

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



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

OPTION : Environnement marin

Thème :

**Diagnostic et paramètres environnementaux du
littoral Ouest de Sidi Fredj.**

Présenté par :

- Mr. SADAOUI Mahrez
- Mr. CHABI Abderrahmane

Soutenu le 03/07 /2011 devant le jury suivant :

M^r. BELAHRECHE Abderrahmane, Maitre assistant
Dr. BACHARI HOUMA Fouzia, Maitre de conférences
M^{lle}. AMROUCHE Lynda, Maitre assistante
Dr. BELKESSA Rabah, Maitre de conférences

Président
Examinatrice
Examinatrice
Promoteur

Promotion : 2010/1011

Remerciements

Au terme de ce travail, il nous est agréable d'exprimer nos vifs remerciements et nos gratitude à Monsieur **BELKESSA. R**, notre promoteur de nous avoir initié à la recherche, ainsi que pour ses excellents conseils, critiques et suggestions qui nous ont été d'une grande utilité.

Nous tenons à remercier vivement Monsieur **BELAHRECHE. A**, Maitre assistant à l'ENSSMAL, pour l'intérêt qu'il porte à ce travail et pour nous avoir témoigné sa confiance en acceptant de présider la commission d'examen.

Nos remerciements vont aussi à Madame **BACHARI HOUMA. F**, Maitre de conférences à l'ENSSMAL pour avoir accepté d'examiner notre travail d'une part et d'autre part pour sa disponibilité, sa grande amabilité et surtout pour ses aides précieuses en dépit de ses nombreuses occupations.

Nous tenons aussi à remercier Mademoiselle **AMROUCHE. L**, Maître assistante à ENSSMAL, pour avoir accepté d'examiner, et de nous avoir aidé à effectuer les analyses de microbiologie dans des bonnes conditions.

Nous tenons par ailleurs à exprimer notre haute considération et sincères remerciements à l'ensemble des ingénieurs et techniciens des laboratoires de l'ENSSMAL et le personnel de la bibliothèque.

Nos reconnaissances à toutes les personnes qui nous ont aidés du près ou de loin à la réalisation de ce modeste mémoire, en particulier nos familles respectives qui nous ont soutenu moralement tout au long de notre parcours universitaire.

Liste des acronymes

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

AFNOR : Association Française de Normalisation

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

C : Côte

CEAEQ : Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec

CETMEF : Centre d'Etudes Techniques Maritimes et Fluviales de France

CF : Coliformes Fécaux

CT : Coliformes Totaux

EDS : Eau Distillée Stérile

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

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

GPS : Global Positioning System

ISO: International Standard Organization

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

MES : Matières En Suspension.

MO : Matière Organique.

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

ONM : Office National Météorologique.

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

PSU : Pratical Salinity Unit.

SF : Streptocoques Fécaux

St : Station

WTW: Wissenschaftliche Technische Workstätten

Liste des Figures

Figure. I.1. Différents types de la pollution marine.....	2
Figure. I.2. Cycle global des sels nutritifs : production et minéralisation de la matière organique.....	8
Figure. II.1. Situation géographique et localisation de Sidi Fredj.....	10
Figure. II.2. Situation géographique et localisation de la plage de Thalassothérapie.....	11
Figure. II.3. Situation géographique et localisation de la plage Ouest de Sidi Fredj.....	12
Figure. II.4. Bathymétrie de la Baie de Bou-Ismaïl.....	15
Figure. II.5. Répartition sédimentologique de la baie d'El Djamila.....	16
Figure. II.6. La dérive littorale dans la zone de Sidi Fredj.....	16
Figure. II.7. Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou-Ismaïl.....	17
Figure. III.1. Carte de positionnement des stations de prélèvement du littoral Ouest de Sidi Fredj.....	19
Figure. III.2. Courbe d'étalonnage des nitrates.....	26
Figure. III.3. Courbe d'étalonnage des nitrites.....	26
Figure. III.4. Courbe d'étalonnage des orthophosphates.....	26
Figure. III.5. Courbe d'étalonnage des silicates.....	26
Figure. III.6. Courbe d'étalonnage d'Ammonium.....	26
Figure. III.7. Technique de dénombrement des coliformes.....	28
Figure. III.8. Technique de recherche des Streptocoques fécaux.....	28
Figure. III.9. Technique de recherche des salmonelles.....	29
Figure. III.10. Technique d'identification des salmonelles.....	29
Figure. III.11. Technique de recherche des vibrions.....	30
Figure. III.12. Technique d'identification des vibrions.....	30
Figure. III.13. Catalase positif.....	31
Figure. III.14. Test d'oxydase.....	31
Figure. IV.1. Variation de la température (°C) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	37
Figure. IV.2.a. Répartition de la température au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	38
Figure. IV.2.b. Carte de distribution spatiale de la température au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée par un histogramme.....	38
Figure. IV.3. Variation de la Salinité au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	39
Figure. IV.4.a. Répartition de la Salinité au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	39
Figure. IV.4.b. Carte de la distribution spatiale de la Salinité au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée par un histogramme.....	40
Figure. IV.5. Variation de la Conductivité au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	40
Figure. IV.6.a. Répartition de la conductivité au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	41
Figure. IV.6.b. Carte de distribution spatiale de la conductivité au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée par un histogramme.....	41
Figure. IV.7. Variation du pH au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	42
Figure. IV.8. Répartition ponctuelle du pH au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	42
Figures. IV.9. Variation de saturation en oxygène dissous dans littoral Ouest de Sidi Fredj.....	42
Figure. IV.10. Répartition de l'O ₂ dissous au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	43
Figure. IV.11. Variation de la matière en suspension (MES) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	44
Figure. IV.12.a. Répartition des matières en suspension au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	44
Figure. IV.12.b. Carte de distribution spatiale de MES au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée par un histogramme.....	45
Figure. IV.13. Variation de la matière organique particulaire au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj....	45
Figure. IV.14.a. Répartition de la matière organique particulaire au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	46
Figure. IV.14.b. Carte de distribution spatiale de MOP au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée par un histogramme.....	46
Figure. IV.15. Variation de la matière inorganique particulaire au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj..	47
Figure. IV.16.a. Répartition de la matière inorganique particulaire au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	47
Figure. IV.16.b. Carte de la distribution spatiale de la MIP au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée par un histogramme.....	48
Figure. IV.17. Variation de rapport MIP/MOP au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	48

Figure. IV.18. Variation de la <i>chlorophylle-a</i> au niveau littoral Ouest de Sidi Fredj.....	49
Figure. IV.19.a. Répartition de la <i>chlorophylle-a</i> au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	49
Figure. IV.19.b. Carte de distribution spatiale de la <i>chlorophylle-a</i> au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée par un histogramme.....	50
Figure. IV.20. Variation des nitrates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	51
Figure. IV.21.a. Répartition des nitrates au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	51
Figure. IV.21.b. Carte de distribution spatiale des nitrates au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée par un histogramme.....	52
Figure. IV.22. Variation des nitrites ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	52
Figure. IV.23.a. Répartition des nitrites au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	53
Figure. IV.23.b. Carte de répartition spatiale des nitrites au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée par un histogramme.....	53
Figure. IV.24. Variation de l'ammonium ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	54
Figure. IV.25.a. Répartition de l'ammonium au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	55
Figure. IV.25.b. Carte de distribution spatiale de l'ammonium au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée par un histogramme.....	55
Figure. IV.26. Variation des phosphates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	56
Figure. IV.27.a. Répartition des phosphates au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	56
Figure. IV.27.b. Carte de distribution spatiale des phosphates au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée par un histogramme.....	56
Figure. IV.28. Variation des silicates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	57
Figure. IV.29.a. Répartition des silicates au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	57
Figure. IV.29.b. Carte de distribution spatiale des silicates au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée par un histogramme.....	58
Figure. IV.30. Carte de distribution des coliformes totaux au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée par un histogramme.....	59
Figure. IV.31. Carte de distribution des coliformes fécaux au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée par un par un histogramme.....	59
Figure. IV.32. Carte de distribution des streptocoques fécaux au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée par un histogramme.....	60
Figure. IV.33. Diagramme de corrélation température/salinité (T.S).....	61
Figure. IV.34. Diagramme de corrélation entre la température et le pH.....	62
Figure. IV.35. Diagramme de corrélation entre température et l'oxygène dissous.....	62
Figure. IV.36. Diagramme de corrélation entre la température et les nitrates.....	63
Figure. IV.37. Diagramme de corrélation entre la température et l'ammonium.....	63
Figure. IV.38. Diagramme de corrélation entre la température et les silicates.....	64
Figure. IV.39. Diagramme de corrélation entre température et nitrites.....	64
Figure. IV.40. Diagramme de corrélation entre la salinité et les nitrates.....	64
Figure. IV.41. Diagramme de corrélation entre la salinité et l'ammonium.....	65
Figure. IV.42. Diagramme de corrélation nitrate/phosphate (NO_3^- , PO_4^{-3}).....	65
Figure. IV.43. Diagramme de corrélation entre l'oxygène dissous et nitrate.....	66
Figure. IV.44. Diagramme de corrélation entre l'oxygène dissous et phosphate.....	67
Figure. IV.45. Répartition de Q_{25} au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée d'un histogramme.....	68
Figure. IV. 46. Répartition ponctuelle de Q_{75} au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée d'un histogramme.....	68
Figure. IV. 47. Répartition de la médiane (Q_{50}) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée d'un histogramme.....	69
Figure. IV. 48. Variation de S_0 au niveau de la côte de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	69
Figure. IV. 49. Relation entre l'indice de classement et la médiane.....	69
Figure. IV. 50. Variation de Sk au niveau de la côte de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	70
Figure. IV. 51. Relation entre l'indice d'asymétrie et la médiane.....	70
Figure. IV. 52. Répartition spatiale des pélites au niveau de la côte du littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée d'un histogramme.....	71
Figure. IV.53. Répartition spatiale de CaCO_3 au niveau de la côte du littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée d'un histogramme.....	71
Figure. IV.54. Répartition spatiale de la matière organique au niveau de la côte du littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée d'un histogramme.....	72

Figure .V.1. Plan de cartographie.....	73
Figure .V.2. Surface couverte par les différents types de fonds.....	74
Figure .V.3. Surface couverte par les écosystèmes spécifiques.....	74
Figure .V.4. Cartographie biocénotique dans une portion de l'anse Ouest de la presqu'île de Sidi Fredj..	74
Figure .V.5. Cartographie par classification d'image dan la région de Sidi Fredj.....	75
Figure .V.6. L'herbier <i>Posidonia oceanica</i>	76
Figures .V.7. Répartition de <i>Rissoella verruculosa</i> dans la région de Sidi Fredj.....	76
Figures .V.8. Répartition de <i>Caulerpa racemosa</i>	77
Figure .V.9. <i>Caulerpa racemosa</i> colonisant la matte de <i>Posidonia oceanica</i>	77
Figure .V.10. Répartition d' <i>Oculina patagonica</i> dans la région de Sidi Fredj.....	77
Figure .V.11. Répartition de <i>Percon gibbesi</i> dans la région de Sidi Fredj.....	78
Figure .V.12. <i>Bursatella leachi</i>	78
Figure .VI.1. Evolution du trait de côte.....	79
Figure .VI.2. Plage Ouest de Sidi Fredj.....	80
Figure .VI.3. Le port militaire dans la plage Ouest.....	81
Figure .VI.4. Phénomènes d'accrétion et d'érosion dus à la présence d'épis.....	81
Figure .VI.5. La plage de centre Thalassothérapie.....	82
Figure .VI.6. Effet d'une brise lame sur l'état d'une plage.....	83
Figures .VI.7. Méthode de rechargement d'une plage par extraction de sable du large.....	83
Figure .VI.8. Vue en plan des brises lames immergés.....	84
Figure .VI.9. Représentation d'un géotube.....	84

Liste des photos

Photo II.1. Déchets solides sur la plage.....	11
Photo II.2. Embouchure d'eau usée.....	11
Photo II.3. Eutrophisation algale.....	11
Photo II.4. Rejet d'eau usée.....	12
Photo II.5. Rejets de centre thalassothérapie.....	12
Photo II.6. Rejets d'eaux domestiques directes.....	12
Photo II.7. Déchets solides.....	13
Photo II.8. Banquette à posidonie morte.....	13
Photo III.1. Bouteilles des prélèvements de l'eau de mer.....	20
Photo III.2. pH-mètre de terrain de type (pH/mv mètre, WTW, 197).....	20
Photo III.3. Conductimètre de terrain Type (Cond 197).....	20
Photo III.4. Oxymètre de terrain (type Oxi/WTW 197).....	21
Photo III.5. Filtres dans les boites.....	22
Photo III.6. Dessiccateur.....	22
Photo III.7. Pompe de filtration.....	22
Photo III.8. Balance électrique.....	22
Photo III.9. Creusets dans le four à moufle.....	22
Photo III.10. Les filtres après séchage.....	22
Photo III.11. Filtres dans le papier aluminium après filtration.....	23
Photo III.12. Méthanol pur.....	23
Photo III.13. Filtre + méthanol dans un tube en verre.....	23
Photo III.14. Les standards.....	23
Photo III.15. Agitateur.....	23
Photo III.16. Centrifugeuse.....	23
Photo III.17. Fluorimètre.....	23
Photo III.18. Auto Analyser San Plus (SKALAR® 1996).....	24
Photo III.19. Solutions mères et solutions filles.....	26
Photo III.20. Dispositif de l'appareil de filtration sur membrane.....	27
Photo III.21. Tamiseuse.....	33
Photo III.22. Tamis.....	33
Photo III.23. Balance.....	33
Photo III.24. Echantillons de sédiments dans des creusets.....	36
Photo VI.1. Jetée militaire.....	80
Photos VI.2. La partie restante de la plage Ouest de Sidi Fredj.....	80
Photos VI.3. La partie érodée de la plage Ouest de Sidi Fredj.....	80
Photos VI.4. La partie restante de la falaise au niveau de labo ENSSMAL.....	80
Photos VI.5. Les digues d'enrochement anarchiques dans la plage Ouest.....	81
Photo VI.6. Le centre de Thalassothérapie.....	82
Photo VI.7. Les digues d'enrochement anarchiques dans la plage Ouest.....	82

Liste des Tableaux

Tableau II.1. Tableau de Fréquence en pourcentage d'apparition de la houle dominante.....	14
Tableau III.2. Diamètres des grains et appellations correspondants à la norme française.....	32
Tableau III.3. Classification des grains de sable (Folk et Ward, 1957)	34
Tableau III.4. Classement des sédiments selon l'indice de Trask S_0 (Folk ,1966).....	34
Tableau III.5. Classement des sédiments selon l'indice de Skewnes (SK).....	34
Tableau III.6. Classification des sédiments selon le taux des pélites.....	35
Tableau IV.1. Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physico-chimiques dans les eaux du littoral Ouest de Sidi Fredj.....	37
Tableau IV.2. Valeurs minimales, moyennes, extrêmes et l'écart type des paramètres indicateurs de la pollution des eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	43
Tableau IV.3. Valeurs minimales, moyennes, extrêmes et l'écart type des sels nutritifs des eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	50
Tableau IV.4. Valeurs minimales, moyennes, extrêmes et l'écart type des paramètres microbiologiques des eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	58
Tableau IV.5. Valeurs minimales, moyennes, extrêmes et l'écart type de différentes indices granulométriques et des quartiles (Q25, Q50, Q75) des eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	67
Tableau V.1. Surface cartographiée par secteur.....	73
Tableau V.2. Présence des différents éléments cartographiés.....	75

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



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

OPTION : Environnement marin

Thème :

**Diagnostic et paramètres environnementaux du
littoral Ouest de sidi Fredj.**

Présenté par :

- Mr. SADAOUI Mahrez
- Mr. CHABI Abderrahmane

Soutenu le 03/07 /2011 devant le jury suivant :

M^r. BELAHRECHE Abderrahmane, Maitre assistant
Dr. BACHARI HOUMA Fouzia, Maitre de conférences
M^{lle}. AMROUCHE Lynda, Maitre assistante
Dr. BELKESSA Rabah, Maitre de conférences

Président
Examinatrice
Examinatrice
Promoteur

Promotion : 2010/1011

SOMMAIRE

Introduction.....	1
-------------------	---

Chapitre I : Généralités

I.1. Définition de la pollution marine.....	2
I.2. Les descripteurs de l'eau de mer.....	2
I.2.1. Les paramètres physico-chimiques.....	2
• Mesure des paramètres in situ.....	2
I.2.1.1. Température T (° C)	2
I.2.1.2. Salinité S (PSU <i>Practical Salinity Unit</i>).....	3
I.2.1.3. Potentiel d'hydrogène <i>pH</i>	3
I.2.1.4. Oxygène dissous OD (mg/l).....	3
I.2.1.5. Conductivité électrique (m S/cm).....	4
I.2.2. Les Paramètres indicateurs de la pollution.....	4
• L'analyse au laboratoire.....	4
I.2.2.1. Matières en suspension (MES).....	4
a. L'importance de l'étude de la matière en suspension.....	4
I.2.2.2. Matière inorganique particulaire (MOP).....	4
I.2.3. Analyse des sels nutritifs.....	5
I.2.3.1. Origine des sels nutritifs.....	5
I.2.3.2. Rôles des sels nutritifs.....	5
I.2.3.3. Distribution des sels nutritifs.....	5
I.2.3.4. Les différentes formes des sels nutritifs.....	5
a. nitrates (NO_3^-).....	5
b. Les nitrites (NO_2^-).....	6
c. L'azote ammoniacal (N-NH_4^+).....	6
d. Les phosphates (PO_4^{-3}).....	6
e. La silice dissoute.....	6
I.2.3.5. Les cycles d'azote et de phosphore.....	7
a. Cycle biogéochimique de l'azote et de phosphore.....	7
b. Cycle de phosphore.....	7
c. Sels nutritifs et le rapport de Redfield.....	7
I.2.4. Production primaire.....	8
• <i>Chlorophylle-a</i>	8
I.2.5. Paramètres microbiologiques.....	8
• Germes témoins de contamination fécale.....	8
a. Les Coliformes totaux (CT).....	8
b. Les Coliformes fécaux « thermotolérants » (CF).....	9
c. Les Streptocoques fécaux (SF).....	9
• Germes pathogènes.....	9
a. Les Salmonelles.....	9
b. Les Vibrions.....	9

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

II.1. La zone d'étude : Sidi Fredj (Sidi Ferruch).....	10
II.1.1. Situation géographique.....	10
II.1.2. Présentation du site d'étude : littoral Ouest de Sidi Fredj.....	11
II.1.2.1. Plage de Thalassothérapie.....	11
II.1.2.2. Plage Ouest de Sidi Fredj.....	12

II.1.3. Cadre géologique.....	13
II.1.3.1. Géologie régionale.....	13
II.1.3.2. Géologie locale.....	13
II.2. Facteurs hydrodynamiques.....	13
II.2.1. La Température.....	13
II.2.2. Précipitation.....	13
II.2.3. Les vents.....	14
II.2.4. Les houles.....	14
II.2.5. Les courants.....	15
II.3. Nature de fond et Couverture sédimentaire.....	15
II.4. La dérive littorale.....	16
II.5. Réseau hydrographique.....	17

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Travaux effectués en mer et paramètres mesurés.....	18
III.1.1. Localisation des stations et prélèvement d'eau.....	18
III.1.1.1. Sorties en mer.....	18
III.1.1.2. Conditionnement des moyens de prélèvement.....	19
III.1.1.3. Prélèvement d'eau de mer et mesures in situ.....	20
a. Potentiel d'hydrogène (pH).....	20
b. La Température.....	20
c. La salinité.....	20
d. L'Oxygène dissous.....	21
III.2. Analyses de l'eau au laboratoire.....	21
III.2.1. Paramètres physico-chimiques.....	21
III.2.1.1. Mesure de la matière en suspension(MES).....	21
III.2.1.2. La matière organique particulaire (MOP).....	22
III.2.1.3. La matière organique particulaire (MIP).....	22
III.2.1.4. Dosage de la <i>chlorophylle-a</i>	22
III.2.2. Analyse des sels nutritifs.....	24
III.2.2.1. Dosage des sels nutritifs.....	24
III.2.2.2. Principe de dosage des sels nutritifs.....	24
III.2.2.3. Analyse automatique des sels nutritifs.....	25
III.2.2.4. Etalonnages.....	25
III.2.3. Analyse microbiologique de l'eau de mer.....	27
III.2.3.1. Dénombrement des coliformes.....	27
b. Mode opératoire.....	27
a. Matériel.....	27
c. Dénombrement des Coliformes totaux et Coliformes thermotolérants «fécaux».....	27
d. Dénombrement des Streptocoques fécaux.....	28
III.2.3.2. Recherche des Salmonelles et des Vibrions.....	29
a. Recherche des salmonelles.....	29
b. Recherche des vibrions.....	30
III.2.3.3. Techniques de caractérisation et d'identification de quelques bactéries.....	31
a. Protocole de la coloration de Gram.....	31
b. Test de la catalase.....	31
c. Test d'oxydase.....	31
d. Identification par la méthode des galeries API.....	31
III.3. Analyse de sédiment au laboratoire.....	32
III.3.1. Analyse granulométrique.....	32
III.3.1.1. Principe de la méthode.....	32
III.3.1.2. Mode opératoire de l'analyse granulométrique.....	32
III.3.1.3. Traitement des données.....	33
III.3.1.4. Les indices granulométriques.....	33

a. Le mode.....	33
b. La médiane.....	33
c. Les quartiles.....	33
III.3.1.5. Classement de sédiment.....	34
III.3.1.5.1. Indice de classement de Trask ou indice de tri S_0	34
III.3.1.5.2. Indice d'asymétrie ou indice de Skewnes (SK).....	34
III.3.1.5.3. La fraction Pélitique.....	34
III.3.2. Analyse calcimétrique (décarbonation).....	35
III.3.2.1. Définition.....	35
III.3.2.2. Principe de la méthode.....	35
III.3.2.3. Mode opératoire.....	35
III.3.2.4. Traitement des données.....	35
III.3.3. Détermination de taux de la matière organique.....	36
III.3.3.1. Définition.....	36
III.3.3.2. Principe de la méthode.....	36
III.3.3.3. Mode opératoire de l'analyse.....	36
III.3.3.4. Traitement des données.....	36

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1. Variation et distribution spatiale des paramètres physico-chimiques dans littoral Ouest de Sidi Fredj.....	37
IV.1.1. La température.....	37
IV.1.2. La Salinité.....	38
IV.1.3. La conductivité.....	40
IV.1.4. Potentiel d'hydrogène.....	41
IV.1.5. Oxygène dissous (mg/l) et son pourcentage de saturation (%).....	42
IV.2. Variation et distribution spatiale des Paramètres indicateurs de la pollution.....	43
IV.2.1. Matière en suspension (MES).....	44
IV.2.2. Matière organique particulaire (MOP) (mg/l).....	45
IV.2.3. Matière inorganique particulaire (MIP) (mg/l).....	46
IV.2.4. Le rapport MIP/MOP.....	48
IV.2.5. <i>Chlorophylle-a</i>	49
IV.3. Variations et distributions spatiale des sels nutritifs.....	50
IV.3.1. Variation des nitrates.....	50
IV.3.2. Variation des nitrites.....	52
IV.3.3. Variation de l'ammonium.....	54
IV.3.4. Variation des phosphates.....	55
IV.3.5. Variation des Silicates.....	57
IV.4. Evaluation des paramètres bactériologiques.....	58
IV.4.1. Résultats de recherche et de dénombrement des germes indicateurs de la pollution.....	58
IV.4.1.1. Les coliformes totaux (CT).....	59
IV.4.1.2. Les coliformes thermotolérants « fécaux » (CF).....	59
IV.4.1.3. Les streptocoques fécaux (SF).....	60
IV.4.2. Résultats d'identification des germes pathogènes.....	60
IV.4.2.1. Les entérobactéries.....	60
IV.4.2.1.a. Les Salmonelles.....	60
IV.4.2.1.b. Les Vibrionacées.....	61
IV.5. Etude de la corrélation linéaire (Analyse binaire).....	61
IV.4.1. Diagramme de corrélation température/salinité (T.S).....	61
IV.4.2. Diagramme de corrélation température/pH.....	61
IV.4.3. Diagramme de corrélation température/oxygène dissous.....	62
IV.4.4. Corrélation entre la température et les sels nutritifs.....	62
IV.4.4.1. Diagramme de corrélation température/nitrates.....	62

IV.4.4.2. Diagramme de corrélation température/ammonium.....	63
IV.4.4.3. Diagramme de corrélation température/silicates.....	63
IV.4.4.4. Diagramme de corrélation température/nitrites.....	64
IV.4.5. Corrélation entre la salinité et les sels nutritifs.....	64
IV.4.5.1. Le diagramme salinité-nitrates.....	64
IV.4.5. Corrélation entre la salinité et les sels nutritifs.....	64
IV.4.5.1. Le diagramme salinité-nitrates.....	64
IV.4.5.2. Le diagramme salinité-ammonium.....	65
IV.4.6. Diagramme de corrélation nitrate/phosphate (NO_3^- , PO_4^{-3}).....	65
IV.4.7. Corrélation entre l'oxygène dissous et les sels nutritifs.....	66
IV.4.7.1. Diagramme de corrélation oxygène dissous/nitrate.....	66
IV.4.7.2. Diagramme de corrélation oxygène dissous/phosphate.....	66
IV.8. Résultats et interprétation de l'analyse granulométrique.....	67
IV.8.1. Résultats de l'analyse granulométrique.....	67
IV.8.2. Aspect général des courbes granulométriques.....	67
IV.8.3. Détermination des indices granulométriques.....	67
IV.8.4. Interprétation des résultats de l'analyse granulométrique.....	68
IV.8.4.1. Le 1 ^{er} quartile Q_{25}	68
IV.8.4.2. Le 3 ^{ème} quartile Q_{75}	68
IV.8.4.3. Le quartile Q_{50} ou indice de taille (médiane).....	69
IV.8.4.4. Indice de classement de Trask ou indice de tri S_0	69
IV.8.4.5. Indice d'asymétrie ou indice de Skewnes (SK).....	70
IV.8.5. Interprétation des courbes granulométriques de chaque station.....	70
IV.8.6. Résultats et discussion de l'analyse de la fraction pélitiques.....	71
IV.8.7. Interprétation des résultats de l'analyse calcimétrique.....	71
IV.8.8. Interprétation des résultats de l'analyse de la matière organique	72

Chapitre V : Cartographie biocénotique

V.1. Cartographie biocénotique.....	73
V.2. Présentation et interprétation des résultats de la méthode directe.....	73
V.3. Présentation et interprétation des résultats de la méthode indirecte.....	75
V.4. Les espèces remarquables dans littoral Ouest de Sidi Fredj.....	76
V.5. Les espèces introduites à caractère invasif.....	76

Chapitre VI : Evolution du trait de côte

VI. Evolution du trait de côte.....	79
VI.1. Définition du trait de côte.....	79
VI.3. Evolution du trait de côte de la Plage Ouest	79
VI.3.1. Causes d'érosion.....	81
VI.3.2. Solutions d'aménagement.....	82

Conclusion.....	85
-----------------	----

Références bibliographiques

Annexes

Listes de tableaux, figures, photos et acronymes

Introduction

Introduction

La pollution de l'écosystème marin est l'un des problèmes majeurs de l'environnement. Les facteurs qui en sont responsables ne cessent de s'accroître et de le déséquilibrer, surtout les activités anthropiques (pollution chimique, rejets industriels et agricoles). Ces apports altèrent les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques de l'eau et des sédiments et affectent le biotope. Donc, le problème s'aggrave à l'heure actuelle et constitue un danger pour la santé publique en raison de l'accroissement démographique et du développement technologique en générale.

Pour mener à bien notre travail, ce dernier a été partagé en six parties :

Le premier chapitre est consacré aux généralités, un rappel sur l'importance des paramètres physicochimiques, microbiologiques et des sels nutritifs et leurs rôles biogéochimiques est exposé.

Le second chapitre concerne la présentation du site d'étude et ses caractéristiques.

Le troisième chapitre traite des moyens matériels utilisés en mer et au laboratoire, et des méthodes appliquées pour les différentes analyses.

Le quatrième chapitre est consacré aux différents résultats et interprétations des études bactériologiques, des paramètres physico-chimiques, sédimentologiques et sels nutritifs.

Le cinquième chapitre est consacré à la représentation cartographique des biocénoses benthiques qui permet une visualisation de la distribution spatiotemporelle de la qualité et de la quantité des ressources benthiques. Cette visualisation est indispensable pour la mise en œuvre de différents projets d'étude pouvant concerner par exemple : la surveillance environnementale (suivi des espèces et habitats remarquables, surveillance des espèces invasives et autres menaces environnementales), l'aménagement du littoral, la création ou le classement des aires marines protégées, l'amélioration de nos connaissances sur le fonctionnement des écosystèmes et l'exploitation rationnelle et durable de la zone côtière et de ses ressources dans le cadre d'une politique de gestion intégrée.

Le dernier chapitre est réservé au problème de recul du trait de côte dans la région Ouest de Sidi Fredj, qui a déjà fait l'objet de quelques travaux d'études qui ont été réalisés en 1995, 2002 et en 2005 montrant l'évolution continue du linéaire côtier de la région.

Chapitre I

Généralités

I.1. Définition de la pollution marine

Le terme de pollution marine fait l'objet d'une définition, reconnue par l'ensemble de la communauté scientifique internationale (GESAMP), comme étant: *"l'introduction, directe ou indirecte, par l'homme, de substances ou d'énergie dans le milieu marin (y compris les estuaires) lorsqu'elle a des effets nuisibles, tels que dommages aux ressources vivantes, risques pour la santé humaine, entrave aux activités marines incluant la pêche, altération de la qualité des eaux au regard des usages, et dégradation des valeurs d'agrément."*

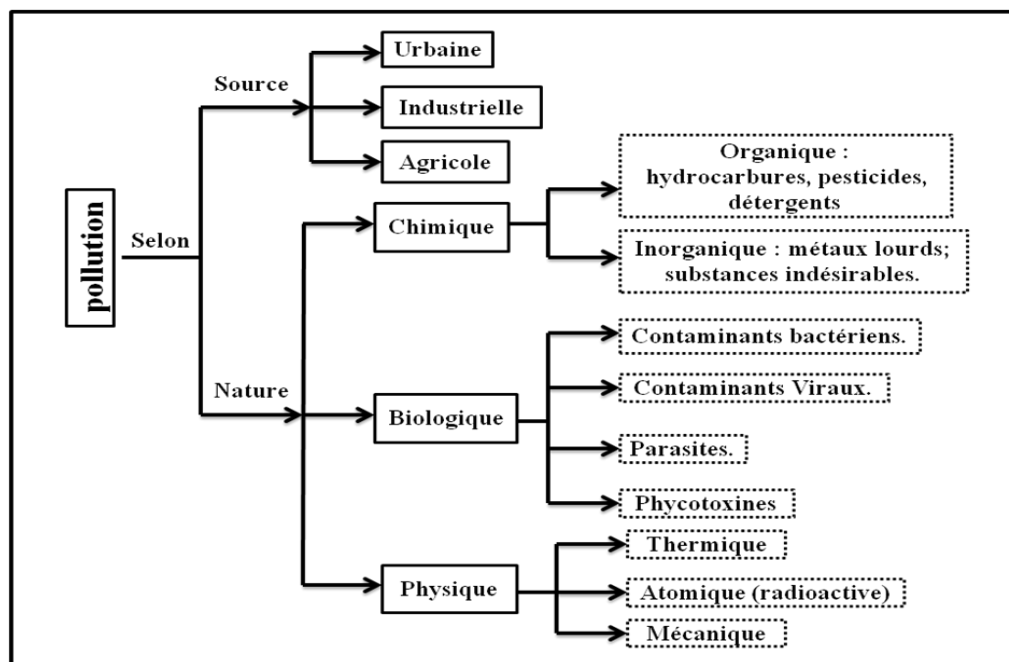


Figure I.1. Différents types de la pollution marine.

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

I.2.1. Les paramètres physico-chimiques

Ces paramètres sont les caractéristiques spécifiques des eaux. Ils varient en fonction de plusieurs facteurs tels que la latitude, la longitude, des saisons et de la profondeur.

- **Mesure des paramètres in situ**

I.2.1.1. Température T (° C)

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz (Rodier, 1997), dans les cycles biologiques par son influence sur ses activités dont dépend la production totale et sur la répartition des espèces (preferendums thermiques). (Aminot & Kérouel, 2004).

D'une façon générale, Dans les océans, la température décroît de la surface vers le fond.

La température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air (phénomènes climatiques).

Elle varie aussi en fonction des autres descripteurs physico-chimiques, telle que la pression.

Sa mesure est nécessaire à la détermination de la stratification verticale des masses d'eau, la valeur de saturation des gaz dissous (en particulier l'oxygène), la mesure du pH et la circulation océanique (Aminot & Kérouel, 2004).

Dans le cas d'une élévation de température, le milieu peut être perturbé, même peut induire une pollution thermique (**Gaujous, 1995**).

I.2.1.2. Salinité (PSU *Practical Salinity Unit*)

La salinité correspond à la masse totale de substances solides dissoutes dans un kilogramme d'eau de mer peut être mesurée et exprimée de différentes manières suivant que l'on considère l'ensemble des corps ; ou seulement les sels dominants (**Rodier, 1996**).

La salinité est importante par son influence sur la densité de l'eau de mer, elle permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eaux d'origines différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte ou dans les estuaires. (**Aminot & Kérouel, 2004**).

La salinité est une propriété de l'eau de mer qui est fondamentale à l'étude du milieu marin, (**Aminot & Kérouel, 2004**), elle forme avec la température deux descripteurs de base des masses d'eaux (bon traceur du mélange des eaux) (**Aminot & Chaussepied, 1983**).

En méditerranée, elle est voisine de 38 à 39 PSU, mais près des côtes, elle varie entre 36 et 37 PSU (**Aminot & Chaussepied, 1983**).

I.2.1.3. Potentiel d'hydrogène pH

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

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

$$\text{pH} = -\log(a) \quad (\text{I.1})$$

Le *pH* dépend de la teneur en dioxyde de carbone; c'est à dire une modification de CO₂ (échange air-océan, respiration, photosynthèse) entraînera donc une modification du *pH*. (**Ramade, 2000**).

En plus des processus physiques, chimiques, biologiques, l'accumulation de matières organiques d'origine continentale et la contamination par des rejets urbains ou industriels contribuent à la modification du pH naturel. (**Aminot & Kérouel, 2004**).

L'eau de mer est moins sensible aux variations du pH grâce à l'effet tampon des sels dissous, le pH en surface est proche de 8,1 et descend à 7,7 en eau profonde (**Aminot et al, 1983**) ; En moyenne, le *pH* de l'eau de mer, voisin de 8,2 donc il tend vers un milieu basique.

I.2.1.4. Oxygène dissous OD (mg/l)

L'oxygène moléculaire dissous est un paramètre important dans le milieu marin. Il est la résultante des facteurs physiques (température, échange air-mer et la salinité), chimiques (oxydation chimique) et biologiques (photosynthèse, respiration et régénération). (**Rodier, 2005**).

La teneur en oxygène dissous peut subir des variations importantes. Elle dépend de : la Température et la salinité de l'eau, la pression et la température de l'air. (**Burns & Saliot, 1986**).

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

Ces derniers permettent soit :

- Sa saturation dans les zones eutrophiques (accroissement important du phytoplancton).
- Sous-saturation de l'eau dans les zones riches en matières carbonées dégradables par des micro-organismes (oxydation de la matière organique, nitrification de l'azote ammoniacal) (**Aminot & Chausse-Pied, 1983**).

Dans le cas de leur absence, sa concentration dans l'eau de mer en contact de l'air n'est qu'en fonction de la pression atmosphérique, la température et de la salinité de l'eau, on parle de la concentration d'équilibre ou saturation (**Rodier, 1997; Aminot & Kérouel, 2004**).

I.2.1.5. Conductivité électrique (m S/cm)

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (**Rodier, 2005**). La conductivité de l'eau de mer est très élevée en raison de la forte concentration en sels dissous (**Aminot & Kérouel, 2004**), du fait qu'elle permet d'évaluer la charge totale en électrolytes d'une eau (**Ramade, 2000**).

La mesure absolue de la conductivité peut servir au calcul de la salinité, mais les conditions de mesure sont alors plus complexes. Dans le cas, la conductivité d'un échantillon est déterminée par comparaison avec la conductivité d'une eau de mer standard (eau de mer normale) dont la salinité est de 35 ‰ (**Rodier et al, 2005**).

I.2.2. Paramètres indicateurs de la pollution

- **L'analyse au laboratoire**

I.2.2.1. Matières en suspension (MES)

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

a. L'importance de l'étude de la matière en suspension

Des teneurs élevées en matières en suspension peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuent l'oxygène dissous et limitent alors le développement de la vie aquatique en créant des déséquilibres entre diverses espèces. Elles peuvent être aussi responsables de l'asphyxie des poissons par colmatage des branchies. (**Rodier, 1997; Berne & Cordonnier., 1991**).

Elles peuvent être aussi considérées comme des transporteurs importants des polluants, fertilisants, toxiques et biologiques (**Lacaze, 1996(a)**).

Selon leur nature, elles sont également une source nutritive non négligeable pour la faune.

I.2.2.2. Matière organique particulaire (MOP)

Les facteurs physiques, biologiques et chimiques (disponibilité d'éléments nutritifs) contrôlent l'activité biologique des espèces trophiques primaires de l'environnement marin.

Les nutriments sont assimilés par le phytoplancton pendant la photosynthèse et produisent la matière organique considérée comme une source d'énergie et de nutriments pour les microorganismes (bactéries, protozoaires), elle correspond à la fraction endogène qui est facilement dégradée.

La fraction endogène correspond à la matière organique produite par l'assimilation des nutriments par le phytoplancton lors de la photosynthèse. Cette matière organique qui est facilement dégradable sera source d'énergie et de nutriments pour les microorganismes (bactéries, protozoaires) (**Boulaïdid, 1987**).

I.2.3. Analyse des sels nutritifs

Les éléments nutritifs qui limitent l'activité des organismes photosynthétiques sont : l'azote, le phosphore et le silicium sous leur forme oxydée, d'où leur appellation :

« *éléments bio-limitants* » (Copin Montégut, 1996).

I.2.3.1. Origine des sels nutritifs

Les sels nutritifs, dans l'eau de mer ont plusieurs origines qui regroupent deux sources :

- **Source externe :**

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

- **Source interne :**

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

Ainsi par les excréments des microorganismes marins libèrent une certaine forme de sels nutritifs.

I.2.3.2. Rôles des sels nutritifs

La production primaire des eaux de surface est basée sur les sels nutritifs et la lumière, ainsi ils reflètent la richesse et la fertilité des eaux marines. Ce sont donc des traceurs chimiques non conservatifs et leur variation est gouvernée par les facteurs physiques, chimiques et biologiques (Jacques & Tréguer, 1986).

I.2.3.3. Distribution des sels nutritifs

La distribution et le comportement des sels nutritifs dépendent des facteurs et des processus physiques, chimiques et biologiques. La distribution des teneurs se trouve influencée par d'autres paramètres tels que la proximité des côtes, la profondeur. Elle est caractérisée par une stratification au large avec des teneurs généralement faibles en surface, et qui augmentent progressivement avec la profondeur pour atteindre un maximum dans les eaux au niveau intermédiaires, généralement au niveau du minimum d'oxygène. Cette distribution est contrôlée par les phénomènes physiques et par l'activité biologique qui peut modifier la distribution (Jacques et Tréguer, 1986).

I.2.3.4. Les différentes formes des sels nutritifs

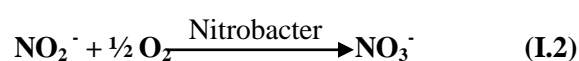
a. L'Azote moléculaire

Il constitue un élément essentiel des structures vivantes. Selon son degré d'oxydation, il existe sous trois formes : nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-), ammonium (NH_4^+) et de composés organiques tels que l'urée ou les acides aminés.

b. Les nitrates (NO_3^-)

Les nitrates sont une forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse et elles sont la forme la plus répandue dans l'océan (65% du stock de l'azote).

Les nitrates résultent de l'oxydation des nitrites par des bactéries (nitrobacter) lors de la réaction de nitrification. Elles entrent dans le cycle de l'azote comme support principale de la croissance phytoplanktonique. (Aminot & Chausse-Pied, 1983).



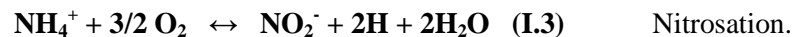
Leur concentration varie entre 0 $\mu\text{mol/L}$ à la surface et à plus de 45 $\mu\text{mol/L}$ dans les eaux profondes. Mais dans les estuaires, lorsque la salinité décroît par l'effet des apports terrigènes, leur concentration peut atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre.

c. Les nitrites (NO_2^-)

Etant dans le cycle de l'azote, un ion en état transitoire au même titre que l'ammonium, expliquant ainsi les faibles concentrations rencontrées en milieu marin qui sont de l'ordre de zéro à quelques micromoles par litre d'azote nitreux.

Les concentrations des nitrites connaissent des variations saisonnières, qui varient en hiver entre 0.5 et 1 $\mu\text{mol/l}$ et atteignent des valeurs très faibles en été ($< 0,01\mu\text{mol/l}$) suite au développement du phytoplancton. Les nitrites proviennent des deux réactions suivantes : (**Aminot & Chausse-Pied, 1983**).

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



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



d. L'azote ammoniacal (N-NH_4^+)

L'azote ammoniacal provient des excréctions animales et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés. Dans les eaux marines, l'azote ammoniacal se trouve à des concentrations inférieures au $\mu\text{mole/l}$. En effet, il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac (NH_3) et l'ammonium (NH_4^+) dont des proportions relatives dépendant du pH, de la température et de la salinité du milieu (**Aminot & Chausse-Pied, 1983**).

Ces deux espèces traduisent un équilibre acido-basique. A proximité des émissaires urbains, l'ammonium devient un bon traceur de pollution urbaine avec des concentrations pouvant atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre. (**Lacaze, 1996(b)**).

e. Les phosphates (PO_4^{-3})

Le phosphore existe sous forme organique et inorganique, dissous et particulaire. Les Orthophosphates présentent la forme la plus abondante HPO_4^- (90%), PO_4^{-3} (10 %) et (1%) de H_2PO_4 (**Aminot & Chaussepied, 1983**).

A l'état d'équilibre, elles se trouvent avec des teneurs assez faibles en surface (0 à 1 $\mu\text{mol/L}$) à cause de leur consommation par le phytoplancton (bloom printanier) (**Copin-Montégut, 1996**), et ces teneurs augmentent avec la profondeur au dessous de la couche euphotique pour atteindre un maximum qui correspond au minimum de l'oxygène dissous, avec une légère fluctuation selon la région océanique.

f. La silice dissoute

L'élément nutritif silicium entre dans la composition des squelettes de certaines espèces phytoplanctoniques (Diatomées, Radiolaires...) (**Aminot & Chaussepied, 1983**).

A pH moyen de l'eau de mer (~8.2), les formes majoritaires dissoutes dans l'eau de mer étant à 95 % sous les formes d'acide orthosilicique, $\text{Si}(\text{OH})_4$, 5% $\text{Si}(\text{OH})_3$. (**Aminot & Kérouel, 2004**).

La distribution verticale de l'acide silicique diffère de celle du phosphore ou de l'azote. Les concentrations augmentent lentement avec la profondeur pour atteindre leur max au fond.

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

I.2.3.5. Les cycles d'azote et de phosphore

a. Cycle biogéochimique de l'azote et de phosphore : (Copin-Montégut, 1996)

- **Photosynthèse**

Les organismes autotrophes photosynthétisent, en captant et utilisant l'énergie lumineuse pour réduire les formes inorganiques de l'azote et de carbone, des composés organiques de l'azote. Les nitrates absorbés par les cellules sont réduits en deux étapes avant d'être incorporés dans la matière organique selon le schéma réactionnel suivant :



- **Nitrification**

La décomposition des matières organiques azotées qui se fait par une réaction qui est globalement l'inverse de la photosynthèse, est spontanée en présence d'O₂. Différents phénomènes reflétant cette réaction (respiration, excrétion, prédation, attaque bactérienne) aboutissent à l'émission dans le milieu marin de composés azotés simples et d'ions ammonium.

La minéralisation va jusqu'au stade final par le biais de bactéries aérobies spécialisées. La transformation de N_{org} en NH₄⁺ est appelée : ammonification. L'oxydation de NH₄⁺ en NO₂⁻ puis en NO₃⁻ est dite nitrification qui se fait suivant deux étapes qui sont la nitrosation et la nitratisation.

- **Fixation de l'azote moléculaire**

La fixation de l'azote moléculaire est la réaction inverse de la dénitrification. Elle est assurée par le biais de micro-organismes, bactéries variées et cyanobactéries (**Figure. I.2**), elle s'effectue selon le schéma réactionnel suivant :



- **Dénitrification**

Dans les milieux anoxiques, après l'épuisement de l'oxygène, c'est l'ion nitrate qui est utilisé en tant qu'oxydant pour décomposer la matière organique selon une réaction qui est spontanée mais se fait par l'intermédiaire de micro-organismes anaérobies. La dénitrification s'effectue selon le schéma suivant :



b. Cycle de phosphore

Le phosphore inorganique est assimilé par les plantes et transformé en matière organique qui servira plus tard de nourriture au zooplancton et autres animaux marins de la chaîne trophique. Le retour à l'état minéral fait intervenir l'action enzymatique sécrétée par les cellules végétales (phosphatase), l'excrétion animale et surtout l'oxydation bactérienne qui régénère la majorité des orthophosphates en mer.

c. Sels nutritifs et le rapport de Redfield

L'assimilation des composants nutritifs et leur régénération à partir du matériel biogénique se font dans des proportions bien déterminées appelés communément rapports biogéochimique de Redfield. Après plusieurs travaux, Redfield (1934) et Redfield et al (1963) (**in Boulahdid, 1987**) ; ont proposé les rapports suivants par l'analyse de la composition chimique de la matière organique :

$$\text{P/N/C/-O}_2 = 1/16/106/-138. \quad (\text{I.8})$$

Ils ont également montré que cette composition de la matière organique influençait la composition en C/N/P des eaux dans lesquelles ces organismes marins vivent, puisque la source principale des sels nutritifs dans l'océan global est le recyclage interne. Ce rapport varie avec les saisons et selon les régions et décroît avec la profondeur (**Minster and Boulahdid, 1987**).

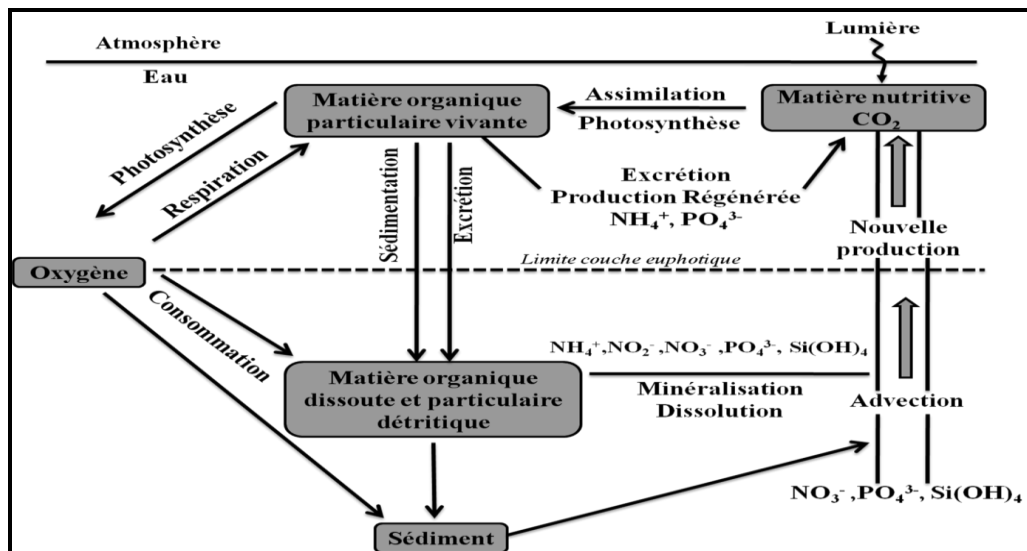


Figure I.2. Cycle global des sels nutritifs : production et minéralisation de la matière organique. (Inspiré de Jacques et Tréguer, 1986).

I.2.4. Production primaire

La production primaire est synonyme de production autotrophe qui signifie la synthèse de matière organique à partir de matière minérale par l'activité photosynthétiques ou chimio-synthétiques, en transformant l'énergie lumineuse en énergie chimique potentielle stockée dans les composants organiques des tissus du vivant (Frontier et Pichod-Viale, 1998), elle quantifiée en $\text{g (C).m}^{-2}.\text{j}^{-1}$.

- *Chlorophylle-a*

La *chlorophylle-a* est le pigment photosynthétique principal du phytoplancton qui est considéré comme étant un bon indicateur de la santé de l'océan et de son niveau de productivité (Aminot et Chaussepied, 1983). La concentration de chlorophylle est utilisée par l'estimation de la production primaire (Eppley et Peterson, 1979).

La chlorophylle est un composé chimique indispensable à la photosynthèse. Sa présence dans tous les organismes végétaux, associée à l'énergie solaire, lui permet de synthétiser ses propres matières organiques carbonées à partir du carbone minéral. Les algues possèdent une diversité de pigments dont les plus importants sont les chlorophylles a, b, c1, c2 et d. La *chlorophylle-a* est le pigment photosynthétique principal du phytoplancton qui est considéré comme étant un bon indicateur de la productivité et de la biomasse phytoplanctonique (Aminot & Chaussepied, 1983).

I.2.5. Paramètres microbiologiques

- Germes témoins de contamination fécale

- a. Les Coliformes totaux (CT)

Ils regroupent un certain nombre d'espèces appartenant à la famille des Entérobactereaceae. Selon la définition (ISO), ce sont des bacilles à Gram négatif, non sporulant, anaérobie facultatif, oxydase négative. Ils peuvent croître en présence des sels biliaires et sont capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acides et d'aldéhydes en 48 heures à des températures de 35 à 37°C.

La recherche et le dénombrement de l'ensemble des coliformes sans préjuger de leur appartenance taxonomique et de leur origine, sont importants pour la vérification de l'efficacité d'un traitement, d'un désinfectant mais il est d'un intérêt nuancé pour déceler une contamination d'origine fécale (Rodier et al., 2005).

Les Coliformes totaux constituent un groupe de bactéries très hétérogènes, le plus souvent présentes en grand nombre dans les excréments animaux et humains mais dont certaines espèces ne sont pas

nécessairement liées à la flore intestinale humaine ou animale et peuvent proliférer dans les sols ou dans les milieux aquatiques (CEAEQ, 2005.a). Les coliformes comprennent les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*.

b. Les Coliformes fécaux « thermotolérants » (CF)

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* et dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* (CEAEQ, 2005.b).

La recherche des coliformes thermotolérants est très importante car un très grand nombre d'entre eux vivent en abondance dans les matières fécales des animaux à sang chaud et de ce fait, constituent de très bons indicateurs de pollution d'origine fécale. Leur densité est proportionnelle au degré de la pollution et leur suivie dans l'environnement est également équivalente à celle des pathogènes (Rodier et al. 2005).

c. Les Streptocoques fécaux (SF)

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

Ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chainettes (Leclerc et al., 1995). Ils peuvent se multiplier dans des milieux présentant des pH allant jusqu'à 9,6. On peut par conséquent les utiliser comme indicateurs d'organismes pathogènes qui ont une résistance similaire aux pH élevés (OMS, 1977). Ils regroupent l'ensemble des streptocoques possédant la substance (acide teïchoïque) antigénique caractéristique du groupe D de la classification de Lancefield, tels que: *Enterococcus faecalis*, *E.faecium*, *E.durans*, *E.hirae*, *Streptococcus peals*, *S.buis* et *S. equines*. Ces streptocoques du groupe D sont généralement pris globalement en compte comme des témoins de pollution fécale, car tous ont un habitat fécal (Rodier et al., 2005).

Les dénombrements des streptocoques fécaux présumés sont rarement effectués indépendamment des dénombrements des coliformes.

• Germes pathogènes

a. Les Salmonelles

De la famille des Entérobactereaceae, Gram négatif, aéro-anaérobies facultatifs, sous forme de bâtonnet. Tous les produits d'origine animale sont susceptibles de contenir des salmonelles. ce sont des microorganismes non sporulant, habituellement mobiles grâce à des flagelles péritriches ou immobiles, mésophiles avec une température optimale de croissance de 37°C. Les salmonelles fermentent le glucose, le maltose et le mannitol, avec production de gaz, mais elles ne fermentent pas le saccharose. elles réduisent le sulfite en sulfure et décarboxylent la lysine (Bourgeois, 1990).

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

b. Les Vibrions

Les vibrions appartiennent à la famille des Vibrionaceae, elle comprend des bacilles à Gram négatif qui sont soit mobiles par une ciliature polaire, péritriche, ou bien immobiles. Ils sont oxydases positives, réduisent les nitrates et dégradent des glucides par métabolisme fermentatif. Au sein de cette famille, on distingue 4 genres : *Vibrio*, *Aeromonas*, *Plesiomonas* et *Photobacterium*.

Les bactéries du genre *Vibrio* sont des bacilles incurvés ou droits, mobiles grâce à un flagelle polaire, basophiles, oxydase positive, ils présentent une importance particulière dans la contamination des eaux et des fruits de mer. La plupart des vibrions sont d'origine marine, ils ne se multiplient qu'en présence de NaCl. On distingue une trentaine d'espèces différentes, les plus importantes qui sont réputées pathogènes pour l'homme sont : *V. parahaemolyticus*, *V. cholerae* et *V. vulnificus* (Singleton et Sainsbury, 1984).

Chapitre II

Présentation de la zone d'étude

II.1 La zone d'étude : Sidi Fredj (Sidi Ferruch)

II.1.1 Situation géographique

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

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

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

- La pointe de Marabout à l'est où se situe le port de plaisance de Sidi Fredj.
- La pointe de St janvier à l'Ouest à la limite de la baie d'EL Djamilia.

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

Elle se situe entre $2^{\circ} 50' 48''$ Est de longitude et $36^{\circ} 45' 17''$ Nord de latitude jusqu'à $2^{\circ} 50' 41''$ Est de longitude et $36^{\circ} 45' 06''$ Nord de latitude.

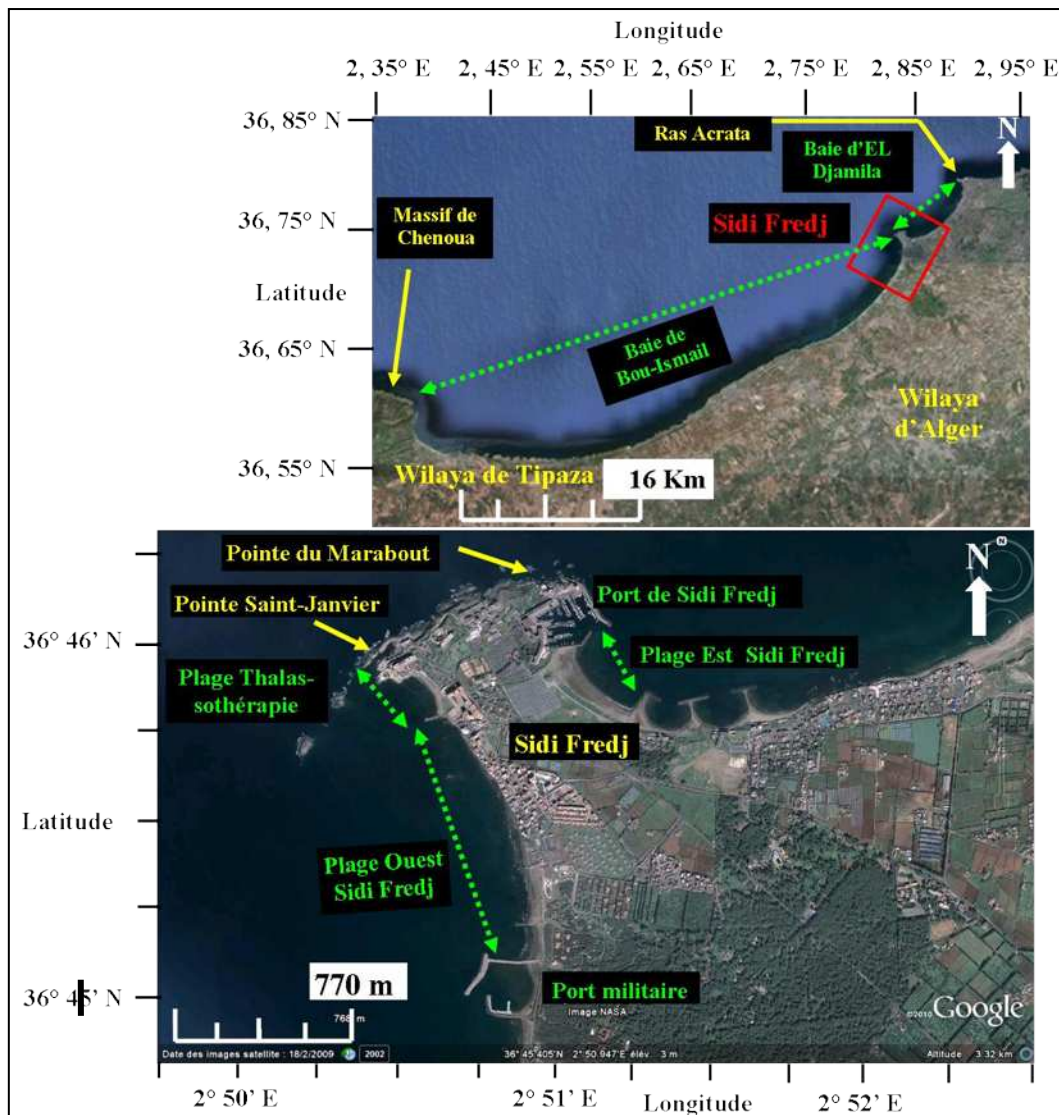


Figure II.1. Situation géographique et localisation de Sidi Fredj. (Google Earth.2010).

II.1.2. Présentation du site d'étude : littoral Ouest de Sidi Fredj

II.1.2.1. Plage de Thalassothérapie

De part et d'autre de la presqu'île de Sidi Fredj se trouvent deux anses, l'anse Est et l'anse Ouest. C'est au niveau de cette dernière que se situe la zone d'étude qui s'étend de l'épi Sud jusqu'au centre de la Thalassothérapie au Nord sur une distance de 220 m; et de la haute plage à l'Est jusqu'au grand rocher à l'Ouest (**figure II.2**).

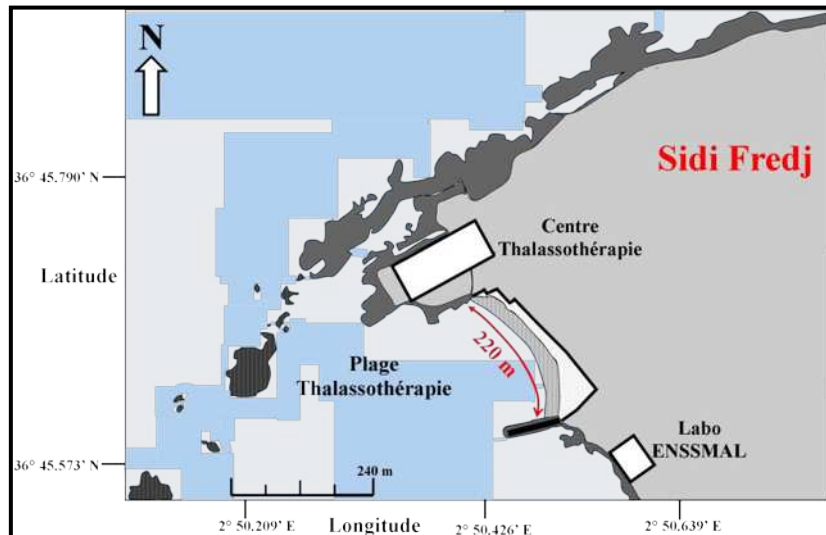
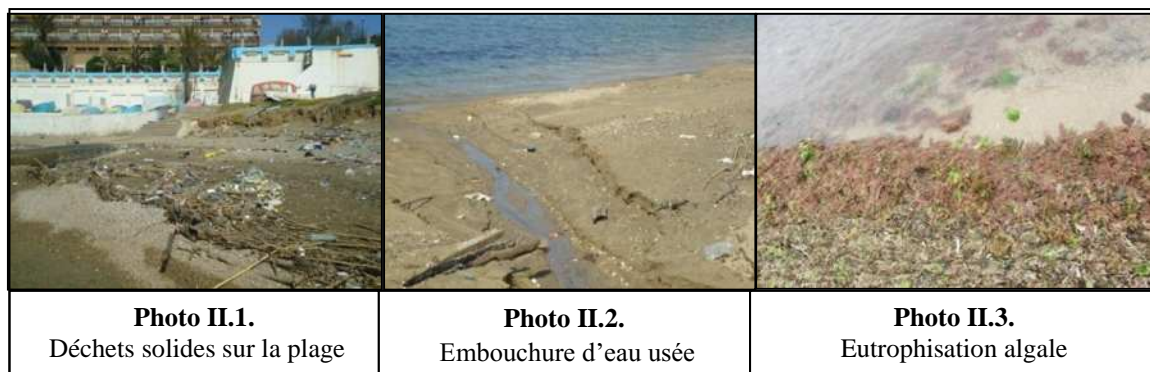


Figure II.2. Situation géographique et localisation de la plage de Thalassothérapie. (Google Earth.2010).

Le centre de thalassothérapie prodigue des soins en balnéothérapie (piscines, jets d'eaux douces et marines, bains d'algues) et en mécanothérapie (rééducation fonctionnelle et kinésithérapie). Pour ces différents traitements l'eau de mer est pompée du large à une profondeur de 10 mètres et acheminée par deux tuyaux vers l'établissement se trouvant en bordure de mer. Une fois utilisées, ces eaux sont rejetées sans aucun traitement préalable avec les autres rejets du centre (sanitaire, cuisines, caniveaux...) par l'unique émissaire que compte le centre de thalassothérapie (**figure II.2**). C'est un émissaire de surface orienté Nord-ouest, avec un débit plus ou moins régulier, son étude présente deux avantages :

- Sa proximité du laboratoire d'analyse assure un transport et une analyse rapide des prélèvements.
- Sa situation à la pointe de la presqu'île soumet les rejets à l'action simultanée du courant et du vent quelque soit leur direction et intensités.

La zone est exposée à la pollution pouvant provenir des égouts des agglomérations de la région de Sidi Fredj, des déchets laissés par les estivants, du centre de thalassothérapie (eaux usées et eaux de mer sanitaires chaudes). (Mezali, 1998). Différentes déchets solides sont retrouvés sur la plage après les tempêtes.





II.1.2.2. Plage Ouest de Sidi Fredj

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

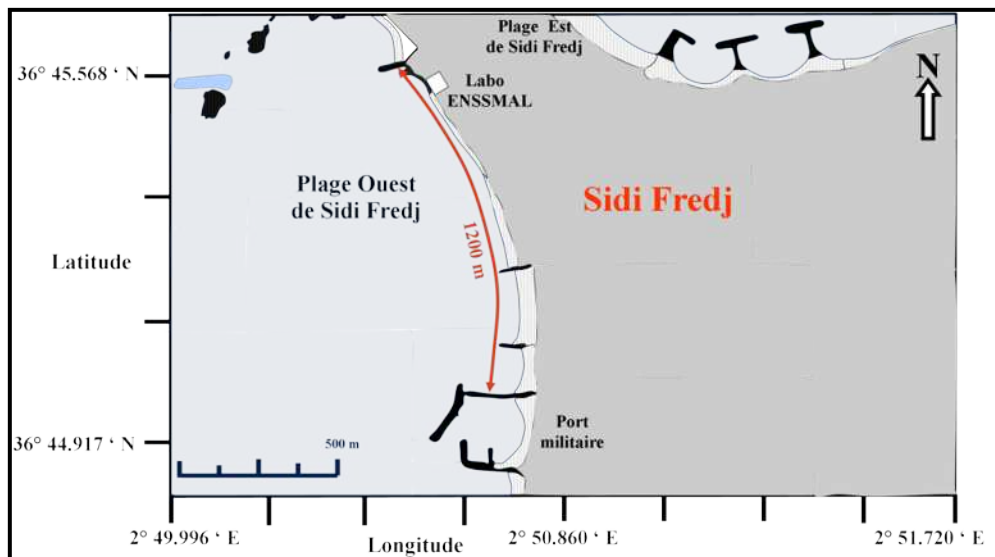


Figure II.3. Situation géographique et localisation de la plage Ouest de Sidi Fredj. (Google Earth.2010).





II.1.3. Cadre géologique

II.1.3.1 Géologie régionale

Les affleurements de la presqu'île de Sidi-Fredj sont les prolongements de l'important ensemble cristallin de la grande Kabylie, auquel se rattache le massif granitique de Thénia (**Leclaire, 1972**).

De point de vue géologique la presqu'île de Sidi-Fredj est caractérisée par deux ensembles :

Le socle dont les affleurements sont considérés comme une partie du massif d'Alger qui est formé par des roches métamorphiques (gneiss, micaschistes et calcaires métamorphiques (**Degiovanni, 1973**).

Les formations sédimentaires déposées au dessus du socle sont d'âge pliocène, calabrien et en fin quaternaire.

II.1.3.2. Géologie locale

Notre zone d'étude regroupe toutes les formations géologiques citées. En effet le socle métamorphique forme le promontoire Est, les ilots et le platier rocheux.

Les formations quaternaires constituent une partie de l'arrière plage sur laquelle repose actuellement le mur de protection et le parking du complexe, une partie du platier rocheux est constituée de grès de plages anciennes.

II.2. Facteurs hydrodynamiques

II.2.1. La Température

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

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

II.2.2. Précipitation

En période hivernale : la pluviométrie est relativement importante de Décembre à mai, se situant entre 15 et 108 mm.

En période estivale : la pluviométrie est réduite, de juin à septembre avec une quantité variant entre 4 à 25 mm. (**ONM, in Haoua et Laloui, 2006**).

II.2.3. Les vents

La répartition des vents dans la région de Sidi Fredj est liée au régime des houles tout le long de l'année. La vitesse de vent se situe entre 6 et 10 nœuds (Bellahcene, 2002 in Haoua et Laloui, 2006).

On relève à ce titre :

- Une dominance hivernale caractérisée par les vents d'Ouest et Nord-Ouest.
- Une dominance estivale caractérisée par le vent Nord-est.

II.2.4. Les houles

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

L'analyse des données de la houle faite par le LEM (1983) d'après U.S. naval Weather command pour la période de 1963 à 1970 montre qu'on ne peut considérer que deux périodes (Tableau II.1).

L'une hivernale avec prédominance au large des houles Ouest à Nord-Ouest. L'autre estivale avec prédominance au large des houles de Nord-est à l'Est.

La situation géographique de la zone d'étude fait que la houle provenant du secteur Nord-est déferle sur la partie externe de la pointe et sur les îlots vers le Sud-ouest, alors que le plan d'eau intérieur reste généralement calme.

En saison hivernale, caractérisée par des houles d'Ouest à Nord-Ouest, le chapelet d'îlots prolongeant la pointe St-Janvier joue le rôle de brise-lame et protège également l'anse de ces houles.

Les seules agitations qui pourraient avoir un effet important seraient les houles de Sud-ouest et elles sont très rares, voire amoindries après construction de l'épi. (L.C.H.F, 1974).

Tableau II.1. Tableau de Fréquence en pourcentage d'apparition de la houle dominante. U.S.N.W.C. (1963-1970). (L.E.M. 2002).

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

Le tableau ci-dessus montre que les houles les plus fréquentes dans cette zone sont de direction Ouest avec une fréquence annuelle de 25.10 % et Nord-est avec une fréquence annuelle de 18.30 % et ce, selon deux saisons de l'année :

- En hiver les houles les plus importantes et violentes viennent du secteur Ouest avec une fréquence saisonnière de 33.18 %, elles exercent une attaque frontale sur le rivage qui est à l'origine de son érosion pendant la saison et la formation de barres sous marines. (L.E.M).

- En été les houles les plus fréquentes sont celles du secteur Nord Est avec une fréquence saisonnière de 26.01 %.

II.2.5. Les courants

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

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

Les eaux atlantiques à leur entrée à Gibraltar, se déplacent à une vitesse de 1 nœuds, ce courant longe les côtes algériennes et s'écrase contre la côte aux environs de la région algéroise (**Allain et Furestin, 1969 in Amara, 1988**). Ce qui induit des courants littoraux dans la région algéroise surtout au niveau de la baie d'Alger.

II.3. Nature de fond et couverture sédimentaire

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

Sur les côtes algériennes, le plateau continental est très étroit surtout à proximité des massifs et des caps ; il est moins de 10 Km au niveau de cap du Sidi Fredj (**figure II.4**) et il s'élargit un peu au milieu de la baie de Bou-Ismaïl à proximité de l'embouchure d'Oued Mazafran avec une extension maximale qui peut atteindre les 12 Km.

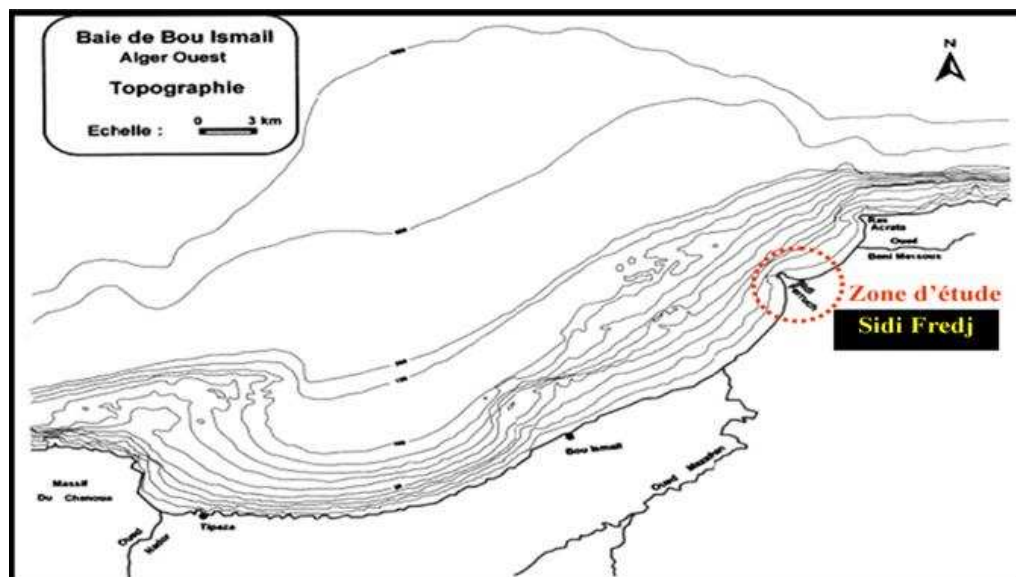


Figure II.4. Bathymétrie de la Baie de Bou-Ismaïl (**Leclaire, 1972**).

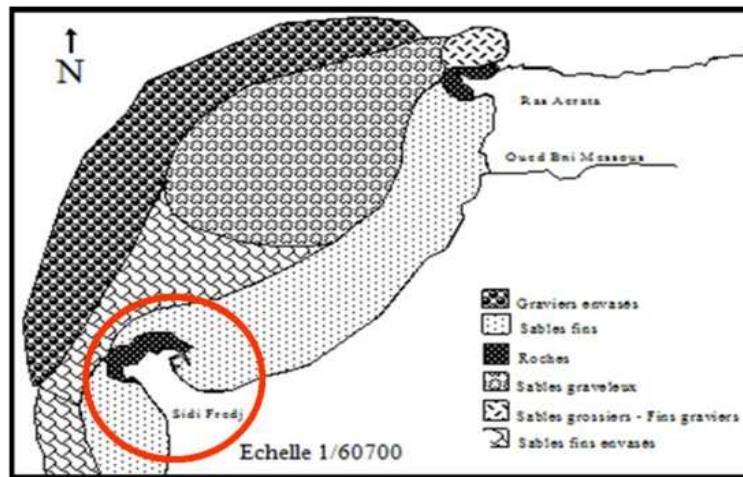


Figure II.5. Répartition sédimentologique de la baie d'El Djamila (Campagne 2006)

D'après cette carte et au niveau de cap du Sidi Fredj, nous constatons un sable fin recouvrant les zones peu profondes essentiellement sur la partie Est de cap.

Nous observons aussi un sable fin envasé qui occupe une large bande qui s'étale du cap jusqu'à l'embouchure de l'Oued Mazafran (**Figure II.5**). Quant aux sables grossiers et graviers fins, ils apparaissent essentiellement au voisinage des embouchures d'Oued Beni-Messous et Oued Mazafran. Au delà de l'isobathe (- 40 m) et au large de cap, les sédiments sont très fins à vaseux et ce jusqu'à des profondeurs d'environ -150m.

II.4. La dérive littorale

La dérive littorale est un courant parallèle à la côte, c'est la principale cause de transit sédimentaire le long de la côte.

Dans la région de Sidi-Fredj, les observations sur terrain par la méthode des flotteurs lestés, montrent que pendant les houles de secteur Nord-ouest, la dérive littorale est de direction de Nord-sud sur la côte Ouest de la presqu'île et d'Ouest Sud-ouest vers l'Est Nord-est sur la côte Est (**Degiovanni, 1973**). (**Figure II.6**).

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

En résumé, durant la quasi-totalité de l'année nous assistons à une dérive à faible compétence unidirectionnelle vers le Sud-ouest.

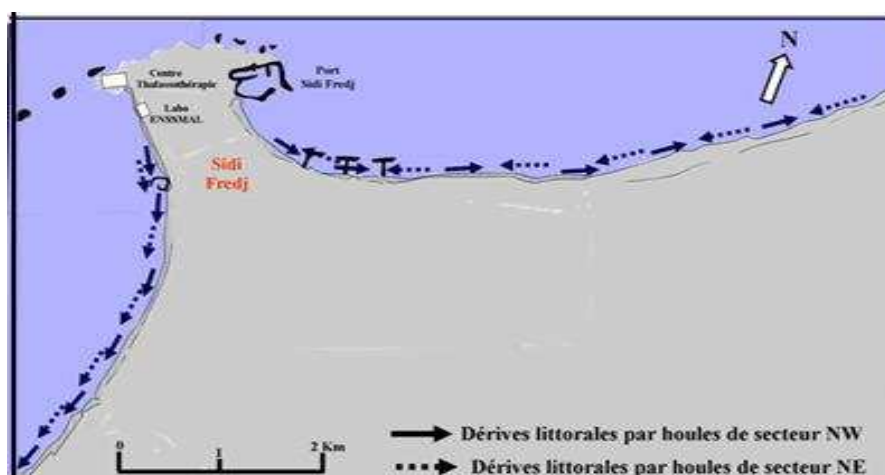


Figure II.6. La dérive littorale dans la zone de Sidi Fredj (in Degiovanni, 1973, modifiée)

II.5. Réseau hydrographique

La dynamique sédimentaire de la zone de Sidi Fredj est influencée essentiellement par Oued Mazafran et celui de Beni Messous ;

L'Oued Mazafran qui tire son nom de la couleur de ses eaux : El Ma Essafra (eau jaune) ; constitue l'un des principaux cours d'eau de la Mitidja et le plus important débouchant dans la baie de Bou-Ismaïl. Il est formé principalement par la confluence de trois Oueds secondaires qui sont l'Oued Djer, Bouroumi et la Chiffa et reçoit comme affluent Oued Fatis.

Le bassin versant du Mazafran est plus important. Il est subdivisé selon l'**A.N.R.H.** en quatre sous bassins versants : Chiffa, Djer, Bouroumi et le bassin intermédiaire du Mazafran, l'ensemble des écoulements de ce bassin se dirigent vers la cluse du Mazafran.

Pour l'Oued de Beni Messous, il se situe à droite de cap du Sidi Fredj et au centre de la baie d'EL Djamilia. Il traverse les communes de Beni Messous et de Chéraga au Nord, de Bouzaréah au Nord-est, de Dely Ibrahim à l'Est et d'Ain Benian à l'Ouest. Il débouche au niveau de la plage « les Dunes » qui font partie de la baie d'El Djamilia.

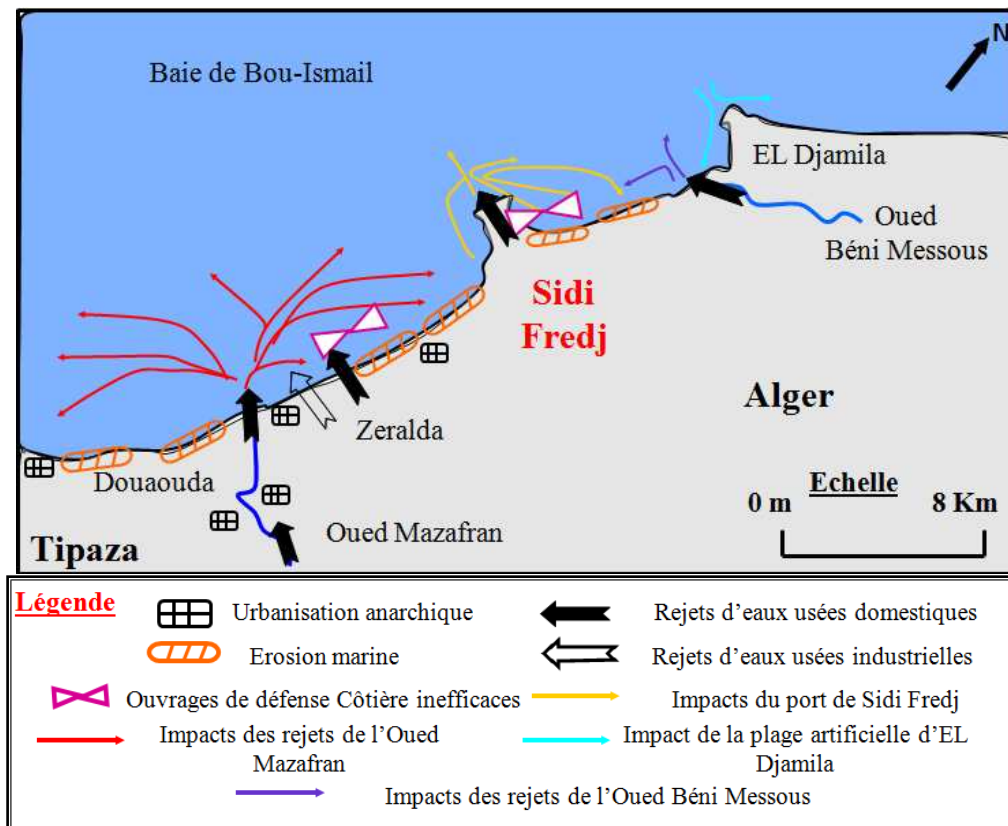


Figure II.7. Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou-ismail. (Belkessa et al., 2008; Alsid Chikh et al., 2009). (modifiée).

Chapitre III

Matériels et méthodes

Dans cette partie nous avons analysé les paramètres suivants :

La température, la salinité, la conductivité, le pH, l'oxygène dissous, la matière en suspension (MES), la matière organique particulaire (MOP) dans l'eau de mer et dans le sédiment, la chlorophylle-a, les sels nutritifs, les coliformes totaux et fécaux, les salmonelles et les vibrions et la granulométrie de sédiment.

III.1. Travaux effectués en mer et paramètres mesurés

III.1.1. Localisation des stations et prélèvement d'eau

La surveillance et le suivi de la qualité des eaux marines de littoral Ouest de Sidi Fredj représentent l'objectif primordial de cette étude.

III.1.1.1. Sorties en mer

Dans le but d'avoir une variété de mesures et une vue sur l'état de la pollution des eaux de mer et des sédiments dans littoral Ouest de Sidi Fredj, nous avons réalisé plusieurs prélèvements dans différentes stations.

- **Sorties au niveau de la côte :** faites le : 07/03/2011, 20/03/2011 et 01/06/2011.

Les travaux ont été effectués dans des conditions météorologiques étant favorables. Le vent était très faible (quasiment nul) et la mer était calme.

Les échantillons destinés à l'analyse physico-chimique et chimique sont prélevés dans des flacons en plastique et l'analyse microbiologique sont prélevés dans des flacons en verre.

Le prélèvement a été fait manuellement, nous avons rincé les flacons avec l'eau de mer avant de prélever. L'échantillonnage a été effectué à pied à une hauteur du genou (30cm) sous la surface. La zone d'étude a été divisée en 10 stations de prélèvements. (**Figure III.1**).

- **Sortie au large:** faite le : 03/04/2011.

Les travaux en mer ont été réalisés à bord de l'embarcation de l'ENSSMAL **Baba Aroudj** dans le cadre d'une campagne pluridisciplinaire. La campagne a eu lieu dans des conditions d'une mer calme, ciel clair et vent quasiment nul.

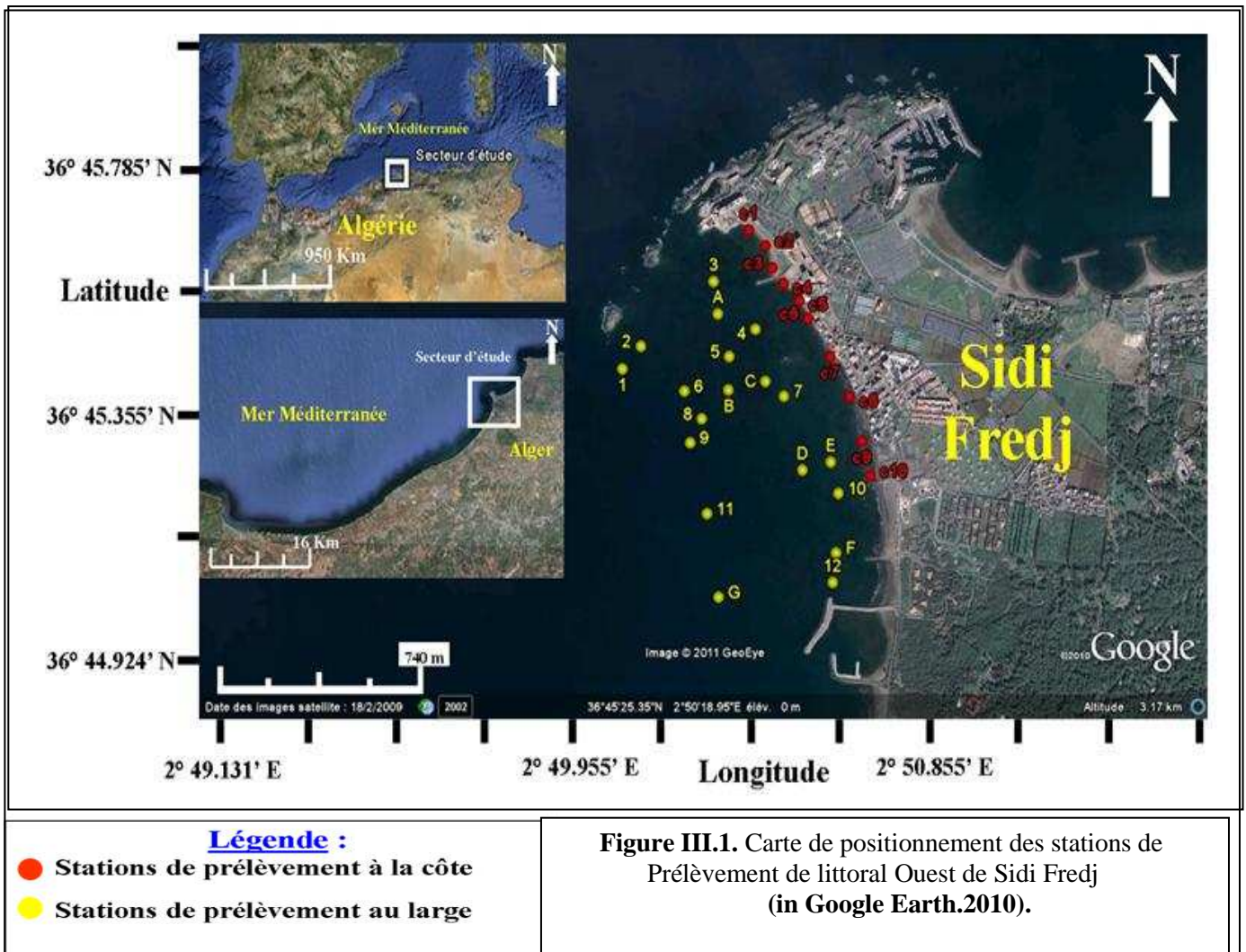
L'eau de mer est récoltée à l'avant du navire en arrêt afin de réduire les risques de contamination par le bateau. Le nombre de stations étudiées est de 19 (**Figure III.1**), le choix des stations a été fait d'une façon à couvrir l'ensemble de la zone d'étude.

Les bouchons sont remis, les bouteilles sont étiquetées, transportées au laboratoire de l'ENSSMAL de Sidi Fredj à coté de la zone de prélèvement et mises au congélateur à 4°C pour éviter toute perte d'éléments volatils et des modifications d'équilibre chimique et pour arrêter le développement de l'activité photosynthétique et bactérienne.

L'échantillonnage en différentes périodes et dans les profondeurs a concerné un ensemble de prélèvements d'eau de mer et de sédiments destinés à plusieurs mesures *in situ* et à divers paramètres d'analyse au laboratoire.

Le matériel et les outils nécessaires pour le déroulement des opérations :

- Une carte géographique de la zone d'étude, où sont clairement indiqués et numérotés les points de prélèvements (stations), prévus pour le positionnement avec GPS.
- Des Sachets en plastiques prévus pour contenir les échantillons dans des flacons en plastique (250ml) et en verre (500ml), étiquetés à l'aide d'un feutre indélébile, sous chaque station.
- Des appareils de mesures.



Les coordonnées géographiques fournies par le Système Globale de Positionnement (GPS), sont résumées dans un tableau pour l'analyse de l'eau et de sédiment dans littoral Ouest de Sidi Fredj. (Annexe I).

III.1.1.2. Conditionnement des moyens de prélèvement

Afin de minimiser les risques de contamination, on a procédé à un prétraitement rigoureux des moyens de collecte (flaconnage) et de filtration des échantillons d'eau.

- **Le flaconnage**

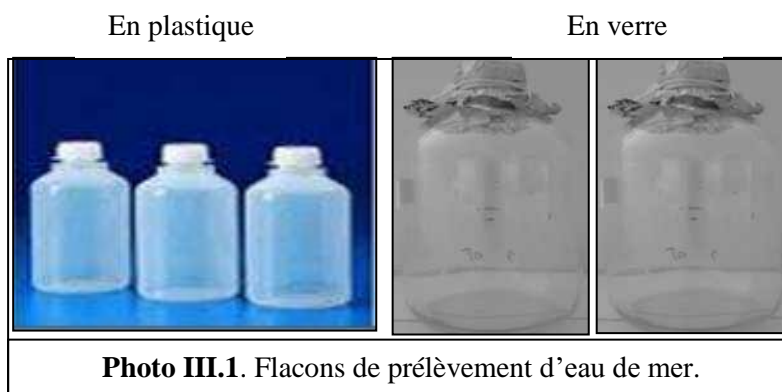
Avant tout usage, tous les flacons sont rincés à l'eau acidulée (5% HCl) puis plusieurs fois à l'eau bidistillée et aussitôt rebouchés.

- **Les filtres**

Les filtres destinés à recueillir la MES sont macérés pendant 24 heures dans l'eau acidulée (5 % d'HCl) puis sont rincés à l'eau bidistillée et séchés dans une étuve à 70°C pendant deux heures. Ces filtres sont soumis au refroidissement dans un dessiccateur pour être ensuite pesés et conservés à l'abri de la poussière dans les boîtes individuelles numérotées.

- **Matériels de prélèvement**

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



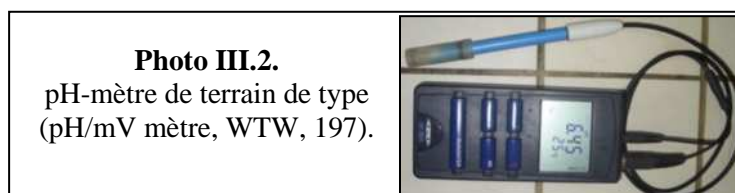
III.1.1.3. Prélèvement d'eau de mer et mesures in situ

Des échantillons d'eau de mer ont été prélevés à chaque station à la surface de la mer, ces échantillons sont destinés à l'analyse physico-chimique in situ.

L'eau recueillie à chaque fois est mise dans des piluliers étiquetés pour chaque station, qui sert par la suite à la mesure de la matière en suspension après la filtration au laboratoire.

a. Potentiel d'hydrogène (pH)

La mesure de pH a été effectuée in situ par le pH mètre portable de terrain de marque Wissenschaftlich technische Werkstätten « WTW » d'une précision de ± 0.01 pH, qui mesure le pH par la méthode électrochimique avec électrode en verre.



b. La Température

Pour la température, tous les appareils de mesures utilisés (conductimètre, oxymètre et pH-mètre) donnent la température en degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$). Nous avons noté qu'il n'y avait pas de différence entre les résultats de différents appareils.

c. La salinité

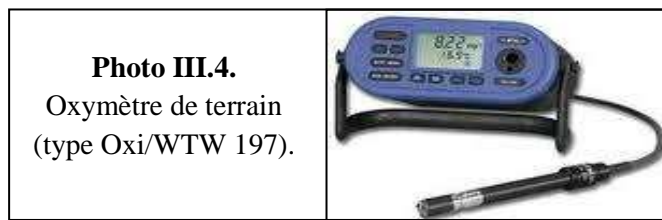
La mesure de la salinité (*PSU*), a été faite à l'aide d'un conductimètre de type WTW (Con 197) d'une précision de (± 0.5 %) mesure. Après aussi calibrage de l'appareil avec de l'eau distillée (35‰).



La sonde du conductimètre est plongée dans l'échantillon et la valeur indiquée est notée. Après chaque mesure, la sonde est rincée avec de l'eau distillée pour éviter toute contamination des échantillons.

d. L'Oxygène dissous

L'Oxygène dissous a été mesuré par un Oxymètre de terrain de marque « Oxi/ WTW 197 ». sa teneur est donnée en mg/l, avec une précision $\pm 0.5\%$.



La solubilité de l'oxygène dans l'eau est déterminée à l'aide d'une table, le pourcentage de saturation calculé par la formule suivante :

$$\% O_2 = (\text{concentration mesurée/solubilité}) \times 100 \quad (\text{III.1})$$

III.2. Analyses de l'eau au laboratoire

III.2.1. Paramètres physico-chimiques

III.2.1.1. Mesure de la Matière En Suspension (MES)

La matière en suspension représente tous les résidus d'origine organique ou minérale liées à des activités industrielles mais englobe aussi le plancton et les particules sédimentaires. (**Aminot et Chaussepied, 1983 ; Rodier et al, 1996**).

Cette mesure consiste à filtrer l'eau sur une membrane poreuse afin de retenir les particules supérieures à $0.45\mu\text{m}$ (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

- **Appareillage**

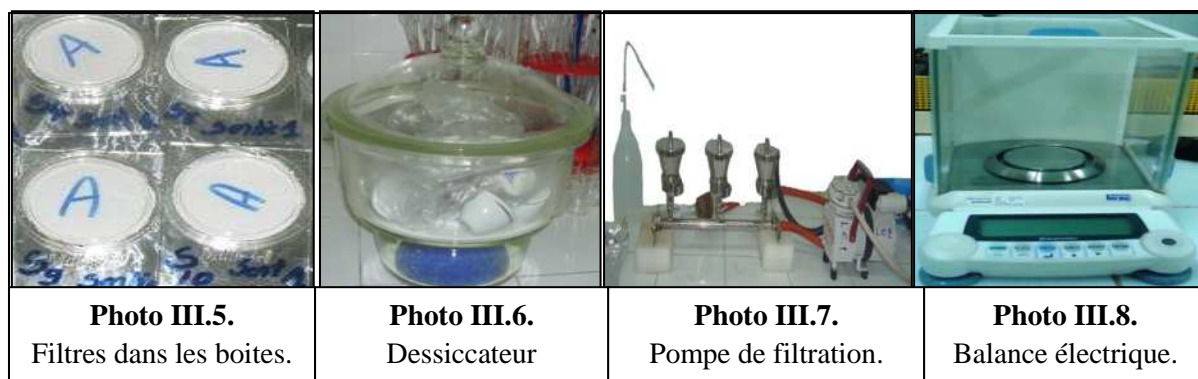
- Un dispositif de filtration sous vide de marque Sartorius stedim
- Des membranes filtrantes de type whatman GF/C de Φ 47mm et de porosité $0.45\mu\text{m}$
- Une balance de précision 10^{-3}
- Une étuve
- Eprouvettes graduées de 250 ml et des pinces.

- **Mode opératoire : (Annexe II)**

- Préparation des filtres ;
- Filtration de l'échantillon (150 ml) ;
- La teneur en matière en suspension est ainsi obtenue par la différence de poids du filtre avant et après -filtration (p_1 et p_2) ; apporté au volume d'eau filtré (V).
- Les concentrations de la matière en suspension (MES) s'obtiennent par la formule suivante :

$$\text{MES (mg/L)} = (p_2 - p_1) / V \quad (\text{III.2})$$

Avec : P_1 : Poids de filtre avant filtration (mg)
 P_2 : Poids de filtre après filtration (mg).
 V : Volume d'eau filtré (L).



III.2.1.2. La Matière Organique Particulaire (MOP)

La méthode de mesure de la matière organique consiste à préparer les filtres de 0.45µm de diamètre de pores de la même façon que pour les filtres de la matière en suspension.

(Conditionnement des filtres puis filtration de l'eau de mer et séchage à l'étuve à 70°C pendant deux heures). Les filtres sont alors pesés avec précision dans des creusets (P1). Ensuite les creusets avec filtres sont passés au four à moufle à 450°C pendant 2 heures. Les creusets et les filtres sont à nouveau pesés (P2).

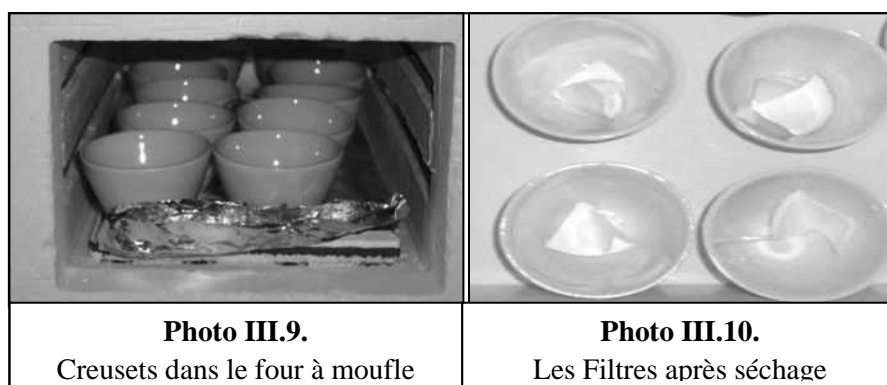
La différence de ces deux poids obtenus P1 et P2 nous donne le poids de la matière organique dans le volume filtré:

$$\text{MOP (mg/l)} = \frac{P_1 - P_2}{V} \quad (\text{III.3.})$$

P1: Poids du creuset et du filtre avant séchage en (mg)

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

V : volume d'eau filtré



III.2.1.3. La Matière Inorganique Particulaire (MIP)

La teneur en matière inorganique particulaire est obtenue par la différence de poids des filtres avec les creusés avant et après calcination, ainsi la soustraction de la concentration de la matière inorganique particulaire de celle de la matière en suspension permet de connaître la masse de matière organique particulaire. La MOP est majoritairement d'origine phytoplanctonique.

III.2.1.4. Dosage de la *chlorophylle-a*

Les concentrations en chlorophylle a ont été déterminées selon la méthode fluorimétrie de **yenstch Menzel (1963)** adapté par **Holm-Hansen et Reimann (1978)** pour l'extraction des pigments à l'aide

de méthanol. Le protocole utilisé au cours de la campagne Médipord VI a été précédemment décrit par **Herbland et al. (1985)** et **Rimbault et al. (1988)**.

Les échantillons d'eau de mer prélevés (250 ml) sont filtrés sur un filtre en fibre de verre (filtre Whatman GF/F de diamètre de 25 mm). La dépression utilisée pour la filtration est toujours inférieure à 100 mm Hg. Immédiatement après la filtration, le filtre est placé dans un tube de verre contenant 7 ml de méthanol pur. La teneur en eau résiduelle sur le filtre après filtration étant de 0.19 ± 0.02 ml (test effectué sur 12 filtres), l'extraction s'effectue dans 5.2 ml de méthanol à 97 %. Le tube bouché est ensuite placé à l'obscurité et la température de 5°C dans le réfrigérateur du bord, pour une période d'extraction de 30 minutes.

Après ce délai, la fluorescence des échantillons est mesurée sur un Turner Desings 10.005 R, équipé pour la détermination de la *chlorophylle-a* (lampe F4T4 BL, filtre primaire Corning 5-60, filtre secondaire Corning 2-(F_a)). les concentrations sont évaluées d'après la formule de **Lorenzen (1966)** :

$$\text{Chlorophylle-a} = (F_0 - F_a) / (K_0 - K_a) \times (v/V). \quad (\text{III.4})$$

K₀ : coefficient d'étalonnage du fluorimètre pour la chlorophylle *a*.

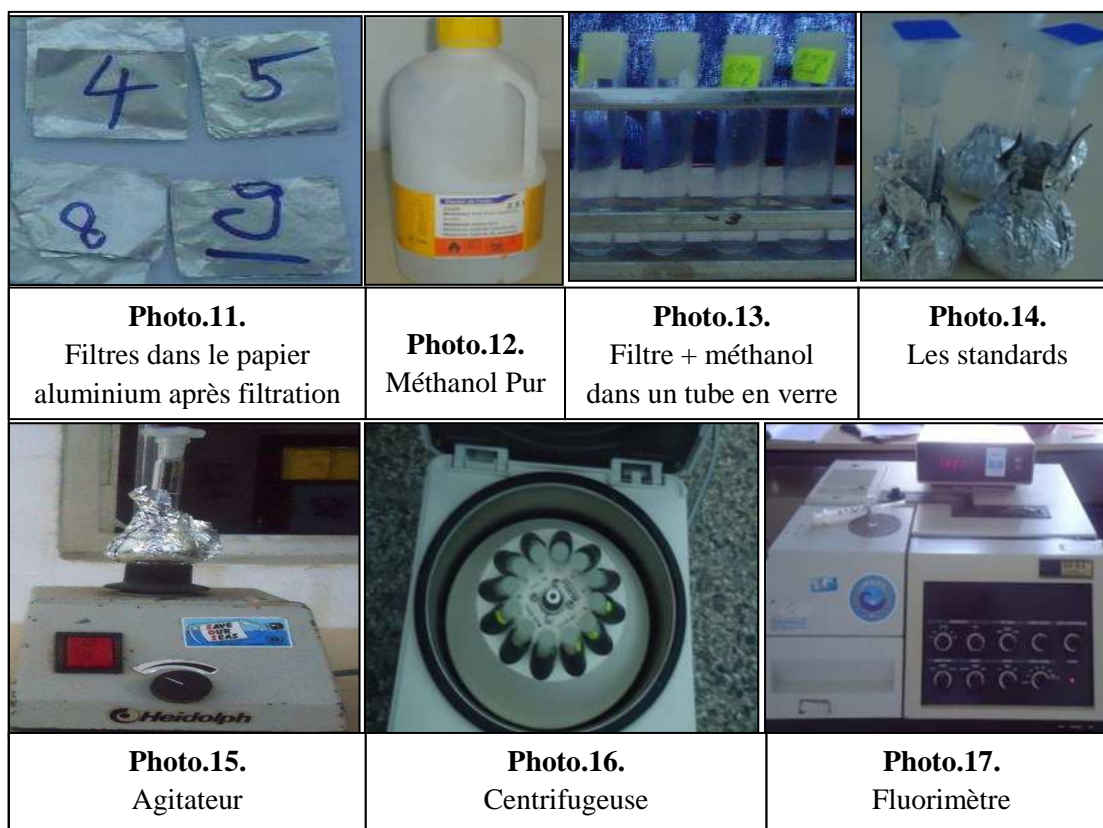
K_a : coefficient d'étalonnage du fluorimètre pour la chlorophylle *a* acidifiée

F₀ : fluorescence avant acidification.

F_a : fluorescence après acidification.

v : volume d'extraction.

V : volume filtré.



III.2.2. Analyse des sels nutritifs

Ce sont des éléments chimiques indispensables à la synthèse autotrophe de la matière organique. Le terme est souvent réservé aux éléments dont la concentration constitue parfois un facteur limitant, ces éléments sont : Azote N, Phosphore P, Silicium Si, (**Lacaze, 1996**).

A fin de minimiser les risques de contamination, les flacons de prélèvement d'eau ont subi le prétraitement suivant :

- Rinçage à l'eau de robinet.
- Rinçage à l'eau acidulée (HCl à 5%).
- Rinçage à l'eau bi-distillée deux fois et fermeture hermétique et immédiate du flacon.

Lors du prélèvement à bord, chaque flacon est rincé deux fois avec l'eau de l'échantillon avant son remplissage.

III.2.2.1. Dosage des sels nutritifs

L'analyse des sels nutritifs est faite par la méthode de colorimétrie à flux continu sur chaîne automatisée SKALAR (Auto-analyser San Plus) (troisième génération), selon les protocoles décrits par le constructeur SKALAR (**photo III.18**). 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 en progression. L'analyse des échantillons est réalisée par séquence, ce qui permet une grande cadence de travail. Cette chaîne de mesure automatisée est totalement pilotée par un micro ordinateur doté d'un logiciel spécifique.

A la fin de l'analyse, ce dernier fournit un fichier numérique contenant les résultats accompagnés de toutes les informations relatives à l'analyse.



Photos. III.18.
Auto Analyser San Plus (SKALAR® 1996)

III.2.2.2. Principe de dosage des sels nutritifs

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

L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration, de même, ce dernier est d'autant plus important que la solution est concentrée en sel dosé.

La quantité de lumière absorbée par la solution, appelée absorbance (A) ou densité optique (D.O), obéit à la loi de **Beer-Lambert** qui est exprimée par la relation suivante :

$$A = D.O = \log (I_0 - I) = \epsilon.L.C \quad (\text{III.5}).$$

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 exprimée en mol/l.

A : Absorbance de la solution.

$D.O$: Densité Optique de la solution.

III.2.2.3. Analyse automatique des sels nutritifs

- **Dosage des nitrites**

Les nitrites (NO_2^-) forment un diazoïque par action avec la sulfanilamide en milieu acide $pH < 2$. Ce composé formera ensuite en présence de N-naphtylethylénediamine un composé azoïque de couleur rose absorbant la lumière à 540 nm (**Benschneider et Robinson, 1952**).

- **Dosage des nitrates**

La méthode est basée sur la réduction des nitrates (NO_3^-) en nitrite (NO_2^-) par le passage de l'échantillon à travers une colonne réductrice de cadmium traité au cuivre (**Wood et al, 1967**). Les nitrites (en réalité $NO_2^- + NO_3^-$ réduits) seront ensuite dosés par colorimétrie selon la méthode précédemment décrite. Il suffira alors d'en déduire la concentration des nitrites déterminés directement (sans passage de l'échantillon sur la colonne réductrice) pour trouver les concentrations des nitrates (**Rodier et al. 1996**).

- **Dosage des orthophosphates**

En présence d'antimoine oxytartrate de potassium à une température de 40° C (bain marie), les ions orthophosphates (PO_4^{3-}) réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe antimoine phosphomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique (**Murphy et Riley, 1962**). Cette forme réduite de coloration bleue à un maximum d'absorption à 880nm.

- **Dosage de silicium dissous**

Dans l'eau de mer, le silicium dissous se trouve à 95 % sous forme d'acide orthosilicique ($Si(OH)_4$) (**Aminot et Chaussepied, 1983**). Cette forme réagit avec le molybdate d'ammonium en milieu acide pour former un complexe silicomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique en un composé coloré en bleu absorbant à 810 nm (**Mullin et Riley, 1955**). On y ajoute l'acide oxalique pour éviter les interférences des phosphates.

III.2.2.4. Etalonnage

Cette opération nécessite la préparation d'une solution mère puis une solution fille pour chaque élément à analyser. Les droites d'étalonnage sont établies automatiquement par le logiciel en utilisant les concentrations connues des solutions étalons et leurs hauteurs de pic correspondant. (**Annexe II**)

• Courbes d'étalonnages



Photo.III.19. Solutions mères et solutions filles

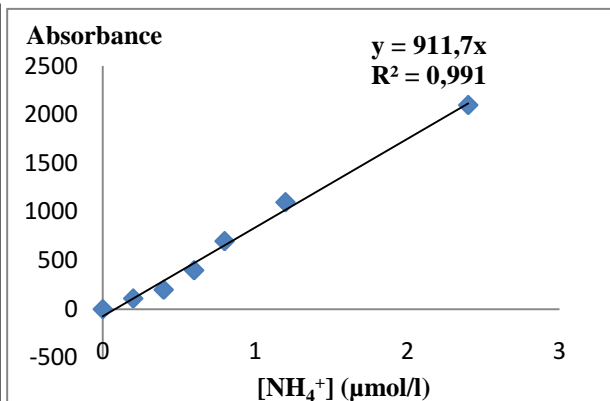


Figure.III.2. courbe d'étalonnage d'Ammonium.

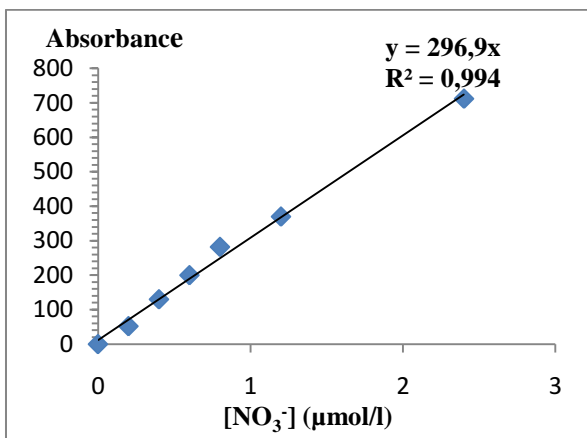


Figure.III.3. courbe d'étalonnage des nitrates.

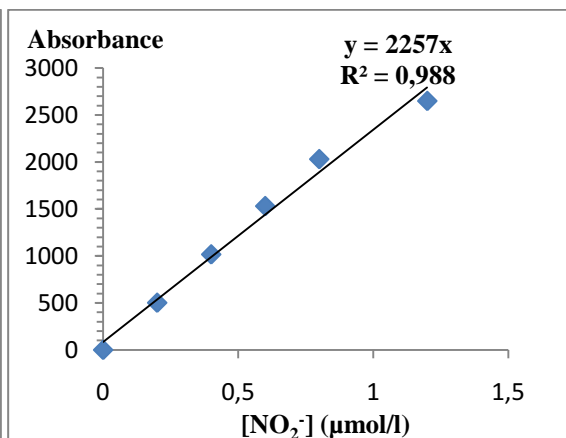


Figure.III.4. courbe d'étalonnage des nitrites.

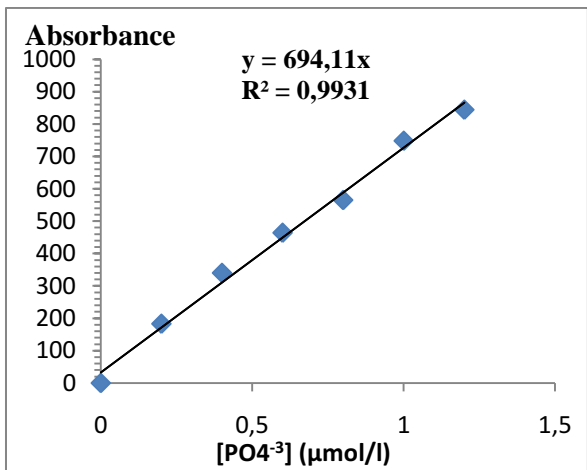


Figure.III.5. courbe d'étalonnage des orthophosphates.

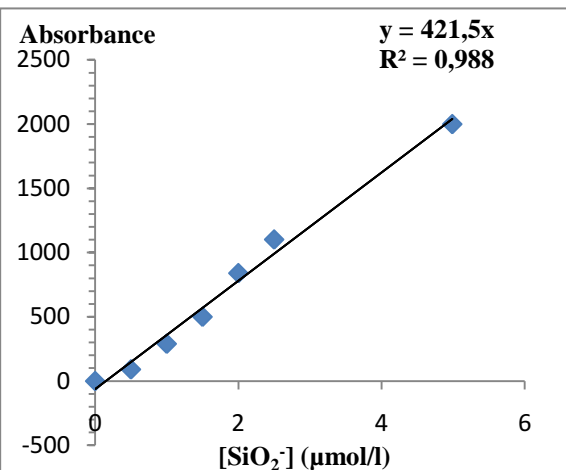


Figure.III.6. courbe d'étalonnage des silicates.

III.2.3. Analyse microbiologique dans l'eau de mer

Les germes test recherchés sont les coliformes totaux, fécaux, les vibrions et les salmonelles.

III.2.3.1. Dénombrement des coliformes

Dans notre étude nous avons opté pour la méthode de filtration sur membrane pour estimer la charge bactérienne dans la zone d'étude. C'est la méthode de concentration la plus utilisée au laboratoire, pour sa facilité et sa reproductibilité. Elle consiste en une filtration de l'eau sur des membranes de porosité $0,45\mu\text{m}$ susceptibles de retenir les bactéries avec un quadrillage en surface facilitant les dénombrements.

a) Matériel :

- Dispositif de filtration de marque « **Sartorius stedim** » (**photo.III.20**)
- Bec-Bunsen pour garder tout au long de la manipulation la zone de travail stérile ;
- Boîtes de Pétri avec les milieux de culture spécifiques pour chaque germe ;
- Membranes d'ester de cellulose, filtrantes, quadrillées et stériles (en emballage individuel) de porosité de $0,45\mu\text{m}$ et de 47 mm de diamètre susceptibles de retenir les bactéries ;
- Deux Incubateurs (Etuves) ;
- Pompe à vide ;
- Pincés stérilisées et Pipettes.



Photo III.20. Dispositif de l'appareil de filtration sur membrane.

b) Mode opératoire

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

La composition des milieux de culture et des réactifs utilisés est consignée en **annexe III**.

c) Dénombrement des Coliformes totaux et Coliformes thermotolérants «Fécaux» (CF)

Cette méthode conduit à un dénombrement présomptif des coliformes totaux et des coliformes fécaux. Le nombre de colonies trouvées sera exprimé en Unité Formant Colonie dans 100 ml d'eau filtrée (UFC/100ml). La flore bactérienne associée est généralement beaucoup moins abondante dans la boîte incubée à 44°C (**Figure.III.7**).

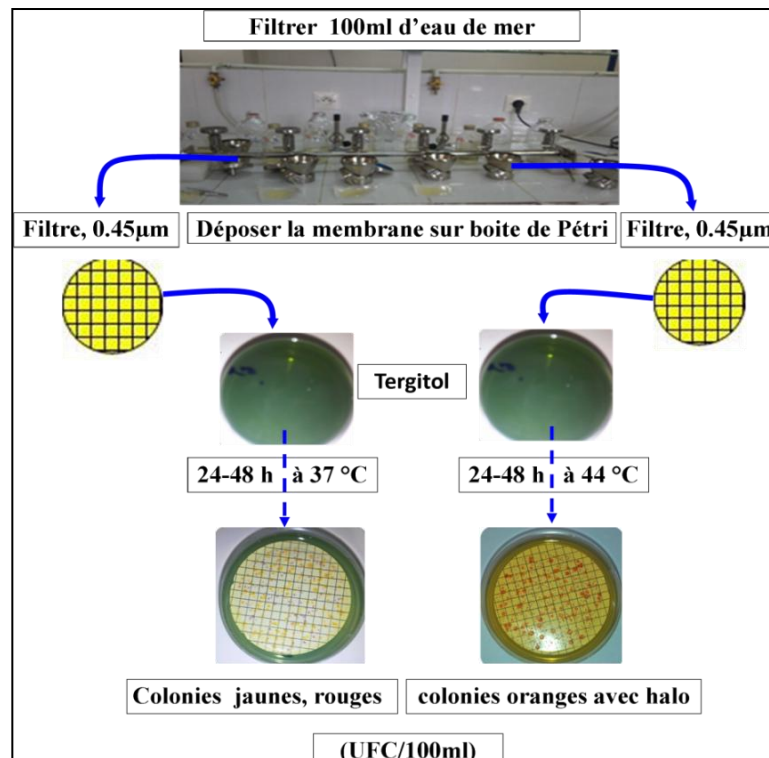


Figure. III.7. Technique de dénombrement des coliformes.

d) Dénombrement des Streptocoques fécaux

Deux tests sont effectués. Le premier est présomptif et réalisé sur le milieu de Slanetz et Bartley. Le second est confirmatif et réalisé sur gélose BEA (**Figure III.8**).

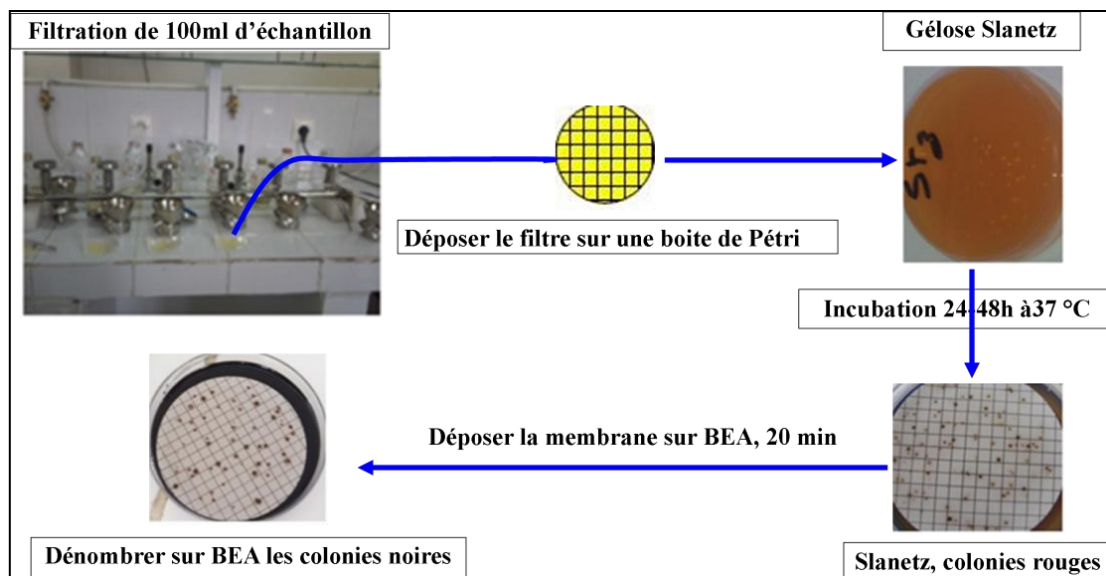


Figure. III.8. Technique de recherche et de dénombrement des Streptocoques fécaux.

III.2.3.2. Recherche des Salmonelles et des Vibrions

a) Recherche des salmonelles

Pour la recherche des salmonelles un enrichissement successif sur milieu SFB additionné de disques SFB ont été effectués. L'isolement est réalisé sur gélose hektoene. Les colonies suspectes (couleur rose ou rose à centre noir bien noire) ont fait l'objet d'une identification (coloration de Gram, test de la catalase, test de l'oxydase et tests biochimiques à l'aide de la galerie API 20 E), (Figures. III.9 et III.10).

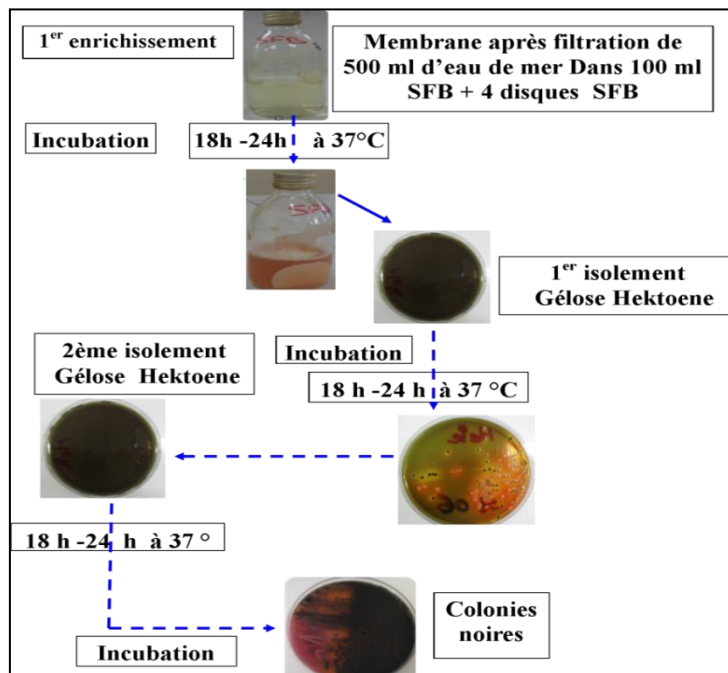


Figure. III.9. Technique de recherche des salmonelles.

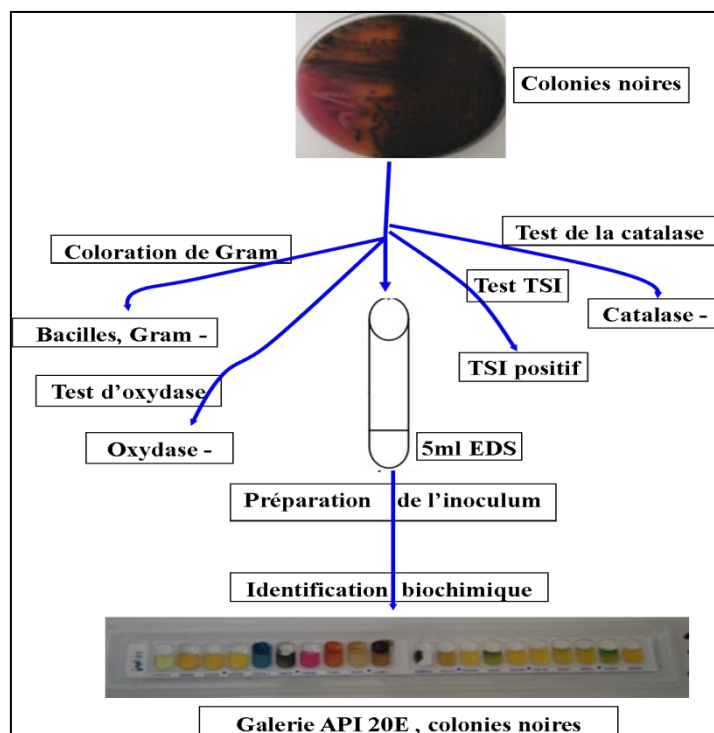


Figure. III.10. Technique d'identification des salmonelles

b) Recherche des vibrions

L'enrichissement des vibrions est effectué sur milieu Eau Peptonée Alcaline (EPA) 10 fois concentrée et l'isolement est réalisé sur gélose TCBS (Thiosulfate-Citrate-Bile-Saccharose). Les colonies présumées vibrions ont été identifiées (coloration de Gram, test de la catalase, test de l'oxydase et tests biochimiques à l'aide de la galerie API 20 E), (**Figure.III.11 et III.12**).

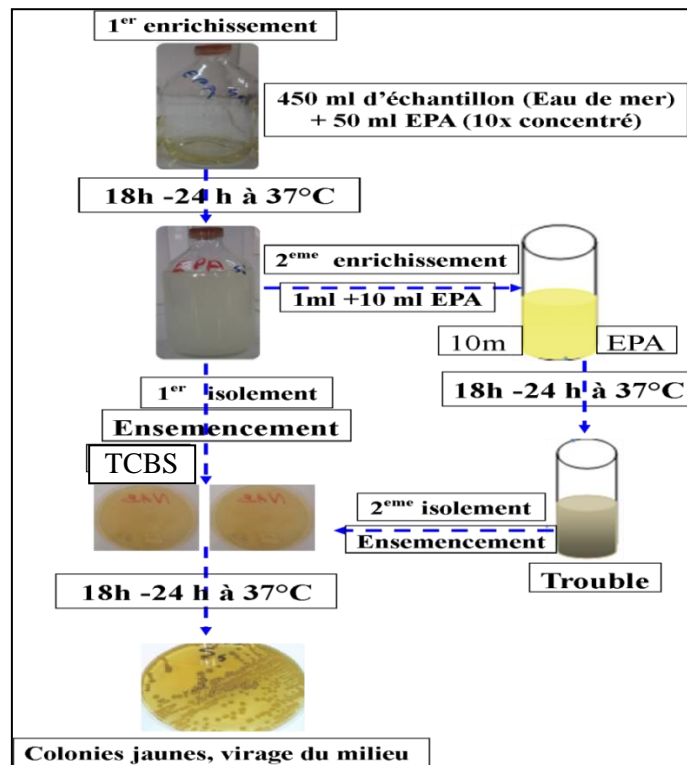


Figure. III.11. Technique de recherche des vibrions.

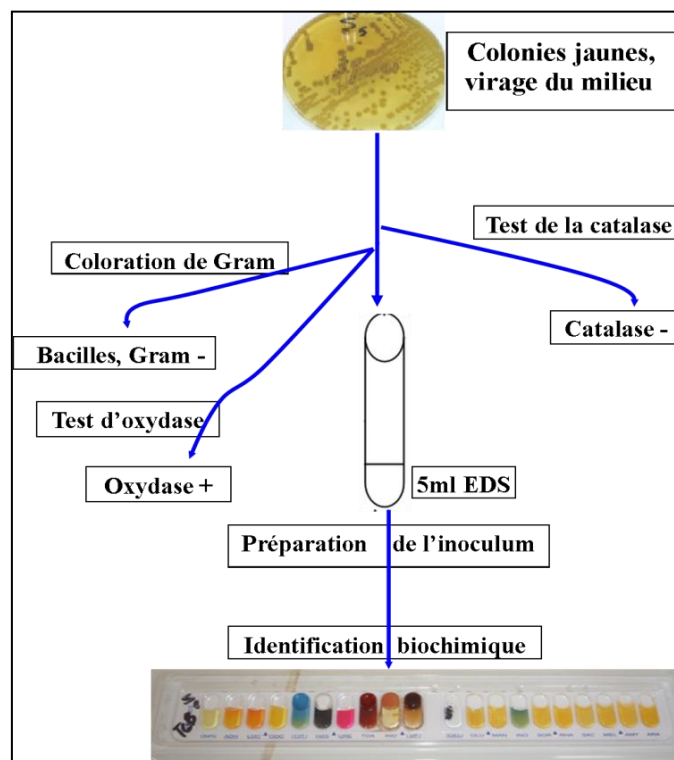


Figure. III.12. Technique d'identification des vibrions.

IV.2.3.3. Techniques de caractérisation et d'identification de quelques bactéries

a. Protocole de la coloration de Gram

Un frottis fixé à la chaleur et coloré pendant une minute avec une solution de violet de gentiane, le frottis coloré est rincé rapidement avec une solution iodo-iodurée de Lugol, et il y est maintenu pendant une minute. Le frottis est ensuite décoloré avec l'alcool à 95 % pendant quelques secondes jusqu'à élimination de l'excès du colorant puis rincé immédiatement avec l'eau du robinet. Le frottis est ensuite traité avec un colorant qui est une solution de Fushine, rincé rapidement au robinet 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 de la catalase

Cette enzyme catalyse la décomposition du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) qui est produit par certaines réactions cellulaires et est très toxiques, donc c'est l'une des enzymes chargée d'éponger l'eau oxygénée par la dismutation (Pelmont, 1993). La réaction catalysée est la suivante :

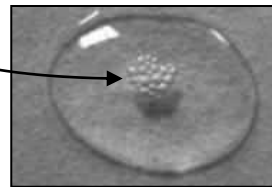
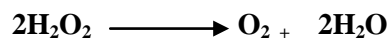


Figure. III.13. catalase positif

Le test de la catalase consiste essentiellement à ajouter du peroxyde d'hydrogène à des bactéries : la présence de catalase donne lieu à l'apparition de bulles d'oxygène.

c. Test d'oxydase

Ce test est réalisé à l'aide d'une plaque de marque « BD BBL Dryslide » contenant quatre petits carrés pré-imprégnés par un réactif et destiné chacun à tester une colonie bactérienne.

Ecraser, avec une effilure d'une pipette Pasteur, une colonie de germe à étudier sur le petit carré (disque d'oxydase). S'il y a apparition d'une tache violette au bout de 30 secondes, on pourra conclure que la bactérie est oxydase (+) et qu'elle possède la cytochrome oxydase, dans le cas contraire la bactérie est oxydase (-).



Figure. III.14. Test d'oxydase

d- Identification par la méthode des galeries API

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

III.3. Analyse de sédiment au laboratoire

Une fois les échantillons nécessaires aux déroulements des travaux obtenus, ces derniers sont traités et classés au laboratoire, déposés dans des boîtes de pétries libellées, sur lesquelles, on utilisera pour chaque analyse, la quantité de sédiments nécessaires, rappelons que le poids moyen des échantillons lors des prélèvements en mer était de 300 à 400g pour chaque stations.

Pour cette étude qui a pour objectifs, essentiellement, les mouvements sédimentaires dans la plage ouest de Sidi Fredj, nous avons procédé à de différentes analyses, souvent classiques pour ce genre d'études.

Notre travail consiste à l'analyse granulométrique, la fraction pélitique, calcimétrique (CaCO_3) et la matière organique dans le sédiment.

III.3.1. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique est l'étude statistique du calibre des grains, elle permet la construction de notions relatives au transport et au dépôt des sédiments sur le fond, elle permet aussi de les classer selon leurs tailles.

III.3.1.1. Principe de la méthode

Ce procédé consiste à passer l'échantillon par une série de tamis de mailles décroissantes et de récolter ensuite le poids partiel de chaque quantité dans le tamis. Cependant, il existe de très nombreuses normes de tamisage, dans lesquelles les mailles varient selon une progression géométrique décroissante permettant un espacement régulier des abscisses dans l'échelle logarithmique, ainsi qu'une représentation étendue sur un graphique. Cette analyse granulométrique permet de définir, suivant leurs calibres, diverses classes de sédiments indépendamment de leur nature chimique. Le **tableau III.1** ci-dessous correspond aux diamètres des grains selon la norme française.

Tableau III.1. Diamètres des grains et appellations correspondants à la norme française.

Diamètre Maximum	Appellation	Diamètre Minimum
200 mm	Cailloux	20 mm
20 mm	Graviers	2 mm
2 mm	Gros sables	0.2 mm
0.2 mm	Sables fins	20 μm
20 μm	Limons	2 μm
2 μm	Argiles	< 2 μm

III.3.1.2. Mode opératoire de l'analyse granulométrique

Dans un premier temps, les échantillons mis dans des boîtes de Pétries, sont placés à l'étuve pendant 24 heures ajustée à une température de 105°C.

Une fois le premier séchage achevé, 200 grammes de sédiments ont été prélevés de chaque boîte de pétri, cette valeur représentera le poids initial de l'analyse granulométrique pour chaque station. Afin d'éliminer les fractions pélitiques, la quantité de sédiments a subi un rinçage dans un tamis de 40 μm de diamètre, sous un filet d'eau, aidé par une agitation manuelle du tamis.

Une deuxième fois, après l'élimination des fractions pélitiques, les échantillons, remis dans des boîtes de pétries subiront un autre séchage à l'étuve pendant 24 heures, également sous une température de 105°C.

Après ce deuxième séchage, chaque échantillon est pesé, la différence par rapport au poids initial représente la quantité des fractions pélitiques.

Nous pourrions procéder aux opérations de tamisage, pour ce, on a utilisé une série de tamis dont l'écartement des tailles se fait selon les normes **AFNOR**, c'est-à-dire, avec une raison de $\sqrt[10]{10}$. L'ordre des tamis par ordre de diamètre décroissant par unités de microns, est le suivant : 2000 μm , 1800 μm ,

1600 μm , 1400 μm , 1000 μm , 800 μm , 630 μm , 500 μm , 400 μm , 315 μm , 200 μm , 180 μm , 160 μm , 100 μm , 80 μm , 50 μm , 40 μm .

Le tamisage s'est effectué mécaniquement sur une table vibrante, durant dix minutes, divisée en deux colonnes de tamis, la capacité de la tamiseuse étant limitée à un nombre limité de tamis (8 tamis).

A la fin de chaque tamisage, le refus de chaque tamis est pesé avec une précision du centième de gramme.



Photo III.21. Tamiseuse



Photo III.22. Tamis



Photo III.23. Balance

III.3.1.3. Traitement des données

A partir des masses cumulées sont calculés les pourcentages cumulés puis pondérés. Des courbes cumulatives ont été établies propres à chaque station, sur de papier semi logarithmique.

- En abscisse logarithmique : les diamètres des particules du sédiment.
- En ordonnée : le pourcentage pondéral des refus cumulés inférieur à une taille donnée.

Cela nous permettra de comparer les échantillons et de déterminer graphiquement les différents paramètres grâce auxquels nous calculerons les indices granulométriques.

III.3.1.4. Les indices granulométriques

a. Le mode

La représentation graphique en courbe cumulative et histogramme de fréquence des résultats granulométrique, permet de mettre en évidence dans un même échantillon la dominance d'une ou plusieurs fractions qu'on appelle couramment des modes (**Riviere, 1977**).

b. La médiane

C'est l'indice absolu (**Riviere, 1977**), correspond au diamètre du grain moyen dont l'ordonnée est à 50 % du poids total du sédiment, elle est déduite à partir de la courbe cumulative.

Le grain moyen est l'expression de la force d'un courant (eau, vent), capable d'avoir mis en mouvement l'essentiel d'un sédiment donné (**Chamley, 1987**). La médiane ne peut être utilisée avec des sédiments à distribution bimodale (**Folk et Ward, 1957**).

c. 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 dans un échantillon. (**Tableau III.2**).

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

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

III.3.1.5. Classement de sédiment :**III.3.1.5.1. Indice de classement de Trask ou indice de tri S_0 .**

Appelé également indice de Trask (Sorting de Trask) et noté S_0 , il représente la dispersion des tailles de part et d'autre de la médiane. Exprimé par la formule suivante :

$$S_0 = (Q_{75}/Q_{25})^{1/2} \quad (\text{III.6})$$

Cet indice permet de faire un tri du sédiment selon les coupures adaptées par Folk, 1966.

Les différentes classes de sédiment selon l'indice de Trask sont montrées dans le **tableau III.3.**

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

indice	Signification
$S_0 < 1$	Sédiment très bien classé
$1 < S_0 \leq 2,5$	Sédiment bien classé
$2,5 < S_0 \leq 3$	Sédiment normalement classé
$3 > S_0 \leq 4$	Sédiment mal classé

III.3.1.5.2. Indice d'asymétrie ou indice de Skewnes (SK)

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

$$SK = (Q_{25} \times Q_{75}) / (Q_{50})^2 \quad (\text{III.7})$$

Tableau III.4. classement des sédiments selon l'indice de Skewnes (SK).

indice	signification
$SK < 1$	le classement est maximum vers les fines
$SK = 1$	la symétrie est parfaite
$SK > 1$	le classement est maximum vers les grossiers.

III.3.1.5.3. La fraction Pélitique

L'étude de la fraction fine de diamètre inférieur à 80µm, consiste à établir les cartes de la répartition des pélites au sein de notre zone d'étude. Les pélites, nous renseignent sur les secteurs brassés ou non par les houles.

Le tableau suivant donne la classification des sédiments suivant le taux de la fraction pélitique :

Tableau III.5. Classification des sédiments selon le taux des pélites.

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

III.3.2. Analyse calcimétrique (décarbonation)

III.3.2.1. Définition

La calcimétrie est la mesure de la teneur d'un sédiment en carbonate de calcium ou de carbonate de magnésium, mais ce dernier étant plus rare, et ayant généralement la même signification géomorphologique, on parle souvent de calcimétrie.

La calcimétrie consiste donc à la mesure de la proportion de carbonates de calcium en pourcentage (CaCO_3) présents dans le sédiment. Elle donne des indications sur la productivité de surface et éventuellement des apports de carbonates détritiques, elle permet de connaître la part des sédiments biogènes, ou débris coquilliers. Et donc de suivre les migrations des sédiments nés dans des régions riches en plantes ou animaux fabriquant du calcaire. La teneur en carbonates est aussi généralement utilisée en tant qu'outil stratigraphique.

III.3.2.2. Principe de la méthode

L'analyse est basée sur la mesure de la diminution du poids de l'échantillon causée par la décomposition du calcaire après attaque du sédiment à l'acide chlorhydrique.

Le calcaire (CaCO_3) réagit avec l'acide chlorhydrique (HCl) pour donner du dioxyde de Carbone (CO_2), de l'eau (H_2O) et du dichlorure de calcium (Ca Cl_2), suivant la formule :



Ce qui n'est pas attaqué par l'acide chlorhydrique est constitué par les éléments insolubles : argiles, quartz,.....etc.

III.3.2.3. Mode opératoire

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

III.3.2.4. Traitement des données

Calculer la différence entre le poids initial (p_1) et le poids (p_2) après l'attaque à l'acide. cette valeur correspond à la masse des carbonates et en déduire le pourcentage de calcaire.

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

$$\text{CaCO}_3 (\%) = (p_1 - p_2) \times 100 / p_1 \quad (\text{III.9})$$

III.3.3. Détermination de taux de la matière organique

III.3.3.1. Définition

En générale la matière organique se divise en deux grandes parties :

- Une partie composée de la matière morte (faune et flore) qu'on retrouve souvent dans les fonds marins.
- La répartition de la matière organique (la teneur de MO) est évaluée par la perte de masse de l'échantillon.

Cela va nous permettre, comme pour les autres paramètres d'évaluer le déplacement des sédiments dans notre secteur d'étude.

III.3.3.2. Principe de la méthode

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

III.3.3.3. Mode opératoire de l'analyse

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

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



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

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

Etant sous-pression, le dessiccateur ne sera pas facile à ouvrir au début. Après 30 à 45 min plus tard, il s'ouvrira plus facilement.

III.3.3.4. Traitement des données

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

$$\%MO = \frac{P_s - P_i}{P_s} \times 100 \quad (\text{III.10}) \text{ Avec : } P_i : \text{ poids incinéré.}$$

P_s : poids sec

Chapitre IV

Résultats et discussions

IV.1. Variation et distribution spatiale des paramètres physico-chimiques dans littoral Ouest de Sidi Fredj

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

Tableau IV.1. Les valeurs minimales, moyennes et extrêmes des paramètres physico-chimiques dans les eaux du littoral Ouest de Sidi Fredj.

Paramètre	Température (°C)			Salinité (PSU)			Conductivité (mS/cm)		pH	O ₂ dissous (mg/l)
	Côte		Large	Côte		Large	Côte	Large	Côte	Côte
	Sortie1	Sortie2		Sortie1	Sortie2					
Minimum	16.4	17	17.6	34.8	36.1	36	48.5	49.1	8.04	7.9
Maximum	18	18.1	19.4	36	36.4	36.6	50	50.1	8.39	9.7
Moyenne	17.19	17.47	18.32	35.72	36.26	36.52	49.47	49.78	8.13	8.5
Ecart type	0.60	0.31	0.46	0.33	0.13	0.15	0.45	0.37	0.10	0.63

IV.1.1. La température

Les valeurs relatives à la température des eaux de surface lors de la 1^{ère} sortie au niveau du littoral Ouest varient de 16.4 °C (St c1 et c2) à 18°C (St c6) avec une moyenne de 17.19 °C et écart thermique de 0.60. Pour la 2^{ème} sortie, l'intervalle de température varie entre 17 °C (St c2) et 18.1°C (St c6) avec une moyenne de 17.47°C et un écart type de 0.31, et pour la 3^{ème} sortie varie de 17.6 °C (St 9) à 19.4°C (St 7) avec une moyenne de 18.32°C et écart thermique de 0.46.

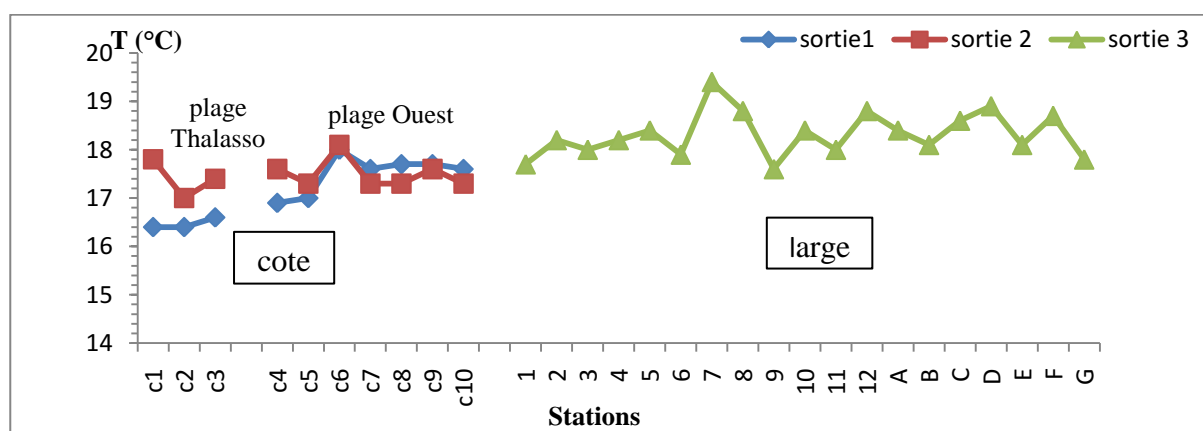


Figure IV.1. Variation de la température (°C) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

D'une manière générale, les températures enregistrées restent normales et témoignent du niveau thermique de la saison d'échantillonnage, rappelons qu'en période de prélèvement les conditions météorologiques étaient caractérisées par une faible agitation des eaux, donc nous pouvons remarquer une relative stabilité thermique (homogénéité des eaux).

Dans les cartes établies, la température est représentée par des points proportionnels aux valeurs en bleu (**Figure. IV.2.a**) et une couleur bleue dégradée allant de bleu foncé pour les valeurs élevées au blanc pour les valeurs faibles (**Figure. IV.2.b**).

D'une manière générale la distribution horizontale de la température dans les eaux de surface constate un gradient thermique décroissant de la côte vers le large, ce qui n'est pas significatif dans les cartes (**Figures. IV.2.a, IV.2.b**) à cause de la différence de la période de mesure in situ.

La couche superficielle est directement soumise à l'influence des conditions météorologiques.

Sauf au niveau des stations (1, 6, 9 et G), nous avons enregistré des noyaux d'eau plus ou moins fraîche car ils se localisent plus ou moins au large où on peut évoquer une petite remontée d'eau profonde fraîche. Au niveau des stations (c6, 7) nous avons enregistré deux noyaux d'eau légèrement chaude qui peut être due aux rejets.

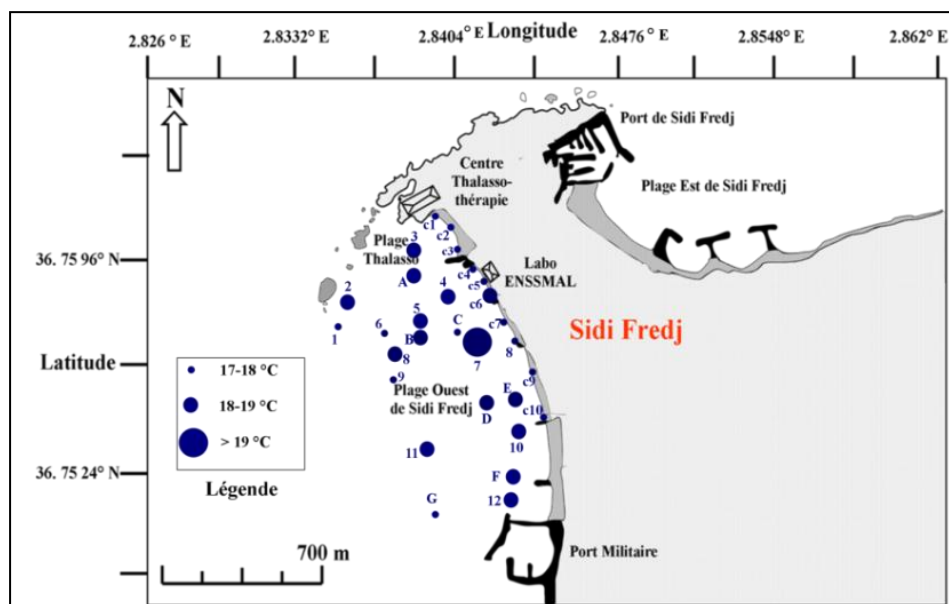
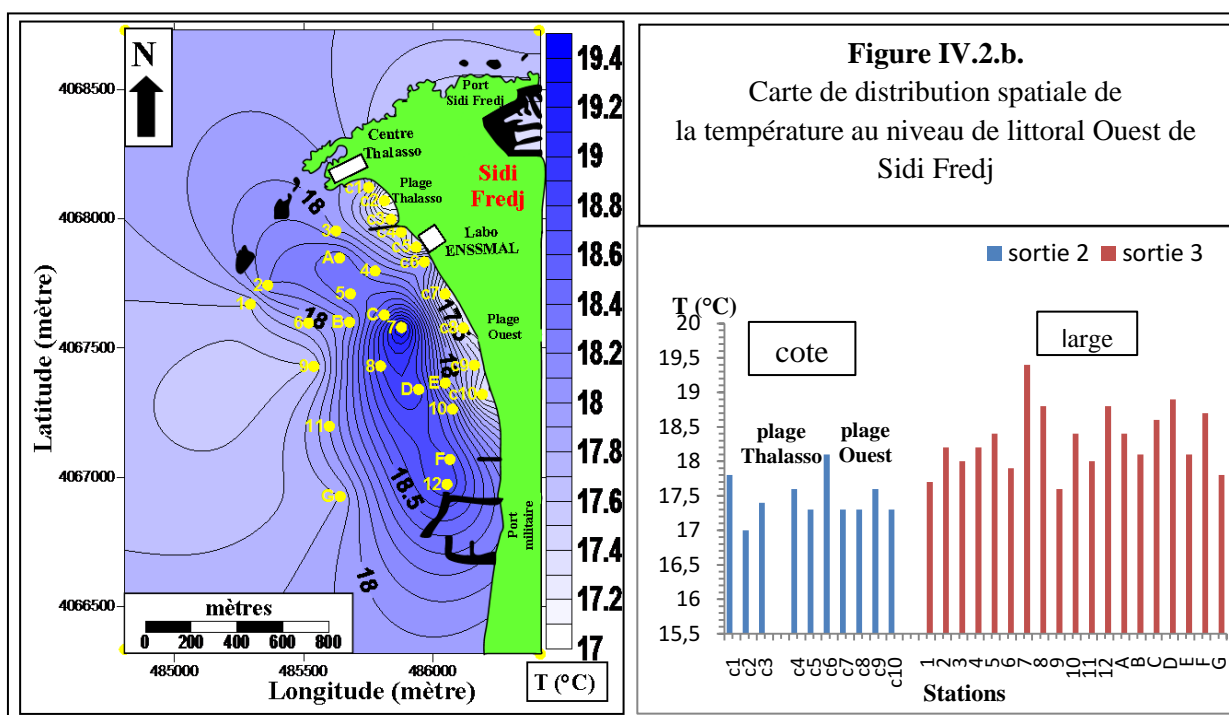


Figure IV.2.a. Répartition de la température au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.



IV.1.2. La Salinité

Les valeurs de la salinité lors de la 1^{ère} sortie varient entre une valeur minimale de 34.8 PSU (St c3) et une valeur maximale de 36 PSU (St c5) avec une moyenne de 35.72 PSU et un écart type de 0.33. Alors que pour la 2^{ème} sortie, la salinité varie entre 36.1 PSU (St c1, c3, c4) et 36,4 PSU (St c2, c7, c9, c10) avec une

moyenne de 36.26 PSU et un écart type de 0.13. Pour la 3^{ème} sortie, la salinité est comprise entre 36.3 PSU (St 3) et 36.6 PSU (St 2, 5, 6, 7, 8, 11, A, B, C, G) avec une moyenne de 36.52 PSU et un écart type de 0.15

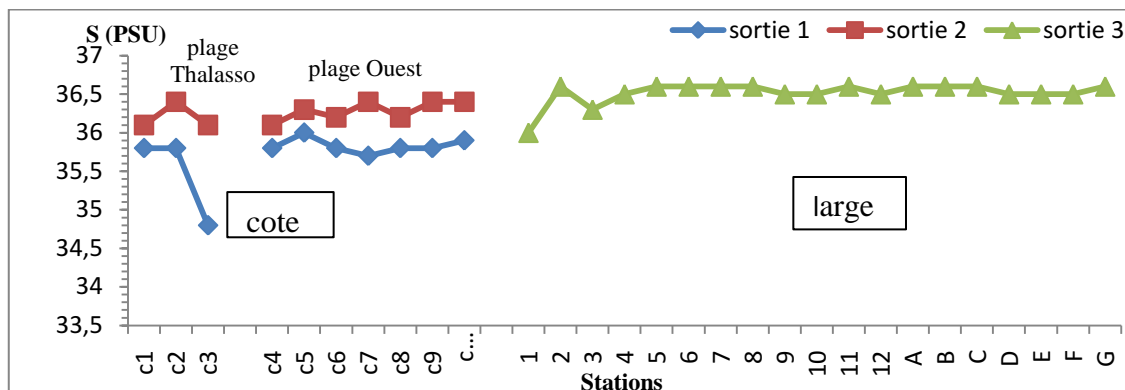


Figure IV.3. Variation de la Salinité au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

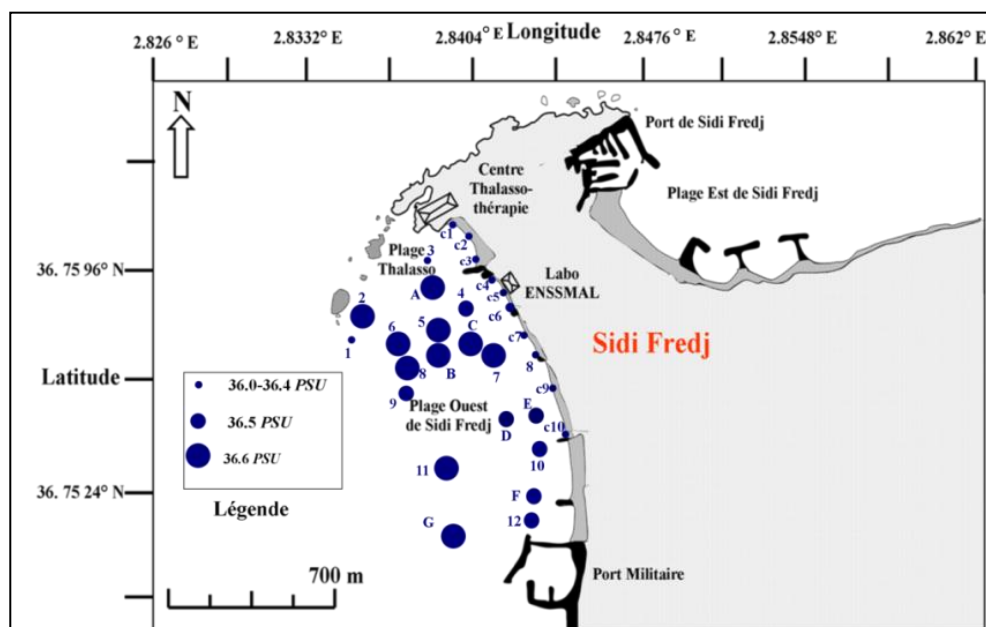
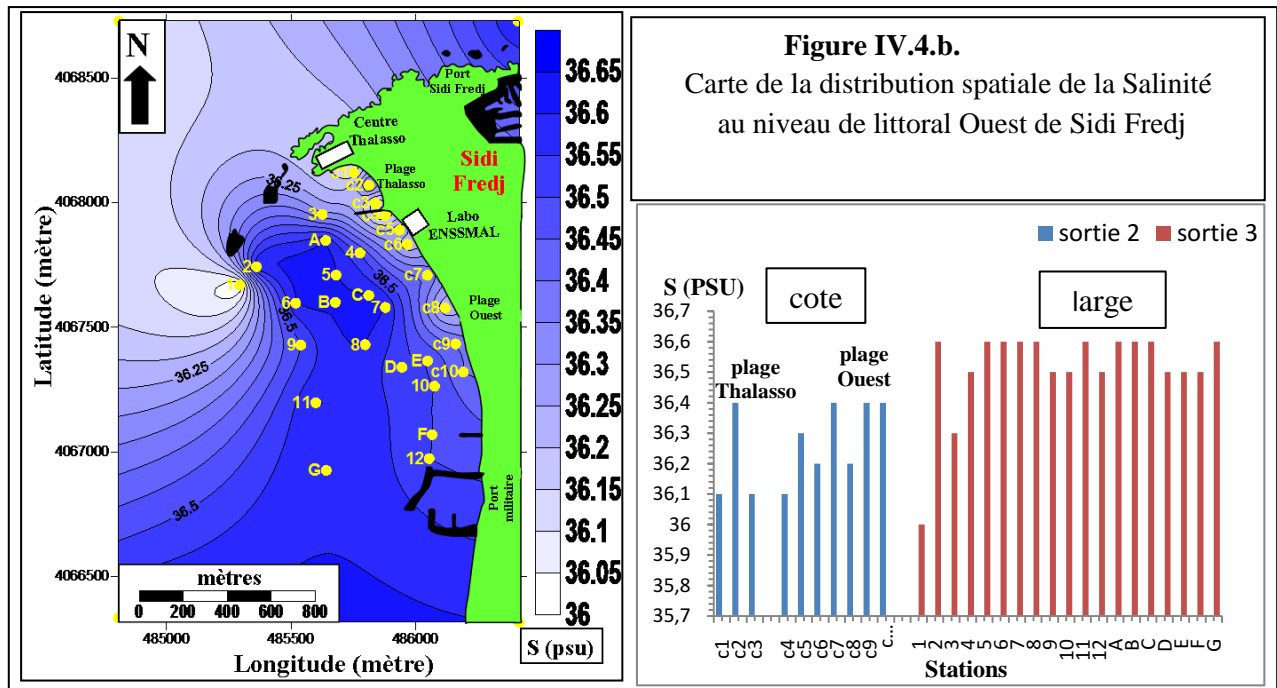


Figure IV.4.a. Répartition de la Salinité au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

Concernant la salinité, d’une manière générale, la configuration des points proportionnels aux valeurs (Figure. IV.4.a) ou les isohalins (Figure. IV.4.b) permet de constater une décroissance systématique du gradient halin des valeurs les plus faibles (< 36.4 PSU) près de la côte vers les valeurs les plus élevées (≥ 36.5 PSU) au large. Cette distribution est engendrée certainement par la contribution continentale en eau douce : les rejets du centre de thalassothérapie et les eaux usées.

Nous pouvons noter qu’au niveau de la station 1 il y a un noyau d’eau légèrement salée formé par l’isohalin de 36 PSU. C’est exactement le même endroit où nous avons constaté aussi un noyau d’eau fraîche avec un minimum de température.



IV.1.3. La conductivité

Lors de la 2^{ème} sortie, les valeurs de la conductivité varient entre un minimum de 48.5 mS/cm (St c7) et un maximum de 50 mS/cm (St c10), Avec une moyenne de 49.47 mS/cm et un écart type 0.45. Pour la 3^{ème} sortie, la conductivité varie étroitement autour d’une moyenne de 49.78 mS/cm et un écart type de 0.37, avec une valeur minimale de 49.1 mS/cm (St F) et maximale de 50.1 mS/cm (St 9).

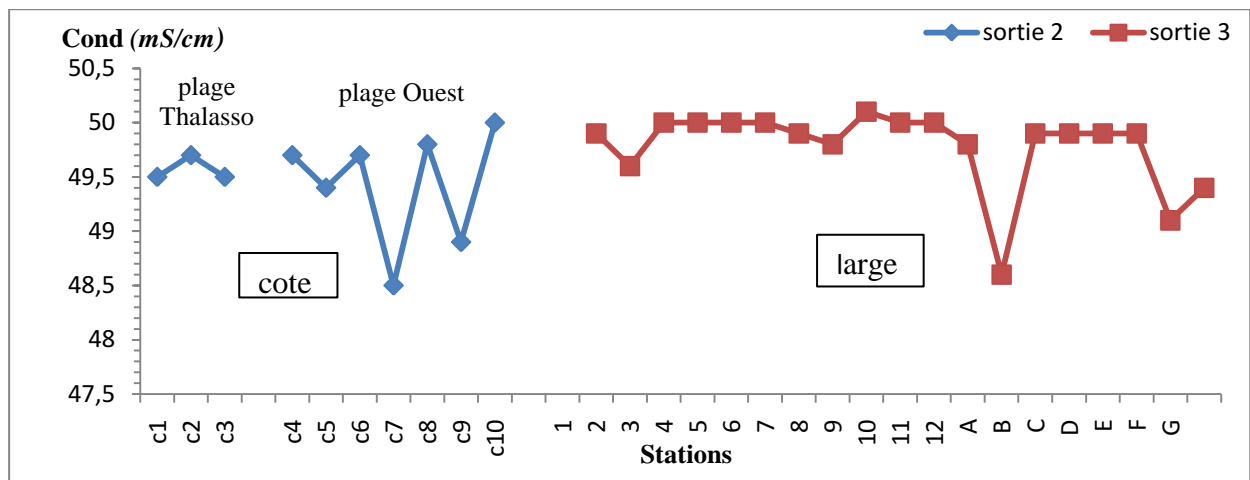


Figure IV.5. Variation de la Conductivité au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

La conductivité varie proportionnellement avec la salinité, alors L’examen des valeurs superficielles indique une augmentation de la conductivité de la côte vers le large, exceptionnellement dans la station c10.

Nous pouvons noter une faible valeur au niveau des stations c7 et A (48.5 mS/cm, 48.6 mS/cm).

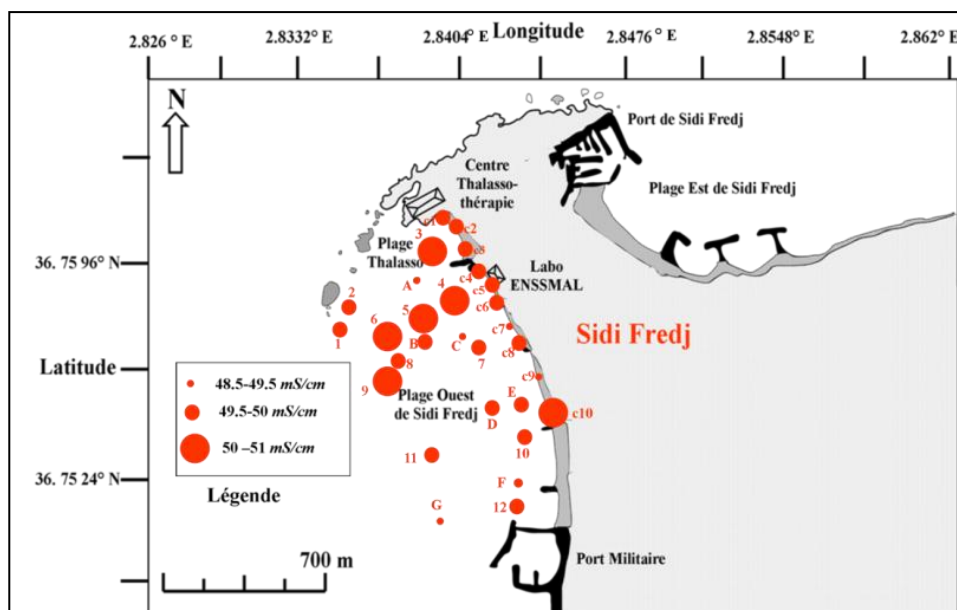


Figure IV.6.a. Répartition de la conductivité au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

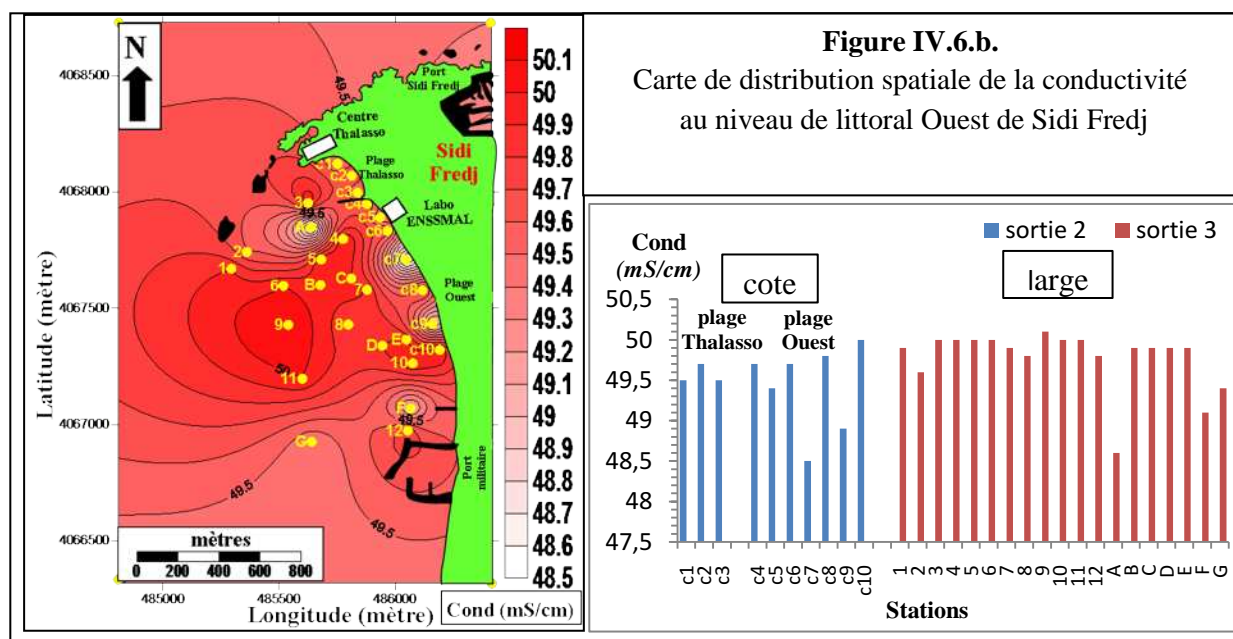


Figure IV.6.b.
Carte de distribution spatiale de la conductivité au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj

IV.1.4. Potentiel d'hydrogène

Les valeurs du potentiel d'hydrogène (sortie 1) sont comprises entre une valeur minimale de 8,04 (St c1) et l'autre maximale de 8,39 (St c4) avec une moyenne 8.13 et un écart type 0.10.

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

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

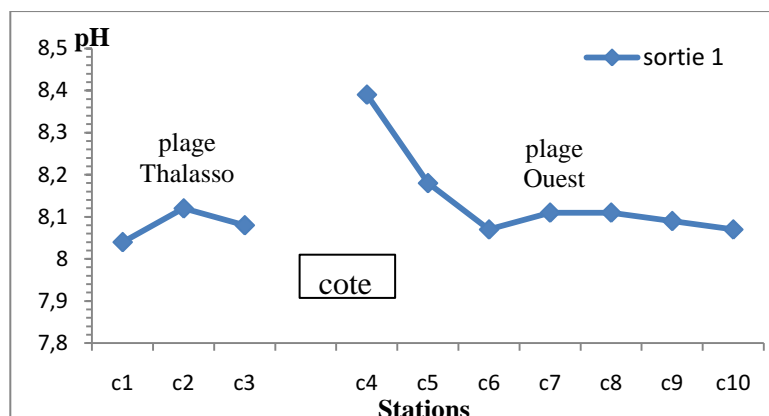


Figure IV.7. Variation du pH au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

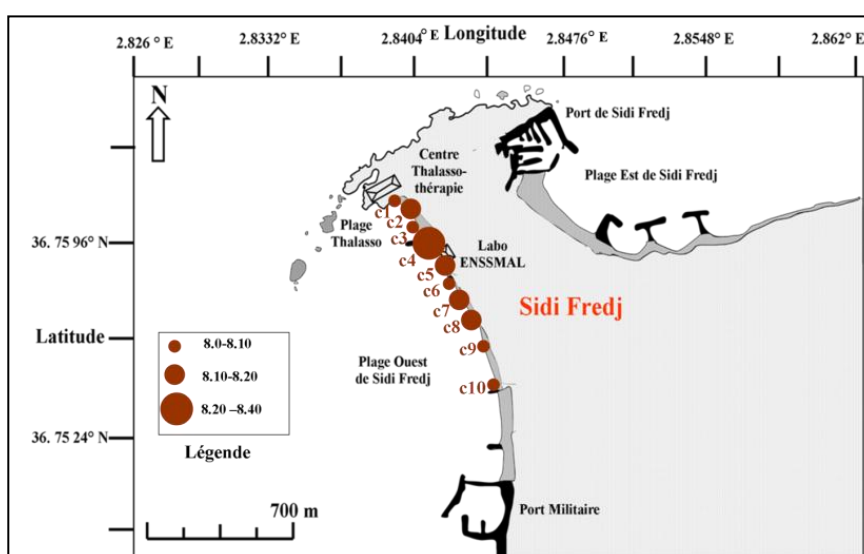
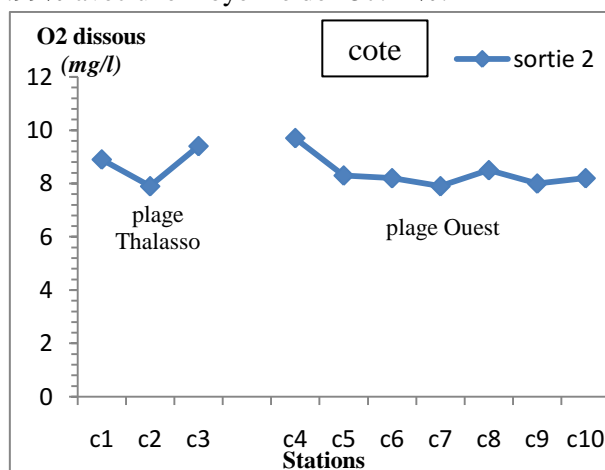


Figure. IV.8. Répartition du pH au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

IV.1.5. Oxygène dissous (mg/l) et son pourcentage de saturation (%)

Les teneurs en oxygène dissous de la 2^{ème} sortie varient entre 7.9 mg/l (St c2, c7), et 9.7 mg/l (St c4), avec une moyenne de 8.5 mg/l et un écart type de 0.63. Ces valeurs correspondent aux valeurs suivantes de saturation de 145.49% à 181.99% avec une moyenne de 157.14%.



Figures IV. 9. Variation de saturation en oxygène dissous dans littoral Ouest de Sidi Fredj.

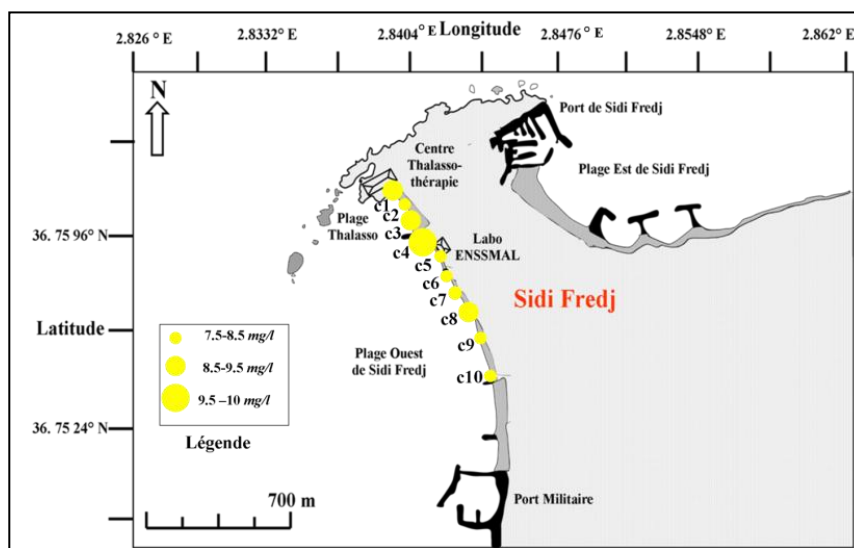


Figure IV.10. Répartition de l’O₂ dissous au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

La distribution horizontale de l’oxygène dissous en surface montre que les fortes valeurs se localisent face de centre de thalassothérapie (plage Thalassothérapie) et la valeur maximale se trouve à la station c4 (8.39 mg/l) face aux travaux de construction; ces fortes valeurs peuvent être expliquées par l’activité photosynthétique importante qui produit de l’oxygène, et le mélange avec les eaux continentales qui sont généralement plus oxygénées. Les faibles valeurs des sels nutritifs dans les mêmes endroits peuvent confirmer cette hypothèse.

Concernant les faibles valeurs qui apparaissent dans la plage Ouest avec un minimum de 7.9 mg/l à la station c7, peuvent s’expliquer par le confinement de ce milieu dans lequel la dégradation et l’oxydation de la matière organique seraient importante ou peuvent être saisonnières, vu l’influence de la température sur l’équilibre air-mer.

Un autre noyau avec une valeur de 7.9 mg/l apparaisse à la plage Thalassothérapie au niveau de la station c2 qui peut évoquer l’empreinte de l’eau profonde pauvre en oxygène qui arrive en surface par une faible résurgence côtière déjà observé par la température et la salinité au même endroit.

Les résultats révèlent des fluctuations assez importantes. Ces variations sont dues à la variabilité des facteurs intervenants dans son cycle (photosynthèse, échange air-mer, mélange des masses d’eaux ...). Ainsi, la période d’échantillonnage été caractérisée par un brassage important des eaux (le 20/03/11)

IV.2. Variation et distribution spatiale des Paramètres indicateurs de la pollution

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

Tableau IV.2. Valeurs minimales, moyennes, extrêmes et l’écart type des paramètres indicateurs de la pollution des eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.

Paramètre	Matières en suspension (MES). (mg/l).		Matière organique particulaire(MOP) . (mg/l).		Matière inorganique particulaire(MIP). (mg/l).		Rapport MIP/MOP		Chlorophylle-a (µg/l)
	Côte sortie 1	Large Sortie 3	Côte sortie 1	Large Sortie 3	Côte sortie 1	Large Sortie 3	Côte sortie 1	Large Sortie 3	Large Sotie3
Minimum	22.67	13.00	12.24	8.43	3.80	3.34	0.19	0.22	0.40
Maximum	36.80	22.13	25.20	16	17.37	9.33	1.07	0.80	1.23
Moyenne	27.63	18.98	18.57	13.20	9.06	5.77	0.52	0.45	0.86
Ecart type	5.03	2.85	3.86	2.17	4.53	2.09	0.30	0.18	0.32

IV.2.1. Matières en suspension (MES)

Lors de la 1^{ère} sortie, Les valeurs des matières en suspension varient dans l'intervalle [22.67, 36.80] (mg/l) avec une moyenne de 18.57 mg/l et un écart type de 14.13.

Pour la 3^{ème} sortie, les valeurs de matières en suspension au large varient dans l'intervalle [13 , 22.13] (mg/l) avec une moyenne de 18.98 mg/l et un écart type de 9.13

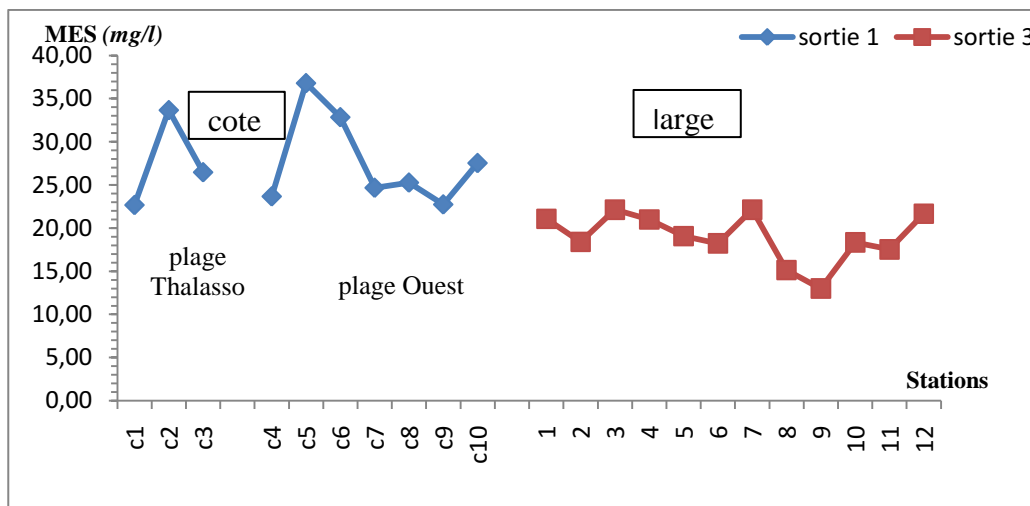


Figure IV.11 Variation des matières en suspension (MES) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

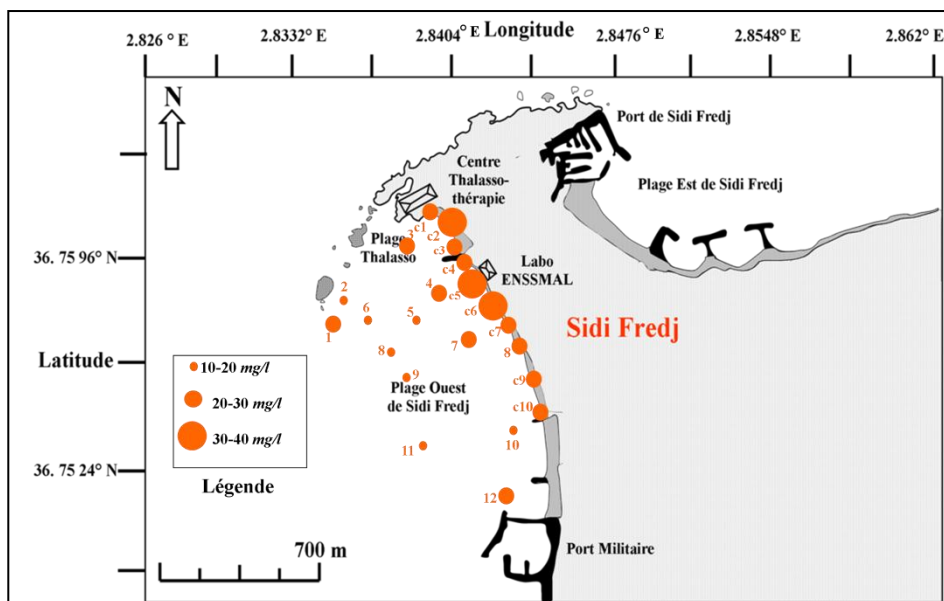


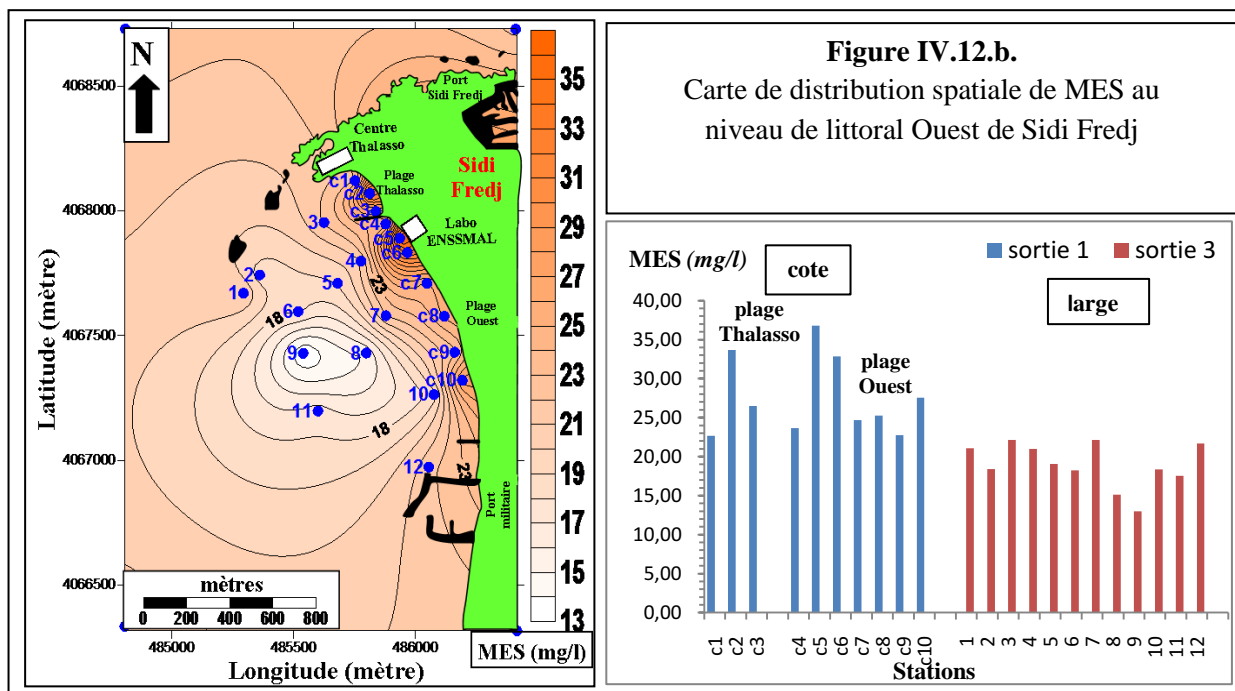
Figure IV.12.a. Répartition des matières en suspension au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

La période des prélèvements au niveau de la zone d'étude a été marquée par une faible agitation de la mer, malgré ça les concentrations en matières en suspension enregistrées sont très supérieures à la norme qui est de l'ordre de 0.5 à 5 mg/l en milieu côtier selon **Aminot et Chaussepied, 1983**.

Les matières en suspensions des eaux côtières majoritairement sont élevées par rapports à celles enregistrées au large. Les variations de la concentration en matières en suspension dépendent des conditions climatiques, de l'intensité de l'hydrodynamisme, diamètre des particules, de l'influence des apports marins et continentaux, et du cycle de développement du plancton. Nous pouvons dire que les maximales enregistrés au point de prélèvement (St c2, c5, c6) dépendent de la faible hauteur de la colonne

d'eau, où une faible agitation de la mer, va permettre les particules décantées en suspension. Cependant les minimales sont enregistrées presque au niveau de toutes les stations de large où la hauteur de la colonne d'eau est plus importante.

Ces fortes teneurs empêchent la pénétration de la lumière, compromettre le développement des œufs de certains espèces, réduire le stock de nourriture disponible et augmentent le colmatage des branchies, provoquant aussi leur asphyxie, (Rodier et al, 1996).



L'analyse des fractions organiques et minérales des matières en suspension est importante pour savoir l'origine de cette dernière.

IV.2.2. Matière Organique Particulaire (MOP)

Lors de la 1^{ère} sortie, la MOP varie entre un minimum de 12.24 mg/l (St c9) et un maximum de 25.20 mg/l (c5), avec une moyenne de 18.57 mg/l et un écart type de 3.86. Pour la 3^{ème} sortie au large la MOP varie entre un minimum de 8.43 mg/l (St 9) et un maximum de 16 mg/l (St 1) avec une moyenne 13.20 mg/l et un écart type 2.17.

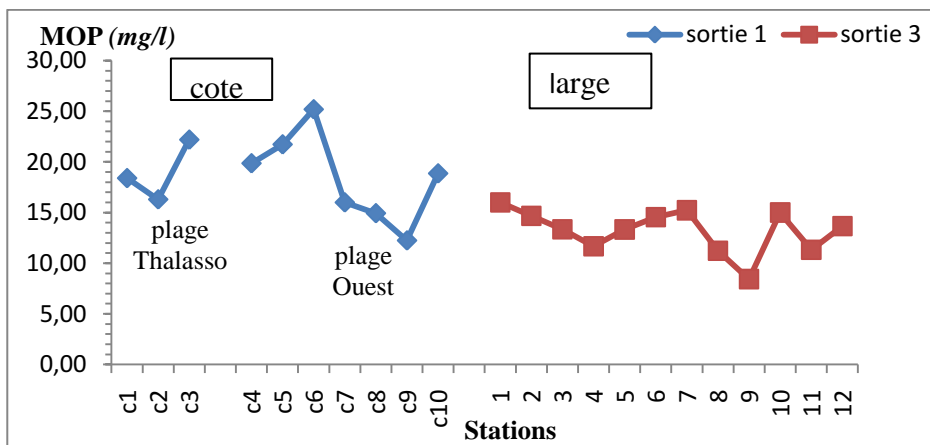


Figure IV.13. Variation de la matière organique particulaire au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

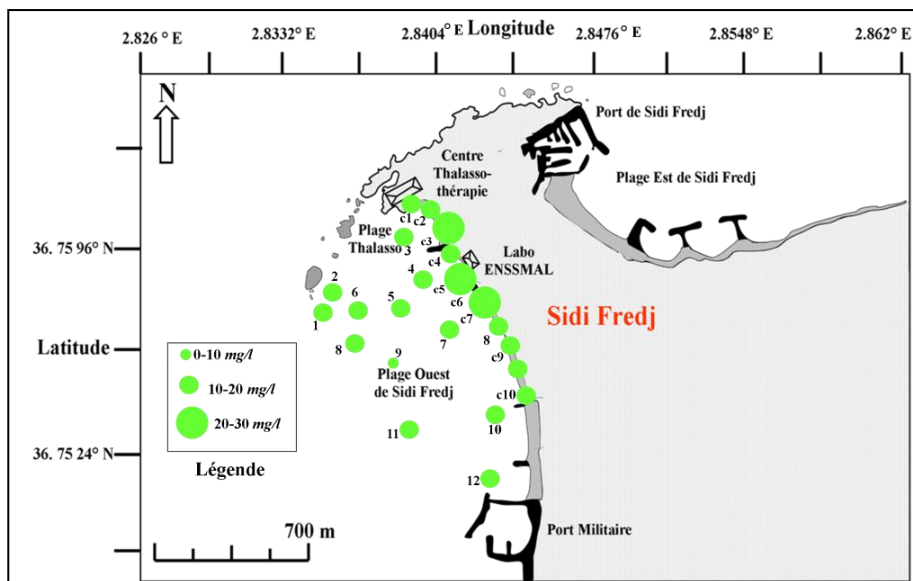


Figure IV.14.a. Répartition de la matière organique particulaire au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

Les fluctuations de la matière organique particulaire sont similaire au cycle des matières en suspension, dont les valeurs maximales sont enregistrées au niveau de la côte surtout pour les stations c3 face d'un rejet d'eaux usées, c5 face au rejet de labo ENSSMAL et les minimales au large surtout au niveau de la station 9. Ces fortes concentrations peuvent être expliquées par le cycle du développement phytoplanctonique et aussi à la remise en suspension des particules organiques sédimentées qui n'ont pas le temps suffisant pour s'oxyder à cause de la faible profondeur (milieu côtier).

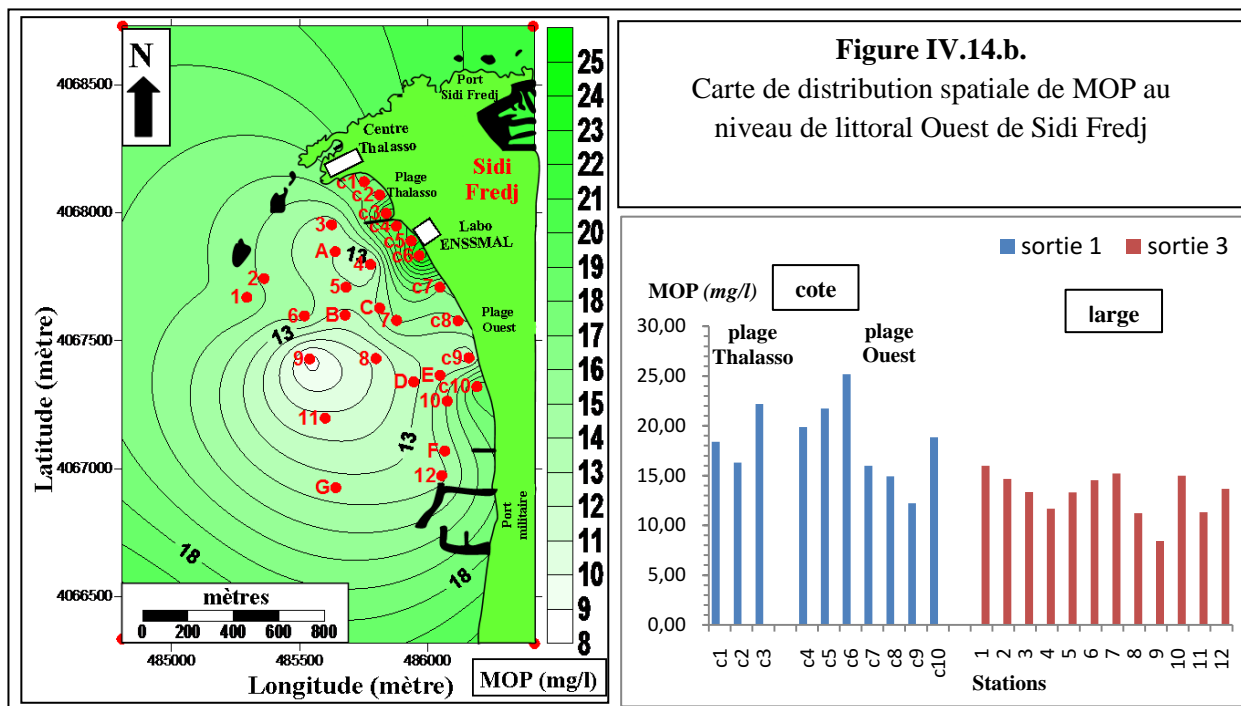


Figure IV.14.b. Carte de distribution spatiale de MOP au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj

IV.2.3. Matière Inorganique Particulaire (MIP)

Lors de la sortie 1, La matière inorganique particulaire varie entre un minimum de 3.80 mg/l (St c4) et un maximum de 17.37 mg/l (c2), avec une moyenne de 9.06 mg/l et un écart type de 4.53.

Lors de la 3^{ème} sortie au large varie entre un minimum de 3.34 mg/l (St 10) et un maximum de 9.33 mg/l (St 4) avec une moyenne 5.77 mg/l et un écart type 2.09.

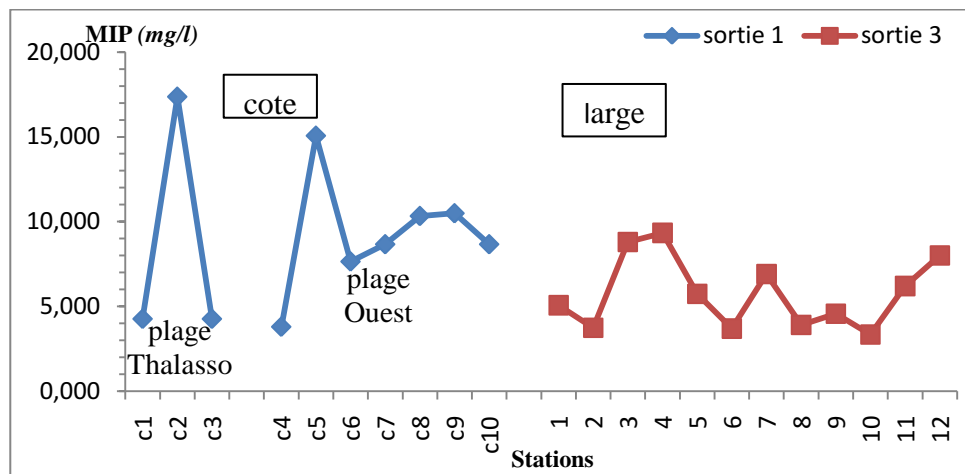


Figure IV.15. Variation de la matière inorganique particulaire au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

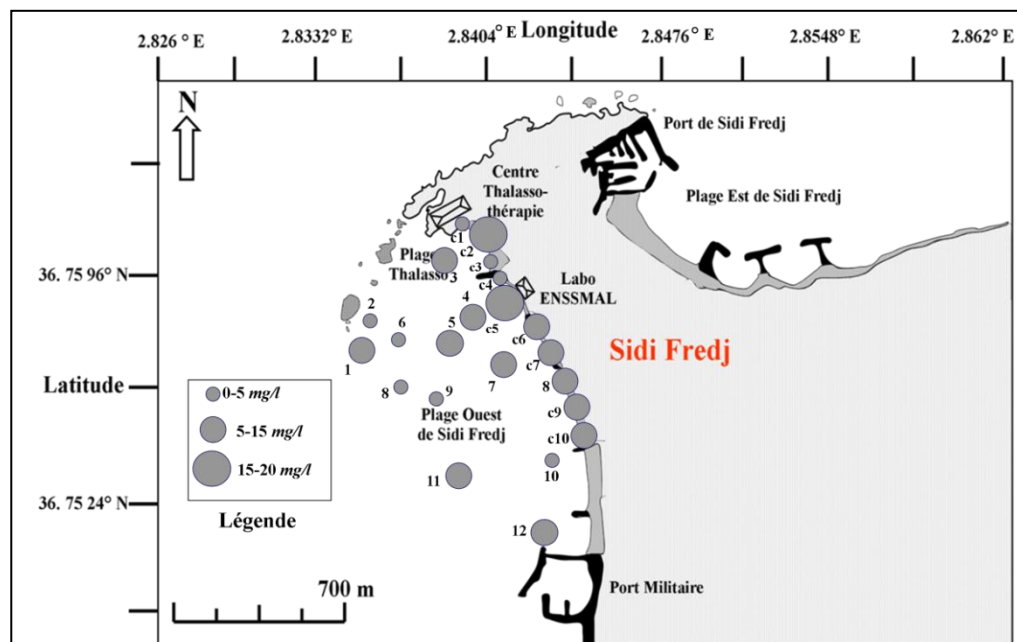


Figure. IV.16.a. Répartition de la matière inorganique particulaire au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

La matière inorganique particulaire représente des faibles valeurs par rapport à celles de la matière organique particulaire. Les valeurs minimales sont enregistrées majoritairement au large, ces minimales correspondent aux minimales enregistrés en matières en suspension.

Les valeurs maximales enregistrées (c2, c5) sont expliquées par l'oxydation de la matière organique particulaire par l'oxygène qui provient de la photosynthèse et le brassage des masses d'eau. Aussi peuvent être dues à la faible bathymétrie de point de prélèvement qui permet une remise en suspension rapide des particules par le facteur hydrodynamisme.

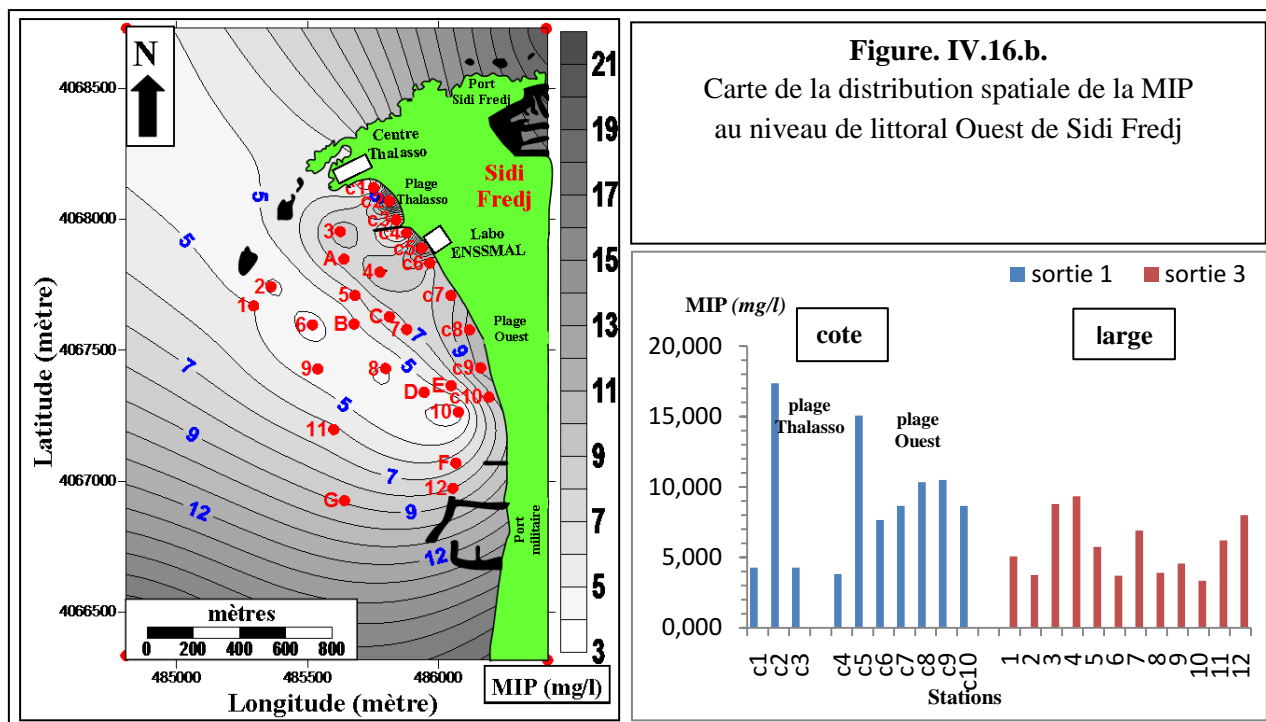


Figure. IV.16.b.
Carte de la distribution spatiale de la MIP
au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj

IV.2.4. Le rapport MIP/MOP

Le rapport MIP/MOP varie entre 0.19 et 1.07 avec une moyenne de 0.52 au niveau de la côte lors de la 1^{ère} sortie et varie entre 0.22 et 0.80 avec une moyenne de 0.45 lors de la 3^{ème} sortie au large.

Les valeurs inférieures à 1 sont enregistrées au niveau de toutes les stations à l'exception de la station c2 (1.07). Dans ce cas la présence de la matière organique particulière est plus importante de celle de la matière inorganique particulière.

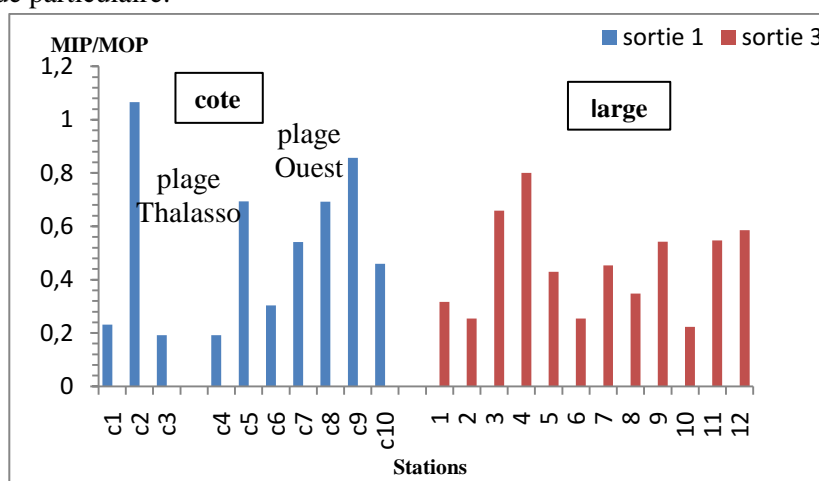


Figure IV.17. Variation de rapport MIP/MOP au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

Ce rapport permet de donner un indice sur la qualité trophique des eaux du milieu, où les valeurs inférieures ou proches à 1 représentent des eaux de bonne qualité trophique et les valeurs supérieures à 1 sont la conséquence d'une augmentation de la fraction minérale par rapport à la fraction organique, qui indique une baisse de la qualité trophique des eaux.

IV.2.5. *Chlorophylle a*

Lors de la 3^{ème} sortie, les teneurs en *chlorophylle-a* oscillent entre un maximum de 1.23 µg/l au niveau de la station 4 et un minimum de 0.40 µg/l au niveau de la station 12, avec une moyenne de 0.86 µg/l et un écart type de 0.32 µg/l

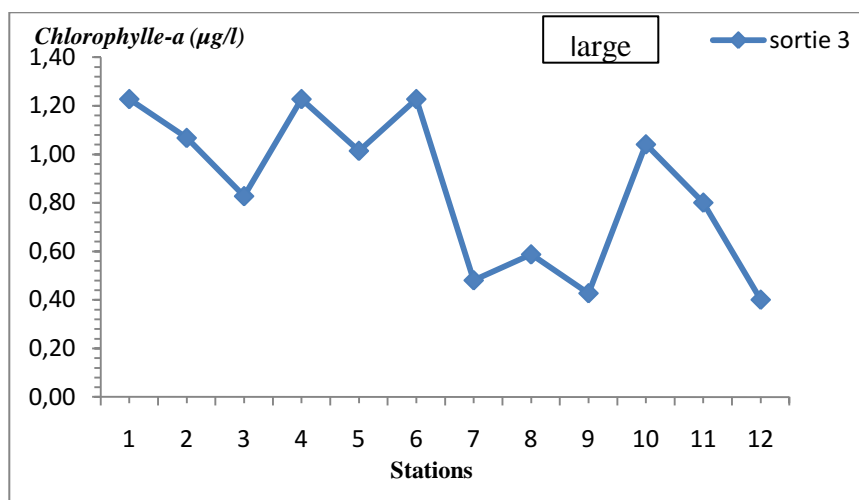


Figure IV.18. Variation de la *chlorophylle-a* au niveau littoral Ouest de Sidi Fredj.

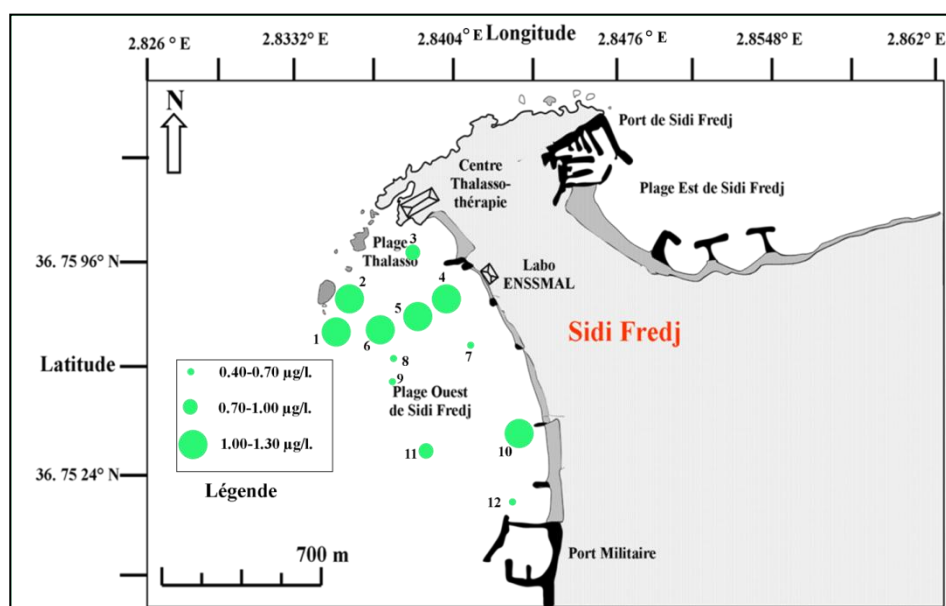


Figure IV.19.a. Répartition de la *chlorophylle-a* au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

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

Nous avons enregistré des fortes valeurs au niveau des stations 1, 2, 4, 5, 6 et 10 elles peuvent être dues à une forte activité photosynthétique.

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

L'apport important des sels minéraux nutritifs du bassin versant en période de pluie, qui enrichisse fortement le milieu explique les fortes concentrations, nous pouvons aussi dire que les égouts, les rejets urbains expliquent les fortes poussées de la *chlorophylle-a*.

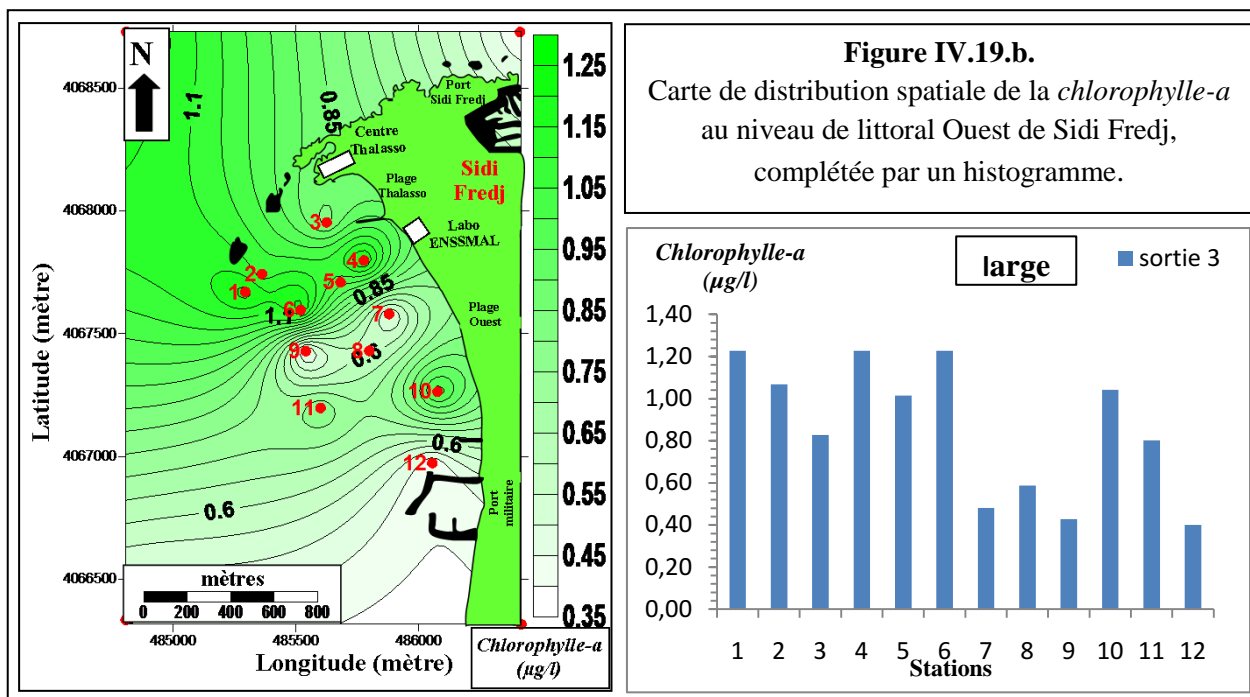


Figure IV.19.b.
Carte de distribution spatiale de la *chlorophylle-a* au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj, complétée par un histogramme.

IV.3. Variations et distributions spatiale des sels nutritifs

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

Tableau IV.3. Valeurs minimales, moyennes, extrêmes et l'écart type des sels nutritifs des eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.

Lieu	[NO ₃ ⁻] (µmol/l)		[NO ₂ ⁻] (µmol/l)		[NH ₄ ⁺] (µmol/l)		[PO ₄ ³⁻] (µmol/l)		[SiO ₂ ⁻] (µmol/l)	
	Côte	large	Côte	large	Côte	large	Côte	large	Côte	large
	Sortie1	Sortie3	Sortie1	Sortie3	Sortie1	Sortie3	Sortie1	Sortie3	Sortie1	Sortie3
Minimum	0.76	0.97	0.04	0.04	0.55	0.33	0.11	0.24	1.48	0
Maximum	5.1	3.02	0.24	0.12	4.1	2.55	0.32	0.41	11.85	12.18
Moyenne	2.59	1.93	0.13	0.08	2.37	1.48	0.22	0.32	6.20	1.99
Ecart type	1.35	0.53	0.07	0.02	0.85	0.79	0.08	0.06	3.94	3.74

IV.3.1. Variation des nitrates

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

Les nitrates participent au phénomène d'eutrophisation, en faible concentration de l'oxygène, les nitrates peuvent jouer un rôle de donneurs d'oxygène, (Rodier, 2005).

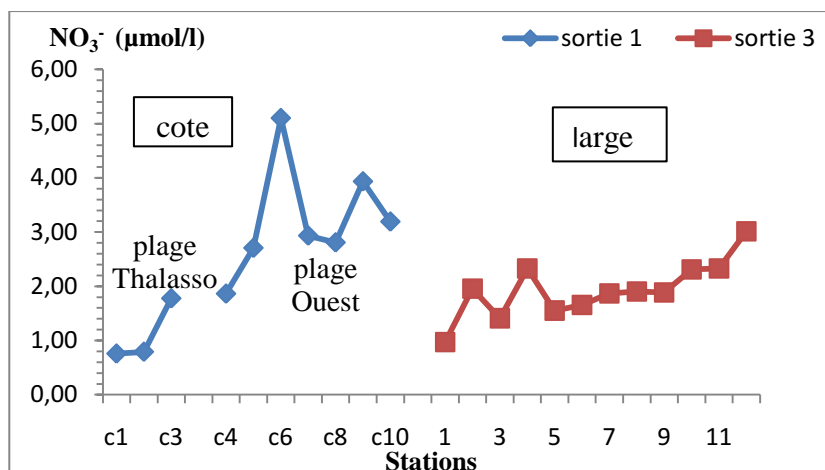


Figure IV.20. Variation des nitrates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.

Les valeurs de la concentration des nitrates dans les eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj, lors de la 1^{ère} sortie varient considérablement entre les stations. Nous avons des valeurs qui varient entre un minimum de $0.76 \mu\text{mol/l}$ (St c1) et un maximum de $5.1 \mu\text{mol/l}$ (St c6), avec moyenne et un écart type de $2.59 \mu\text{mol/l}$ et 1.35 respectivement.

Lors de la 3^{ème} sortie au large nous avons des valeurs qui varient entre un minimum de $0.97 \mu\text{mol/l}$ (St 1) et un maximum de $3.02 \mu\text{mol/l}$ (St 12), avec une moyenne de $1.93 \mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0.53 .

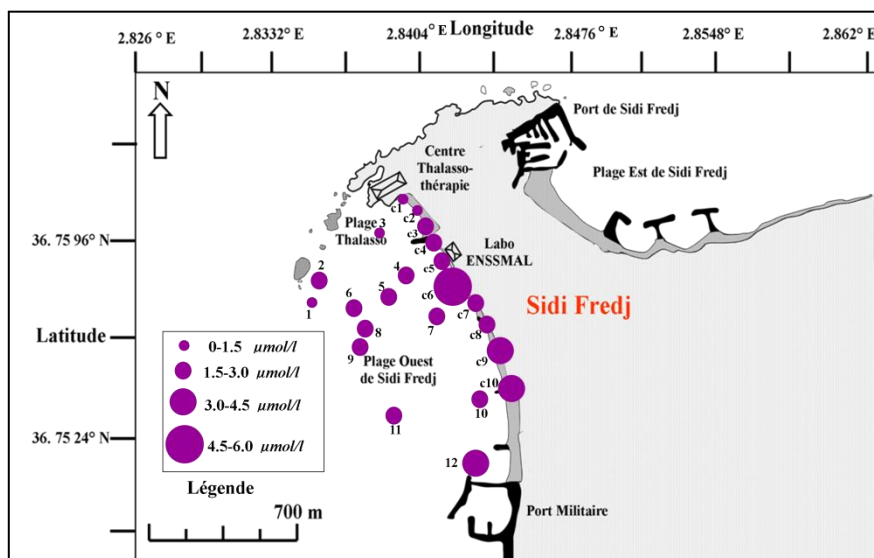


Figure. IV.21.a. Répartition des nitrates au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

En surface, les concentrations sont faibles presque au niveau de toute la zone. Ceci peu être expliqué par le résultat du mélange des eaux et l'importance de l'activité photosynthétique. Les fortes valeurs de l'oxygène dissous aux mêmes endroits peuvent supporter cette hypothèse (figure IV.10.b).

Au niveau de la plage Ouest autour des stations c6, c9, c10 et 12 apparaissent des concentrations en nitrates supérieures à $3 \mu\text{mol/l}$ qui peuvent provenir de l'extérieur par des rejets urbains suite à la dégradation et l'oxydation de la matière organique.

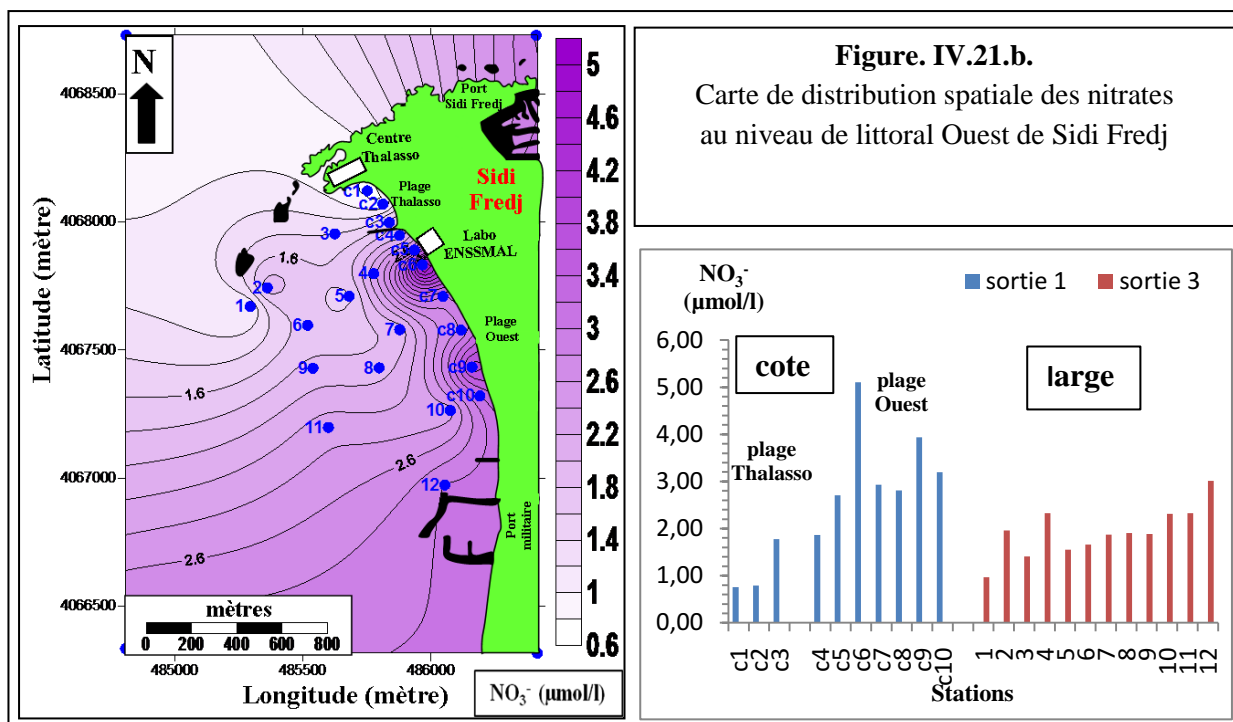


Figure. IV.21.b.
Carte de distribution spatiale des nitrates au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj

IV.3.2. Variation des nitrites

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

Les concentrations en nitrites connaissent des variations saisonnières, qui varient en hiver entre 0.5 et 1 µmol/l et atteint des valeurs très faibles en été (< à 0.01µmol/l) suite au développement du phytoplancton. (Aminot et Chaussepied, 1983).

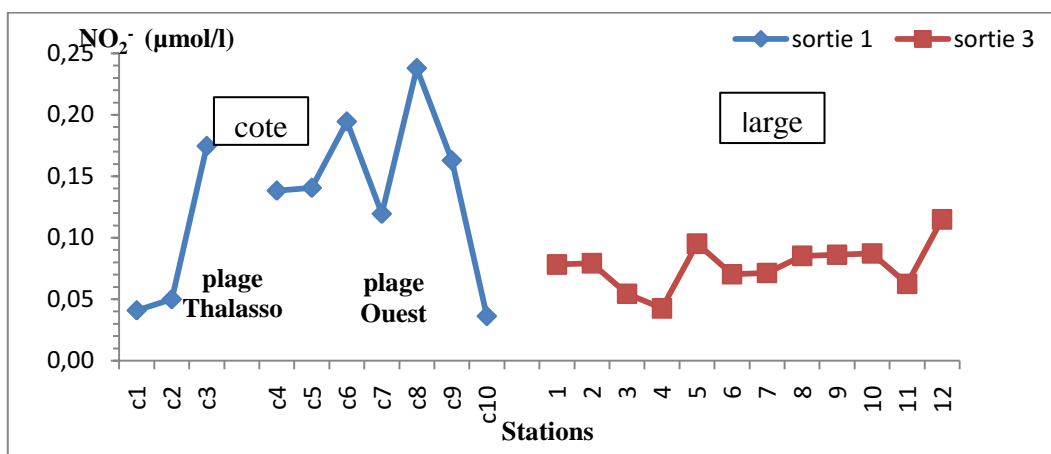


Figure IV.22. Variation des nitrites (µmol/l) dans les eaux de surface au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

Lors de la période de prélèvement (sortie 1), les eaux de surface caractérisées par des valeurs en nitrites comprises entre un minimum de 0.04 µmol/l (St c1 et St c10) et un maximum de 0.24 µmol/l (St8) avec un écart type de 0.07 et une moyenne de 0.13 µmol/l.

Pour la troisième sortie (large), les teneurs en nitrites sont comprises entre un minimum de 0.04 $\mu\text{mol/l}$ (St4) et un maximum de 0.12 $\mu\text{mol/l}$ (St 12), avec une moyenne de 0.08 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0.02.

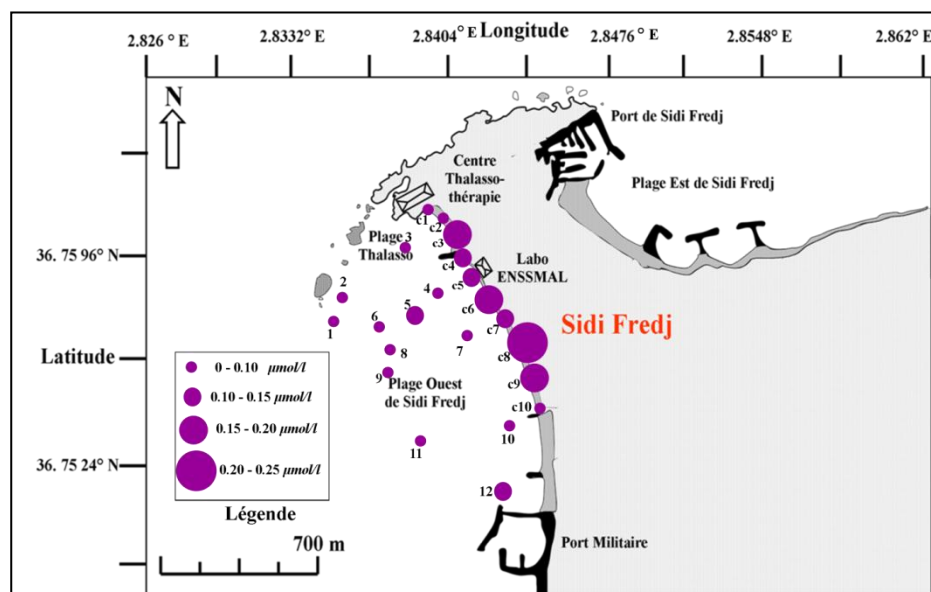


Figure. IV.23.a. Répartition des nitrites au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

Les concentrations en nitrites sont faibles sur toute la surface de la zone d'étude à l'exception des stations c3, c6, c8, c9 qui montre des teneurs plus ou moins significatives, certainement originaires des rejets d'eau usée urbaine où se dégrade d'une manière importante la matière organique.

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

Toutefois, il faut noter qu'en plus d'être un élément nutritif en milieu marin, les nitrites à fortes concentrations altèrent le système respiratoire des poissons (les branchies), d'où leur qualification d'élément nocif et mortel.

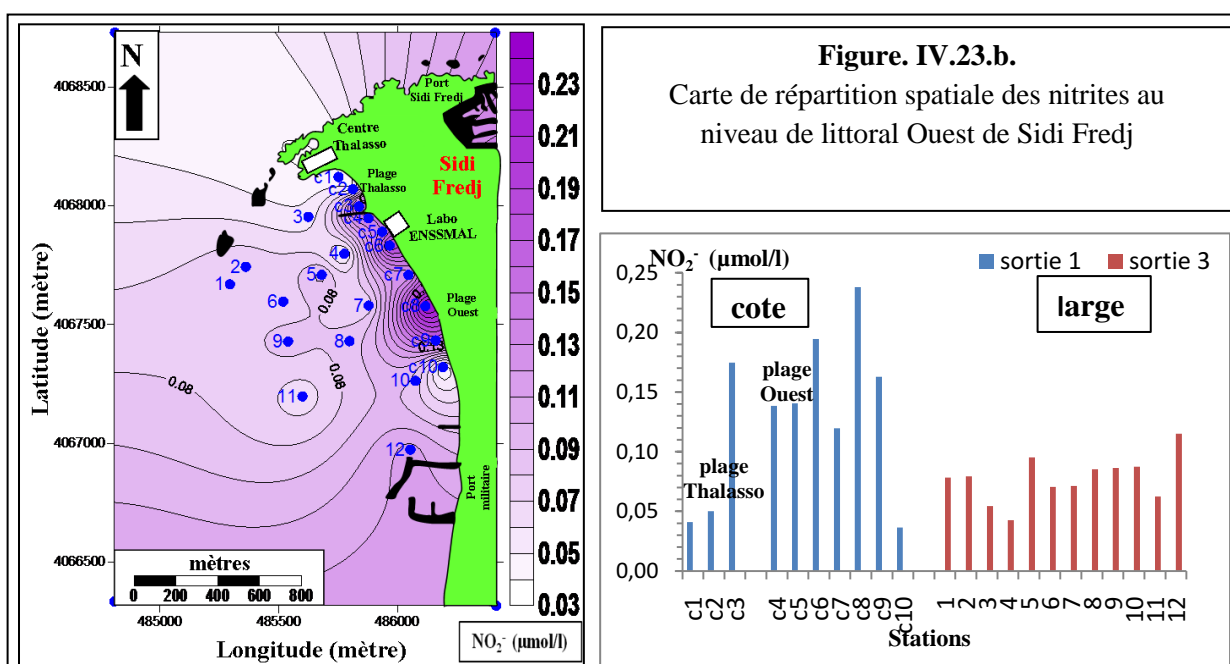


Figure. IV.23.b. Carte de répartition spatiale des nitrites au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj

IV.3.3. Variation de l'ammonium

L'ammoniac est le principal produit rejeté par les poissons. L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine : la matière végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine (L'homme élimine 15 à 30g d'urée par jour), les rejets industriels, les engrais, etc. sa présence est à rapprocher des autres éléments azotés identifiés dans l'eau : nitrites et nitrates. **(Rodier, 2005)**.

L'ammoniac existe sous deux formes dans l'eau, une forme non ionisée NH_3 toxique et NH_4^+ (ammonium) moins toxique. **(Geoffroy, 2008)**.

En générale, l'ammoniac se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation. **(Rodier, 2005)**. Une eau bien oxygénée ne contient que des traces de l'azote ammoniacal et de nitrites. **(Aminot et Chaussepied, 1983)**.

Les valeurs de l'ammonium (sortie 1) sont comprises entre 0.55 (St9) et 4.1 $\mu\text{mol/l}$ (St5), avec moyenne de 2.37 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type 0.85 **(Figure IV.25)**.

Pour la sortie 3, sont comprises entre 0.33 (St 4) et 2.55 $\mu\text{mol/l}$ (St 3) avec une moyenne de 1.48 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0.79.

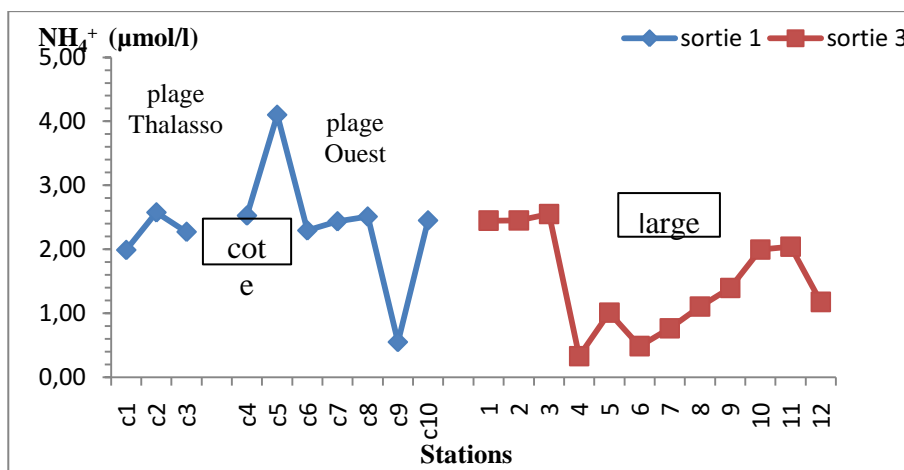


Figure IV.24. Variation de l'ammonium ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.

La distribution horizontale de l'ammonium montre un gradient de décroissance de la côte vers le large. Les valeurs élevées de NH_4^+ se localisent majoritairement près de la côte où l'influence côtière se fait sentir par les fortes teneurs de l'ammonium relevées aux rejets de centre de Thalassothérapie. En effet, cette partie de la baie reçoit probablement des rejets urbains qui sont souvent chargés en NH_4^+ . Les valeurs moyennes occupent le centre de la zone d'étude.

En effet, l'ammonium est une forme transitoire entre l'ammonification et la nitrosation. En présence de l'oxygène dissous, cet ammonium s'oxyde en nitrite dans la zone euphotique.

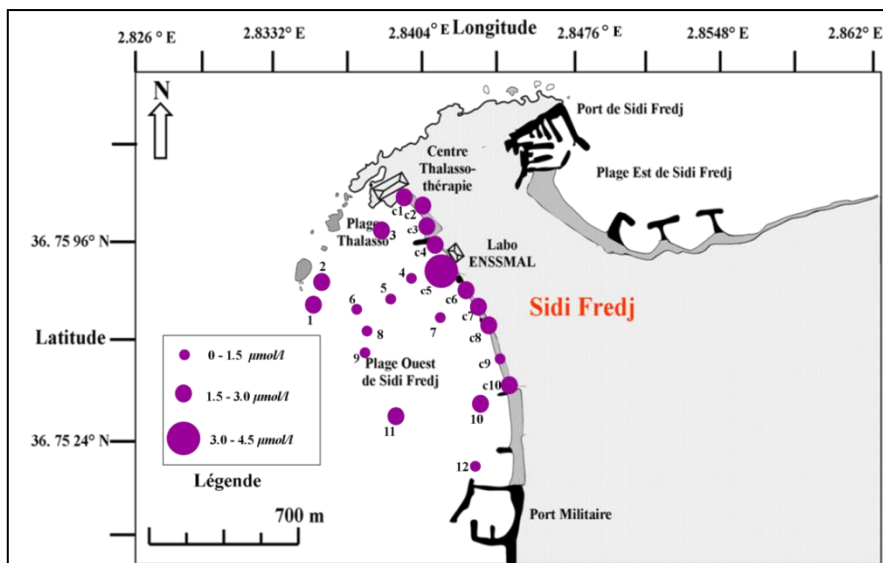


Figure IV.25.a. Répartition de l’ammonium au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.

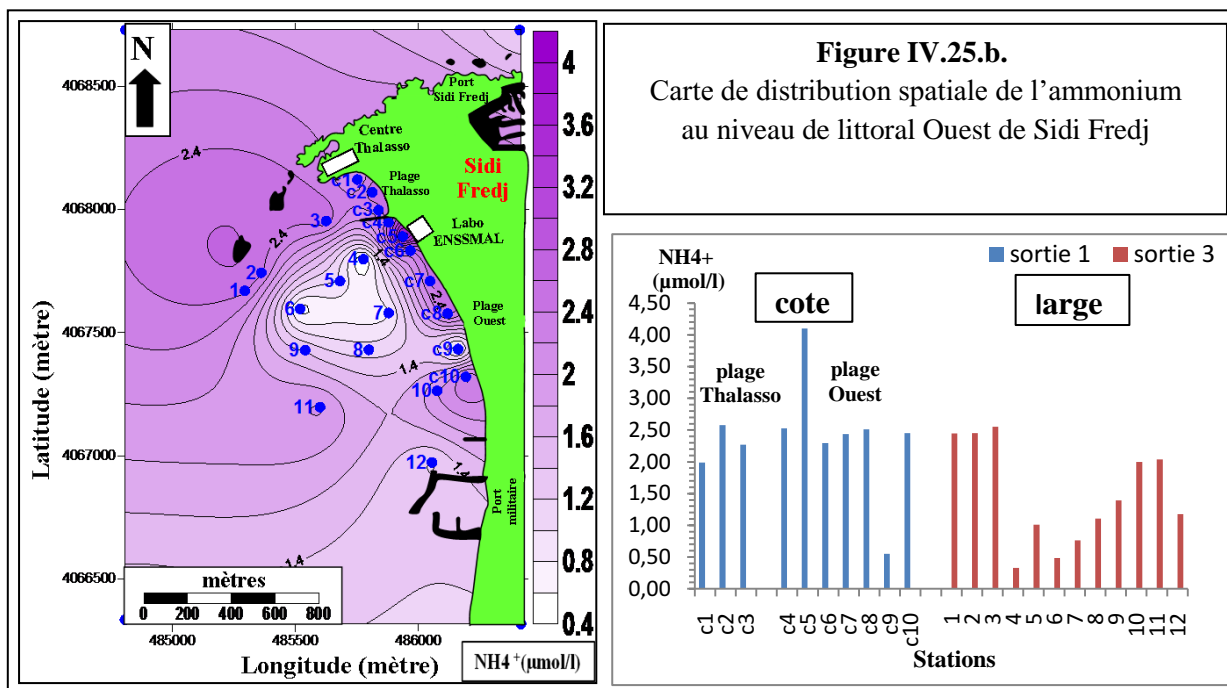


Figure IV.25.b. Carte de distribution spatiale de l’ammonium au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj

IV.3.4. Variation des phosphates

Les concentrations des orthophosphates des eaux de surface (sortie 1) sont comprises entre un minimum de 0.11 µmol/l (St3) et un maximum de 0.32 µmol/l (St10), avec une moyenne de 0.22 µmol/l et un écart type de 0.08. (Figure IV.27).

Pour la troisième sortie sont comprises entre un minimum de 0.24 µmol/l (St 12) et un maximum de 0.41 µmol/l (St 5), avec une moyenne de 0.32 µmol/l et un écart type de 0.06.

A quelques différences près, nous observons presque la même distribution des phosphates.

En effet, les eaux de surface montrent des teneurs maximales en phosphates dans la partie centrale de la plage de Thalassothérapie et au niveau de la plage Ouest (St c8, c9 et c10).

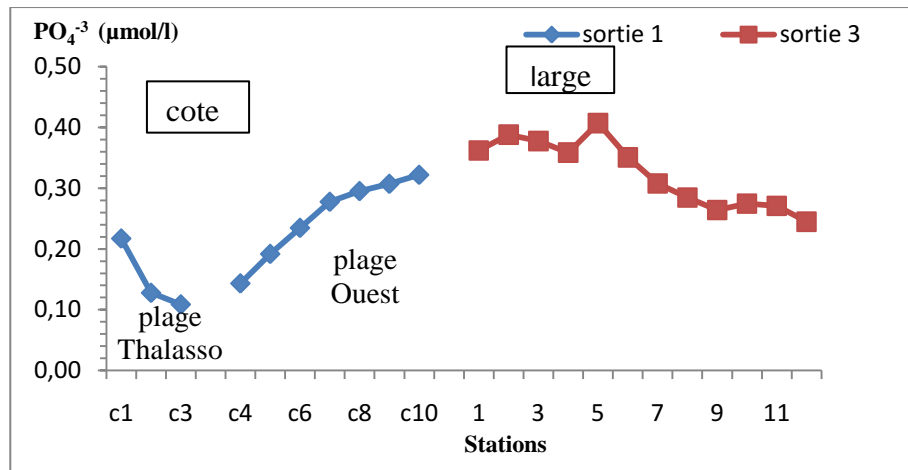


Figure IV.26. Variation des phosphates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.

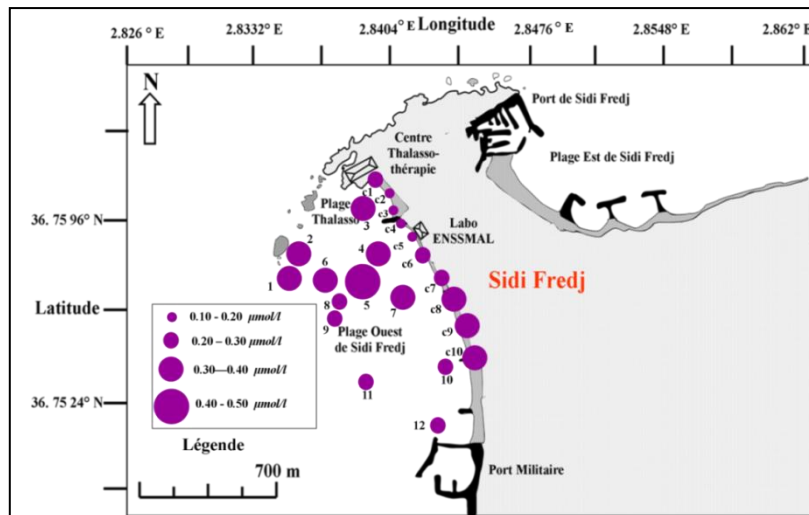
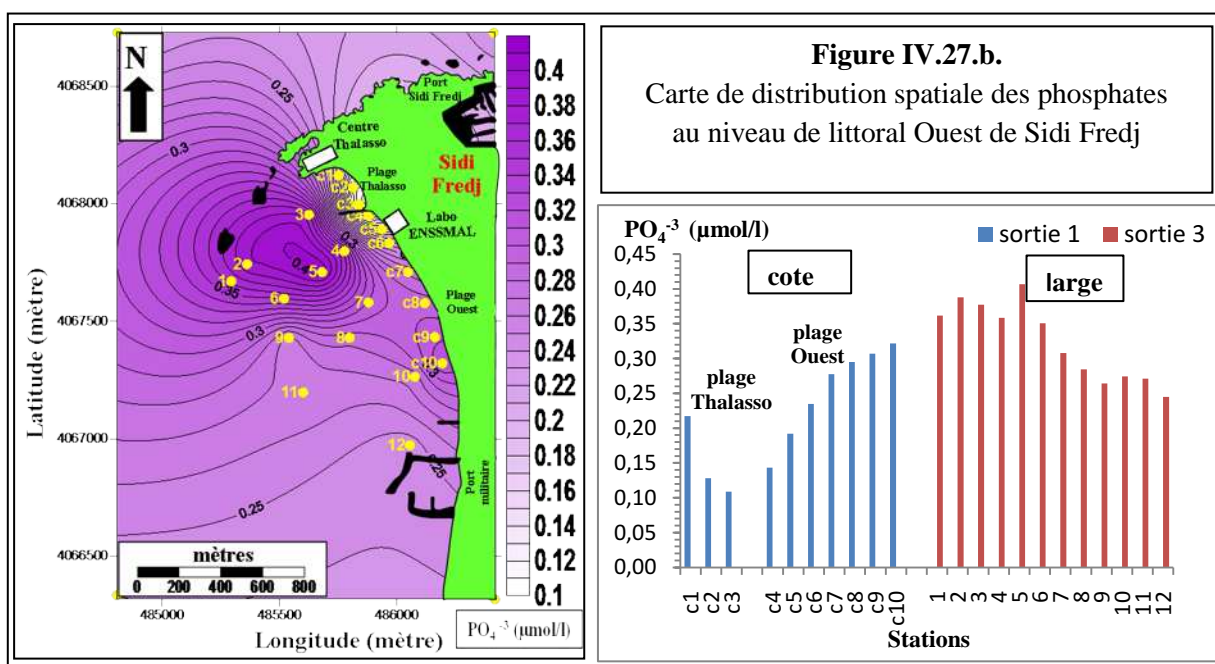


Figure IV.27.a. Répartition des phosphates au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.



IV.3.5. Variation des Silicates

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

Les valeurs des silicates (sortie 1) sont comprises entre 1.48 $\mu\text{mol/l}$ (St c8) $\mu\text{mol/l}$ et 11.85 (St c9) $\mu\text{mol/l}$, avec une moyenne de 6.20 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 3.94 (**Figure IV.28**). Pour la sortie 3 au large, sont comprises entre 0 $\mu\text{mol/l}$ (St 5,8) et 12.18 $\mu\text{mol/l}$ (St 4) avec une moyenne de 1.22 et un écart type de 3.74.

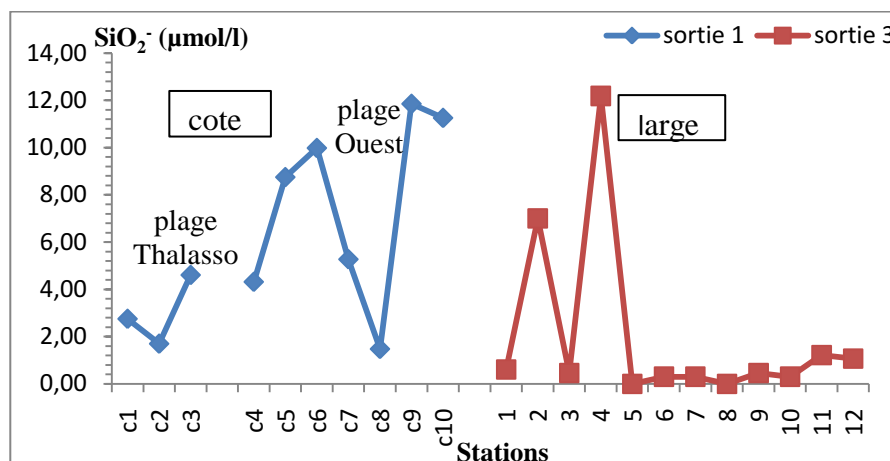


Figure IV.28. Variation des silicates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.

L'examen de la distribution des silicates montre des teneurs élevées au niveau de la côte par rapport au large à l'exception de la station 4 qui a une teneur maximale.

Cette richesse en silice dissoute peut être en relation avec les apports côtiers (ou l'interaction des eaux avec la côte) et/ou encore avec la dissolution des tests siliciques et la diffusion à partir des sédiments marins. L'absence du silicium est marquée au niveau des stations 5 et 8.

Dans le reste de zone d'étude (large) les concentrations de la silice sont homogènes et paraissent pauvres en silice se traduit, probablement, par son assimilation par le phytoplancton plus particulièrement les diatomées, ils rentrent dans la composition de leur squelette calcaire.

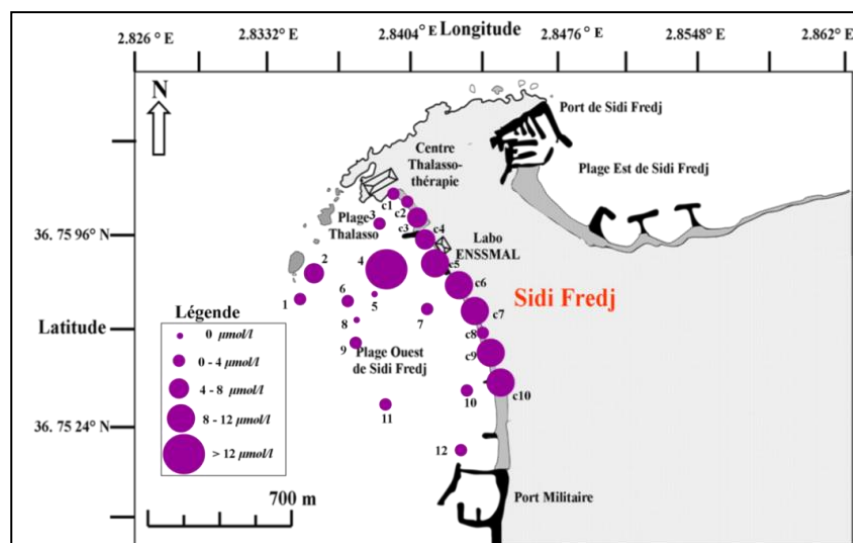
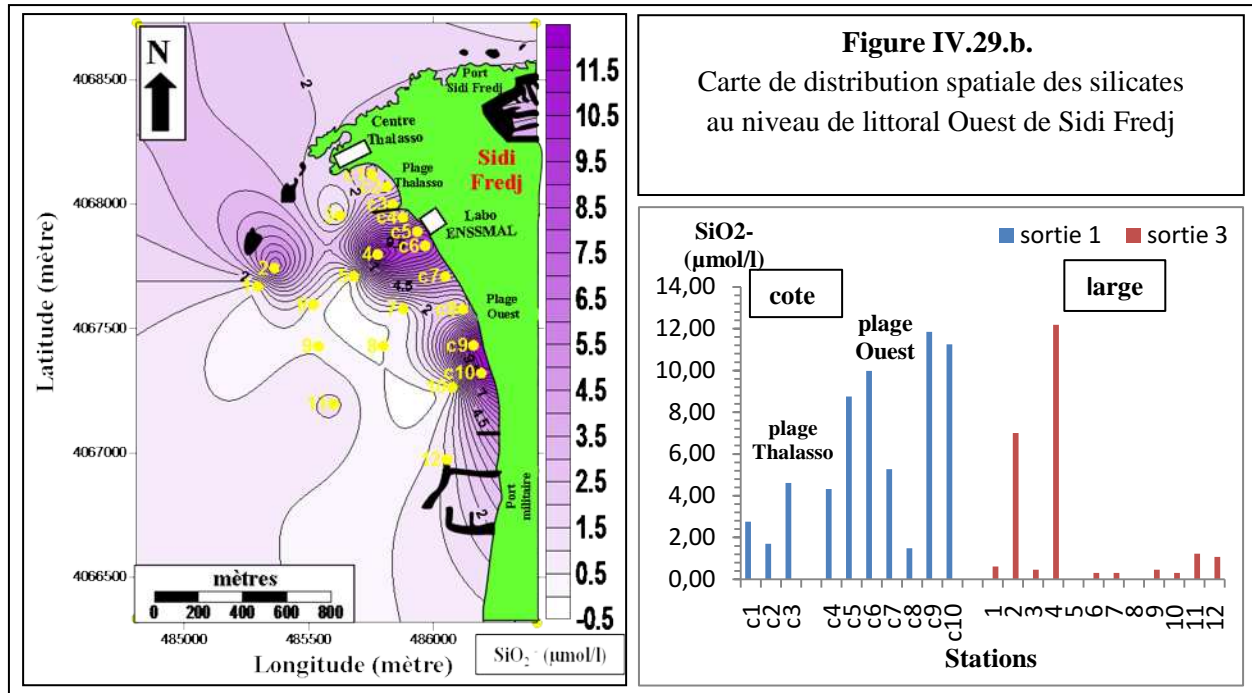


Figure IV.29.a. Répartition des silicates au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj.



IV.4. Evaluation des paramètres bactériologiques

Tableau IV.4. Valeurs minimales, moyennes, extrêmes et l'écart type des paramètres bactériologiques des eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.

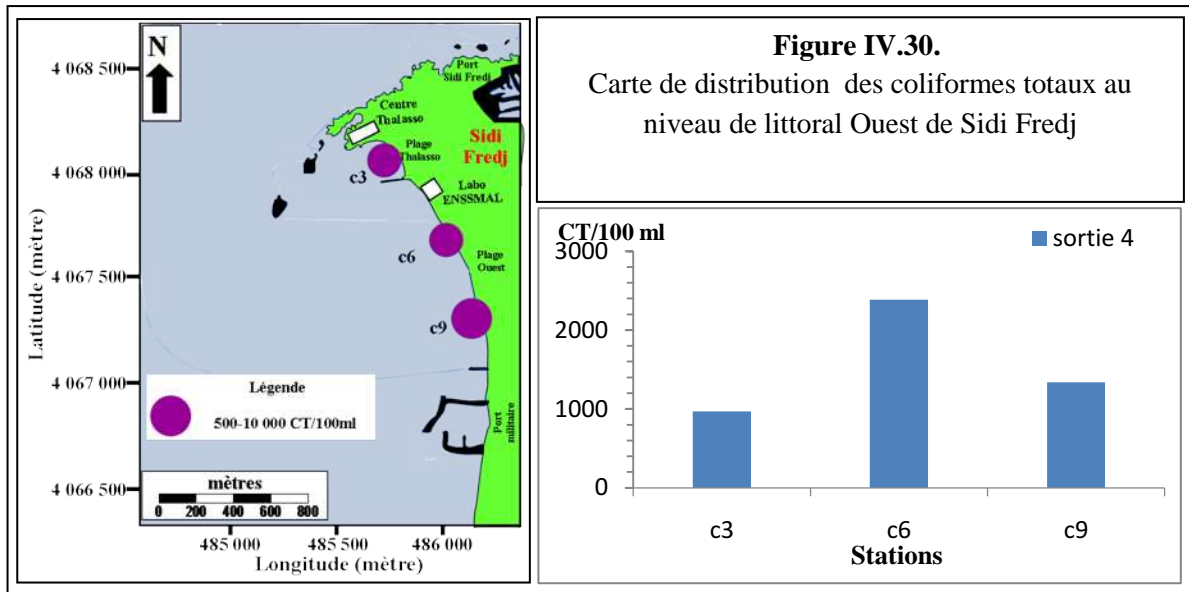
	Coliformes totaux (CT/100ml)	Coliformes fécaux (CF/100ml)	Streptocoques fécaux (SF/100ml)
Lieu	Côte (sortie 4)		
Minimum	970	4	98
Maximum	2384	29	125
Moyenne	1563	17	109
Ecart type	733.90	12.52	13.86

IV.4.1. Résultats de recherche et de dénombrement des germes indicateurs de la pollution

IV.4.1.1. Les coliformes totaux (CT)

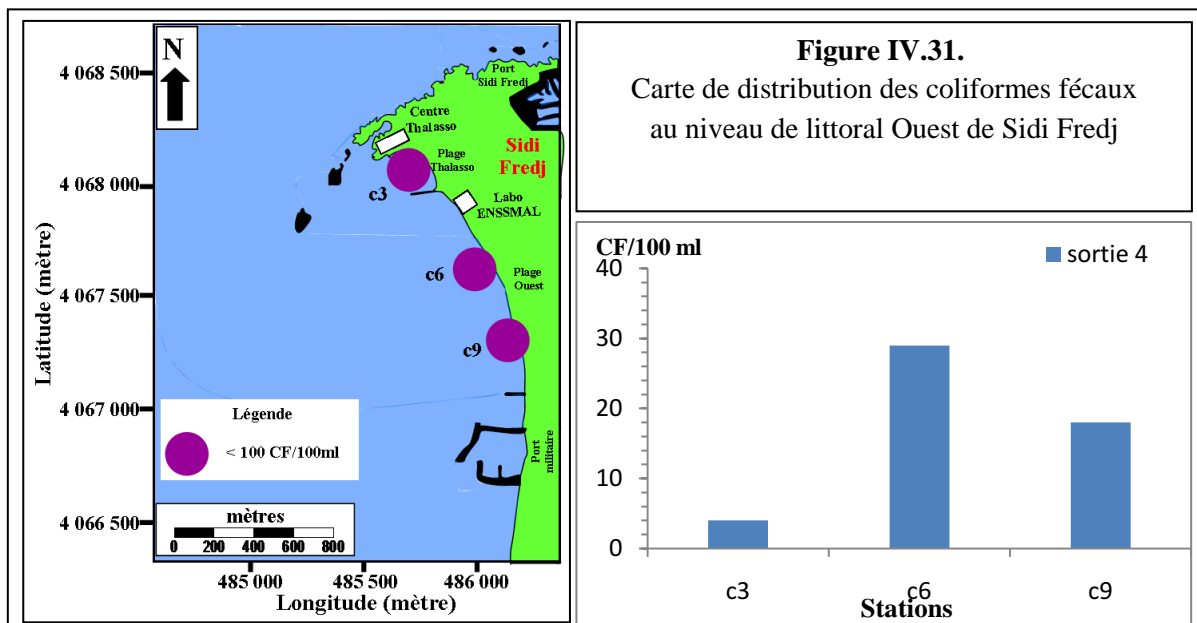
La **figure IV.30** montre que toutes les valeurs moyennes en coliformes totaux sont comprises entre les valeurs guides (500 CT/100 ml) et les valeurs limites (10 000 CT/100 ml) (**Jora, 1993**).

Néanmoins, c'est au niveau de station c6 que nous enregistrons la plus grande valeur, nous pensons que ceux sont des taux résiduels dus aux eaux usées rejetées par les égouts.



IV.4.1.2. les coliformes thermotolérants « fécaux » (CF)

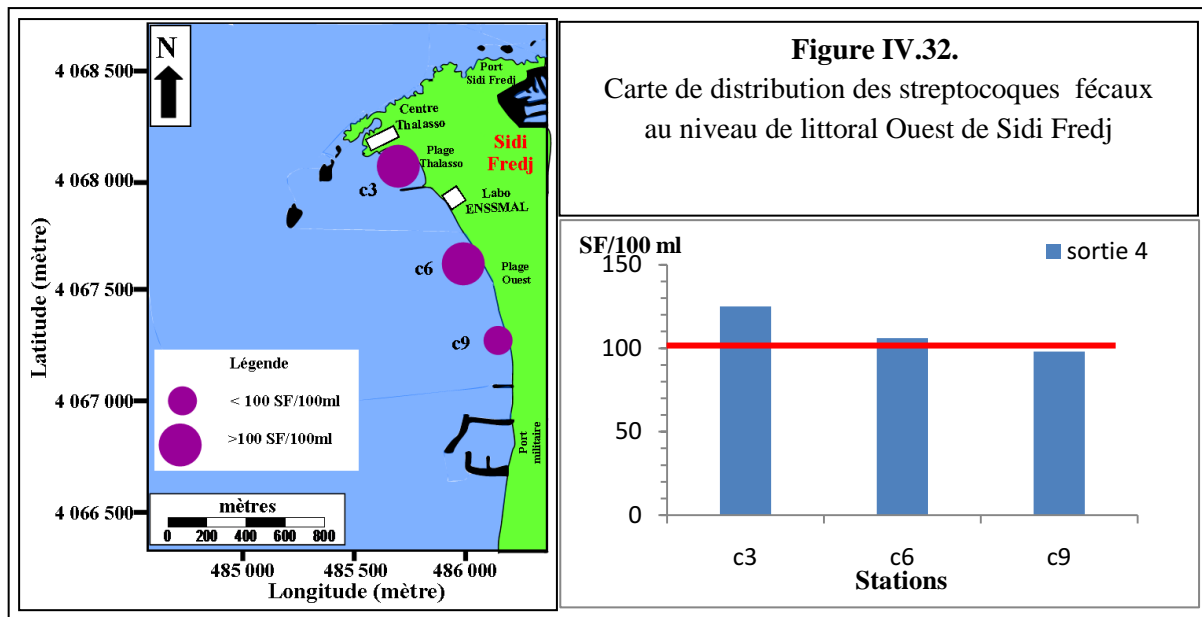
Dans cette étude, nous avons ciblées les coliformes d’origine fécale dont *E.coli* car c’est l’espèce la plus fréquemment associées à ce groupe bactérien.



La **figure IV.31** Montre que la concentration la plus élevée en coliformes fécaux est constatée au niveau de la station c6, néanmoins, toutes les valeurs sont largement en dessous, des normes impératives : 2000 CF/100ml, et mêmes des normes guides : 100 CF/100ml. (Jora, 1993 et OMS, 1995).

IV.4.1.3. Les Streptocoques Fécaux (SF)

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



A la vue des résultats, on remarque que toutes les stations présentent des concentrations moyennes en streptocoques fécaux plus élevées que les normes de salubrité qui sont de 100 SF/100ml. (Jora, 1993).

IV.4.2. Résultats d'identification des germes pathogènes

A l'aide des différents tests d'identification précités, nous avons identifié un certain nombre de bactéries plus ou moins pathogènes, dont les plus importants, ainsi que les étapes suivies pour leur identification, sont résumés comme suit :

IV.4.2.1. Les entérobactéries

IV.4.2.1.a. Les Salmonelles

Après plusieurs repiquages des colonies suspectées sur milieu Hektoene, à partir des cultures pures, nous avons constaté la présence des salmonelles au niveau de la zone d'étude (station c6).

- La coloration des Gram : bacilles Gram –
- Le test d'oxydase : oxydase (-).
- Le test de la catalase : catalase (-).
- Le test TSI : TSI (+).

IV.4.2.1.b. les Vibrionacées

Après plusieurs repiquages des colonies suspectées sur milieu NAB, à partir des cultures pures, nous avons établi l'absence des vibrions au niveau de la zone d'étude.

- La coloration des Gram : bacilles Gram –
- Le test d'oxydase : oxydase (+).
- Le test de la catalase : catalase (-).

IV.5. Etude de la corrélation linéaire (Analyse binaire)

L'analyse binaire est une méthode pour le traitement et l'étude des comportements d'un paramètre par rapport à l'autre dont l'objectif est la mise en évidence des relations et dépendances qui peuvent exister entre ces paramètres.

IV.4.1. Diagramme de corrélation Température/Salinité (T.S)

Le diagramme T-S est utilisé pour la détermination des masses d'eau marines et leurs caractéristiques. Comme nos données ne concernent que les eaux superficielles, ce diagramme montre une relation étroite entre ces deux paramètres, ce qui reflète le brassage des eaux qui paraît plus ou moins important (fin de la période hivernale et début de la période printanière).

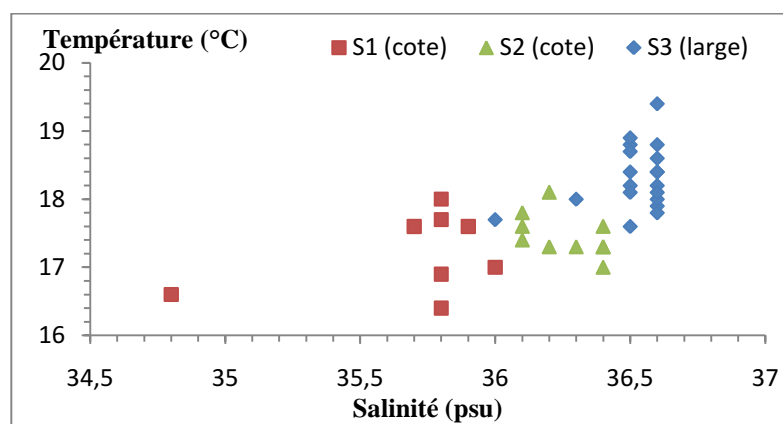


Figure IV.33. Diagramme de corrélation Température/Salinité (T.S).

On peut distinguer les principaux groupes de points suivants :

- Quelques points ayant des salinités inférieures à environ 34,8 PSU (sortie1: St c3), 36,3 PSU (sortie3: St 3) représentant l'eau de mer adoucie par l'eau continentale au niveau d'une embouchure et 36 PSU (sortie3 : St 1) représentant l'ouverture aux eaux de large.
- Un nuage de points (sortie1, sortie2, sortie3) qui sont étroitement liés entre eux renseigne sur le mélange important des eaux dans la période fin poste hivernale. Ce nuage caractérise une masse d'eau de salinité allant de 35,7 PSU à 36,6 PSU (sortie1), de 36,1 PSU à 36,4 PSU (sortie2), de 36,5 PSU à 36,6 PSU et des températures entre 16,4 °C à 18 °C (sortie1), de 17 °C à 18,1 °C (sortie2) et de 17,6 °C à 18,9 °C. ces valeurs décrivent l'eau atlantique modifiée (MAW) qui occupe presque la totalité de littoral ouest de Sidi Fredj et forme sa masse d'eau principale.

IV.4.2 Diagramme de corrélation Température/pH

Le pH de l'eau de mer varie en fonction de la modification des concentrations en CO_2 (respiration, photosynthèse ou échange air-océan) ou en CO_3^{2-} (précipitation) qui sont eux-mêmes en fonction de la température et pH. Ce diagramme montre une corrélation négative entre température et pH, cela peut être expliqué par l'influence des pollutions rencontrées par les rejets de centre Thalassothérapie et par certains rejets industriels ou les apports d'eau de ruissellement qui sont la cause de variation du pH qui s'avère être dans ce cas un indice de pollution.

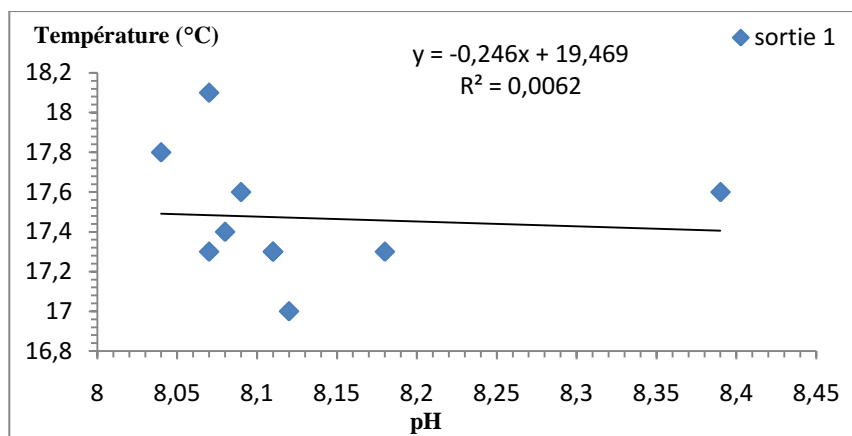


Figure. IV.34. Diagramme de corrélation entre la Température et le pH.

IV.4.3. Diagramme de corrélation Température/Oxygène dissous

La solubilité ou la saturation en oxygène dissous varie en fonction de la température, elle augmente avec la diminution de la température. La corrélation montre une distribution très diffuse et non significative. Cela peut être expliqué par l'influence des pollutions rencontrées par les rejets de centre Thalassothérapie et les différents apports (agricoles et industriels).

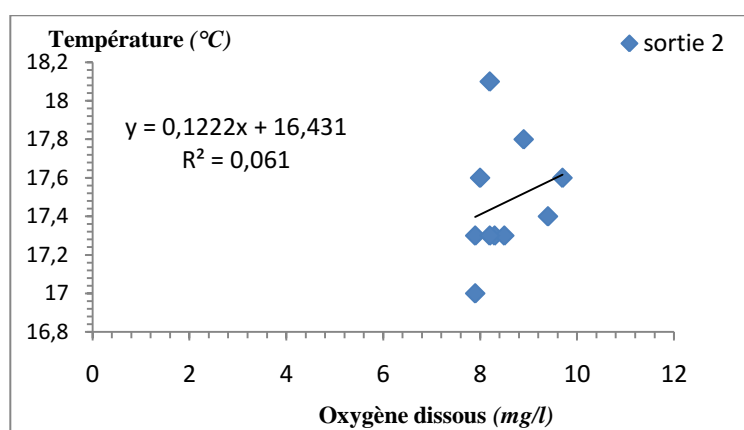


Figure. IV.35. Diagramme de corrélation entre Température et l'Oxygène dissous.

IV.4.4. Corrélation entre la Température et les Sels nutritifs

Les corrélations les plus significatives sont celles avec les nitrates et l'ammonium. Ces corrélations n'ont pas de signification importante dans les eaux côtières et sont montrées à titre indicatif.

IV.4.4.1. Diagramme de corrélation Température/Nitrates

Cette corrélation présente une certaine linéarité, le coefficient de corrélation est positif et significatif. Cette distribution peut renseigner sur les processus oxydatifs des nitrites en nitrates qui évoluent en fonction de la température ou probablement aussi l'origine.

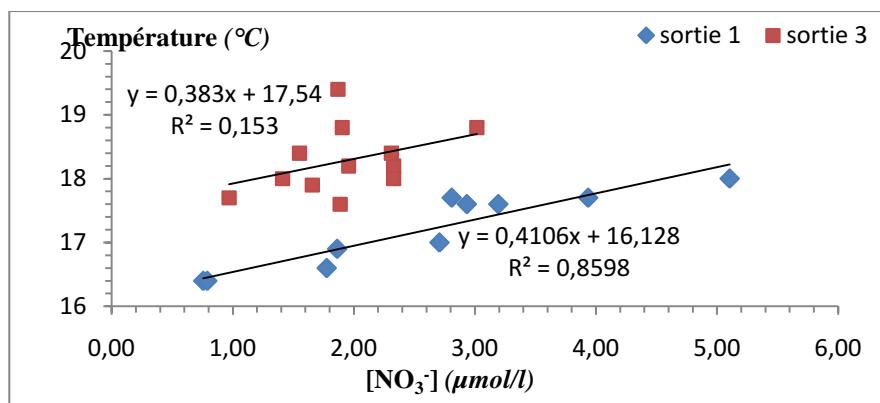


Figure. IV.36. Diagramme de corrélation entre la Température et les Nitrates.

IV.4.4.2. Diagramme de corrélation Température/Ammonium

Ce diagramme montre une corrélation positive entre la température et l'ammonium.

Cette allure peut être expliquée par le rôle de la température dans le processus de dégradation de l'azote organique par ammonification (effet de la température sur la croissance des micro-organismes et les bactéries nitrifiantes).

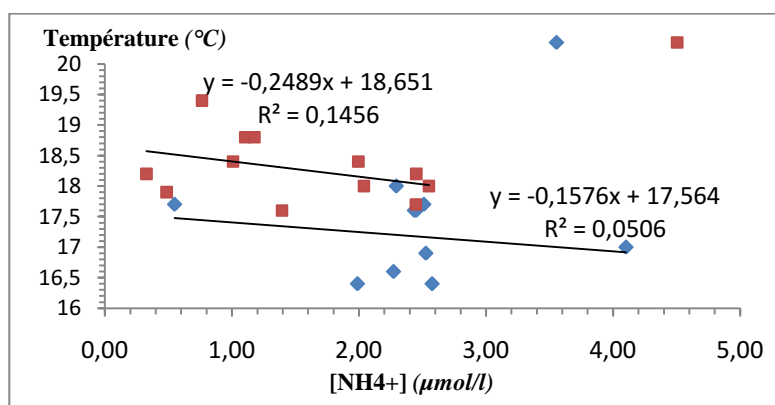


Figure. IV.37. Diagramme de corrélation entre la Température et l'Ammonium.

IV.4.4.3. Diagramme de corrélation Température/Silicates

Ce diagramme nous a révélé une corrélation négative entre la température des eaux de surfaces de littoral Ouest de Sidi Fredj et leurs teneurs en silicates. Ceci est confirmé par l'étude de la variation mensuelle de ces eaux de surface en silicates où l'on relève des teneurs importantes en silicates vers la côte et durant la période de faible température (sortie1: en mois de mars) et de faible valeur au large et en période à forte température (sortie3: en mois d'avril). Ceci trouve son explication dans le fait que l'origine des silicates est continentale et par conséquent l'enrichissement de ces eaux en silicates se fait par les apports continentaux (embouchures, rejets, lessivage de bassin versant lors des précipitations). donc ces apports sont intensifiés durant la période hivernale.

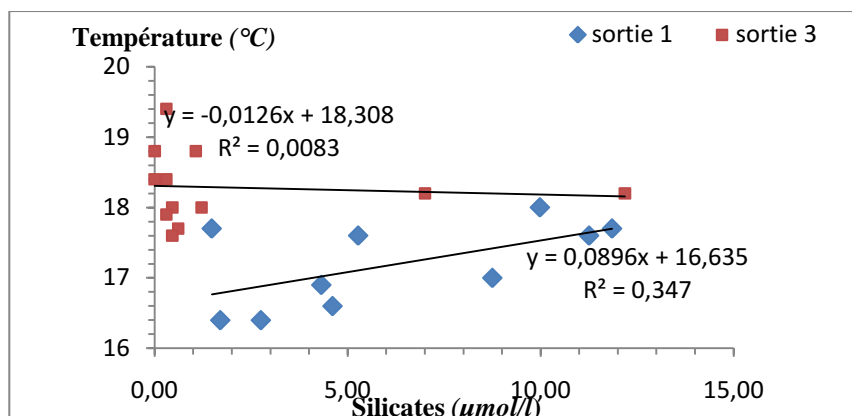


Figure. IV.38. Diagramme de corrélation entre la Température et les Silicates.

IV.4.4.4. Diagramme de corrélation Température/Nitrites

Ce diagramme montre une corrélation positive entre la température des eaux et leurs teneurs en nitrites. Ceci peut être expliqué par l'effet probable de la température sur la croissance et l'activité des bactéries nitrifiantes responsables de la transformation (oxydation) de l'ammonium en nitrites puis en nitrates.

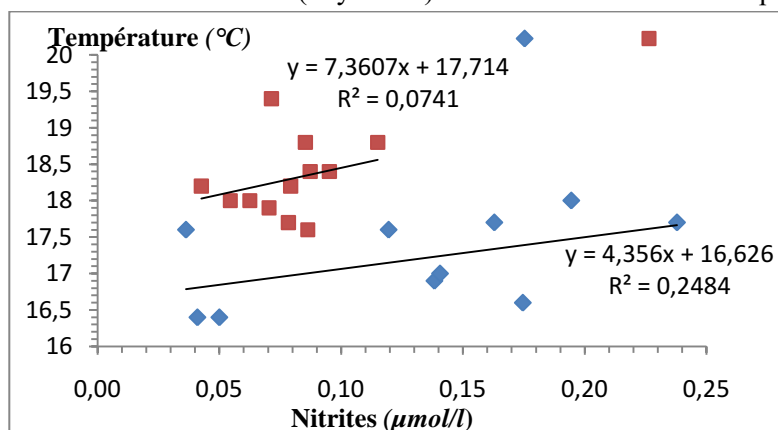


Figure. IV.39. Diagramme de corrélation entre Température et Nitrites.

IV.4.5. Corrélation entre la salinité et les sels nutritifs

IV.4.5.1. Le diagramme salinité-nitrates

Ce diagramme montre une corrélation positive entre la salinité et nitrates car la variation des concentrations des nitrates est particulièrement en fonction de la température.

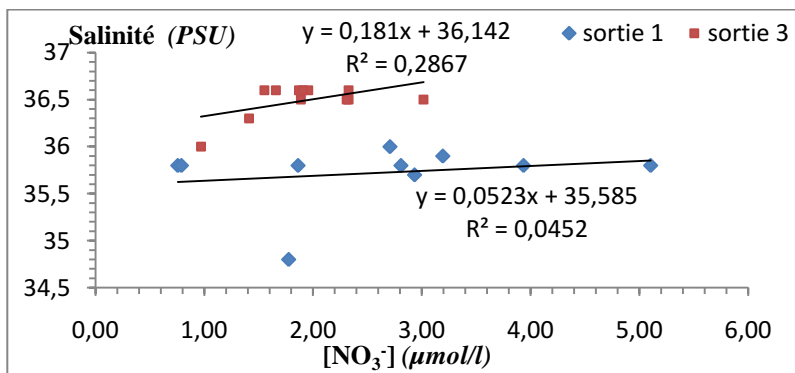


Figure. IV.40. Diagramme de corrélation entre la salinité et les nitrates

IV.4.5.2. Le diagramme salinité-ammonium

Cette distribution est presque identique à celle observée pour la corrélation température-ammonium.

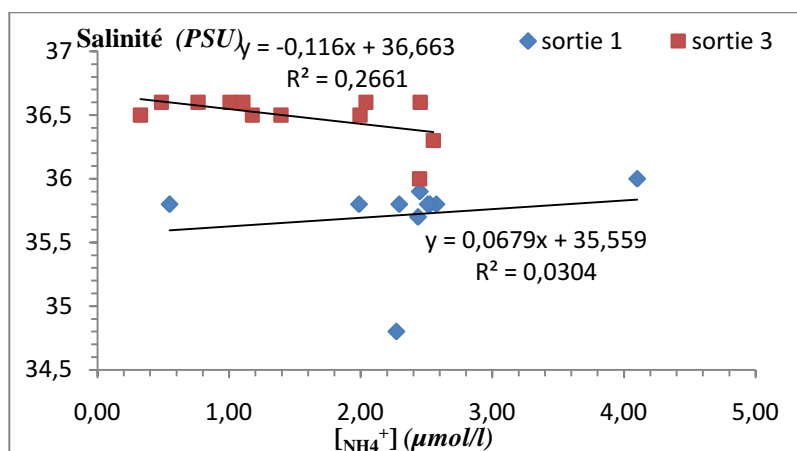


Figure. IV.41. Diagramme de corrélation entre la salinité et l'ammonium.

IV.4.6. Diagramme de corrélation nitrate/phosphate (NO_3^- , PO_4^{3-})

La corrélation entre les nitrates et phosphates donne une distribution plus ou moins diffuse ($r^2 = 0.356$). Cette distribution semble montrer qu'il y a une certaine dépendance entre les deux paramètres. En effet, ces deux paramètres sont connus pour leurs distributions et leurs comportements totalement dépendants dans les conditions naturelles.

Le diagramme nitrates/phosphates nous a permis de déterminer le rapport de Redfield pour les eaux de surface (représenté par la pente de la droite selon **Redfield et al. 1963 in Jacques et Treguer, 1986**).

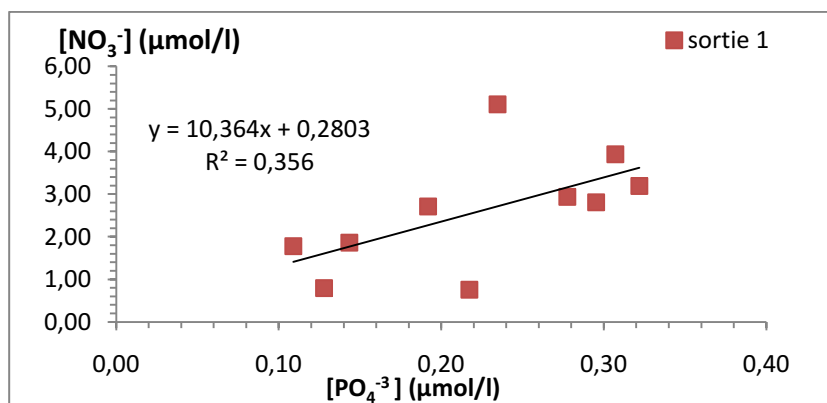


Figure. IV.42. Diagramme de corrélation nitrate/phosphate (NO_3^- , PO_4^{3-}).

Le nuage de points est plus significatif et plus important en nombre points, peut être défini par la relation :

$$\text{NO}_3^- = 10.36 (\text{PO}_4^{3-}) + 0.28. \quad (\text{IV.1})$$

Pour cette distribution, la valeur $\text{N/P} = 10.36$ est significative par rapport à la valeur moyenne admise pour l'océan globale qui est de l'ordre de 16 (**Redfield et al, 1963, Minister and Boulahdid, 1987 ; Boulahdid et Minister, 1989**). Cette valeur est équivalente aussi celle de 16 trouvée par **Boulahdid et al. (2000)** dans la partie Ouest de Bou-Ismaïl.

Cette valeur équivalente à celle moyenne admise pour l'océan global ne signifie pas que la zone d'étude est une portion idéale de l'océan. Elle devrait trouver son explication dans les facteurs et conditions locaux. En effet, **Boulahtid et al. (2000)** expliquent la valeur de 16 trouvée dans la partie Ouest de la baie de Bou-Ismaïl comme étant un résultat de mélange de l'eau du large ayant une valeur pour le rapport N/P de 22 avec les eaux de la baie de Bou-Ismaïl ayant une valeur pour le rapport N/P de l'ordre de 2.

Au niveau des stations c6 et c1 écartés de la distribution sont certainement perturbés. Cette perturbation réside vraisemblablement dans une anomalie de pollution de phosphate, si cette anomalie n'est pas analytique.

Cette distribution et ce comportement de ces deux paramètres dans la zone d'étude peuvent résulter de l'influence continentale avec la multiplicité des sources de pollutions d'origines et d'importances différentes. Ceci peu être accentué par le mélange qui affecte les eaux de la zone et qui peut être faible à modéré.

En effet, à travers l'étude de la distribution spatiale, nous avons pu à montrer l'influence des sources de pollution, notamment les rejets de Thalassothérapie et les eaux usées urbains. A cela s'ajoute l'eau de résurgence côtière de faible importance et qui moins claire.

IV.4.7. Corrélation entre l'oxygène dissous et les sels nutritifs

IV.4.7.1. Diagramme de corrélation oxygène dissous/nitrate

Ce diagramme montre une distribution linéaire, mais trop dispersée. La droite moyenne formée par cette distribution est définie par la relation suivante :

$$\text{O}_2 \text{ dissous} = -0.188x + 8.986. (r^2 = 0.161). \text{ (IV.2)}$$

Le rapport d'abondance est de (-0.2). Cette corrélation est significative car elle est négative.

En effet, la relation connue entre les nitrates et l'oxygène dissous est l'utilisation de celui-ci lors de la nitrification.

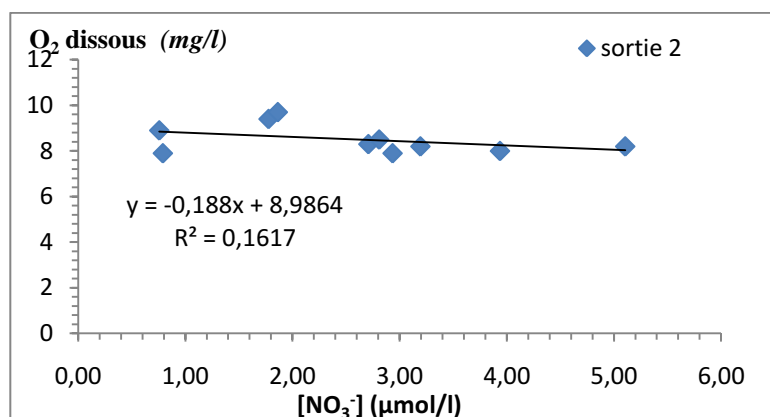


Figure. IV.43. Diagramme de corrélation entre l'oxygène dissous et nitrate.

IV.4.7.2. Diagramme de corrélation oxygène dissous/phosphate

Ce diagramme montre une distribution linéaire, mais assez diffuse, comme celle des nitrates. La droite de régression pour cette distribution est donnée par l'équation suivante :

$$\text{O}_2 \text{ dissous} = -4.493x + 9.5. \text{ (IV.3)}$$

Le rapport d'abondance est de (- 4.493). cette corrélation est significative car elle est négative. Aussi comme pour les nitrates la relation connue entre l'oxygène dissous et les phosphates est l'oxydation de ces derniers en consommant l'oxygène dissous.

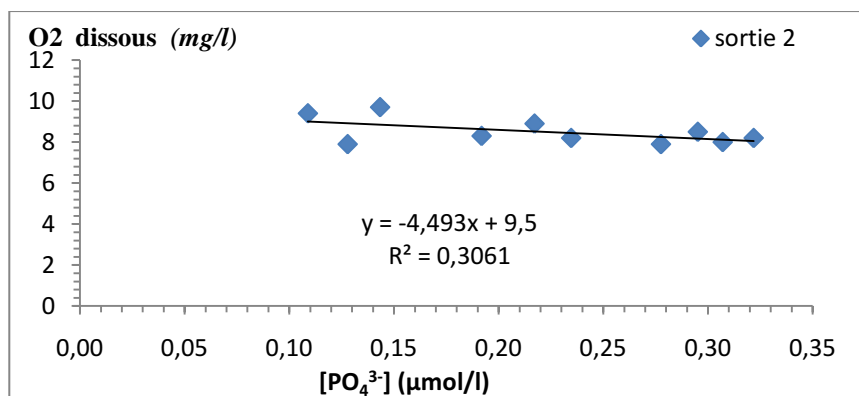


Figure. IV.44. Diagramme de corrélation entre l'oxygène dissous et phosphate.

IV.8. Résultats et interprétation de l'analyse granulométrique

IV.8.1. Résultats de l'analyse granulométrique

Les résultats de l'analyse granulométrique des sédiments prélevés dans les 10 stations sont représentés dans le tableau. (Annexe IV)

Les résultats obtenus sont traduits graphiquement par des courbes cumulatives (Annexe IV)

IV.8.2. Aspect général des courbes granulométriques.

Les courbes sont généralement plus ou moins redressées ceci s'explique par l'hétérogénéité des sédiments.

Dans l'ensemble, les courbes sont relativement assez redressées, ce qui souligne le bon classement des sédiments.

Notons que la majorité des sédiments sont mélangés à des débris de coquilles, débris des végétaux en grande quantité traduisant ainsi un sédiment organogène.

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

IV.8.3. Détermination des indices granulométriques

Les valeurs des différents indices granulométriques et des quartiles ainsi que le taux des pélites et des CaCO₃ pour les 10 stations sont représentés dans un tableau récapitulatif (annexe IV).

Tableau IV.5. Valeurs minimales, moyennes, extrêmes et l'écart type de différentes indices granulométriques et des quartiles (Q25, Q50, Q75) des eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.

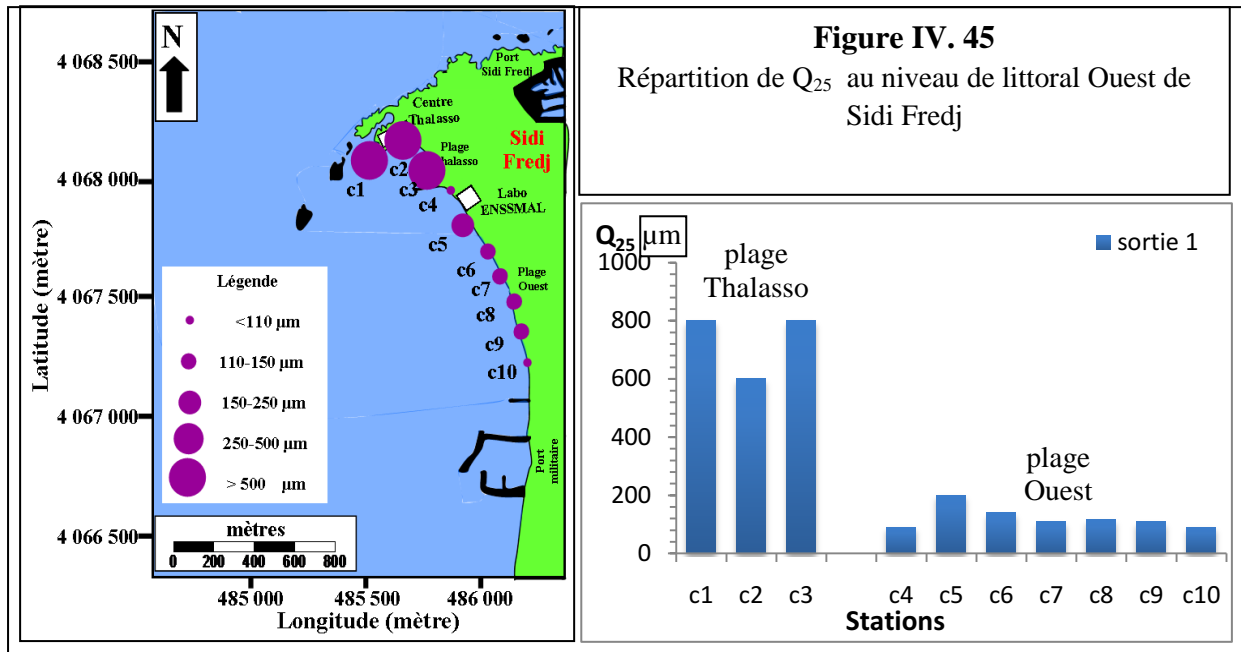
Paramètres	Q ₂₅ (µm)	Q ₅₀ (µm)	Q ₇₅ (µm)	SO	SK	Pélites (%)	CaCO ₃ (%)	MO (%)
Minimum	90	150	190	1,30	0,50	0,6	22,35	1.05
Maximum	800	1600	1950	3,73	6,83	1,24	34,9	1.75
Moyenne	305,5	494	892,5	1,73	1,43	0,85	29,61	1.38
Ecart type	301,83	479,77	800,49	0,74	1,94	0,20	4,54	0.24

IV.8.4. Interprétation des résultats de l'analyse granulométrique

IV.8.4.1. Le 1^{er} quartile Q₂₅.

Correspond au diamètre de grain représentant 25% du poids du sédiment.

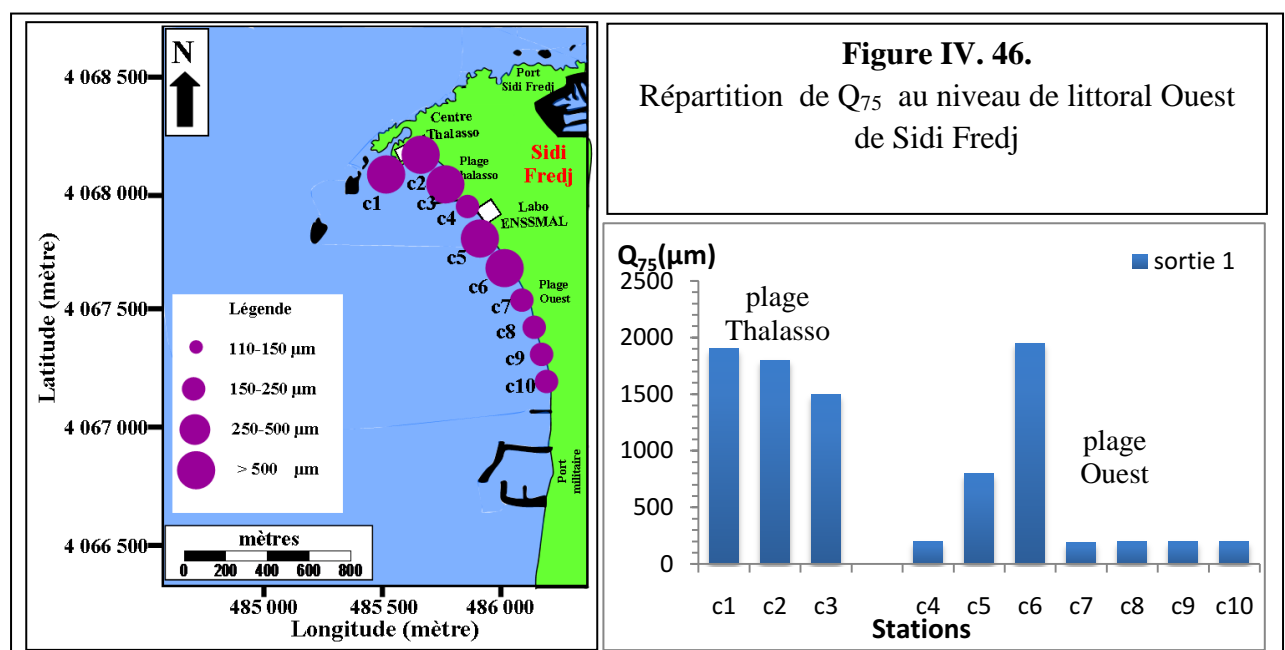
Les valeurs du Q₂₅ varient entre 90 µm (St c4, c10) et 800 µm (St c1, c3), d'après la classification de **Folk et Ward (1957)**, on trouve du sable fin, très fin, moyen, grossier et très grossier et la moyenne du Q₂₅ de 305.5 µm (écart type de 301.83), il y a donc une prédominance du sable grossier.



IV.8.4.2. Le 3^{ème} quartile Q₇₅.

Correspond au diamètre de grain représentant 75% du poids de sédiment.

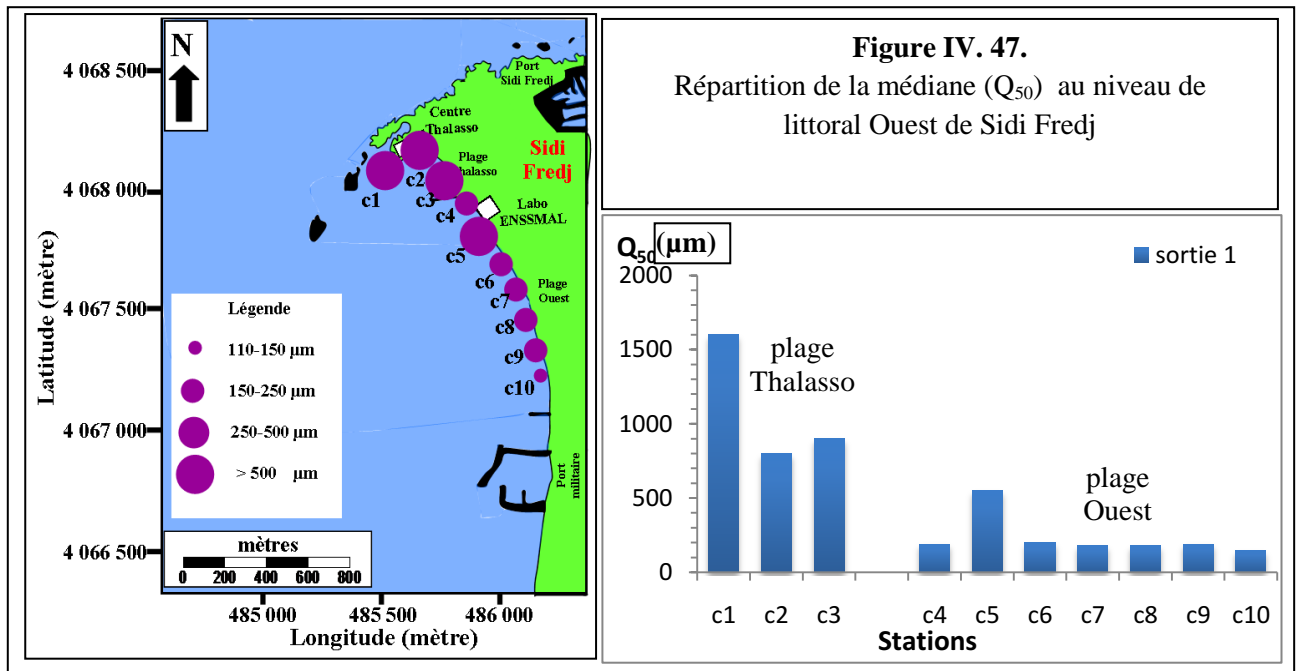
Les valeurs du Q₇₅ varient entre 190 µm (St c7) et 1950 µm (St c6), d'après la classification de **Folk et Ward (1957)**, on trouve du sable fin, moyen, grossier et très grossier. La moyenne du Q₇₅ est de 892.5 µm (écart type de 800.49), il y a donc une prédominance du sable très grossier.



IV.8.4.3. Le quartile Q_{50} ou indice de taille (médiane).

La médiane représente le diamètre du grain dépassé par 50% des grains de l'échantillon, elle permet de définir la nature du sédiment. (Monbet, 1976).

D'une façon générale, les sédiments sont relativement hétérogènes et la médiane varie entre 150 μ m (St c10) et 1600 μ m (St c1), on trouve de sable moyen, grossier et très grossier et la moyenne du Q_{50} est de 494 μ m, ceci traduit en majorité du sable grossier.



IV.8.4.4 Indice de classement de Trask ou indice de tri S_0 .

Les valeurs de S_0 varient entre 1.30 (St c8) et 3.73 (St c6). Donc d'après la classification de **Sorting de Trask** et d'après la moyenne du S_0 qui est de 1.73 : le sable est bien classé.

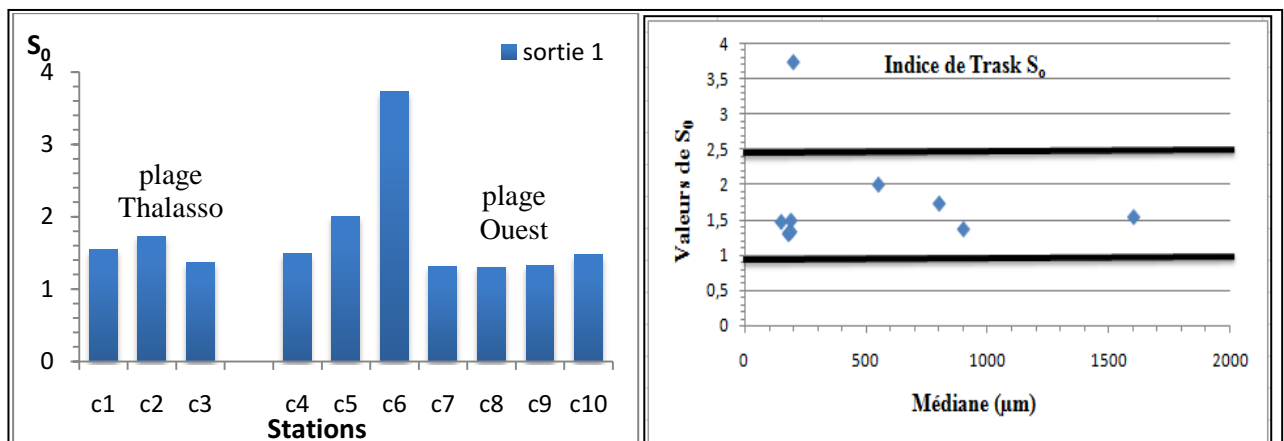


Figure IV. 48. Variation de S_0 au niveau de la côte de littoral Ouest de Sidi Fredj.

Figure. IV. 49. Relation entre l'indice de classement et la médiane.

IV.8.4.5. Indice d'asymétrie ou indice de Skewnes (SK).

Les valeurs du Sk varient entre 0.50 (St c4) et 6.83 (St c6). Donc d'après la classification de Skewness et d'après la moyenne du Sk qui est de 1.43 maximal du coté grossier.

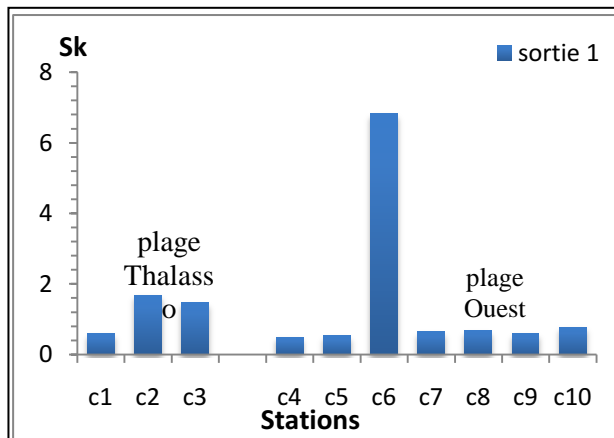


Figure. IV. 50. Variation de Sk au niveau de la côte de littoral Ouest de Sidi Fredj.

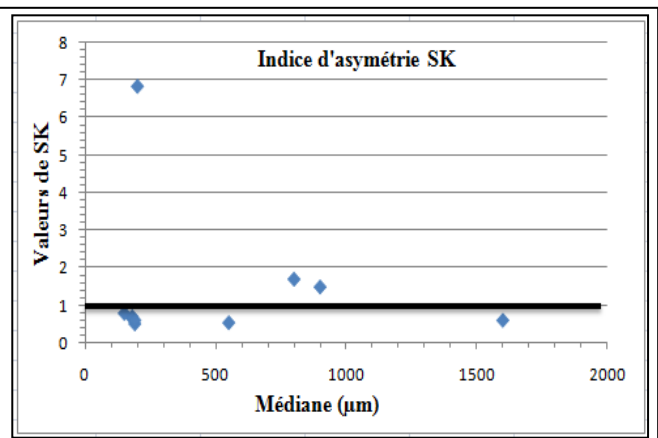


Figure. V. 51. Relation entre l'indice d'asymétrie et la médiane.

IV.8.5. Interprétation des courbes granulométriques de chaque station

c1 : la médiane à 1500µm sable très grossier, un Q_{25} à 800µm une partie grossière importante, un Q_{75} à 1900µm partie grossière importante.

c2 : la médiane à 850µm sable très grossier, un Q_{25} à 600µm caractérisant une partie grossière importante, un Q_{75} à 1900µm partie grossière importante.

c3 : la médiane à 850µm sable très grossier, un Q_{25} à 800µm sable caractérisant une partie grossière importante, un Q_{75} à 1500µm partie grossière importante.

- Au niveau de la plage Thalassothérapie (c1 à c3), les sédiments sont assez hétérogènes et leur médiane varie entre 850µm et 1500µm et la moyenne est de 1100 µm. donc on trouve du sable très grossier.

c4 : la médiane à 190µm sable moyen, un Q_{25} à 150µm caractérisant une partie fine importante, un Q_{75} à 195µm partie moyenne.

c5 : la médiane à 550µm début de sable grossier, un Q_{25} à 150µm caractérisant une partie fine importante, un Q_{75} à 195µm partie moyenne.

c6 : la médiane à 200µm sable moyen, un Q_{25} à 150µm caractérisant une partie fine importante, un Q_{75} à 1950µm partie grossière.

c7 : la médiane à 170µm sable moyen, un Q_{25} à 100µm caractérisant une partie fine importante, un Q_{75} à 190µm partie moyenne.

c8 : la médiane à 180µm sable moyen, un Q_{25} à 120µm caractérisant une partie fine importante, un Q_{75} à 190µm partie moyenne.

c9 : la médiane à 180µm sable moyen, un Q_{25} à 120µm caractérisant une partie fine importante, un Q_{75} à 195µm partie moyenne.

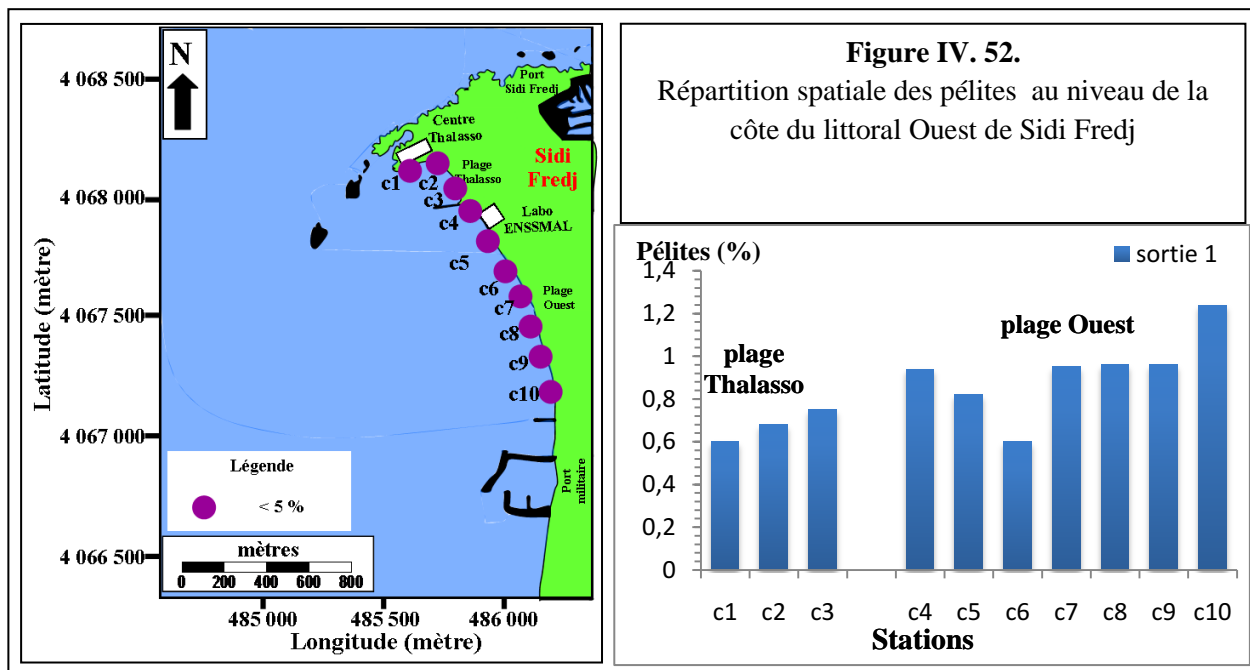
c10 : la médiane à 150µm début de sable moyen, un Q_{25} à 100µm caractérisant une partie fine importante, un Q_{75} à 190µm partie moyenne.

- Au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj (c4 à c10), les sédiments sont plus ou moins hétérogènes et leur médiane varie entre 150µm à 550µm et la moyenne est de 234µm. donc on trouve du sable moyen.

IV.8.6. Résultats et discussion de l'analyse de la fraction pélitique

Le pourcentage des pélites s'échelonne entre 0.6% (c1) et 1.24% (c10) au niveau de toute la zone d'étude, nous remarquons que les taux des pélites sont assez faibles.

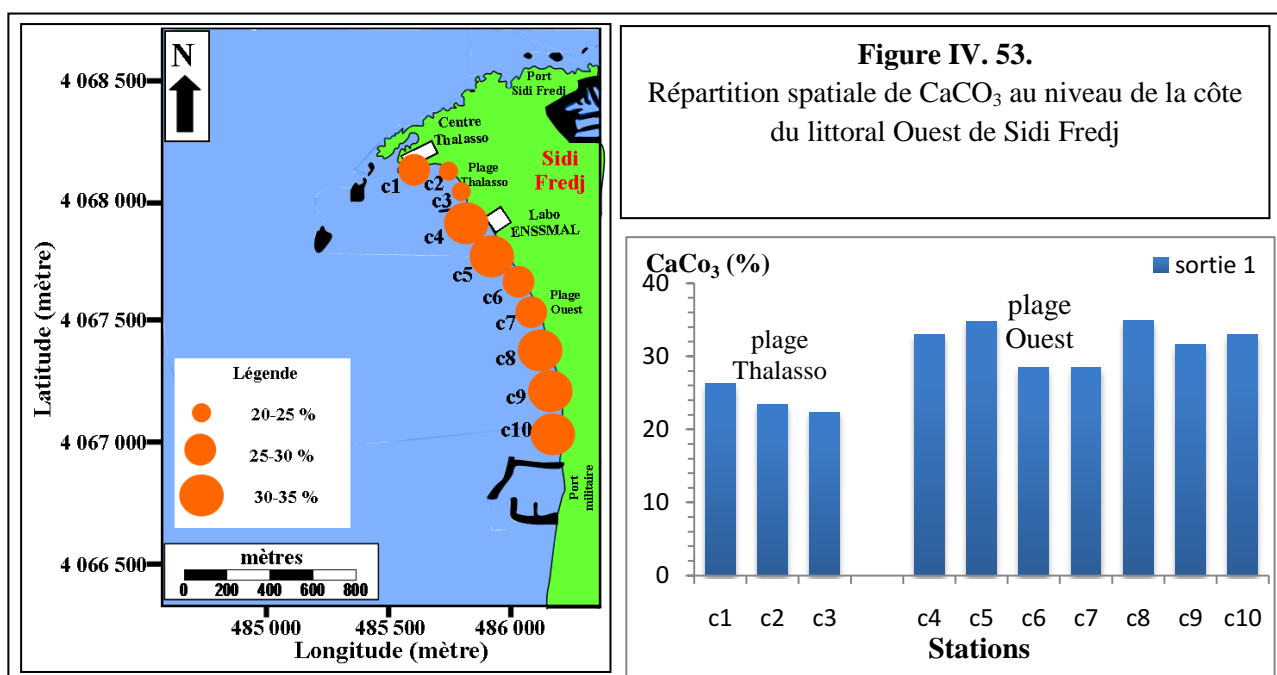
Cela dû au lessivage des particules fines par les courants et houles et aux faibles apports terrigènes fins transportés soit l'oued Mazafran ou l'oued Beni Messous.



IV.8.7. Interprétation des résultats de l'analyse calcimétrique

Les contenus en CaCO_3 sont généralement considérés comme reflétant la quantité des composants biogènes (calcite et aragonite) et terrigènes (calcite) présents dans le sédiment.

La différenciation de ces deux types de carbonate de calcium n'a pas été effectuée au cours de ce travail.



La répartition ponctuelle des taux de carbonates des sables de la zone étudiée montre des valeurs variables entre un minimum de 22.35% (c3) et un maximum de 34.9% (c8).

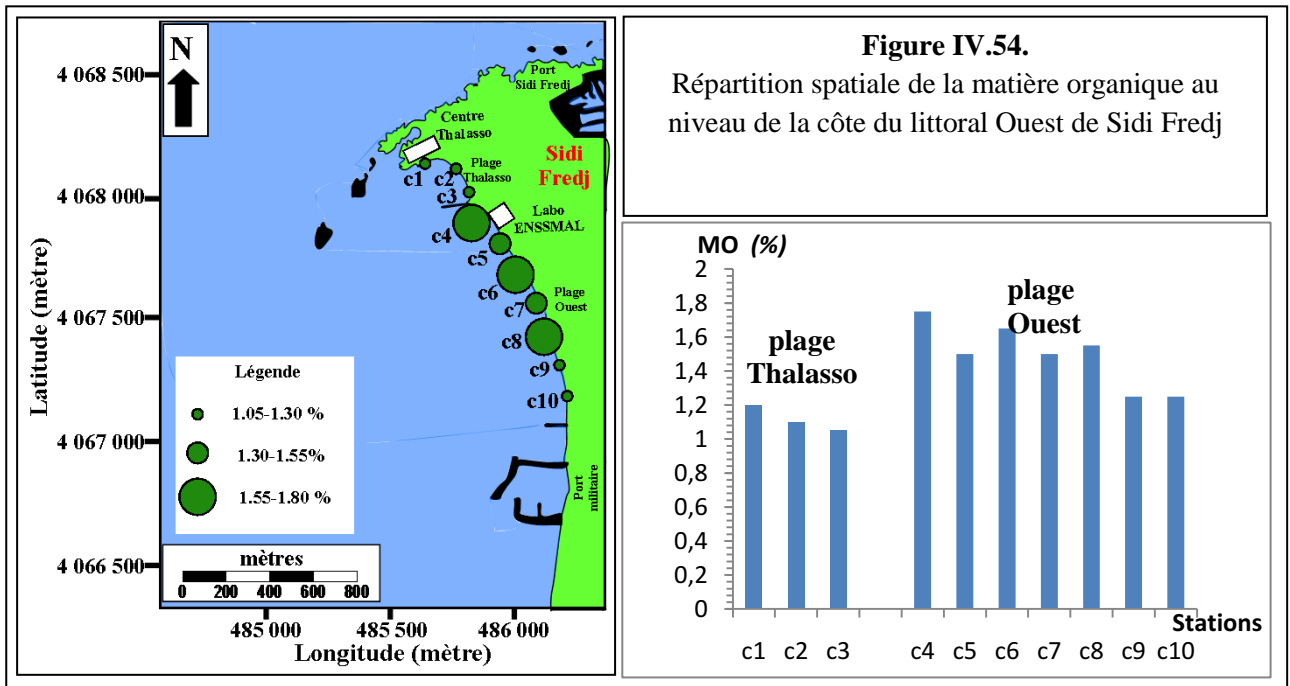
La carte de distribution des taux de carbonates analysées montre une évolution croissante depuis la plage Thalassothérapie jusqu'à la plage Ouest. Ceci explique par le fait que la plage Ouest est riche en débris de coquilles et en fragments calcaires que les vagues déposent, par conséquent la diminution de la teneur en carbonates au niveau de la plage Thalassothérapie s'explique par leur faible apport via les vagues étant donné que c'est une zone à faible hydrodynamisme.

Il est en effet généralement admis pour les sédiments que les taux élevés de carbonates reflètent des conditions caractérisées par des températures chaudes et une forte productivité primaire. A l'inverse, de faibles pourcentages traduisent des périodes où le matériel terrigène plus abondant dilue le signal de productivité.

IV.8.8. Interprétation des résultats de l'analyse de la Matière Organique

Le pourcentage de la matière organique s'échelonne entre 1.05 % (c3) et 1.75 % (c4).

Nous remarquons que les taux sont assez faibles au niveau de toute la zone d'étude, il est normal de trouver des résultats pareils car il ne s'agit pas d'un port (port de pêche).



Chapitre V
Cartographie biocénotique

V.1. Cartographie biocénotique

Les méthodes de cartographie sont généralement classées en deux catégories. La première regroupe des méthodes d'observations visuelles directes pas le chercheur : plongée, apnée, benne, prospection à pied et observation à partir d'une embarcation. La seconde catégorie est classée en deux types: optique (Photographies aériennes, image satellitaire, vidéo remorquée) et hydroacoustique (échosondeur, sonar latéral, télémétrie).

L'objectif de ce travail est de contribuer à développer des cartes biocénotiques, réalisées par le moyen de l'observation in situ (plongée sous-marine, prospection à pied et boating), la télédétection optique, le traitement d'image et les intégrer dans un système d'information géographique.

V.2. Présentation et interprétation des résultats de la méthode directe.

Les travaux de terrain ont permis de réaliser une carte qui a été décrite par quatre secteurs d'une longueur maximale de 200m (50m par secteur), la surface décrite dépasse 1hectare ce qui correspond à 160 carrés de 25 m².

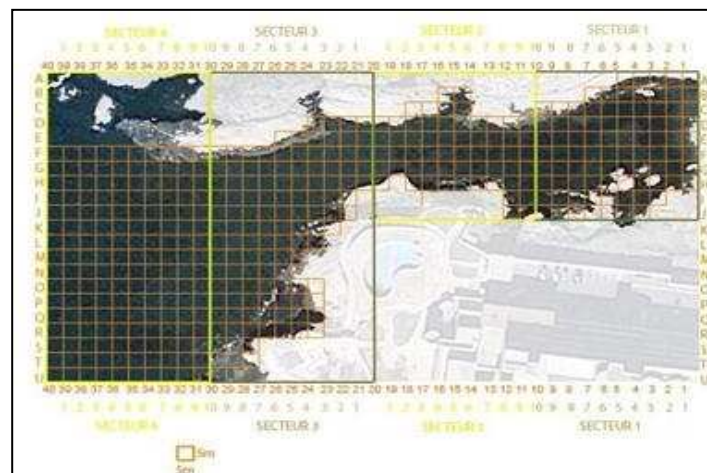


Figure. V.1. Plan de cartographie. (Lamouti .S., 2010)

Tableau. V.1. Surface cartographiée par secteur

	Nombre de couloirs	Nombre de carrés	Surface couverte m ²
Secteur 1	10	84	2100
Secteur 2	9	66	1650
Secteur 3	19	131	3275
Secteur 4	16	160	3750
Total		431	10 775

La catégorie type de fond englobe la nature du substrat, avec 12 éléments représentés (figure. V.2) la matre et la roche infralittorale détritrique, à algues encroutantes et à surpâturage d'oursin occupe la plus grande surface.

Les écosystèmes spécifiques présentent les espèces occupant le substrat (figure. V.3) ; 4 éléments sont représentés, l'espèce introduite à caractères invasive *Caulerpa racemosa* occupe la plus grande surface, et des observations (juin 2010) indiquent qu'actuellement cette espèce est présente sur la quasi-totalité de la zone cartographiée.

- Espèces patrimoniales se trouvant à des points donnés.
- les trottoirs à vermet ne sont pas présents à Sidi Fredj.

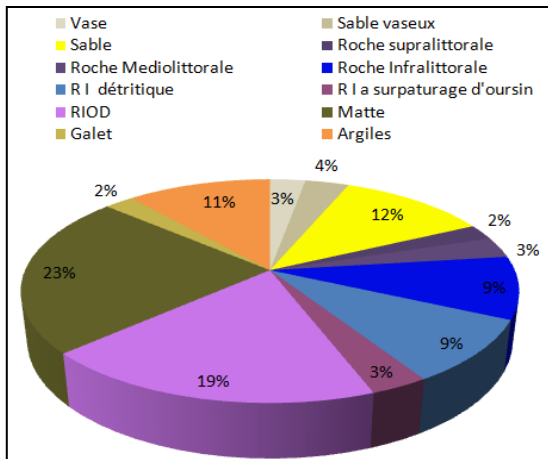


Figure. V.2. Surface couverte par les différents types de fonds

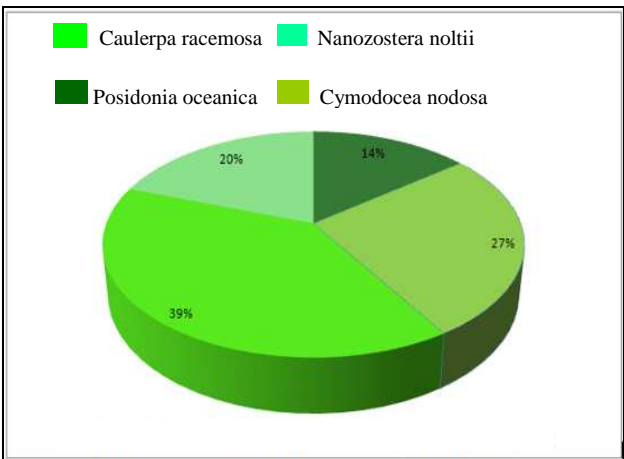


Figure. V.3. Surface couverte par les écosystèmes spécifiques.

- Espèces invasives se trouvant à des points donnés. Les espèces *Oculina patagonica* et *Percon gibbesi* sont toujours présentes alors que l'espèce *Bursatella leachi* n'a été observée que lors d'une certaine période.

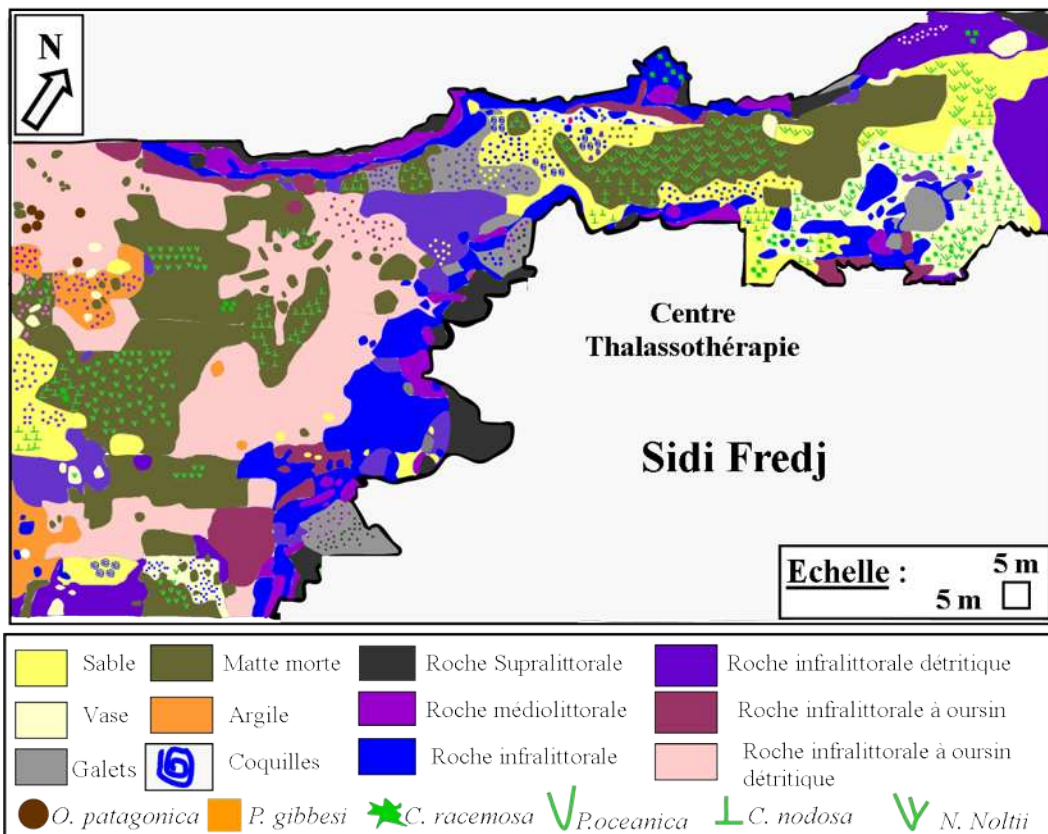


Figure. V.4. Cartographie biocénotique dans une portion de l'anse Ouest de la presqu'île de Sidi Fredj . (Lamouti .S., 2010) (modifiée)

La cartographie par méthode directe dans une portion de l'anse Ouest de la presqu'île de Sidi Fredj a permis d'obtenir des données fines sur la répartition des biocénoses et à également permis de découvrir de nouveaux éléments indétectables par la méthode indirecte tel que la présence et la

répartition des espèces qui ne représentent pas un recouvrement important mais présente une importance écologique, par le fait qu'elles soient rares, remarquables ou introduite à caractère invasif. Elle permet également de dresser une liste de la faune associée à chaque biocénose.

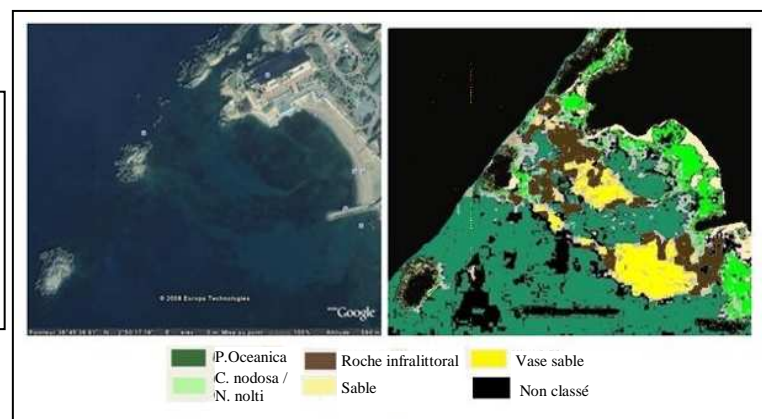
Tableau.V.2. Présence des différents éléments cartographiés. (Lamouti .S., 2010)

		Surface (m ²)	Surface (%)
Type de Fond	Vase	312.8	2.90
	Sable vaseux	383.46	3.56
	Sable	1311	12.17
	Galets	255.35	2.37
	Roche supra littorale	251.18	2.33
	Roche médiolittorale	342.06	3.17
	Roche infralittorale	1021.2	9.48
	Roche infralittorale détritique	1033.87	9.59
	Roche infralittorale détritique a surpâturage d'oursins	2135.87	19.82
	Roche infralittorale a surpâturage d'oursins	361.38	3.35
	Matte	2642.7	24.53
	Argile	1268.01	11.77
Ecosystèmes spécifiques	<i>Posidonia oceanica</i>	455.84	4.23
	<i>Cymodocea nodosa</i>	838.72	7.78
	<i>Nanozostera noltii</i>	615.99	5.72
	<i>Caulerpa racemosa</i>	1236.94	11.48
		Nombre d'individus ou nombre de colonies	
Espèces patrimoniales	<i>Pina nobis /Pina rudis</i>	8	
	<i>Patella ferruginae</i>	1	
Espèces introduites	<i>Oculina patagonica</i>	6	
	<i>Percecon gfibbesi</i>	>3	
	<i>Bursatella leachii</i>	>10	

V. 3. Présentation et interprétation des résultats de la méthode indirecte

L'herbier de Sidi Fredj est un herbier de plaine, se développant sur substrat meuble et sur matte. A l'abri de la houle dominante de secteur Nord et Nord-Est, la montée de la matte (vers la côte) a conduit à la formation d'un récif-barrière au devant duquel se sont installées des Magnoliophytes *Cymodocea nodosa* et *Nanozoster anoltii*.

Figure.V.5.
Cartographie par classification d'image dans la région de Sidi Fredj (Lamouti .S., 2010) (modifiée)





Figures. V.6. L'herbier Posidonie Oceanica (03/04/2011)

L'herbier Posidonie oceanica présente un état de vitalité très hétérogène :

Au voisinage de l'épi, il est clairsemé, les feuilles sont courtes, broutées, et épiphytées.

Vers 5-6 m de profondeur au pied de deuxième îlot les feuilles sont longues et l'herbier plus dense. Dans la zone non abritée soumise au vent et à la houle de secteur ouest nous avons constaté une «hypersédimentation» les feuilles sont complètement ensevelies sous le sable .

Dans d'autres zones il présente un déchaussement important (entre le premier îlot et la pointe de Saint Janvier)

V.4. Espèces remarquables dans littoral Ouest de Sidi Fredj

- ***Rissoella verruculosa* (Bertoloni) J. Agardh**

L'algue Rhodophyceae *Rissoella verruculosa* est endémique de méditerranée qui se retrouve dans l'étage médiolittorale supérieur de site exposé et présente un développement optimal entre la fin d'hiver et début de l'été.

Signalé par plusieurs auteurs à Sidi Fredj (**Perret-Boudouresque & Serridi, 1989**).



Figures. V.7. Répartition de *Rissoella verruculosa* dans la région de Sidi Fredj.
(Lamouti .S., 2010)

V.5. Espèces introduites à caractère invasif

- ***Caulerpa racemosa***

Caulerpa racemosa communément appelée algue raisin est une chlorophycée algue verte de la famille des Caulerpales.

Depuis sa découverte au début des années quatre-vingt dix, en Libye, la souche envahissante de *Caulerpa racemosa* s'est largement propagée en Méditerranée, Des travaux récents ont démontré que cette variété est originaire du sud-ouest australien. (**Huisman et Boudouresque**)

L'un des éléments les plus importants et les plus inquiétants, que nous ayons relevé dans notre site est la présence de *Caulerpa racemosa* (Ulvophyceae) qui occupe environ 2000 m².

Les colonies les mieux développées se rencontrent dans les zones abritées. L'espèce a été rencontrée sur fond dur, sur fond vaseux, sableux, entre les rhizomes de phanérogames marines, entre les algues médiolittorales inférieures et infralittorales supérieures ; sur les mattes mortes et sur divers déchets solides.

Sa propagation à Sidi Fredj peut être favorisée par les embarcations de pêche et de plaisance. Les comparaisons entre les données obtenues en 2006 et celle de 2009 indiquent une prolifération importante dans des zones où l'espèce n'était pas présente.

L'observation est plus aisée au printemps parce que les frondes sont plus longues.



Figures.V.8. Répartition de *Caulerpa racemosa* .
(Lamouti .S., 2010)

Figure.V.9. *Caulerpa racemosa* colonisant la matte de *Posidonia oceanica*.
(Lamouti. S., 2010)

- *Oculina patagonica*

Oculina patagonica Angelis 1908 est un cnidaire anthozoaire appartenant à l'ordre des Scleractinaires qui n'était connu qu'à l'état fossile au Sud Est de l'Argentine.

En 1966 l'espèce fut découverte pour la première fois vivante au large des côtes liguriennes à 1 Km du port de Savono (Zibrowius, 1974) depuis l'espèce a été signalée dans plusieurs localités méditerranéennes : Italie, France, Espagne, Turquie (Çinar&al, 2006), Grèce (Salomidi& al, 2006), Liban (Bitar&al, 1997), côtes israélo-palestinienne (Fine & al, 2001), Égypte, Tunisie et Algérie (Sartoretto& al, 2008).



Figure.V.10. Répartition d'*Oculina patagonica* dans la région de Sidi Fredj. (Lamouti .S., 2010)

Plusieurs autres colonies ont été observées dans la région de Sidi Fredj à quelques mètres à l'ouest du grand rocher et la digue bordant le club de plongée et d'autres sur le haut fond, se trouvant au large des deux îlots.

- *Percnon gibbesi* (H. Milne Edwards, 1853)

Percnon gibbesi est un crustacé décapode de la famille des Grapsidés, de forme aplatie et de coloration brune avec des segments bleus et des anneaux jaunes sur les pattes.

L'espèce est subtropicale et se retrouve de la Californie au Chili, de la Floride au Brésil, et du Portugal au golfe de Guinée (**Manning & Holthuis, 1981**).

En mer méditerranée, cette espèce a été signalée pour la première fois en 1999 en Italie à l'île de Linosa (**Relini & al, 2000**) et très peu de temps après aux Baléares Espagne, puis à Malte, en Grèce (**Thessalou-Legaki & al, 2006**), en Turquie (**Yokes & al, 2006**) et en Lybie (**Housameddin & al, 2008**).

Selon **Pipitone & al (2001)** grâce à sa large capacité d'adaptation, sa stratégie larvaire, les conditions environnementales favorables, probablement liées au récent changement climatique et à absence de compétiteurs ; Cette espèce aurait envahi la méditerranée après avoir dérivée à travers le détroit de Gibraltar. Et d'autre auteur comme **Cannicci & al (2006)** indiquent que cette espèce aurait été introduite par la navigation.

Dans la région centre de la côte algérienne nous avons observés cette espèce en 2006 à Sidi Fredj.



Figures. V.11. Répartition de *Percon gibbesi* dans la région de Sidi Fredj. (**Lamouti .S., 2010**)

- *Bursatella leachi*

Espèce lessepsienne. Commune en méditerranée orientale mais peut se trouver dans l'Est de l'atlantique et l'Afrique de l'ouest.

L'espèce ressemble à une aplysie velue, à cause des expansions filiformes portées par le manteau. La coloration générale est brunâtre, avec l'extrémité des filaments de couleur blanche. Elle se rencontre sur des fonds détritiques côtiers et parmi les algues photophiles. Cette espèce n'a pas été observée dans la région de Sidi Fredj que durant l'hiver 2009.



Figure.V.12. *Bursatella leachi*

Chapitre VI
Evolution du trait de côte

VI. Evolution du trait de côte

VI.1. Définition du trait de côte

Le trait de côte est défini comme étant une ligne qui marque la limite jusqu'à laquelle, peuvent parvenir les eaux marines, c'est l'extrémité du jet de rive lors des fortes tempêtes survenant aux plus hautes mers de vives eaux. Elle est caractérisée par le bord de l'eau calme lors des plus hautes mers possibles. (APPL 2009).

VI.3. Evolution du trait de côte de la Plage Ouest

Pour le suivi de l'évolution du trait de côte, la comparaison a été faite sur les photographies aériennes de 1933, 1972, 1980, 1999, 2005 et 2011. La superposition de ces photographies aériennes à l'aide de logiciel SIG (Map info) et puis la digitalisation pour obtenir la **Figure.VI.1.**

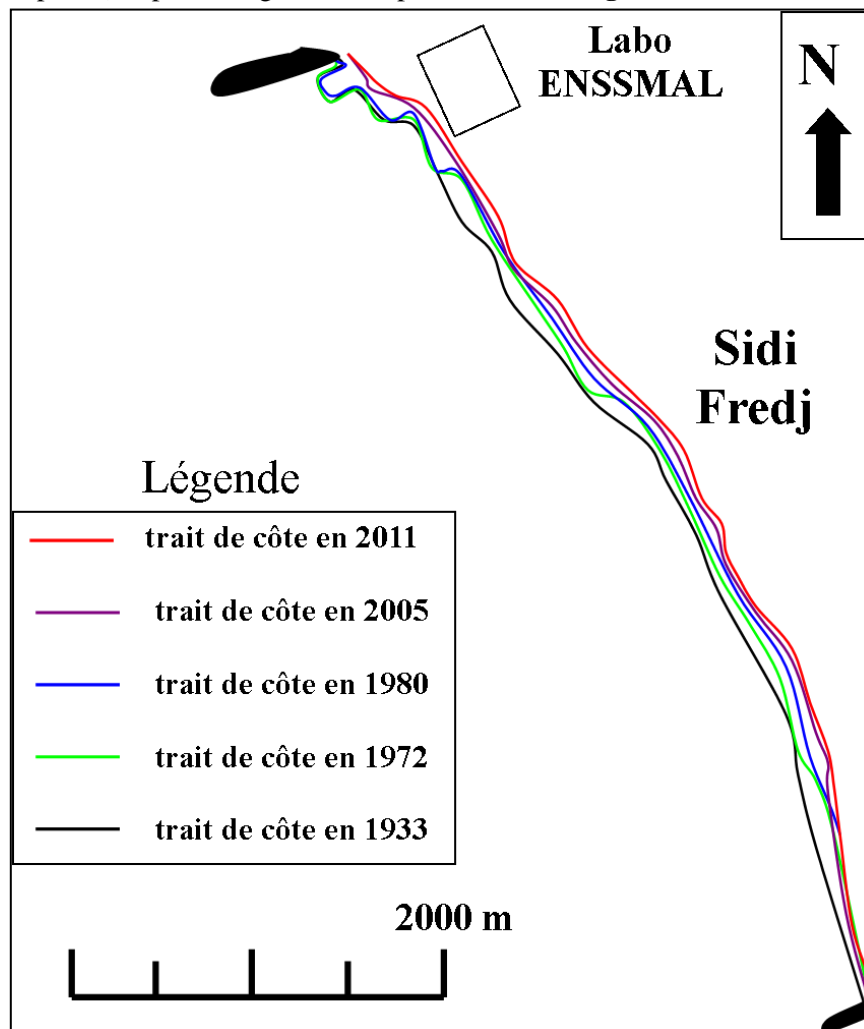
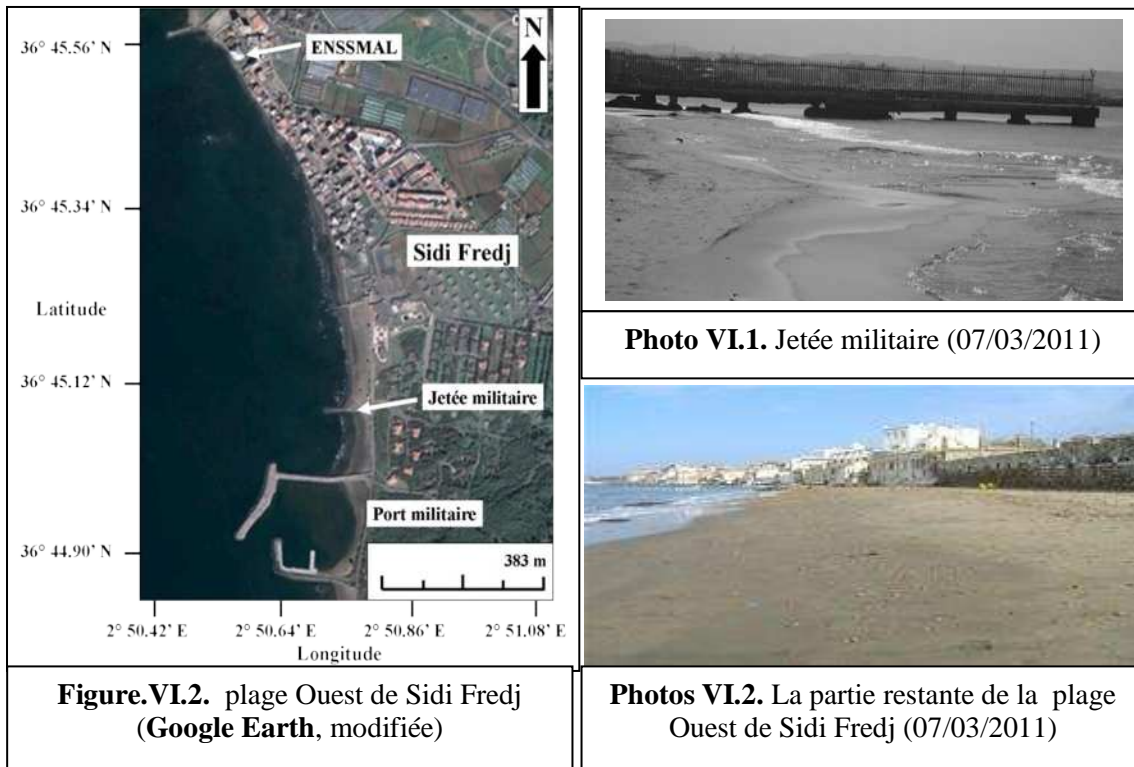


Figure.VI.1. Evolution du trait de côte de littoral Ouest de Sidi Fredj

La plage Ouest de Sidi Fredj présente à l'heure actuelle une situation très désespérée.

Un linéaire côtier d'environ 750m de longueur a complètement disparu ne laissant qu'une partie de plage de 150m de longueur au voisinage de la jetée militaire.

La présence de la jetée militaire, a permis à la plage de s'engraisser à son pied en ayant une largeur de 22m, mais qui décroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne vers l'Est pour enfin disparaître complètement.



Il y a contact direct entre l'eau de mer et les murs des constructions faites à bord de la mer.



Photos VI.3. La partie érodée de la plage Ouest de Sidi Fredj (07/03/2011).



Photos VI.4. La partie restante de la falaise au niveau de labo ENSSMAL

Pour protéger ces constructions, leurs propriétaires ont dû placer des blocs, d'environ 300 Kg, formant ainsi de courtes jetées.

Ces enrochements, effectués d'une manière anarchique, n'ont fait qu'aggraver la situation, donnant ainsi naissance à des poches de sable réparties le long de cette plage.



Photos VI.5. Les digues d'enrochement anarchiques dans la plage Ouest (07/03/2011).

IV.3.1. Causes d'érosion

Deux principales séries de causes sont à l'origine de la fragilité de la côte de la plage Ouest et de son érosion.

a. Les raisons de la fragilité naturelle

Les modifications de profil de la côte Ouest de Sidi Fredj, provoquées par les variations des volumes de matériaux déposés ou enlevés. Sous l'action des courants littoraux, de la houle, des vagues et de la dérive littorale conjuguée aux effets éoliens et à l'influence de la topographie du site.

b. Impact humain sur l'évolution de la plage Ouest

Une approche à la fois comparative et analytique faite sur l'état de plage Ouest, cette dernière a perdu de sa splendeur et a été dégradée après la réalisation du projet du complexe de thalassothérapie et le port dans la zone militaire.

- une étude a été faite en 1995 par **Chenibet, 1995** sur : Le mouvement sédimentaire et l'impact des projets réalisés.

Les résultats obtenus lors de cette étude révèlent que :

La plage Ouest est protégée des houles de direction Nord et Nord-est cependant, elle est atteinte par celle du Nord-ouest.

L'étude de l'angle d'incidence de la houle renseigne sur la présence des courants de retour en hiver, et d'une faible dérive littorale dirigeant du Nord vers le Sud.

Le site d'étude est donc soumis à un transport littoral peu important d'autant plus qu'on assiste à un départ saisonnier du sable vers le large.

- Quant à l'impact des projets réalisés, une étude effectuée au niveau de **LEM** a permis d'avoir les renseignements suivants :

Le port en question réalisé en 1980, est construit dans la zone militaire qui juxtapose le site d'étude au Sud-ouest.

Cette zone est soumise à un apport sédimentaire en provenance du Nord, celui-ci provoque un ensablement au niveau du port, ce problème est accentué par les modifications répétées de la configuration du port (**Figure. VI.4**)



Figure. VI.3. Le port militaire dans la plage Ouest (**Google Earth, modifiée**)

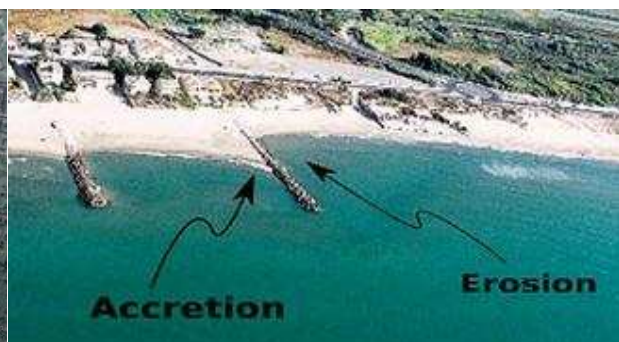


Figure. VI.4. Phénomènes d'accrétion et d'érosion dus à la présence d'épis (**CETMEF**)

Par conséquent, le port, par sa présence, contribue à la fois à la sauvegarde de la partie restante de la plage Ouest, qui trouve au pied de la jetée militaire, et à la disparition du reste. Le transport sédimentaire est perturbé, provoqué par les houles de direction Nord-ouest.

- **Impact du complexe de Thalassothérapie**

Après la réalisation du complexe de Thalassothérapie, un fait de constatation démontre que des volumes sédimentaires parcourant toute la zone se trouvent piégés au niveau de l'épi, induisant ainsi un dépôt de sable à l'amont et une érosion à l'aval.

La plage de la Thalassothérapie se trouve ainsi coincée avec des sédiments piégés entre le complexe et l'épi. Il faut noter que des injections de sable ont été effectuées (4000 à 5000 m³) pour agrandir la largeur de la plage touristique. (**photo. VI.6**)



Figure. VI.5. La plage de centre Thalassothérapie. (**Google Earth.**)



Photo. VI.6. Le centre de Thalassothérapie

VI.3.2. Solutions d'aménagement

Il reste que l'on peut aujourd'hui établir un bilan de mécomptes et de déboires sur ce qui a été fait jusque là pour la protection du littoral Ouest de Sidi Fredj et de sa mise en valeur, et de proposer de nouvelles méthodes d'intervention mieux adaptées à cet environnement fragile.

Dans la plage Ouest, on préconise :

- La suppression des jetées anarchiquement construites par les propriétaires des villas se trouvant au bord de la mer en vue de les protéger.



Photo VI.7. Les digues d'enrochement anarchiques dans la plage Ouest (07/03/2011).

- La mise en place des brise-lames le long de la côte :

Ces ouvrages de défense contre la mer vont être placés sur les petits fonds, en avant de la côte, et disposés plus ou moins parallèlement à son tracé. Ils auront pour but d'atténuer ou de supprimer l'impact des vagues sur la plage en réfléchissant ou en absorbant leur énergie avant qu'elles ne l'atteignent.

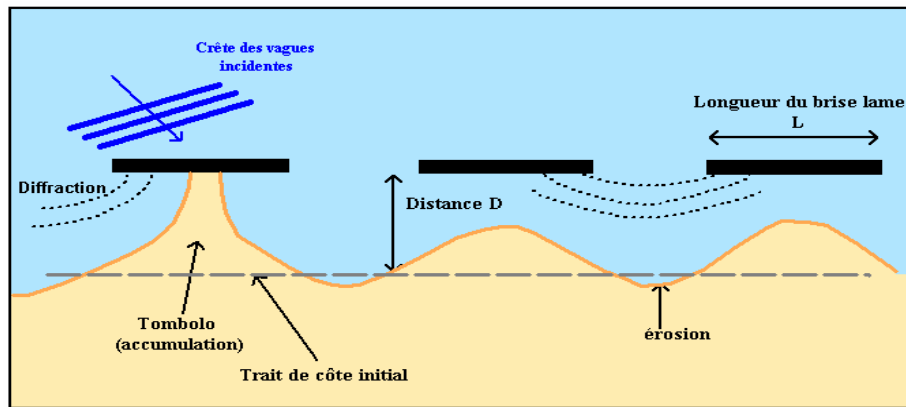


Figure. VI.6. Effet d'une brise lame sur l'état d'une plage. (CETMEF)

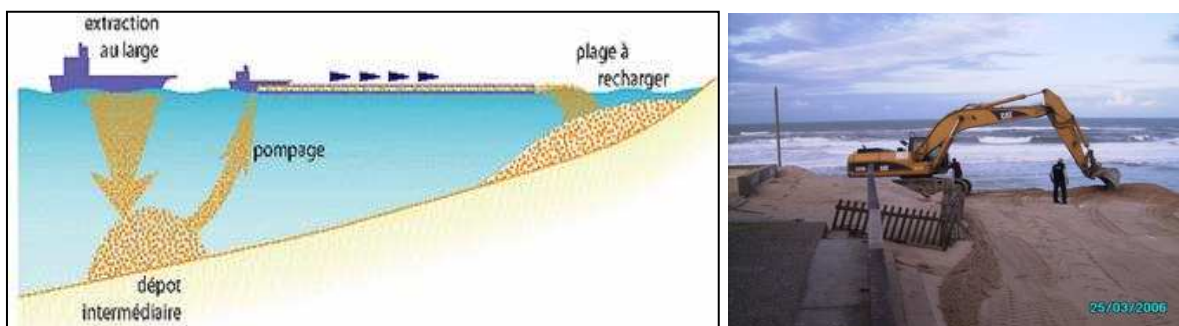
En provoquant, par voie de conséquence, une décélération de la dérive littorale, en diffractant aussi la houle lorsqu'elle heurte leurs extrémités, les brise-lames induisent une sédimentation à leur abri. Des longues de sables se développeront à partir du rivage pour rattacher les brise-lames à la terre ferme (tombolos, plage alvéolaires,...). Mais la construction de ces ouvrages sur une côte pose aussi des problèmes, sans parler de leur coût car, étant édifiés en mer, ils reviennent plus cher que les autres ouvrages de défense.

- Rechargement artificiel :

L'alimentation artificielle des plages constitue actuellement la meilleure solution à l'érosion des plages à partir du moment où l'on décide d'y résister, bien qu'elle pouvait avoir des inconvénients d'ordre écologique.

Un préalable important existe : trouver une source proche et aisément accessible, de sédiments en quantité suffisante (il revient à estimer le volume des quantités de sable nécessaire pour reconstituer une plage de telle largeur avec une pente connue) et de la qualité adéquate. Il est recommandé de recourir à un matériel d'une taille un peu plus grossière que celle du matériel original car, si elle est plus fine, il y a un risque de dispersion par les vagues.

Mais, si la taille est trop grossière, la pente de la nouvelle plage sera plus forte, donc plus réfléchissante, d'où un enlèvement plus rapide des sédiments sur l'estran.



Figures. VI.7. Méthode de rechargement d'une plage par extraction et importation de sable du large (CETMEF)

- La mise en place des atténuateurs de houle :

C'est une technique de défense souple qui a pour but d'utiliser l'énergie cinétique d'une masse d'eau importante en mouvement oscillatoire pour créer une houle en opposition de phase avec la houle incidente, le résultat étant d'annuler les deux houles.

L'effet obtenu par l'action des plaques brises lames, immergées sous quelques mètres d'eau et posées sur des pieux.

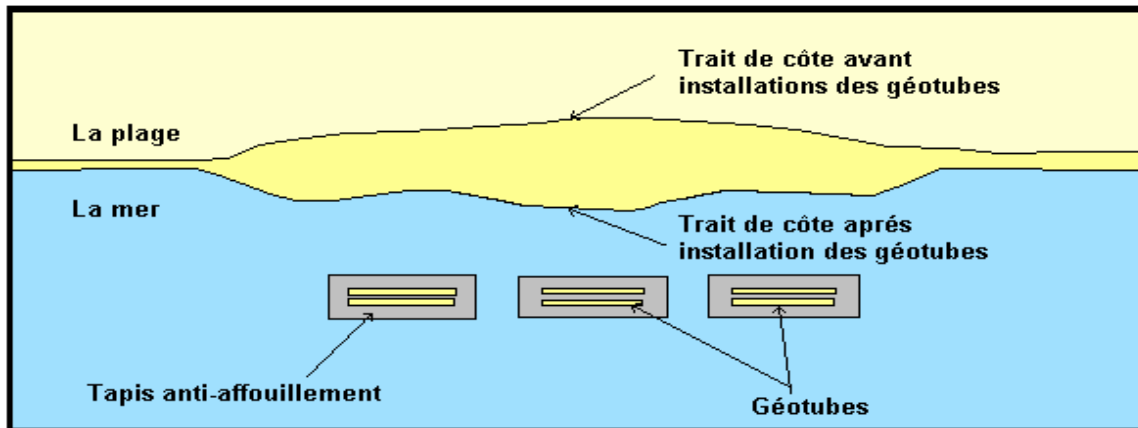


Figure.VI.8. Vue en plan des brises lames immergés. (CETMEF)

- Système de défense avec les géotubes

Un géotube est un tube qui a une coupe ovale (sous forme d'ellipse) faite en géotextile dont la hauteur et la largeur selon le cas d'aménagement qui est caractérisé par :

- La résistance aux basses et fortes températures.
- La résistance élevée aux endommagements et aux sollicitations mécaniques.
- Perméable à l'eau.
- La résistance aux rayons du soleil (UV).
- Le géotube est non toxique et non polluant.

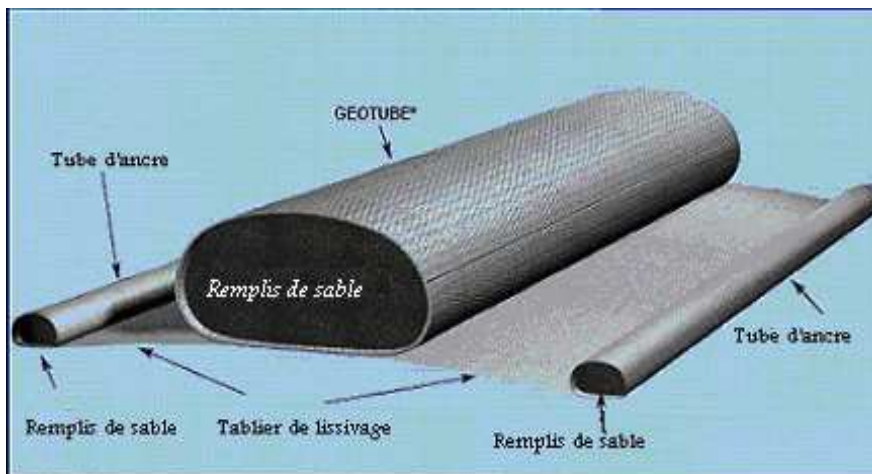


Figure VI.9. Représentation d'un géotube (CETMEF)

Conclusion

Conclusion

L'étude menée à travers ce mémoire est basée sur l'approche de l'utilisation des paramètres physico-chimiques, sédimentologiques, des sels nutritifs et l'étude microbiologique dont les objectifs est de vérifier la qualité des eaux et des sédiments de littoral Ouest de Sidi Fredj. Cette approche a pour but une caractérisation des eaux et un essai de la description de leur déplacement dans littoral Ouest de Sidi Fredj afin de pouvoir apprécier la qualité et de définir les origines et sources d'apports.

Nos résultats ne montrent pas qu'il y a une pollution par rapport à la température car elle est influencée par celle de l'aire, les valeurs du pH sont conformes aux normes, elles ne sont pas affectées par les apports d'eau continentale à pH acide. Le taux de salinité est dans l'intervalle de celui de la Méditerranée. Les teneurs en oxygène dissous sont variables selon l'activité photosynthétique, la présence ou l'absence de matière organique dégradable et aussi le renouvellement de l'eau.

La distribution des sels nutritifs est principalement gérée par l'activité anthropique fertilisante telle que les rejets domestiques et agricoles. Donc on peut dire qu'il y a une pollution par les sels nutritifs (nitrates, nitrites, ammonium, orthophosphates). Selon leurs concentrations obtenues, il se trouve qu'il y a une eau polluée par les rejets urbains nécessitant un traitement.

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

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

D'après nos résultats, on peut dire que notre zone d'étude présente une pollution chimique par les sels nutritifs.

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

Les concentrations moyennes en streptocoques fécaux restent élevées, signalant aussi la présence des salmonelles.

L'étude sédimentologique montre qu'il ya une distribution assez classique des sédiments moyens bien classés, avec des taux de carbonates plus ou moins importants. Cette étude nous a permis de mieux apprécier la dynamique sédimentaire dans la plage Ouest de Sidi Fredj, elle est relativement moyenne.

La cartographie par méthode directe dans une portion de l'anse Ouest de la presqu'île de Sidi Fredj a permis d'obtenir des données plus fines sur la répartition des biocénoses détectées par la méthode indirecte et a également permis de découvrir de nouveaux éléments indétectables par la méthodes indirecte telle que la présence et la répartition des espèces qui ne représentent pas un recouvrement important mais présente une importance écologique, par le fait qu'elles soient rares, remarquables ou introduite à caractère invasif . Elle permet également de dresser une liste de la faune associée à chaque biocénose.

Le recul de trait de côte est ressenti entre 1933 et 2011. Son évolution est due à plusieurs facteurs. La connaissance du comportement de la plage Ouest de Sidi Fredj permet une prévision relativement fiable de son évolution dans les décennies à venir. L'objectif de cette étude est de gérer l'espace pour

ne pas être contraint un jour à protéger contre l'érosion et la submersion par la mer des aménagements qui y ont été implantés.

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

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Amara. R., 1988 : Contribution à l'étude de la dynamique de la pollution en zone côtière (cas de Bou-Ismaïl ex : Castiglione), mémoire d'ingénieur ENSSMAL.

Aminot A. et Chaussepied .M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre national pour l'exploitation des océans. *Edition : CNEOX, Brest, France, 396 p.*

Aminot. A et Kérouel. R., 2004. Hydrologie des écosystèmes marins : Paramètres et analyses. *Edition : Ifremer, France, 41p.*

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

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

Berne F., et Cordonnier J., 1991. Traitement des eaux : Epuration des eaux résiduaires de raffinage. Conditionnement des eaux de réfrigération. (*TECHNIP, Eds.*) 306p.

Bitar G, Zibrowius H. 1997 Scleractinian corals from Lebanon, eastern Mediterranean, including a non-lessepsian invading species. *Scientia Marina* 61(2): 227-231
http://www.icm.csic.es/scimar/index.php/secId/9/IdArt/2868/search/%22H.%20Zibrowius%22/total_tr ob/2/iniyear/1955/finyear/2008/author/1/abstract/0/title/0/keywords/0

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

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

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

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

Cannicci S., Garcia L. & Galil B.S. (2006) Racing across the Mediterranean-first record of *Percnon gibbesi* (Crustacea: Decapoda: Grapsidae) in Greece. JMBA2 – Biodiversity Records, published online. <http://www.mba.ac.uk/jmba/pdf/5300.pdf>

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

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

Chamley. H., 1987. La sédimentologie. *Ed DUNOD. Pari, 175p.*

Chenibet, 1995, Evolution de la plage Ouest de Sidi Fredj, problèmes et solutions, mémoire d'ingénieur ENSSMAL.

Çinar ME, Bilecenoglu M, Öztürk B, Can A 2006 New records of alien species from the Levantine coast of Turkey. *Aquatic Invasions* 1 (2): 84-90.
http://www.aquaticinvasions.ru/2006/AI_2006_1_2_Cinar_etal.pdf

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

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

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

Fine M, Zibrowius H, Loya Y 2001 *Oculina patagonica*: a non-lessepsian scleractinian coral invading the Mediterranean Sea. *Marine Biology* 138(6): 1195-1203
<http://www.tau.ac.il/lifesci/departments/zoology/members/loya/documents/139.pdf>

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

Frontier S et Pichod-Viale D,1998 structure-fonctionnement-évolution. *DUNOD, Paris, 447 p.*

Gaujous. D., 1995. La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. *Edition : Technique & Document, Paris 220p.*

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

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

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

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

Kezzouli. K., Abdellah. T (2005) Sidi Fredj : Situation du littoral, diagnostic, causes d'érosion et solutions d'aménagement, mémoire d'ingénieur ENSSMAL.

Lacaze J.C., 1996 (a). La pollution des mers. *Edition: DOMINOS Flammarion, France, 128p*

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

Lamouti. S 2009. Thèse de magistère

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

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

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

Meinesz A., Boudouresque C.F., Falconetti C., Astier J.M., Bay D., Blanc J.J., Bourcier M., Cinelli F., Cirik S., Cristiani G., Di Geronimo I., Giaccone G., Harmelin J.G. Laubier L., Lovric A.Z., Molinier R., Soyer J., Vamvakas C. (1983) Normalisation des symboles pour la représentation et la cartographie des biocoenoses benthiques littorales de Méditerranée. *Ann. Inst. océanogr.*, 59 (2) : 155-172. https://www.com.univmrs.fr/~boudouresque/Publications_pdf/Meinesz_et_al_1983_Ann_Inst_Océanogr.pdf

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

Ministère des Approvisionnements et Services Canada, 1992. Recommandations au sujet de la qualité des eaux utilisées à des fins récréatives au Canada. 60p

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

Murphy J. et Riley J.P., 1962. A modified single method for determination of phosphates in natural waters. *Anal. Chim. Acta* : 27 :pp 31-36.

OMS (Organisation Mondiale de Santé), 1995. Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicole. Partie V. Contrôle de qualité. V67.

Pipitone C., Badalamenti F. and Sparrow A. (2001) Contribution to the knowledge of *Percnon gibbesi* (Decapoda, Grapsidae), an exotic species spreading rapidly in Sicilian waters. *Crustaceana* 74: 1009-1017

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

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

Relini M., Orsi L., Puccio V. and Azzurro E. 2000 The exotic crab *Percnon gibbesi* (H. Milne Edwards, 1853) (Decapoda, Grapsidae) in the central Mediterranean. *Scientia Marina* 64: 337-340

Riviere, 1977. Méthode granulométrique Technique et interprétation, (Paris).170p.

Rodier et al. 1996. L'analyse de l'eau : eau naturelle, eaux résiduelle, eau de mer, *Edt Dunod, Paris. 1383p.*

Rodier J., 1997. L'analyse de l'eau : (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer) 8^{ème} Edition Dunod, Paris. pp 385-401.

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

Salomidi M., Bellou N., Pancucci-Papadopoulou M.A. & Zibrowius H. 2006 First observation of an invasive scleractinian coral in Greek waters. Poster presented at the 41st European Marine Biology Symposium, Cork, 4-8 September 2006.

<http://elnais.ath.hcmr.gr/PDF/Alien%20Coral,%20Oculina%20patagonica.pdf>

Sartoretto S, Harmelin JG, Bachet F, Bejaoui N, Lebrun O & Zibrowius H 2008 The alien coral *Oculina patagonica* De Angelis, 1908 (Cnidaria, Scleractinia) in Algeria and Tunisia. *Aquatic Invasions* 3 (2): 173-180

http://www.aquaticinvasions.ru/2008/AI_2008_3_2_Sartoretto_etal.pdf

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

Thessalou-Legaki M., Zenetos A., Kambouroglou V., Corsini-Foka M., Kouraklis P ;, Dounas C & Nicolaidou A. 2006 The establishment of the invasive crab *Percnon gibbesi* (H. Milne Edwards, 1853) (Crustacea: Decapoda: Grapsidae) in Greek waters; *Aquatic Invasions* Volume 1, Issue 3: 133-136 http://www.aquaticinvasions.net/2006/AI_2006_1_3_Thessalou_etal.pdf

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

Yokes B., Galil B.S. (2006) Touchdown – first record of *Percnon gibbesi* (H. Milne Edwards, 1853) (Crustacea: Decapoda: Grapsidae) along the Levant coast. *Aquatic Invasions* 1(3): 130-132. http://www.aquaticinvasions.net/2008/AI_2008_3_2_Elkrwe_etal.pdf

Zibrowius H. 1974 *Oculina patagonica*, scléactiniaire hermatypique introduit en Méditerranée. *Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen* 26(2): 153-173

<http://www.springerlink.com/content/j5280g4p132u70u7/fulltext.pdf>

Annexes

Annexe I

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

N° de station	Lieu	Longitude (x) Est (degré)	Longitude (x) Est (mètre)	Latitude (y) Nord (degré)	Latitude (y) Nord (mètre)
c1	plage Thalassothérapie	2° 50.422'	485751,6555	36°45.682'	4068121,305
c2	plage Thalassothérapie	2° 50.463'	485812,5616	36°45.654'	4068069,438
c3	plage Thalassothérapie	2° 50.480'	485837,7317	36°45.615'	4067997,295
c4	plage Ouest	2° 50.507'	485877,8153	36°45.588'	4067947,312
c5	plage Ouest	2° 50.546'	485935,7391	36°45.557'	4067889,905
c6	plage Ouest	2° 50.567'	485966,8857	36°45.526'	4067832,542
c7	plage Ouest	2° 50.621'	486047,0173	36°45.459'	4067708,545
c8	plage Ouest	2° 50.669'	486118,2129	36°45.388'	4067577,167
c9	plage Ouest	2° 50.698'	486161,1229	36°45.310'	4067432,894
c10	plage Ouest	2° 50.719'	486192,1831	36°45.249'	4067320,07
1	large	2° 50.115'	485294,1789	36°45.437'	4067669,134
2	large	2° 50.160'	485361,125	36°45.437'	4067669,019
3	large	2° 50.337'	485624,9254	36°45.591'	4067953,28
4	large	2° 50.439'	485776,4064	36°45.507'	4067797,731
5	large	2° 50.375'	485681,0469	36°45.459'	4067709,15
6	large	2° 50.266'	485518,6982	36°45.398'	4067596,649
7	large	2° 50.508'	485878,6951	36°45.389'	4067579,408
8	large	2° 50.454'	485798,1101	36°45.308'	4067429,792
9	large	2° 50.280'	485539,2414	36°45.307'	4067428,378
10	large	2° 50.641'	486076,0451	36°45.218'	4067262,947
11	large	2° 50.321'	485599,8491	36°45.182'	4067197,181
12	large	2° 50.627'	486054,7429	36°45.061'	4066972,727
A	large	2° 50.347'	485639,6247	36°45.534'	4067847,876
B	large	2° 50.373'	485677,8887	36°45.400'	4067600,079
C	large	2° 50.463'	485811,8281	36°45.415'	4067627,586
D	large	2° 50.553'	485945,2467	36°45.259'	4067338,96
E	large	2° 50.622'	486047,9436	36°45.273'	4067364,674
F	large	2° 50.635'	486066,8021	36°45.113'	4067068,843
G	large	2° 50.349'	485641,0503	36°45.035'	4066925,344

Annexe II

Mode opératoire pour la mesure des matières en suspensions (MES)

Echantillonnage :

L'eau est prélevée dans des flacons de 225 ml en verre stérilisés au préalable à l'étuve à 120° C pendant 15 minutes.

Cette mesure consiste à filtrer l'eau sur une membrane poreuse afin de retenir les particules supérieures à 0.45µm (Aminot et Chaussepied, 1983).

Première étape : préparation des filtres (GF/C Wattman) au laboratoire :

- Numérotter les boîtes en plastique
- Sécher les filtres dans l'étuve à 70°C pendant 1 heure et demi
- Laisser refroidir au dessiccateur pour absorber l'humidité
- Peser chaque filtre à l'aide d'une balance à précision et noter le poids (P₁).
- Replacer aussitôt chaque filtre dans sa boîte à l'abri de la poussière.

Deuxième étape : filtration de l'eau de mer :

- Agiter l'échantillon prélevé avant sa filtration.
- Mesurer le volume à filtrer (150ml) à l'aide d'une éprouvette.
- Filtrer le volume de l'échantillon sur le filtre à l'aide d'une pompe à vide.
- Supprimer l'aspiration dès que le filtre est à sec.
- Verser alors 5 à 10ml d'eau distillée sur le filtre et aspirer à nouveau.
- Recommencer une seconde fois cette opération de rinçage.
- Après rinçage remettre chaque filtre dans sa boîte numéroté dans une étuve pendant 48 heures.
- Procéder à une deuxième pesée des filtres et noter le poids (P₂).

Dosage des nitrites + nitrates.

I) Réactifs

I.1 Solution tampon

Produits chimiques exigés :

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

Préparation :

Dissoudre le chlorure d'ammonium dans 800 ml d'eau distillée. Ajuster le pH à 8.2 avec la solution d'ammonium. Ajouter l'hydroxyde de sodium et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée, ajouter le Bridj 35 et mélanger.

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

I.2 Réactif colorant :

Produits chimiques exigés :

Acide o-phosphorique H ₃ PO ₄ (85%).....	50 ml.
Sulfanilamide C ₆ H ₈ N ₂ O ₂ S.....	10g.
α-Naphtyléthylène diamine dihydrochloride C ₁₂ H ₁₆ Cl ₂ N ₂	0.5g.
Eau distillée H ₂ O.....	850 ml.

Préparation :

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

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

I.3 Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée H₂O (régénérée chaque semaine).

II. Préparation des solutions étalons

2.1 Solution mère de 100 ppm N (*)

Produits chimiques exigés :

Nitrates de sodium NaNO₃.....0.6068 g.

Eau distillée H₂O.....1000 ml.

Préparation

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

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

2.2. Solution fille de 10 ppm N

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

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

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{moles/l}$ de N-NO₃⁻ ou de N-NO₂⁻ puis en $\mu\text{mols /l}$ de NO₃⁻ ou de NO₂⁻.

Dosage de l'ammonium

I) Réactifs

I.1 Solution tampon

Produits chimiques exigés :

Tartrate de potassium et de sodium

C₄H₄O₆KNa.4H₂O.....33g.

Citrate de sodium C₆H₅O₇Na₃.2H₂O.....24g.

Acide sulfurique H₂SO₄ (1N).....x ml.

Eau distillée H₂O.....1000 ml.

Bridj 35 (30 %).....2 ml.

Préparation :

Dissoudre le tartrate de potassium et de sodium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajouter le citrate de sodium et dissoudre. Ajuster le pH à 5 avec la solution d'acide sulfurique. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le Bridj 35 et mélanger.

Note :

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

I.2. Solution phénol.

Produits chimiques exigés :

Phénol C₆H₅OH.....6g.

Hydroxyde de sodium NaOH.....40g.

Eau distillée H₂O.....1000g.

Dosage des orthophosphates.

I. Réactifs

I.1 Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés :

Tartrate de potassium et d'antimoine	
K (SbO) C ₄ H ₄ O ₆ .5H ₂ O.....	230 mg.
Acide sulfurique H ₂ SO ₄ (97 %)	69.4 ml.
Molybdate d'ammonium (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4H ₂ O.....	6g.
Eau distillée H ₂ O	1000 ml.
FFD6.....	2 ml.

Préparation:

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

Note :

Ne pas employer de 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 de 10 % pour 300 ppb si et 10 % pour 10 ppb P. Le pH final doit être inférieur à 1. La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

I.2 Solution d'acide ascorbique

Produits chimiques exigés :

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

Préparation

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

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

I.3 Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H₂O régénérée chaque semaine).

II. Préparation des solutions étalons

2.1 Solution mère de 100 ppm P (*)

Produits chimiques exigés :

Dihydrogène o-phosphate de potassium KH ₂ PO ₄	0.4394 g.
Eau distillée H ₂ O.....	1000 ml.

Préparation :

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

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

2.2 Solution fille de 10 ppm P

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

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

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

Dosage des silicates.

I. Réactifs

1.1 Solution d'acide sulfurique

Produits chimiques exigés :

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

Préparation

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

Note :

La solution est stable pendant 1 semaine. Conserver à $4^\circ C$ quand la solution n'est pas utilisée.

1.2 Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés

Molybdate d'ammonium $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$	20g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.
FDD6	2 ml.

Préparation

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

Note :

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

1.3 Solution d'acide oxalique :

Produits chimiques exigés :

Acide oxalique $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$	44 g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.

Préparation

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

Note :

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

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

1.4 Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H_2O .

Note :

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

II. Préparations des solutions étalons.

2.1 Solution mère de 100 ppm Si (*)

Produits chimiques exigés :

Métasilicate de sodium $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$	1.0119 g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.

Préparation :

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

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

2.2 Solution fille de 10 ppm Si

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

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

Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

(*) : les concentrations des solutions étalons sont transformés en $\mu\text{mols/l}$ de SiO_4^- .

Tableau. A.II.1. Gamme d'étalonnage de l'ammonium.

N° des Standards	concentrations d'ammonium ($\mu\text{m/l}$)	Hauteur des pics (unité digitale)
1	0	0
2	0,2	110
3	0,4	200
4	0,6	400
5	0,8	700
6	1,2	1100
7	2,4	2100

Tableau. A. II.2. Gamme d'étalonnage des nitrites.

N° des Standards	concentrations des nitrites ($\mu\text{m/l}$)	Hauteur des pics (unité digitale)
1	0	0
2	0,2	502
3	0,4	1017
4	0,6	1531
5	0,8	2031
6	1,2	2650

Tableau. A. II.3. Gamme d'étalonnage des nitrates.

N° des Standards	concentrations des nitrates ($\mu\text{m/l}$)	Hauteur des pics (unité digitale)
1	0	0
2	0,2	52
3	0,4	130
4	0,6	200
5	0,8	282
6	1,2	370
7	2,4	712

Tableau. A. II. 4. Gamme d'étalonnage des orthophosphates.

N° des Standards	concentrations des orthophosphates (µm/l)	Hauteur des pics (unité digitale)
1	0	0
2	0,2	183
3	0,4	340
4	0,6	464
5	0,8	565
6	1	748
7	1,2	844

Tableau. A. II.5. Gamme d'étalonnage des silicates.

N° des Standards	concentrations des silicates (µm/l)	Hauteur des pics (unité digitale)
1	0	0
2	0,5	91
3	1	290
4	1,5	500
5	2	840
6	2,50	1102
7	5	2000

Annexe III

La composition des milieux de culture utilisés en microbiologie.

Tableau. A. III.1. Composition de la Gélose lactosée au TTC et au Tergitol

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

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

Tableau. A. III.2. Composition de Milieu de Slanetz et Bartley

Composition chimique	Quantité (g/l)
Tryptone	20
Extrait de levure	5
Glucose	2
Monohydrophosphate de potassium (K ₂ HPO ₄)	4
Azide de sodium	0,4
Chlorure de triphényltétrazolium (TTC)	0,05
Agar	10

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

Tableau. A.III. 3. Composition de la Gélose Hektoen

Composition	Quantité (g/l)
Peptone de viande	12
Extrait de levure	3
Sels biliaires	9
Lactose	12
Saccharose	12
Salicine	2
Chlorure de sodium	5
Hyposulfite de sodium	5
Citrate de fer ammoniacal	1,5
Bleu de bromothymol	0,064
Fuchsine acide	0,04
Agar	13,5

- pH : 7,6 - Ne pas autoclaver.

Tableau. A. III. 4. Composition d'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. A. III. 5. Composition de 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 : 7,0±0,2 à 25°C. - Ne pas autoclaver.

Tableau. A. III. 6. Composition de la gélose Nutritif Alcalin Bilié (NAB)

Composition	Quantité (g/l)
Peptone	10
Extrait de viande de boeuf	10
NaCl	20
Louryl sulfate de sodium	0.1
Carbonate de sodium	5
Saccharose	10
Agar	10

pH=8.5 (environ). Ne pas autoclaver.

Norme de salubrité

Tableau. A. III. 7. 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	/100 ml	500	10 000
Escherichia coli/100 ml	/100 ml	100	2 000
Streptocoques fécaux/ 100ml	/ 100 ml	100	-
Salmonelles	ll	-	0
Vibrien 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 pas contenir des substances capables de nuire la santé des baigneurs.

-**Valeurs guide** : caractérise une bonne qualité pour la baignade.

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

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

Annexe. IV.

Tableau. A. IV.1. Résultats des paramètres physico-chimiques dans l'eau de mer.

N° de station	Date (2011)	Z (m)	Heure (h/min)	T (°C)	S (PSU)	Cond (mS/cm)	PH	O ₂ (mg/l)	CHL (µg/L)	MES (mg/l)	MOP (mg/l)	MIP (mg/l)	MIP/MOP
c1	07/03	0,25	10:50	16,4	35,8	/	8,04	/	/	22,67	18,40	4,267	0,23
c2	07/03	0,25	11:10	16,4	35,8	/	8,12	/	/	33,67	16,30	10,63	1,07
c3	07/03	0,25	11:19	16,6	34,8	/	8,08	/	/	26,47	9,20	17,27	0,19
c4	07/03	0,25	11:40	16,9	35,8	/	8,39	/	/	13,67	10,87	2,80	0,19
c5	07/03	0,25	11:53	17	36	/	8,18	/	/	36,8	14,73	22,07	0,69
c6	07/03	0,25	12:00	18	35,8	/	8,07	/	/	23,8	12,20	11,60	0,30
c7	07/03	0,25	12:12	17,6	35,7	/	8,11	/	/	14,67	9,00	5,67	0,54
c8	07/03	0,25	12:18	17,7	35,8	/	8,11	/	/	17,27	6,93	10,33	0,69
c9	07/03	0,25	12:22	17,7	35,8	/	8,09	/	/	10,73	6,80	3,93	0,86
c10	07/03	0,25	12:30	17,6	35,9	/	8,07	/	/	27,53	8,87	18,67	0,46
c1	20/03	0,25	11:00	17,8	36,1	49,5	/	8,9	/	/	/	/	/
c2	20/03	0,25	11:05	17	36,4	49,7	/	7,9	/	/	/	/	/
c3	20/03	0,25	11:12	17,4	36,1	49,5	/	9,4	/	/	/	/	/
c4	20/03	0,25	11:25	17,6	36,1	49,7	/	9,7	/	/	/	/	/
c5	20/03	0,25	11:32	17,3	36,3	49,4	/	8,3	/	/	/	/	/
c6	20/03	0,25	11:38	18,1	36,2	49,7	/	8,2	/	/	/	/	/
c7	20/03	0,25	11:43	17,3	36,4	48,5	/	7,9	/	/	/	/	/
c8	20/03	0,25	11:55	17,3	36,2	49,8	/	8,5	/	/	/	/	/
c9	20/03	0,25	12:00	17,6	36,4	48,9	/	8	/	/	/	/	/
c10	20/03	0,25	12:07	17,3	36,4	50	/	8,2	/	/	/	/	/
1	03/04	11	10.20	17,7	36	49,9	/	/	1,23	31,07	16	15,07	0,32
2	03/04	8.4	10.24	18,2	36,6	49,6	/	/	1,07	28,4	14,67	13,73	0,25
3	03/04	2.2	10.29	18	36,3	50	/	/	0,83	26,13	13,34	12,79	0,66
4	03/04	1.9	10.38	18,2	36,5	50	/	/	1,23	11	11,67	-0,67	0,80
5	03/04	3.3	10.35	18,4	36,6	50	/	/	1,01	89,07	13,33	75,73	0,43
6	03/04	9.3	10.42	17,9	36,6	50	/	/	1,23	74,13	14,54	59,59	0,25
7	03/04	2.6	11.12	19,4	36,6	49,9	/	/	0,48	106,13	15,23	90,90	0,45
8	03/04	4.4	11.08	18,8	36,6	49,8	/	/	0,59	125,13	11,23	113,90	0,35
9	03/04	8.6	10.45	17,6	36,5	50,1	/	/	0,43	41,73	8,43	33,30	0,54
10	03/04	2.0	10.58	18,4	36,5	50	/	/	1,04	29	15	14,00	0,22
11	03/04	7.3	10.48	18	36,6	50	/	/	0,80	20,53	11,33	9,20	0,55
12	03/04	2.8	10.55	18,8	36,5	49,8	/	/	0,40	26,67	13,67	13,00	0,59
A	03/04	4.1	10.31	18,4	36,6	48,6	/	/	/	/	/	/	/
B	03/04	5.9	11.20	18,1	36,6	49,9	/	/	/	/	/	/	/
C	03/04	2.9	11.14	18,6	36,6	49,9	/	/	/	/	/	/	/
D	03/04	3.8	11.06	18,9	36,5	49,9	/	/	/	/	/	/	/
E	03/04	2.6	11.04	18,1	36,5	49,9	/	/	/	/	/	/	/
F	03/04	2.5	10.55	18,7	36,5	49,1	/	/	/	/	/	/	/
G	03/04	6.8	10.51	17,8	36,6	49,4	/	/	/	/	/	/	/

Tableau. A. IV. 2. Résultats des sels nutritifs dans l'eau de mer

N° de station	Date (2011)	Z (m)	Heure (h/min)	NO ₃ ⁻ (Umol/l)	NO ₂ ⁻ (Umol/l)	NH ₄ ⁺ (Umol/l)	Po ₄ ⁻³ (Umol/l)	SiO ₂ (Umol/l)
c1	07/03	0,25	10:50	0,76	0,04	1,99	0,22	2,76
c2	07/03	0,25	11:10	0,79	0,05	2,58	0,13	1,70
c3	07/03	0,25	11:19	1,78	0,17	2,27	0,11	4,61
c4	07/03	0,25	11:40	1,86	0,14	2,53	0,14	4,32
c5	07/03	0,25	11:53	2,71	0,14	4,10	0,19	8,75
c6	07/03	0,25	12:00	5,10	0,19	2,29	0,23	9,98
c7	07/03	0,25	12:12	2,93	0,12	2,44	0,28	5,28
c8	07/03	0,25	12:18	2,81	0,24	2,51	0,30	1,48
c9	07/03	0,25	12:22	3,94	0,16	0,55	0,31	11,85
c10	07/03	0,25	12:30	3,19	0,04	2,45	0,32	11,26
1	03/04	11	10.20	0,97	0,08	2,45	0,36	0,61
2	03/04	8.4	10.24	1,96	0,08	2,45	0,39	7,01
3	03/04	2.2	10.29	1,41	0,05	2,55	0,38	0,46
4	03/04	1.9	10.38	2,33	0,04	0,33	0,36	12,18
5	03/04	3.3	10.35	1,55	0,10	1,01	0,41	0
6	03/04	9.3	10.42	1,66	0,07	0,49	0,35	0,30
7	03/04	2.6	11.12	1,87	0,07	0,76	0,31	0,30
8	03/04	4.4	11.08	1,90	0,09	1,10	0,28	0
9	03/04	8.6	10.45	1,89	0,09	1,39	0,26	0,46
10	03/04	2.0	10.58	2,31	0,09	2,00	0,27	0,30
11	03/04	7.3	10.48	2,33	0,06	2,04	0,27	1,22
12	03/04	2.8	10.55	3,02	0,12	1,18	0,24	1,07

Tableau.A. IV. 3. Les concentrations moyennes des paramètres bactériologiques dans l'eau de mer

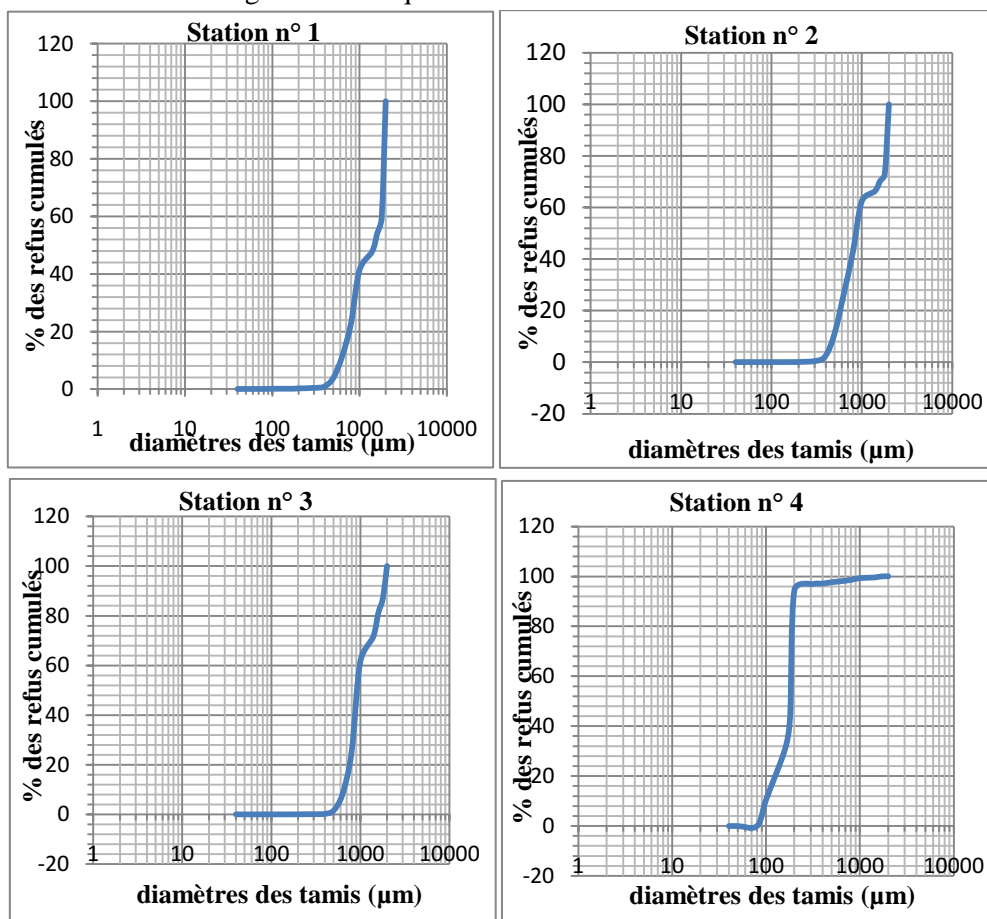
N° de station	Z (m)	Heure (h/min)	Coliformes totaux (CT/100ml)	Coliformes fécaux (CF/100ml)	Streptocoques fécaux (SF/100ml)
c3	0,25	11.09	970	4	125
c6	0,25	11.31	2384	29	106
c9	0,25	11.58	1336	18	98

Tableau A. IV.4. Pourcentages des refus cumulés dans les différentes stations.

Maille des tamis (µm)	Station n°1	Station n°2	Station n°3	Station n°4	Station n°5	Station n°6	Station n°7	Station n°8	Station n°9	Station n°10
40	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0
50	0,01	0	0	0,01	0,03	0,09	0,05	0,01	0,01	0,03
80	0,01	0	0	0,02	0,24	1,10	0,40	0,10	0,10	0,19
100	0,07	0	0	10,67	9,02	16,70	24,10	15,59	15,59	23,63
160	0,09	0,01	0,01	31,23	16,54	31,37	47,65	44,01	44,01	56,28
180	0,11	0,01	0,01	44,29	18,47	36,08	56,13	61,55	61,55	70,95

200	0,21	0,04	0,04	94,48	26,68	51,96	84,47	91,52	91,52	95,69
Maille des tamis (μm)	Station n°1	Station n°2	Station n°3	Station n°4	Station n°5	Station n°6	Station n°7	Station n°8	Station n°9	Station n°10
315	0,39	0,48	0,09	96,88	32,18	55,86	90,07	94,37	94,37	97,12
400	0,91	2,56	0,22	97,10	36,38	58,89	91,45	95,62	95,62	97,54
500	3,78	11,08	1,49	97,62	47,86	62,70	93,95	96,77	96,77	97,94
630	11,11	26,21	7,96	98,04	61,03	65,64	95,30	97,41	97,41	98,21
800	22,82	42,91	25,09	98,54	73,18	68,04	96,17	97,98	97,98	98,45
1000	41,28	62,35	61,33	99,27	84,00	70,56	96,98	98,81	98,81	98,74
1400	47,79	66,32	71,47	99,50	86,14	71,34	97,24	99,11	99,11	98,85
1600	54,14	70,31	81,22	99,81	88,14	72,08	97,58	99,36	99,36	98,95
1800	59,55	72,96	87,03	99,98	89,79	72,76	97,78	99,48	99,48	99,01
2000	99,99	99,99	99,99	99,98	99,98	99,99	99,98	99,97	99,97	99,99

Figures. A. IV. 1. Courbes granulométriques des différentes stations de littoral Ouest de Sidi Fredj.



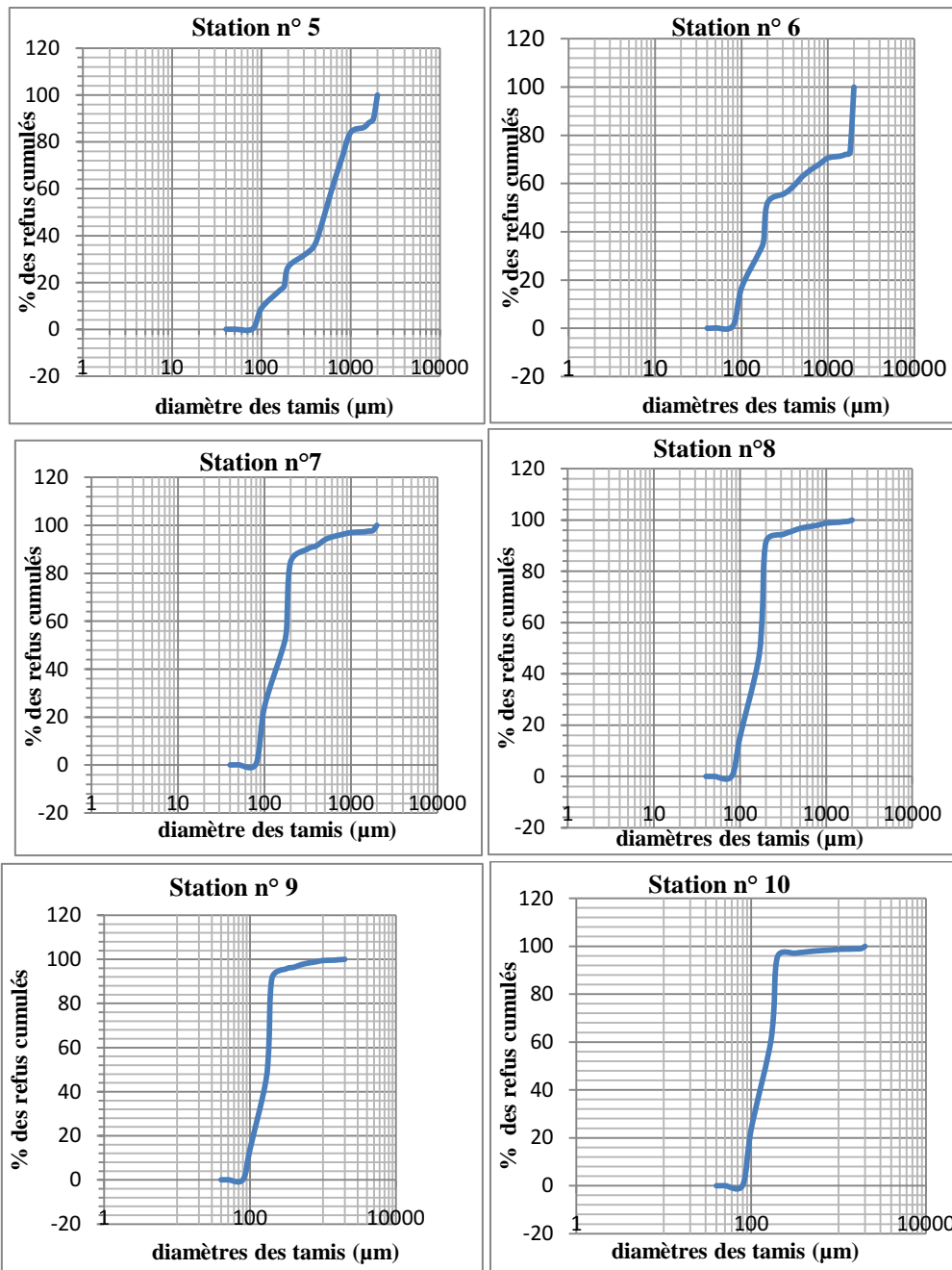


Tableau. A. IV.5. Paramètres granulométriques des sédiments de littoral Ouest de Sidi Fredj.

Stations	Q ₂₅ (µm)	Q ₅₀ (µm)	Q ₇₅ (µm)	SO	SK	Pélites (%)	CaCo ₃ (%)	MO (%)
c1	800	1600	1900	1,54	0.59	0.6	26.2	1.2
c2	600	800	1800	1.73	1.69	0.68	23.45	1.1
c3	800	900	1500	1.37	1.48	0.75	22.35	1.05
c4	90	190	200	1.49	0.50	0.94	33	1.75
c5	200	550	800	2.	0.53	0.82	34.7	1.5
c6	140	200	1950	3.73	6.82	0.60	28.45	1.65
c7	110	180	190	1.31	0.64	0.95	28.5	1.5
c8	115	180	195	1.30	0.69	0.96	34.9	1.55
c9	110	190	195	1.33	0.59	0.96	31.6	1.25
c10	90	150	195	1.47	0.78	1.24	32.95	1.25