci sphériques légèrement ovales, catalase négative (PNUE/OMS, 1977). C'est

l'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide tiechoïque) antigénique caractéristique du groupe D de Lancefield tels que: *Enterococcus faecalis*, *E.faecium*, *E.durans*, *E.hirae*, *Streptococcus peals*, *S.suis* et *S. equinus* (Rodier et al, 2005). Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chainettes (Leclerc et al, 1995). Ils sont les témoins de contamination fécale sensibles, spécifiques et assez résistants (y compris en milieu salé). Ils n'ont pas de pouvoir pathogène important. (Gaujous, 1995)

VI.2. Germes pathogènes

VI.2.1. Les salmonelles

Les *Salmonella* sont des Entérobactéries bacilles, asporulées, Gram-, mobiles grâce à une ciliature péritriche, oxydase-, aéro-anaérobies facultatives, lactose-, β -galactosidase-, uréase -, indole-, H₂S+, citrate+ (Guiraud,1998), habituellement mobiles grâce à des flagelles péritriches 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. (Bourgeois, 1990)

VI.2.2. Les vibrions

La famille des *Vibrionaceae* est composée des genres: *Vibrio*, *Photobacterium*, *Listonella* et *Shewanella*. Le genre *Vibrio* constitue un groupe bactérien composé de bacilles Gram-, non sporulés, droit ou incurvés. Toutes les espèces sont mobiles, aéroanaérobies facultatives, utilisant les glucides par voie fermentative sans production de gaz et présentant une réaction à l'oxydase positive (sauf pour *V.metschnikovii* et *V. gazogènes*) (Béraud, 2004). Ils sont catalase+, généralement nitrate réductase+. Leur température optimale de croissance est comprise entre 20 et 30°C pour les saprophytes et proche de 37°C pour les pathogènes. (Guiraud, 1998). Les *Vibrio* se cultivent à pH alcalin (8,6 à 9) (Béraud, 2004). La plupart des vibrions sont d'origine marine, ils ne se multiplient qu'en présence de NaCl. On distingue une trentaine d'espèces différentes, les plus importantes qui sont réputées pathogènes pour l'homme sont : *V. parahaemolyticus*, *V. cholerae* et *V. vulnificus*. (Singleton et Sainsbury, 1984)

Chapitre 2

Zone d'étude

I. La zone de Sidi Fredj

I.1. Situation géographique

La zone de Sidi Fredj est considérée comme une presqu'île, elle se situe à une vingtaine de kilomètres à l'ouest d'Alger. C'est une localité étendue sur un kilomètre au bord de la mer, orientée vers le Nord Ouest, elle forme le cap Est de la baie de Bou-Ismaïl et la limite Ouest de la baie d'El Djamila.

De point de vue administratif, elle appartient à la commune de Staouéli, daïra de Zéralda et Wilaya d'Alger.

C'est un promontoire rocheux en saillie par rapport aux côtes sableuses limitrophes caractérisées par deux pointes :

- La pointe de Marabout à l'Est où se situe le port de plaisance de Sidi Fredj.
- La pointe de Saint- janvier à l'Ouest à la limite de la baie d'El Djamila.

Le port de Sidi-Fredj est implanté dans l'Anse Est de la presqu'île, Il s'intègre dans le complexe touristique, le tout formant l'une des plus grandes stations balnéaires algériennes à vocation touristique, fréquentée le long de l'année par de nombreux touristes.

Elle se situe entre **2°50'48'' Est** de longitude et **36°45'17'' Nord** de latitude jusqu'à **2°50'41'' Est** de longitude et **36° 45' 06'' Nord** de latitude.

I.2. Cadre géologique

La presqu'île de Sidi-Fredj est caractérisée par deux ensembles :

- Le socle dont les affleurements sont considérés comme une partie du massif d'Alger qui est formé par des roches métamorphiques (gneiss, micaschistes et calcaires métamorphiques. ([Degiovanni, 1973](#)))
- Les formations sédimentaires déposées au dessus du socle sont d'âge pliocène, calabrien et en fin quaternaire.

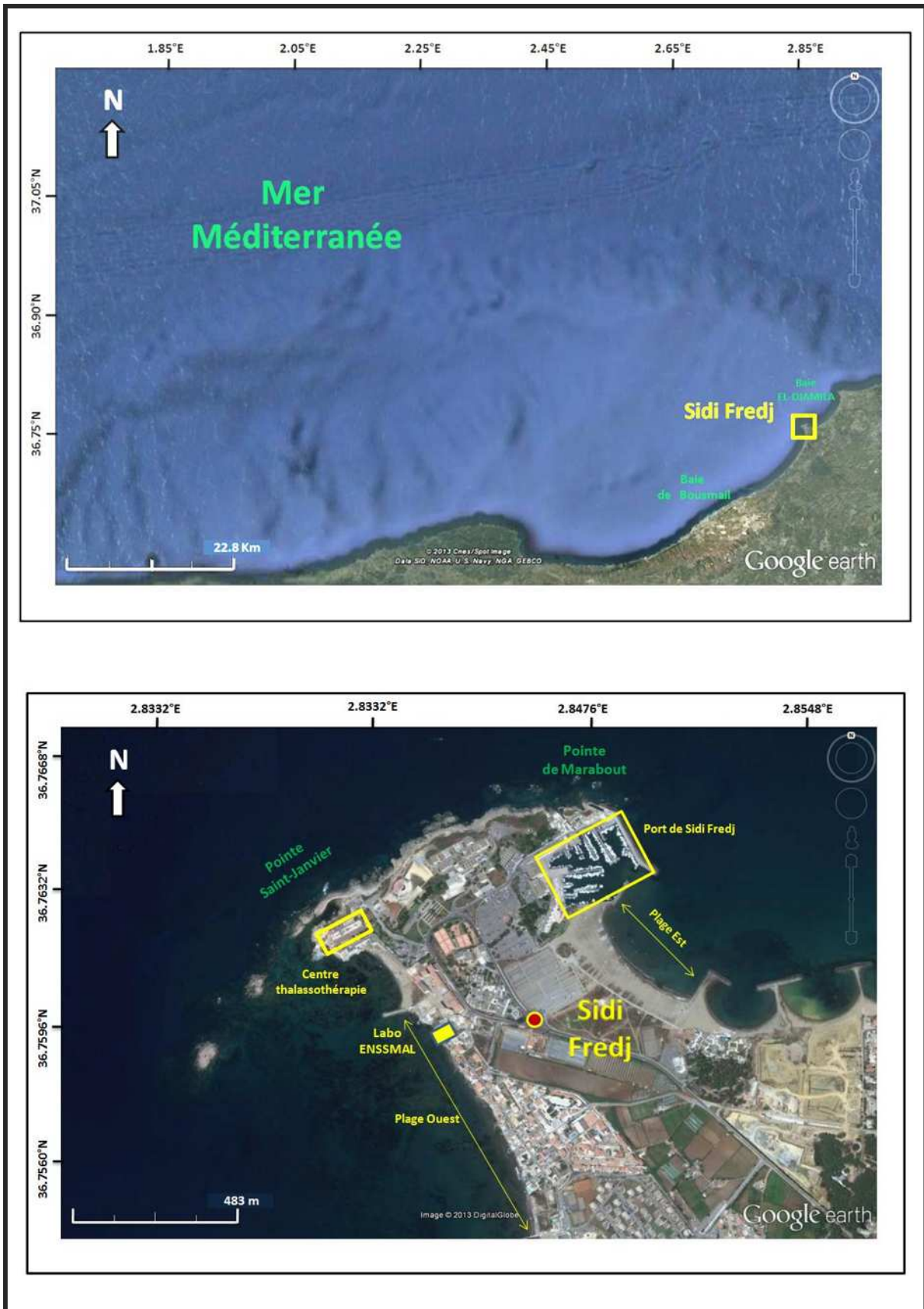


Figure II.1 : Situation géographique et localisation de la zone Sidi Fredj.
(Google Earth, 2013)

I.3. Présentation du site d'étude

I.3.1. Plage Ouest de 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.

I.3.2. Plage de Thalassothérapie

La plage de Thalassothérapie se situe dans l'anse Ouest de presqu'île de Sidi Fredj. Elle est exposée à différents types de pollution pouvant provenir des égouts des agglomérations de la région, et aux déchets laissés par les estivants, du centre de thalassothérapie (eaux usées et eaux de mer sanitaires chaudes). (Mezali, 1998)

I.3.3. Le port de Sidi Fredj

Le port de Sidi-Fredj couvre une superficie de 38 000 m², il est protégé par des ouvrages contre la houle, et qui servent de délimitation .ces ouvrages sont protégés par des enrochements naturels.

Le port de Sidi-Fredj est subdivisé en cinq(5) bassins aménagés pour permettre l'accostage des petits bateaux ou embarcations.

- **Bassin (1)** : c'est le bassin le plus éloigné de l'entrée, il accueille le déversement d'eaux usées par l'égout principal.
- **Bassin (2)** : délimité par l'épi de la tour mauresque et l'épi de la station d'essence.
- **Bassin (3)** :c'est le bassin de l'hivernage, délimité par la grande jetée.
- **Bassin (4)** : délimité par l'appontement trois (3) à l'intérieure et la jetée Sud.
- **Bassin (5)** : situé à la sortie et communique avec le large.

I.3.4. 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.

II. Les facteurs hydrodynamiques

II.1. Réseau 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 (Figure II.2).

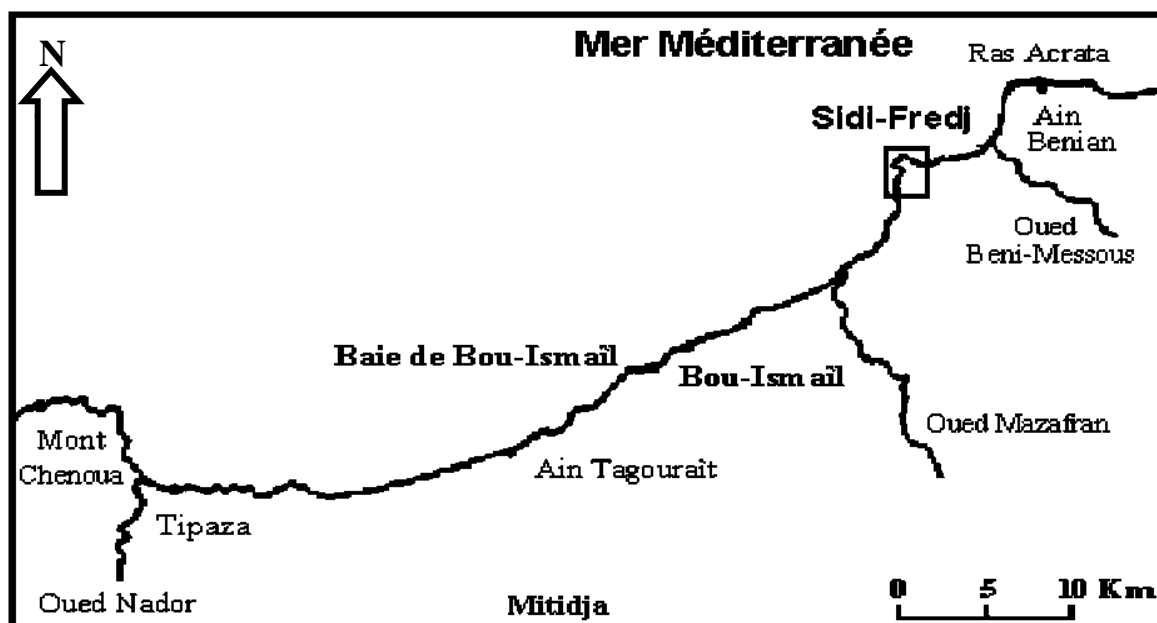


Figure II.2 : Réseau hydrographique dans la baie de Bou-Ismaïl.

- **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 Oueds Chiffa, Djer et Bouroumi. Le régime hydrologique de cet oued est marqué par un long étiage de Juin à 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 Zéralda.
- **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, Delly Ibrahim à l'Est, Ain Benian à l'Ouest et débouche au niveau d'une plage appelée « les dunes » qui fait partie de la baie d'El Djamila. Son débit est faible par rapport aux deux autres oueds et est estimé à $0.245 \text{ m}^3/\text{s}$. (ANRH, 2003 in Menguellati et Sraoui, 2012.)

II.2. Température et précipitation

La région de Sidi-Fredj, comme l'ensemble des côtes Algériennes, est caractérisée par un climat méditerranéen, tempéré : relativement froid et humide en hiver et chaud en été.

II.2.1. La température

- **En période hivernale** : les températures sont très variables s'échelonnant entre 6°C et 20°C.
- **En période estivale** : les températures sont très élevées se situant entre 25°C et 38°C atteignant parfois les 40°C. (Bellahcene, 2002 in Haoua et Laloui, 2006)

II.2.2. Précipitation

- **En période hivernale** : la pluviométrie est relativement importante de Décembre à mai, se situant entre 15 et 108 mm.
- **En période estivale** : la pluviométrie est réduite, de juin à septembre avec une quantité variant entre 4 à 25 mm. (ONM, in Haoua et Laloui, 2006)

II.3. Les Vents

Dans la région de Sidi-Fredj, la répartition des vents est globalement concordante avec celle des houles le long de l'année. (LEM, 1984)

- **Une période hivernale (Octobre - Mars)** : caractérisée 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-ouest.
- **Une période estivale (Avril - Septembre)** : caractérisée par des vents de secteur Est et Nord-est, avec des fréquences de 45 à 75% pour le secteur Nord-est.

II.4. Les courants

La côte algérienne est traversée par un courant général dénommé courant Algérien résultant d'un écoulement d'eau atlantique à travers le détroit de Gibraltar, le courant Algérien pénètre sous forme de veine et circule d'Ouest en Est, et dès 1° et 2° est, il donne naissance à des méandres et des tourbillons côtier (50-100 km) associés à des upwellings. (Millot *et al*, 1990 in Boudjellaba et Dehane, 2012)

II.4.1. Les courants côtiers

En absence de courant permanent ou de marée suffisamment importante, les courants induits par la houle au large ou à la côte. (Caulet, 1972 in Boudjellaba et Dehane, 2012)

II.5. La houle

- Les houles hivernales qui sont de direction Ouest et Nord-ouest. Elles engendrent des courants de retour dès leurs arrivées perpendiculairement à la côte, ces courants entraînent le transport d'un sédiment fin. (Haddouche, 2003)
- Houles estivales sont de direction Nord-est, et entraînent une dérive littorale de l'Est vers le Sud-ouest, dès leurs arrivées tangentielllement à la cote. (Haddouche, 2003)

Tableau II.1 : Tableau de Fréquence en pourcentage d'apparition de la houle dominante (LEM in Sadaoui et Chabi, 2011)

Mois		Directions			
		Nord	Nord-est	Nord-ouest	Ouest
Période Estivale	Mai	8.2	26.3	6.2	13.9
	Juin	9.2	29.1	4.2	16.4
	Juillet	5.9	32.5	2	16.3
	Aout	8.8	27.7	4.9	13.4
	Septembre	6.7	26.4	2.5	14.8
	Octobre	7.8	14.1	6.8	28.8
	Moyenne	7.766 %	26.016 %	4.433 %	17.266 %
Période Hivernale	Novembre	5.5	5.8	9.4	40.4
	Décembre	10.2	6.2	10	37.1
	Janvier	8.1	12.9	7.3	28.8
	Février	8.8	10.3	5.6	35.6
	Mars	11.3	12.6	9.2	30.5
	Avril	11.7	15.4	10.2	26.7
	Moyenne	9.266 %	10.533 %	8.816 %	33.183 %
Annuel	8.50 %	18.30 %	6.60 %	25.10 %	

II.6. La dérive littorale

Dans la région de Sidi-Fredj, les observations sur terrain par la méthode des flotteurs lestés, montrent que : pendant les houles de secteur Nord-ouest, la dérive littorale est de direction de Nord-sud sur la côte Ouest de la presqu'île et d'Ouest Sud-ouest vers l'Est Nord-est sur la côte Est. (De Giovanni, 1973) (Figure II.3)

La houle Nord-est engendre une dérive littorale vers le Sud-ouest. Notre zone semble complètement à l'abri du début de la dérive. Une partie du transit sédimentaire est piégée à l'ombre de l'épi.

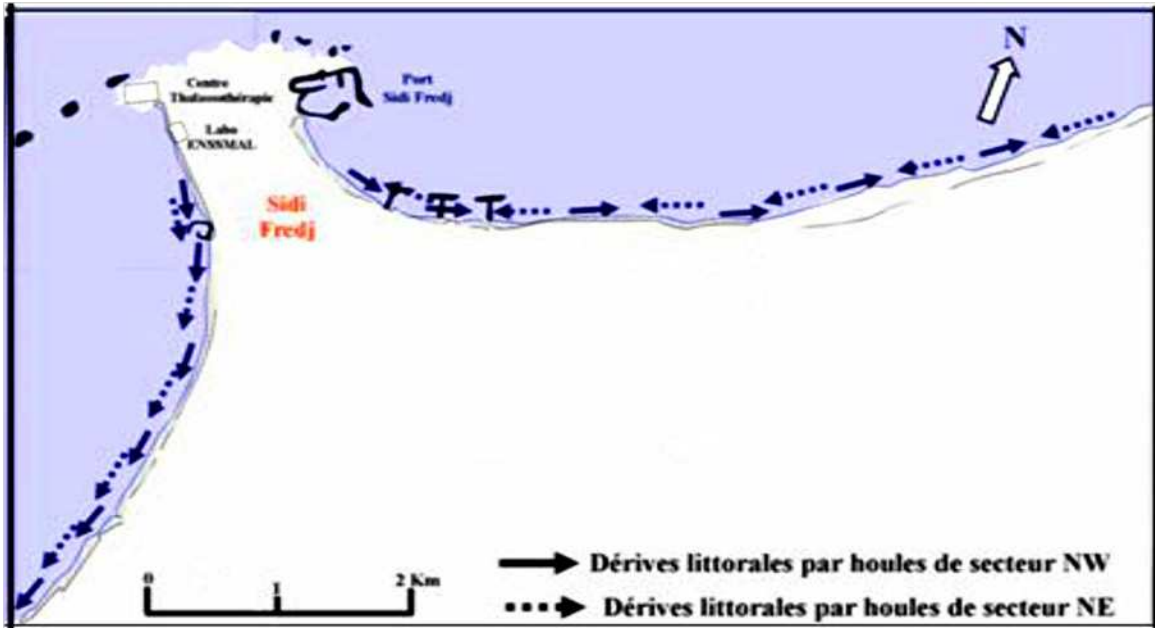


Figure II.3 : Dérive littorale dans la zone de Sidi Fredj. (De Giovanni, 1973.)
(Modifiée)

II.7. La couverture sédimentaire

La répartition et la nature des sédiments du plateau continental dépendent de son relief, l'importance des apports terrigènes, des courants et des houles. (Leclaire, 1972)

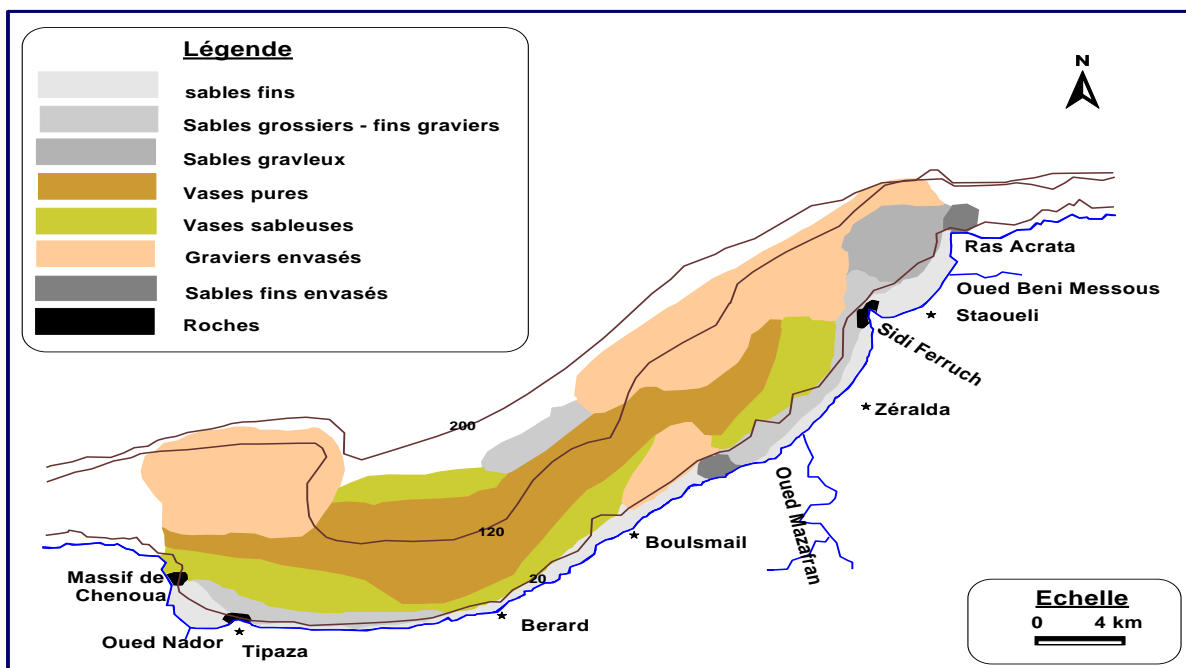


Figure II.4 : Sédimentologie de la baie de Bou-Ismaïl. (PAC, 2004)

Les vases pures et les graviers envasés sont les faciès dominants de la baie de Bou- Ismaïl. Les vases sont très développées dans la région Ouest et forment ainsi une importance vaseuse littorale, tandis que les graviers envasés le sont dans la région Est. (Figure II.4)

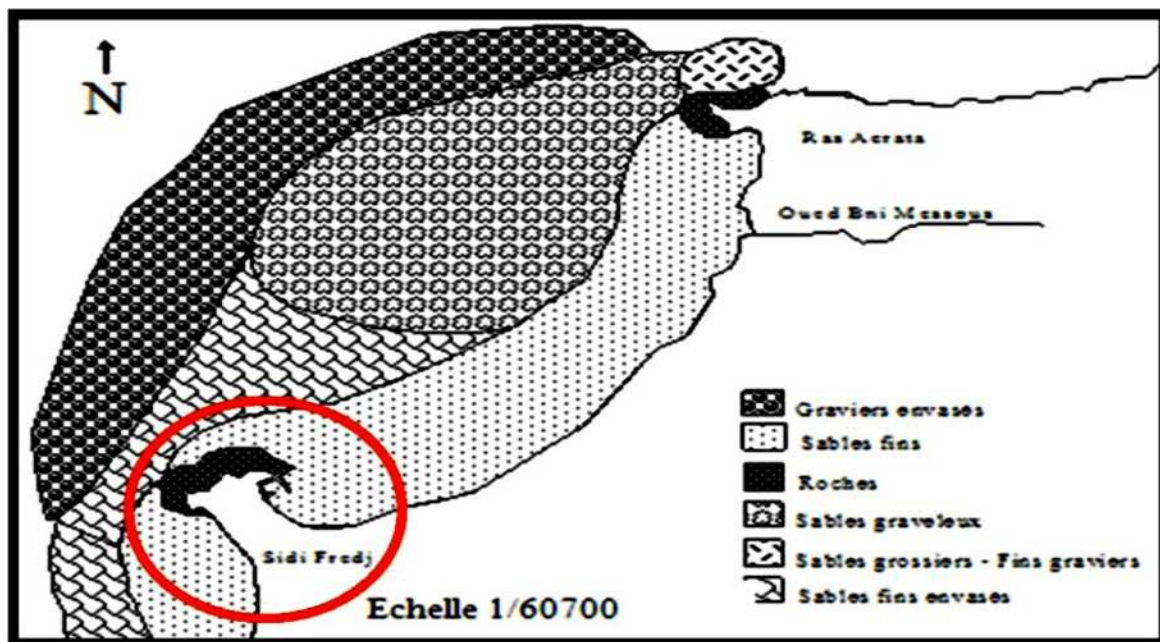


Figure II.5 : Répartition sédimentologique de la baie d'El Djamila.
(in Houma-Bachari, 2009)

D'après la carte ci-dessus nous constatons qu'au niveau du cap de Sidi Fredj, un sable fin recouvrant les zones peu profondes essentiellement sur la partie Est du cap. Nous observons aussi un sable fin envasé qui occupe une large bande qui s'étale du cap jusqu'à l'embouchure de l'Oued Mazafran.

Quant aux sables grossiers et graviers fins, ils apparaissent essentiellement au voisinage des embouchures d'oued Beni-Messous et oued Mazafran. Au delà de l'isobathe (- 40 m) et au large de cap, les sédiments sont très fins à vaseux et ce jusqu'à des profondeurs d'environ -150 m.

III. Nature des fonds

Sur les côtes algériennes, le plateau continental est très étroit surtout à proximité des massifs et des caps ; il est moins de 10 Km au niveau de cap du Sidi Fredj (Figure II.6) et il s'élargit un peu au milieu de la baie de Bou-Ismaïl à proximité de l'embouchure d'oued Mazafran avec une extension maximale qui peut atteindre les 12 Km.

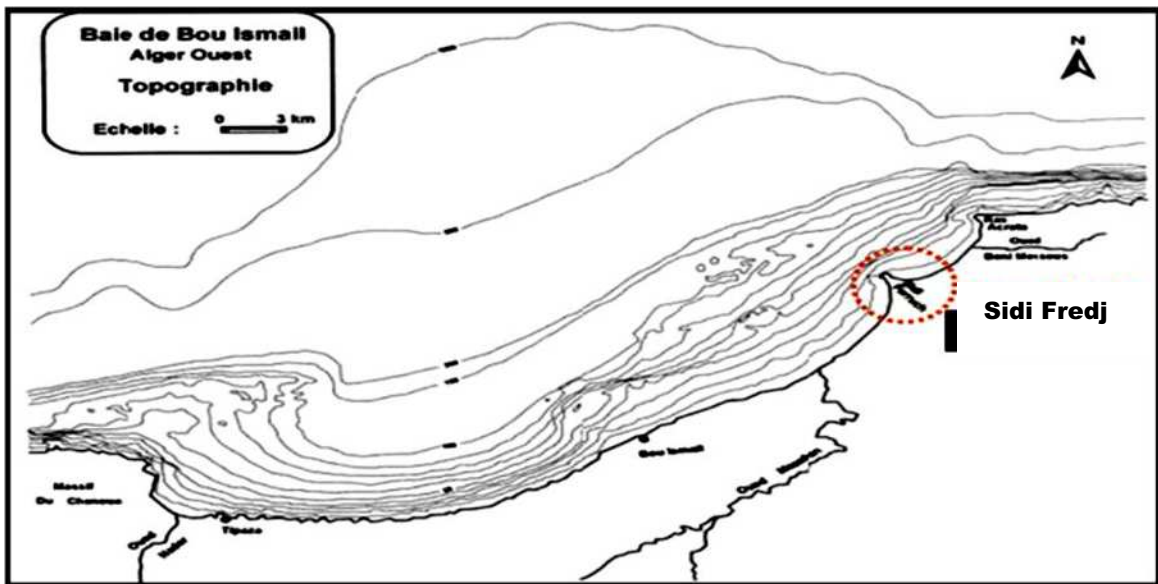


Figure II.6 : Bathymétrie de la baie de Bou-Ismaïl. (Leclaire, 1972)

IV. Sources de pollution

Les principales sources de pollution dans notre zone d'étude sont d'origine des eaux usées domestique (Figure II.7)

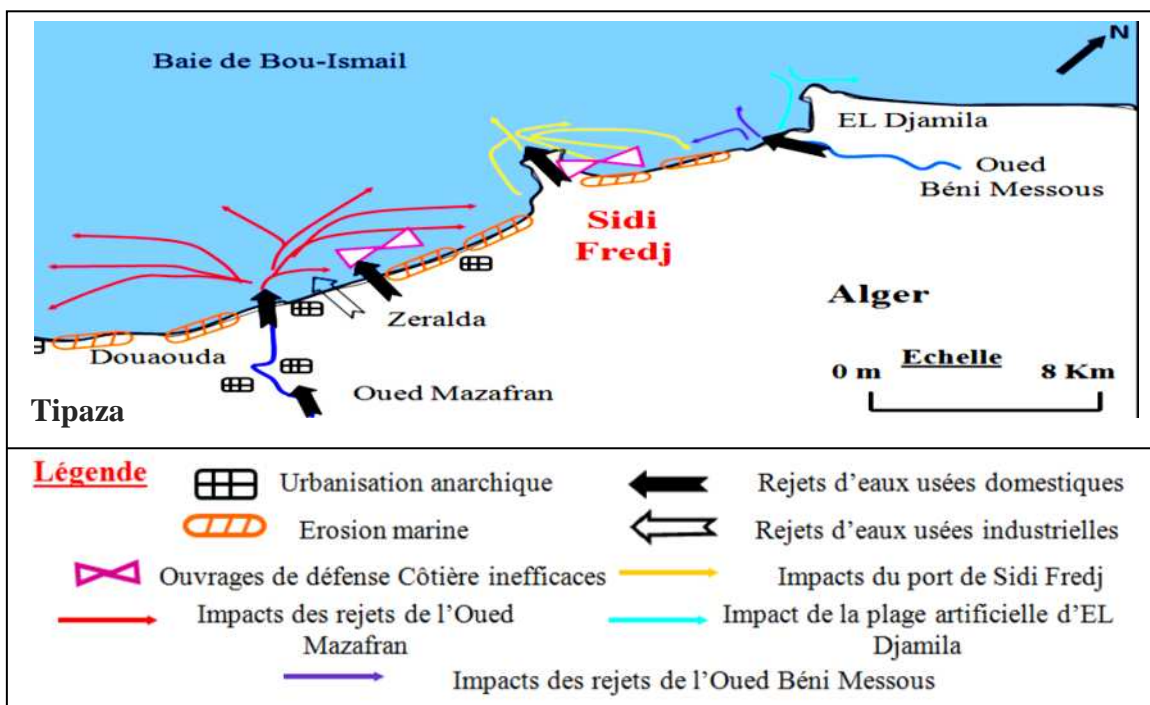


Figure II.7 : Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou-Ismaïl. (Belkessa et al, 2008; Alsid Chikh et al, 2009). (Modifiée)

Chapitre 3

Matériels et méthodes

I. Travaux effectués en mer et paramètres mesurés

I.1.Choix et localisation des stations

Le suivi et l'évaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux marines et des sédiments de la zone de Sidi Fredj représentent l'objectif principal de cette étude.

I.1.1. Sorties en mer

Dans le but d'avoir une variété de mesures et une vue globale sur l'état de la pollution dans les eaux de mer et de sédiment de la zone de Sidi Fredj, nous avons réalisé plusieurs prélèvements dans différentes régions, programmés dans 3 sorties sur terrain :

➤ Sortie au niveau du littoral Est (baie d'El Djamila)

La première sortie a été faite le : 05 / 05 / 2013 à bord de l'embarcation «Ourassi», les travaux ont été effectués dans des conditions météorologiques favorables. Le vent était très faible et la mer était calme. Les échantillons d'eau ont été prélevés manuellement en surface dans des flacons en plastique après rinçage avec l'eau de mer, et pour le sédiment le prélèvement a été effectué à l'aide d'une benne de type VanVeen (Photo III.5) dans des sachets en plastique. Ils sont ensuite destinés à l'analyse des paramètres physico-chimiques et d'indicateurs de pollution. Dans cette zone on a effectué des prélèvements au niveau de 9 stations différentes (Figure III.1).

➤ Sortie au niveau du littoral Ouest

La deuxième sortie a été faite le : 06 / 05 / 2013 à bord de la même embarcation, les travaux ont été effectués dans les mêmes conditions et les échantillons ont été prélevés de la même manière à des fins d'analyses des mêmes paramètres de pollution sauf que dans cette zone nous avons effectué des prélèvements au niveau de 12 stations différentes (Figure III.2).

➤ Sortie au niveau de la plage Ouest (analyses microbiologiques)

La troisième sortie, est destinée à des fins d'analyses microbiologiques. Elle a été faite le : 2/06/2013 dans des conditions favorables.

Le prélèvement a été effectué à pied à une hauteur du genou (30cm) sous la surface manuellement dans des flacons en verre stériles au niveau de 5 stations différentes (Figure III.2)

Les bouchons sont remis, les bouteilles sont étiquetées et remises directement dans une glacière dans laquelle sont transportées à une température de 4°C et à l'abri de la lumière au laboratoire de l'ENSSMAL à Delly-Ibrahim mises au congélateur pour éviter toute perte d'éléments volatils et des modifications d'équilibre chimique et pour arrêter le développement de l'activité photosynthétique et bactérienne.

I.1.2. Positionnement des stations de prélèvement

Les coordonnées géographiques fournies par le Système Globale de Positionnement (GPS) des stations de prélèvement effectuées durant les trois sorties, sont résumées dans le tableau 1. (Voir l'annexe I)

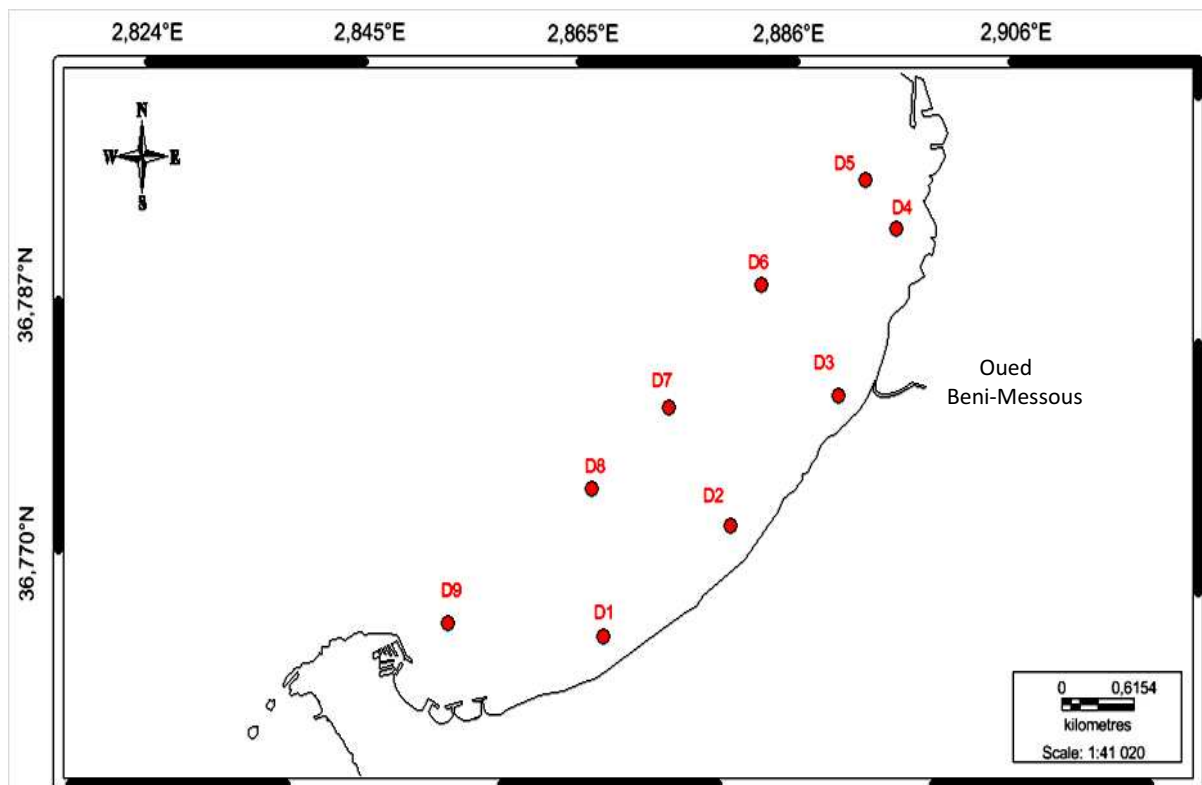


Figure III.1 : Carte de positionnement des stations de prélèvement dans le littoral Est de Sidi Fredj (baie El Djamila).

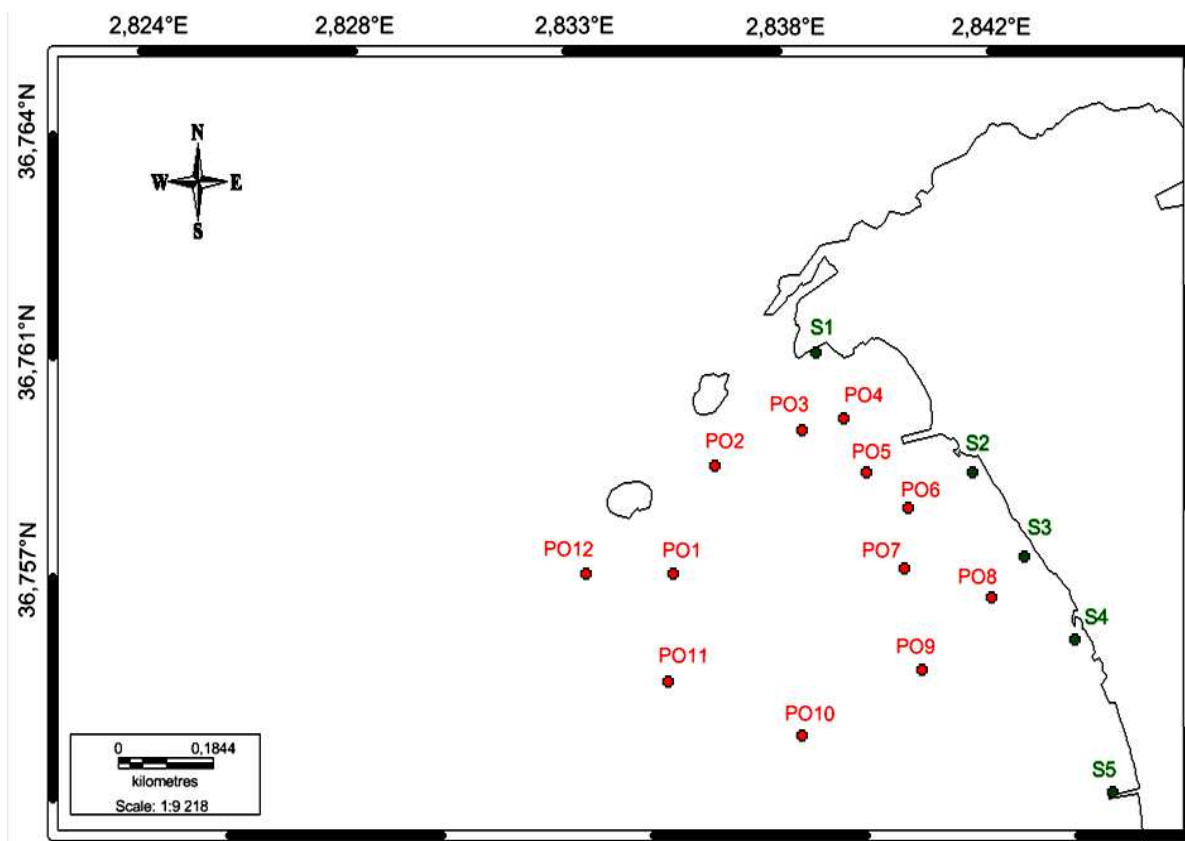


Figure III.2 : Carte de positionnement des stations de prélèvement dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

I.1.3. Conditionnement des moyens de prélèvement

Pour minimiser les risques de contamination, nous avons procédé à un prétraitement rigoureux des moyens de collecte (flacons) et du dispositif de filtration des échantillons d'eau de mer.

I.1.3.1. Les flacons

Le choix des flacons dépend de l'élément à analyser, du mode et la durée de conservation. Avant tout usage les flacons sont rincés à l'eau acidulée (10% d'HCl) puis plusieurs fois à l'eau distillée.

- Pour l'analyse physico-chimique, nous avons utilisé des bouteilles en polyéthylène de 250 ml. Lors du prélèvement, chaque flacon est rincé deux fois avec l'eau de mer.

- Pour l'analyse microbiologique, nous avons utilisé des flacons en verre de 500 ml. Ces flacons ont été préalablement stérilisés à la chaleur dans une étuve à 70 °C pendant 24h.

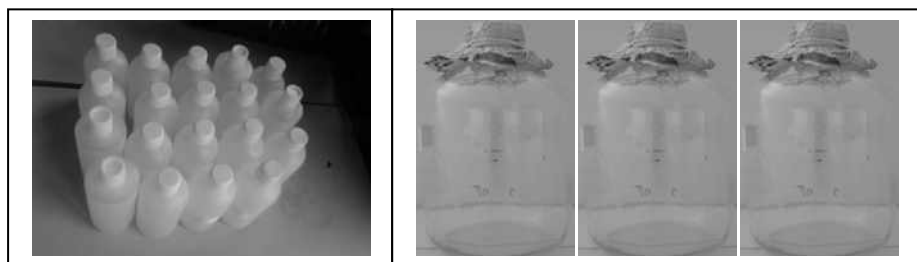
I.1.3.2. Les filtres

Les filtres destinés à recueillir la matière en suspension (MES) et dosage de la chlorophylle sont chauffés dans un four à moufle à 120°C pendant deux heures.

Ces filtres sont soumis au refroidissement dans un dessiccateur pour être ensuite pesés et conservés à l'abri de la poussière dans des boîtes individuelles numérotées.

I.1.3.3. Matériels de prélèvement

Les prélèvements d'eau en mer ont été réalisés à l'aide des bouteilles en plastique opaque (polyéthylène) de 250ml et en verre stériles de 500ml (Photo III.1).



Flacons en plastique

Flacons en verre

Photo III.1 : Flacons de prélèvement d'eau de mer.

I.1.4. Prélèvement d'eau de mer et mesures in-situ

Les échantillons d'eau de mer ont été prélevés à chaque station à la surface de la mer. Les paramètres in-situ ont été mesurés sur place après rinçage de l'électrode avec l'eau distillée.

I.1.4.1. La température

La mesure de la température a été réalisée in situ à l'aide d'un pH mètre du terrain (Photo III.2) donnant en suppléance la température en (°C).

I.1.4.2. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH d'eau de mer a été mesuré par la méthode électrochimique à l'aide d'un pH-mètre de terrain de marque « **Wissenschaftlich Technische Werkstätten** » (WTW) (Photo III.2) avec une précision de $\pm 0,01$. L'électrode en verre est rincée après chaque manipulation avec l'eau distillée et légèrement essuyée. L'étalonnage de l'appareil a été effectué avec des solutions étalons à pH connu (pH= 4 acide, pH= 7 neutre, pH= 10 basique).



Photo III.2 : pH-mètre de terrain marque « WTW ».

I.1.4.3. La salinité et la conductivité

La salinité et la conductivité sont mesurées à l'aide d'un conductimètre de marque « **WTW** type 315 i/S » (Photo III.3), qui donne une valeur de précision de ($\pm 0,1$ PSU) pour la salinité et de ($\pm 0,1$ mS/cm) pour la conductivité.



Photo III.3 : Conductimètre de terrain « WTWde type Cond 197i ».

I.1.4.4. L'oxygène dissous (OD)

L'oxygène dissous dans l'eau de mer a été mesuré par un oxymètre de terrain de marque « **Oxi/ WTW 197i** » (Photo III.4). Sa teneur est donnée en mg/l et en pourcentage (%).



Photo III.4 : Oxymètre de terrain de marque « Oxi/ WTW 197i »

I.1.5. Prélèvement du sédiment

Le prélèvement du sédiment a été réalisé dans des sacs en plastique à l'aide d'une benne inoxydable de type « Van Veen » (Photo III.5) qui collecte le sédiment marin superficiel sur une profondeur donnée.

L'échantillon étant étiqueté doit être aussitôt mis dans la glacière puis transporté au laboratoire à des fins d'analyses microbiologiques et du taux de la matière organique particulaire.



Photo III.5 : Benne inoxydable de type « Van Veen ».

II. Travaux effectués au laboratoire

II.1. Paramètres physico-chimiques et indicateurs de pollution

II.1.1. Mesure de la Matière En Suspension (MES)

Le principe consiste à filtrer l'eau sur une membrane poreuse afin de retenir les particules supérieures à $0.45\mu\text{m}$ (Aminot et Chaussepied, 1983). La précision sur la concentration des (MES) dépend du volume d'eau filtré et la sensibilité de la balance. (Aminot et Chaussepied, 1983 et Rodier et al, 2005)

A partir de chaque échantillon prélevé, nous avons filtré un volume représentatif d'eau (250ml) à travers un filtre Whattman GF/C de 47 mm de diamètre et de porosité de 0.45

μm . Le filtre est séché, pesé avant et après la filtration. La différence de poids entre les deux pesées nous renseigne sur la charge en MES.

II.1.1.1. Matériels

- Un dispositif de filtration monoposte mené d'une pompe de filtration de marque « **KNF NEUBERGER LABOPORT** ».
- Des membranes filtrantes de type « **Whatman GF/C** ». Le filtre est séché, pesé avant et après la filtration dans une balance de précision (10^{-4}g)
- Une étuve
- Eprouvette graduée de 250 ml et une pince.

II.1.1.2. Mode opératoire

- Préparation des filtres.
- Filtration de l'échantillon (250ml).
- La teneur en matière en suspension est ainsi obtenue par la différence de poids du filtre avant et après la filtration (P1 et P2), apportée au volume d'eau filtré (V) par la formule suivante :

$$\text{MES (mg/L)} = (\text{P2-P1}) / \text{V} \quad (7)$$

Avec : **P1** : Poids de filtre avant la filtration (mg).

P2 : Poids de filtre après la filtration (mg)

V : Volume d'eau filtré (l).



Photo III.6 :
Dessiccateur



Photo III.7 :
Pompe de filtration.



Photo III.8 :
Balance électrique.

II.1.2. Matière Organique Particulaire (MOP)

Selon (Rodier, 1984), la mesure de la matière organique particulaire consiste à sécher des filtres d'eau de mer dans un four à moufle à 450°C pendant deux heures afin de brûler toute la matière organique.

II.1.2.1. Analyse de l'eau

- Mettre les filtres utilisés pour l'analyse de la MES dans des creusets en porcelaine numérotés d'une façon indélébile.
- Peser les creusets contenant les filtres dans une balance de marque « **Denver Instrument M-220D** » d'une précision de 10^{-4} g, noté (**P1**).
- Calciner les filtres dans des creusets au four à moufle de marque « **CARBOLITE OWF 1200** » (Photo III.9) à 500° C pendant deux heures.
- Laisser refroidir au dessiccateur.
- Peser les creusets avec les filtres, noté (**P2**).
- La concentration de la matière organique particulaire est donnée par l'équation suivante :

$$\text{MOP (mg/l)} = (P1 - P2) / V \quad (8)$$

Avec : **P1:** Poids du creuset et du filtre avant calcination en (mg).

P2: Poids du creuset et du filtre après calcination en (mg).

V : volume d'eau filtré en (l).

II.1.2.2. Analyse des sédiments

- Sécher le sédiment dans des boîtes dans une étuve de marque « **WTC binder** » (Photo III.10) à 70°C pendant 24 heures, ensuite :
- Laisser se refroidir au dessiccateur.
- Mettre le sédiment dans des creusets numérotés en porcelaine. d'une façon indélébile.
- Peser les creusets avec le sédiment avec la balance, on obtient alors le poids (**P1**).
- Mettre les creusets avec le sédiment au four à moufle à 600°C pendant deux heures
- Peser les creusets avec le sédiment, on obtient alors (**P2**).
- Le taux de la matière organique particulaire est déterminé par l'équation suivante :

$$\text{MOP (\%)} = \frac{(P1 - P2)}{P1} * 100 \quad (9)$$

Avec : **MOP** : matière organique particulaire (%).

P1 : Poids du creuset et le sédiment avant calcination (mg).

P2 : Poids du creuset et le sédiment après calcination (mg).



Photo III.9 :

Four à moufle CARBOLITE OWF .1200



Photo III.10 :

Etuve de marque « *WTC binder* ».

II.1.3. Dosage de la *chlorophylle a* par fluorimétrie

Les concentrations en chlorophylle-a ont été déterminées selon la méthode fluorimétrie de [Yenstch Menzel \(1963\)](#) adapté par [Holm-Hansen et Reimann \(1978\)](#) pour l'extraction des pigments à l'aide de méthanol. Le protocole utilisé au cours de la campagne Médipord VI a été précédemment décrit par [Herbland et al. \(1985\)](#) et [Raimbault et al. \(1997\)](#).

II.1.3.1. Principe de la méthode de dosage (SFUV)

La méthode de spectrofluométrie ultra-violet mesure l'émission de fluorescence de molécules soumises à un rayonnement d'excitation ultraviolet. La réponse est en fonction de la structure moléculaire et s'applique aux molécules possédant des liaisons doubles conjuguées donc à la chlorophylle.

II.1.3.2. Appareillage

- ✓ **Dispositif de filtration** : La filtration est effectuée sous vide léger en utilisant des filtres en fibre de (GF/F de porosité 0,45µm).

- ✓ **Tubes de mesure** : Pour l'extraction, nous utilisons des tubes en verre avec bouchons enveloppés au préalable avec du papier aluminium pour éviter l'exposition des filtres à la lumière.
- ✓ **Centrifugeuse** : Centrifugeuse de marque « **Hettich ZENTRIFUGEN** », type « **EBA 30** », avec 12 postes de porte-Filtre.
- ✓ **Spectrophotomètre fluorescence** : L'appareil utilisé pour la mesure de la chlorophylle est un spectrophotomètre de Fluorescence HITACHI, équipé d'une lampe « Xénon » qui est la source du rayonnement UV et des cellules en quartz de 1 cm de trajet optique (F).



Photo III.11 : Agitateur de marque « *Heidolph* ».



Photo III.12 : Centrifugeuse de marque
Hettich ZENTRIFUGEN



Photo III.13 :
Tube+filtre+méthanol

II.1.3.3. Mode opératoire

- Les échantillons d'eau de mer prélevés (250 ml) sont filtrés sur un filtre Whatman GF/F de 0.45 μm de porosité.
- Ensuite, quelques gouttes de MgCO_3 sont ajoutées immédiatement après filtration afin de piéger la chlorophylle.
- Le filtre est plié sur quatre et enrobé dans le papier aluminium qui est préalablement étiqueté.

- Ensuite les filtres dans le papier aluminium sont conservés au congélateur.
- Le jour de manipulation les filtres sont placés dans des tubes contenant 5ml de méthanol d'une pureté de 96 %.
- Les tubes sont ensuite placés dans un réfrigérateur à 5°C pendant une période d'extraction de 30 minutes.
- Ensuite les tubes sont placés dans une centrifugeuse réglée à 3000tour/s pendant 2 min.
- Après ce délai la fluorescence de l'échantillon est mesurée sur un spectrophotomètre à fluorescence de type Hitachi.



Photo III.14 : Spectrophotomètre à fluorescence de type Hitachi.

II.1.3.4. Calcul des concentrations

Les concentrations de chlorophylle dans les extraits du méthanol sont déterminées à partir de la droite d'étalonnage (voir figure 1, annexe I). Elles sont évaluées d'après la formule de (Lorenzen, 1967 in Aminot et Chaussepied, 1983) ci-dessous :

$$\text{Chlorophylle } (\mu\text{g/l}) = (F_0 / K_0) * v/V \quad (10)$$

Avec : F_0 : Valeur de fluorescence.

K_0 : Constante d'étalonnage du fluorimètre pour la *chlorophylle a* pure

v : Volume d'extraction (5ml).

V : Volume filtré en (l).

II.1.4. Demande chimique en oxygène (DCO)

II.1.4.1. Préparation des réactifs (voir l'annexe II)

II.1.4.2. Mode opératoire

- Dans un tube de réaction introduire 10 ml d'échantillon.
- Ajouter 5ml de la solution de dichromate de potassium (0.04 mol/l)
- Rajouter lentement et avec précaution, 15ml de la solution d'acide sulfurique contenant le sulfate d'argent, en agitant soigneusement le tube.
- Mettre 1 à 2 gouttes d'acide sulfurique sur le col rodé du tube pour le lubrifier et relier le réfrigérant au tube de réaction
- Placer le tube dans le bloc chauffant et porter à l'ébullition ($150^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$) pendant 2h.
- Arrêter le chauffage.
- Retirer les tubes avec leurs réfrigérants et laisser refroidir, puis rincer avec précaution le réfrigérant en recueillant les eaux de lavage dans le tube de réaction.
- Oter le réfrigérant.
- Transvaser le contenu du tube dans un erlenmeyer de 250ml, rincer et diluer avec environ 75ml d'eau.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de ferroïne et titrer avec la solution de sulfate de fer(II) et d'ammonium.

II.1.4.3. Calcul et expression des résultats

La demande chimique en oxygène (DCO) exprimée en milligrammes d'oxygène par litre, elle est mesurée par l'équation suivante :

$$\text{DCO (mg/l)} = [8000 (V_0 - V_1) * T] / V \quad (11)$$

Avec :

V₀ : Volume de sulfate de fer et d'ammonium (II) nécessaire au dosage en millilitre.

V₁ : Volume de sulfate de fer et d'ammonium (II) nécessaire à l'essai à blanc en millilitre.

T : Titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium (II) en (mol/l).

V : volume de la prise d'essai en millilitre.

II.2. Analyse des sels nutritifs

Le terme des sels nutritifs est souvent réservé aux éléments dont la concentration constitue parfois un facteur limitant, ces éléments sont : Azote N, Phosphore P et le Silicium Si, (Lacaze, 1996).

II.2.1. Méthode d'analyse

Le dosage des sels nutritifs (NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , SiO_2^-) a été effectué par la méthode manuelle, à l'aide d'un spectrophotomètre.



Photo III.15 : Spectrophotomètre.

II.2.2. Principe de dosage des sels nutritifs dans l'eau

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs (ammonium, nitrites, nitrates, ortho phosphates 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 pour donner une coloration absorbante la lumière à une certaine longueur d'onde (λ).

L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration. Cette dernière est d'autant plus importante lorsque 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 l'équation suivante :

$$A = D.O = Ln (I_0/I) = \epsilon.L.C \quad (12)$$

Avec :

- ✓ I_0 et I : sont respectivement l'intensité lumineuse incidente et émergente du milieu absorbant.
- ✓ A : est l'absorbance du milieu.
- ✓ $D.O$: est la densité optique.
- ✓ ϵ : est le coefficient d'extinction molaire (varie en fonction de la température et de la longueur d'onde).
- ✓ L : est la longueur du milieu traversée exprimée en cm.
- ✓ C : est la concentration de la solution absorbante exprimée en $\mu\text{mol/l}$.

II.2.2.1. Principe de dosage de l'azote Nitreux (NO_2^-)

La méthode repose sur la réaction de Griess adaptée à l'eau de mer par [Benshneider et Robinson \(1952\)](#). Le composé final absorbé à 543 nm est obtenue par réaction du nitrite tout d'abord avec la sulfanilamide (formation d'un diazoïque), puis avec le N-naphtyle-éthylène diamine (NED), en milieu acide (le pH doit être strictement inférieur à 2). ([Aminot et kérouel, 2004](#)).

II.2.2.2. Principe de dosage de l'azote Nitrique (NO_3^-)

Le principe de base repose sur la réduction quasi quantitative (> 95%) du nitrate (NO_3^-) en nitrite (NO_2^-). En effet, le dosage du nitrite étant simple, spécifique et sensible, il permet la mesure des faibles concentrations océaniques de nitrate. Après réduction, on mesure en réalité la somme des concentrations en nitrate et nitrite.

La réduction est effectuée en milieu hétérogène par contact avec du cadmium "amalgamé" au cuivre. ([Wood et al, 1967](#))

II.2.2.3. Principe de dosage des phosphates (PO_4^{-3})

La méthode du dosage manuel du phosphate en eau de mer est adaptée par [Murphy et Riley \(1962\)](#), elle repose sur la réaction du phosphate avec le molybdate, en présence d'antimoine, pour former le complexe phosphomolybdique, qui est ensuite réduit par l'acide ascorbique en un composé bleu absorbant à 885 nm. ([Aminot et kérouel, 2004](#))

II.2.2.4. Principe de dosage de silicates (SiO_2)

La méthode repose sur la réaction des silicates avec le molybdate en milieu acide ($\text{pH} \approx 1.5$) pour former le complexe β -Silicomolybdique. Ce dernier étant ensuite réduit par l'acide ascorbique en un composé bleu absorbant à 810 nm. Le phosphate réagit également, mais le composé phosphomolybdique formé est réduit par l'acide oxalique avant l'étape de réduction. (Aminot et Kérouel, 2004)

II.2.3. Etalonnage

Cette opération nécessite la préparation d'une solution mère puis des solutions filles pour chaque élément à analyser.

II.2.3.1. Droites d'étalonnage

Les droites d'étalonnage sont établies manuellement après la mesure de l'absorbance des solutions filles préparées à des concentrations connues

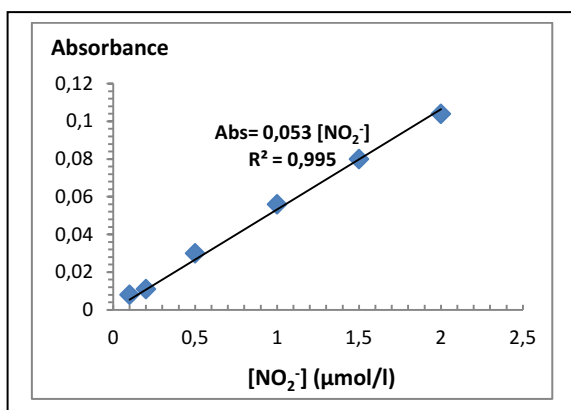


Figure III.3 : Courbe d'étalonnage des nitrites.

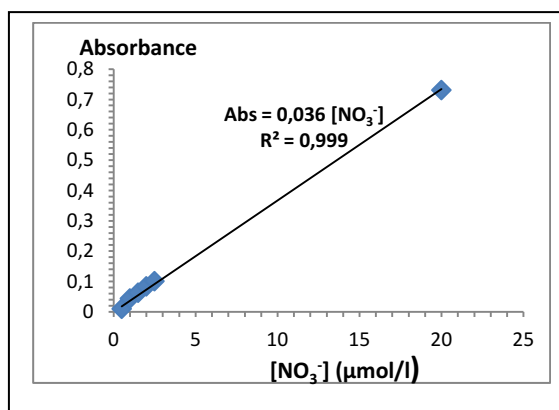


Figure III.4 : Courbe d'étalonnage des nitrates.

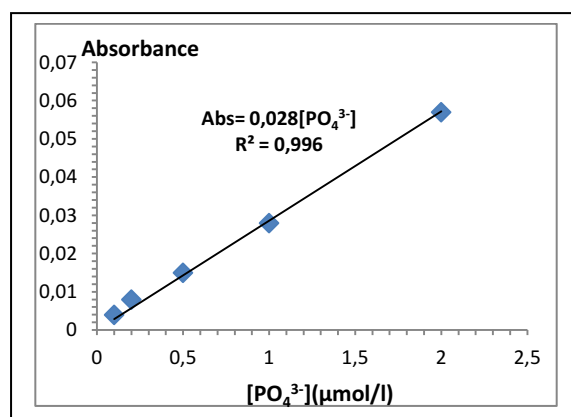


Figure III.5 : Courbe d'étalonnage des orthophosphates.

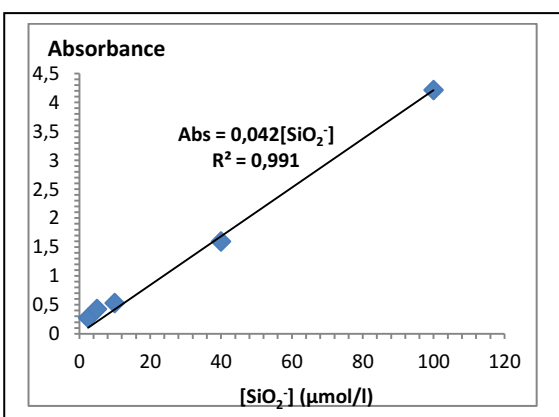


Figure III.6 : Courbe d'étalonnage des silicates.

II.3. Analyse microbiologique

Les germes recherchés sont les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. Ces germes sont peu ou pas pathogènes, ils sont révélateurs de contamination fécale et entraînent par leur abondance la présomption de contamination plus dangereuse. Les germes supplémentaires recherchés sont les germes pathogènes (salmonelles et vibrions) et les staphylocoques et cela pour leurs intérêts pratiques concernant les eaux de plages polluées.

II.3.1. Analyse bactériologique dans l'eau de mer

II.3.1.1. Recherche des germes indicateurs de contamination fécale

Nous utilisons la méthode de filtration sur membrane pour estimer la charge bactérienne dans notre zone d'étude. Elle consiste à recueillir, sur une membrane stérile un volume donné de produit à analyser (eau usée, eau épurée et l'eau de mer), la membrane est ensuite déposée sur un milieu nutritif convenable. Après incubation, les colonies sont dénombrées et identifiées (Champiat *et al*, 1994).

❖ Matériel

- Un dispositif de filtration de marque « **Sartorius stedim** » ;
- Bec-bunsen pour garder la zone de travail stérile ;
- Boîtes de Pétri avec les milieux de cultures spécifiques pour chaque germe ;
- Membranes d'ester de cellulose, filtrantes, quadrillées et stérile (en emballage individuel) de porosité de 0,45 μm et de 47 mm de diamètre.
- Deux incubateurs (l'un réglé à 37 °C et l'autre à 44°C) ;
- Pompe à vide ;
- Pincés stérilisées et pipettes.



Photo III.16 : Dispositif de filtration sur membrane

❖ Mode opératoire

- Stériliser le dispositif de filtration ;
- Mettre en place le dispositif ;
- Mettre le filtre sur la grille ;
- Filtrer un volume d'échantillon (100ml) ;
- Déposer le filtre sur le milieu de culture adapté pour chaque bactérie recherchée ;
- Incuber les boîtes à la température adéquate.

La composition des milieux de culture et des réactifs utilisés sont consignées en **annexe III**.

A. Dénombrement des Coliformes totaux et Coliformes thermotolérants «fécaux»

Le milieu nutritif « gélose Tergitol » est utilisé pour le dénombrement des coliformes, après filtration, les boîtes sont incubées à 37°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes thermotolérants. Après 24 ou 48 heures, nous voyons apparaître éventuellement une prolifération d'une colonie qui pourrait être le micro-organisme recherché. (Jean-Bernard, 1999) (Figure.III.7)

B. Dénombrement des Streptocoques fécaux

La technique de recherche des streptocoques fécaux indiquée dans la (Figure III.8) nécessite deux tests consécutifs :

- **Un test présomptif** : Il est réalisé sur le milieu de Slanetz et Bartley avec une incubation à 37°C pendant 24 à 48h, pour dénombrer les colonies rouges).
- **Un test confirmatif** : Il est réalisé sur le milieu BEA (déposer la membrane précédente sur BEA, 20 mn après dénombrer les colonies noires).

C. Dénombrement des Staphylocoques

Après filtration, appliquer la membrane sur la Gélose Chapman. Incuber à 37°C durant 24 à 48 heures. Les souches de *Staphylococcus aureus* sont de tailles importantes et élaborent leurs propres pigments ; elles apparaissent en jaune doré, surmontant une zone jaune du milieu sous la membrane (virage du milieu), par suite de la fermentation de mannitol (Figure III.7).

II.3.1.2. Recherche des germes pathogènes (Salmonelles et les Vibrions)

La recherche des salmonelles et des vibrions est effectuée par la méthode qualitative, réalisée en trois étapes successives : l'enrichissement, l'isolement et l'identification biochimique.

A. Recherche des salmonelles

Pour l'enrichissement, nous utilisons le milieu de culture SFB (Bouillon au Sélénite de Sodium et Cystéine). La Gélose SS est utilisée pour isoler les colonies typiques des salmonelles à partir des tubes d'enrichissement. (Figure.III.9)

Des galeries d'identifications biochimiques ont été utilisées pour confirmer l'espèce appartenant au genre Salmonella. (Figure.III.10)

B. Recherche des vibrions

Ce sont des germes pathogènes pour l'homme et les animaux, nous utilisons le milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA) 10 fois concentré pour l'enrichissement. L'isolement est réalisé sur Gélose TCBS. (Figure.III.11)

Les colonies présumées vibrions ont été identifiées à l'aide de la galerie API 20E). (Figure III.12)

II.3.1.3. Identification par la méthode des galeries API

Les galeries Api utilisent 20 tests : Etude de la fermentation de divers glucides, recherche directe d'une enzyme. Chaque microtubule contient un substrat différent sur lequel le micro-organisme considéré va réagir. Ils sont remplis d'une suspension bactérienne calibrée. Différentes galeries API ont été utilisées pour l'identification des différents germes à titre d'exemple : API 20 STREP pour les streptocoques, API20 STAPH pour les staphylocoques, API20 A pour les anaérobies et API 20 E pour les entérobactéries dont les coliformes et salmonelles et qui peut être utilisée pour l'identification des non entérobactéries (Vibrio, Pseudomonas).

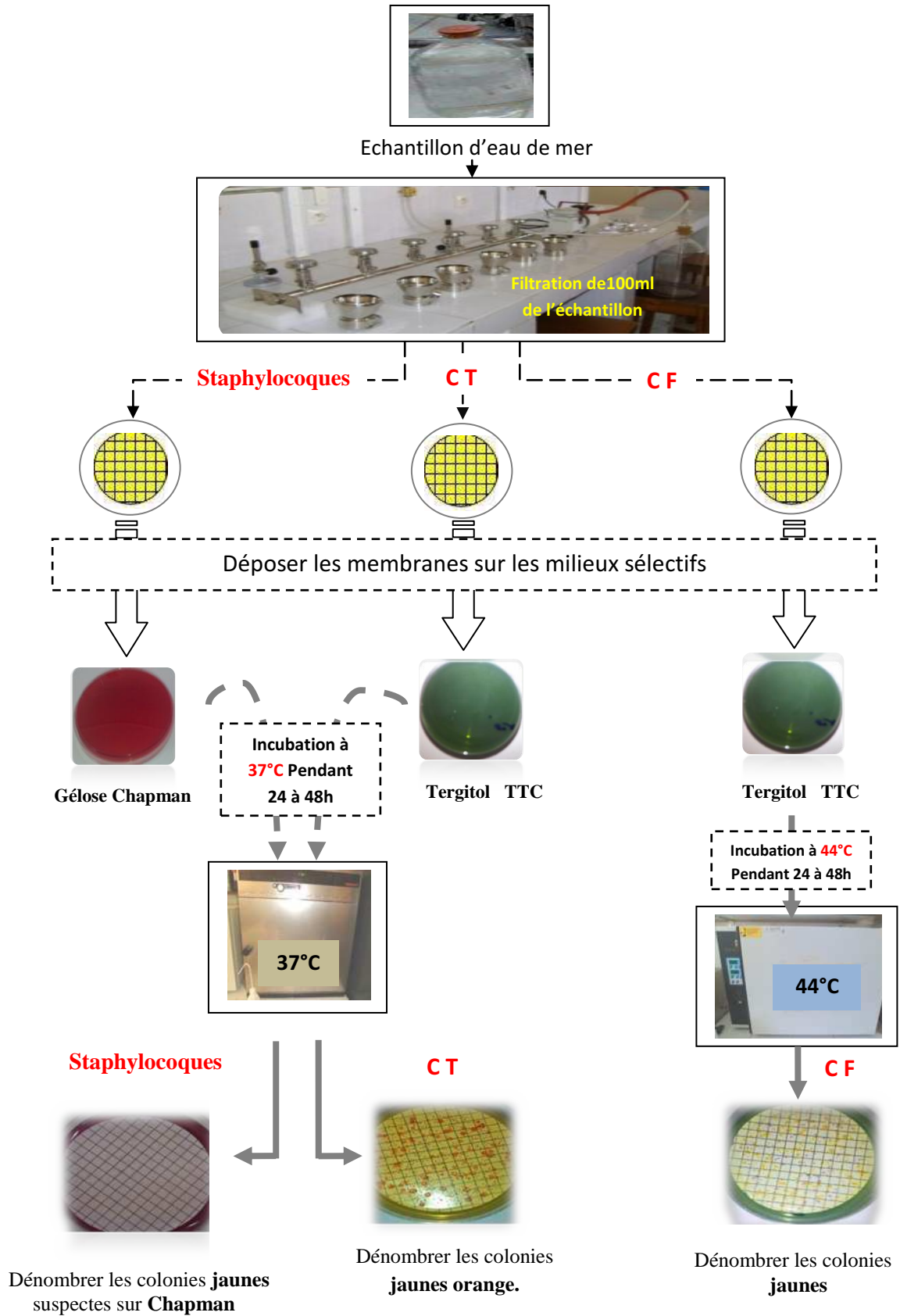


Figure.III.7 : Technique de dénombrement des Coliformes Totaux, Fécaux et Staphylocoques.

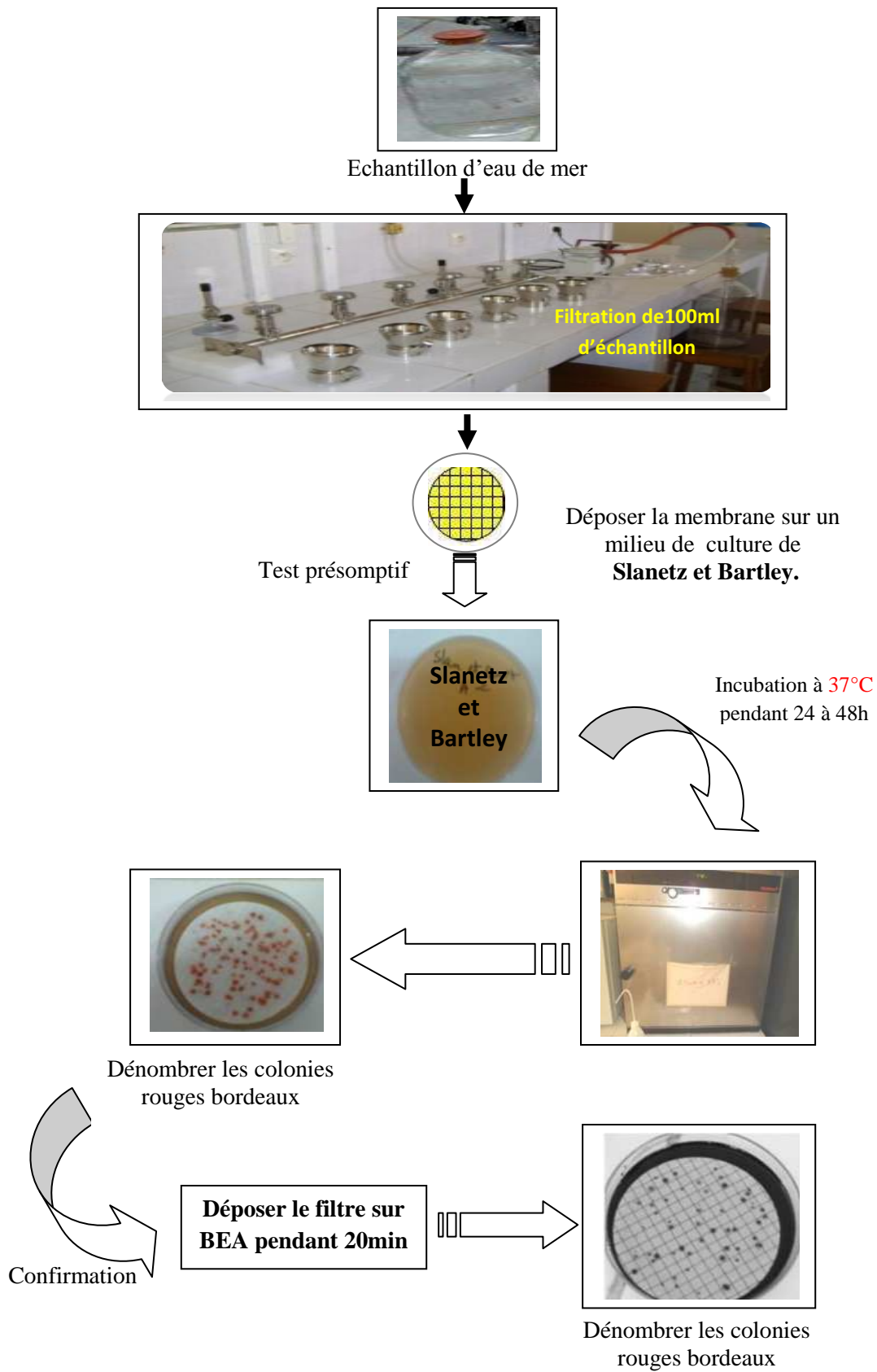


Figure.III.8 : Technique de dénombrement des Streptocoques fécaux

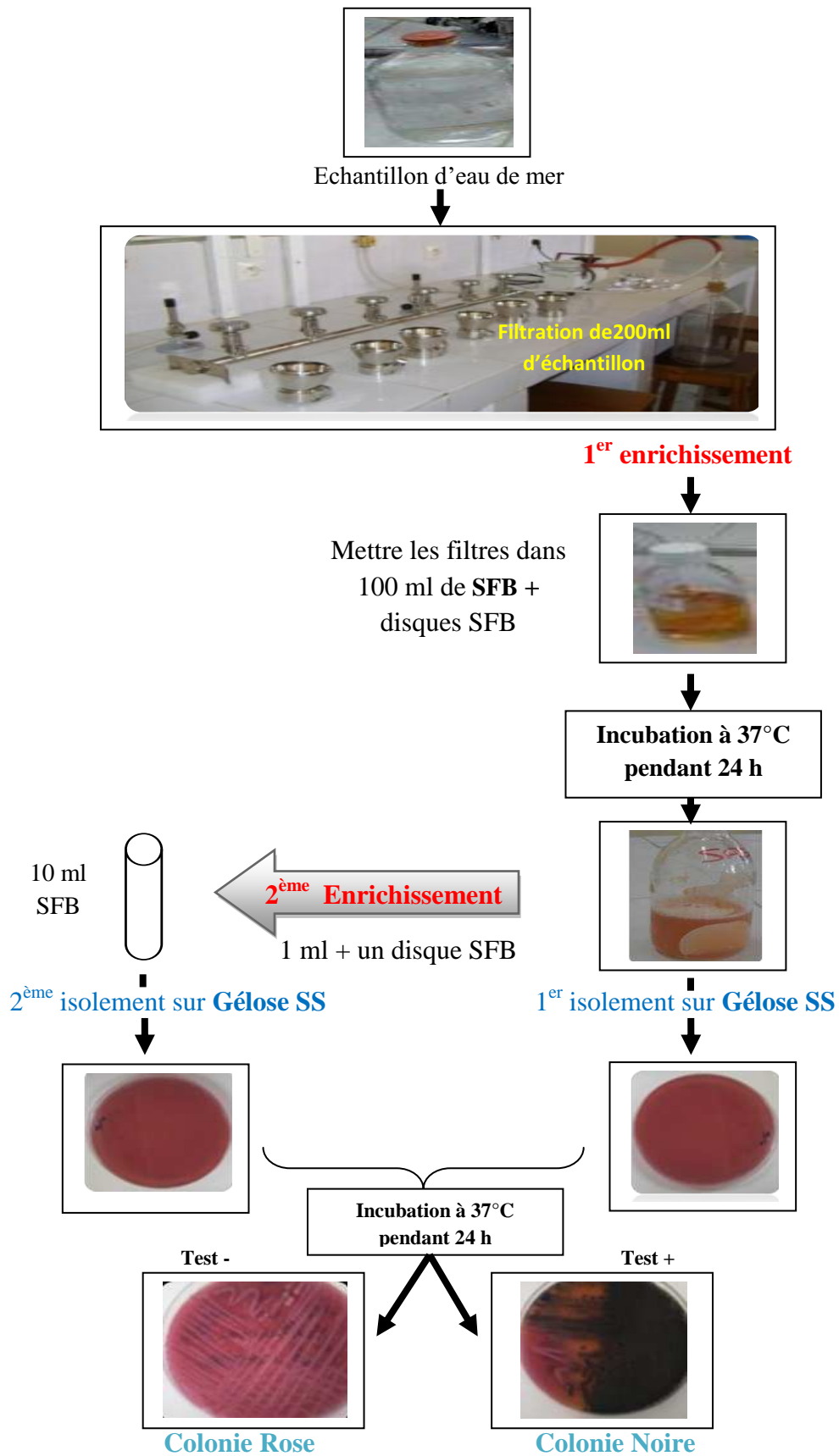


Figure.III.9 : Technique de recherche des salmonelles.

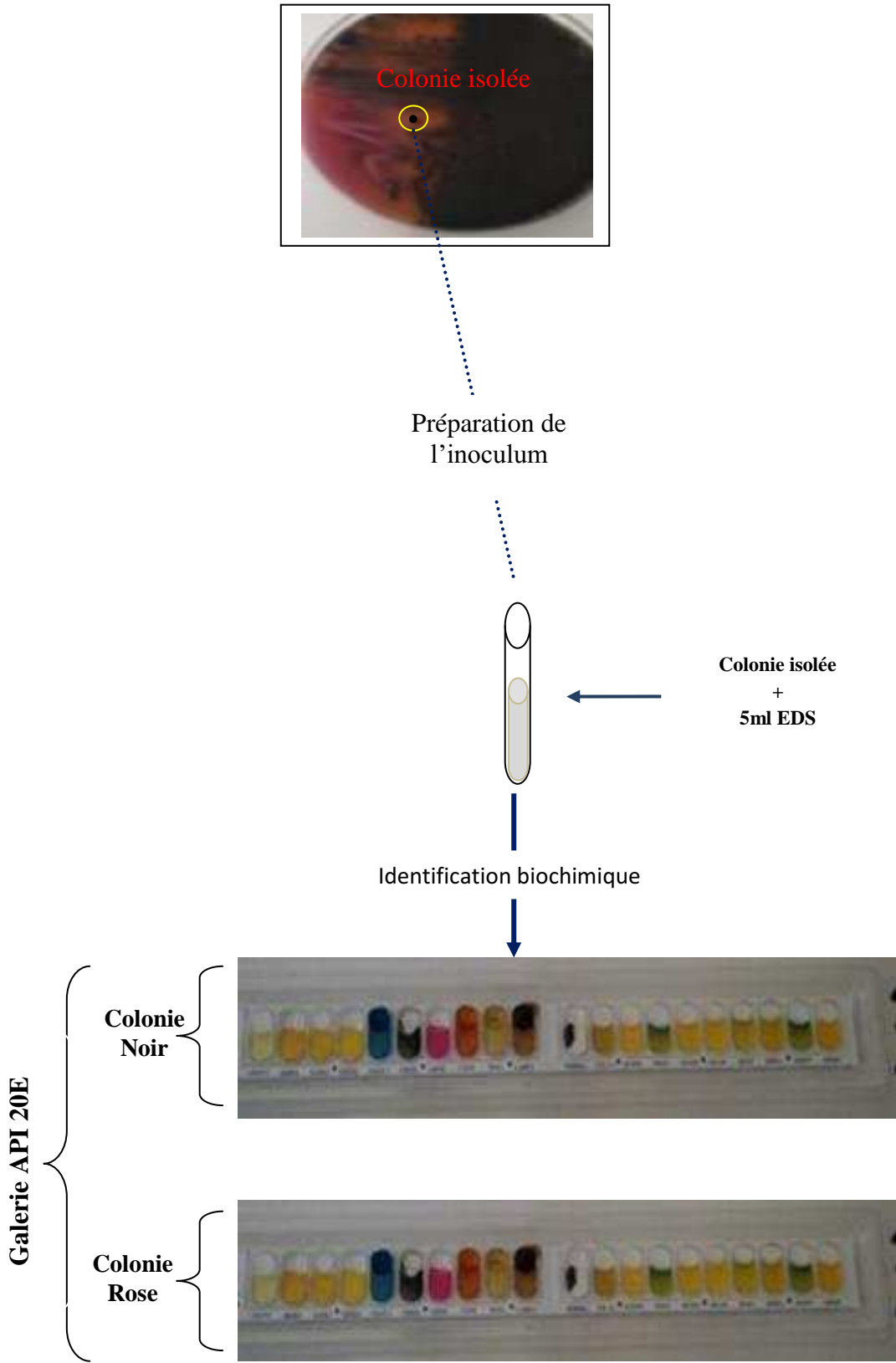


Figure.III.10 : Technique d'identification des salmonelles

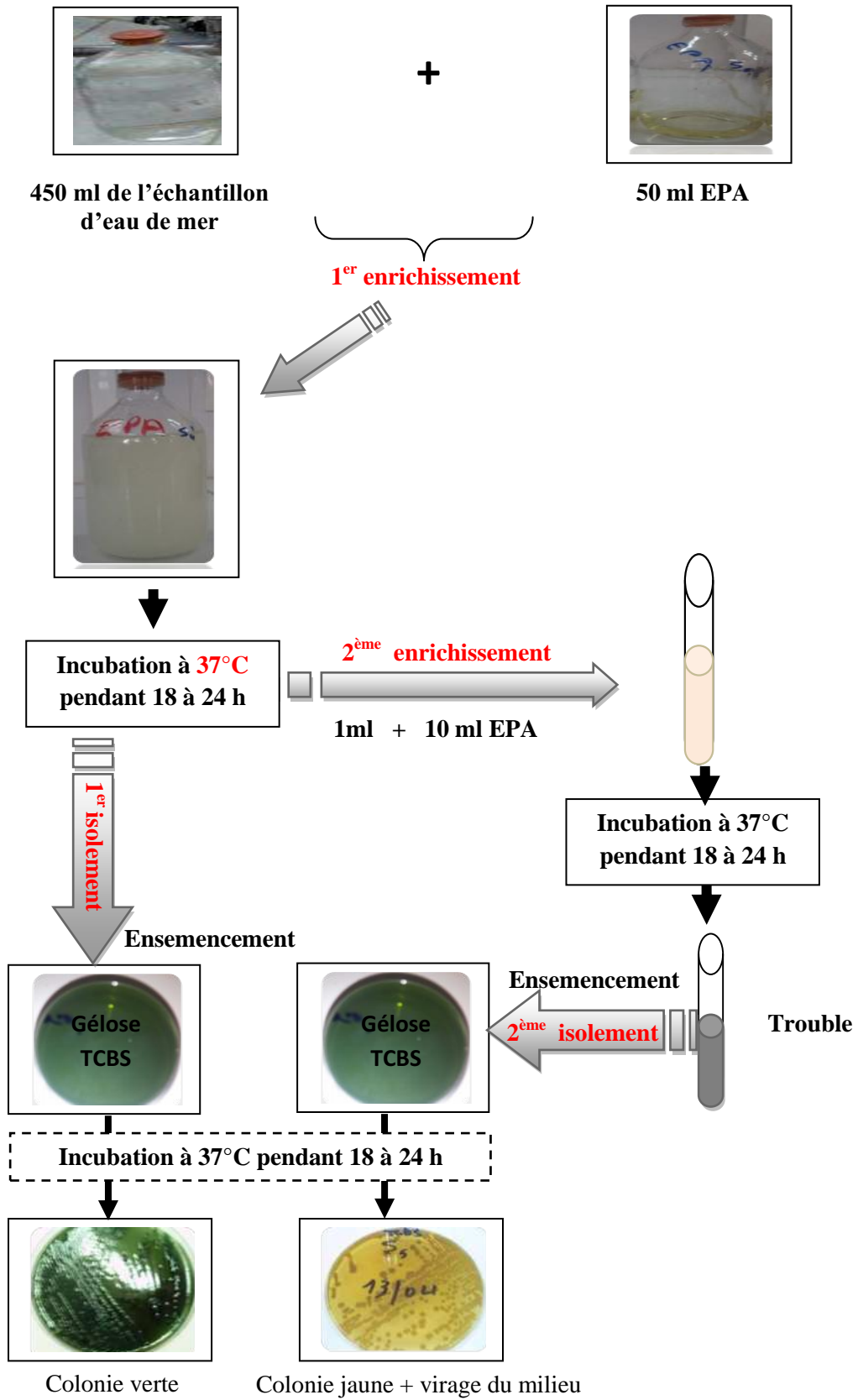


Figure.III.11 : Technique de recherche des vibrions.

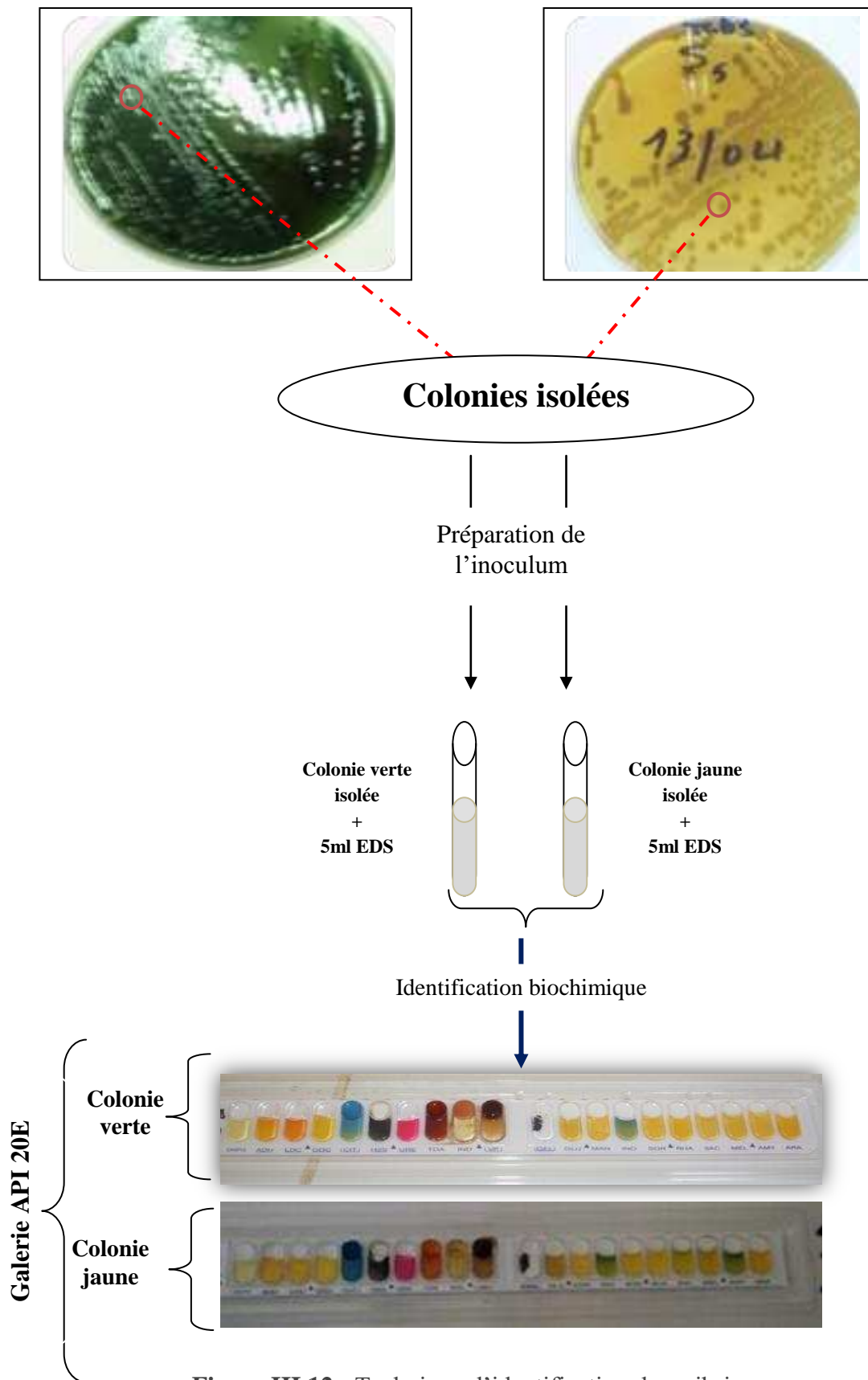


Figure III.12 : Technique d'identification des vibriens

Chapitre 4

Résultats et discussions

Dans ce chapitre nous allons évaluer en fonction d'espace et du temps les résultats obtenus durant notre étude.

I. Paramètres physico-chimiques

Les résultats obtenus dans l'analyse in-situ des paramètres physico-chimiques sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.1 : Tableau des valeurs moyennes, maximales, minimales et écart-types des paramètres physico-chimiques du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj.

Paramètre	T (°C)		S (PSU)		Cond (ms/cm)		pH		O2 (mg/l)/	
	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest
Maximum	20.4	20	35.7	35.4	54.4	53.8	8.22	8.28	5.8	6.7
Minimum	17.5	17.5	29.1	35	44.2	53.1	8.08	8.16	6.6	6.1
Moyenne	18.07	18.81	34.83	35.21	53.03	53.47	8.15	8.22	6.19	6.3
Ecart type	0.89	0.88	2.15	0.12	3.31	0.22	0.05	0.04	0.21	0.19

I.1. La température

La température de l'eau de mer est un élément fondamental qui détermine la distribution des niches écologiques dans le milieu marin. Elle varie en fonction de la température atmosphérique et du mélange des masses d'eau.

I.1.1. Analyse spatiale

Les résultats montrent que les valeurs obtenues au niveau du littoral Est de Sidi Fredj sont incluses globalement dans l'intervalle de [17.5°C-20.4°C], avec une moyenne de 18,07°C et un écart-type de 0.89°C (Figure IV.1) et (Figure IV.2).

Les valeurs enregistrées dans le littoral Ouest varient de 17.5 °C dans la station (PO2) jusqu'à une valeur maximale de 20°C dans la station (PO6) avec une moyenne de 18.81°C et écart-thermique de 0.88°C (Figure IV.4) et (Figure IV.5).

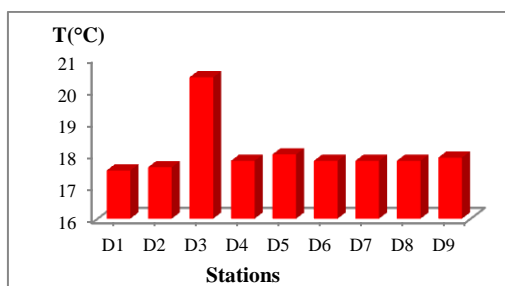


Figure IV.1 : Histogramme de variation des températures du littoral Est de Sidi Fredj.

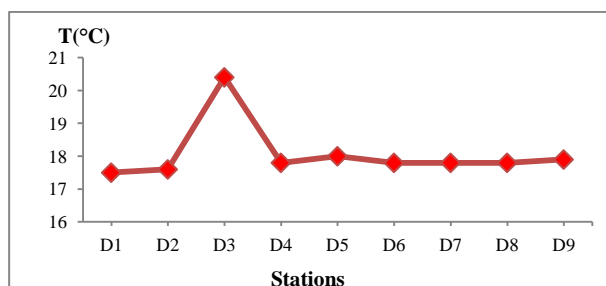


Figure IV.2 : Courbe de variation des températures du littoral Est de Sidi Fredj.

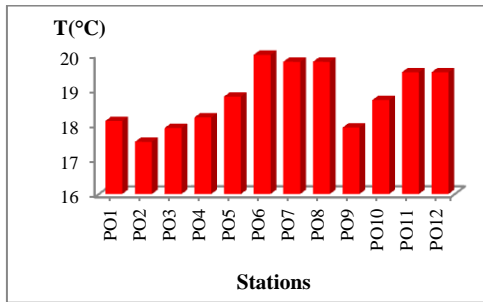


Figure IV.3 : Histogramme de variation des températures du littoral Ouest de Sidi Fredj.

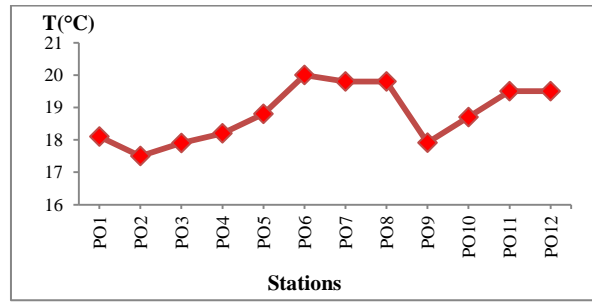


Figure IV.4 : Courbe de variation des températures du littoral Ouest de Sidi Fredj.

Dans les cartes établies ci-dessous, la température est représentée par des cercles rouges de diamètres proportionnels aux degrés de la température (Figure. IV.5) et (Figure. IV.6).

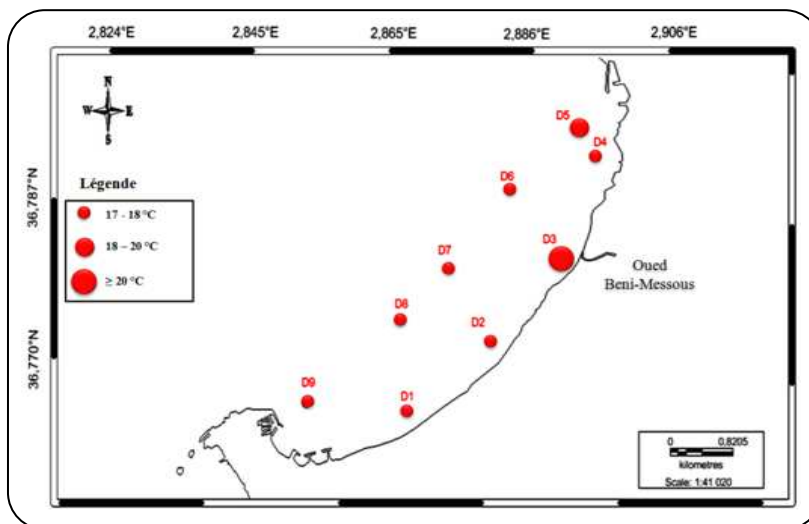


Figure IV.5 : Carte de répartition spatiale des températures du littoral Est de Sidi Fredj.

La répartition spatiale de la température dans le littoral Est de Sidi Fredj montre que les valeurs de la température dans la région Est restent normales, sauf dans la station (D3) située près de l'oued de Beni-Messous où nous avons enregistré une valeur maximale, cela peut être dû aux rejets d'eaux plus chaudes par l'oued. (Figure. IV.5)

La répartition spatiale de la température dans le littoral Ouest de Sidi Fredj montre que les valeurs relevées au niveau des stations (PO6, PO7, PO8.) situées près de la côte sont élevées, cela peut être expliqué par le fait que l'eau est peu profonde, donc elles ont tendances à être chauffées plus rapidement que celles de large. La valeur minimale est enregistrée au niveau de la station (PO2) située au large, cela dû peut être à la remontée d'eau profonde fraîche du fond vers la surface. (Figure IV.6)

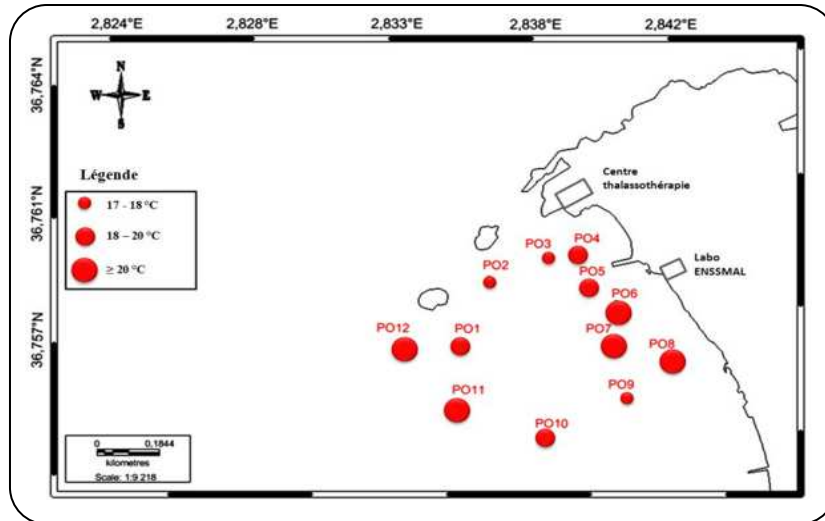


Figure IV.6 : Carte de répartition spatiale des températures du littoral Ouest de Sidi Fredj.

D’une manière générale, les températures enregistrées dans les deux régions restent normales et témoignent du niveau thermique de la saison d’échantillonnage. La région de Sidi Fredj est caractérisée par un climat méditerranéen tempérée. (Haoua et Laoui, 2006)

I.2. La salinité

I.2.1. Analyse spatiale

Les valeurs de la salinité mesurée au niveau du littoral Est varient entre 29.1 PSU et 35,7 PSU avec une moyenne de 34.74 PSU et un écart type de 2.15 PSU (Figure IV.7) et (Figure IV.8). Au niveau du littoral Ouest nous remarquons que la salinité est presque homogène dans toutes les stations, elle est comprise entre 35 et 35.4 PSU, avec une moyenne de 35.22 PSU et un écart-type de 0.12 PSU (Figure IV.9) et (Figure IV.10).

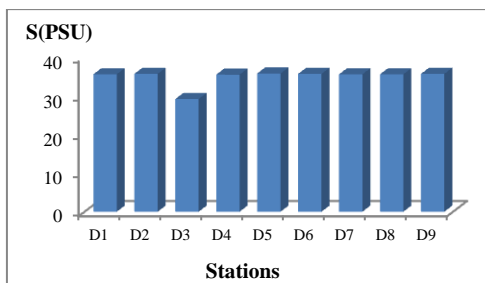


Figure IV.7 : Histogramme de variation de la salinité dans le littoral Est de Sidi Fredj.

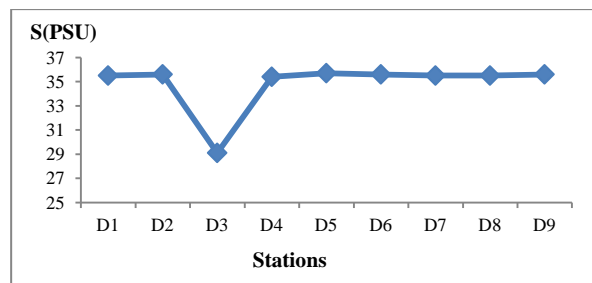


Figure IV.8 : Courbe de variation de la salinité dans le littoral Est de Sidi Fredj.

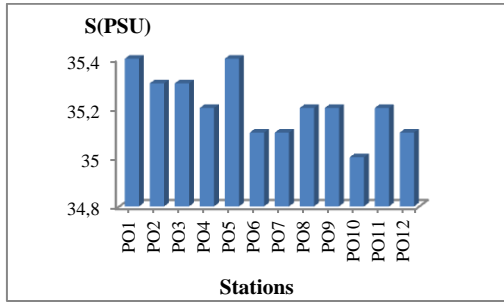


Figure IV.9 : Histogramme de variation de la salinité dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

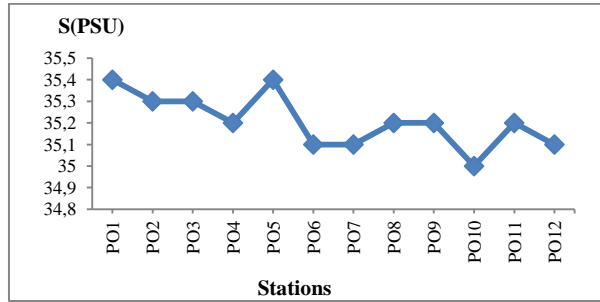


Figure IV.10 : Courbe de variation de la salinité dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

Dans les cartes établies ci-dessous, la salinité est représentée par des cercles bleus de diamètres proportionnels aux valeurs de la salinité (Figure. IV.11) et (Figure. IV.12).

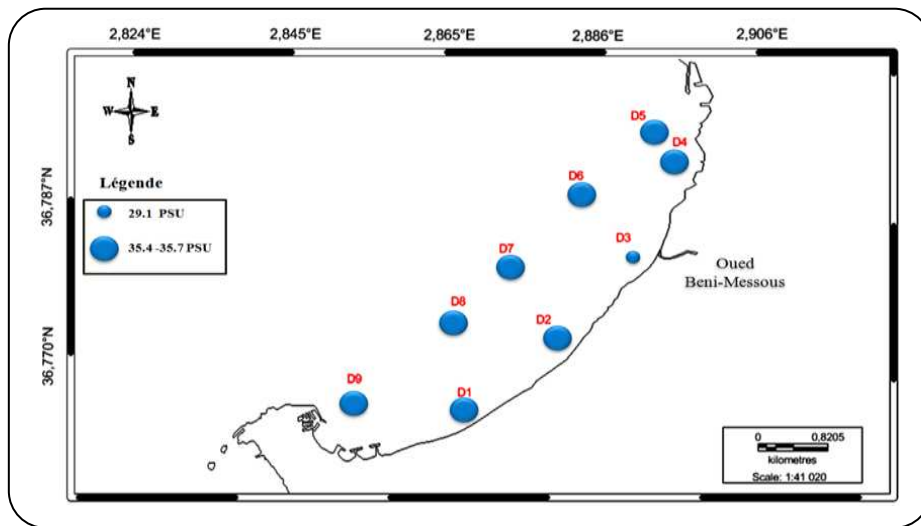


Figure IV.11 : Carte de répartition spatiale de la salinité dans le littoral Est de Sidi Fredj.

La répartition spatiale de la salinité dans le littoral Est de Sidi Fredj montre que la valeur minimale de la salinité qui est de 29.1 PSU est enregistrée dans la station (D3), cela est dû peut être aux apports d'eaux douces proviennent de l'oued de Beni-Messous. En s'éloignant de ce rejet les valeurs de la salinité reste presque homogène dans toutes les stations. (Figure IV.11)

La répartition spatiale de la salinité dans le littoral Ouest de Sidi Fredj montre une décroissance de la salinité pour la plupart des stations (valeurs les plus faibles près de la côte vers les valeurs les plus élevées au large). Cette distribution est engendrée certainement par la contribution continentale en eau douce. Les apports fluviaux et

précipitations influencent sur la salinité au niveau des côtes Algériennes (Guibout, 1987), qui est le cas de la station (PO10), puisque nous avons enregistré pas mal de précipitations durant le mois de mai de cette année. (Figure IV.12)

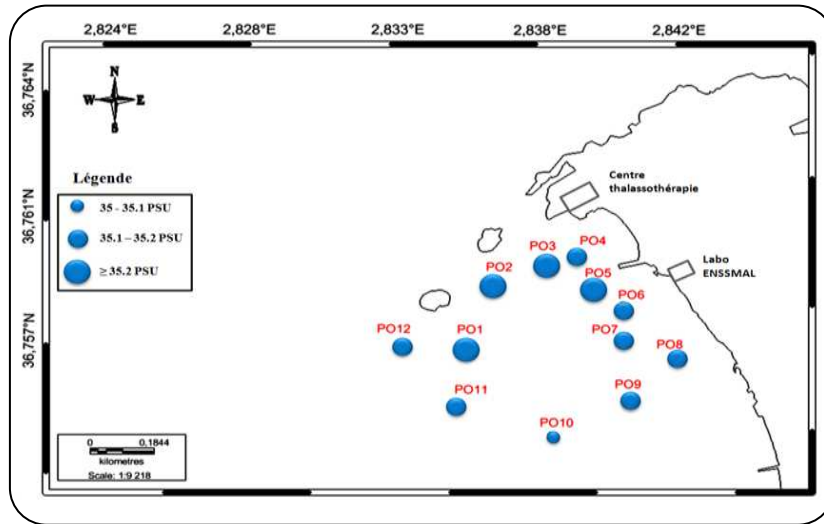


Figure IV.12 : Carte de répartition spatiale de la salinité dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

I.2.2. Analyse temporelle

Des données extraites à partir d’analyses physico-chimiques d’une série temporelle qui s’étend de 2009 jusqu’au 2012 à raison d’une année, en plus des résultats que nous avons obtenus durant notre étude, ont permis d’étudier l’évolution de quelques paramètres en fonction du temps et ce dans les stations : (D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, D9, PO1, PO2, PO4).

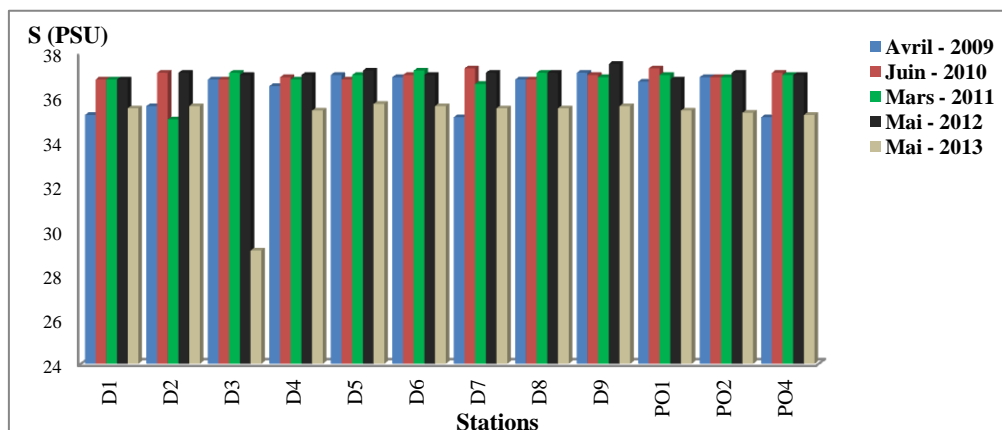


Figure IV.13 : Variation temporelle de la salinité dans la zone de Sidi Fredj.

La figure montre que la salinité varie étroitement dans les quatre premières années (2010 - 2012), sauf qu'en 2013 nous avons obtenu des valeurs inférieures, cette diminution est plus claire au niveau de la station (D3) située à proximité de l'embouchure de l'oued de Beni-Messous, ceci peut être dû aux précipitations enregistrées dans cette période ce qui a provoqué une augmentation du débit de l'oued de Beni-Messous et le mélange avec les masses d'eau de mer. (Figure. IV.13)

I.3. La conductivité

I.3.1. Analyse spatiale

Les valeurs de la conductivité dans le littoral Est sont incluses dans l'intervalle [44.2mS/cm-54.4mS/cm], avec une moyenne de 53,03mS/cm et un écart-type de 3,31mS/cm (Figure IV.14) et (Figure IV.15). Au niveau du littoral Ouest, les valeurs de conductivité varient étroitement, elles comprises entre 53.1mS/cm et 53.8mS/cm, avec une moyenne de 53,47mS/cm et un écart-type de 0.22mS/cm (Figure IV.16) et (Figure IV.17).

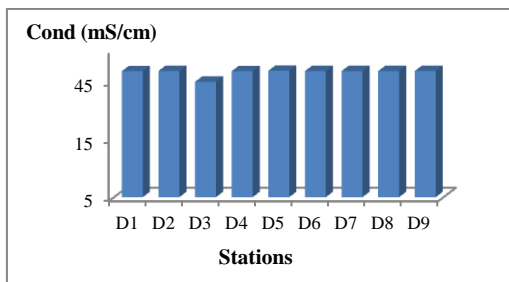


Figure IV.14 : Histogramme de variation de la conductivité du littoral Est de Sidi Fredj.

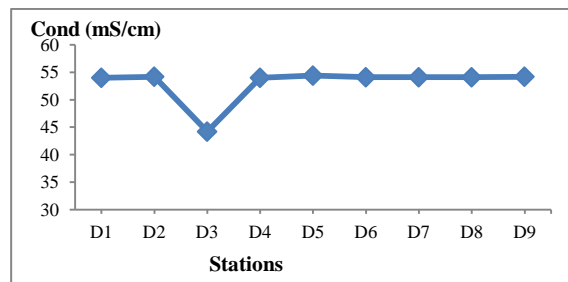


Figure IV.15 : Courbe de variation de la conductivité du littoral Est de Sidi Fredj.

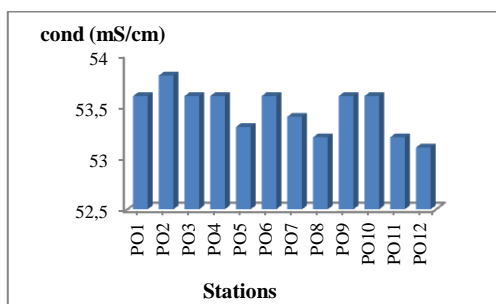


Figure IV.16 : Histogramme de variation de la conductivité du littoral Ouest de Sidi Fredj.

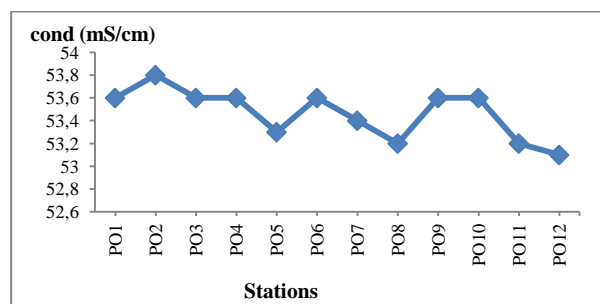


Figure IV.17 : Courbe de variation de la conductivité du littoral Ouest de Sidi Fredj.

Dans les cartes établies ci-dessous, la conductivité est représentée par des cercles bleus de diamètres proportionnels aux valeurs de la conductivité (Figure. IV.18) et (Figure. IV.19).

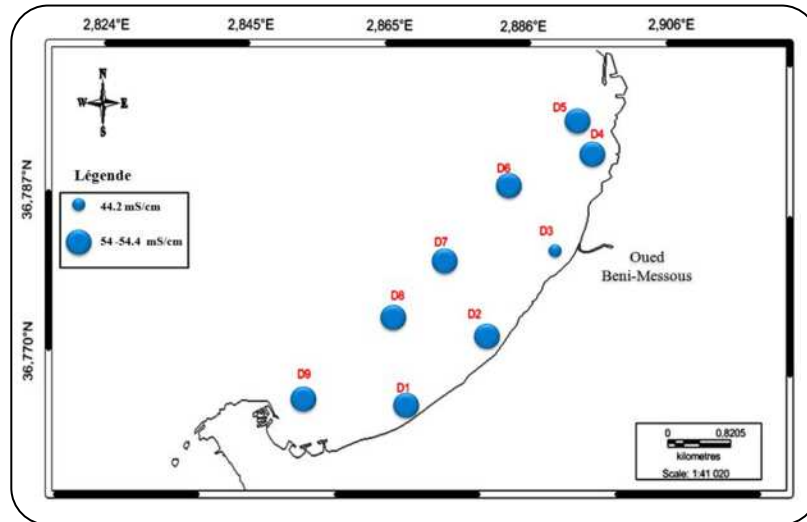


Figure IV.18 : Carte de répartition spatiale de la conductivité du littoral Est de Sidi Fredj.

La répartition spatiale de la conductivité dans le littoral Est de Sidi Fredj montre que la valeur la plus basse est située au niveau de la station (D3) qui reçoit l'eau douce de l'oued de Beni-Messous, en s'éloignant de ce rejet la conductivité augmente jusqu'à une valeur maximale relevée au niveau de la station (D5). (Figure IV.18)

La répartition spatiale de la conductivité dans le littoral Ouest de Sidi Fredj montre que les valeurs de la conductivité augmentent au fur et à mesure qu'en s'éloignant de la côte. Cette distribution peut être due aux rejets d'eau douce par les habitants de la côte Ouest de Sidi Fredj. Sauf au niveau des stations (PO11) et (PO12). (Figure IV.19)

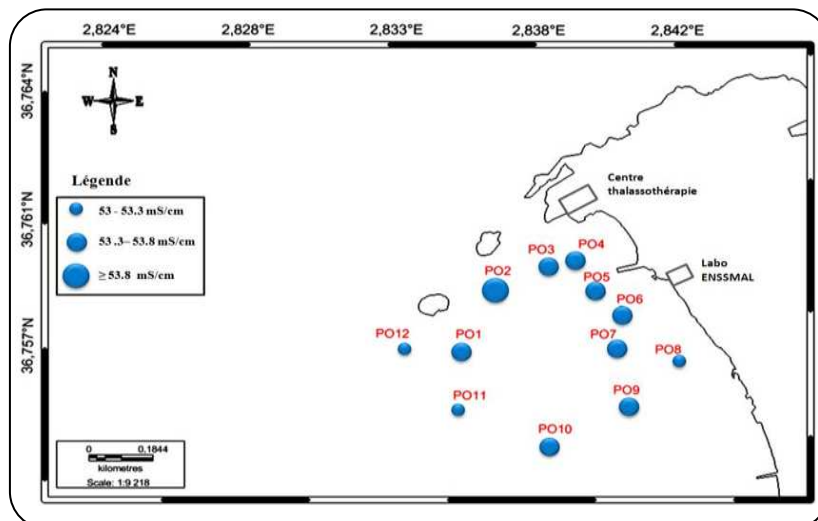


Figure IV.19 : Carte de répartition spatiale de la conductivité du littoral Ouest de Sidi Fredj.

I.3.2. Analyse temporelle

La figure ci-dessous représente la variation de la conductivité en fonction des stations dans une série de cinq périodes successives.

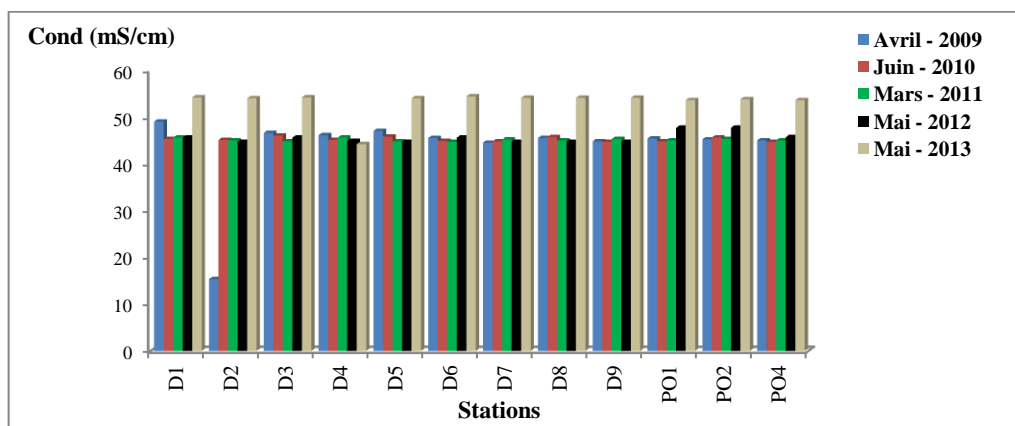


Figure IV.20 : Variation temporelle de la conductivité dans la zone de Sidi Fredj.

Cette figure montre que la variation de la conductivité en fonction du temps est plus au moins stable. Sauf que dans la période (Mai- 2013) les valeurs sont plus au moins élevées, ceci est peut être dû aux fortes précipitations enregistrées dans cette période. Nous observons aussi une valeur basse dans la station (D4) en moi de mai 2013 et dans la station (D2) en moi d'Avril 2009, ceci peut témoigner de l'influence de l'oued de Beni-Messous qui se situe près de ces stations. (Figure. IV.20).

I.4. L'oxygène dissous

I.4.1. Analyse spatiale

Les teneurs en oxygène au niveau du littoral Est varient entre 5.8 mg/l et 6.6 mg/l qui correspond respectivement à 55% et 67%, avec une moyenne de 6.19 mg/l (63.56%) et un écart-type de 0.21mg/l (3.43%) (Figure IV.21) et (Figure IV.22).

Au niveau du littoral Ouest les valeurs de l'oxygène varient étroitement, elles sont incluses dans l'intervalle [6.1mg/l-6.7mg/l] qui correspond à l'intervalle [64%,70%], avec une moyenne de 6.3mg/l (66.83%) et un écart-type de 0.19mg/l (1.53%). (Figure IV.23) et (Figure IV.24).

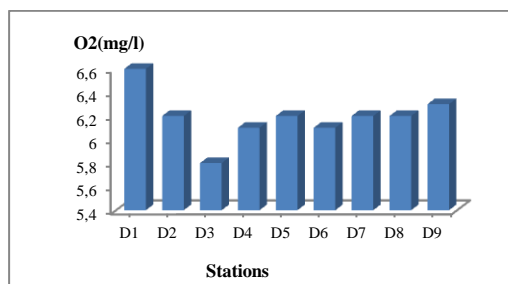


Figure IV.21 : Histogramme de variation des teneurs en oxygène dissous dans le littoral Est de Sidi Fredj.

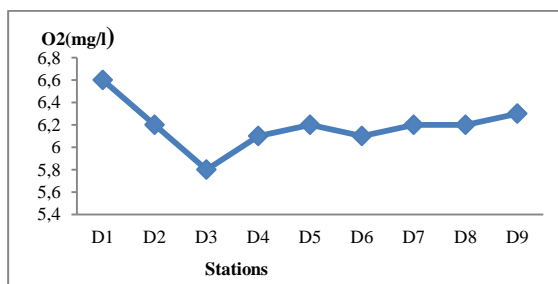


Figure IV.22 : Courbe de variation des teneurs en oxygène dissous dans le littoral Est de Sidi Fredj.

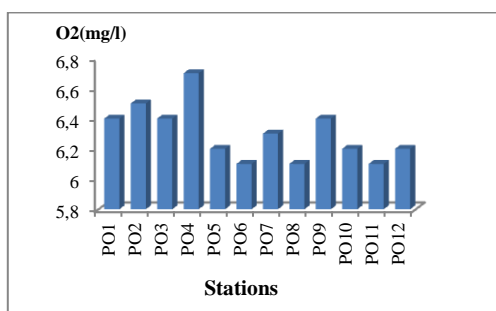


Figure IV.23 : Histogramme de variation des teneurs en oxygène dissous dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

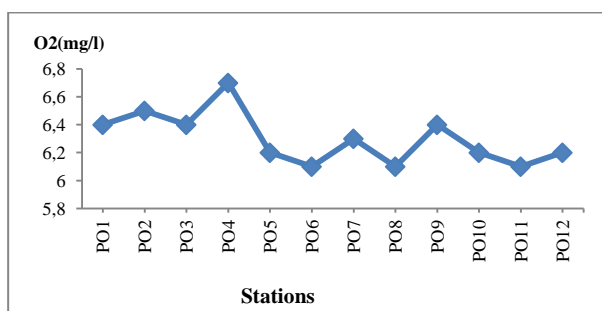


Figure IV.24 : Courbe de variation des teneurs en oxygène dissous dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

Dans les cartes établies ci-dessous, la distribution spatiale des valeurs de la teneur en oxygène dissous sont montrées par des cercles bleus de diamètres proportionnels aux valeurs de la teneur en oxygène dissous. (Figure. IV.25) et (Figure. IV.26)

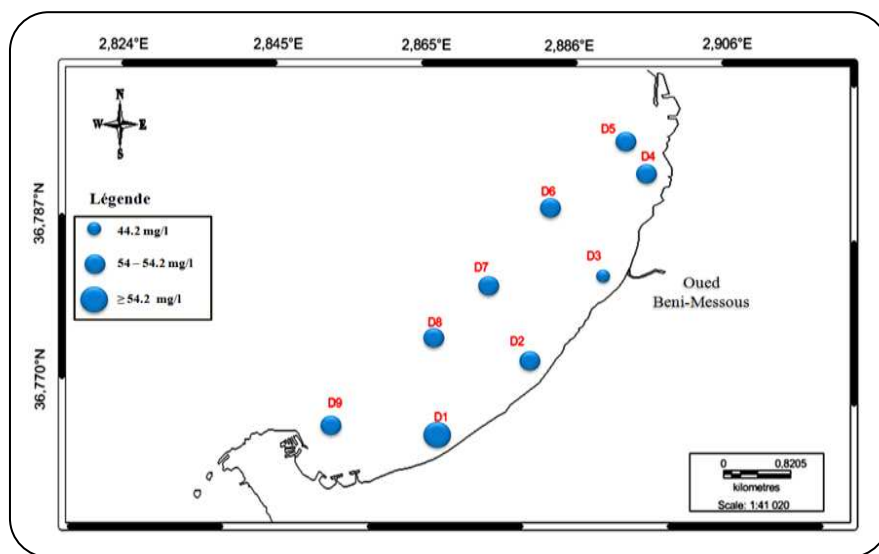


Figure IV.25 : Carte de répartition spatiale des teneurs en oxygène dissous dans le littoral Est de Sidi Fredj.

La répartition spatiale des teneurs en oxygène dissous dans le littoral Est de Sidi Fredj montre que la plus faible teneur est située au niveau de station D3 près de l'oued de Beni-Messous, ce déficit en oxygène, est peut être provoqué par l'oxydation de la matière organique rejetée par l'oued. Les teneurs sont plus ou moins élevées dans les autres stations, cela dû peut être à l'agitation provoquée par les courants, la houle, ce qui aèrent la colonne d'eau plus en moins profonde, et à l'activité photosynthétique. (Figure IV.25)

La répartition spatiale des teneurs en oxygène dissous dans le littoral Ouest de Sidi Fredj montre que les fortes teneurs sont enregistrées aux niveaux des stations (PO1, PO2, PO3), avec une valeur maximale au niveau de la station PO4, cela revient peut être à l'activité photosynthétique de la posidonie et les algues qui se retrouvent dans ces stations vue la faible profondeur (Figure IV.26)

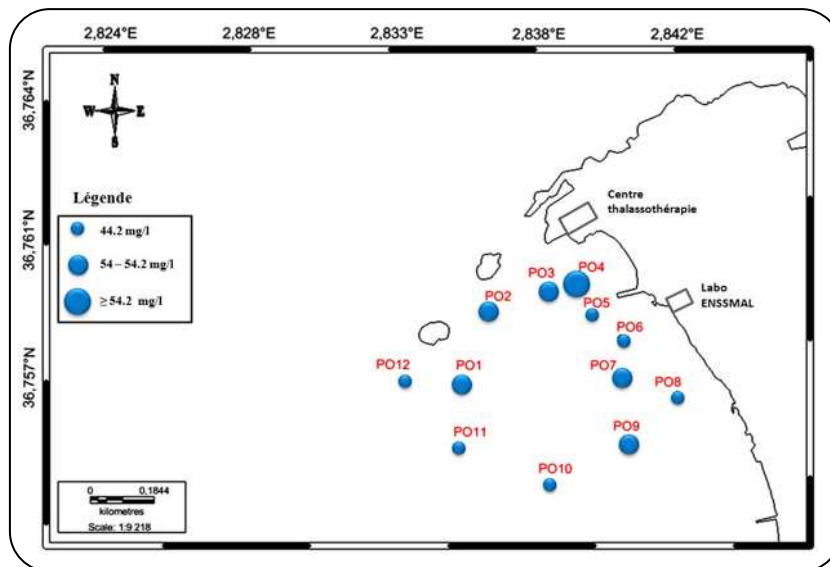


Figure IV.26 : Carte de répartition spatiale des teneurs en oxygène dissous dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

I.4.2. Analyse temporelle

La figure ci-dessous représente la variation de l'oxygène dissous en mg/l en fonctions des stations dans cinq périodes différentes allant de 2009 jusqu'au 2013 d'un intervalle d'une année., elle montre que les teneurs en oxygène dissous dans les différentes stations sont presque homogènes durant les quatre premières années, sauf que dans l'année en cours où nous remarquons une chute considérable des teneurs en oxygène dans toutes les stations, cela est peut être dû à une augmentation des concentrations de la matière organique par des

apports terrigènes et donc consommation de l'oxygène par l'oxydation de la matière organique. (Figure. IV.27)

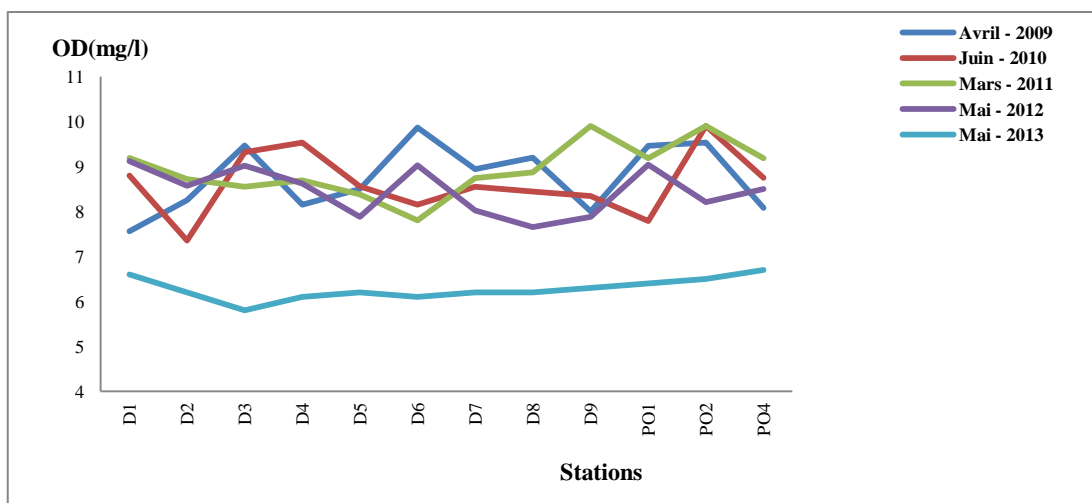


Figure IV.27 : Variation temporelle des teneurs en oxygène dissous dans la zone de Sidi Fredj

I.5. Le potentiel hydrogène

I.5.1. Analyse spatiale

Les valeurs du pH enregistrées dans le littoral Est de Sidi-Fredj varient de 8.1 à 8.22, avec une moyenne de 8.15 et un écart-type de 0.05 (Figure IV.28) et (Figure IV.29). Dans le littoral Ouest nous avons enregistré des valeurs varient de 8.16 à 8.28, avec une moyenne de 8.22 et un écart-type de 0.04 (Figure IV.30) et (Figure IV.31).

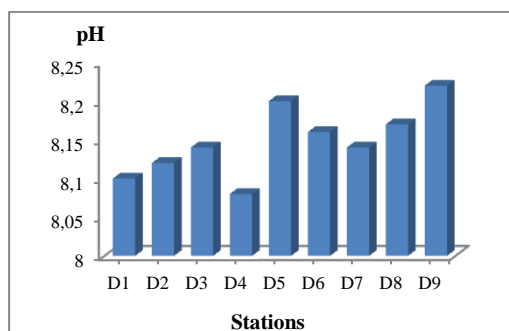


Figure IV.28 : Histogramme de variation du pH dans le littoral Est de Sidi Fredj.

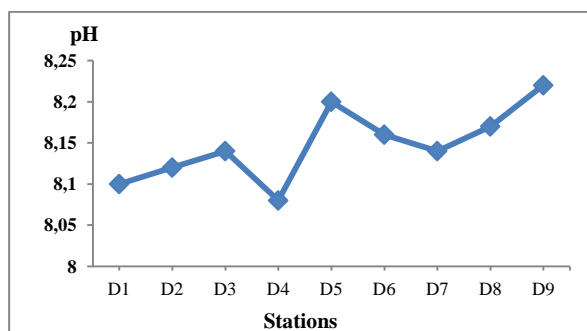


Figure IV.29 : Courbe de variation du pH dans le littoral Est de Sidi Fredj.

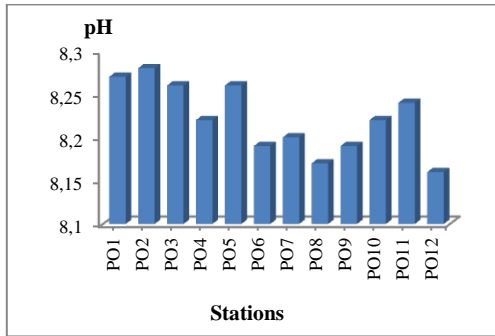


Figure IV.30 : Histogramme de variation du pH dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

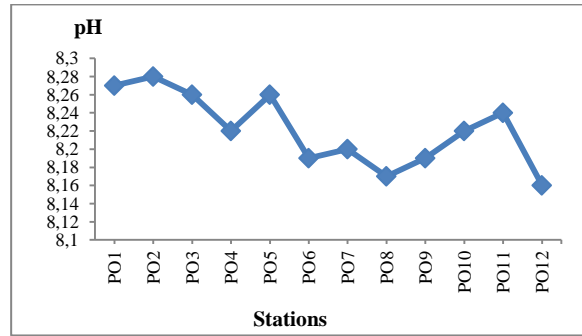


Figure IV.31 : Courbe de variation du pH dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

Dans la carte ci-dessous, les valeurs du pH sont représentées par des cercles bleus de diamètres proportionnels aux valeurs du pH. (Figure. IV.32) et (Figure. IV.33)

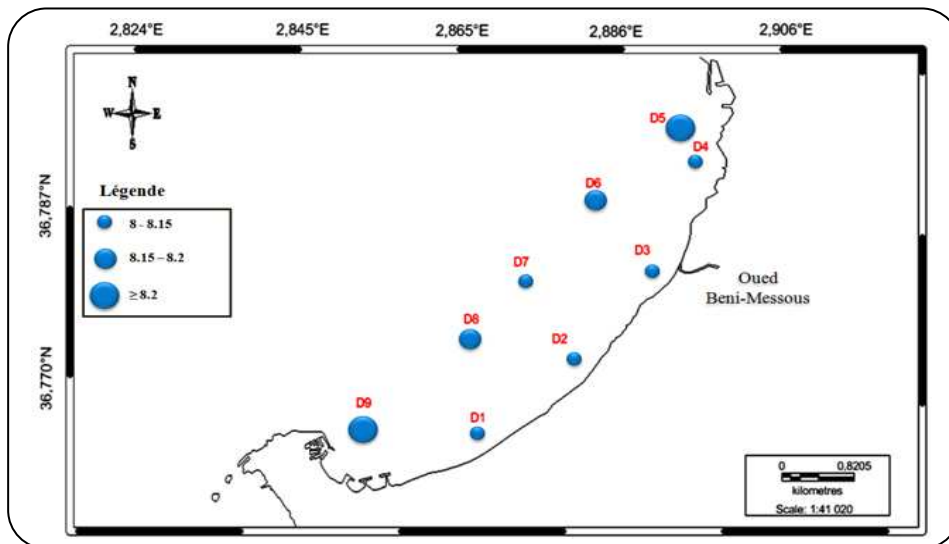


Figure IV.32 : Carte de répartition spatiale du pH du littoral Est de Sidi Fredj.

La répartition spatiale des teneurs en pH dans le littoral Est de Sidi Fredj montre que ces valeurs augmentent au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'oued de Beni-Messous. Cette distribution est provoquée par l'apport de l'oued d'eau douce. (Figure IV.32)

La répartition spatiale des valeurs du pH dans le littoral Ouest de Sidi Fredj montre que les valeurs basses du pH se concentrent près de la côte et elles augmentent au large ceci est dû aux apports d'eau douce par les habitants de la presqu'île de Sidi Fredj. (Figure IV.33)

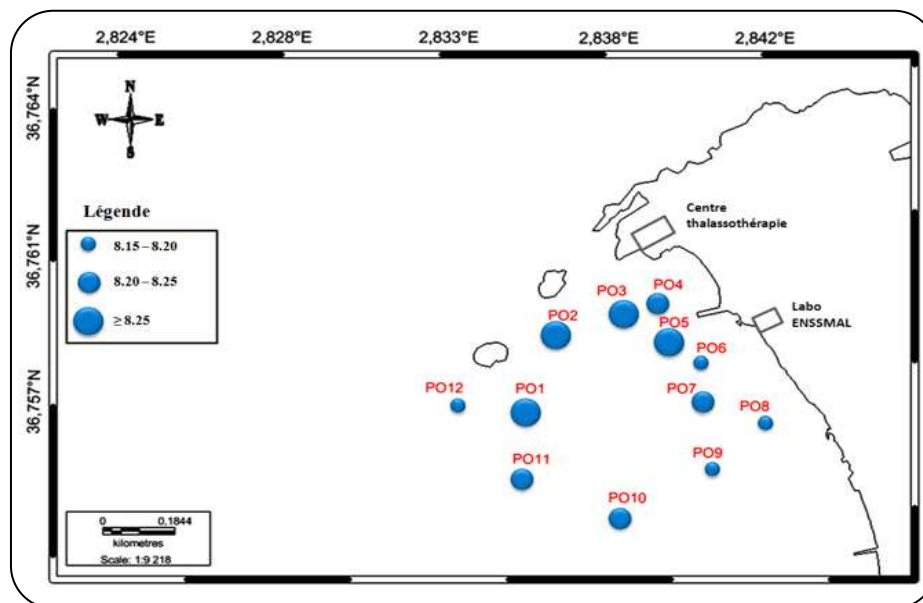


Figure IV.33 : Carte de répartition spatiale du pH du littoral Ouest de Sidi Fredj.

I.5.2. Analyse temporelle

La figure ci-dessous représente la variation des valeurs du pH en fonctions des stations dans cinq périodes successives allant de 2009 jusqu’au 2013 d’un intervalle d’une année (Figure IV.34).

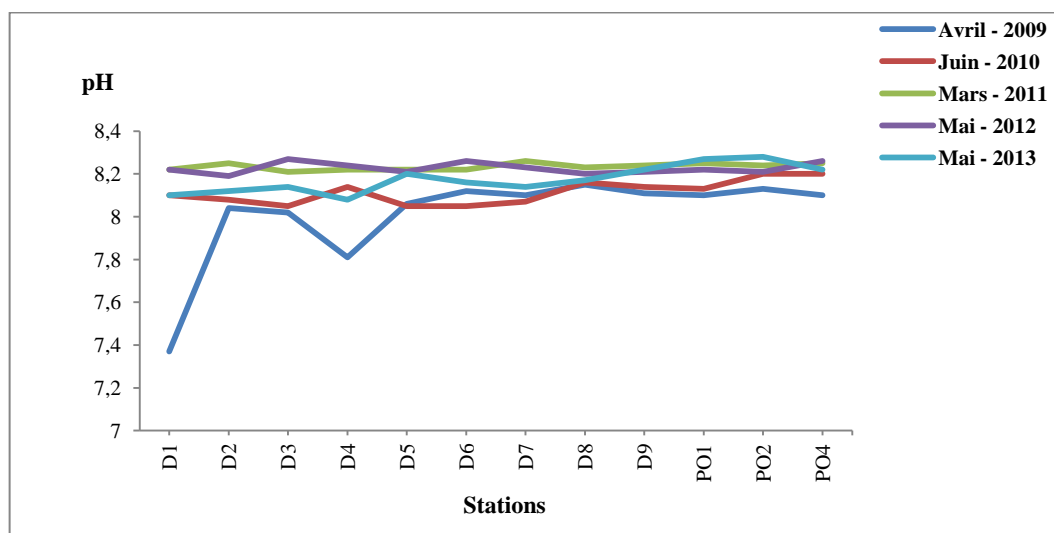


Figure IV.34 : variation temporelle du PH dans la zone de Sidi Fredj.

La figure ci-dessus montre que les valeurs du pH restent presque stables durant toutes les périodes entre des valeurs qui varient entre 8.02 et 8.28, sauf qu’en mois d’avril 2009 nous

remarquons une chute au niveau des stations (D1 et D4) situées au niveau du littoral Est de Sidi Fredj, avec une valeur de 7.37 dans la station (D1) et de 7.81 dans la station (D4), ceci est peut être dû à la présence des apports d'eau douce près de ces stations dans cette période là (Avril-2009). (Figure. IV.34)

D'autres cartes représentant la distribution spatiale sont présentés dans l'annexe I.

II. Paramètres indicateurs de pollution

Les résultats obtenus dans l'analyse au laboratoire des paramètres indicateurs de pollution sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.2 : Tableau des valeurs moyennes, maximales, minimales et écart-types des paramètres indicateurs de pollution du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj.

Paramètres	MES (mg/l).		MOP dans l'eau (mg/l).		MOP dans le sédiment (%).	
	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest
Lieu	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest
Maximum	84.35	35.4	78.65	126.07	2.42	1.43
Minimum	11.2	35	9.2	0.68	0.69	1.04
Moyenne	25.46	35.21	22.52	49.12	1.29	1.26
Ecart type	23.09	48.95	21.95	47.08	1.03	0.2
Paramètres	DCO (mg/l).		Chlorophylle (µg/l)			
	Est	Ouest	Est	Ouest		
Lieu	Est	Ouest	Est	Ouest		
Maximum	480	912	0.08	0.16		
Minimum	96	240	0.04	0.03		
Moyenne	253.87	666.4	0.05	0.05		
Ecart type	128	257.35	0.01	0.04		

II.1. La matière en suspension(MES)

Les variations de la concentration en matières en suspension dépendent des propriétés physico-chimiques, des conditions climatiques, de l'intensité de l'hydrodynamisme, diamètre des particules, de l'influence des apports marins et continentaux, et du cycle de développement du plancton.

Les valeurs de la matière en suspension au niveau du littoral Est présentent des fluctuations irrégulières et varient de 11.20 mg/l à 84.35mg/l, avec une moyenne de 25,46mg/l et un écart-type de 23.09mg/l (Figure IV.35) et (Figure IV.36). Au niveau du littoral Ouest les teneurs en MES sont incluses dans l'intervalle [134.67mg/l-3.98mg/l], avec une moyenne de 53.23mg/l et un écart-type de 48.95mg/l. (Figure IV.37) et (Figure IV.38)

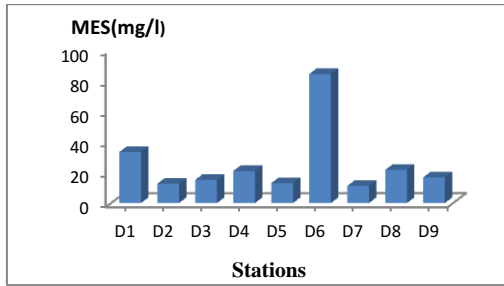


Figure IV.35 : Histogramme de variation de la MES dans le littoral Est de Sidi Fredj.

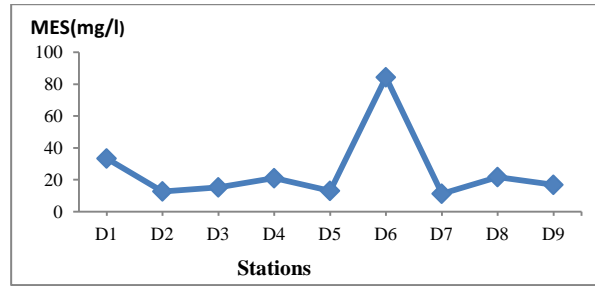


Figure IV.36 : Courbe de variation de la MES dans le littoral Est de Sidi Fredj.

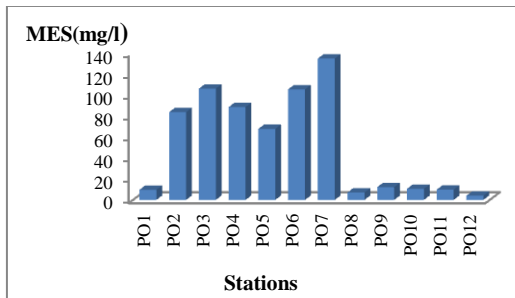


Figure IV.37 : Histogramme de variation de la MES dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

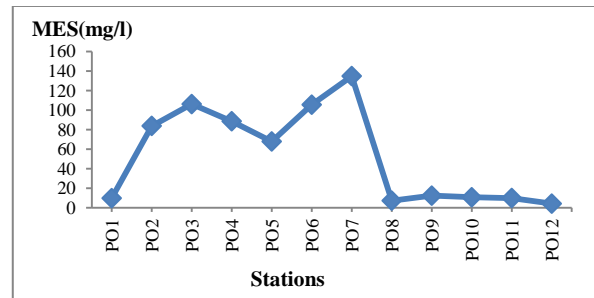


Figure IV.38 : Courbe de variation de la MES dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

Les cartes ci-dessous, présentent la concentration de la MES par des cercles orange de diamètres proportionnels aux valeurs de la MES (Figure. IV.39) et (Figure IV.40).

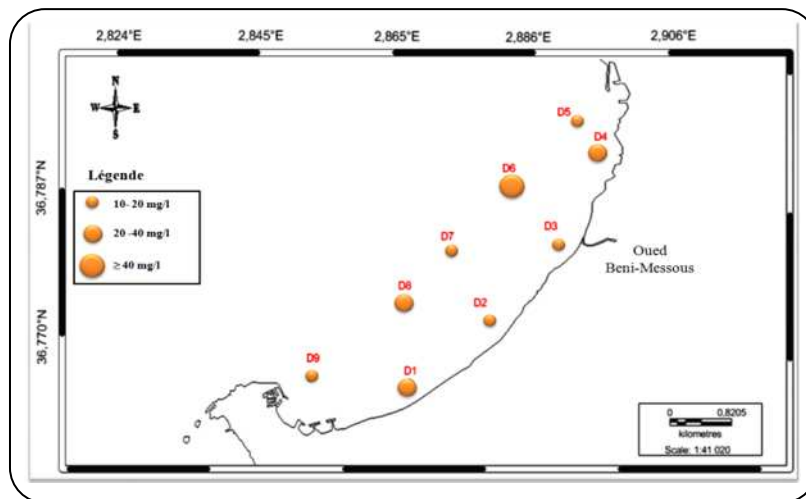


Figure IV.39 : Carte de répartition spatiale de la MES du littoral Est de Sidi Fredj.

La figure ci-dessus montre la répartition spatiale des concentrations de la MES dans le littoral Est de Sidi Fredj. Elle montre que la variation de la concentration de la MES reste presque homogène dans toutes les stations sauf dans la station (D6) où la valeur est

beaucoup plus importante par rapport aux autres stations ceci est expliqué par l'apport important de la MES par l'oued de Beni-Messous. La station (D3) est plus proche de cet oued mais comporte une concentration inférieure en MES ceci est peut être dû à l'assainissement des eaux usées de l'oued Beni-Messous par la station d'épuration située à Ain-Benian. (Figure IV.39)

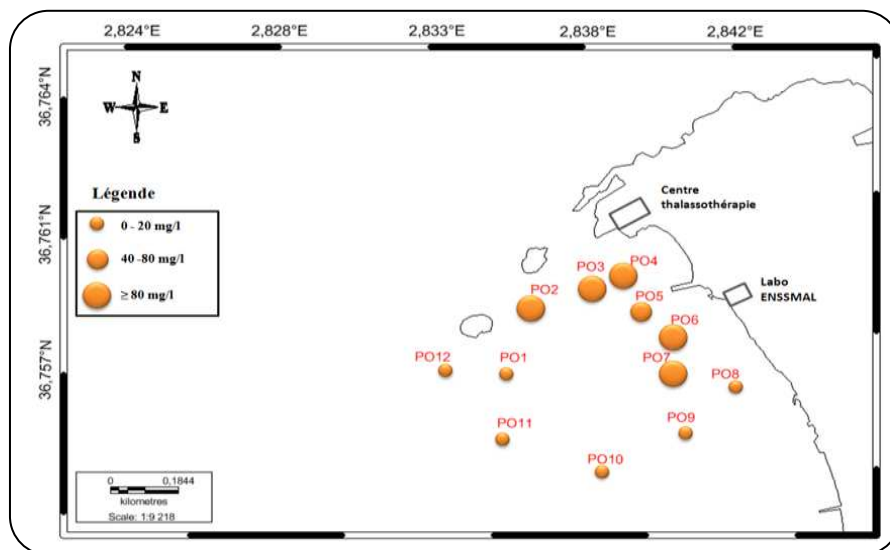


Figure IV.40 : Carte de répartition spatiale de la MES du littoral Ouest de Sidi Fredj.

La répartition spatiale des concentrations de la MES dans le littoral Ouest de Sidi Fredj montre que les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau des stations (PO2, PO3, PO4, PO5, PO6 et PO7) situées près de la côte et en s'éloignant vers le large les valeurs de MES restent faibles, cela peut être dû au débris rejetés par les habitants de Sidi Fredj. (Figure IV.40)

Ces résultats dépassent largement les normes fixées par la législation algérienne pour les eaux de mer qui est de l'ordre 35mg/l. (Voir Annexe IV)

II.2. Matière organique particulaire dans l'eau

Les valeurs de la matière organique particulaire enregistrées au niveau du littoral Est de Sidi Fredj varient d'une valeur minimale de 9.20 mg/l à une valeur maximale de 78.65mg/l, avec une moyenne de 22.52 mg/l et un écart-type de 21.95mg/l (Figure IV.41) et (Figure IV.42). Ces concentrations sont plus élevées au niveau du littoral Ouest De Sidi Fredj, elles varient dans un intervalle très vaste [0.68mg/l-126.07mg/l], avec une moyenne de 49.12mg/l et un écart-type de 47.08mg/l (Figure. IV.43) et (Figure IV.44).

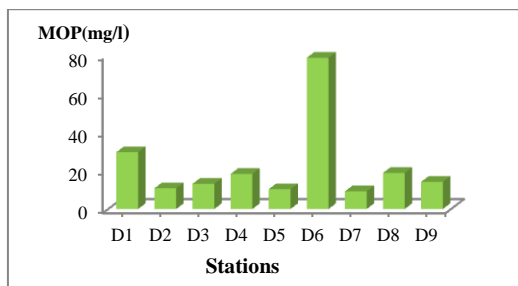


Figure IV.41 : Histogramme de variation de la MOP dans les eaux du littoral Est de Sidi Fredj.

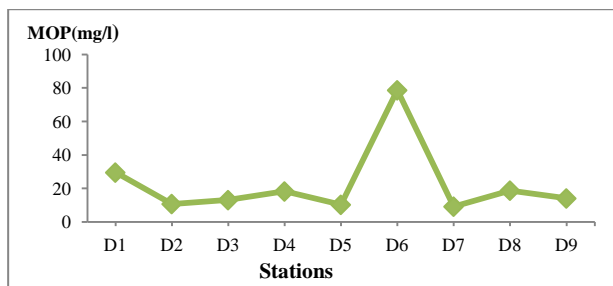


Figure IV.42 : Courbe de variation de la MOP dans les eaux du littoral Est de Sidi Fredj.

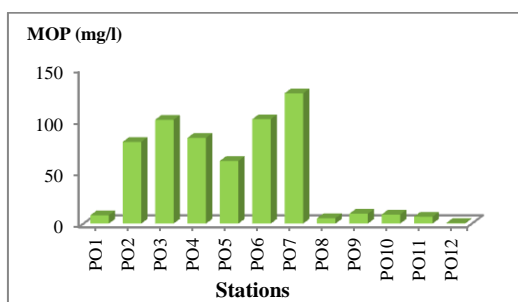


Figure IV.43 : Histogramme de variation de la MOP dans les eaux du littoral Ouest de Sidi Fredj.

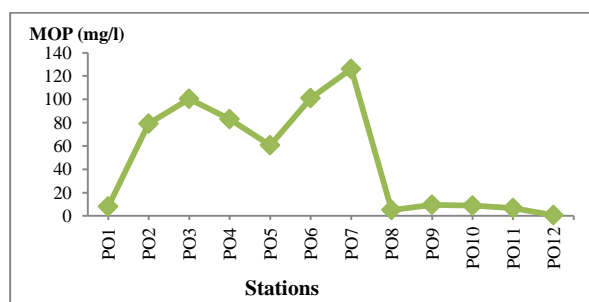


Figure IV.44 : Courbe de variation de la MOP dans les eaux du littoral Ouest de Sidi Fredj.

Les cartes ci-dessous, présentent la concentration de la MOP dans l'eau par des cercles verts de diamètres proportionnels aux valeurs de la MOP. (Figure. IV.45) et (Figure IV.46).

La répartition de la matière organique particulaire dans les deux zones de Sidi Fredj montre des valeurs proportionnelles aux valeurs de la MES avec des valeurs plus au moins proches, ce qui montre que l'essentiel de la MES est composée de la MOP. (Figure. IV.45) et (Figure IV.46).

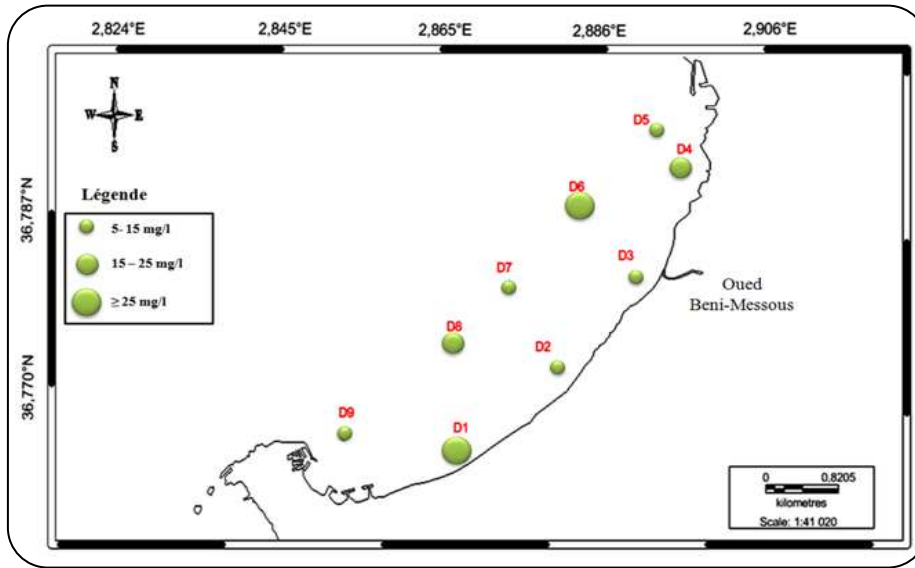


Figure IV.45 : Carte de répartition spatiale de la MOP dans les eaux du littoral Est de Sidi Fredj.

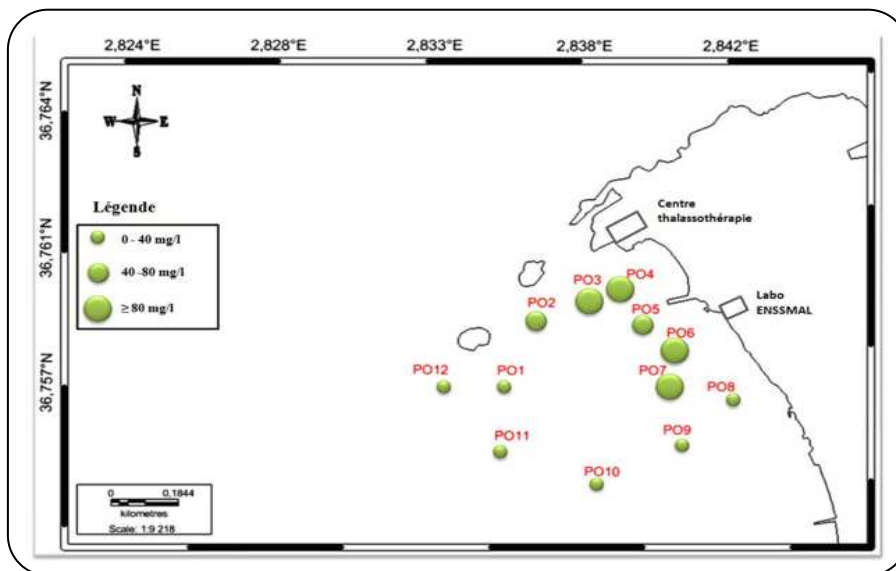


Figure IV.46 : Carte de répartition spatiale de la MOP dans les eaux du littoral Ouest de Sidi Fredj.

II.3. La matière organique particulaire dans le sédiment

La matière organique que contient le sédiment est largement utilisée par les organismes benthiques, sa décomposition entraîne une consommation de l’oxygène.

Les valeurs de la matière organique particulaire dans le sédiment du littoral Est varient de 0.25% à 1.08%, avec une moyenne de 0.55% et un écart-type de 0.46%. La plus forte

valeur est enregistrée au niveau de la station D1 située près de la côte. La plus faible valeur est enregistrée au niveau de la station D2. (Figure IV.47)

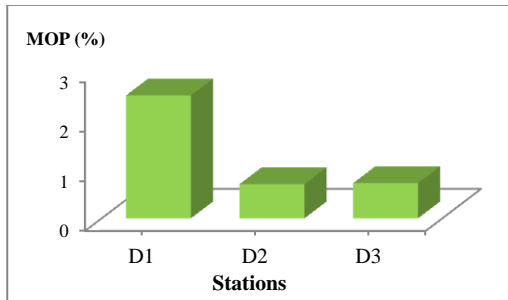


Figure IV.47 : Histogramme de variation de la MOP dans les sédiments du littoral Est de Sidi Fredj.

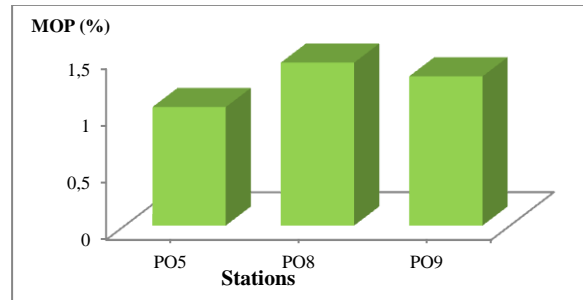


Figure IV.48 : Courbe de variation de la MOP dans les sédiments du littoral Ouest de Sidi Fredj.

Au niveau du littoral Ouest les teneurs en matière organique dans le sédiment varient entre 0.5% et 0.71%, avec une moyenne de 0.63% et un écart-type de 0.11%. La valeur maximale est enregistrée au niveau de la station PO5 caractérisée par un sable grossier riche en débris de coquilles. La valeur minimale est enregistrée au niveau de la station PO8 près de la côte et caractérisée par un sable fin. (Figure IV.48)

II.4. La demande chimique en oxygène (DCO)

Les teneurs de la demande chimique en oxygène enregistrées au niveau du littoral Est de Sidi Fredj sont incluses dans l'intervalle [96mg/l, 480mg/l], avec une valeur moyenne de 253.87mg/l et un écart-type de 128mg/l. la plus forte valeur est enregistrée au niveau de la station D8 au large. La plus basse valeur est enregistrée au niveau de la station D4 située près de la côte. (Figure IV.49)

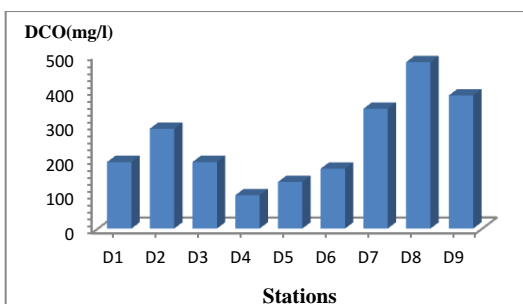


Figure IV.49 : Histogramme de variation de la DCO dans le littoral Est de Sidi Fredj.

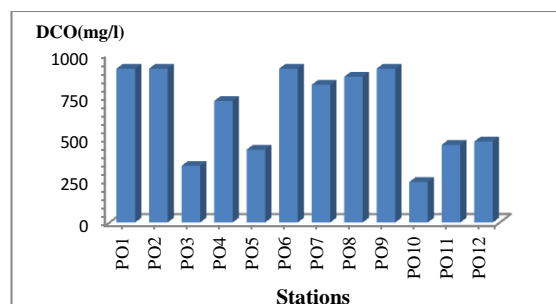


Figure IV.50 : Courbe de variation de la DCO dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

Au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj les taux en DCO enregistrés sont élevés par rapport au littoral Est, ils varient de 240 mg/l à 912mg/l avec une moyenne de 666.4mg/l

et un écart-type de 257.35mg/l, les fortes valeurs sont enregistrées aux niveaux des stations PO1, PO2, PO6, PO9. La plus faible valeur est enregistrée au niveau de la station PO10 située au large, Cela est dû à l'hydrodynamisme qui joue un rôle dans la dispersion des charges polluantes. (Figure IV.50)

II.5. La chlorophylle

La chlorophylle-a est considérée comme un bon estimateur de la biomasse phytoplanctonique, elle est sous l'influence de plusieurs facteurs météorologiques, hydrologiques et biologiques.

Les concentrations de la chlorophylle trouvées au niveau de toutes les stations du littoral Est de Sidi Fredj sont faibles, allant d'une valeur minimale de 0.04 μ g/l à une valeur maximale de 0.077 μ g/l, avec une moyenne de 0.05 μ g/l et un écart-type de 0.01 μ g/l, cela peut être expliqué par le fort ensoleillement de ces eaux (Rodier, 1996). (Figure IV.51)

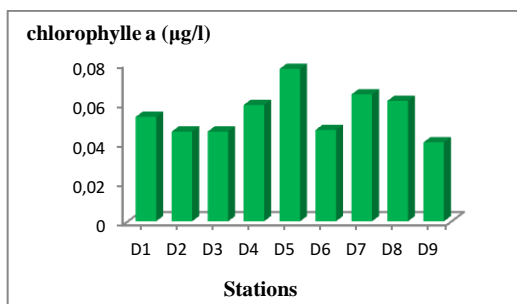


Figure IV.51 : Histogramme de variation de la chlorophylle a dans le littoral Est de Sidi Fredj.

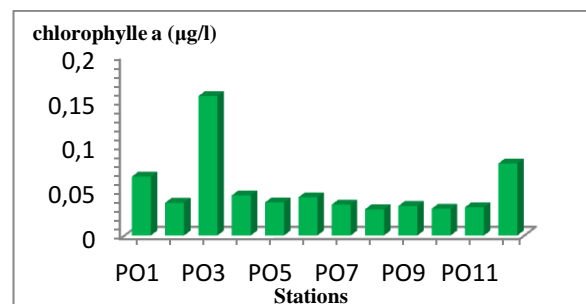


Figure IV.52 : Histogramme de variation de la chlorophylle a dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

Au niveau du littoral Ouest les teneurs en chlorophylle-a sont incluses dans l'intervalle [0.029 μ g/l, 0.155 μ g/l], avec une valeur moyenne de 0.052 μ g/l et un écart-type de 0.04 μ g/l. la valeur maximale est enregistrée au niveau de la station PO3, elle peut être due à une forte activité photosynthétique. (Figure IV.52)

Les cartes de la distribution spatiale de la MOP, la DCO et la chlorophylle sont bien représentées dans l'annexe I

III. Les sels nutritifs

Les résultats obtenus dans l'analyse des sels nutritifs sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.3 : Tableau des valeurs moyennes, maximales, minimales et écart-types du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj

Sels nutritifs	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	62.64	5.42	2.77	0.45	3.07	0.5	22.82	13.43
Minimum	1.19	2.09	0.02	0.19	0.32	0.32	8.64	11.61
Moyenne	9.83	3.51	0.44	0.31	0.67	0.39	12.58	12.28
Ecart type	19.84	0.79	0.89	0.07	0.9	0.05	4.07	0.60

III.1. Les nitrates (NO₃⁻)

Les nitrates sont issus de l'oxydation de l'ammoniac. Ce sont des composés peu toxiques pour les animaux aquatiques. Sur un circuit fermé, ils proviennent de l'oxydation bactérienne des nitrites et finissent par se concentrer (Geoffroy, 2008).

III.1.1. Analyse spatiale

Les valeurs de nitrates enregistrées au niveau du littoral Est de Sidi Fredj varient de 1.19 μmol/l à 62.64 μmol/l, avec une valeur moyenne de 9.83 μmol/l et un écart-type de 19.84 μmol/l. la teneur maximale est enregistrée au niveau de la station D3 située près de l'oued de Beni-Messous. Les concentrations aux niveaux des autres stations sont faibles en nitrates, cela peut être expliqué par la dilution en milieu marin, ou à la forte activité photosynthétique et à une faible régénération bactérienne, ou peut être que ces teneurs sont représentatives de la saison. En effet, la floraison printanière et le développement du phytoplancton consomment les nitrates à cette saison. (Figure IV.53)

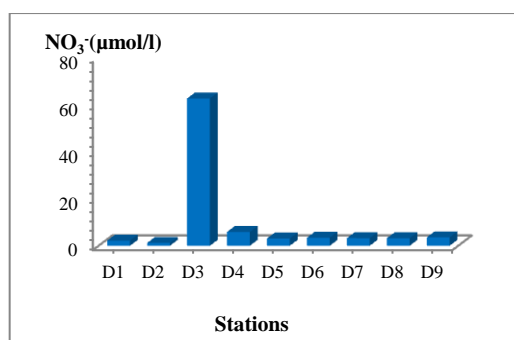


Figure IV.53 : Histogramme de variation des nitrates dans le littoral Est de Sidi Fredj.

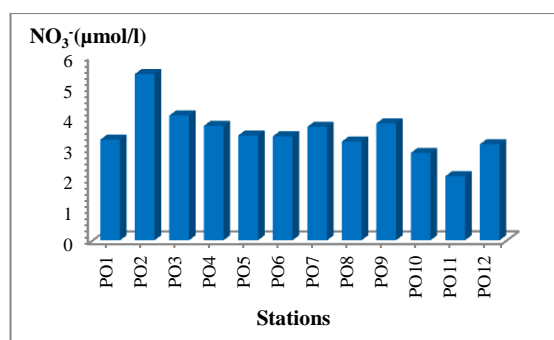


Figure IV.54 : Histogramme de variation des nitrates dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

Au niveau du littoral Ouest, les concentrations en nitrate varient de 2.09 μmol/l à 5.42 μmol/l, avec une valeur moyenne de 3.53 μmol/l et un écart-type de 0.79 μmol/l. la plus

forte valeur est enregistrée au niveau de la station PO2. La plus faible valeur est enregistrée au niveau de la station PO11 située au large. (Figure IV.54)

III.1.2. Analyse temporelle

La figure ci-dessous représente la variation des concentrations des nitrates en $\mu\text{mol/l}$ en fonction des stations dans cinq périodes différentes allant de 2009 jusqu'au 2013 d'un intervalle d'une année.

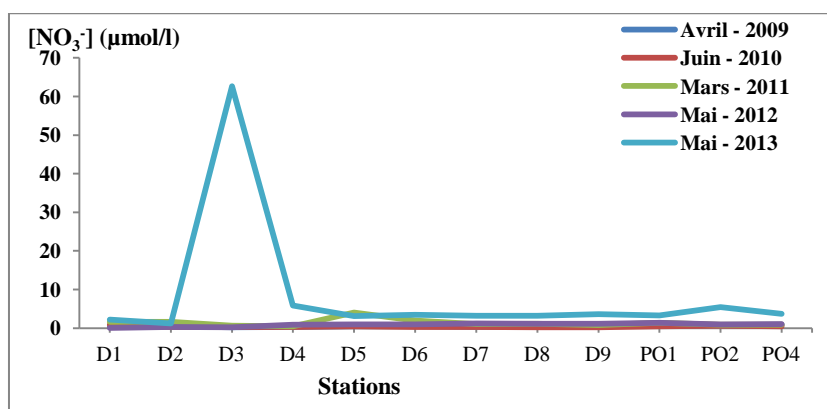


Figure IV.55 : Variation temporelle des nitrates dans la zone de Sidi Fredj.

La figure ci-dessus montre que les valeurs des concentrations des nitrates restent presque stables durant toutes les périodes avec des concentrations négligeables. Sauf qu'en mai-2013 nous avons enregistré une valeur des nitrates qui dépasse les normes de $62.64 \mu\text{mol/l}$ ceci est peut être dû aux apports des nitrates par l'oued de Beni-Messous, qui dû à une augmentation des activités agricoles durant la dernière année (2013) (Figure. IV.55)

III.2. Les nitrites (NO_2^-)

Les nitrites proviennent de l'oxydation de l'ammonium par les bactéries nitrifiantes mais aussi de la réduction des nitrates. Ils sont très dangereux pour les espèces et leur toxicité en partie influencée par le pH et la durée totale. En effet si le pH ou la dureté totale décroissent, la toxicité des nitrites tend à augmenter (Geoffroy, 2008).

III.2.1. Analyse spatiale

Les teneurs en nitrites sont incluses dans l'intervalle $[0.019 \mu\text{mol/l}, 2.774 \mu\text{mol/l}]$, avec une moyenne de $0.44 \mu\text{mol/l}$ et un écart-type de $0.89 \mu\text{mol/l}$. La valeur la plus élevée est

enregistrée au niveau de la station D3 située en face de l'oued de Beni-Messous, Ceci est dû peut être à la réduction des nitrates, ou à l'apport des substances organiques ou chimiques par les émissaires, ou à la formation des nitrites à partir de la dégradation de la matière organique, ou à l'oxydation de l'ammonium par les processus microbiens. La valeur la plus faible est relevée au niveau des stations D6 et D9, situées au large et loin de l'oued. (Figure IV.56)

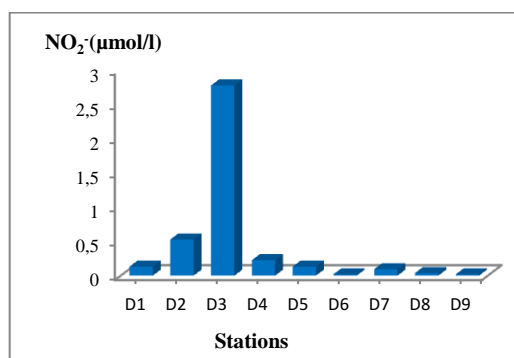


Figure IV.56 : Histogramme de variation des nitrites dans le littoral Est de Sidi Fredj.

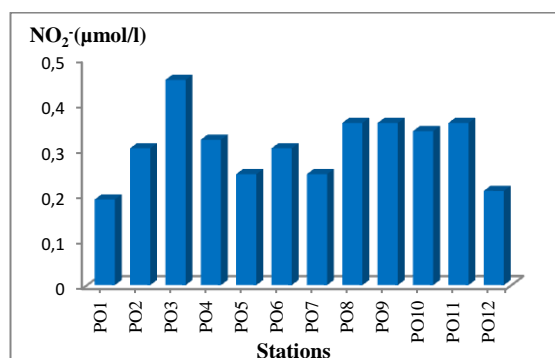


Figure IV.57 : Histogramme de variation des nitrites dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

Au niveau du littoral Ouest ces concentrations varient de 0.189 µmol/l à 0.453 µmol/l, avec une valeur moyenne de 0.30 µmol/l et un écart-type de 0.07 µmol/l. la plus faible valeur est enregistrée au niveau de la station PO1 située au large loin de tout déversement. La plus forte valeur est enregistrée au niveau de la station PO3, ceci est peut être dû aux apports des nutriments proviennent des eaux usées urbaines. (Figure IV.57)

III.2.2. Analyse temporelle

La figure ci-dessous représente la variation des concentrations des nitrites en µmol/l en fonctions des stations dans cinq périodes différentes allant de 2009 jusqu'au 2013 d'un intervalle d'une année. (Figure. IV.58)

Elle montre que les valeurs de concentrations des nitrites dans les cinq premières années restent presque stables avec des concentrations négligeables. Sauf qu'en mai- 2013 nous avons enregistré une valeur des nitrites qui dépasse les normes ceci est peut être dû aux apports des nitrites par l'oued de Beni-Messous qui sont à l'origine de l'accélération des activités agricoles durant la dernière année (2013). (Figure. IV.58)

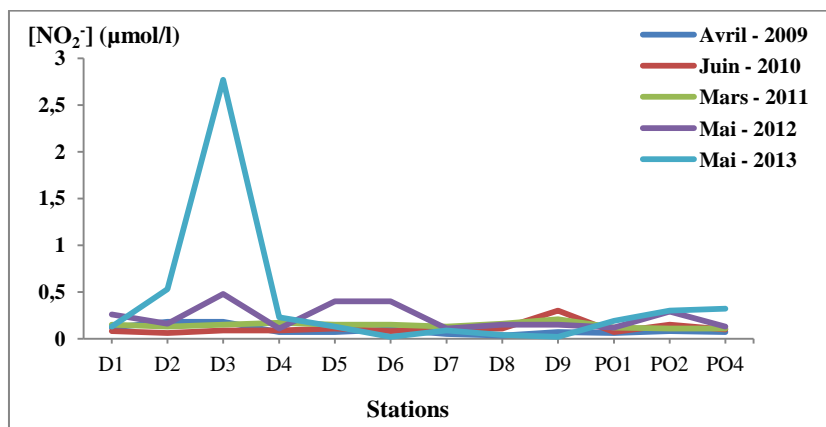


Figure IV.58 : Variation temporelle des nitrites dans la zone de Sidi Fredj.

III.3. Les orthophosphates (PO_4^{3-})

Les phosphates peuvent provenir des rejets domestiques ainsi que du lessivage des terres cultivées qui renferment des engrais phosphatés et des pesticides.

III.3.1. Analyse spatiale

Les valeurs de phosphate relevées au niveau du littoral Est du Sidi Fredj sont comprises entre $0,32\mu\text{mol/l}$ et $3,07\mu\text{mol/l}$, avec une valeur moyenne de $0,67\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de $0,9\mu\text{mol/l}$. la plus forte valeur est enregistrée au niveau de la station D3 située en face à l'oued de Beni-Messous, cela peut être expliqué par le fait que les orthophosphates proviennent de la dégradation de la matière organique ou des polyphosphates utilisés pour le traitement des eaux ou comme adjuvants actifs dans les détergents. Les faibles teneurs sont enregistrées au large loin de ce rejet. (Figure IV.59)

Au niveau du littoral Ouest, ces valeurs sont incluses dans l'intervalle de $[0,32\mu\text{mol/l}, 0,5\mu\text{mol/l}]$, avec une valeur moyenne de $0,39\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de $0,05\mu\text{mol/l}$. Les teneurs en phosphates trouvées dans l'ensemble des stations sont faibles, ces teneurs dépendent des phénomènes physiques (mélanges, adsorption, diffusion) et beaucoup plus, biologiques (consommation par le phytoplancton, excrétion par le zooplancton, régénération de la matière organique, photosynthèse). (Figure IV.60)

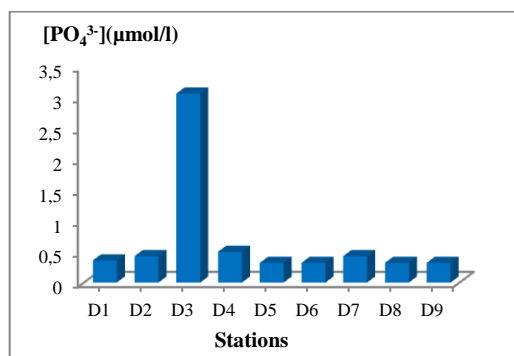


Figure IV.59 : Histogramme de variation des orthophosphates dans le littoral Est de Sidi Fredj.

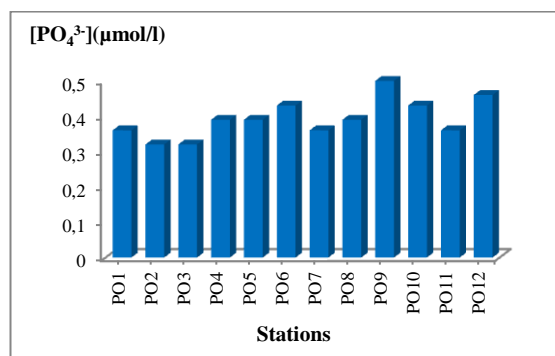


Figure IV.60 : Histogramme de variation des orthophosphates dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

III.3.2. Analyse temporelle

La figure ci-dessous représente la variation des concentrations des orthophosphates en $\mu\text{mol/l}$ en fonctions des stations dans cinq périodes différentes allant de 2009 jusqu'au 2013 d'un intervalle d'une année.

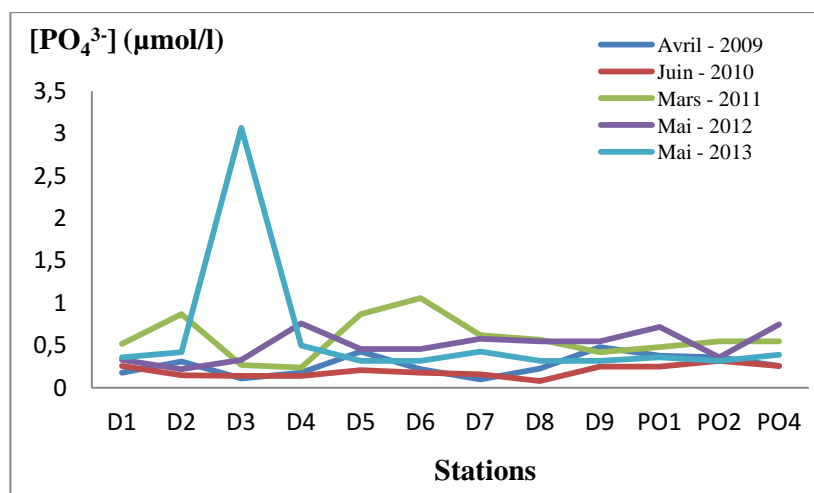


Figure IV.61 : Variation temporelle des orthophosphates dans la zone de Sidi Fredj.

Cette figure montre que les valeurs de concentrations des orthophosphates dans les cinq périodes restent presque stables avec des concentrations négligeables. Sauf qu'en mai-2013 nous avons enregistré une valeur très importante au niveau de la station (D3) ceci est peut être dû aux apports des orthophosphates par l'oued de Benni-Messous ceci et aussi le cas de l'année 2012 mais avec une valeur inférieure à celle obtenue en 2013 qui est de l'ordre de $(3,07 \mu\text{mol/l})$ (Figure. IV.61)

III.4. Les silicates

Selon [Bougis, 1974](#), les fortes teneurs peuvent être dues à la dissolution des roches, dans les régions côtières, en plus de la remontée des eaux de fond riches en matières nutritives, intervient aussi l'apport des eaux continentales.

III.4.1. Analyse spatiale

Les valeurs de silicates obtenues au niveau du littoral Est de Sidi Fredj varient de 8.64 $\mu\text{mol/l}$ à 22.82 $\mu\text{mol/l}$, avec une moyenne de 12.58 $\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de 4.07 $\mu\text{mol/l}$. la plus forte valeur est relevée au niveau de la station D3 située en face de l'oued de Beni-Messous, cet apport important de silice est peut être lié au lessivage des sols. La valeur la plus faible est enregistrée au niveau de la station D1, cela peut être expliqué par l'importance de l'assimilation des sels nutritifs pendant la saison de prélèvement, ou peut être dû à la consommation des silicates par les diatomées qui provoque une très forte baisse des concentrations. ([Aminot et al 1994](#)). (Figure. IV.62)

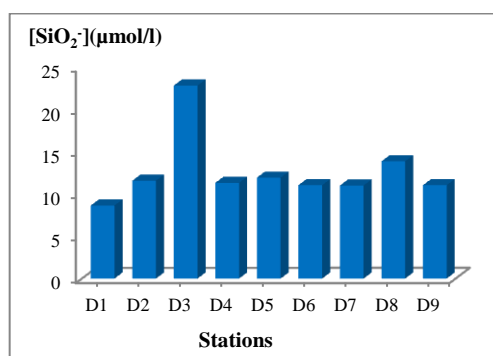


Figure IV.62 : Histogramme de variation de la silice dans le littoral Est de Sidi Fredj.

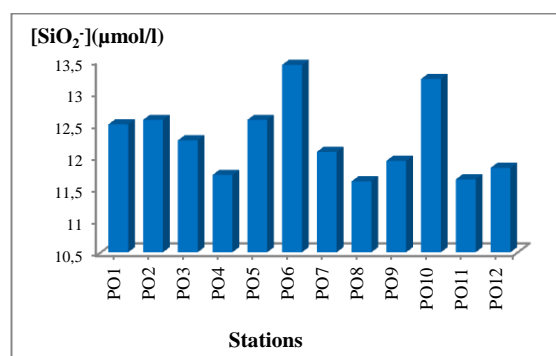


Figure IV.63 : Histogramme de variation de la silice dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

Au niveau du littoral Ouest ces valeurs varient entre une valeur minimale de 11.61 $\mu\text{mol/l}$ et une valeur maximale 13.43 $\mu\text{mol/l}$, avec une moyenne de 12.28 $\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de 0.6 $\mu\text{mol/l}$. Cette richesse en silice dissoute peut être en relation avec les apports côtiers et celui des rejets et/ou encore avec la dissolution des tests siliciques et la diffusion à partir des sédiments marins ([Houma et al, 2009](#)). (Figure. IV.63)

Les cartes de répartition spatiale des concentrations des sels nutritifs sont dans les annexes (**Annexe I**).

IV. Les paramètres bactériologiques

L'analyse bactériologique a été effectuée seulement dans les eaux du littoral Ouest de Sidi Fredj. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.4 : Tableau des résultats des paramètres bactériologiques du littoral Ouest de Sidi Fredj

Station	CT /100ml	CF /100ml	SF /100ml	Staph/100ml
S1	1040	240	46	ind
S2	138	14	19	1128
S3	130	6	59	ind
S4	ind	290	ind	ind
S5	174	6	48	ind

IV.1. Les coliformes totaux

Selon les normes algériennes guides (500 CF/100ml) et impératives (10 000 CF/100ml) (voire l'annexe IV), nous distinguons trois catégories des stations:

Les stations (S2, S3, S5) présentent une bonne qualité d'eau, car les concentrations sont inférieures aux normes guides (500UFC/100ml). La station (S1) présente une qualité moyenne d'eau car la concentration (1040 CF/100ml) est comprise dans l'intervalle des normes [500 CF/100ml, 2000 CF/100ml]. La station (S4) présente une mauvaise qualité d'eau car la concentration est largement supérieure à la norme impérative (10 000 CF/100ml). (Figure IV.64)

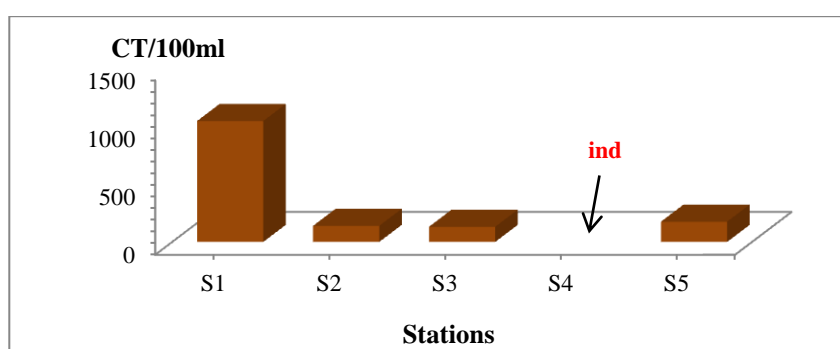


Figure IV.64 : Histogramme de variation des coliformes totaux dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

La carte ci-dessous montre la répartition spatiale du nombre de coliformes totaux représentée par des cercles marron proportionnels avec le nombre des coliformes totaux dans chaque station.

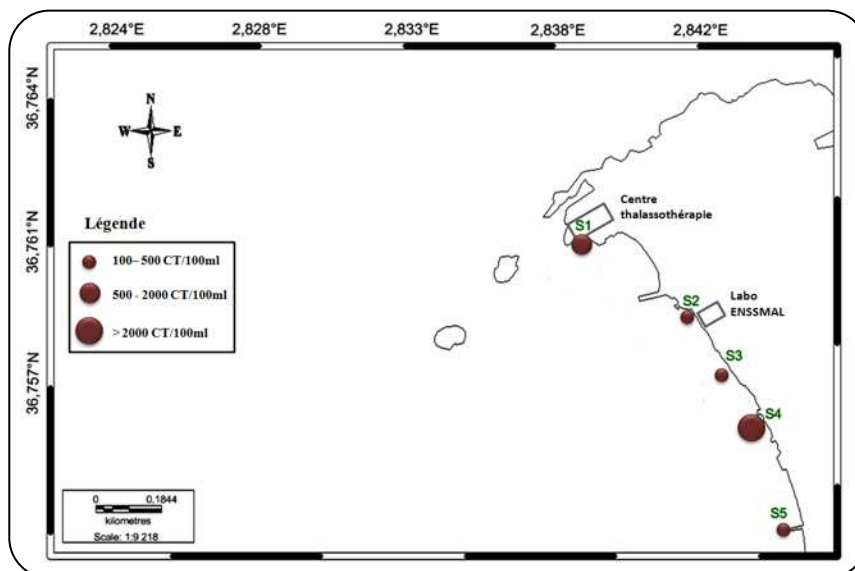


Figure IV.65 : Carte de répartition spatiale de coliformes totaux du littoral Ouest de Sidi Fredj.

La répartition des coliformes totaux montre qu'ils sont beaucoup plus concentrés au niveau de la station (S1) située à proximité du centre de thalassothérapie, ceci est peut être dû aux rejets d'eaux usées provoqués par les égouts du centre. (Figure IV.65). Vu que le risque sanitaire lié aux coliformes totaux est généralement faible, et l'origine fécale de ces bactéries est non confirmée, il est important de rechercher les coliformes fécaux (thermotolérants). (Chevalier, 2003)

IV.2. Les coliformes Fécaux

L'appréciation des concentrations en coliformes fécaux observées aux niveaux des stations S2, S3, S5 de la plage Ouest de Sidi Fredj, a permis de révéler des variations de 6UFC/100ml à 14UFC/100ml, ces variations ne sont pas très significatives et restent largement inférieures à la norme guide (100UFC/100ml), ceci pourrait être dû soit à la disparition physique (dilution, dispersion) ou bien à la mortalité des bactéries (milieu oligotrophe, compétition, prédation, condition hostiles). (Figure IV.66)

Les valeurs enregistrées au niveau des stations S1, S4 sont comprises dans l'intervalle des normes, 100CF/100 ml pour la valeur guide et 2000CF/100ml pour la limite impérative.

(Figure IV.66)

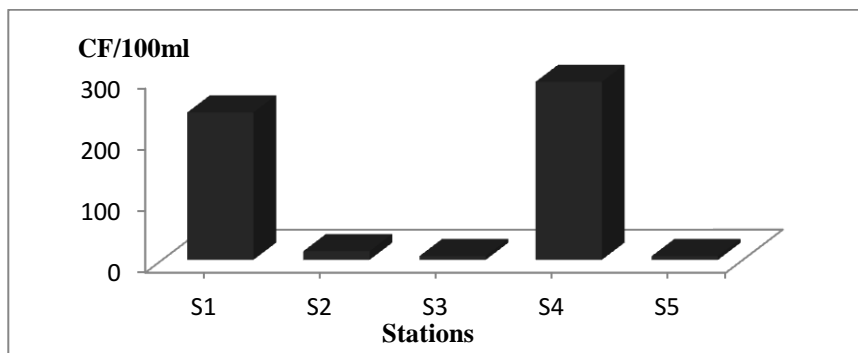


Figure IV.66 : Histogramme de variation des coliformes fécaux dans la plage Ouest de Sidi Fredj.

La carte ci-dessous montre la répartition spatiale du nombre de coliformes fécaux représentée par des cercles noirs proportionnels avec le nombre des coliformes fécaux dans chaque station.

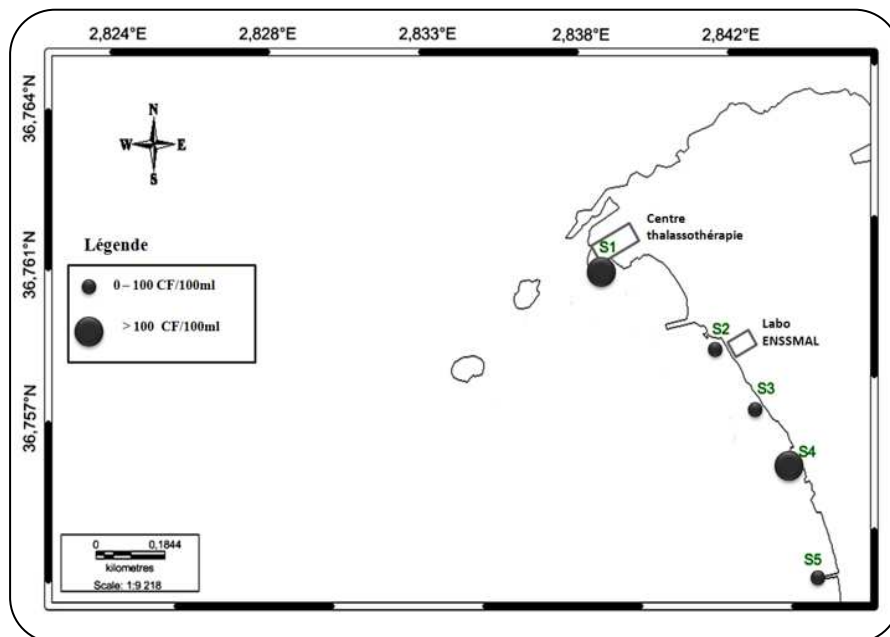


Figure IV.67 : Carte de répartition spatiale de coliformes fécaux du littoral Ouest de Sidi Fredj.

La distribution des coliformes fécaux montre qu'ils sont beaucoup plus concentrés au niveau de la station (S1) située à proximité du centre de thalassothérapie ceci est peut être dû aux rejets d'eaux usées provoqués par les égouts du centre, ainsi que dans la station (S4) qui est peut être dû aux rejets d'habitants. (Figure IV.67)

IV.3. Les streptocoques fécaux

Les streptocoques sont d'excellents indicateurs de pollution fécale, et sont les germes qui survivent le plus dans les eaux de mer et cela grâce à leurs caractéristiques physiologiques qui leur confèrent une meilleure adaptation par rapport aux autres germes indicateurs (PNUE/OMS, 1977).

Les streptocoques sont les meilleurs témoins de la contamination fécale. (Brisou,1980)

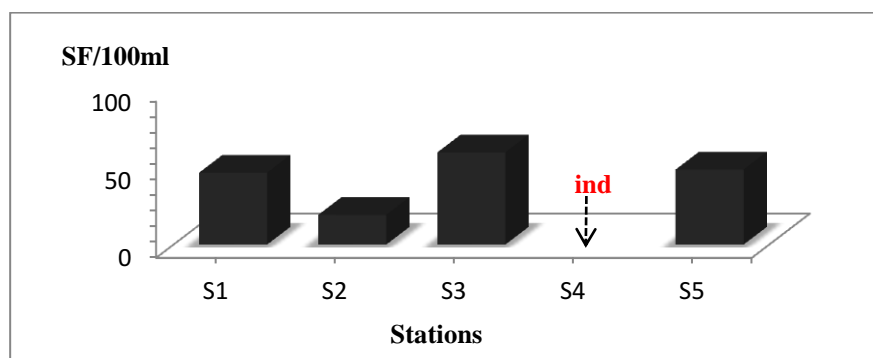


Figure IV.68 : Histogramme des streptocoques fécaux du littoral Ouest de Sidi Fredj

Les concentrations en streptocoques fécaux enregistrées aux niveaux des stations S1, S2, S3, S5 sont largement inférieure à la norme 100 SF/ 100ml, ce germe se caractérise par une bonne résistance aux conditions hostiles, donc les résultats obtenus ne peut prédire que d'une bonne qualité microbiologique de l'eau (Plusquellec et al 1986, Rodier, 2005). La station S4 représente une concentration indénombrable, les eaux de la station 4 sont de mauvaise qualité car l'origine de ces eaux est urbaine. (Figure IV.68) et (Figure IV.6).

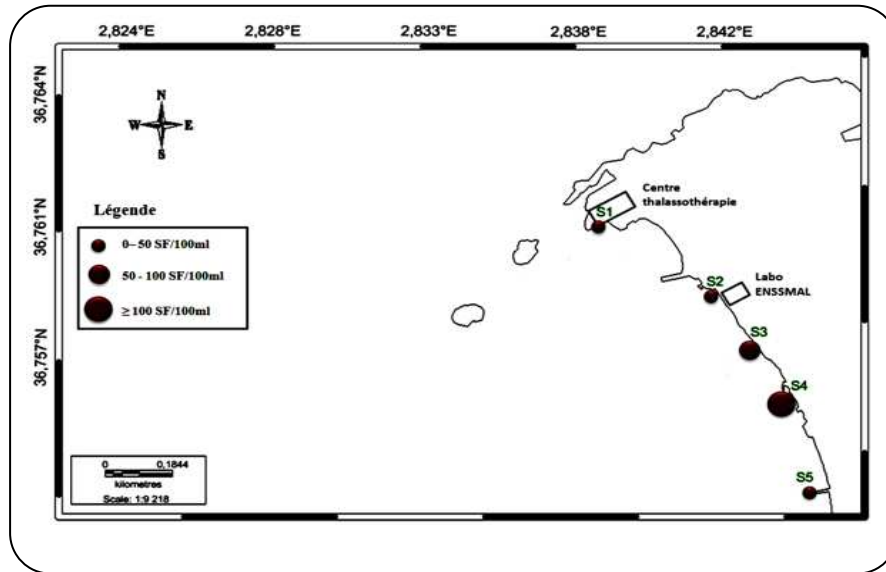


Figure IV.69 : Carte de répartition spatiale des streptocoques fécaux du littoral Ouest de Sidi Fredj.

IV.4. Les staphylocoques

Bien que les staphylocoques ne soient pas considérés comme des indicateurs de contamination fécale, ils restent de très bons indicateurs de proximité. Leur présence en grand nombre à côté des coliformes et streptocoques fécaux, rend probable celle des germes pathogènes dont l'isolement est souvent difficile. (Rodier et al, 2005)

L'histogramme montre que la charge en Staphylocoques est très élevée par rapport aux autres germes. Cette charge n'a pas pu être comptabilisée dans toutes les stations, à l'exception de la station 2 malgré sa situation en face d'un égout, cela peut être revient aux produits de nettoyages utilisés dans les plages. (Figure IV.79) et (Figure IV.80)

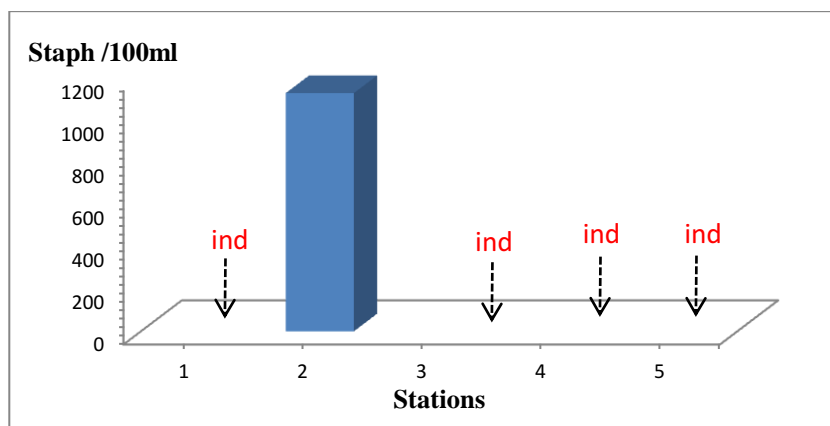


Figure IV.70 : Histogramme de variation des Staphylocoques dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.

La carte ci-dessous montre la répartition spatiale du nombre des staphylocoques représentée par des cercles noirs proportionnels avec le nombre des staphylocoques dans chaque station.

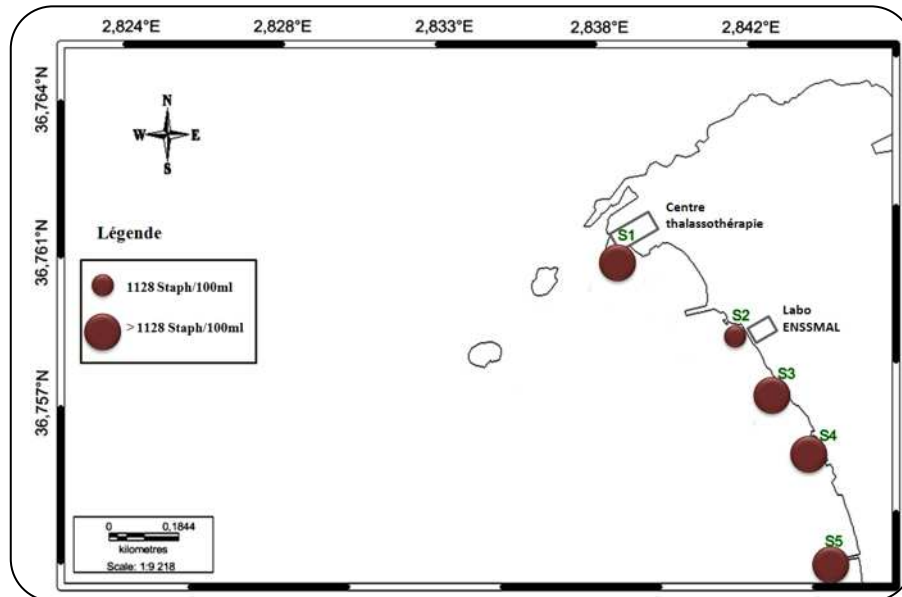


Figure IV.71 : Carte de répartition spatiale de staphylocoques du littoral Ouest de Sidi Fredj.

Conclusion

Les résultats obtenus dans cette étude ont permis de définir la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux et des sédiments de la zone de sidi Fredj.

L'analyse paramétrique montre une perturbation de certains paramètres qui sont influencés par les rejets exogènes, dont la salinité qui est faible par rapport à celle de la Méditerranée, cela est expliqué dans le littoral Est par les apports continentaux de l'oued de Beni-Messous, et dans le littoral Ouest par les rejets d'eaux urbaines rejetés par les habitants. Les faibles teneurs en oxygènes dissous révèlent une désoxygénation de la zone Est et Ouest, cela est expliqué par l'utilisation de l'oxygène par les bactéries pour l'oxydation de la matière organique. Le potentiel d'hydrogène et la température mesurée in situ restent conformes aux normes Algériennes dans les deux plages.

Concernant les paramètres indicateurs de la pollution, cette analyse montre qu'il y a une pollution considérable par la matière en suspension, la matière organique plus marquée dans le littoral Ouest.

L'analyse de la demande chimique en oxygène montre que les valeurs sont largement supérieures aux normes fixées par la législation algérienne dans le littoral Ouest par rapport au littoral Est, cela est expliqué par l'enrichissement de ce milieu en matière organique provenant des rejets urbains.

La répartition des teneurs en sels nutritifs nous a permis de constater une pollution ponctuelle au niveau de station D3 dans le littoral Est qui reçoit les apports continentaux de l'oued de Beni-Messous.

Concernant la chlorophylle a, nous avons obtenu des concentrations faibles dans toute la zone étudiée, cela pourrait être expliqué par une faible activité photosynthétique.

L'analyse bactériologique portée sur les germes microbiens dits «témoins de contamination fécale» dans les eaux de la plage Ouest fait ressortir que les taux en coliformes totaux sont compris entre les valeurs guides et les valeurs limites dans l'ensemble des stations, cependant les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux sont largement en dessous des normes impératives et mêmes des normes guides.

Les concentrations moyennes en Staphylocoques restent élevées, signalant aussi la présence des germes pathogène.

Conclusion

D'une manière générale, l'analyse temporelle montre que la qualité des eaux du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj est en dégradation continue par rapport aux années précédentes, cela pourrait être dû aux apports continentaux, aux lessivages des terres agricoles, et aux activités anthropiques.

Bibliographie

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Al Sid Chikh S., Belkessa R., Houma F. et Amrouche L., 2009. Diagnostic du littoral Ouest algérois pour une gestion intégrée. The 5th International Symposium on Sandy beaches, Rabat, Maroc.

Aminot A., Chausse-Pied M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Edition : CNEXO, Brest, France, 395p.

Aminot A., Guillaud J.F. et Kerouel L., 1994. La baie de Seine : hydrologie nutriments et chlorophylle, Ifremer 1994. 148p.

Aminot A. et K erouel R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. Edition : Ifremer, France, 336p.

Belkessa R., Houma F., Ciortan R., et Mezouar K., 2008. Protection Works Of The Sea Coast In Alg ria, Copedec VII, Dubai,UAE, Paper No: S-26.

Benschneider K. et Robinson R.J., 1952. A new spectrophotometric method. FAO Fisheries Technical Paper: 137-238p.

Beraud J., 2004. Le technicien d'analyses biologiques. Ed. Lavoisier, Paris. 2081p.

Boudjellaba D., Dehane D., 2012. Etat de la pollution par les hydrocarbures dans les eaux et les sédiments superficiels dans la baie d'Alger et la baie de Bou-Ismaïl, mémoire d'ingénieur, ENSSMAL, 69p.

Bougis P., 1974. Ecologie du plancton marin (Tome1). Edit.Masson.Paris.196 P.

Boulahdid M., 1987. Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Etude du mélange des masses d'eau et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan. Thèse de Doctorat, Université de Paris VI, France, 266p.

Bourgeois C. M., 1990. Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire. (Tome I). Ed. Technique & documentation, Lavoisier, Paris. 422p.

Bray M., 2002. Guide pratique de l'agent préleveur : chargé de la police des milieux aquatiques. Ed Maurice Merlin. 159p.

Brisou J-E., Denis F-A., 1980. Techniques de surveillance de l'environnement Maritime. Edt Masson.203p.

Burns K.A. et Saliot A., 1986. Petroleum hydrocarbons in the Mediterranean Sea: A mass Balance. Marine Chemistry, 20, Elsevier Science Publishers B.V, pp.141-157.

Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec., 2005.a. Recherche et dénombrement des coliformes totaux : méthode par filtration sur membrane. MA. 700 – col 1.0, Rév. 2, Ministère du développement durable, de l'environnement et des parcs du Québec, 20p.

Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec., 2005.b. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux (thermotolérants) et confirmation à l'espèce *Escherichia coli* : méthode par filtration sur membrane. MA. 700 – Fec. Ec. 1.0, Rév. 2, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 20p.

Champiat D. et Larpent J-P., 1994. Biologie des eaux : méthodes et techniques. Ed. Masson, 138p.

Chevalier., 2003. Coliforme totaux. Fiches synthèse sur l'eau potable et la santé humaine, institut national de santé public de Québec, P : 4 .

Copin-Montégut G., 1996. Chimie de l'eau de mer. Collection « synthèse ». Edition : Institut Océanographique de Paris, France, 319p.

De Giovanni C., 1973. Etude de sédimentologie dynamique a la presqu'île de Sidi-Freuch (Ouest d'Alger), thèse de doctorat, Géologie marine et sédimentologie, Univ D'Aix Marseille, 105p.

Eppley R.V. et Peterson B.J., 1979. Particulate organic matter flux and planktonic new production in the deep ocean. *Natur*, vol.282. pp 677-680.

Equinoxe n° spécial., 1990. Le magazine des ressources vivantes de la mer « environnement littoral ». P : 32-54.

Frontier S., Pichod-Viale D., 1998. Structure-fonctionnement-évolution. DUNOD, Paris, 447p.

Galaf F., Ghannam S., 2003. Contribution a l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. Mémoire d'ingénieur en agronomie, option halieutique. IAVH II. Maroc. 39p.

Gaujous D., 1995. La pollution des milieux aquatiques : aide mémoire .Ed. Technique et Document, Paris. 220p.

Geoffroy V., 2008. Aquaculture. Edit. Relectures et couverture. 1264p.

GESAMP., 1993. Impact of oil and related chemicals and wastes on the marine environment. Rep. Stud. GESAMP n° 50. 18p.

Guibout P., 1987. Atlas hydrologique de la Méditerranée, Ifremer 1987.150p.

Guiraud JP., 1998. Microbiologie alimentaire. Ed. Dunod. 652p.

Haddouche I., 2003. Étude de l'état de pollution de la baie de Bou- Ismail par les sels nutritifs et les métaux lourds en Juillet 2002. Mémoire d'ingénieur d'état, ISMAL : 13-17p.

Halmann M.M., 1996. Photodegradation of waters pollutants. (CRC Press, Eds.) 301p.

Haoua M., Lalaoui A., 2006. Analyse corrélative des paramètres physico-chimiques indicateurs de la pollution aquatique dans la zone Est de Sidi Fredj (port et plage Est), mémoire d'ingénieur, ENSSMAL.

Herbland A., LeBouteiller A., Raimbault P., 1985. Size structure of phytoplankton in the Equatorial Atlantic Ocean. Deep Sea Res., 32: 819-836.

Holm-Hansen O. et Rieman B., 1978. Chlorophylle a determination: improvements in methodology. Oikos, 30, 438-447.

Houma-Bachari F., 2009. Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir d'imagerie satellitaire. Thèse de doctorat en Science de l'univers et environnement, Université de Val de Marne, Paris XII, France, 257p.

Ivanoff A., 1972. Paramètres physico-chimiques des eaux de mer. Tome I, Edition : Librairie Vuibert, 208p.

Jacques G. et Treguer P., 1986. Ecosystème pélagique marin. Collection d'écologie, Edition : Masson, Paris, France, 243p.

Jean-Bernard Levoy., 1999. La pollution des eaux. Edition actualisée, 127p.

Le Pimpec P., Linénard A., Bonnard R., Lafont M., Cazin B., Bossard Ph., Hubert B. et Bray M., 2002. Guide pratique de l'agent préleveur : Chargé de la police des milieux aquatiques. Ed Maurice Merlin. 159p.

Lacaze J.C., 1996. L'eutrophisation des eaux marines et continentales: causes, manifestations, conséquences et moyens et lutte. Edition : Ellipses, France 191p.

Leclaire L., 1972. Sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares. (Précontinent algérien). Mémoire du muséum national d'histoire naturelle.

Leclerc H., Gaillard J.L., Simonet M., 1995. Microbiologie générale: La bactérie et le monde bactérien. Ed. Doin, 535p.

LEM, (Laboratoire d'Etude Maritime). Etude de protection du rivage de Sidi-Fredj et de club des pins. Laboratoire d'étude maritime.

Levitus S., 1993. Distribution of nitrate, phosphate and silicate in the world oceans. Programme Océanographique, Vol. 31, 245-273p.

Luc-Henri B., 2007. Le cycle de l'azote en milieu marin. Extrait d'un Séminaire littéraire (CHIM 6013). A-102 (Rémi-Rossignol).

Menguellati A., Sraoui A.M ., 2012. Les métaux traces dans le sédiment et les biotes du milieu marin dans la baie d'Alger et de la baie Bou-Ismaïl, mémoire d'ingénieur, ENSSMAL, 66p.

Meyer S., Reeb C. et Bosdeveix R., 2004. Botanique : Biologie et physiologie végétales. Éd. Maloine, Paris, France, 461p.

Mezali K., 1998. Contribution à la systématique, la biologie et la dynamique des populations de cinq espèces d'holoturiers aspidochirotes (*Holothuria tubulosa*, *H. polii*, *H. forscali* et *H. sanctari*) de l'herbier à posidonie océanique (*L. Delile*) de la presqu'île de Sidi Fredj, Algérie. These magistère, Ecologie marine, ISMAL, 246p.

Minster J.F. et Boulahdid M., 1987. Redfield ratios along isopycnal subsurface : a complementary study. *Deep Sea Res.*, Vol.11.

Murphy J. et Riley J.P., 1962. A modified single method for determination of phosphates in natural waters. *Anal. Chim. Acta*, **12**, P : 162 – 170.

Plusquellec A., Beucher M., Le Gal ., 1984. Deuxième colloque international de bactériologie marine- Ifremer, actes de colloques N°3. P : 541-548.

PNUE/OMS, 1977. Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, Copenhague, 168 p.

Programme d'Aménagement Côtier Algérois (PAC), 2004. Protection des sites sensibles naturels marins du secteur Cap Djinet au Mont Chenoa. Bilan et diagnostic, partie I caractéristiques physiques, Projet PAC/ MATE-PAM/CAR ASP, 64p.

Raimbault P. et Boudjellal B., 1997. Dosage la chlorophylle par fluorimétrie : Recueil des données de la campagne MINOS (Mediterranean Investigation Oligotrophe Systems).

Ramade F., 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Edition: Ediscience International, France, pp 690-428.

Rejsek F., 2002. Analyse de l'eau : Aspects et règlementaire et technique. Ed CRDP d'Aquitaine ,France . 358p.

Rodier J., 1996. L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer) 8^{ème} Edition Dunod, Paris.

Rodier J., C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H. et Rodi L., 2005. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer. 8^{ème} édition. Ed. DUNOD, Paris, 1383p.

Rodier J., 2005. L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. Edition : DUNOD, 8^{ème} édition, Paris, 1384p.

Sadaoui M., Chabi A, 2011. Diagnostic et paramètres environnementaux du littoral Ouest de Sidi Fredj. Mémoire d'ingénieur, ENSSMAL, 83p.

Singleton P. et Sainsbury D., 1984. Bactériologies. Ed. MASSON, 158p.

Wood E.P.K., Armstrong F.A.j et Richard F.A., 1967. Determination of nitrate in seawater by cadmium-cooper reduction to nitrite. J.Mar. Biol. Assc. U.K, 47 : pp 23-31.

Yentsch C.S. et Menzel D.W., 1963. A method for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence. Deep Sea Res., 10: P : 221-231.

Annexes

Annexe I

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des stations de prélèvement d'eau de mer.

Station	Altitude	Longitude	Station	Altitude	Longitude
D1	36°45,91'N	02°52,076'E	PO5	36°45,555N	02°50,393E
D2	36°46,347'N	02°52,793'E	PO6	36°45,521N	02°50,447E
D3	36°46,867'N	02°53,414'E	PO7	36°45,463N	02°50,442E
D4	36°47,525'N	02°53,744'E	PO8	36°45,429N	02°50,555E
D5	36°47,717'N	02°53,561'E	PO9	36°45,361N	02°50,467E
D6	36°47,304'N	02°52,968'E	PO10	36°45,291N	02°50,307E
D7	36°46,818'N	02°52,447'E	PO11	36°45,347N	02°50,134E
D8	36°46,491'N	02°52,006'E	PO12	36°45,457N	02°50,030E
D9	36°45,960'N	02°51,185'E	S1	36°45,678'N	02°50,331'E
PO1	36°45,458'N	02°50,139E	S2	36°45,678'N	02°50,537'E
PO2	36°45,562N	02°50,196E	S3	36°45,566'N	02°50,603'E
PO3	36°45,597N	02°50,310E	S4	36°45,479'N	02°50,664'E
PO4	36°45,610N	02°50,366E	S5	36°45,393'N	02°50,702'E

Tableau 2 : Résultats des paramètres physico-chimiques.

Station	T (°C)	S(PSU)	O2 (mg/l)	pH	conductivité ms/cm
D1	17,5	35,5	6,6	8,1	54
D2	17,6	35,6	6,2	8,12	54,2
D3	20,4	29,1	5,8	8,14	44,2
D4	17,8	35,4	6,1	8,08	54
D5	18	35,7	6,2	8,2	54,4
D6	17,8	35,6	6,1	8,16	54,1
D7	17,8	35,5	6,2	8,14	54,1
D8	17,8	35,5	6,2	8,17	54,1
D9	17,9	35,6	6,3	8,22	54,2
PO1	18,1	35,4	6,4	8,27	53,6
PO2	17,5	35,3	6,5	8,28	53,8
PO3	17,9	35,3	6,4	8,26	53,6
PO4	18,2	35,2	6,7	8,22	53,6
PO5	18,8	35,4	6,2	8,26	53,3
PO6	20	35,1	6,1	8,19	53,6
PO7	19,8	35,1	6,3	8,2	53,4
PO8	19,8	35,2	6,1	8,17	53,2
PO9	17,91	35,2	6,4	8,19	53,6
PO10	18,7	35	6,2	8,22	53,6
PO11	19,5	35,2	6,1	8,24	53,2
PO12	19,5	35,1	6,2	8,16	53,1

Annexes

Tableau 3 : Résultats des Paramètres indicateurs de la pollution.

Station	MES (mg/l)	MOP (mg/l) (dans l'eau)	MOP (%) (dans le sédiment)	[Chlorophylle] (µg/l)	DCO (mg/l)
D1	33,33	29,53	1,08	0,053	192
D2	12,68	10,78	0,27	0,045	288
D3	15,20	13,10	0,29	0,045	192
D4	20,95	18,25	(roche)	0,059	96
D5	13,01	10,31	(roche)	0,077	134,4
D6	84,35	78,65	(roche)	0,046	172,8
D7	11,20	9,20	(roche)	0,064	345,6
D8	21,67	18,77	(roche)	0,061	480
D9	16,80	14,10	(roche)	0,040	384
PO1	9,60	8,10	(posidonie)	0,066	912
PO2	83,62	79,12	(algue)	0,036	912
PO3	105,98	100,48	(posidonie)	0,155	336
PO4	88,41	83,01	(posidonie)	0,045	720
PO5	67,68	60,68	0,5	0,037	432
PO6	105,33	101,03	(posidonie+sable)	0,043	912
PO7	134,67	126,07	(roche)	0,034	816
PO8	7,06	5,16	0,71	0,029	864
PO9	12,16	9,56	0,68	0,033	912
PO10	10,53	8,83	(roche)	0,030	240
PO11	9,74	6,74	(roche)	0,031	460,8
PO12	3,98	0,68	(roche)	0,080	480

Tableau 4 : Résultats des sels nutritifs dans l'eau de mer.

Station	[NO ₂ ⁻] (µmol/l)	[NO ₃ ⁻] (µmol/l)	[PO ₄ ³⁻] (µmol/l)	[SiO ₂ ⁻] (µmol/l)
D1	0,13	2,2	0,36	8,64
D2	0,53	1,19	0,43	11,57
D3	2,77	62,64	3,07	22,82
D4	0,23	5,88	0,5	11,32
D5	0,13	3,09	0,32	11,93
D6	0,00	3,44	0,32	11,04
D7	0,09	3,24	0,43	11
D8	0,04	3,21	0,32	13,86
D9	0,02	3,59	0,32	11,04
PO1	0,19	3,28	0,36	12,5
PO2	0,30	5,42	0,32	12,57
PO3	0,45	4,07	0,32	12,25
PO4	0,32	3,73	0,39	11,71
PO5	0,25	3,42	0,39	12,57

Annexes

PO6	0,30	3,39	0,43	13,43
PO7	0,25	3,7	0,36	12,07
PO8	0,36	3,22	0,39	11,61
PO9	0,36	3,81	0,5	11,93
PO10	0,34	2,85	0,43	13,21
PO11	0,36	2,09	0,36	11,64
PO12	0,21	3,13	0,46	11,82

❖ Courbe d'étalonnage de la chlorophylle

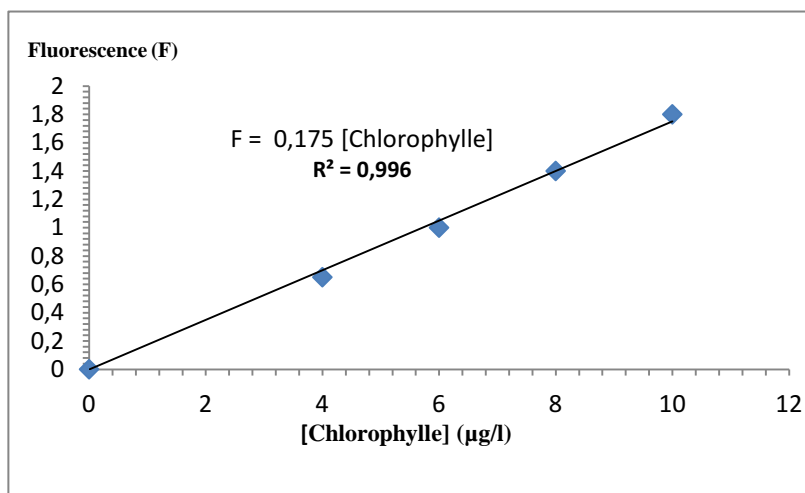


Figure.1. Courbe d'étalonnage de la chlorophylle a

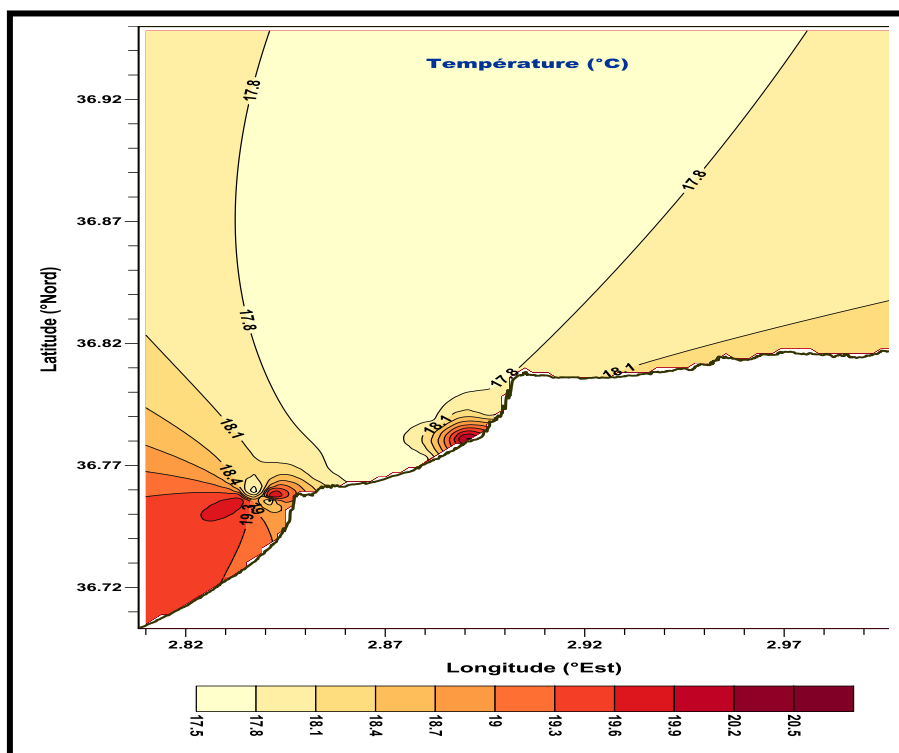


Figure2: Carte de distribution spatiale des températures dans la zone de Sidi Fredj.

Annexes

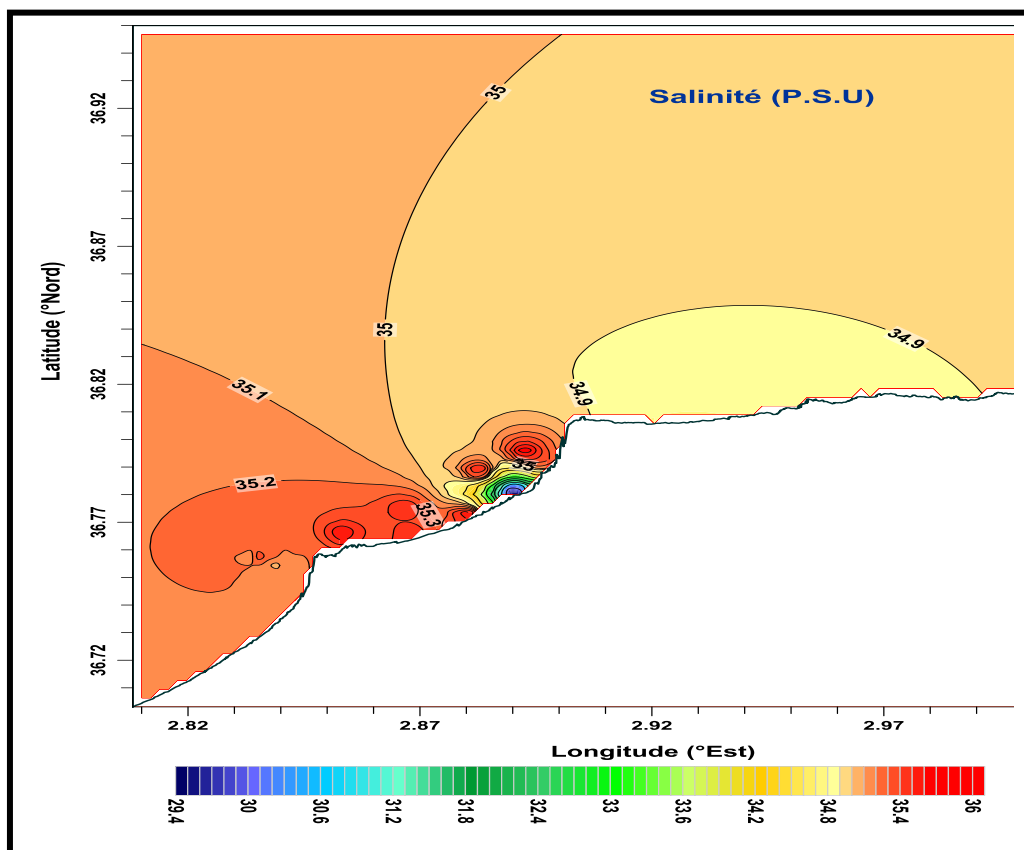


Figure 3: Carte de distribution spatiale de la salinité dans la zone de Sidi Fredj.

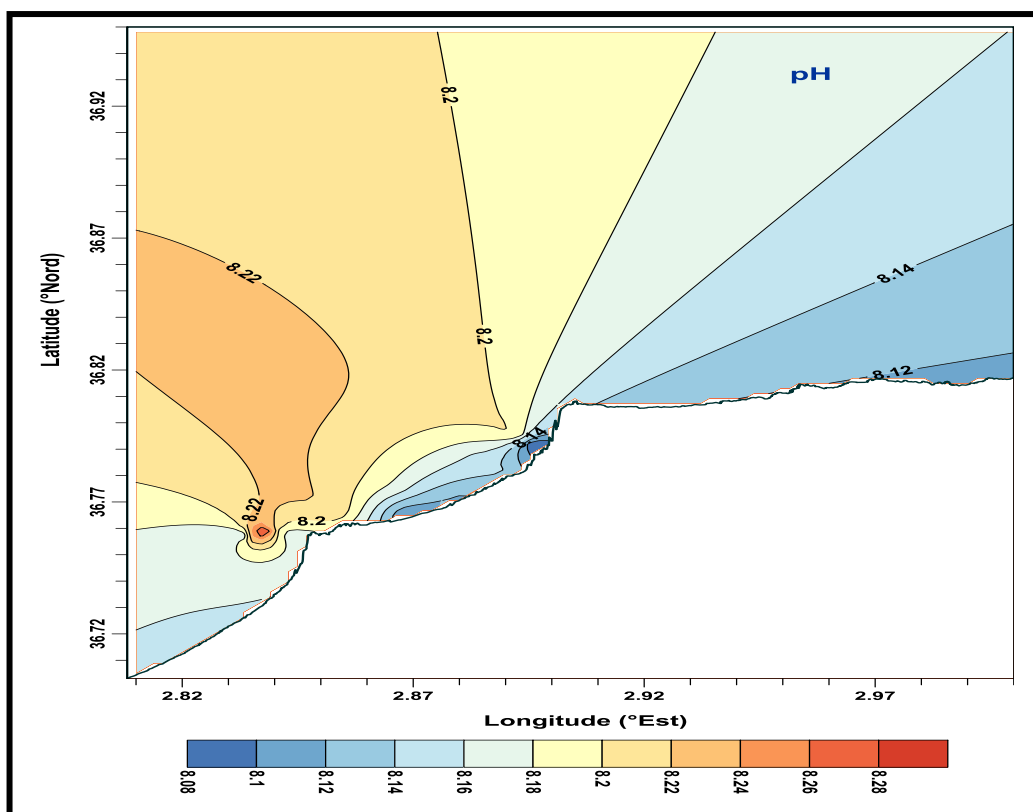


Figure 4: Carte de distribution spatiale du pH dans la zone de Sidi Fredj

Annexes

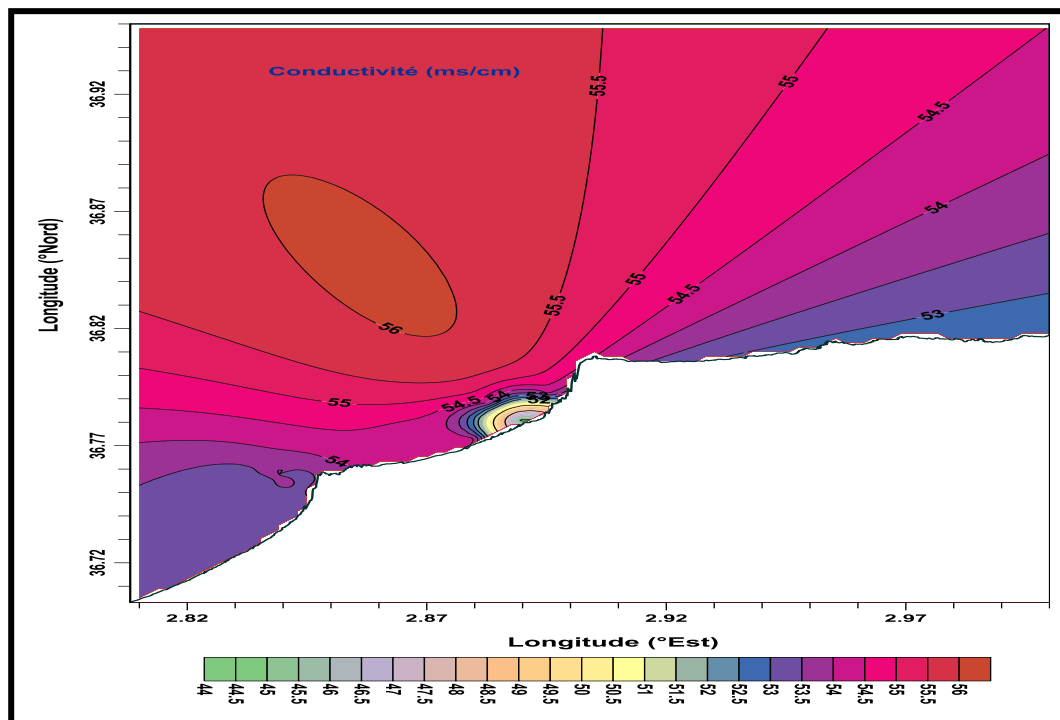


Figure 5: Carte de distribution spatiale la conductivité dans la zone de Sidi Fredj

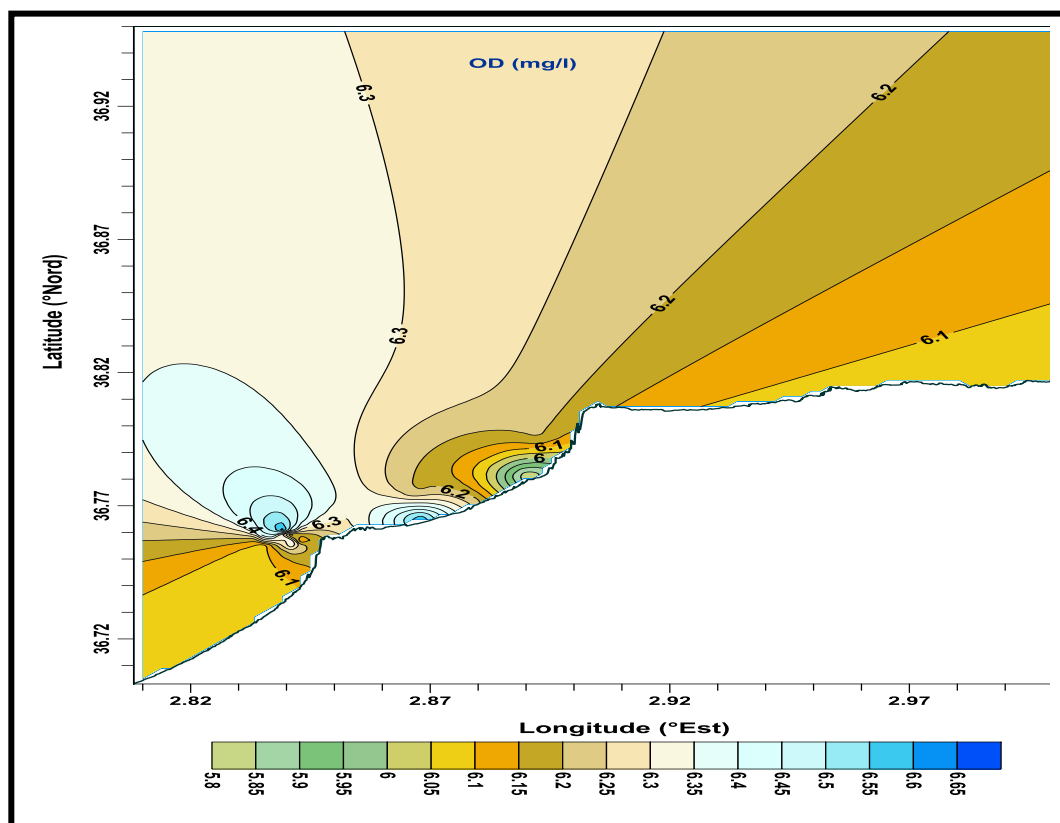


Figure 6: Carte de distribution spatiale de l'oxygène dissous dans la zone de Sidi Fredj

Annexes

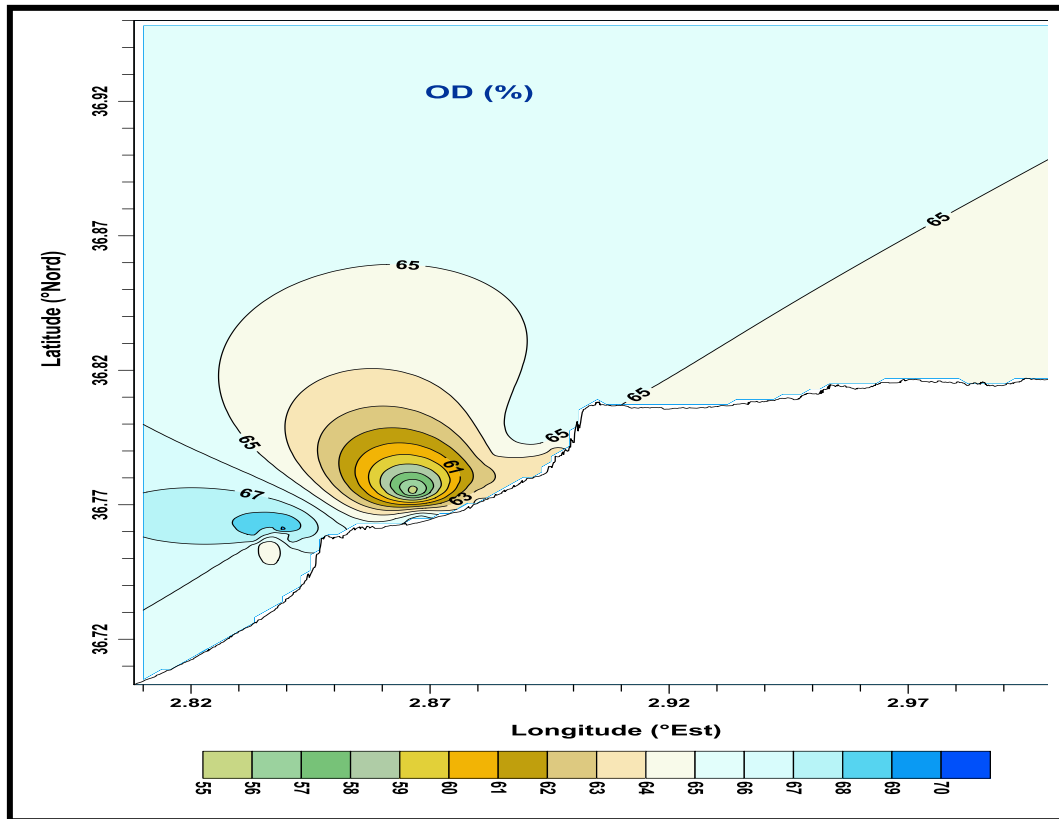


Figure 7: Carte de distribution spatiale de l'oxygène dissous dans la zone de Sidi Fredj

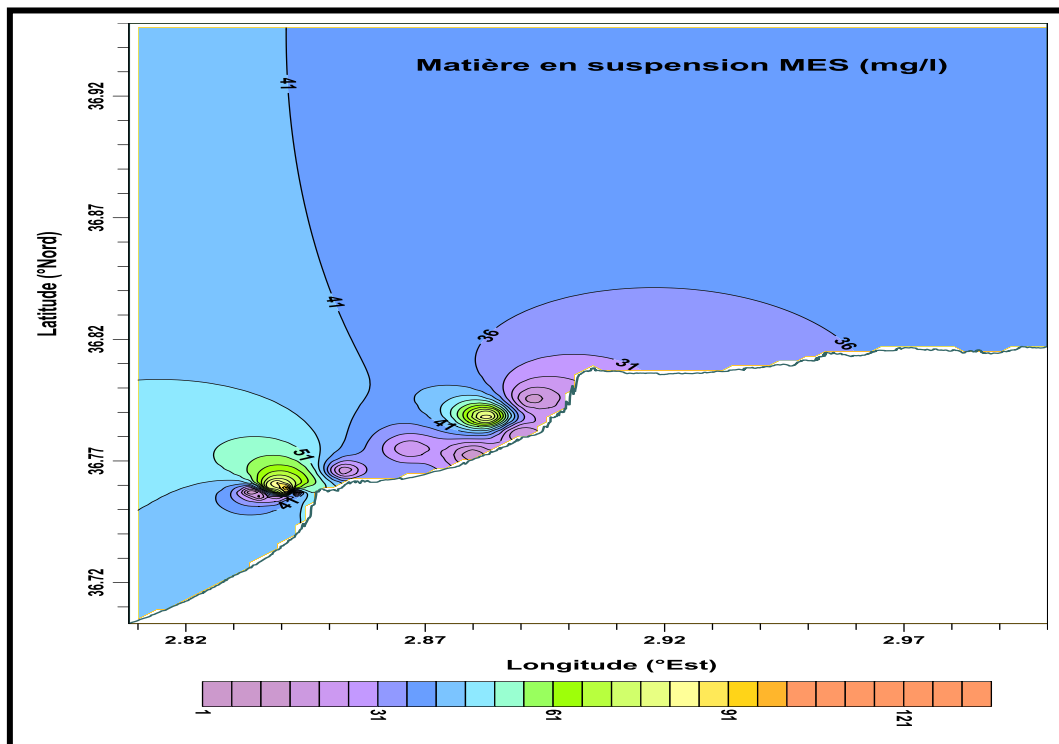


Figure 8: Carte de distribution spatiale de la MES dans la zone de Sidi Fredj

Annexes

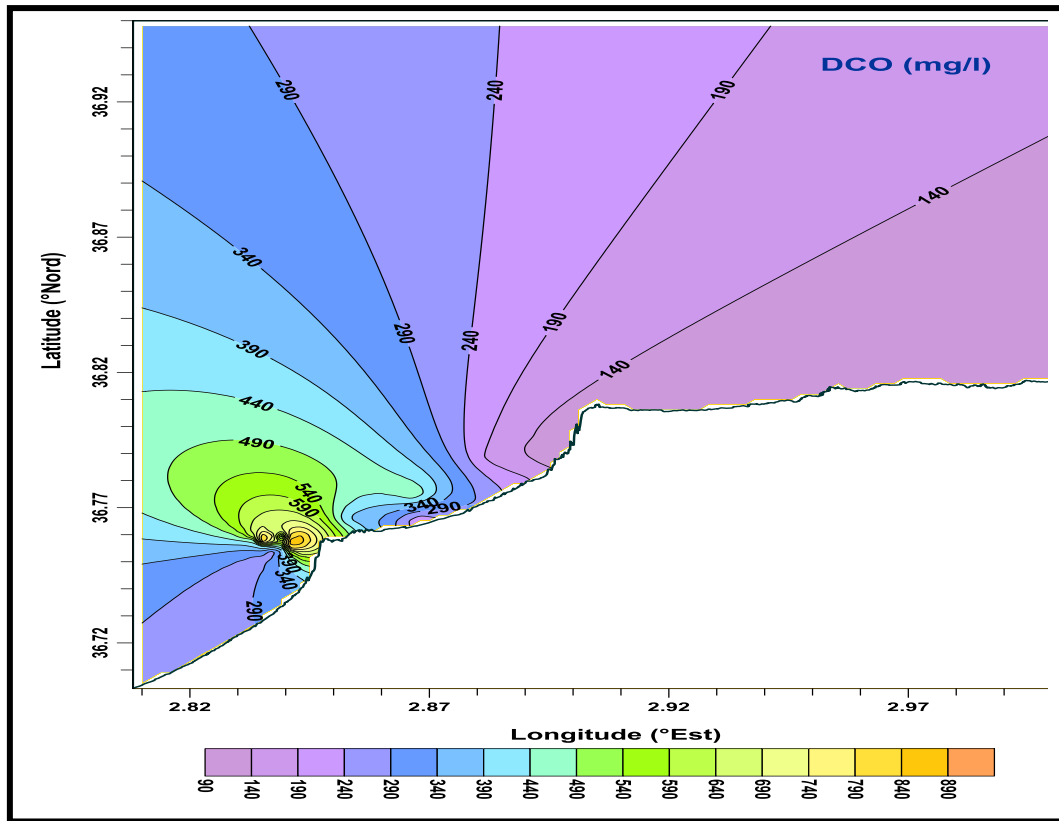


Figure 9 : Carte de distribution spatiale de la DCO dans la zone de Sidi Fredj

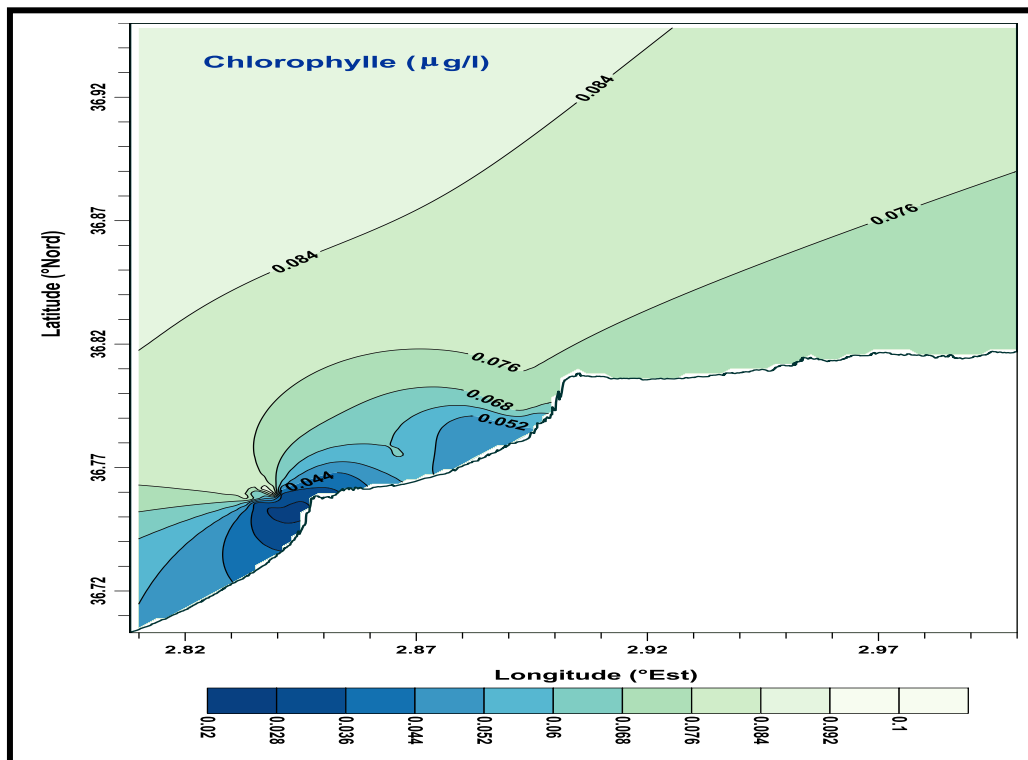


Figure 10 : Carte de distribution spatiale de Chlorophylle a dans la zone de Sidi Fredj

Annexes

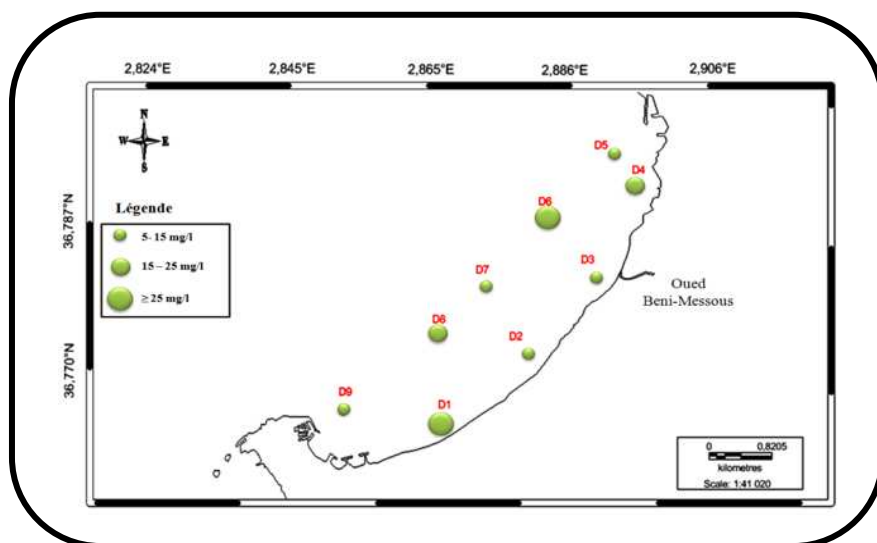


Figure11 : Carte de répartition spatiale de la MOP de l'eau du littoral Est de Sidi Fredj.

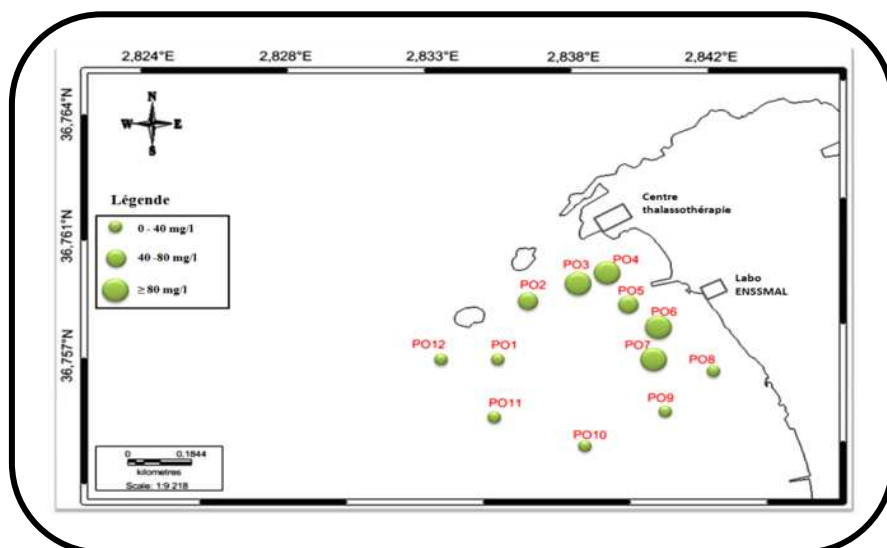


Figure12 : Carte de répartition spatiale de la MOP de l'eau du littoral Ouest de Sidi

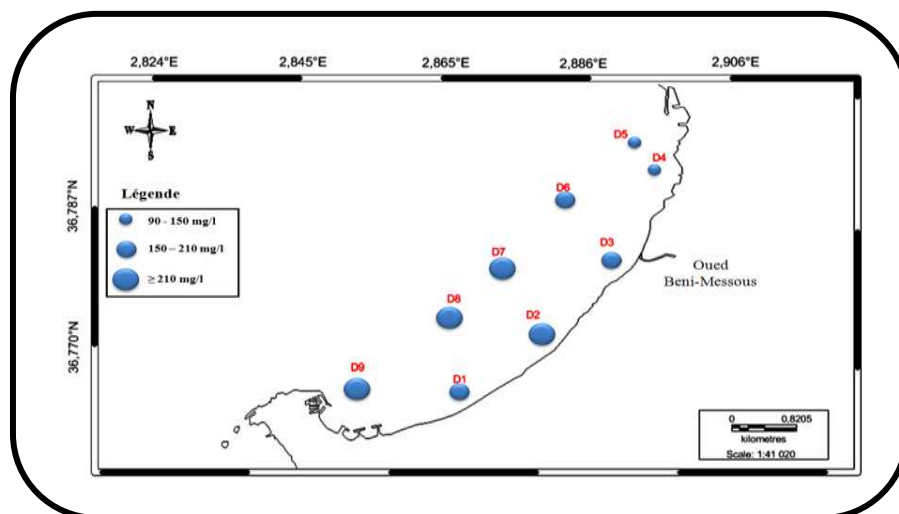


Figure13 : Carte de répartition spatiale de la DCO du littoral Est de Sidi Fredj.

Annexes

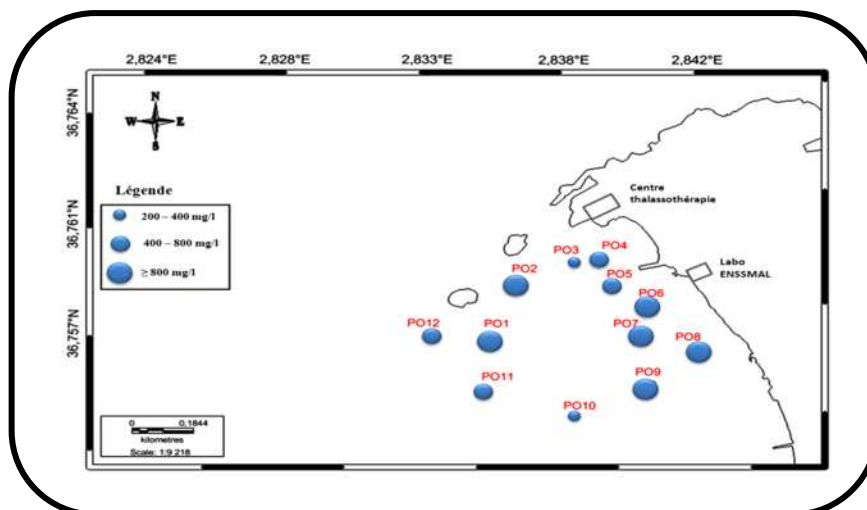


Figure14: Carte de répartition spatiale de la DCO du littoral Ouest de Sidi Fredj.

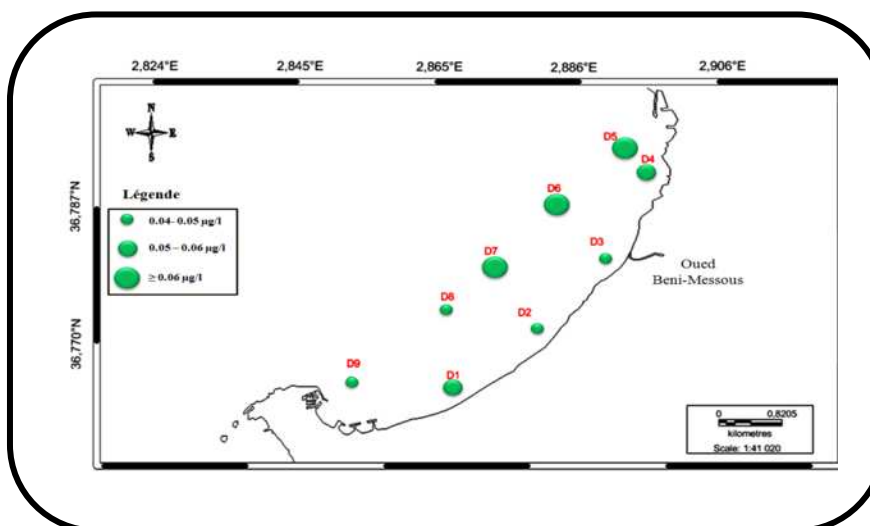


Figure15: Carte de répartition spatiale de la Chlorophylle-a du littoral Est de Sidi Fredj.

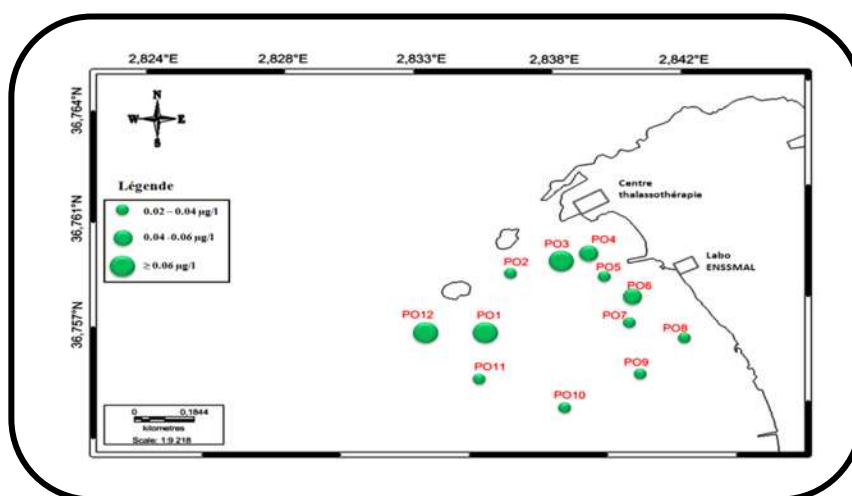


Figure16: Carte de répartition spatiale de la Chlorophylle-a du littoral Ouest de Sidi Fredj.

Annexes

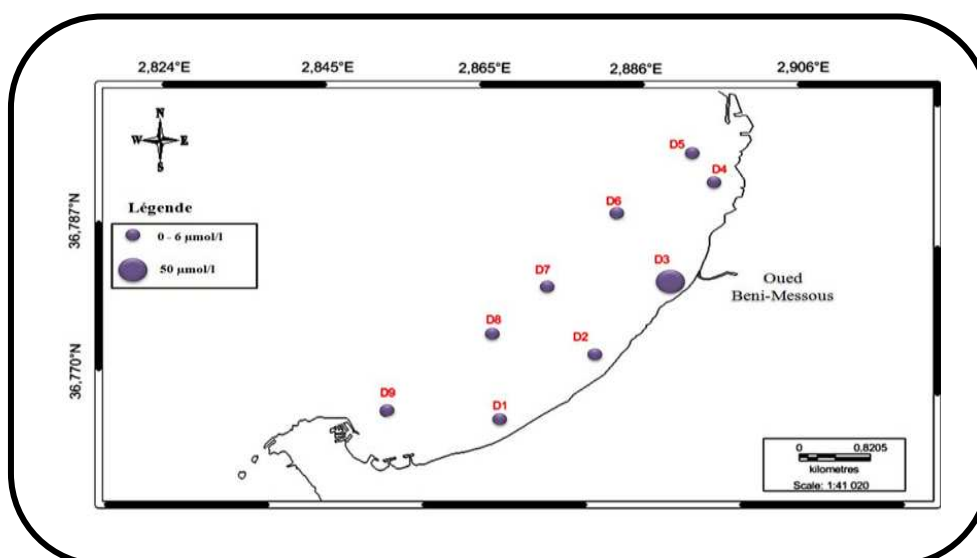


Figure 17: Carte de répartition spatiale des nitrates du littoral Est de Sidi Fredj.

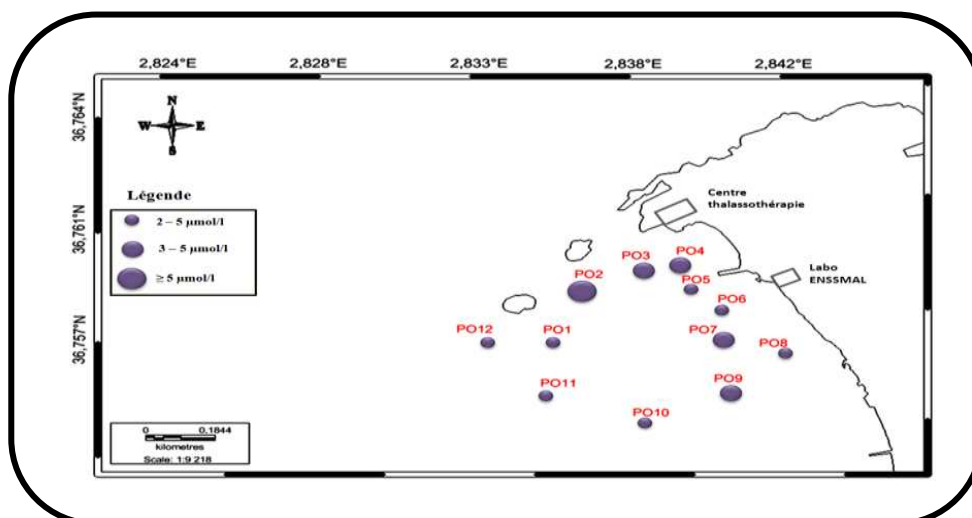


Figure 18: Carte de répartition spatiale des nitrates du littoral Ouest de Sidi Fredj.

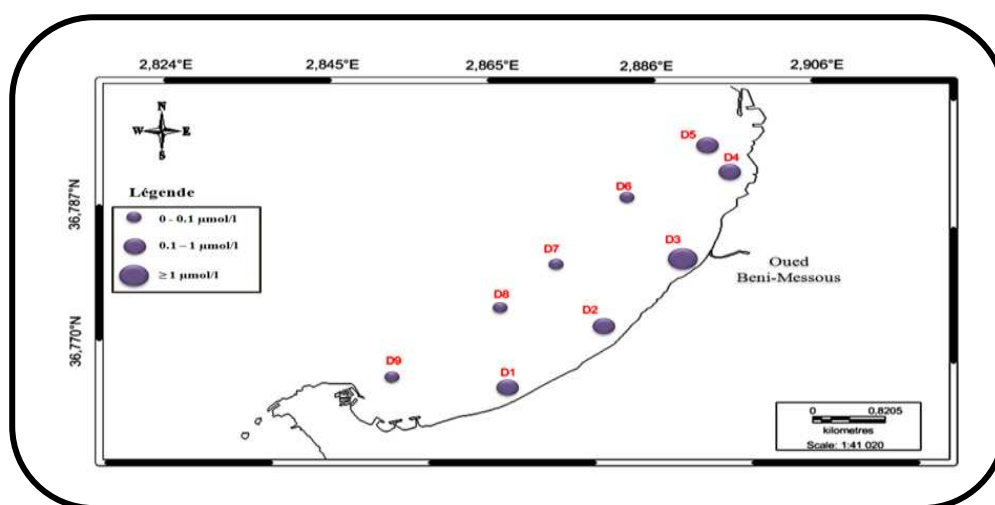


Figure 19 : Carte de répartition spatiale des nitrites du littoral Est de Sidi Fredj.

Annexes

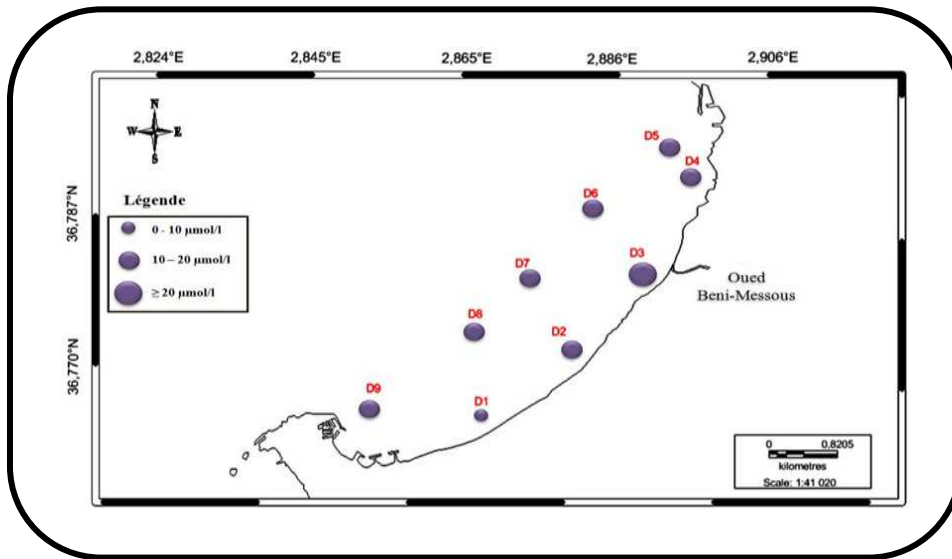


Figure 23: Carte de répartition spatiale des silicates du littoral Est de Sidi Fredj.

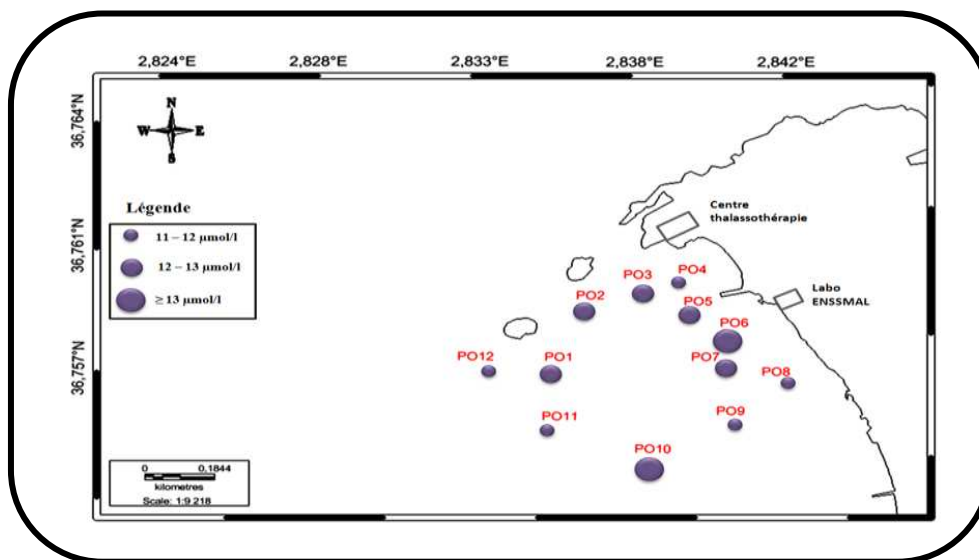


Figure 24: Carte de répartition spatiale des silicates du littoral Ouest de Sidi Fredj.

Annexe II

❖ Analyse de la demande chimique en oxygène (DCO)

1. Préparation des réactifs

a. Solution de sulfate d'argent à 10g/l dans l'acide sulfurique

- Produits chimiques exigés

Sulfate d'argent cristallisé (Ag_2SO_4).....10g.

Acide sulfurique ($d=1.84$).....1000ml.

- Préparation

Dissoudre le sulfate d'argent dans 40ml d'eau distillée, ajouter 960ml d'acide sulfurique avec précaution.

b. Solution de sulfate de fer et d'ammonium à 0.12mol/l

- Produits chimiques exigés

Sulfate de fer (II) et d'ammonium $\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$47g.

Acide sulfurique ($d=1.84$).....20ml.

Eau distillée (H_2O).....1000ml.

- Préparation

Dissoudre le sulfate de fer et d'ammonium dans de l'eau, ajouter l'acide sulfurique. Après refroidissement, ajuster le volume à 1000ml.

2. Préparation des solutions étalons

a. Solution étalon de dichromate de potassium à 0.04mol/l, contenant du sulfate de mercure(II)

- Produits chimiques exigés

Sulfate de mercure(II).....80g.

Acide sulfurique ($d=1.83$).....100ml.

Dichromate de potassium K_2CrO_711.767g

Eau distillée.....1000ml.

- Préparation

Dissoudre 80g de sulfate de mercure (II) dans environ 800ml d'eau distillée. Ajouter avec précaution 100ml d'acide sulfurique. Laisser refroidir puis ajouter 11.767 de dichromate de potassium (préalablement séché à 105°C pendant 2h). Transvaser la solution quantitativement dans une fiole jaugée de 100ml et compléter au volume.

Cette solution est stable environ 1 mois.

❖ Dosage des sels nutritifs

I. Dosage de l'acide nitreux (Nitrites NO_2^-)

1. Mode opératoire

- 50ml d'échantillon.
- Ajouter 1ml du réactif 1 (solution de sulfanilamide) et mélanger.
- Laisser reposer 2 à 8 minutes.
- Ajouter 1ml de réactif 2 (solution de N-(1-naphtyl)-éthylènediamine) et mélange.
- Attendre au moins 10 minutes et au plus de 1h.
- Mesurer l'absorbance à 543nm, en prenant l'eau distillée comme référence.

Annexes

- Mesure le blanc de cuve, du blanc des réactifs et de l'échantillon .

2. Préparation des réactifs

a. Solution de sulfanilamide (500 ml)

- **Produits chimiques exigés**

Acide chlorhydrique.....50ml.
Eau distillée.....300ml.
Sulfanilamide (C₆H₈N₂O₂S).....5g.

- **Préparation**

Diluer 50ml d'acide chlorhydrique concentré (d= 1,18) dans 300ml d'eau distillée.
Dissoudre 5 g de sulfanilamide dans cette solution et compléter à 500ml.
Cette solution est stable indéfiniment.

b. Solution de N-Naphtyl-Ethylenediamine

- **Produits chimiques exigés**

Dichlorhydrate de N-(1- naphtyl)-éthylènediamine.....0,5g.
Eau distillée.....500ml.

- **Préparation**

Dans 500ml d'eau distillée, dissoudre 0,5g de dichlorhydrate de N-(1- naphtyl)-éthylènediamine.
Conserver cette solution au froid et à l'abri de la lumière, et la renouveler dès qu'il s'y développe une coloration brune.

3. Préparation des solutions étalons

a. Solution étalon primaire de nitrite

- **Produits chimiques exigés**

Nitrite de sodium anhydre (NaNO₂)..... 0,345 g.
Eau distillée.....1000ml.

- **Préparation**

Dissoudre 0,345 g dans de l'eau distillée, compléter à 1 000ml et ajouter 1ml de chloroforme contient 5μmol de N-NO₂⁻.

Transformer la solution dans un flacon en verre brun.

Conservée cette solution au froid et à l'abri de la lumière, elle est stable pendant 1 à 2 mois.

b. Solution étalon secondaire de nitrite

Pour obtenir la solution secondaire, diluer 100 fois la solution étalon primaire :
1ml contient 0.05 μmol de N-NO₂⁻

Cette solution doit être préparée extemporanément : elle ne se conserve que quelques heures.

Annexes

Tableau 5: Tableau montrant la concentration et l'absorbance des standards.

Standards	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Concentration ($\mu\text{mol/l}$)	0.1	0.2	0.5	1	1.5	2
absorbances	0.008	0.011	0.03	0.056	0.08	0.104

II. Dosage de l'acide nitrique (Nitrates NO_3^-)

1. Mode opératoire

- La température des échantillons doit être entre 15°C à 30°C .
- prendre 100ml d'échantillon, ajouter 2ml de la solution concentrée de chlorure d'ammonium et mélanger correctement.
- Verser environ 5ml de cette solution dans la colonne et les laisser écouler ; cette procédure diminue considérablement les risques d'interférences entre échantillons successifs.
- Verser alors le reste de l'échantillon.
- Rejeter les 30 premiers millilitres.
- Rincer une éprouvette graduée de 50ml avec quelques millilitres de la solution sortant de la colonne et recueillir 50ml de l'effluent.
- Ajouter 1ml du réactif 1 (solution de sulfanilamide) mélanger.
- Laisser reposer 2à8min.
- Ajouter 1ml de réactif 2 (solution de N-(1-naphtyl)-éthylènediamine) et mélanger.
- Attendre au moins 10min mais pas plus de 2h.
- Mesurer l'absorbance en cuve de 1cm à 543nm, par rapport à l'eau distillée.

2. Préparation des réactifs

a. Solution de sulfanilamide

Le même réactif pour l'analyse des ions nitrites.

b. Solution de N-Naphtyl-Ethylènediamine

Même réactif que pour l'analyse des ions nitrite.

c. Solution étalon de nitrite

Même solution que pour l'analyse des ions nitrites.

d.Solution étalon de nitrate

• Produits chimiques exigés

Potassium anhydre.....0.0506g.

Chloroforme.....1ml.

Eau distillée.....1000ml.

• Préparation :

Dissoudre 0,0506 g de nitrate de potassium anhydre dans 1Ld'eau distillée, ajouter 1ml de chloroforme : 1ml contient $5\mu\text{mol}$ de N-NO_3^-

La solution est stable plusieurs mois si elle est conservée au froid et à l'abri de la lumière.

e. Solution concentrée de chlorure d'ammonium

• Produits chimiques exigés

Chlorure d'ammonium NH_4CL 250g.

Annexes

Eau distillée.....1000ml.

- **Préparation :**

Préparer une solution à 250 g de chlorure d'ammonium NH_4Cl par litre de l'eau distillée.

f. Solution diluée de chlorure d'ammonium

Diluer 40 fois la solution précédente avec de l'eau distillée (25ml pour 1l de solution).

g. Solution de sulfate de cuivre

- **Produits chimiques exigés**

Sulfate de cuivre pentahydraté ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$)..... 10 g

Eau distillée.....500ml.

- **Préparation :**

Dans 500ml d'eau distillée, dissoudre 10 g de sulfate de cuivre pentahydraté

Tableau 6 : Tableau des absorbance et des concentrations des standards.

Standards	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Concentration ($\mu\text{mol/l}$)	0.5	1	1.5	2	2.5	20
absorbances	0.01	0.044	0.063	0.084	0.101	0.731

III. Dosage des orthophosphates (PO_4^{3-})

1. Mode opératoire

-La température des échantillons doit être entre 15°C à 30°C .

-Préparé le mélange des réactifs dans les proportions suivants :

- 100 ml de solution de molybdate d'ammonium.
- 250 ml d'acide sulfurique 2,5 mol/l.
- 100 ml de solution ascorbique.
- 50 ml de solution d'oxotartrate de potassium et d'antimoine.

– Ce mélange réactif qui ne se conserve pas plus de 6 heures doit être préparé immédiatement avant chaque série d'analyse.

– Prendre 100 ml d'échantillon.

– Ajouter 10 ml des mélanges réactifs et homogénéiser aussitôt.

– Attendre 5 min et mesurer l'absorbance à 885nm par rapport à l'eau distillée.

2. Préparation des réactifs

a. Solution de Molybdate d'Ammonium

- **Produits chimiques exigés**

Paramolybdate d'ammonium ($(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7 \text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$).....15g.

Eau distillée.....500ml.

- **Préparation**

– Dissoudre 15 g de paramolybdate d'ammonium ($(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7 \text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), de préférence en poudre fine, dans 500ml d'eau distillée.

– Conserver dans des flacons en plastiques et à l'abri de la lumière, elle est stable indéfiniment.

Annexes

b. Acide Sulfurique 2,5 mol/l

- **Produits chimiques exigés**

Acide sulfurique.....140ml.

Eau distillée.....900ml.

- **Préparation :**

– Ajouter petit à petit, avec précaution, 140ml d'acide sulfurique (densité =1,84) dans 900ml d'eau distillée.

– Laisser refroidir et conserver en bouteille en verre bien bouchée.

c. Solution d'Acide Ascorbique

- **Produits chimiques exigés**

Acide Ascorbique (C₆H₈O₆).....54g.

Eau distillée.....500ml.

Préparation :

Dissoudre 54 g d'acide Ascorbique (C₆H₈O₆) dans 500 ml d'eau distillée.

En flacon de plastique, cette solution se conserve plusieurs mois au congélateur.

d. Solution d'Oxytartrate de Potassium et d'Antimoine

- **Produits chimiques exigés**

Oxytartrate de potassium et d'antimoine (III), K (SbO) C₄H₄O₆.....0.34g.

Eau distillée.....250ml.

- **Préparation**

Dissoudre 0,34 g d'Oxytartrate de potassium et d'antimoine (III), K (SbO) C₄H₄O₆ , dans 250ml d'eau distillée

Cette solution se conserve plusieurs mois au réfrigérateur.

3. Préparation des solutions étalons

a. Solution étalon primaire de phosphate

- **Produits chimiques exigés**

dihydrogénophosphate de potassium anhydre (KH₂ PO₄).....0.6805g.

chloroforme.....1ml.

Eau distillée.....1000ml.

- **Préparation**

– Sécher à 100°C au dessiccateur, sur H₂SO₄ concentré, du dihydrogénophosphate de potassium anhydre (KH₂ PO₄).

– Dissoudre 0,6805g dans 1 l d'eau distillée et ajouter 1 ml de chloroforme :1ml contient 5µmol de PO₄³⁻.

Cette solution est stable plusieurs mois au réfrigérateur.

- **b. Solution étalon secondaire de phosphate**

– Diluer 100 fois la solution étalon primaire : 10 ml (unité de volume) complétés à 1 000 ml avec de l'eau distillée.

Annexes

- Mettre dans un flacon brun avec 1 ml de chloroforme.
- Se conserve au réfrigérateur quelques semaines.

Tableau 7: Tableau des absorbance et des concentrations des standards.

Standards	S1	S2	S3	S4	S5
Concentration($\mu\text{mol/l}$)	0.1	0.2	0.5	1	2
absorbances	0.004	0.008	0.015	0.028	0.057

IV. Dosage des silicates

1. Mode opératoire

- Introduire dans une éprouvette en polyéthylène de 50ml, 10ml de réactif 1 (solution acide de molybdate).
- Ajouter à la pipette 25ml d'échantillon, boucher et mélanger.
- Attendre au minimum 10min mais jamais plus de 30min, et noter ce temps à $\frac{1}{2}$ min près afin d'opérer toujours de façon identique pour tous les échantillons et les étalons.
- Ajouter rapidement le réactif 2 (solution d'acide oxalique), fraîchement préparé, pour compléter à 50ml et mélanger aussitôt.
- Mesurer l'absorbance par rapport à l'eau distillée, l'échantillon et les réactifs à 810 nm.

2. Préparation des réactifs

a. Réactif au molybdate

- **Produits chimiques exigés**

Paramolybdate d'ammonium ($(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24}, 4\text{HO}_2$).....4g.

Acide chlorhydrique (HCL).....12ml.

Eau distillée.....500ml.

- **Préparation**

Pour 500ml de réactif

- Dissoudre 4g de paramolybdate d'ammonium ($(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24}, 4\text{HO}_2$) en poudre fine dans environ 300ml d'eau distillée.
- Ajouter 12ml d'acide chlorhydrique concentré ($d=1.18$), mélanger et compléter à 500 ml avec de l'eau distillée.
- Cette solution est conservée en flacon de polyéthylène et à l'abri de la lumière, reste stable plusieurs mois, malgré le dépôt qui se forme à la longue sur les parois.

b. réducteur

Ce réactif réducteur est obtenu en mélangeant successivement les réactifs ci-dessous dans l'ordre et les proportions suivantes :

- ✓ 100ml de solution de métol-sulfite,
- ✓ 60ml de solution d'acide oxalique,
- ✓ 60 d'acide sulfurique à 50%,
- ✓ Compléter avec de l'eau distillée pour obtenir 300ml de solution. Cette solution doit

Annexes

être préparée juste avant utilisation et ne se conserve pas.

c. Solution de métol-sulfite

• Produits chimiques exigés

Sulfite de sodium anhydre, Na_2SO_3	6g.
Métol (sulfate de p-méthylaminophénol, $\text{C}_{14}\text{H}_{20}\text{N}_2\text{O}_6\text{S}$).....	10g.
Eau distillée.....	500ml.

• Préparation

- Dans 500ml d'eau distillée :
- Dissoudre 6g de sulfite de sodium anhydre, Na_2SO_3 ?
- Ajouter 10g de métol (sulfate de p-méthylaminophénol, $\text{C}_{14}\text{H}_{20}\text{N}_2\text{O}_6\text{S}$) ; la dissolution peut être lente.
- Filtrer la solution sur papier filtre ordinaire et conserver dans une bouteille en polyéthylène bien hermétique.
- Cette solution se détériore rapidement et doit être renouvelée toutes les deux à trois semaines ou si elle prend une couleur sombre.

d. Solution saturée d'acide oxalique

• Produits chimiques exigés

Acide oxalique $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4, 2\text{H}_2\text{O}$	50g.
Eau distillée.....	500ml.

• Préparation

Agiter 50g d'acide oxalique $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4, 2\text{H}_2\text{O}$, avec 500ml d'eau distillée. Laisser décanter et prendre le surnageant.

Cette solution est stable indéfiniment.

e. Solution saturée d'acide sulfurique à 50% en volumes

• Produits chimiques exigés

Acide sulfurique.....	250ml.
Eau distillée.....	250ml.

• Préparation

-Ajouter, avec précaution et en mélangeant au fur et à mesure, 250ml d'acide sulfurique concentré ($d=1.84$) de qualité à 250ml d'eau distillée.

3. Préparation des solutions étalons

a. Solution étalon de silicium

Etalon à base d'hexafluorosilicate

• Produits chimiques exigés

Hexafluorosilicate de sodium.....	0.9403g.
Eau distillée.....	300ml.

• Préparation

Sécher l'hexafluorosilicate à 105°C pendant 1h.

Pour 1L de solution :

- Peser 0.9403g d'hexafluorosilicate de sodium ; si le produit est impur, augmenter la quantité pesée en calculant la masse nécessaire compte tenu de la pureté indiquée par le fabricant.

Annexes

- Transférer le produit dans un bécher en plastique avec environ 300ml d'eau distillée et écraser les agrégats pour accélérer la dissolution puis laisser sous agitation magnétique. La dissolution complète peut prendre jusqu'à 30min selon la taille des agrégats.
- Transférer en fiole jaugée en plastique de 1000ml en rinçant plusieurs fois le bécher et ajuster au trait de jauge : 1ml contient 5 μ mol de Si ette solution est considéré comme stable indéfiniment si lèon éviter l'évaporation.

Tableau 8 : Tableau des absorbance et des concentrations des standards.

Standards	S1	S2	S3	S4	S5
Concentration(μmol/l)	2.5	5	10	40	100
absorbances	0.277	0.43	0.533	1.598	4.217

Annexes

Annexe III

La composition des milieux de culture utilisés en microbiologie.

Tableau 9 : Composition de la Gélose lactosée au TTC et au Tergitol

Composition	Quantité (g/l)
Peptone	10
Extrait de levure	6
Extrait de viande	5
Lactose	20
Bleu de bromothymol	0,05
Agar	12,75

pH : 7,2±0,2. Stérilisation à l'autoclave : 15 minutes à 115±1°C.

Tableau 10 : Composition de Milieu de Slanetz et Bartley

Composition chimique	Quantité (g/l)
Tryptone	20
Extrait de levure	5
Glucose	2
Monohydrophosphate de potassium (K ₂ HPO ₄)	4
Azide de sodium	0,4
Chlorure de triphényltétrazolium (TTC)	0
Agar	10

pH : 7,2±0,2 - Ne pas autoclave, ne pas refondre.

Tableau 11 : Composition de Milieu de Bile-Esculine-Azide (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 de sodium	0,15
Agar	15

pH : 7,1±0,2. Stérilisation à l'autoclave : 15 minutes à 120°C

Annexes

Annexe IV

Tableau 12 : Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels
(journal officiel de la république algérienne N°26 : 24Rabie Elaouel 427 23avril
2006).

paramètres	unité	valeurs limites	tolérances aux valeurs limites anciennes installations
température	°C	30	30
pH	-	6,5 à 8,5	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35	40
Azote Kjeldahl	mg/l	30	40
Phosphore total	mg/l	10	15
DCO	mg/l	120	130
DBO5	mg/l	35	40
Aluminium	mg/l	3	5
Substances toxiques bioaccumulables	mg/l	0.005	0,01
Cyanures	mg/l	0,1	0,15
Fluor et composés	mg/l	15	20
Indice de phénols	mg/l	0,3	0,5
Hydrocarbures totaux	mg/l	10	15
Huiles et graisses	mg/l	20	30
Cadmium	mg/l	0,2	0,25
Cuivre total	mg/l	0,5	1
Mercure total	mg/l	0,01	0,05
Plomb total	mg/l	0,5	0,75
Chrome total	mg/l	0,5	0,75
Etain total	mg/l	2	2,5
Manganèse	mg/l	1	1,5
Nickel total	mg/l	0,5	0,75
Zinc total	mg/l	3	5
Fer	mg/l	3	5
Composés organiques chlorés	mg/l	5	7

Annexes

Tableau 13 : Principaux critères de qualité des eaux de baignade (Décret n° 93-16 du 10 juillet 1993).

Paramètres microbiologiques	Unités	Valeur guide	Valeur impérative
Coliformes totaux	/100ml	500	10 000
Escherichia coli / 100 ml	/100ml	100	2 000
Streptocoques fécaux/ 100ml	/100ml	100	-
Salmonelles	1L	-	0
Vibron cholérique	/450ml	-	0
Coloration	mg/l	-	Pas de changement anormal de lacouleur (0)
Huiles minérales	mg/l	0,3	Pas de film visible à la surface del'eau et absence d'odeur
pH	-	-	6 - 8.5
OD	% de saturation en O2	-	80-120
Transparence	Mètre	2	-
Autres substances	-	-	Ne doit pas contenir des substances capable de nuire la santé de baigneur