

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministères 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



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME

D'INGENIEUR EN SCIENCE DE LA MER

OPTION : ENVIRONNEMENT

Thème : Etude des paramètres physico-chimiques et microbiologiques de l'eau et des sédiments des deux plages Est et Ouest de sidi Fredj.

Présenté par :

- ♦ Mlle. BELARBI Nadia
- ♦ Mlle. LIMANI Fatima

Soutenu le 01/ 07/ 2018 devant le jury suivant :

Président : Mr SEFIANE. O

Maitre de conférences à l'ENSSMAL

Examineur : BOUGHRIRA. A

Maitre assistant à l'ENSSMAL

Examineur : FERNANE. L

Maitre assistant à l'ENSSMAL

Promotrice : Mme KHELIFA. N

Maitre de conférences à l'ENSSMAL

Co -promotrice: Mlle AMROUCHE. L

Maitre assistant à l'ENSSMAL

2017/2018

Remerciements

Ce travail a pu être réalisé grâce à;

Mesdames Nedjma KHELIFA, Enseignante chercheur à l'Ecole National supérieur des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littorale (ENSSMAL) qui a accepté de nous encadrer et Linda AMROUCHE Enseignante chercheur à (ENSSMAL) qui a accepté de codiriger ce travail. Nous les remercions pour la confiance qu'elles nous ont témoignée, pour l'intérêt qu'elles ont porté à notre travail, pour leurs judicieux conseils qui ont contribué à alimenter notre réflexion et pour nous avoir initiés à la recherche. Qu'elles trouvent ici notre profonde gratitude.

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

Nos vifs remerciements vont aussi à Monsieur FERNANE. L, maitre assistant à l'ENSSMAL et à Monsieur BOUGHRIRA. A, maitre assistant à l'ENSSMAL pour nous avoir honorés de leur présence en acceptant d'examiner ce travail et de le juger.

Nous n'oublions pas dans nos remerciements tout le personnel et l'équipe des laboratoires de Dely Ibrahim et de Sidi Fredj que nous avons côtoyé, en particulier Mesdames ; Houda GUERROUMI, Yasmine ZAIDI, Soraya CHIOUKH, Nabila EDDALIA.N, et Messieurs Nouredine DJERRAI, Youcef MAATOUK. et Benyahia BOUDJLAL qui nous ont facilité notre tâche.

Nous ne pourrons terminer ces remerciements sans y associer le personnel de la bibliothèque et surtout Monsieur Ben Sidi Ahmed Cherif pour leurs conseils, leurs aides et surtout leurs gentillesse et leur bonne humeur. Qu'ils trouvent ici notre sincère reconnaissance.

Enfin à toutes et à tous nous leur disons merci.

Dédicaces

A mon chère papa Yousef.

A ma chère maman Tassaadit.

A mes chers frères, Samir, Mohamed, Hakim, Aissa, Abdessalam.

A ma chère sœur Kamilia.

A mon chère amis Mehdi.

A mon amie et binôme Fatima.

A tous ceux qui me sont chers.

Nadia.

Dédicaces

Ma chère maman Zohra.

Mon chère papa Mohamed.

A mes grands pères et grandes mères.

Mes chères sœurs, Naima, Saida, Fatiha, Hanane et Fayza.

Mon chère frère Ahmed et sa femme.

Mon chère frère Nacer.

Mon chère amie et binôme Nadia.

Tous ce qui me sont chères.

Fatima.

Sommaire

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Généralités	
Partie : I- La pollution marine.....	3
I. Introduction	3
I.1.les différents types et sources de pollution.....	3
I.2. Les descripteurs de pollution de l'eau de mer	4
I.2.1.Les paramètres physico-chimiques	4
I.2.1.1.La température	4
I.2.1.2.La salinité	4
I.2.1.3.pH.....	4
I.2.1.4.L'Oxygène dissous.....	5
I.2.1.5.Matière en suspension (MES)	5
I.2.1.6.Matière Organique Particulaire (MOP)	5
I.2.1.7.La Turbidité	6
I.2.2.Les descripteurs hydrologiques.....	6
I.2.2.1.L'Azote.....	6
a-L'Azote Ammoniacal ($\text{NH}_3^+/\text{NH}_4^+$)	6
b- L'Azote Nitreux (NO_2^-)	6
c- L'Azote Nitrique (NO_3^-)	7
I.2.2.2.Les Phosphates (PO_4^{3-})	7
I.2.2.3.Les Silicates (SiO_2^-)	7
I.2.3.Les polluants inorganiques.....	8
I.2.3.1.Les Eléments Traces Métalliques (ETM)	8
I.2.3.1.1.Présentations des principaux métaux lourds à étudier	8
a- Le Plomb (Pb)	9
b- Le Cadmium (Cd)	9
c- Le Zinc (Zn)	9
I.2.3.1.2. Devenir et comportement des métaux lourds dans l'environnement.....	9
I.2.4.Les polluants organiques.....	10
I.2.4.1.Les Hydrocarbures (HC)	10
I.2.4.1.1. Les différents types d'Hydrocarbures	10
I.2.4.1.2.Les principales sources des Hydrocarbures	10
I.2.4.1.3. Comportement des hydrocarbures dans le milieu naturel.....	11

I.2.4.1.4. Concentration des hydrocarbures dans l'environnement	11
I.3. Les Sédiments	12
I.3.1. Généralité sur les sédiments	12
I.3.2. Définition des sédiments	12
I.4. Les paramètres microbiologiques	13
I.4.1. Les Germes indicateurs de contamination fécale	13
I.4.1.1. Les Coliformes	13
a- Les Coliformes Totaux (CT)	13
b- Les Coliformes thermotolérants	13
I.4.1.2. Les Streptocoques Fécaux (SF)	13
I.4.2. Les germes pathogènes	14
I.4.2.1. Les Salmonelles	14
I.4.2.2. Les Vibrions	14
Partie 2 : Description de La zone d'étude	15
I. Situation géographique	15
II. Les Facteurs climatiques et hydrodynamiques	16
II.1. La Température	16
II.2. La Précipitation	16
II.3. Le Vent	16
II.4. La Houle	16
II.5. Le Courant	16
III. Pollution dans la plage de Sidi Fredj	16
Chapitre II : Matériel et Méthodes	
II. Travaux effectués en mer et paramètres mesurés	18
II.1. Localisation des stations et prélèvement des échantillons	18
II.2. Travail au laboratoire	20
II.2.1. Analyse de l'eau de mer	20
II.2.1.1. Mesure de la matière en suspension (MES)	20
a- Principe de la méthode.....	20
b- Appareillage	21
c- Mode opératoire	21
II.2.1.2. Mesure de la matière organique particulaire (MOP).....	21
II.2.1.3. Dosage des sels nutritifs	22
a- Principe de dosage des sels nutritifs	22
b- Méthode d'analyse	23

II.2.1.4. Analyse des hydrocarbures aliphatique et aromatique dans l'eau de mer	23
a- Au laboratoire	23
b- Mesure et mode de calcul	24
II.2.1.5. Analyse microbiologique dans l'eau de mer	25
a- Matériel	25
b- Mode opératoire	26
II.2.1.5.1. Dénombrement des coliformes totaux et coliformes thermotolérants	26
II.2.1.5.2. Dénombrement des streptocoques fécaux	28
II.2.1.5.3. Recherche des germes pathogènes	30
a- Recherche des salmonelles	30
b- Recherche des vibrions	32
II.2.1.5.4. Technique d'identification et de caractérisation de quelques bactéries	33
a- Coloration de Gram	34
b- Test catalase	34
c- Test oxydase	34
d- Test biochimique « galerie API »	34
II.2.2. Analyse de sédiment marin	35
II.2.2.1. Analyse granulométrique	35
a- Principe de la méthode	35
b- Mode opératoire	35
c- Traitement des données	36
d- Classement de sédiment	37
II.2.2.2. Analyse bactériologique des sédiments	38
II.2.2.2.1. Recherche des coliformes totaux et des coliformes thermotolérants et des streptocoques Fécaux	39
II.2.2.3. Etude des métaux lourds dans le sédiment	40
a- Lyophilisation	40
b- Broyage	40
c- Homogénéisation	40
d- Minéralisation	40
II.2.2.3.1. Analyse des métaux lourds	41
a- Principe de la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)	41
b- Loi de Beer-Lambert	41
II.2.2.4. Analyse des hydrocarbures dans le sédiment	41

a- Extraction.....	41
b- Concentration.....	41
c- Purification et séparation des aliphatiques et aromatiques	42
d- Mesure et mode de calcul	42

Chapitre III : Résultats et discussion

III. Etude de la variation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques de l'eau au niveau du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj	43
III.1. Variation des paramètres physico-chimiques	43
III.1.1. La Température	43
III.1.2. Le pH.....	45
III.1.3. La Matière en suspension (MES)	46
III.1.4. la Matière organique particulaire (MOP)	48
III.1.5. La matière inorganique particulaire (MIP)	48
III.1.6. Le rapport MIP/MOP	49
III.1.7. Variation et distribution spatiale des sels nutritifs	50
III.1.7.1. L'Ammonium (NH_4^+)	50
III.1.7.2. Les Nitrites (NO_2^-)	52
III.1.7.3. Les Nitrates (NO_3^-)	52
III.1.7.4. Les Orthophosphates (PO_4^{3-})	53
III.1.7.5. Le Silicium dissout (SiO_2^-)	54
III.1.2. Etude de la variation des paramètres microbiologiques	56
III.1.2.1. Les Germes indicateurs de contamination fécale	56
III.1.2.1.1. Les Coliformes Totaux (CT)	56
III.1.2.1.2. Les Coliformes thermotolérants (coliformes fécaux)	56
III.1.2.1.3. Streptocoques fécaux	57
III.1.2.1.4. Etude de l'origine de la pollution fécale	58
III.1.2.2. Résultats de recherche des germes pathogènes	59
III.1.2.2.1. Salmonelles.....	59
III.1.2.2.2. Vibrions.....	59
III.2. Etude de la variation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des sédiments.....	60
III.2.1. Résultats et interprétation de l'analyse granulométrique.....	60
III.2.1.1. Résultats généraux de l'analyse granulométrique.....	60
III.2.1.2. Aspect général des courbes granulométriques	60
III.2.1.3. Détermination des indices granulométriques	61

III.2.1.4. Interprétation des résultats de l'analyse granulométrique	61
a- Le 1 ^{er} quartile : Q25	61
b- Le 3 ^{ème} quartile : Q75	62
c- Le Q50 ou indice de taille (médiane)	63
III.2.1.5. Indice de classement de Trask ou d'asymétrie (So)	63
III.2.1.6. Indice d'asymétrie ou indice de Skewness (Sk)	64
III.2.1.7. Interprétation des courbes granulométriques de chaque station	65
III.2.1.8. Résultats et discussion de la fraction pélitique	66
III.2.2. Résultats et interprétations des paramètres bactériologiques dans le sédiment au niveau des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj	66
III.2.2.1. Résultats et interprétation de recherche des germes indicateurs de contamination fécale	66
III.2.2.1.1. Les Coliformes totaux	66
III.2.3. Résultats et interprétation des polluants organiques et inorganiques dans les sédiments au niveau des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj	67
III.2.3.1. Les Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques	67
III.2.3.2. Les concentrations des éléments trace métalliques dans le sédiment superficielles des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj.....	67
III.2.3.2.1. L'indice de contamination (IC)	67
III.2.3.2.2. Le Zinc (Zn)	68
III.2.3.2.3. Le Plomb (Pb)	69
III.2.3.2.4. Le Cadmium (Cd)	70
III.3. Etude comparative et discussion générale des résultats des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj	71
III.3.1. Etude comparative	71
III.3.2. Discussion générale des résultats des paramètres physico-chimiques et Microbiologiques, les traceurs hydrologiques et les polluants organiques et inorganiques.....	72
Conclusion	74
Annexe.	

Liste des abréviations

- AIEA** : Agence International de l'Energie Atomique.
- BEA** : Bile-Esculine.
- BLBVB** : Bouillon lactosé bilié au vert brillant.
- BSI** : Silice Biogénique.
- CT** : Coliformes Totaux.
- CF** : Coliforme Fécaux.
- CFA** : Conservation des Forêts d'Alger.
- DGF** : Direction Général des Forêts.
- DSI** : Silice Détritique.
- EDS** : Eau Distillé Stérile.
- EPA** : Eau Péptoné Alcaline.
- EPE** : Eau péptoné Exempte d'Indole.
- HC** : Hydrocarbure.
- IC** : Indice de Contamination.
- MES** : Matière En Suspension.
- MOP** : Matière Organique Particulaire.
- MIP** : Matière Inorganique Particulaire.
- NTU** : Unité de Turbidité néphéломétrique.
- NPP** : le Nombre le Plus Probable.
- O.M.S** : Organisation Mondial de la Santé.
- pH** : potentiel-Hydrogène.
- PNUE** : Programme des Nations Unis sur l'Environnement.
- SF** : Streptocoques Fécaux.
- SFB** : Bouillon au Sélénite de sodium.
- SS** : Salmonelles-Shigelles.
- TCBS** : Thiosulfate-Citrate-Bile-Saccharose.
- UFC** : Unité Format Colonie.
- Φ** : Diamètre.
- (μmol/l)** : Micromole par litre.
- μm** : Micromètre.

Liste des figures

Chapitre I

Figure 1. Les processus de vieillissement des hydrocarbures en mer (Cedre, 2005).....page 11

Figure 2. Carte représentant Sidi Fredj et la zone d'étude.....page 15

Chapitre II

Figure 3. Localisation des stations de prélèvement au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj
.....page 19

Figure 4. Localisation des stations de prélèvement au niveau de la plage Est de Sidi Fredj
.....page 19

Figure 5. Flacons de prélèvement des échantillons d'eau de mer.....page 20

Figure 6. Matériel de prélèvement des sédiments.....page 20

Figure 7. Matériaux pour la mesure de MES.....page 21

Figure 8. Four à Moufle **WiseThem**page 22

Figure 9. Auto analyser San Plus (**SKALAR 1996**).....page 23

Figure 10. Matériels utilisés pour la mesure des hydrocarbures.....page 24

Figure 11. Coupe schématique d'un appareil de filtration sur membrane (**Rodier, 2009**)
.....page 26

Figure 12. Technique de dénombrement des coliformes dans la matrice « eau »page 27

Figure 13. Technique de recherche de *E.coli*.....page 28

Figure 14. Technique de dénombrement et d'identification des streptocoques fécaux dans la matrice « eau »page 29

Figure 15. Technique de recherche des Salmonelles dans la matrice « eau »page 30

Figure 16. Technique d'identification des Salmonelles dans la matrice « eau »page 31

Figure 17. Technique de recherche des Vibrions dans la matrice « eau »page 32

Figure 18. Technique d'identification des Vibrions dans la matrice « eau »page 33

Figure 19. Matériels pour l'analyse granulométriquepage 36

Figure 20. Préparation des dilutionspage 39

Figure 21. Dénombrement des indicateurs de contamination fécale par la méthode NPP dans les sédimentspage 39

Chapitre III

Figure 22. Variation de la température en fonction des stationspage 44

Figure 23. Présentation de la variation moyenne de la température.....page 44

Figure 24. Variation du pH en fonction des stations.....page 45

Figure 25. Présentation de variation moyenne de pH en fonction des stationspage 46

Figure 26. Variations des concentrations de MES en fonction des stations.....page 47

Figure 27. Présentation de variation moyenne de MES.....page 47

Figure 28 . Variation des taux de la matière organique particulaire en fonction des stationspage 48

Figure 29. Variation de la matière inorganique particulaire en fonction des stationspage 49

Figure 30. Variation de rapport MIP/ MOP en fonction des stations.....page 50

Figure 31. Variation moyenne de l'ammonium en fonction des stationspage 51

Figure 32. Variation moyenne des nitrites dans les deux plages Est-Ouest de Sidi Fredjpage 52

Figure 33. Variation moyenne des nitrates dans la zone d'étudepage 53

Figure 34. Variation moyenne des orthophosphates en fonction des stationspage 54

Figure 35. Variation moyenne de silicium dissout en fonction des stationspage 55

Figure 36. Présentation de variation moyenne des Sels nutritifs au niveau des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredjpage 55

Figure 37. Variations des taux de Coliformes totaux dans l'eau de mer en fonction des stationspage 56

Figure 38. Variations des taux des Coliformes thermotolérants dans l'eau de mer en fonction des stationspage 57

Figure 39. Variations des taux des Streptocoques fécaux dans l'eau de mer en fonction des stationspage 57

Figure 40. Rapport CF/SF en fonction des stationspage 58

Figure 41. Présentation de variation moyenne des germes indicateurs de contamination fécales au niveau des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj.(MapInfo)page 59

Figure 42. Variations de Q25 au niveau de la côte du littoral Est-Ouest de Sidi Fredj .page 62

Figure 43. Variation de Q75 au niveau de la côte du littoral Est-Ouest de Sidi Fredj....page 62

Figure 44. Variation de la médiane (Q50) au niveau de la côte de littoral Est-Ouest du Sidi Fredj.....page 63

Figure 45. Variation de S_o au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj	page 64
Figure 46. Relation entre médiane et l'indice de tri S_o au niveau de la plage Ouest	page 64
Figure 47. Variation de S_o au niveau de la plage Est de Sidi Fredj	page 64
Figure 48. Relation entre l'indice de tri S_o et la médiane au niveau de la plage Est	page 64
Figure 49. Variation de l'indice SK au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj	page 65
Figure 50. Relation entre l'indice d'asymétrie et la médiane au niveau de la plage Ouest	page 65
Figure 51. Variation de l'indice SK au niveau de la plage Est de Sidi Fredj	page 65
Figure 52. Relation entre l'indice d'asymétrie et la médiane au niveau de la plage Est	page 65
Figure 53. Répartition des pélites au niveau de la côte du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj	page 66
Figure 54. Variation des concentrations des coliformes fécaux dans la matrice « Sédiment »	page 67
Figure 55. Variation des concentrations du Zinc dans le sédiment superficiel en fonction des stations.	page 68
Figure 56. Indice de contamination par le Zinc dans le sédiment superficiel en fonction des stations.....	page 69
Figure 57. Variations des concentrations du plomb dans le sédiment superficiel en fonction des stations	page 69
Figure 58. Indice de contamination par le plomb dans le sédiment superficiel en fonction des stations	page 70
Figure 59. Variations des concentrations du cadmium dans le sédiment superficiel en fonction des stations	page 70
Figure 60. Indice de contamination par le cadmium dans le sédiment superficiel en fonction des stations	page 71

(Annexe 4)

- Figure 61.** Courbe cumulative et histogramme unimodale pour la station 1.
- Figure 62.** Courbe cumulative et histogramme unimodale pour la station 2.
- Figure 63.** Courbe cumulative et histogramme unimodale pour la station 6.
- Figure 64.** Courbe cumulative et histogramme unimodale pour la station 7.

Liste des tableaux

Chapitre I

- Tableau 1.** Tableau représentatif des différentes natures et sources de pollution.....page 3
- Tableau 2.** Présentation de quelques caractéristiques de métaux lourds étudiés.....page 8
- Tableau 3.** Les principaux types des hydrocarbures (Lefebvre, 1978)page10
- Tableau 4.** Les variations de concentration en Hydrocarbure dans le sédiment.....page 12

Chapitre II

- Tableau 5.** Classement des sédiments selon l'indice de Trask S_0 (Folk, 1957).....page 37
- Tableau 6.** Classement des sédiments selon l'indice de Skewnes SKpage 37
- Tableau 7.** Classification des sédiments suivants le taux de fraction péliquepage 38

Chapitre III

- Tableau 8.** Valeurs des températures et de pH au niveau du littoral Est et Ouest de Sidi Fredjpage 43
- Tableau 9.** Récapitulatif des concentrations en sels nutritifspage 50
- Tableau 10.** Origine de la pollution fécale selon le rapport CF/ SFpage 58
- Tableau 11.** Valeurs maximales, minimales, moyennes et écart type des différents indices granulométriques et des quartiles de sédiment de surface au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredjpage 61
- Tableau 12.** Valeurs maximales, minimales, moyennes et l'écart type des différents indices granulométriques et des quartiles de sédiment de surface au niveau de la plage Est de Sidi Fredj.....page 61
- Tableau 13.** Valeurs de l'indice de contamination (IC) (ABRMC, 1984)page 68
- Tableau 14.** Etude comparative avec les normes Algérienne dans la plage Est et Ouest de Sidi Fredjpage72

(Annexe 1)

- Tableau 15 :** Réactifs de dosage de l'ammonium.
- Tableau16:** Préparation des solutions étalons pour l'ammonium.
- Tableau 17 :** Réactifs de dosage des nitrates et nitrites.
- Tableau 18 :** Préparation des solutions étalons pour les nitrates et les nitrites.
- Tableau 19 :** réactifs de dosage des phosphates.
- Tableau 20 :** Préparation des solutions étalons pour les phosphates.
- Tableau 21 :** Réactifs de dosage des silicates.
- Tableau 22 :** Préparation des solutions étalons pour les silicates.

(Annexe 2)

Tableau 23 : Composition du milieu de Slanetz et Bartley.

Tableau 24: Composition du milieu de Bile-Esculine.

Tableau 25: Composition du milieu de culture tergitole.

Tableau 26: Composition du bouillon au sélénite de sodium.

Tableau 27 : Composition du milieu de Salmonelles-Shiguelles.

Tableau 28: Composition de l'eau peptonée alcalin (EPA).

Tableau 29: Composition du gélose thiosulfate-citrate-bile-saccharose (TCBS).

Tableau 30 : Composition de bouillon lactosé bilié au vert brillant (BLBVB).

Tableau 31 : Composition du milieu Rothe.

Tableau 32 : Composition du milieu Eva-litsky.

Tableau 33 : nombre le plus probable (NPP) dans le cas du système a trois tubes (Brisou et Denis, 1980).

(Annexe 3)

Tableau 34: Coordonnées géographiques des stations de prélèvement au large.

Tableau 35: Coordonnées géographiques des stations de prélèvement au niveau de la côte.

Tableau 36: Principaux critères de qualité des eaux de baignade (Extrait de l'annexe 1 du décret n° 93-164 du 10 juillet 1993).

Tableau 37 : Concentrations normales des métaux lourds dans les sédiments selon les normes algériennes. (Alzieu et al., 1999) ($\mu\text{g/gde MS}$).

Tableau 38 : Les différents paramètres et indices granulométriques.

Liste des formules

Chapitre I

Formule 1.détermination de salinité en fonction des ionsChlorurespage 4

Formule 2. Calcul de pHpage 5

Chapitre II

Formule 3. Calcul de matière en suspension (MES).....page 21

Formule 4. Détermination de la matière organique particulaire (MOP).....page 21

Formule 5. La loi de Beer-Lambert.....page 22

Formule 6. Détermination de la cotangente α page 25

Formule 7. Calcul de la concentration des hydrocarbures dans l'eaupage 25

Formule 8. Calcul du pourcentage des pélites dans le sédimentpage 36

Formule 9. Calcul de l'indice de Trask (S_0)page 37

Formule 10. Calcul de l'indice d'asymétrie (SK)page 37

Formule 11. Calcul de l concentration des hydrocarbures dans le sédimentpage 42

Chapitre III

Formule 12. Calcul de l'indice de contaminationpage 67

Introduction

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

Plusieurs auteurs (**Grimes 1993 et 2003, Boutiba et al 2003**) ont montré que l'ensemble du littoral algérien et en particulier les zones côtières des grandes villes affichaient une pollution croissante.

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

En outre, les plages Est et Ouest de Sidi Fredj sont les préférées des familles algéroises et des adolescents, arrivant dans des dizaines d'autobus des régions limitrophes, pour la gratuité de l'accès, la sécurité et pour la faible profondeur qui ne présente pas de danger pour les enfants.

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

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la qualité des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj et les risques de santé liés au déversement des effluents sur cette plage.

Pour se faire une campagne de prélèvements des eaux et des sédiments marins a eu lieu du mois de février au mois de mai 2018.

Cette investigation est réalisée sur deux matrices :

- Eau, par l'analyse des paramètres physicochimiques et microbiologiques, paramètres indicateurs de pollution (MES, MOP, MIP, les sels nutritifs) ainsi que le dosage des métaux lourds et des hydrocarbures),
- Sédiments ; par l'analyse granulométrique, dosage des métaux lourds, dosage des hydrocarbures et recherche des germes indicateurs de contaminations fécales.

Ce travail est structuré en 3 chapitres :

- **Le premier chapitre:** traite des différentes sources et types de pollution marine et présente la zone d'étude par ses caractéristiques météorologique et hydrodynamique.
- **Le deuxième chapitre :** matériel et méthodes, décrit les stratégies expérimentales adoptées.
- **Le troisième chapitre :** regroupe l'ensemble des résultats obtenus, leurs interprétations et l'évaluation de l'impact de la pollution de la colonne d'eau et de la matrice sédiment dans la zone d'étude.

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

Généralités

Partie I : Pollution marine

I. Introduction

La première image qui vient à l’esprit quand on parle de pollution marine est souvent celle d’une marée noire. Or, elle n’est pas la seule.

✓ **Du point de vue juridique :**

Selon la convention de MontegoBay, 1982 : « *On entend par pollution du milieu marin, l’introduction directe ou indirecte, par l’homme, de substances ou d’énergie dans le milieu marin, y compris les estuaires, lorsqu’elle a ou peut avoir des effets nuisibles tels que :*

dommages aux ressources biologiques et à la faune et la flore marines, risques pour la santé de l’homme, entrave aux activités maritimes, y compris la pêche et les autres utilisations légitimes de la mer, altération de la qualité de l’eau de mer du point de vue de son utilisation dégradation des valeurs d’agrément ».

✓ **Du point de vue opérationnel :**

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

I.1.Les différents types et sources de pollution

On peut distinguer différents types et sources de pollution). (Voir tableau 1)

Tableau 1 : tableau représentatif de différentes nature et source de pollution.

Pollution	Source	Urbaine
		Industrielle
		Agricole
	Nature	Chimique : Organique : hydrocarbures Inorganique : métaux lourds
		Biologique : contaminants microbiens Introduction d’espèces invasives
		Physique : Température, Salinité

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

I.2.1. Les paramètres physico-chimiques

La qualité physico chimique de l'eau informe sur la localisation et l'évolution du niveau de pollution, en fonction d'un ensemble de paramètres, basé sur des valeurs de référence, elle s'apprécie à l'aide de plusieurs paramètres :

I.2.1.1. La Température

La température est un paramètre physique important pour la caractérisation des eaux marines.

Elle influe sur beaucoup d'autre paramètres, c'est en premier lieu le cas pour l'oxygène dissous indispensable à la vie aquatique, plus la température de l'eau s'élève plus la quantité de l'oxygène dissous diminue. (Aminot, 1983).

La température de l'eau de mer diminue en allant de la surface vers le fond, celle des eaux de surface est influencée par la température de l'air ; elle suit le cycle des saisons. (Aminot et Kérouel, 2004).

I.2.1.2. La Salinité

La première définition résulte de la technique reproductible de Søren en (1902) in (Olivier, 2002) :

« La salinité est la quantité totale des résidus solides (en grammes) contenu dans 1 kg d'eau de mer, quand tous les carbonates ont été transformés en oxydes, le brome et l'iode remplacé par le chlore et que toute la matière organique a été oxydée ».

La salinité est un facteur important pour l'étude du milieu marin, elle permet la connaissance de la circulation océanique, identifier les masses d'eaux et suivre leurs mélanges au large, à la côte et dans les estuaires. (Aminot, 1983)

Dans les océans la salinité est voisine de 35‰, en méditerranée, elle est de 38-39‰ (Aminot, 1983).

Le dosage d'un seul constituant permet de déterminer la salinité :

$$S_{\text{‰}} = 1.80655 * Cl_{\text{‰}} \dots\dots(1)$$

Avec : S : salinité et Cl : chlorinité

I.2.1.3. Le pH

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

Le pH de l'eau de mer typique est 8.2, cette valeur est fixée par la présence d'ions bicarbonates (HCO_3^-) à 90%, et carbonates (CO_3^{2-}) à 9%, de dioxyde de carbone à 1% (CO_2), et moins de 0,001% d'acide carbonique (H_2CO_3).

La modification de ces paramètres par photosynthèse, précipitation, ..., engendre la modification du pH qui influe sur la vie marine. (Aminot, 1983).

Le pH varie légèrement selon la température. L'analyse doit donc s'effectuer à 25° C ou avec un pH-mètre avec compensateur automatique de température. (Aminot, 1983)

$$pH = -\log[H^+] \dots(2)$$

I.2.1.4.L'Oxygène dissous

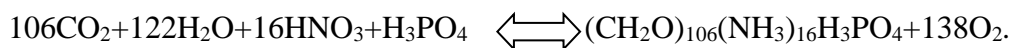
L'oxygène moléculaire dissous est un paramètre important du milieu marin, sa concentration est la résultante des facteurs physiques, chimiques, et biologiques.

L'oxygénation de l'eau dépend surtout de la température : plus l'eau s'échauffe, moins l'oxygène y est soluble.

La concentration de l'oxygène de l'eau est sous l'influence des processus biologiques qui permettra soit :

- ✓ la saturation dans les zones eutrophiques (accroissement important du phytoplancton)
- ✓ la Sous saturation de l'eau dans les zones riches en matières carbonées dégradable par les micro-organismes (oxydation de la matière organique, nitrification de l'azote ammoniacal) (Aminot, 1983).

L'importance biologique de l'oxygène dans le milieu aquatique est définis généralement par l'équation « production-minéralisation » (Aminot et Kérouel ,2004).



I.2.1.5. La Matière en suspension(MES)

Selon Ivanoff, 1972 (in Aminot et Kérouel ,1983) : « en plus des substances dissoutes, les eaux de mer contiennent des matières en suspension de toutes tailles et de toutes formes, minérales ou organiques, vivantes ou détritiques, de nature , soit biogénique (bactéries, phytoplancton, zooplancton, poissons), soit terrigènes (apports fluviaux, produits de l'érosion des côtes, détritiques déversés par l'homme), soit éolienne (particules transportées par les courants atmosphériques et tombant dans la mer), soit enfin météorique ».

Des teneurs élevées en MES peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuent l'oxygène dissous créant des déséquilibres. Ces matières peuvent être aussi à l'origine de colmatage des branchies des poissons provoquant ainsi leur asphyxie.

Ces matières sont en relation avec la turbidité, leur mesure donne une première indication sur la teneur en matière colloïdale d'origine minérale ou organique.

I.2.1.6. La Matière Organique Particulaire (MOP)

La matière organique particulaire est une matière de nature biogénique :

- ✓ Soit comme résultat de la synthèse de la biomasse par l'assimilation des nutriments par le phytoplancton lors de la photosynthèse,
- ✓ Soit comme source d'énergie et de nutriments pour les micro-organismes (bactéries, protozoaire).

Dans l’océan, la MOP, outre les apports éoliens, est majoritairement d’origine phytoplanctonique. (Aminot et Kérouel, 2004).

I.2.1.7. La Turbidité

Selon la norme ISO 7027 (Afnor, 1999b) la turbidité est définie comme : « Réduction de transparence d’un liquide dû à la présence de substances non dissoutes ».

La turbidité décrit l’opacité ou la transparence du milieu marin par comparaison à des étalons artificiels, donc, elle n’est pas une grandeur physique intrinsèque du milieu. (Aminot et Kérouel, 2004).

Pour décrire une masse d’eau, il faut faire toujours une référence à la transparence du milieu donc la pénétration de la lumière qui veut dire :

- ✓ La détermination de l’épaisseur de la couche photosynthétique productive ;
- ✓ Une approche de la quantité de particules en suspension.

La turbidité est exprimée en *unité de turbidité néphélométrique* (NTU).

Elle est de l’ordre de moins 0.1 NTU dans certains eaux au large et plusieurs dizaines voire centaines de NTU dans les estuaires. Pour les eaux côtières, variable selon les lieux et les saisons (de 0.5 à 5 NTU). (Aminot, 1983).

I.2.2. Les descripteurs hydrologiques

Les éléments nutritifs sont des descripteurs hydrologiques indispensables à l’étude du milieu marin. (Aminot et Kérouel, 2004).

De par leur fonction, ces sels sont des constituants dissous de l’eau de mer impliqués dans le métabolisme des organismes vivants. L’échange des éléments nutritifs entre l’eau de mer et la biomasse est un processus cyclique composé de deux phases : la photosynthèse et la régénération. (Claude, 1983).

I.2.2.1. L’Azote

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

a- L’Azote ammoniacal ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$)

Il est présent sous deux formes en solution, l’ammoniac NH_3 qui est le plus toxique pour la vie aquatique et l’ammonium NH_4^+ qui est assimilé préférentiellement par le phytoplancton, les proportions de chacun dépendent de la température, de la salinité et du pH.

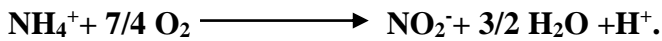
Si les concentrations en azote ammoniacal s’élèvent à plusieurs dizaines de micromoles par litre, le seuil de toxicité ne sera pas atteint tant que le pH et la température restent stables. (Aminot, 1983).

b- L’Azote Nitreux (NO_2^-)

Les ions nitrites (NO_2^-) ont un rôle d’intermédiaire temporaire entre l’azote ammoniacal et les ions nitrates ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu marin qui peuvent varier de moins de 0.01

micromole/l en été jusqu'au 0.5 à 1 micromole/l en hiver suivant l'utilisation de l'azote par le phytoplancton. (Aminot, 1983).

Les nitrites résultent de l'oxydation de l'ammonium par la réaction de nitrosation qui est effectuée par les bactéries telles que *Nitrosomonas* selon cette réaction :



c- L'Azote Nitrique (NO_3^-)

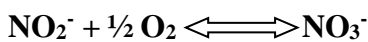
L'ion nitrate est la forme la plus stable de l'azote dans l'océan ; il est facilement adsorbé sur les particules et présente l'élément essentiel pour la croissance du phytoplancton.

Sa concentration varie de 0 $\mu\text{mol/l}$ en surface jusqu'à environ 40 $\mu\text{mol/l}$ en eau profonde.

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

Dans les estuaires lorsque la salinité décroît, la concentration en nitrate peut atteindre plusieurs centaines de $\mu\text{mol/l}$. (Aminot, 1983).

L'ion nitrate résulte de l'oxydation des nitrites on parle alors de nitrification :



I.2.2.2. Le Phosphate (PO_4^{3-})

Les phosphates sont des éléments nutritifs présents essentiellement sous deux formes

PO_4^{3-} (10%) et HPO_4^{2-} (90%), quant à la forme H_2PO_4^- est négligeable (moins 1%).

C'est la résultante de la dissociation de l'acide orthophosphorique selon les équilibres suivants :



La forme minérale orthophosphate est essentielle à la vie aquatique dont les teneurs sont assez faibles en surface en milieu océanique et côtière non polluée (0 à 1 $\mu\text{mol/l}$) et augmente au-dessous de la zone euphotique ou lorsqu'on se rapproche des estuaires (3 $\mu\text{mol/l}$), donc plus la salinité augmente plus la teneur en phosphore augmente (plusieurs dizaines de $\mu\text{mol/l}$).

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

Selon Béthoux et al, 2002 (in Ouffa et Ikhlef, 2012) : La concentration des phosphates a augmenté (de 0.38 à 0.47 $\mu\text{mol/Kg}$) en trente ans dans les eaux profondes méditerranéennes (bassin Algéro-provençal).

I.2.2.3. les silicates (SiO_2)

Le silicium est un élément nutritif indispensable, il entre dans la composition des squelettes de certaines espèces phytoplanctoniques (silice biogénique BSi) comme les diatomées (Aminot, 1983).

Toutefois, il n'entre pas dans l'édifice moléculaire organique du vivant (Aminot et Kérouel, 2004).

Les eaux océanique de surface ont des concentrations en silicium très basses (inférieures à $1\mu\text{mol/l}$) et augment progressivement lorsque l'on se rapproche des côtes et/ou des estuaires (silice détritique DSi).

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

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

- ✓ 95% sous la forme d'acide orthosilicique Si(OH)_4 ;
- ✓ 5% sous forme ionisée SiO(OH)_3^- . (**A.Aminot, 1983**).

Les deux types de silices (BSi et DSi) diffèrent par leur structure cristalline et leur vitesse de dissolution qui est plus importante pour la silice biogénique. (**Aminot et Kérouel, 2004**).

I.2.3. Les polluants inorganiques

I.2.3.1. Les éléments trace métalliques

Les métaux lourds aussi appelés éléments- traces sont présent de façon naturelle dans le milieu marin, ils sont caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5 grammes par cm^3 . (**Maria et al, 1998**).

Ces composés étant non biodégradable, s'accumulent dans les sédiments où ils persistent indéfiniment. (**Huynh, 2009**).

Différentes sources contribuent à l'augmentation des concentrations des métaux lourds dans le milieu marin et surtout en zones côtières, nous citons ; les rejets industriels et domestiques, les eaux d'écoulement contaminés par les pesticides et les engrais utilisés en agriculture, et celles qui charrie l'activité minière.

Il existe de nombreuses techniques pour analyser les métaux, les plus couramment employées sont les techniques de photométrie d'absorption ou d'émission et les techniques électrochimiques. (**Aubert et al, 1980**).

I.2.3.1.1. Présentation des principaux métaux lourds à étudier

Dans le milieu marin les métaux lourds qui ont retenu le plus l'attention des chercheurs en raison de leurs toxicité sur les organismes et des risques qu'ils présentent pour la santé humaine sont le manganèse (Mn), le zinc (Zn), le mercure (Hg), le cuivre (Cu), le chrome (Cr), le nickel (Ni), l'Aluminium (Al), le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et l'arsenic (As)(**Kaisser, J.2001**). Dans ce travail, nous avons choisi d'étudier trois métaux que nous présentons dans le tableau 2.

Tableau 2 : Présentation de quelque caractéristique des métaux lourds étudiés.

Eléments	Symbole	Numéro atomique (Z)	Masse molaire (g/mol)
Cadmium	Cd	48	112.4
Plomb	Pb	82	207.2
Zinc	Zn	30	65.38

a- Le Plomb (Pb)

Le plomb est un élément très réactif dans l'environnement, sa principale source dans l'océan est l'atmosphère. Il possède trois isotopes Pb^{206} ; Pb^{207} , Pb^{208} qui sont le résultat de la désintégration des séries de l'uranium, de l'actinium et du thorium. Il présente une très forte affinité pour la matière particulaire d'où son adsorption sur cette dernière est fonction du Ph. (Cossa et al, 1993).

Selon la norme française, il présente une toxicité aigüe à partir de 0.1 mg/l, la limite des rejets industriels en mer est de 0.5mg/l Pb, arrêté de 1^{er} Mars 1993. (Gaujous, 1995).

Dans un milieu acide, le Pb sera sous formes d'ions Pb^{2+} , alors que pour des pH élevés se trouvera sous forme complexe avec des hydroxydes, par conséquent, son adsorption sur des matières particulaire est fonction du ph. (Cossa et al, 1993).

b- Le Cadmium (Cd)

Les fleuves sont une source importante d'apport de Cadmium à l'océan, dans les sédiments l'adsorption du Cadmium est principalement en relation avec les concentrations en carbone organique qui augmente avec le pH et diminue avec la force ionique. Il est rencontré en milieu aquatique sous diverses formes physiques (dissous, particulaire, colloïdale) et chimiques (organique et inorganique) ; l'ensemble de variable physico-chimique du milieu (température, salinité, pH, concentration en chlorure,...) conduisent les transformations du cadmium dans l'environnement. (Gonzalez et al, 1999). En eau de mer les teneurs sont très variables selon la profondeur et le lieu du prélèvement. Le niveau de référence habituellement retenue en ce qui concerne les sédiments fins est de 0.2 mg/l. Cependant, dans des sédiments très chargés en matière organique, on peut observer des teneurs plus élevées sans qu'une contamination puisse être mise en cause. (Bernard, 1989).

Selon la norme française, la limite des rejets industriels en mer est de 0.2mg/l Cd, arrêté du 1^{er} Mars 1993. (Gaujous, 1995).

c- Le zinc (Zn)

Le zinc est un oligo-élément qui intervient dans de nombreuses réactions enzymatiques et joue un rôle important dans le métabolisme des protéines, des glucides et des lipides. Il est utilisé pour la protection des métaux contre la corrosion (revêtement) dans le milieu marin, dans la construction immobilière, les équipements pour l'automobile et dans la fabrication de produit formés. (Jean-Claude, 2011).

Sa toxicité pour les organismes marins n'est pas prouvée, sauf à des fortes concentrations. (Belabed, 2010).

I.2.3.1.2. Devenir et comportement des métaux lourds dans l'environnement

Dans la plupart des systèmes aquatiques, les sédiments contiennent significativement plus de métaux lourds que l'eau et ils jouent un grand rôle dans le cycle hydrologique. C'est pourquoi l'analyse des métaux lourds est un outil de reconnaissance de localisation d'un minerai, de détermination de la qualité de l'eau et d'identification des sources de pollution (Horowitz et al, 1988).

Dans une même zone géographique la granulométrie du sédiment varie, de la vase fine au sable grossier ; les traces métalliques se retrouvent surtout dans les particules les plus fines (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

Le devenir de chaque métal lourd dépend de deux facteurs :

- ✓ **la nature de sol**, tout d'abord les oxydes de fer et de manganèse d'une argile emprisonnent les métaux, les empêchent ainsi momentanément de nuire. Si le pH est acide, les métaux lourds passeront plus facilement sous forme ionique et donneront des sels particulièrement solubles ; si le pH est basique, ce sera plutôt le contraire ;
- ✓ **La structure intime du sol**, ensuite, dans un sol bien aéré, les métaux transitent lentement du haut vers le bas, alors que dans un terrain bien tassé, leur vitesse de transfert est accélérée.

I.2.4. Les polluants organiques

1.2.4.1. Les Hydrocarbures (HC)

Les hydrocarbures sont des composés chimiques formés uniquement de carbone et d'hydrogène, ils sont généralement exploités comme carburants, combustibles et comme bases pour la fabrication des huiles lubrifiantes. (**Lefebvre, 1978**).

I.2.4.1.1. Les différents types des Hydrocarbures

Selon la manière dont les atomes de carbone sont liés les uns aux autres, on distingue trois types principaux d'hydrocarbures : (Voir tableau 3).

I.2.4.1.2. Les principales sources des Hydrocarbures

Les principales sources des hydrocarbures sont :

- ✓ Petrogénique : tel que le pétrole brut ;
- ✓ Pyrogénique : le charbon ainsi que les gazs naturels que l'on peut rattacher au pétrole brut par leur origine géologique ;
- ✓ Phytogénique : tels que les êtres vivants, animaux et plantes représentent une dernière source pour certains hydrocarbures. (**Lefebvre, 1978**)

Tableau 3 : Les principaux type des Hydrocarbures (Lefebvre, 1978).

Saturés	Ils présentent des liaisons C-C Simples
Insaturés	Ils présentent des liaisons C-C multiples
Aromatiques	Caractériser par la présence dans leur molécule d'au moins un cycle benzénique

I.2.4.1.3. Comportement des HC dans le milieu naturel

Une fois déversé, les Hydrocarbures ont immédiatement tendance à s'étaler à la surface de l'eau

Ce processus est provoqué par la gravité, les caractéristiques physico-chimiques des Hydrocarbures (densité, viscosité,...), et de la mer au moment ainsi qu'à l'endroit du déversement qui sont : (Voir figure 1). (Jean-C.

L, 1880)

- ✓ Evaporation
- ✓ Dissolution
- ✓ Emulsification
- ✓ Sédimentation
- ✓ Oxydation
- ✓ Biodégradation
- ✓ Pénétration dans la chaîne alimentaire.

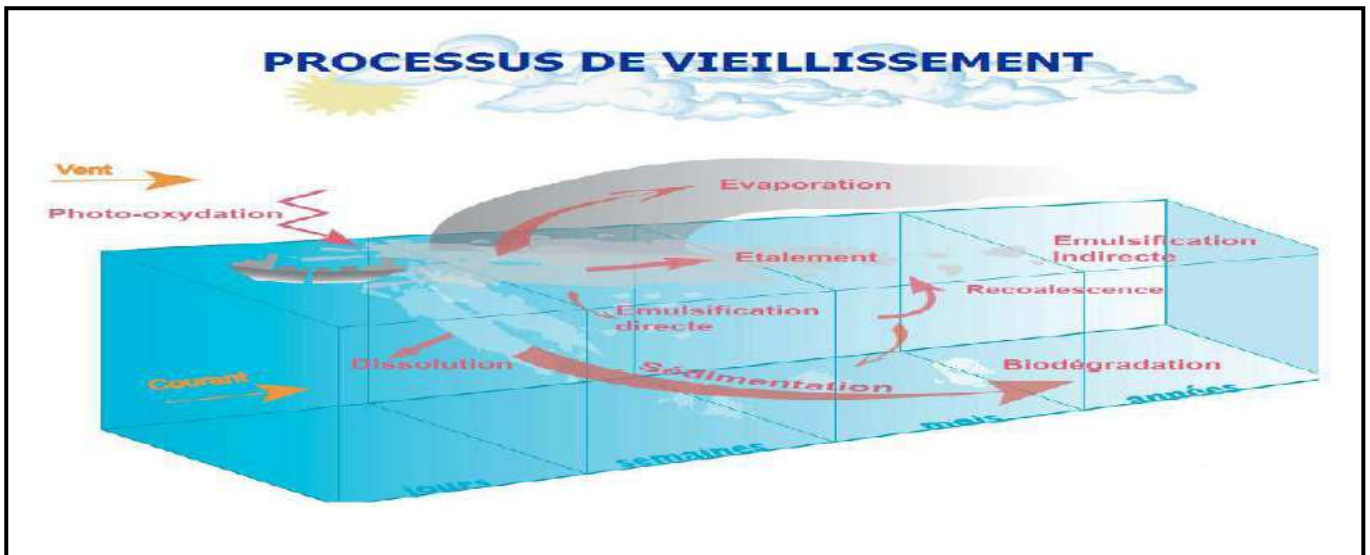


Figure 1. Les processus de vieillissement des hydrocarbures en mer (Cedre, 2005).

I.2.4.1.4. Concentration des hydrocarbures dans l'environnement.

Du fait de leur nature complexe, les données concernant leurs concentrations dans les eaux et les sédiments sont peu nombreuses :

- Dans les océans, les hydrocarbures doivent être déterminés à trois niveaux :
 - ✓ La colonne d'eau ;
 - ✓ La microcouche de surface ;
 - ✓ Les eaux de surfaces : boules de goudrons et résidus goudronneux flottants.

Les Hydrocarbures s'accumulent dans la microcouche de surface des océans du fait de leur faible densité et de leur association avec les substances tensio-actives biogènes.

- Dans le sédiment, la concentration en Hydrocarbures présentent d'importantes variations (Tableau 4)

Tableau4: Les variations dans la concentration en HC dans le sédiment.

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

I.3. Les Sédiments

I.3.1. Généralités sur les sédiments

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

I.3.2. Définition des sédiments

Selon le dictionnaire de géologie, les sédiments sont définis comme « *un ensemble constitué par la réunion de particules plus ou moins grosses ou de matières précipitées ayant, séparément, subi un certain transport* ». Ils sont constitués principalement par trois composantes qui jouent un rôle sur les caractéristiques physiques, mécaniques et environnementales du sédiment, et ce sont : (Forstner, 1987).

- ✓ Eau interstitielle ;
- ✓ Phase inorganique : Elle est formée de minéraux provenant de l'érosion de l'écorce terrestre et de débris coquilliers ;
- ✓ Phase organique : Elle n'occupe qu'un faible volume du sédiment (quelques %) et régule la biodisponibilité d'un grand nombre de contaminants.

Le sédiment constitue un réservoir ultime pour de nombreux composés chimiques (Chapman et al, 1998). Celui de surface n'est pas un bon indicateur de pollution car la plupart des polluants chimiques sont facilement adsorbés sur les particules les plus fines et ont par conséquent tendance à sédimenter. (Marchand, 1985). Les sédiments ne constituent pas uniquement un simple réservoir pour les polluants, ce sont de véritables réacteurs biogéochimiques capables d'adsorber et de transformer les polluants, de modifier leur biodisponibilité, de les recycler ou de les transférer vers la colonne d'eau, vers le sol ou les nappes phréatiques (Ahour, 2013).

I.4. Les paramètres microbiologiques

I.4.1. Les Germes indicateurs de contaminations fécales

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau est de rechercher soit les espèces qui sont pathogènes soit celles qui les accompagnent et qui sont en plus grand nombre présentes dans l'intestin des mammifères et leur présence indique une contamination fécale. (Rodier et al, 2009).

I.4.1.1. Les Coliformes

La définition suivante a été adoptée par l'Organisation internationale de standardisation (ISO). « *Le terme coliforme correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaries ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C* ». (Rodier et al, 2009).

a- Les Coliformes Totaux (CT)

Le dénombrement des coliformes totaux se fait 35-37°C. Ils comprennent les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*. (Rodier et al, 2009).

b- les coliformes thermotolérants (CF)

Les coliformes thermo-tolérants correspond a une partie des coliformes totaux capable de fermenter le lactose à 44.5°C. La bactérie *E. coli* représente toutefois 80 à 90 % des coliformes thermotolérants détectés. Bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale récente, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation alimentaire. C'est pourquoi il serait plus approprié d'utiliser le terme générique « coliformes thermotolérants » plutôt que celui de « coliformes fécaux » (OMS, 1995; Rodier et al, 2009).

I.4.1.2. Les streptocoques fécaux (SF)

Les streptocoques fécaux sont de forme cocci sphérique légèrement ovales, à Gram positifs, et catalase négative. (PNUE/OMS, 1995).

Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes. (Leclerc et al, 1995). On peut les utiliser comme indicateurs d'organismes pathogènes qui ont une résistance aux pH élevés car ils sont capable de se multiplier dans des milieux alcalins présentant des pH allant jusqu'à 9.6 (OMS, 1995). Le dénombrement des streptocoques fécaux sont rarement effectués indépendamment des dénombrements des coliformes, le rapport coliformes fécaux/ streptocoques fécaux est déterminé pour caractériser l'origine des effluents (urbaine, agricole, animale ou humaine).

I.4.2. Les germes pathogènes

I.4.2.1. Salmonelles

Les salmonelles appartiennent à la famille des Entérobactereaceae, sous forme de bâtonnet, non sporulés, à Gram-, oxydase-, aéro-anaérobies facultatifs, lactose-, indole-, citrate+ et H₂S+.

Tous les produits d'origine animale sont susceptibles de contenir des salmonelles, elles sont pour la plupart des parasites du tube digestif de l'homme et des animaux, elles résistent bien dans le milieu extérieur, habituellement mobiles grâce à des flagelles péritriches ou immobiles.

Aux basses températures (5-10°C) la croissance est très lente mais peut être significative, elles supportent une gamme de pH allant de 4.5 à 9 avec un optimum de 6.5 à 7.5 (**Bourgeois, 1990**).

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

I.4.2.2. Vibrions

Les vibrions appartiennent à la famille des Vibrionaceae. Ceux sont des bacilles à Gram-, oxydases+, réduisent les nitrates et dégradent les glucides par métabolisme fermentatif, sont soit mobiles par une ciliature polaire, péritriche, ou bien immobile.

On distingue quatre genres : *Vibrio*, *Aeromonas*, *Plesiomonas* et *Photobacterium*. (**Singleton et Sainsbury, 1984**).

Les vibrions se subdivisent en deux groupes selon leur exigence ou non en chlorure de sodium : les espèces halophiles, le NaCl est nécessaire pour leur croissance comme *V. parahaemolyticus* et les non halophiles comme *V. cholerae* qui peuvent croître en absence de NaCl.

Les bactéries du genre *Vibrio* sont toutes mobiles, leur température optimale de croissance est comprise entre 20 et 30°C pour les saprophytes et proche de 37°C pour les pathogènes. Elles se cultivent à pH alcalin de 8.6 à 9.

Partie 2 : Description de la zone d'étude

I. Situation géographique

Sidi-Fredj est une presqu'île située à 25 kilomètres à l'ouest de la wilaya d'Alger. Elle fait partie du point de vue administratif à la commune de Staoueli, daïra de Zeralda et wilaya d'Alger.

C'est le lieu historique du débarquement des Français(14 juin 1830).Elle comporte de nombreuses plages sableuses, La digue du port, le port de plaisance ainsi que l'hôtel El-Marsa, qui en font un site touristique et balnéaire réputé à l'ouest d'Alger. Cette presqu'île possède une riche faune et flore, englobe une partie de la forêt de Zéralda partagée avec des communes limitrophes, elle abrite aussi la forêt de Sidi Fredj sur une superficie de 44 hectares. Cette biodiversité est gérée par la Conservation des forêts d'Alger (CFA) sous la tutelle de la Direction générale des forêts (DGF)

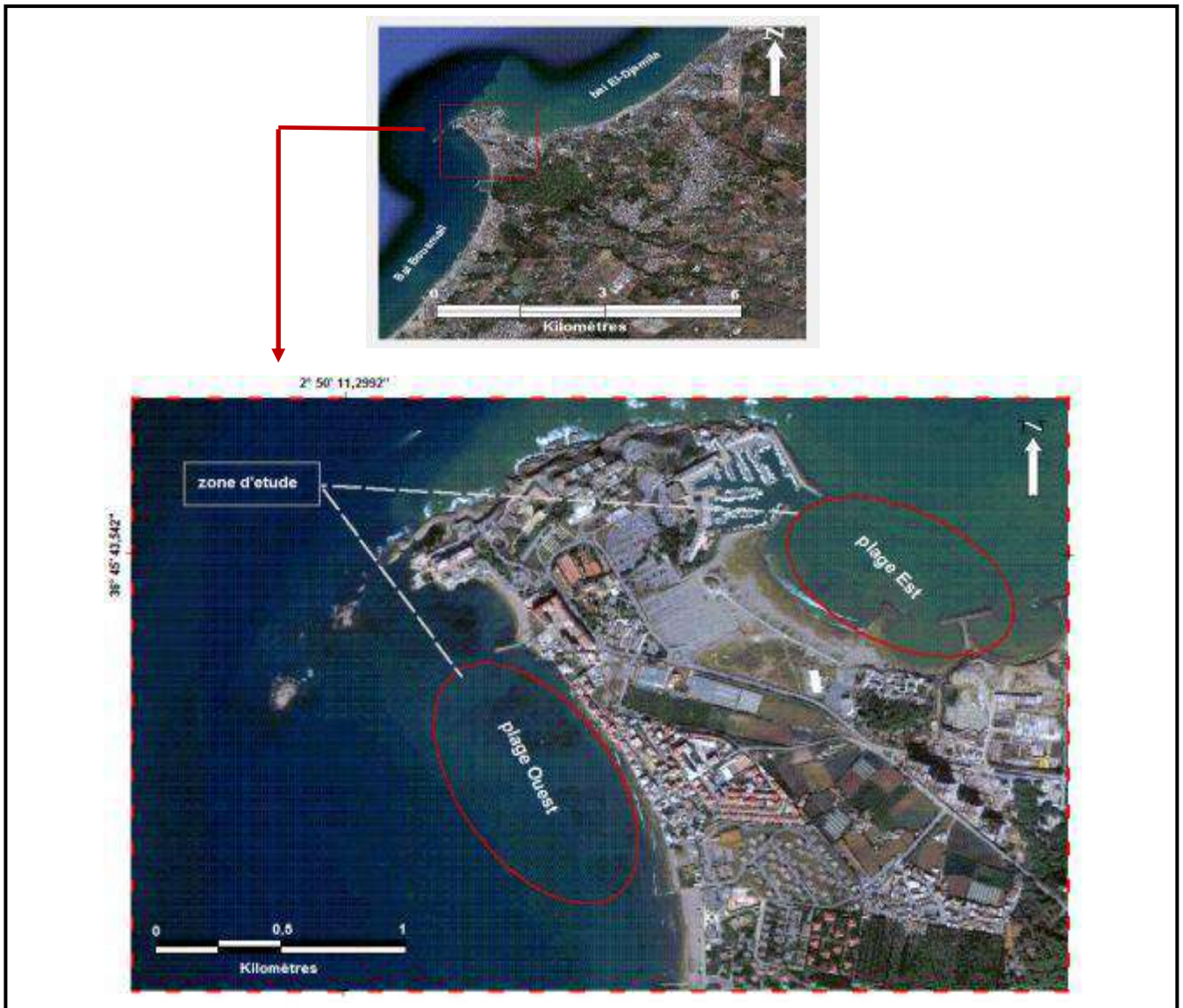


Figure 2.Situation géographique de Sidi Fredj et les zones d'études.

Ses coordonnées Lambert s'établissent comme suit :

- Longitude EST 2°50' 52"
- Latitude NORD 36°45'05"

II. Les facteurs climatiques et hydrodynamiques

II.1. La Température

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

II.2. La Précipitation

La pluviométrie est relativement importante de décembre à mai, situant entre 15 et 108mm

Par contre de juin à septembre elle est réduite, varie **de 4 à 25 mm (ONM).**

II.3. Le Vent

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

II.4. La Houle

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

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

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

II.5. Le Courant

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

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

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

III. Pollution dans la plage de Sidi Fredj

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

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

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

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

Matériel et Méthodes

La surveillance et le suivi de la qualité des eaux et des sédiments marins des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj représente l'objectif fondamentale de cette étude. Pour se faire, une campagne de sortie en mer s'est déroulée du mois de février au mois de mai de l'année en cours. En ce qui concerne les eaux de mer, en plus des paramètres physico-chimiques réalisés in situ (pH et température), nous avons procédé au dosage des matières en suspension, de la matière organique, des sels nutritifs et des hydrocarbures aliphatiques et aromatiques. Quant aux sédiments, ils ont fait l'objet d'une étude granulométrique, des dosages des métaux lourds et des hydrocarbures.

Des analyses microbiologiques (indicateurs de contamination fécale et bactéries pathogènes) ont été également réalisées sur ces deux matrices.

II. Travaux effectués en mer et paramètres mesurés

II.1. Localisation des stations et prélèvement des échantillons

Les différentes stations de prélèvement d'eau de mer et des sédiments ont été choisies d'une façon à couvrir l'ensemble des deux plages et cerner au mieux la variabilité spatiale et temporelle de la qualité du milieu (**Figure 3 et 4**).

Les échantillons d'eaux de mer ont été prélevés dans des flacons en : (**Figure 5**)

- verre sériles de 500 ml pour l'analyse bactériologique,
- polyéthylène de 120 ml pour la mesure des sels nutritifs,
- plastique de 250 ml pour la MES et la MOP,
- verre brun fumée en verre de 1 L pour les hydrocarbures.

Le prélèvement est effectué à une profondeur de 15 à 30 cm sous la surface d'eau, le flacon est tenue à la main près de la base et plongé dans l'eau en l'ouvrant dans l'eau, le goulot vers le bas le flacon est pendu légèrement vers le haut pour dégager l'air (et pousser en avant) afin d'éviter toute contamination. En suite le bouchon est remis toujours sous l'eau en prenant garde de ne pas remplir entièrement le flacon on laisse un espace vide suffisant pour l'homogénéisation.

Les échantillons sont soigneusement étiquetés et conservés à 4°C dans une glacière et transportés jusqu'au laboratoire dans un laps de temps ne dépassant pas les 5 heures.

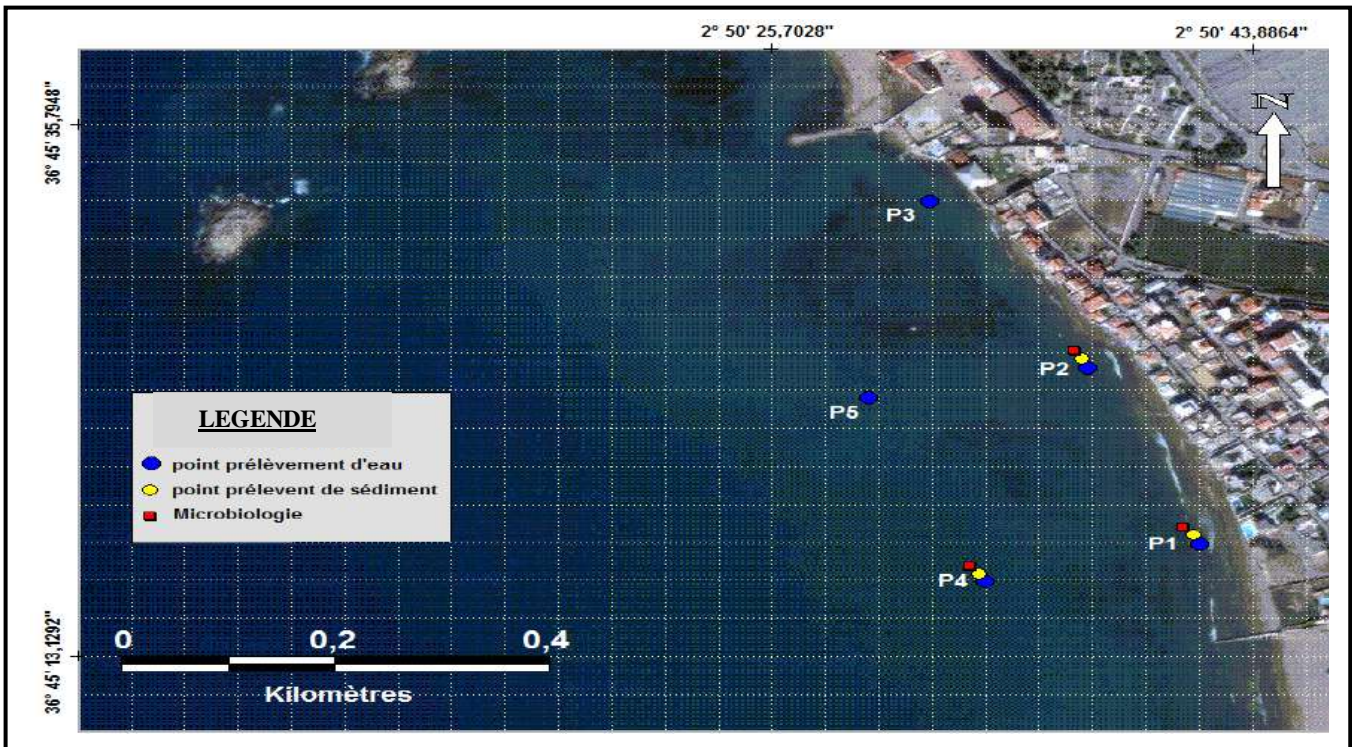


Figure 3. Localisation des stations de prélèvement au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj.



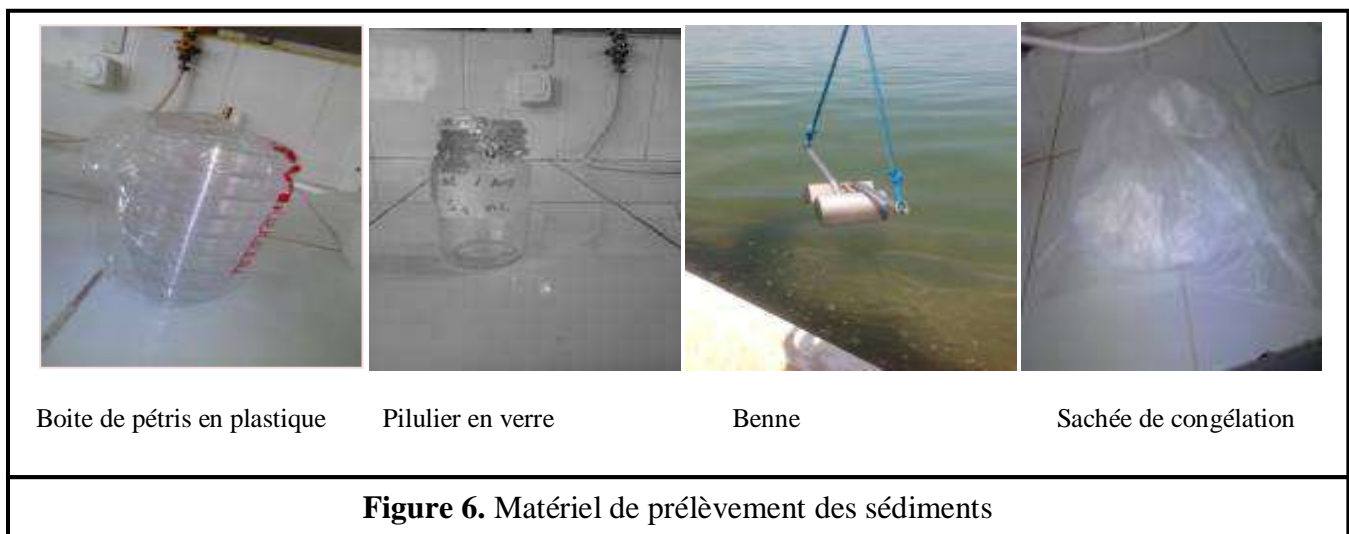
Figure 4. Localisation des stations de prélèvement au niveau de la plage Est de Sidi Fredj.



Les échantillons de sédiment ont été prélevés au niveau de la côte directement pour l'analyse : **(Figure 6)**

- bactériologique dans des boîtes de pétris stériles en plastique,
- Granulométrique dans des sachets de congélation,
- des métaux lourds dans des boîtes de pétris en plastique,
- des hydrocarbures dans des piluliers propres en verre.

Les prélèvements des sédiments au large ont été effectués à l'aide d'une benne **(Figure6)** et avec des spatules stériles sans touché la paroi de la benne.



II.2.Travail au laboratoire

II.2.1. Analyse de l'eau de mer

II.2.1.1.Mesure de la matière en suspension.

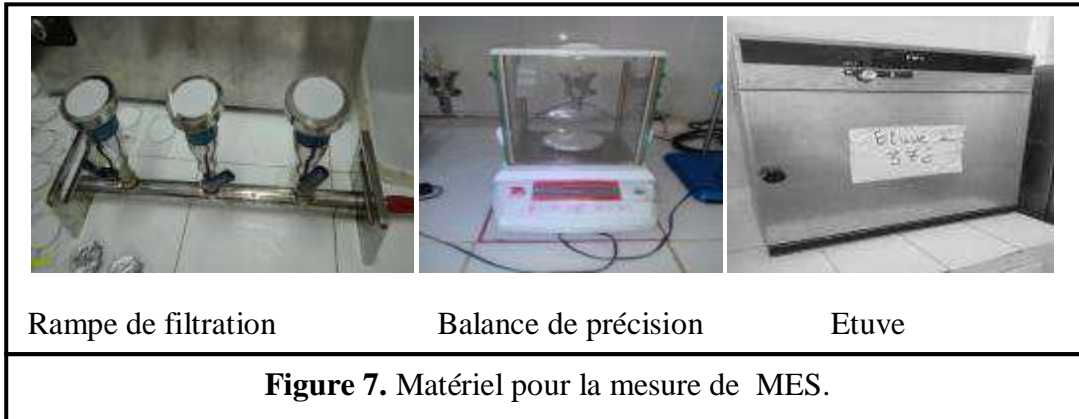
a. Principe de la méthode

La méthode consiste à filtrer l'eau de mer sur membrane filtrante afin de retenir les particules de taille supérieure à $0,45 \mu\text{m}$ **(Figure 7)**. La différence de poids des filtres séchées et pesées avant et après filtration

permet de connaître la masse sèche totale de matière en suspension dans le volume filtré correspondant. (Aminot, 1983).

b- Appareillage

- ✓ Un dispositif de filtration sous vide de marque **Sartorius stedim** ;
- ✓ Des membranes filtrantes de type **Wattman GF/C** de 47mm Φ et de porosité 0.45 μm ;
- ✓ Une balance de précision 10^{-4} de marque **DHAUS** ;
- ✓ Une étuve de marque **Memmert**.



c- Mode opératoire

- ✓ Préparation des filtres ;
- ✓ Filtration de l'échantillon (100 ml) ;
- ✓ Calcul et expression des résultats :

$$MES \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) = \frac{P2 - P1}{V} \dots\dots(3)$$

Avec :

- P1 : Poids du filtre sec avant filtration (mg).
- P2 : Poids du filtre sec après filtration (mg).
- V : Volume d'eau filtrée (litre).

II.2.1.2. Mesure de la matière organique particulaire

Cette mesure consiste à calciner les filtres utilisés pour la détermination de la teneur des matières en suspension de l'eau de mer dans un four à moufle (**Figure 8**). La teneur en matière organique particulaire est obtenu par la différence de poids des filtres avec les creusets avant et après calcination comme suite :

$$MOP(\%) = \frac{P1 - P2}{P1} * 100 \dots\dots(4)$$

Avec :

- P1 : Poids du filtre et creuset avant calcination (mg).
- P2 : Poids du filtre et creuset après calcination (mg).



Figure 8. Four a Moufle **WiseTherm**

II.2.1.3. Dosage des sels nutritifs

a- Principe de dosage des sels nutritifs

Le principe de dosage des sels nutritifs est basé sur une réaction de coloration. En effet ces sels réagissent dans certaines conditions (T°C, pH, Catalyseur ...) avec des réactifs spécifiques pour donner naissance à une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'ondes (λ).

L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration qui est plus importante quand la solution est concentrée en sel dosé.

La quantité de lumière absorbée par la solution colorée, appelée l'Absorbance (A) ou Densité Optique (D.O), obéit à la loi de Beer-Lambert qui est s'exprimé par la relation suivante :

$$A = D.O = \log(I_0 - I) = \epsilon.L.C \dots\dots(5)$$

Avec :

- ✓ I_0 et I : sont respectivement les intensités lumineuses incidentes et émergentes du milieu Absorbant.
- ✓ ϵ : Le coefficient d'extinction molaire variant en fonction de la température et la longueur d'onde.
- ✓ L : la longueur du milieu traversé exprimé en cm.
- ✓ C : concentration de la solution absorbante exprimé en mol/l.
- ✓ A : absorbance de la solution.
- ✓ $D.O$: la densité optique de la solution.

b- Méthode d'analyse

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs (NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , SiO_2 et NH_4^+) dans notre étude est le dosage par colorimétrie à flux continu et automatisé, sur l'appareil « **Auto Analyser San Plus** » troisième génération (**Figure 9**) selon les protocoles décrit par le constructeur SKALAR.

Le fonctionnement de l'appareil repose sur un principe dynamique, celui de l'analyse liquide en flux continu :

- Une veine liquide propulsée en continu par une pompe péristaltique dans un circuit analytique spécifique à chaque paramètre analysé ;
- Les réactions chimiques s'effectuent dans cette veine progressivement ;
- L'analyse des échantillons est réalisée par enchaînement, ce qui permet une grande cadence de travail ;
- La chaîne de mesure automatisée est gérée par un micro ordinateur dotée d'un logiciel spécifique ;
- A la fin de mesure, le logiciel fournit un fichier numérique contenant les résultats ainsi que toutes les informations relatives à l'analyse.



Figure 9.Auto analyser San Plus (SKALAR 1996).

II.2.1.4. Analyse des hydrocarbures aliphatique et aromatique dans l'eau de mer

On prélève 900 ml d'eau de mer dans des flacons bruns fumés d' 1 L, conditionnés au préalable, à 30 cm de profondeur. On ajoute aussitôt 50 ml d'hexane puis on agite vigoureusement pendant quelques minutes.

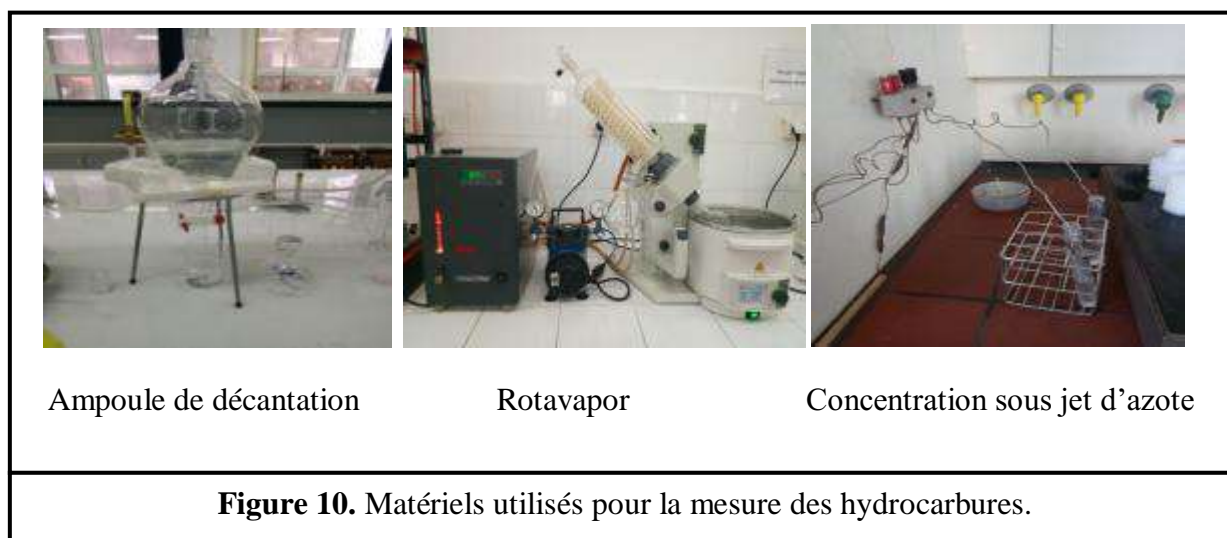
a- Au laboratoire :

1^{ère} étape : extraction des hydrocarbures

- ✓ Rajouter 50 ml d'hexane pour chaque échantillon avant de l'agiter pendant 15 à 20 minutes ;
- ✓ Verser l'échantillon dans une ampoule de décantation pour séparer les deux phases aqueuse et organique ;
- ✓ Récupérer la phase aqueuse dans une éprouvette graduée et la fraction organique dissous dans l'hexane dans un erlenmeyer ou une fiole a colle rodée ;

- ✓ ajouter une pincée de Sulfate de Sodium (Na_2SO_4) pour déshydrater le mélange (fraction organique dissous dans l'hexane) ;
- ✓ éliminer l'hexane, en utilisant premièrement le Rotavapor pour concentrer l'échantillon jusqu'à l'obtention d'un volume de 10 ml, puis, on procède à une deuxième concentration sous jet d'azote qui permet la compensation de l'échantillon et l'évaporation de l'hexane.

Cette étape nous permet de récupérer 5ml d'échantillon.



2^{ème} étape : séparation et lecture des hydrocarbures aliphatiques des hydrocarbures aromatiques

Cette séparation est réalisée à l'aide d'une colonne Chromatographique à ciel ouvert:

À l'intérieur d'une burette de 25 ml contenant de la laine de verre est introduit;

- 5 g du gel de silice qui permet le fractionnement ;
- 5 g de l'Alumine qui permet la purification ;
- une pincé de Na_2SO_4 et de l'hexane (juste assez pour mouiller les réactifs) ;

Verser l'échantillon (5ml) et 20 ml d'hexane, la première fraction (F1 : fraction aliphatique) est récupérer par décantation puis, la seconde (F2 : fraction aromatique) est récupérée (toujours par décantation) après ajout de 20 ml (70 :30) de mélange hexane-dichlorométhane

Principe du spectro-fluoresçant ultra violet (S.F.U.V)

Cette technique repose sur la propriété de certaines molécules, La SFUV mesure l'émission de fluorescence des molécules soumises à un rayonnement d'excitation ultraviolet et l'intensité de fluorescence est proportionnelle à la concentration des HPA. (Marchand, 1983)

b- Mesure et mode de calcul

La mesure se fait en plaçant une fraction de l'extrait purifié dans une cuve en quartz de 1 cm de trajet optique.les concentrations des HPA dans les extraits sont déterminées à partir de droits d'étalonnages après évaluation de la cotangent α

$$\alpha = \frac{[(C)s]}{IF} \dots\dots(6)$$

Avec :

- ✓ α : Cotangente ;
- ✓ $[(Cs)]$: Concentration des standards ;
- ✓ IF : intensité fluorescente (U.A).

Les concentrations des HPA dans les extraits d'hexane sont déterminées comme suit :

$$[C]f = \frac{([C]ech - [C]blanc) \times v}{V} \dots\dots(7)$$

Avec :

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

II.2.1.5. Analyse microbiologique dans l'eau de mer

L'objectif de l'analyse bactériologique de nos échantillons est de rechercher les pathogènes qui accompagnent les indicateurs de contamination fécale. Les germes test recherchés sont les germes indicateurs de contamination fécale (coliformes totaux, coliformes fécaux dont *E.coli*) et les germes pathogènes (Salmonelles et vibrions).

Dans le présent travail, nous avons opté pour la méthode de filtration sur membrane pour estimer la charge bactérienne. C'est la méthode la plus utilisée au laboratoire pour sa facilité et sa reproductibilité. Elle consiste en une filtration de l'eau sur des membranes de porosité supérieure à $0.45\mu\text{m}$ susceptible de retenir les bactéries avec un quadrillage en surface facilitant les dénombrements.

a. Matériel

- ✓ Dispositif de filtration de marque **Sartorius stedim** ; (**Figure 11**).
- ✓ Pompe à vide ;
- ✓ Bec-Bunsen pour rester dans la zone stérile tout au long la durée de manipulation ;
- ✓ Boîtes de pétri avec les milieux de cultures spécifiques pour chaque germes ;
- ✓ Deux incubateurs (étuve à 37°C et une autre à 44°C) ;

- ✓ Membranes d'ester de cellulose quadrillées et stériles de porosité de $0.45\mu\text{m}$ et de 47 mm de diamètre ;
- ✓ Pincettes stérilisées et pipettes.

b. Mode opératoire

- ✓ Stériliser le dispositif de filtration ;
- ✓ Mettre le filtre sur la grille ;
- ✓ Filtrer le volume nécessaire de l'échantillon (par rapport au germe recherché) ;

Déposé le filtre sur le milieu de culture adapté pour chaque germe ; la composition des milieux de culture utilisés est consignée en **annexe 2** ;

- ✓ Incuber les boîtes à température adéquate.

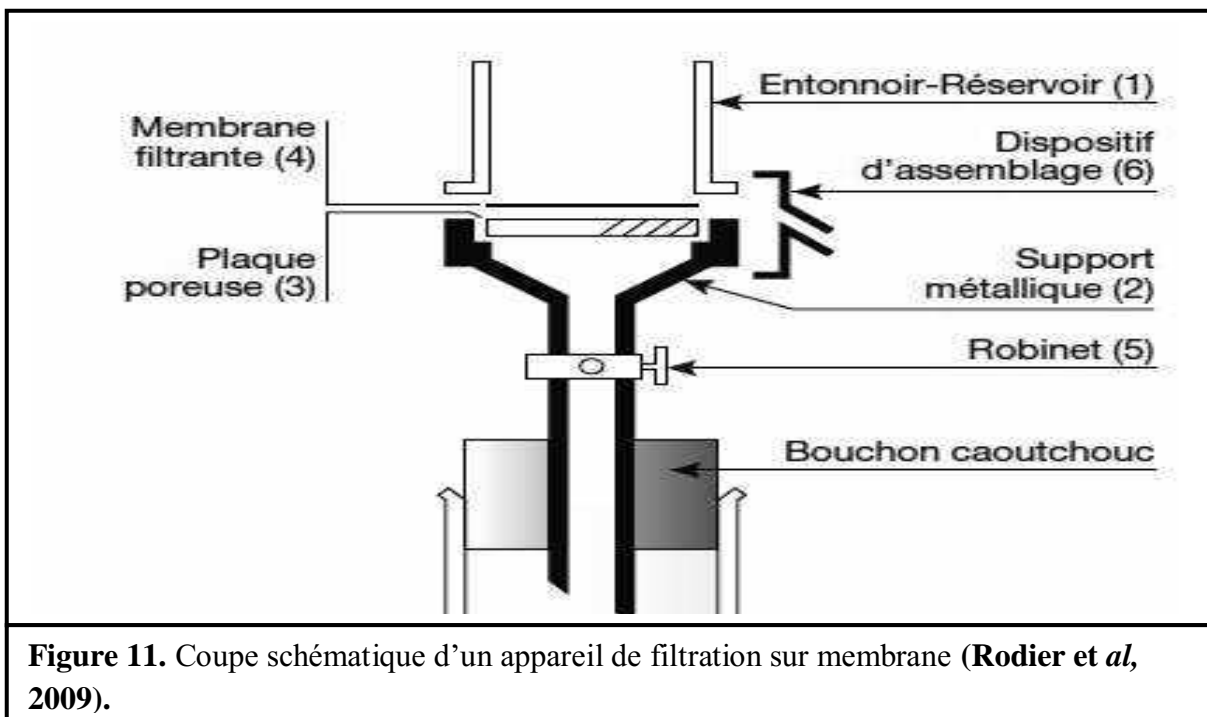


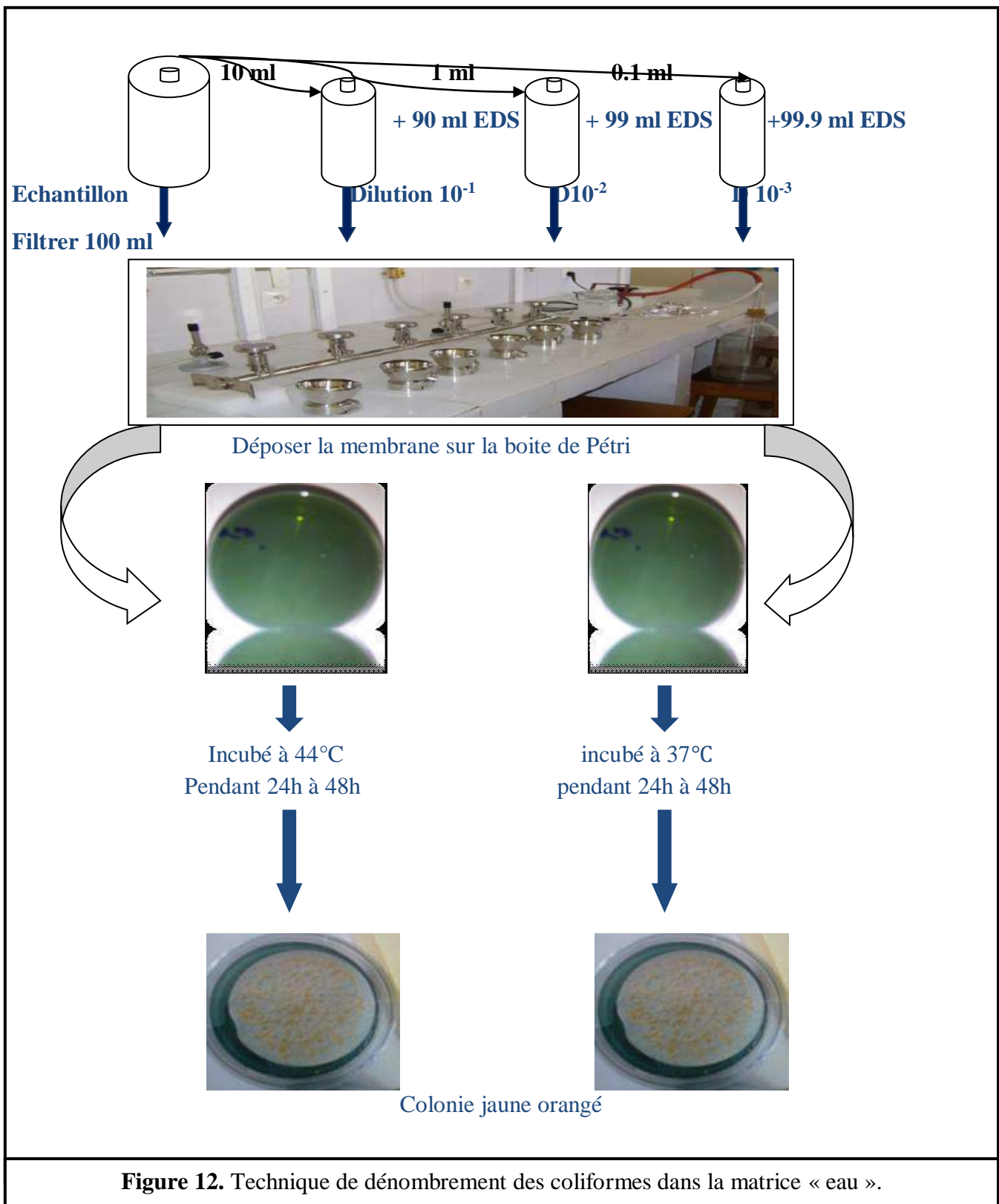
Figure 11. Coupe schématique d'un appareil de filtration sur membrane (Rodier et al, 2009).

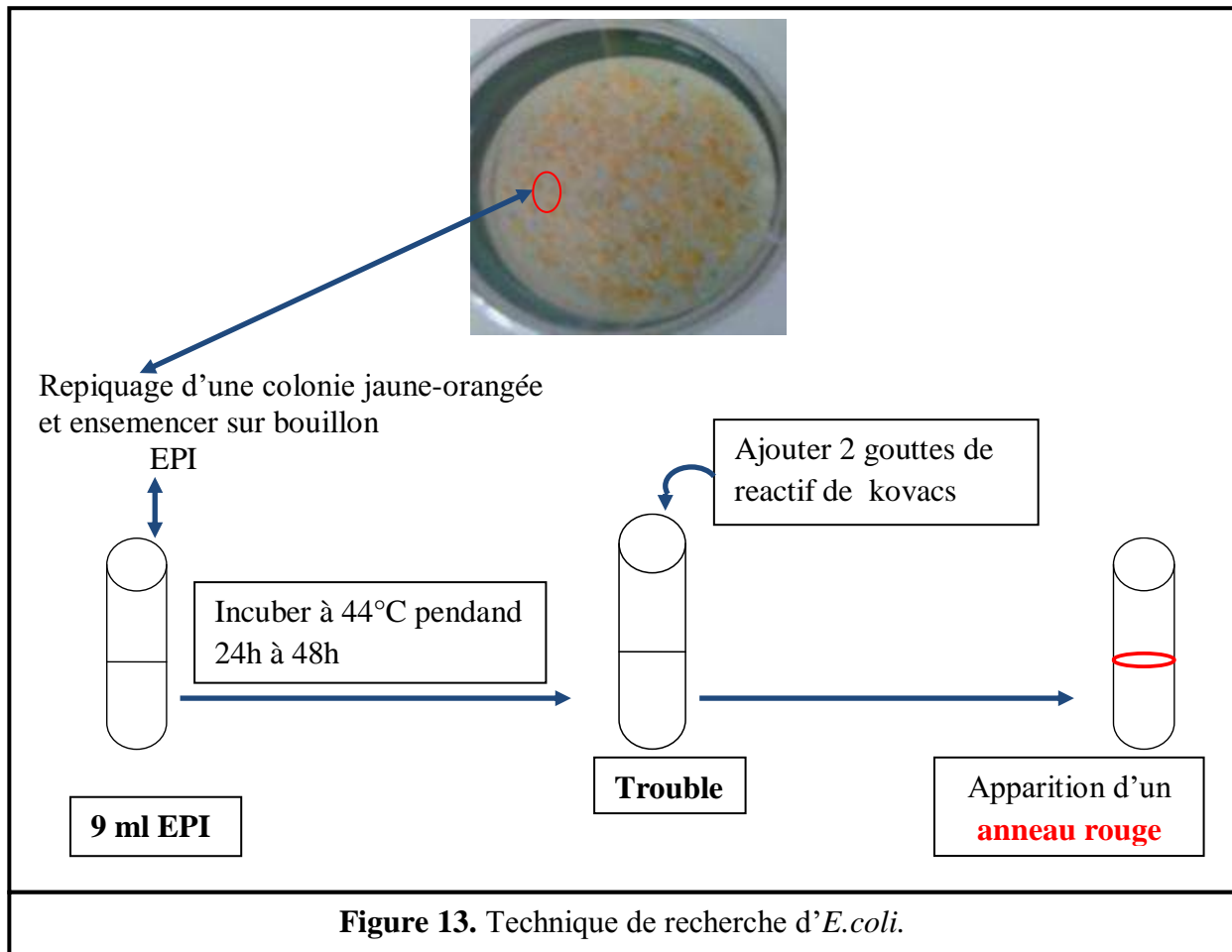
II.2.1.5.1. Dénombrement des coliformes totaux et Coliformes thermotolérants « Fécaux »

Après filtration de l'eau à étudier, la membrane est déposée sur un milieu gélosé approprié. Ceci permet aux colonies de coliformes de se développer préférentiellement au cours d'une incubation de 18 à 24 heures.

Cette méthode conduit à un dénombrement présomptif des colonies des coliformes totaux et coliformes thermotolérants. Le nombre de colonies trouvées sera exprimés en Unité Format Colonie dans 100 ml d'eau filtrée (UFC/100ml). Il est généralement beaucoup moins abondant dans la boîte incubée à 44°C . (Rodier et al, 2009) (Figure 12).

Pour la recherche d'*Echirichia coli*, on prend une colonie jaune orangé à l'aide d'une anse de platine stérile et ensemencé dans des tubes contenant 9 ml d'eau peptoné exempté d'indole (EPE), incubé à 44°C pendant 24 heures. (Figure 13)

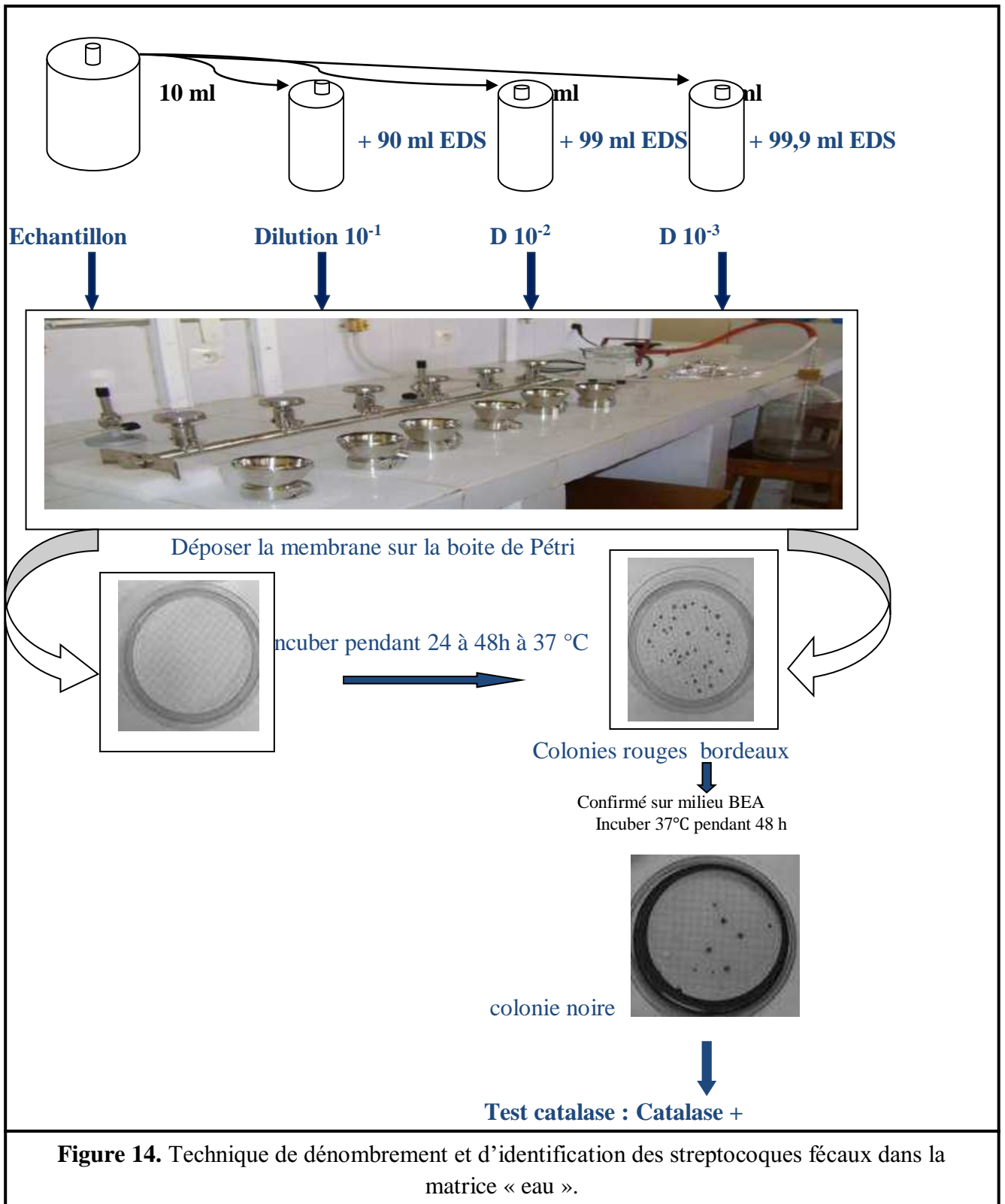




II.2.1.5.2. Dénombrement des Streptocoques fécaux

Le principe de dénombrement des Streptocoques fécaux repose sur la filtration sur membrane de cellulose, celle-ci est appliquée sur un support nutritif contenant des substances inhibitrices qui laissent se développer préférentiellement les colonies de streptocoques fécaux. (Rodier et al, 2009).

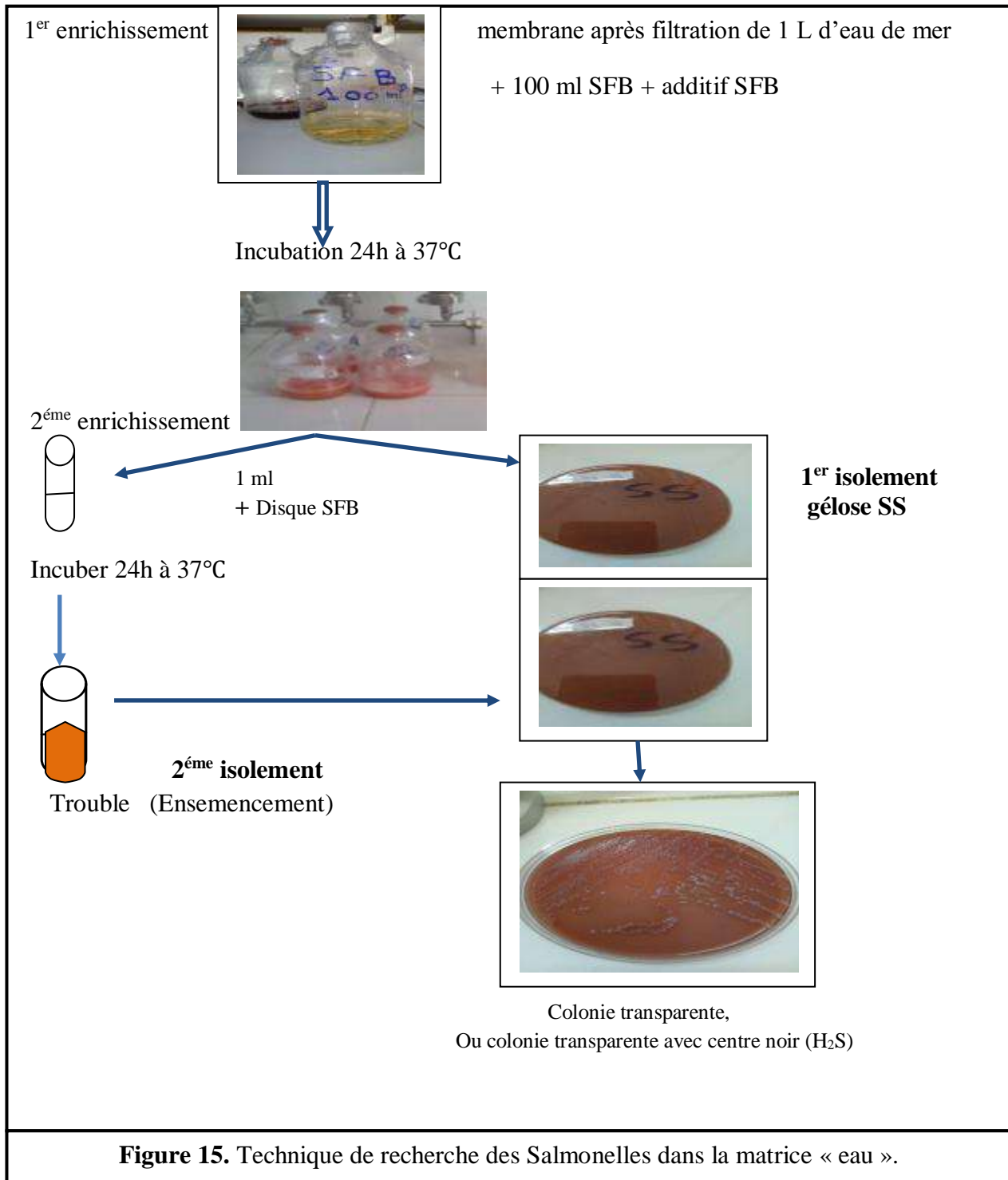
Deux tests sont effectués. Le premier est présomptif et réalisé sur le milieu de Slanetz et Bartley. Le second est confirmatif et réalisé sur gélose BEA (Figure 14).

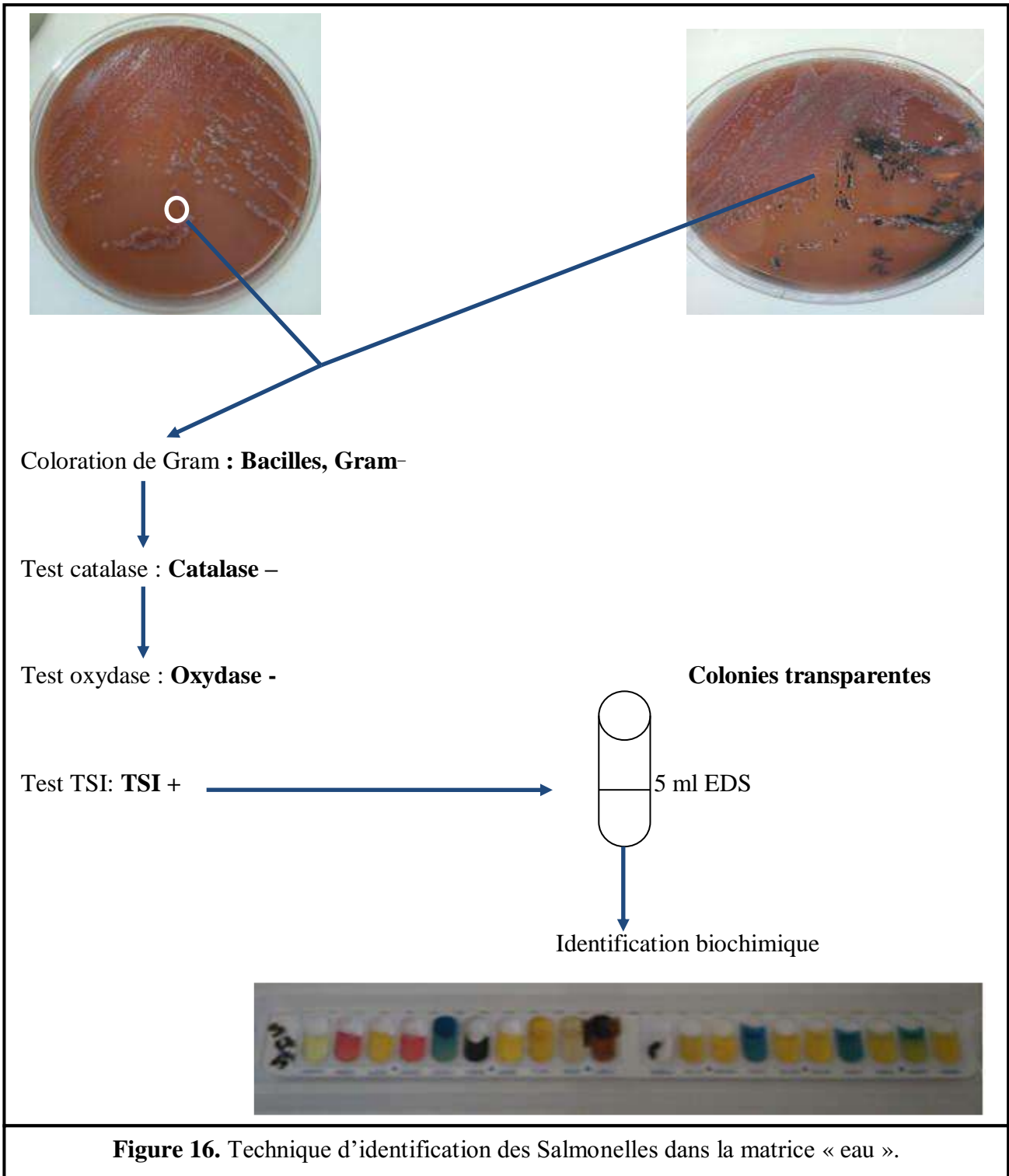


II.2.1.5.3. Recherche des germes pathogènes

a- Recherche des Salmonelles

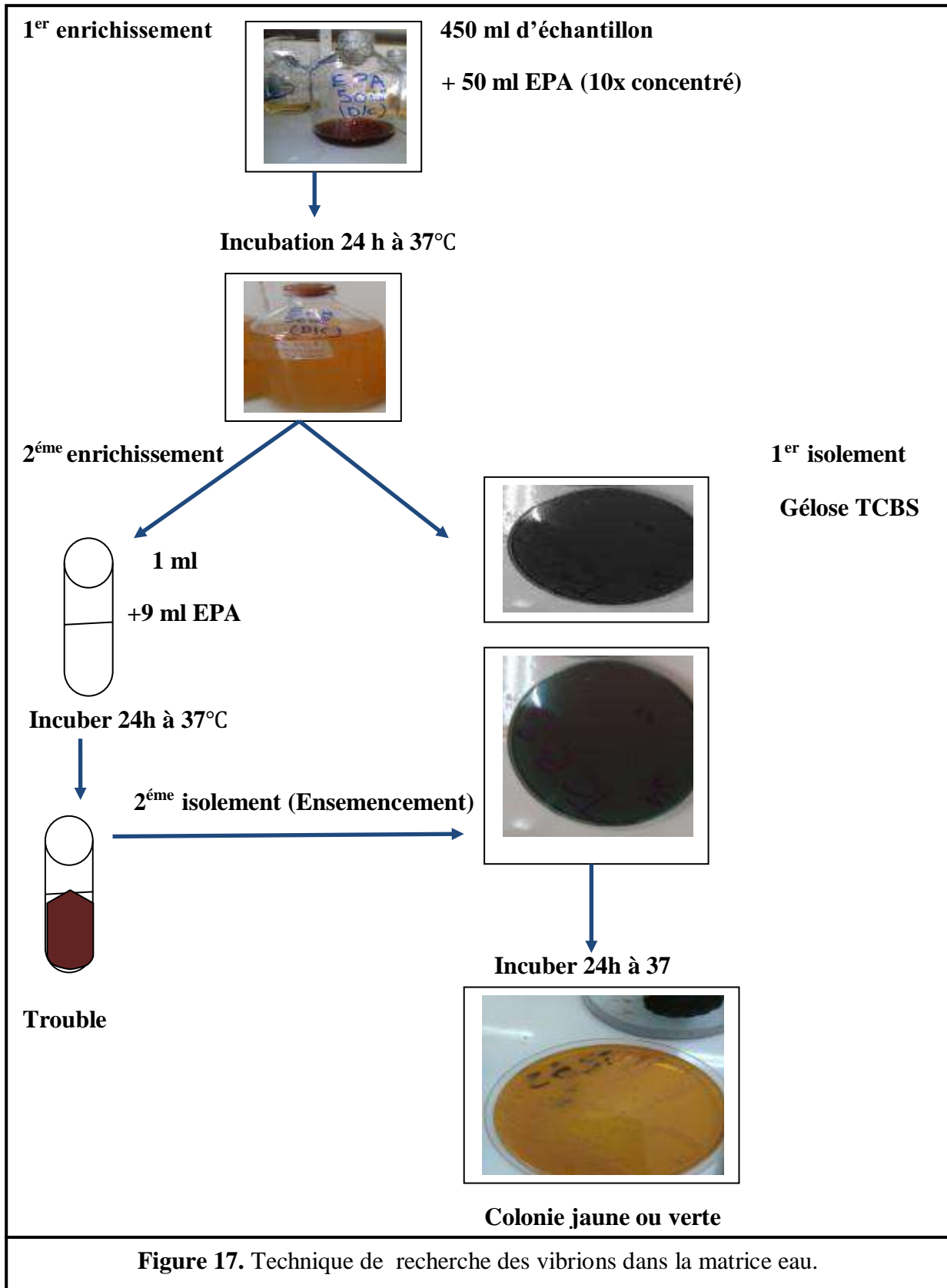
Un très grand nombre de méthodes de recherche sur divers types de milieux sont disponibles. La recherche dans l'eau doit habituellement inclure une phase de pré-enrichissement (sur milieu SFB additionné de disques SFB), d'isolement (sur gélose Salmonelles-Shigelles) (**Figure 15**), puis les colonies transparentes ou transparentes avec un centre noir ont fait l'objet d'une identification (coloration de gramme, teste d'oxydase et catalase, test TSI et tests biochimiques) (**Figure 16**). (**Rodier et al, 2009**).

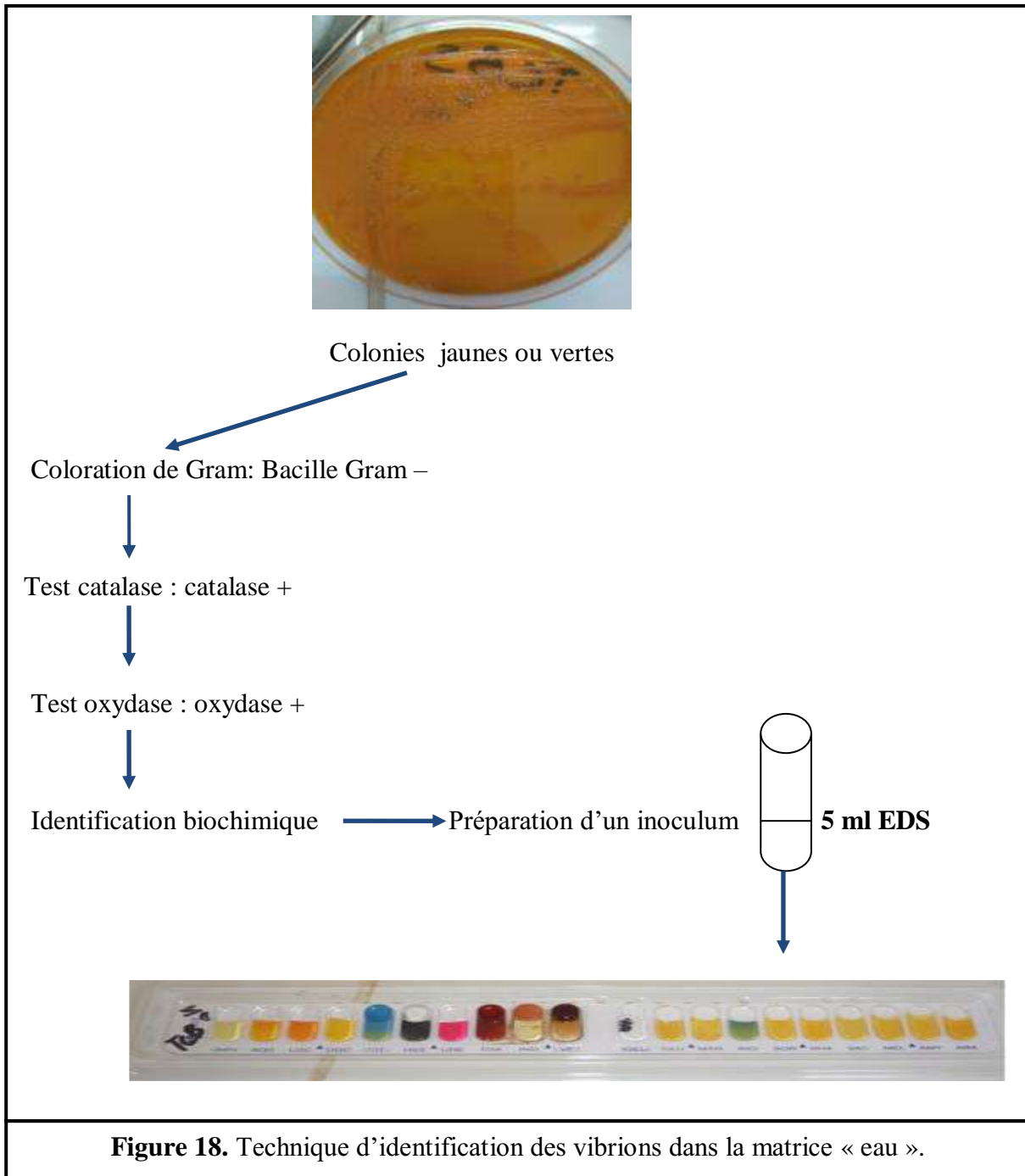




b- Recherche des Vibrions

Après enrichissement par passage en milieu hypersalé Eau Peptonée Alcaline (EPA) 10 fois concentrée, et après isolement sur gélose Thiosulfate-Citrate-Bile-Saccharose (TCBS) (**Figure 17**), l'identification est basée essentiellement sur des épreuves immunologiques. (**Figure 18**).





II.2.1.5.4. Technique d'identification et de caractérisation de quelques bactéries

Le comportement de la cellule bactérienne comprend tout un ensemble de réactions chimiques qui se déroulent selon deux voies liées et opposées :

- ✓ la voie de dégradation des aliments apportés par le milieu de culture : c'est le catabolisme.
- ✓ la voie de synthèse de nouvelles substances ou macromolécules : c'est l'anabolisme.

a- Coloration de Gram

La coloration de Gram doit son nom au bactériologiste danois Hans Christian Gram qui mis au point le protocole en 1884. C'est une méthode de coloration différentielle sur un frottis fixé à la chaleur.

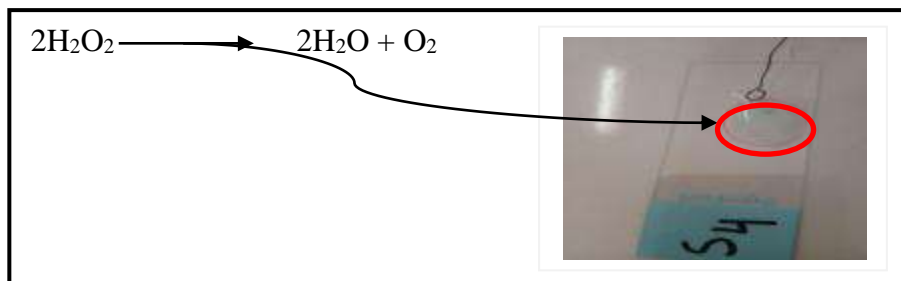
- ✓ Dans un premier temps colorer pendant une minute avec le colorant violet de gentiane ;
- ✓ le frottis coloré est rincé rapidement avec une solution iodo-ioduré de Lugol, et il y est maintenu pendant une minute ;
- ✓ Le frottis est ensuite décoloré avec l'alcool à 95 % pendant quelques secondes (45 secondes) jusqu'à élimination de l'excès du colorant puis rincé immédiatement avec l'eau de robinet ;
- ✓ Le frottis est ensuite traité avec un colorant qui est la solution de Fushine ;
- ✓ rincé rapidement et séché.

Après ce traitement, les cellules Gram négatif apparaissent roses et les cellules Gram positif apparaissent sous une couleur violette (Singleton et Sainsbury, 1984).

b- Test catalase

La catalase est une enzyme présente chez la plupart des bactéries aérobies strictes et anaérobies facultatives. (Camille, 2008).

Elle décompose l'eau oxygénée en eau et en oxygène qui se dégage lorsqu'il y a présence de la catalase, comme suit :



c- Test oxydase

L'oxydase ou Cytochrome oxydase est une enzyme présente dans certaines chaînes respiratoires cytochromiques bactériennes. La recherche de cette enzyme est utile dans le diagnostic des bactéries à Gram négatif. (Camille, 2008).

Ce test est réalisé à l'aide des disques oxydase ; écraser à l'aide d'une anse de Platine une colonie de germe à étudier et au bout de quelques secondes s'il y a apparition de coloration violette on dit que la bactérie est à oxydase positif et qu'elle possède la cytochrome oxydase.

d- Test biochimique «Galeries API »

La galerie API est composée de 20 microtubes permettant de réaliser 20 tests biochimiques différents afin d'identifier le germe recherché. Différentes galeries API ont été utilisées pour l'identification des différents germes à titre d'exemple : API 20 STREP pour les streptocoques, API20 STAPH pour les staphylocoques,

API20 A pour les anaérobies et API 20 E pour les entérobactéries dont les coliformes et salmonelles et qui peut être utilisée pour l'identification des non entérobactéries (Vibrion, Pseudomonas).

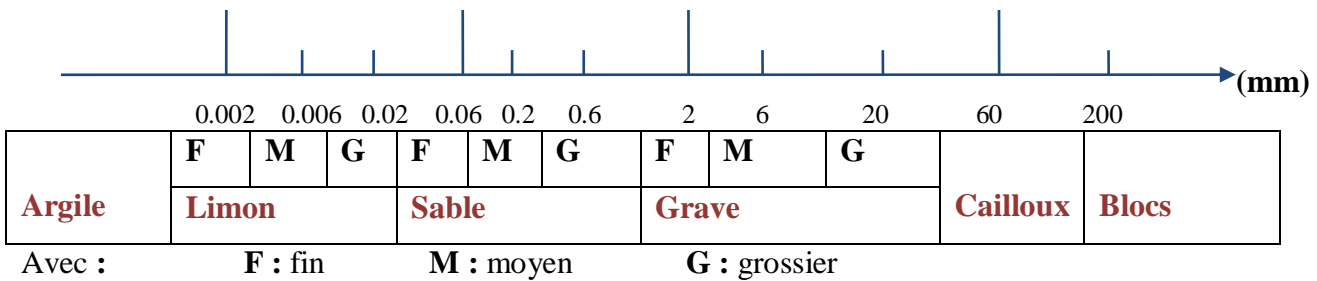
II.2.2. Analyses des sédiments marin

II.2.2.1. Analyse granulométrique

Selon la norme française : **NF P94-056**, la granulométrie correspond à la répartition massique de la dimension des particules solides exprimées en pourcentage de la masse totale du matériau.

a- Principe de la méthode

Ce procédé consiste à passer l'échantillon par une série de tamis de mailles décroissantes et de peser le poids des refus dans chaque tamis, ainsi qu'une représentation étendue sur un graphique. Les limites des dimensions des grains qui définissent les fractions granulaires sont fixées selon l'échelle conventionnelle suivante :



b- Mode opératoire

- ✓ Séchage de l'échantillon à 105°C pendant 24 heures ;
- ✓ Peser 200 g de l'échantillon (Pi), puis le faire passer sous un courant d'eau dans un tamis de diamètre de 40µm afin de soustraire la fraction fine (pélites) ;
- ✓ Remettre l'échantillon dans l'étuve à 105°C pendant 24 heures;
- ✓ Repeser une deuxième fois (Pf) ;
- ✓ Placer l'échantillon dans la série des tamis et tamiser mécaniquement sur une tamiseuse ;
- ✓ Peser le refus de chaque tamis.

Dans la présente étude, nous avons utilisé une colonne de tamis qui suit la norme AFNOR. Le diamètre des mailles de la série des tamis (de la colonne utilisée) dans l'ordre décroissant sont : 800 µm, 630 µm, 500 µm, 400 µm, 315 µm, 250 µm, 160 µm, 80 µm, 63 µm. **(Figure 19)**.

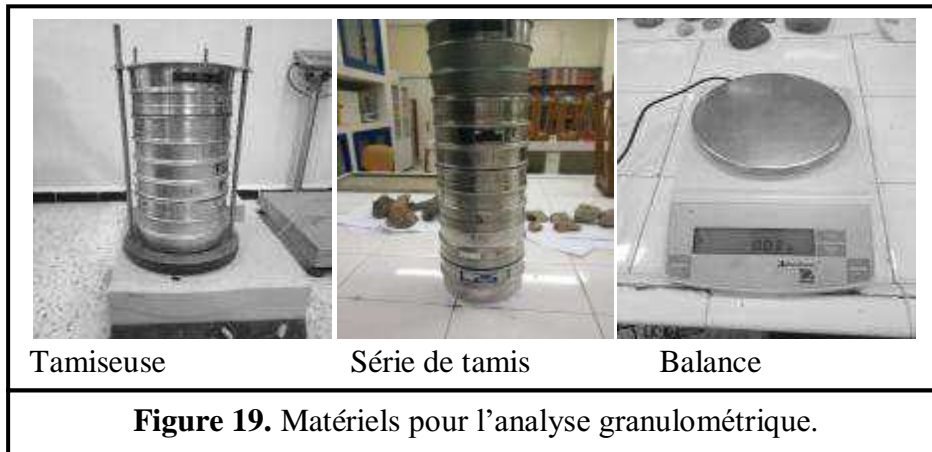


Figure 19. Matériels pour l'analyse granulométrique.

c- Traitement des données

Les résultats du tamisage et des pesées ont été présentés sous forme de courbes cumulatives, dans lesquelles ont été tracées sur un graphe semi-logarithmique en portant en ordonnées le pourcentage cumulé, et en abscisses 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.

- ✓ **La fraction fine** : l'étude de la fraction fine représente le pourcentage des pélites qui consiste à évaluer la fraction inférieure à 40 μm selon cette équation :

$$Pp(\%) = \frac{(Pi - Pf)}{Pi} * 100 \dots\dots\dots(8)$$

Avec :

Pp : Pourcentage des pélites.

Pi: Poids initial.

Pf: Poids final.

✓ Les indices granulométriques

La médiane : correspond au diamètre du grain moyen représentant 50% du poids total du sédiment, elle est déduite de la courbe cumulative.

Le grain moyen est l'expression de la force d'un courant (vent, eau), capable d'avoir mis en mouvement l'ensemble d'un sédiment donné. (**Chamley, 1987**).

Les quartiles :

Le 1^{er} quartile (Q_{25}): correspond au diamètre du grain représentant 25% en poids du sédiment.

Le 3^{ème} quartile (Q_{75}) : correspond au diamètre du grain représentant 75% du sédiment.

Ces deux paramètres nous montrent la part des sédiments grossiers et des sédiments fins.

d- Classement de sédiment

Le classement de sédiment se fait selon deux indices :

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

Il représente la disposition des tailles de part et d'autre de la médiane. Exprimé par la formule suivante :

$$S_0 = (Q_{75}/Q_{25})^{0.5} \dots\dots (9)$$

Les différentes classes de sédiment selon l'indice de Trask sont montrées dans le tableau suivant :

Tableau 5 : Classement des sédiments selon l'indice de Trask S_0 (Folk, 1957).

Indice	Signification
1 à 1.17	Sédiment très bien classé.
1.17 à 1.20	Sédiment bien classé.
1.20 à 1.35	Sédiment assez bien classé.
1.35 à 1.87	Sédiment moyennement classé.
1.87 à 2.75	Sédiment mal classé.
> 2.75	Sédiment très mal classé.

✓ **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 (Tableau 6). Il est exprimé selon la formule suivante :

$$SK = (Q_{25} * Q_{75}) / (Q_{50})^2 \dots\dots(10)$$

Tableau 6: Classement des sédiments selon l'indice de Skewness (S_k).

Indice	Signification
SK < 1	La fraction grossière est plus importante donc mieux classé que la fraction fine. Asymétrie (-).
SK = 1	Asymétrie est parfaite.
SK > 1	La fraction fine est mieux classée que la fraction grossière. Asymétrie (+).

➤ La fraction Pélitique

Les pélites nous renseignent sur les secteurs brassés ou non par les houles. L'étude de la fraction fine de diamètre inférieure à 40µm consiste à établir les cartes de la répartition des pélites au sein de notre zone d'étude. La classification des sédiments suivant le taux de la fraction pélitique est présenté dans le tableau suivant :

Tableau 7: Classification des sédiments suivant le taux de fraction pélitique.

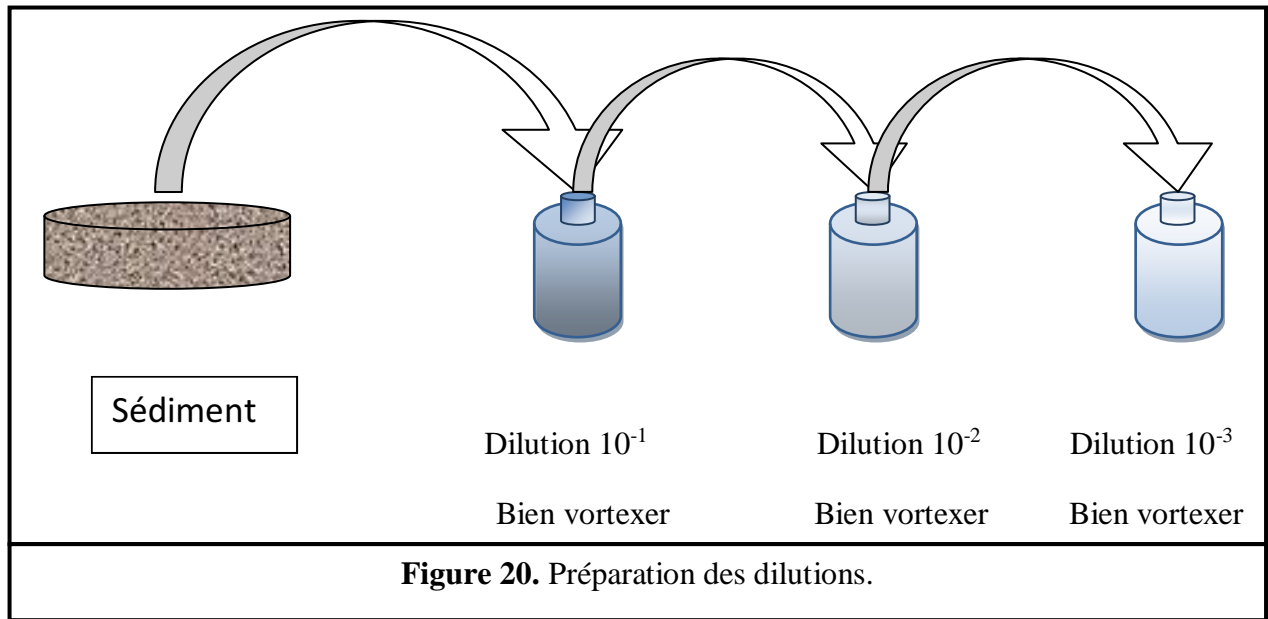
Type de dépôt	Taux des pélites (%)
Sable peu vaseux	< 5
Sable vaseux	5 à 25
Vase sableuse	25 à 75
Vase	>75

II.2.2.2. Analyse bactériologiques des sédiments

La méthode du nombre le plus probable (NPP ou la technique de fermentation en tubes multiples) a pour principe d'ensemencées plusieurs séries de tubes contenant des milieux de cultures liquides caractéristiques pour chaque germes, après incubation on détermine le nombre caractéristique (nombre de tubes positifs pour chaque dilution qui permettra l'établissement du nombre le plus probable, par le calcul ou la consultation de la table de Mc Grady). **(Voir annexe 2).**

Elle repose sur une analyse statistique et fournit par calcul des nombres les plus probables (NPP). Il existe de nombreuses variantes à la méthode en fonction de la charge microbienne à évaluer. Cette méthode suppose que le micro-organisme est normalement distribué dans le milieu et donc qu'un même volume d'échantillon contient en moyenne le même nombre de microorganismes (en réalité il en contient un peu plus ou un peu moins) ; le nombre le plus probable correspond à la valeur moyenne.

Dans le protocole présenté ci-dessous **(Figure 20)**, l'échantillon est d'abord dilué et chaque dilution est ensemencée dans une série de trois tubes. (OMS/PNUE, 1995).



II.2.2.2.1. Recherche des coliformes totaux et des coliformes thermotolérants et des streptocoques fécaux

Une fois les dilutions préparées et les milieux stérilisés, la recherche des germes suit le schéma ci-après : Le résultat est donné en nombre de germe par 100 ml d'échantillon en se référant à la table de Mc Grady.

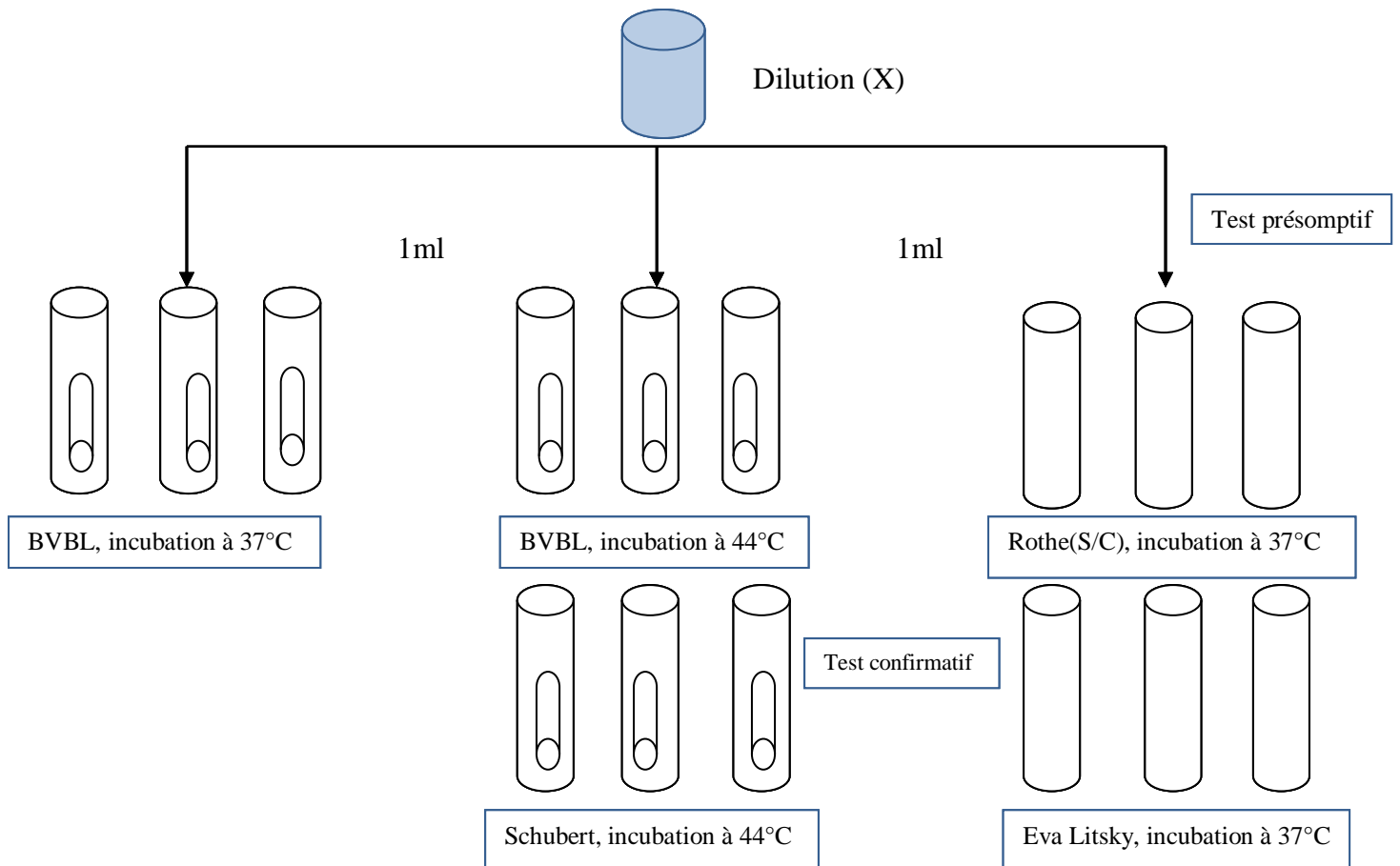


Figure 21. Dénombrement des indicateurs de contamination fécale par la méthode NPP dans les sédiments.

II.2.2.3. Etude des métaux lourds dans le sédiment

- **Traitement des sédiments**

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

- a- **Lyophilisation**

Le principe est la déshydratation des échantillons 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. Cette opération a été effectuée dans un lyophilisateur de type CHRIST-Beta 1- 8 pendant 72 heures sous vide (10^{-1} mbar) et à très basse température (-55 °C).

Ce moyen de déshydratation est préférable à celui de l'évaporation à l'étuve car, dans ce dernier cas, l'élévation de la température peut être une source de pertes en métaux les plus volatils en particulier le mercure.

- b- **Broyage**

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

- c- **Homogénéisation**

Pour avoir une répartition homogène des particules de sédiment dans l'échantillon, on procède à une agitation manuelle. Elle permet de prélever une quantité de sédiment représentative de l'échantillon.

- d- **Minéralisation**

- **Minéralisation à blanc**

Elle s'effectue dans le but de décontaminer les godets, on verse 2 ml d'eau régale (1 volume d'acide nitrique (HNO_3) concentré à 68 % + 3 volumes d'acide chlorhydrique (HCl) concentré à 37%), puis on les place sur une plaque chauffante à 120°C pendant 2h30minute .Une fois refroidis, les godets sont vidés puis rincés à l'eau bidistillée et mis à l'étuve pour séchage.

- **Minéralisation de l'échantillon**

- ✓ Peser 0,5 de sédiment lyophilisé et les mettre dans les godets ;
- ✓ Ajouter de l'eau régale (un mélange de 6 ml de HCl et de 2 ml de HNO_3^-) ;
- ✓ Laisser minéraliser à froid (à température ambiante) durant une heure ou deux afin d'éviter une réaction accélérée ;
- ✓ Placer les godets sur une plaque chauffante à 120 °C pendant 2h30 pour l'extraction des métaux lourds et les mettre en suspension ;
- ✓ Transvaser les minéralisés dans des tubes en polypropylène et compléter le volume jusqu'à 50 ml avec de l'eau distillée ;
- ✓ Conserver au réfrigérateur.

II.2.2.3.1. Analyse des métaux lourds

a- Principe de la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA)

Le passage de la forme ionique (métal en solution) à la forme atomique se produit par une source thermique (source d'atomisation). Les atomes ainsi formés passent d'un niveau énergétique fondamental (état initial) à un niveau plus élevé (état excité) traversé par un faisceau de lumière à mesure et d'intensité incidente I_0 . L'absorbance correspond à la différence entre l'intensité incidente (I_0) et l'intensité transmise (I). Cette différence ($I_0 - I$) est déterminée par un photomultiplicateur qui lui transforme cette intensité lumineuse en un signal électrique quantifiable.

b- Loi de Beer – Lambert.

L'intensité de l'absorption dépend directement du nombre de particules absorbant la lumière selon la loi de Beer-Lambert. D'après cette dernière, la densité optique d'une solution ou d'une substance absorbante dans un solvant transparent est proportionnelle à l'épaisseur de la solution traversée et à la concentration des substances absorbante de la solution (Audigie et al, 1985).

II.2.2.4. Analyse des hydrocarbures aliphatique et aromatique dans le sédiment

Après avoir faire la sortis, les échantillons destiné a cette analyse sont congelés à $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

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

- ✓ Congélation ;
- ✓ Lyophilisation : On place le sédiment au lyophilisateur à $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant 72 h pour le sécher ;
- ✓ Broyage : Les sédiments lyophilisés sont ensuite broyés en poudre fine à l'aide d'un mortier en porcelaine, qui doit être conditionné entre chaque deux utilisation.

a- Extraction

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

- ✓ peser 5 g de sédiment et les mettre dans des cartouches en cellulose ;
- ✓ Mettre les cartouches dans un extracteur Soxhlet pour extraire les hydrocarbures ;
- ✓ Verser un mélange de 150 ml d'hexane et de dichlorométhane dans le ballon a colle rodé ;
- ✓ Régler le chauffage à $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ en premier temps, dès que le mélange commence à bouillir fixer la température à $60\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- ✓ Laisser l'extraction se poursuivre pendant 8 h.

b- Concentration

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

c- Purification et séparation des aliphatiques et aromatiques

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

d- Mesure et mode de calcul

La mesure se fait en plaçant une fraction de l'extrait purifié dans une cuve en quartz de 1 cm de trajet optique. Les concentrations des HPA dans les extraits sont déterminées à partir de droites d'étalonnages.

Le calcul de concentration finale des HAP est déterminé comme suit :

$$[C]f = ([C]ech - [C]blanc) \times \frac{v}{Ps} \dots\dots(11)$$

Avec :

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

Résultats et Discussion

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

III.1. Variation des paramètres physico-chimiques

Dans le cadre de cette étude, l'échantillonnage a été effectué à raison de quatre sorties pour une période allant du 28 Février au 9 Mai de l'année en cour.

Pour l'analyse de l'eau au totale douze stations ont été choisis, cinq stations au niveau de la plage Ouest et sept stations au niveau de la plage Est, ces prélèvements sont destinés pour les mesures des paramètres physiques tels que la température et le pH, des paramètres chimiques, à savoir l'analyse des sels nutritifs, de MES et des MOP, l'analyse bactériologique et le dosage des hydrocarbures aliphatique et aromatique. En ce qui concerne les sédiments, quatre stations ont été choisis pour l'analyse bactériologique, le dosage des hydrocarbures aliphatiques et aromatiques et des métaux lourds.

Les résultats obtenus de ces différentes analyses physico-chimiques et bactériologiques (eau et sédiment), ont été comparés aux normes algériennes.

La prise de la température et du pH de l'eau des stations est effectuée in situ.

Après lecture des températures et pH les valeurs ont été relevées et enregistrées. **Le tableau 8** récapitule sous forme de valeurs minimales, moyennes, maximales et écart-type des mesures relevées.

Tableau 8 : Valeurs de température et pH au niveau des deux plages.

Paramètres	Température (°C)				pH			
	1	2	3	4	1	2	3	4
sortie	1	2	3	4	1	2	3	4
Maximum	15.9	17.1	17.00	19.20	7.97	7.73	7.74	7.99
Minimum	14.8	16.4	16.50	18.00	7.60	6.96	6.97	7.76
Moyenne	15.3	16.76	16.79	18.84	7.80	7.51	7.52	7.88
Ecart-type	0.34	0.25	0.17	0.44	0.11	0.24	0.24	0.09

III.1.1. La Température

La température de l'eau mesurée durant la période d'étude révèle (**figures 22 et 23**) des moyennes comprise entre 16.55°C et 16.88°C pour les stations de la plage Ouest et entre 16.55°C et 17.15°C pour les stations de la plage Est.

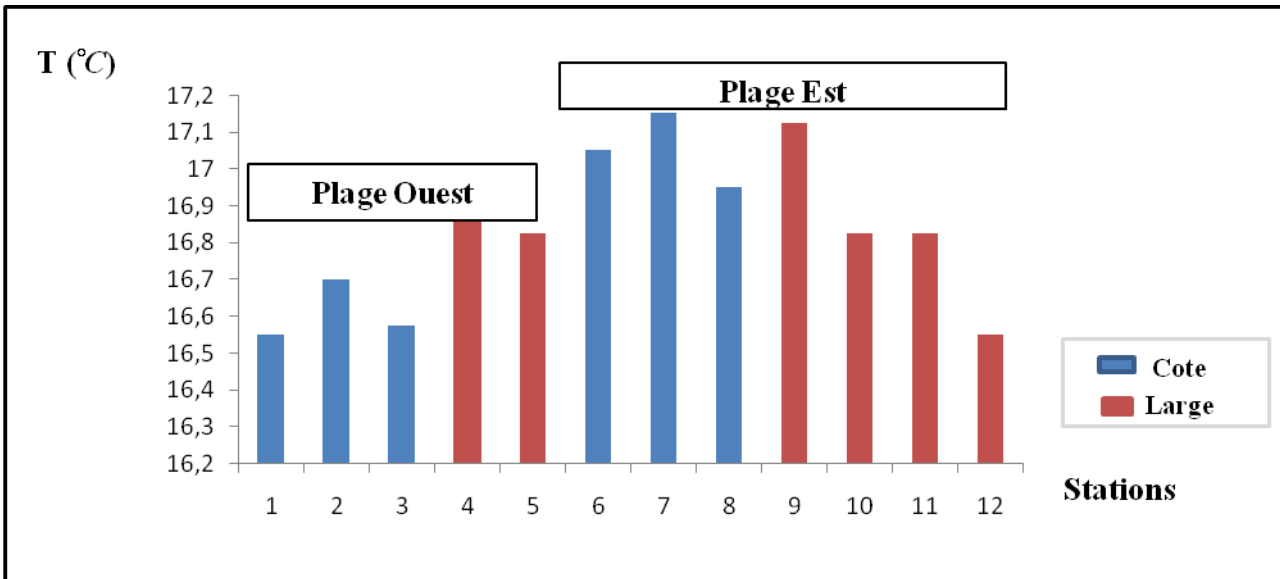


Figure 22. Variation de la température en fonction des stations.

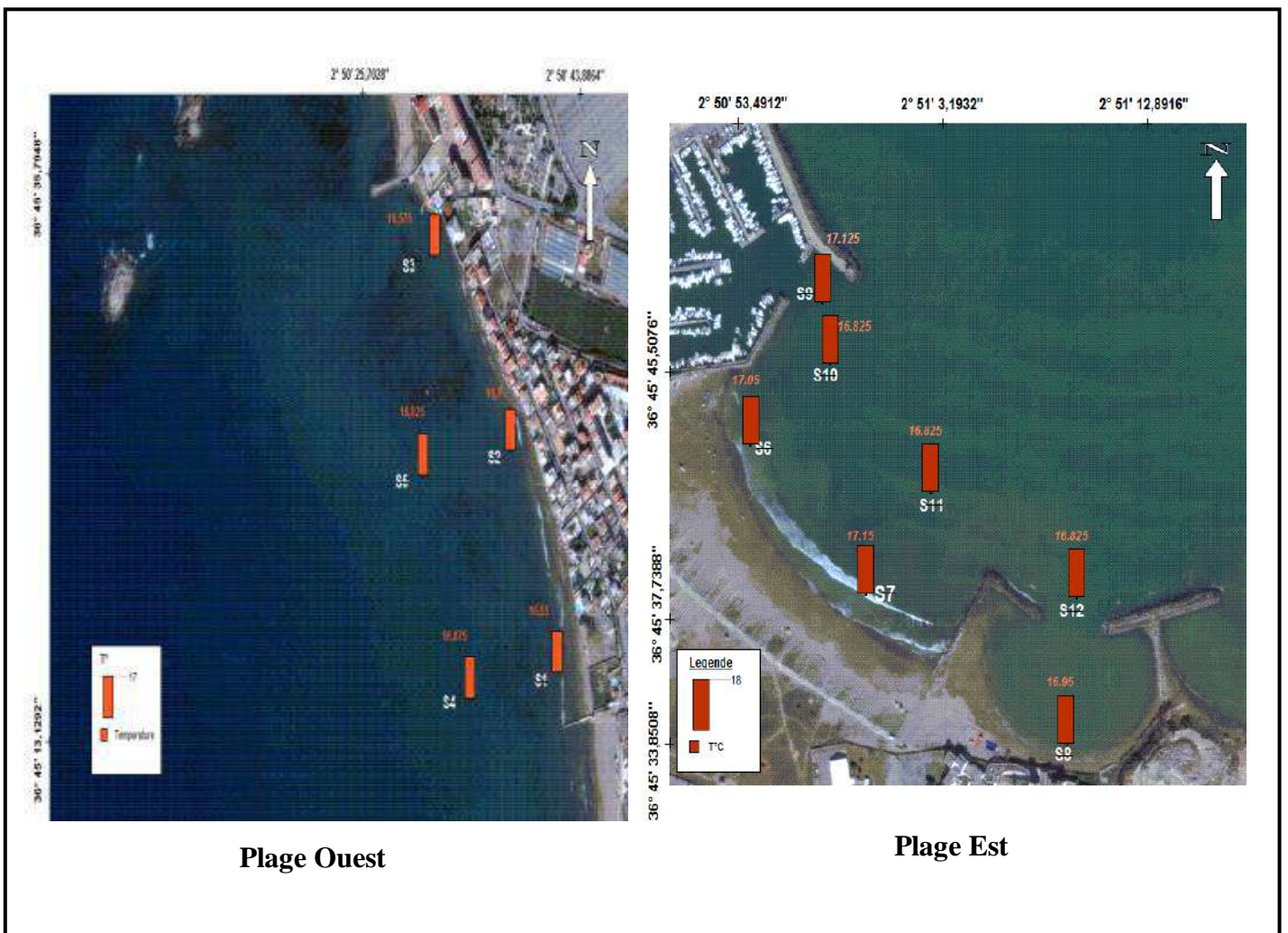


Figure 23. Présentation de la variation moyenne de la température.

Les valeurs de température des eaux de surface au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj sont croissantes de la côte vers le large. Ceci est peut être dû à une petite remontée d'eau profonde fraîche. Concernant la plage Est, les valeurs sont généralement décroissantes de la côte vers le large sauf au niveau des stations qui sont près aux rejets des eaux usées et des rejets du port.

Dans l'ensemble, les températures relevées au niveau des deux plages sont saisonnières et restent inférieures aux normes en vigueur (annexe 3)

III.1.2. Le pH

Les valeurs moyennes du pH enregistrées dans l'eau de mer (Figures 24,25) varient entre :

- 7.6 (Station 8) et 7.99 (Station 11) avec une moyenne de 7.8 et un écart-type de 0.11 pour la première sortie;
- 6.96 (Station 6) et 7.73 (Station 2) avec une moyenne de 7.51 et un écart-type de 0.24 pour la seconde ;
- 6.97 (Station 6) et 7.74 (Station 2) avec une moyenne de 7.52 et un écart-type de 0.24 pour la troisième ;
- 7.76 (Station 4) et 7.99 (Station 10 et 11) avec une moyenne de 7.88 et un écart-type de 0.087 pour la dernière sortie.

Les résultats obtenus au niveau des stations Est et Ouest révèlent des valeurs de pH des eaux de surface qui ne présentent pas des variations significatives. En comparant entre les stations, nous constatons les plus faibles valeurs au niveau de la plage Est (S8, S9, S10); zones de rejets des eaux usées et près du port. Ce qui est dû à une acidification de milieu provoquée par le processus de la dégradation de la matière organique. Cependant, les valeurs observées révèlent que le pH est neutre à légèrement alcalin, analogue à celui de l'océan mondial et dont le pH fluctue autour de 6.88 et 8.89. (Annexe 3).

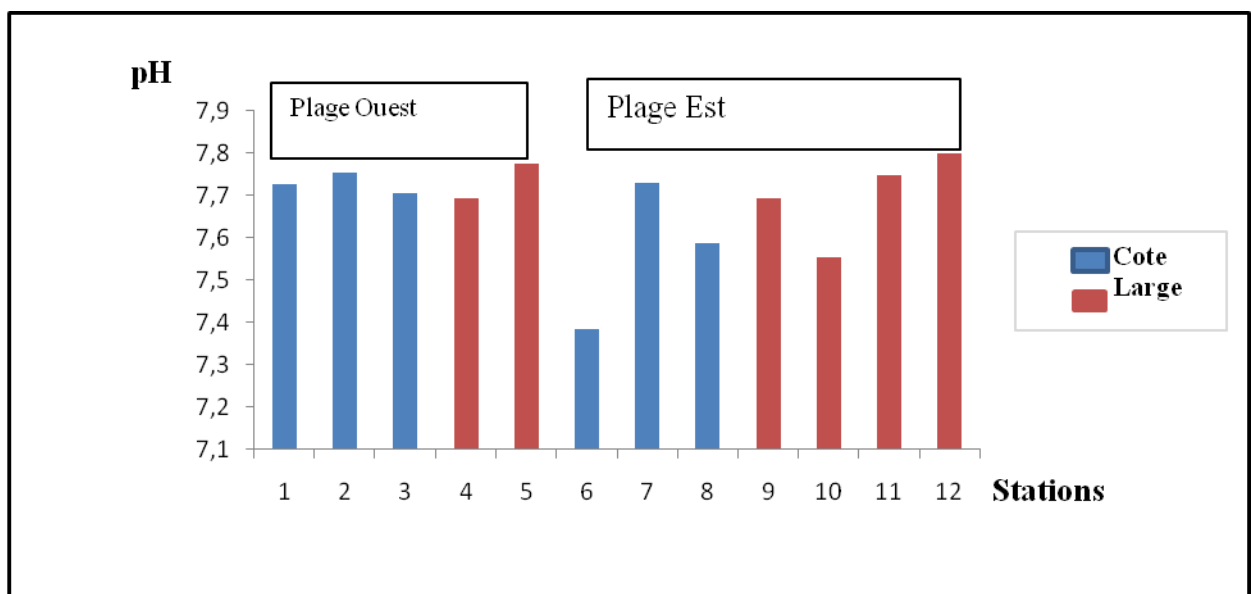


Figure 24. Variation du pH en fonctions des stations.

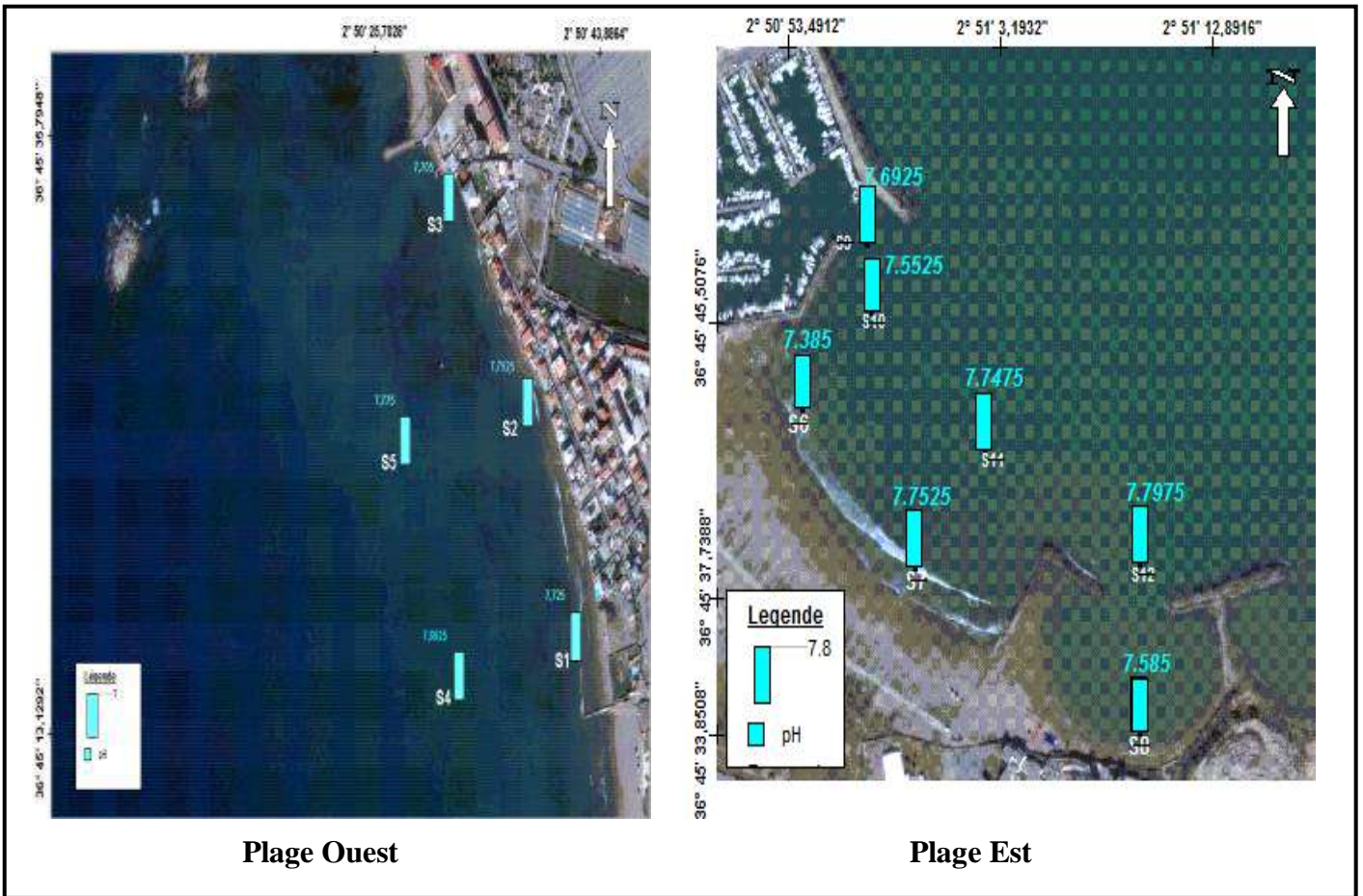


Figure 25. Présentation de variation moyenne de pH en fonctions des stations.

III.1.3. La Matière en suspension (MES)

Les variations des concentrations en matière en suspension au niveau des deux plages sont illustrées sur les figures 26 et 27. Nous constatons des fluctuations importantes avec une valeur maximale de 276.75 (mg/l) en S1 au niveau de la côte et une valeur minimale de 19.92 (mg/l) en S5 au large au niveau de la plage Ouest.

Concernant la plage Est, les résultats obtenus révèlent des concentrations très diversifiées entre les différentes stations. Les valeurs moyennes enregistrées sont 4032.4 mg/L (S7), 1339.25 mg/L (S8) et 260 mg/L (S10). Ces concentrations élevées sont probablement causées par des rejets domestiques urbains qui sont riches en matière colloïdes d'origine minérale ou organique.

La période des prélèvements au niveau de la zone d'étude a été marquée par une agitation plus au moins fortes de la mer. Les matières en suspension des eaux côtières sont majoritairement élevées par rapports à celles enregistrées au large, ces variations dépendent du diamètre des particules, de l'influence des apports marines et continentaux et des conditions climatiques. Nous pouvons conclure que les teneurs maximales enregistrées aux niveaux des stations (7 et 8) dépendent de la faible hauteur de la colonne d'eau.

Par ailleurs, les concentrations minimales sont enregistrées presque au niveau de toutes les stations du large où la hauteur de la colonne d'eau est plus importante. Les valeurs des MES enregistrées au niveau des deux plages sont nettement supérieures aux normes des rejets en mer (30 mg/l).

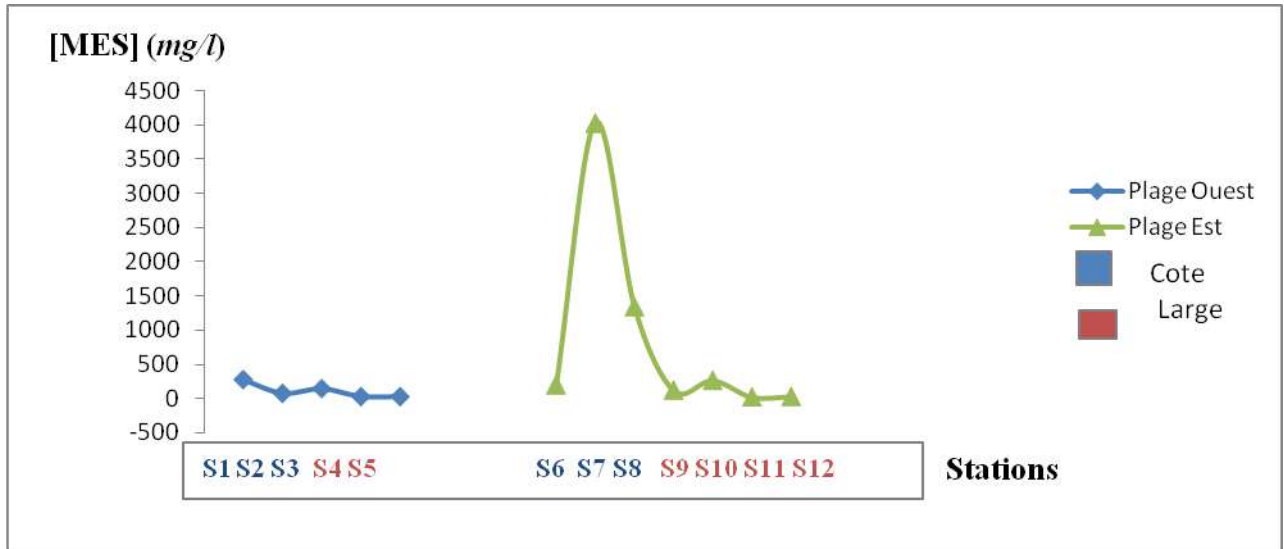


Figure 26. Variations des concentrations moyennes des MES en fonction des stations.

La figure ci-après (**Figure 27**) représente les variations en teneurs de MES au niveau de toute la zone d'étude.

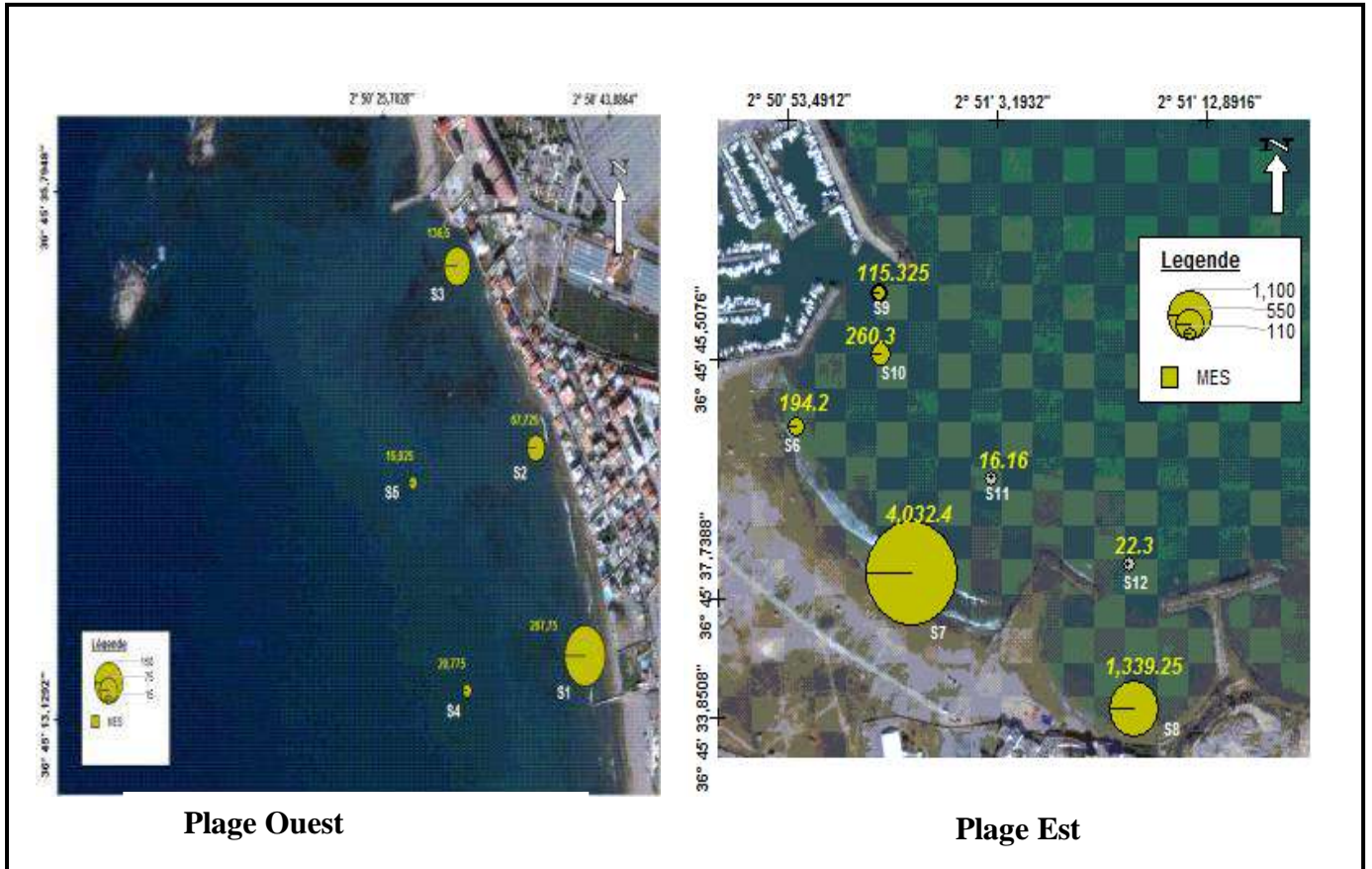


Figure 27. Distribution des variations moyennes des MES.

III.1.4. la Matière organique particulaire (MOP)

Les variations des valeurs des concentrations des matières organiques particulières au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj sont importantes avec un maximum de 1.27% en station 1 au niveau de la côte et un minimum de 0.021% en station 5 au large.

En ce qui concerne la plage Est, les concentrations sont presque homogènes sauf aux niveaux des stations 7 et 8 (à proximité de la côte) et la station 10 au large dont les taux sont respectivement dans l'ordre 13.67%, 5.16% et 1.96%. (Figure 28)

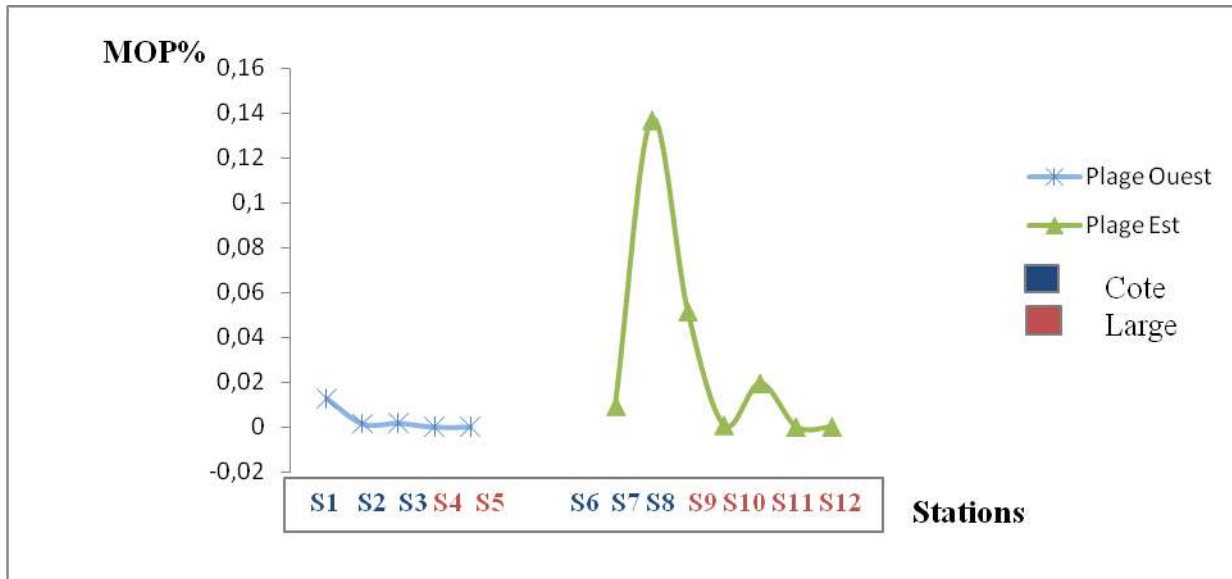


Figure 28 .Variation des taux de la matière organique particulaire en fonction des stations.

Les fluctuations de la matière organique particulaire sont identiques au cycle de la matière en suspension mais avec des teneurs plus faibles donc on peut déduire que l'origine des matières en suspension est beaucoup plus minérale qu'organique.

Les valeurs maximales sont majoritairement enregistrées au niveau de la côte surtout pour les stations (S1) au niveau de la plage Ouest et (S7 et S8) au niveau de la plage Es. Ces taux peuvent être expliqués par la remise en suspension des particules organiques sédimentées qui n'ont pas le temps suffisant pour s'oxyder vu la faible profondeur de la colonne d'eau, quant aux valeurs minimales sont enregistrés au large surtout au niveau de la stations (S5) de la plage Ouest et (S11) de la plage Est.

III.1.5. La matière inorganique particulaire (MIP)

Les concentrations de la matière inorganique particulaire varient d'une façon décroissante de la côte vers le large au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj avec une valeur maximale de 267.73 (mg/l) au niveau de la station 1 et une valeur minimale de 19.92 (mg/l) au niveau de la station 5. (Figure 29).

Concernant la plage Est, les concentrations de la matière inorganique particulaire sont homogènes dans l'ensemble sauf au niveau des stations (S7 et S8) (prés de la côte) et la station 10 (au large) ou en remarque des valeurs élevées qui sont respectivement 4032.26 (mg/l), 1339.13 (mg/l) et 260.28 (mg/l) (**Figure 29**).

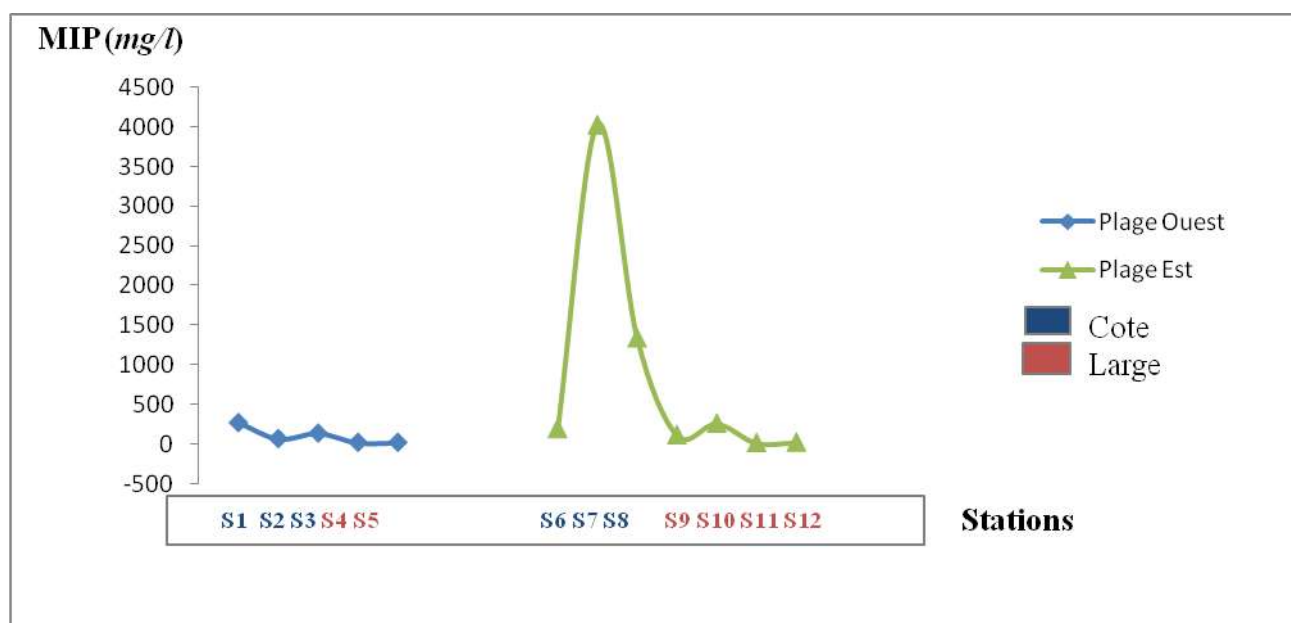


Figure 29. Variation de la matière inorganique particulaire en fonctions des stations.

La matière inorganique particulaire présente des valeurs importantes par rapport à celle de la matière organique particulaire. Globalement, les valeurs minimales sont enregistrées au large, elles évoluent de façon proportionnelle par rapport aux MES.

Les valeurs maximales enregistrées au niveau des stations (S7, S8) peuvent être dû à la faible bathymétrie de point de prélèvement qui permet une remise en suspension rapide des particules par les facteurs d'hydrodynamismes.

III.1.6. Le rapport MIP/MOP

Le rapport MIP/ MOP constitue un indice de la qualité trophique des eaux du milieu, lorsque le rapport est inférieur ou égale à 1 ;il indique des eaux de bonne qualité trophique et dans le cas inverse, il reflète une baisse de la qualité trophique des eaux qui est la conséquence d'une augmentation da la fraction minérale par rapport à la fraction organique.

Au niveau de la plage Ouest, le rapport MIP/ MOP varie entre 10.84 (Station 1) et 44.04 (Station 3) avec une moyenne de 23.71. Concernant la plage Est, les valeurs de cet indice varient entre 7.79 (Station 10) et 60.18 (Station 9) avec une moyenne de 20.85. (**Figure 30**).

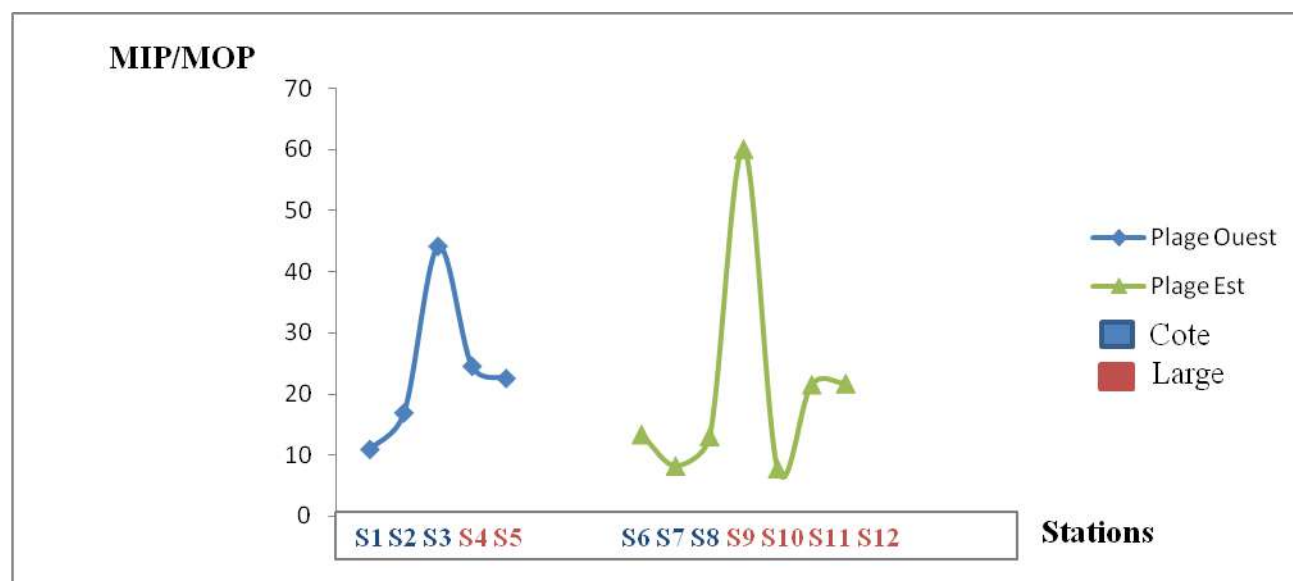


Figure 30 .Variation de rapport MIP/ MOP en fonctions des stations.

Au regard des résultats, la matière inorganique particulaire est prédominante à la matière organique particulaire. Donc, les deux plages sont marquées par une baisse de la qualité trophique.

III.1.7.Variation et distribution spatiale des sels nutritifs

Les résultats des concentrations des sels nutritifs des échantillons d'eau prélevés au niveau des deux zones du littoral de Sidi Fredj sont résumés dans le **tableau 9**, sous forme de valeurs minimales, maximale, moyenne et écart-type.

Tableau 9: Récapitulatif des concentrations en sels nutritifs.

Sels nutritifs	[NO ₃ ⁻] μmol/l		[NO ₂ ⁻] μmol/l		[NH ₄ ⁺] μmol/l		[PO ₄ ³⁻] μmol/l		[SiO ₂] μmol/l	
	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest	Est	Ouest
Maximum μmol/l	0,14	0,13	0,10	0,11	5,56	8,07	0,09	0,14	1,56	1,81
Minimum μmol/l	0,07	0,09	0,04	0,06	3,85	6,07	0,06	0,09	0,79	1,20
Moyenne μmol/l	0,09	0,10	0,06	0,08	4,56	7,05	0,08	0,11	1,09	1,43
Ecart-type	0,03	0,02	0,02	0,02	0,56	0,79	0,01	0,02	0,31	0,24

III.1.7.1.L'Ammonium (NH₄⁺)

Dans une eau bien oxygénée l'ammoniac se transforme rapidement en nitrites et nitrates par oxydation. Il peut avoir plusieurs origines dans les eaux superficielles, matière végétale des cours d'eaux, matière organique animale ou humaine, rejets industriels, engrais, etc. (Rodier, 2005).

Plage Ouest : La concentration maximale de l'ammonium est enregistrée au niveau de la station 1 avec un taux maximal de 8,07 $\mu\text{mol/l}$ tandis que le taux minimal est enregistré au niveau de la station 5 avec 6,07 $\mu\text{mol/l}$. Les valeurs de la moyenne et l'écart-type sont respectivement 7,04 $\mu\text{mol/l}$ et 0,78.

Les valeurs maximales sont dues essentiellement aux rejets domestiques et/ou à une dégradation de la matière organique.

Plage Est : la teneur la plus élevée est enregistrée au niveau de la station 12 avec une valeur de 5,55 $\mu\text{mol/l}$ et une valeur minimale de 3,85 $\mu\text{mol/l}$ enregistré à la station 6. Cet élément présente une moyenne de 4,56 et un écart-type de 0,55.

La distribution horizontale (**figure 31**) de l'ammonium au niveau de la plage Ouest montre un gradient décroissant de la côte vers le large. Les valeurs élevées se localisent majoritairement près de la côte où l'influence côtière se fait sentir par les fortes teneurs en cet ion des rejets d'une embouchure en face des stations de prélèvements. En effet cette plage reçoit probablement des rejets urbains chargés en ammonium. Les valeurs faibles se trouvent au large de cette plage.

Concernant la plage Est, d'une façon générale les résultats suivent le même profile décroissant de la côte vers le large, sauf, au niveau des deux stations (S12 et S8) qui sont en face de l'hôtel El-Riyadh.

Ces fortes concentrations s'expliquent par un enrichissement de cette zone en ce composé azoté qui est essentiellement dû aux rejets de cet hôtel et à la dégradation de la matière organique azoté, le mécanisme bactérien appelé Ammonification.

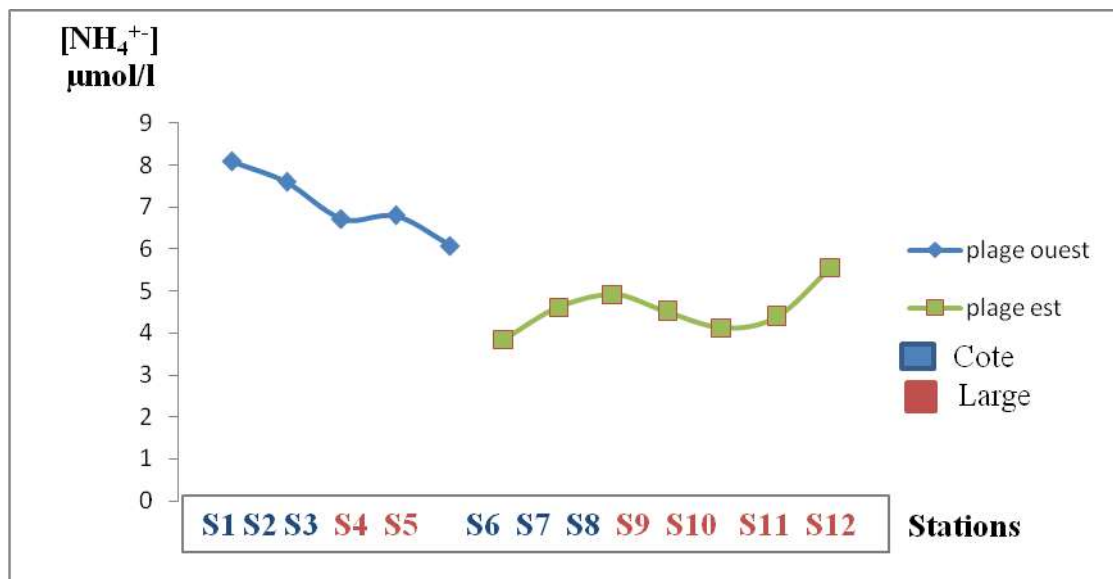


Figure 31. Variation moyenne de l'ammonium en fonctions des stations.

III.1.7.2. Les Nitrites (NO_2^-)

La plage Ouest : les valeurs enregistrées sont relativement faibles entre un maximum de $0,10 \mu\text{mol/l}$ (station 1) et un minimum de $0,06 \mu\text{mol/l}$ (station 5) avec une moyenne de $0,08 \mu\text{mol/l}$ et un écart-type de $0,01$.

La concentration en nitrates au niveau de la plage Est varie entre $0,03 \mu\text{mol/l}$ (station 10) et $0,10 \mu\text{mol/l}$ (station 7), avec une moyenne de $0,06 \mu\text{mol/l}$ et un écart-type de $0,02$. (**Figure 32**).

Les concentrations en nitrites sont faibles (**figure 32**) sur toute la surface de la zone d'étude car ce sont des éléments nutritifs consommés par les phytoplanctons mais aussi, c'est un ion intermédiaire entre l'ammonium et les nitrates et instable en présence de l'oxygène, dont la concentration est généralement très inférieure à celle des deux formes qui lui sont liées. C'est ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu marin qui peuvent varier entre $0,5$ à $1 \mu\text{mol/l}$ en hiver pour atteindre des valeurs très faibles en été (moins de $0,01 \mu\text{mol/l}$) (**Aminot, 1983**).

Au niveau des stations S1 de la plage Ouest et S7 de la plage Est, nous avons remarqué des valeurs plus ou moins significatives, certainement, elles proviennent des rejets d'eaux usées urbaines où se dégrade d'une manière importante la matière organique.

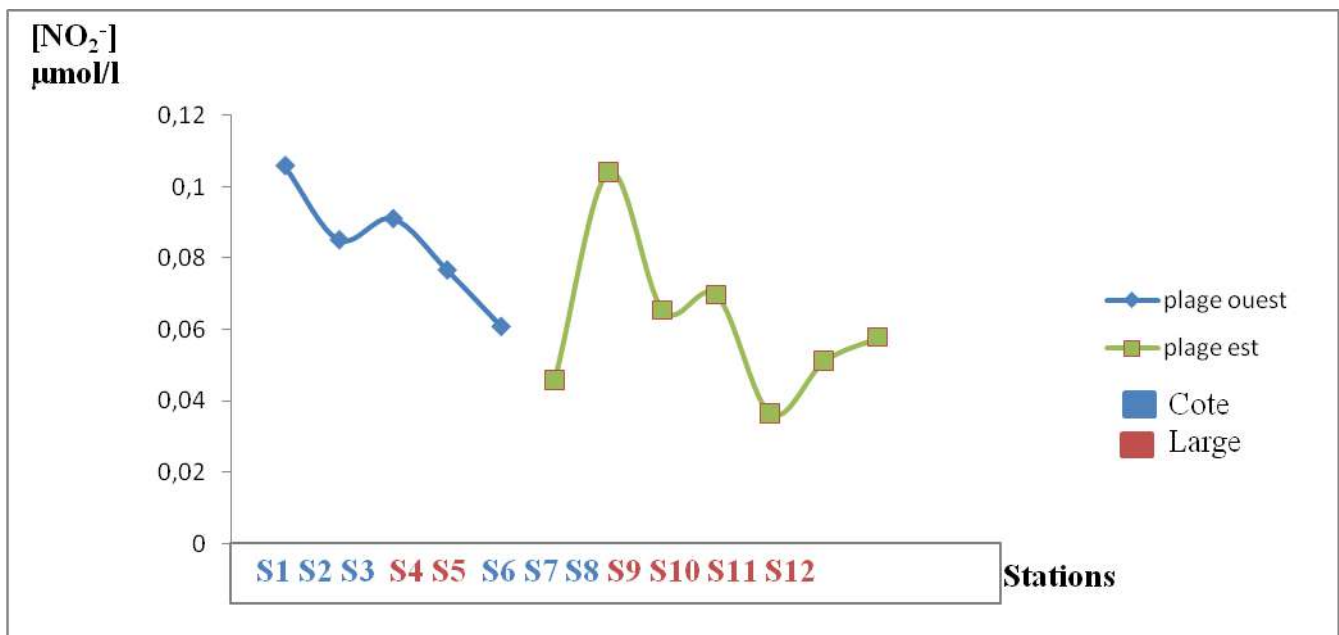


Figure 32. Variation moyenne de des nitrites dans les deux plages Est-Ouest de Sidi Fredj.

III.1.7.3. Les Nitrates (NO_3^-)

Les analyses effectuées sur les sites de la zone Ouest montrent la présence des concentrations variées entre les stations, les concentrations des nitrates sont comprises entre $0,08 \mu\text{mol/l}$ (station 4) et $0,13 \mu\text{mol/l}$ (Station 1), avec une moyenne de $0,10 \mu\text{mol/l}$ et un écart-type de $0,01$.

Concernant la plage Est, les concentrations des nitrates varient de $0,06 \mu\text{mol/l}$ (station 10) à $0,14 \mu\text{mol/l}$

(Station 7), avec une moyenne de 0,09 $\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de 0,02.

Les concentrations en nitrates en surface sont faibles au niveau de toute la zone d'étude (**figure 33**). Ceci est probablement du aux mélange des eaux et à l'activité photosynthétiques. Il faut noter aussi que les nitrates sont facilement adsorbés sur les particules.

Les concentrations les plus élevées en nitrates que nous avons relevés sont au niveau de la station 1 de la plage Ouest et la station 7 de la plage Est, elles peuvent provenir aussi des rejets urbains suite à la dégradation de la matière organique.

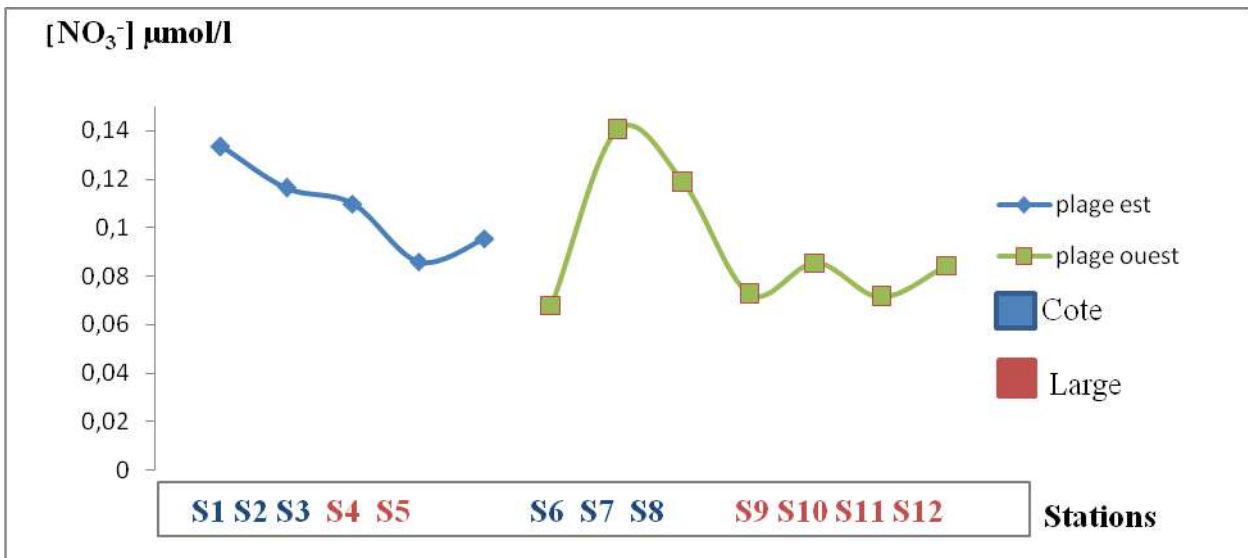


Figure 33. Variation moyenne de des nitrates dans la zone d'étude.

III.1.7.4. Les Orthophosphates (PO₄³⁻)

Dans la zone Ouest, la teneur la plus élevée en phosphate est enregistrée (**Figure 34**) au niveau de la station S1 avec une valeur de 0,14 $\mu\text{mol/l}$ et une valeur minimale de 0,09 $\mu\text{mol/l}$ enregistrée au niveau de la station S4. Cet élément présente une moyenne de 0,10 $\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de 0,01.

Les teneurs en phosphates enregistrée en zone EST sur les différentes stations (**Figure 34**) sont comprises entre 0,05 $\mu\text{mol/l}$ en (S9) et 0,09 $\mu\text{mol/l}$ en station S8 avec une moyenne de 0,07 $\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de 0,01.

Dans les zones côtières non polluées, les concentrations en PO₄³⁻ sont assez faibles en surface, ils varient entre (0 et 1 $\mu\text{mol/l}$). (**Aminot, 1983**).

A quelques différences près, on observe presque la même distribution des orthophosphates au niveau des deux plages de Sidi Fredj mais on remarque aussi que les concentrations les plus importantes sont au niveau de la plage Ouest, ce qui peut être expliquée à l'importance des apports terrigènes anthropiques (domestique ou agricole) au niveau de cette plage. (**Figure 34**).

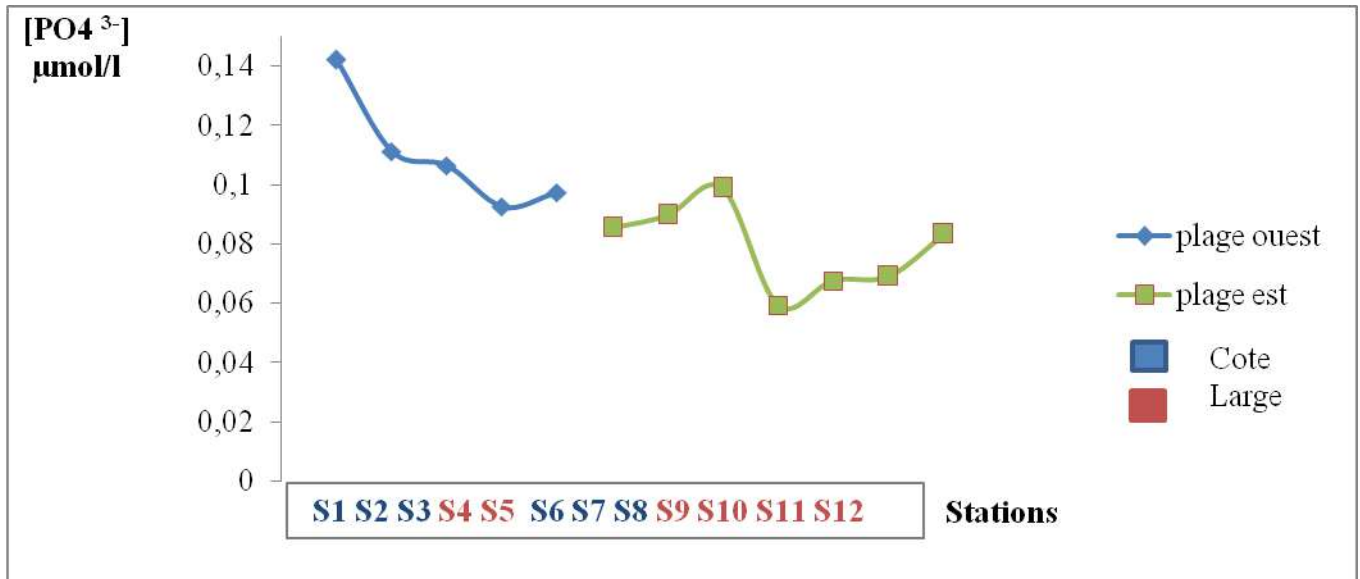


Figure 34. Variation moyenne des orthophosphates en fonctions des stations.

III.1.7.5. Le Silicium dissout (SiO₂)

Plage Ouest : les concentrations varient entre un maximum de 1,8 µmol/l au niveau de station 5 et un minimum de 1,2 µmol/l au niveau de station 2, une moyenne de 1,43 µmol/l et un écart-type de 0,24.

Pour la plage Est, les teneurs en silicium dissout sont comprises dans un intervalle de 0,79 µmol/l (station 9) et 1,56 µmol/l (station 6) avec une moyenne de 1,09 µmol/l et un écart-type de 0,3.

La variation des concentrations en silicium (**Figure 35**) dans les eaux de surface océanique est très basses (< 1 µmol/l) et les concentrations en silicium augmente progressivement lorsque l'on se rapproche des côtes. (**Amiont, 1983**).

Les deux plages ont au contraire un profil décroissant du large vers la côte, ces fortes concentrations observées au large peuvent être dues à la dissolution des roches présentes près des stations de prélèvements ou encore à la dissolution des testes siliciques.

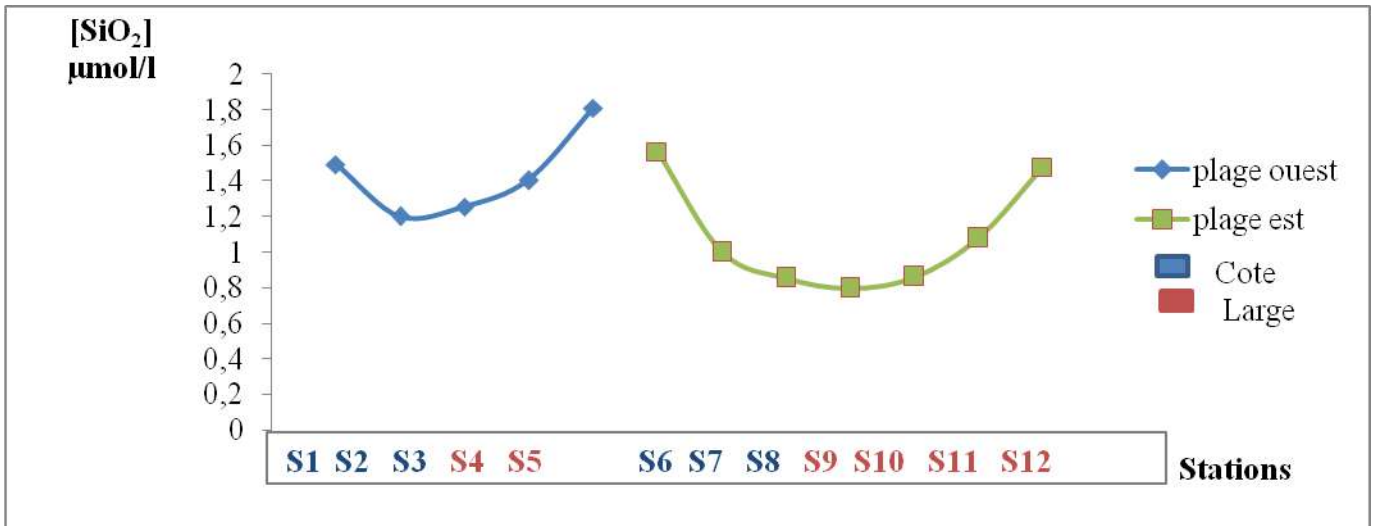


Figure 35. Variation moyenne de silicium dissout en fonctions des stations.

Parmi les sels nutritifs analysés, c’est l’ammonium qui se trouve en grande concentration au niveau des deux plages. Les valeurs les plus élevées se localisent majoritairement près des côtes sous l’influence rejets des hôtels, des restaurants et des habitations. Le deuxième ion représentatif est l’ion silicate mais celui –ci se répartie de façon décroissante du large vers les côtes. Ceci pourrait s’expliquer en partie par la présence des roches et des ilots aux larges. Nous avons observé de façon abondante la présence des oursins surtout au niveau de la plage Ouest. On a enregistré dans de plus faibles proportions les nitrates, les orthophosphates et à moindre mesure les nitrites. (Figure 36)

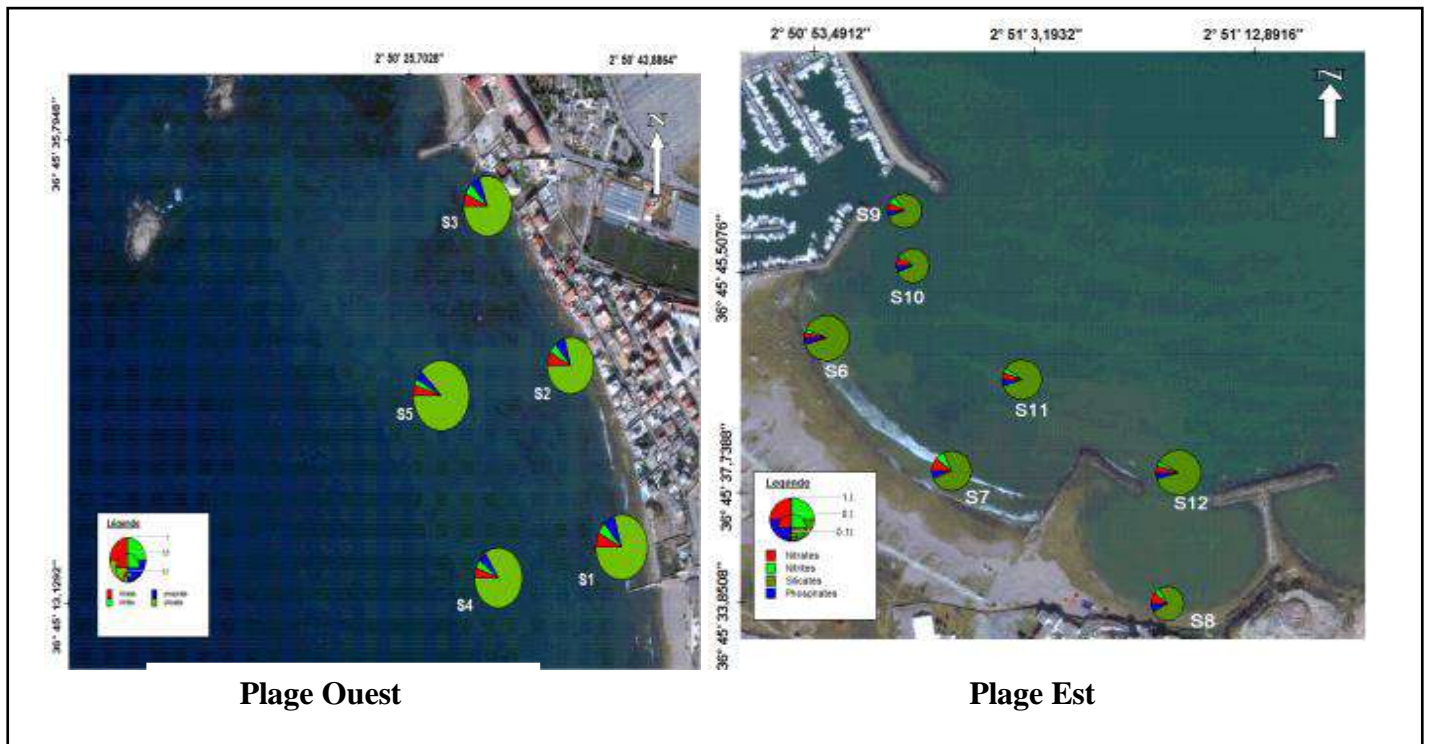


Figure 36. Présentation de variation moyenne des Sel nutritifs au niveau des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj.

III.1.2. Etude de la variation des paramètres microbiologiques

III.1.2.1. Les Germes indicateurs de contamination fécale

Dans la présente étude, nous avons analysé les échantillons d'eaux de mer et de sédiment marin qui ont été prélevés lors des quatre sorties.

III.1.2.1.1. Les Coliformes Totaux (CT)

Au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj les concentrations moyennes des coliformes totaux les plus élevées sont observées dans la station 2 avec une valeur de 488 (UFC/100ml). Ces valeurs sont largement en dessous des normes algériennes (inférieurs à la valeur guide : 500 CT/100ml). (JORA, 1993).

Concernant la plage Est, les concentrations moyennes en coliformes totaux sont encore plus basses, les taux les plus élevés sont notés au niveau de la station 7 avec de 236 (UFC/100ml). (Figure 37).

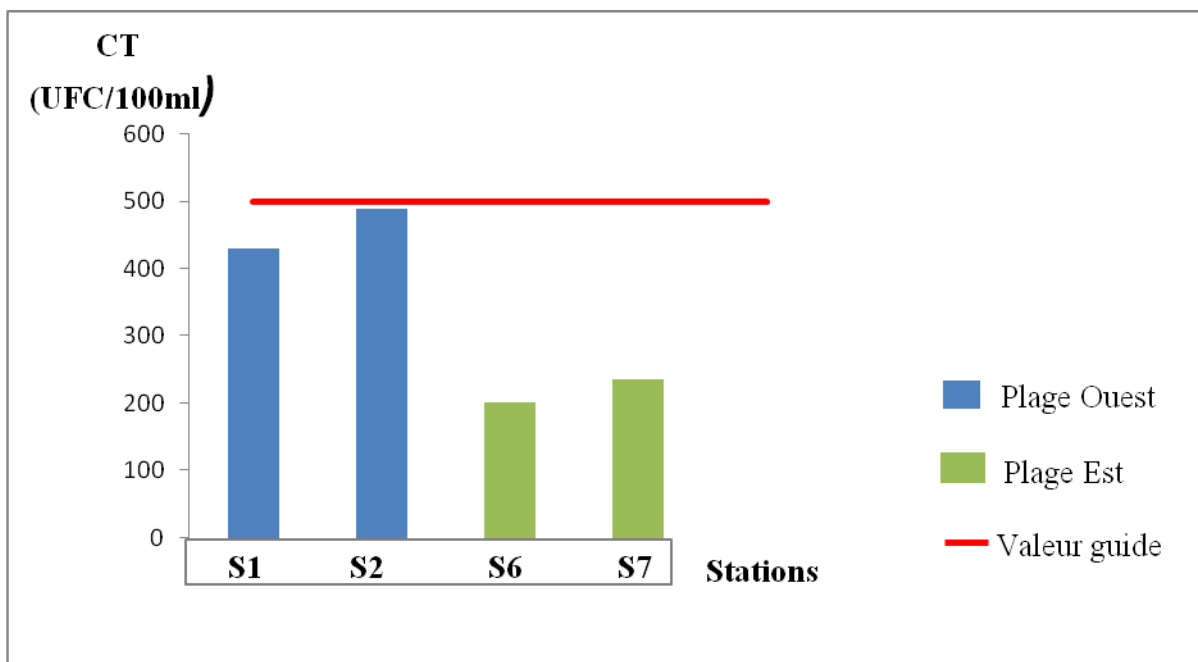


Figure 37. Variations des taux de Coliformes totaux dans l'eau de mer en fonctions des stations.

III.1.2.1.2. Les Coliformes thermotolérants (coliformes fécaux)

Dans le cadre de cette étude, nous avons ciblé les coliformes d'origine fécale dont *E.coli* car c'est l'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien. A la vue des résultats illustrés ci-après (Figure 34), les concentrations moyennes en coliformes fécaux des stations de la plage Ouest sont plus élevées que la valeur guide (100 CF/100ml) avec la présence d' *E.coli* au niveau des deux stations. (JORA, 1993).

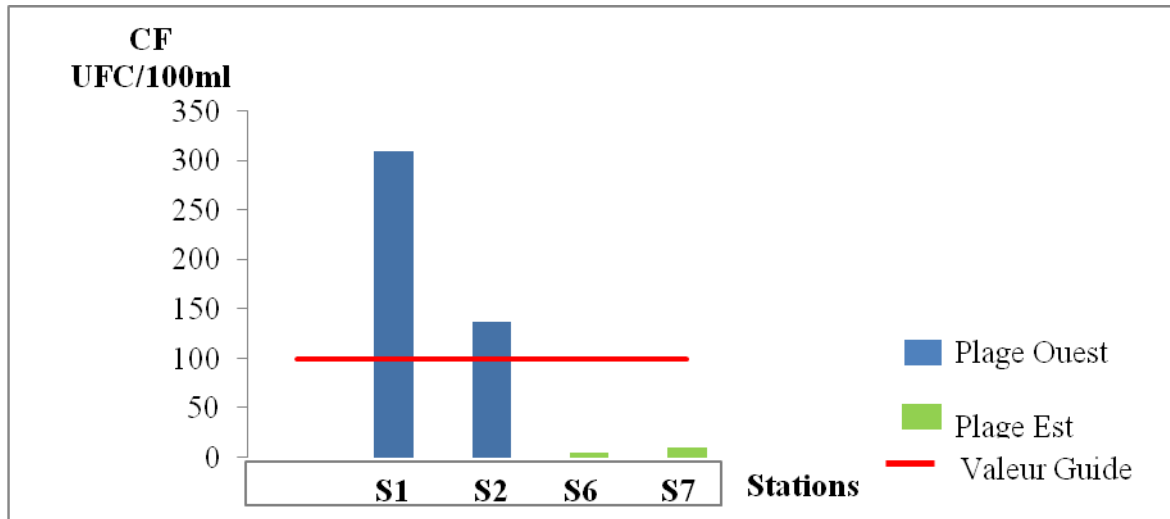


Figure 38. Variations des taux des Coliformes thermotolérants dans l'eau de mer en fonctions des stations.

En revanche, au niveau de la plage Est, les concentrations moyennes en coliformes fécaux sont largement inférieures à cette valeur.

Pour l'ensemble des stations les concentrations moyennes en coliformes fécaux restent nettement inférieures à la valeur limite (2000 UFC/100ml).

III.1.2.1.3. Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont les meilleurs témoins de la contamination fécale (**Brisou, 1980**), grâce à leur caractéristiques physiologiques qui leur confèrent une meilleure adaptation par rapport aux autres germes indicateurs (**PNEU/ 1977**).

Les concentrations les plus élevées en streptocoques fécaux sont observées au niveau de la plage Ouest avec une concentration maximale qui est de 188 (SF/100ml) et une concentration minimale de (170 SF/100ml) qui sont supérieures à la norme (100 SF/100ml). (**Figure 39**).

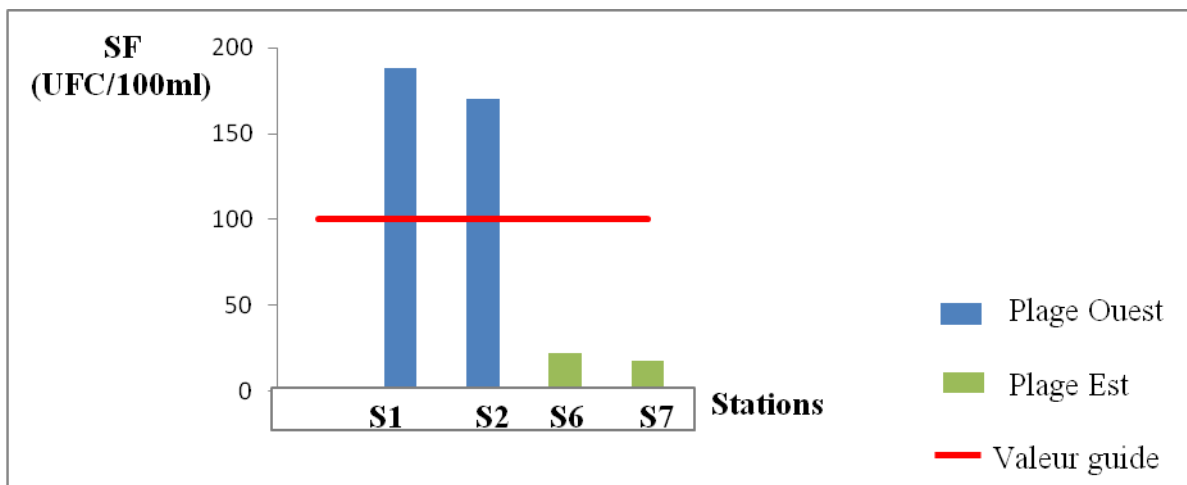


Figure 39. Variations des taux des Streptocoques fécaux dans l'eau de mer en fonctions des stations.

Par ailleurs, les concentrations en streptocoques fécaux aux niveaux des stations de la plage Est, sont inférieures aux normes.

III.1.2.1.4. Etude de l'origine de la pollution fécale

Le rapport Coliformes fécaux / Streptocoques fécaux nous permet d'identifier l'origine de la contamination fécale, elle peut être d'origine animale ou d'origine humaine.

Tableau 10 : L'origine de la pollution fécale selon le rapport CF/ SF.

Rapport CF/ SF	Source de contamination
$R < 0.7$	Principalement ou entièrement d'origine animale
$0.7 < R < 1$	Mixte à prédominance animale
$1 < R < 2$	Origine incertaine
$2 < R < 4$	Mixtes à prédominance humaine
$R > 4$	Source exclusivement humaine

A la vue des résultats (**Figure 40**), on constate que l'origine de la pollution fécale dans le littoral Est et Ouest de Sidi Fredj est majoritairement d'origine humaine (S1, S2, S7).

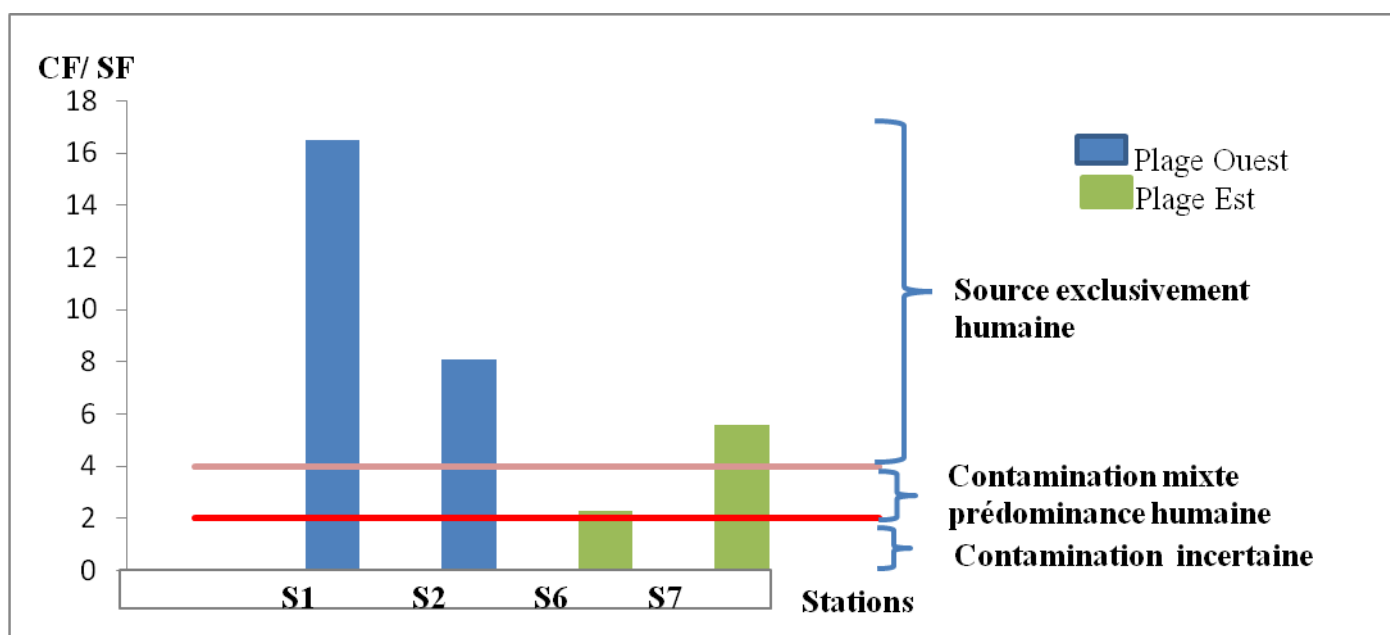


Figure 40. Rapport CF/SF en fonctions des stations.

La figure ci-après (**Figure 41**) représente la distribution spatiale des germes indicateurs de la contamination fécale

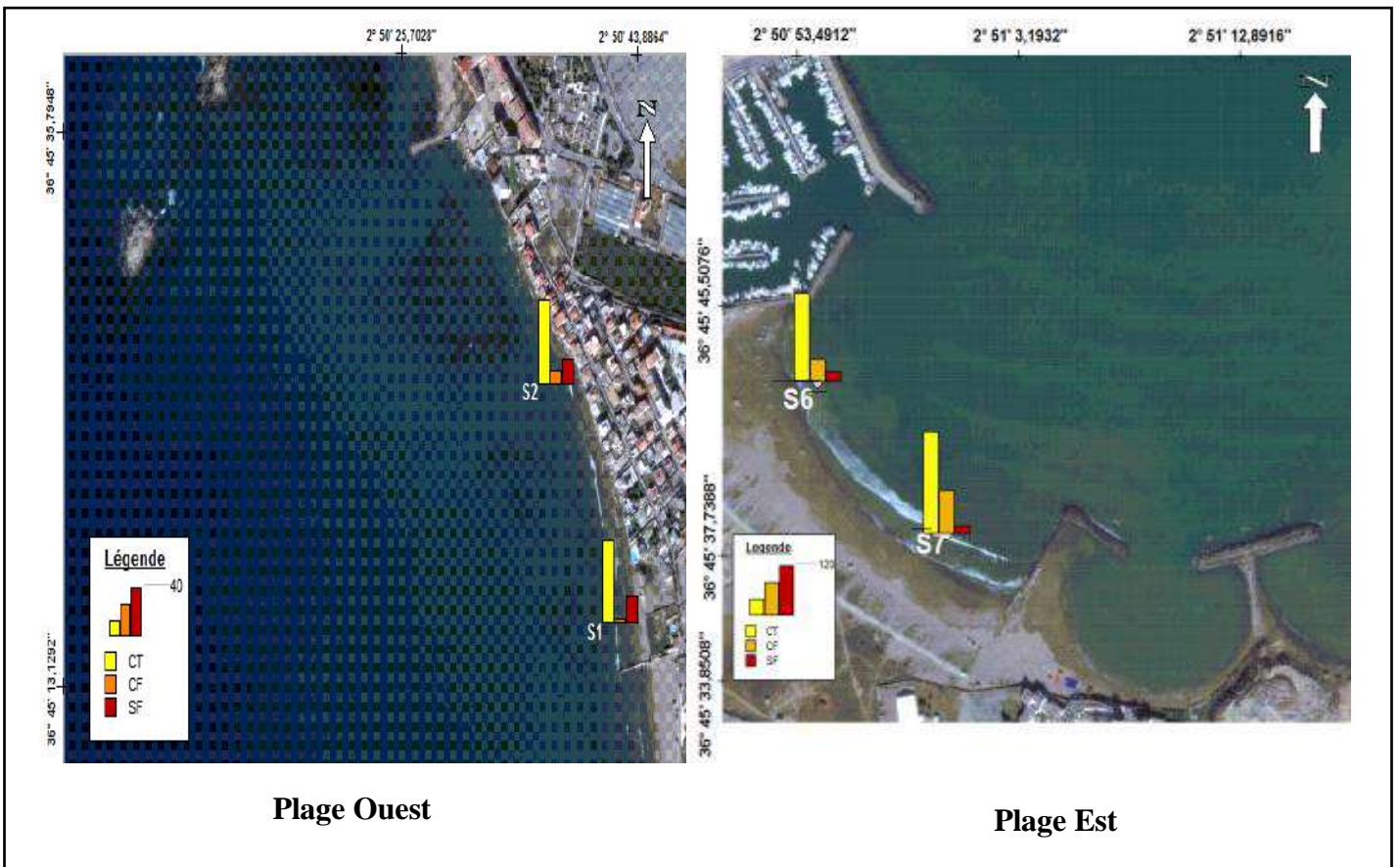


Figure 41. distribution spatiale des germes indicateurs de contamination fécale au niveau des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj.

III.1.2.2. Résultats de recherche des germes pathogènes

III.1.2.2.1. Salmonelles

Après enrichissement sur bouillon SFB et des isolements sur milieu SS, nous avons noté l'absence des salmonelles au niveau de toute la zone d'étude. Les principaux caractères de ce genre sont les suivants :

- ◆ Isolement d'une colonie transparente et colonie transparente avec un centre noir sur milieu SS
- ◆ La Coloration des Gram : bacille Gram –
- ◆ Le teste oxydase : oxydase (-)
- ◆ Le teste catalase : catalase (-)
- ◆ Sur milieu TSI (Triple Sugar Iron) : pente rouge avec lactose et saccharose (-), culot jaune glucose (+), production de gaz et du H₂S (variable)

III.1.2.2.2. Vibrions

Après plusieurs enrichissements et repiquages sur milieu TCBS, aucune colonie typique des vibrions n'a été détectée au niveau de l'ensemble des stations du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj.

Cependant, deux espèces appartenant au genre *Citrobacter* (*Citrobacter freundii* et *Citrobacter braakii*) au niveau de station 2 et station 7 ont été isolées et identifiées. Les espèces ont été identifiées à la base des caractères suivants :

- ♦ Isolement d'une colonie jaune sur milieu TCBS
- ♦ La Coloration des Gram : bacille Gram –
- ♦ Le teste oxydase : oxydase (+)
- ♦ Le teste catalase : catalase (-)
- ♦ Galerie API 20 E



III.2. Variation des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des sédiments du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj.

III.2.1. Résultats et interprétation de l'analyse granulométrique.

III.2.1.1. Résultats généraux de l'analyse granulométrique.

Les résultats de l'analyse granulométrique des sédiments prélevés dans les 4 stations sont représentés dans le tableau (**Annexe 4**)

Ces résultats sont traduits graphiquement en courbes granulométriques (**Annexe 4**)

III.2.1.2. Aspect général des courbes granulométriques

Les courbes sont généralement plus au moins redressées, ceci s'explique par l'homogénéité des sédiments. Notons que la majorité des sédiments sont mélangés à des débris de végétaux, débris de coquilles traduisant ainsi un sédiment organogène.

L'examen de ces courbes granulométriques permet de déterminer les différents paramètres et indices granulométriques et de caractériser la distribution granulométrique des sédiments.

III.2.1.3. Détermination des indices granulométriques.

Les valeurs des différents indices granulométriques et des quartiles ainsi que le taux des pélites pour les 4 stations sont représentés dans un tableau (**Annexe 4**).

Tableau 11 : Valeurs maximales, minimales, moyennes et l'écart type des différents indices granulométriques et des quartiles de sédiment de surface au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj.

Paramètres	Médiane (mm)	Q25 (mm)	Q75 (mm)	S ₀	S _k	Pélites (%)
Maximum	0.0033	0.0012	0.0201	5.45	1.42	6.5
Minimum	0.0031	0.0068	0.0107	2.94	1.17	0.98
Moyenne	0.0032	0.0095	0.0154	4.2	1.30	3.74
Ecart type	0.18	0.39	6.70	1.77	0.18	3.9

Tableau 12 : Valeurs maximales, minimales, moyennes et l'écart type des différents indices granulométriques et des quartiles de sédiment de surface au niveau de la plage Est de Sidi Fredj.

Paramètres	Médiane (mm)	Q25 (mm)	Q75 (mm)	S ₀	S _k	Pélites (%)
Maximum	0.0039	0.00118	0.0173	8	1.35	1.35
Minimum	0.0017	0.0022	0.0138	3.83	1.08	0.71
Moyenne	0.0028	0.0007	0.0155	5.92	1.22	1.03
Ecart type	0.0016	0.68	2.51	2.94	0.19	0.46

III.2.1.4. Interprétation des résultats de l'analyse granulométrique.

a- Le 1^{er} quartile : Q25.

Les valeurs du Q25 varient au niveau de la plage Ouest entre 0.0068 mm (station 6) et 0.0012 (station 2) avec une moyenne de 0.0095 mm et un écart type de 0.39.

Concernant la plage Est, les valeurs varient entre 0.00118 mm (Station 7) et 0.0022 mm (Station 6) avec une moyenne de 0.0007 mm et un écart-type de 0.78.

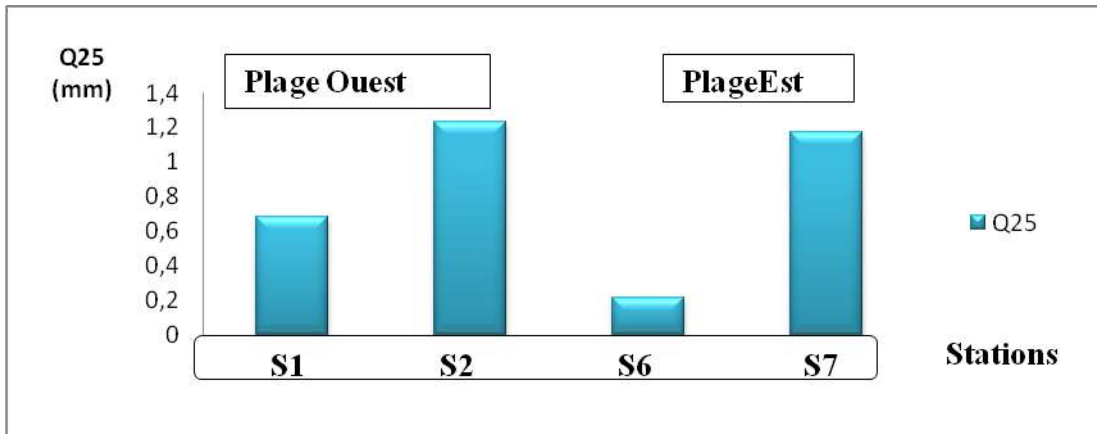


Figure 42. Variations de Q25 au niveau de la côte du littoral Est-Ouest de Sidi Fredj.

a- Le 3^{ème} quartile : Q75.

Le 3^{ème} quartile correspondant au diamètre de grain qui représente 75% du sédiment.

Au niveau de la plage Ouest, les valeurs du Q75 sont comprises dans un intervalle de 0.0107 mm (Station 2) et 0.0201 mm (Station 1) avec une moyenne et un écart-type qui sont respectivement 0.0154 mm et 6.70.

Pour la plage Est, les valeurs du Q75 varient entre un maximum de 0.0173 mm (Station 7) et une valeur minimale de 0.0138 mm (Station 6).

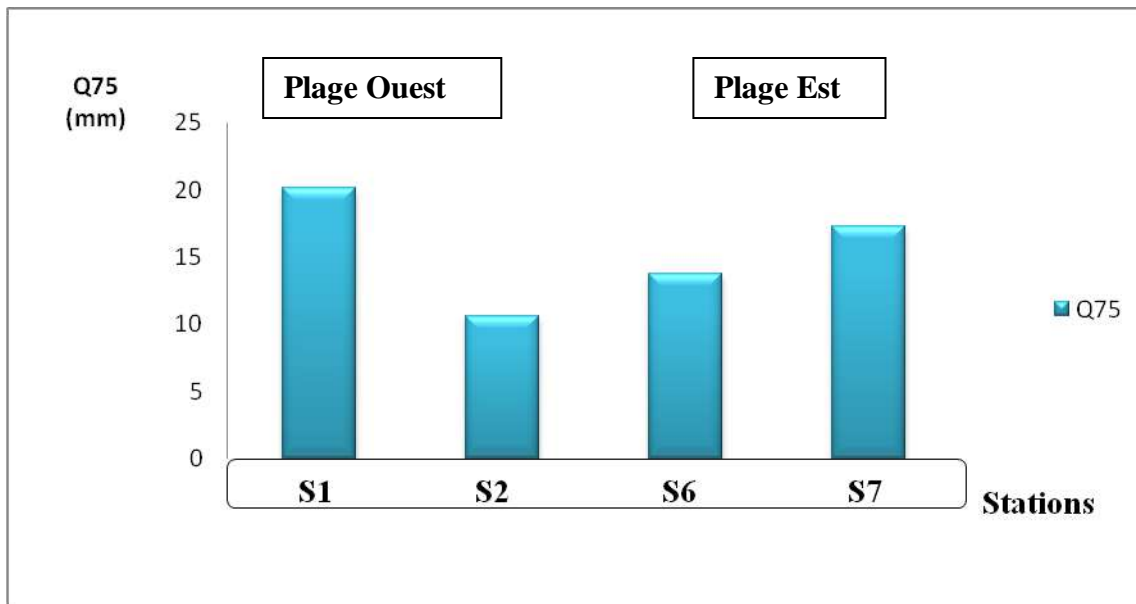


Figure 43. Variation de Q75 au niveau de la côte du littoral Est-Ouest de Sidi Fredj.

b- Le Q50 ou indice de taille (médiane).

La médiane correspond au diamètre du grain moyen dont l'ordonnée est à 50% du poids total du sédiment, permet de déterminer la nature du sédiment.

D'une façon générale dans cette étude, les sédiments sont hétérogènes et la médiane varie au niveau de la plage Ouest entre un maximum de 0.00335 mm (Station 2) et un minimum de 0.0031 mm (Station 1) avec une moyenne de 0.00323 mm et un écart-type de 0.18.

Concernant la plage Est les valeurs sont comprises entre 0.00388 mm (Station 7) et 0.00165 mm (Station 6), avec une moyenne 0.00277 et un écart-type de 1.58.

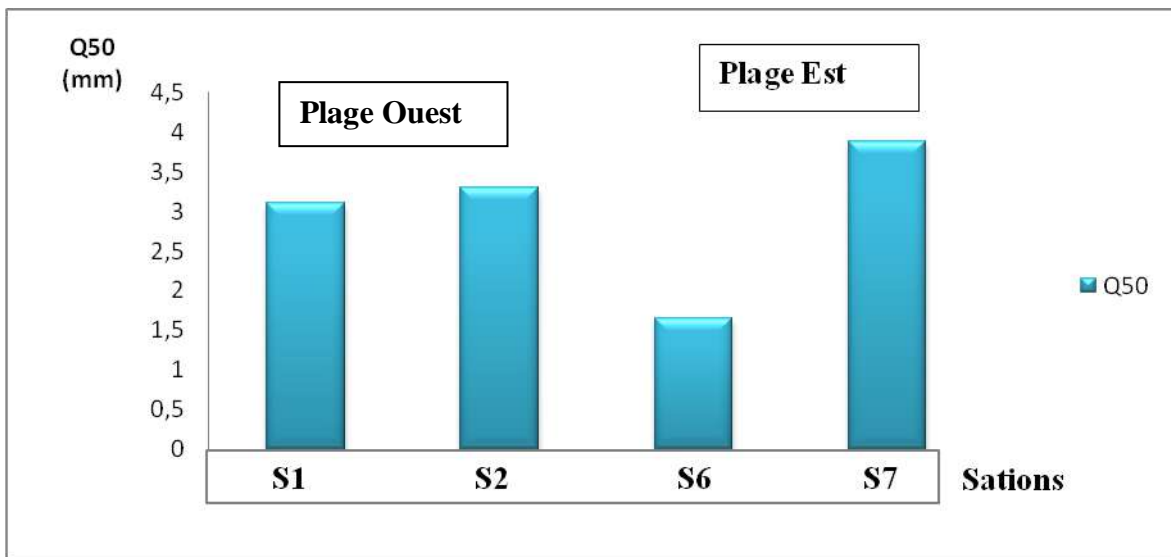


Figure 44. Variation de la médiane (Q50) au niveau de la côte de littoral Est-Ouest du Sidi Fredj.

III.2.1.5. Indice de classement de Trask ou d'asymétrie (S_0).

Les valeurs d'indice d'asymétrie varient au niveau de la plage Ouest entre 5.45 (Station 1) et 2.95 (station 2). Donc d'après la classification de **Trask** et d'après la moyenne et l'écart-type qui sont respectivement de 4.2 μm et 1.77, le sédiment de cette plage est très mal classé. Concernant la plage Ouest, les valeurs de S_0 sont comprises entre 3.83 (Station 7) et 8 (Station 6), donc d'après la classification de **Trask** et d'après la moyenne qui est de 5.92 et l'écart-type 2.94, le sédiment de la plage Est est aussi très mal classé.

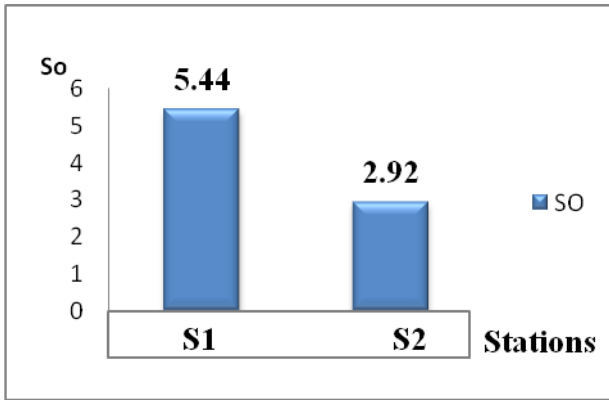


Figure 45. Variation de S_o au niveau de médiane au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj

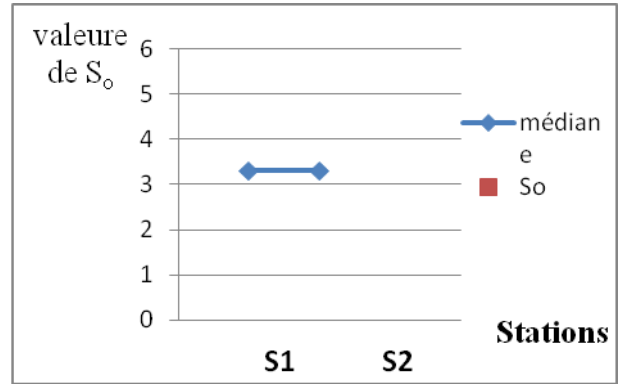


Figure 46. Relation entre l'indice de tri S_o et la médiane au niveau de la plage Ouest

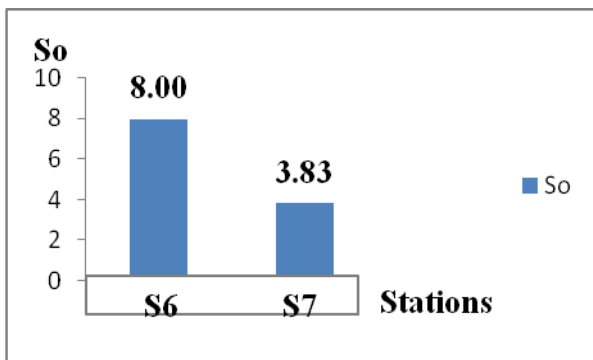


Figure 47. Variation de S_o au niveau de la plage Est de Sidi Fredj

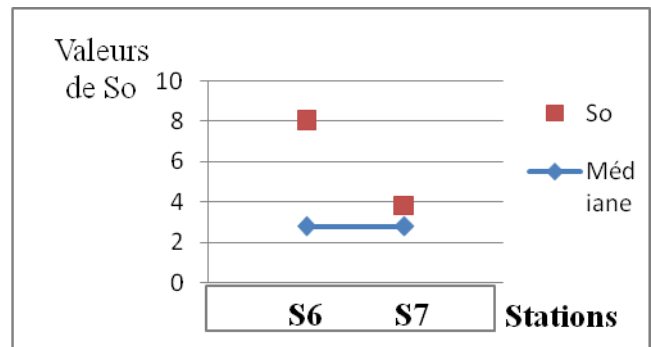


Figure 48. Relation entre l'indice de tri S_o et la médiane au niveau de la plage Est

III.2.1.6. Indice d'asymétrie ou indice de Skewness (S_k).

Les valeurs de l'indice de **Skewness** varient au niveau de la plage Ouest entre un maximum de 1.43 (station 1) et un minimum de 1.17 (station 2) ; donc d'après la classification de **Skewness** et la moyenne de SK qui est de 1.30 et l'écart-type 0.18 : cette plage a une fraction fine mieux classée que la fraction grossière.

Pour la plage Est, les valeurs de S_k varient entre un maximum de 1.35 et un minimum de 1.09 ; donc d'après la classification de **Skewness** et la moyenne qui est de 1.22 et l'écart-type 0.19 : la plage Est a une fraction fine mieux classée que la fraction grossière.

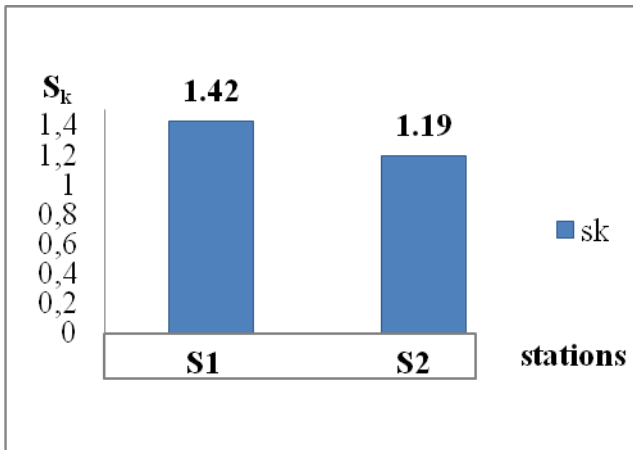


Figure 49. Variation de l'indice SK au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj

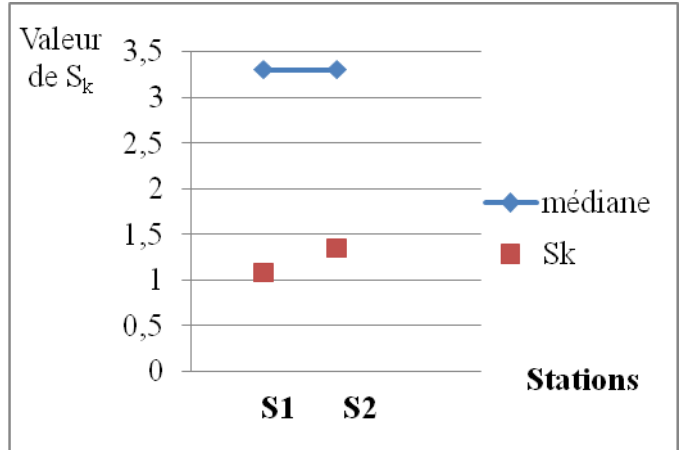


Figure 50. Relation entre l'indice d'asymétrie et la médiane au niveau de la plage Ouest

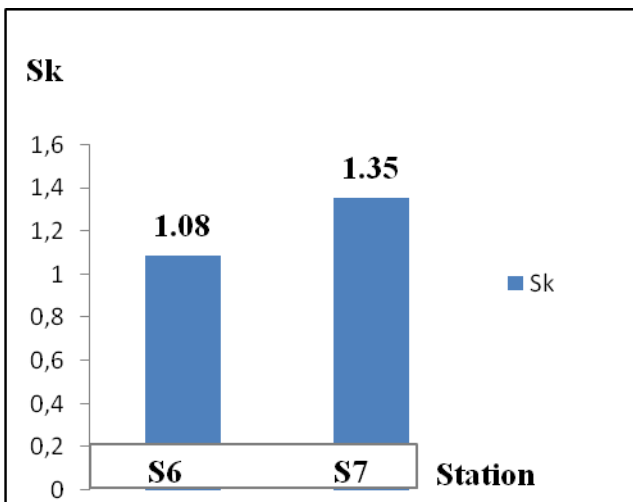


Figure 51. Variation de l'indice SK au niveau de la plage Est de Sidi Fredj

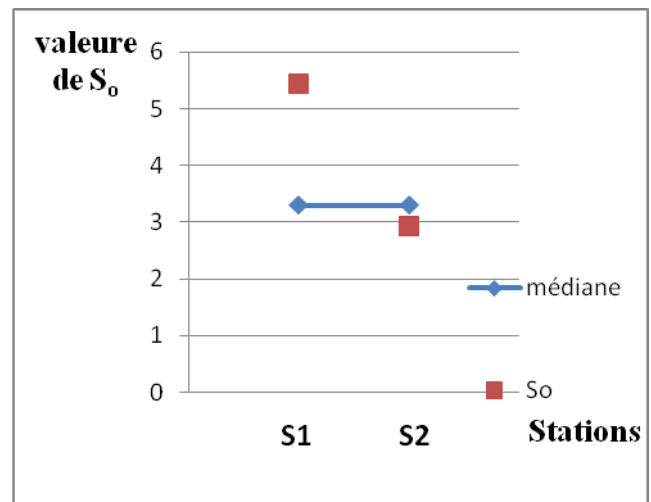


Figure 52. Relation entre l'indice d'asymétrie et la médiane au niveau de la plage Est

III.2.1.7. Interprétation des courbes granulométriques de chaque station.

Station 1 : la médiane est de 0.0031 mm, un Q_{25} de 0.0068 mm et un Q_{75} de 0.02018 mm.

Station 2 : la médiane est de 0.00335 mm, un Q_{25} de 0.00123 mm et un Q_{75} de 0.0107 mm.

Station 6 : la médiane est de 0.00165 mm, un Q_{25} de 0.0022 mm et un Q_{75} de 0.01377 mm.

Station 7 : la médiane est de 0.00388 mm, un Q_{25} de 0.00118 mm et un Q_{75} 0.01731 mm.

- ❖ Au niveau de la côte du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj, les sédiments sont plus au moins hétérogènes et leur médiane varie respectivement entre 0.00277 mm et 0.00323 mm .

Donc d'après les résultats obtenus et les deux classifications de Skewness et Trask le sédiment au niveau des deux plages est très mal classé (sable moyen à grossier) et la fraction dominante est du sable moyen.

III.2.1.8. Résultats et discussion de la fraction pélitique.

Le pourcentage des pélites au niveau de la plage Ouest varié entre 0.98% (Station 2) et 6.5% (Station 1) avec une moyenne de 3.94 % et un écart-type de 3.90.

À propos de la plage Est, le pourcentage des pélites est compris entre 0.71 % (Station 7) et 1.35 (Station 6) avec une moyenne de 1.03 % et un écart-type de 0.46.

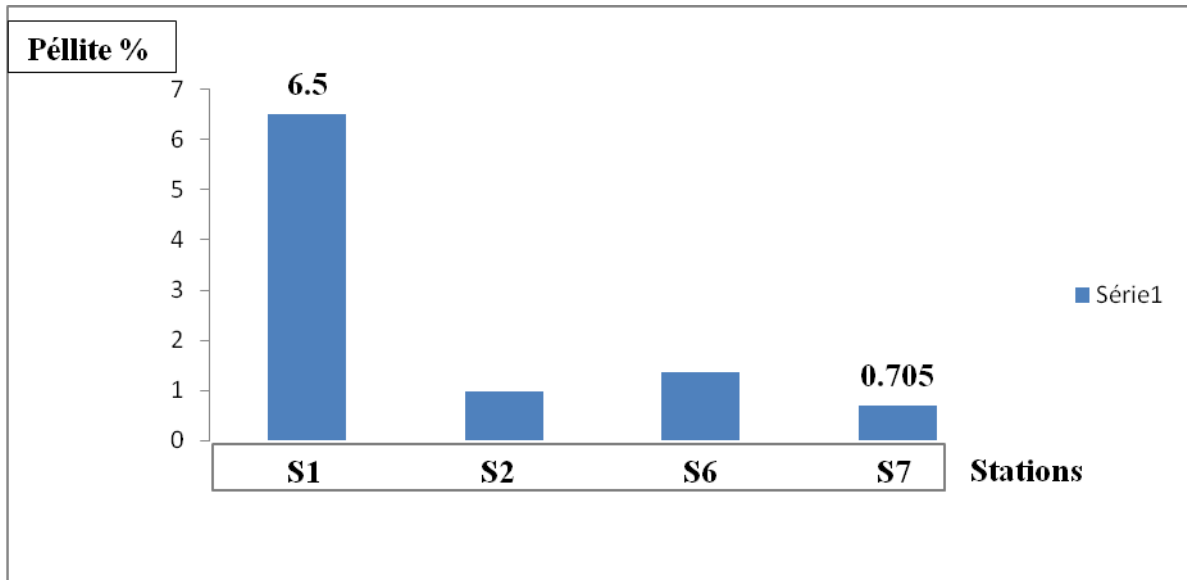


Figure 53. Répartition des pélites au niveau de la côte du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj.

Au niveau de la zone d'étude, les taux des pélites sont assez faibles, cela dû aux faibles apports terrigènes transportés soit par l'Oued Beni Messous ou l'Oued Mazafron et aussi au lessivage des particules fines par les courants et houles.

III.2.2. Résultats et interprétations des paramètres bactériologiques dans le sédiment au niveau des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj.

Quatre stations ont été choisies pour l'analyse bactériologique dans le sédiment, deux stations au niveau de la plage Ouest et deux stations au niveau de la plage Est.

III.2.2.1. Résultats et interprétation de recherche des germes indicateurs de contamination fécale.

L'évaluation de la qualité bactériologique des sédiments a été réalisée par la méthode de fermentation en tubes multiples nommée aussi la méthode de nombre le plus probable (NPP) (série des trois tubes).

III.2.2.1.1. Les Coliformes totaux

Les teneurs moyennes en coliformes totaux des sédiments marins de la plage Ouest sont faibles, et on note leur absence au niveau de la plage Est (**Figure 54**).

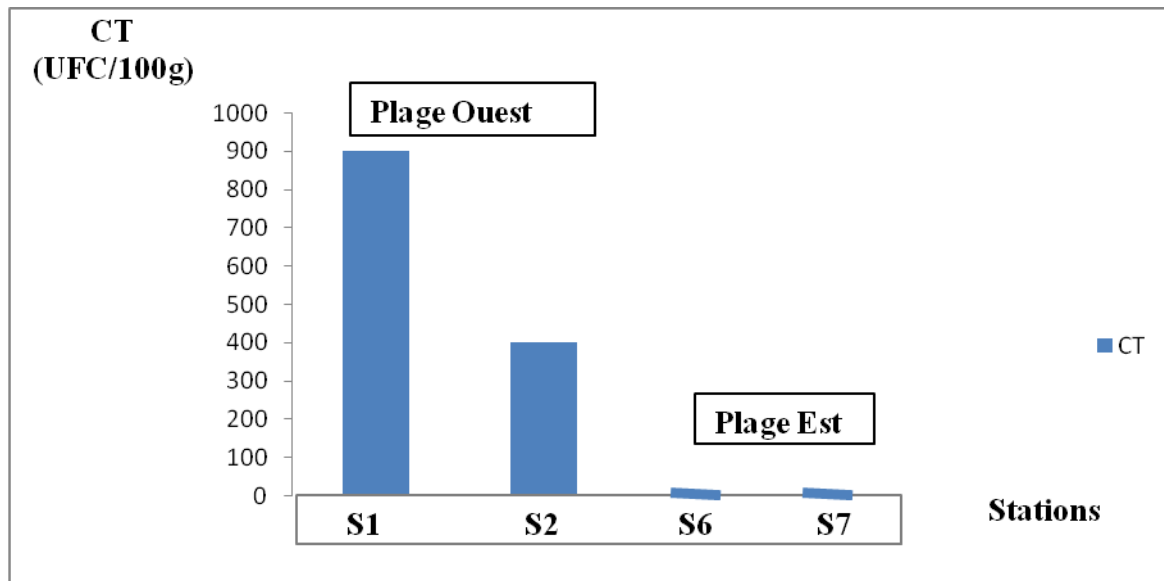


Figure 54. Variation des concentrations des coliformes fécaux dans la matrice Sédiment.

Quant aux autres germes indicateurs de contamination fécale, coliformes fécaux et streptocoques fécaux, on a constaté leur absence dans la matrice sédiment dans les différentes stations des deux plages, ceci est probablement dû à la période d'échantillonnage (mois de Février jusqu'à début Mai) qui s'est caractérisée de fortes précipitations et une mer houleuse. Il y a eu vraisemblablement lessivage des sédiments avec la force des vagues qui était importante. A cela s'ajoute la taille des sédiments qui est importante, ce qui rend l'adsorption des germes difficile.

III.2.3. Résultats et interprétation des polluants organiques et inorganiques dans les sédiments au niveau des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj

III.2.3.1. Les Hydrocarbures aliphatiques et aromatiques (en cour de la lecture).

III.2.3.2. Les concentrations des éléments traces métalliques dans le sédiment superficielles des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj

Au total six échantillons de sédiments marins (S1, S2 et S4 au niveau de la plage Ouest ; S6, S7 et S9 au niveau de la plage Est), ont fait l'objet de dosage de métaux lourds (le zinc, le cadmium et le plomb). La minéralisation à blanc ainsi que l'extraction des métaux lourds ont été réalisés aux laboratoires de recherche de l'ENSSMAL à Sidi Fredj et la lecture a été effectuée au niveau de l'Organisme Nationale d'Assainissement (ONA) de Boumerdes.

III.2.3.1. L'indice de contamination (IC)

Le calcul de l'indice de contamination permet d'évaluer approximativement l'état de pollution des sédiments. Il représente le rapport entre la valeur observée et la concentration considérée comme normale.

$$IC = \frac{\text{Concentration observée}}{\text{Concentration normale}} \dots\dots\dots(12).$$

Tableau 13 : Valeurs de l'indice de contamination (IC) (ABRMC, 1984).

IC	Observation	
IC < 3	Zone normale	Immersion autorisée
3 < IC < 10	Zone polluée	Immersion sous conditions
IC > 10	Zone a risque	Immersion interdite

III.2.3.2. Le Zinc (Zn)

Les teneurs du Zinc contenu dans les sédiments superficielles de la plage Est de Sidi Fredj varient entre un maximum de 31.57 $\mu\text{g/g}$ (S9) et 28.78 $\mu\text{g/g}$ (S7) avec une moyenne de 29.77 $\mu\text{g/g}$ et un écart-type de 1.56.

Pour la plage Ouest, les teneurs en Zn varient entre 32.08 $\mu\text{g/g}$ (S4) et 29.07 $\mu\text{g/g}$ (S2) avec une moyenne de 30.14 $\mu\text{g/g}$ et un écart-type de 1.68.

A la vue des résultats (**Figure 55**) et d'après les normes algériennes (JORA, 1993) ; les deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj sont dans les normes (500 $\mu\text{g/g}$).

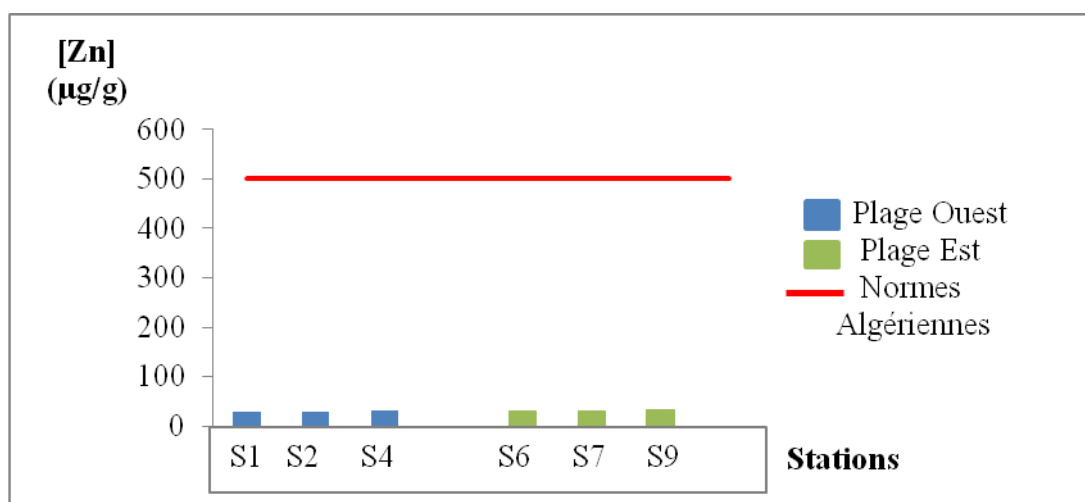


Figure 55. Variation des concentrations du Zinc dans le sédiment superficiel en fonctions des stations.

Les concentrations en Zinc sont relativement homogènes dans toutes les stations des deux plages et sont inférieures aux normes algériennes.

Les concentrations les plus élevées sont observées dans la station (S9) au niveau de la plage Est qui se situe à la rentrée du port de plaisance de Sidi Fredj ; dans ce dernier, le Zinc est introduit de la dissolution des anodes destinés à la protection des coques des bateaux contre la corrosion et on le trouve aussi dans certaines peintures antisallures.

Pour la plage Ouest, la concentration la plus élevée se trouve au niveau de la station 4 où on a observé au moment de la sortie des barres métalliques au fond de la plage qui peuvent être la source de contamination par le Zinc. Les indices de contaminations par le Zn dans les sédiments superficiels du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj (Figure 56), sont largement inférieurs à 3. (**Figure 56**)

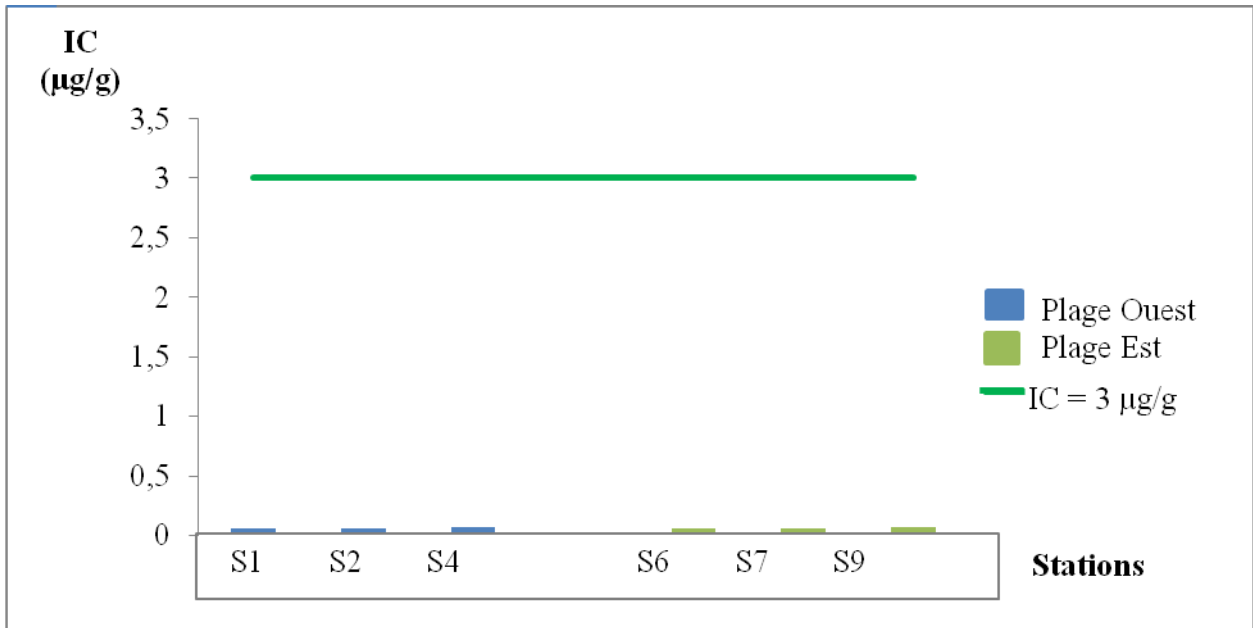


Figure 56. Indice de contamination par le Zinc (Zn) dans le sédiment en fonctions des stations.

III.2.3.3. Le Plomb (Pb)

Dans le sédiment superficiel de la plage Est de Sidi Fredj, les teneurs en Plomb varient dans un intervalle de 11.19 µg/g (S9) et 9.94 µg/g (S7) avec une moyenne de 10.45µg/g et un écart-type de 0.65.

Concernant la plage Ouest, les concentrations en Pb varient entre un maximum de 12.6 µg/g (S4) et un minimum de 9.86 µg/g (S1) avec une moyenne de 11.12µg/g et un écart-type de 1.38.

Les teneurs observées au niveau des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj sont dans les normes (250 µg/g) (JORA, 1993). (Figure 57).

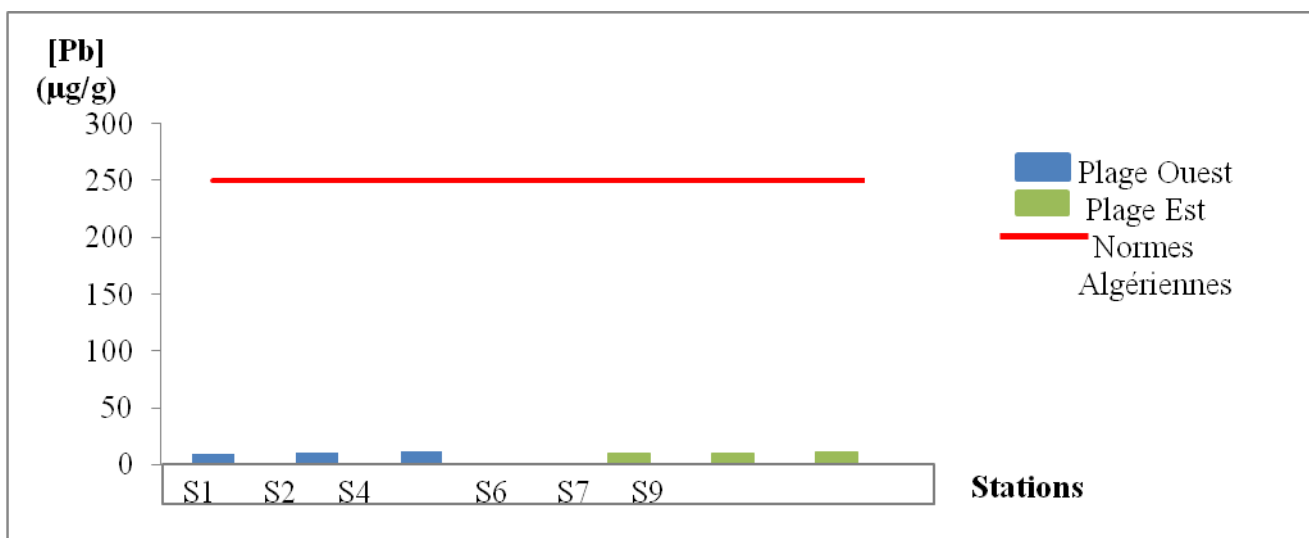


Figure 57. Variations des concentrations du plomb dans le sédiment superficiel en fonctions des stations.

Les teneurs en Plomb des sédiments des deux plages Est et Ouest sont conformes aux normes algériennes. De même, les indices de contaminations par le plomb des sédiments superficiels du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj, sont largement en dessous des normes (**Figure 58**).

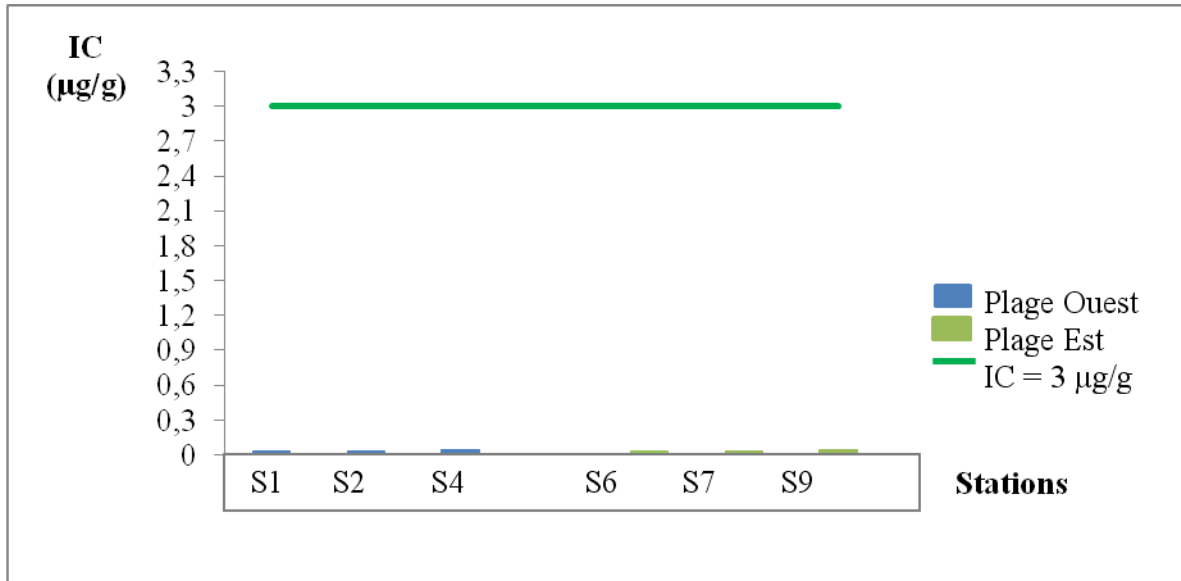


Figure 58. Indice de contamination par le Plomb(Pb) dans le sédiment superficiel en fonctions des stations

III.2.3.4. Le Cadmium (Cd)

Les concentrations du cadmium contenu dans le sédiment superficiel au niveau de la plage Est de Sidi Fredj sont comprises entre 6.24 µg/g (S9) et 5.57 µg/g (S7) avec une moyenne de 5.97 µg/g et un écart-type de 0.35.

Par ailleurs, les teneurs en Cd des sédiments de la plage Ouest varient entre 8.04 µg/g (S4) et 5.80 µg/g (S1) avec une moyenne de 64.06 µg/g et un écart-type de 2.72.

Les valeurs du Cd des sédiments marins de la zone d'étude sont nettement supérieures aux normes algériennes (2 µg/g) (**Figure 59**). Les indices de contaminations par le Cd de ces sédiments sont compris entre 3 et 10 (**Figure 60**).

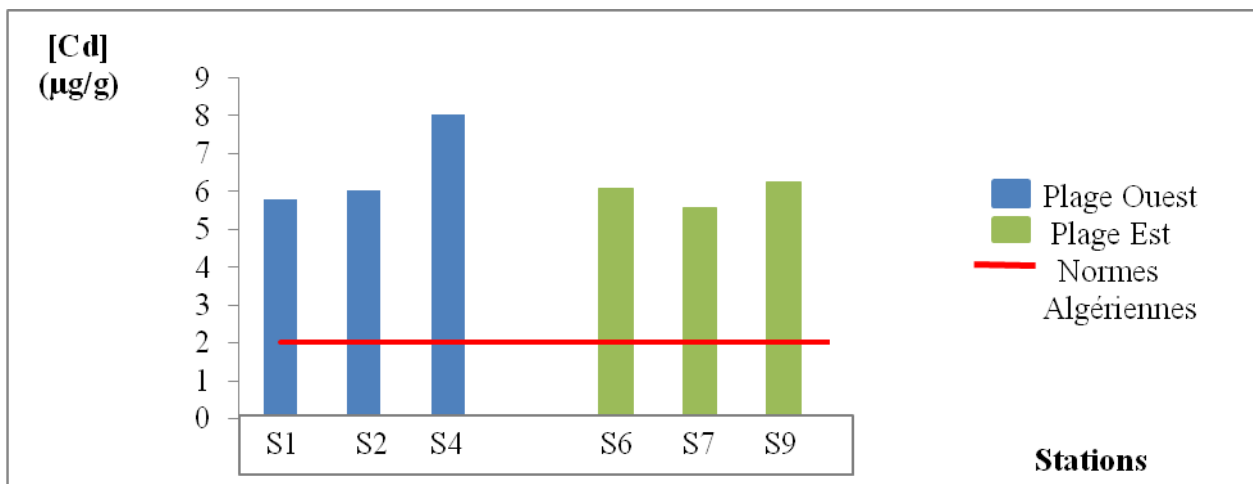


Figure 59. Variations des concentrations du cadmium dans le sédiment superficiel en fonctions des stations.

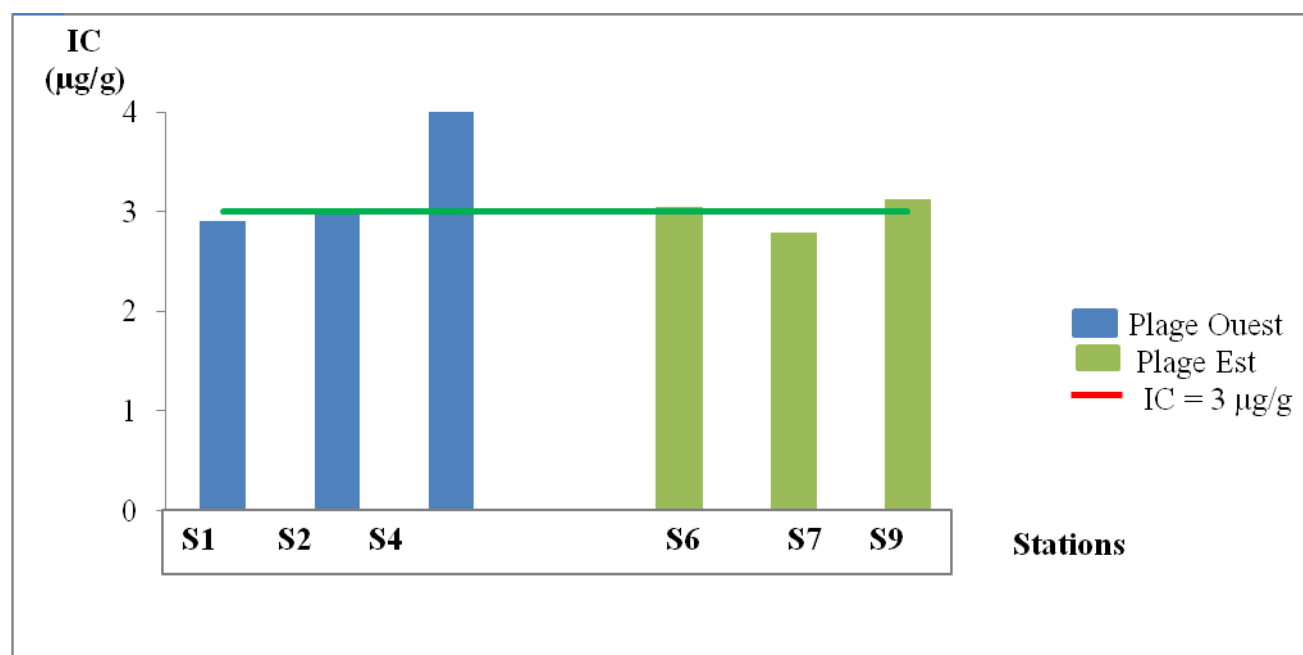


Figure 60. Indice de contamination par le Cadmium (Cd) dans le sédiment superficiel du littoral Est et Ouest de Sidi Fredj.

III.3. Etude comparative et discussion générale des résultats des paramètres physico-chimiques et bactériologiques des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj

III.3.1. Etude comparative

Les données acquises au niveau des deux plages Est et Ouest de Sidi Fredj ainsi que les normes Algérienne (JORA, 1993 et Alzieu et al, 1999) sont résumées dans les deux tableaux ci-dessous. (Tableau 14)

Tableau 14 : Etude comparative des résultats de notre étude avec des études antérieures ainsi que les normes Algérienne dans la plage Ouest de Sidi Fredj.

Références	Plage Ouest	Plage Est	Normes Algérienne
Paramètres mesurés dans l'eau de mer			
Paramètres physicochimique			
T °C	16,705	16,925	30
pH	7,73	7,64	6,5-8,5
Paramètres microbiologiques			
CT : UFC /100ml	459	219	500-10 000
CF : UFC /100ml	223,75	7,5	100-2000
SF : UFC /100 ml	179	20	100
Vibrions (/450 ml)	absence	absence	absence
Salmonelles (/1l)	absence	absence	absence
Paramètres mesurés dans le sédiment marin			
Pb (µg/g)	11,0909535	10,4543914	250
Cd (µg/g)	6,63020512	5,96839013	2
Zn (µg/g)	30,1428295	29,7691633	500

III.3.2. Discussion générale des résultats des paramètres physico-chimiques et microbiologiques, les traceurs hydrologiques et les polluants organiques et inorganiques

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

A la vue des résultats, il en ressort :

Pour la matrice « eaux de surface »

- La température moyenne des deux plages suit celle de l'air, elle est saisonnière et reste conforme aux normes algériennes. Il en est de même pour le potentiel d'hydrogène.
- Des fluctuations importantes des MES ont été relevées avec des concentrations très élevées surtout au niveau de la plage Est. Ces teneurs sont influencées par l'état de la mer (agitée...), les

courants généraux, la houle et la profondeur. la remise en suspension des sédiments près des côtes qui est généralement plus importante que celle du large. La nature de ces MES est plutôt inorganique. Les taux du rapport MIP/MOP indiquent la faible qualité trophique des eaux de ce site.

- Parmi les sels nutritifs c'est l'ammonium qui est relevé en grandes concentrations. Globalement, les concentrations d'ammonium, des nitrates et des phosphates présentent une distribution spatiale en relation avec les apports terrigènes, au sens large, aboutissant dans les différentes baies de la zone d'étude. En effet, dans l'eau de mer, le phosphore dissous est essentiellement présent sous forme d'ions orthophosphates (PO_4^{2-}). Les teneurs sont généralement très faibles en surface et augmentent avec la profondeur au-dessous de la zone euphotique.
- les concentrations bactériennes dits « témoins de contamination fécale » décroissent au fur et à mesure qu'on s'éloigne des points de rejet. Cette diminution est due aux phénomènes de dilution, d'antagonisme et de prédation.
- Bien que les taux en coliformes fécaux soient globalement inférieurs à la valeur impérative, les concentrations moyennes en streptocoques fécaux au niveau de la plage Ouest, restent élevées. Le rapport CF/SF est nettement supérieur à la norme en vigueur, prouvant que l'on est en face d'une pollution essentiellement d'origine humaine. On note cependant l'absence des germes potentiellement pathogènes tels que les salmonelles et les vibrions.
- Toutefois, la présence des espèces bactériennes typiques telles que *E.coli*, *Citrobacter freundii*, *Citrobacter braakii*. rend ces eaux suspectes.

En ce qui concerne la matrice sédiment :

- Parmi les métaux lourds analysés, les concentrations du plomb et du zinc sont inférieures aux normes algériennes en vigueur, En revanche, celle du cadmium reste anormalement élevée.
- D'après les deux classifications de Skewness et Trask le sédiment au niveau des deux plages est très mal classé (sable moyen et grossier) et la fraction qui domine est du sable moyen.
- Les concentrations en indicateurs de contamination fécale sont faibles voir nulles selon les stations. L'adsorption des microorganismes sur les sédiments est inversement proportionnelle à la granulométrie de ces derniers. A cela s'ajoute leur lessivage avec la force des vagues qui déferlent sur les côtes durant la période d'étude.

Conclusion

La plage Est ainsi que la plage Ouest de Sidi Fredj sont les plus importantes stations balnéaires algériennes à vocation touristique.

Cette étude a pour objectif de surveiller et évaluer la qualité des eaux et des sédiments marins de ce littoral. Pour ce faire, 04 sorties ont été effectuées pour une période allant du 28 Février au 9 Mai de l'année en cours.

Pour l'analyse de l'eau, au totale douze stations ont été choisies dont cinq stations au niveau de la plage Ouest et sept stations au niveau de la plage Est, les prélèvements sont destinés pour les mesures des paramètres physiques tel que la température, des paramètres chimiques, à savoir l'analyse des sels nutritifs, des MES et des MOP, l'analyse bactériologique et le dosage des hydrocarbures aliphatiques et aromatiques.

En ce qui concerne les sédiments, quatre stations ont fait l'objet d'une caractérisation granulométrique, d'une analyse bactériologique, des dosages des hydrocarbures aliphatiques et aromatiques et des métaux lourds.

Les résultats obtenus de ces différentes analyses physico-chimiques et bactériologiques (eau et sédiment), ont été comparés aux normes algériennes en vigueur.

Il en ressort que les deux plages sont de bonne qualité. Elles étaient d'ailleurs autorisées à la baignade durant la période estivale de 2017. Cependant, la forte concentration en streptocoques fécaux et l'identification quasi systématique des germes d'origine fécale tels que *E.coli* et *Citrobacter* dans les eaux de surface de la plage Ouest implique une surveillance plus étroite d'autant plus que ces concentrations augmenteront durant l'été avec l'augmentation des températures et l'afflué des estivants. Les fortes teneurs en MES et en sels nutritifs notamment en ammoniac sont probablement à rapprocher des activités anthropiques au niveau des deux plages. La pollution est plutôt d'origine humaine et de nature inorganique. Les faibles taux en germes d'origine fécale enregistrés dans les sédiments sont tributaires de la granulométrie de ces derniers et des facteurs hydrodynamiques. Bien que les indices de contamination des métaux lourds analysés soient dans les normes, des investigations plus poussées doivent être réalisées pour expliquer les fortes concentrations en cadmium et leur origine.

Enfin, une évaluation globale du degré de pollution du site nécessite donc un échantillonnage représentatif couvrant toute la zone et à différentes périodes de l'année.

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

L'évaluation nécessitera également l'analyse des autres métaux tels que le mercure, le cuivre, et l'étain qui constituent une source de pollution non négligeable.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Achour, R., (2013). Valorisation et caractérisation de la durabilité d'un matériau routier et d'un béton à base de sédiments de dragage. Thèse de doctorat. Génie civil. Lille : Université des sciences et technologie de Lille, 199 p.

A.I.E.A., (1998). Programme préliminaire pour MEDPOL sur l'analyse des métaux traces dans les échantillons biologiques et les sédiments. IAEA-MEL, Monaco . Laboratoire sur l'Etude de l'Environnement Marin, , 53 p.

Alzieu C., et al., (1999). Dragages et environnement marin : état des Connaissances. Plouzané, France : Ifremer, 223 p.

Aminot A. et Chaussepied M., (1983). Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre national pour l'exploitation des océans. Ed. Brest, France, CNEXO, 396 p.

Aminot A. et Kérouel R., (2004). Hydrologie des écosystèmes marins: paramètres et analyses. France : Ifremer, 336 p.

Aminot A. et kérouel R., (2007). Dosage automatique des nutriments dans les eaux marines méthode en flux continu. France : Ifremer, 187 p.

Aubert M., et al., (1980). Métaux lourds en méditerranée. Revue internationale d'océanographie médicale ,304 p.

Audigie C., et al., (1985). Principes des méthodes d'analyse biochimique. France : Doin, Tome1, 111 p.

Bendschneider K., Robinson R.J., (1952). A new spectrophotometric method for the determination of nitrite in sea water. *J. Mar. Res.*, 11, 87-96 p.

Bernard B., et al., (1989). La contamination de la gironde par le cadmium origine. France : Ifremer.

Belabed, B-E., (2010). La pollution par les métaux lourds dans la région d'Annaba <<Sources de contamination des écosystèmes aquatiques. Thèse de doctorat. Biologie et physiologie des organismes marins. Annaba : Université Badji Mokhtar, 199 p.

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, 226 p.

Boutiba Z et al., (2003). Etat de la pollution marine de la côte oranaise. Oran : Dar El-Gharb, 69 p.

Bourgeois C. M., (1990). Microbiologie alimentaire : aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire. (Tome 1). Paris : Lavoisier, 422 p.

Camille Delarras., (2008). Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire. Paris : Médicales internationales, 475 p

Cedre.,(2005). Traitement aux dispersants des nappes de pétrole en mer : Traitement par voie aérienne et par bateau. Document non publié. France : Centre de documentation, de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux.

Chamley H ., (1987). La sédimentologie. Paris : DUNOD, 175 p.

Chapman P et al., (1998). Ecotoxicology of metals in aquatic sediments: binding and release, bioavailability, risk assessment, and remediation. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, n. 55, 2212-2243 p.

Claude Oudot., (1983). La distribution des sels nutritifs (NO₃ - NO₂ - NH₄ - PO₄ - Si) dans l'Océan Atlantique intertropical oriental (région du Golfe de Guinée). Ed. Océanographe trop. 18 (2), 223-218 p.

COSSA, D., ELBAZ-POULICHET, F., GNASSIA-BARELLI, M., ROMEO, M.(1993). Le plomb en milieu marin. Biogéochimie et écotoxicologie. Repères Océan N° 3. France : IFREMER., 77 p.

Daniel C et al., (1992). Le plomb en milieu marin biogéochimie et écotoxicologie. France : Ifremer.

Folk.R. I., Ward. W. C., (1957). Brazos river bar: a study of significant of grain size parameters. *J. Sediment. Petrol.*27, 3-26 p.

Forstner. U., (1987). Sediment Associated Contaminants An overview of Scientific. Bases for distribution of humic substances in profundal sediments of Lake Constance. *Organic Geochemistry*, n. 32, 3-10 p.

Gaujous D., (1995). La pollution des milieux aquatiques : aide mémoire. Paris : Lavoisier, 220 p.

GONZALEZ, J.L., CHIFFOLEAU, J.F., MIRAMAND, P., et al. (1999). Le cadmium:comportement d'un contaminant métallique en estuaire, Programme scientifique Seine Aval. France : IFREMER, 31 p.

Grimes S., (2003). Bilan et diagnostique national de la pollution marine de la cte algérienne liée à des activités menée à terre et de sa stratégie opérationnelle. Rapport PAM/pas MED/MEDPOL. France : MEDPOL

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

Huynh, T.D. (2009). Impacts des métaux lourds sur l'interaction plante/ver de terre/microflore tellurique. Thèse de doctorat. Ecologie microbienne. France : Université Paris Est, 170 p.

Horowitz A.J., Elrick K.A., (1988). Interpretation of bed sediment traces metal data methods for dealing with the grain size effect. Chemical and biological characterization of sledges, sediment, dredges spoils and drilling muds. Philadelphia: American society for testing and materials, 114-128 p.

Jean-Claude L., (1880). La pollution pétrolière en milieu marin. Paris, MASSON.

Jean-Claude A., (2011). Les risques chimiques environnementaux. Paris : Technique & Document, 12-14 p.

Journal officiel de la république algérienne,(1993). Principaux critères de qualité des eaux de baignade. Extrait de l'annexe 1 du décret n° 93-164 du 10 juillet 1993

Kaiser. J., (2001). Bioindicators and biomarkers of environmental pollution and risk assesment. Enfield : Sciences publishers inc

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

Lefebvre G., (1978). Chimie des hydrocarbures .Ed .27 rue Ginoux 75737 Paris Cedex 15, 284 p.

Marchand M., (1983). Estimation des hydrocarbures dans l'eau et les organismes marins par spectro-fluorimétrie ultra-violet. Manuel des analyses en milieu marin. France : CNEXO. 329-336 p.

Marchand M., (1985). Processus géochimiques d'apports et de distribution des polluants organiques dans l'environnement marin. Etude appliquée aux hydrocarbures et hydrocarbures holocènes. Thèse de doctorat. Science naturelle. France : Université Pierre et Marie Curie 6, 586 p.

Maria P., et al ., (1998). Analyse et traitement physicochimique des rejets atmosphériques industriels (émission, fumées, odeurs et poussières). Paris :Technique & Document, 666 p.

Mezali K., (1998). Contribution à la systématique, la biologie et la dynamique des populations de cinq espèces d'holothuries aspidochirotés (*Holothuria tubulosa*, *H.poli*, *H.forscali* et *H.sanctari*) de l'herbier à *posidonie oceanica* (L) Deline de la presqu'île de Sidi Fredj, Algerie. Thèse magistère, ISMAL Ecologie marine, 246 p.

Mullin J.B., Riley J.P., (1955). The spectrophotometric determination of silicate-silicon in natural waters with special reference to sea water. *Anal. Chim. Acta*, 12, 162-170 p.

Murphy J., Riley J.P., (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta*, 27, 31-36 p.

Olivier Le Calvé, (2002). Propriétés Physiques du Milieu Marin : Un cours d'introduction à l'océanographie physique. (<http://isitv.univ-tln.fr/~lecalve/oceano/>).

OMS (Organisation mondiale de la santé), (1995). Recommandation pour la surveillance sanitaire de zones côtières à usages récréatif et des zones conchylicole. Partie V. Contrôle de qualité. V.67.1041 p.

ONM (Office Nationale Météorologique), (2010)

Ouffa A., Ikhlef A., (2012). Détermination de l'influence du rejet des eaux usées sur la qualité physico-chimique bactériologique des eaux de mer et des sédiments, cas du port de Tipaza, mémoire d'ingénieur. Environnement. Dely Brahim : ENSSMAL.

PNUE., (1995). Etats des milieux marins et du littoral de la région méditerranéen. Athènes UNEP (OCA)/ MED IG .5/INFR. **PNUE**

Rodier J., et al., (2009). L'Analyse de l'eau ,9^e édition .Ed. Paris DUNOD,.754-767 p.

Roth M., (1971). Fluorescence reaction for amino acids. *Anal. Chem.*, 42(7) , 880-882 p.

Rivier., (1977). Méthode granulométrique technique et interprétation. Paris . 170 p.

Singleton P. et Sainsbury D., (1984). Bactériologie. Paris. MASSON.158 p.

Tran. N. T., (2009). Valorisation de sédiments marins et fluviaux en technique routière. Thèse de doctorat. Génie civil. France: Université d'Artois.225 p.

Wood E.D., Armstrong F.A., Richards F.A. (1967). Determination of nitrate in sea water by cadmium.

Annexes

Annexe

Annexe 1

Mode opératoire pour la mesure de MES

Échantillonnage :

L'eau est prélevée dans des flacons propres en plastiques de 250 ml de 30 à 50 cm de profondeur

Préparation des filtres et des portes filtres

Les portes filtres :

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

Conditionnement des filtres :

- ✓ Calciné les filtres de type WHATTMAN de 0.47 de diamètre et de porosité de 0.45µm dans un four a Moufle à 450°C pendant 1h ;
- ✓ Rincer la rampe de filtration avec l'eau distillée ;
- ✓ Placer les filtres dans la rampe de filtrations et les rincer avec 50 ml d'eau distillée ;
- ✓ Mettre les filtres dans des portes filtres et laisser semi-fermé dans l'étuve à 70°C pendant 2h ;
- ✓ Laisser refroidir dans un dessiccateur ;
- ✓ Peser P1 dans un balance de précision (10⁻⁴).

Filtration

- ✓ Placer un filtre et le centré dans la rampe de filtration
- ✓ Homogénéisé l'échantillon
- ✓ Verser 100 ml de l'échantillon et appliquer le vide pour commencer la filtration
- ✓ Supprimer l'aspiration dès que le filtre est à sec
- ✓ Verser 5 à 10 ml d'eau distillée sur la paroi de l'entonnoir de filtration et aspirer a nouveau

- ✓ Retirer l'entonnoir de filtration et mettre chaque filtre dans sa boîte numérotée
- ✓ Mettre les boîtes pour le séchage dans l'étuve à 70°C pendant 2h
- ✓ Repesé les filtres après séchage et calculé la MES

Mode opératoire pour le dosage des sels nutritifs

I. Dosage de l'ammonium :

Tableau 15: Réactifs de dosage de l'ammonium.

Dosage de l'Azote ammoniacal (NH ₄ ⁺)	
Réactifs	
Solution de phénol nitroprussiate	Solution Tampon
<p>Produits chimiques exigés 6 g de phénol C₆H₅OH 40 g d'hydroxyde de sodium NaOH 1000 ml d'Eau distillée H₂O</p> <p>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.</p> <p>Conservation La solution est stable pendant 1 semaine.</p>	<p>Produits chimiques exigés 33 g de C₄H₄O₆KNa, 4H₂O 24 g de citrate de sodium C₆H₅O₇Na₃, 2H₂O X ml de l'acide sulfurique H₂SO₄ 1000 ml d'Eau distillée 2 ml Brij 35 (30 %)</p> <p>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.</p> <p>Conservation La solution est stable pendant 1 semaine. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.</p>

Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée H₂O.

Préparation des solutions étalons

Tableau 16: Préparation des solutions étalons pour l'ammonium.

Solution mère de 100 ppm N (*)	Solution fille de 10 ppm N
<p>Produits chimiques exigés : Chlorure d'ammonium NH₄Cl.....0,3819 g. Eau distillée H₂O.....1000 ml.</p> <p>Préparation Dissoudre le chlorure d'ammonium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre</p>	<p>Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm N dans 100 ml d'eau distillée.</p> <p>Note : Préparer la solution fille à 10 ppm Si chaque semaine et les standards chaque jour.</p>

<p>avec de l'eau distillée et mélanger.</p> <p>Note : La solution est stable pendant 1 mois.</p> <p>Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.</p>	
---	--

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

Principe dosage de l'Azote ammoniacal ($\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$)

Le dosage est basé sur la réaction signalée par (Roth, 1971) : En milieu basique (pH= 9), l'ammonium réagit chimiquement en présence d'ortho-phthaldialdéhyde (OPA) pour former un dérivé iso indole fluorescent. L'ajout d'un agent réducteur comme le sulfate de sodium permet d'accroître la fluorescence naturelle du composé ainsi formé.

II. Dosage des nitrates et nitrites.

Tableau 17 : Réactifs de dosage des nitrates et nitrites.

Dosage de l'Azote Nitreux (NO_2^-) et l'Azote Nitrique (NO_3^-)	
Réactifs	
Réactif colorant	Solution tampon
<p>Produits chimiques exigée :</p> <p>50 ml de l'acide o-phosphorique H_3PO_4 (85%)</p> <p>10 g de Sulfanilamide $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$</p> <p>0.5 g de a-Naphthyléthylène diamine dihydrochloride $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{Cl}_2\text{N}_2$</p> <p>850 ml de l'eau distillée H_2O</p> <p>Préparation :</p> <p>Diluer l'acide o-phosphorique (H_3PO_4) dans 750ml d'eau distillée. Ajouter le Sulfanilamide ($\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$) et le a-Naphtyléthylène diamine dihydrochloride ($\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{Cl}_2\text{N}_2$) et dissoudre. Compléter avec 1L de l'eau distillée et mélanger.</p> <p>Conservation :</p> <p>La solution est stable pendant une semaine. Conserver dans une bouteille à couleur sombre.</p>	<p>Produits chimiques exigée :</p> <p>50 g de Chlorure d'ammonium NH_4Cl</p> <p>1 ml solution d'ammonium NH_4OH (25%)</p> <p>5 g d'Hydroxyde de sodium NaOH</p> <p>1000 ml d'Eau distillée H_2O</p> <p>3 ml Bridj 35 (35%)</p> <p>Préparation :</p> <p>Dissoudre le chlorure d'mmonium dans 800 ml d'Eau distillée. Ajouter l'Hydroxyde de sodium et dissoudre. Ajuster à 1L avec de l'eau distillée, ajouter le Bridj 35 et mélangé.</p> <p>Conservation :</p> <p>La solution est stable pendant une semaine. Conserver a 4° C pendant une semaine.</p>

Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée H_2O (régénérée chaque semaine).

Préparation des solutions étalons.

Tableau 18 : Préparation des solutions étalons pour les nitrates et les nitrites.

Solution mère de 100 ppm N (*)	Solution fille de 10 ppm N
<p>Produits chimiques exigés :</p> <p>Nitrate de sodium NaNO₃.....0,6068g.</p> <p>Eau distillée H₂O.....1000 ml.</p> <p>Préparation :</p> <p>Dissoudre le nitrate de sodium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.</p> <p>Note : La solution est stable pendant 4 semaines. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée</p>	<p>Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm N dans 100 ml d'eau distillée.</p> <p>Note : préparer la solution fille à 10 ppm chaque semaine et les standard chaque jour.</p> <p>-.</p>

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en µmole/l de N-NO₃⁻

Ou de N-NO₂⁻ puis en µmole/l de NO₃⁻ ou de NO₂⁻

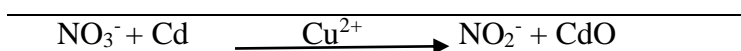
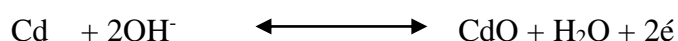
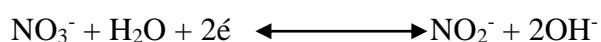
Principe de dosage de l'azote nitreux (NO₂⁻)

En milieu acide (pH < 2), les nitrites forment un diazoïque par action avec la sulfanilamide, ce dernier formera ensuite en présence de N-naphtylethylénediamine un composé azoïque de couleur rose absorbant la lumière à 540nm. (**Benschneider et Robinson, 1952**)

Principe de dosage de l'Azote nitriques (NO₃⁻)

Compte tenu des faibles concentrations océaniques et des interférences possibles, la méthode retenue quasi universellement est celle fondée sur le dosage des ions nitrites obtenu par réduction des ions nitrates par le passage de l'échantillon à travers une colonne réductrice de cadmium traité au cuivre. Les ions nitrates dissous dans l'eau de mer sont réduit en nitrites presque quantitativement (> 95%). (**Wood et al, 1967**)

On mesure donc la somme des concentrations nitrites + nitrates, par déduction de la concentration en nitrites on obtient donc la concentration en nitrates.



III. Dosage des phosphates :

Tableau 19 : Réactifs de dosage des phosphates.

Dosage des Phosphates	
Réactifs	
Solution de molybdate d'ammonium	Solution d'acide ascorbique
<p>Produits chimiques exigée 230 mg de tartrate d'ammonium et d'antimoine $K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 5H_2O$ 69.4 ml de l'acide Sulfurique H_2SO_4 (97%) 6 g de Molybdate d'ammonium $(NH_4^+)_6Mo_7O_{24} \cdot H_2O$ 1000 ml de l'eau distillée 2 ml FFD6</p> <p>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 1L avec de l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélangé.</p> <p>Conservation : Ne pas employer de cuillère en métal pour le molybdate d'ammonium. La sensibilité peut être augmentée de 50% en employant 35 ml d'acide sulfurique concentré au lieu de 69,4 ml Avec 35 ml l'interférence des silicates est 10% pour 300ppb Si et 10% pour 10ppb P.</p>	<p>Produits chimiques exigée : 6 g d'acide ascorbique $C_6H_8O_6$ 60 ml d'Acétone C_3H_6O 1000 ml de l'eau distillée H_2O 2 ml FFD6</p> <p>Préparation : Dissoudre l'acide ascorbique dans 800 ml d'eau distillée. Ajouter l'Acétone. Ajuster à 1L avec de l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.</p> <p>Conservation : La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.</p>

Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H₂O (régénérée chaque semaine).

Préparation des solutions étalons.

Tableau 20: Préparation des solutions étalons pour les phosphates.

Solution mère de 100 ppm P (*)	Solution fille de 10 ppm P
<p>Produits chimiques exigés : Dihydrogène o-phosphate de potassium KH_2PO_4.....0, 4394 g. Eau distillée H_2O.....1000 ml.</p> <p>Préparation Dissoudre le dihydrogène o-phosphate de</p>	<p>Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm P dans 100 ml d'eau distillée.</p> <p>Note : Préparer la solution fille à 10 ppm P chaque semaine et les standards chaque jour.</p>

<p>potassium dans \pm 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.</p> <p>Note : La solution est stable pendant 4 semaines. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.</p>	
--	--

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en μ moles/l de PO_4^- .

Principe de dosage des orthophosphates (PO_4^{3-})

En milieu acide ($\text{pH} < 1$), les ions phosphate réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe de phosphomolybdate d'ammonium de couleur jaune. Ce complexe chimique ainsi formé est ensuite réduit par l'acide ascorbique, l'addition d'antimoine comme catalyseur réduit le temps de développement de la réaction de 24 heures à quelques minutes.

Le composé bleu formé contient le phosphate, le molybdène et l'antimoine dans des proportions atomiques respectivement 1/12/1.

Pour envisagée la réaction avec le phosphate on met l'échantillon dans un bain marie a 40°C. Cette forme réduite de coloration bleue à un maximum d'absorption à 880 nm (**Murphy et Riley, 1962**).

IV. Dosage des silicates :

Tableau 21 : Réactifs de dosage des silicates.

Dosage des Silicates		
Réactifs		
Solution d'acide sulfurique	Solution de molybdate d'ammonium	solution d'acide oxalique
<p>Produits chimiques exigée : 10 ml de l'acide sulfurique (H_2SO_4) (97%) ; 1000 ml Eau distillé H_2O ; 2 ml FFD6.</p> <p>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.</p> <p>conservation : La solution est stable pendant une semaine. Conserver à 4°</p>	<p>Produits chimiques exigés : 20 g de Molybdate d'ammonium (NH_4) $6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\text{H}_2\text{O}$ 1000 ml d'Eau distillée 2 ml FDD6</p> <p>préparation : ce prépare comme le réactif 1</p> <p>conservation : Conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant une journée. Ne pas utilisée de cuillères en métal pour le</p>	<p>Produits chimiques exigés : 44 g d'acide oxalique $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4, \text{H}_2\text{O}$ 1000 ml d'eau distillée</p> <p>préparation : Dissoudre l'acide oxalique dans 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.</p> <p>conservation : Conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant 1 mois. Conserver à 4°C quand la</p>

C quand la solution n'est pas utilisée.	molybdate d'ammonium.	solution n'est pas utilisée.
---	-----------------------	------------------------------

Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H₂O.

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

Préparation des solutions étalons.

Tableau 22 : Préparation des solutions étalons pour les silicates.

solution mère (100 ppm Si)	Solution fille
<p>Produits chimiques exigés</p> <p>1.0119 g... Métasilicate de sodium (Na₂SiO₃, H₂O)</p> <p>1000 ml d'eau distillée H₂O</p> <p>Préparation :</p> <p>Dissoudre le Métasilicate de sodium dans 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger</p> <p>Conservation :</p> <p>la solution est stable pendant 1 mois, conservé dans une bouteille en polyéthylène.</p>	<p>Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm Si dans 100 ml d'eau distillée</p>

Principe de dosage des silicates (SiO₂)

En milieu acide (1 < pH < 2), les ions dissous dans l'eau de mer réagissent avec les ions molybdates pour former un hétéropolyacide (complexe jaune) qui sera réduit par un mélange de métole (sulfate de méthyl-amino-4-phénol) et de sulfite de sodium pour former le bleu de molybdène.

La réaction est relativement libre d'interférence des phosphates, en ajoutant de l'acide oxalique. La densité optique du complexe est mesurée à 810nm (**Mullin et Riley, 1955**)

Mode opératoire pour le dosage des hydrocarbures :

.Matériel

Le matériel utilisée doivent être lavé détergent, eau distillé puis Hexane et conditionné a 200°C pendant 24 heures

- ✓ Ampoule à décanter ;
- ✓ Eprouvettes graduées ;
- ✓ Fiole à colle rodée ;
- ✓ Colonne a chromatographie.

Congélation, lyophilisation, broyage et homogénéisation ;

Concentration ;

Extraction.

Annexe 2

La composition des milieux de culture utilisés.

Recherche des germes indicateurs de contamination fécales dans l'eau de mer.

Streptocoque fécaux : ensemencé d'abord sur le milieu **Stanetz et Bartlet**, puis confirmé sur le milieu **BEA**.

Tableau 23 : Composition du milieu de Stanetz et Bartley.

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

Tableau 24 : Composition du milieu de Bile-Esculine.

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

Coliforme totaux et coliforme thermotolérant : ensemencé sur gélose tergitole.

Tableau 25 : Composition du milieu de culture tergitole.

Gélose tergitole	
composition	Quantité (g/L)
Extrait de viande	5
Peptone	10
Extrait de levure	6
Lactose	20
Bleu de bromothymol	0.05
Agar	20
pH : 7.2. stériliser à l'autoclave 15 minutes à 120°C	

Recherche des germes pathogènes dans l'eau de mer.

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

Tableau 26 : Composition du bouillon au sélénite de sodium.

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

Tableau 27 : Composition du milieu de Salmonelles-Shiguelles.

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

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

Tableau 28 : Composition de l'eau peptonée alcalin (EPA).

Eau Peptonée Salée alcaline (EPA)	
Composition	Quantité (g/l)
Peptone	40
NaCl	60
PH = 8.6. stérilisation à l'autoclave : 15 minutes à 121°C	

Tableau 29: Composition de la gélose thiosulfate-citrate-bile-saccharose (TCBS).

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

Recherche des germes indicateurs de contamination fécale dans le sédiment :

a- Recherche des coliformes totaux et thermotolérants : ensemencé sur Bouillon lactosé bilié au vert brillant (**BLBVB**).

Tableau 30: Composition de bouillon lactosé bilié au vert brillant (BLBVB).

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

b- Recherche des streptoques fécaux : ensemencé sur milieu **Rhote**, puis confirmer sur milieu **Eva-Litsky**.

Tableau 31 : Composition du milieu Rothe.

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

Tableau 32 : Composition du milieu Eva-litsky.

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

Tableau 33 : nombre le plus probable (NPP) dans le cas du système a trois tubes (Brisou et Denis, 1980)

Nombre Caractéristique	Nombre De cellules	Nombre caractéristiques	Nombre De cellules	Nombre caractéristiques	Nombre De cellules
000	0.1	201	1.4	302	6.5
001	0.3	202	2.0	310	4.5
010	0.3	210	1.5	311	7.5
011	0.6	211	2.0	312	11.5
020	0.6	212	3.0	313	16.0
100	0.4	220	2.0	320	9.5
101	0.7	221	3.0	321	15.0
102	1.1	222	3.5	322	20.0
110	0.7	223	4.0	323	30.0
111	1.1	230	3.0	330	25.0
120	1.1	231	3.5	331	45.0
121	1.5	232	4.0	332	110.0
130	1.6	300	2.5	333	140.0
200	0.9	301	4.0		

Méthode d'identification par test biochimique (galerie API)

Préparation de la galerie

- ✓ mettre de l'eau distillée sur le fond de la boîte (partie alvéolée), toutes les alvéoles doivent être remplies
- ✓ Placer la galerie sur le fond de la boîte elle doit être manipulée avec la pince.
- ✓ Recouvrir la boîte avec son couvercle.
- ✓ Incrire nom, référence souche, date et température d'incubation sur la languette latérale de la boîte.

Préparation de l'inoculum : réaliser une suspension de la souche à étudier ; prendre une colonie bien isolé et la mettre dans un tube a essai contenant 5 ml d'eau distillé stérile puis homogénéiser bien.

Inoculation de la galerie : introduire la suspension bactérienne dans chaque tube à l'aide d'une pipette pasteur stérile, éviter la formation des bulles d'aires.

Certains caractères :

- ✓ Les tubes encadrés : remplir le tube et la cupule avec la suspension bactérienne (CIT, VP, GEL)
- ✓ Les tubes soulignés : remplir le tube avec la suspension bactérienne et couvrir la cupule avec l'huile de paraffine (ADH, LDC, ODC, H₂S, URE)
- ✓ Le reste des tubes : remplir que le tube avec la suspension bactérienne.

Incubation : se fait à 37°C pendant 24 heures.

- ❖ Lecture et identification de la souche se fait à l'aide de catalogue.

Annexe 3

Tableau 34 : Coordonnée géographique des stations de prélèvement au large.

station	latitude	Longitude
S4	36° 45' 16,1532''	2° 50' 35,8548''
S5	36° 45' 24,0552''	2° 50' 31,8948''
S9	36° 45' 46,6884''	2° 50' 58,3836''
S10	36° 45' 43,668	2° 51' 0,8244''
S11	36° 45' 41,5836''	2° 51' 4,8636''
S12	36° 45' 38,6028''	2° 51' 9,378''

Tableau 35 : Coordonnée géographique des stations de prélèvement au niveau de la côte.

stations	Latitude	longitude
S1	36° 45' 15,858''	2° 50' 42,6588''
S2	36° 45' 24,4476''	2° 50' 38,8896''
S3	36° 45' 33,66''	2° 50' 31,614''
S6	36° 45' 43,1568''	2° 50' 54,24''
S7	36° 45' 39,1572''	2° 50' 58,7544''
S8	36° 45' 34,5204''	2° 51' 9,5904''

Tableau 36 : Principaux critères de qualité des eaux de baignade (Extrait de l'annexe 1 du décret n° 93- 164 du 10 juillet 1993).

Paramètres microbiologiques	Unités	Valeurs guide	Valeur impérative
Coliformes totaux	/100ml	500	10 000
Escherichia coli	/100ml	100	2000
Streptocoques fécaux	/100ml	100	-
Salmonelles	l1	-	0
Vibrion cholérique	/450ml	-	0
Paramètres Physicochimiques			
Coloration	mg/l	-	Pas de changement anormal de la couleur (0)
Huiles minérales	mg/l	0.3	Pas de film visible à la surface de l'eau et absence d'odeur
pH	-	-	6.8
Oxygène dissous	% saturation en O ₂	-	80- 120
Transparence	Mètre	2	-
Autres substances	-	-	Ne doit pas contenir des substances capables de nuire la santé des baigneurs

Tableau 37 : Concentrations normales des métaux lourds dans les sédiments selon (Alzieu et al., 1999) ($\mu\text{g/gde MS}$).

Métaux	Pb	Cd	Zn
Norme algériennes	250	2	500

Annexe 4 : Analyse granulométrique

Tableau 38 : Les différents paramètres et indices granulométriques.

station	Médiane (mm)	Q25 (mm)	Q75 (mm)	S ₀	SK
S1	3.1	0.68	20.18	4.45	1.43
S2	3.35	1.23	10.7	2.95	1.73
S4	1.65	0.22	13.77	8.00	1.09
S6	3.88	1.18	17.31	3.84	1.35

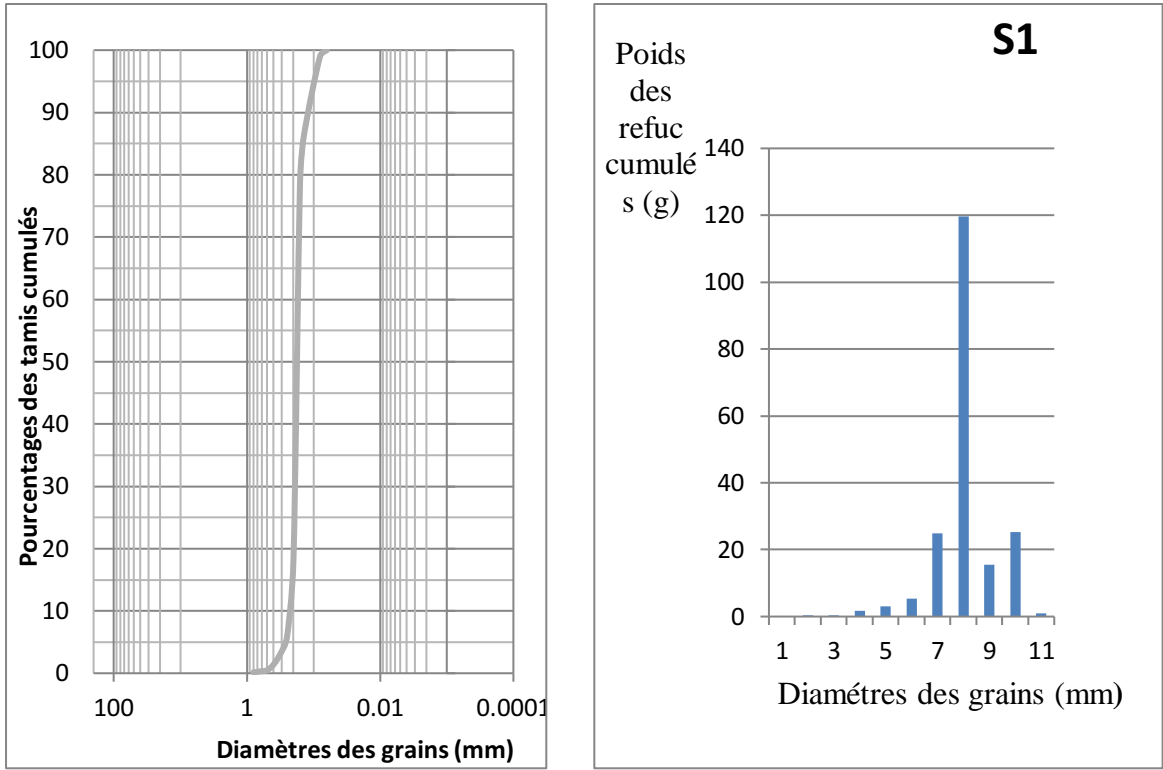


Figure 61. Courbe cumulative et histogramme unimodale pour la station 1.

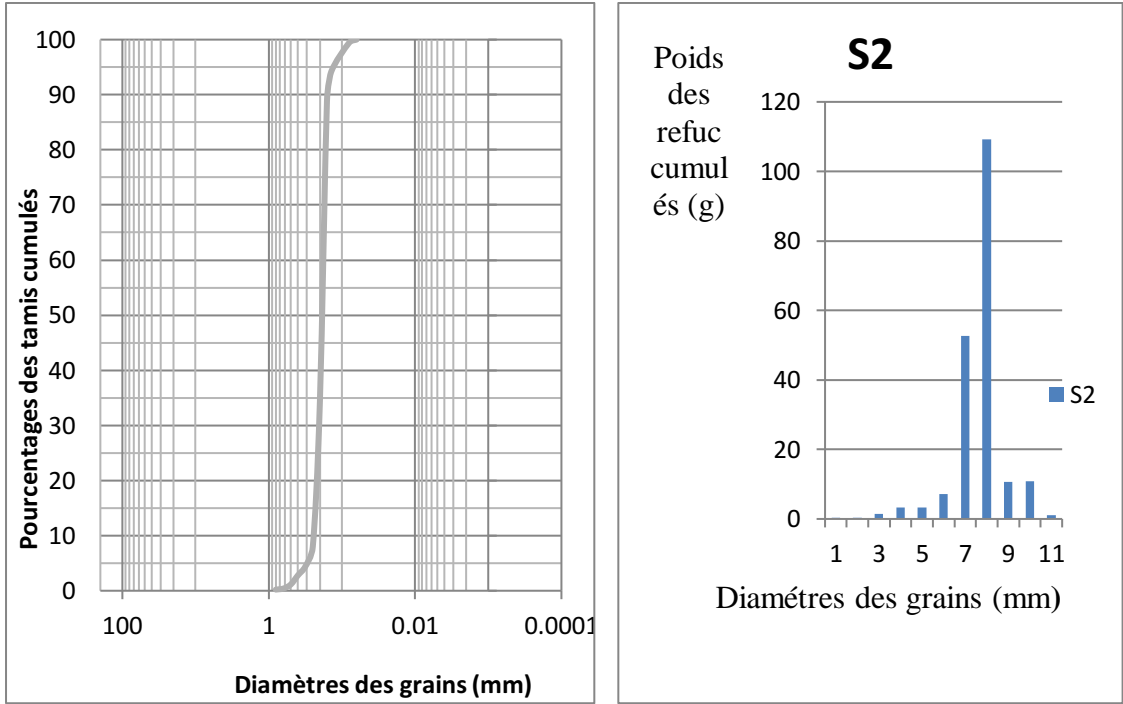


Figure 62. Courbe cumulative et histogramme unimodale pour la station 2.

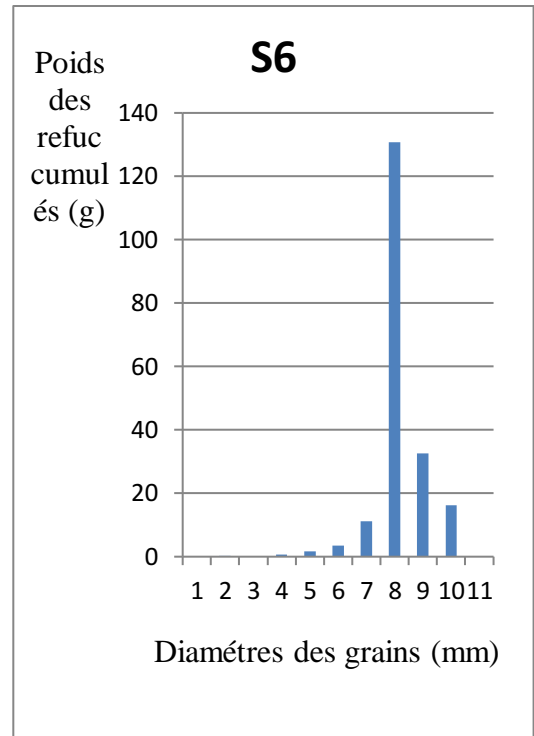
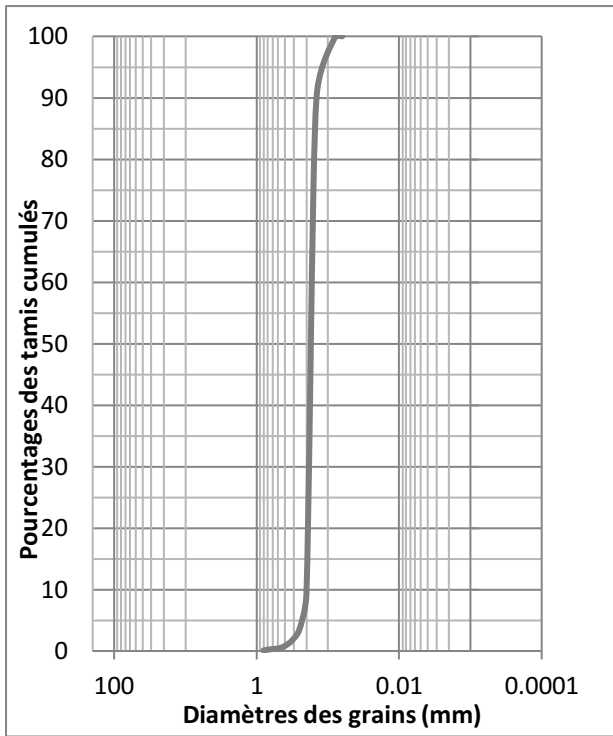


Figure 63. Courbe cumulative et histogramme unimodale pour la station 6.

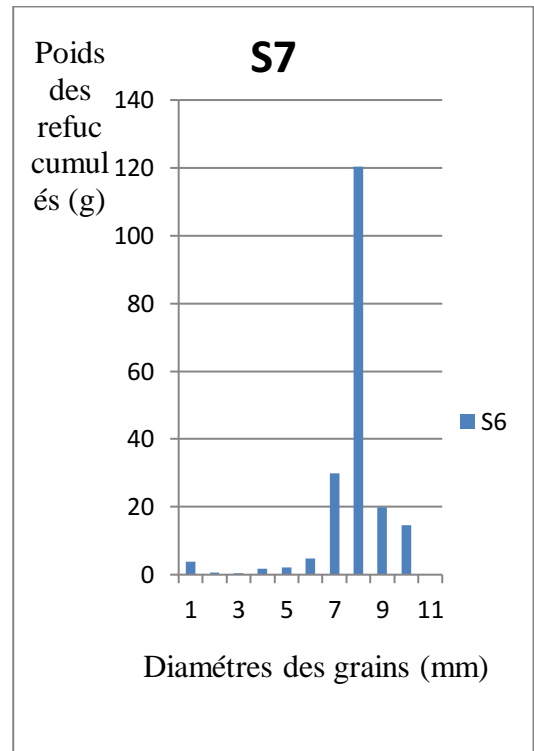
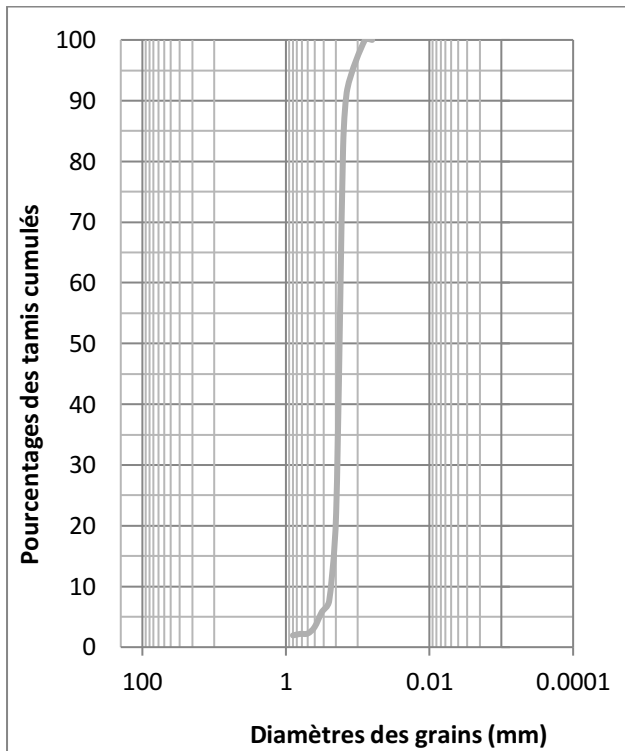


Figure 64. Courbe cumulative et histogramme unimodale pour la station 7.