

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



Mémoire de Fin d'Études

**En vue de l'obtention du Diplôme d'Études Universitaires Appliquées
en Sciences de la Mer**

Thème :

PARAMETRES ENVIRONNEMENTAUX DE LA PLAGES OUEST DE SIDI FREDJ

Présenté par :

M^{elle} AMRAOUI Imène.

M^{elle} IAICHE Nassima.

Encadré par :

D^r BELKESSA R.

Promotion : 2012

Remerciements

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

Nous exprimons toute notre gratitude à notre encadreur,
Monsieur BELKESSA R. maître de conférences,
pour la confiance qu'il nous a accordée,
et de nous avoir soutenu tout au long de notre projet.

Nous adressons nos sincères remerciements
à toute l'équipe du laboratoire de l'ENNSMAL Sidi Fredj.

Notre profonde reconnaissance au personnel de la bibliothèque de l'ENSSMAL.

A nos collègues en post graduation, qui nous ont éclairci le chemin.

Enfin,

nous réservons nos derniers remerciements
à toute personne qui a contribué de près ou de loin
à la réalisation de ce mémoire mais surtout au binôme Souhila et Hicham.

Nassima & Imène

Dédicaces

À mes très chers parents qui ont toujours veillé à ma réussite et mon
bonheur ;

À mes très, très chères grand-mères ;

À mon frère et à ma sœur ;

À ma meilleure amie Lydia ;

À tous mes autres proches.



Nassima

Dédicaces

À mes très, très chers parents, source d'amour et d'affection ;

À mes très chers sœurs et frère;

À mon unique adorable neveu Sammy ;

À tous mes autres proches.

Imène

SOMMAIRE

Introduction	01
---------------------------	----

Chapitre 1: Généralités

1.1. Zone d'étude : Sidi Fredj (Sidi Ferruch)	03
1.1 .1. Situation géographique.....	03
1.1.2. Plage Ouest de Sidi Fredj.....	03
1.1.3. Facteurs climatiques	04
1.1.3.1. Températures.....	04
1.1.3.2. Précipitations.....	04
1.1.3.3. Vents.....	05
1.1.3.4. Houles.....	05
1.1.3.5. Courants	05
1.1.4. Plateau continental	05
1.1.5. Pollution.....	05
1.2. Descripteurs hydrologiques généraux	06
1.2.1. Principaux paramètres physico-chimiques et chimiques	07
Température	07
Salinité	07
potentiel d'Hydrogène (pH)	07
Conductivité électrique (C)	08
La demande biochimique en oxygène (DBO5)	08
La matière organique (MO)	08
La matière en suspension (MES)	09

1.2.2. Paramètres microbiologiques	09
1.2.2.1. Germes témoins de contamination fécale	09
Les coliformes totaux (CT)	09
Les coliformes fécaux ou thermo-tolérants (CF)	10
Les Streptocoques fécaux (SF)	10
1.2.2.2. Germes pathogènes.....	11
Staphylocoques.....	11
Salmonelles.....	11
Vibrions.....	12
1.2.2.3. Les champignons (mycètes)	12
Moisissures.....	12
Levures	13
1.2.3. Autres paramètres biologiques	13
Chlorophylle a	13
1.2.4. Polluants chimiques	13
1.2.4.1. Métaux lourds.....	14
1.2.4.2. Sels nutritifs	14
Les composés azotés	14
L'azote ammoniacal	14
Les nitrites	15
Les nitrates.....	15
Les phosphates.....	15
Silicium	15

Chapitre 2 : Moyens et méthodes d'analyse

2.1. Échantillonnage	17
2.1.2. Sorties en mer	17
2.1.3. Choix des stations	17
2.2. Protocole de prélèvement	47
2.2.1. Le matériel et les outils nécessaires pour le prélèvement	18
2.2.2. Prélèvement de l'eau	19
2.2.3. Prélèvements des sédiments	20
2.3. Mesures effectuées in situ	20
Température	20
Salinité et conductivité	20
Potentiel d'hydrogène	20
2.4. Travail au laboratoire	21
2.4.1. Mesure de la matière en suspension (MES)	21
2.4.2. Matière organique particulaire (MOP)	22
2.4.3. Demande biochimique en oxygène (DBO5)	22
2.4.4. Sels nutritifs	23
Principe des dosages des sels nutritifs	23
Analyse automatique des sels nutritifs dans l'eau	23
2.4.5. Détermination de taux de la matière organique	25
2.4.5.1. Mode opératoire de l'analyse	26
2.4.5.2. Traitement des données	26
2.4.6. Dosage de la chlorophylle a par fluorométrie	27
2.4.7. Dosage des métaux lourds	28
2.4.7.1. Prélèvement et conservation des sédiments	29

2.4.7.2. Traitement des sédiments.....	29
2.4.7.3. Nettoyage des instruments.....	29
2.4.7.4. Principe de la digestion ou de la minéralisation.....	30
Minéralisation à blanc.....	30
Minéralisation des sédiments pour la détermination des métaux traces par AAS.....	30
2.4.8.1. Principe de la méthode.....	32
2.4.8.2. Traitement des données	33
Fraction fine (pourcentage des pélites).....	33
Fraction grossière	33
Paramètres de positionnement	33
Indices granulométriques.....	33
Calcimétrie.....	33
2.4.9. Etude microbiologique	35
2.4.9. 1. Germes recherchés	35
2.4.9. 2 Méthodes de dénombrement	35
2.4.9. 3.Dénombrement des Coliformes totaux (CT) et Coliformes thermotolérants «Fécaux» (CF).....	37
2.4.9.4. Dénombrement des Streptocoques fécaux.....	39
2.4.9. 5. Recherche des Salmonelles et des Vibrions.....	39
2.4.9.6. Dénombrement des staphylocoques fécaux	42
2.4.9.7. Levures et moisissures	43

Chapitre 3: Résultats et discussions

3.1. Variations et répartitions spatiales des paramètres physico-chimiques dans le littoral Ouest de Sidi Fredj	44
3.1.1. Température	44
3.1.2. Salinité.....	45
3.1.3 Diagramme de corrélation Température/Salinité (T/S).....	48
3.1.4. Conductivité.....	50
3.1.5. Potentiel d'hydrogène.....	51
3.2. Variation des Paramètres indicateurs de la pollution.....	53
3.2.1. Matières en suspension (MES).....	53
3.2.2. Matière Organique Particulaire (MOP).....	55
3.2.3. DBO ₅	55
3.2.4. Chlorophylle a	56
3.3. Variations et répartitions des sels nutritifs.....	58
3.3.1. Variations des nitrates (NO ₃ ⁻).....	58
3.3.2 Variations des nitrites (NO ₂ ⁻).....	59
3.3.3. Variation de l'ammonium (NH ₄).....	60
3.3.4. Variation des phosphates	61
3.3.5. Variation des Silicates.....	61
3.4. Résultats et interprétation de l'analyse Sédimentaire.....	62
3.4.1. Analyse de la matière organique (MO).....	63
3.4.2. Etude granulométrique.....	64
3.4.2.1. Analyse de la fraction fine.....	64
3.4.2.2. Analyse de la fraction grossière.....	66
3.4.2.3. Analyse calcimétrique.....	68
3.5. Interprétation des résultats des analyses microbiologiques.....	70
Conclusion	71
Références bibliographiques.....	
Annexe	

LISTE DES ACRONYMES

LISTE DES ACRONYMES

°C : Degré Celsius.

µm : Micromètre.

AFNOR : Association Française de **NOR**malisation.

AIEA : Agence International de l'Atome et de l'Energie.

APPL : Agence urbaine chargée de la **Protection** et de la **Promotion** du **Littoral** Algérois.

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

CF : Coliformes fécaux.

CT : Coliformes totaux.

D.O : Densité optique.

DBO : Demande biologique en oxygène.

E. coli : Escherichia coli.

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

EPI : Eau péptonée exempte d'indole.

G : Gramme.

GPS : Global Positioning System.

ISO : International Standard Organization.

l, L : Litre.

L.E.M : Laboratoire d'Etudes Maritimes.

m : Mètre.

MES : Matières En Suspension.

ml : Millilitre.

MO : Matière Organique.

MOD : Matière organique dissoute.

Nm : Nanomètre.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

ONM : Office National Météorologique.

PH : Potentiel hydrogène.

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement.

PSU : Pratical Salinity Unit.

SF : Streptocoques Fécaux.

St : Station.

UFC : Unité formant colonie.

VBL : Bouillon lactosé au vert brillant

VF : Bouillon viande – foie.

WTW: Wissenschaftliche Technische Workstätten.

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Localisation du littoral Ouest de Sidi Fredj.	04
Figure 2	Carte représentant les rejets d'eaux usées de la zone d'étude.	06
Figure 3	Illustration photographique des zones de rejet de la figure 2.	06
Figure 4	Situation des stations de prélèvement dans le littoral Ouest de Sidi Fredj.	18
Figure 5	Matériel de prélèvement.	19
Figure 6	Bouteilles de prélèvements.	19
Figure 7	pH mètre de terrain de type (Ph/MV mètres, WTW 197).	20
Figure 8	Conductimètre de terrain (type OXI 197, WTW).	20
Figure 9	Matériel nécessaire pour l'analyse des MES.	21
Figure 10	Analyse de la MOP.	22
Figure 11	Dispositif de la mesure de la DBO ₅ .	23
Figure 12	Appareil d'analyse des sels nutritifs.	25
Figure 13	Echantillons pour la détermination du taux de la matière organique.	26
Figure 14	Appareils d'analyse de la chlorophylle a.	28
Figure 15	Tamiseuse de type AFNOR.	35
Figure 16	Rampe de filtration microbiologique.	37
Figure 17	Technique de dénombrement des coliformes.	38
Figure 18	Technique de recherche et de dénombrement des Streptocoques fécaux.	39
Figure 19	Technique de recherche des salmonelles.	40
Figure 20	Technique de recherche des vibrions.	41
Figure 21	Dénombrement des staphylocoques fécaux.	42
Figure 22	Dénombrement de levures et moisissures.	43
Figure 23	Variation de la température (°C) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (1 ^{ère} sortie. 2012).	45
Figure 24	Répartition de la température (°C) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (1 ^{ère} sortie.2012).	45
Figure 25	Variation de la température (°C) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2 ^{ème} sortie. 2012).	46
Figure 26	Répartition de la température (°C) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2 ^{ème} sortie.2012).	46
Figure 27	Variation de la salinité (PSU) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj(2012).	47
Figure 28	Répartition de la salinité (PSU) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).	48
Figure 29	Diagramme de corrélation (température/salinité) (1 ^{ère} sortie. 2012).	49
Figure 30	Diagramme de corrélation (température/salinité) (3 ^{ème} sortie. 2012).	49
Figure 31	Diagramme de corrélation (température/salinité) (3 ^{ème} sortie. 2012).	50
Figure 32	Variation de la conductivité (mS/cm) au niveau du littoral Ouest de Sidi	50

LISTE DES FIGURES

	Fredj (2012).	
Figure 33	Répartition de la conductivité (mS/cm) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).	51
Figure 34	Variation du pH au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).	52
Figure 35	Répartition du pH au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).	52
Figure 36	Variation des concentrations des MES (mg/l) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).	53
Figure 37	Répartition des concentrations des MES (mg/l) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).	54
Figure 38	Variation de la matière organique particulaire au niveau de la côte de la plage Ouest de Sidi Fredj (2012).	55
Figure 39	Variation de la DBO ₅ (mg/ml) au niveau de la côte de la plage Ouest de Sidi Fredj (2012).	56
Figure 40	Variation des concentrations de la chlorophylle a (µg/l) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).	57
Figure 41	Répartition des concentrations de la chlorophylle a (µg/l) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).	57
Figure 42	Répartition des nitrates (µmol/l) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).	58
Figure 43	Répartition des nitrites (µmol/l) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).	59
Figure 44	Répartition des concentrations de l'ammonium (µmol/l) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).	60
Figure 45	Répartition des concentrations de phosphates (µmol/l) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).	61
Figure 46	Répartition des concentrations de silicates (µmol/l) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj.	62
Figure 47	Variation des taux de la matière organique (MO) dans les sédiments au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj (2012).	63
Figure 48	Répartition des taux de la matière organique (%) dans les sédiments au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj (2012).	64
Figure 49	Variation des taux de pélites dans les sédiments (%) au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj (2012).	65
Figure 50	Répartition des taux de pélites dans les sédiments (%) au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj (2012).	65
Figure 51	Relation entre l'indice de classement et la médiane au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).	67
Figure 52	Relation entre l'indice de Skewnes et la médiane au niveau du littoral Ouest	68

LISTE DES FIGURES

	de Sidi Fredj (2012).	
Figure 53	Variation des taux de carbonate (CaCO_3 %) au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj (2012).	69
Figure 54	Répartition des taux de carbonate (CaCO_3 %) au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj (2012).	69
Figure 55	Concentrations des germes indicateurs de pollution microbienne au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).	70

LISTE DES TABLEAUX

Liste des tableaux

Tableau 1	Liens entre les principaux descripteurs d'hydrologie des écosystèmes marins côtiers	16
Tableau 2	Les valeurs minimales, maximales, moyennes et indice d'irrégularité des paramètres physico-chimiques dans les eaux du littoral Ouest de Sidi Fredj.	44
Tableau 3	Valeurs minimales, maximales, moyennes et indice d'irrégularité des paramètres indicateurs de la pollution des eaux de surface du littoral Ouest de Sidi Fredj.	53
Tableau 4	Valeurs minimales, maximales, moyennes et l'indice d'irrégularité des sels nutritifs des eaux de surface du littoral Ouest de Sidi Fredj	58
Tableau 5	Valeurs minimales, maximales, moyennes et l'indice d'irrégularité des taux de la Mo, la fraction pélitique et les carbonates	63
Tableau 6	Caractéristiques statistiques des paramètres granulométriques des sédiments du littoral Ouest de Sidi Fredj	66
Tableau 7	Caractéristiques statistiques des résultats des analyses microbiologiques.	70

INTRODUCTION

Introduction

Avec un littoral qui s'étend sur 1200km, l'Algérie a connu une croissance importante, voire immodérée des activités urbaines et industrielles qui sont à l'origine de pollutions de diverses natures (physiques, chimiques, microbiologiques...) et qui par conséquent ont entraîné la dégradation de l'environnement. En effet la démographie galopante ainsi que l'accroissement des besoins de la population mais aussi l'utilisation inconsidérée de la plage, en période estivale, par les nombreux vacanciers ont contribué à la détérioration de la qualité des eaux de notre mer méditerranée. Par ailleurs l'utilisation anarchique par les industriels et les entrepreneurs de toute sorte, de la côte à des fins mercantiles sans se soucier du devenir de l'environnement, sont autant de facteurs perturbateurs de l'écosystème.

L'idée d'analyser un tant soit peu le niveau de dégradation des eaux de mer afin de tirer la sonnette d'alarme en direction des pouvoirs publics et des décideurs, nous est venue suite aux différentes informations qui nous ont été prodiguées durant notre cursus de formation à l'ENSSMAL.

Dans le cadre d'un suivi et afin d'apprécier la qualité des eaux de surface en évaluant le degré de pollution de la plage Ouest de Sidi Fredj, le présent travail se propose de réaliser les mesures des différents paramètres physico-chimiques et chimiques, la présence ou l'absence des micro-organismes.

Pour évaluer, avec le plus de précision possible, la capacité de ces eaux à s'auto épurer, les paramètres sus cités ont été complétés par une analyse sédimentaire qui a pour objet l'étude du déplacement sédimentaire et du dépôt des sédiments et l'influence de ces derniers sur le trait de côte (érosion) dans cette zone ainsi que la présence des métaux traces dans le sédiment côtier.

Pour ce faire, nous tenterons de réaliser des prélèvements en vue des analyses en question, autant sur la côte qu'au large de la plage ouest de Sidi Fredj

Le présent travail comportera trois parties. Le chapitre un traitera des généralités des différents paramètres hydrologiques généraux et la présentation de la zone d'étude. Dans le chapitre deux nous décrirons les moyens et méthodes à utiliser dans notre recherche.

Quant au troisième et dernier chapitre il concernera la présentation et la discussion des résultats.

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS

1.1. Zone d'étude : Sidi Fredj (Sidi Ferruch)

1.1 .1. Situation géographique

La presque ile de Sidi Fredj 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 et la baie de Bou Ismail et la limite Ouest de la baie d'El Djamila.

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 St janvier à l'Ouest à la limite de la baie d'EL Djamila.

Du point de vue administratif, elle appartient à la commune de Staouéli, daïra de Zeralda et wilaya d'Alger.

On peut y accéder en empruntant :

La RN 11 : Alger-Tipaza par la côte.

La RN 41 : Alger-Staouéli par sahel.

La rocade sud : Ben-Aknoun-Zeralda.

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. Avec 1,33 km de l'attitude.

1.1.2. 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. Elle est bordée par plusieurs habitations, une base nautique et un restaurant (et des gargotes), certaines de ces habitations rejettent leurs eaux usées sur la plage. Cette plage est très fréquentée durant la période estivale.



Figure 1 : Localisation du littoral Ouest de Sidi Fredj (Google Earth 2012).

1.1.3. Facteurs climatiques

1.1.3.1. Températures

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

- **En période hivernale** : les températures sont très variables s'échelonnant entre 6°C et 20°C.
- **En période estivale** : les températures sont très élevées s'échelonnant entre 25°C et 38°C et pouvant atteindre les 40°C. (Bellahcene, 2002).

1.1.3.2. Précipitations

- **En période hivernale** : la pluviométrie est relativement importante de décembre à mai, se situant entre 115 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).

1.1.3.3. Vents

La répartition des vents dans la région de Sidi Fredj est liée au régime des houles le long de l'année. La vitesse de vent s'échelonne entre 6 et 10 nœuds (**Bellahcene, 2002**).

On relève à ce titre : Une dominance hivernale caractérisée par les vents d'Ouest et Nord-Ouest. Une dominance estivale caractérisée par le vent Nord-est.

1.1.3.4. Houles

Les houles jouent un rôle déterminant sur le transit sédimentaire d'une part, et sur la richesse biologique en assurant dans la zone exposée une circulation des eaux d'autre part. Une analyse des houles est donc nécessaire.

D'après l'analyse faite par le **L.E.M(2002)**, les houles les plus fréquentes dans cette zone sont de direction Ouest avec une fréquence annuelle de 25.10% et Nord-est avec une fréquence annuelle de 18% et ce, selon deux saisons de l'année :

- **En hiver** les houles les plus importantes et violentes viennent du secteur Ouest avec une fréquence saisonnière de 33.18%, elles exercent une attaque frontale sur le rivage qui est à l'origine de son érosion pendant la saison et la formation de barres sous marines.
- **En été** les houles les plus fréquentes sont celles du secteur Nord Est avec une fréquence saisonnière de 26.01%.

1.1.3.5. Courants

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

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

1.1.4. Plateau continental

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 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.

1.1.5. Pollution

La pollution dans la presque ile de Sidi Fredj peut provenir de :

- centre de thalassothérapie (eaux usées et eaux de mer sanitaires chaudes).
- égouts des agglomérations de la région.
- déchets laissés par les estivants (déchets solides).
- rejets d'eaux domestiques directes.
- eutrophisation algale.

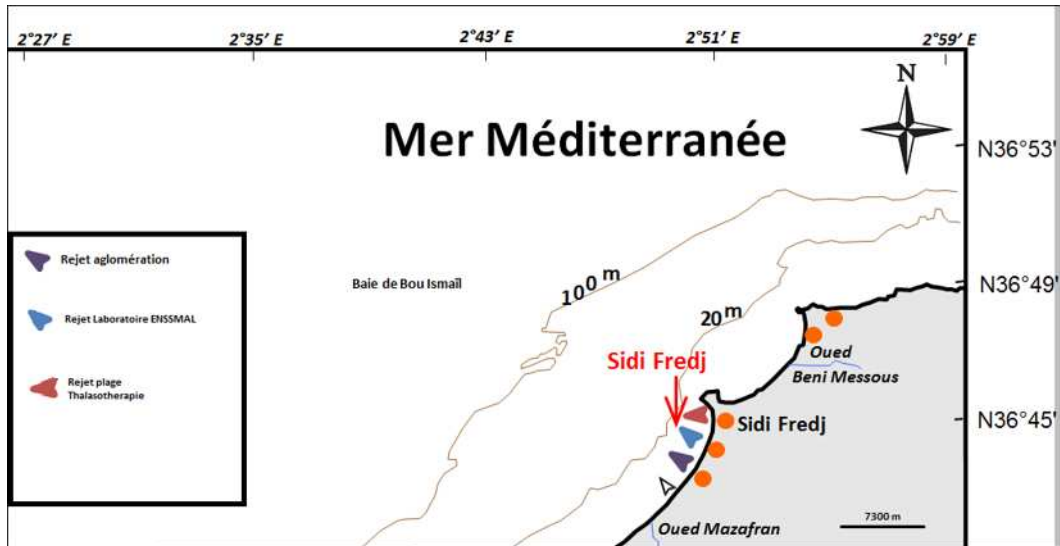


Figure 2 : Carte représentant les rejets d’eaux usées de la zone d’étude (MapInfo).



Figure 3 : Illustration photographique des zones de rejet de la figure 2.

1.2. Descripteurs hydrologiques généraux

L’eau de mer constitue un milieu physique parfaitement défini par trois variables d’état : salinité S, température T et pression P. Toutes ses propriétés physiques sont donc, en principe, dérivables à partir de S, T et P (Gérard Copin-Montégut, 2002).

L'appréciation de la qualité des eaux se base sur la mesure de paramètres physico-chimiques et chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques, indicateurs d'une plus ou moins bonne qualité de l'eau.

1.2.1. Principaux paramètres physico-chimiques et chimiques

Il s'agit des paramètres facilement mesurables et qu'il est généralement utile de connaître. Ces paramètres peuvent être mesurés en continu par des sondes installées dans des stations d'observation de la qualité des eaux (**Goujaus, 1995**).

- **Température**

La température est un paramètre important à étudier pour la détermination des masses d'eau, elle influe sur l'activité biologique dont dépend la production totale, et sur la répartition des espèces (références thermiques), donc, par exemple, sur la pêche ou l'aquaculture. Aussi la mesure de la température est indispensable pour le traitement ou l'interprétation d'autres paramètres tels que : la saturation des gaz dissous, la mesure du pH (**Aminot et Kérouel, 2004**). Comme elle joue aussi un rôle dans la solubilité des sels et sur la conductivité électrique du milieu.

- **Salinité**

La grandeur « salinité » représente la proportion de sels minéraux dissous dans l'eau de mer. La mesure de la salinité est importante dans l'étude du milieu marin. Par son influence sur la densité de l'eau de mer, elle permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eau d'origines différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte ou dans les estuaires (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

- **potentiel d'Hydrogène (pH)**

Le pH est un paramètre caractérisant l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau (**Goumella et Gueree, 1978**).

La variation du pH suivant celles de la température, salinité, l'oxygène dissous et le volume du CO₂ dissous (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

La mesure du pH renseigne sur la qualité de l'eau : dans les eaux naturelles non soumises aux rejets, le pH dépend de l'origine de ces eaux et de la nature géologique du terrain (**Le Pimpec et al., 2002**).

L'eau de mer est moins sensible aux variations du pH grâce à l'effet tampon des sels dissous (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

En moyenne le pH de l'eau de mer voisin de 8.2 donc il tend vers un milieu basique.

- **Conductivité électrique (C)**

Ce paramètre mesure le degré de minéralisation des eaux représentant 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**), du fait qu'elle permet d'évaluer la charge totale en électrolytes d'une eau (**Ramade, 2000**).

La conductivité est également fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente.

Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20 ou 25°C.

- **La demande biochimique en oxygène (DBO5)**

Elle est représentée par la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes pour dégrader la matière organique dans l'eau (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

Elle se définit comme étant la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C à l'obscurité et pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée d'après Berne et Cordonnier (1991). Elle est exprimée en milligrammes d'oxygène par jour et par habitant (mg/j/hb), (**Ramade, 2000**). La DBO5 est inférieure à 1 mg d'O₂/l dans les eaux pures et quand elle dépasse les 9 mg/l l'eau est considérée comme étant impropre (**Gomella et Guerree, 1978**).

- **La matière organique (MO)**

La matière organique est l'un des réservoirs géochimiques les plus actifs qui intéresse, sur une grande échelle, le cycle du carbone.

La matière organique se déposant dans un environnement aquatique est souvent constituée d'un mélange complexe de *bio-polymères* naturels (tels que les lipides, les polysaccharides, les protéines, les particules de lignine et des spores), de *géo-polymères* (tels que les substances humiques et la matière organique résiduelle), et de *bio-monomères* comprenant les produits de décomposition microbiennes des bio-polymères (**Aksu, 1999**). Ces composés peuvent avoir une origine autochtone, et à un degré plus variable, une origine allochtone.

Présente à la fois dans l'eau et dans les sédiments, la matière organique a un comportement, une stabilité et un devenir fortement variables selon des conditions environnementales, se décomposant par l'action des microorganismes de l'eau en formant des composés de plus en plus simple (**Rejsek, 2002**). Cette dernière est répartie en deux fractions : la matière organique dissoute (MOD) et la matière organique particulaire (MOP).

- **La matière en suspension (MES)**

C'est l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. Elles représentent une cause essentielle de turbidité de l'eau (**Ramade, 2000**). Ce sont des particules solides dont la taille est supérieure à 10 μ m, dispersées dans l'eau sans être chimiquement liées avec elle. De ce fait, leur élimination est assez simple car elles décantent de manière spontanée et peuvent être retirées de l'eau par des procédés physiques simples (décantation, filtration) (**Rejsek, 2002**). Les concentrations en matières en suspension sont très faibles en milieu océanique, surtout en profondeur. Par contre, elles sont fortes en milieu côtier et estuarien. Elles subissent des variations saisonnières : plancton, apports terrigènes, tempêtes (**Aminot et Kérrouel, 2004**).

1.2.2. Paramètres microbiologiques

La présence en quantité excessive de germes, bactéries et virus (essentiellement), parmi lesquels certains sont pathogènes pour l'homme, est indicatrice de pollution microbiologique.

1.2.2.1. Germes témoins de contamination fécale

Bactéries indicatrices de l'état de salubrité d'une eau de mer ou de coquillages. Ces germes sont présents dans les intestins des animaux à sang chaud et leur présence dans l'eau en grand nombre révèle souvent une contamination par des excréments ainsi que la présence possible d'autres germes pathogènes porteurs de maladies. Cette catégorie regroupe :

- **Les coliformes totaux (CT)**

Selon (**ISO**) : le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets (bacilles) à Gram négatif, non sporulant, facultativement anaérobies, oxydase négatif, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités

inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose et le mannitol avec production de gaz en 48 heures, à des températures de 35 à 37°C.

Ils regroupent un certain nombre d'espèces appartenant à la famille des Entérobactereaceae, constituant un groupe de bactéries très hétérogènes.

Les coliformes comprennent les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia* (Rodier et al., 2005).

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).

- **Les coliformes fécaux ou thermo-tolérants (CF)**

Les coliformes fécaux sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44°C. (Rodier et al., 2005).

L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* et dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* (CEAEQ, 2005).

Leur densité est proportionnelle au degré de la pollution et leur suivi dans l'environnement est également équivalent à celle des pathogènes (Rodier et al., 2005).

Les coliformes fécaux répondent aux critères de bons indicateurs, la principale difficulté qui s'attache à leur emploi, est la survie relativement courte en eau de mer, ce qui peut exiger un recours à des indicateurs supplémentaires (PNUE/OMS, 1977).

- **Les Streptocoques fécaux (SF)**

Ces bactéries appartiennent à la famille de *Streptococcaceae*, au genre *Streptococcus* et au groupe sérologique D de Lance Field (SHARPE, 1979), l'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide tiechoïque) antigénique (Rodier et al., 2005).

Ils sont définis comme étant des *cocci* sphériques légèrement ovales, gram positifs. Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37°C et ils possèdent le caractère homoférmementaire avec production de l'acide lactique sans gaz (Manuel de Bergey, 1984).

Ils peuvent se multiplier dans des milieux présentant des pH allant jusqu'à 9,6. On peut par conséquent les utiliser comme indicateurs d'organismes pathogènes qui ont une

résistance similaire aux pH élevés (OMS, 1977). Les dénombrements des streptocoques fécaux présumés sont rarement effectués indépendamment des dénombrements des coliformes.

1.2.2.2. Germes pathogènes

- **Staphylocoques**

Des cocci à Gram positif de 0,5 à 1µm de diamètre, appartenant à la famille des Micrococcaceae et sont désormais rapprochés des genres *Enterococcus*, *Bacillus* et *Listeria*. ils peuvent être arrangés en paires, en tétrades ou en grappes, en courtes chaînettes ou en amas. Ils sont immobiles, aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulants et catalases positives. Ce sont des germes ubiquitaires que l'on retrouve dans l'air, le sol et les eaux, en particulier dans les piscines et ils appartiennent à la flore commensale de la peau et des muqueuses de l'homme et des animaux. Ces bactéries peuvent provoquer diverses infections de gravité variable. Ils sont souvent thermorésistants (mais ne survivent pas à la pasteurisation), halophiles, peu exigeants de point de vue nutritif. Ils sont inhibés par un pH acide (pH<4 pour la croissance, pH<5 pour la toxinogénèse) (Guiraud, 1998).

Les principales espèces de *Staphylocoques* : *S.aureus*, *S.epidermidis*, *S.saprophyticus* (Béraud, 2004). Les Staphylocoques sont capables de produire des enterotoxines (pathogènes) (Bourgeois, 1990).

- **Salmonelles**

Ce sont des bâtonnets à Gram négatif, appartenant à la famille des Entérobactereaceae et du genre *salmonella*. Ce sont des microorganismes non sporulant, oxydase négatif, nitrate réductase positive, fermentative du glucose, lactose négatif, uréase négatif, lysine décarboxylase positive, utilisant la voie des acides mixtes, indole négatif, ne possédant pas la bêta-galactosidase, à forte contagiosité, responsables de gastro-entérites, toxi-infections alimentaires et des fièvres typhoïde et paratyphoïde aérobies ou anaérobies facultatifs, habituellement mobiles grâce à des flagelles péritriches ou immobiles, mésophiles avec une température optimale de croissance de 37°C (Bourgeois, 1990). Les *Salmonella* possèdent 67 antigènes somatiques O (situé dans la paroi).

Tous les produits d'origine animale sont susceptibles de contenir des salmonelles.

Dans le milieu marin, les exutoires d'eaux usées constituent la principale source de pollution par les salmonelles (Leclerc et al., 1995).

- **Vibrions**

Ce sont des bactéries gram négatif, appartenant à la famille des Vibrionaceae, ce sont des bacilles incurvés ou droits, mobiles grâce à un flagelle polaire, péritriche, ou bien immobiles, basophiles, oxydase positive, réduisent les nitrates et dégradent des glucides par métabolisme fermentatif. La plupart des vibrions sont d'origine marine, ils ne se multiplient qu'en présence de NaCl (**Singleton et Sainsbury, 1984**). Parmi ces vibrions, on distingue les « vibrions cholériques », qui comprennent les isolats appartenant aux sérogroupes O1 et O139 de l'espèce *Vibrio cholerae*, et les « vibrions non cholériques ».

La bactérie *Vibrio cholerae* (responsable du choléra chez l'Homme) vit dans l'eau et a une grande capacité de survie environnementale. Elle tolère très bien la salinité mais ne se retrouve pas vraiment en mer mais plutôt dans les estuaires, les rivières et les nappes phréatiques et toutes les sources d'eau contaminées par des déjections humaines. La sueur, riche en vibrions, joue un rôle important dans les contaminations interhumaines surtout en zone tropicale sèche.

Il semble que certains crustacés (notamment les crevettes) jouent un rôle de vecteur grâce à des récepteurs situés sur leurs carapaces dorsales.

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**).

1.2.2.3. Les champignons (mycètes)

Dans le monde, les mycètes arrivent au deuxième rang, juste après les insectes, pour l'ampleur des pertes qu'ils causent aux produits alimentaires d'origine végétale. Ils regroupent en réalité deux types de micro-organismes : les levures et les moisissures.

- **Moisissures**

Etant donné leur grande capacité d'adaptation à de nombreux substrats, les moisissures sont très largement répandues dans l'environnement. Ce sont des thalles constitués de longs filaments, fins et ramifiés, que l'on nomme hyphes. Quand les conditions du milieu le permettent, ces hyphes grandissent et forment un mycélium visible à l'œil nu, c'est-à-dire qu'ils forment une masse emmêlée. Les moisissures sont capables de vivre dans des habitats où ne peuvent survivre des bactéries grâce à la rigidité des hyphes qui contiennent de la chitine (**Hart et Shears, 1999 et Gérard et al., 2003**).

Les moisissures montrent une grande faculté d'adaptation, tant pour les conditions de croissance que pour les nutriments utilisés et comme tous les micro-organismes ils ont besoins d'eau pour se développer.

La température joue un rôle important dans la croissance des moisissures, la plupart se développent bien entre 15 et 30 °C, avec une température optimale située entre 20 et 25 °C.

- **Levures**

Ce sont des mycètes unicellulaires, non filamenteux qui sont généralement sphériques ou ovales. Dans certaines conditions de culture, ces cellules s'arrangent en files, mimant le mycélium des moisissures. Les levures sont des organismes non chlorophylliens. Elles n'utilisent donc pas la lumière comme source d'énergie et le gaz carbonique comme source de carbone. Elles tirent leur énergie de la décomposition des matières organiques mortes.

On rencontre des levures sur tous les milieux riches en sucres qu'elles transforment en éthanol ou en glycérol. Cette transformation s'accompagne d'une forte production de gaz carbonique.

Les levures aiment plutôt les milieux acides. Comme les moisissures, les levures sont très répandues dans la nature, elles se présentent souvent sous forme de poudre blanche. Une cellule mère de levure se reproduit par bourgeonnement et est capable de croissance anaérobies facultative (**Hart et Shears, 1999 et Gérard et al., 2003**).

La plupart des levures sont saprophytes. Quelques unes sont parasites.

1.2.3. Autres paramètres biologiques

1.2.3.1. Chlorophylle a

La mesure de la chlorophylle *a* est utilisée comme indicateur de la biomasse phyto-planctonique dans les eaux naturelles. Elle représente le plus important pigment chez les organismes photosynthétiques aérobies (excluant les cyanobactéries).

1.2.4. Polluants chimiques

Les données des paramètres mesurables et microbiologiques peuvent être complétées par l'analyse des sédiments, la pollution par les métaux lourds, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (PCB) et les sels nutritifs, pour une meilleure appréciation de la qualité des eaux.

1.2.4.1. Métaux lourds

On appelle en général métaux lourds les éléments métalliques naturels, métaux ou dans certains cas métalloïdes caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 grammes par cm³ (Miquel, 2001).

Ils peuvent également être des polluants réductibles, ils sont bien entendus naturellement ou favorisés par l'activité de l'homme mais en général en quantités très faibles voire à l'état trace, présents dans l'environnement marin à l'état ionique, dissous, en complexes colloïdaux, organométalliques ou adsorbés sur le matériel particulaire organique ou inorganique (Lacaze, 1996 in Alzieu et *a.l.*, 1999).

Lorsque leur concentration dépasse un seuil, les métaux lourds peuvent s'avérer contaminants pour diverses formes de vie (Taieb Errahmani, 2009).

La concentration de métaux lourds dans les sédiments marins peut varier dans le temps pour différents motifs: apports anthropiques directs, transfert continental par des sources fluviales et éoliennes, transport par des courants marins, dépôts atmosphériques, etc.

En effet, le plomb, le cadmium et le mercure, développés à la fin de la deuxième révolution industrielle, sont les métaux lourds les plus redoutables, susceptibles d'être métabolisés et concentrés au niveau des organismes marins.

1.2.4.2. Sels nutritifs

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

- **Les composés azotés :**

L'azote est un élément essentiel des structures vivantes, Il existe dans l'eau sous trois formes essentielles selon le degré d'oxydation : nitrates (NO₃⁻), nitrites (NO₂⁻), ammonium (NH₄⁺), ainsi qu'urée ou acides aminés. Ce sont les formes d'azote utilisables par le phytoplancton (Copin-Montégut, 1996).

L'azote ammoniacal :

Il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniaque (NH₃) et l'ammonium (NH₄⁺) dont les proportions dépendent du pH et de la température. L'azote ammoniacal provient

des excréments animales et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés; il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote et oxydé par les bactéries nitrifiantes (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

Les nitrites :

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

Les nitrates :

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

- **Les phosphates :**

Le phosphore est un élément nutritif dont la forme minérale majoritaire est l'ortho phosphate, il est essentiel à la vie aquatique. Dans les écosystèmes aquatiques continentaux, on considère généralement le phosphore comme le principal facteur limitant de la production de la biomasse végétale (**Levêque, 1996**).

Lors de la minéralisation de la matière organique par les micro-organismes, les composés phosphatés, sont progressivement transformés en phosphate soluble, ces derniers vont être rapidement assimilés et recyclés (**Lacroix, 1991 in Tidadini et Amdoun, 2003**).

Les sources du phosphore sont multiples, elles proviennent des résidus métaboliques, détergents, excès d'engrais agricoles et de l'industrie (**Zourez et Farhani, 2003**).

- **Silicium :**

Le silicium n'est pas un composant de la matière vivante proprement dite. Le plancton à test siliceux (diatomées, silicophlagellées...) l'assimile pour former leur test sous forme d'opale (SiO_2 , Si_2O_3).

L'eau de mer avec un pH de 8.2, le silicium dissous se trouve à 95% sous la forme d'acide ortho silique $\text{Si}(\text{OH})_4$, 5% $\text{Si}(\text{OH})_3^-$ (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

Tableau 1 : Liens entre les principaux descripteurs d'hydrologie des écosystèmes marins côtiers (Amiot et Kérouel, 2004).

Mesure à effectuer	Descripteurs d'interprétation*
Salinité (S)	T (+)
Température (T)	S (++)
Ph	S (+) T (++) chlorophylle (+)
Oxygène (O2)	S (+++) T (+++) chlorophylle (++)
Nitrate (NO3)	S (+++) O2 (+) PO4 (++) Si (++) chlorophylle (++)
Nitrite (NO2)	S (++) O2 (+) NH4 (++)
Ammonium (NH4)	S (+++) T (+) pH (+) O2 (++) NO3 (+) NO2 (+) PO4 (++) Si (+) chlorophylle (++)
Phosphate (PO4)	S (+++) O2 (+) NO3 (++) NH4 (++) Si (++) chlorophylle (++)
Silicate (Si)	S (+++) O2 (+) NO3 (++) NH4 (+) PO4 (++) chlorophylle (++)
MES (et/ou turbidité)	S (+) chlorophylle (+)
Chlorophylle	S (+) T (+) NO3 (++) NH4 (++) PO4 (++) Si (++) MES (+)

Indispensable (+++) : dont on ne peut pas se passer pour interpréter le descripteur à étudier.

Souhaitable (++) : dont la mesure permet une interprétation plus poussée, si nécessaire.

Eventuel (+) : non indépendant du descripteur étudié, peut aider à l'interprétation.

CHAPITRE 2 :
MOYENS ET MÉTHODES
D'ANALYSES

2. Moyens et méthodes d'analyses

L'objectif de notre étude est d'évaluer la qualité des eaux de la plage ouest de Sidi Fredj en analysant leurs paramètres physico-chimiques et bactériologiques. Ces paramètres ont été complétés par une étude granulométrique dans cette zone.

2.1. Échantillonnage

2.1.2. Sorties en mer

- **Sorties au niveau de la côte**

Les travaux au niveau de la côte ont été effectués le 04.04.2012 et le 27.05. 2012 entre 9h et 13h dans des conditions météorologiques favorables (ciel dégagé, vent très faible..) et une mer calme.

Remarque : la température lors de la deuxième sortie était élevée.

- **Sortie au large:** faite le 18/04/2011

Les travaux en mer ont été réalisés à bord de l'embarcation de l'ENSSMAL **Baba Aroudj** dans le cadre d'une campagne pluridisciplinaire. La campagne a eu lieu dans des conditions d'une mer un peu agitée et d'un vent moyennement fort.

Les échantillons ont fait l'objet des analyses physico-chimique, bactériologique et granulométrique.

Le prélèvement d'eau concerne 21 stations. Quant au prélèvement de sédiment, il varie selon le paramètre étudié.

2.1.3. Choix des stations :

Le choix des stations a été fait de manière à couvrir toute la zone d'étude et les stations du large pour concorder avec celles de la côte.

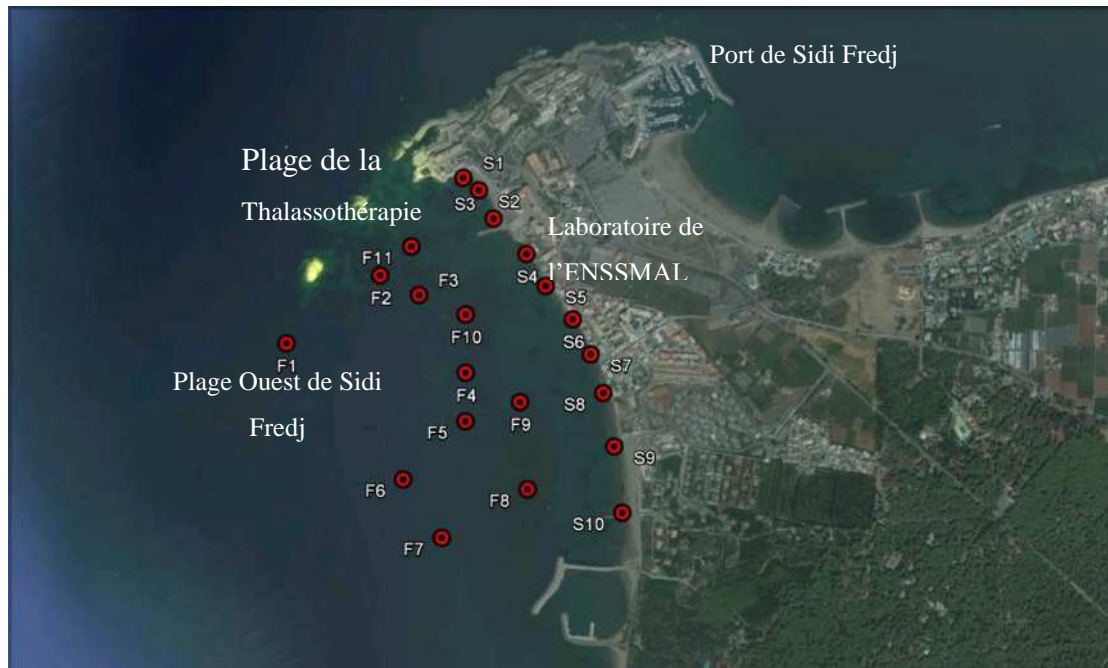


Figure 4 : Situation des stations de prélèvement dans le littoral Ouest de Sidi Fredj (Google Earth 2012).

2.2. Protocole de prélèvement

2.2.1. Le matériel et les outils nécessaires pour le prélèvement

- Une carte géographique de la zone d'étude sur laquelle sont clairement indiqués et numérotés les points de prélèvements (stations) ;
- Dans des sachets prévus pour contenir des flacons en plastique (250ml) pour les (MES), (150ml) pour les (SN et chlorophylle) et des flacons en verre (500ml), étiquetés à l'aide d'un feutre indélébile à chaque station ;
- Des sachets en plastique prévu pour contenir le sédiment, pour l'analyse de (MO), des métaux lourds et pour la granulométrie. Des sachets en plastique prévu pour contenir le sédiment, pour l'analyse de (MO), des métaux lourds et pour la granulométrie ;
- Des bouteilles en verre stérilisées de 500ml pour l'analyse microbiologique ;
- Des appareils de mesures ;
- Benne Van-Veen.
- Bouteille à renversement de marque NISKIN.

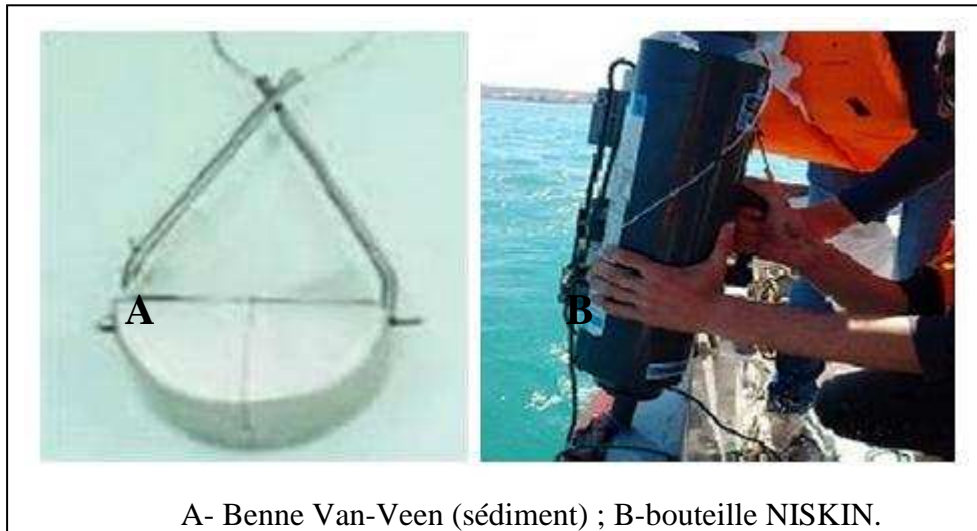


Figure 5 : Matériel de prélèvement.

2.2.2. Prélèvement de l'eau

Les prélèvements de l'eau ont été effectués manuellement sur dix (10) stations le long du trait de côte de la zone ouest de Sidi Fredj et sur onze (11) stations à l'aide d'une bouteille à renversement au large.

Avant d'être remplie chaque bouteille a été étiquetée (l'étiquette porte le numéro de station, la date et le type d'analyse) puis rincée deux fois à l'eau de mer.

Les bouteilles de prélèvement pour la microbiologie sont ouvertes et fermées dans l'eau pour éviter la contamination.

Les échantillons pour l'analyse des MES, SN, chlorophylle a sont transportés dans une glacière jusqu'au laboratoire de l'ENSSMAL de Sidi Fredj, ils ont été conservés au frais et à l'abri de la lumière. Les échantillons de l'analyse microbiologique sont transportés à l'ENSSMAL de Dely Brahim pour y être analysés.

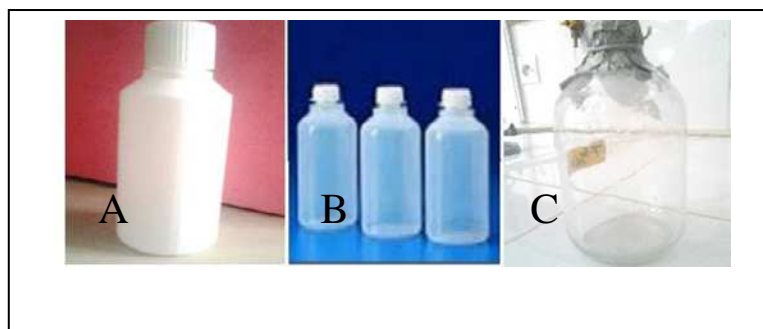


Figure 6 : Bouteilles de prélèvements.

2.2.3. Prélèvements des sédiments

Les prélèvements de sédiment pour l'analyse microbiologique, la matière organique et la granulométrie ont été réalisés au large et à la côte, à l'aide d'une benne Van Veen. Les échantillons de sédiment mis dans des sachets convenablement étiquetés sont transportés jusqu'au laboratoire où ils ont été conservés à basse température pour éviter toute perte d'éléments volatiles et des modifications d'équilibre chimique et afin d'arrêter le développement de l'activité bactérienne.

2.3. Mesures effectuées in situ

- **Température**

La mesure de la température s'est faite sur place à l'aide d'un conductimètre de terrain (type OXI 197, WTW).

- **Salinité et conductivité**

Pour la mesure de la salinité et de la conductivité on a utilisé un conductimètre (type OXI 197, WTW) dont la sonde est plongée dans l'échantillon et dont la valeur est notée en (PSU) pour la salinité et en (mS/cm) pour la conductivité.

- **Potentiel d'hydrogène**

Le pH a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre de terrain de type (pH/MV métré, WTW 197). Pour l'ensemble des mesures, les sondes sont rincées après chacune d'entre elles avec de l'eau distillée pour éviter la contamination.



Figure 7 : pH mètre de terrain de type (Ph/MV mètres, WTW 197).



Figure 8 : Conductimètre de terrain (type OXI 197, WTW).

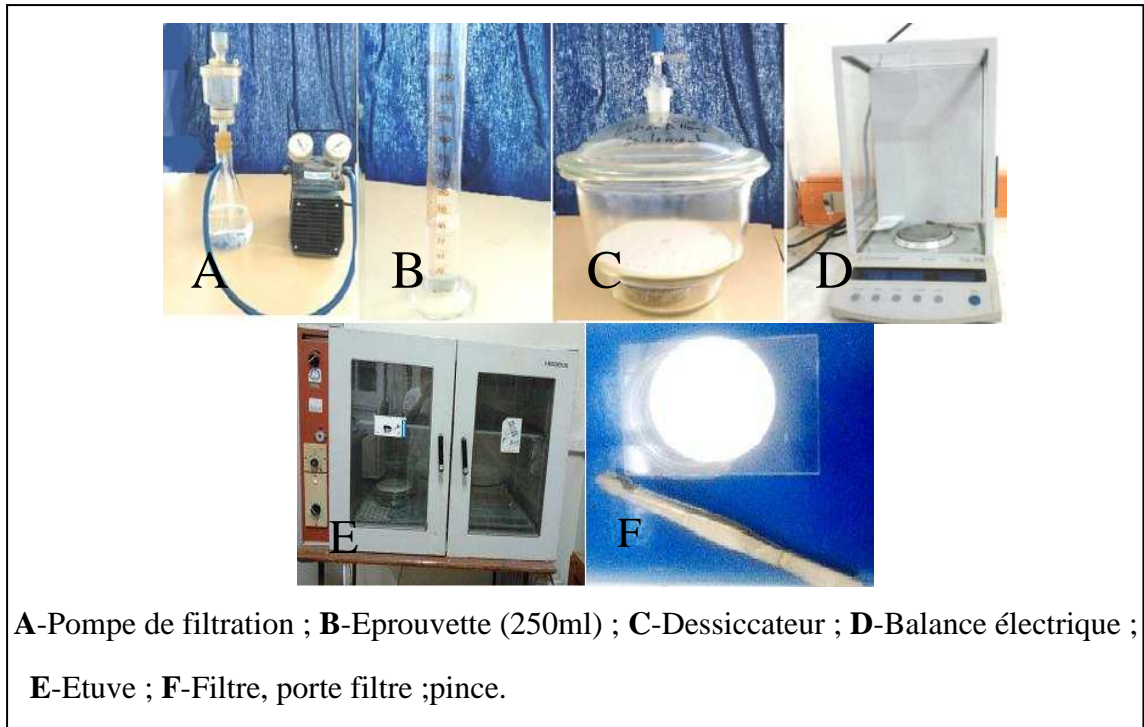


Figure 9 : Matériel nécessaire pour l'analyse de la MES.

2.4 .Travail au laboratoire

2.4.1. Mesure de la matière en suspension (MES)

Cette mesure consiste à filtrer l'eau sur une membrane poreuse afin de retenir les particules supérieures à $0.45\mu\text{m}$. La membrane est séchée et pesée avant et après filtration. La différence de poids permet de connaître la masse sèche totale de matières en suspension dans le volume filtré (Aminot et Chaussepied, 1983).

$$[\text{M.E.S}](\text{mg/l}) = (\text{P}_2 - \text{P}_1) / \text{V}$$

P1 = poids du filtre avant filtration (mg).

P2 = poids du filtre après filtration (mg).

V = volume filtré (l).

Le mode opératoire est consigné en annexe 3.

2.4.2. Matière organique particulaire (MOP)

La méthode de mesure de la matière organique consiste à préparer les filtres de 0.45µm de diamètre de pores de la même façon que pour les filtres de la matière en suspension (conditionnement des filtres puis filtration de l'eau de mer et séchage à l'étuve à 70°C pendant deux heures). Les filtres sont alors pesés avec précision dans des creusets (P1). Ensuite les creusets avec filtres sont passés au four à moufle à 450°C pendant 2 heures. Les creusets et les filtres sont à nouveau pesés (P2). La différence de ces deux poids obtenus P1 et P2 nous donne le poids de la matière organique dans le volume d'eau filtré.

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

P1: Poids du creuset et du filtre avant séchage en mg ;

P2: Poids du creuset et du filtre après séchage en mg;

V : volume d'eau filtré en l.

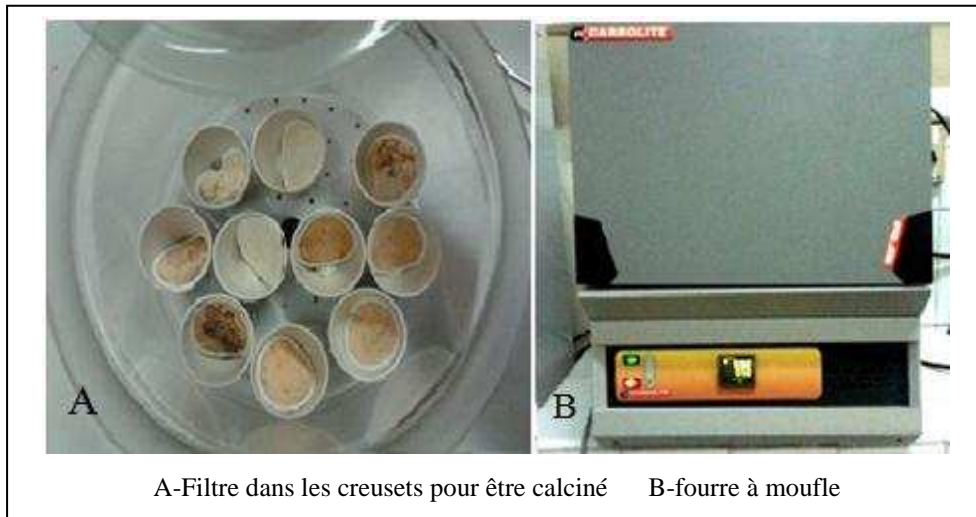


Figure 10 : Analyse de la MOP.

2.4.3. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La mesure de la DBO₅ a été effectuée à l'aide d'un DBO-mètre de marque «WTW », C'est une méthode manométrique avec des manomètres de marque Oxi -Top à affichage numérique qui se fixent directement sur les flacons de DBO.

Un volume de 100ml d'échantillon est introduit dans des flacons bruns en verre avec agitation magnétique. La consommation d'oxygène induit une production de CO₂ absorbé par un piège à soude créant ainsi une dépression enregistrée par le manomètre. Cette dépression est liée par corrélation à la DBO en fonction du volume de l'échantillon. La

température est équilibrée par un thermostat réglé à 20°C. La lecture se fait après cinq jours. La valeur réelle de la DBO₅ se calcule comme suit :

$$\text{DBO}_5 \text{ (mg/l)} = X * F$$

X : valeur affichée après 5 jours

F : facteur variant en fonction du volume d'eau utilisé, (lu à partir du catalogue).



Figure 11 : Dispositif de la mesure de la DBO₅.

2.4.4. Sels nutritifs

Afin de minimiser les risques de la contamination les flacons de prélèvement ont subi un prétraitement (voir annexe 2).

- **Principe des dosages des sels nutritifs :**

La méthode du dosage des sels nutritifs (ammoniums, nitrites, nitrates, orthophosphates et silicates) est basée sur une réaction de coloration. Ces sels réagissent dans des conditions (présence de catalyseurs, température, pH,...) avec des réactifs spécifiques (annexe 4) pour donner une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'onde (λ). L'absorption de la lumière dépend de l'intensité de la coloration et cette coloration est plus forte si l'eau est concentrée en sel dosé. La quantité de la lumière absorbée par la solution (absorbance A) ou bien densité optique (D.O) est calculée selon la loi **BEER-LAMBERT** qui est la suivante :

$$A = D.O = \ln(I_0/I) = \epsilon.L.C$$

I_0 et I : sont respectivement l'intensité lumineuse incidente et émergente du milieu absorbant.

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

L : La longueur du milieu traversé exprimé en cm.

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

A : absorbance de la solution.

D.O : densité optique de la solution.

- **Analyse automatique des sels nutritifs dans l'eau :**

Pour notre étude, l'analyse des sels nutritifs est faite par colorimétrie à flux continu sur une chaîne automatisée « Auto-Analyzer SAN PLUS » en suivant les protocoles définis par le fabricant (**Skalar, 2007**). L'appareil fonctionne selon un principe dynamique simple, celui de l'analyse liquide en milieu continu : par l'intermédiaire d'une pompe péristaltique, une veine liquide progresse en continu, ce qui permet une polyvalence et une grande souplesse. Toutes les réactions chimiques se déroulent dans la veine en progression. L'analyse des échantillons est faite par séquence, donc une grande cadence de travail.

a) Dosage de Nitrite (NO_2^-) :

Les nitrites sont dosés par une méthode colorimétrique basée sur la réaction de Griess où les NO_2^- réagissent avec une première amine aromatique pour former un diazoïque qui est couplé à une seconde amine aromatique pour produire un colorant rose (**Bendschneider et Robinson, 1952 in Aminot et Kérouel, 2004**).

b) Dosage de Nitrate (NO_3^-) :

Une méthode colorimétrique du composé de Griess obtenu avec le nitrite après réduction du nitrate en nitrite. Cette réduction se fait à l'aide d'une colonne réductrice de Cadmium (**Wood et al., 1967 in Aminot et Kérouel, 2004**).

d) Dosage d'Ortho-phosphate (PO_4^-) :

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium se forment un complexe phosphomolybdique qui est réduit par l'acide ascorbique et il se traduit par une coloration bleue (Rodier et al., 2005).

e) Dosage de Silicium (SiO_2) :

Le silicium dissous (représenté dans l'eau par 95% sous forme d'acide orthosilicique (Aminot et Chaussepied., 1983). Il réagit avec le molybdate d'ammonium en milieu acide pour former un complexe silicomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique en un composé coloré en bleu absorbant à 810 nm (Mullin et Riley.,1955 in Aminot et Kérouel., 2004).



Figure 12 : Appareil d'analyse des sels nutritifs.

2.4.5. Détermination de taux de la matière organique

Le taux de matière organique dans le sédiment est déterminé par la méthode de « perte au feu » décrite par (Castel et al. 1990). Cette méthode consiste à éliminer toute trace d'eau par conditionnement du sédiment puis à l'incinérer à très haute température afin de brûler la matière organique.

2.4.5.1. Mode opératoire de l'analyse

Pour cette analyse, 10 grammes de chaque échantillon sont utilisés comme étant le poids initiale, après passage à l'étuve pendant 24 heures sous une température de 105°C, ceci afin d'éliminer toute traces d'humidité.

Les échantillons secs (P_s) sont contenus dans des creusets en porcelaine, résistants à la haute température et sont prêts à être enfournés, durant une heure, dans un four à moufle préchauffé à une température ne dépassant pas les 360°C, au-delà, des cristaux de sédiments peuvent éclater.

Une heure plus tard, on retire les creusets du four à l'aide d'une pince, tout en évitant de les exposer à un courant d'air, ce dernier emporte avec lui les cendres, ce qui pourrait engendrer des biais dans les résultats obtenus.

Une fois que les creusets retrouvent une température raisonnable, pouvant être manipulés, ils sont placés dans un dessiccateur dans le but d'absorber toute l'humidité.

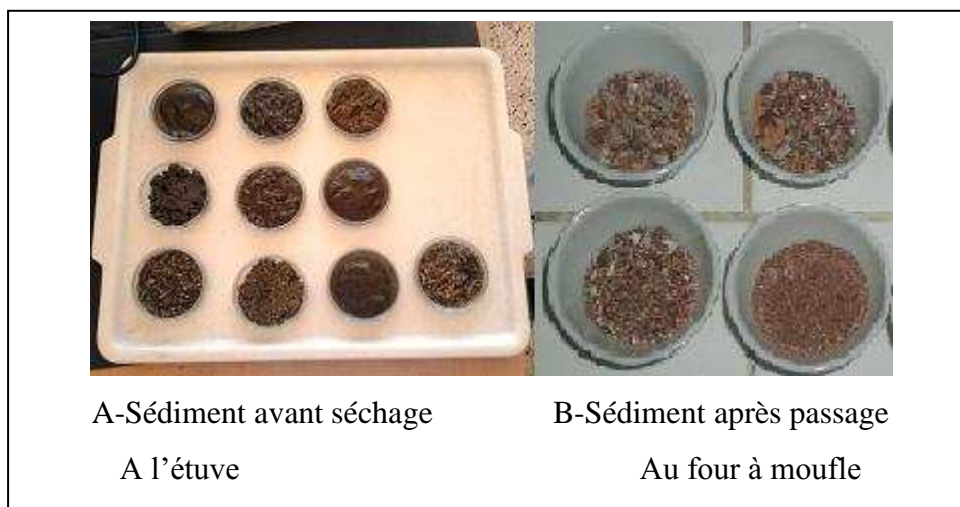


Figure 13 : Echantillons pour la détermination du taux de la matière organique.

2.4.5.2. Traitement des données

La teneur de la matière organique est évaluée par la perte de masse de l'échantillon après incinération. Le pourcentage de la valeur est déterminé par la formule suivante :

$$\%MO = (Ps - Pi / Ps) * 100$$

Pi: poids incinéré ;

Ps: poids sec.

2.4.6. Dosage de la chlorophylle a par fluorométrie

La méthode de dosage par fluorométrie a été élaborée à l'origine par **Yentsch et Menzel (1963)** et a été décrite par **Holm-Hansen et al. (1965)** et par **Strickland et Parsons (1972)**. Elle a été élaborée pour une application en milieu marin. Elle présente l'avantage d'être très sensible et ne nécessite qu'un faible volume d'échantillon. Elle est préférée à la méthode spectrophotométrique, laquelle manque de sensibilité.

- **Principe de la méthode de dosage**

L'échantillon d'eau de mer prélevé (250 ml) est filtré et les algues sont recueillies sur un filtre (GF/F), de porosité d'environ 0,45µm et de diamètre 25 mm. Le filtre sera ensuite immergé dans 7ml de solvant (méthanol à 97%) qui assurera l'extraction des pigments chlorophylliens dans des tubes que l'on met à l'obscurité et que l'on place dans une centrifugeuse afin d'homogénéiser le tout, puis à la température de 5°C dans le réfrigérateur, pour une période d'extraction de 30 minutes. La concentration de chlorophylle *a* est déterminée en mesurant la fluorescence émise à une longueur d'onde > 665 nm, à la suite d'une excitation à une longueur d'onde 450 nm.

La méthode apporte une correction pour la présence de phéophytine *a*, laquelle absorbe à une longueur d'onde voisine de la chlorophylle *a*. La mesure fluorométrique est effectuée avant acidification (mesure de la chlorophylle *a*) et après une acidification qui transforme toute la chlorophylle *a* en phéophytine *a*, laquelle émet de la fluorescence avec moins d'intensité.

Le matériel utilisé, les réactifs et les étalons pour le dosage de la chlorophylle *a* sont consignés en annexe 5.

Les résultats fournis ne concernent donc que la chlorophylle *a* calculée d'après la formule suivante qui néglige la présence des phaeopigments:

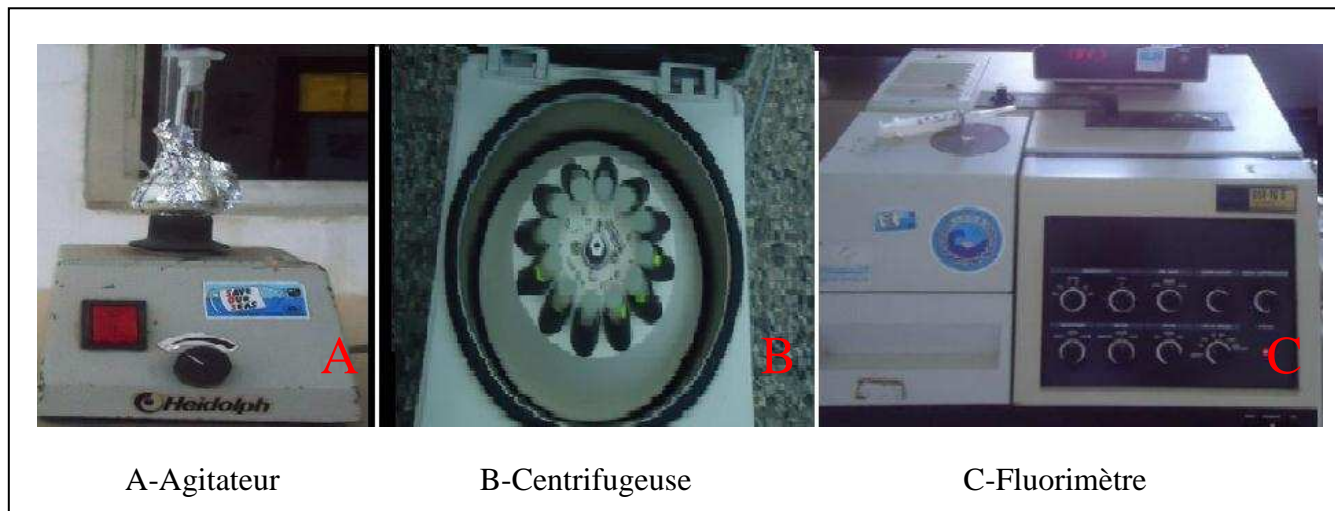


Figure 14 : Appareils d'analyse de la chlorophylle a.

$$[\text{Chlorophylle } a] (\mu\text{g/l}) = (F_0/K_0) * (V_E/V_F)$$

F_0 : valeur de fluorescence ;

K_0 : est le coefficient d'étalonnage établie avec de la chlorophylle *a* pure (Sigma C5753) ;

V_E : Le volume d'extraction ($V_E = 5.2\text{ml}$) ;

V_F : Le volume de l'échantillon filtré ($V_F = 250 \text{ ml}$).

2.4.7. Dosage des métaux lourds

Cette étude a pour but la vérification de la concentration de métaux lourds dans les sédiments superficiels de notre site et d'évaluer l'influence de la granulométrie sur la concentration de ces métaux.

2.4.7.1. Prélèvement et conservation des sédiments

Afin d'éviter tout risque de contamination, les sédiments sont récupérés dans des sachets en polyéthylène. Comme ils ne peuvent pas être traités rapidement, les échantillons sont fermés, étiquetés et conservés à température basse (congelés). Pour éviter toute perte d'éléments volatils et d'arrêter le développement de l'activité bactérienne.

2.4.7.2. Traitement des sédiments

La méthode appliquée pour le traitement des échantillons destinés à l'analyse des éléments métalliques s'est effectuée selon celle proposée par UNEP/IAEA (1985a, 1985b et 1986).

Après avoir pris une quantité de sédiment de poids frais (PF) d'environ 100g, prélevée de chaque échantillon et est étalée dans une boîte de pétri. Chaque échantillon va subir le traitement suivant :

- **Lyophilisation**

C'est une technique permettant la déshydratation des échantillons congelés par sublimation qui s'effectue par la libération de l'eau de l'échantillon en passant de la phase solide à la phase vapeur sans passer par la phase liquide. La lyophilisation est préférable à la déshydratation à l'étuve car cette dernière entraîne une perte des métaux lourds les plus volatils en particulier le mercure.

Cette opération a été effectuée dans un lyophilisateur de type CHRIST-Beta 1- 8 à basse température (-55°C) et sous vide (0,1 bar) pendant 48 heures.

- **Broyage**

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

- **Homogénéisation**

L'affinité avec le métal est fonction de la taille et de la nature de la particule sédimentaire. Ainsi dans le but d'uniformiser la répartition des particules sédimentaires au sein de l'échantillon on procède à une agitation manuelle qui permet de prélever une quantité de sédiment représentative de l'échantillon.

2.4.7.3. Nettoyage des instruments

Les métaux lourds se trouvent à l'état de traces dans le milieu marin. Pour éviter toute contamination pendant le traitement et le stockage des échantillons, tout instrument de

verrerie utilisé doit subir préalablement les opérations de nettoyages spécifiques détaillées en annexe 2.

2.4.7.4. Principe de la digestion ou de la minéralisation

La digestion consiste à libérer les différents métaux adsorbés à la surface des particules sédimentaires et/ou piégés par la matière organique et les minéraux par extraction et mise en solution.

Minéralisation à blanc

Avant d'utiliser les godets (bombes en Téflon), on procède à une minéralisation à blanc. On met dans chaque godet 2 ml d'eau régale (1 volume d'acide nitrique (HNO₃) concentré à 65 % + 3 volumes d'acide chlorhydrique (HCl) concentré à 37%). Puis, on ferme hermétiquement les godets à l'aide de deux pinces adéquates et on chauffe sur une plaque chauffante à 150 ° C pendant 2h30min. On laisse refroidir les échantillons avant d'ouvrir la soupape de sécurité doucement, puis on ouvre les godets et on rince à l'eau Milli-Q dé ionisée et on sèche dans l'étuve.

Minéralisation des sédiments pour la détermination des métaux traces par AAS

La minéralisation a été réalisée au laboratoire de Sidi Fredj.

Selon le protocole décrit par l'AIEA (1998), la minéralisation a lieu sous hotte aspirante dans un godet en téflon.

On pèse environ 0.5 g de sédiment lyophilisé.

Réactifs :

- HNO₃ (65% pour analyse, ISO, Merck) ;
- HCL (30%, supra-pur, Merck) – pour le sédiment ;
- Eau déionisée Milli-Q (>18 MΩ cm, Millipore).

Matériel :

- Bombes en Téflon avec bouchons (60ml, Nalgène) et tubes gradués en polypropylène avec bouchons (50ml, Sarstedt) nettoyés suivant les procédures 1 et 2 (annexe2) ;
- Spatules en plastiques nettoyées suivant la procédure 1 (annexe2) ;
- Balance de précision (Sartorius, MC-210S) et micropipette (Finnpipette) ;
- Plaque chauffante (Ceran 500, 22SR) et bloc en aluminium.

Procédure :

- Homogénéisation des échantillons (2 min).
- Pesée de 0,5 g d'échantillon sec dans les bombes en Téflon (50ml).
- Ajout de 7ml d'eau régale (HCl:HNO₃, 3:1 v/v).
- Fermeture hermétique des bombes et mise à température ambiante pendant 1h.
- Chauffage des bombes pendant 2h30 à 120°C sur plaque chauffante + bloc aluminium.
- Refroidissement à température ambiante avant ouverture des bombes sous une hotte aspirante.
- Transfert dans les tubes de 50ml en polypropylène.
- Dilution jusqu'au trait de jauge (50ml).
- Décantation des particules avant analyse (pendant au moins une nuit ou pendant 30 minutes dans un bac à ultrason).
- Analyse des échantillons.

Remarques importantes :

- Un soin particulier a été apporté aux prélèvements et aux méthodes de dosage afin de minimiser des risques de contamination des échantillons du moment de prélèvement jusqu'à celui de l'analyse finale (IAEA, 2001).
- L'utilisation de l'acide fluorhydrique (HF) concentré est nécessaire pour la décomposition complète des silicates.
- Des blancs de réactifs doivent être préparés pour chaque série d'analyse. Ils sont préparés de la même manière que les échantillons, excepté qu'aucun échantillon n'est ajouté dans les flacons de digestion (un blanc dans notre étude).
- Les échantillons prêts peuvent être conservés plusieurs jours au réfrigérateur (+4°C).

2.4.8. Etude granulométrique

L'analyse granulométrique est l'étude statistique du calibre des grains, elle permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant le sable afin de le classer par taille et elle nous renseigne sur l'origine, le transport et le dépôt des sédiments sur le fond.

Cette étude a été effectuée sur 5 échantillons de sédiments superficiels au large et 10 échantillons sur la plage, prélevés à l'aide d'une benne preneuse de type Van Veen. Les échantillons sont mis dans des sacs en plastique et étiquetés

2.4.8.1. Principe de la méthode

Cette analyse a été réalisée au laboratoire d'Aménagement du littoral à Sidi Fredj en 3 étapes pour les 10 stations sur la plage et seulement 5 stations sur 11 au large (on est tombé sur de la roche pour le reste des stations).

- **Soustraction de la fraction fine**

Les échantillons sont étalés dans des boîtes de Pétri en verre et séchés à l'étuve ajustée à 105°C pendant 24h. Ensuite, on pèse 150g de chaque échantillon (p_i : poids initial) et on le passe sous un filet d'eau de robinet dans un tamis de 80 μ m avec une légère agitation manuelle afin d'enlever la fraction fine (pélites). On sèche le reste du sédiment une deuxième fois à l'étuve ajustée à 105°C pendant 24h et on pèse l'échantillon sec et on note le poids (p_f : poids final).

- **Tamisage**

Ce procédé consiste à passer l'échantillon sur une table vibrante, durant dix minutes par une série de tamis de mailles décroissantes dont les diamètres varient selon une progression géométrique décroissante permettant un espacement régulier des abscisses dans l'échelle logarithmique selon les normes **AFNOR**. L'ordre des tamis par ordre de diamètre décroissant par unités de microns, est le suivant : 8000 μ m, 6300 μ m, 5000 μ m, 4000 μ m, 3150 μ m, 2500 μ m, 2000 μ m, 1600 μ m, 1250 μ m, 1000 μ m, 800 μ m, 630 μ m, 500 μ m, 400 μ m, 315 μ m, 250 μ m, 200 μ m, 160 μ m, 125 μ m, 100 μ m, 80 μ m.

La capacité de la tamiseuse étant limitée à un nombre de 8 tamis, cette série de tamis à été divisé en trois colonnes. A la fin de chaque tamisage, le refus de chaque tamis est pesé à l'aide d'une balance à précision.

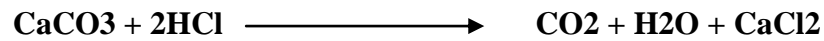
Les diamètres des grains et les appellations correspondants sont consignés en annexe 6.

- **Calcimétrie**

La calcimétrie consiste en la mesure de la proportion de carbonates de calcium en pourcentage (CaCO_3) ou de carbonate de magnésium présents dans le sédiment. Elle donne des indications sur la productivité de surface et éventuellement des apports de

carbonates détritiques, elle permet de connaître la part des sédiments biogènes, ou débris coquilliers.

L'analyse est basée sur la mesure de la diminution du poids de l'échantillon causée par la décomposition du calcaire après attaque du sédiment à l'acide chlorhydrique. Le calcaire (CaCO_3) réagit avec l'acide chlorhydrique (HCl) pour donner du dioxyde de Carbone (CO_2), de l'eau (H_2O) et du dichlorure de calcium (CaCl_2), suivant la formule :



Mode opératoire

- Peser dans des boîtes de pétris une masse $m=20\text{g}$ de sédiment (p_1) sec pour chacune des stations.
- Ajouter de l'acide chlorhydrique (ou esprit de sel) jusqu'à extinction de l'effervescence.
- Laisser décanter.
- Aspirer le surnageant contenant le dichlorure de calcium à l'aide d'une seringue.
- Rincer à l'eau et aspirer le surnageant encore une fois.
- Sécher les échantillons à l'étuve.
- Repeser les échantillons (p_2).

2.4.8.2. Traitement des données

- **Fraction fine (pourcentage des pélites)**

Cette étude consiste à évaluer, pour chaque échantillon, le pourcentage de la fraction fine inférieure à $80\mu\text{m}$, l'ensemble de ces pourcentages sert à établir la carte des pélites qui montre la répartition de cette fraction au sein de la plage ouest de Sidi Fredj. Les pélites, nous renseignent sur les secteurs brassés ou non par les houles.

$$P_p (\%) = ((P_i - P_f) / P_i) * 100$$

P_p : pourcentage des pélites(%);

P_i : poids initial (g);

P_f : poids final (g).

- **Fraction grossière**

Les résultats des pesées ont été présentés sous forme de courbes cumulatives, lesquelles ont été tracées sur un graphe semi logarithmique en portant en ordonnée le pourcentage pondéral des refus cumulés, et en abscisse le diamètre du grain estimé en micron.

L'examen de ces courbes permet de calculer les indices granulométriques et de définir les paramètres qui caractérisent la distribution granulométrique des sédiments.

Paramètres de positionnement :

- **Le mode granulométrique** : correspond au point d'inflexion de la courbe cumulative. Il représente la dimension la plus significative de la distribution granulométrique.
- **Les quantiles** :
 - Q₁** : 25% : diamètre du grain à l'ordonnée 25% (quartile).
 - D₅₀** : 50% : diamètre du grain à l'ordonnée 50% (médiane).
 - Q₃** : 75% : diamètre du grain à l'ordonnée 75% (quartile).
 - D₉₀** : 90% : diamètre du grain à l'ordonnée 90% (décile).
 - D₁₀** : 10% : diamètre du grain à l'ordonnée 10% (décile).

Indices granulométriques

- **Indice de classement de Trask ou indice de tri S₀** : Appelé également indice de Trask (Sorting de Trask) et noté S₀, il représente la dispersion des tailles de part et d'autre de la médiane, il permet ainsi d'apprécier le degré de classement d'un sédiment. Exprimé par la formule suivante :

$$S_0 = (Q_{75} / Q_{25})^{1/2}$$

- **Indice d'asymétrie ou indice de Skewnes (SK)**

Cet indice indique le tri d'un sédiment par rapport à la médiane, il informe sur l'homogénéité et l'évolution du sédiment. Il est exprimé par la formule suivante :

$$SK = (Q_{25} \times Q_{75}) / (Q_{50})^2$$

- **Calcimétrie**

Calculer la différence entre le poids initial (p₁) et le poids (p₂) après l'attaque à l'acide. Cette valeur correspond à la masse des carbonates et en déduire le pourcentage de calcaire.

Le taux de carbonates existant dans le sédiment est donné par la formule suivante :

$$CaCO_3 (\%) = (p_1 - p_2) * (100/p_1)$$

P₁: poids initial;

P₂: poids final.

Remarque : la classification des sédiments selon le taux de pélites ainsi que le classement selon chaque indice sont consignés en annexe6.



Figure 15 : Tamiseuse de type AFNOR.

2.4.9. Etude microbiologique

L'examen bactériologique doit être effectué sur un échantillon correctement prélevé, dans des flacons stériles, selon un mode opératoire bien précis évitant toute contamination accidentelle, correctement transporté au laboratoire et analysé après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (Manul et al., 1989).

Les échantillons sont prélevés dans des flacons en verre stérilisés.

2.4.9. 1. Germes recherchés

Les germes recherchés sont les coliformes totaux, les coliformes fécaux les vibrions et les streptocoques fécaux. Ces germes sont peu ou pas pathogènes, ils sont révélateurs de contamination fécale et entraînent par leurs abondance la présomption de contamination plus dangereuse (Figrella et al., 2001) les germes supplémentaires sont staphylocoques , salmonelles et les levures et moisissures.

2.4.9. 2 Méthodes de dénombrement

Dans la présente étude, nous avons utilisé la méthode de filtration.

Méthode de filtration

La méthode de filtration est une estimation plus exacte sur la charge bactérienne, elle consiste à faire passer des produits liquides sur une paroi poreuse ou sur une membrane qui retient les bactéries avec un quadrillage en surface facilitant les dénombrements.

La membrane est ensuite déposée sur un milieu nutritif convenable, après incubation les colonies sont dénombrées et identifiées.

Matériel

- Dispositif de filtration de marque « **Sartorius stedim** »
- Trois Bec-Bunsen pour garder tout au long de la manipulation la zone de travail stérile ;
- Boîtes de Pétri avec les milieux de culture spécifiques pour chaque germe ;
- Membranes d'ester de cellulose, filtrantes, quadrillées et stériles (en emballage individuel) de porosité de 0.45 μ m et de 47 mm de diamètre susceptibles de retenir les bactéries ;
- Deux Incubateurs (Etuves) ;
- Pompe à vide ;
- Pincés stérilisés et Pipettes.

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.



Figure 16 : rampe de filtration.

2.4.9. 3. Dénombrement des Coliformes totaux (CT) et Coliformes thermotolérants «Fécaux» (CF)

Cette méthode conduit à un dénombrement présomptif des coliformes totaux et des coliformes fécaux.

Le nombre de colonies trouvées sera exprimé en Unité Formant Colonie dans 100 ml d'eau filtrée (UFC/100ml). La flore bactérienne associée est généralement beaucoup moins abondante dans la boîte incubée à 44°C.

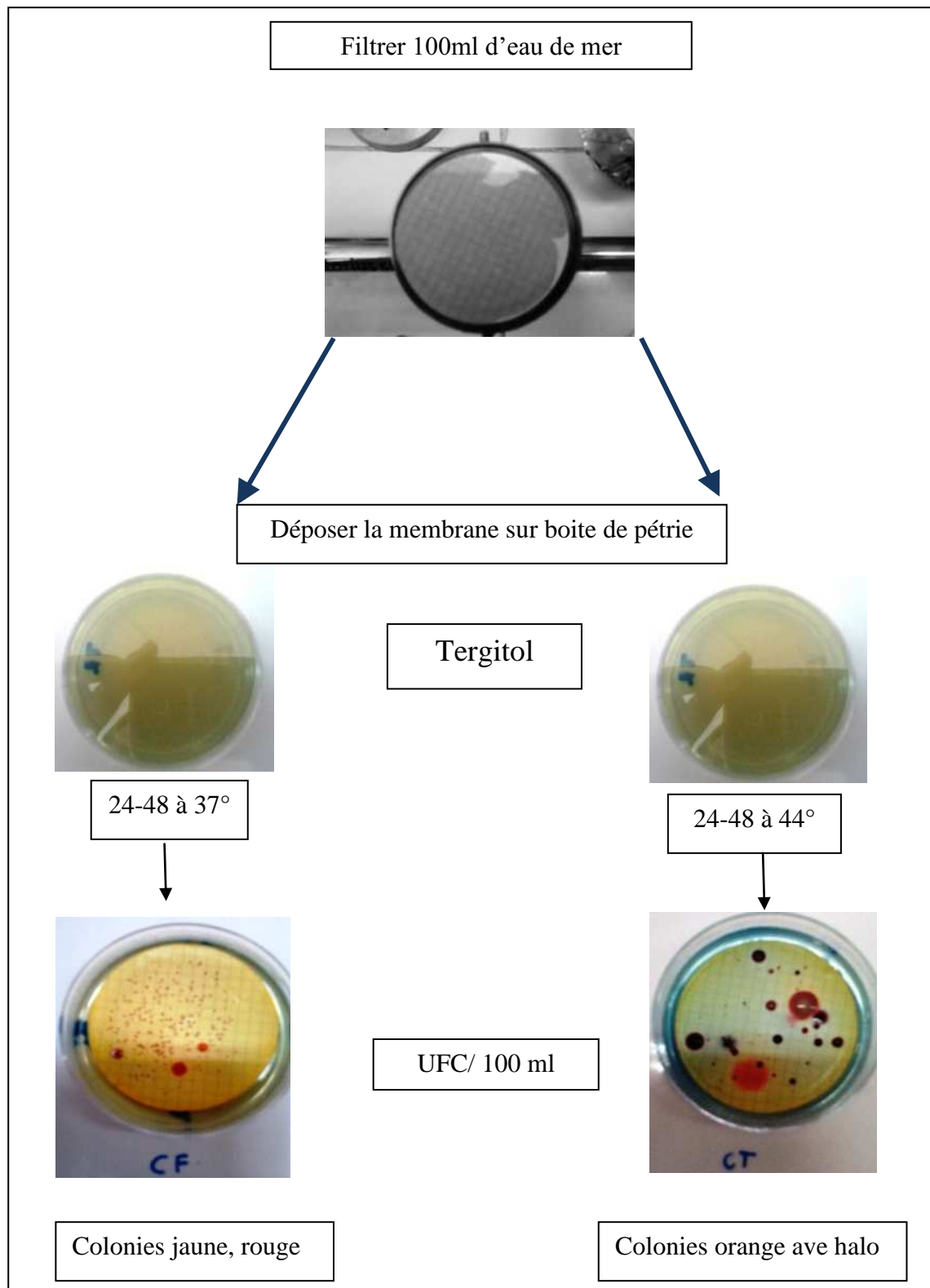


Figure 17 : Technique de dénombrement des coliformes.

2.4.9.4. Dénombrement des Streptocoques fécaux

Deux tests sont effectués. Le premier est présomptif et réalisé sur le milieu de Slanetz et Bartley. Le second est confirmatif et réalisé sur gélose BEA (figure 18).

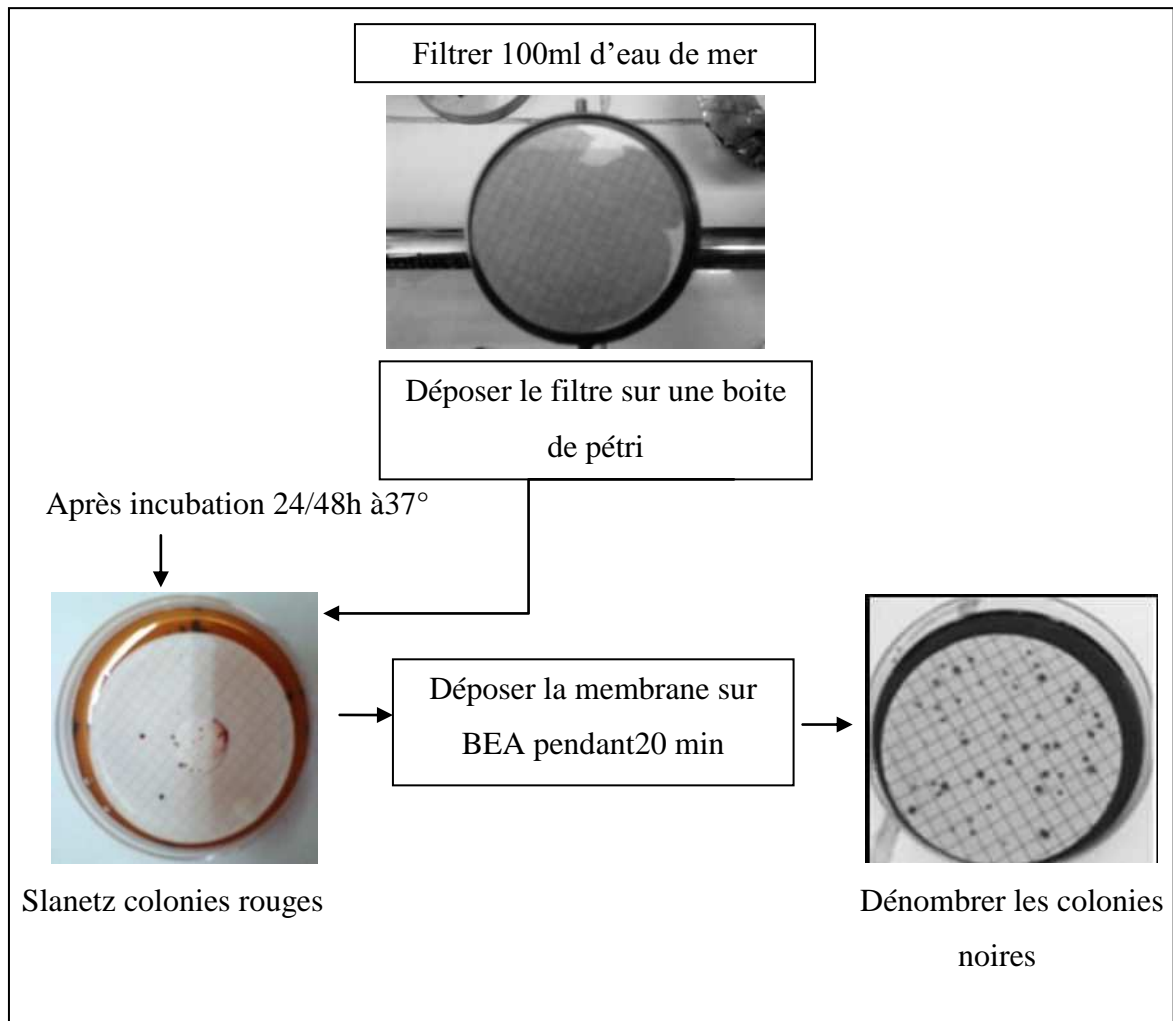


Figure 18 : Technique de recherche et de dénombrement des Streptocoques fécaux.

2.4.9.5. Recherche des Salmonelles et des Vibrions

a) Recherche des salmonelles

Pour la recherche des salmonelles un enrichissement successif sur milieu SFB additionné de disques SFB ont été effectués. L'isolement est réalisé sur gélose Hektoen.

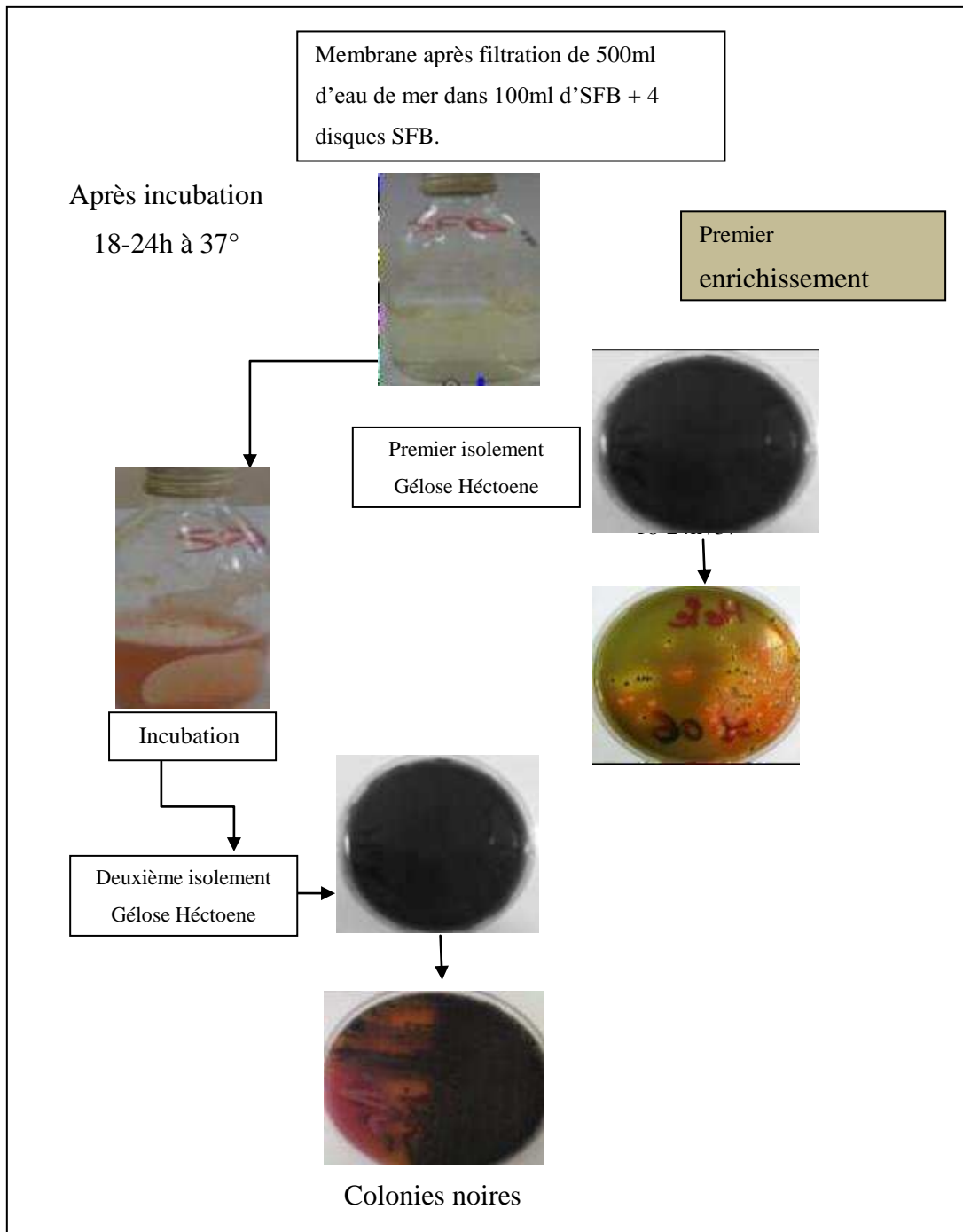


Figure 19 : Technique de recherche des salmonelles.

b) Recherche des vibrions

L'enrichissement des vibrions est effectué sur milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA) 10 fois concentrée et l'isolement est réalisé sur gélose TCBS (Thiosulfate-Citrate-Bile-Saccharose).

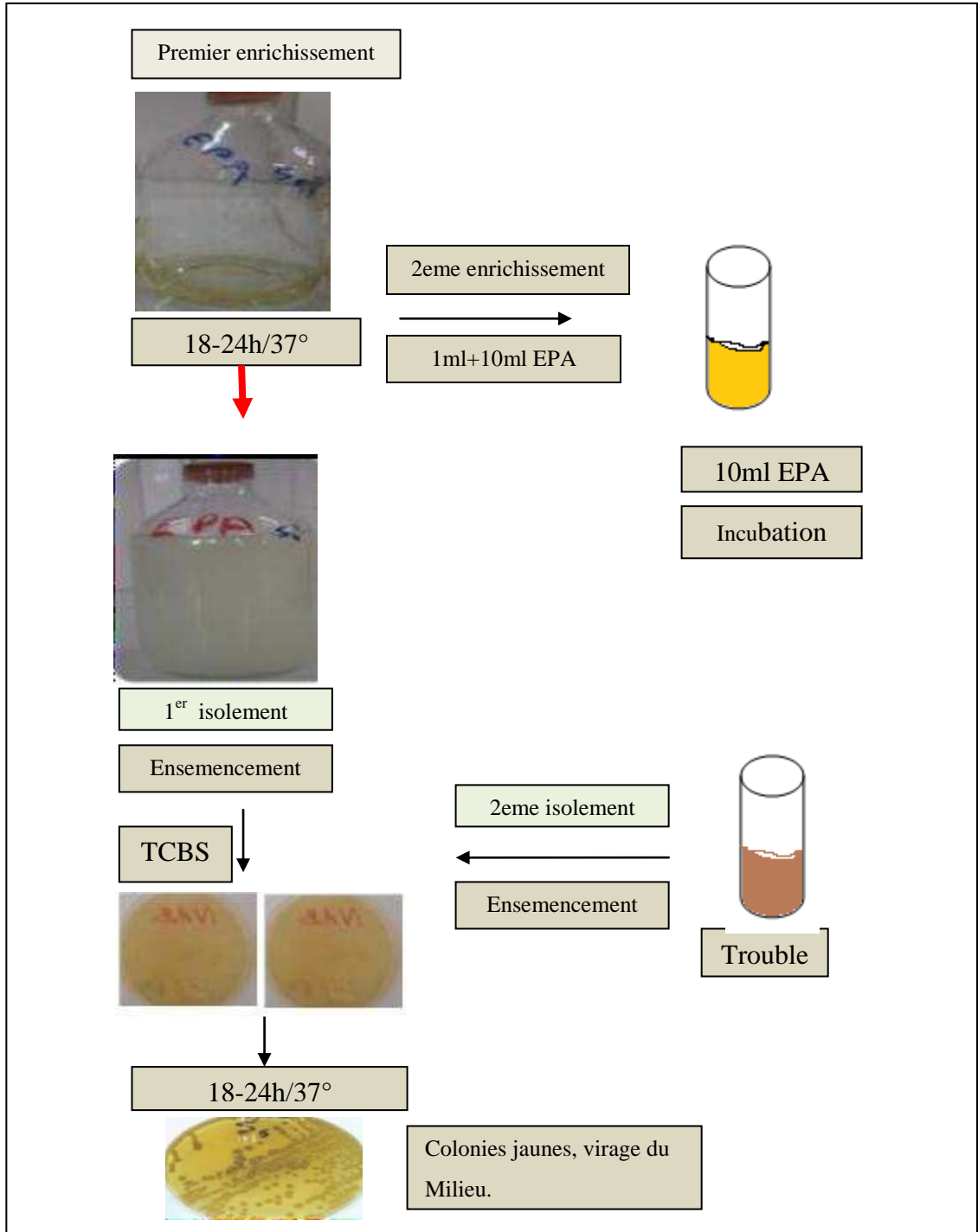


Figure 20 : Technique de recherche des vibrions.

2.4.9.6. Dénombrement des staphylocoques fécaux :

Un volume de 50 ml a été filtré. La membrane a été déposée sur la gélosé de Chapman coulée dans des boites de pétri. Ce milieu est caractérisé par sa forte concentration en chlorure de Sodium ce qui permet un isolement sélectif des Staphylocoques (Rodier et al., 2005).

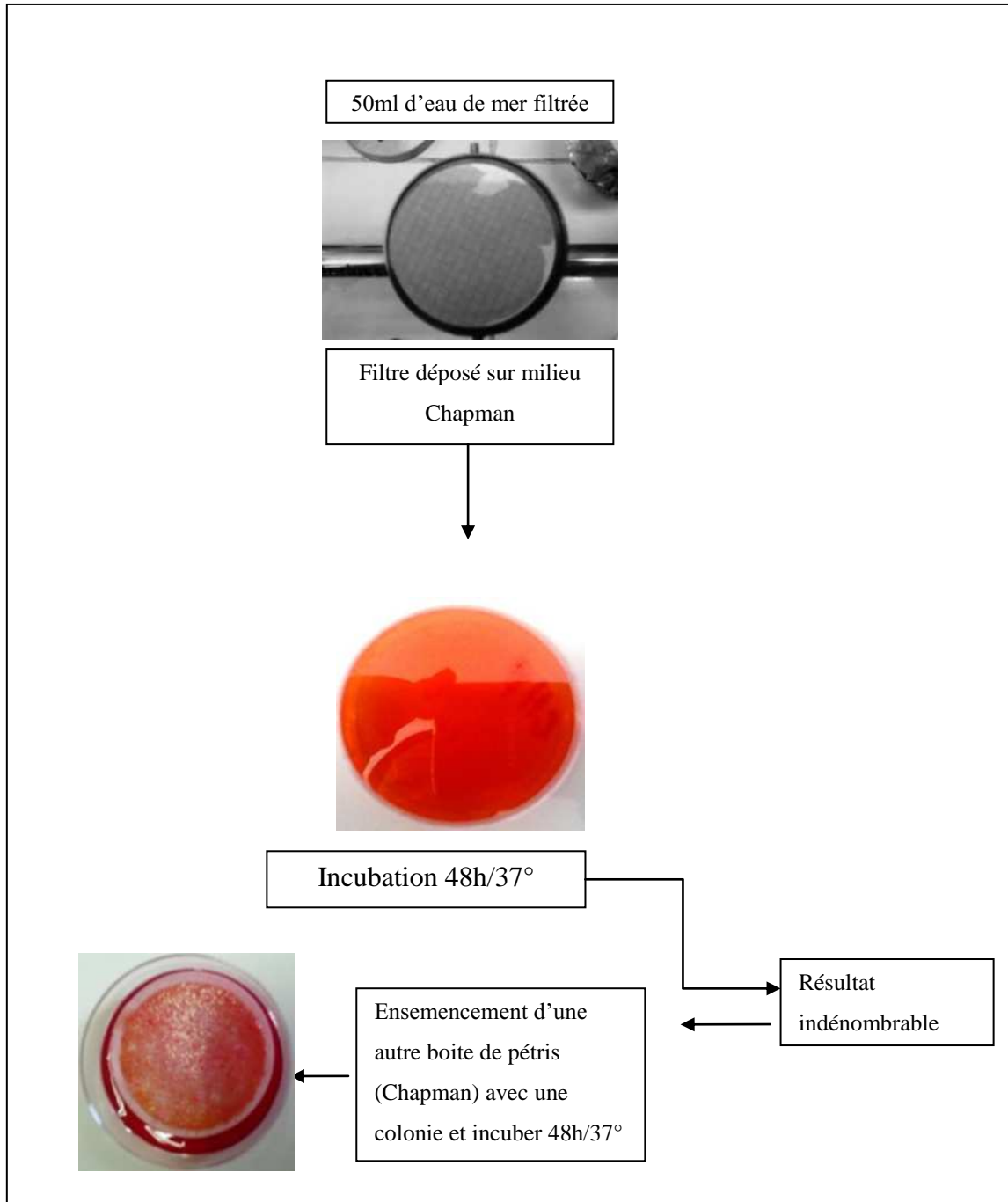


Figure 21 : Dénombrement des staphylocoques fécaux.

2.4.9.7. Levures et moisissures

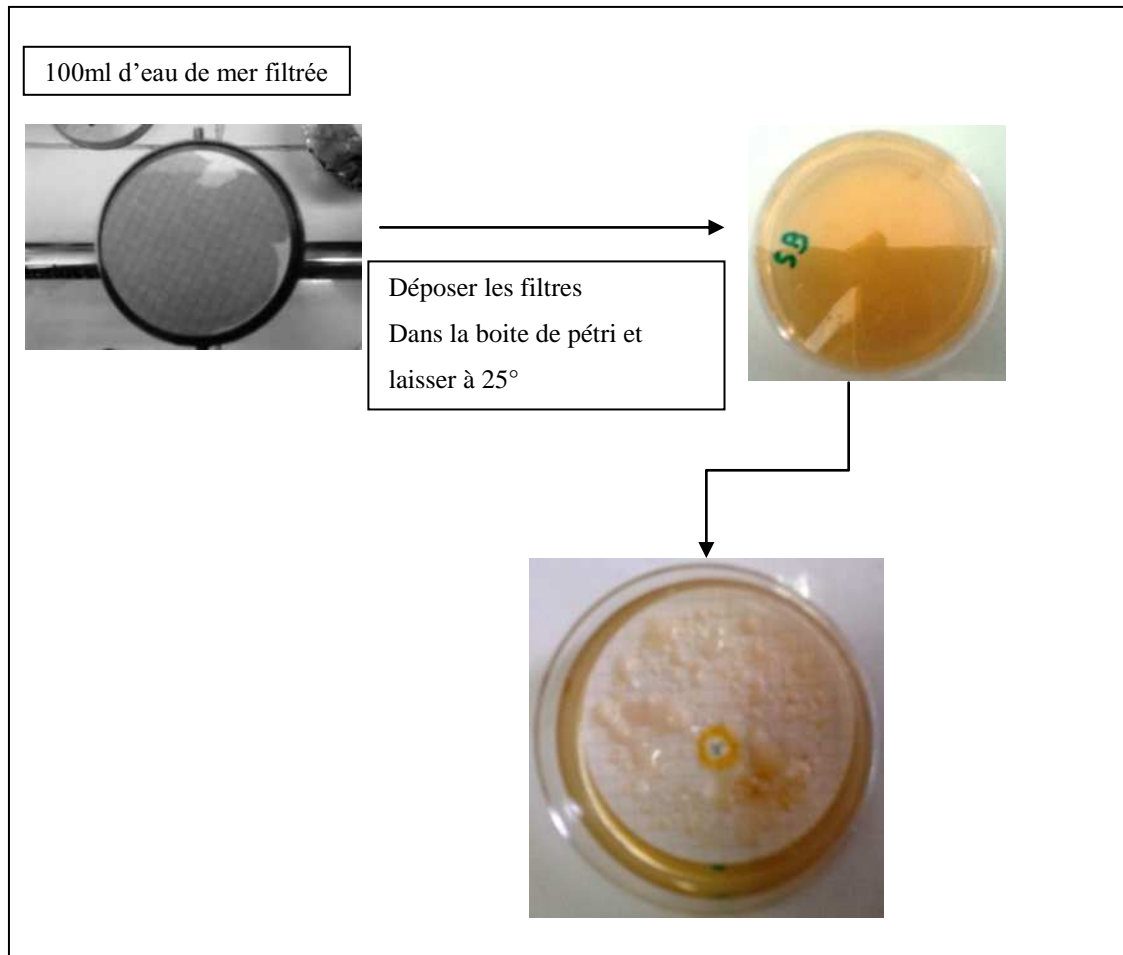


Figure 22 : Dénombrement de levures et moisissures.

**CHAPITRE 3 :
RÉSULTATS
ET DISCUSSIONS**

3.1. Variations et répartitions spatiales des paramètres physico-chimiques dans le littoral Ouest de Sidi Fredj

Les résultats des paramètres mesurés in situ des trois sorties effectuées, sont résumés dans le tableau ci-dessous, sous forme de valeurs minimales, maximales et moyennes.

Tableau 2 : Les valeurs minimales, maximales, moyennes et indice d'irrégularité des paramètres physico-chimiques dans les eaux du littoral Ouest de Sidi Fredj.

Paramètres	Température (°C)			Salinité (PSU)		Conductivité (mS/cm)		pH	
	côte		large	côte	large	côte	large	côte	large
	Sortie1	Sortie3	Sortie2						
Minimum	17,9	23,3	17,35	34,95	36,35	47,7	49,75	8,21	8,22
Maximum	19,1	25,2	18,2	35,95	36,5	49,08	49,95	8,33	8,35
Moyenne	18,6	24,05	17,63	35,73	36,42	48,78	49,85	8,28	8,28
Indice d'irrégularité	0,94	0,92	0,95	0,97	0,99	0,97	0,99	0,98	0,98

3.1.1. Température

Les valeurs de températures relevées au niveau de la plage ouest de Sidi Fredj varient entre 17,9°C et 19,1°C (st S4 et S9) avec une moyenne de 18,6°C et un indice d'irrégularité de 0,94 pour la 1^{ère} sortie et pour la 2^{ème} sortie, entre 17,35°C et 18,2°C (st F6 et F11) avec une moyenne de 17,63 et un indice d'irrégularité de 0,95, quant aux valeurs de la 3^{ème} sortie qui varient entre 23,3°C et 25,2°C (st S7 et S8) avec une moyenne de 24,05°C et un indice d'irrégularité de 0,92 (tableau 2).

Dans les cartes établies (figure 22 et figure 23), la température est représentée par des points rouges proportionnels aux valeurs.

Nous remarquons une différence entre les valeurs de la température enregistrées lors de la première sortie et celles enregistrées lors de la troisième (les valeurs de la sortie 3 sont les plus élevées) indice d'irrégularité (0,74), cela est probablement dû à la différence de la période de mesure in situ, car la température des couches superficielles est influencée par celle de l'air.

Nous remarquons aussi que la distribution horizontale de la température dans les eaux de surface constate un gradient thermique décroissant de la côte vers le large et cela est très visible sur les cartes (figure 23, figure24, figure 25 et figure 26).

En général les températures enregistrées restent normales et inférieures aux normes algériennes (inférieures à 30°C) (Jora ,2006).

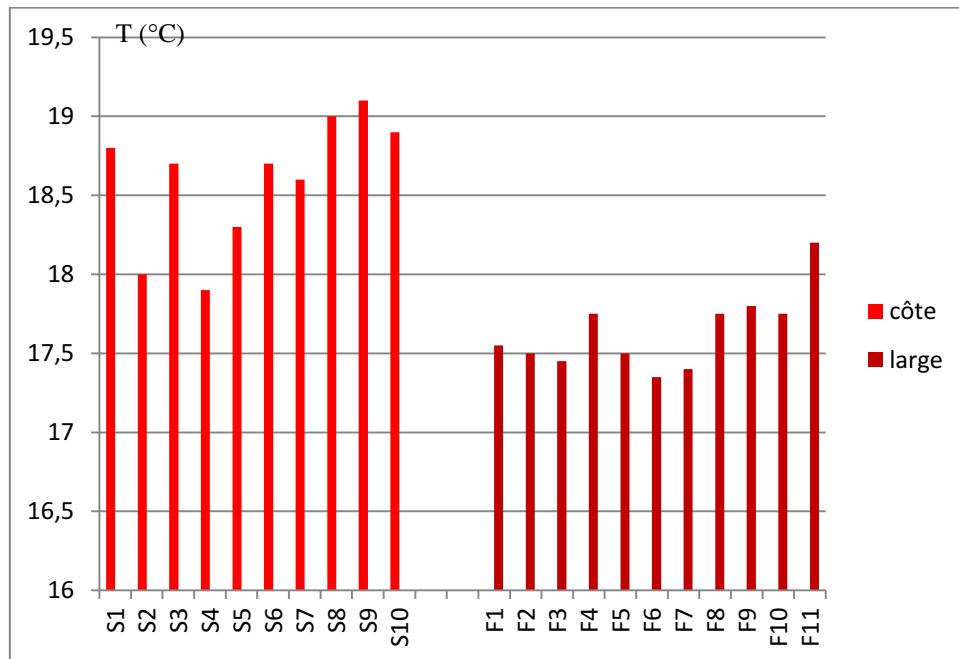


Figure 23 : Variation de la température (°C) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (1ère sortie. 2012).

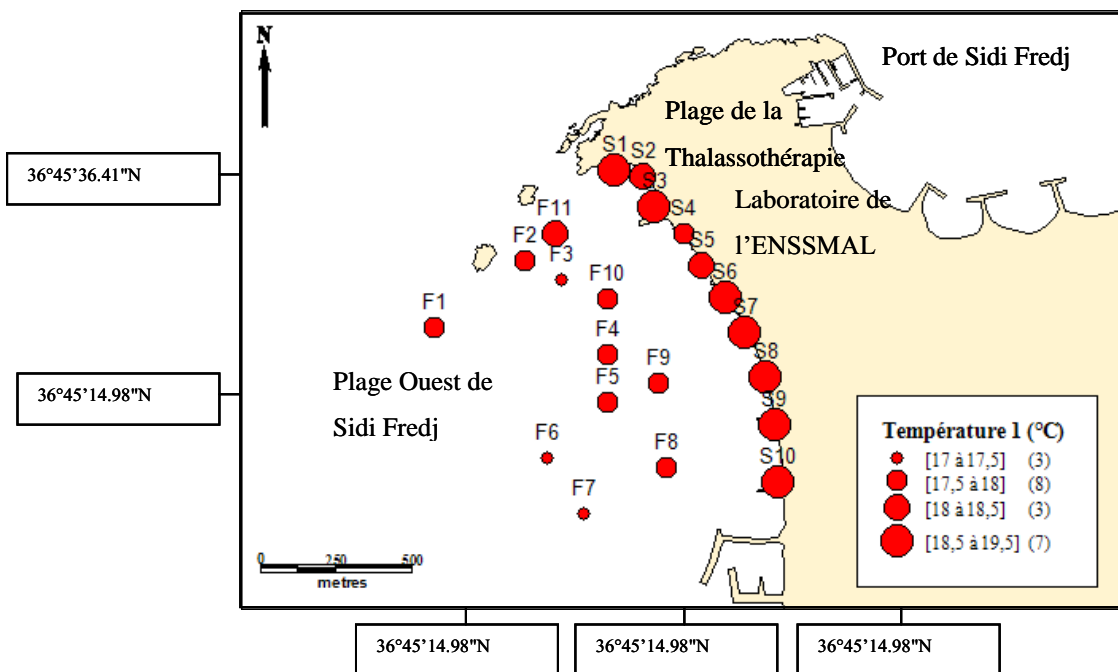


Figure 24 : Répartition de la température (°C) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (1ère sortie.2012).

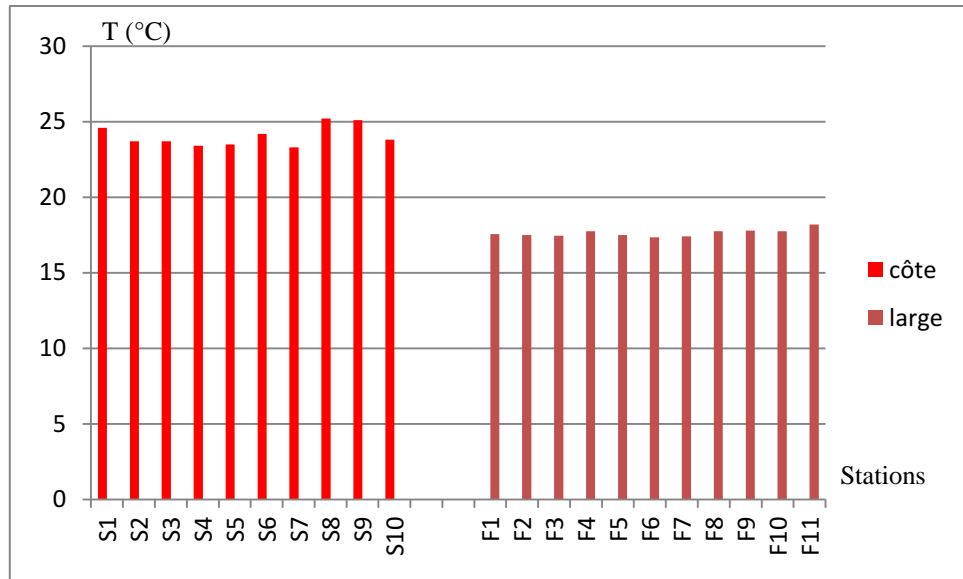


Figure 25 : Variation de la température (°C) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2^{ème} sortie. 2012).

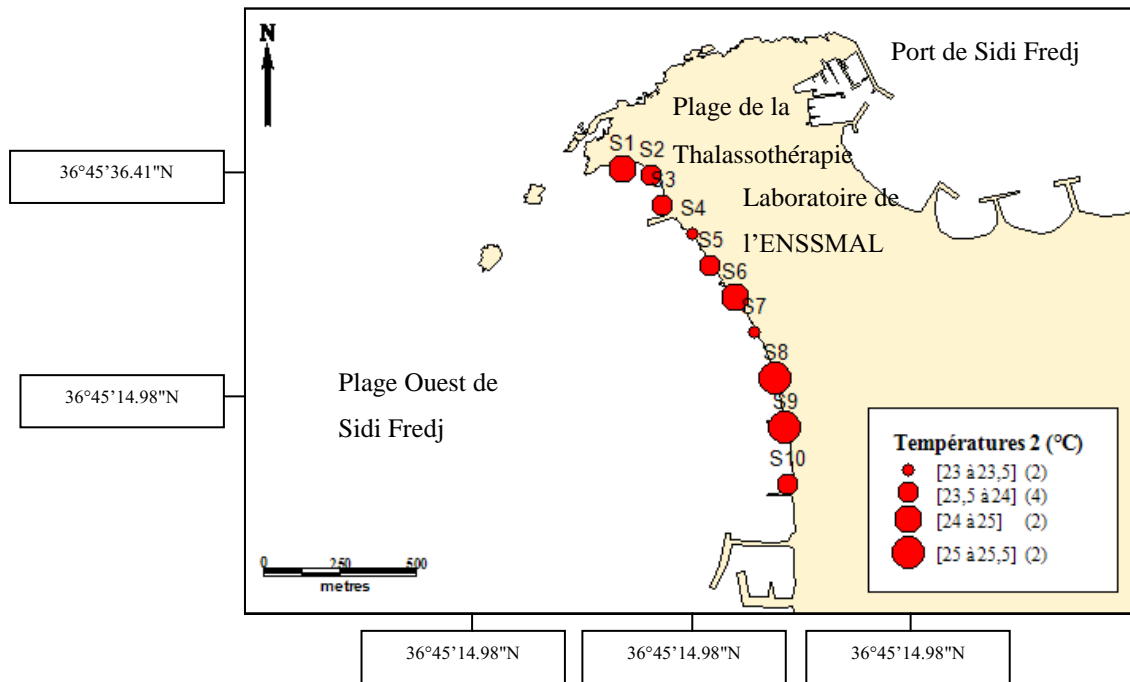


Figure 26 : Répartition de la température (°C) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2^{ème} sortie.2012).

3.1.2. Salinité

Les valeurs de salinité relevées au niveau de la plage ouest de Sidi Fredj varient entre 34,4 PSU et 36,3 PSU (st S4 et S9) avec une moyenne de 35,52 PSU et un indice d'irrégularité de 0,95 pour la 1^{ère} sortie, pour la 2^{ème} sortie entre 36,35 PSU (st F2, F4 et F8) et 36,5 PSU (st F3, F9 et F10) avec une moyenne de 36,42 PSU et un indice d'irrégularité de 0,99 et pour la 3^{ème} sortie entre 35,3 PSU (st S1 et S9) et 35,8 PSU (st S7) avec un e moyenne de 35,52 PSU et un indice d'irrégularité de 0,99 (tableau 2).

Les résultats obtenus indiquent qu'une décroissance systématique du gradient halin des valeurs les plus faibles (< 35,95 PSU) près de la côte vers les valeurs les plus élevées (\geq 36,5 PSU) au large. Cette distribution est engendrée certainement par la contribution continentale en eau douce : les rejets du centre de thalassothérapie et les eaux usées.

En général les valeurs enregistrées restent dans les normes méditerranéennes où la salinité est voisine de 38 à 39 PSU au large, et varie entre 36 et 37 PSU près des côtes (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

La valeur la plus basse est enregistrée au niveau de la station 3 et cela est dû à la présence d'un rejet d'eaux usées (figure 27, figure 28).

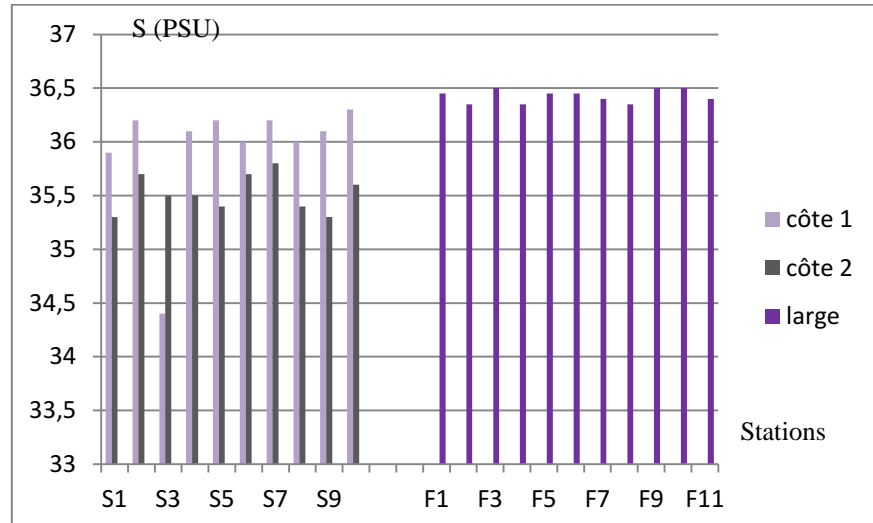


Figure 27 Variation de la salinité (PSU) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj(2012).

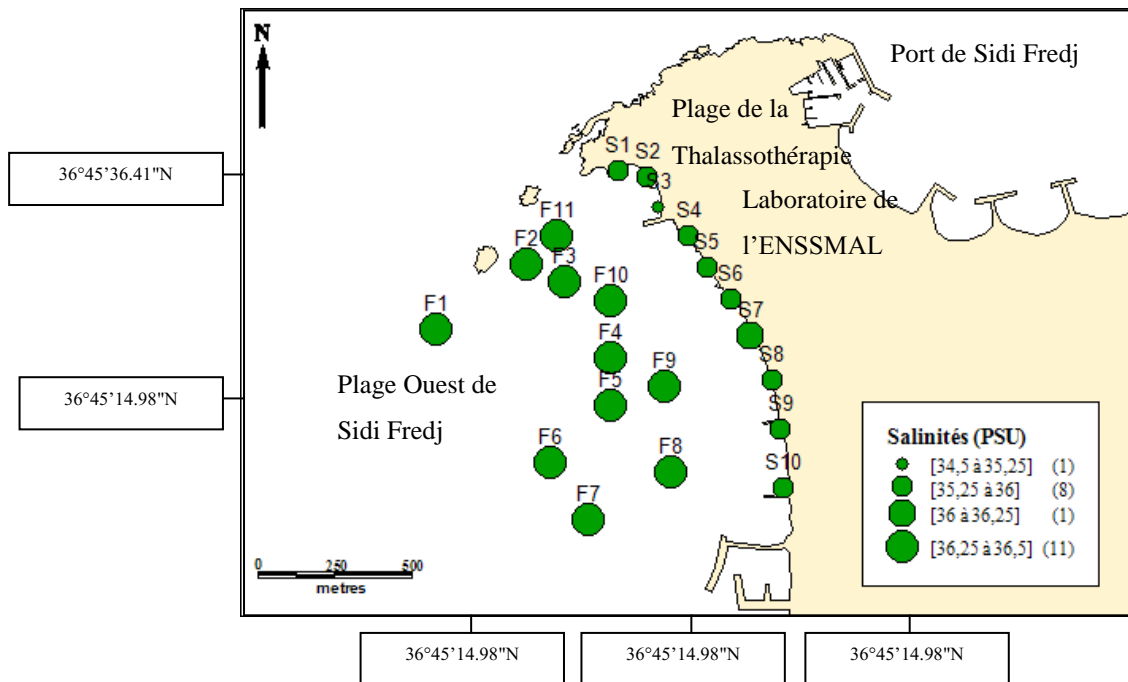


Figure 28 Répartition de la salinité (PSU) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).

3.1.3 Diagramme de corrélation Température/Salinité (T/S)

Le diagramme T-S est utilisé pour la détermination des masses d'eau marines et leurs caractéristiques. Comme nos données ne concernent que les eaux superficielles, à travers l'analyse de l'intensité de la relation entre la température et la salinité, c'est à dire le coefficient de corrélation, nous remarquons pour les résultats de la 1^{ère} sortie, une très faible corrélation négative reflétant une absence potentiel de relation (figure 29).

Les résultats de la deuxième sortie présente une relation inversement proportionnelle reflétés par une corrélation à pente négative mais sans une grande intensité permettant une considération robuste de cette relation (figure 30).

A l'instar des résultats obtenus lors des deux premières sorties l'analyse du R entre la T et S démontre une faible relation entre ces deux paramètres.

L'absence de corrélation ente les 3 sorties est probablement due au nombre important des rejets dans cette zone, leurs apports peuvent influencés et la salinité et la température (figure 29, figure 30 et figure 31).

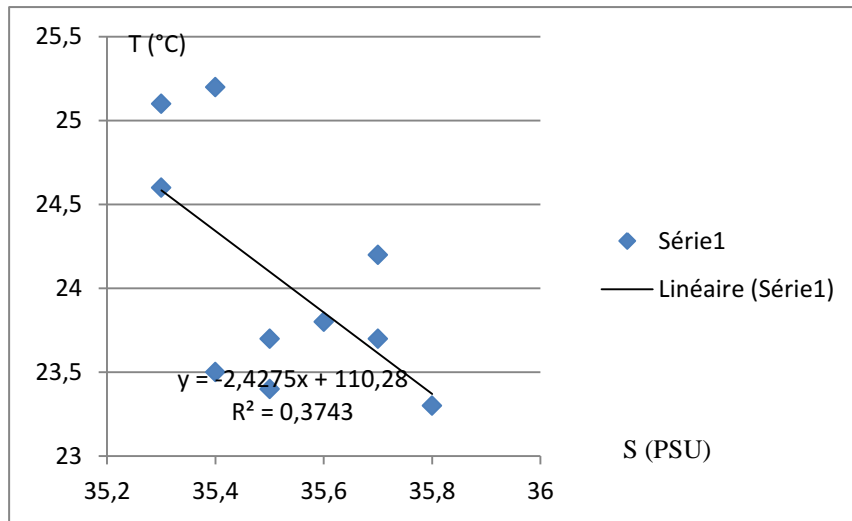


Figure 29 : Diagramme de corrélation (température/salinité) (1^{ère} sortie. 2012).

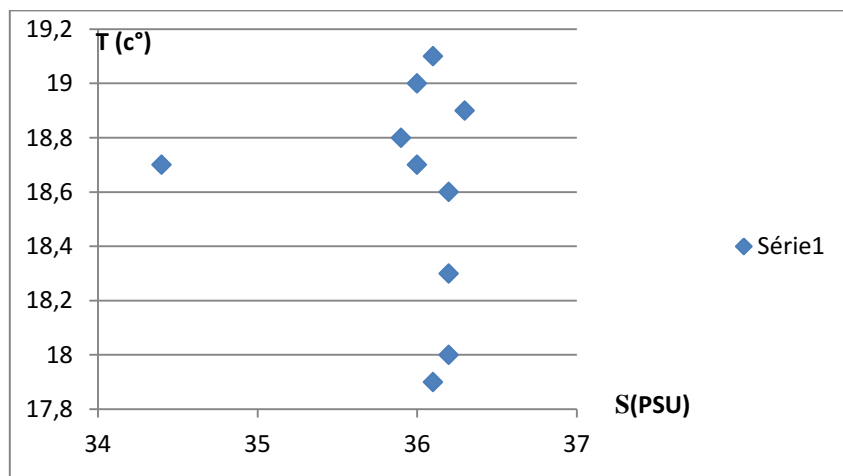


Figure 30 : Diagramme de corrélation (température/salinité) (3^{ème} sortie. 2012).

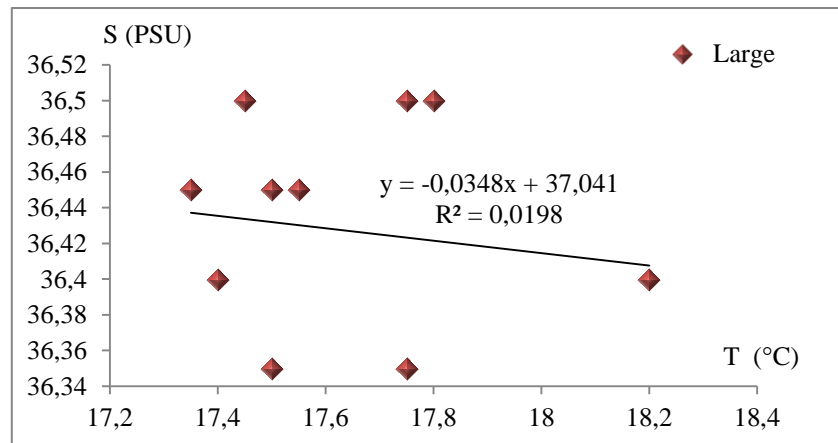


Figure 31 : Diagramme de corrélation (température/salinité) (3^{ème} sortie. 2012).

3.1.4. Conductivité

Les valeurs de salinité relevées au niveau de la plage ouest de Sidi Fredj varient entre 47,7 mS/cm (st S3) et 49,08 mS/cm (st S2 et S7) avec une moyenne de 48,78 mS/cm et un indice d'irrégularité de 0,97 et pour la sortie au large entre 48 mS/cm (st S9) et 48,6 mS/cm (st S2, S6 et S7) avec une moyenne de 48,35 mS/cm et un indice d'irrégularité de 0,99 (tableau 2).

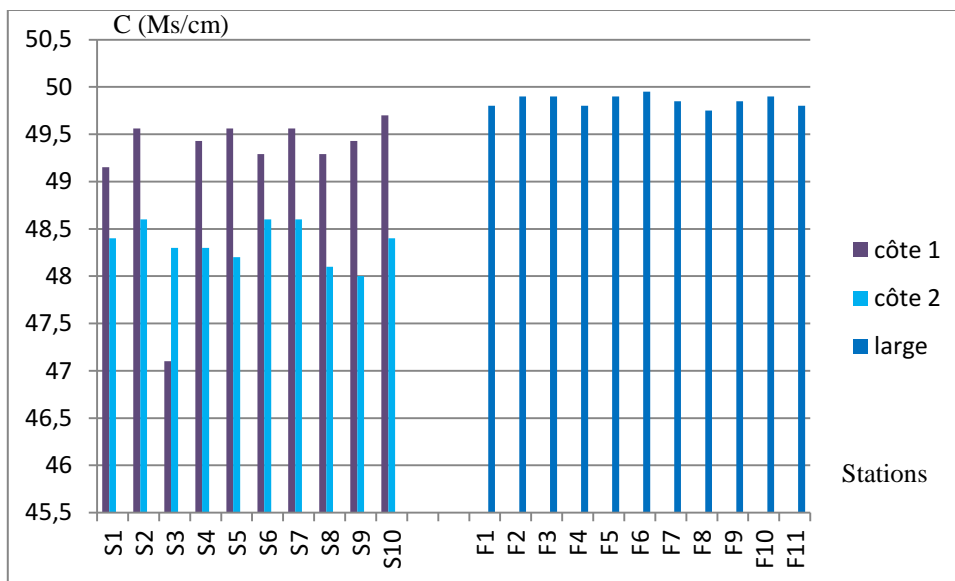


Figure 32 : Variation de la conductivité (mS/cm) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).

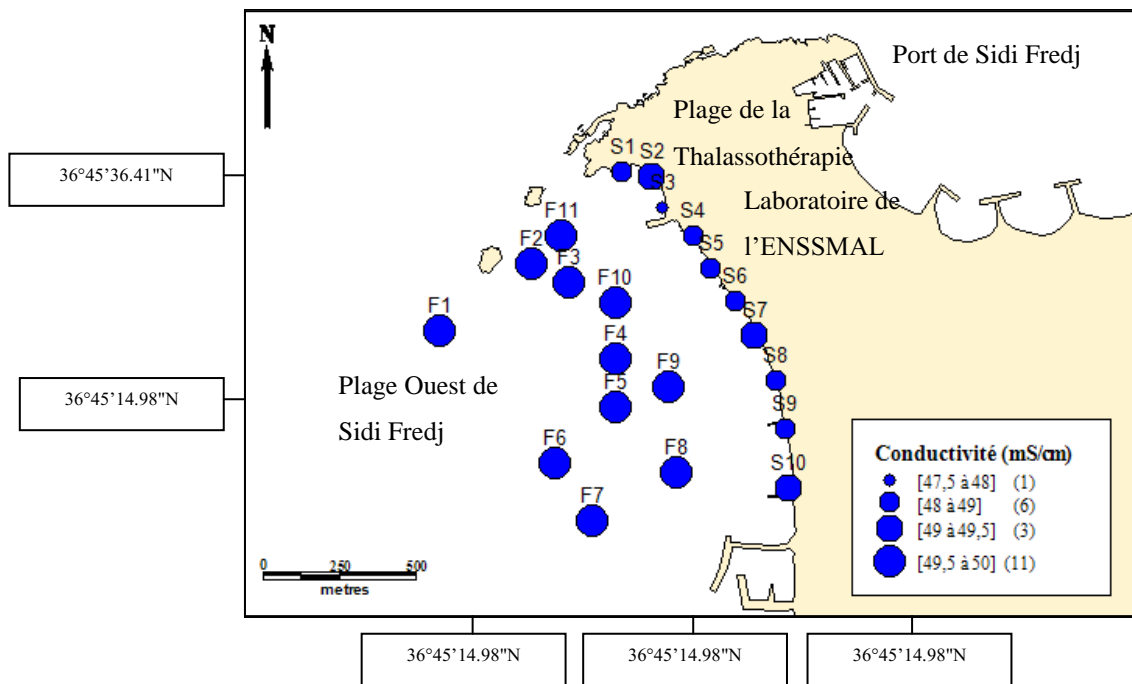


Figure 33 : Répartition de la conductivité (mS/cm) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).

L'indice d'irrégularité pour les stations de prélèvement sur la côte est très proche de 1 et il en est de même pour celui des prélèvements au large, ce qui correspond à une homogénéité de ces valeurs pour chaque prélèvement (figure 32).

D'après la répartition des valeurs des eaux superficielles dans la zone d'étude on remarque une croissance de la côte vers le large (figure 33).

3.1.5. Potentiel d'hydrogène

Les valeurs du pH relevées au niveau de la plage ouest de Sidi Fredj varient entre 8,21 (st S2) et 8,33 (st S10) avec une moyenne de 8,28 et un indice d'irrégularité 0,98 pour la sortie sur la côte et pour la sortie au large entre 8,2 et 8,34 (st S9 et S1) avec une moyenne de 8,256 et un indice d'irrégularité de 0,99 (tableau 2).

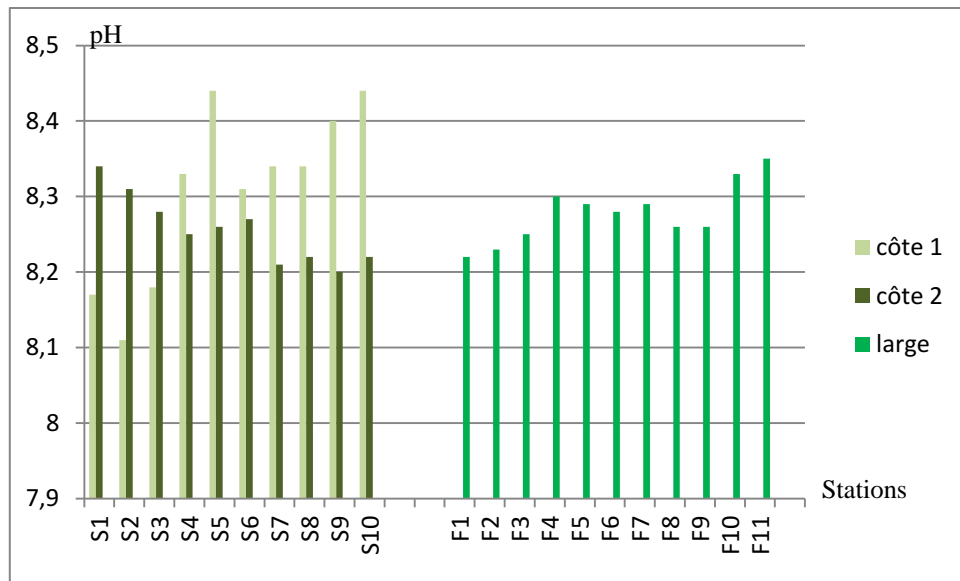


Figure 34 : Variation du pH au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).

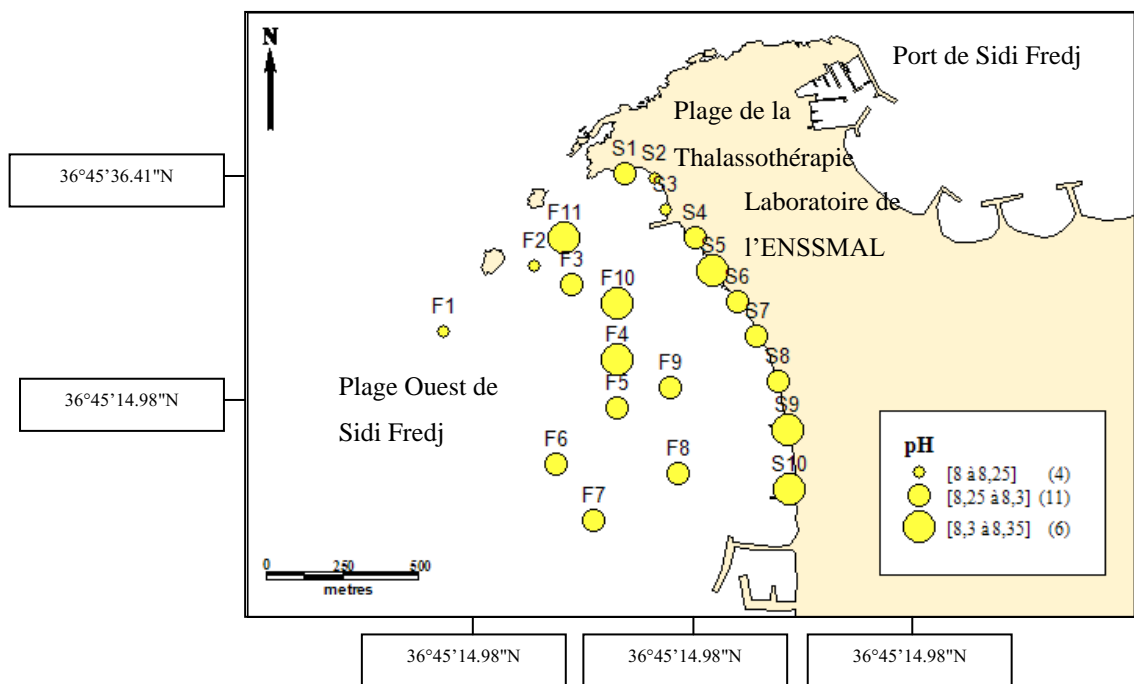


Figure 35 : Répartition du pH au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).

Le pH des eaux de surface des différentes stations ne présente pas des variations significatives.

Les valeurs de pH sont relativement homogènes sur l'ensemble des stations de surface, cependant les plus faibles valeurs sont observées près des rejets d'eaux usées et à une acidification du milieu provoquée par le processus de la dégradation de la matière organique (figure 34, figure 35).

3.2. Variation des Paramètres indicateurs de la pollution

Les données acquises dans littoral Ouest de Sidi Fredj sont résumées ci-dessous, sous forme de valeurs minimales, maximales et moyennes.

Tableau 3 : Valeurs minimales, maximales, moyennes et indice d'irrégularité des paramètres indicateurs de la pollution des eaux de surface du littoral Ouest de Sidi Fredj.

Paramètre	Matières en suspension (MES) (mg/l)		Matière organique particulaire(MOP) (mg/l)	Chlorophylle-a (µg/l)	
	côte	large	côte	côte	large
Min	12,168	36,18	1,60	0,07	0,01
Max	445,376	50,26	27,60	0,24	0,32
Moyenne	97,967	42,667	9,40	0,16	0,08
Indice d'irrégularité	0,03	0,72	0,058	0,29	0,031

3.2.1. Matières en suspension (MES)

Les valeurs des matières en suspension varient dans l'intervalle [12,168-445,376] (mg/l) pour les prélèvements sur la côte avec une moyenne de 97,967 mg/l et un indice d'irrégularité de 0,03 et varient dans l'intervalle [36,18-50,26] (mg/) au large avec une moyenne de 42,667 mg/l et indice d'irrégularité de 0,72 (tableau 3).

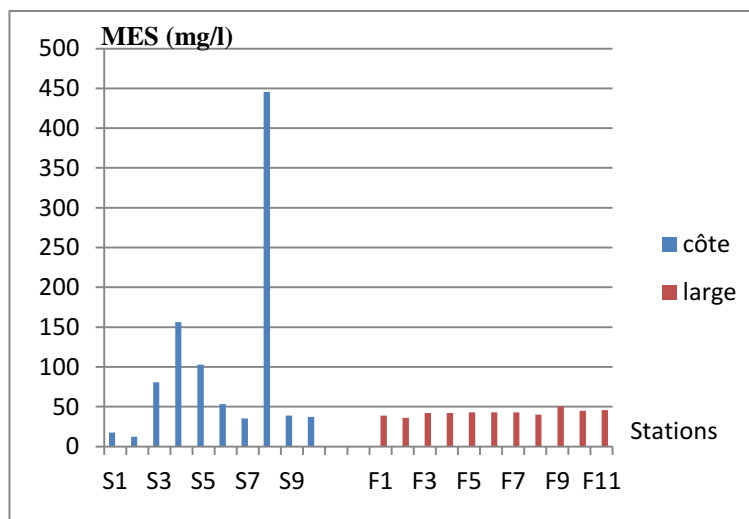


Figure 36 : Variation des concentrations des MES (mg/l) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).

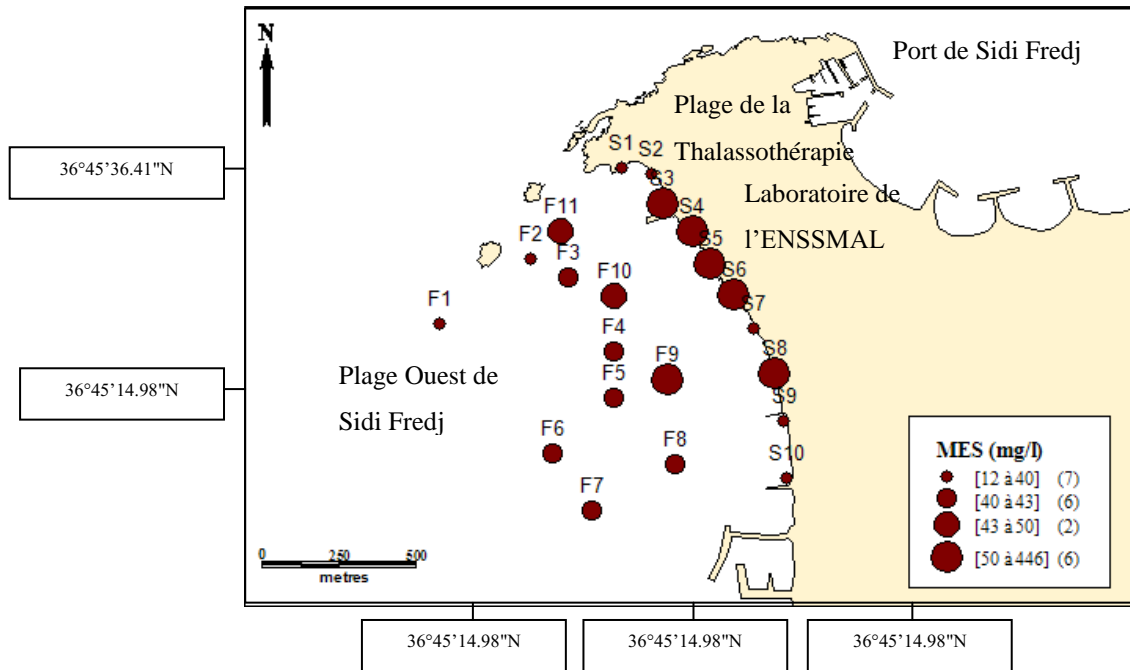


Figure 37 : Répartition des concentrations des MES (mg/l) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).

Dans les eaux côtières l'indice d'irrégularité est très faible et voisin de 1 ce qui correspond à une hétérogénéité des valeurs des MES. Ces valeurs sont très élevées par rapport à la norme qui est de l'ordre de 0,5 à 5 mg/l en milieu côtier selon **Aminot et Chaussepied (1983)**, empêchant ainsi la pénétration de la lumière, le développement des œufs de certaines espèces, réduisant le stock de nourriture disponible, augmentant le colmatage des branchies et provoquant aussi l'asphyxie, (**Rodier et al., 1996**). Et cela revient au fait que la mer était agitée lors des prélèvements. Quant à l'indice d'irrégularité des valeurs au large, il se rapproche plus au moins du 1 et donc les valeurs enregistrées sont plus au moins homogènes (figure 36).

En moyenne les concentrations de l'eau de mer en matière en suspension sont plus élevées au niveau de la côte qu'au large chose qu'on peut expliquer par l'intensité de l'hydrodynamisme (mise en suspension), l'influence des apports marins et continentaux qui apportent des particules fines et du cycle de développement du plancton.

Les faibles teneurs au large sont dues en partie, à la hauteur de la colonne d'eau qui est plus importante que celle de la côte (figure 37).

3.2.2. Matière Organique Particulaire (MOP)

Les valeurs de la matière organique particulaire varient dans l'intervalle [1.60-27.60] (mg/l) pour les prélèvements près de la côte avec une moyenne de 9,40 mg/l et un indice d'irrégularité de 0,058 et donc voisin du 0 ce qui montre une hétérogénéité dans la répartition de la matière organique particulaire au niveau du rivage dans notre zone d'étude (tableau 3).

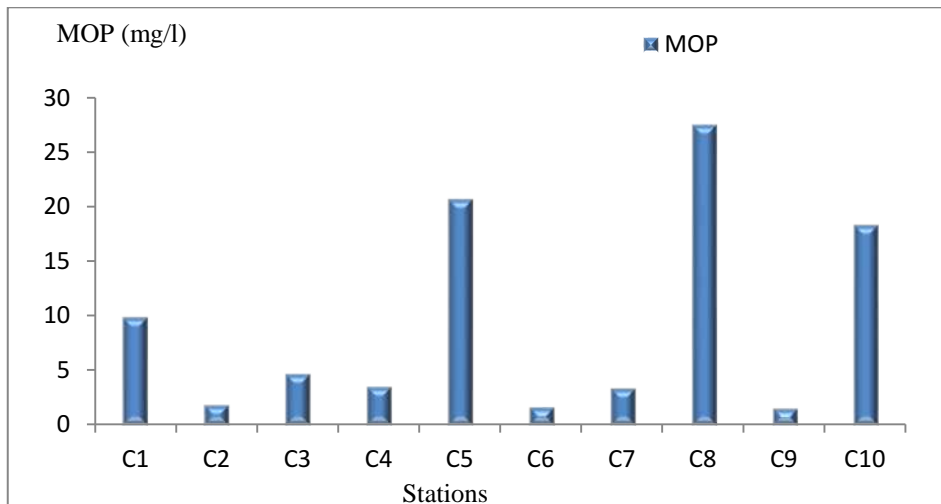


Figure 38 : Variation de la matière organique particulaire au niveau de la côte de la plage Ouest de Sidi Fredj (2012).

Les fluctuations de la matière organique particulaire sont similaires au cycle des matières en suspension, dont les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau des stations S1, S3, S5 et S8 qui se trouvent près d'un rejet, ces fortes concentrations peuvent être expliquées par le cycle de développement phytoplanctonique et aussi à la remise en suspension des particules organiques sédimentées qui n'ont pas suffisamment de temps pour s'oxyder à cause de la faible profondeur (milieu côtier). Une valeur élevée est aussi enregistrée au niveau de la station S10 qui se trouve près d'un épi, ce dernier crée une zone relativement calme en engendrant une accumulation des polluants et par la suite une prolifération des micro-organismes (figure 38).

3.2.3. DBO₅ :

L'objectif de ce test est de déterminer le degré de la pollution organique et de son oxydation par voie biologique dans l'eau de mer. Malheureusement, faute de moyens et de temps, seules 3 stations ont fait l'objet de cette analyse.

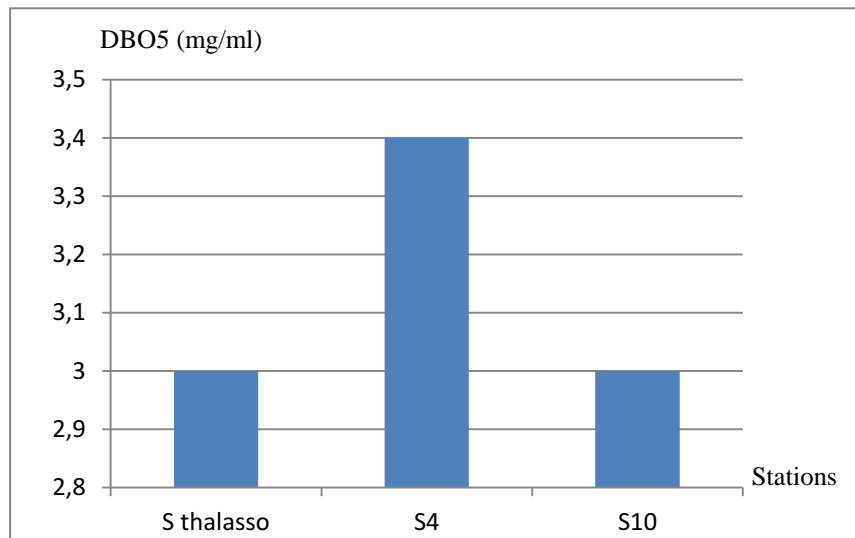


Figure 39 : Variation de la DBO₅ (mg/ml) au niveau de la côte de la plage Ouest de Sidi Fredj (2012).

Les résultats obtenus montrent que la DBO₅ ne dépasse pas 4 mg/ml. Les valeurs de la DBO₅ enregistrées sont faibles, ceci peut être expliqué en partie par le faible taux de la matière organique enregistré dans ce site (figure 39).

3.2.4. Chlorophylle a

Les concentrations de la chlorophylle a enregistrées dans les eaux côtières, varient entre un minimum de 0,07 µg/l (st S2) et un maximum de 0,24 µg/l (st S5) avec une moyenne de 0,14 µg/l. Dans les eaux superficielles ces concentrations varient entre un minimum de 0,02 µg/l (st F11) et un maximum de 0,32 µg/l (st F7) avec une moyenne de 0,9 µg/l (tableau 3).

L'indice d'irrégularité des valeurs enregistrées près de la côte est de 0,29, s'éloignant du 1 ce qui montre une hétérogénéité dans la concentration de la chlorophylle a dans les eaux côtières et il est encore plus faible et dans le voisinage du 0 pour les valeurs enregistrées dans les eaux superficielles (tableau 3).

D'après la répartition de concentrations, on remarque que les teneurs les plus élevées enregistrées sont celles des stations F3, F8, F9, F11 (eaux superficielles) qui peuvent être engendrées par une forte activité photosynthétique due à un enrichissement du milieu marin par les éléments nutritifs (sels nutritifs et oligo-éléments) ou par des rejets d'eaux

usées vu que ces stations se situent en face des différents rejets urbains de la plage Ouest de Sidi Fredj (figures 40 et 41).

Selon **Rodier, 1996**, les pigments chlorophylliens sont très sensibles à la lumière donc les variations peuvent être dues à l'enseillement.

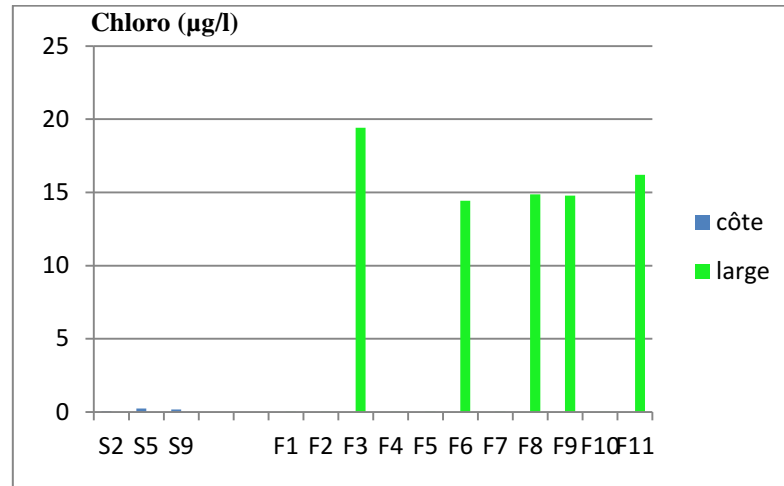


Figure 40 : Variation des concentrations de la chlorophylle a (µg/l) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).

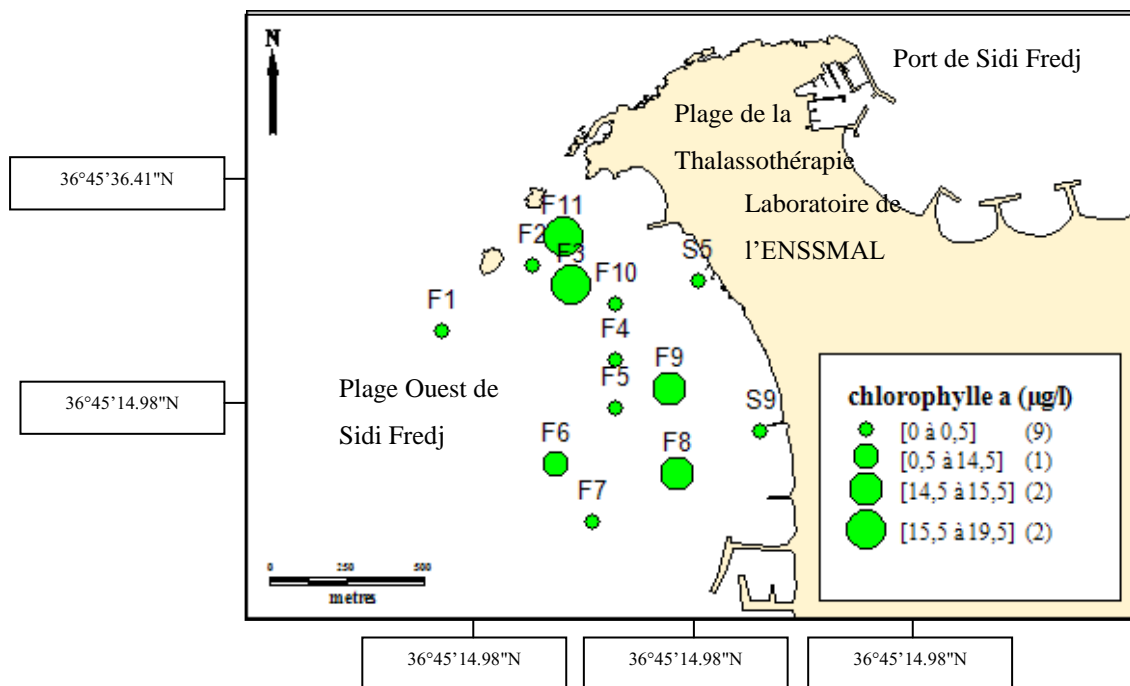


Figure 41 : Répartition des concentrations de la chlorophylle a (µg/l) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).

3.3. Variations et répartitions des sels nutritifs

Les teneurs acquises sont résumées ci-dessous sous forme de valeurs minimales, maximales et moyennes ainsi que l'indice d'irrégularité.

Tableau 4 : Valeurs minimales, maximales, moyennes et l'indice d'irrégularité des sels nutritifs des eaux de surface du littoral Ouest de Sidi Fredj.

Lieu	[NO ₃ ⁻] (μmol/l)		[NO ₂ ⁻] (μmol/l)		[NH ₄ ⁺] (μmol/l)		[PO ₄ ³⁻] (μmol/l)		[SiO ₂] (μmol/l)	
	côte	large	côte	large	côte	large	côte	large	côte	large
Min	0,15	0,11	0,05	0,02	2,18	1,32	0,11	0,20	1,33	0,17
Max	0,48	0,21	0,48	0,08	4,96	3,46	1,45	0,27	2,61	2,00
Moyenne	0,35	0,14	0,15	0,04	3,81	2,18	1,34	0,24	1,70	0,44
Indice d'irrégularité	0,31	0,52	0,10	0,25	0,43	0,38	0,08	0,74	0,50	0,08

3.3.1. Variations des nitrates (NO₃⁻)

Les valeurs de la concentration des nitrates dans les eaux côtières du littoral Ouest de Sidi Fredj se situent entre 0,15μmol/l et 0,48μmol/l avec une moyenne 0,35 μmol/l de un indice d'irrégularité de 0,31 (tableau 4).

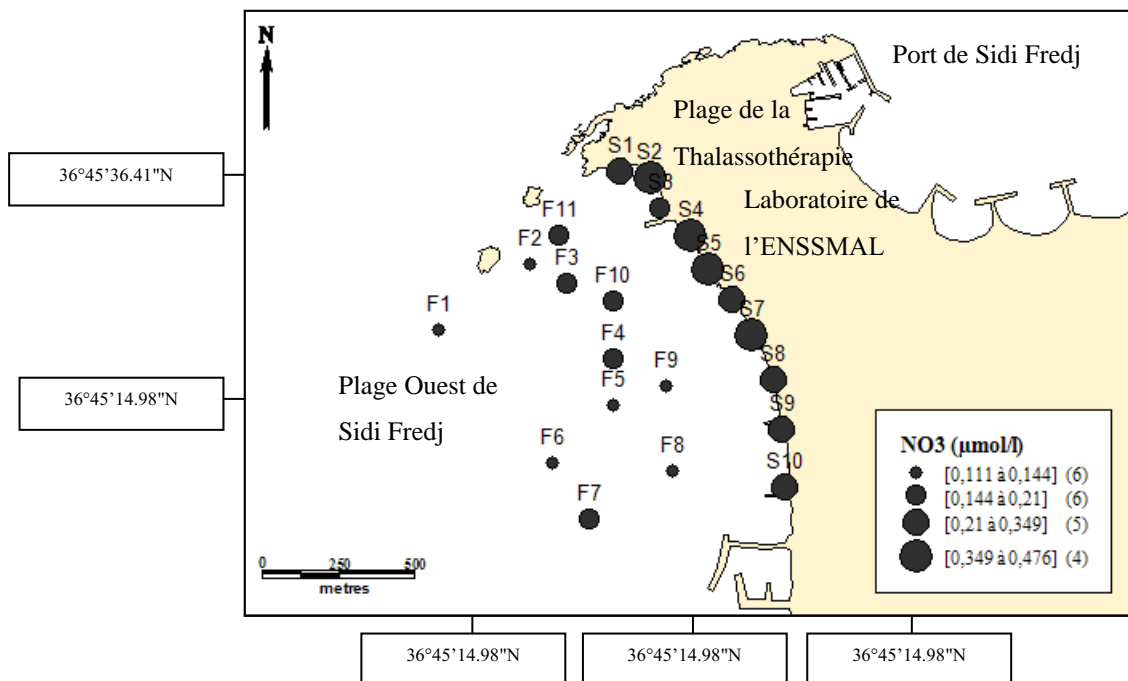


Figure 42 : Répartition des nitrates (μmol/l) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (21012).

Les valeurs trouvées au large sont comprises entre 0,11 et 0,21 $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de 0,14 et un indice d'irrégularité de 0,52 (tableau 4).

Les concentrations en nitrates sont faibles presque au niveau de toute la zone. Ceci est peut être dû au mélange des eaux ou à l'importance de l'activité photosynthétique.

Les valeurs enregistrées sont plus élevées au niveau de la côte (l'indice d'irrégularité est de 0,31) et ce peut être expliqué par un apport extérieur, suite à la dégradation et l'oxydation de la matière organique provenant des rejets urbains (figure 42).

3.3.2 Variations des nitrites (NO_2^-)

Les valeurs de la concentration des nitrites dans les eaux côtières du littoral Ouest de Sidi Fredj se situent entre 0,05 $\mu\text{mol/l}$ et 0,48 $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne 0,15 $\mu\text{mol/l}$ de un indice d'irrégularité de 0,10 (tableau 4).

Les valeurs trouvées au large sont comprises entre 0,02 et 0,08 $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de 0,04 un indice d'irrégularité de 0,25 (tableau 4).

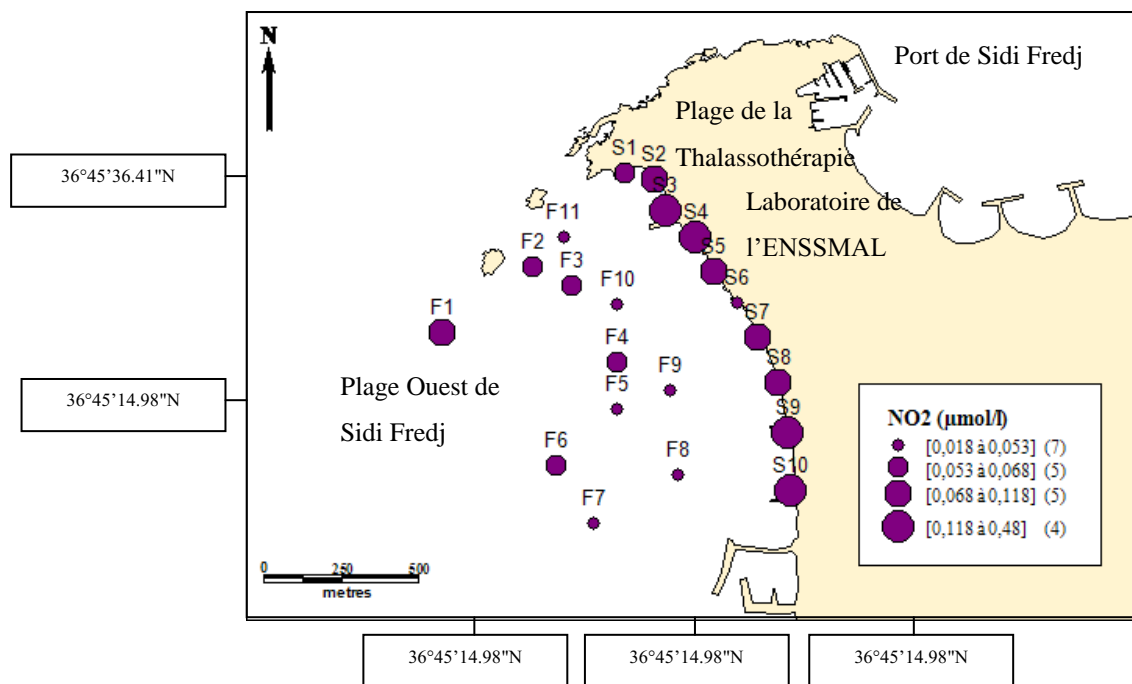


Figure 43 : Répartition des nitrites ($\mu\text{mol/l}$) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).

Les concentrations en nitrites sont faibles sur toute la surface de la zone d'étude à l'exception des stations S3, S4, S9, S10 qui montre des teneurs plus ou moins élevées,

certainement originaires des rejets d'eau usée urbaine où se dégrade d'une manière importante la matière organique.

Les valeurs au large sont basses et homogènes. Ces valeurs basses de nitrites peuvent être dû au fait que cette forme d'azote est transitoire entre la nitrosation et la nitratisation. En présence d'oxygène dissous, les nitrites s'oxydent en nitrates, de même que dans le système en état d'oligotrophie, les nitrites sont consommés par le phytoplancton (figure 43).

3.3.3. Variation de l'ammonium (NH₄)

Les valeurs de la concentration de l'ammonium dans les eaux côtières du littoral Ouest de Sidi Fredj se situent entre 0,18 μmol/l et 4,96 μmol/l avec un indice d'irrégularité de 0,43 (tableau 4). Les valeurs trouvées au large sont comprises entre 1,32 μmol/l et 3,46 μmol/l et un indice d'irrégularité de 0,38 (tableau 4).

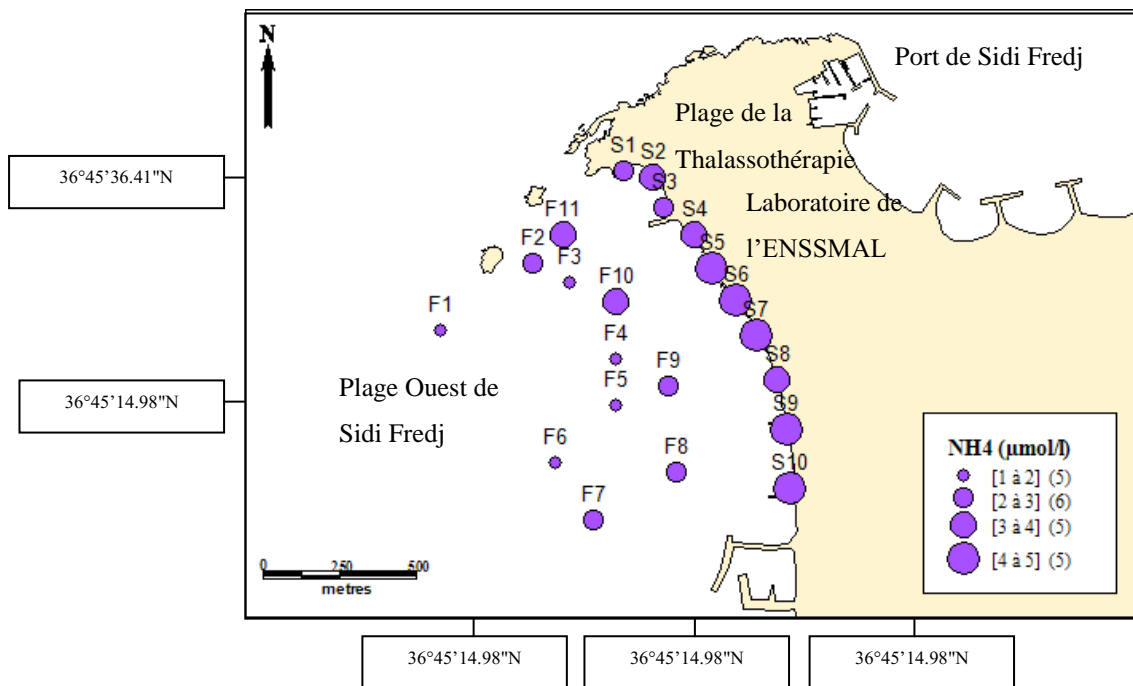


Figure 44 : Répartition des concentrations de l'ammonium (μmol/l) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).

La distribution horizontale de l'ammonium montre un gradient décroissant de la côte vers le large. Les valeurs élevées de NH₄⁺ se localisent près de la côte (figure 44).

3.3.4. Variation des phosphates

Les valeurs de la concentration des phosphates dans les eaux côtières du littoral Ouest de Sidi Fredj se situent entre $0,18\mu\text{mol/l}$ et $1,34\mu\text{mol/l}$ avec un indice d'irrégularité de 0,08.

Les valeurs trouvées au large sont comprises entre $1,32$ et $3,46\mu\text{mol/l}$ et un indice d'irrégularité de 0,74. Les valeurs trouvées au large sont comprises entre $0,20$ et $0,27\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de $0,04$ un indice d'irrégularité de 0,74 (tableau 4).

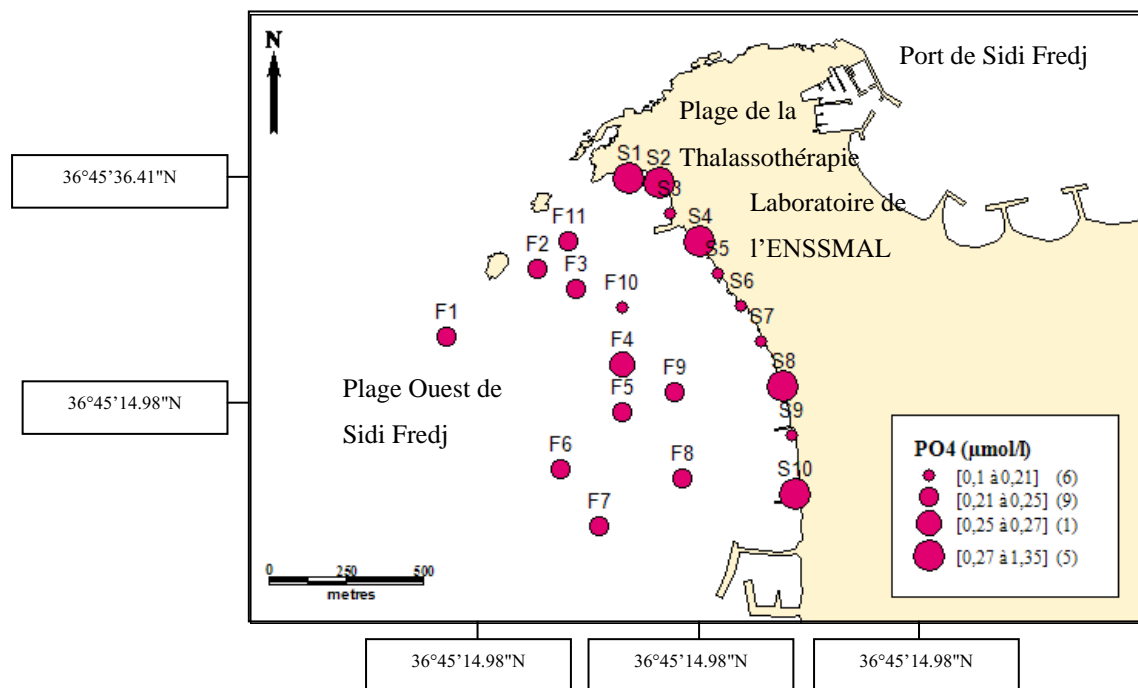


Figure 45 : Répartition des concentrations de phosphates ($\mu\text{mol/l}$) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).

Nous observons une distribution de phosphate plus ou moins homogène sur toute la zone d'étude à l'exception de quelques stations (S1, S2, S4, S8, S10) où sont marquées les concentrations les plus élevées, résultantes de la présence des rejets surtout au niveau de la thalassothérapie (figure 45).

3.3.5. Variation des Silicates

Les valeurs de la concentration des silicates dans les eaux côtières du littoral Ouest de Sidi Fredj se situent entre $1,33\mu\text{mol/l}$ et $2,61\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne $1,70\mu\text{mol/l}$ de un

indice d'irrégularité de 0,50. Les valeurs trouvées au large sont comprises entre 0,17 et 2,0 $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de 0,44 un indice d'irrégularité de 0,08 (tableau 4).

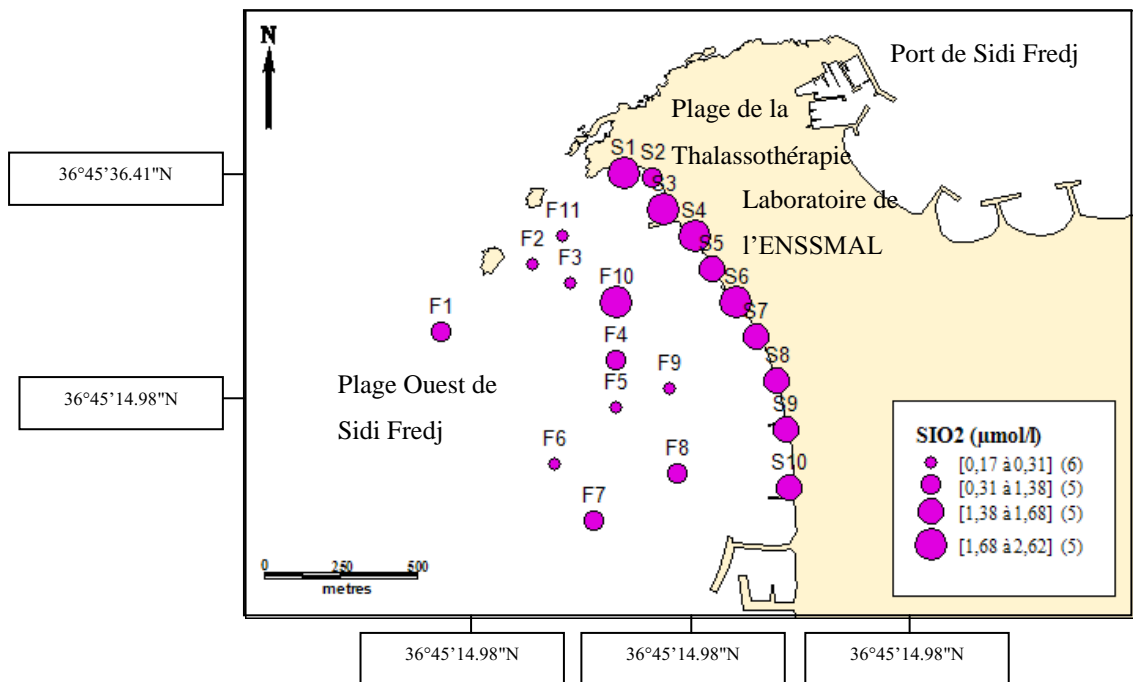


Figure 46 : Répartition des concentrations de silicates ($\mu\text{mol/l}$) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj.

Nous constatons que la zone côtière est une zone riche en silicate car c'est au niveau de la côte où les valeurs les plus élevées sont marquées contrairement aux valeurs enregistrées au large qui sont homogènes et faibles, à l'exception de la station F10 où nous avons relevé une valeur élevée (figure 46).

Cette richesse en silice dissoute peut être en relation avec les apports côtiers (où l'interaction des eaux avec la côte) et/ou encore avec la dissolution des tests siliciques et la diffusion à partir des sédiments marins.

Les faibles concentrations en silicates au large sont probablement dues à leurs assimilation par le phytoplancton (plus particulièrement les diatomées, ils rentrent dans la composition de leur squelette calcaire) (figure 46).

3.4. Résultats et interprétation de l'analyse Sédimentaire

Les valeurs obtenus de la MO, la fraction fine et la calcimétrie sont résumées sous formes de valeurs maximale, minimale, moyenne et indice d'irrégularité dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5 : Valeurs minimales, maximales, moyennes et indice d'irrégularité des taux de la Mo, de la fraction pélitique et des carbonates.

Paramètres	MO (%)		Pélites (%)		CaCO ₃ (%)	
	côte	large	côte	large	côte	large
Minimum	1,85	1,69	1,01	0,6	28,01	28,84
Maximum	24,9	3,59	4,57	5,65	51,87	38,83
Moyenne	8,08	2,97	1,77	2,72	35,64	31,88
Indice d'irrégularité	0,07	0,47	0,22	0,11	0,54	0,74

3.4.1. Analyse de la matière organique (MO)

Les pourcentages de la matière organique varient entre 1,85 % (St St 1) et 24,9 % (St S3) avec une moyenne de 8,08 % dans les sédiments côtiers et entre 1,69 % et 3,59 % (St F3) avec une moyenne de 2,97 % dans les sédiments du large (tableau5).

L'indice d'irrégularité des taux de la matière organique dans les sédiments côtiers est très faible, et avoisine le 0, ce qui montre une hétérogénéité dans cette zone quant à celui des sédiments au large qui est plus élevé (0,47), nous pouvons donc constater que la répartition de la matière organique dans les sédiments au large est moins hétérogène que sur la côte.

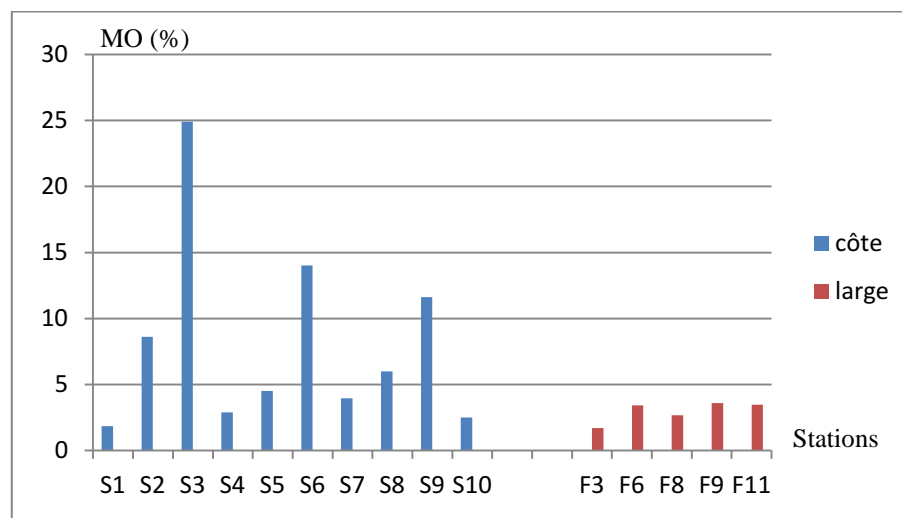


Figure 47 : Variation des taux de la matière organique (MO) dans les sédiments au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj (2012).

D'après le graphe et la carte de répartition de la MO (figures 47 et 48), on remarque qu'en général les taux de la matière organique dans notre zone d'étude sont relativement

élevés sur la côte par rapport au large en raison probablement de l'influence des rejets urbains et eaux usées de la zone ainsi que celle de l'oued de Mazafran.

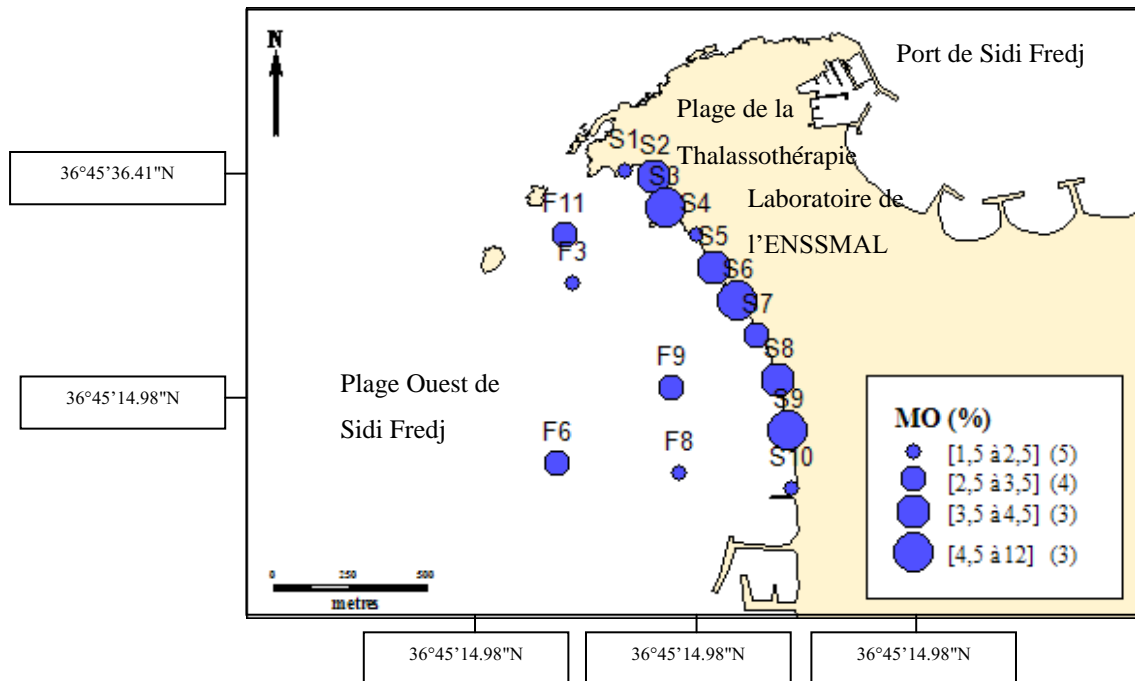


Figure 48 : Répartition des taux de la matière organique (%) dans les sédiments au niveau de la plage Ouest de sidi Fredj (2012).

3.4.2. Etude granulométrique

3.4.2.1. Analyse de la fraction fine

Les taux de la fraction fine dans les sédiments côtiers varient entre un minimum de 1,01 % (St S2) et un maximum de 4,57 % (St S7) avec une moyenne de 1,77 %, quant à ceux enregistrés dans les sédiments du large, ils varient entre 0,6 % (St F3) et 5,65 (St F6) % avec une moyenne de 2,72 % (tableau 5).

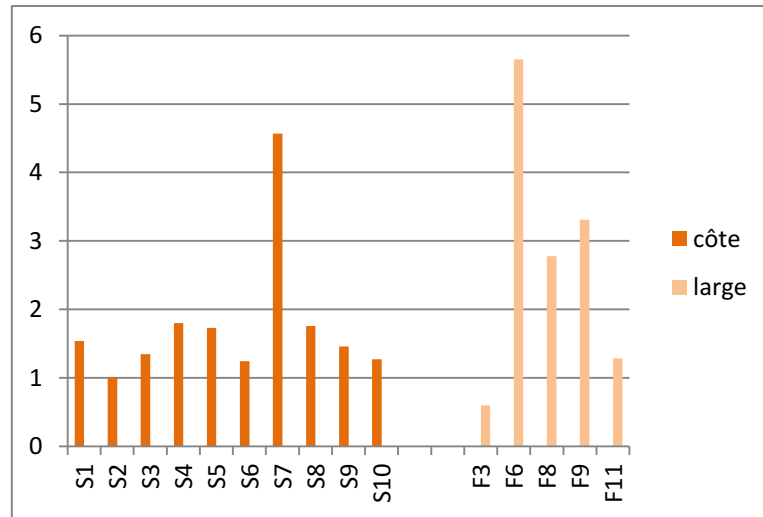


Figure 49 : Variation des taux de pélites dans les sédiments (%) au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj (2012).

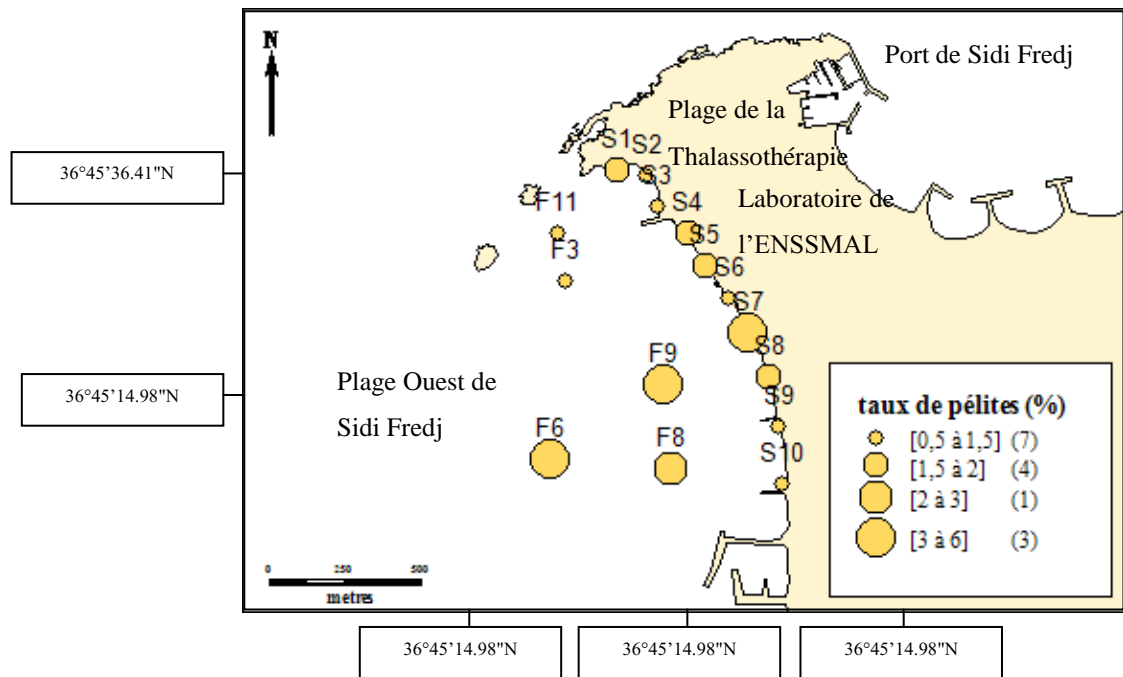


Figure 50 : Répartition des taux de pélites dans les sédiments (%) au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj (2012).

Bien que les taux de pélites soient très faibles sur les échantillons prélevés, la carte de répartition des pélites dans la zone montre une distribution conforme au schéma classique général admis, à savoir une augmentation graduelle des teneurs de la côte vers le large.

Au niveau du rivage, on remarque une anomalie au niveau de la station S7 où le taux de pélites est élevé par rapport aux autres stations et ceci du fait de la présence d'un abri artificiel (épis) qui crée un mode non agité permettant la décantation des particules fines (figures 49 et 50).

3.4.2.2. Analyse de la fraction grossière

- **Aspect général des courbes cumulatives**

Les résultats obtenus sont traduits graphiquement par des courbes cumulatives (voir annexes) dont l'examen permet de tirer et de déterminer les différents paramètres et indices granulométriques permettant de caractériser la distribution des sédiments.

Les courbes granulométriques cumulatives dans les stations S1, S5, S7, S8, S9, S10, F9, F8, F6 montrent une allure plus au moins homogène dans une fraction de taille plus au moins moyenne. Quant à celles des stations S2, S3, S4, S6, F3, F11 elles montrent une allure plus au moins hétérogène dans une fraction de taille plus au moins grossière.

- **Paramètres graphiques et indices granulométriques**

Tableau 6: Caractéristiques statistiques des paramètres granulométriques des sédiments du littoral Ouest de Sidi Fredj

Indices	Q ₂₅	Q ₅₀	Q ₇₅	S ₀	SK
Minimum	194,44	177,78	144,44	0,35	0,09
Maximum	3900	2400	1888,33	1,46	1,17
Moyenne	900,28	587,302	351,21	0,81	0,88
Indice d'irrégularité	0,050	0,074	0,076	0,24	0,77

- **Le quartile inférieur (Q₂₅)**

Le diamètre des grains représentant 25% du poids du sédiment varie entre 194,44 µm (St S7 et F8) et 3900 µm (St F11) avec une moyenne de 900,283 µm (tableau 6).

Les grains de ce quartile font partie des sables moyens, grossiers et très grossiers avec la dominance des sables très grossiers (**Folk et Ward, 1957**).

- **La médiane (Q₅₀)**

La médiane des sédiments de la zone varie entre 177,77 µm (St F8) et 3400 µm (St F3) avec une moyenne de 587,30 µm (tableau 6).

Les sédiments contiennent des sables moyens, grossiers et très grossiers et le sable moyen est le plus abondant (**Folk et Ward, 1957**).

– **Le quantile supérieur (Q75)**

Les grains représentant 75% du poids du sédiment ont des diamètres qui varient entre 144,44 μm (St F6) et 1888,33 μm (St F3) avec une moyenne de 351,21 μm (Tableau 6). Dans les grains de ce quartile on trouve des sables fins, moyens, grossiers et très grossiers avec la dominance du sable moyen. (**Folk et Ward, 1957**).

– **Indice de classement de Trask ou indice de tri S_0**

L'indice de Trask des sédiments de la zone d'étude varie entre 0,35 (St S6) et 1,46 (St S2) avec une moyenne de 0,88 (Tableau 6).

En général, cet indice est inférieur à 1 pour toutes les stations, de ce fait et d'après la classification de Sorting de Trask, les sédiments sont très bien classés. Sauf pour la station S2 où l'on remarque que cet indice est de 1,45 et donc les sédiments sont bien classés (Figure 51).

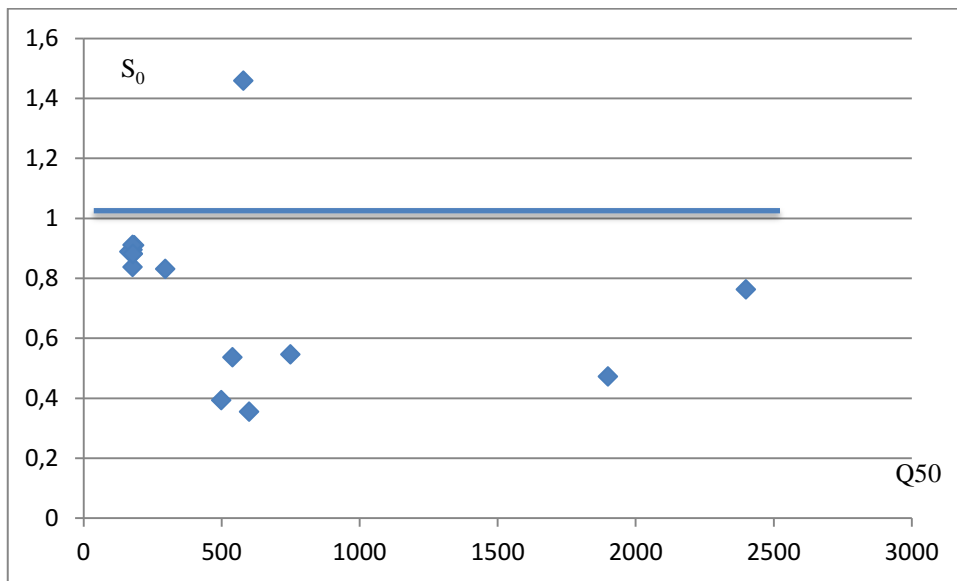


Figure 51 : Relation entre l'indice de classement et la médiane au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).

– **Indice d'asymétrie ou indice de Skewnes (SK)**

Les sédiments étudiés de la zone ont un indice d'asymétrie qui varie entre 0,09 (St S2) et 1,17 (st S5) avec une moyenne de 0,88 (Tableau 6).

Les valeurs de l'indice d'asymétrie sont inférieures à 1, ce qui traduit un tri maximum vers les fins, à l'exception des stations S5, S10 et F3 dont les valeurs de l'indice sont supérieures à 1 et donc un tri vers les grossiers (figure 52).

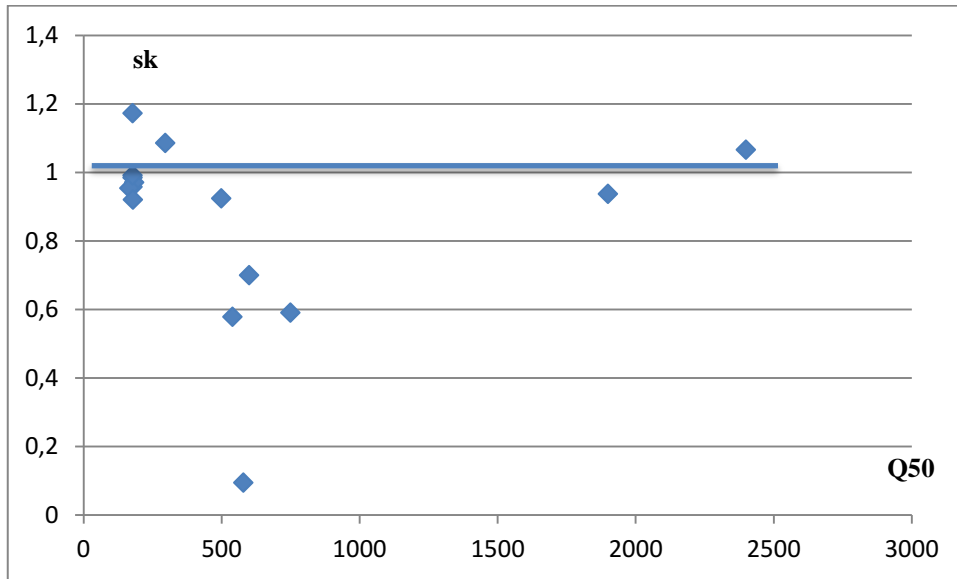


Figure 52 : Relation entre l'indice de Skewnes et la médiane au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).

3.4.2.3. Analyse calcimétrique

Les carbonates de calcium sont présents dans les sédiments côtiers avec des taux allant de 28,01% (St S8) à 51,87% (St S6) avec une moyenne de 35,65% et un indice d'irrégularité de 0,54. Au large, les taux de CaCO_3 dans les sédiments marins varient entre 28,84% (St F6) et 38,83% (St F3) avec une moyenne de 31,88% et un indice d'irrégularité de 0,74 (tableau 5).

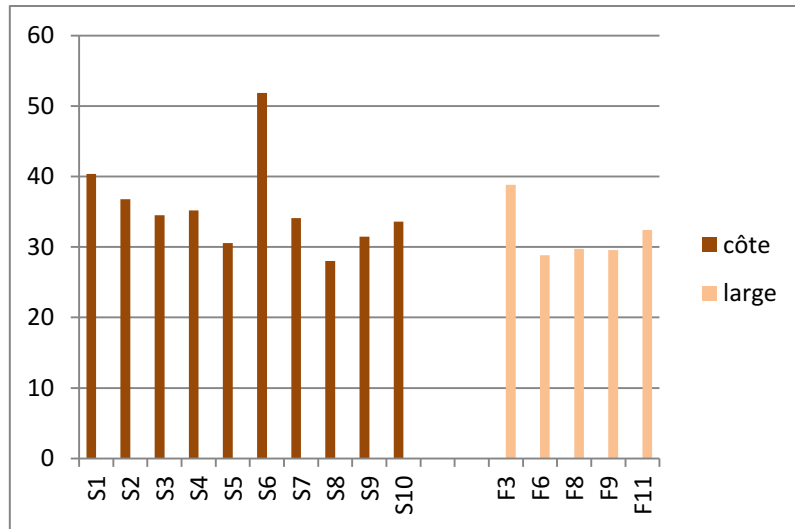


Figure 53 : Variation des taux de carbonate (CaCO₃ %) au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj (2012).

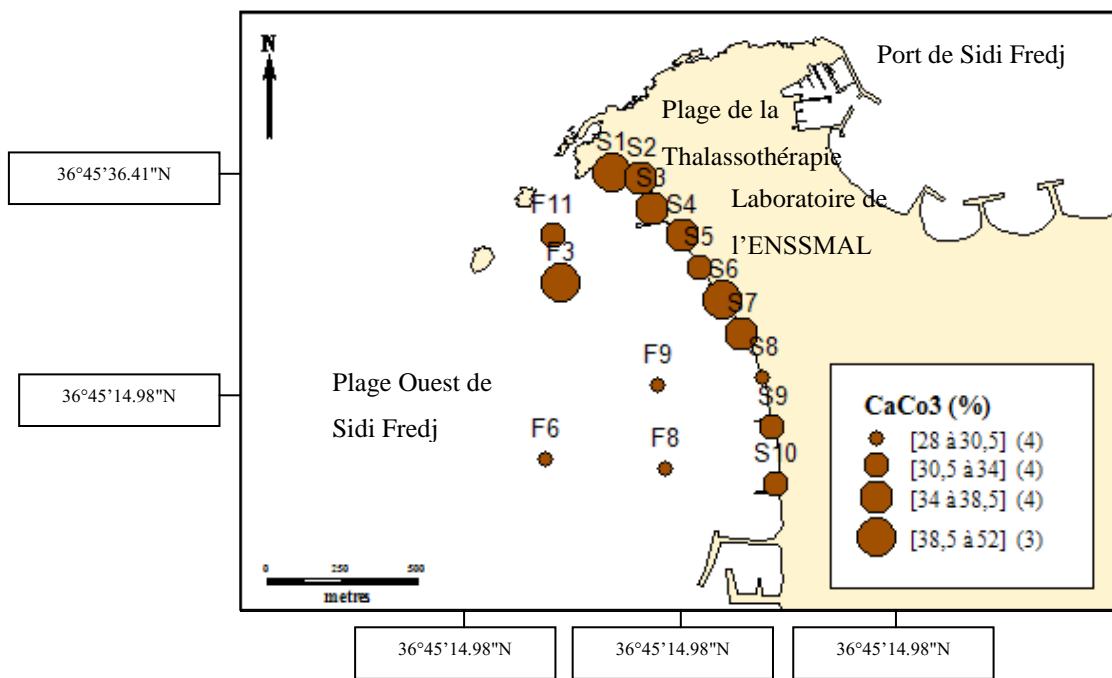


Figure 54 : Répartition des taux de carbonate (CaCO₃ %) au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj (2012).

En général, les carbonates sont considérés comme reflétant la qualité des composants biogènes (calcite et aragonite) et terrigène (calcite) présents dans le sédiment. Les taux

de carbonates ne présentent pas une grande variation, sauf la station C6 sur la côte où un maximum de carbonates est observé (figures 53 et 54).

3.5. Interprétation des résultats des analyses microbiologiques

Tableau 7 : Caractéristiques statistiques des résultats des analyses microbiologiques.

	Coliformes totaux (/100ml)	Coliformes fécaux (/100ml)	Streptocoques fécaux (/100ml)
Minimum	68	0	0
Moyenne	282	1	6
Maximum	282	1	6
Ecart type	156,13	1,60	8,24

D'après le tableau 7 et la figure 55, nous observons des concentrations en dessous des normes impératives (**Jora, 1993 et OMS, 1995**) pour tous les germes indicateurs de pollution ; Coliformes totaux, Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux.

Les coliformes fécaux ne sont pas présents que pour la station C3, après le test d'urée-indole on a confirmé l'absence d'E. Coli.

Pour les germes pathogènes (Salmonelles et Vibrions), les membranes sont passées par deux enrichissements et après l'ensemencement sur les milieux d'isolement, nous avons confirmé l'absence des germes pathogènes dans la zone d'étude.

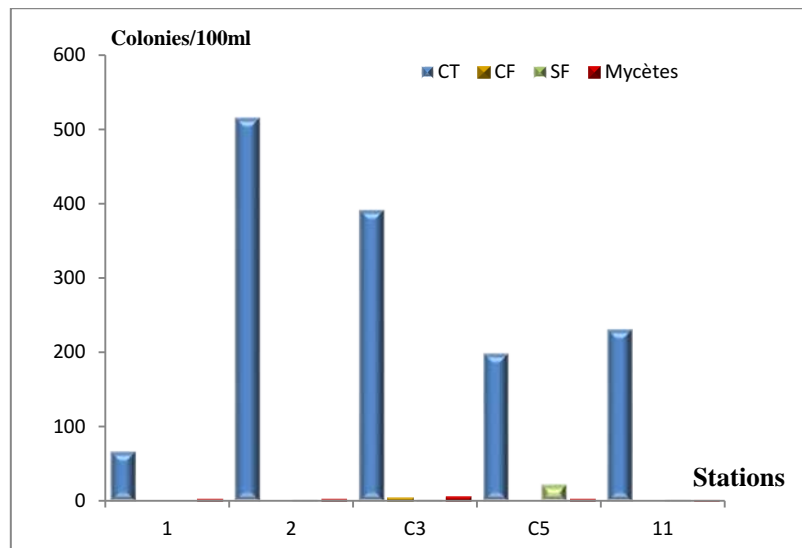


Figure 55 : Concentrations des germes indicateurs de pollution microbienne au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj (2012).

CONCLUSION

CONCLUSION

Cette étude a eu pour objectif l'évaluation de la qualité des eaux de la plage ouest de Sidi Fredj. Pour ce faire nous avons utilisé les paramètres physicochimiques, sédimentologiques, les sels nutritifs et l'étude microbiologique, le tout aurait pu être complété par une analyse des métaux lourds, si ce n'était des circonstances défavorables qui nous ont empêchées de la réaliser.

Pour effectuer nos analyses, 22 stations ont été choisies dont 10 au niveau de la côte et 11 au large de notre zone d'étude.

L'analyse des paramètres physico-chimiques a permis de constater que La zone d'étude présente :

- une température normale qui varie entre 17.3° et 25.2°.
- Des valeurs de pH conformes aux normes, non affectées par les apports d'eau continentale à pH acide, ces valeurs varient entre 8.21 et 8.28.
- Une salinité dans l'intervalle des normes Méditerranéennes, avec des valeurs comprises entre 34.9 et 36.2 PSU.
- Des teneurs en DBO faibles.

Selon les résultats obtenus de l'analyse des sels nutritifs, il se trouve qu'il y a une pollution des eaux provoqué par les rejets urbains.

Une pollution considérable par la matière en suspension et la matière organique, est observée aussi dans la zone d'étude, due à la remise en suspension des particules sédimentées et à la poussée de la biomasse phytoplanctonique par les sels nutritifs et les rejets domestiques.

Concernant la chlorophylle-a, on a obtenu des concentrations plus ou moins importantes au large de notre zone d'étude, ceci est dû essentiellement à l'abondance des sels nutritifs dans le milieu qui favorise le développement des algues.

L'analyse bactériologique montre qu'il ya absence de toute contamination pathogène.

L'étude sédimentologique montre qu'il ya une distribution assez classique des sédiments moyens bien classés, avec des taux de carbonates plus ou moins importants.

La pollution la plus importante dans notre zone d'étude reste la pollution par les sels nutritifs, mais cela est facilement remédiable par le traitement des eaux issues des rejets.

Une bonne gestion et un contrôle soutenu de tous les facteurs et les phénomènes agissant sur l'environnement de ce site, permettraient d'avoir une action préventive efficace en termes de protection de l'environnement et du littoral.

Il reste évident que cette modeste recherche, comme toute recherche de ce niveau, comporte certaines limites de tout genre. Il n'en demeure pas moins que les résultats obtenus permettent d'envisager d'autres études du même genre en prenant le temps que cela exige et surtout en y mettant les moyens matériels conséquents.

Références bibliographiques

- ALZIEU C., ABARNOU A., BASSOULLET A ET BOUTUER B., 1999.** Dragage et environnement marin : Etats des connaissances. Ed. Ifremer, 223p.
- AMINOT A. ET CHAUSSEPIED M., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre national pour l'exploitation des océans. *Edition : CNEXO, Brest, France, 396 p.*
- AMINOT A., KEROUEL R., 2004.** Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses .Éd. IFREMER, paris, 336p.
- BACHARI HOUMA F., 2009.** Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire, 236p.
- BELLAHCENE Y., 2002.** Le port de Sidi Fredj: Dragage et site de dépôt des matériaux. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'études universitaires appliqués, I.S.M.A.L., 52 p.
- BENMESSAOUD F., 2007.** Qualité physico-chimique, métallique et bactériologique des eaux de l'estuaire du Bou Regreg et impact sur la biologie et la démographie de *Venerupis decussata* (LINNE, 15758) et *Cardium edule* (LINNE, 1767), 291 p.
- 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.
- BERGEY'S Manual** of Systematic Bacteriology, vol. 2, pp. 999 1103 (Ed. JP Butler). Baltimore, MD: Williams & Wilkins
- SCHLEIFER, KH & KILPPER-BALZ, R. 1984** Transfer of *Streptococcus faecalis* and *Streptococcus faecium* to the genus *Enterococcus* nom.
- BOUAZIZ T., DJERRAI N., 2010.** Etude des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques des eaux de mer et des sédiments dans le port de plaisance de « Sidi Fredj », en vue d'immersion, 75p.
- BOULAHDID M., 1987.** Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Etude du mélange des masses d'eaux et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan. *Thèse de Doctorat, Université de Paris VI, France, 266 P.*
- BOURGEOIS C. M., 1990.** Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire. (Tome I). Ed. Technique & documentation, Lavoisier, Paris, 422 p.
- BURNS K.A. AND SALIOT A, 1986.** Petroleum hydrocarbons in the Mediterranean sea: A mass Balance. *Marine Chemistry*, 20, Elsevier Science Publishers B.V, p.141-157.

- CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC. , 2012.** Détermination de la chlorophylle a : méthode par fluorométrie, MA. 800 – Chlor. 1.0, Rév. 2, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 16 p.
- COPIN-MONTEGUT. G., 1996.** Chimie de l'eau de mer. *Ed Institut océanographique. Paris*, 319p.
- FIGARELLA J., LEYRAL G., TERRET M., 2001.** Microbiologie générale et appliquée. Ed. Jacques Lanore. 285p.
- Folk. R. I., Ward. W. C., 1957.** Brazos river bar : a study of significance of grain size parameters. *J. Sediment. Petrol.* 27 : pp 3-26.
- GALAF F., GHANNAM S., 2003.** Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un Web sur la pollution du milieu marin, 36p.
- GAUJOUS D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Edition Technique et Documentation Lavoisier, 220p.
- GERARD COPIN-MONTEGUT., 2002.** Propriétés physiques de l'eau de mer. *Ed Institut océanographique. Paris*, 29p.
- GERARD J. T., BERDELL R. F. ET, CHRISTINE L. C., 2003.** Introduction à la microbiologie. Ed. ERPI, Québec, Canada, 945 p.
- GOMELLA C., GUERREE H., 1978.** Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Edition Eyrolles Paris, 262p.
- GUIRAUD JP., 1998.** Microbiologie alimentaire. Ed. Dunod, 652p.
- 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.*
- HART T. ET SHEARS P., 1999.** Atlas de poche de microbiologie. Ed. Flammarion, Paris, 313 p.
- IAEA, 1997.** Standard operating procedure for trace metals determination. Marine Environment Laboratory, Monaco, 44p.
- IAEA, 2001.** The analytical performance study for MEDPOL Region: determination of trace metal and methyl mercury in estuarine sediment samples. IAEA 405, 64p.
- LAAMA C., 2009.** Contribution à l'étude des paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux du port d'Alger, 45p.
- LACAZE J.C.,1996(a).** La pollution des mers. *Edition: DOMINOS Flammarion, France*, 128p.

- LE PIMPEC, P., LIÉNARD, A., BONNARD, R., LAFONT, M., CAZIN, B., BOSSARD, PH., HUBERT, B., BRAY, M., 2002.** Guide pratique de l'agent préleveur chargé de la police des milieux aquatiques, Cemagref Éditions, 159 p.
- LECLERC H., GAILLARD J.L., SIMONET M., 1995.** Microbiologie générale : la bactérie et le monde bactérien. Edition Doin, 535p.
- LEVÊQUE C., 1996.** Ecosystèmes aquatiques. *Les fondamentaux, Ed. Hachette.* 159p.
- MANUEL DE BERGEY., 1984.** Systematic bacteriology ; 9th edition.
- MIQUEL G., 2001.** Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 346 p.
- MULLIN J. B. ET RILEY J. P., 1955.** The spectrophotometric determination of silicate-silicon natural waters with special reference to sea water. *Anal. Chim. Acta*, 12: 162-170p.
- 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, 168p.
- RAIMBAULT P. ET BOUDJELLAL B., 1997.** Dosage de la chlorophylle par fluorométrie : Recueil des données de la campagne MINOS (Mediterranean Investigation Oligotrophe Systems). MATER (MAST III)., Edt et **PATRICK RAIMBAULT.** INSU, CNRS GDR 869 (PSOO). TFRIMER, 96p.
- RAMADE F., 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. *Edition: Ediscience International, France, pp 690-428.*
- REJSEK F., 2002.** Analyse des eaux : Aspects Réglementaires et Techniques. Edition SCEREM, 360p.
- RODIER J., BAZIN C., CHAMBON P., BROUTIN J.-P., CHAMPSAUD H., RODI L., 1996.** Analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8^{ème} édition. Edition DUNOD, Paris, 1983p.
- SHARPE M. E., 1979.** Identification of the lactic acid bacteria, identification methods for microbiologists. Skinner F.A and D.W, Lovelock (Edi). Academic press (London). P1233 – 1255.
- SINGLETON P. ET SAINSBURY D., 1984.** Bactériologies. Ed. MASSON, 158 p.
- TAIEB ERRAHMANI D., 2009.** Etude de la pollution et de la géochimie par les métaux traces et les radioéléments dans les sédiments de la baie d'Alger. Mémoire d'ingénieur, ISMAL, 79p.
- TARMOUL F., SADI M., 2007.** Détermination de la pollution résiduelle d'une station d'épuration par lagunage naturel « cas de Bni Messous », 53p.

TAZI C., TOUAHIR N., 2011. Détermination de l'influence des rejets d'eaux usées brutes sur l'aqualité bactériologiques et physico-chimique des eaux de mer : cas d'EL KATAR (à proximité du port de Cherchell, wilaya de Tipaza), 76p.

TIDADINI M. L. et AMDOUN A., 2003 : Etude hydrobiologique de lac du barrage de Boukourdane (wilaya de Tipaza): Variation spatio-temporelle du peuplement zooplanctonique, physico-chimique, composition spécifique du plancton. *Mém. d'Ing. d'Etat en aquaculture*, U.ST.H.B., 110p.

U.S NAVAL WEATHER COMMAND., 1963 - 1970.

WOOD E. P. K., AMSTRONG 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: 23-31p.

ZOUREZ. O.H. ET FERHANI. K, 2003. Étude physicochimiques et biologique d'un écosystème aquatique : barrage de boukourdane (Wilaya de Tipaza). *Mém. Ing. Alient.* ISMAL. Alger,

Logiciels utilisés

-Google Earth 2012.

-Map Info 10.5.

ANNEXES

Annexe1

Matériel et outils nécessaires pour le prélèvement :

- Une carte géographique de la zone d'étude, ou sont clairement indiqués et numérotés les points de prélèvements (stations) ;
- Des sachets en plastique prévu pour contenir des flacons en plastique (250ml) pour les (MES), (150ml) pour les (SN et chlorophylle), étiquetés à l'aide d'un feutre indélébile à chaque station ;
- Des sachets en plastique prévu pour contenir le sédiment, pour l'analyse de (MO), des métaux lourds et pour la granulométrie ;
- Des bouteilles en verre stérilisées de 500ml pour l'analyse microbiologique ;
- Une glacière ;
- Des appareils de mesures ;
- Benne van Veen ;
- Bouteille à renversement de marque ?

Verrerie utilisée

- Bécher ;
- Burette ;
- Erlenmeyer ;
- Fiole jaugée ;
- Pipette graduée ;
- Tubes à essai.



Annexe 2

1. Protocole de nettoyage de la vaisselle de laboratoire

Ce protocole concerne toute la vaisselle utilisée au laboratoire mais aussi le matériel nécessitant un prétraitement avant utilisation.

Nettoyage de la vaisselle :

Toute la vaisselle utilisée au laboratoire doit être rincée après utilisation à l'eau courante, puis à l'eau déminéralisée. Après passage à l'eau déminéralisée la vaisselle est placée à l'étuve à 60°C, pendant au minimum une nuit, puis rangée. Dans le cas où la vaisselle est très sale, il est nécessaire de la laisser tremper une nuit dans un bac de détergent, de la rincer à l'eau courante et de la laisser tremper une autre nuit dans des bacs d'acide (H₂SO₄ 1%). La suite du rinçage avant séchage se fait comme énoncé précédemment. De même pour les tubes ayant servi à un dosage, il est nécessaire de les rincer à l'eau courante et de les laisser tremper 24h dans des bacs à acide avant de les rincer à l'eau et de les faire sécher à l'étuve.

2. Nettoyage du matériel pour la détermination des métaux traces

Réactifs

- HNO₃ (65% pour l'analyse, ISO, Merck).
- Détergent spécial de laboratoire (Micro).
- Eau Milli-Q déionisée (>18 MΩ cm, Millipore).

Procédure

1. Laisser tremper le matériel toute une nuit dans une solution de savon (Micro 2% dans de l'eau du robinet). Dans un bac en plastique.
2. Rincer abondamment d'abord avec de l'eau du robinet, puis avec de l'eau Milli-Ro.
3. Laisser tremper le matériel dans une solution d'acide nitrique 10% (v/v) pendant au moins 6 jours à température ambiante.
4. Rincer abondamment avec de l'eau Milli-Q (au moins 4 fois).
5. Mettre le matériel à sécher sous une hotte à flux laminaire.
6. Stocker le matériel dans des sacs en polyéthylène fermés hermétiquement, pour prévenir le risque de contamination.

3. Prétraitement des flacons de prélèvement des SN

- Rinçage à l'eau de robinet ;
- Rinçage à l'eau acidulée (HCL à 5%) ;
- Rinçage à l'eau bi-distillée 2 fois et fermeture hermétique et immédiate des flacons.

Lors des prélèvements chaque flacon est rincé 2 fois à l'eau de mer de l'échantillon (à chaque station) avant son remplissage.

Annexe 3

Mode opératoire pour la mesure des (MES)

- **Appareillage**

- Dispositif de filtration sous vide de marque **Sartorius stedim** ;
- Membranes filtrantes de type **whatman GF/C** de Φ 47mm et de porosité 0.45 μ m ;
- Balance **Pioneer**TM de précision 10^{-4} ;
- Etuve de marque ;
- Four à moufle ;
- Eprouvette graduée de 250 ml, pinces non oxydables et des boites avec couvercles.;
- Dessiccateur.

- **Préparation des filtres au laboratoire**

- Les filtres GF/C sont mis dans l'eau acidulée (HCl à 5%) pendant 24 heures, rincés abondamment à l'eau distillée, puis séchés à l'étuve pendant 24 heures à 70 °C ;
- Placer chaque filtre dans une boîte à filtre préalablement étiquetée, et placer dans un dessiccateur pour refroidir ;
- Peser le filtre pour avoir P1 mg ;
- Replacer aussitôt chaque filtre dans sa boîte, à l'abri de la poussière.

- **Filtration de l'eau de mer**

- Agiter l'échantillon prélevé avant sa filtration ;
- Mesurer aussitôt le volume à filtrer (VF= 250 ml) ;
- Placer un filtre et le centrer dans le dispositif de filtration ;
- Verser l'échantillon sur le filtre et appliquer le vide et filtrer progressivement tout le volume mesuré ;
- Supprimer l'aspiration dès que le filtre est à sec et verser alors 5 à 10 ml d'eau distillée ;
- Remettre chaque filtre dans sa boîte numérotée ;
- Mettre les boîtes à sécher immédiatement.

- **Séchage et pesée des filtres**

- Mettre les boîtes contenant les filtres, sans le couvercle, dans une étuve exempte de poussières à 105°C pendant 2 h ;
- Laisser refroidir dans un dessiccateur et n'en sortir les filtres que juste avant la pesée ;
- Peser chaque filtre P2 mg.

Annexe 4**Dosage des sels nutritifs****Dosage des sels nutritifs****1. Dosage de l'ammonium****1.1 Réactifs****1.1.1 Solution tampon**

Produits chimiques exigés :

C ₄ H ₄ O ₆ KNa.4H ₂ O	33 g.
Citrate de sodium C ₆ H ₅ O ₇ Na ₃ .2H ₂ O	24 g.
Acide sulfurique H ₂ SO ₄ (1N).....	x ml.
Eau distillée H ₂ O.....	1000 ml.
Brij 35 (30 %)	2 ml.

Préparation

Dissoudre le tartrate de potassium et de sodium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajouter le citrate de sodium et dissoudre. Ajuster le pH à 5 avec la solution d'acide sulfurique.

Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le Brij 35 et mélanger.

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

- **Solution de phénol**

Produits chimiques exigés :

Phénol C ₆ H ₅ OH	6g.
Hydroxyde de sodium NaOH.....	40 g.
Eau distillée H ₂ O.....	1000 ml.

Préparation

Dissoudre le phénol dans ± 50 ml d'eau distillée. Ajouter l'hydroxyde de sodium. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 1 semaine.

- **Solution d'hypochlorite de sodium**

Produits chimiques exigés :

Solution d'hypochlorite de sodium NaClO (13 % de chlore actif)	200 ml.
Eau distillée H ₂ O.....	800 ml.

Préparation

Diluer la solution d'hypochlorite de sodium dans ± 700 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

- **Solution de nitroprussiate de sodium**

Produits chimiques exigés :

Nitroprussiate de sodium $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,5 g.

Eau distillée H_2O 1000 ml.

Préparation

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

Note :

Conserver dans une bouteille à couleur sombre.

La solution est stable pendant 1 semaine.

Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée H_2O .

1.2. Préparation des solutions étalons

- **Solution mère de 100 ppm N (*)**

Produits chimiques exigés :

Chlorure d'ammonium NH_4Cl 0,3819 g.

Eau distillée H_2O1000 ml.

Préparation

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

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

- **Solution fille de 10 ppm N**

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

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

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{moles/l}$ de NH_4^+ .

2. Dosage des nitrites + nitrates

2.1. Réactifs

2.1.1.Solution tampon

Produits chimiques exigés :

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

Préparation

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

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

- **Réactif colorant**

Produits chimiques exigés :

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

Préparation

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

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

- **Liquide de rinçage :**

Eau fraîchement distillée H_2O (régénérée chaque semaine).

2.3.Préparation des solutions étalons

- **Solution mère de 100 ppm N (*)**

Produits chimiques exigés :

Nitrate de sodium NaNO_3	0,6068 g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.

Préparation

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

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

- **Solution fille de 10 ppm N**

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

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

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{moles/l}$ de N-NO_3^- ou de N-NO_2^- puis en $\mu\text{moles/l}$ de NO_3^- ou de NO_2^- .

- **Préparation de la colonne réductrice**

Solution d'acide chlorhydrique (4N)

Produits chimiques exigés :

Acide chlorhydrique HCl (32 %) 400 ml.

Eau distillée H₂O 600 ml.

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

Cadmium

Produits chimiques exigés :

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

Procédure de remplissage :

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

Note : Eviter que l'air rentre dans la colonne.

Les granules de cadmium activés peuvent être stockés sec, dans une bouteille bien fermée.

3. Dosage des orthophosphates

3.1.Réactifs

3.1.1. Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés :

Tartrate de potassium et d'antimoine

$K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 5H_2O$ 230 mg.

Acide sulfurique H_2SO_4 (97 %) 69,4 ml.

Molybdate d'ammonium $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ 6g.

Eau distillée H_2O 1000 ml.

FFD6 2 ml.

Préparation

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

Note :

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

- **Solution d'acide ascorbique**

Produits chimiques exigés :

Acide ascorbique $C_6H_8O_6$ 6g.

Acétone C_3H_6O 60 ml.

Eau distillée H_2O 1000 ml.

FFD6 2 ml.

Préparation

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

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

3.2.Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H_2O (régénérée chaque semaine).

3.3.Préparation des solutions étalons

- **Solution mère de 100 ppm P (*)**

Produits chimiques exigés :

Dihydrogène o-phosphate de potassium KH_2PO_4	0,4394 g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.

Préparation

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

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

- **Solution fille de 10 ppm P**

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

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

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

4. Dosage des silicates**4.1.Réactifs****4.1.2.1 Solution d'acide sulfurique****Produits chimiques exigés :**

Acide sulfurique H_2SO_4 (97 %)	10 ml.
Eau distillée H_2O	1000 ml.
FFD6	2 ml.

Préparation

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

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

Solution de molybdate d'ammonium**Produits chimiques exigés :**

Molybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	20g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.
FFD6	2 ml.

Préparation

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

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

Solution d'acide oxalique

Produits chimiques exigés :

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

Eau distillée H_2O1000 ml.

Préparation

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

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

Conserver à $4^\circ C$ quand la solution n'est pas utilisée.

4.2.Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H_2O .

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

4.3. Préparation des solutions étalons

4. Solution mère de 100 ppm Si (*)

Produits chimiques exigés :

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

Eau distillée H_2O1000 ml.

Préparation

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

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

5. Solution fille de 10 ppm Si

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

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

Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{moles/l}$ de SiO_4^{4-}

Annexe 5

Dosage de la chlorophylle a par fluorométrie

1. Appareillage et matériel

Le matériel utilisé doit être exempt de toute trace de contaminant organique, inorganique ou biologique. Une procédure de lavage adéquate est de rigueur.

- Equipement de filtration de marque « Sartorius stedim » avec filtres en fibre de verre (GF/F, de porosité environ 0,45µm et de diamètre 25mm).
- Tubes de mesure en verre.
- Centrifugeuse Hettich ZENTRIFUGEN de type EBA 30, avec 12 postes de porte-Filtre.
- Spectrophotomètre fluorescence de marque HITACHI, modèle 650 S, équipé d'une lampe « Xénon » qui est la source du rayonnement UV.
- Cuve en quartz de 1 cm de trajet optique, pinces, éprouvettes.

2. Réactifs et étalons

- Solution de méthanol pur à 99.7% pour l'extraction.
- Solution de carbonate de magnésium (MgCO₃) à 1% (Ajouter 1 g de MgCO₃ en poudre fine dans 100 ml d'eau déminéralisée).
- Solution mère de chlorophylle a à une concentration de 0.1 µg/l (conserver au congélateur)
- Solutions étalons de chlorophylle a dans méthanol 99.7 %, à des concentrations de 2, 5,10, 15, 20 µg/l.
- Acide chlorhydrique (HCL) 0,5 N.

Annexe 6

Analyse granulométrique

Tableau 1 : Diamètres des grains et appellations correspondants à la norme française (AFNOR.1994).

Diamètre maximum	Appellation	Diamètre minimum
200 mm	Cailloux	20 mm
20 mm	Graviers	2 mm
2 mm	gros sables	0,2 mm
0,2 mm	sables fins	20 μm
20 μm	Limons	2 μm
2 μm	Argiles	< 2 μm

Tableau 2 : Classification des grains de sable (Folk et Ward, 1957)

Diamètre du grain	Classification
< 110 μm	Sable très fin
110 - 150 μm	Sable fin
150 - 250 μm	Sable moyen
250 - 500 μm	Sable grossier
> 500 μm	Sable très grossier

Tableau 3 : Classement des sédiments selon l'indice de Trask S_0 . (Folk ,1966).

Indice	Signification
$S_0 < 1$	Sédiment très bien classé
$1 < S_0 \leq 2,5$	Sédiment bien classé
$2,5 < S_0 \leq 3$	Sédiment normalement classé

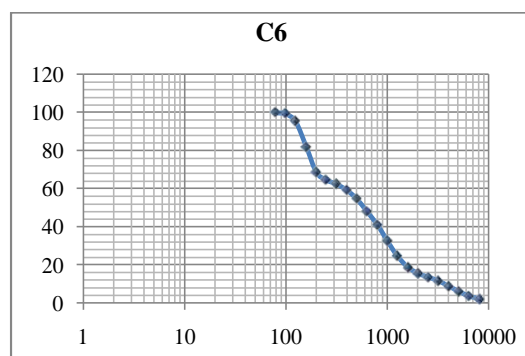
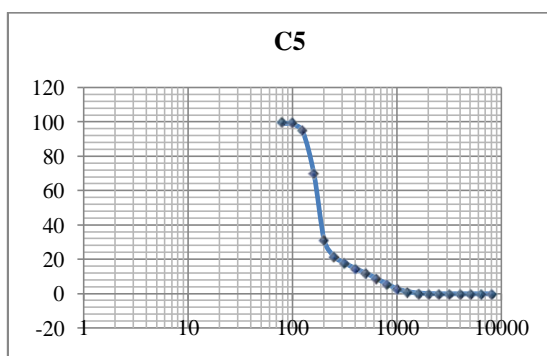
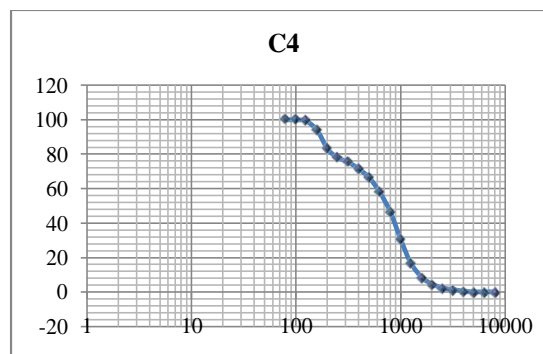
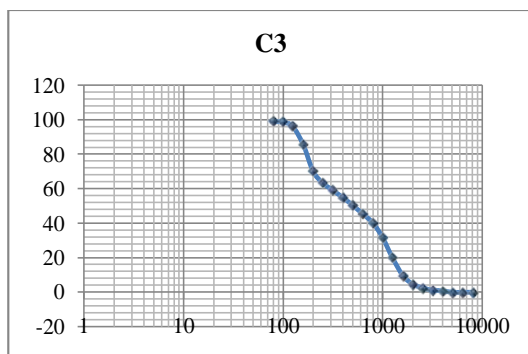
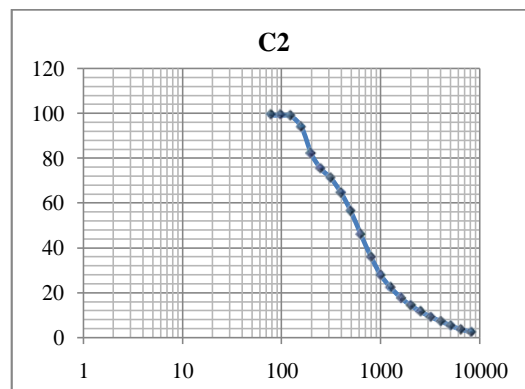
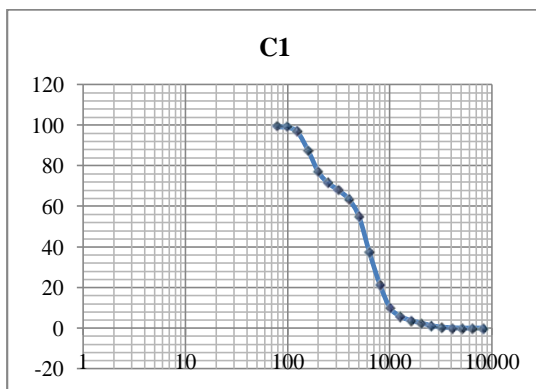
Tableau 4 : Résultats des indices et paramètres graphiques granulométriques.

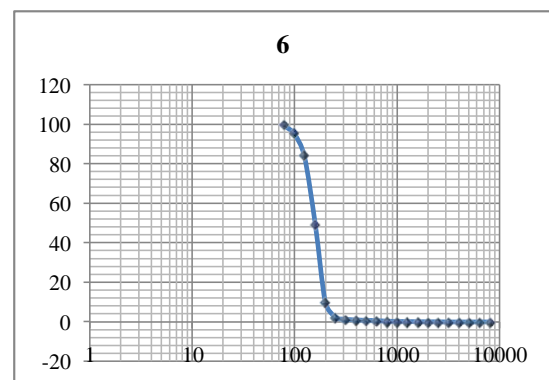
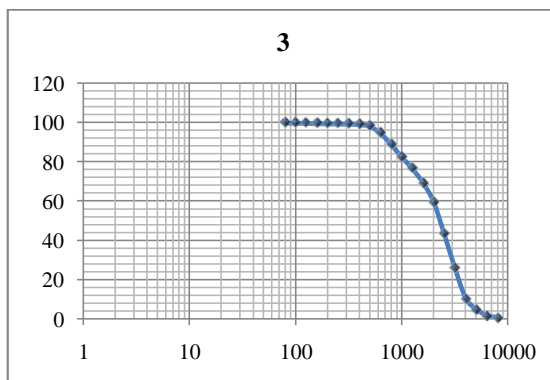
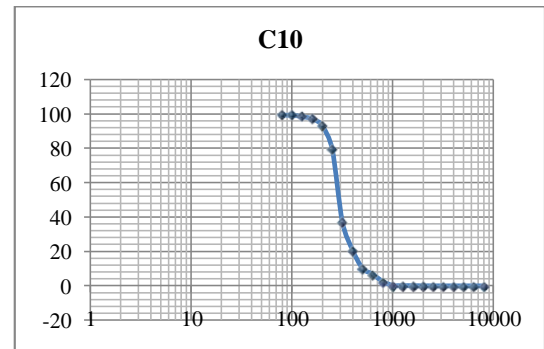
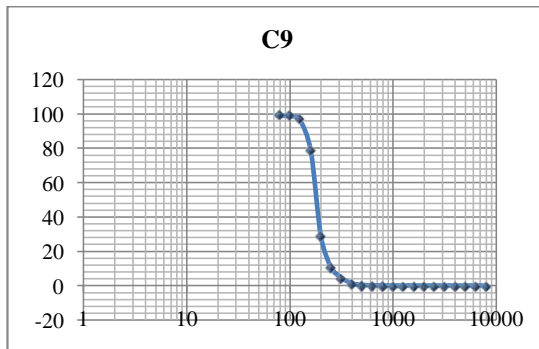
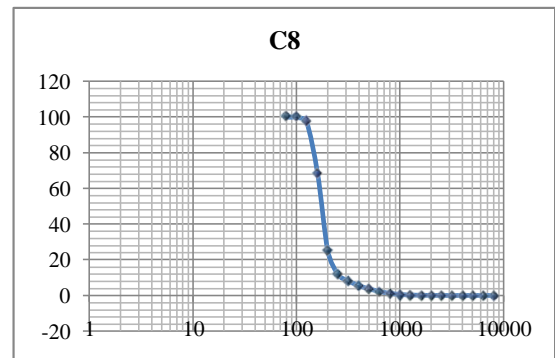
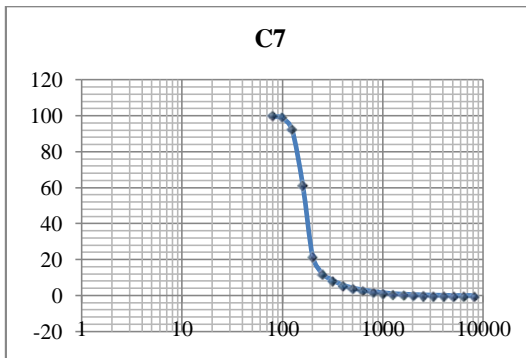
Stations	Q ₂₅	Q ₅₀	Q ₇₅	S0	SK
S1	766,66	540	220	0,53568556	0,57841289
S2	122,22	580	260	1,45853056	0,09446254
S3	1222,22	500	188,88	0,3931138	0,92341165
S4	1055,55	750	314,28	0,54565604	0,5897569
S5	230	177,78	161,11	0,83694579	1,17242354
S6	1416,66	600	177,78	0,354249	0,69959393
S7	194,44	177,78	155,55	0,89442144	0,95695127
S8	200	177,78	155,55	0,88190136	0,98431524
S9	200	184,61	165,38	0,90934042	0,97051564
S10	372,73	297,14	257,14	0,83059181	1,0855298
F3	3250	2400	1888,33	0,76224971	1,06546398
F6	183,33	166,66	144,44	0,88761978	0,95336293
F8	194,44	177,77	161,11	0,91026625	0,99126818
F9	196	180	152	0,88063057	0,91950617
F11	3900	1900	866,67	0,47140543	0,93629169

Tableau 5 : Résultats de la fraction fine et de la calcimétrie.

stations	Pélites (%)	CaCo3 (%)
S1	1,53958944	40,3795
S2	1,01326578	36,7885
S3	1,34648714	34,496
S4	1,8	35,195
S5	1,73321779	30,532
S6	1,24658356	51,872
S7	4,56636224	34,0955
S8	1,75988267	28,0125
S9	1,46	31,483
S10	1,27333333	33,5995
F1	/	/
F2	/	/
F3	0,6	38,8275
F4	/	/
F5	/	/
F6	5,65	28,8415
F7	/	/
F8	2,78	29,7355
F9	3,31132075	29,5695
F10	/	/
F11	1,28497167	32,4115

Courbes cumulatives granulométriques des poids des refus des tamis en fonction des diamètres des diamètres des tamis (μm).





Annexe 7**Tableau 6** : Résultats des paramètres physico-chimiques lors de la 1^{ère} sortie sur la côte.

stations	longitude	Latitude	T (°C)	S (PSU)	C (Ms/cm)	Ph
S1	2,840543	36,761318	18,8	35,9	49,15	8,17
S2	2,841631	36,761155	18	36,2	49,56	8,11
S3	2,842031	36,760259	18,7	34,4	47,1	8,18
S4	2,8431351	36,759445	17,9	36,1	49,43	8,33
S5	2,843788	36,758477	18,3	36,2	49,56	8,44
S6	2,844667	36,757545	18,7	36	49,29	8,31
S7	2,84539	36,756522	18,6	36,2	49,56	8,34
S8	2,846165	36,755199	19	36	49,29	8,34
S9	2,846502	36,753765	19,1	36,1	49,43	8,4
S10	2,846606	36,752053	18,9	36,3	49,7	8,44

Tableau 7 : Résultats des paramètres physico-chimiques lors de la 3^{ème} sortie sur la côte.

stations	longitude	latitude	T (°C)	S (PSU)	C (Ms/cm)	Ph
S1	2,840543	36,761318	24,6	35,3	48,4	8,34
S2	2,841631	36,761155	23,7	35,7	48,6	8,31
S3	2,842031	36,760259	23,7	35,5	48,3	8,28
S4	2,8431351	36,759445	23,4	35,5	48,3	8,25
S5	2,843788	36,758477	23,5	35,4	48,2	8,26
S6	2,844667	36,757545	24,2	35,7	48,6	8,27
S7	2,84539	36,756522	23,3	35,8	48,6	8,21
S8	2,846165	36,755199	25,2	35,4	48,1	8,22
S9	2,846502	36,753765	25,1	35,3	48	8,2
S10	2,846606	36,752053	23,8	35,6	48,4	8,22

Tableau 8 : Résultats des paramètres physico-chimiques dans les eaux superficielles lors de la 2^{ème} sortie (large).

stations	longitude	latitude	T (°C)	S (PSU)	C (Ms/cm)	pH
F1	2,83388889	36,75666667	17,55	36,45	49,8	8,22
F2	2,83722222	36,75861111	17,5	36,35	49,9	8,23
F3	2,83861111	36,75805556	17,45	36,5	49,9	8,25
F4	2,84027778	36,75583333	17,75	36,35	49,8	8,3
F5	2,84027778	36,75444444	17,5	36,45	49,9	8,29
F6	2,83805556	36,75277778	17,35	36,45	49,95	8,28
F7	2,83944444	36,75111111	17,4	36,4	49,85	8,29
F8	2,8425	36,7525	17,75	36,35	49,75	8,26
F9	2,84222222	36,755	17,8	36,5	49,85	8,26
F10	2,84027778	36,7575	17,75	36,5	49,9	8,33
F11	2,83833333	36,75944444	18,2	36,4	49,8	8,35

Tableau 9 : Paramètres indicateurs de pollution.

stations	MES	MO (%)Séd	chloro
S1	17,5656472	1,85504848	/
S2	12,1678322	8,61134711	0,07368421
S3	80,8	24,8988064	/
S4	156,187879	2,87736479	/
S5	102,8	4,50621569	0,23578947
S6	53,3022837	14,0127228	/
S7	35,4077519	3,96455424	/
S8	445,376071	5,99946128	/
S9	38,8110236	11,6087434	0,17684211
S10	37,2508772	2,49650085	/
F1	39,02	Roche	0,003902
F2	36,18	Roche	0,003618
F3	42,24	1,69421943	19,415862
F4	42,22	Roche	0,004222
F5	42,88	Roche	0,004288
F6	42,96	3,41750006	14,422898
F7	42,92	Roche	0,004292
F8	40,1	2,66298142	14,869755
F9	50,26	3,58854095	14,787263
F10	44,84	Roche	0,004484
F11	45,72	3,47467154	16,208036