

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

Spécialité : ENVIRONNEMENT

Sujet :

**Contribution à l'étude de la qualité
des eaux et des sédiments de la plage
ouest de Sidi Fredj**

Présenté par:

- Mr SMAIL Hicham
- M^{elle} DJOUDI Souheyla

Soutenu le 02/07 /2012 devant le jury suivant :

Mr BELKESSA Rabah, Maitre de conférences (ENSSMAL)	Président
M ^{me} BACHARI HOUMA Fouzia, Maitre de conférences (ENSSMAL)	Promotrice
Mr BOULAHIDID Mostefa, Professeur (ENSSMAL)	Examineur
Mr BACHOUCHE Samir, Chercheur permanent (CNRDPA)	Examineur

Promotion : 2011/2012

Remerciement

Il nous est tout d'abord particulièrement agréable d'exprimer nos profondes reconnaissances, nos plus sincères remerciements et nos gratitude à notre promotrice **Madame HOUMA BACHARI Fouzia** qui a bien accepté de diriger notre travail et qui n'a cessé de prodiguer ses conseils judicieux et permanents qui nous ont été d'une aide précieuse. On la remercie pour ses encouragements et pour le temps précieux qu'elle nous a consacré toutes les fois que cela était nécessaire.

On adresse nos plus sincères remerciements, à **Monsieur BELKASSA** de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance. On le remercie aussi pour son aide et ses conseils durant notre sortie de prélèvement et pour les analyses des sédiments au laboratoire. Qu'il trouve ici l'expression de nos plus profondes gratitude et nos plus vifs remerciements.

On tient également à remercier très chaleureusement les membres de Jury qui nous ont fait l'honneur de juger ce travail

- **Monsieur BOULAHDID** qui a accepté d'être Examineur et juger ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de nos plus vifs remerciements et sincères respects.

- **Monsieur BACHOUCHE**, d'avoir accepté de juger ce travail ; on le remercie aussi pour son aide précieuse, on exprime nos profonds respects, nos sincères remerciements et toute notre considération.

Sans oublier **Monsieur BOUDJELLAL** et Madame **EDALIA** et **FEZIA (KHALTIS)** et bien sure **Monsieur BOUKRINA** qui nous a facilité la tâche et qui a satisfait tous nos besoins, grand merci à toute l'équipe du laboratoire de Sidi Fredj.

On remercie énormément nos deux amies **AMRAOUI Imen** et **yaaiche nacima (salwa, silwa)** Pour leurs aides et encouragements.

On tient à remercier également nos amis étudiants de l'**ENSSMAL (Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et l'Aménagement du Littoral)** d'avoir été à nos côtés et pour leur soutien, merci à **SELLAY Miloud**, **BELLOULOU Bilel** et **TAKLIT Tarek**.

DJOUDI et SMAIL

Dédicace

***On dédie ce travail à nos parents et nos
familles et tous nos amis***

***Et surtout pour le nouveau né NASSER
AMJNE***

Liste des acronymes

AFNOR : Association Française de Normalisation

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

C : Côte

CF : Coliformes Fécaux

CT : Coliformes Totaux

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

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

MES : Matières En Suspension.

MO : Matière Organique.

ONM : Office National Météorologique.

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

SF : Streptocoques Fécaux

Liste des figures

Figure 1.1: Différents types de la pollution marine.....	3
Figure 1.2: Cycle de l'Azote dans l'eau de mer (Riley & Chistre., 1971)	10
Figure 1.3: Cycle global des sels nutritifs : production et minéralisation de la matière organique. (Inspiré de Jacques et Tréguer., 1986).....	13
Figure 1.4: Cycle simplifié des éléments nutritifs .apports nutritifs en excès (Lacaze ; 1996).	15
Figure 2.1: Situation géographique et localisation de Sidi Fredj (Google Earth. 2010)	19
Figure 2.2 : Situation géographique et localisation de la plage de Thalassothérapie et de la plage ouest de Sidi Fredj (APPL, 1997)	20
Figure 2.3 : Photos de la plage de Thalassothérapie lors des prélèvements	21
Figure 2.4 : Photos de la plage ouest de Sidi Fredj lors des prélèvements.....	21
Figure 2.5: Bathymétrie de la baie de Bou-Smail (Leclaire., 1972)	23
Figure 2.6 : Répartition sédimentologique de la Baie d'El Djamil (Bakalem in Grimes ; 2003)	23
Figure 2.7 : Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la Baie de Bou-Smail (Belkessa et al., 2008; Alsid Chikh et al., 2009 (modifié))	27
Figure 3.1 : localisation et situation géographique des stations de prélèvement (Google Earth. 2012).....	29
Figure 3.2 : Prélèvement d'eau de mer par une bouteille de prélèvement NISKIN.....	30
Figure 3.3 : Prélèvement de sédiment par une benne VAN VEEN.....	31
Figure 3.7 : les étapes de la recherche des Salmonelles.....	37
Figure 3.8: Les étapes de la recherche des Vibrions.....	38
Figure 4.1 : Température moyenne au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj.....	45
Figure 4.2 : Distribution spatiale de la température au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj .	45
Figure 4.3: Salinité moyenne au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj	46
Figure 4.4 : Distribution spatiale de salinité au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj	46
Figure 4.5 : Corrélation entre la Salinité et la Température	47
Figure 4.6 : pH moyen au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj	48
Figure 4.7 : Distribution spatiale du pH au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj.....	48
Figure 4.8: Les valeurs moyennes des matières en suspension au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj.....	49
Figure 4.9 : Teneurs en matières en suspension au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj.....	50

Figure 4.10 : Concentrations moyennes de la chlorophylle-a au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj.....	51
Figure 4.11 : Concentrations de la Chlorophylle-a au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj...51	
Figure 4.12 : Teneurs en matières organiques particulières au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj.....	52
Figure 4.13: Teneurs en matières organiques particulières au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj.....	52
Figure 4.14 : Résultats de DBO ₅ au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj	53
Figure 4.15 : Concentrations des nitrites au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj	54
Figure 4.16: Distribution spatiale des concentrations des nitrites.....	54
Figure 4.17: Concentrations des nitrates au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj.....	55
Figure 4.18: Distribution spatiale des concentrations des nitrates	56
Figure 4.19: Concentrations de l'ammonium au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj	57
Figure 4.20: Distribution spatiale des concentrations de l'ammonium.....	57
Figure 4.21: Concentrations des phosphates au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj.....	58
Figure 4.22: Distribution spatiale des concentrations des phosphates	58
Figure 4.23: Concentrations du silicium dissous au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj.....	59
Figure 4.24: Distribution spatiale des concentrations des silicates.....	60
Figure 4.25: Rapport de Redfield au large niveau du littoral ouest de Sidi Fredj	61
Figure 4.26 : Rapport de Redfield sur la côte niveau du littoral ouest de Sidi Fredj.....	61
Figure 4.27 : Pourcentages des matières organiques dans les sédiments au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj.....	62
Figure 4.28: Distribution spatiale des teneurs en matières organiques dans les sédiments.....	63
Figure 4.29 : Pourcentages des Carbonates du Calcium dans les sédiments du littoral ouest de Sidi Fredj.....	64
Figure 4.30: Distribution spatiale des taux de CaCO ₃ dans les sédiments	64
Figure 4.31: Pourcentages de la fraction pélique dans les sédiments au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj.....	65
Figure 4.32: Distribution spatiale des taux de pélites dans les sédiments.....	65
Figure 4.33: Variation de l'indice de classement de Trask des sédiments du littoral ouest de Sidi Fredj.....	67
Figure 4.34: Relation entre l'indice de classement et la médiane	67
Figure 4.35: Variation de l'indice d'asymétrie des sédiments du littoral ouest de Sidi Fredj...68	
Figure 4.36: Relation entre l'indice de Skewnes et la médiane.....	68

Figure 4.37: Concentrations des germes indicateurs de pollution au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj.....	69
Figure 4.38: Distribution spatiale de la concentration des coliformes totaux	70
Figure 4.39: Distribution spatiale des concentrations des coliformes fécaux.....	70
Figure 4.40: Distribution spatiale des concentrations des streptocoques fécaux.....	71
Figure4.41: Photo des eaux rouges observées près de la station C4	71
Figure 4.42: Photo de <i>Noctiluca scintillans</i>	72

Liste des tableaux

Tableau 1.1: Principales sources de pollution des eaux (Mitchell in Ramade., 1998).....	4
Tableau 1.2: les principaux mécanismes impliquant les nutriments (Aminot & Kérouel., 2004).....	11
Tableau 2.1 : Tableau de Fréquence en pourcentage d'apparition de la houle dominante. U.S.N.W.C. (1963-1970). (L.E.M. 2002).....	25
Tableau 3.1 : Diamètres des grains et appellations correspondants à la norme française (AFNOR, 1994).....	40
Tableau 3.2 : Classification des grains de sable (Folk et Ward., 1957 in Saadaoui & Chabi., 2011).....	42
Tableau 3.3 : Classement des sédiments selon l'indice de Trask S0. (Folk., 1966).....	42
Tableau 3.4 : classement des sédiments selon l'indice de Skewnes (SK).....	42
Tableau 4.1 : Caractéristiques statistiques des paramètres physico-chimiques du littoral ouest de Sidi Fredj.....	44
Tableau 4.2: Caractéristiques statistiques des paramètres indicateurs de pollution au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj.....	49
Tableau 4.3: Caractéristiques statistiques des concentrations de sels nutritifs au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj.....	53
Tableau 4.4: Caractéristiques statistiques des fractions pélitiques, organiques et carboniques dans les sédiments au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj.....	62
Tableau 4.5: Caractéristiques statistiques des paramètres granulométriques des sédiments du littoral ouest de Sidi Fredj.....	66
Tableau 4.6: Caractéristiques statistiques des résultats des analyses microbiologiques.....	69
Tableau 4.7: Concentrations des sels nutritifs dans les eaux rouges observées.....	72

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

Spécialité : ENVIRONNEMENT

Sujet :

**Contribution à l'étude de la qualité
des eaux et des sédiments de la plage
ouest de Sidi Fredj**

Présenté par:

- Mr SMAIL Hicham
- M^{elle} DJOUDI Souheyla

Soutenu le 02/07 /2012 devant le jury suivant :

Mr BELKESSA Rabah, Maitre de conférences (ENSSMAL)	Président
M ^{me} BACHARI HOUMA Fouzia, Maitre de conférences (ENSSMAL)	Promotrice
Mr BOULAHIDID Mostefa, Professeur (ENSSMAL)	Examineur
Mr BACHOUCHE Samir, Chercheur permanent (CNRDPA)	Examineur

Promotion : 2011/2012

Sommaire

Introduction.....	1
Chapitre I: Généralité	
1. Généralité.....	3
1.1. Définition de la pollution	3
1.2. Descripteurs physico-chimiques des milieux marins.....	4
1.2.1. Température	4
1.2.2. Salinité	4
1.2.3. Oxygène dissous OD (mg/l).....	5
1.2.4. Potentiel d'hydrogène (pH)	5
1.3. Paramètres indicateurs de pollution.....	6
1.3.1. Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO ₅).....	6
1.3.2. Matière en suspension (MES) : «Matériel particulaire» ou «Substancesdissoutes»....	6
1.3.3. Matière organique particulaire	7
1.4. Les sels nutritifs	7
1.4.1. Notion des nutriments.....	7
1.4.2. Origines des sels nutritifs.....	7
1.4.3. Rôles des sels nutritifs	8
1.4.4. Distribution des sels nutritifs	8
1.4.5. Les différentes formes des sels nutritifs	8
1.4.5.1. Azote	8
• Azote ammoniacal	8
• Nitrates (NO ₃ ⁻).....	9
• Nitrites (NO ₂ ⁻).....	9
1.4.5.2. Composées phosphorées (PO ₄ ³⁻)	10
1.4.5.3. La silice dissoute.....	10
1.4.6. Photosynthèse.....	11
1.4.7. Minéralisation (Régénération)	12
1.4.8. Excrétion.....	12
1.4.9. Nitrification.....	12
1.4.10. Dénitrification	13

1.4.11.	Sels nutritifs et le rapport de Redfield	13
1.5.	Paramètres microbiologiques.	16
1.5.1.	Germes témoins de contamination fécale.	16
	• Les Coliformes totaux (CT).....	16
	• Les Coliformes fécaux « thermotolérants » (CF).	16
	• Les Streptocoques fécaux (SF).	16
1.5.2.	Germes pathogènes.....	16
	• Les Salmonelles	16
	• Les Vibrions	17

Chapitre II : Zone d'étude

2.	Zone d'étude	19
2.1.	Situation géographique	19
2.2.	Présentation du site d'étude : littoral Ouest de Sidi Fredj	19
2.2.1.	Plage de Thalassothérapie.....	20
2.2.2.	Plage Ouest de Sidi Fredj	21
2.3.	Cadre géologique	22
2.3.1.	Géologie régionale	22
2.3.2.	Géologie locale.....	22
2.3.3.	Nature de fond et couverture sédimentaire	22
2.4.	Facteurs hydrodynamiques.....	24
2.4.1.	La Température	24
2.4.2.	Précipitation	24
2.4.3.	Les vents	24
2.4.4.	Les houles	24
2.4.5.	Les courants	25
2.4.6.	La dérive littorale	26
2.4.7.	Réseau hydrographique	26

Chapitre III : Matériel et méthode

3.	Matériel et Méthode	29
3.1.	Travaux réalisés en mer	29
3.1.1.	Choix des stations.....	29
3.1.2.	Sorties en mer.....	29
3.1.3.	Prélèvement et échantillonnage.....	30

3.1.3.1.	Prélèvement d'eau.....	30
3.1.3.2.	Prélèvement des sédiments.....	31
3.1.4.	Mesures des paramètres physico-chimiques.....	31
3.2.	Travaux réalisés au laboratoire.....	31
3.2.1.	Analyse de l'eau de mer	31
3.2.1.1.	Matière en suspension (MES)	31
3.2.1.2.	Matière organique particulaire (MOP).....	32
3.2.1.3.	Dosage de la chlorophylle a par fluorométrie	33
3.2.1.4.	Demande biochimique en Oxygène (DBO ₅).....	34
3.2.1.5.	Dosage des sels nutritifs.....	34
3.2.1.5.1.	Méthode d'analyse.....	34
3.2.1.5.2.	Définition de la colorimétrie	34
	Loi de Beer-Lambert	34
3.2.1.5.3.	Analyse automatique des sels nutritifs.....	35
3.2.1.5.4.	Etalonnage.....	35
3.2.1.6.	Analyses microbiologiques	36
3.2.2.	Analyses des sédiments marins.....	38
3.2.2.1.	Matière organique (MO)	38
3.2.2.2.	Analyse calcimétrique (décarbonification)	39
3.2.2.3.	Analyse granulométrique	40
3.2.2.3.1.	Principe de la méthode.....	40
3.2.2.3.2.	Mode opératoire de l'analyse granulométrique.....	41
3.2.2.3.3.	Traitement des données.....	41
3.2.2.3.3.1.	Les paramètres centraux	41
3.2.2.3.3.2.	Les indices granulométriques	42

Chapitre VI: Résultats et discussion

4.	Résultat et Discussion	44
4.1.	Variation et distribution spatiale des paramètres physico-chimiques dans littoral Ouest de Sidi Fredj	44
4.1.1.	La température.....	44
4.1.2.	La salinité	45
	• Diagramme T/S.....	47
4.1.3.	Le potentiel d'Hydrogène (pH)	47

4.2.	Variation et distribution spatiale des Paramètres indicateurs de la pollution	49
4.2.1.	Les matières en suspension (MES).....	49
4.2.2.	La chlorophylle a	50
4.2.3.	La matière organique particulaire (MOP).....	51
4.2.4.	DBO ₅	53
4.3.	Variation des concentrations des sels nutritifs dans le littoral ouest de Sidi Fredj	53
4.3.1.	Nitrites.....	54
4.3.2.	Nitrates	55
4.3.3.	Ammonium.....	56
4.3.4.	Phosphates	58
4.3.5.	Silicium dissous.....	59
4.3.6.	Rapport de Redfield	61
4.4.	Interprétation des résultats des analyses des sédiments marins.....	62
4.4.1.	Matières organiques (MO)	62
4.4.2.	Analyses calcimétriques.....	63
4.4.3.	Fraction pélitique	64
4.4.4.	Analyses granulométriques	66
4.4.4.1.	Le quartile inférieur (Q ₂₅)	66
4.4.4.2.	La médiane ou indice de taille (Q ₅₀).....	66
4.4.4.3.	Le quartile supérieur (Q ₇₅)	66
4.4.4.4.	Indice de classement de Trask ou indice de tri S ₀	66
4.4.4.5.	Indice d'asymétrie ou indice de Skewnes (SK).....	67
4.5.	Interprétation des résultats des analyses microbiologiques	69
	Conclusion	74

Références bibliographiques

Annexes

Introduction

Introduction

Actuellement, les milieux aquatiques méritent une attention toute particulière, vu qu'ils sont très altérés et sérieusement menacés par les activités humaines. De plus, ils jouent un rôle important dans la vie humaine.

La pollution des eaux continentales revêt un des aspects les plus inquiétants de la dégradation de l'environnement. En effet, la croissance démographique, l'industrialisation, l'utilisation non rationnelle des engrais et pesticides et le manque de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement, conduisent autant à un déséquilibre de l'écosystème provoquant ainsi une dégradation de la nature. (Blinda., 2007)

Le littoral Algérien est de plus en plus affecté par l'activité humaine ; plus de 60 % de la population se trouve près du littoral. Cette forte densité entraîne des agressions permanentes notamment par le déversement des rejets d'eaux usées domestiques et industrielles directement en mer. 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.

Le littoral ouest de Sidi Fredj est l'un de beaucoup d'autres exemples de dégradation de la qualité des eaux et des sédiments marins sous l'effet des rejets des eaux usées non traitées.

Dans cette optique ; nous présentons dans ce travail la méthodologie pour l'étude et l'évaluation de la qualité des eaux et des sédiments le long de la côte ouest du Sidi Fredj (Plage de Thalassothérapie et Plage Ouest de Sidi Fredj).

Dans le cadre de ce travail, nous avons procédé dans un premier temps à la présentation des différents paramètres environnementaux (physiques, chimiques et biologiques) permettant de bien décrire le milieu marin.

Dans un deuxième temps, nous avons décrit notre zone d'étude avec ses caractéristiques météorologiques, géologiques et hydrologiques.

Ensuite, nous nous intéressons à la partie expérimentale du travail où nous avons présenté le matériel utilisé en décrivant les méthodes choisies pour les prélèvements et les analyses de l'eau et des sédiments in situ et au laboratoire.

La dernière partie était réservée pour les résultats obtenus lors de notre étude ainsi pour leurs interprétations et les présentations graphiques et cartographiques.

Généralité

1. Généralité

1.1. Définition de la pollution

Selon la convention des nations unis sur le droit de la mer 1982, la pollution est définie comme : « introduction directe ou indirecte par l'homme de substances ou d'énergie dans le milieu marin y compris les estuaires, lorsque elle a ou peut avoir des effets nuisible tels que les dommages aux ressources biologiques à la faune et flore marine, risque pour la santé de l'homme, entrave aux activité maritime y compris la pêche et les autres utilisation légitimes de la mer, altération de la qualité de l'eau de mer du point du vue de son utilisation et dégradation des valeurs d'agréments ».

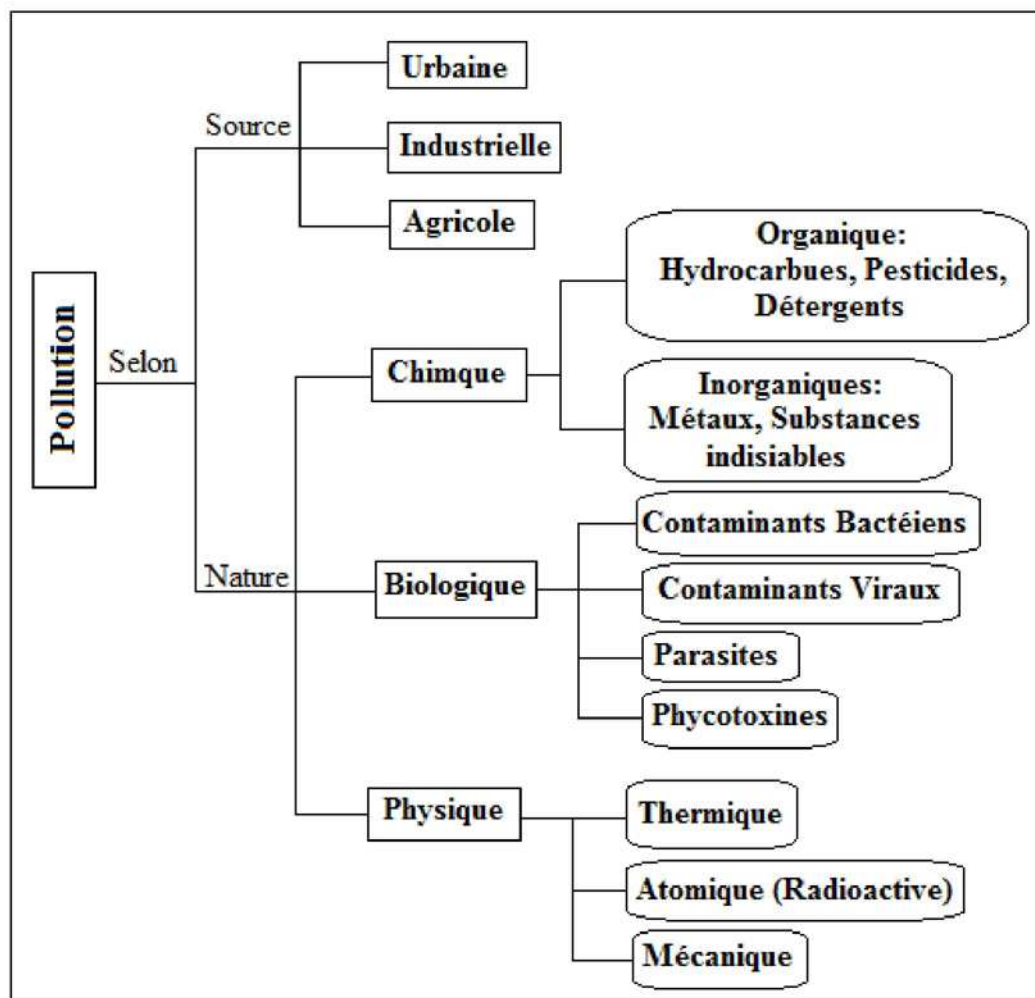


Figure 1.1: Différents types de la pollution marine

- **Principales causes de pollution des eaux**

On peut distinguer plusieurs catégories de pollution des eaux selon la nature et les usages des polluants qui sont à l'origine de ces pollutions. Malgré le caractère toujours arbitraire d'une typologie, il est possible de proposer une classification des diverses causes de pollution des eaux fondées sur la nature physicochimique, de leurs agents et les usages ou les activités qui en sont à l'origine. (Tableau 1.1)

Tableau 1.1: Principales sources de pollution des eaux (**Mitchell in Ramade., 1998**)

Type de pollution	Nature physicochimique	Source ou agent causal
Pollution physique (Thermique et Radioactive)	Rejet d'eau chaude Radio-isotope	Centrales électriques Installation nucléaires
Pollution chimique Par les engrais et les éléments toxiques, Par les pesticides, les détergents et les hydrocarbures, Par les composés organochlorés et divers autres composés organiques de synthèse	Nitrates, Phosphates, Cadmium, Mercure et Plomb Insecticides, Herbicides, Agents tensioactifs, Pétrole brut et ses dérivés PCB, Insecticides, Solvants Chlorés Très nombreuses molécules > 120000	Agriculture, lessives, Industrie, Combustions (pluies acides) Effluents domestiques, Industries pétrolières Transports Usages dispersifs en particulier domestiques pour certains
Matières organiques fermentescibles	Glucides, Lipides, Acides nucléiques	Effluents domestiques, agricoles, industries agroalimentaires, industries de bois
Pollution microbiologique	Bactéries, Virus entériques, Champignons	Effluents urbains, élevage, abattoir

1.2. Descripteurs physico-chimiques des milieux marins

1.2.1. Température

La température est un descripteur pour la connaissance du milieu marin, elle influe sur l'activité biologique et sur la répartition des espèces, la mesure de la température est indispensable pour le traitement ou l'interprétation d'autres paramètres tel que : la saturation des gaz dissous, la mesure du pH (**Aminot & Kérouel., 2004**). C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz (**Rodier., 1997**).

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**).

1.2.2. Salinité

Elle correspond à la teneur en sels dissous de l'eau de mer, elle peut être mesurée et exprimée de différentes manières suivant que l'on considère l'ensemble des corps ; ou seulement les sels dominants (**Rodier et al. 2005**). En méditerranée, elle est voisine de 38 à 39 PSU, mais près des côtes, elle varie entre 36 et 37 PSU (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

La salinité est comme la température, est un paramètre indispensable en milieu marin, en milieux côtiers et estuaires, la salinité est le traceur conservatif idéal des mélanges entre l'eau douce et l'eau de mer (**Aminot & Kérouel, 2004**). La première définition de la salinité et de la chlorinité est en 1902 par Sorensen :

« La salinité est la masse en grammes, des substances solides contenues dans un kilogramme d'eau de mer, quand les ions bromure et iodure sont remplacés par leur équivalent de chlorure, les carbonates convertis et toutes la matière organique oxydée ».

« La chlorinité est la masse, en gramme, de chlore, équivalent à la quantité totale d'halogènes, dans un kilogramme d'eau de mer ».

En 1969, la chlorinité était convertie en salinité selon l'équation suivante :

$$S \text{ (PSU)} = 1,805 \text{ Cl (‰)} + 0,030 \dots\dots\dots (1.1)$$

1.2.3. Oxygène dissous OD (mg/l)

L'oxygène dissous (OD) intervient dans la plupart des processus biologiques permettant la vie terrestre et marine, son absence ou simplement en dessous de certaines concentrations de nombreuses espèces vivantes meurent et l'effet des substances toxiques est amplifié lorsque la concentration en oxygène est insuffisante (**Aminot & Kérouel, 2004**). La concentration en oxygène dissous dans l'eau résulte des processus physiques, chimiques, biologiques :

- Echanges air- mer (gain ou perte).
- Diffusion et mélanges au sein de la masse d'eau.
- Photo-oxydation (perte).
- Oxydation chimique (perte).
- Respiration des organismes aquatiques, y compris minéralisation (perte) nitrification (perte).
- Photosynthèse (gain).

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**).

1.2.4. Potentiel d'hydrogène (pH)

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

Selon Sorensen en 1909 le pH est défini comme : « le cologarithme décimal de la concentration en ions H⁺ » (**Aminot & Kérouel, 2004**).

$$PH = - \log [H^+] \dots\dots\dots (1.2)$$

Le pH de l'eau de mer résulte de sa composition ionique et essentiellement de la présence des carbonates issus de l'échange de dioxyde de carbone (CO_2) entre l'eau et l'atmosphère, ainsi que de la dissolution du calcaire.

Le système des carbonates comprend en solution, le CO_2 , l'hydrogénocarbonate (HCO_3^- : forme majoritaire) et les carbonates (CO_3^{2-}), avec une concentration totale d'environ 2 à 2,5mmole/L dans une eau de mer de salinité 35‰.

Le pH de l'eau de mer en contact de l'atmosphère est de l'ordre de 8 à 8,3, il est affecté par les processus naturels qui déplacent les équilibres du système carbonique, comme la poussée du phytoplancton, consommatrice de CO_2 , ou la reminéralisation de la matière organique, productrice de CO_2 (**Copin-Montégut., 1996**).

1.3. Paramètres indicateurs de pollution

1.3.1. Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO_5)

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène qu'une eau a besoin pour oxyder biologiquement la matière organique polluante par les micro-organismes aérobies pendant 5 jours (**Copin-Montégut., 1996**).

Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matière organique biodégradable d'une eau naturelle polluée ou d'une résiduaire, il est utilisable :

- Soit pour quantifier la charge polluante organique de l'eau.
- Soit pour évaluer l'impact d'un rejet sur le milieu naturel.
- Soit pour évaluer l'intensité du traitement nécessaire à l'épuration d'un rejet par un procédé biologique

1.3.2. Matière en suspension (MES) : «Matériel particulaire» ou «Substancesdissoutes»

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

Selon La définition ISO des matières en suspensions (**AFNOR., 1999**) : «matières éliminées par filtration ou centrifugation dans des conditions définies ».

Leur principal effet est de troubler l'eau, diminuent le rayonnement lumineux indispensable pour une bonne croissance des végétaux au fond de cours d'eau (la photosynthèse). (**Aminot & Kérouel., 2004**). Elle a de sévères conséquences sur les animaux aquatiques par le colmatage de leurs branchies (**Ramade., 2000**).

1.3.3. Matière organique particulière

L'activité biologique de l'environnement marin est basée sur la vie des espèces trophiques primaires. Leur écologie est contrôlée par des facteurs physique, biologique et chimiques (disponibilité d'éléments nutritifs), ces derniers sont assimilés par le phytoplancton pendant la photosynthèse et produisent la matière organique considérée comme une source d'énergie et de nutriments pour les micro-organismes (bactéries, protozoaires), elle correspond à la fraction endogène qui est facilement dégradée (**Boulaidd., 1987**).

Par contre l'autre fraction terrigène ou exogène comme les débris des animaux, débris des végétaux ou celle provenant des rejets urbains, certaines résistants à la dégradation bactériens. Elle est nécessaire au fonctionnement des cycles biogéochimiques par la régénération des sels nutritifs (**Aminot., 2004**).

1.4. Les 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-limitant » (**Copin-Montégut., 1996**).

1.4.1. Notion des nutriments

Les nutriments : l'azote, le phosphore, et le silicium sont indispensables à la nutrition des organismes, sont appelés « éléments nutritifs ». Les deux premiers représentent respectivement que 6 % et 1 % de la biomasse (**Aminot & Kérouel., 2004**).

Les sels nutritifs sont la base de la production primaire des eaux de surface en utilisant la lumière comme source d'énergie (c'est la photosynthèse). Ils sont utilisés comme des traceurs chimiques non conservatifs, ils forment un outil très importants pour la caractérisation et l'identification des masses d'eaux et pour l'étude et la compréhension des différents phénomènes océaniques : circulation des eaux, productions primaire marines.

Les nutriments peuvent être comme la lumière des facteurs limitant de la croissance algale, lorsque il y a une forte consommation, ils peuvent aussi représenter des nuisances indirectes telles que l'eutrophisation en l'anoxie du milieu qui est engendrés par une perturbation du cycle des éléments nutritifs, à cause d'apports excessifs extérieurs au milieu (apports fluviaux, rejets urbains) (**Aminot & Kérouel., 2004**).

1.4.2. Origines des sels nutritifs

Les sels nutritifs dissous en milieu marin ont diverses origines et peuvent être classées en deux sources principales : sources internes et les autres externes.

- **Source interne :**

C'est la source la plus importante, car à elle seule présente environ 97% (**Boulaidd., 1987**). Cette source est assurée par la régénération des sels nutritifs à partir du matériel biogéniques présent dans l'eau de mer. Elle comprend donc toutes les réactions biogéochimiques et autres

réactions (oxydation, dégradation de la matière organique) qui s'effectuent le long de la colonne d'eau de mer, les sels nutritifs peuvent être aussi rediffusés et régénérés à partir du sédiment marin (valable au large).

- **Source externe :**

Regroupe tous les apports continentaux qui sont transportés à la mer, soit par la voie éolienne ou par voie fluviale. Ces derniers peuvent contenir des substances toxiques pour le milieu marin (**Boulaïdid., 1987**).

1.4.3. 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**).

1.4.4. 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 & Tréguer., 1986**).

1.4.5. Les différentes formes des sels nutritifs

1.4.5.1. Azote

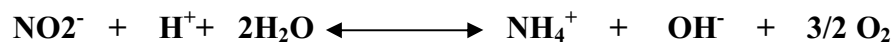
Est présenté sous forme d'ion nitrate NO_3^- , nitrite NO_2^- et ammonium NH_4^+ , et de composés organiques tels que l'urée ou les acides aminés (**Copin-Montégut., 1996**).

- **Azote ammoniacal**

Il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac (NH_3) et l'ammonium (NH_4^+) dont les proportions relatives dépendent du pH, de la température et de la salinité. (**Aminot & Chausse-Pied., 1983**). Ces deux espèces traduisent un équilibre acido-basique, que l'on peut représenter par le domaine de prédominance (**Gaujous., 1995**).

- **pH** < 9,2 on trouve l'ammonium (NH_4^+).
- **pH** > 9,2 on a l'ammoniac (NH_3), qui est un gaz peu soluble, qui se dégage facilement dans l'atmosphère.

Il provient des excréctions animales et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés par un mécanisme bactérien appelé ammonification, et la réduction des nitrates en milieu anaérobique par un mécanisme bactérien selon la réaction suivante :



- **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 nitratisation. Elles entrent dans le cycle de l'azote comme support principale de la croissance phytoplanctonique. (**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.

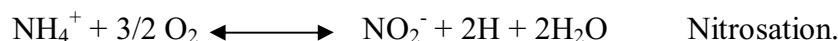
- **Nitrites (NO_2^-)**

Dans le cycle de l'azote, les ions nitrites sont des intermédiaires entre l'azote ammoniacal et ions nitrites, les concentrations retrouvées dans les eaux naturelles, douces ; saumâtre, marines vont de zéro à quelques ($\mu\text{mol/l}$) (**Aminot & Chausse-Pied, 1983**).

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 :



Les nitrites proviennent aussi des excréctions des organismes marins.

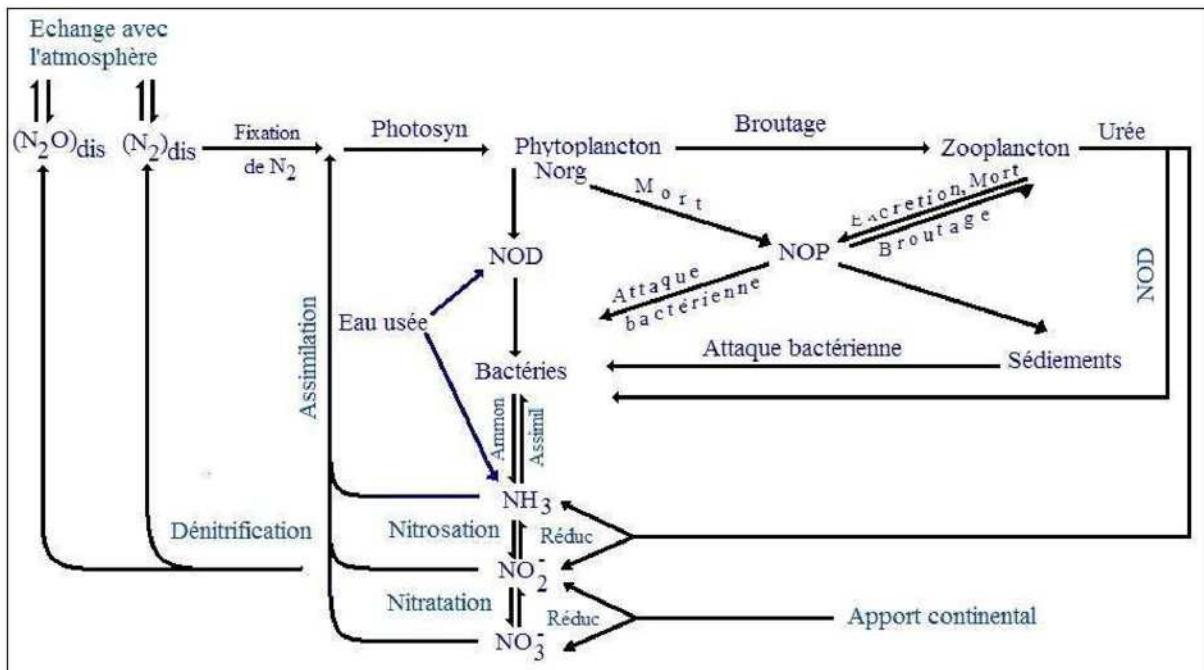
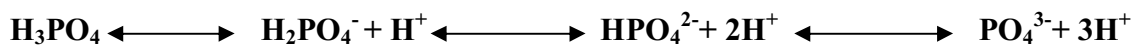


Figure 1.2: Cycle de l'Azote dans l'eau de mer (Riley & Chistre., 1971)

1.4.5.2. Composées phosphorées (PO_4^{3-})

Le phosphore dans l'eau de mer existe sous forme dissoute et particulaire, organique (les phospholipides, ADN, ARN, ATP) et inorganique présentés essentiellement par les ions orthophosphates, qui se trouve sous deux formes PO_4^{3-} (10%) et HPO_4^{2-} (90%) ; H_2PO_4^- présente moins 1% (Aminot & Chausse-Pied., 1983).

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



Dans la zone superficielle, le phosphore est très consommé par le phytoplancton au point que ses concentrations peuvent être non mesurables (bloom printanier) (Copin-Montégut., 1996), généralement, elles sont de l'ordre de 0 à $1\ \mu\text{mol/L}$.

1.4.5.3. 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, Si(OH)_4 , 4,5% Si(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**).

Dans un écosystème naturel, les nutriments sont consommés sous forme minérale dissoute par les producteurs primaires (phytoplancton). Intégrés dans la biomasse (assimilés).

Les nutriments organiques sont progressivement régénérés sous leur forme minérale originelle:

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

C'est le cycle des éléments nutritifs, qui fonctionne grâce à plusieurs processus que selon les conditions environnementales, peuvent se dérouler plus ou moins simultanément ou se succéder. (**Aminot et al., 2004**) (**Tableau 2**).

Tableau 1.2: les principaux mécanismes impliquant les nutriments (**Aminot & Kérouel., 2004**)

Mécanismes	Consommation	Production
Photosynthèse	NID, PO_4^{3-} , H_4SiO_4	NOP, POP, BSi
Minéralisation (excès de N et P)	NOP, POP, NOD, POD	NH_4^+ , PO_4^{3-} , NOP, NOD
Minéralisation (excès de C)	NOP, POP, NOD, POD	NOP, POP
Sécrétion Excrétion		NOD, NOP, POP, NH_3
Rupture des cellules	NOD, POP	NOD, POD, PO_4^{3-}
Nitrification (nitritation)	NH_4^+	NO_2^-
Nitrification (nitratation)	NO_2^-	NO_3^-
Dénitrification	NO_3^-	N_2 , NH_4^+ , NO_2^-
Dissolution	Si	H_4SiO_4

1.4.6. Photosynthèse

C'est le principal mécanisme de production primaire de la biomasse dans le milieu marin. La lumière est la source d'énergie indispensable, seules les eaux superficielles sont le siège de ce processus.

L'azote inorganique assimilé peut provenir d'ammonium, de nitrite ou de nitrate, toutefois, le phosphore est fourni par le phosphate, mais les cellules sont capables d'hydrolyser le phosphore organique dissous grâce à des enzymes externes (fixés ou non à la cellule) en cas de déficit en phosphate (**Aminot & Kérouel., 2004**).

1.4.7. Minéralisation (Régénération)

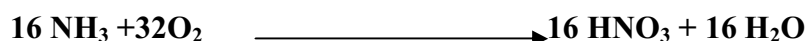
La matière organique dissoute (sécritée par les cellules ou libérée à leur mort) et la matière organique particulaire détritique (excrétée par les organismes supérieurs ou constituée de débris de cellules mortes) sont converties en nutriments minéraux essentiellement par les bactéries : c'est la phase de minéralisation, indispensable au fonctionnement du cycle de la vie aquatique.

La minéralisation est globalement la réaction inverse de la photosynthèse, aboutissant à la formation de nitrate et de phosphate. La minéralisation de l'azote organique produit de l'ammonium. Par la suite, si le milieu n'est pas dépourvu d'oxygène, que l'ammonium sera oxydé en nitrite et nitrate par nitrification.

- Respiration (minéralisation proprement dite).



- La réaction de nitrification.



La minéralisation résulte de la nutrition des bactéries hétérotrophes dont le métabolisme comporte deux voies complémentaires :

- La voie énergétique qui récupère l'énergie stockée dans la matière organique, repose sur l'oxydation du carbone organique en CO₂ (la respiration).
- La voie synthétique (l'assimilation) qui construit la biomasse bactérienne, l'assimilation utilise les éléments minéralisés, (**Fenchel et al., 1998 in Aminot & Kérouel., 2004**).

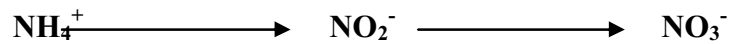
1.4.8. Excrétion

Des composés organiques solubles sont sécrétés par le phytoplancton vivant, les plus connus les acides aminés et les polysaccharides.

L'ammonium et les phosphates sont excrétés par les microflagellés hétérotrophes, les ciliés et le zooplancton, qui ont en outre du matériel organique particulaire (**Aminot & Kérouel., 2004**).

1.4.9. Nitrification

Dans les milieux où l'oxygène est présent, l'ammonium rejeté par la minéralisation est oxydé en nitrite puis nitrate par les bactéries nitrifiantes.



- L'Ammonium en nitrite (nitritation) est réalisé par les bactéries nitrosomonas.
- Nitrite en nitrate (nitratisation) par les bactéries Nitrobacter.

Les bactéries nitrifiantes sont autotrophes, c'est-à-dire qu'elles consomment le carbone inorganique (CO₂, carbonates) pour synthétiser leur biomasse. (Aminot & Kérouel., 2004)

1.4.10. Dénitrification

Dans les eaux pauvres ou dépourvues d'oxygène, la dénitrification prend place et les nitrates seront réduits en libérant les nitrates, l'ammonium et des gaz tels que : le diazote (N₂) et l'oxyde nitreux (N₂O) (Aminot & Kérouel., 2004).

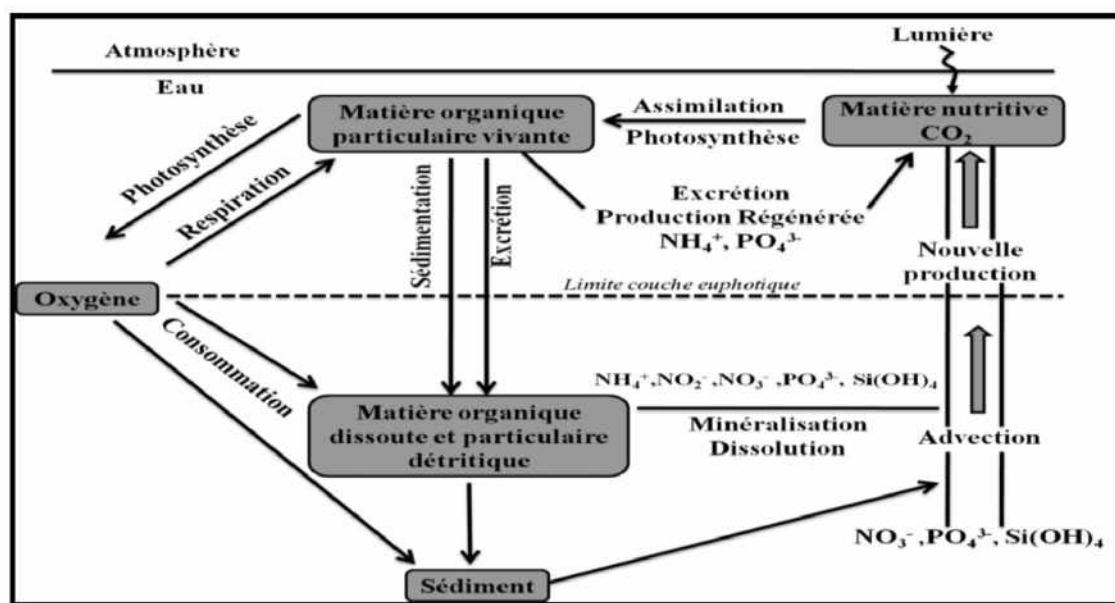


Figure 1.3: Cycle global des sels nutritifs : production et minéralisation de la matière organique. (Inspiré de Jacques et Tréguer., 1986)

1.4.11. 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) (Boulaidd., 1987) ; ont proposé les rapports suivants par l'analyse de la composition chimique de la matière organique :

$$\text{P/N/C/-O}_2 = 1/16/106/-138 \dots\dots\dots (1.3)$$

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 & Boulaidd., 1987).

Production primaire

La production primaire est synonyme de production autotrophe qui signifie la synthèse de matière organique à partir de matière minérale par l'activité photosynthétique ou chimiosynthétiques, en transformant l'énergie lumineuse en énergie chimique potentielle stockée dans les composants organiques des tissus du vivant (**Frontier & Pichod-Viale., 1998**), elle est 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 & Chaussepied., 1983**). La concentration de chlorophylle est utilisée par l'estimation de la production primaire (**Eppley & Peterson., 1979**).

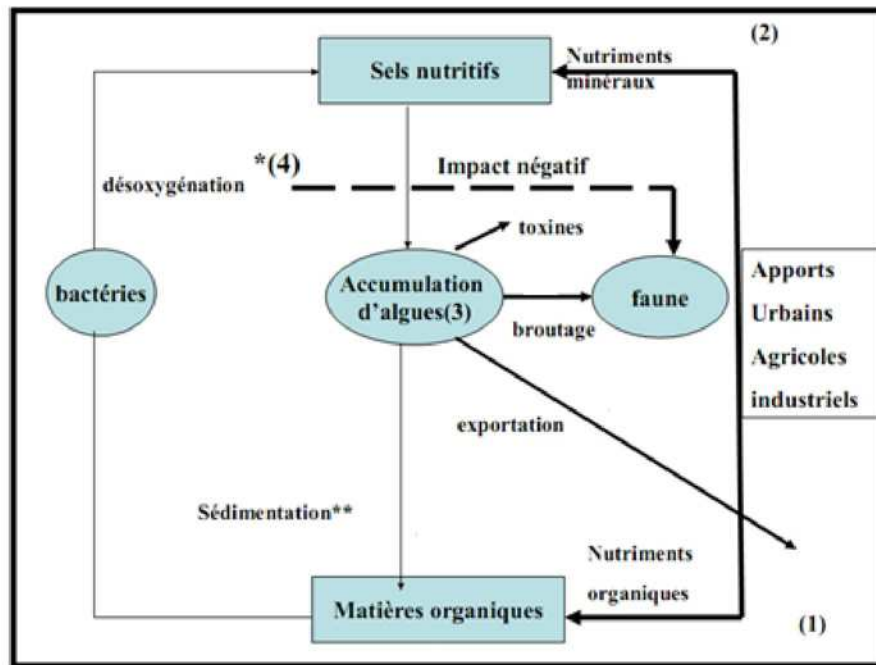


Figure 1.4: Cycle simplifié des éléments nutritifs .apports nutritifs en excès (Lacaze ; 1996).

Cercles : Compartiments vivants.

Rectangles : Compartiments non vivants.

(1) : Les nutriments organiques résiduaux (pollution organique primaire) sont minéralisés par les bactéries, avec consommation d'oxygène (d'où une désoxygénation du milieu) et libération de sels nutritifs* favorisant croissance des algues.

(2) : Les nutriments minéraux résiduaux favorisent des algues dont certaines espèces peuvent émettre des toxines.

(3) : La biomasse algale produite peut être :

- Broutée par les herbivores.
- Exportée si le milieu est ouvert (courants, brassage des eaux).
- Sédimentée sur le fond. La matière organique algale constitue alors une pollution organique secondaire.

(4) : En fin de compte on aboutit à une désoxygénation (hypoxie*, voire anoxie* du milieu) avec une action sévère sur la faune, allant parfois même jusqu'à l'élimination des espèces (milieu azoïque*). Dans tous les cas on observe une chute de la biodiversité*

* : En cas d'anaérobie production de molécules toxiques (CH_4 , NH_3 , SH_2).

** : Décomposition de la matière organique algale

1.5. Paramètres microbiologiques.

1.5.1. Germes témoins de contamination fécale.

- **Les Coliformes totaux (CT).**

Ce sont des bacilles gram négatif, ne forment pas de spores, ne possèdent pas d'oxydase, anaérobies facultatifs et fermentant le lactose avec production de gaz en 48 heures à 37°C (**Kabler., 1961 in Taklit et al., 2006**).

Leurs sources à partir de la matière fécale via les cours d'eaux, les eaux de ruissellement et certains types d'effluents industriels, ce groupe est présenté par les germes suivants : *Enterobacter*, *Serratia*, *Yarsinia* (**Larpen., 1997**).

- **Les Coliformes fécaux « thermotolérants » (CF).**

Sont un sous groupe des coliformes totaux capable de fermenter le lactose avec production de gaz à une température de 44,5°C .l'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (**Haslay et al., 1993**).

Plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origines fécales provenant plutôt d'eaux enrichis en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes, et papiers ou de la transformation alimentaire. Si la contamination en coliformes fécaux est importante, il y a un risque de présence des microorganismes entéropathogènes comme les Salmonelles, et les virus. (**Barthe et al ; in groupe scientifique sur l'eau Québec ; 2003**). Ce groupe englobe 5 germes : *Escherichia*, *klebseilla*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Erwinia*. (**Brisou et al., 1978**)

- **Les Streptocoques fécaux (SF).**

Ces bactéries appartiennent a la famille de Streptococcaceae au genre Streptococcus et au groupe sérologique D de Lansfield (**Sharpe., 1979 in Taklit et al., 2006**) , sont définis des cocci sphériques légèrement ovales , gram positifs , ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes , se développent le mieux à 37°C, ces germes sont des hôtesnormaux de l'intestin de l'homme et des animaux, ils peuvent également exister dans la nature, les streptocoques fécaux sont les plus résistants aux conditions de l'environnement, donc l'origine fécale est incertaine lorsqu'ils sont détectés tous seul. (**Brisou et al., 1980**).

1.5.2. Germes pathogènes.

- **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**).

- **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 & Sainsbury., 1984**).

Zone d'étude

2. Zone d'étude

2.1. 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 Djamila. 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 Djamila.

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

Elle se situe entre $2^{\circ} 50' 48''$ 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 2.1: Situation géographique et localisation de Sidi Fredj (Google Earth. 2010)

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

Au niveau de l'anse ouest de la presqu'île de Sidi Fredj 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.

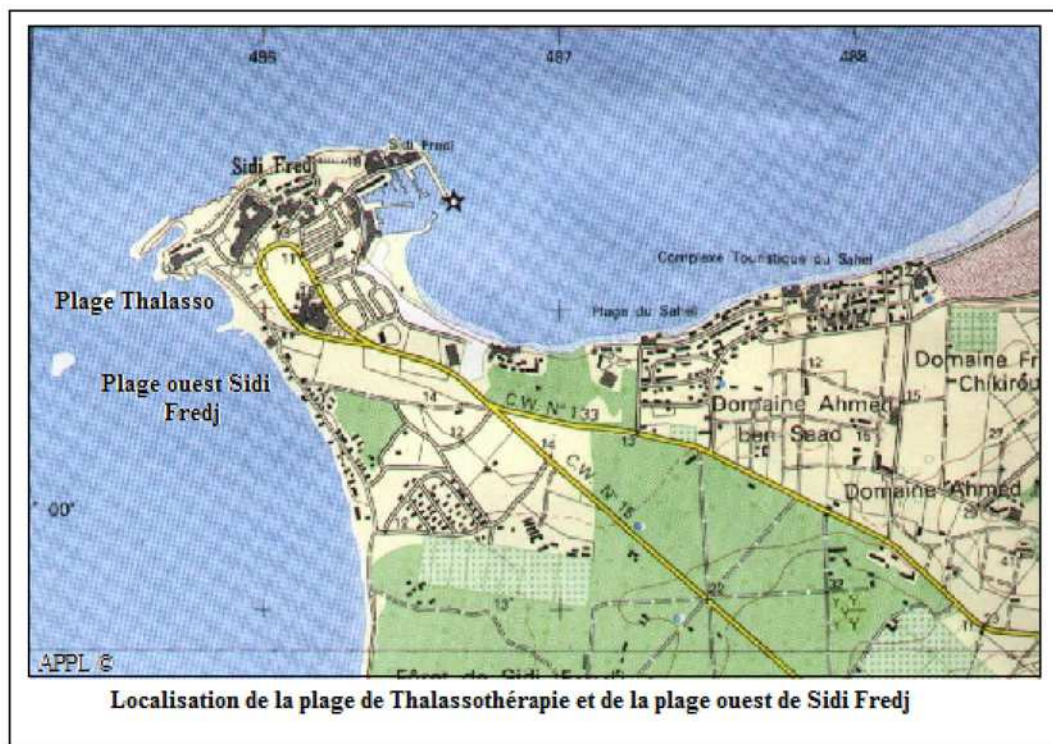


Figure 2.2 : Situation géographique et localisation de la plage de Thalassothérapie et de la plage ouest de Sidi Fredj (APPL, 1997)

2.2.1. Plage de Thalassothérapie

Le centre de thalassothérapie prodigue des soins en balnéothérapie (piscines, jets d'eaux douces et marines, bains d'algues) et en mécano-thérapie (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. 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 quel que 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). Ainsi que beaucoup d'autres déchets solides déposés un peu par tout sur la plage après les tempêtes. (Mezali., 1998).



Figure 2.3 : Photos de la plage de Thalassothérapie lors des prélèvements

2.2.2. 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 2.4 : Photos de la plage ouest de Sidi Fredj lors des prélèvements

2.3. Cadre géologique

2.3.1. 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.

2.3.2. 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.

2.3.3. 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 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.

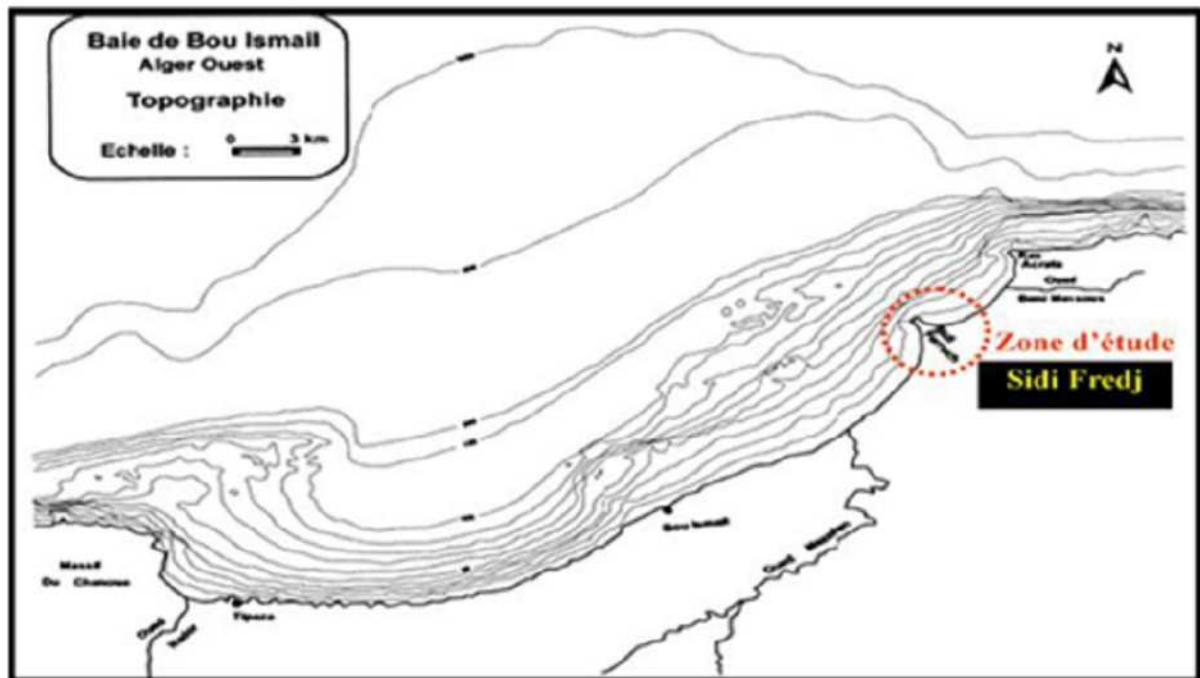


Figure 2.5: Bathymétrie de la baie de Bou-Smail (Leclaire., 1972)

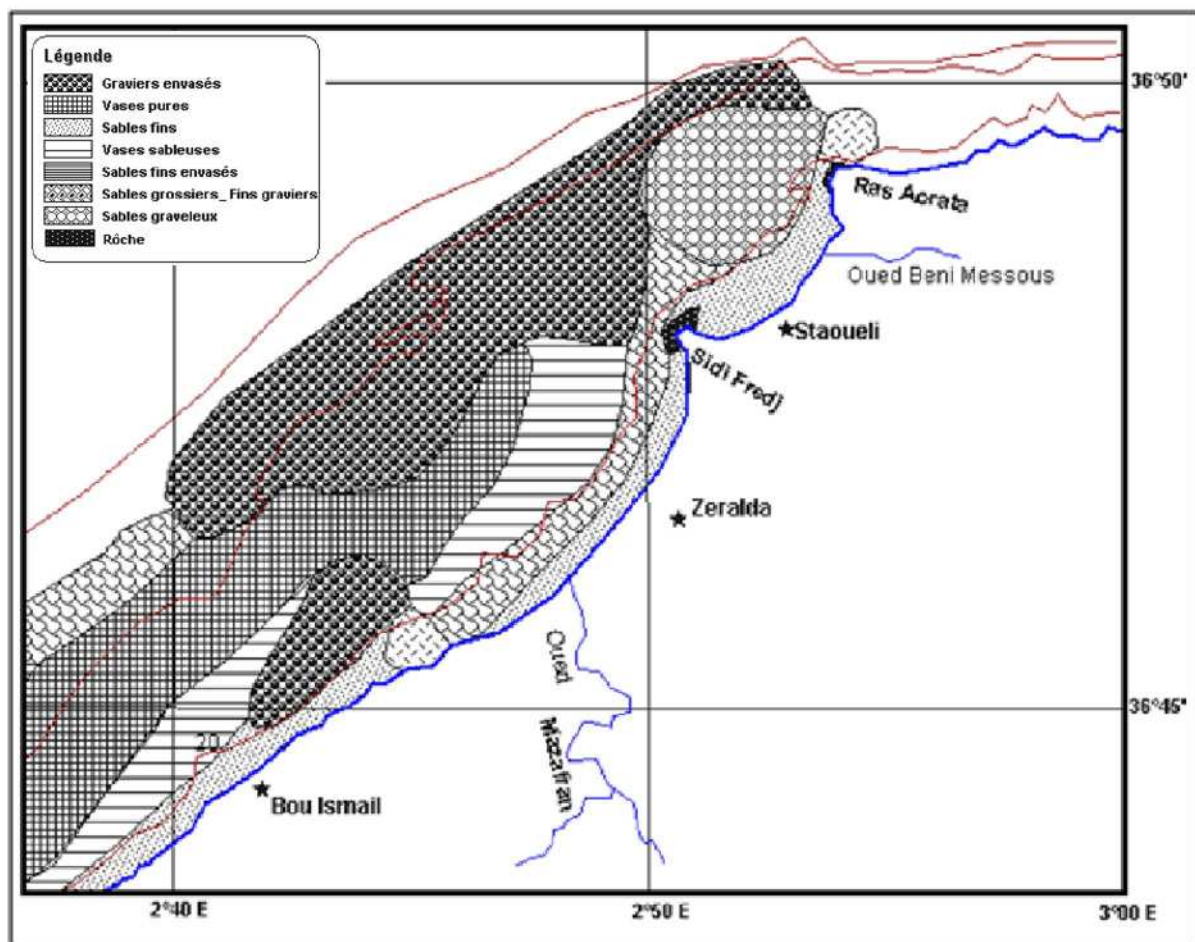


Figure 2.6 : Répartition sédimentologique de la Baie d'El Djamilia (Bakalem in Grimes ; 2003)

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 et un sable fin envasé qui occupe une large bande qui s'étale du cap jusqu'à l'embouchure de l'Oued Mazafran (Figure 2.6).

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.

2.4. Facteurs hydrodynamiques

2.4.1. 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 & Laloui., 2006).

2.4.2. 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).

2.4.3. 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 situent entre 6 et 10 nœuds (Bellahcene., 2002 in Haoua & 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.

2.4.4. 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 2.1).

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

Mois		Direction			
		NORD	Nord-est	Nord-ouest	Ouest
Période estivale	Mai	8.2	23.3	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	4.4	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%	6.6%	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 %.

2.4.5. Les courants

La circulation des eaux en méditerranée, le long des côtes algériennes, peut être considéré 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 & Furestin., 1969 in Amara., 1988**). Ce qui induit des contres courants littoraux dans la région algéroise surtout au niveau de la baie de Bou-Ismaïl.

2.4.6. 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**).

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.

2.4.7. 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 Essaфра (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 Djamila. Il traverse les communes de Beni Messous et de Chéraga au Nord, de Bouzaréah au Nord-est, de Dely Ibrahim à l'Est et d'Ain Benian à l'Ouest. Il débouche au niveau de la plage « les Dunes » qui font partie de la baie d'El Djamila.

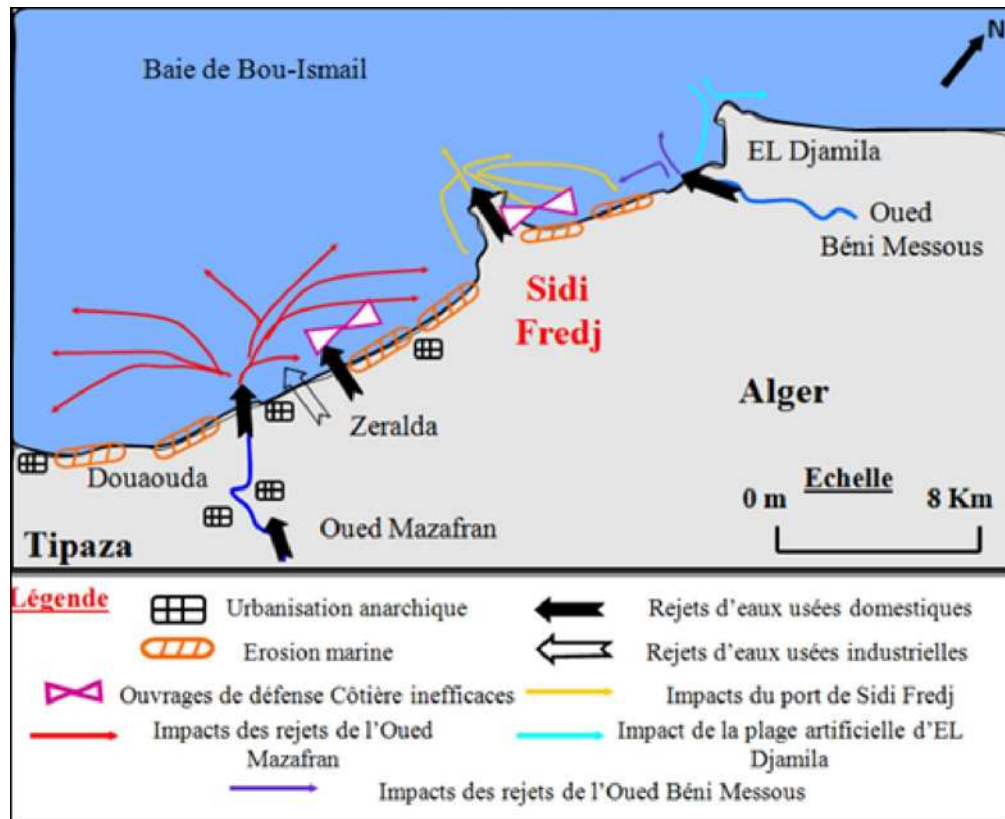


Figure 2.7 : Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la Baie de Bou-Smail (Belkessa et al., 2008; Alsid Chikh et al., 2009 (modifié))

Matériel et Méthode

3. Matériel et Méthode

3.1. Travaux réalisés en mer

3.1.1. Choix des stations

Pour notre étude nous avons choisis vingt un stations dont dix sont alignées le long de la côte et onze au large, les situations géographiques de ces stations sont illustrées dans la figure 3.1.

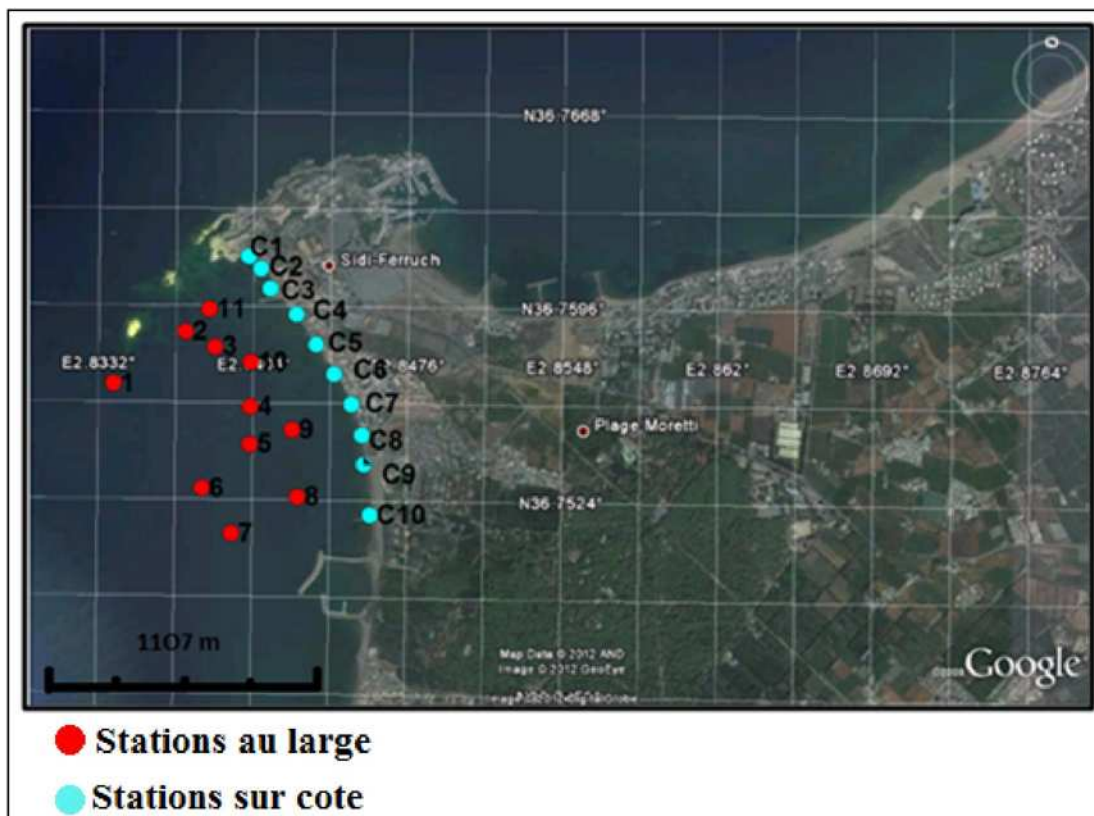


Figure 3.1 localisation et situation géographique des stations de prélèvement (Google Earth. 2012)

3.1.2. Sorties en mer

- **Sortie au large :**

Le 18/04/2012 ;

La sortie a été réalisée à bord de l'embarcation de l'ENSSMAL Baba Aroudj dans des conditions météorologiques favorables ; vent faible et mer peu agité.

Les échantillons d'eau de mer ont été prélevés en surface (30cm) en remplissant les flacons directement dans la mer et en profondeur (de 1 à 7m) en utilisant une bouteille de prélèvement.

- **Sortie sur la côte :**

Le 04 /04/2012 et le 27/05/2012 ;

Les deux sorties ont été réalisées dans des conditions météorologiques favorables ; vent très faibles à modéré, mer calme avec une visibilité relativement importante. En notant que la température durant la 2^{ème} sortie a dépassé 30°C.

L'eau de mer est prélevée durant les deux sorties en remplissant les flacons d'échantillons directement à partir de la mer. Pour les sédiments, les échantillons ont été récoltés à l'aide d'une benne VAN VEEN.

- **Matériel utilisé**

- Bouteille de prélèvement de type NISKIN,
- Benne VAN VEEN,
- Flacons en polyéthylène (120 et 250 ml),
- Flacons en verre (250 et 500 ml),
- Valise multi-paramètres contenant un pH-mètre de marque « WTW » 315 i/Set et un Conductimètre de marque « WTW » 315 i/Set
- Glacière pour la conservation et le transport des échantillons.

3.1.3. Prélèvement et échantillonnage

3.1.3.1. Prélèvement d'eau

Les échantillons d'eau de mer ont été prélevés à l'aide d'une bouteille de prélèvement de type NISKIN d'une capacité de 8L qui est ouverte juste avant sa mise à l'eau et fermée à distance à l'aide d'un messenger (figure 3.2).

Le contenu de la bouteille a été versé dans des flacons en polyéthylène d'une capacité de 120 à 250 ml pour les échantillons destinés à l'analyse des paramètres physico-chimiques et indicateurs de pollutions et de paramètres polluants chimiques.

Pour les polluants microbiologiques, les échantillons ont été prélevés par des bouteilles en verre stériles de capacité de 500 ml ouvertes et fermées dans l'eau.



Figure 3.2 : Prélèvement d'eau de mer par une bouteille de prélèvement NISKIN

3.1.3.2. Prélèvement des sédiments

Pour notre étude, nous avons prélevé des sédiments superficiels en utilisant une benne de type VAN VEEN. Les bras de la benne sont écartés (mâchoires ouvertes) avant de l'envoyer par gravité, au contact du fond le mécanisme de fermeture est déclenché et la benne se referme quand le câble est tiré pour la remonter (figure 3.3).



Figure 3.3 : Prélèvement de sédiment par une benne VAN VEEN

3.1.4. Mesures des paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques sont mesurés in situ et à bord en utilisant une valise multi-paramètres « WTW »

- pH mètre de terrain de marque « WTW » type pH 315 i/Set., muni d'une électrode en verre. Il affiche aussi les valeurs de températures.
- Conductimètre de type WTW 315 i /Set qui permet la mesure de la conductivité ainsi que la salinité de l'eau de mer. Il affiche aussi les valeurs de températures.

3.2. Travaux réalisés au laboratoire

3.2.1. Analyse de l'eau de mer

3.2.1.1. Matière en suspension (MES)

Principe

La méthode consiste à filtrer l'eau de mer sur des membranes filtrantes afin de retenir les particules de taille supérieur a $0.45\mu\text{m}$. La membrane est séchée et pesée avant et après filtration. La différence de poids permet de connaître la masse sèche totale de matières en suspension dans le volume filtré correspondant (**Aminot et Chaussepied ,1983**)

Matériel utilisé

- Filtres WATMAN de type GF/F (0,45µm),
- Dispositif de filtration sous vide de marque Sartorius,
- Balance de précision de marque PionnerTM 10⁻⁴ g,
- Etuve de marque NEMMERT,
- Pinces, éprouvette graduée et des portes filtres avec couvercle, Dessiccateur.

Mode opératoire :

Il consiste en trois étapes ;

- Préparation des filtres au laboratoire
- Filtration de l'eau de mer
- Séchage et pesée des filtres

Ces étapes sont expliquées en détaille dans l'annexe II.

Calculs et expression des résultats :

Le calcul de la concentration en MES s'est fait avec la formule suivante

$$\text{MES (mg/l)} = [(P_2 - P_1)/V] \cdot 10^3 \dots\dots\dots (3.1)$$

- P₁ = poids du filtre avant filtration (mg).
- P₂ = poids du filtre après filtration (mg).
- V = volume filtré (l).

3.2.1.2. Matière organique particulaire (MOP)**Principe :**

La méthode décrite par Rodier, 1984 consiste à mettre les filtres, après filtration de l'eau de mer échantillonnée, dans un four à moufle à 450°C pendant deux heures afin de bruler toute la matière organique. Le taux de cette dernière dans l'eau de mer est déterminé par pesé différentielle.

Matériels utilisés

- Nous avons utilisé les filtres WATMAN GF/C,
- Creusets en porcelaine,
- Four à moufle de marque CARBOLITE CWF 1200,
- Balance PioneerTM de précision 10⁻⁴g.

Mode opératoire

- Numéroté et peser les creusets vides (P_0),
- Peser les creusets munis des filtres (P_1),
- Mettre les creusets dans le four à moufle à 450°C pendant 2 heures,
- Laisser refroidir au dessiccateur, peser une seconde fois (P_2),
- Calculer le taux de matière organique particulaire par la formule suivante :

$$\text{MOP (mg/l)} = [(P_1 - P_2) / V] \dots\dots\dots (3.2)$$

- **MOP** : matière organique particulaire (%).
- **P₁** : Poids du filtre avant séchage (mg).
- **P₂** : Poids du filtre après séchage (mg).

3.2.1.3. Dosage de la chlorophylle a par fluorométrie

La concentration en chlorophylle a été déterminée selon la méthode fluorimétrique de Yestch et Menzel (1963) adaptée par Holm-Hansen et Rieman (1978) pour l'extraction des pigments à l'aide du méthanol. Elle a été élaborée pour une application en milieu marin, a l'avantage d'être très sensible et ne nécessite qu'un faible volume d'échantillon. (**Raimbault & Boudjellal, 1997**)

Principe de la méthode de dosage

Le phytoplancton est recueilli sur un filtre en fibre de verre (GF/F, de porosité environ 0,45µm et de diamètre 25mm) et repris dans une solution de méthanol. Les pigments chlorophylliens sont excités par un faisceau lumineux à 450 nm. La fluorescence émise est mesurée à 670 nm.

Mode opératoire (annexe II)

Calcul des concentrations

La technique d'acidification permettant de déterminer la part des phaeopigments a été utilisée. Mais en présence de chlorophylle b dans l'échantillon cette technique entraîne une sous-estimation des teneurs en chlorophylle a. Les résultats fournis ne concernent donc que la chlorophylle a calculée d'après la formule suivante qui néglige la présence des phaeopigments:

$$\text{Chl (µg/l)} = (F_0 / K_0) * (v / V) \dots\dots\dots (3.3)$$

- **F₀** : valeur de fluorescence
- **K₀** : est le coefficient d'étalonnage établie avec de la chlorophylle a pure (Sigma C5753)
- **V** : le volume filtré (250 ml) et **v** : est le volume d'extraction (7ml).

3.2.1.4. Demande biochimique en Oxygène (DBO₅)

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

C'est une méthode manométrique avec des manomètres de marque OxiTop à affichage numérique qui se fixe directement sur le flacon de DBO. Il permet de mesurer la quantité d'oxygène consommée et qui est induite par la production de CO₂ absorbé par un piège à soude créant ainsi une dépression enregistrée par le manomètre. Cette dépression est liée par corrélation à la DBO en fonction du volume de l'échantillon (annexe II).

Le mode opératoire est décrit dans le catalogue de l'appareil :

- La prise d'essai est de 250 ml.
- Introduire 250ml dans un flacon brun en verre contenant un baromagnétique.
- Mettre deux pastilles de soude (NaOH) dans un ruban en caoutchouc dans le goulot de la bouteille.
- Fermer les flacons par les têtes et mettre à 0.
- La température est équilibrée par un thermostat réglé à 20°C.
- Les échantillons sont incubés à l'obscurité dans une armoire thermorégulatrice fermée à clef pendant cinq jours.
- La lecture des résultats se fait selon la formule suivante :

$$\text{DBO}_5 \text{ (mg d'O}_2\text{/L)} = \text{Valeur lu} * \text{Facteur} \dots\dots\dots (3.4)$$

- **Valeur lu** : afficher sur la tête de chaque flacon.
- **Facteur** : un coefficient en relation avec le volume incubé (annexe II).

3.2.1.5. Dosage des sels nutritifs

3.2.1.5.1. Méthode d'analyse

Les sels nutritifs (NO₃⁻, NO₂⁻, NH₄⁺, PO₄³⁻ et SiO₂) ont été mesurés par la méthode de dosage par colorimétrie à flux continu et automatisé sur l'appareil « Auto Analyser San Plus » S.F.A.S troisième génération selon les protocoles définis par SKALAR 1998.

3.2.1.5.2. Définition de la colorimétrie

Cette méthode est l'une des méthodes de dosage chimique des sels nutritifs basée sur l'absorption de la lumière par la solution analysée. Elle est appelée aussi photométrie ou absorptiomètre. La colorimétrie est basée sur la loi de Beer-Lambert qui est définie comme suit :

Loi de Beer-Lambert

L'absorption et la transmission sont deux phénomènes auxquels est soumise une substance d'épaisseur (L) traversée par un faisceau lumineux monochromatique. Les quantités de lumières absorbées (Absorbance) et transmises (Transmission) obéissent à la loi de Beer-Lambert ;

$$A = D.O = \log (I_0/I) = \epsilon.I.C \dots\dots\dots (3.5)$$

Avec;

- I_0, I : Intensité lumineuse incidente et émergente du milieu absorbant,
- A : Absorbance ou densité optique,
- ϵ : Coefficient d'extinction moléculaire,
- L : trajet optique (épaisseur du milieu absorbant),
- C : Concentration du milieu absorbant.

3.2.1.5.3. Analyse automatique des sels nutritifs

- **Dosage des nitrites :**

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

- **Dosage des nitrates**

La méthode est basée sur la réduction des nitrates (NO_3^-) en nitrites (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 $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ 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 a un maximum d'absorption à 880 nm.

- **Dosage du silicium dissous**

Dans l'eau de mer, le silicium dissous se trouve à 95 % sous forme d'acide orthosilicique (Si(OH)_4) (**Aminot & 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. On y ajoute l'acide oxalique pour éviter les interférences des phosphates.

3.2.1.5.4. Etalonnage

Cette opération nécessite la préparation d'une solution mère puis une solution fille pour chaque élément à analyser (Annexe II).

Les droites d'étalonnage sont établies automatiquement par le logiciel en utilisant les concentrations connues des solutions étalons et leurs hauteurs de pic correspondantes.

3.2.1.6. Analyses microbiologiques

Les germes test recherchés sont les coliformes totaux, fécaux, E. coli, streptocoques fécaux, les staphylocoques, les vibrions et les salmonelles. La méthode utilisée c'est la filtration sur membrane.

Matériels utilisés

- Dispositif de filtration sous vide de marque Sartorius,
- Membranes de filtration millipore,
- Milieux de culture, boîtes de pétrie,
- Bec Bunsen et pinces.

Mode opératoire

La réalisation de la technique de filtration sur membrane a été faite selon les recommandations suivantes :

- Lavage et stérilisation de l'équipement de filtration pour le flambage.
- Mise en place de la pompe à vide.
- Prendre une membrane filtrante stérile près du bord à l'aide d'une pince stérilisée par flambage à la flamme et la déposer sur le support du filtre.
- Placer l'entonnoir sur le support et le fixer fermement.
- Verser dans chaque entonnoir un volume 100 ml de d'échantillon bien homogénéisé.
- Faire le vide jusqu' à filtration totale de l'échantillon.
- Retirer l'entonnoir ;
 - Pour les coliformes, les streptocoques, les staphylocoques et les mycètes ;

Déposer la membrane filtrante à l'aide d'une pince stérile sur la gélose ou le milieu de culture choisis selon les germes recherchés.

- Pour les salmonelles et les vibrions ;

Déposer la membrane dans un flacon contenant le milieu d'enrichissement.

- Incrire sur les boîtes de pétri et les flacons, le numéro de l'échantillon et le volume filtré.
- Incuber les boîtes de pétrie et les flacons à température optimale de croissance du germe recherché.
- Flambage du dispositif par le bec benzène après chaque échantillon filtré afin d'éviter toute contamination possible.

3.2.1.6.1. Dénombrement des Coliformes, Streptocoques fécaux et des staphylocoques

- **Dénombrement des Coliformes totaux et Coliformes thermotolérants «fécaux»**

Cette méthode conduit à un dénombrement présomptif des coliformes totaux et des coliformes fécaux sur un milieu gélosé lactosé (gélose au tergitol). Les boîtes destinées à la recherche des coliformes totaux ont été incubées à 37°C pendant 24h à 48h, alors que celles destinées à la recherche des coliformes fécaux ont été incubées à 44°C pendant 24h à 48h.

Le nombre de colonies trouvées sera exprimé en Unité Formatrice de Colonie dans 100 ml d'eau analysée (UFC/100ml).

- **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. Les colonies noires sur le BEA ont été identifiées.

- **Dénombrement des Staphylocoques**

Staphylococcus aureus c'est le germe recherché, le milieu sélectif pour ce test c'est le milieu Baird Parker. Après une incubation de 24 à 48 heures à 37°C les colonies de Staphylocoques sont les colonies noires.

3.2.1.6.2. Dénombrement des Mycètes (Moisissures et Levures)

Le milieu sélectif pour la recherche des Mycètes c'est le milieu Sabouraud dans le quel les colonies de levures poussent en forme de colonies fongiques vertes et celles de moisissures en forme de colonies fongiques blanches après 24 à 48 heures d'incubation à 37°C.

3.2.1.6.3. Recherche des germes pathogènes (Salmonelles et Vibrions)

La recherche des Salmonelles et Vibrion sont effectuées par la méthode qualitative, réalisée en trois étapes successives : Enrichissement, isolement et identification biochimique.

- **Recherche des Salmonelles**

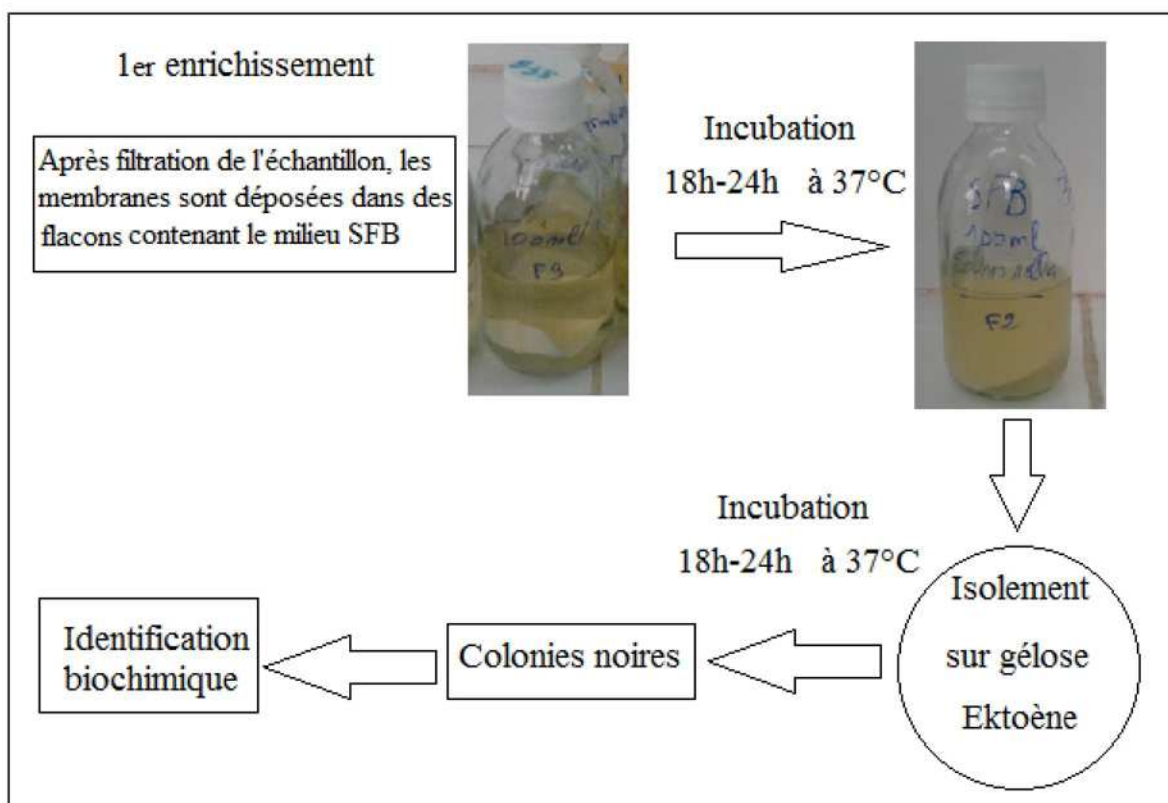


Figure 3.7 : les étapes de la recherche des Salmonelles

- **Recherche des Vibrions**

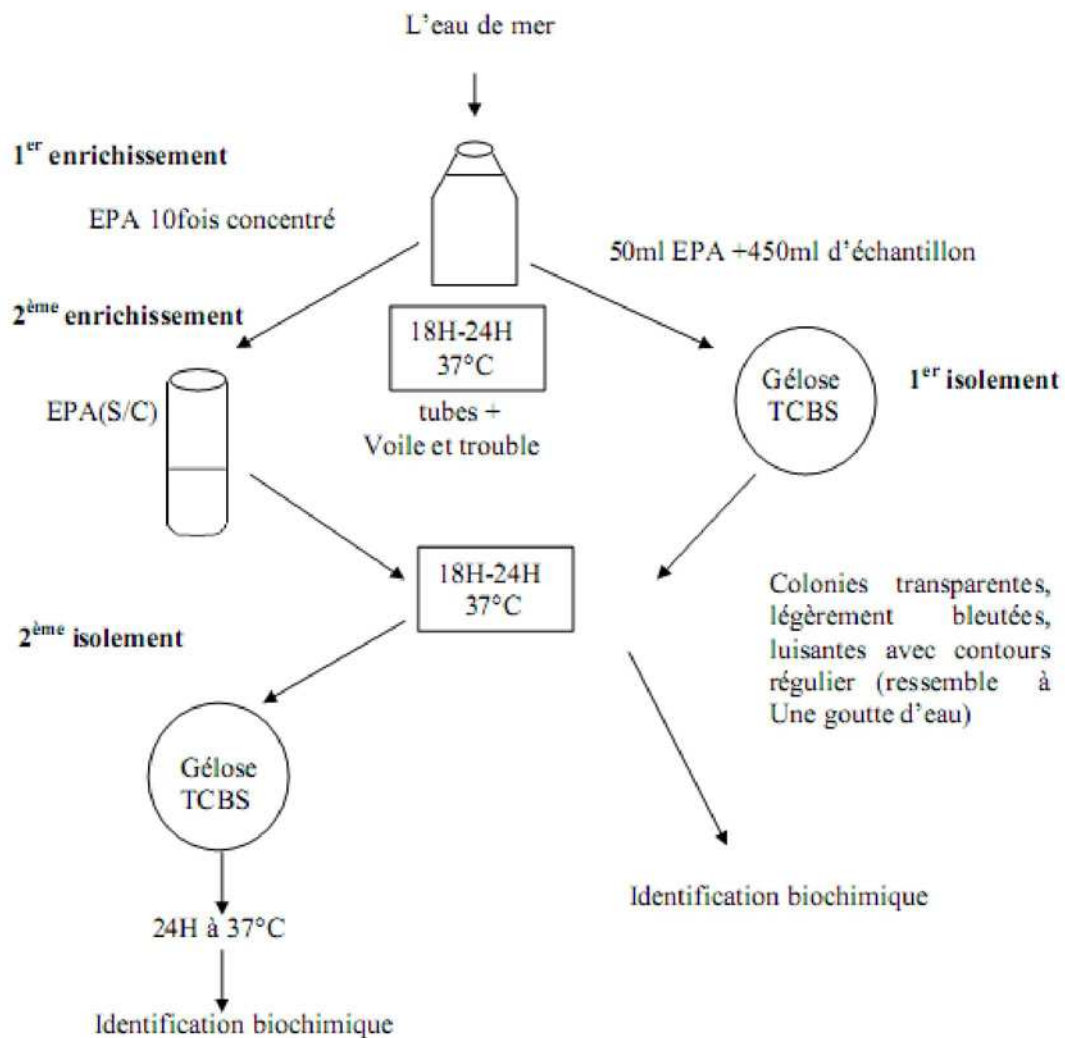


Figure 3.8: Les étapes de la recherche des Vibrions

3.2.2. Analyses des sédiments marins

3.2.2.1. Matière organique (MO)

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.

Matériels utilisés

- Balance PioneerTM de précision 10^{-4} g,
- Creusets en porcelaine,
- Four à moufle de marque CARBOLITE CWF 1200,
- Pinces.

Mode opératoire

- Peser et numéroter les creusets vides (P_1),
- Peser les creusets contenant le sédiment (P_2),
- Mettre les creusets dans un four à moufle à 600°C pendant 2 heures,
- À l'aide d'une pince retirer les creusets du four, 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.
- Repeser les creusets (P_i).
- Le taux de matière organique dans le sédiment est déterminée par la formule suivante ;

$$\text{MO (\%)} = \frac{[P_s - P_i]}{P_s} \cdot 100 \dots\dots\dots (3.6)$$

- P_s : poids sec ; $P_s = P_2 - P_1$
- P_i : poids incinéré.

3.2.2.2. Analyse calcimétrique (décarbonification)

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.

La calcimétrie 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.

Principe

La méthode 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 ou l'esprit de sel. Le calcaire (CaCO_3) réagit avec l'acide chlorhydrique (HCl) pour donner du dioxyde de Carbone (CO_2), de l'eau (H_2O) et du dichlorure de calcium (CaCl_2), suivant la réaction ;



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

Matériels utilisés

- Acide chlorhydrique (HCl) et esprit de sel,
- Boîtes de pétrie,
- Eau distillée (H_2O),
- Etuve de marque NEMMERT,
- Balance Pioneer TM de précision 10^{-4} g.

Mode opératoire

- Peser dans des boites de pétries une masse $m=20g$ 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).
- Le taux de carbonates existant dans le sédiment est donné par la formule suivante :

$$\text{CaCO}_3 (\%) = [(P_1 - P_2) / P_1] * 100 \dots\dots\dots (3.7)$$

- **P1** : poids avant traitement par l'acide (20g)
- **P2** : poids après traitement par l'acide.

3.2.2.3. Analyse granulométrique

La granulométrie consiste à évaluer le pourcentage de la masse totale correspondant à la dimension de particules (**Riviere., 1977**).

Une fois les échantillons nécessaires aux déroulements des travaux obtenus, ces derniers sont traités et classés au laboratoire, déposés dans des boites de pétries libellées, sur lesquelles, on utilisera pour chaque analyse, la quantité de sédiments nécessaire.

3.2.2.3.1. 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 (3.1) ci-dessous correspond aux diamètres des grains selon la norme française.

Tableau 3.1 : Diamètres des grains et appellations correspondants à la norme française (**AFNOR, 1994**).

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

3.2.2.3.2. 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 80 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. L'ordre des tamis par ordre de diamètres décroît par unités de microns, est le suivant : 8000 µm, 6300 µm, 5000 µm, 4000 µm, 3150 µm, 2500 µm, 2000 µm, 1600 µm, 1250 µm, 1000 µm, 800 µm, 630 µm, 500 µm, 400 µm, 315 µm, 250 µm, 200 µm, 160 µm, 125 µm, 100 µm, 80 µm.

Le tamisage s'est effectué mécaniquement sur une table vibrante, durant dix minutes, en divisant la série des tamis en trois colonnes de tamis, la capacité de la tamiseuse étant limitée à un nombre limité de tamis (7 tamis).

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

3.2.2.3.3. 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 du 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.

3.2.2.3.3.1. Les paramètres centraux

- **La médiane**

C'est l'indice absolu (**Rivière., 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**).

- **Les quartiles**
 - **Le 1^{er} quartile (Q25)** : Correspond au diamètre du grain représentant 25% en poids du sédiment.
 - **Le 3^{ème} quartile (Q75)** : Correspond au diamètre du grain représentant 75 % en poids du sédiment.

Tableau 3.2 : Classification des grains de sable (Folk et Ward., 1957 in Saadaoui & Chabi., 2011)

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

3.2.2.3.3.2. Les indices granulométriques

- **Indice de classement de Trask ou indice de tri (S₀)**

Appelé également indice de Trask (Sorting de Trask) et noté S₀, il représente la dispersion des tailles de part et d'autre de la médiane. Exprimé par la formule suivante :

$$S_0 = (Q_{75}/Q_{25})^{1/2} \dots\dots\dots (3.8)$$

Tableau 3.3 : Classement des sédiments selon l'indice de Trask S₀. (Folk., 1966).

Indice	Signification
S ₀ < 1	Sédiment très bien classé
1 < S ₀ ≤ 2,5	Sédiment bien classé
2,5 < S ₀ ≤ 3	Sédiment normalement classé
3 > S ₀ ≤ 4	Sédiment mal classé

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

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

$$SK = (Q_{25} * Q_{75}) / (Q_{50})^2 \dots\dots\dots (3.9)$$

Tableau 3.4 : 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.

Résultat et Discussion

4. Résultat et Discussion

Dans le cadre de notre étude, les prélèvements ont été effectués en trois sorties dans une période entre le mois d'Avril et le mois de Mai (une sortie pour les prélèvements au large et deux autres pour les prélèvements sur la côte).

Pour l'analyse de l'eau et des sédiments, Vingt stations ont été choisies dont Dix sont au niveau de la côte et Onze au large (en surface et en profondeur).

Les échantillons ont fait l'objet des analyses physico-chimiques et bactériologiques (eau, sédiments et oursins).

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

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

Tableau 4.1 : Caractéristiques statistiques des paramètres physico-chimiques du littoral ouest de Sidi Fredj

Paramètres	Température (°C)		Salinité (PSU)		Conductivité (mS/cm)		pH	
	Cote	Large	Cote	Large	Cote	Large	Cote	Large
Minimum	20,65	17,35	34,95	36,35	47,69	49,75	8,21	8,22
Moyenne	21,33	17,64	35,73	36,43	48,78	49,85	8,28	8,28
Maximum	22,1	18,2	36	36,5	49,08	49,95	8,35	8,36
Ecart type	0,49	0,23	0,29	0,06	0,38	0,058	0,040	0,038

4.1.1. La température

Les températures moyennes enregistrées lors des sorties sur la côte varient de 20,65°C (station C4) à 22,1°C (stations C8 et C9) avec une moyenne de 21,33°C et un écart type de 0,49.

Au large, les températures moyennes de la couche des eaux superficielles sont comprises entre 17,35°C (station 6) et 18,2°C (station 11) avec une moyenne de 17,64°C et un écart type de 0,23. (Tableau 4.1)

En générale, les valeurs de température 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). (Figure 4.2)

Nous avons remarqué que les températures enregistrées lors de la 2^{ème} sortie sur la côte sont plus élevées que celles enregistrées lors de la 1^{ère} sortie, cet écart thermique est engendré par les conditions météorologiques lors de la 2^{ème} sortie (température très élevée). (Figure 4.1). La couche superficielle est directement soumise à l'influence des conditions météorologiques.

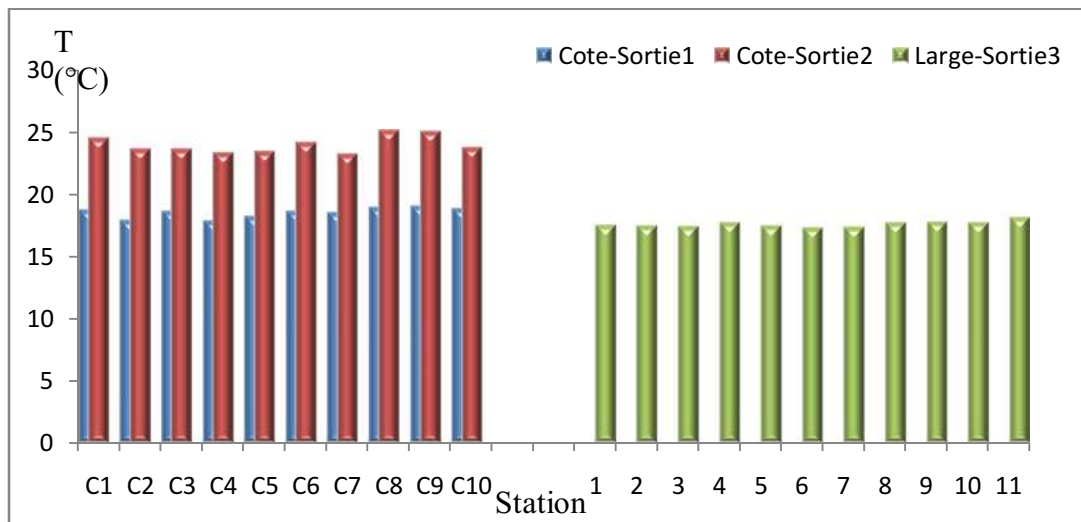


Figure 4.1 : Température moyenne au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

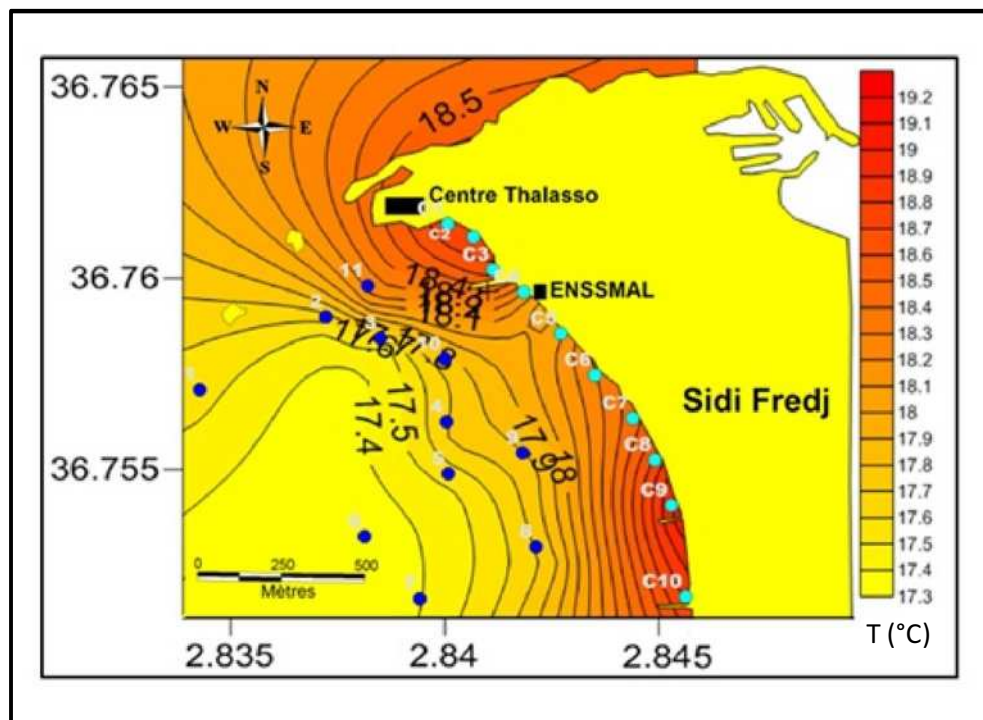


Figure 4.2 : Distribution spatiale de la température au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

4.1.2. La salinité

Les salinités moyennes des stations de prélèvement sur la côte varient dans un intervalle allant de 34,95 PSU (station C3) à 36 PSU (station C7) avec une moyenne de 35,73 PSU et un écart type de 0,29.

Pour les eaux de la couche de surface au large, les moyennes de salinité sont entre 36,35 PSU (station 2, 4 et 8) et 36,5 PSU (station 3, 9 et 10) avec une moyenne de 36,43 PSU et un écart type de 0,06. (Tableau 4.1)

Les valeurs de salinité enregistrées nous permettent de constater la présence d'un gradient halin des salinités les plus faibles (<35,8 PSU) près de la côte vers les plus élevées (>36 PSU) au large. Cette distribution est engendrée certainement par la contribution continentale en eau douce : les rejets du centre de thalassothérapie, les eaux usées et les conditions météorologiques (température et pluviométrie). (Figure 4.4)

Les salinités enregistrées près de la côte présentent une légère variation autour de 36 PSU sauf la station C3 ; où nous avons remarqué une très faible salinité (34,95 PSU) dont la cause principale était le rejet des eaux usées dans cette station. (Figure 4.3)

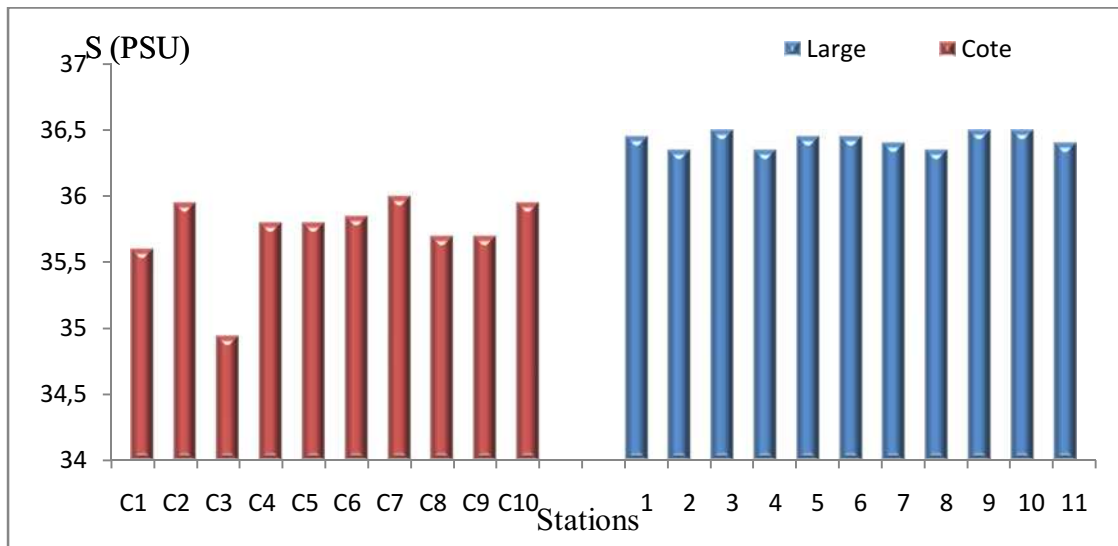


Figure 4.3: Salinité moyenne au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

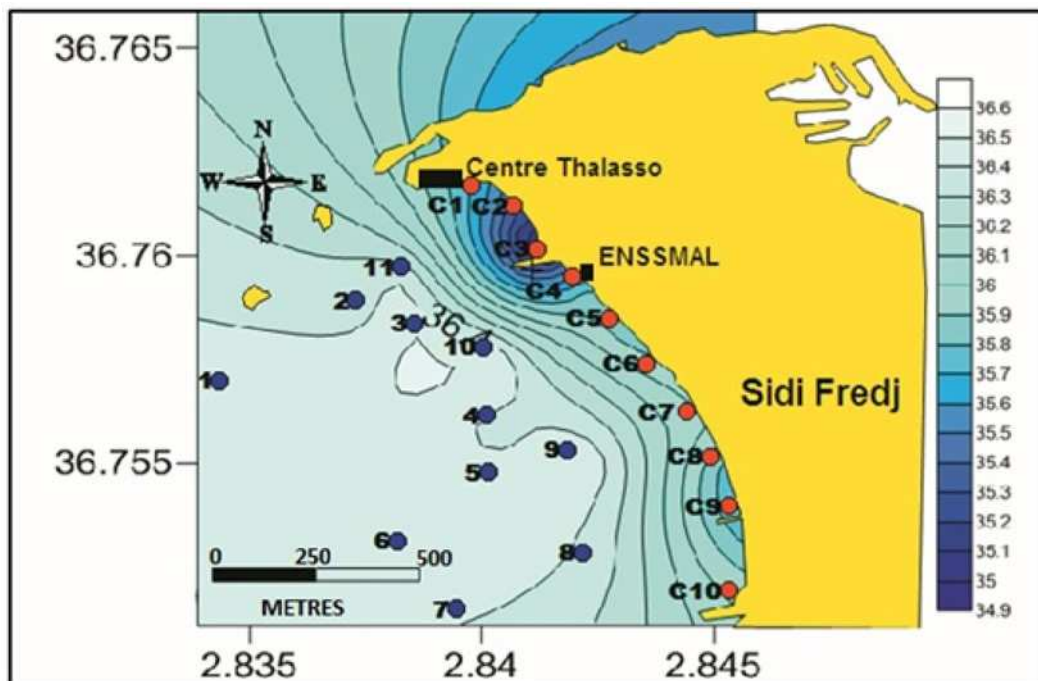


Figure 4.4 : Distribution spatiale de salinité au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

- **Diagramme T/S**

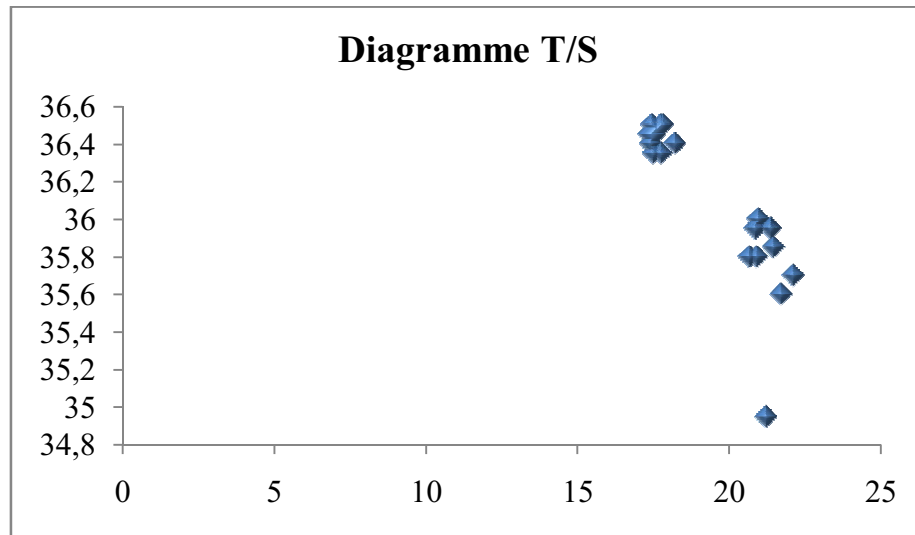


Figure 4.5 : Corrélation entre la Salinité et la Température

D'après le graphe, il existe une certaine corrélation entre la température et la salinité. (Figure 4.5)

Cette relation est peut être exprimée par la relation entre la concentration en sels dissous dans l'eau de mer et l'évaporation des eaux sous l'effet des températures élevées. La relation entre la température et la salinité est influencée par les apports en eau douce par les rejets, les cours d'eau et les précipitations en périodes fluviales.

4.1.3. Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Les valeurs moyennes enregistrées de pH sur la côte varient dans un intervalle allant de 8,21 (station 2) à 8,35 (station 5) avec une moyenne de 8,28 et un écart type de 0,04.

Au large dans les eaux superficielles les moyennes de pH sont comprises entre 8,23 (station 1) et 8,36 (station 11) avec une moyenne de 8,36 et un écart type de 0,04. (Tableau 4.1)

La variation du pH n'est pas significative. Sur l'ensemble des différentes stations, les valeurs de pH sont relativement homogènes. (Figure 4.6 et figure 4.7)

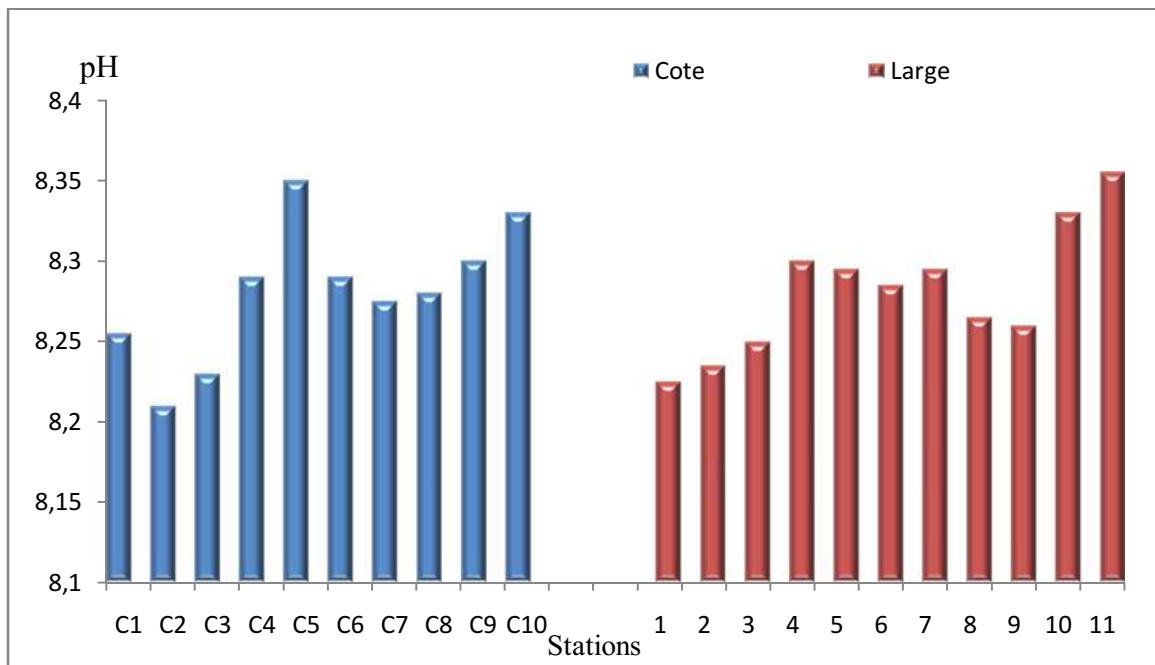


Figure 4.6 : pH moyen au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

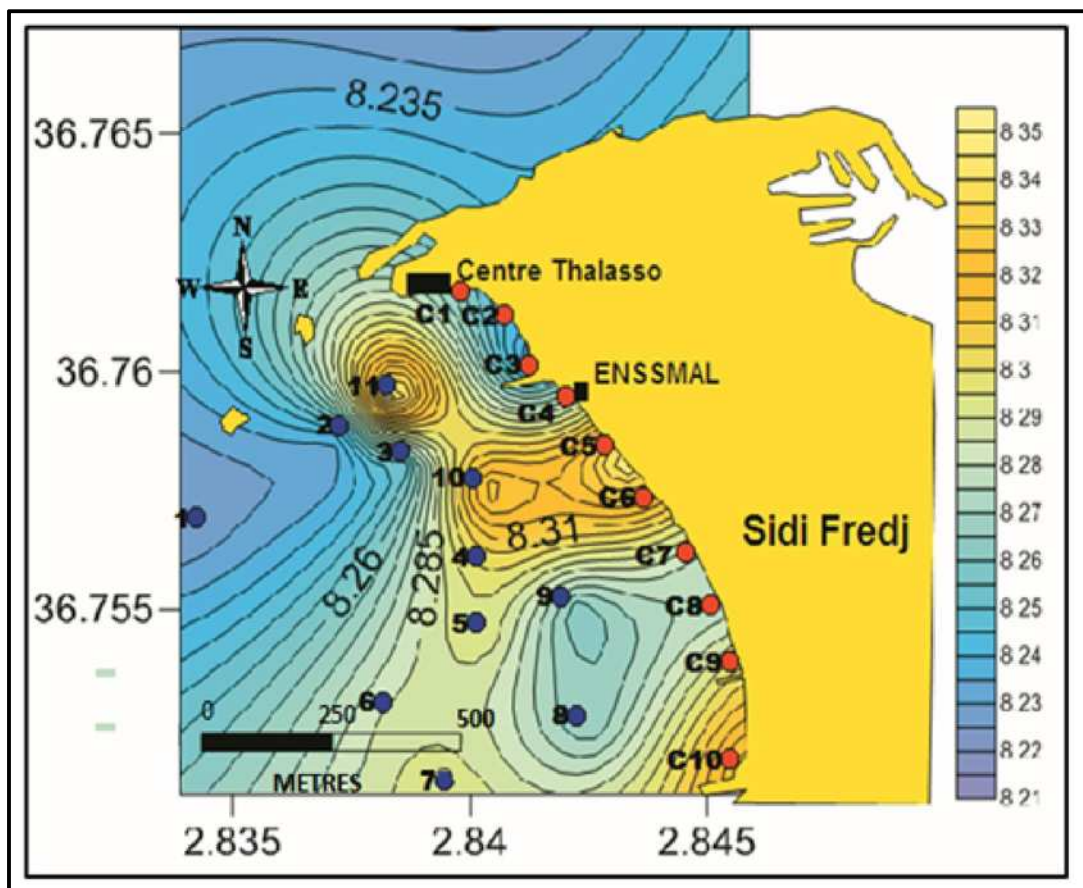


Figure 4.7 : Distribution spatiale du pH au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

4.2. Variation et distribution spatiale des Paramètres indicateurs de la pollution

Tableau 4.1: Caractéristiques statistiques des paramètres indicateurs de pollution au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

Paramètre	MES (mg/l)		Chlorophylle-a (µg/l)		MOP (mg/l)
	Cote	Large	Cote	Large	Cote
Minimum	10,24	36,18	0,07	0,01	1,60
Moyenne	97,81	42,67	0,16	0,08	9,40
Maximum	445,38	50,26	0,24	0,32	27,60
Ecart Type	14,50	3,49	0,03	0,08	9,00

4.2.1. Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension au niveau du littoral de Sidi Fredj varient en termes de moyennes sur la côte de 10,24 mg/l (station C2) à 445,38 mg/l (station C8) avec une moyenne de 97,81 mg/l et un écart type de 14,50. Au large, elles varient de 36,18 mg/l (station 2) à 50,26 mg/l (station 9) avec une moyenne de 42,67 mg/l et un écart type de 3,49. (Tableau 4.2)

En moyenne la concentration de l'eau de mer en matière en suspension est plus élevée au niveau de la côte qu'au large, ce qui est due aux effets de l'hydrodynamisme, les apports en eaux et les rejets urbains qui apportent des particules fines et qui remettent en suspension les particules déposées sur le fond. La différence de teneurs de MES entre les stations de côte est engendrée par ces mêmes facteurs. (Figure 4.8 et figure 4.9)

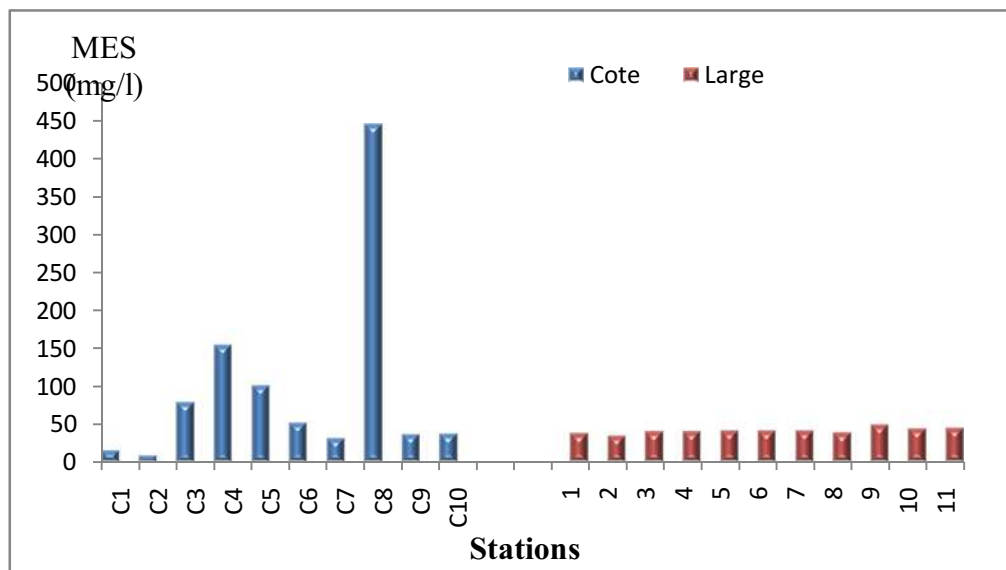


Figure 4.8: Les valeurs moyennes des matières en suspension au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

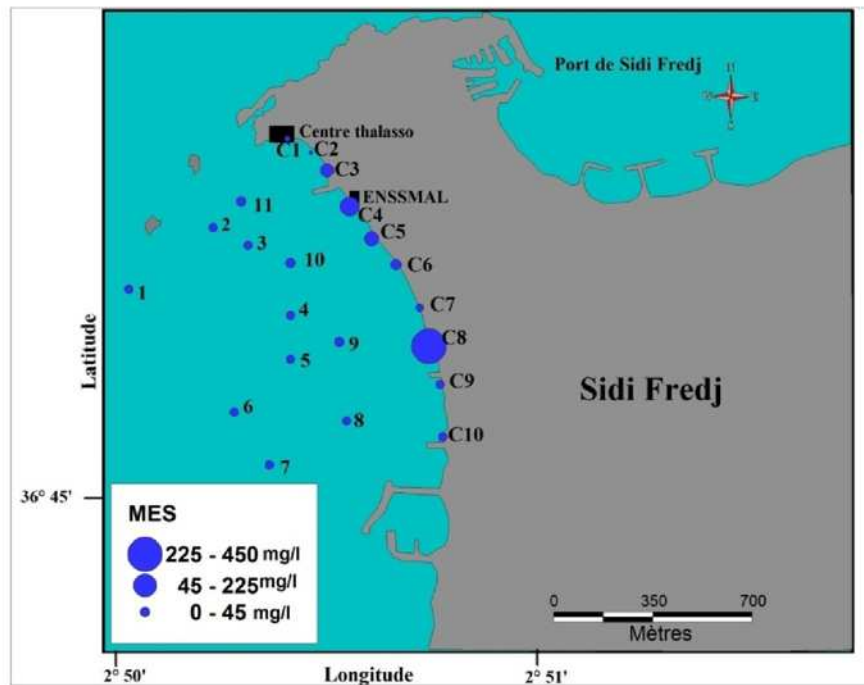


Figure 4.9 : Teneurs en matières en suspension au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

4.2.2. La chlorophylle a

Les valeurs déterminées de la chlorophylle a sont présentées en moyennes allant de 0,07 $\mu\text{g/l}$ (station C2) à 0,24 $\mu\text{g/l}$ (station C5) avec une moyenne de 0,14 $\mu\text{g/l}$ et un écart type de 0,07.

Au large dans les eaux superficielles, les moyennes de la chlorophylle a varient de 0,02 $\mu\text{g/l}$ (station 11) à 0,32 $\mu\text{g/l}$ (station 7) avec une moyenne de 0,08 $\mu\text{g/l}$ et un écart type de 0,08. (Tableau 4.2)

Les teneurs de la chlorophylle a déterminées dans les eaux côtières sont plus élevées que celles déterminées dans les eaux superficielles au large (figure 4.13 et figure 4.14). Ces valeurs élevées sont engendrées par une forte activité photosynthétique due à un enrichissement du milieu marin côtier par les éléments nutritifs (sels nutritifs et oligo-éléments) apportés par le lessivage des sols lors des périodes fluviales, les cours d'eaux, les rejets urbains et les égouts. (Figure 4.10 et figure 4.11)

La chlorophylle-a est considérée comme un bon estimateur de la biomasse phytoplanctonique. La variation de la concentration de ce traceur est influencée par des facteurs météorologiques, hydrologiques et bactériologiques.

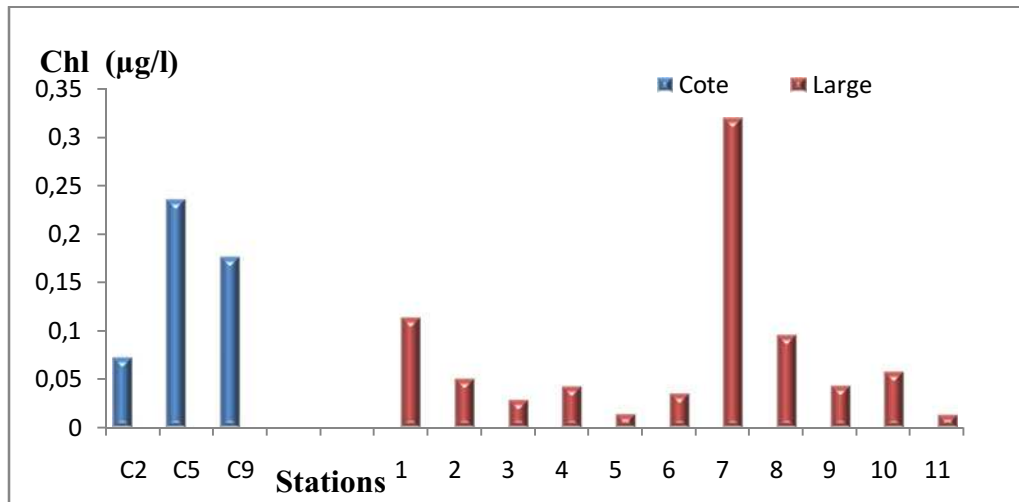


Figure 4.10 : Concentrations moyennes de la chlorophylle-a au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

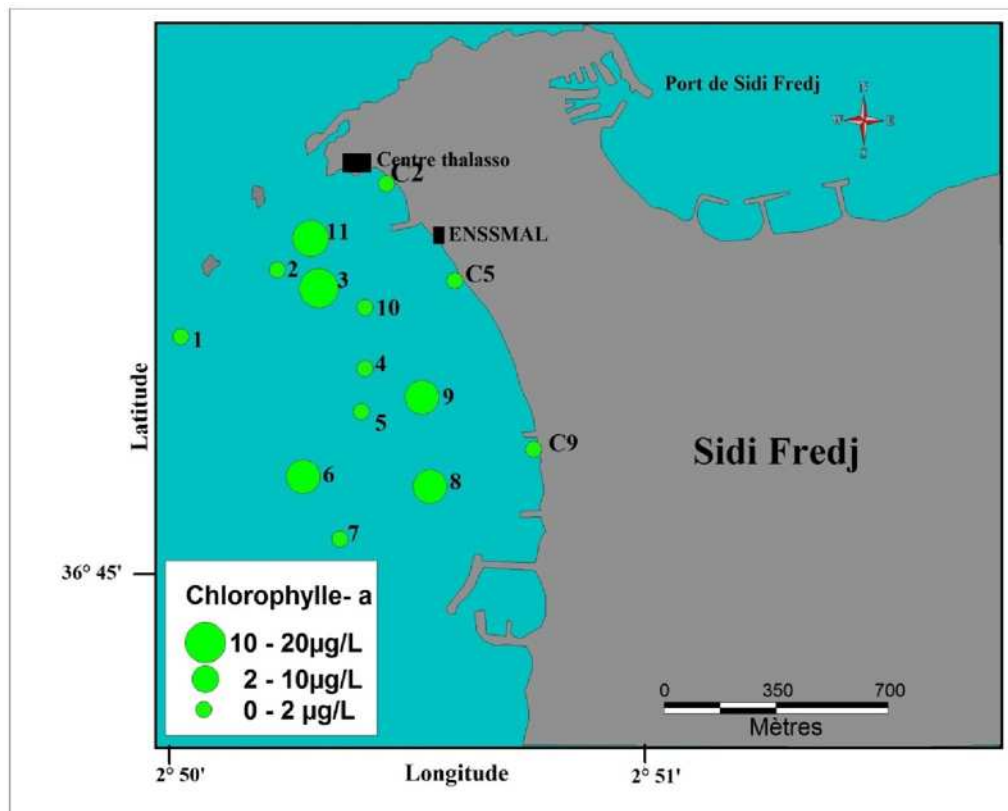


Figure 4.11 : Concentrations de la Chlorophylle-a au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

4.2.3. La matière organique particulaire (MOP)

Les teneurs de matière organique particulaire dans les eaux côtières, lors de la 2^{ème} sortie, varient de 1,6 mg/l (station C9) à 27,6 mg/l (station C8) avec une moyenne de 9,39 mg/l et un écart type de 8,99. (Tableau 4.2)

Les valeurs maximales enregistrées sont généralement en face ou près d'un rejet tel que les stations C1, C3, C5 et C8 ce qui enrichis le milieu en éléments nutritifs et accélère les activités biologiques. Pour la station C10, la concentration élevée en matière organique

particulaires est due à la présence de l'épi qui crée une zone relativement calme, en engendrant une accumulation des polluants et par la suite une prolifération des micro-organismes. (Figure 4.12 et figure 4.13)

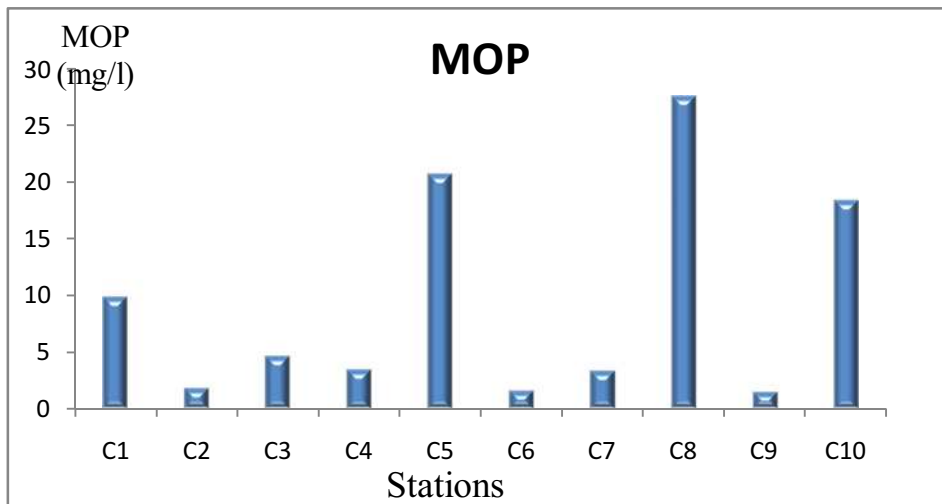


Figure 4.12 : Teneurs en matières organiques particulières au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

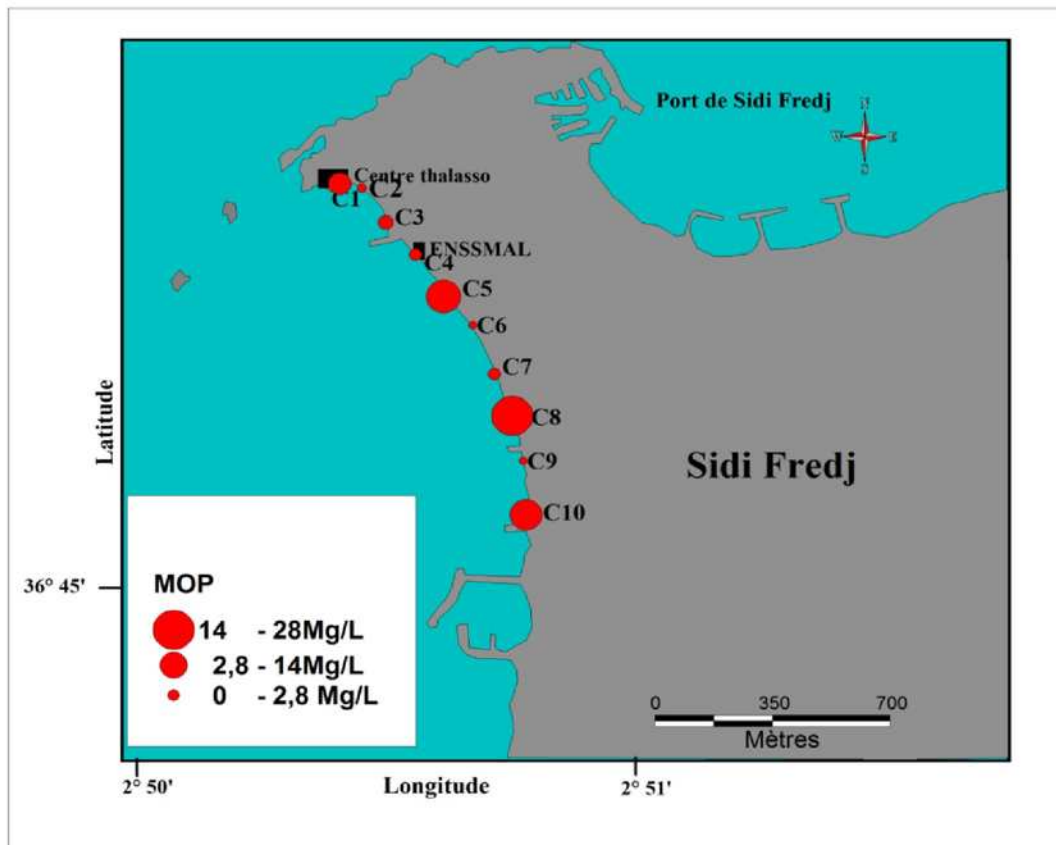


Figure 4.13: Teneurs en matières organiques particulières au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

4.2.4. DBO₅ :

Les échantillons pour la DBO₅ sont effectués dans trois stations 2, 4 et 10. Les résultats de cette analyse sont présentés dans la figure ci- dessous ;

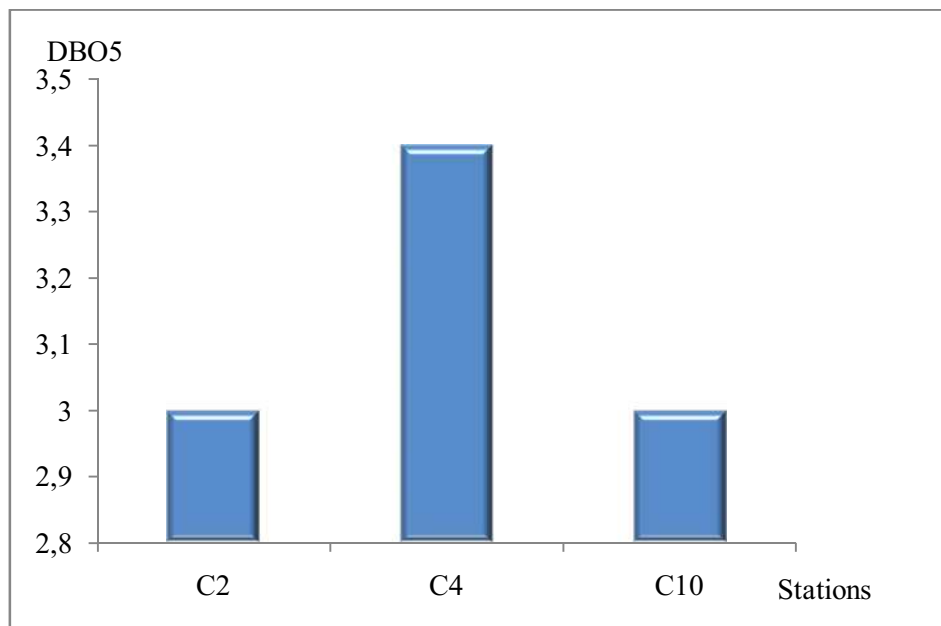


Figure 4.14 : Résultats de DBO₅ au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

La demande biologique en oxygène est la quantité d'oxygène utilisé par voie biologique pour la dégradation de la matière organique dans des conditions d'essai 20°C à l'obscurité pendant cinq jours (Rodier et al., 2005).

L'objectif de ce test est de déterminer le degré de pollution organique et de son oxydation par voie biologique dans l'eau de mer.

Les résultats de DBO₅ obtenus lors de notre étude sont inférieurs à 4 mg d'O₂/l. Ces résultats peuvent être dus à une faible activité biologique dans les stations de prélèvement, cette explication est justifiée par les résultats de microbiologie.

4.3. Variation des concentrations des sels nutritifs dans le littoral ouest de Sidi Fredj

Les résultats des analyses des sels nutritifs avec les gammes d'étalonnage sont détaillés dans l'annexe II.

Tableau 4.3: Caractéristiques statistiques des concentrations de sels nutritifs au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

Lieu de prélèvement	NO ₂ ⁻ (μmol/l)		NO ₃ ⁻ (μmol/l)		NH ₄ ⁺ (μmol/l)		PO ₄ ³⁻ (μmol/l)		SiO ₂ ⁻ (μmol/l)	
	Cote	Large	Cote	Large	Cote	Large	Cote	Large	Cote	Large
Minimum	0,05	0,02	0,15	0,11	2,18	1,32	0,11	0,20	1,33	0,17
Moyenne	0,15	0,04	0,35	0,14	3,81	2,18	0,45	0,24	1,70	0,44
maximum	0,48	0,08	0,48	0,21	4,96	3,46	1,34	0,27	2,61	2,00
Ecart type	0,12	0,02	0,10	0,03	0,92	0,70	0,39	0,02	0,34	0,50

4.3.1. Nitrites

Sur la côte, les concentrations moyennes des nitrites varient de 0,05 $\mu\text{mol/l}$ (station C3) à 0,48 $\mu\text{mol/l}$ (station C6) avec une moyenne de 0,15 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0,12.

Au large, ces concentrations sont entre 0,02 $\mu\text{mol/l}$ (station 10) et 0,08 $\mu\text{mol/l}$ (station 1) avec une moyenne de 0,04 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0,02. (Tableau 4.3)

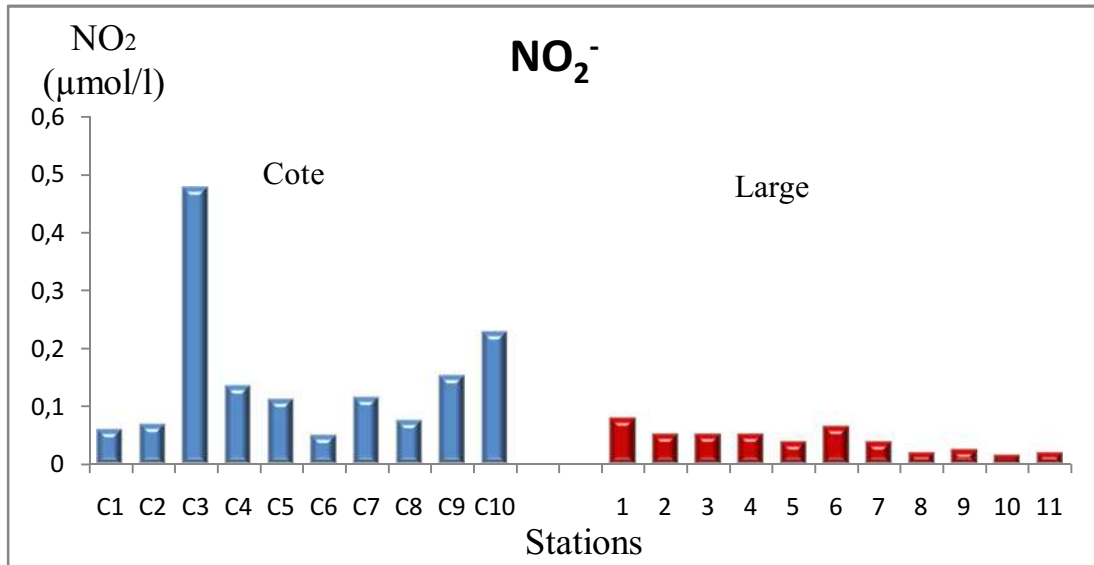


Figure 4.15 : Concentrations des nitrites au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

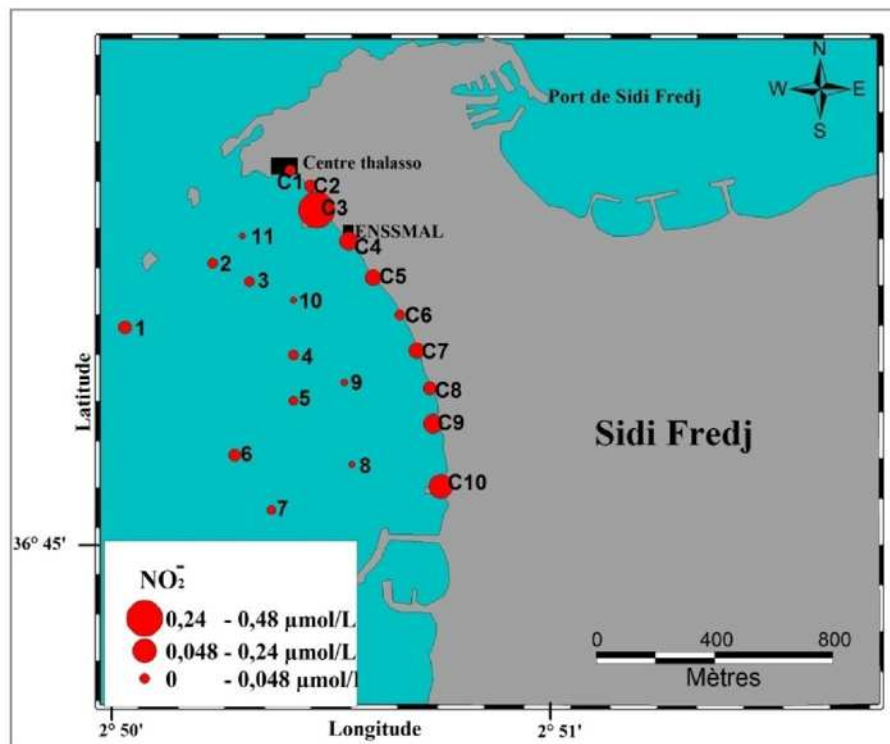


Figure 4.16: Distribution spatiale des concentrations des nitrites

Les concentrations des nitrites enregistrées dans les eaux côtières sont plus élevées que celles enregistrées au large, mais elles restent généralement faibles (<0,48 $\mu\text{mol/l}$) ce qui est due 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.

Les concentrations les plus élevées observées au niveau de la côte sont dans les stations C3 et C10, ces concentrations sont engendrées dans la station C3 par le rejet urbain qui existe et qui apporte des quantités relativement importantes que les autres rejets existants dans la zone d'étude. En ce qui concerne la station C10, ces concentrations sont dues à la présence d'un épi qui crée une zone relativement calme ce qui provoque l'accumulation des polluants chimiques et organiques apportés par les rejets (favorisée par la direction de la dérive littorale dans la zone). La dégradation des matières organiques c'est la cause principale de l'augmentation des concentrations des nitrites dans ces sites. (Figure 4.15 et figure 4.16)

4.3.2. Nitrates

Les concentrations moyennes enregistrées varient entre 0,15 $\mu\text{mol/l}$ (station C7) et 0,63 $\mu\text{mol/l}$ (station C3) avec une moyenne de 0,35 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0,10.

Pour le large, les nitrates sont présents à des concentrations comprises dans un intervalle allant de 0,11 $\mu\text{mol/l}$ (station 7) à 0,21 $\mu\text{mol/l}$ (station 2) avec une moyenne de 0,14 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0,03. (Tableau 4.3)

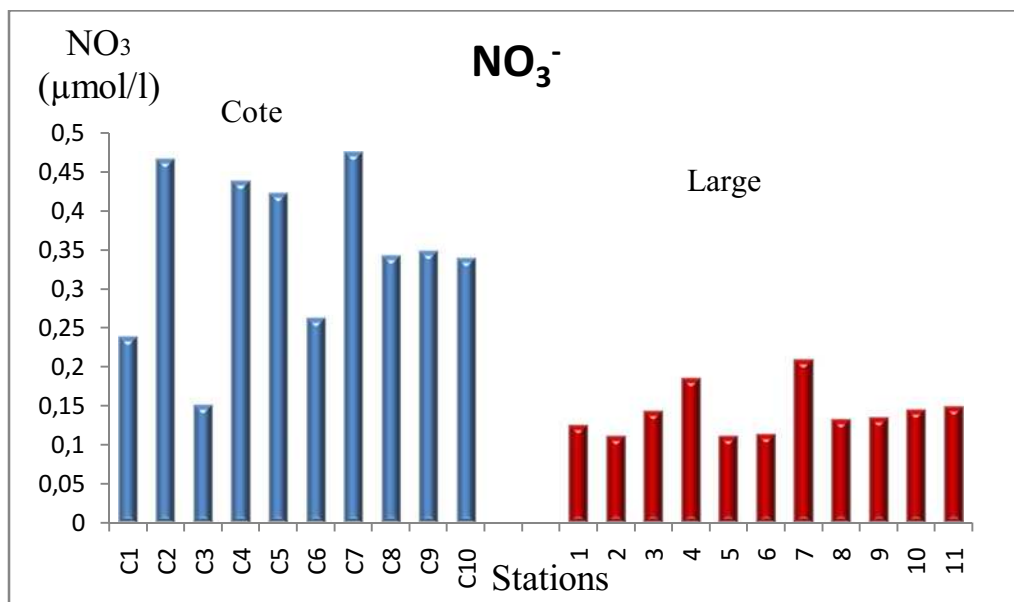


Figure 4.17: Concentrations des nitrates au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

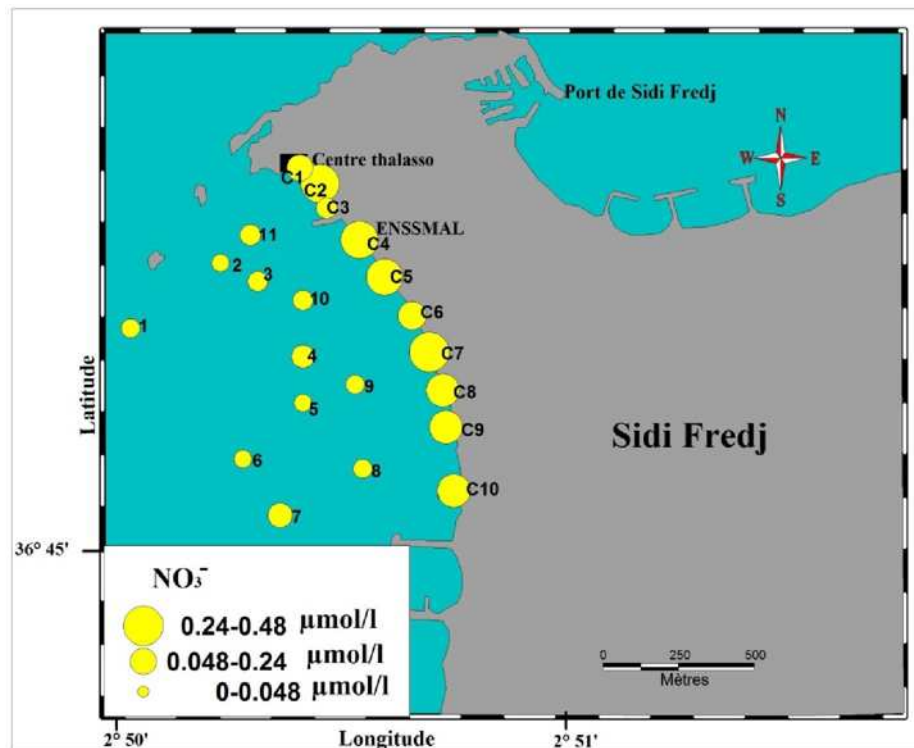


Figure 4.18: Distribution spatiale des concentrations des nitrates

Les nitrates sont présents dans les eaux de surface à des concentrations relativement faibles, ce qui peut être due au facteur hydrodynamique et une importante activité photosynthétique. Les nitrates ont des concentrations plus importantes sur la côte qu'au large, ce qui peut être expliqué par le fait que les eaux côtières sont en contact direct avec les eaux terrigènes (cours d'eau et rejets d'eaux usées).

Sur la côte, les stations C2, C4, C5 et C8 ont les concentrations les plus élevées ($>0,4 \mu\text{mol/l}$) et ce là peut être due à la dégradation des matières organiques apportées par les rejets présents dans ces zones (rejets du centre de Thalassothérapie, rejet de l'ENNSMAL et les rejets urbains). (Figure 4.17 et figure 4.18)

4.3.3. Ammonium

Sur la côte, les concentrations d'ammonium varient de $2,18 \mu\text{mol/l}$ (station C1) à $4,92 \mu\text{mol/l}$ (station C7) avec une moyenne de $3,81 \mu\text{mol/l}$ et un écart type de $0,92$.

Au large ces concentrations sont comprises entre $1,32 \mu\text{mol/l}$ (station 4) et $3,46 \mu\text{mol/l}$ (station 11) avec une moyenne de $2,18 \mu\text{mol/l}$ et un écart type de $0,70$. (Tableau 4.3)

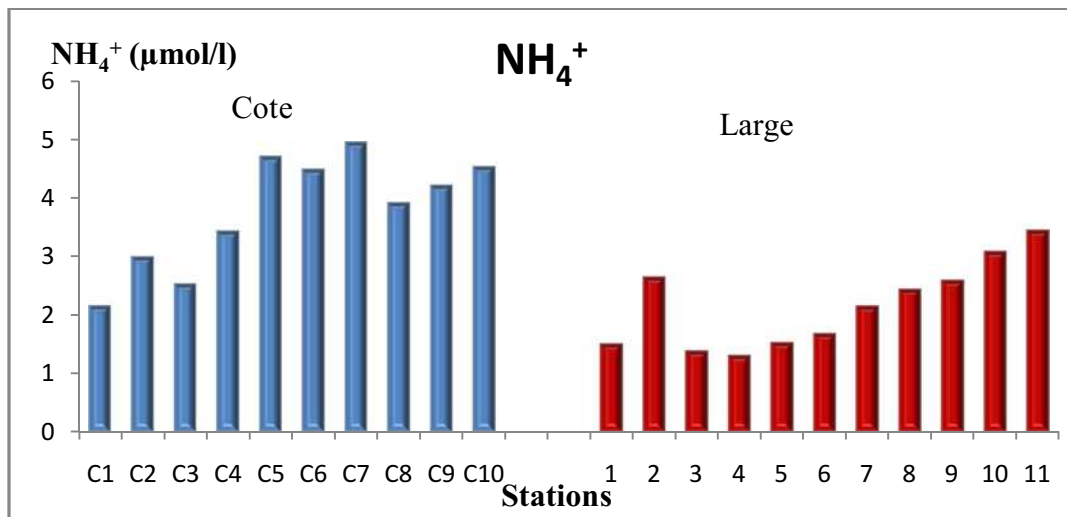


Figure 4.19: Concentrations de l'ammonium au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

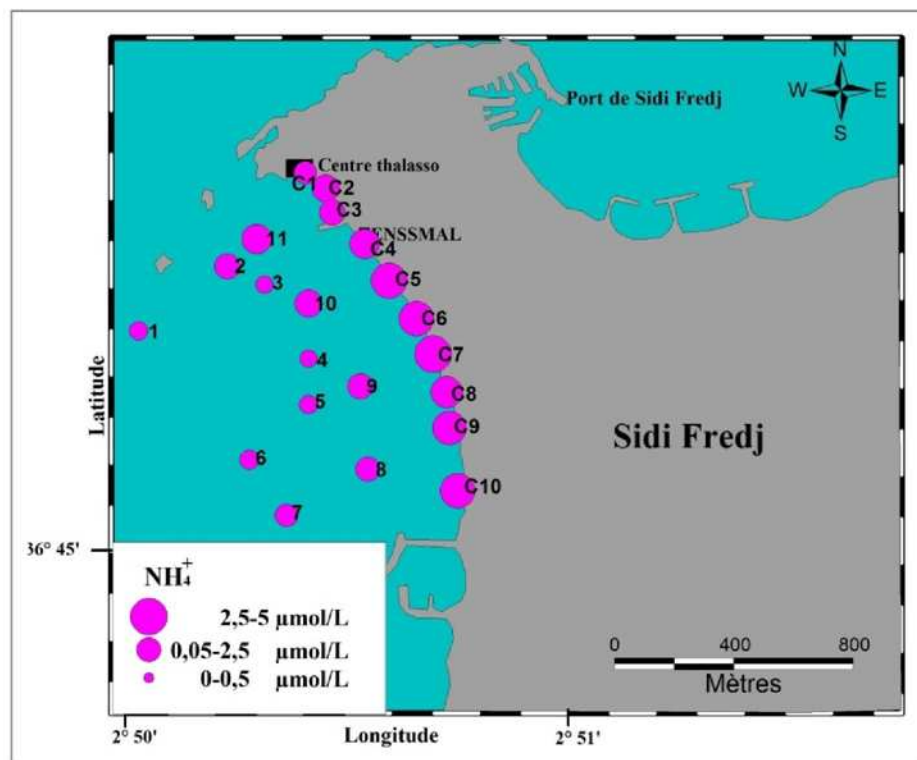


Figure 4.20: Distribution spatiale des concentrations de l'ammonium

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.

Les concentrations de l'ammonium sont croissantes de large vers la côte où elles sont très élevées à cause des charges importantes de NH_4^+ apportées dans les eaux des rejets des eaux usées. (Figure 4.19 et figure 4.20)

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 et Col, 2005).

4.3.4. Phosphates

Les phosphates sont présents dans les eaux côtières à des concentrations qui varient de 0,11 $\mu\text{mol/l}$ (station C7) à 0,34 $\mu\text{mol/l}$ (station C2) avec une moyenne de 0,45 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0,39.

Pour les eaux superficielles au large, les phosphates varient de 0,20 $\mu\text{mol/l}$ (station 10) à 0,27 $\mu\text{mol/l}$ (station 4) avec une moyenne de 0,24 $\mu\text{mol/l}$ et un 2cart type de 0,02. (Tableau 4.3)

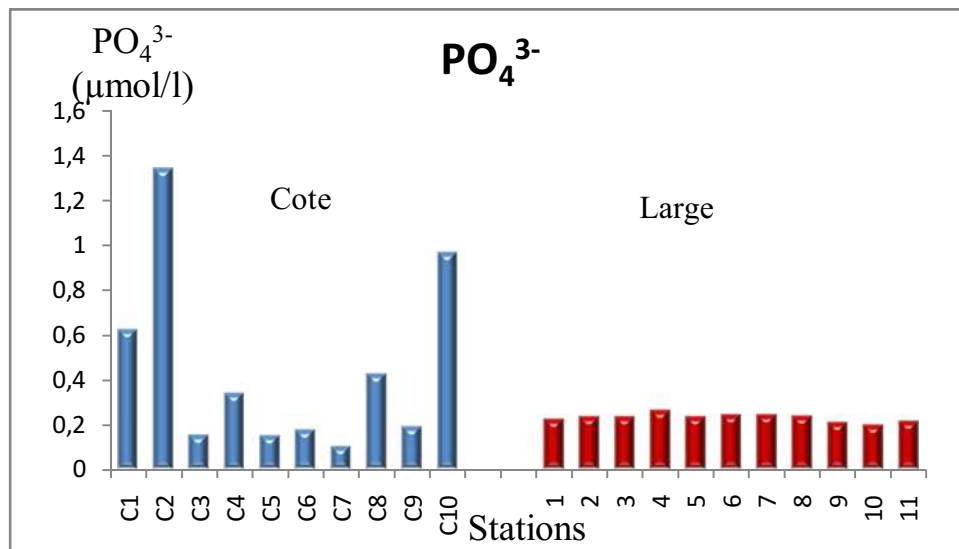


Figure 4.21: Concentrations des phosphates au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

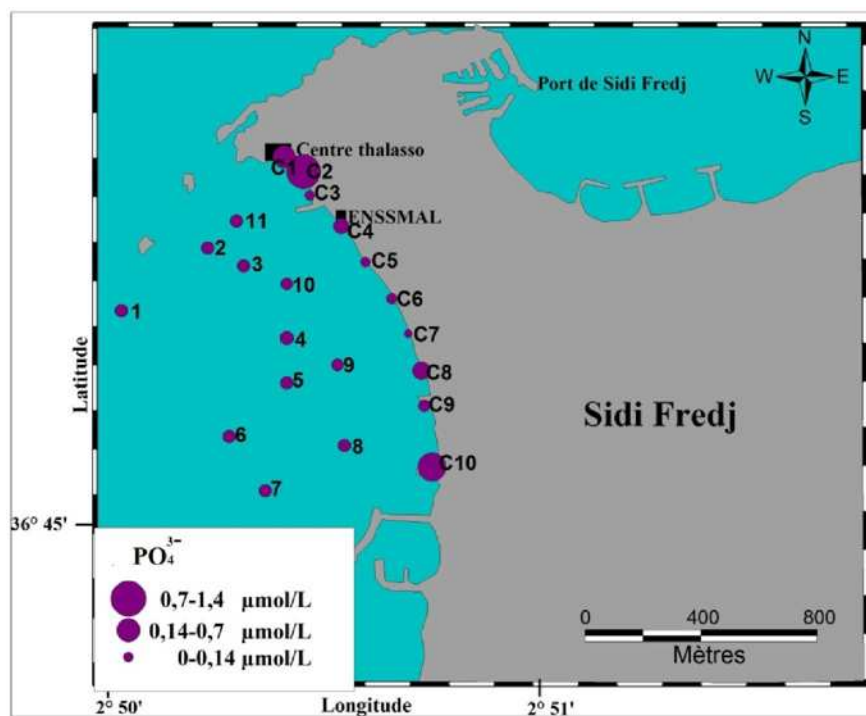


Figure 4.22: Distribution spatiale des concentrations des phosphates

Les concentrations des phosphates au large sont faibles que celles enregistrées sur la côte et très rapprochées entre elles. Au contraire, les concentrations des phosphates sur la côte présente une variation importante, où les valeurs les plus élevées sont au niveau des stations C1, C2 et C10.

Pour les stations C1 et C2, ces concentrations élevées peuvent être le résultat des polluants introduits dans le milieu par le rejet du centre de Thalassothérapie. Mais ce n'est pas le cas pour la station C10, où cette teneur peut être expliquée par l'accumulation des polluants sous l'effet de stabilité de l'hydrodynamisme dans la zone par l'épi de la plage CRF. (Figure 4.21 et figure 4.22)

4.3.5. Silicium dissous

Les eaux côtières ont des concentrations en silicium dissous qui varient de 1,33 $\mu\text{mol/l}$ (station C2) à 2,61 $\mu\text{mol/l}$ (station C3) avec une moyenne de 0,02 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0,34.

Au large, les eaux de surface ont des concentrations en silicium dissous allant de 0,17 $\mu\text{mol/l}$ (station 4) à 2,00 $\mu\text{mol/l}$ (station 11) avec une moyenne de 0,44 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0,50. (Tableau 4.3)

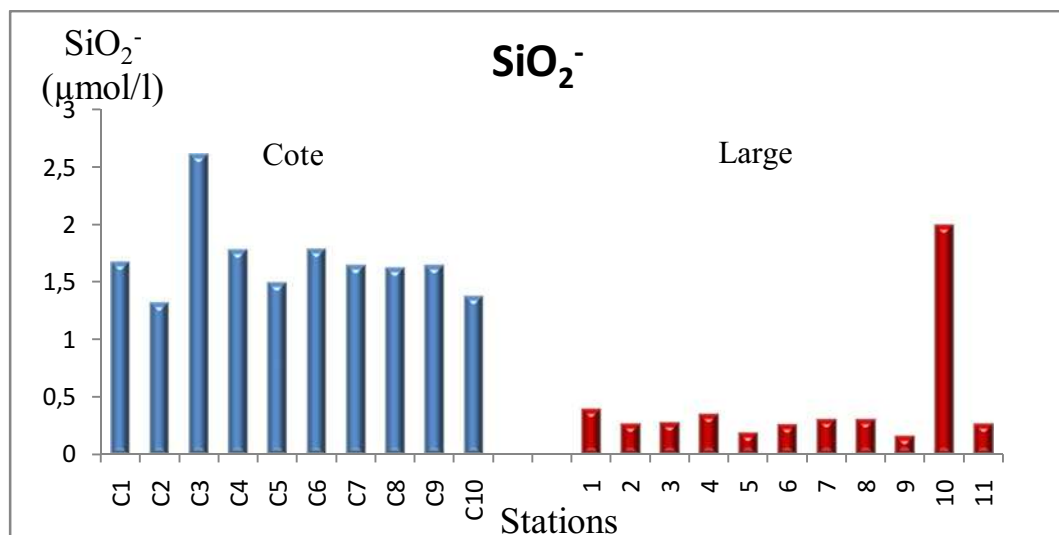


Figure 4.23: Concentrations du silicium dissous au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

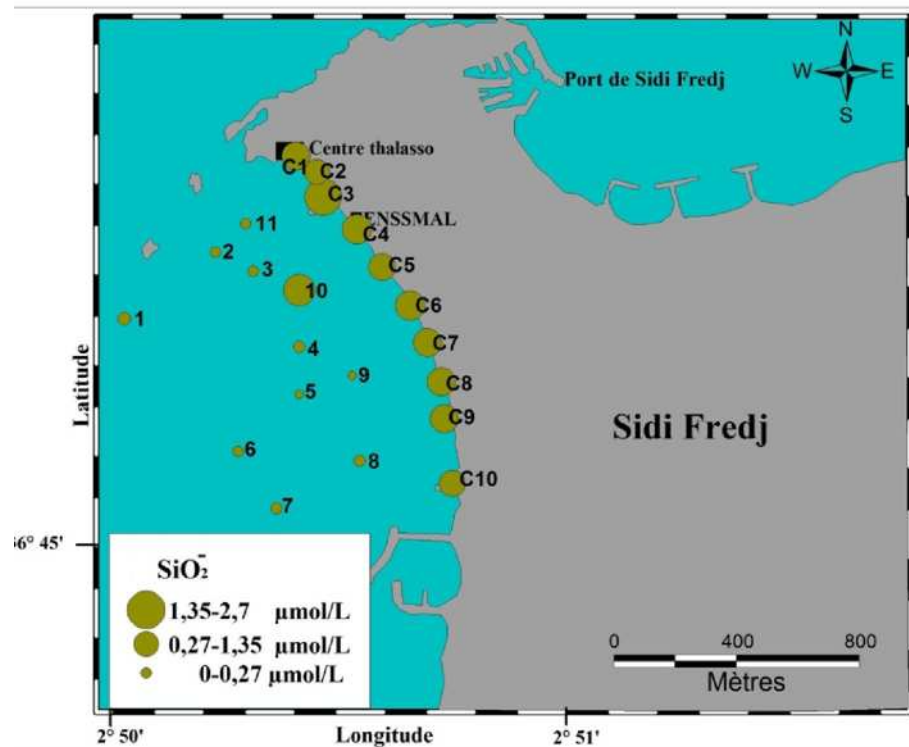


Figure 4.24: Distribution spatiale des concentrations des silicates

En général, les concentrations des silicates sont relativement faibles dans toutes les stations. Ce qui peut être lié à son assimilation par les phytoplanctons (Diatomées en particulier) pour la formation de leurs squelettes.

Comme tous les éléments nutritifs, les silicates présentent des concentrations décroissantes de la côte vers le large, sauf pour la station 10 au large qui présente une concentration maximale qui est peut être due aux apports côtiers et/ou à la dissolution des testes siliciques et la diffusion à partir des sédiments marins.

Sur la côte, les concentrations des silicates sont très rapprochées sauf la station C3 où la teneur en SiO_2 maximale est engendrée par l'interaction des eaux avec la côte (rejets et cours d'eaux). (Figure 4.23 et figure 4.24)

4.3.6. Rapport de Redfield

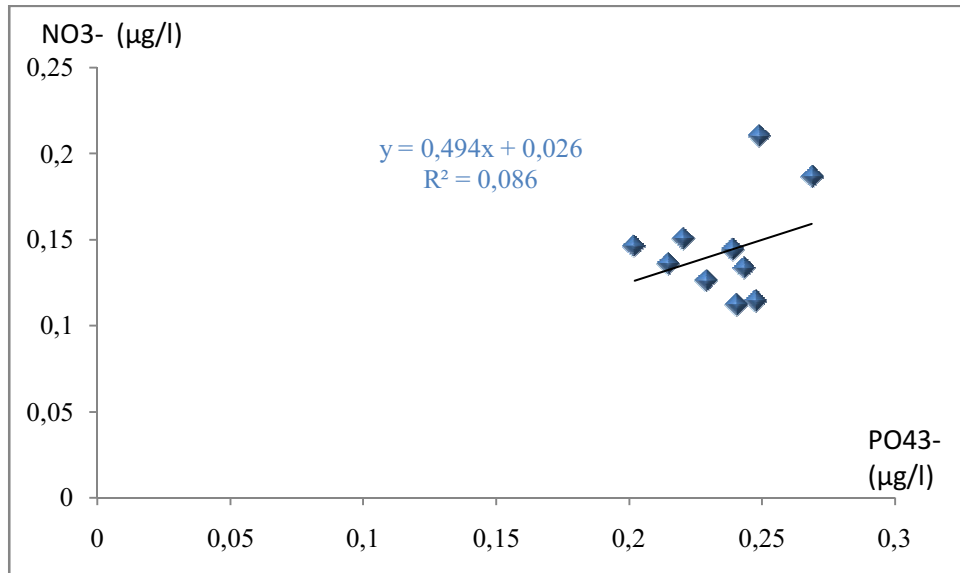


Figure 4.25: Rapport de Redfield au large niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

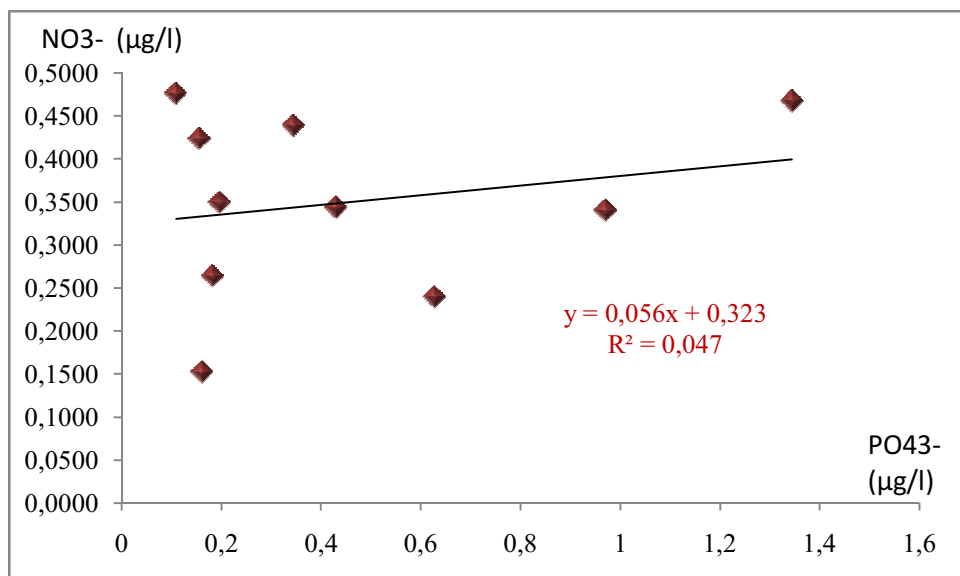


Figure 4.26 : Rapport de Redfield sur la côte niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

L'examen de graphe montre que le rapport N/P est plus élevé au large (0,494) que sur la côte (0,056);

Sur la côte ce faible rapport peut être exprimé par une forte concentration en phosphates par rapport aux nitrates ce qui est due à une pollution par les phosphates apportés par les rejets.

Au large les concentrations des phosphates diminuent sous l'effet de la dispersion et la dilution des phosphates, donc le rapport N/P augmente. (Figure 4.25 et figure 4.26)

4.4. Interprétation des résultats des analyses des sédiments marins

Les fractions pélitiques, organiques et carboniques des sédiments de notre zone d'étude sont présentés en valeurs moyennes, maximales et minimales dans le tableau ci-dessous ;

Tableau 4.4: Caractéristiques statistiques des fractions pélitiques, organiques et carboniques dans les sédiments au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

Paramètres	CaCO ₃		MO (%)		Pélites	
	Cote	large	Cote	large	Cote	Large
Minimum	28,01	28,84	1,75	1,69	1,01	0,60
Moyenne	35,65	31,88	11,12	2,97	1,77	2,73
Maximum	51,87	38,83	32,87	3,59	4,57	5,65
Ecart type	6,30	3,68	10,40	0,72	0,96	1,76

4.4.1. Matières organiques (MO)

Le taux des matières organiques dans les sédiments côtiers varie de 1,75% (station C4) à 32,87% (station C3) avec une moyenne de 11,12% et un écart type de 10,40. Au large ces teneurs sont comprises entre 1,69% (station 3) et 3,59% (station 9) avec une moyenne de 2,97% et un écart type de 0,72. (Tableau 4.4)

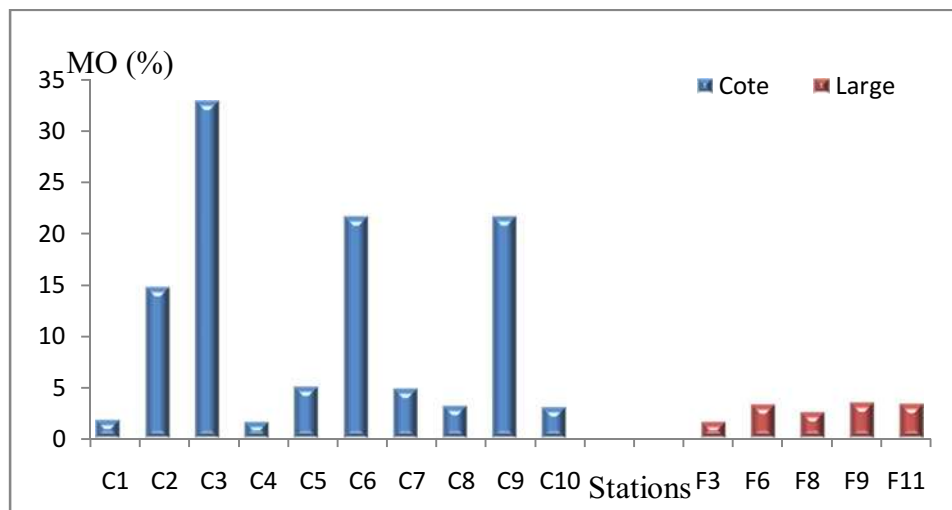


Figure 4.27 : Pourcentages des matières organiques dans les sédiments au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

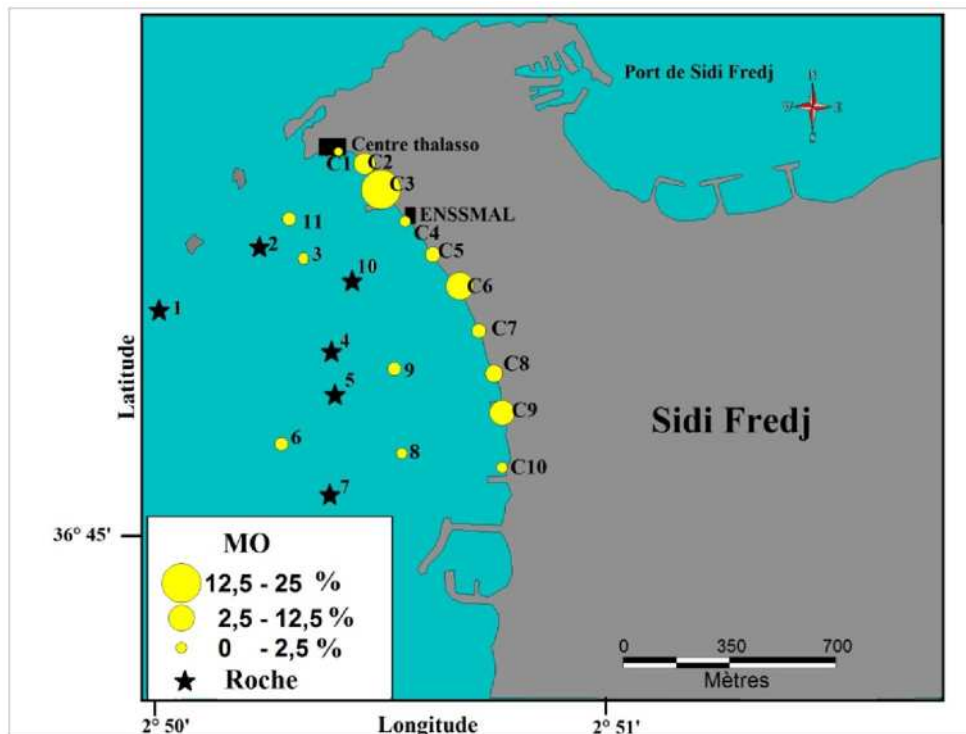


Figure 4.28: Distribution spatiale des teneurs en matières organiques dans les sédiments

Les matières organiques dans les sédiments de la zone d'étude sont à des taux faibles et moins variables au large que sur la côte. Sur la côte, les taux de matières organiques sont relativement élevés et qui diffèrent d'une station à une autre, les stations C2, C3, C6 et C9 contiennent les taux de matières organiques les plus élevées ou maximales. (Figure 4.27 et figure 4.28)

4.4.2. Analyses calcimétriques

Les carbonates de calcium sont présents dans les sédiments côtiers avec des taux allant de 28,01% (station C8) à 51,87% (station C6) avec une moyenne de 35,65% et un écart type de 6,30. Au large, les taux de CaCO_3 dans les sédiments marins varient entre 28,84% (station 6) et 38,83% (station 3) avec une moyenne de 31,88% et un écart type de 3,68. (Tableau 4.4)

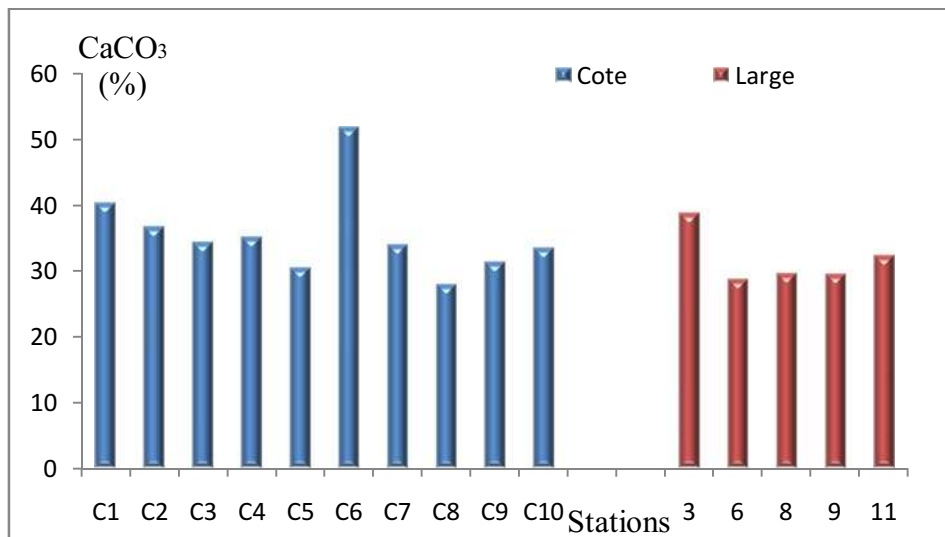


Figure 4.29 : Pourcentages des Carbonates du Calcium dans les sédiments du littoral ouest de Sidi Fredj

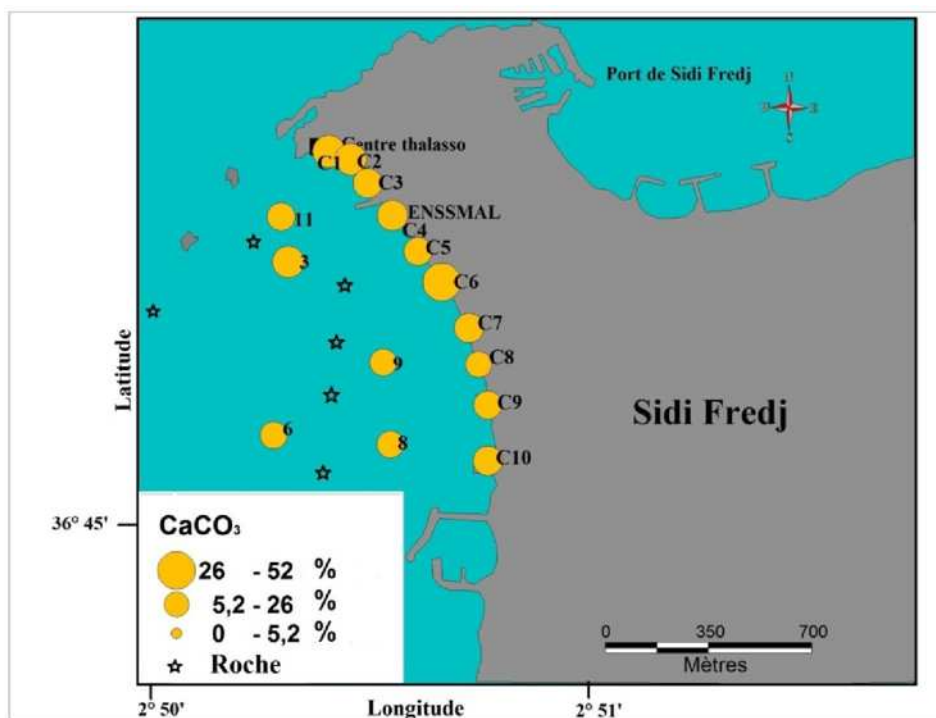


Figure 4.30: Distribution spatiale des taux de CaCO₃ dans les sédiments

En général, les carbonates sont considérés comme reflétant la qualité des composants biogènes (calcite et aragonite) et terrigène (calcite) présents dans le sédiment. Les taux de carbonates ne présentent pas une grande variation, sauf la station C6 sur la côte où un maximum de carbonates est observé. (Figure 4.29 et figure 4.30)

4.4.3. Fraction pélitique

Les sédiments côtiers ont des taux de pélites qui varient entre 1,01% (station C2) et 4,57% (station C7) avec une moyenne 1,77% et un écart type de 0,96. Au large, les pélites dans les

sédiments ont des taux allant de 0,60% (station 3) à 5,65% (station 6) avec une moyenne de 2,73% et un écart type de 1,76. (Tableau 4.4)

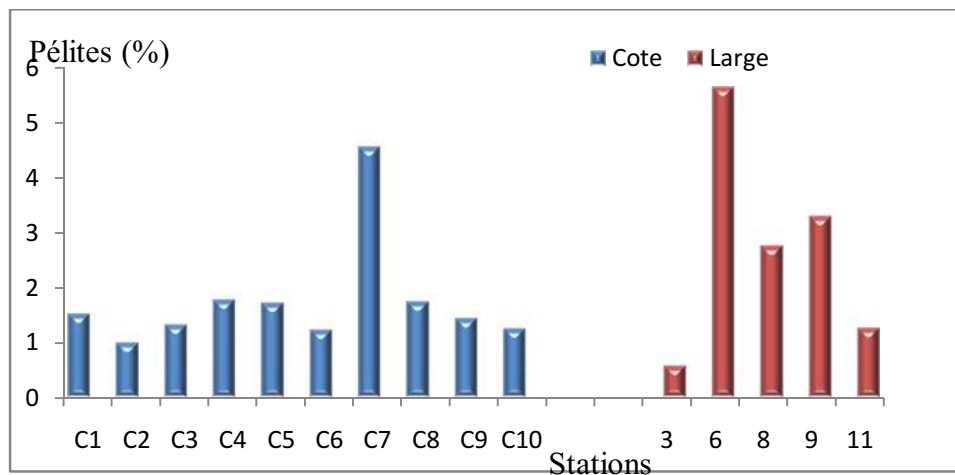


Figure 4.31: Pourcentages de la fraction pélitique dans les sédiments au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

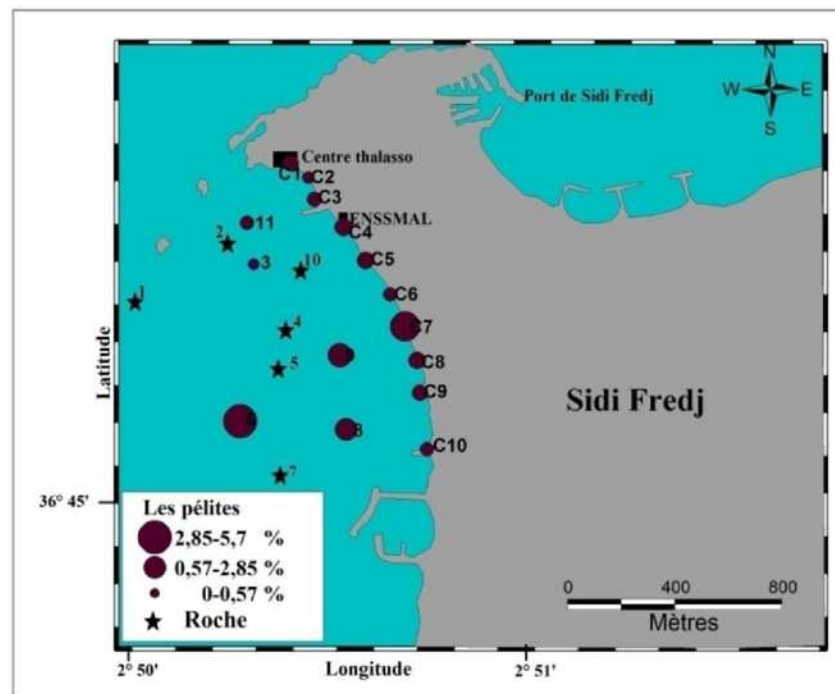


Figure 4.32: Distribution spatiale des taux de pélites dans les sédiments

En général, les teneurs de fraction pélitique sont assez faibles (<5%) dans les sédiments de la zone. En termes de moyennes les sédiments de large contiennent une fraction pélitique plus importante que les sédiments côtiers, ce qui est expliqué par le transport et le dépôt des particules sédimentaires sous l'effet de l'hydrodynamisme (courants et houles) et par le faible apport terrigène fin. (Figure 4.31 et figure 4.32)

Les sédiments de large sont moins brassés par les houles donc ce sont des sédiments moins renouvelés, ce qui favorise le dépôt de la fraction fine. Mais en générale, les sédiments de notre zone d'étude sont qualifiés de sable peu vaseux.

4.4.4. Analyses granulométriques

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

Tableau 4.5: Caractéristiques statistiques des paramètres granulométriques des sédiments du littoral ouest de Sidi Fredj

Indices	Q75	Q50	Q25	S0	Sk
Minimum	142,31	160,00	184,62	0,36	0,59
Moyenne	317,91	585,93	911,97	0,70	0,90
Maximum	1384,00	2333,33	3272,73	0,91	1,19
Ecart type	334,08	644,95	959,40	0,20	0,19

4.4.4.1. Le quartile inférieur (Q₂₅)

Le diamètre des grains représentant 25% du poids du sédiment varie de 184,62 μm (station 6) à 3272,73 μm (station 3) avec une moyenne de 911,97 μm . (Tableau 4.5)

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

4.4.4.2. La médiane ou indice de taille (Q₅₀)

La médiane des sédiments de la zone varie de 160 μm (station 6) et 233,33 μm (station 3) avec une moyenne de 585,93 μm . (Tableau 4.5)

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

4.4.4.3. Le quartile supérieur (Q₇₅)

Les grains représentant 75% du poids du sédiment ont des diamètres qui varient de 142,31 μm (station 6) à 1384 μm (station 3) avec une moyenne de 317,91 μm . (Tableau 4.5)

Dans les grains de ce quartile on trouve des sables fins, moyens, grossiers et très grossiers avec la dominance du sable moyen. (**Folk et Ward., 1957**).

4.4.4.4. Indice de classement de Trask ou indice de tri S₀

L'indice de trask des sédiments de la zone d'étude varie entre 0,36 (station C3) et 0,91 (station C9 et 8) avec une moyenne de 0,70. (Tableau 4.5)

En général, cet indice est inférieur à 1 pour toutes les stations, de ce fait et d'après la classification de Sorting de Trask, les sédiments sont très bien classés. (Figure 4.33 et figure 4.34)

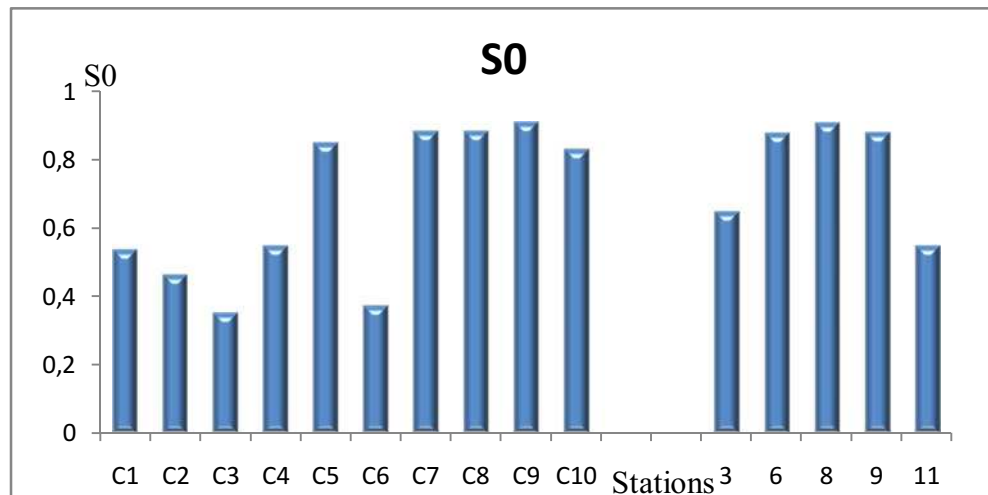


Figure 4.33: Variation de l'indice de classement de Trask des sédiments du littoral ouest de Sidi Fredj

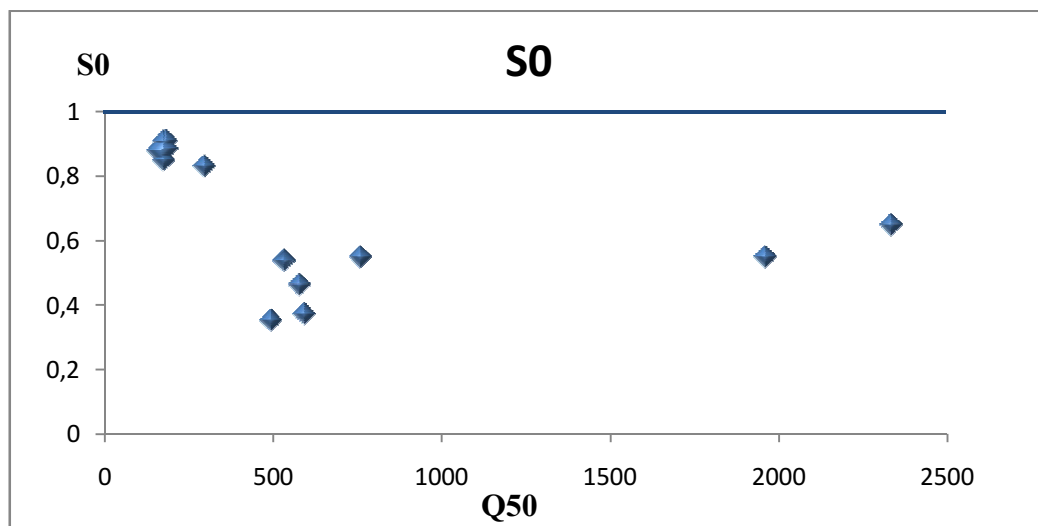


Figure 4.34: Relation entre l'indice de classement et la médiane

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

Les sédiments étudiés de la zone ont un indice d'asymétrie qui varie de 0,59 (station) à 1,19 (station) avec une moyenne de 0,90. (Tableau 4.5)

Le classement des sédiments est maximal vers les fines car la moyenne de l'indice de Skewnes est inférieure à 1. (Figure 4.35 et figure 4.36)

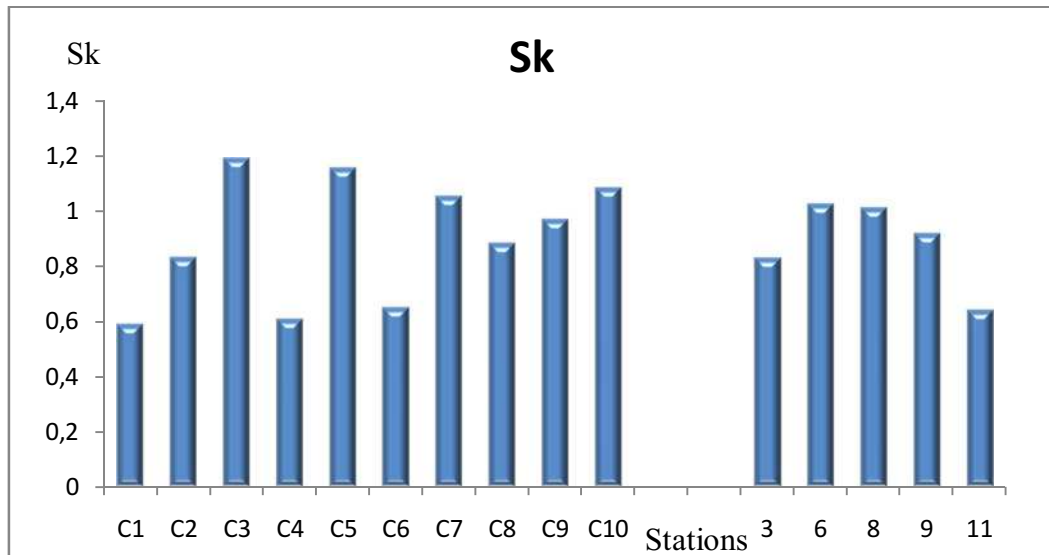


Figure 4.35: Variation de l'indice d'asymétrie des sédiments du littoral ouest de Sidi Fredj

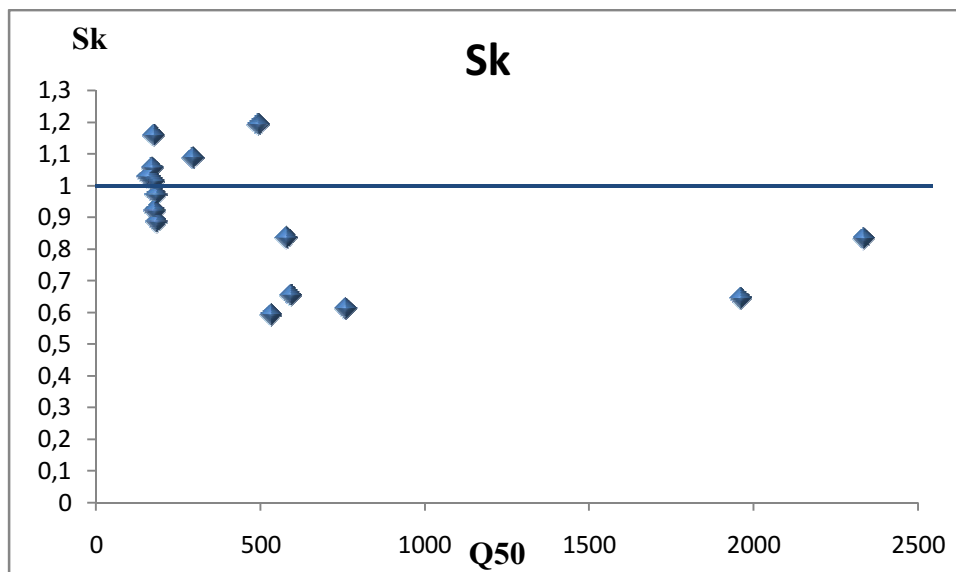


Figure 4.36: Relation entre l'indice de Skewnes et la médiane

L'analyse granulométrique des sédiments de notre zone d'étude a montré que les majeures parties des sédiments sont représentés par des sédiments fins, homogènes et bien classés. Ces résultats parait très logiques vu la forme semi-fermée du littoral ouest de Sidi Fredj.

Les sédiments des stations 3 et 11 sont qualifiés de grossiers à l'exception des autres. Cette exception peut être expliquée par un piégeage des sédiments grossiers d'une tempête par les roches qui entourent ces stations (les stations 2 et 10).

4.5. Interprétation des résultats des analyses microbiologiques

Les caractéristiques statistiques moyennes des résultats trouvés lors de l'analyse microbiologique effectuée pour notre zone d'étude sont représentées dans le tableau ci-dessus ;

Tableau 4.6: Caractéristiques statistiques des résultats des analyses microbiologiques

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

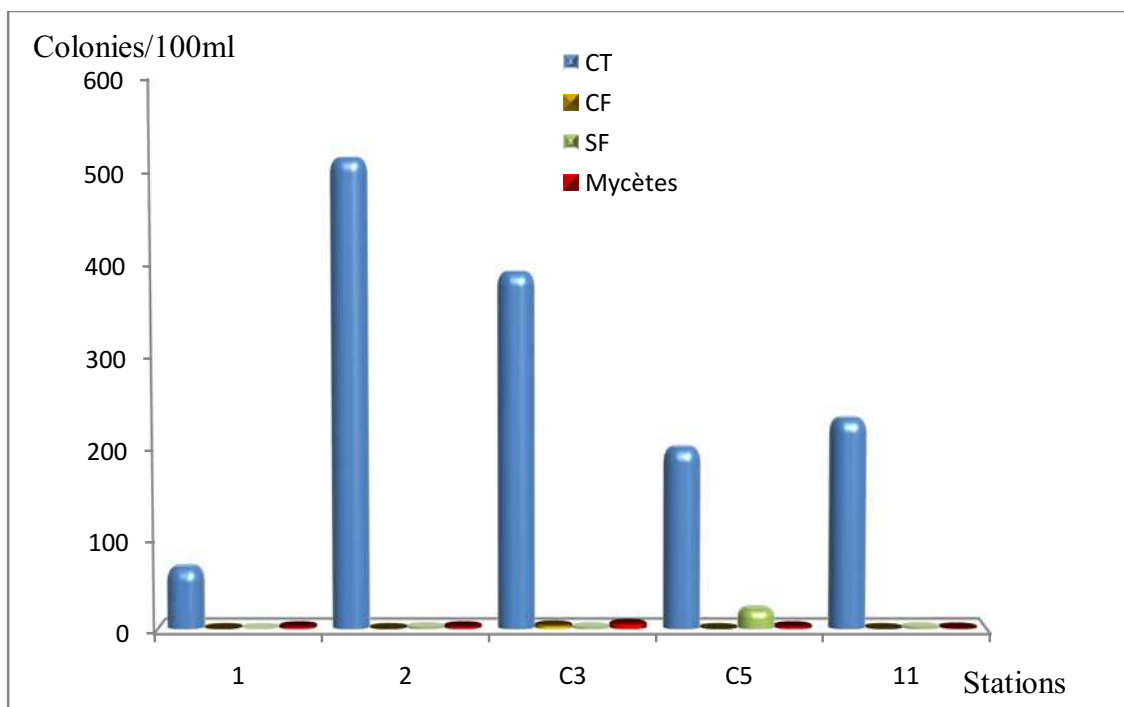


Figure 4.37: Concentrations des germes indicateurs de pollution au niveau du littoral ouest de Sidi Fredj

D'après le tableau 4.6 et la figure 4.37 nous observons des concentrations en dessous des valeurs guides et valeurs limites indiquées dans le journal officielle de la république Algérienne 1993 (**Jora, 1993**) pour tout les germes indicateurs de pollution ; Coliformes totaux, Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux.

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

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

Pour bien interpréter la qualité microbiologique de notre zone d'étude, nous avons fait une comparaison entre nos résultats et les résultats de l'APPL dans le cadre de la surveillance des eaux de baignades de la Wilaya d'Alger en 2011. Pour procéder à cette comparaison nous avons pris en considération que les résultats des germes indicateurs de pollution (coliformes totaux et fécaux et streptocoques) qui sont présentées dans les cartes suivantes ;

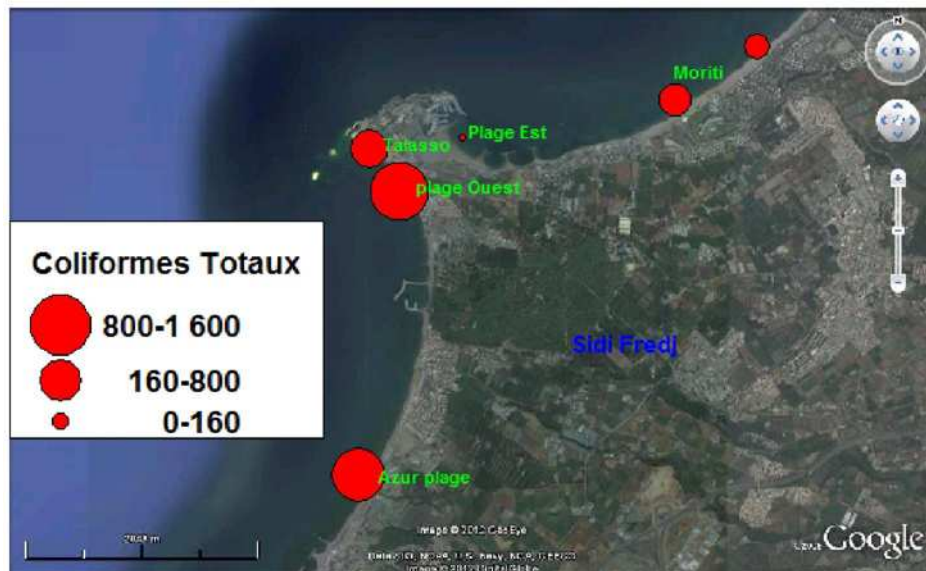


Figure 4.38: Distribution spatiale de la concentration des coliformes totaux

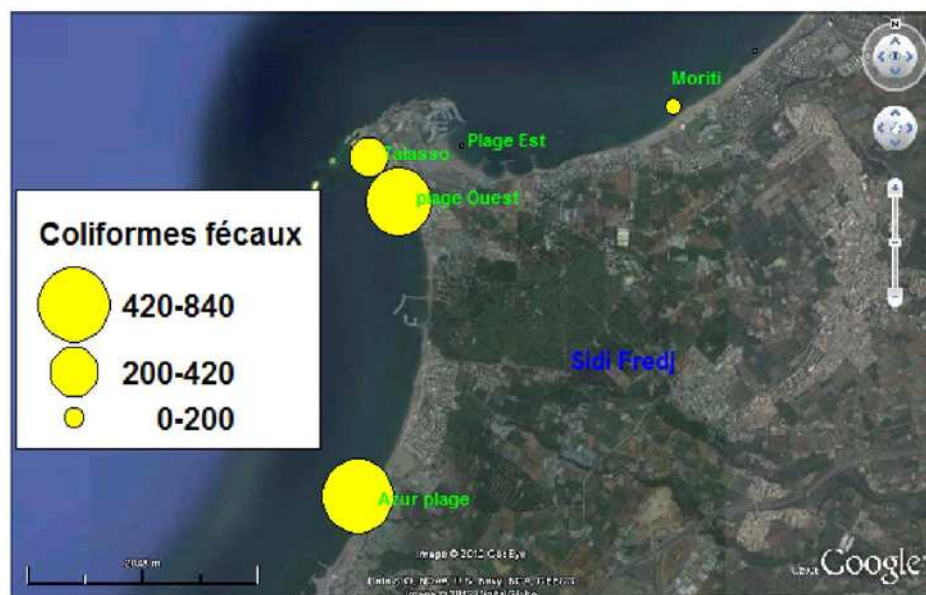


Figure 4.39: Distribution spatiale des concentrations des coliformes fécaux

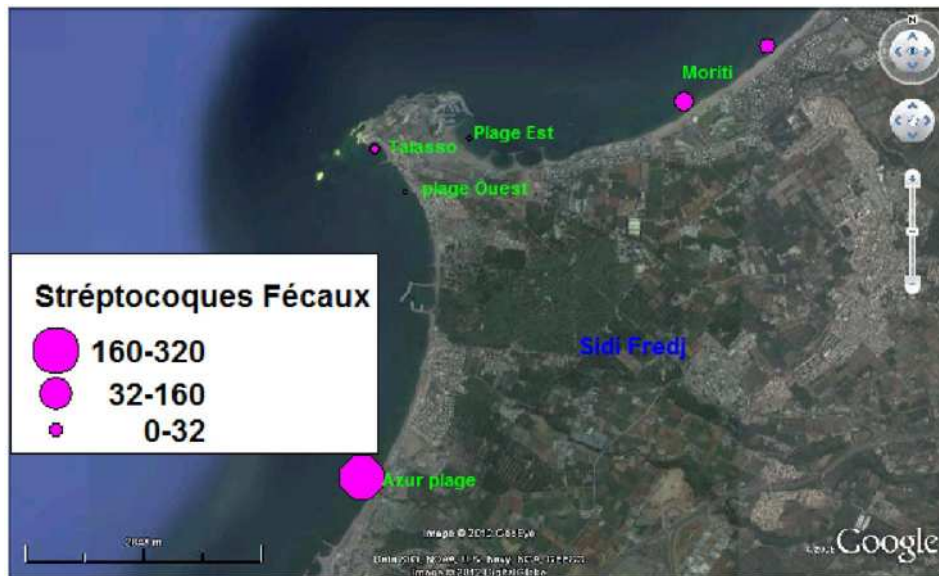


Figure 4.40: Distribution spatiale des concentrations des streptocoques fécaux

En comparant notre zone d'étude (Plage de Thalassothérapie et plage ouest de Sidi Fredj) avec d'autres zones proches (Plage Moriti, Plage est de Sidi Fredj et Azur plage) on observe qu'elle présente un taux de pollution microbiologique important par rapport aux autres zones à l'exception d'Azur plage où les concentrations des germes indicateurs de pollution est plus importante.

▪ **Remarque :**

Durant notre étude, nous avons observé des eaux rouges qui sont formées au niveau de la station C4 (le 05/2012, près de l'ENSSMAL). Après l'échantillonnage nous avons analysé les matières en suspension et les matières organiques particulières dans ces eaux, ensuite nous les avons fixées pour identifier les agents causant ce phénomène. (Figure 4.41)



Figure4.41: Photo des eaux rouges observées près de la station C4

Les eaux observées sont caractérisées par une concentration élevée en matières en suspension (236 mg/l) et en matières organiques (133 mg/l) ce qui peut expliquer son pouvoir de changer la couleur de l'eau (accumulation des microorganismes).

L'apparition de ce phénomène est due, probablement, à un enrichissement du milieu en éléments nutritifs qui est peut être due à une pollution par des rejets chargés en sels nutritifs, ce qui est justifié par les concentrations élevées des sels nutritifs enregistrées pour ses eaux. (Tableau 4.7)

Tableau 4.7: Concentrations des sels nutritifs dans les eaux rouges observées

	NO_3^- ($\mu\text{mol/l}$)	NO_2^- ($\mu\text{mol/l}$)	NH_4^+ ($\mu\text{mol/l}$)	PO_4^{3-} ($\mu\text{mol/l}$)	SiO_2^- ($\mu\text{mol/l}$)
eaux rouges	1,5998	0,2757	17,5148	31,9416	34,6066

Après la fixation des échantillons nous avons pu identifier l'espèce responsable de ce phénomène et qui est : « *Noctiluca scintillans* » (Figure 4.42)

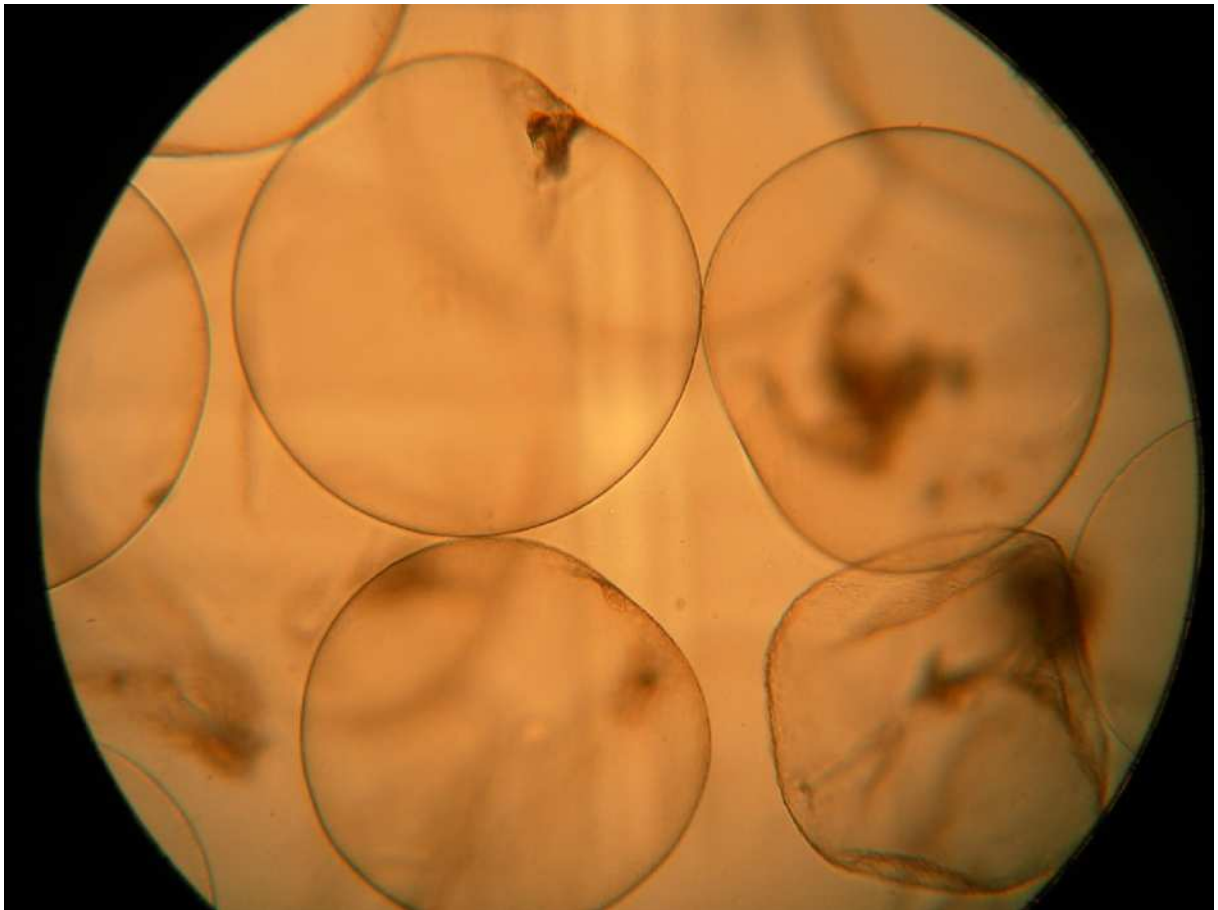


Figure 4.42: Photo de *Noctiluca scintillans*

Conclusion

Conclusion

L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité des eaux et des sédiments du littoral ouest de Sidi Fredj en se basant sur les paramètres physiques, chimique, sédimentologiques et microbiologiques. Cette approche nous a permis de caractériser les eaux et apprécier leur qualité et définir leurs sources et origines.

L'analyse paramétrique ne montre pas qu'il y a une pollution par rapport à la température car elle est influencée par la température de l'air en période chaude, le pH conforme aux normes, il n'est pas modifié par les rejets industriels ou les apports d'eau continentale à pH acide. Le taux de salinité est dans l'intervalle de celui de la Méditerranée.

La distribution des sels nutritifs est principalement influencée par l'activité anthropique fertilisante telle que les rejets domestiques et agricoles. Selon leurs concentrations obtenues, on peut dire que dans la zone d'étude existe une source de pollution par les sels nutritifs (Nitrates, Nitrites, Ammonium, Phosphates et Silicates).

Les concentrations de la chlorophylle-a sont très faibles à cause de la prolifération des algues dans la zone suite à son enrichissement 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 limite dans l'ensemble des stations. Les concentrations en coliformes fécaux sont faible à nulles ce qui est remarqué aussi pour les streptocoques fécaux, avec absence les salmonelles et vibrions.

L'étude sédimentaire montre que la majorité des sédiments du littoral ouest de Sidi Fredj sont qualifié de fins, homogènes et bien classés. L'étude de la fraction fine montre que se sont des sables peu vaseux et contenant un taux de carbonates faible.

D'après ces résultats on peut dire que le littoral ouest de Sidi Fredj est une zone caractérisée par un hydrodynamisme relativement moyen ce qui est justifié par sa morphologie semi-fermée.

Le littoral ouest de Sidi Fredj est en face de risque de pollution. En termes de protection, cette zone nécessite une gestion basée sur la surveillance, le suivi et le contrôle de tous les facteurs influençant la pollution dans cette zone.

Pour mieux évaluer la qualité des eaux et des sédiments du littoral ouest de Sidi Fredj, il est recommandé d'élargir la liste des paramètres étudiés en incluant les métaux lourds, les hydrocarbures et la microbiologie dans les sédiments et les organismes benthiques de la zone. Ainsi, l'étude sédimentaire qui peut aider à interpréter la dispersion et le transport des polluants. En prenant en considération, pour toutes les études, le facteur temps et son influence sur les sources de pollutions (débit et charge des rejets, ainsi que les déchets solides) et les caractéristiques physiques de la zone (hydrodynamismes, température et transparence de l'eau...).

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, Brest, 395p.
- **Aminot. A et Kérouel. R., 2004.** Hydrologie des écosystèmes marins : Paramètres et analyses. Edition : Ifremer, France, 41p.
- **APPL, 2011.** Résultats d'analyses des eaux de mer de la Wilaya d'Alger.
- **Belkessa R., Houma F., Ciortan R., and Mezouar K., 2008.** Protection Works Of The Sea Coast In Algérie, Copedec VII, Dubai,UAE, Paper No: S-26.
- **BENMESSAOUD Fatma . 2007.** Qualité physicochimique, métallique et bactériologique des eaux de l'estuaire Bou Regreg et impacte sur la biologie et la démographie de *Venerupis decussata* (LINNE., 1758) et *Cardium edule* (LINNE., 1767). Université Mohamed V-AGDAL. Faculté des sciences RABAT. 258p
- **Benschneider K. et Robinson R. J., 1952.** A new spectrophotometric method. FAO Fisheries Technical Paper: 137-238.
- **BOUAZIZThanina et DJERRAI Nouredine. 2010.** Etude des caractéristiques physicochimiques et bactériologiques des eaux de mer et des sédiments dans le port de plaisance de « Sidi Fredj » en vue d'une immersion. ENSSMAL. 78p
- **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.
- **Chamley. H., 1987.** La sédimentologie. Ed DUNOD. Pari, 175p.
- **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 à la presqu'île de Sidi-Frech (Ouest d'Alger), thèse de doctorat, Géologie marine et sédimentologie, Univ D'Aix Marseille, 105p.
- **Fatiha GALAF et Sanae GHANNAM, 2003.** Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. Institut Agronomique et Vétérinaire HASSAN II RABAT.
- **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.
- **Grimes S., 2003.** Plan d'action national pour protection des sites sensibles naturels marins du secteur Cap Djinet au Mont Chenoua. Contrat PNUE/PAM/CASP/MATE, Alger, 64 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.
- **Jean RODIER, Bernard LEGUBE, Nicole MERLET et coll. 2009.** L'Analyse de l'eau. 9^{ème} édition. DUNOD. Paris. 1526p

- **Journal officiel de la république algérienne, 1993.** Principaux critères de qualité des eaux de baignade. Extrait de l'annexe 1 du décret n° 93-164 du 10 juillet 1993. Techniques et Documentation. Paris .356 p.
- **Lacaze J-C., 1996.** La pollution des mers. Edition: DOMINOS Flammarion, France, 128 P.
- **Leclaire L, 1972.** Sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares. (Précontinent algérien). Mémoire du muséum national d'histoire naturelle.
- **MATER (MAST III), Edt Thierry Moutin et Patrick Raimbault.** INSU, CNRS, GDR 869 (PSOO). IFREMER., 96p.
- **Mezali K., 1998.** Contributions à la systématique, la biologie et la dynamique des populations de cinq espèces d'holoturies aspidochirotes (*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.
- **Mohammed BLINDA., 2007.** Pollution tellurique du littoral nord-ouest du Maroc entre Tanger et Tétouan: Caractérisation, Impact sur l'Environnement et Proposition de Solutions.
- **Olivier Le Calvé, 2002.** Propriétés Physiques du Milieu Marin : Un cours d'introduction à l'océanographie physique. Institut des Sciences de l'Ingénieur de Toulon et du Var.
- **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.
- **Raimbault P. et Boudjellal B., 1997.** Dosage la chlorophylle par fluorimétrie : Recueil des données de la campagne MINOS (Mediterranean Investigation Oligotrophe Systems).
- **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) 8ème 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
- **SADAOUI Mahrez et CHABI Abderrahmane., 2011.** Diagnostic et paramètres environnementaux du littoral Ouest de Sidi Fredj. ENSSMAL. 85p
- **TAZI Cherif et TOUAHIR Nawal. 2011.** Détermination de l'influence des rejets des eaux usées brutes sur la qualité bactériologique et physicochimique des eaux de mer. Cas d'EL KATTER (a proximité de port de Cherchell, wilaya de TIPAZA. ENSSMAL. 79p
- **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: 23-31.

Annexes

Annexe I

Tableau A.1.1: Coordonnées géographiques des stations de prélèvement

station	Latitude	Longitude
côte		
1	36,756667	2,8338889
2	36,758611	2,8372222
3	36,758056	2,8386111
4	36,755833	2,8402778
5	36,754444	2,8402778
6	36,752778	2,8380556
7	36,751111	2,8394444
8	36,7525	2,8425
9	36,755	2,8422222
10	36,7575	2,8402778
11	36,759444	2,8383333
Large		
C1	36.761435	1,5395894
C2	36.76986	1,0132658
C3	36.760238	1,3464871
C4	36.759292	1,8
C5	36.758183	1,7332178
C6	36.787084	1,2465836
C7	36.755964	4,5663622
C8	36.754822	1,7598827
C9	36.753734	1,46
C10	36.751838	1,2733333

Annexe II

1. Mode opératoire pour la mesure des (MES)

1.1. Principe de la méthode de mesure

La méthode consiste à filtrer l'eau de mer sur des membranes filtrantes afin de retenir les particules de taille supérieur a $0.45\mu\text{m}$. La membrane est séchée et pesée avant et après filtration. La différence de poids permet de connaître la masse sèche totale de matières en suspension dans le volume filtré correspondant. (Aminot et Chaussepied ,1983).

1.2. Mode opératoire

Il consiste en trois étapes

1.2.1. Préparation des filtres au laboratoire

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

1.2.2. Filtration de l'eau de mer

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

1.2.3. Séchage et pesée des filtres

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

1.3. Calculs et expression des résultats

Le calcul de la concentration en MES s'est fait avec la formule suivante

$$\text{MES (mg/l)} = [(P_2 - P_1) / V] \cdot 10^3 \quad \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

- P1 = poids du filtre avant filtration (mg).
- P2 = poids du filtre après filtration (mg).
- V = volume filtré (l).

2. Dosage de la chlorophylle a par fluorométrie

La concentration en chlorophylle a a été déterminée selon la méthode fluorimétrique de Yenschtch et Menzel (1963) adaptée par Holm-Hansen et Rieman (1978) pour l'extraction des pigments à l'aide du méthanol. Le protocole utilisé au cours de la campagne a été décrit par Herbland *et al.* (1985).

2.1. Principe de la méthode de dosage

Le phytoplancton est recueilli sur un filtre en fibre de verre (GF/F, de porosité environ 0,45µm et de diamètre 25mm) et repris dans une solution de méthanol. Les pigments chlorophylliens sont excités par un faisceau lumineux à 450 nm. La fluorescence émise est mesurée à 670 nm.

2.2. Appareillage et matériel

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

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

2.3. Réactifs et étalons

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

2.4. Protocole analytique

- Appliquer 2 ml de solution de carbonate de magnésium sur une membrane (Whatman GF/F) de 0,45 µm, et filtrer 250ml de l'échantillon avec une pression inférieure à 100 mmHg ;
- Le filtre est plié sur quatre et enrobé dans du papier aluminium déjà étiqueté. Ensuite les filtres sont conservés dans un congélateur ;
- Ajouter 6 ml de méthanol à 99.7 % dans les tubes qui contiennent les échantillons à doser ;

- Les tubes sont ensuite bouchés et placés à l'obscurité dans un réfrigérateur (5 °C), pour une période d'extraction de 30 minutes ;
- Homogénéiser les échantillons on les plaçant dans une centrifugeuse pendant 5 min et 3000 tours/min ;
- Calibrer le spectrophotomètre fluorescence à l'aide d'une série de cinq standards, et un blanc du méthanol ;
- Remplir la cuvette en quartz avec l'échantillon et prendre la lecture fluorimétrique IF₀ ;
- Acidifier l'échantillon avec 10 µl de HCl de 0.5N et prendre de nouveau une lecture fluorimétrique IF_a ;
- Rincer la cuvette avec le méthanol, avant de faire une nouvelle mesure ;
- Éviter d'exposer les échantillons à la lumière et procéder le plus rapidement possible afin de minimiser la dégradation de la chlorophylle a par la lumière et la chaleur.

2.5. Calcul des concentrations

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

$$\text{Chl } (\mu\text{g/l}) = F_0/K_0 \times v/V \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

- **F₀** : Valeur de fluorescence,
- **K₀** : Coefficient d'étalonnage établie avec de la chlorophylle *a* pure (Sigma C5753),
- **V** : Volume filtré (250 ml) et **v** : volume d'extraction (7 ml).

3. Dosage de la DBO₅

Tableau A.2.1: Tableau de sélections du volume pour le DBO

Volum (ml)	Marge de mesure (mg/l)	Facteurs
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	5
164	0-400	10
97	0-800	20
43,5	0-2000	50
22,7	0-4000	100

4. Dosage des sels nutritifs

4.1. Dosage de l'ammonium

4.1.1. Réactifs

4.1.1.1. Solution tampon

Produits chimiques exigés :

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

Préparation

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

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

- **Solution de phénol**

Produits chimiques exigés :

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

Préparation

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

Note : La solution est stable pendant 1 semaine.

- **Solution d'hypochlorite de sodium**

Produits chimiques exigés :

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

Préparation

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

- **Solution de nitroprussiate de sodium**

Produits chimiques exigés :

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

Eau distillée H_2O 1000 ml.

Préparation

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

Note :

Conserver dans une bouteille à couleur sombre.

La solution est stable pendant 1 semaine.

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

4.1.2. Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée H_2O .

4.1.3. Préparation des solutions étalons

4.1.3.1. Solution mère de 100 ppm N (*)

Produits chimiques exigés :

Chlorure d'ammonium NH_4Cl 0,3819 g.

Eau distillée H_2O 1000 ml.

Préparation

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

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

5.1.2.1. Solution fille de 10 ppm N

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

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

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

4.2. Dosage des nitrites + nitrates

4.2.1. Réactifs

4.2.1.1. Solution tampon

Produits chimiques exigés :

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

Préparation

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

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

4.2.1.2. Réactif colorant

Produits chimiques exigés :

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

Préparation

Diluer l'acide o-phosphorique dans ± 750 ml d'eau distillée. Ajouter le sulfanilamide et le

α - Naphtyléthylène diamine dihydrochloride et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

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

4.2.2. Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée H₂O (régénérée chaque semaine).

4.2.3. Préparation des solutions étalons

4.2.3.1. Solution mère de 100 ppm N (*)

Produits chimiques exigés :

Nitrate de sodium NaNO₃ 0,6068 g.

Eau distillée H₂O 1000 ml.

Préparation

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

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

4.2.3.2. Solution fille de 10 ppm N

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

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

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

4.2.4. Préparation de la colonne réductrice

4.2.4.1. Solution d'acide chlorhydrique (4N)

Produits chimiques exigés :

Acide chlorhydrique HCl (32 %) 400 ml.

Eau distillée H₂O 600 ml.

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

4.2.4.2. Cadmium

Produits chimiques exigés :

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

Procédure de remplissage :

- Les granules de cadmium sont mélangées avec ± 30 ml de la solution d'acide chlorhydrique (4N).
- Agiter pendant 1 minute.
- Ajouter environ 50 ml de solution de sulfate de cuivre et agiter pendant 5 minutes.
- Laver la saleté entre les granules avec l'eau distillée.

- Sécher les granules de cadmium.
- Ajouter, à l'aide d'un entonnoir, les granules dans une colonne sèche, en secouant de temps en temps pour empaqueter la colonne des deux côtés.
- Remplir jusqu'à ± 5 mm du sommet.
- Placer un petit morceau de tube en polyéthylène, dans la colonne pour éviter que les granules ne sortent de la colonne.
- Remplir la colonne, à l'aide d'une seringue contenant la solution tampon (réactif 1-1 préparé précédemment).
- Placer la colonne dans le système.

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

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

4.3. Dosage des orthophosphates

4.3.1. Réactifs

4.3.1.1. Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés :

Tartrate de potassium et d'antimoine

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

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

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

Eau distillée H_2O 1000 ml.

FFD6 2 ml.

Préparation

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

Note :

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

4.3.1.2. Solution d'acide ascorbique

Produits chimiques exigés :

Acide ascorbique $C_6H_8O_6$ 6g.

Acétone C_3H_6O 60 ml.

Eau distillée H₂O 1000 ml.

FFD6 2 ml.

Préparation

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

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

4.3.2. Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H₂O (régénérée chaque semaine).

4.3.3. Préparation des solutions étalons

4.3.3.1. Solution mère de 100 ppm P (*)

Produits chimiques exigés :

Dihydrogène o-phosphate de potassium KH₂PO₄ 0,4394 g.

Eau distillée H₂O 1000 ml.

Préparation

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

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

4.3.3.2. 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⁻.

4.4. Dosage des silicates

4.4.1. Réactifs

4.4.1.1. Solution d'acide sulfurique

Produits chimiques exigés :

Acide sulfurique H₂SO₄ (97 %) 10 ml.

Eau distillée H₂O 1000 ml.

FFD6 2 ml.

Préparation

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

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

4.4.1.2. Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés :

Molybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 20g.

Eau distillée H_2O 1000 ml.

FFD6 2 ml.

Préparation

Dissoudre le molybdate d'ammonium dans \pm 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.

4.4.1.3. Solution d'acide oxalique

Produits chimiques exigés :

Acide oxalique $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$44g.

Eau distillée H_2O1000 ml.

Préparation

Dissoudre l'acide oxalique dans \pm 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° C quand la solution n'est pas utilisée.

4.4.2. Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H_2O .

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

4.4.3. Préparation des solutions étalons

4.4.3.1. Solution mère de 100 ppm Si (*)

Produits chimiques exigés :

Métasilicate de sodium $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$1,0119 g.

Eau distillée H_2O1000 ml.

Préparation

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

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

4.4.3.2. Solution fille de 10 ppm Si

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

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

Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

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

4.5. Gamme d'étalonnage des sels nutritifs

Tableau A.2.2: Tableau des gammes d'étalonnage des nitrates, nitrites, ammonium, phosphates et silicates

	NO_2^-	Corr.Ht NO_2^-	NO_3^-	Corr.Ht NO_3^-	PO_4^{3-}	Corr.Ht PO_4^{3-}	SiO_2^-	Corr.Ht SiO_2^-	NH_4^+	Corr.Ht NH_4^+
Wash	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S1	0,2647	29	0,241	39	0,0402	14	0,8014	88	0,673	38
S2	0,4298	48	0,463	74	0,3579	126	1,1013	121	1,042	58
S3	0,8122	90	0,567	91	0,6222	219	1,5561	171	1,589	89
S4	0,9502	105	0,783	126	0,8011	282	1,8469	202	1,869	104
S5	1,0791	119	0,85	137	0,963	338	2,2561	247	1,844	103
S6	1,009	112	0,923	148	1,233	433	5,1461	564	2,034	114

- **W** : Liquide de rinçage
- **Coor.Ht** : Absorbance corrigée par l'appareil

Annexe III

Tableau A.3.1: Paramètres physicochimiques des eaux côtières lors de la 1ère et la 2ème sortie

Prélèvement en cote 1				
Station	T (°C)	PH	S (PSU)	C (µS/cm)
C1	18,8	8,17	35,9	49,152342
C2	18	8,11	36,2	49,563085
C3	18,7	8,18	34,4	47,098623
C4	17,9	8,33	36,1	49,426171
C5	18,3	8,44	36,2	49,563085
C6	18,7	8,31	36	49,289256
C7	18,6	8,34	36,2	49,563085
C8	19	8,34	36	49,289256
C9	19,1	8,4	36,1	49,426171
C10	18,9	8,44	36,3	49,7
Prélèvement en cote 2				
Station	T (°C)	pH	S (PSU)	C (µS/cm)
C1	24,6	8,34	35,3	48,4
C2	23,7	8,31	35,7	48,6
C3	23,7	8,28	35,5	48,3
C4	23,4	8,25	35,5	48,3
C5	23,5	8,26	35,4	48,2
C6	24,2	8,27	35,7	48,6
C7	23,3	8,21	35,8	48,6
C8	25,2	8,22	35,4	48,1
C9	25,1	8,2	35,3	48
C10	23,8	8,22	35,6	48,4

Tableau A.3.2: Paramètres physicochimiques des eaux superficielles au large

stations	T (°C)	PH	S (PSU)	C (µS/cm)
1	17,4	8,24	36,4	49,8
2	17,6	8,2	36,5	49,9
3	17,7	8,23	36,5	49,9
4	17,7	8,3	36,4	49,8
5	17,8	8,3	36,4	49,8
6	17,3	8,25	36,5	50
7	17,7	8,29	36,5	49,9
8	17,8	8,26	36,3	49,6
9	18	8,27	36,5	49,8
10	17,8	8,32	36,5	49,9
11	18,2	8,37	36,5	49,8

Tableau A.3.3: Paramètres physicochimiques des eaux profondes au large

stations	profondeur (m)	T (°C)	PH	S (PSU)	C (µS/cm)	sédiment
1	7	17,7	8,21	36,5	49,8	Roche
2	4	17,4	8,27	36,2	49,9	Roche
3	3	17,2	8,27	36,5	49,9	Sable
4	4	17,8	8,3	36,3	49,8	Roche
5	4	17,2	8,29	36,5	50	Sable
6	4	17,4	8,32	36,4	49,9	Sable
7	7	17,1	8,3	36,3	49,8	Sable
8	2	17,7	8,27	36,4	49,9	Roche
9	2	17,6	8,25	36,5	49,9	Roche
10	1	17,7	8,34	36,5	49,9	Sable
11	1,5	18,2	8,34	36,3	49,8	Roche

Tableau A.3.4: Paramètres indicateurs de pollution des eaux côtières

Stations	MES (mg/l)		MO (mg/l)	Chl (µg/l)
	Sortie 1	Sortie 2	Sortie 2	Sortie 1
C1	21,29	13,85	10,00	/
C2	18,18	2,31	1,92	0,07
C3	153,60	8,00	4,80	/
C4	307,58	4,80	3,60	/
C5	177,20	28,40	20,80	0,24
C6	104,30	2,31	1,74	/
C7	62,02	5,60	3,46	/
C8	843,80	46,96	27,60	/
C9	73,62	4,00	1,60	0,18
C10	55,70	22,80	18,46	/

Tableau A.3.5: Teneur en MES et Chlorophylle-a dans les eaux de large

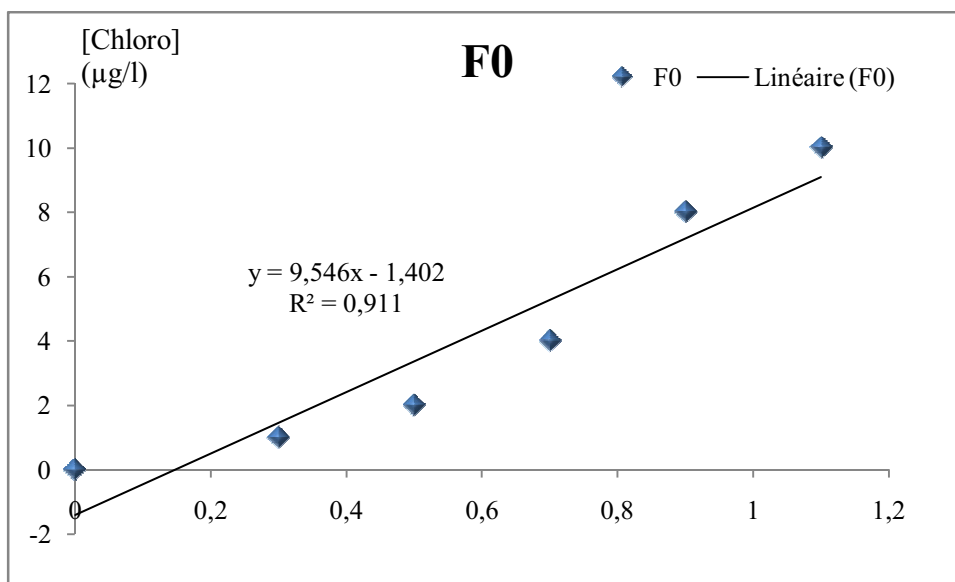
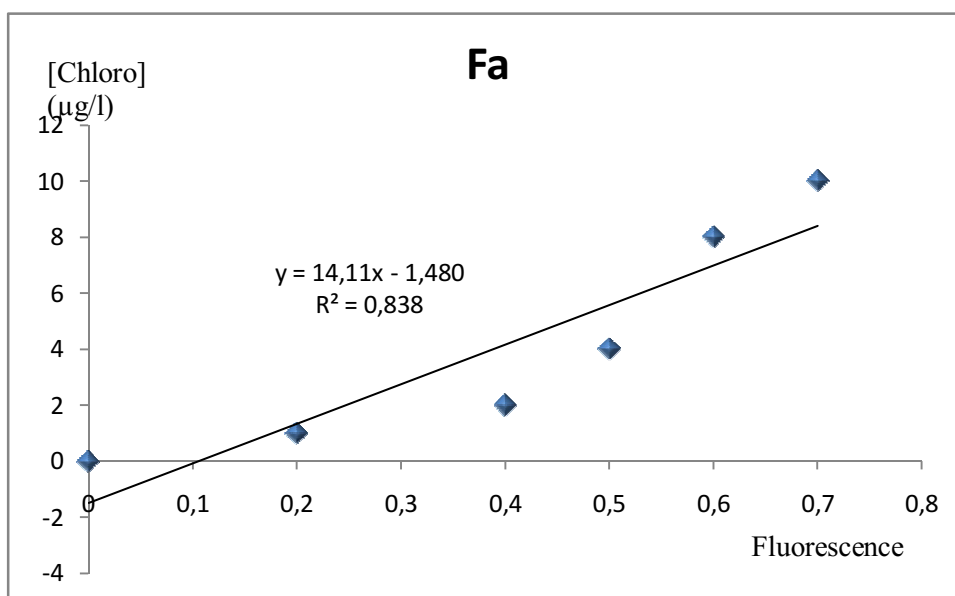
Stations	MES (mg/l)		Chl ($\mu\text{g/l}$)	
	Surface	Profondeur	Surface	Profondeur
1	34,76	43,28	0,1987333	0,030448
2	34,72	37,64	0,0594228	0,0443881
3	40,08	44,4	0,0298317	0,0295921
4	41,4	43,04	0,0294737	0,0589474
5	40,28	45,48	0,030448	0
6	38,92	47	0,0442105	0,0294737
7	46,2	39,64	0,6241844	0,0151614
8	45,52	34,68	0,075188	0,1178947
9	44,32	56,2	0,0297114	0,0589474
10	44,4	45,28	0,0884211	0,0294737
11	45,32	46,12	0	0,0294737

Tableau A.3.6: Concentrations des sels nutritifs

1ère sortie sur la côte					
Stations	NO3 $\mu\text{mol/l}$	NO2 $\mu\text{mol/l}$	NH4 $\mu\text{mol/l}$	PO4 $\mu\text{mol/l}$	SIO2 $\mu\text{mol/l}$
C1	0,0999	0,0532	3,7251	0,7431	2,0129
C2	0,1457	0,0368	4,6576	2,5960	1,4804
C3	0,2764	0,1154	3,2641	0,1070	1,2172
C4	0,3377	0,1559	4,9797	0,2340	2,5775
C5	0,3527	0,0826	7,0605	0,1592	1,9188
C6	0,4062	0,0915	6,1416	0,1528	2,4295
C7	0,4598	0,0688	6,9705	0,1645	2,1578
C8	0,4979	0,0714	4,7256	0,1185	2,1974
C9	0,5669	0,0867	5,1562	0,2635	2,2286
C10	0,5973	0,0767	5,6492	0,1706	2,0411
Large/en surface					
1	0,0814	0,1684	1,7154	0,2419	0,301
2	0,0543	0,1354	2,845	0,2362	0,1824
3	0,0543	0,1221	1,7228	0,2248	0,2736
4	0,0543	0,2184	1,1222	0,2874	0,4013
5	0,0362	0,1435	1,1446	0,2391	0,2098
6	0,1086	0,1746	1,7392	0,2448	0,3192
7	0,0452	0,2451	2,2638	0,2561	0,301
8	0,0181	0,1373	2,5365	0,2533	0,2827
9	0,0271	0,1559	2,7735	0,222	0,1915
10	0,0271	0,1497	3,1162	0,2163	0,3283
11	0,009	0,1386	3,9076	0,2021	0,3192
Large/en profondeur					
1	0,0814	0,2465	1,3249	0,2163	0,5107
2	0,0543	0,1971	2,4709	0,2448	0,3739
3	0,0543	0,2746	1,082	0,2533	0,301
4	0,0543	0,2626	1,5171	0,2504	0,3192
5	0,0452	0,1623	1,9508	0,2419	0,1915
6	0,0271	0,1897	1,6542	0,2504	0,2198
7	0,0362	0,2559	2,0668	0,2419	0,3374
8	0,0271	0,1745	2,3607	0,2334	0,3466
9	0,0271	0,1697	2,4465	0,2078	0,155
10	0,009	0,1784	3,0762	0,1878	3,6755
11	0,0362	0,2072	3,0134	0,2391	0,2371

Tableau A.3.7: Concentrations et Fluorescences des solutions étalant de la chlorophylle-a

	F0	Fa	[Chloro] (µg/l)
Méthanol	0	0	0
S1	0,3	0,2	1
S2	0,5	0,4	2
S3	0,7	0,5	4
S4	0,9	0,6	8
S5	1,1	0,7	10

**Figure A.3.1:** ourbe d'étalonnage avant acidification**Figure A.3.1:** Courbe d'étalonnage après acidification

- Les graphes ci-dessous représentent les courbes d'étalonnage des sels nutritifs ;

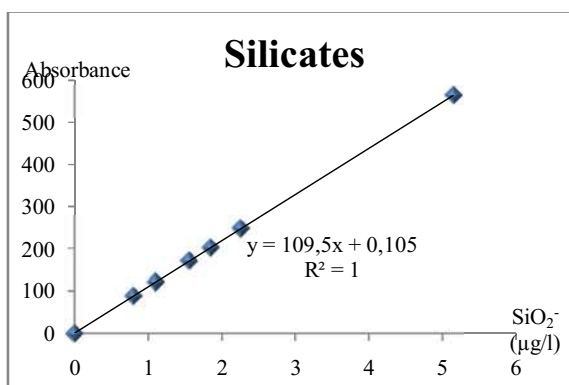
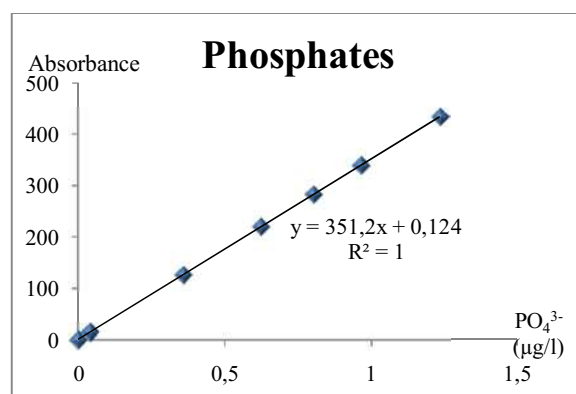
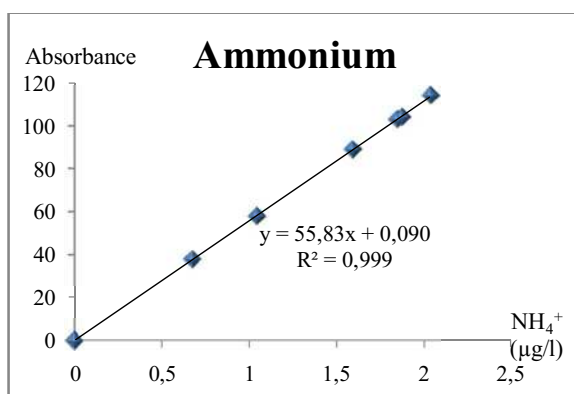
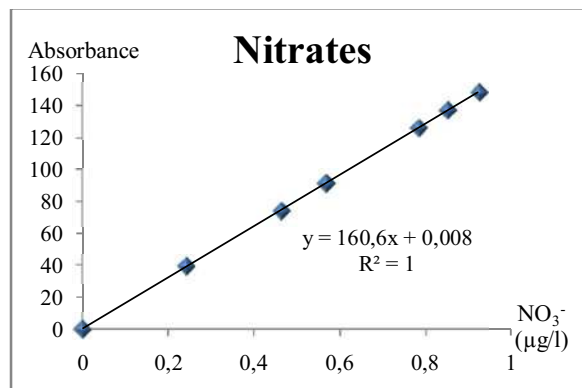
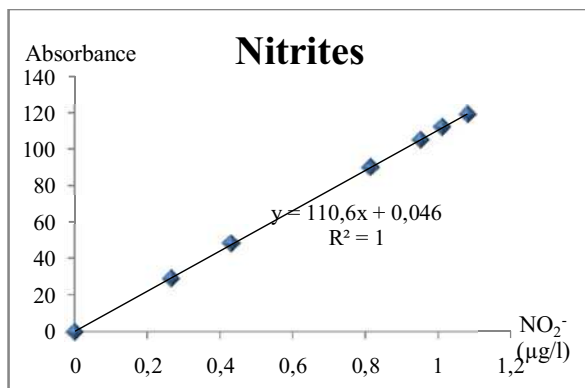


Tableau A.3.8: Poids des refus des sédiments

Diamètre des tamis (µm)	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	S10	3	6	8	9	11
8000	0	3,8544	0	0	0	3,351	0	0	0	0	1,604	0	0	0	0
6300	0	1,7328	0	0	0	2,291	0	0	0	0	1,891	0	0	0	2,858
5000	0	2,5917	0	0	0	3,689	0	0	0	0	6,363	0	0	0	6,9798
4000	0,2775	2,7309	1,2667	0,758	0	3,96	0,185	0	0	0	11	0	0	0	12,184
3150	0,4969	2,9185	0,6732	1,182	0	4,13	0,116	0	0	0	31,15	0	0,0859	0	11,563
2500	1,1523	3,6186	1,8749	1,615	0,045	2,823	0,22	0,049	0	0,03	34,44	0,138	0,1517	0,0422	27,44
2000	1,8734	3,9272	3,2818	3,16	0,235	3,001	0,248	0,051	0	0,04	31,52	0,065	0,0985	0,0421	21,283
1600	1,7861	4,9084	7,2748	5,715	0,448	4,552	0,299	0,11	0,025	0,07	19,03	0,059	0,1485	0,0809	14,371
1250	3,0968	7,0731	15,68	12,54	1,218	9,071	0,455	0,216	0,002	0,10	15,33	0,124	0,1477	0,2215	13,436
1000	6,3578	8,0852	16,963	20,37	2,472	11,65	0,744	0,456	0,017	0,13	11,23	0,164	0,3318	0,4527	10,174
800	16,493	11,833	12,449	22,95	4,032	12,3	0,994	0,9	0,06	3,21	12,56	0,213	0,7043	0,8997	11,214
630	23,761	15,006	7,7608	17,26	4,862	10,4	1,202	1,518	0,136	6,35	11,77	0,488	0,9587	1,537	11,347
500	25,799	15,31	7,3728	12,16	4,526	9,841	1,695	2,295	0,38	5,21	6,925	0,352	0,9995	2,4118	8,9161
400	12,464	12,007	6,5193	7,278	3,837	6,622	2,162	2,523	1,249	15,27	1,642	0,343	0,8168	2,2787	5,6581
315	6,8251	9,8875	6,3646	5,994	4,825	4,842	3,929	3,909	4,882	24,79	0,503	0,687	1,3509	2,2336	3,6583
250	5,1354	6,1352	6,2736	3,68	5,435	3,125	5,233	5,704	9,349	62,49	0,151	1,927	4,076	1,4962	1,7928
200	8,0836	9,9476	10,064	7,585	14,22	5,964	13,72	19,47	26,79	20,17	0,161	14,36	27,66	24,785	1,6471
160	15,08	17,295	22,404	15,49	56,51	19,34	56,27	63,14	73,27	6,12	0,273	73,54	93,012	80,185	2,0881
125	14,085	7,5588	15,95	8,272	36,59	20,08	44,35	42,92	26,9	2,15	0,262	65,68	48,841	57,375	1,3107
100	3,4481	0,6324	3,623	0,95	6,63	5,978	9,559	3,781	3,094	1,07	0,126	21,02	11,259	17,788	0,3777
80	0,3535	0,0293	0,4002	0,075	0,399	0,857	1,025	0,258	0,229	0,06	0,057	7,807	3,3983	5,2069	0,1245

Les graphes suivants représentent les courbes des pourcentages cumulés de poids des refus en fonction de diamètre des tamis (µm)

