

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme
d'Ingénieur en Sciences de la Mer

Option : Environnement Marin

Thème :

**Les paramètres physicochimiques de l'eau de mer et de
sédiment de la plage ouest de Sidi Fredj.**

Présenté par :

Abid Djohra

Sehil Rania

Soutenu le 12/10/2017 devant le jury composé de :

M. BOULAHIDJ, M.	Professeur	ENSSMAL	Président
M. DRICHE, M.	Maître- conférences A	ENSSMAL	Promoteur
M. AROUA, M.	Maître- conférences B	ENSSMAL	Examineur
M.ZERROUKI, M.	Maître- Assistant B	ENSSMAL	Examineur

Année universitaire : 2016-2017

En tout premier lieu, nous remercions ALLAH, tout puissant, de nous avoir donné la force et le courage pour réaliser ce travail.

*Au terme de ce travail, il nous est agréable d'exprimer nos vifs remerciements et notre plus grande gratitude à Monsieur **Driche.M**, notre promoteur de nous avoir donnés les moyens de mener à bien ce travail dans les meilleures conditions, ainsi que pour ses excellents conseils, critiques et suggestions qui nous ont été d'une grande utilité.*

Nos remerciements s'adressent à l'ensemble des membres du jury qui nous ont fait l'honneur de participer à l'évaluation de ce modeste travail:

*À Monsieur **BOULEHDID, M** professeur à l'ENSSMAL qui nous fait l'honneur de présider le jury.*

*À Monsieur **AROUA, M** mètre assistant à l'ENSSMAL d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

*À Monsieur **ZERROUKI, M** mètre assistant à l'ENSSMAL, d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

Ce travail n'aurait pas vu le jour sans la collaboration d'un grand nombre de personnes envers qui nous exprimons toute notre gratitude

*Merci également à l'ensemble des techniciens et ingénieurs du laboratoire de L'ENSSMAL et de Sidi Fredj particulièrement **Mme. Eddalia, Mr. Zerouki.M, Mr Yossef**, au doctorante **Romaïssa** qui nous ont très bien reçus, assisté et aidé, nous tenons à les remercier aussi pour leur présence, leurs conseils et leurs encouragements. Ainsi qu'aux bibliothécaires de l'école pour leur collaboration.*

Enfin, un remerciement tout particulier à nos parents qui nous ont toujours soutenues

SEHIL RANIA

Du profond de mon cœur, je dédie ce modeste travail

À MA CHERE MERE

Aucune dédicace ne serait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.

Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

Quoi que je fasse, je ne pourrais jamais vous récompenser pour les grands sacrifices que vous avez fait et continuée de faire pour moi.

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices .Puisse Dieu, le très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie

À LAMEMOIRE DE MON PERE

Ce travail est dédié a mon père décidé

J'espère qu'il apprécié cet humble geste comme preuve de reconnaissances de la part d'une fille qui a toujours prié pour le salut de son âme .Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !

À MA CHERE SŒUR IBTISSEM

Les mots ne suffisent pas à exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je tiens pour vous. Mon ange gardien et ma fidèle accompagnatrice dans les moments les plus délicats et sensibles de ma vie. Je souhaite un avenir rempli de joie, de bonheur, de succès et de sérénité.

*À mes frères : **OUSSAMA, SOFIENE.***

*À mon binôme **HAJORA***

ABID DJOHRA

Je dédie ce modeste travaille à :

Mes parents :

***Ma mère**, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie **Mon père**, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie.*

*Mes adorables frères (**houssem ,lamri, lotfi**) et Ma petit sœur Manar.*

*À mon oncle **ZOHIR***

*À mes amis de (**Ouissem,Ibtissem,amina**) pour leur soutien moral, leur patience illimitée et leur aide durant l'élaboration de ce travail .*

*Mon binôme **RANOUCHE** .*

AFNOR : Association Française de Normalisation.

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

h:heure

GPS: Global Positioning System

GESAMP : Groupe des Experts Scientifiques et Aspect de Protection de l'environnement Marin.

Km : kilomètre.

L.E.M : Laboratoire d'Etude Maritime.

ml : millilitre.

mm : millimètre

mg : milligramme

MES : Matière En Suspension.

MO : Matière Organique

MOP : la matière organique particulaire.

NO₃⁻ : Nitrate.

NO₂⁻ : Nitrite.

OD : L'oxygène dissous.

P : Poids

pH : potentiel Hydrogène

P.N.U.E : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

PSU : PraticalSalinity Unit.

S : salinité

Si : Silicium.

S : Stations

S.S.M.O:Summary of Synoptic Météorological Observations .

T: Température.

V : Volume

µg: microgramme

µm : micromètre

µmol: micromole

Tableau 1: Classes granulométriques d'un matériau	14
Tableau 2: Classification des grains de sable.....	21
Tableau 3: Classement des sédiments selon l'indice de Trask S_0	39
Tableau 4 : Classement des sédiments selon l'indice de Skewnes (SK).....	40
Tableau 5 : Résumé statistique des paramètres physicochimique de l'eau	40
Tableau 6: Valeurs minimales, maximales, moyennes et l'indice d'irrégularité des sels nutritifs des eaux de surface du littoral Ouest de Sidi Fredj	42
Tableau 7: Valeurs minimales, maximales, moyennes et l'indice d'irrégularité des sels nutritifs des eaux de surface du littoral Ouest de Sidi Fredj	55
Tableau 8 : Comparaison des paramètres mesurés au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj entre l'année 2012 et 2017 au niveau de la station 4.....	65
Tableau 9 : Comparaison des paramètres et indices granulométriques des sédiments au niveau de plage ouest de Sidi Fredj entre l'année 2012 et 2017 au niveau de la station 4.....	67

Figure 1: Cycle global des sels nutritifs : production et minéralisation de la matière organique (Jacques et Tréguer, 1986)	10
Figure 2 : Cycle simplifié des éléments nutritifs .apports nutritifs en excès (Lacaze ; 1996).....	12
Figure 3: Situation géographique de la zone d'étude (Google earth, 2016)	18
Figure 4: la sédimentologie de la baie de Bou Ismail (Grimes, 2003)	20
Figure 5 : Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la Baie de Bou-Smail (Belkessa et al.,2008; AlsidChikh et <i>al.</i> , 2009	22
Figure 6 : Carte de positionnement des stations de prélèvement de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	24
Figure 7 : bouteille de prélèvement de type Niskin.....	25
Figure 8 : Benne Van veen	25
Figure 9: Conductimètre de terrain de type (Cond 197i, WTW)	26
Figure 10: Dispositif de filtration de marque Millipore®	27
Figure 11 : Dessiccateur	27
Figure 12 : Balance de précision	27
Figure 13: Four a moufle de type wisetherme.....	28
Figure 14 : Photos des étapes de dosage de la chlorophylle a.....	30
Figure 15 : Titracteur automatique.....	32
Figure 16 : pH-mètre	43
Figure 17 : Auto Analyser San Plus (SKALAR®,1998).....	35
Figure 18: les étapes principales de la granulométrie du sédiment	38
Figure 19 : Représentation graphique de la variation de la température	42
Figure 20 : Représentation cartographique de la variation de la température 1 ^{ère} sortie	43
Figure 21 : Représentation graphique de la variation de la température 2 ^{ème} sortie.....	43
Figure 22 : Représentation graphique de la variation de salinité	44
Figure 23 : Représentation cartographique de la variation de la Salinité 1 ^{ère} sortie	44
Figure 24 : Représentation cartographique de la variation de la Salinité 2 ^{ème} sortie.....	45
Figure 25 : Représentation graphique de la variation de pH	44
Figure 26: Représentation cartographique de la variation de pH 1 ^{ère} sortie	46
Figure 27: Représentation cartographique de la variation de pH 2 ^{ème} sortie.....	46
Figure 28: Représentation graphique de la variation d'oxygène dissous	47
Figure 29 : Représentation cartographique de la variation de la concentration de l'oxygène dissous 1 ^{ère} sortie	47

Figure 30 : Représentation cartographique de la variation de concentration de l'oxygène dissous 2 ^{ème} sortie	48
Figure 31: Représentation cartographique de la variation des teneurs de MES (mg/l).....	49
Figure 32: Variation spatial des teneurs de MES (mg/l) 1 ^{ère} sortie	49
Figure 33: Variation spatial des teneurs de MES (mg/l) 2 ^{ème} sortie	49
Figure 34: Représentation graphique de variation des teneurs en MOP	50
Figure35 : Variation spatiale du pourcentage de la MOP 1 ^{ère} sortie.....	51
Figure36 : Variation spatiale du pourcentage de la MOP 2 ^{ème} sortie	51
Figure37 : Représentation graphique du pourcentage de la MO	52
Figure 38 : Représentation cartographique du pourcentage de la MO1 ^{ère} sortie	52
Figure39 : Représentation cartographique du pourcentage de la MO2 ^{ème} sortie.....	53
Figure40 : Représentation graphique de variation de concentrations de la chlorophylle a (µg/l).....	53
Figure 41: Représentation cartographique de variation de concentrations de la chlorophylle a (µg/l) 1 ^{ère} sortie	54
Figure 42 : Représentation cartographique de variation de concentrations de la chlorophylle a (µg/l) 2 ^{ème} sortie.....	54
Figure 43 : Représentation graphique de variation de concentrations des Nitrates (µmol/l).....	55
Figure 44: Représentation cartographique de variation de concentrations des Nitrates (µmol/l) 1 ^{ère} sortie.....	56
Figure 45 : Représentation graphique de variation de concentrations des Nitrites (µmol/l)...	57
Figure 46 : Représentation cartographique de variation de concentrations des Nitrites (µmol/l) 1 ^{ère} sortie.....	57
Figure 47: Représentation graphique de variation de concentrations des orthophosphates (µmol/l).....	58
Figure 48: Représentation cartographique de variation de concentrations des Orthophosphates (µmol/l) 1 ^{ère} sortie.....	58
Figure 49: Représentation graphique de variation de concentrations des silicates (µmol/l)...	59
Figure 50 : Représentation cartographique de variation de concentrations des silicates (µmol/l) 1 ^{ère} sortie	59
Figure 51: Distribution spatiale des pourcentages des classes granulométriques du sédiment 1 ^{ère} sortie	60

Figure 52: Distribution spatiale des pourcentages des classes granulométriques du sédiment de 2 ^{ème} sortie	61
Figure 53 : Répartition de Q25 au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj	61
Figure 54 : Répartition de Q75 au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj	62
Figure 55 : Répartition de Q 50 au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj	62
Figure 56 : Répartition d'indice d'asymétrie au niveau de littoral Ouest de Sidi Fred	64
Figure 57: Répartition d'indice de tri S0au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj	64

Remerciement	I
Dédicaces	II
Liste des acronymes	III
Liste des tableaux	IV
Liste des figures	V
Introduction générale	2

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1 Généralités.....	4
1.1 La pollution marine	4
1.1.1 Définition	4
1.1.2 Les principaux types de pollution	4
1.1.2.1 Pollution chimique	
4Pollution physique.....	4
1.1.2.2 Pollution biologique	5
1.1.3 Origine de la pollution.....	5
1.1.3.1 Pollution d'origine domestique	5
1.1.3.2 Pollution d'origine industrielle.....	5
1.1.3.3 Pollution d'origine agricole.....	5
1.1.4 Descripteurs physico-chimiques des milieux marins	6
1.1.4.1La température.....	6
1.1.4.2La salinité	6
1.1.4.3 Oxygène dissous.....	6
1.1.4.4 Potentiel d'hydrogène (pH)	6
1.1.5 Les paramètres indicateurs de pollution.....	7
1.1.5.1 Matière en suspension (MES)	7
1.1.5.2 Matière organique particulaire (MOP)	7
1.1.6 Les sels nutritifs.....	7
*1.1.6.1Origines des sels nutritifs	8
a. Source interne.....	8
b. Source externe	8
1.1.6.2Les différentes formes des sels nutritifs	8
1.1.6.2.1 Azote	8
1.1.6.2.1.1 Nitrates (NO ₃ ⁻).....	8
1.1.6.2.1.2 Nitrites (NO ₂ ⁻)	8

1.1.6.2.1.3 Azote ammoniacal (NH_4^+).....	9
1.1.6.2.2 Les composées phosphorées (PO_4^{3-}).....	9
1.1.6.2.3 La silice dissoute (SiO_2^-).....	9
1.2.6.3 Cycle biogéochimique des sels nutritifs.....	10
1.1.6.3.1 La photosynthèse.....	10
1.1.6.3.2 La minéralisation.....	11
1.1.6.3.3 L'excrétion.....	11
1.1.6.3.4 La nitrification.....	11
1.1.6.3.5 La dénitrification.....	11
1.1.6.3 Rapport de Redfield.....	11
1.1.6.4 Chlorophylle.....	12
1.1.6.5 Eutrophisation.....	12
1.2 Le sédiment.....	13
1.2.1 Définition et origine.....	13
1.2.2 Caractéristiques d'un sédiment.....	13
1.2.2.1 Granulométrie des sédiments.....	14
1.2.2.2 Composition des sédiments.....	15
a. La phase eau.....	15
b. La phase inorganique.....	15
c. Phase organique.....	15
Chapitre II : Description de la zone d'étude	
2. La zone d'étude.....	17
2.1 Situation géographique.....	17
2.2 Présentation du site d'étude : littoral Ouest de Sidi Fredj.....	17
1.2.1 La Plage ouest Sidi Fredj.....	17
1.2.1 Plage de Thalassothérapie.....	17
2.3 Facteurs hydrodynamiques.....	19
2.3.1 La Température.....	19
2.3.2 Précipitation.....	19
2.3.3 Les Vents.....	19
2.3.4 Les Houles.....	19
2.3.5 Les Courants.....	19
2.4. Cadre géologique.....	12
2.4.1 Géologie régionale.....	20

2.4.2	Géologie locale.....	20
2.5	La couverture sédimentaire	20
2.6	Réseau hydrographique	22
Chapitre III : Matériel et Méthodes		
3.1	Choix et localisations des stations.....	24
3.2	Prèlevement et echantillonnage	24
3.2.1	Conditionnement du materiel	24
3.2.2	Prélèvement d'eau de mer	25
3.2.3	Prélèvement du sédiment	25
3.3	Mesure des paramètres physico-chimiques.....	26
3.3.1	La mesure in situ (Température, salinité).....	26
3.3.2.	Analyses au laboratoire	26
A.	Analyse de l'eau de mer	26
1.	Analyse de la matière en suspension.....	26
1.1	Principe de la méthode	26
1.2	Matériels et Appareils	26
1.3	Mode opératoire	27
1.3.1	Conditionnement des filtres au laboratoire avant la sortie.....	27
1.3.2	Filtration de l'eau de mer	27
1.4	Calcul et expression des résultats.....	27
2	Analyse de la matière organique particulaire.....	28
2.1	Principe de la méthode	28
2.2	Matériels et Appareils	28
2.3	Mode opératoire	28
2.4	Calcul et expression des résultats.....	28
2.5.	La chlorophylle « a ».....	29
2.5.1	Principe de méthode spectrophotométrique	29
2.5.2	Matériel et appareillage	29
2.5.3	Réactifs.....	29
2.5.3	Mode opératoire	29
2.5.3.1	Filtration et conservation.....	29
2.5.3.2	Extraction des pigments	29
2.5.3.3	Centrifugation et la mesure spectroscopique	29
2.5.3.4	Mesure d'absorbance.....	30

2.4.2.2	Indice d'asymétrie ou indice de Skewnes (SK).....	40
Chapitre IV : Résultats et discussion		
1.	Les paramètres physicochimiques.....	42
1.1	La température.....	42
1.2	La salinité.....	44
1.3	Le potentiel d'hydrogène.....	45
1.4	L'oxygène dissous.....	47
2.	Paramètres indicateurs de la pollution.....	48
2.1	Matières en suspension.....	48
2.2	Matière Organique Particulaire (MOP) dans l'eau.....	50
2.3	Taux de matière organique dans le sédiment (% M.O sédiment).....	52
2.4	Chlorophylle A.....	53
2.5	Les sels nutritifs.....	55
2.5.1	Les Nitrates « NO_3^- » ($\mu\text{mol/l}$).....	55
2.5.2	Les Nitrites « NO_2^- » ($\mu\text{mol/l}$).....	56
2.5.3	Les orthophosphates « PO_4^{3-} » ($\mu\text{mol/l}$).....	58
2.5.4	Les silicates « H_4SiO_4 dissous » ($\mu\text{mol/l}$).....	59
3.	Analyse granulométrique.....	60
3.1	Distribution des pourcentages des classes granulométriques du sédiment de littoral Ouest de Sidi Fredj.....	60
3.2	Les paramètres centraux ou de position.....	61
3.2.1	Le 1 ^{er} quartile Q25.....	61
3.2.2	Le quartile Q50 ou indice de taille (médiane).....	62
3.2.3	Le 3 ^{ème} quartile Q75.....	62
3.3	Les indices granulométriques.....	64
3.3.1	Indice d'asymétrie ou indice de Skewnes (SK).....	64
3.3.2	L'indice de Trask ou Sorting-Index S_o	64
4.	Etude comparative des paramètres mesurés au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj entre l'année 2012 et 2017.....	66
Conclusion générale.....		69
Références bibliographiques.....		71
Annexes.....		76

Introduction General

Introduction générale

Le milieu marin est considéré comme un système complexe principalement influencé par des processus physique, chimique et biologique.

Le littoral Algérien s'étend sur 1622 km de façade méditerranéenne .Cette zone côtière constitue l'un des patrimoines environnementaux extrêmement riches en matière de Flore, de faune, de sites naturels et des zones humides, cette zone soumise d'une manière exceptionnelle à la croissance des agglomérations urbaines et à l'effet négatif de différentes activités portuaires, touristiques et industrielles, sans compter les apports des bassins versants, des oueds et des cours d'eau qui y jettent leurs eaux usées et les déchets engendrés par les villes sans traitement directement vers la mer ,Conduisent à des dommages importants sur la faune et la flore marine.

Donc l'étude du milieu marin actuellement est l'une des préoccupations majeures de toute la communauté scientifique pour la préservation de ce milieu marin et ses ressources.

L'approche fixée dans ce travail repose sur l'étude des paramètres physico-chimiques, les différentes formes des sels nutritifs et de la chlorophylle dans le littoral ouest de Sidi Fredj afin de faire un suivi et d'essayer de donner un constat sur l'évolution du degré de pollution.

Ce présent mémoire a été divisé en quatre chapitres :

- * Le premier est consacré sur une synthèse bibliographique portée sur les connaissances des différents paramètres physico-chimiques et les indicateurs de pollution marine ainsi que des généralités sur les sédiments marins.
- * Le deuxième chapitre présentera avec détails la zone d'étude.
- * Le troisième expliquera les moyens et matériels utilisés en mer et au laboratoire, et les méthodes appliquées pour les différentes analyses appliquées pour la détermination des différents paramètres recherchés.
- * Le dernier chapitre sera dédié à la présentation des résultats obtenus des différentes analyses effectuées et leurs interprétations.
- * Enfin nous finirons par une conclusion générale.

Synthèse Bibliographique

1 Généralité

1.1 POLLUTION MARINE

1.1.1 Définition

La pollution marine est malheureusement aujourd'hui un fait solidement établi qui concerne l'ensemble des mers et des océans du globe (Espace_réservé1) (**Lacaze, 1996**).

Selon la convention des nations unies sur le droit de la mer ,un Groupe des Experts Scientifiques et Aspect de Protection de l'Environnement Marin (GESAMP) définit la pollution marine comme : « *introduction directe ou indirecte par l'homme de substance ou d'énergie dans le milieu marin y compris les estuaires, lorsque elle a ou peut avoir des effets nuisibles tels que les dommages aux ressources biologiques et à la faune et flore marine, risque pour la santé de l'homme, entrave aux activités maritimes y compris la pêche et les autres utilisation légitimes de la mer, altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et dégradation des valeurs d'agréments* » (**GESAMP, 1982**)

1.1.2 Les principaux types de pollution

Les pollutions sont très diverses, une classification basée sur leur nature physico-chimique prédominante et les usages de l'eau qui sont à l'origine des pollutions est établie (**Ramade, 2000**).

1.1.2.1 Pollution chimique

Elle est due essentiellement aux rejets industriels qui apportent de grandes quantités des éléments chimiques, perturbant ainsi l'équilibre de l'écosystème aquatique (**Arouya ,2011**). Ces éléments peuvent être soient des composés minéraux (engrais, métaux toxiques...), organiques (hydrocarbures, molécules de synthèse...) ou des composés organochlorés (**Ramade, 2000**).

Deux types de paramètres permettent d'évaluer l'état de cette pollution :

- Les paramètres globaux qui résultent de la juxtaposition des effets de plusieurs substances en même temps par exemple le pH, la turbidité et la demande chimique en oxygène ;
- les paramètres spécifiques qui caractérisent des composés de mêmes propriétés chimiques (**Kankou, 2004**)

1.1.2.2 Pollution physique

La pollution physique est liée aux facteurs influents sur l'état physique de l'eau (**Kankou, 2004**).L'utilisation de l'eau comme liquide de refroidissement dans des centrales thermiques réchauffe les milieux dans lesquelles le rejet s'effectue .Cette élévation de température diminue la teneur en oxygène du milieu ainsi provoquants des perturbations dans le métabolisme phytoplanctonique par l'inhibition de la photosynthèse (**Bordet ,2007**).

On peut distinguer trois types de pollution physique :

-La pollution thermique agit sur la température de l'eau ;

-La pollution mécanique altère sa transparence de l'eau par les matières en suspension (**Bordet, 2007**).

1.1.2.3 Pollution biologique

Ce type de pollution est essentiellement dû aux matières fécales et aux polluants microbiens ; tels que les bactéries et les virus pathogènes, les parasites, les champignons (**Zerluth, 2006**).

1.1.3 Sources de pollution

Suivant l'origine des substances polluantes, on distinguera :

1.1.3.1 La pollution domestique

Dues aux rejets d'effluents domestiques qui sont des eaux résiduaires véhiculées en mer directement sans épuration (**Bachouche, 2010**).

La pollution domestique se caractérise par (**Gaujous, 1998**):

- Des germes fécaux ;
- De fortes teneurs en matières organique ;
- Des sels minéraux (Azote, Phosphore, ...);
- Des détergents.

1.1.3.2 La pollution industrielle

Provenant des usines, elle est caractérisée par une grande diversité, suivant à l'utilisation de l'eau ; Tous les produits ou les sous-produits de l'activité humaine (**Gaujous, 1998**) :

- Matières organique et graisses (industries agro-alimentaires, équarrissages, ...);
- Hydrocarbures (raffineries) ;
- Métaux (traitement de surface, métallurgie) ;
- Acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...);
- Eau chaude (circuits de refroidissement des centrales thermiques) ;
- Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

1.1.3.3 La pollution agricole

Elle résulte de l'utilisation de divers produits phytosanitaires, issus du lessivage des terres agricoles (phénomène d'eutrophisation), des résidus des élevages intensifs des animaux et des eaux d'abattoirs qui engendrent des pollutions chroniques et diffuses (**Leroy, 1999**).

1.1.4 Descripteurs physico-chimiques des milieux marins

Les phénomènes de pollution se traduisent généralement par des modifications des caractéristiques physicochimiques de milieu .L'un des moyens d'étude de la pollution consistera à mesurer, par des analyses, ces caractéristiques (**Gaujous, 1998**).

1.1.4.1 Température (T)

La température est l'un des facteurs écologiques les plus importants parmi tous ceux qui agissent sur les organismes aquatiques (**Koller, 2009**).

La température influe sur l'activité biologique dont dépend la production totale, et sur la répartition des espèces (**Aminot et Kerouel, 2004**), et influe sur la densité de l'eau et joue donc un rôle primordial dans les phénomènes de stratification des mers (**Gaujous, 1998**).

1.1.4.2 Salinité

La salinité est une propriété de l'eau de mer qui est fondamentale à l'étude du milieu marin. Elle permet de connaître la circulation océanique, identifier les masses d'eaux d'origines différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte ou dans les estuaires (Aminot, et al., 2004). Elle correspond à la teneur en sels dissous.

1.1.4.3 Oxygène dissous

Représente la quantité de l'oxygène présente dans l'eau à l'état dissous (Ramade, 2000), c'est l'un des gaz dissous les plus importants que renferme l'eau de mer pour la vie marine, qui gouverne la majorité des processus biologiques, biogéochimiques et chimiques des écosystèmes aquatiques (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

Sa teneur s'exprime en mg/l ou en pourcentage de saturation en oxygène. Elle dépend de nombreux facteurs comme la température, la pression atmosphérique, la salinité, la pénétration de la lumière, la quantité de nutriments, l'oxydation et la dégradation des polluants, la respiration des organismes aquatiques. Elle diminue quand la température augmente (Schriver-Mazzuoli, 2012).

1.1.4.4 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est relatif à la concentration en ions hydrogène (H^+) dans un milieu. Cette notion a été introduite par SØRENSEN en 1924 qui l'avait défini comme le cologarithme décimal de la concentration en ions H^+ :

$$pH = -\log_{10} a_{H^+} \dots (I.1)$$

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 (Aminot et Kerouel, 2004).

Le pH de l'eau de mer en contact avec l'atmosphère varie 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 (Aminot et Kerouel, 2004).

1.1.5 Les paramètres indicateurs de pollution

1.1.5.1 Matières en suspension (MES)

Représente l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans l'eau de mer. Elles représentent une cause essentielle de turbidité de l'eau (Ramade, 2000).

Les matières en suspension dans les eaux de mer sont donc de dimensions très variables. Elles comportent tous les composés ayant un diamètre supérieur à $0.45 \mu m$ et elles peuvent être un indice de pollution (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

D'une part, les particules réduisent la transparence de l'eau de ce fait la production primaire photosynthétique, d'autre part elles présentent une surface de contact importante pour les échanges physico-chimiques ou biologiques avec l'eau de mer (Mertes et al., 1993).

Des teneurs élevées en matières en suspension peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuent l'oxygène dissous et limitent alors le développement de la vie aquatique en créant

des déséquilibres entre diverses espèces, elles peuvent être aussi responsables de l'asphyxie des poissons par colmatage des branchies (**Rodier ,1997**).

1.1.5.2 Matières organiques (MO)

C'est l'ensemble des substances organiques existant à l'état dissous ou particulaire dans les biotopes aquatiques, les matières organiques sont à la fois présentes dans les eaux et les sédiments (**Ramade, 2000**).

La MO est une matière complexe constituée principalement de carbone et d'hydrogène et en proportion variable d'oxygène, d'azote, de soufre et de phosphore (**Labanowski, 2004**). Ces espèces chimiques peuvent être de tailles, de compositions chimiques, et de formes physiques complexes et variées (**Filella, 2009**).

La MO présente dans l'environnement océanique peut avoir des sources diverses, les origines de ces apports sont particulièrement complexes :

La MO autochtone est issu de la production primaire phytoplanctonique, du broutage du zooplancton ainsi que de l'activité bactérienne dans la colonne d'eau et le sédiment.

La MO allochtone est apporté par les fleuves et les dépôts atmosphériques. De plus, ces composantes sont soumises à des processus physiques, chimiques et biologiques régissant leur transport et leur altération, qui peuvent être différents selon leur origine (**Treignier, 2005**).

1.1.6 Les sels nutritifs

Les éléments nutritifs (Azote, phosphore et silicium) sont des descripteurs hydrologiques indispensables à l'étude ou la caractérisation d'un écosystème marin (**Aminot et Kérouel, 2004**). Ils sont indispensables à la synthèse autotrophe de la matière organique (**Djeridi et Mansouri ,2012**).

Leurs niveaux de concentration est en fonction de la lumière favorisera ou limitera la croissance de la biomasse. Présents en excès, ces éléments peuvent provoquer un phénomène d'eutrophisation du milieu, en particulier dans les zones fermées ou semi-fermées (**Berraho, 2006**).

L'azote et le phosphore, qui sont nécessaires la nutrition des organismes, ne représentant respectivement que 6 % et 1 % de la biomasse (**Aminot et Kérouel, 2004**). Quant au silicium, ce dernier rentre dans la formation des coquilles siliceuses.

Leur rôle en milieu marin réside dans le fait qu'ils forment un substrat chimique primordial pour le phytoplancton .Donc la richesse d'une eau marine en sels nutritifs reflète sa fertilité.

Ce sont en outre des traceurs chimiques non conservatifs (gouvernés par les facteurs physiques, chimiques et biologiques) constituant un outil capital pour la caractérisation et la compréhension de certains phénomènes océaniques : production primaire marine, cycles biogéochimiques de certains éléments chimiques (**Béthoux, et al .,1998**).

1.1.6.1 Origine des sels nutritifs

Les sels nutritifs dissous dans le milieu marin ont diverses origines et peuvent être classées en deux sources principales (**Boulahdid, 1987**) : sources internes et sources externes.

a) Source interne

C'est la régénération des sels nutritifs à partir de la matière organique produite par le plancton dans les eaux de surface. Cette origine, à elle seule, représente environ 97 % ; plus la diffusion des sels nutritifs à partir des sédiments marins.

b) 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.

1.1.6.2 Les différentes formes des sels nutritifs**1.1.6.2.1 L'Azote**

L'azote est un élément de grande importance dans les écosystèmes marins. Il existe sous trois formes essentielles selon le degré d'oxydation : Nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-), ammonium (NH_4^+), ainsi que l'urée ou les acides aminés. Ce sont les formes d'azote utilisables par le phytoplancton (Copin –Montégut, 1996).

1.1.6.2.1.1 Nitrates (NO_3^-)

Les nitrates sont la forme oxydée la plus répandue et la plus stable de l'azote dans l'océan. Ils représentent environ 65% du stock de l'azote. Leur concentration varie entre $0\mu\text{mol/L}$ à la surface et plus de $45\mu\text{mol/L}$ dans les eaux profondes.

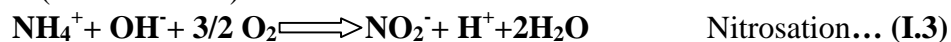
Les nitrates résultent de l'oxydation des nitrites par des bactéries (nitrobacter) lors de la réaction de nitrification.

**1.1.6.2.1.2 Nitrites (NO_2^-)**

Les ions nitrites composés intermédiaires du cycle de l'azote, situés entre l'azote ammoniacal et ions nitrites (Rodier, et al., 2009). Ils sont souvent en quantités très faibles de zéro à quelques micromoles par litre car c'est une forme chimique très instable ((Aminot & Chausse-Pied, 1983 in Benhalima, 2016)

Les nitrites proviennent des deux réactions suivantes (Aminot & Chausse-Pied, 1983 in Bachari Houma, 2009)

1) L'oxydation de l'ammonium par la réaction de nitrosation, qui est exothermique opérée par les bactéries (Nitrosomonas)

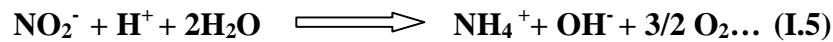


2) La réduction des nitrates dans les milieux anoxiques ou pauvres en oxygène dissous, opérée par les bactéries anaérobiques

**1.1.6.2.1.3 Azote ammoniacal (NH_4^+)**

L'ammonium dans l'eau de mer provient de la décomposition par les bactéries de l'azote organique (ammonification) ou des rejets directs d'animaux (urines, excréments) (Aminot et

Kerouel, 2004), et la réduction des nitrates en milieu anaérobie par un mécanisme bactérien selon la réaction suivante :



Azote ammoniacal existe simultanément sous deux formes, NH_3 ammoniac cette forme est particulièrement nocive pour les organismes aquatiques et NH_4^+ ammonium, l'équilibre entre les deux est régi en grand partie par le pH et la température.

L'ammonium est la forme d'azote préférée par le phytoplancton lors de la photosynthèse (**Pilson, 2013**), ce qui explique sa faible concentration dans des eaux bien oxygénées (**Millero, 2013**).

1.1.6.2.2 Les composés phosphorés (PO_4^{3-}).

Dans l'eau de mer, le phosphore existe sous forme organique et inorganique, dissous et particulaire. Les Orthophosphates présentent la forme la plus abondante PO_4^{3-} (9 %) et HPO_4^- (90%) et (1%) de H_2PO_4 (**Aminot & Chausse-Pied, 1983**). L'abondance relative de ces différentes formes ioniques est gouvernée essentiellement par le pH (**Copin-Montégut, 1996**).

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 $\mu\text{mole/L}$.

1.1.6.2.3 La silice dissoute (SiO_2^-)

La silice est un nutriment important utilisé par les organismes aquatiques : les diatomées, les radiolaires et les silicoflagellés utilisent la silice pour constituer leur squelette siliceux (**Tréguer et al., 1995 in Madat, 2007**).

Bien que cet élément soit l'un des plus abondants de l'écorce terrestre, sa concentration dans l'eau de mer peut devenir insuffisante par suite de sa très faible solubilité dans l'eau. Au pH habituel de l'eau de mer (= 8,2), le silicium dissous se trouve à 95% sous la forme d'acide Orthosilicique Si(OH)_4 et 5% sous forme ionisée SiO(OH)_3^-

Les concentrations en silicium dissous varient en fonction de l'origine et la nature des eaux. Ainsi les concentrations de surface sont généralement très faibles (< 1 $\mu\text{mol/L}$).

Les concentrations augmentent progressivement lorsqu'on se rapproche des côtes de même, en milieu océanique profond elles peuvent atteindre 150 $\mu\text{mol/L}$ (**Gerard et al., 2004**).

1.1.6.3 Le cycle biogéochimique des sels nutritifs

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

Les nutriments organiques sont ensuite progressivement régénérés sous leur forme minérale originelle (**Benhalima, 2016**)

-Soit par le biais de leur ingestion puis de leur excrétion par les différents échelons animaux de la chaîne alimentaire,

-Soit, à la mort de la biomasse, par suite de la dégradation directe par les bactéries hétérotrophes. C'est le cycle des éléments nutritifs.

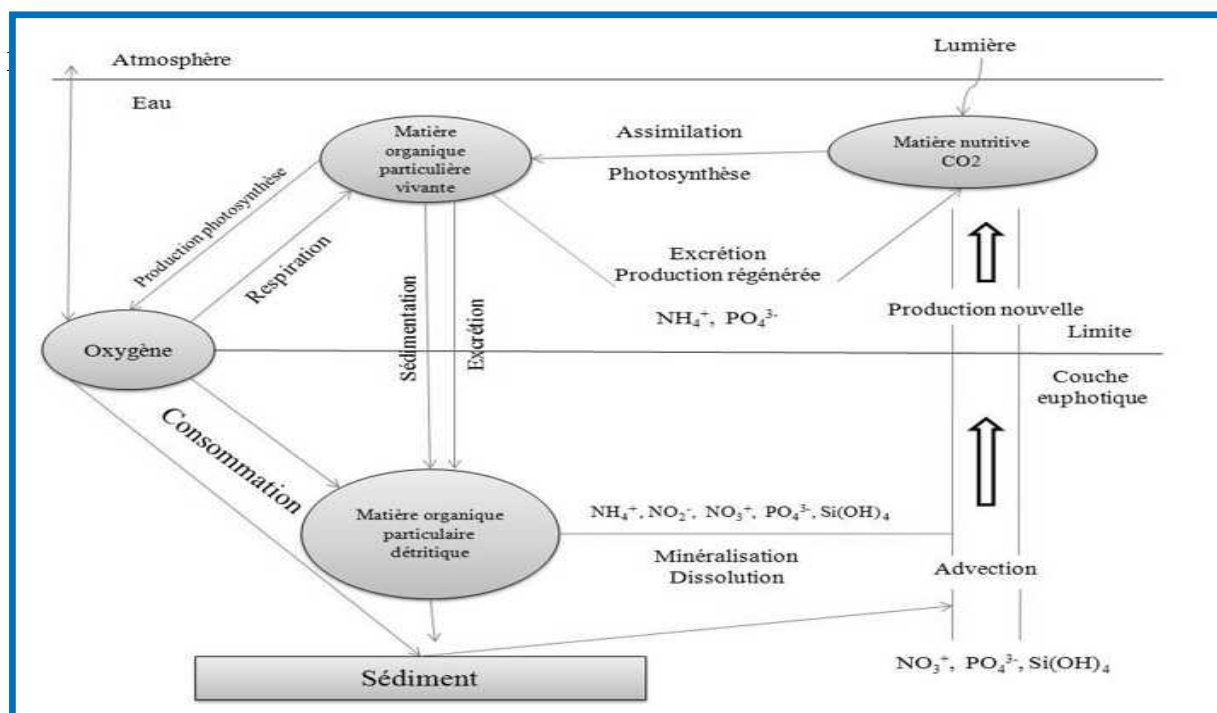


Figure 1: Cycle global des sels nutritifs : production et minéralisation de la matière organique (Jacques et Tréguer, 1986).

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

1.1.6.3.1 La photosynthèse

C'est le principal mécanisme de production primaire de la biomasse dans le milieu marin.

La lumière est la source d'énergie indispensable, c'est pourquoi seules les eaux superficielles sont le siège de ce processus. L'azote inorganique assimilé peut provenir d'ammonium, de nitrite ou de nitrate, toutefois, la dépense d'énergie de la cellule sera d'autant plus élevée que l'azote est plus oxydé. 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 et Kerouel, 2004).

1.1.6.3.2 La minéralisation

C'est la réaction inverse de la photosynthèse aboutissant à la formation de nitrate et de phosphate, Elle est indispensable au fonctionnement du cycle de la vie aquatique.

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. Cependant, cette réaction ne représente que l'aboutissement final des processus conduisant à l'oxydation complète des éléments de la matière organique (dissoute et particulaire) (Aminot et Kerouel, 2004).

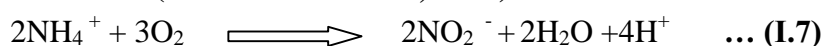


1.1.6.3.3 L'excrétion

L'excrétion et la sécrétion de nutriments sont considérées en dehors de la minéralisation bactérienne. Des composés organiques solubles sont sécrétés par le phytoplancton vivant, les plus connus étant les acides aminés et les polysaccharides. De l'ammonium et du phosphate sont excrétés par les microflagellés hétérotrophes, les ciliés et le zooplancton. Les organismes zooplanctoniques excrètent en outre du matériel organique particulaire (**Aminot et Kerouel, 2004**).

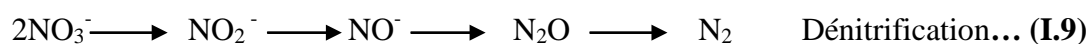
1.1.6.3.4 La nitrification

Dans les milieux où l'oxygène est présent, l'ammonium rejeté par la minéralisation est oxydé en nitrite puis nitrate par les bactéries nitrifiantes. La conversion d'ammonium en nitrite (nitritation) est réalisée par les bactéries Nitrosomonas et celle de nitrite en nitrate (nitratisation) par les bactéries Nitrobacter (**Aminot et Kerouel, 2004**).



1.1.6.3.5 La dénitrification

La dénitrification est un processus hétérotrophe, Elle est basée sur la consommation de nitrate. Dans les milieux anoxiques, l'ammonium rejeté par la minéralisation n'est pas oxydé et s'accumule. Dans ces milieux des bactéries se développent néanmoins en trouvant d'autres sources d'oxygène, dont celui du nitrate lorsqu'il est présent. Au sens strict, il s'agit de la production finale de diazote (N_2) et de l'oxyde nitreux (N_2O). Au sens large, on y inclut la réduction du nitrate en ammonium (**Aminot et Kerouel, 2004**).



1.1.6.4 Rapport de REDFIELD

L'assimilation phytoplanctonique et la régénération du carbone, de l'azote, du phosphore et de l'oxygène se font dans des proportions quasi constantes.

Une relation existe entre l'oxygène et les éléments biochimiques. Cette relation est exprimée par les rapports biochimiques, dit de Redfield (**Copin-Montégut, 1996**).

$$\Delta\text{P}/\Delta\text{N}/\Delta\text{C}/\Delta\text{O}_2 = 1/16/106/- 138 \dots \text{(I.10)}$$

1.1.6.5 Chlorophylle

La chlorophylle est le principal pigment impliqué dans la photosynthèse, c'est la raison pour laquelle on l'utilise pour l'estimation de la biomasse phytoplanctonique ainsi pour celle de la production primaire (**Le Gal et al., 1988**). Sa présence dans tous les organismes végétaux, associée à l'énergie solaire, lui permet de synthétiser ses propres matières organiques carbonées à partir du carbone minéral. Dans les milieux aquatiques, les algues possèdent une diversité de pigments dont les plus importants sont les chlorophylles a, b, c1, c2 et d.

La concentration de chlorophylle est utilisée pour l'estimation de la production primaire.

(Eppley et Peterson, 1979 in Bachari Houma, 2009).

La chlorophylle a est mesuré en tant qu'indicateur de la biomasse des micro-algues, organismes qui sont à la base de la chaîne alimentaire. (Aminot et Kérouel, 2004).

1.1.6.6 Eutrophisation

L'eutrophisation est définie, au sens habituel comme l'enrichissement des eaux en nutriments presque essentiellement le phosphore et l'azote qui vont favoriser la croissance des végétaux pour finalement induire des proliférations algales (eaux colorées), des algues flottantes à la surface des eaux et des macrophytes ou des algues sur les rivages ou sur les fonds (Lacaze, 1996). Cet enrichissement forcé en nitrate (issu principalement du lessivage des terres agricoles), en ammonium et en phosphate (très abondants dans les rejets urbains) a causé un déséquilibre du milieu aquatique (Merceron, 1999).

Lorsqu'une trop forte accumulation locale de biomasse se produit, le milieu est rapidement épuisé à la fois en oxygène et en sels nutritifs. La décomposition de cette dernière va désoxygéner le milieu. Dans ce cas, l'excès de sels nutritifs induit, à un stade postérieur du cycle, un déséquilibre dû au dépassement des tolérances dans la possibilité de réoxygénation du milieu. Ce déséquilibre peut en cas extrême conduits à l'anoxie, (figure 2) (Lacaze, 1996).

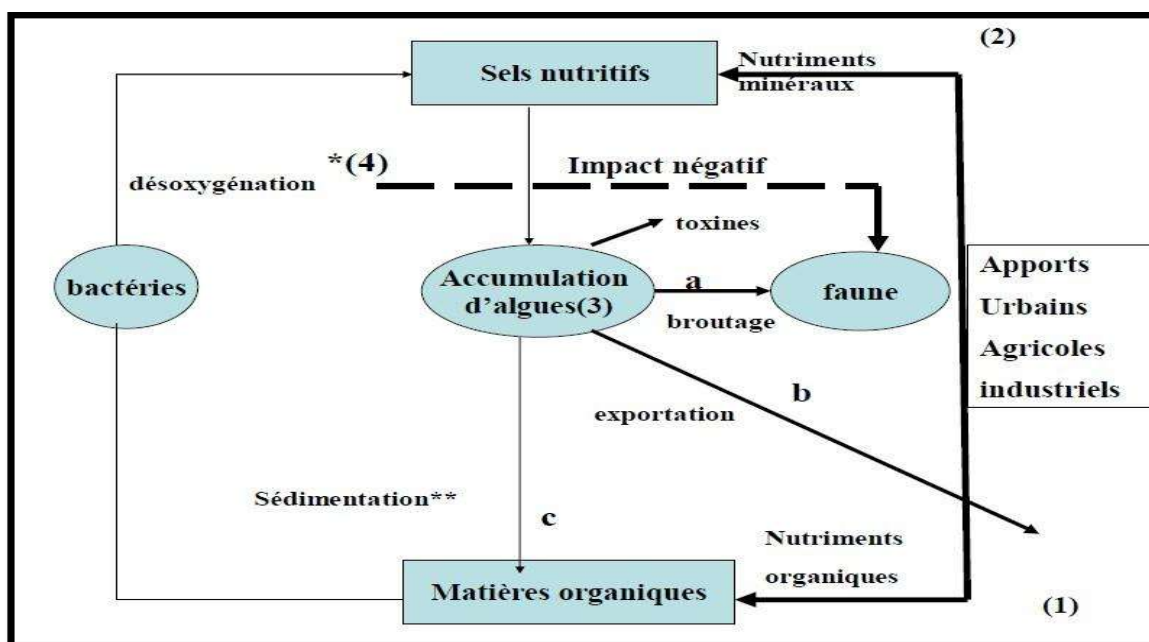


Figure 2 : Cycle simplifié des éléments nutritifs apports nutritifs en excès (Lacaze, 1996).

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*, voie 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'anaérobiose production de molécules toxiques (NH_4 , NH_3 , H_2S).

** : Décomposition de la matière organique algale.

1.2 Le sédiment

1.2.1 Définition et origine

Les sédiments sont définis comme des dépôts continentaux ou marins constitués de particules qui proviennent de l'altération ou de la désagrégation des roches préexistantes et de la précipitation de matières en suspension qui transitent dans la colonne d'eau (**Loustau Cazalet, 2012**). Les particules qui composent les sédiments sont plus ou moins grosses et sont constituées de composés organiques et inorganiques provenant de sources distinctes (**Schneider, 2001**) :

- **une source terrigène**, signifiant que les particules proviennent de l'érosion des terres émergées. Cette source est enrichie par divers apports tels que les apports éoliens, volcaniques, glaciaires, l'apport lié à l'érosion propre des côtes doit être pris en considération, sans oublier les apports fluviaux et/ou de ruissellement qui constituent à eux seuls l'apport cumulé le plus important.
- **une source endogène**, désignant les particules qui proviennent du bassin de sédimentation comme les débris de macrophytes (plantes aquatiques, microphytes) ou encore les fragments de coquilles des organismes.

1.2.2 Caractéristiques d'un sédiment

Le sédiment se caractérise essentiellement par :

- Sa granulométrie,
- Sa composition minérale,
- Sa teneur en eau et en matière organique.

1.2.2.1 Granulométrie des sédiments

La distribution granulométrique d'un sédiment et plus globalement, de n'importe quel matériau, constitue son empreinte physique. Elle caractérise en effet la taille des particules constituant la phase solide du matériau. D'autre part, la répartition de fréquence de taille des grains explique la répartition des sédiments dans un milieu aquatique. En effet, les grosses particules restent en amont tandis que les plus fines se retrouvent en aval. Les différentes classes granulométriques couramment utilisées sont présentées dans le tableau suivant (**Scordia J.Y., 2008**).

Tableau 1: Classes granulométriques d'un matériau (Liang Y., 2012 *in* Zerouali et al ., 2016).

Classification des matériaux						
Matériaux fins	Dénomination en 5 classes	Argiles	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossiers
	Limites de taille en μm	< 2	2 à 20	20 à 50	50 à 200	200 à 2000
	Dénomination en 3 classes	Argiles		Limons	Sables	
	Limites de taille en μm	< 2	2 à 50		50 à 2000	
Matériaux grossiers	Dénomination en 3 classes	Graviers		Cailloux	Blocs rocheux	
	Limites de taille en mm	2 à 20		20 à 200	> 200	

1.2.2.1 Composition des sédiments

La composition de la matrice sédimentaire est très hétérogène. C'est une des difficultés majeures pour l'étude des sédiments. Elle est constituée de matériaux détritiques inorganiques et organiques (**Power et Chapman, 1992 in Zerouali et al ., 2016**).

a. La phase eau

C'est une fraction très variable dépendant de plusieurs facteurs, tels que les conditions de dragage et la position des dépôts. Généralement on peut distinguer l'eau libre, l'eau capillaire, l'eau colloïdale et l'eau pelliculaire

b. La phase inorganique

Cette fraction est principalement formée de minéraux provenant de l'écorce terrestre et de débris coquilliers. Elle se compose principalement d'argiles, de carbonates et de silicates.

c. Phase organique

Les composés organiques rencontrés dans les sédiments sont généralement d'origines naturelles. Ils proviennent, soit de débris végétaux, soit de microorganismes.

La zone d'étude

2. La zone d'étude

2.1 Situation géographique

La zone de Sidi Fredj est considérée comme une presqu'île, qui se situe à l'ouest de la baie d'El Djamila à environ 25Km d'Alger. C'est une localité étendue sur un 1 km 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. (**Figure 3**)

Ses coordonnées sont :

- Longitude : 2° 50' 41'' à 2°50'48'' Est.
- Latitude : 36° 45' 06'' à 36°45' 17'' Nord.

C'est un promontoire rocheux en sailli par apport aux côtes sableuses limitrophes, caractérisé par deux pointes :

- La pointe du marabout, à l'Est.
- La pointe de Saint Janvier, à l'Ouest.

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

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.

2.2.1 La Plage ouest Sidi Fredj

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

2.2.2 Plage de Thalassothérapie

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

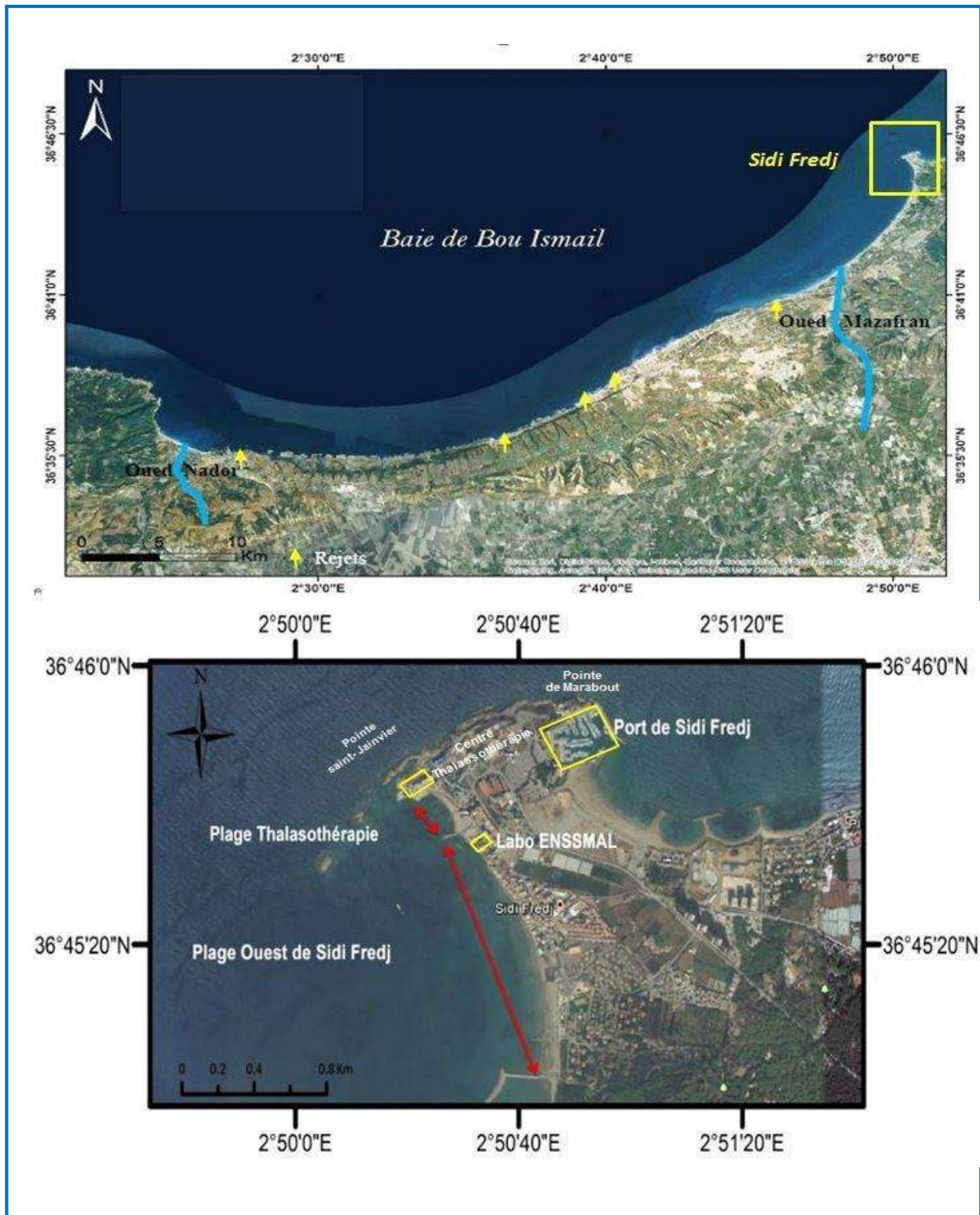


Figure 3: Situation géographique de la zone d'étude (Google earth, 2016).

2.3 Facteurs hydrodynamiques

2.3.1 La Température

Comme l'ensemble des zones côtières Algériennes, celle 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 variant entre 25°C et 38°C atteignant parfois les 40°C (Bellahcene, 2002 in Haoua et Laloui, 2006).

2.3.2 Précipitation

- **En période hivernale** : la pluviométrie est relativement importante de Décembre à mai, elle varie de 15 à 108 mm.
- **En période estivale** : la pluviométrie est réduite, de juin à septembre avec une quantité qui varie de 4 à 25 mm.

2.3.3 Les Vents

Dans la région de Sidi-Fredj, la répartition des vents est parfaitement liée au régime annuel des houles.

D'après les données recueillies par le S.S.M.O (Summary of Synoptic Meteorological Observations), on distingue deux périodes :

- **Une période hivernale** (Octobre -Mars), ou les vents dominants sont de secteur Ouest avec des fréquences allant de 60 à 80% par le secteur Ouest et des fréquences de 90 à 99% pour secteur Nord-ouest.
- **Une période estivale** (Avril -Septembre), ou les vents dominants sont de secteur Est et Nord Est, avec des fréquences de 45 à 75% pour le secteur Nord-est. (Khaldi, 2015).

2.3.4 Les Houles

Ce sont des oscillations qui dépendent du vent. Les résultats obtenus par le LEM (2002), concernant la variation de régime de la houle montrent :

- Les houles d'Ouest sont les plus dominants en période hivernal, avec des amplitudes entre 1 et 3 m et parfois atteint les 5m, elles engendrent des courants de retour qui entraînent les sédiments vers le large (Nadir, 2016).
- les houles les plus fréquentes en période estivale sont du secteur Nord Est, avec des amplitudes moins faibles.

2.3.5 Les Courants

La zone de Sidi Fredj est caractérisée par la dominance du courant Algérien, ce courant est d'origine Atlantique, il se déplace d'Ouest en Est le long des côtes algériennes sous l'effet de la force de Coriolis. Il forme des tourbillons anticycloniques accompagnés de phénomènes d'upwelling (Millot, Taupier-Letage, & Benzohra, 1990).

2.4 Cadre géologique

2.4.1 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.

2.4.2 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.

2.5 La couverture sédimentaire

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

La figure ci-dessous (figure 4) représente la sédimentologie de la baie de Bou Ismail, étant donné que notre zone d'étude se situe au niveau de la baie de Bou Ismail la carte va nous permettre de nous renseigner sur la sédimentologie de la zone.

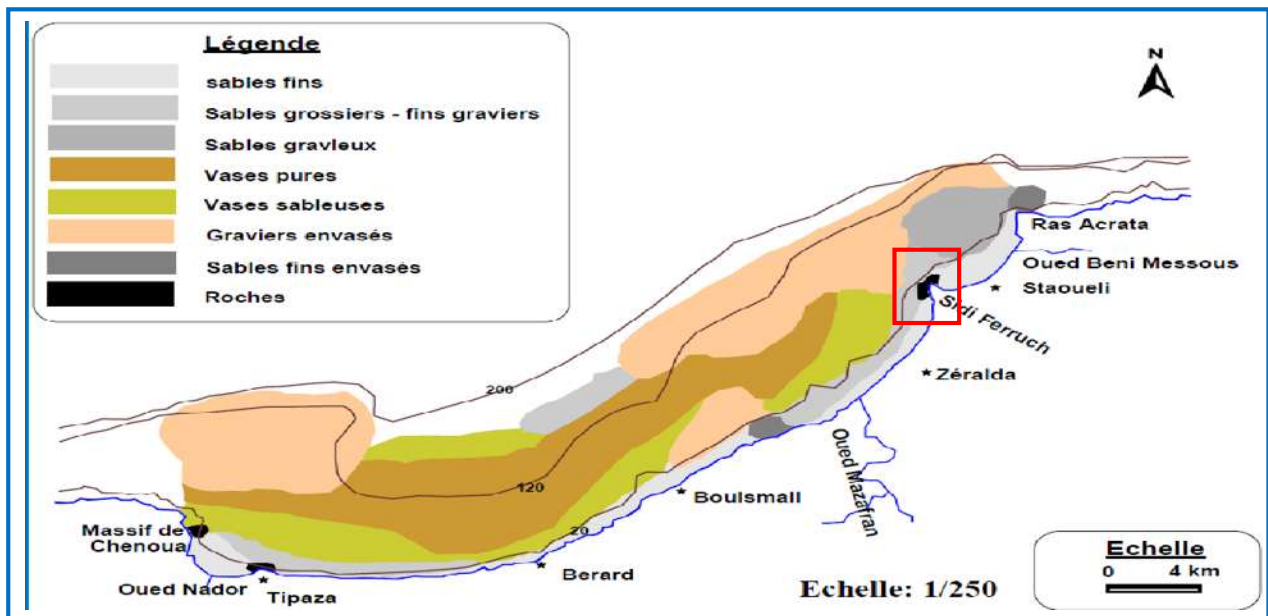


Figure 4: la sédimentologie de la baie de Bou Ismail (Leclaire, 1972).

La figure 4 nous informe de la présence de différents types de sédiments, à partir de cette figure on peut déduire le tableau suivant :

Tableau 2: la Répartition des différents types de sédiments

Types	Localisation
Sable fins	Recouvrant les zones peu profondes de cap de Sidi Fredj.
Sable grossiers	Occupe une large bande qui s'étale du parti Ouest de cap jusqu'à l'embouchure de l'Oued Mazafran.
Sable gravieux	Occupe la partie Est de la baie d'El Djamila
Sable envasés	
Vases -sableux	Existant dans la baie de Bou Ismail au-delà de l'isobathe (-20 m)
Graviers envasés	Localisées : - Au large de Ras Acrata - Au niveau de l'embouchure de l'Oued Bénis Messous et s'étend vers l'Ouest de Bou-Ismaïl
Vases pure	Quasiment absente de la baie d'El Djamila (apparaît au large de la presqu'île de Sidi Fredj) et forme une bande qui s'étale entre Zéralda et Bou Ismail

2.6 Réseau hydrographique

Les Oueds constituent l'un des principaux vecteurs de transport des polluants vers la mer. Les principaux oueds qui alimentent la baie de Bou –Ismail et qui se jettent près de la région de Sidi Fredj sont au nombre de deux :

L'oued de Beni-Messous situé entre El-Djamila et Club des Pins à 18 Km à l'ouest d'Alger son bassin versant est réduit avec débit faible, estimé à 7.7 millions m³/an (0,245 m³/s), il est souvent sec, ses eaux sont essentiellement des eaux usées domestiques et industrielles. Il traverse les communes de Beni Messous et Chéraga au nord, de Bouzaréah au Nord-Est, Delly Ibrahim à l'Est, Ain Benian à l'Ouest et débouche au niveau d'une plage appelée « les dunes » qui fait partie de la baie d'El Djamila et regroupe l'Oued Defla et l'oued Bâinem.

L'Oued Mazafran

C'est l'Oued le plus important de la région, il draine un bassin de 1900 km² (partie Ouest de la Mitidja) (BRAIK, 1989) et débouche sur la mer au niveau d'une petite plage sablonneuse à 30 km d'Alger, entre Zéralda et Douaouda. Il est caractérisé par des crues fortes et rapides en hiver-printemps qui augmentent la turbidité de la zone par la remise en suspension de substrat fin (PAUC, 1989) Trois Oueds secondaires lui sont afférents : Bou-Roumi, Chiffa et Djer. Oued Mazafran est le plus important dans la baie de Bou Ismail avec ses rejets et son débit. La (figure 5) montre les différentes pressions naturelles et anthropiques dans la Baie de Bou-Smail ou se trouve le littoral ouest de Sidi Fredj

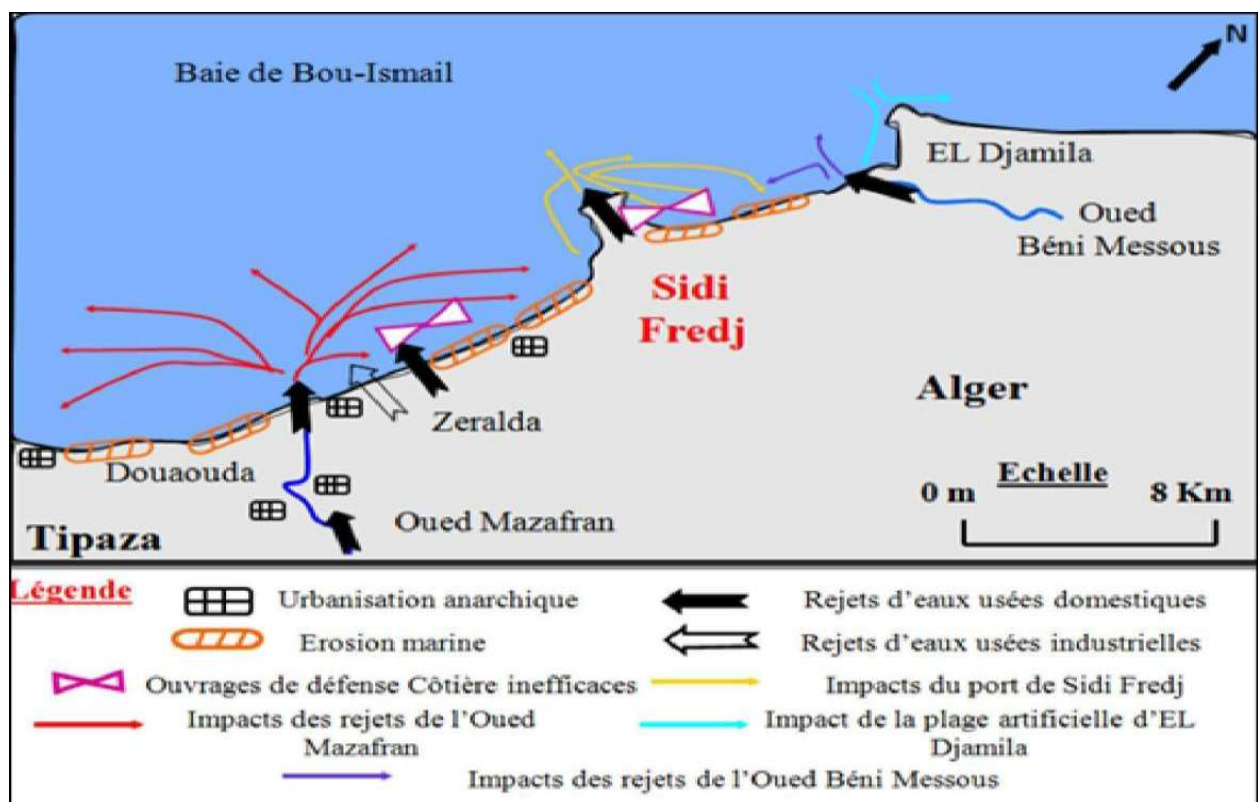


Figure 5 : Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la Baie de Bou-Smail (Belkessa et al.,2008; Alsid Chikh et al., 2009)

Matériel et Méthodes

Dans ce chapitre on s'intéresse aux analyses des paramètres suivants :

✓ **Les paramètres physico chimiques:**

- pH, Salinité, Température

✓ **les paramètres indicateurs de pollution :**

- Oxygène dissous, Matière en suspension dans l'eau, Matière Organique Particulaire dans l'eau, Matière Organique dans le sédiment, la chlorophylle-a, les sels nutritifs

✓ **la granulométrie par tamisage**

3.1. Choix et localisations des stations

Les travaux en mer ont été réalisés à bord de l'embarcation de L'ENSMAL: «Baba Aroudj ». Les prélèvements ont été effectués lors de deux sorties qui sont déroulées le 13 Mars 2017 pour la première sortie et le 11 Avril 2017 pour la deuxième sortie. Onze (11) stations ont été positionnées à l'aide d'un GPS (Global Positioning System) et échantillonnées (voir **annexe I**)

- Le choix des stations de prélèvement (**figure 6**) est effectué en tenant compte de rapprochement de nos stations aux sources de pollution, dans le but de la surveiller et de contrôler de la qualité des eaux marines dans le littoral ouest de Sidi Fredj afin d'obtenir une vue sur l'état de pollution.

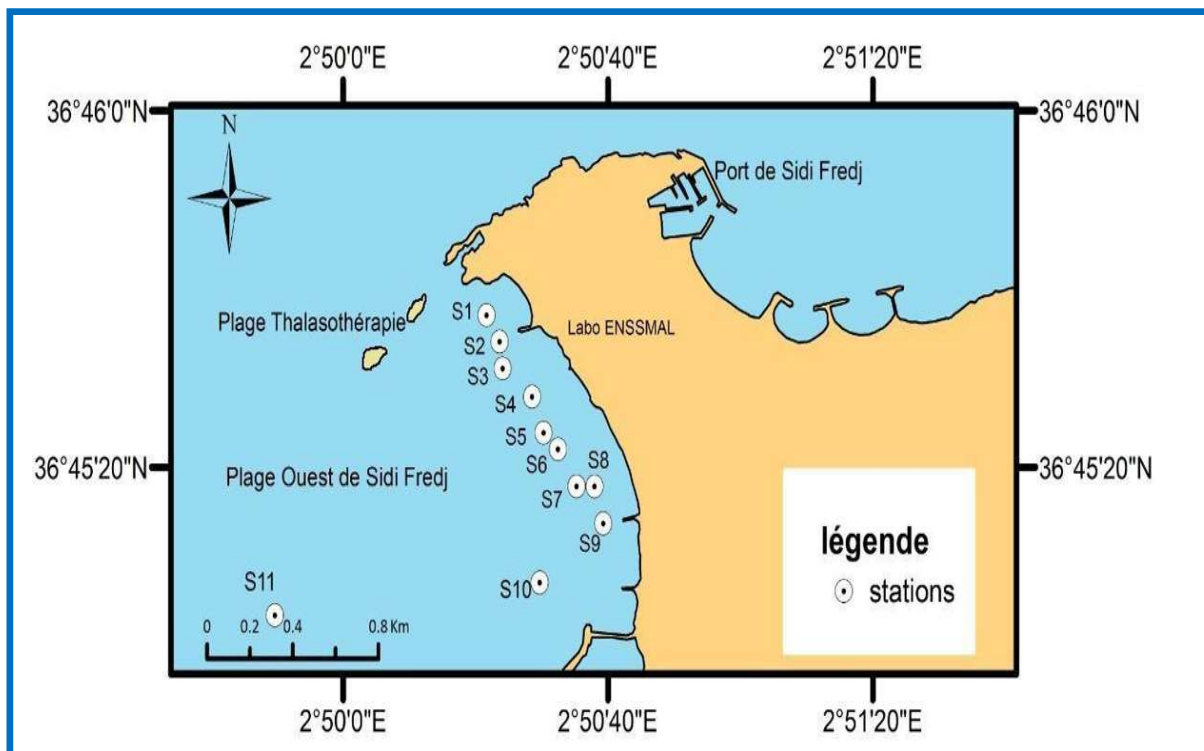


Figure 6: Carte de positionnement des stations de prélèvement de littoral Ouest de Sidi Fredj.

3.2 Prélèvement et échantillonnage.

3.2.1 Conditionnement du matériel

Avant d'effectuer la sortie, tout le flaconnage a été préalablement rincé à l'eau de robinet, puis rincé une deuxième fois à l'eau acidulée à base d'acide chlorhydrique à 0,1N.

Un autre rinçage est réalisé à l'eau distillée, les flacons sont séchés à l'étuve à 70 °C. Ces flacons seront numérotés et stockés afin d'éviter toute risque de contamination.

3.2.2 Prélèvement d'eau de mer

Le prélèvement d'eau de mer s'effectue à l'aide d'une bouteille NISKIN de capacité de 5 litres pourvue d'un lest et d'un messenger (**figure 7**) à une profondeur qui varie entre 1 à 2 m sous la surface de l'eau de mer.

L'échantillonnage a été effectué dans des flacons en polyéthylène d'un volume de 250 ml à 1l, destinés aux analyses des paramètres physico-chimiques, et pour les sels nutritifs des flacons de capacité de 100ml est suffisant. Chaque flacon est rincé deux fois avec l'eau de mer à analyser, puis on remplit chaque flacon de façon à ne pas provoquer des contaminations sur nos échantillons ensuite ces flacons ont été mis dans une glacière à l'abri de lumière.

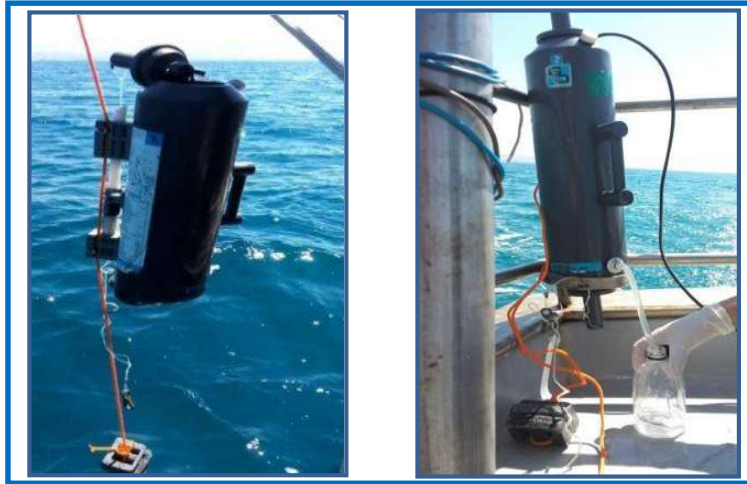


Figure 7 : bouteille de prélèvement de type Niskin

3.2.3 Prélèvement du sédiment

Le prélèvement de sédiment marin superficiel est réalisé à l'aide d'une benne de type « van-veen» (**figure 8**).

Des que la benne est remontée, l'échantillon du sédiment est récupéré dans des sachets en plastiques étiquetés.

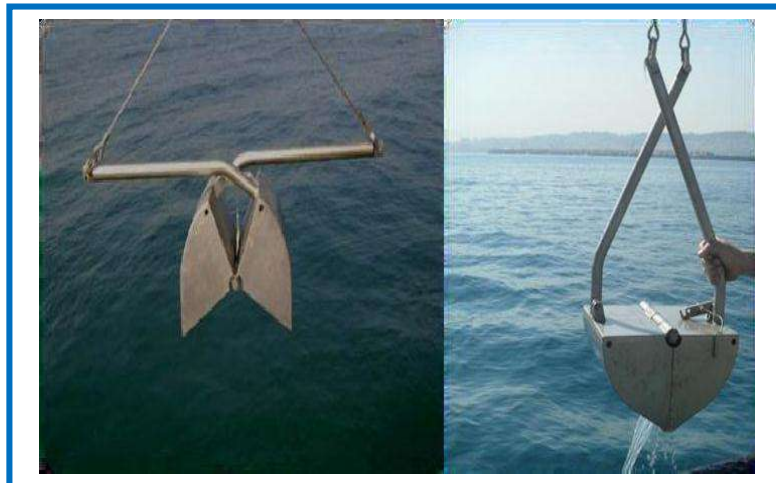


Figure 8 : Benne Van veen

Les échantillons doivent être réfrigérés dans une glacière lors du transport jusqu'au laboratoire de ENSSMAL, pour conserver tous les propriétés du sédiment.

3.3 Mesure des paramètres physico-chimiques

3.3.1 La mesure in situ (Température, salinité)

La température (T) et la Salinité sont des propriétés conservatrices des masses d'eau (Lécuyer, 2014). Ces deux paramètres sont très instables et nécessitent la mesure in situ à l'aide d'une sonde conductimétrique de type (WTW, 197i) (figure 9). Cette dernière est faite en introduisant l'électrode de l'appareil dans la bouteille de prélèvement, juste après l'échantillonnage de l'oxygène dissous et le pH.

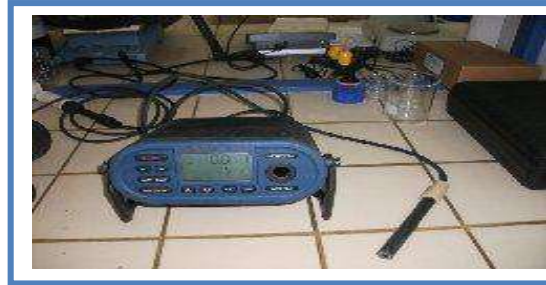


Figure 9: Conductimètre de terrain de type (Cond 197i, WTW).

3.3.2. Analyses au laboratoire

A. Analyse de l'eau de mer

1. Analyse de la matière en suspension

1.1 Principe de la méthode

Les matières en suspension sont définies selon la norme AFNOR 1999 comme étant des «matières éliminées par filtration ou centrifugation dans des conditions définies».

Ces matières sont retenues sur une membrane filtrante de 0.45 μm de porosité après séchage à 105 °C pendant 2 h. la différence entre le poids du filtre qui retient les résidus séchés et le poids initial du filtre, tout en tenant compte du volume filtré. Permet d'avoir la masse sèche de MES

1.2 Matériels et Appareils

- Dispositif de filtration de marque *Millipore*® (figure 10).
- Des filtres en fibre de verre de porosité $\sim 0,7 \mu\text{m}$.
- Dessiccateur contenant du gel de silice (figure 11).
- Une balance de précision de type Denver Instrument M-220 D (figure 12).
- Étuve réglée à $105^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ de type WTB BINDER.
- Four à moufle de type Wisetherm (figure 13).
- Pinces en acier inoxydable, portes filtres avec couvercle, pissette d'eau distillée, éprouvettes graduées de 500 ml.

1.3 Mode opératoire

1.3.1 Conditionnement des filtres au laboratoire avant la sortie

- Les filtres de fibre de verre sont étalés sur une feuille d'aluminium et mis au four à moufle à 450 °C pendant 1h afin de les nettoyer parfaitement de toute substance organique et ainsi renforcer leur rigidité et leur solidité.
- Laisser la température du four revenir à 70 °C avant de retirer les filtres.
- Laisser refroidir au dessiccateur.
- Numéroter les boîtes à filtres de façon indélébile.
- Peser le filtre pour avoir P1.
- Replacer aussitôt chaque filtre dans sa boîte, et les mettre au dessiccateur à l'abri de la poussière.

1.3.2 Filtration de l'eau de mer

Note : Les échantillons sont filtrés une fois arriver au laboratoire.

- Homogénéiser doucement l'échantillon
- Mesurer 500ml d'eau de mer avec l'éprouvette
- Placer un filtre dans le dispositif de filtration et verser l'échantillon
- Actionner la pompe à vide
- Filtrer progressivement tout le volume mesuré
- Éteindre le dispositif de filtration et récupérer le filtre et les mettre dans leurs boîtes
- Mettre les boîtes à sécher dans l'étuve sans le couvercle à 70 °C pendant 2h
- Sortir les boîtes à filtres
- Peser chaque filtre pour avoir la masse P2.



Figure 10: Dispositif de filtration de marque *Millipore*®.



Figure 11 : Dessiccateur



Figure 12 : Balance de précision

1.4 Calcul et expression des résultats

La détermination de la concentration de la matière en suspension est donnée par l'expression suivante :

$$[\text{MES}] \text{ (mg/l)} = (\text{P2} - \text{P1}) * 1000 / \text{V} \dots \text{ (III.1)}$$

P1 : Poids du filtre avant filtration de l'échantillon (g).

P2 : Poids du filtre après la filtration de l'échantillon (g).

V: Volume d'eau filtrée en litres (l).

2 Analyse de la matière organique particulaire

2.1 Principe de la méthode

La détermination de concentration de la M.O.P dans un échantillon d'eau de mer basée sur la perte de poids consiste à incinérer les filtres issus de la mesure de MES contenant les résidus sèches dans un four à moufle à 450 °C pendant 2 heures pour éliminer toute trace de la matière organique (Rodier J., 1984).

2.2 Matériels et Appareils

- Four à moufle de type *Wisetherm* réglé à 450°C.
- Creusets en porcelaine préalablement conditionné.
- Filtres contenant les résidus de la matière en suspension.
- Une balance de précision de type Denver Instrument M-220 D.
- Dessiccateur, pince.

2.3 Mode opératoire

- Numérotés au crayon les creusets à vide sur la face rugueuse.
- Peser les creusets munis du filtre (**P3**).
- Mettre les creusets dans le four à moufle de type WiseTherm (**figure 13**), à 450°C pendant 2h.
- Récupérer les creusets et laisser refroidir au dessiccateur.
- Peser à nouveau les creusets (**P4**).



Figure 13: four à moufle de type WiseTherm

2.4 Calcul et expression des résultats

La concentration de matières organique est donnée par l'expression suivante :

$$[\text{M.O.P}](\text{mg/l}) = (\text{P4} - \text{P3}) / \text{V} \dots \text{(III.2)}$$

P3 : Poids du creusé avec le filtre avant calcination (mg).

P4 : Poids du creusé avec le filtre après calcination (mg).

V : Volume d'eau filtrée en litres (l).

2.5. La chlorophylle « a »

La mesure des teneurs en chlorophylle a dans l'eau a pour but de quantifier la biomasse phytoplanctonique.

Cet indicateur est particulièrement adapté pour avoir une idée globale des apports en nutriments et mettre en œuvre une étude sur l'eutrophisation.

La mesure de la concentration en chlorophylle a, les phéopigments, est décrite selon deux méthodes de mesure spectroscopiques: la spectrophotométrie et la fluorimétrie.

2.5.1 Principe de méthode spectrophotométrique

L'échantillon est filtré après leur prélèvement et la filtration devra être réalisée à très faible lumière. Les filtres subiront une extraction à l'acétone (90 %). La concentration de chlorophylle a est déterminée en mesurant l'absorption de la lumière avant et après acidification.

2.5.2 Matériel et appareillage

- Dispositif de filtration et des filtres GF/F 0,7 µm de porosité.
- Tubes de d'extraction de 10ml.
- Centrifugeuse de marque SIGMA.
- Spectrophotomètre fluorescence, modèle JASCO V-730.
- Matériels courant de laboratoire.

2.5.3 Réactifs

- Solvant d'extraction : acétone à 90%.
- Solution d'acide chloridrique 0,3N.

2.5.3 Mode opératoire

2.5.3.1 Filtration et conservation

Dès le retour au laboratoire les échantillons sont homogénéiser et filtrés le plus rapidement (**figure 14.a**)

Une fois la filtration terminée, le filtre est prélevé et plié en quatre à l'aide des pinces et enrobé dans un papier d'aluminium préalablement étiqueté (**figure 14. b, c**) et placer au congélateur.

2.5.3.2 Extraction des pigments

- Verser 5ml d'acétone à 90% dans le tube recouvert par papier aluminium puis introduire le filtre et déchiqueter le filtre à l'aide d'une baguette.
- Rajouter 5ml et fermer le tube.
- Placer les tubes au réfrigérateur et laisser l'extraction acétonique se poursuivre une nuit.

2.5.3.3 Centrifugation et la mesure spectroscopique

- Placer les tubes dans la centrifugeuse (**figure 14.d**)
- Centrifuger 1 min, pour faire tomber les fibres de verres.
- Centrifuger à nouveau 5 à 10 min a 3000-4000 tr/min (les tubes doivent rester boucher pour éviter l'évaporation).

2.5.3.4 Mesure d'absorbance

- Récupérer les tubes et les mettre dans le portoir tout en évitant la lumière.
- Transférer le surnageant de centrifugation dans la cuve de spectromètre ; on évite l'entraînement de fibres de verre en aspirant l'extrait à l'aide, par exemple, d'une seringue de verre.
- Mettre la cuve en place et s'assurer de son positionnement correct.
- Mesurer les absorbances brutes des extraits non acidifiés aux longueurs d'ondes de 665 et 750 nm (**figure 14.e**), soit Ab_{665na} et Ab_{750na} . La mesure à 750 nm doit être restée inférieure à 0,005 par centimètre de trajet optique.
- Acidifier par addition de 10 μ l d'acide chlorhydrique 0,3 mol/l par millilitre d'extrait (Soit une goutte pour environ 5 ml) directement dans la cuve et attendre 2 à 3 min
- Mesurer les absorbances brutes des extraits acidifiés à 665 et 750 nm, soit Ab_{665a} et Ab_{750a} .

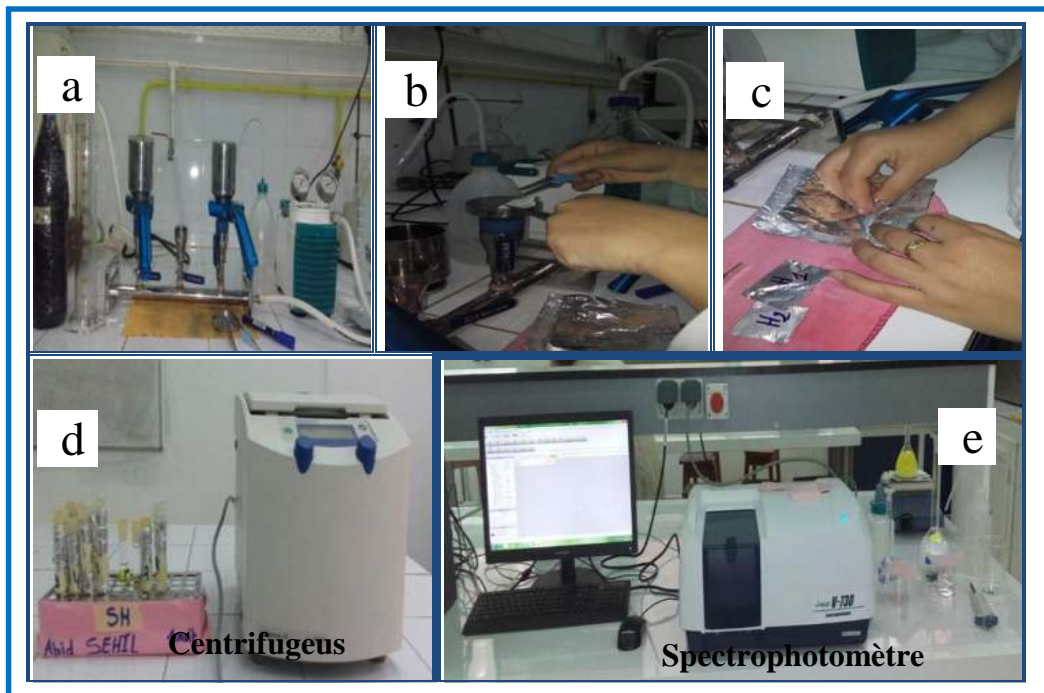


Figure 14 : Photos des étapes de dosage de la chlorophylle a

2.5.4 Calcule et expression des résultats :

Les absorbances brutes à 665 nm et les blancs de turbidité à 750 nm doivent être corrigés en soustrayant les blancs des cuves puis on obtient les absorbances nettes en soustrayant les absorbances corrigées mesurées à 750 nm des absorbances corrigées mesurées à 665 nm, c'est à- dire :

- Avant acidification :

$$A_{665na} = (Ab_{665na} - bc_{665}) - (Ab_{750na} - bc_{750}) \dots (III.3)$$

- Après acidification:

$$A_{665a} = (Ab_{665a} - bc_{665}) - (Ab_{750a} - bc_{750}) \dots (III.4)$$

Les autres données sont :

- V : volume d'eau filtrée (litres).
- v : volume de solvant d'extraction (millilitres).
- l : longueur de trajet optique de la cuve de mesure (centimètre).

La concentration de chlorophylle a est calculée d'après la relation suivante :

$$[\text{Chlorophyll a}](\mu\text{g/l}) = 27.7 * (A_{665}^{NA} - A_{665}^A) * \frac{v}{V} \dots (III.5)$$

2.6 Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un paramètre important à l'étude du milieu marin, sa concentration est obtenue après le dosage au laboratoire par méthode chimique de Winkler.

2.6.1 Principe de la méthode

La méthode iodométrique est décrite par Winkler et modifiée par CARPENTER (1965) et CARRITT et CARPENTER (1966), elle reste toujours une méthode de référence pour la validation des mesures de l'oxygène par sonde (**Aminot, et al. 1983**).

C'est une méthode chimique basée essentiellement sur le dosage indirect de l'oxygène dissous après une série de réaction d'oxydo-réduction.

Un précipité d'hydroxyde manganéux est formé après l'ajout à l'échantillon d'eau de mer une solution de chlorure de manganèse et solution basique d'iodure (NaI) se précipite fixe complètement l'oxygène présent dans l'échantillon pour former de l'oxyde manganique, En milieu acide et en présence d'iodure, le manganèse est réduit, ce qui libère de l'iode. L'iode est alors titré par le thiosulfate. (Les détails de la méthode sont en annexe).

2.6.2 Matériel et appareillage utilisé

- Flacons en verre borosilicate de 250ml environ à bouchon plongeant et colle rodé.
- Deux distributeurs de réactifs ou distributeurs à seringue.
- Micropipettes.
- Titreur automatique (**figure 15**).
- Matériels courant de laboratoire.

2.6.3 Réactifs chimiques exigées

Solution de chlorure de manganèse ($MnCl_2$)

Solution basique d'iodure (NaI)

Acide sulfurique (H_2SO_4)

Solution de thiosulfate (0,02 N)

Solution étalonne de KIO_3 (0,1 N)

La préparation des réactifs est indiquée en **annexe**.

2.6.4 Analyse des échantillons

Le dosage se fait comme suit :

- Rejeter 10 ml d'échantillon (le surnageant) pour permettre l'addition du titrant, à l'aide d'une micropipette de $10\ 000\ \mu\ mol$.
- Ajouter 3ml du réactif 3 (Acide sulfurique) dans le flacon d'oxygène, mettre le barreau magnétique délicatement, et activer l'agitation.
- Introduire l'électrode et le distributeur de titrant dans le flacon, et passer au dosage de l'échantillon par le thiosulfate, en surveillant le point d'équivalence (décoloration de l'échantillon).



Figure 15 : Titreur automatique

2.6.5 Calcul de la concentration en oxygène

La concentration de l'oxygène dissous est calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$O_2 (mol.l^{-1}) = N_t * (V_e - B) / (V_f - V) * 4 \quad \dots (III.6)$$

- N_t : titre du thiosulfate (mol/l).
- V_e : volume de thiosulfate consommé par l'échantillon pour la titration (ml).
- B : blanc chimique (ml)
- V_f : volume du flacon d'échantillonnage (ml).
- V : volume de réactifs introduits ($R_1 + R_2$) (ml).

2.6.6 Détermination du blanc chimique et du titre de thiosulfate

Avant chaque série de dosage, un contrôle de la qualité des réactifs doit être effectué au moins une fois avant chaque dosage et à chaque nouvelle préparation de réactifs.

- Dans un bécher, introduire 100 ml d'eau distillée, ainsi le barreau magnétique et mettre en route l'agitation de titroligne.
- Ajouter 3 ml du réactif 3 (acide sulfurique), 3 ml du réactif 2 (solution basique d'iodure NaI) et 3 ml de réactif 1 (chlorure de manganèse $MnCl_2$) respectivement.
- Ajouter 1 ml de solution de KIO_3 à 0,1 N.
- Immerger l'électrode et distributeur de titrant, titrer immédiatement par le thiosulfate.
- Le titreur affiche à la fin du titrage le point équivalent (V_{eq1}) et le volume final (V_f).
- Ajouter un autre 1 ml de solution de KIO_3 à 0,1 N, et titrer avec le thiosulfate.
- Au point de virage, le titroligne affiche le volume équivalent 2 (V_{eq2}).
- Refaire ce test deux fois.

Le blanc est calculé et pour la première fois par l'équation suivante :

$$B = V_{eq1} - [(V_f - V_{eq1}) + V_{eq2}] \dots \text{(III.7)}$$

Le blanc chimique est la moyenne des trois tests. Si le blanc est positif, les réactifs contiennent de l'iode. Si le blanc est négatif, des impuretés contenues dans les réactifs piègent l'iode contenu dans le KIO_3 ajouté.

La concentration de thiosulfate est déterminée comme suit :

$$N_{th} (\text{mol.l}^{-1}) = N_{KIO_3} * V_{KIO_3} / V_{thio} - B \dots \text{(III.8)}$$

V_{thio} : volume moyen de thiosulfate (ml). (Obtenu par la moyenne des volumes de thiosulfate V_{eq1} ajouté dans chaque test).

V_{KIO_3} : volume de KIO_3 utilisé pour la standardisation (ml).

N_{KIO_3} : concentration de KIO_3 (mol/l).

N_{thio} : concentration de thiosulfate (mol/l).

B : blanc chimique (ml).

Les résultats obtenus lors de chaque série de dosage sont représentés en **annexe**.

2.7 pH

Le pH est un indicateur des processus biologiques et physiques qui ont lieu dans la Colonne d'eau. Il a été estimé par rapport au pH de TRIS

La méthode de mesure utilisée pour le pH est celle décrite dans le Handbook (version 3) de DICKSON (2007).

2.7.1 Principe de la méthode

Le pH est mesuré à partir de la différence des potentiels mesurés en plongeant successivement une électrode dans une solution standard appelé TRIS de pH connu et notre échantillon.

2.7.2 Prélèvement et conservation

L'échantillonnage du pH a été fait après celui de l'oxygène et de l'alcalinité, dans des petits flacons en verre borosilicaté avec des bouchons de polyéthylène de 300 ml, et immédiatement empoisonné par 100 μ l de chlorure de mercure saturé ($HgCl_2$) pour stopper l'activité biologique.

Nos échantillons ont été conservés après la sortie au froid à 4°C jusqu'au jour de la mesure.

2.7.3 Analyse au laboratoire

2.7.3.1 Etalonnage de l'appareil

Avant chaque mesure de pH, il est nécessaire de faire un étalonnage de l'appareil avec deux solutions étalons à pH connu, pH = 4 et pH = 7.

Les mesures de pH ne sont donc correctes que si la solution de pH inconnu ne diffère pas trop de la solution étalon, en particulier du point de vue ionique (l'eau de mer a une très forte force ionique par apport aux tampons). Pour cela un étalonnage secondaire doit être fait à l'aide d'une solution étalon TRIS à salinité connue et proche de celle des échantillons.

Le TRIS sert à corriger les valeurs du pH mesuré par l'électrode. Son pH varie selon la température et la salinité.

Le pH du TRIS est calculé par la formule (DICKSON, et al., 2007):

$$\text{pH}(s) = (11911.08 - 18.2499 * S - 0.039336 * S^2) \frac{1}{T(K^\circ)} - 366.27059 + 0.53993607 * S + 0.00016329 * S^2 + (64.52243 - 0.084041 * S) * \ln(T(K^\circ)) - 0.11149858 * T(K^\circ) \dots \text{(III.9)}$$

- **pH(s)** : pH calculé du TRIS préparé en fonction de la température et de la salinité.
- **S** : salinité en g/kg du tampon.
- **T** : température de l'échantillon au moment de la mesure en degré Kelvin.

2.7.3 .2 Mesure de pH

Le pH est un paramètre qui est influencé par la température, c'est pour cette raison que les échantillons et le TRIS doivent être à la même température

La calibration et la mesure de pH se font comme suit :

- Plonger l'électrode de pH dans la solution étalon à pH=4 puis pH=7
- Plonger l'électrode dans le TRIS, en mentionnant la valeur du pH, la différence de potentiel ainsi que la température (**figure 16**).
- on introduit l'électrode de pH dans les échantillons, et on mentionne la valeur du pH, la différence de potentiel, et la température.



Figure 16 : pH-mètre.

La valeur de pH des échantillons est calculée par rapport au TRIS d'après la formule de Nernst :

$$(X) = (S) + \frac{E(S) - E(X)}{RT \ln 10 / F} \dots \text{(III.10)}$$

- **pH(x)** : pH mesuré de l'échantillon.
- **pH(s)** : pH du tampon TRIS.
- **ES** : Différence de potentiel mesuré pour le tampon TRIS en (V).
- **EX**: Différence de potentiel mesuré pour l'échantillon de l'eau de mer en (V).
- **R** : Constante des gaz parfait, $R = 8.3143 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$.
- **T** : Température en Kelvin.
- **F**: Constante de faraday ($96\,487 \text{ C.mol}^{-1}$).

2.8 Sels nutritifs

L'analyse de sels nutritifs a été faite par colorimétrie à flux continu (méthode automatique, SKALAR Auto-Analyser sur San⁺) pour les sels suivants NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , H_4SiO_4^- .

2.8.1 Principe de la méthode chlorométrique

L'analyse des sels nutritifs est faite par la méthode de colorimétrie à flux continu sur chaîne automatisée SKALAR (Auto-analyser San Plus) (troisième génération), selon les protocoles décrits par le constructeur SKALAR (**figure 17**). Le fonctionnement de l'appareil repose sur un principe dynamique, celui de l'analyse liquide en flux continu :

Une veine liquide propulsée en continu par une pompe péristaltique dans un circuit analytique spécifique à chaque paramètre analysé. Les réactions chimiques s'effectuent dans cette veine en progression. L'analyse des échantillons est réalisée par séquence, ce qui permet une grande cadence de travail. Cette chaîne de mesure automatisée est totalement pilotée par un micro ordinateur doté d'un logiciel spécifique. A la fin de l'analyse, ce dernier fournit un fichier numérique contenant les résultats accompagnés de toutes les informations relatives à l'analyse.



Figure 17 : Auto Analyser San Plus (SKALAR®, 1998).

2.8.2 Analyse automatique des sels nutritifs

Les réactifs, les solutions étalons, et les protocoles de dosage pour chaque élément nutritif sont réalisés selon les protocoles décrits par (**Aminot et al., 1983**).

- **Principe de dosage des Nitrates et Nitrites (NO_3^- et NO_2^-)**

La méthode est basée sur la réduction des nitrates en nitrites par passage de l'échantillon sur une colonne réductrice du cadmium traité au cuivre (Wood et al. 1967, in Aminot et Kérouel, 2004). Après cette réduction les nitrites sont dosés selon les conditions réactionnelles décrites par Bendshneider et Robinson (1952) (in Aminot et Kérouel 2004). Cette méthode automatisée s'applique à des concentrations allant de 1 à 100 ppb de N. En effet, les nitrites forment un diazoïque par réaction avec la sulfanilamide en milieu acide ($\text{pH} < 2$). Ce composé formera ensuite, en présence de N-naphtylethylene diamine, un composé azoïque de couleur rose absorbant un maximum de lumière à 540 nm (SKALAR®, 1998).

- **Principe du dosage des Orthophosphates (PO_4^{3-})**

Sa méthode d'analyse est la colorimétrie du bleu phosphomolybdique, qui est basée sur la réaction de Deniges selon la méthode de Murphy & Reily (1962) (in Aminot et Kérouel, 2004).

Le molybdate d'ammonium et le tartrate d'antimoine de potassium réagissent à une température de 40°C dans un milieu acide avec les solutions diluées du phosphate pour former un composé d'antimoine-phospho-molybdate. Ce composé est réduit à un composé intensément bleu-coloré par l'acide ascorbique à un maximum d'absorption à 880nm.

2.8.3 Etalonnage

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

B. Analyses du sédiment

1 Analyse de la matière organique

1.1 Principe de la méthode

La matière organique peut être analysée par différentes méthodes, la plus connue est la perte au feu, cette dernière permet de mesurer directement la matière organique après avoir calciné les sédiments (préalablement séché) à une haute température. La perte du poids représente le taux de la matière organique.

1.2 Matériels et appareillage

- Creusets en porcelaine préalablement numérotés et nettoyés
- Balance de type KERN ABS220-4N.
- Four à moufle de marque *WiseTherm*.
- Pincettes, spatules.

1.3 Mode opératoire

- sécher les échantillons pour éliminer l'eau dans les sédiments.
- Peser les creusets à vide préalablement nettoyés et numérotés (P0).
- Peser les creusets avec l'échantillon broyé (P1).
- Mettre les creusets au four à moufle à 600 °C pendant 2 heures.
- Retirer les creusets à l'aide d'une pince.
- Laisser refroidir les creusets et les mettre à l'abri pour éviter la perte des cendres.
- Mettre les creusets au dessiccateur pour absorber l'humidité.
- Peser les creusets (P2).

1.4 Calcul et expression des résultats

La masse de matières organique brûlée est obtenue par l'expression suivante :

$$\%MO = \frac{((P1 - P0) - (P2 - P0))}{P1 - P0} \times 100 \dots \text{(III.11)}$$

% MO : pourcentage de la matière Organique

P0 : Poids du creuset vide (g)

P1 : Poids du creuset final (g)

P2: Poids du creuset contenant les cendres (g)

3 Analyse granulométrique

2.1 Principe de la méthode

L'analyse granulométrique est l'opération consistant à étudier la répartition des différents grains d'un échantillon, en fonction de leurs caractéristiques : poids, taille,... il existe plusieurs types d'analyse granulométrique, dans notre étude on s'intéresse à l'analyse granulométrique par tamisage

Cette méthode consiste à faire passer l'échantillon à travers une série de tamis de différentes mailles normalisées classées en ordre décroissant, la dimension de mailles et le nombre de tamis sont choisis en fonction de la nature de l'échantillon. Ensuite peser le refus de chaque tamis. A partir des normes de tamisage on pourra déduire les différentes classes du sédiment analysé.

2.2 Matériels et appareillage

- Série de Tamis série AFNOR (norme NF X 11-501 : dont les mailles sont respectivement (3150 µm, 2000 µm, 1600 µm, 1400µm, 1250µm, 1000 µm, 800 µm, 630µm, 500µm, 400µm, 315µm, 250µm, 180µm, 160µm, 125µm, 100µm, 80µm, 63µm, 50µm, 40µm.).
- Balance de précision de type ADVENTURER.
- Grandes boîtes de pétries en verre.
- Etuve ventilée de marque MEMMERT.
- Colonne vibrante de marque RETSCH.

2.3 Mode opératoire

- Etuver une quantité de sédiment a une température de 105 °C pendant 24 h dans des boîtes de pétries (**figure 18.a**).
- Peser 200g de chaque échantillon P1 (**figure 18.b**).
- Passés les échantillons sous un courant d'eau dans un tamis de 40µm de diamètre afin de soustraire les fractions fines (**figure 18.c**).
- Sécher à nouveau l'échantillon lavé, à 105 °C pendant 24 h
- Après séchage, on pèse les échantillon a nouveau et noté P2 (pour déterminer la **quantité de fraction pélique**).

Le taux des pélites est déterminé par l'expression suivante :

$$P \% = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100 \dots \text{(III.12)}$$

P1: Poids initial de l'échantillon.

P2: Poids sec de l'échantillon après rinçage

- Faire passer le sédiment à travers une série de tamis de maille décroissante et tamiser a l'aide d'une tamiseuse de fréquence 45 Hertz pendant 10 minutes (**figure 18.d**).
- A la fin de tamisage, peser le refus de chaque tamis (**figure 18.e**)

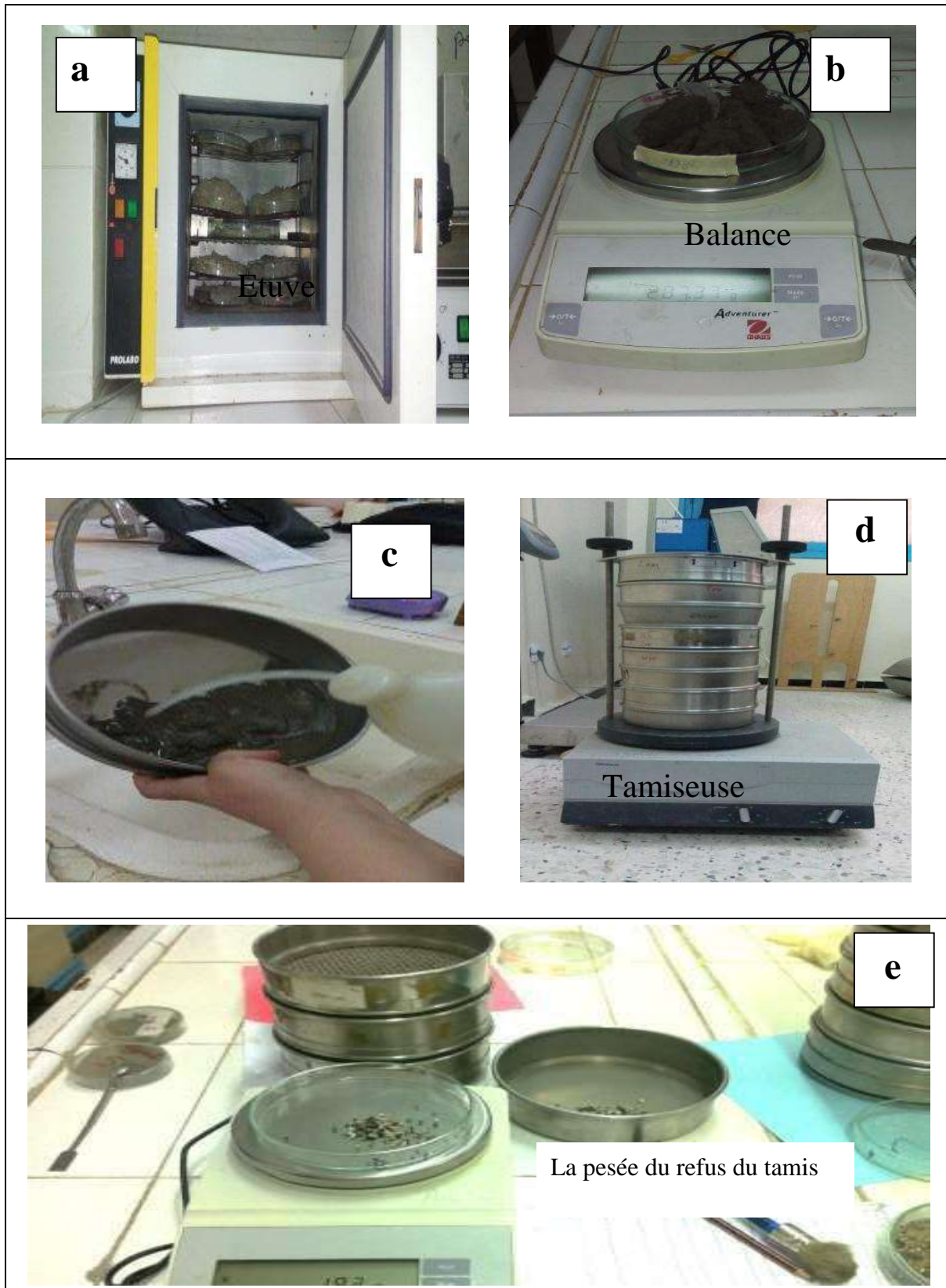


Figure18 : les étapes principales de la granulométrie.

2.4 Les paramètres et indices granulométriques

2.4.1 Les paramètres centraux ou de position

2.4.1.1 La médiane

La médiane est un paramètre clé, il correspond au diamètre du grain moyen dont l'ordonnée est à 50 % du poids total du sédiment échantillonné, elle est déduite aussi à partir de la courbe cumulative. La médiane est aussi le deuxième quartile Q_2 .

2.4.1.2 Les quartiles

- **Le 1^{er} Quartile Q_1** : Correspond au diamètre du grain représentant 25 % en poids total du sédiment.
- **Le 2^{ème} Quartile Q_2 (Médiane)** : est la taille pour laquelle il y a 50 % du matériel de taille supérieure et 50 % en dessous.
- **Le 3^{ème} Quartile Q_3** : Correspond au diamètre du grain représentant 75 % en poids total du sédiment.

Ces paramètres nous montrent la part des sédiments grossiers et des sédiments fins dans un échantillon (**Tableau 3**).

Tableau 3 : Classification des grains de sables (Folk et Ward, 1954)

Diamètre du grain	Classification
< 110 μm	Sable très fin
110-150 μm	Sable fin
150-200 μm	Sable moyen
200-500 μm	Sable grossier
>500 μm	Sable très grossier

2.4.2 Les indices granulométriques

2.4.2.1 Indice de classement de Trask ou indice de tri S_0 .

Appelé également indice de Trask (storting de Trask) et noté S_0 , Il indique la dispersion des tailles par rapport à la moyenne de l'échantillon (**Chamley, 1987**). Exprimé par la formule suivante :

$$S_0 = (Q75 / Q25)^{1/2} \dots \text{(III.13)}$$

Cet indice permet de faire un tri du sédiment selon les coupures adaptées par **Folk, 1966**. Les différentes classes de sédiment selon l'indice de Trask sont montrées dans le **tableau 4**

Tableau 4 : classement des sédiments selon l'indice de Trask S_0 . (Folk ,1966).

La valeur de S_0	classement
$S_0 < 1$	Sédiment très bien classé
$1 < S_0 \leq 2,5$	Sédiment bien classé
$2,5 < S_0 \leq 3$	Sédiment normalement classé
$3 > S_0 \leq 4$	Sédiment mal classé

2.4.2.2 Indice d'asymétrie ou indice de Skewnes (SK)

Cet indice indique le tri d'un sédiment par rapport à la médiane, il informe sur l'homogénéité et l'évolution du sédiment vers le grossier, ou vers le fin (Tableau 5). Il est exprimé par la formule suivante :

- Le Skewnes de Trask :

$$Sk = (Q25 * Q75)/(D50)^2 \dots (III.14)$$

Tableau 5 : classement des sédiments selon l'indice de Skewnes SK. (Folk ,1966).

La valeur de Sk	L'asymétrie
$Sk < 1$	Classement maximum vers les fines
$Sk=1$	symétrie est parfaite
$Sk > 1$	Classement maximum vers le grossier

Résultats et Discussion

IV) Résultats et discussion

Après avoir expliqué en détail les différentes méthodes et différents procédés utilisés lors de cette étude, nous passons à la discussion des résultats obtenus des différentes analyses effectuées sur l'eau et le sédiment superficiel de la plage ouest de Sidi Fredj.

Les résultats obtenus ont fait l'objet d'un traitement statistique par Microsoft Office Excel.

Pour la représentation des résultats nous avons élaboré des cartes à l'aide d'un outil du système d'information géographique (SIG) Arcgis version 10.2.2 et Google earth 2016.

1 Les paramètres physicochimiques

Les résultats des paramètres physicochimiques de littoral Ouest de Sidi Fredj sont résumés ci-dessous, sous forme de valeurs minimales, maximale, moyennes et écart-type. (**Tableau 6**)

Tableau 6 : résumé statistique des paramètres physicochimique de l'eau

	Température (°C)		salinité (PSU)		OD (mg/l)		pH	
	Sortie1	Sortie2	Sortie1	Sortie2	Sortie1	Sortie2	Sortie1	Sortie2
Maximum	26.5	17.67	35.1	33.03	8.26	8.2	8.09	7.66
Minimum	22.4	17.05	32.2	32.19	6.64	7.8	8.05	7.60
Ecart type	1.36	0.21	0.84	0.24	0.48	0.15	0.025	0.02
Moyenne	24.13	17.34	33.6	32.80	7.94	7.19	8.07	7.64

1.1 La température

Les valeurs des températures d'eau de surface enregistrées (**figure19**) lors de la 1^{ère} sortie varient de 22.4°C (S2) à 26.5°C (S6), avec une moyenne de 24.13°C et un écart type de 1.36. Et durant la 2^{ème} sortie les températures varient de 17.05° C (S1) à 17. 67°C (S6), avec une moyenne17.34°C et un écart type de 0.21.

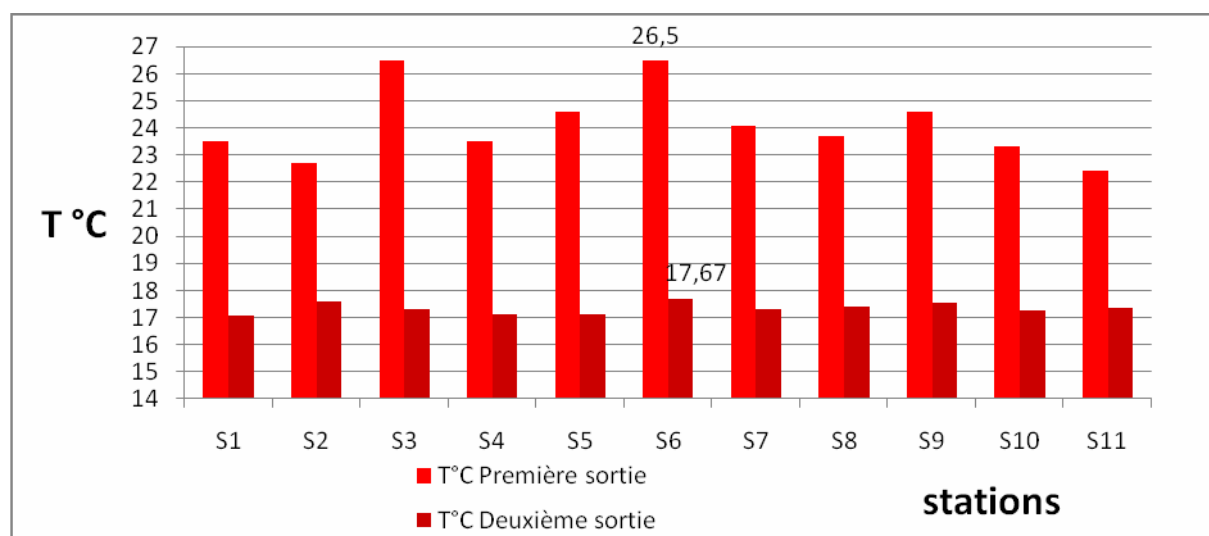


Figure 19 : Représentation graphique de la variation de la température

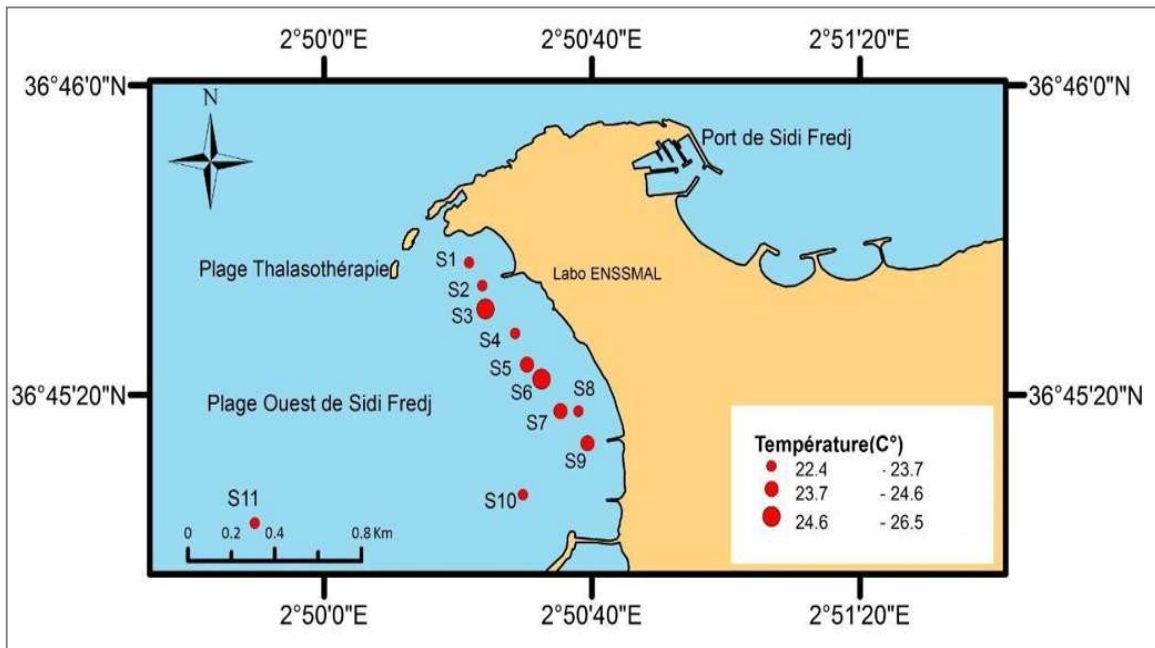


Figure 20 : Représentation cartographique de la variation de la température 1^{ère} sortie

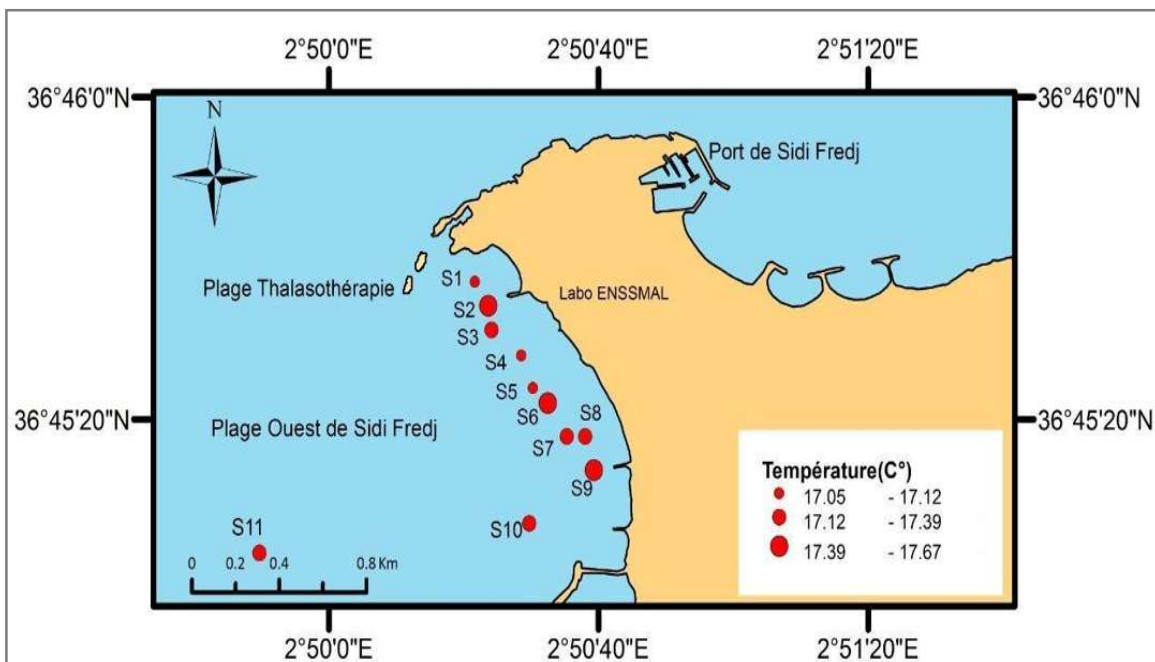


Figure 21 : Représentation cartographique de la variation de la température 2^{ème} sortie

Commentaire :

Dans les cartes établies (**figure 20**) et (**figure 21**), la température est représentée par des cercles rouges de diamètres proportionnels aux valeurs.

- Une différence entre les valeurs de la température enregistrées lors de la première sortie et celles enregistrées lors de la deuxième (les valeurs de la sortie 1 sont les plus élevées) car elles sont influencées par celles de l'air et sont en relation avec les conditions météorologiques car la couche superficielle est soumise à l'influence directe des échanges atmosphère-mer (**Rouibah M et al, 2005**).

En général les températures enregistrées restent normales et inférieures aux valeurs limites des rejets d'effluent liquide industriels et aux normes algériennes (inférieures à 30°C) (Jora, 2006).

1.2 La salinité

La mesure de la salinité (figure 22) montre une variation qui est comprise entre un minimum de 32.2 PSU (S3) et un maximum de 35.1 PSU (S2) avec une moyenne de 33.6 et un écart type de 0.83 lors de la 1^{ère} sortie. Et elles sont comprises entre 32.19 PSU (S6) à 33.03 PSU (S11) comme valeurs extrêmes minimales et maximales marquées respectivement et avec une moyenne de 32.80 et un écart-type 0.24 lors de la 2^{ème} sortie.

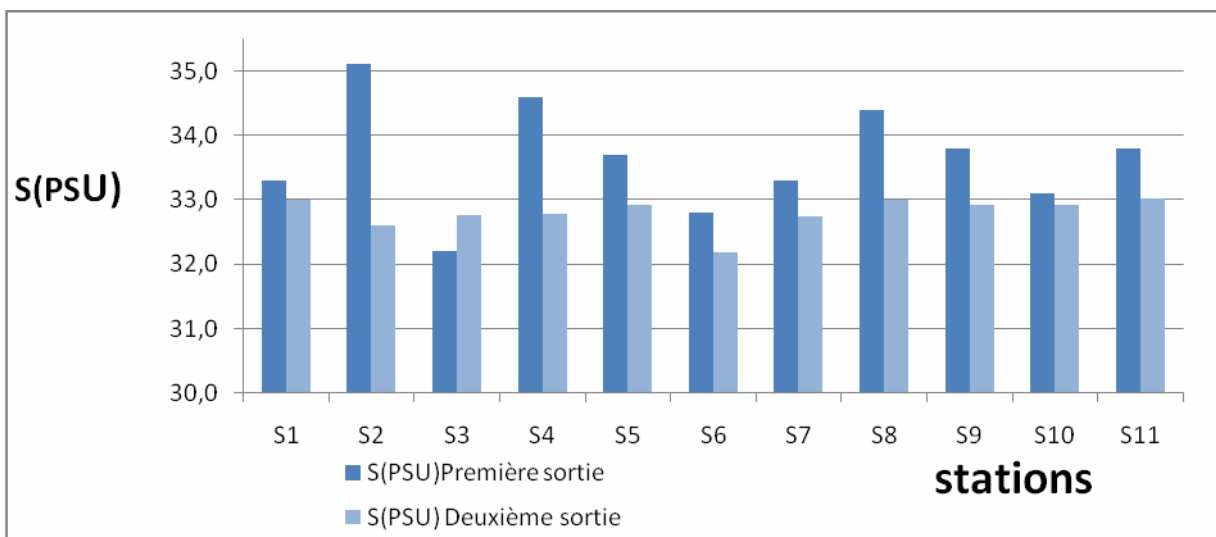


Figure 22 : Représentation graphique de la variation de salinité.

Figure 23 : Représentation cartographique de la variation de la Salinité 1^{ère} sortie

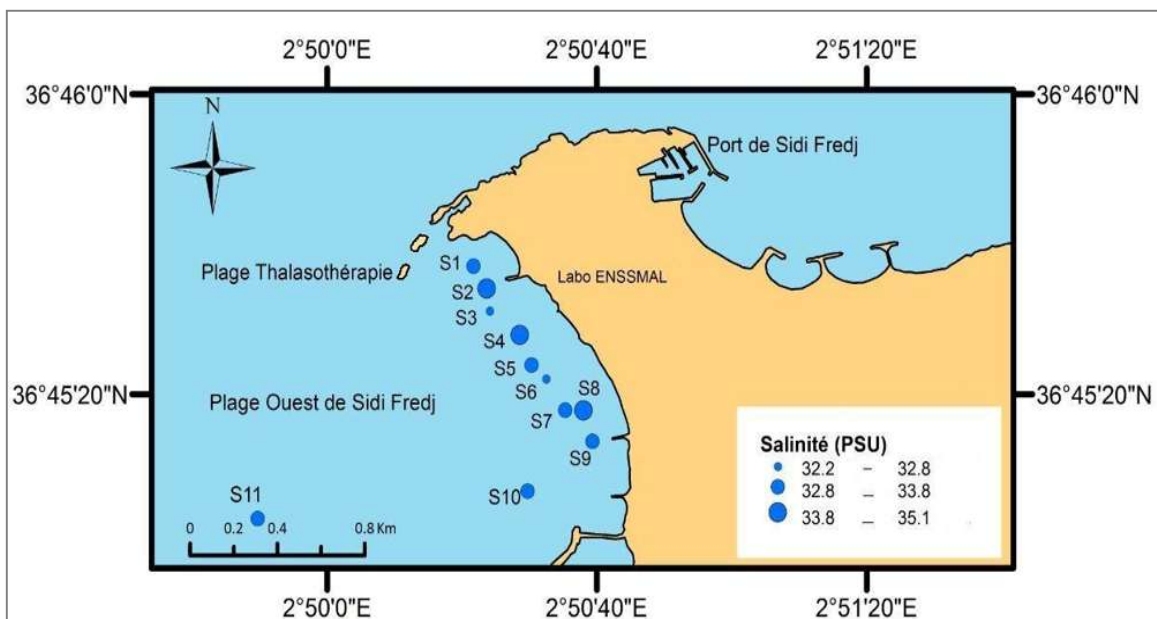
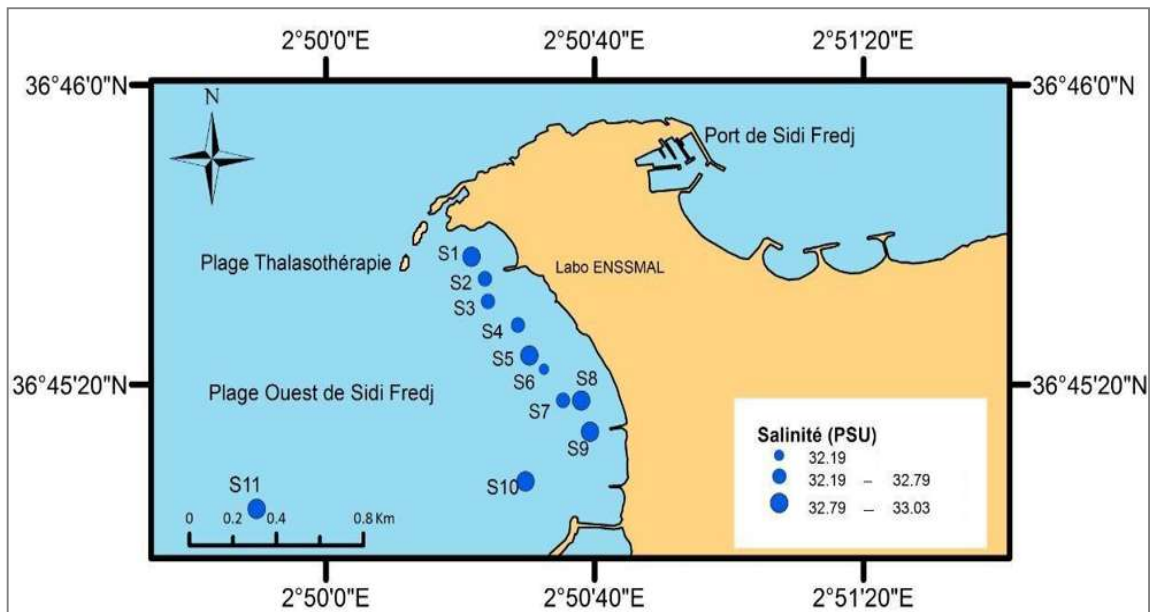


Figure 24 : Représentation cartographique de la variation de la Salinité 2^{ème} sortie.



Commentaire :

D’après les résultats enregistrés lors de la première et la deuxième sortie on trouve que les cercles bleus proportionnels aux valeurs de salinité sont relativement faibles (**figure 23**) et (**figure 24**), ceci ne peut être expliqué par les apports d’eau douce provenant des rejets de différentes sources et les eaux de ruissèlement qui déversent directement dans la plage.

Nous remarquons que la salinité lors de la 2^{ème} sortie est presque homogène dans toutes les stations et faible par rapport à la première puisque nous avons enregistré une précipitation avant la 2^{ème} sortie.

La salinité en méditerranée est comprise entre 37.8 et 39.39 PSU près des côtes (**Aminot et Chaussepied, 1983**). Donc on peut dire que les valeurs de salinité sont faibles par rapport à la norme.

1.3 Le potentiel d’hydrogène

Les valeurs de pH trouvées dans la plage ouest de Sidi Fredj lors de la première sortie varient dans un intervalle compris entre 8.04 (S1) et 8.08 (S4) avec une moyenne de 8.072 et écart type de 0.015. Lors la deuxième sortie les valeurs de pH varient de 7.5977 à 7.6572 avec une moyenne de 7.6445 et écart type de 0.02. (**Figure25**)

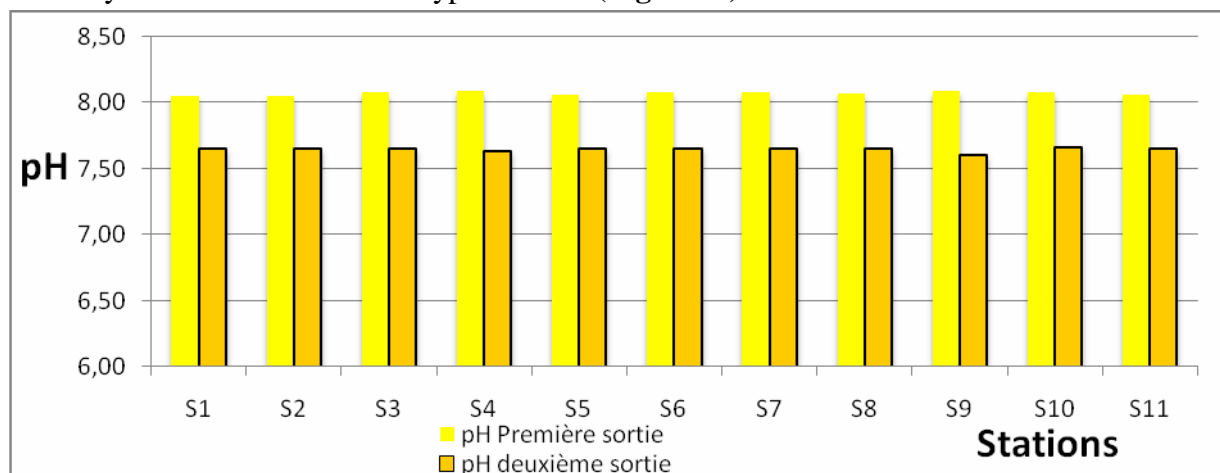


Figure 25 : Représentation graphique de la variation de Ph

Dans les cartes ci-dessous, les valeurs du pH sont représentées par des cercles jaunes de diamètres proportionnels aux valeurs du pH. (**Figure 26**) et (**Figure 27**)

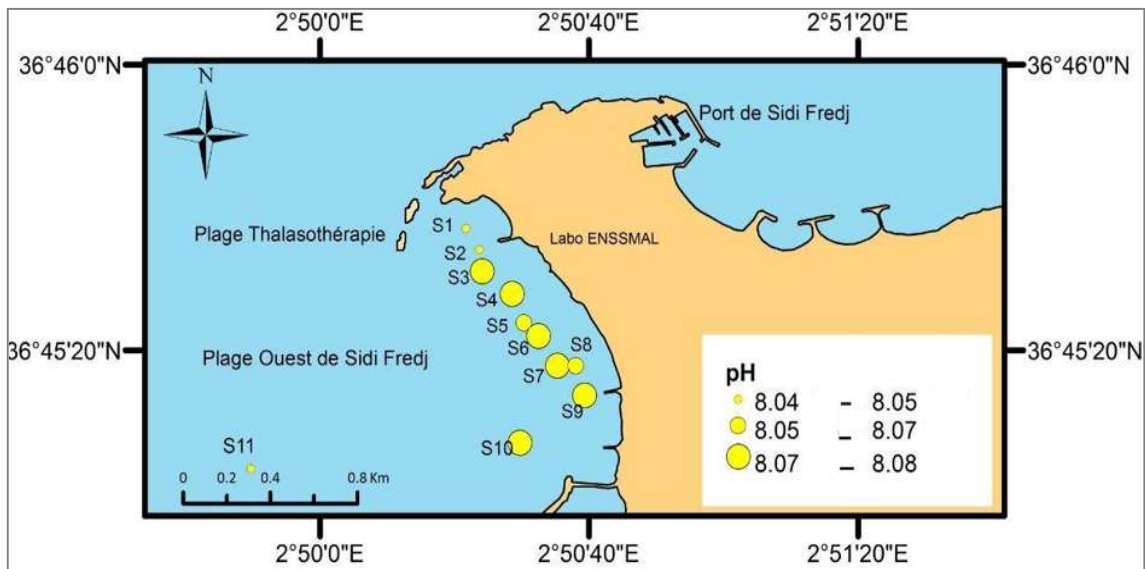


Figure 26: Représentation cartographique de la variation de pH 1^{ère} sortie

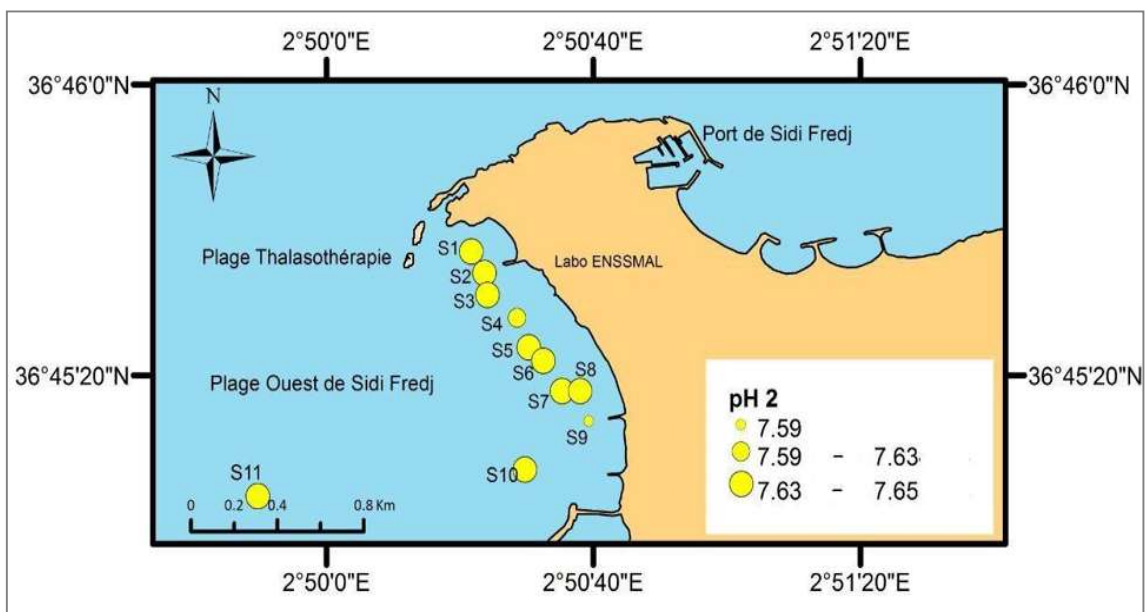


Figure 27: Représentation cartographique de la variation de pH 2^{ème} sortie

Commentaire :

Les valeurs du pH mesurées dans l'ensemble des stations (**figure 26**) indiquent une légère différence. Lors de la première sortie, la plus faible valeur est 8.04 (S1) où la présence du rejet du centre thalassothérapie.

La (**figure 27**) montre le pH au niveau de la plage ouest de Sidi Fredj. On remarque que les valeurs de pH lors de la deuxième sortie sont faibles par rapport à la 1^{ère} sortie, ceci peut être expliqué par les apports d'eau douce et les eaux de ruissellement provenant des différents rejets. La valeur la plus faible est localisée à la station (S6) 7.60 (présence d'un rejet d'eau domestique).

1.1 L'oxygène dissous

La concentration en oxygène dissous lors de la 1^{ère} sortie varie entre 6.64 mg/l (S3) et 8.26 mg/l (S5) avec une moyenne de 7.94 mg/l et un écart type 0.48, et lors de la 2^{ème} sortie les teneurs sont entre 7.8 mg/l comme valeur minimale (S3) et 8.2 mg/l teneur maximale (S10) avec une moyenne de 7.19 mg/l et un écart type de 0.15 (Figure 28).

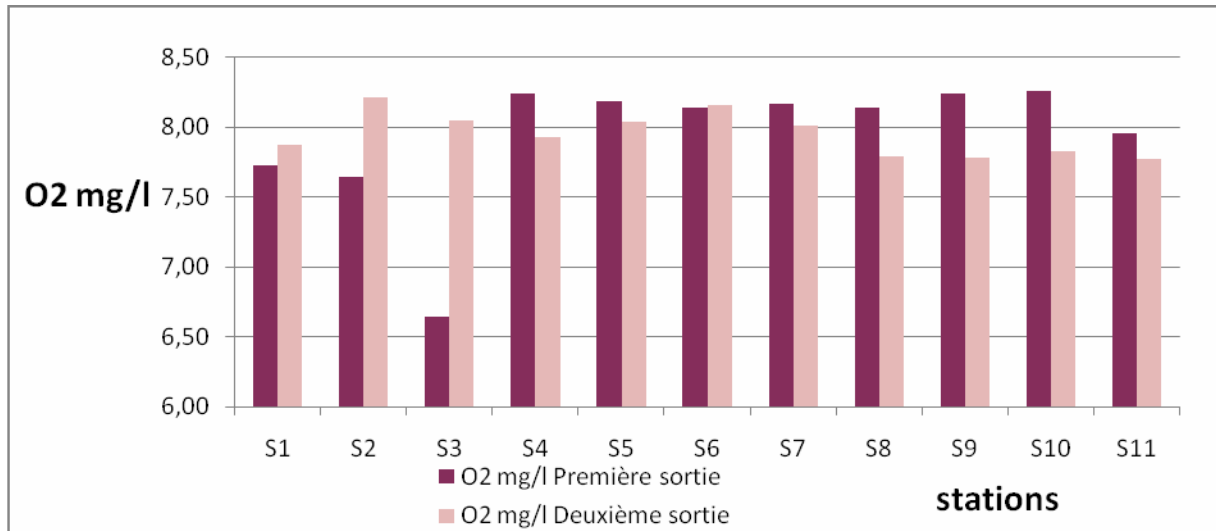


Figure 28 : Représentation graphique de la variation d'oxygène dissous

Dans les cartes ci-dessous, les concentrations de l'oxygène dissous sont représentées par des cercles de diamètres proportionnels aux teneurs en OD. (Figure 29) et (Figure30)

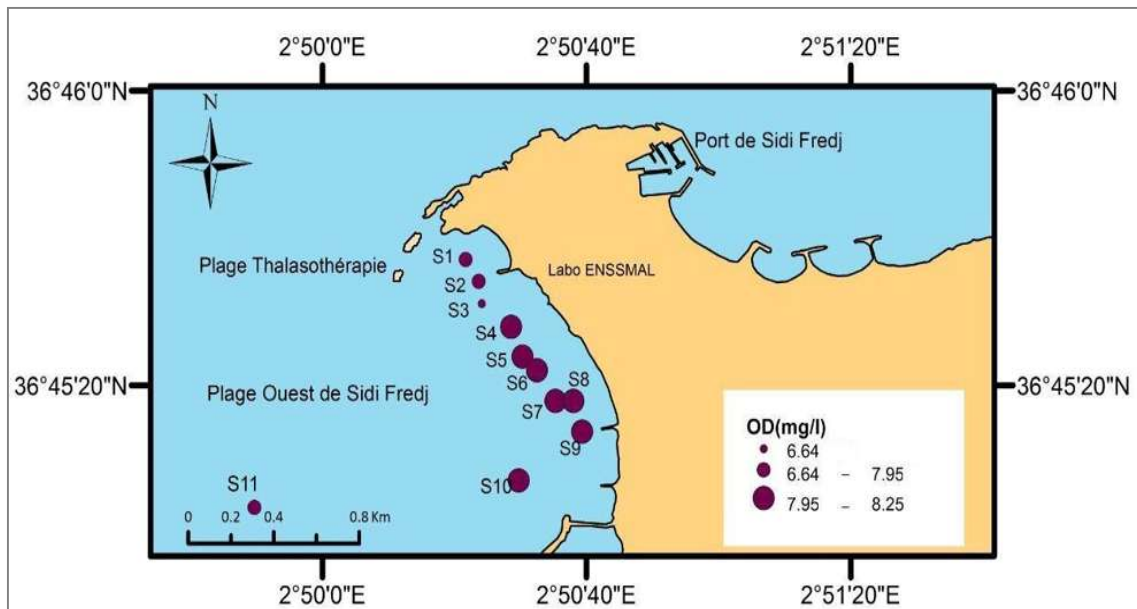


Figure 29 : Représentation cartographique de la variation de la concentration de l'oxygène dissous 1^{ère} sortie

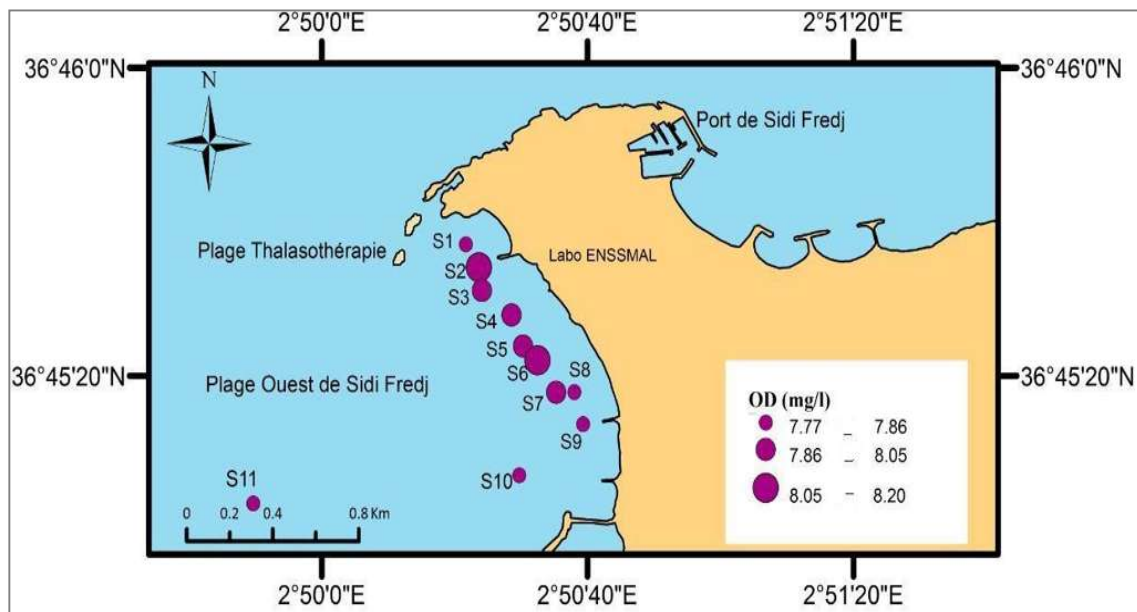


Figure 30 : Représentation cartographique de la variation de la concentration de l'oxygène dissous 2^{ème} sortie

Commentaire :

La présentation de la concentration d'oxygène dissous lors de la première sortie (**figure 29**) montre que la faible valeur 6.64 (mg/l) se trouve en face du laboratoire de recherche ENSSMAL (S3) ceci peut être expliqué par l'apports d'eau polluée (usées) conduisant à la dominance du phénomène d'oxydation. Les plus fortes valeurs sont localisées dans les S4,S5,S6,S7,S9,S10,S11, ces fortes valeurs peuvent être expliquées par l'activité photosynthétique importante dû à la présence du phanérogame *Posidonia oceanica* qui produit de l'oxygène.

Pour la deuxième sortie la (**figure 30**) montre que les fortes valeurs sont localisées dans les S2 (8.2mg/l), S6 (8.15mg/l) ces fortes valeurs peuvent être expliquées par l'activité photosynthétique.

2 Paramètres indicateurs de la pollution

2.1 Matières en suspension

Les résultats obtenus durant notre étude révèlent des concentrations très diversifiées entre un minimum de 0 mg/l (S11) et un maximum de 40.5 mg/l (S5), avec une moyenne de 33.2 mg/l et un écart type de 11.4. Et lors de la 2^{ème} sortie les valeurs de MES varient entre 4.2 (mg/l) au niveau de la S11 et de 69.6 (mg/l) au niveau de la station S10 avec une moyenne de 38.845 (mg/l) et un écart type de 19.1. (**Figure 31**)

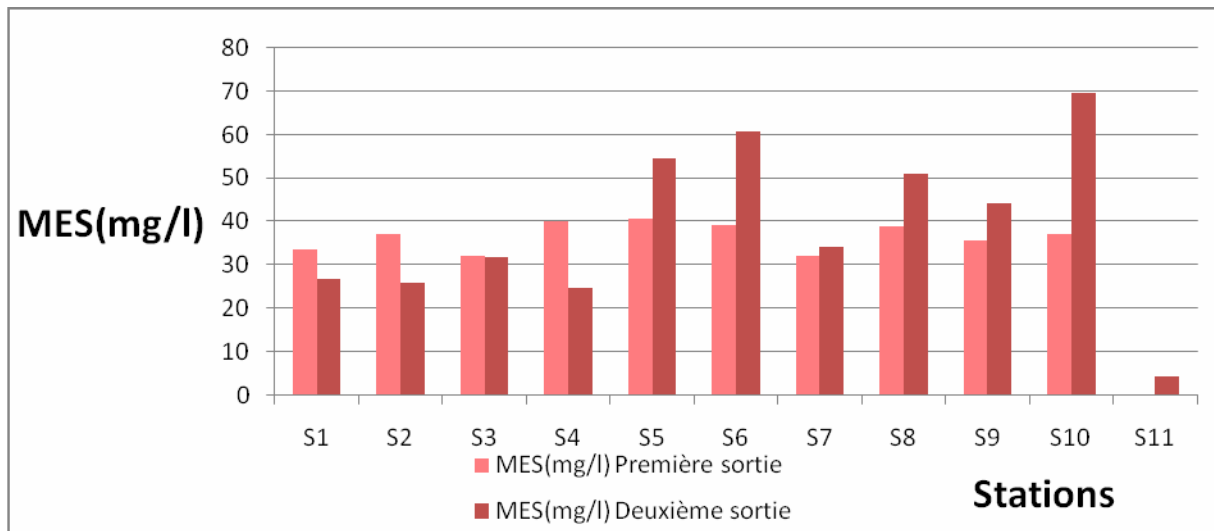


Figure 31: Représentation graphique de la variation de teneur en MES (mg/l)

Les cartes ci-dessous, présentent la concentration de la MES par des cercles roses de diamètres proportionnels aux valeurs de la MES (figure 32) et (figure 33).

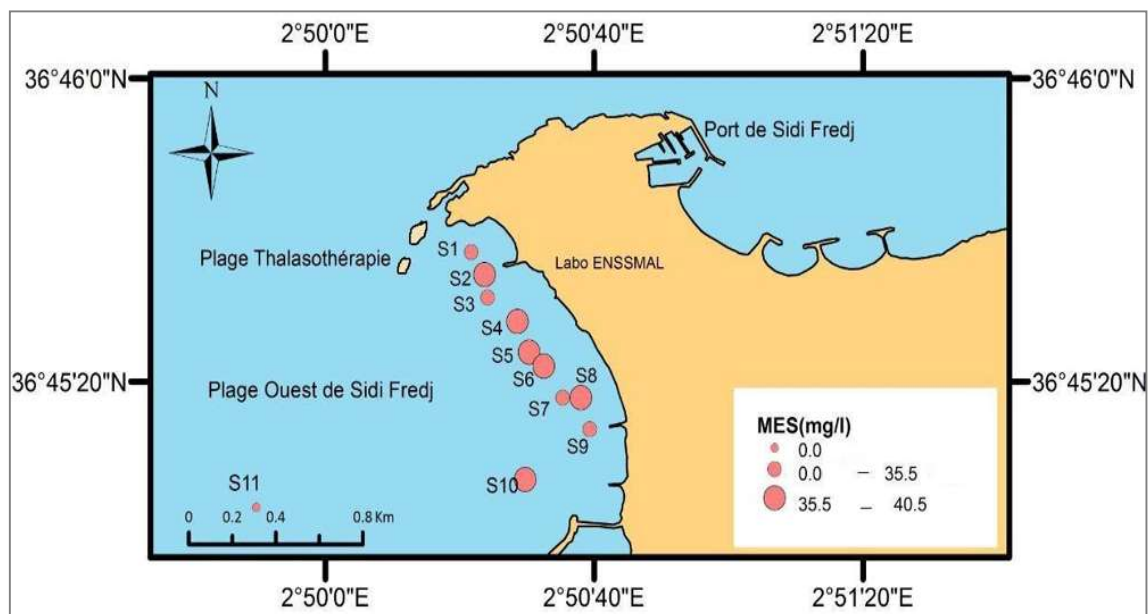


Figure 32 : Variation spatial des teneurs de MES (mg/l) 1^{ère} sortie.

Commentaire :

Ces résultats montrent une hétérogénéité et les concentrations en matières en suspension enregistrées lors des deux sorties sont très supérieures à la norme qui est de l'ordre de 0.5 à 5 mg/l en milieu côtier (Aminot et Chaussepied, 1983)

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau des stations (2, 4, 5, 6, 8, 9, 10) situées près de la côte par contre en s'éloignant vers le large S11 sa concentration devient très faible 0 mg/l dans la 1^{ère} sortie (figure 32), malgré que la période de prélèvement au niveau de la zone d'étude a été marquée par une faible agitation de la mer donc cela peut être dû au déversement d'égouts et les rejets d'eaux usées rejetés par les habitants de Sidi Fredj.

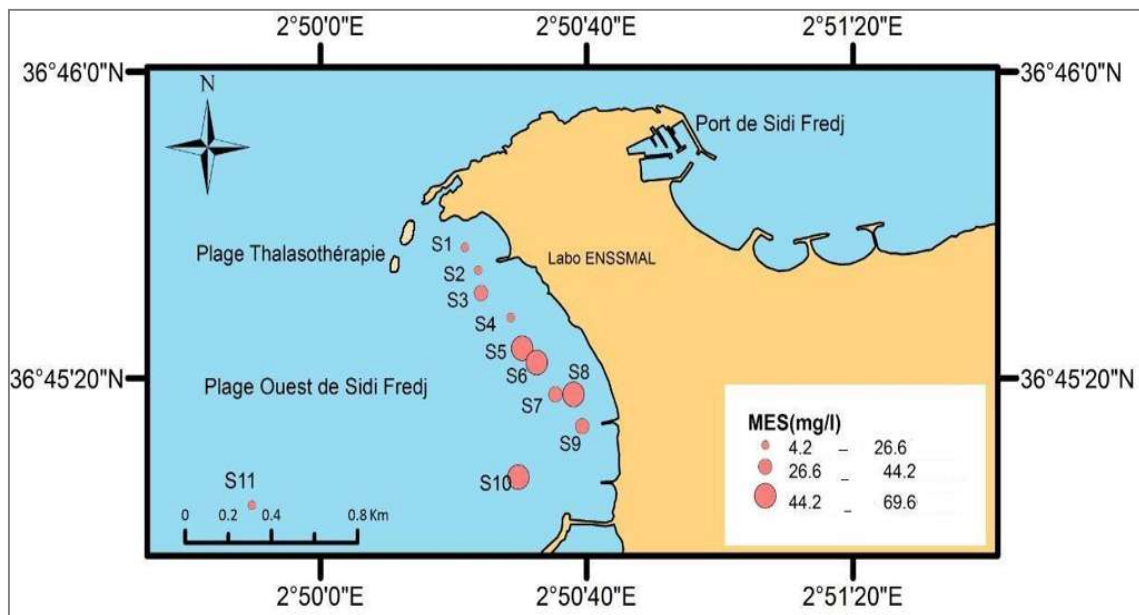


Figure 33: Variation spatiale des teneurs de MES (mg/l) 2^{ème} sortie.

La répartition des concentrations en MES lors de la 2^{ème} sortie (figure 33) montre que les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau des stations S (5, 6, 8, 10). La mer était agitée donc ces fortes valeurs peuvent être expliquées par l'influence de l'état de la mer et les apports continentaux.

La plus faible valeur est enregistrée au niveau de S11 (station de large) lors de la première sortie (0 mg/l), et 4.2 (mg/l) lors de la deuxième sortie car elles se situent au large loin de la côte, ces dernières valeurs sont dans la norme.

2.2 Matière Organique Particulaire (MOP) dans l'eau

Lors de la première sortie la teneur en matières organiques suit celle de la MES et oscille entre un minimum de 0 mg/l (S11) et un maximum de 39.4 mg/l avec une moyenne de 28.32 mg/l et un écart type de 10.15 et lors de la 2^{ème} sortie la MOP varie entre un minimum de 1.6 mg/l et un maximum de 36 mg/l avec une moyenne 23.72 mg/l et un écart type 8.82. (Figure 34)

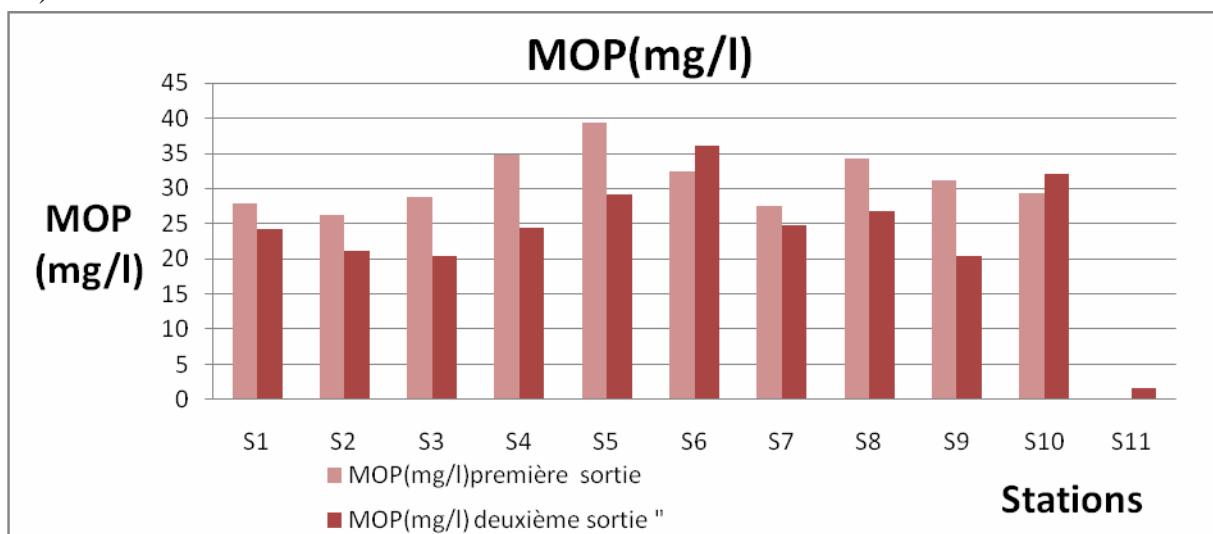


Figure 34: représentation graphique de variation des teneurs en MOP

Les cartes ci-dessous, présentent la concentration de la MOP dans l'eau par des cercles rouges de diamètres proportionnels aux valeurs de la MOP. (Figure 35) et (Figure36).

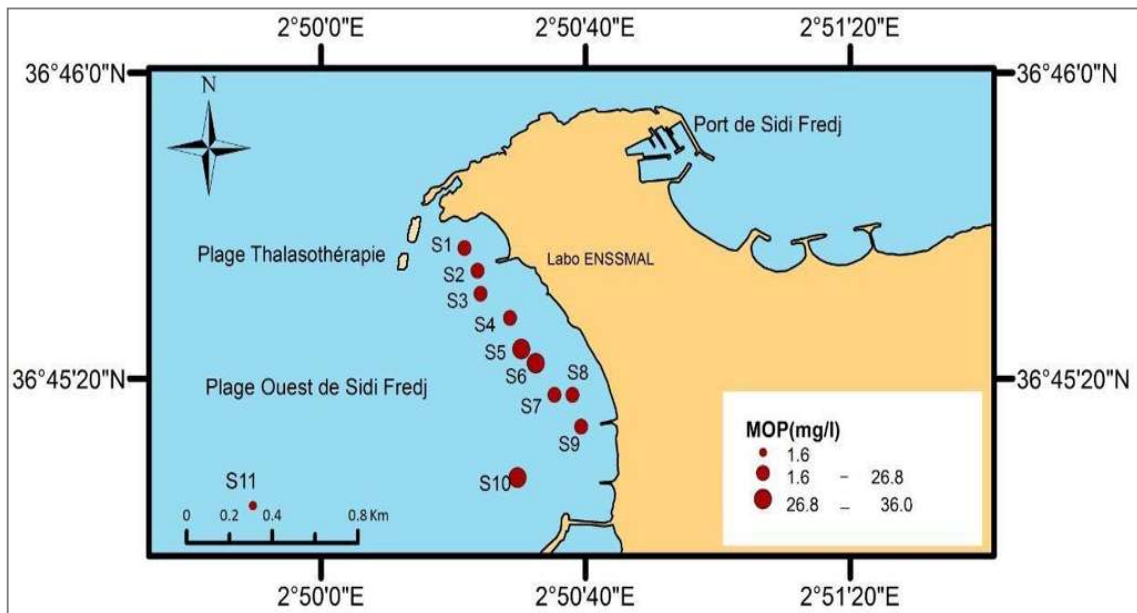


Figure 35 : Variation spatiale du pourcentage de la MOP 1^{ère} sortie

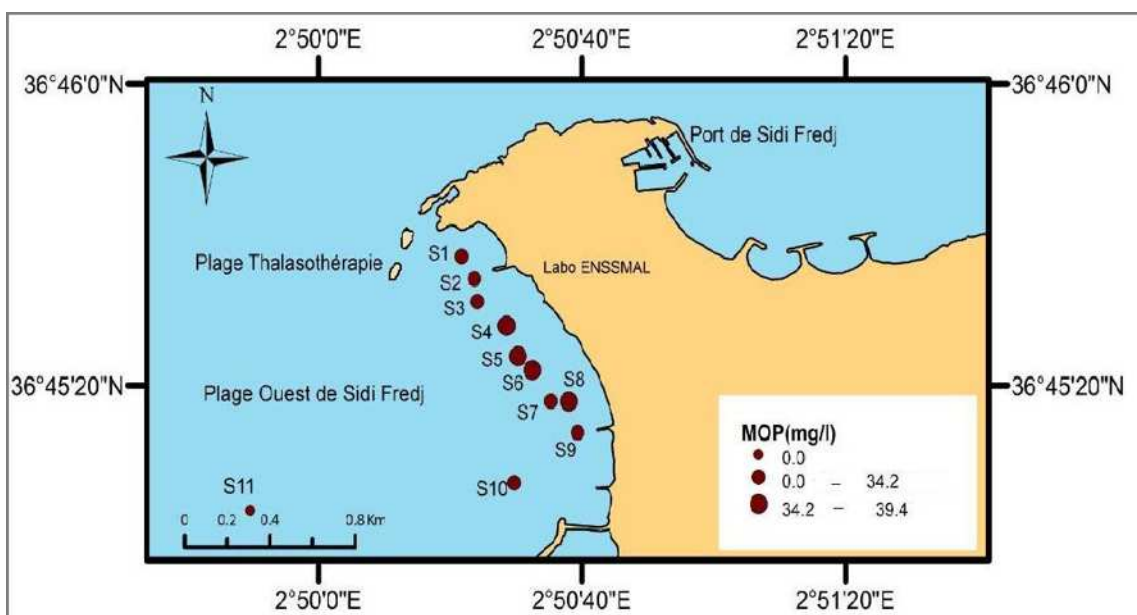


Figure 36 : Variation spatiale du pourcentage de la MOP 2^{ème} sortie.

Commentaire :

La répartition de la matière organique particulaire dans cette zone montre des valeurs proportionnelles aux valeurs de la MES avec des valeurs plus au moins proches, ce qui montre que l'essentiel de la MES est composée de la MOP. (Figure 35) et (Figure 36)

2.3 Taux de matière organique dans le sédiment (% M.O sédiment)

Lors de la première sortie, les teneurs en matières organique dans le sédiment superficiel varient entre un minimum de 0.27% (S2, S8) et un maximum de 0.44% (S4, S11), avec une moyenne de 0.36% et un écart type de 0.08. Et lors de la sortie2, les teneurs en matières organique dans le sédiment superficiel varient entre un minimum de 0.4% (S2, S8) et un maximum de 1.1% (S4, S11), avec une moyenne de 0.7% et un écart type de 0.3. (Figure 37)

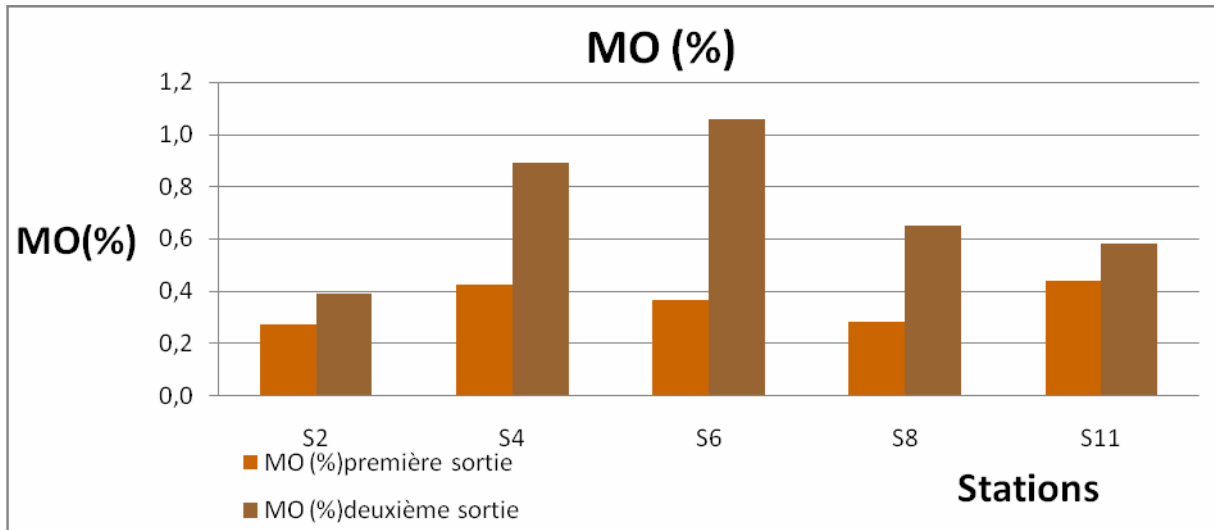


Figure 37 : Représentation graphique du pourcentage de la MO

Les cartes ci-dessous, présentent le pourcentage de la MO dans les sédiments par des cercles de diamètres proportionnels au taux de la MO. (Figure 38) et (Figure 39).

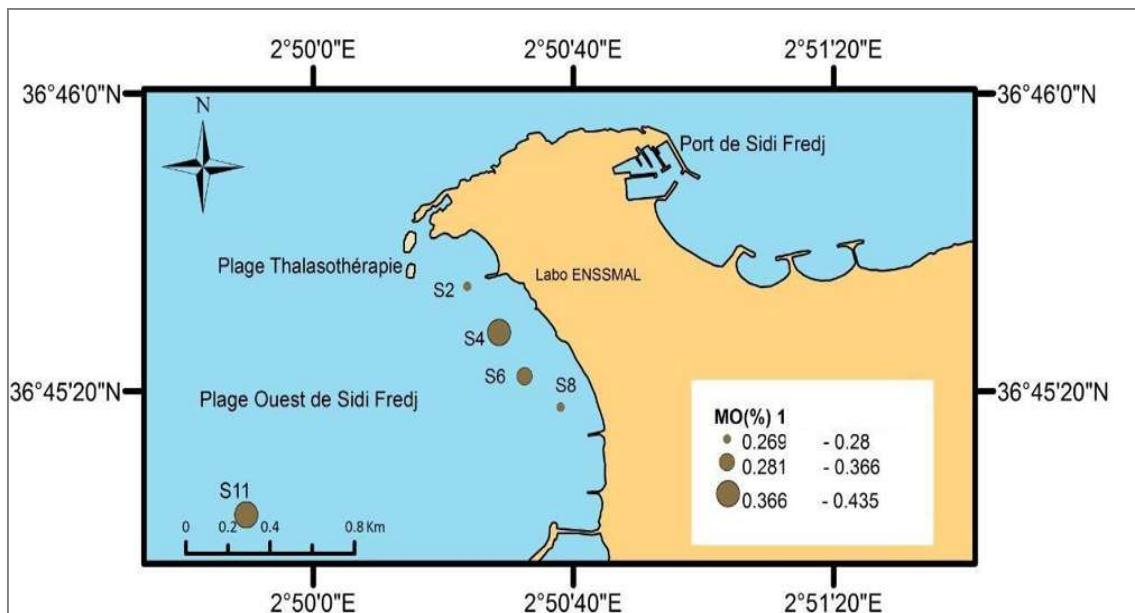


Figure 38 : Représentation cartographique du pourcentage de la MO1^{ère} sortie.

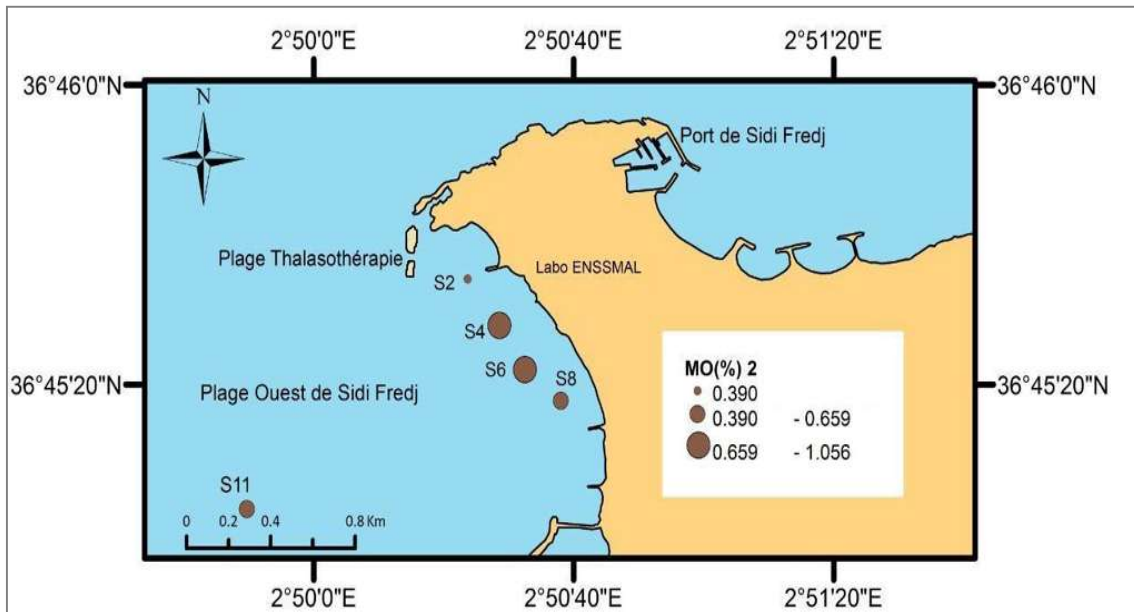


Figure 39 : Représentation cartographique du pourcentage de la MO 2^{ème} sortie.

Commentaire :

D’après Chamley (1987), les teneurs dépassant 1 % sont considérées pour la mer Méditerranée comme très élevées. Les taux de matière organique obtenus durant les deux sorties montre que les valeurs ne dépassent pas la norme 1% à part une valeur maximale est enregistrée au niveau de la station 6 lors de la 2^{ème} sortie caractérisée par un sable grossier riche en débris de coquilles

2.4 Chlorophylle A

Dans les eaux du littoral ouest de Sidi Fredj, les concentrations de la chlorophylle a lors de la 1^{ère} sortie varient entre un minimum de 0.15µg/l (S2) et un maximum de 0.81µg/l (S5) avec une moyenne de 0.56µg/l et un écart type de 0.18. Alors pour la 2^{ème} sortie les concentrations de la chlorophylle a varient entre un minimum de 0,0µg/l (S10,S5) et un maximum de 0.54µg/l (S4) avec une moyenne 0.09µg/l et un écart type 0.15.(Figure 40)

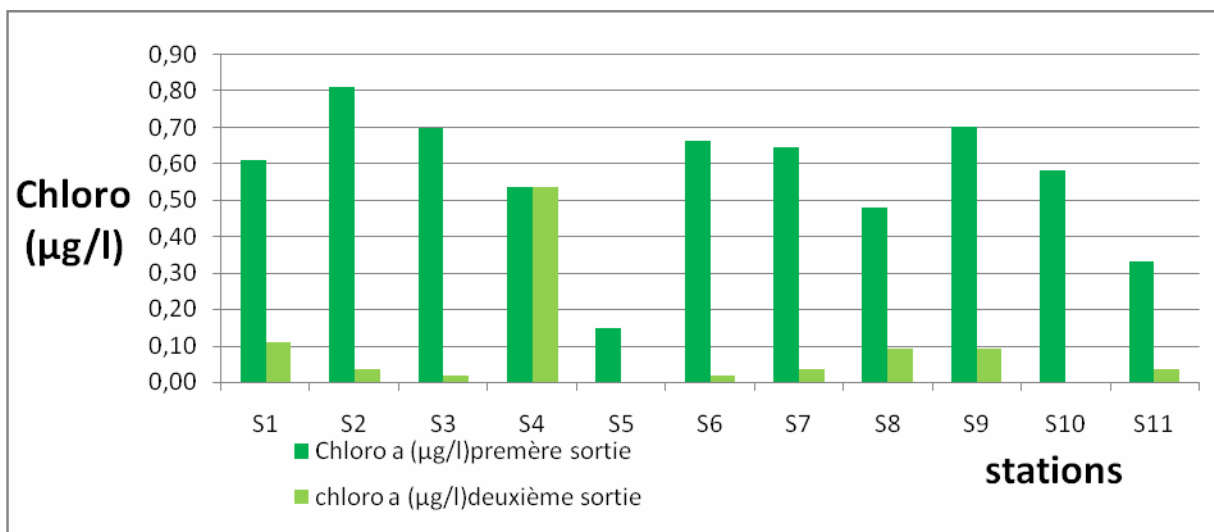


Figure 40 : Représentation graphique de variation de concentrations de la chlorophylle a (µg/l)

Les cartes ci-dessous, présentent le pourcentage de la MO dans les sédiments par des cercles de diamètres proportionnels au taux de la MO. (**Figure 41**) et (**Figure 42**).

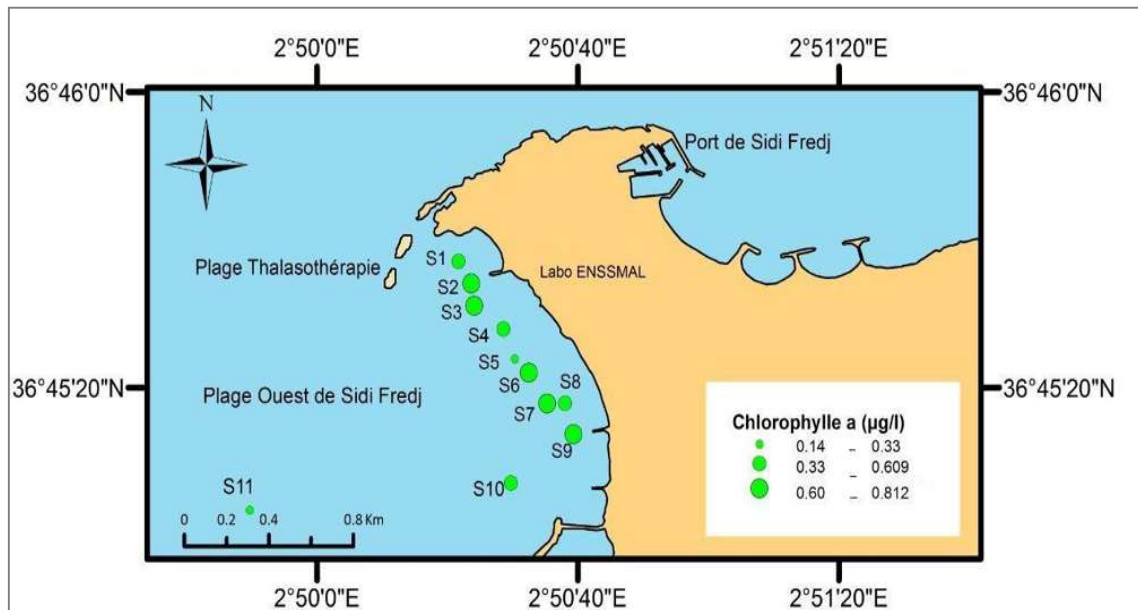


Figure 41: Représentation cartographique de variation de concentrations de la chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$) 1^{ère} sortie.

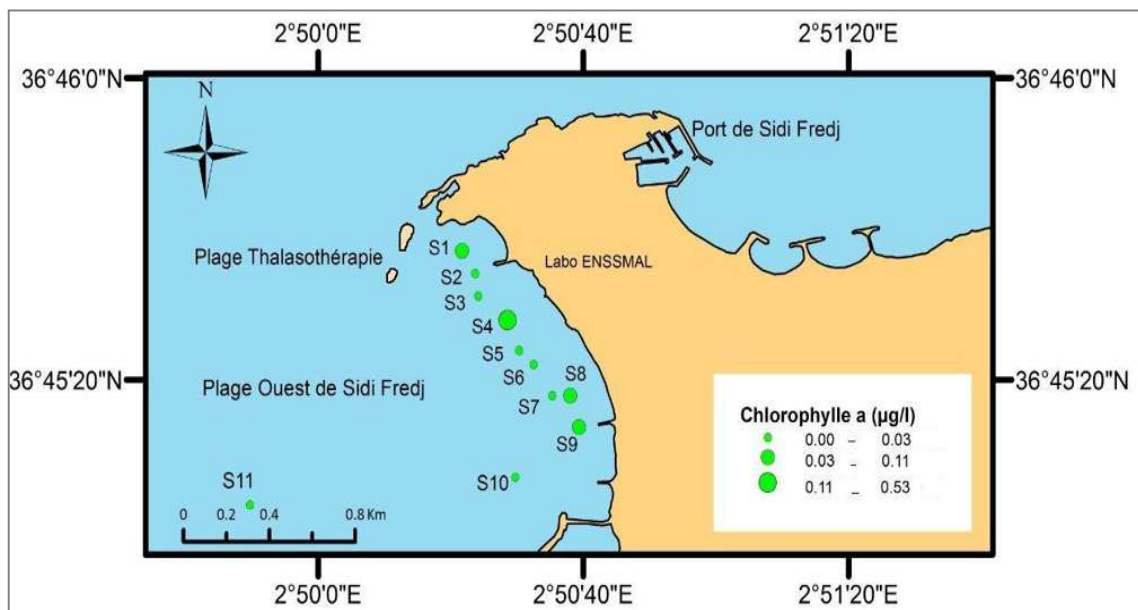


Figure 42: Représentation cartographique de variation de concentrations de la chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$) 2^{ème} sortie

Commentaire :

Selon Aminot et Kérouel, 2004, la mer Méditerranée est plus pauvre en nutriments donc des concentrations de quelques microgrammes par litre apparaissent déjà comme élevées. D'après la carte de répartition des concentrations de chlorophylle a (**figure 41**) en remarque que la concentration maximale est enregistr e au niveau de la station S2 lors de 1^{ère} sortie .Cette concentration élever est due probablement à la forte activité photosynthétique.

L'apport anthropiques des sels minéraux nutritifs, qui enrichisse fortement le milieu explique cette fortes concentration. Cette dernière pourraient être due aussi aux faibles concentrations cellulaires phytoplanctonique qui assure la dégradation de la chlorophylle a.

2.5 Les sels nutritifs

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

Tableau 7: Valeurs minimales, maximales, moyennes et l'indice d'irrégularité des sels nutritifs des eaux de surface du littoral Ouest de Sidi Fredj.

Sorties	[NO ₃ ⁻] (µmol/l)		[N0 ₂ ⁻] (µmol/l)		[P0 ₄ ³⁻] (µmol/l)		[Si0 ₂ ⁻] (µmol/l)	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Min	0.17	0.13	0.02	0.09	0.27	0.12	0.13	0.14
Max	0.49	0.22	0.08	0.06	0.98	0.38	0.28	1.65
Ecart type	0.11	0.03	0.02	0.01	0.23	0.08	0.06	0.53
Moyenne	0.34	0.19	0.05	0.08	0.64	0.29	0.19	0.89

2.5.1 Les Nitrates « NO₃⁻ » (µmol/l)

Les valeurs de la concentration des nitrates dans les eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj, lors de la 1^{ère} sortie varient entre un minimum de 0.17 µmol/l (S5) et un maximum de 0.49 µmol/l (S9), avec moyenne 0.34 et un écart type de 0.11. Alors pour la 2^{ème} sortie nous avons trouvées des valeurs qui varient entre un minimum de 0.12 µmol/l (S1) et un maximum de 0.22µmol/l (S12), avec une moyenne de 0.18µmol/l et un écart type de 0.02. (**Figure 43**)

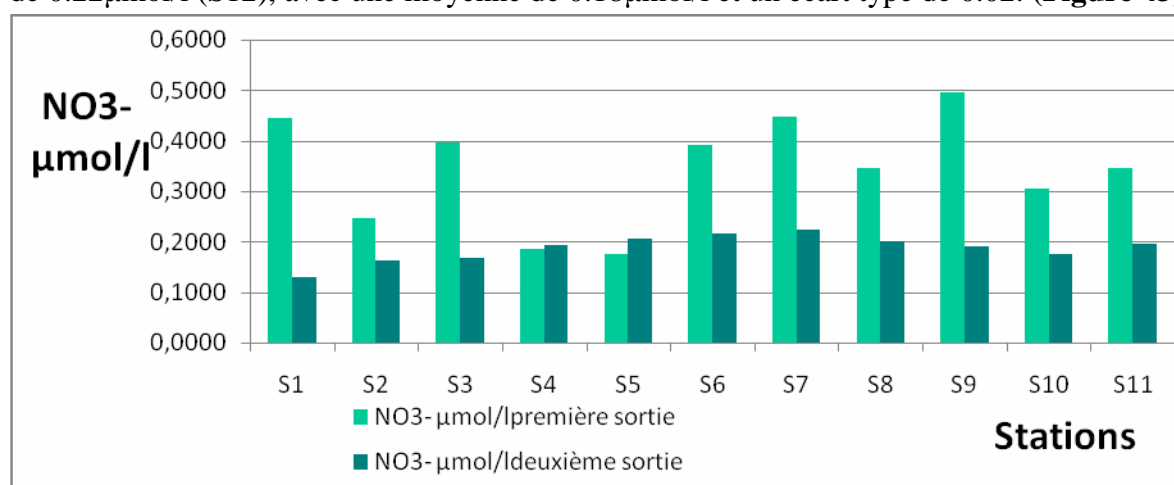


Figure 43: Représentation graphique de variation de concentrations des Nitrates (µmol/l)

La carte ci-dessous, présente la concentration des Nitrates ($\mu\text{mol/l}$) par des cercles de diamètres proportionnels aux valeurs lors de la 1^{ère} sortie. (**Figure 44**)

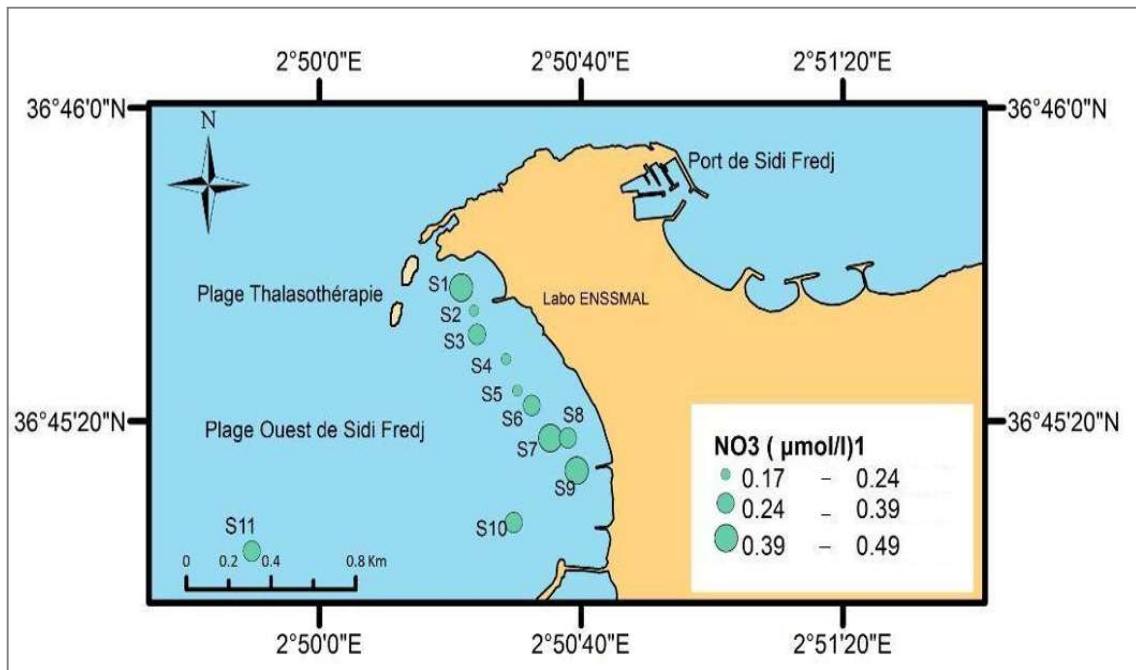


Figure 44: Représentation cartographique de variation de concentrations des Nitrates ($\mu\text{mol/l}$) 1^{ère} sortie.

Commentaire :

Dans les zones côtières, l'influence des apports continentaux est particulièrement marquée sur les concentrations en nutriments.

Les concentrations sont faibles presque au niveau de toute la zone. Ceci peu être expliqué par le résultat du mélange des eaux, les valeurs enregistrées des nitrates lors de la 1^{ère} sortie sont assez faible que les valeurs de la 2^{ème} sortie.

2.5.2 Les Nitrites « NO₂⁻ » ($\mu\text{mol/l}$)

Selon les résultats obtenus on remarque que les teneurs en nitrite lors de la 1^{ère} sortie varient entre 0.018 $\mu\text{mol/l}$ (S9) et 0.087 $\mu\text{mol/l}$ (S6) avec un moyenne 0.049 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type 0.018 et lors de la 2^{ème} sortie les teneurs en nitrites sont comprises entre un minimum de 0.06 $\mu\text{mol/l}$ (S11) et un maximum de 0.089 $\mu\text{mol/l}$ (S12), avec une moyenne de 0.07 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type de 0.01.(**Figure 45**)

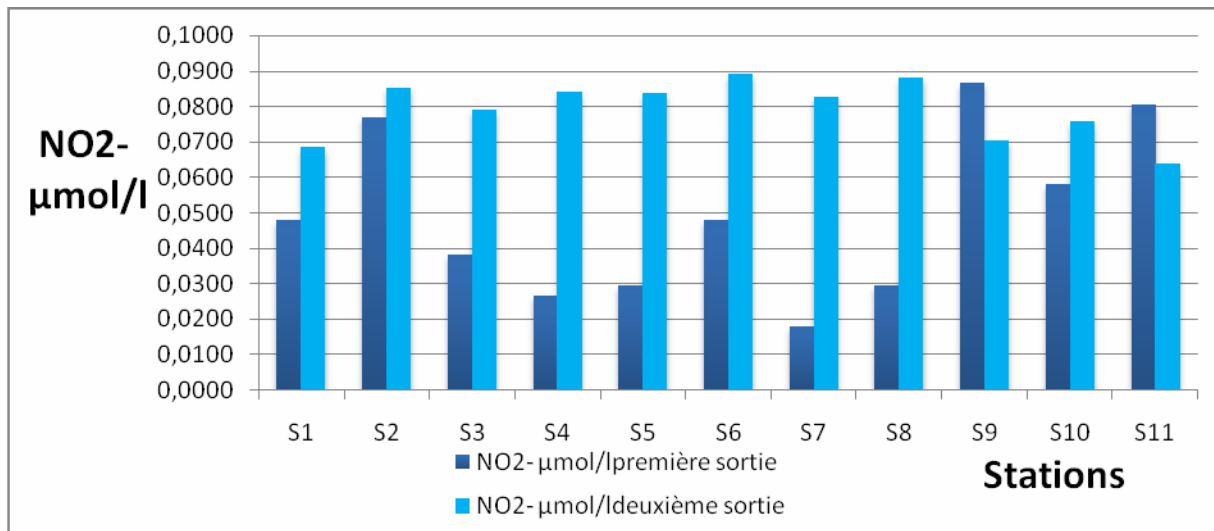


Figure 45: Représentation graphique de variation de concentrations des Nitrites (µmol/l)

La carte ci-dessous, présente la concentration des Nitrites (µmol/l) par des cercles de diamètres proportionnels aux valeurs lors de la 1^{ère} sortie. (Figure 46)

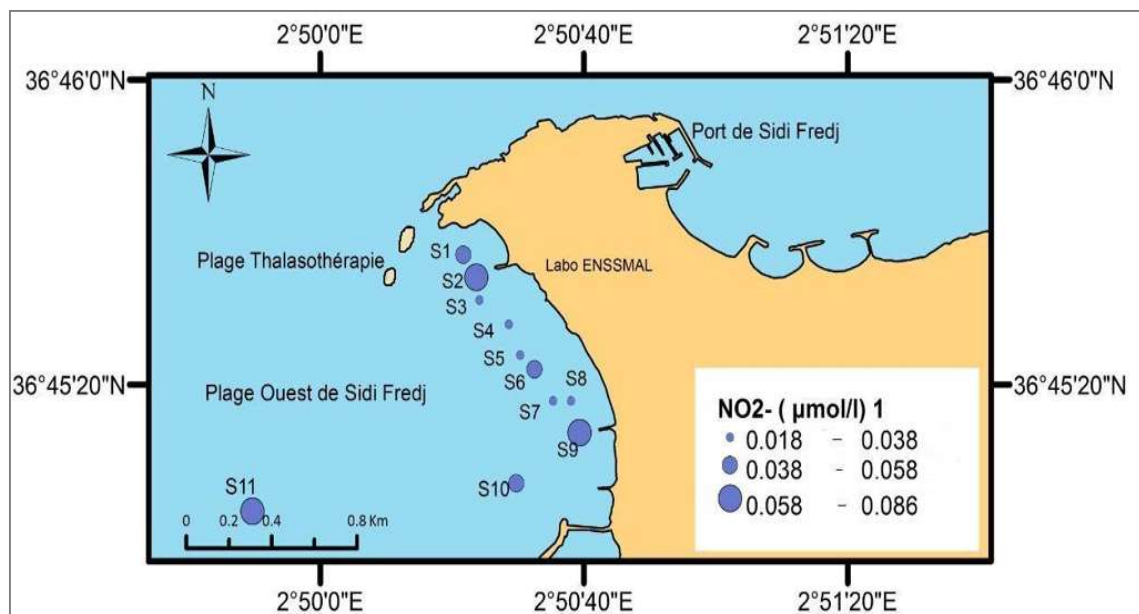


Figure 46: Représentation cartographique de variation de concentrations des Nitrites (µmol/l) 1^{ère} sortie.

Commentaire :

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

Les concentrations en nitrites sont faibles sur toute la surface de la zone d'étude (les concentrations de la 1^{ère} sortie sont faibles par rapport à la 2^{ème} sortie) avec des moyennes qui sont respectivement de l'ordre de 0.049 µmol/l et de 0.079µmol/l et des écart-types, de l'ordre de 0.024 et 0.008.

Ces faible valeurs peuvent être dues au fait que le nitrite est un élément instable en mer ; il est en phase intermédiaire entre l'ammonium et le nitrate. En présence d'oxygène dissous, les nitrites s'oxydent en nitrates par les bactéries nitrifiantes, de même que dans le système en état d'oligotrophie, les nitrites sont consommés par le phytoplancton cela peut être traduire aussi par l'absence de source de pollution en nitrite.

2.5.3 Les orthophosphates « PO₄⁻³ »

Les résultats obtenus pour les orthophosphates pendant la 1^{ère} sortie montrent une gamme de concentration qui varie entre un minimum de 0.27 µmol/l (S7) et un maximum de 0.97 µmol/l (S5), avec une moyenne de 0.65 µmol/l et un écart type de 0.22 et les résultats obtenus

Pendant la 2^{ème} sortie, les valeurs sont comprises entre un minimum de 0.117 µmol/l (S1) et un maximum de 0.380 µmol/l (S4), avec une moyenne de 0.296 µmol/l et un écart type de 0.082. (Figure 47)

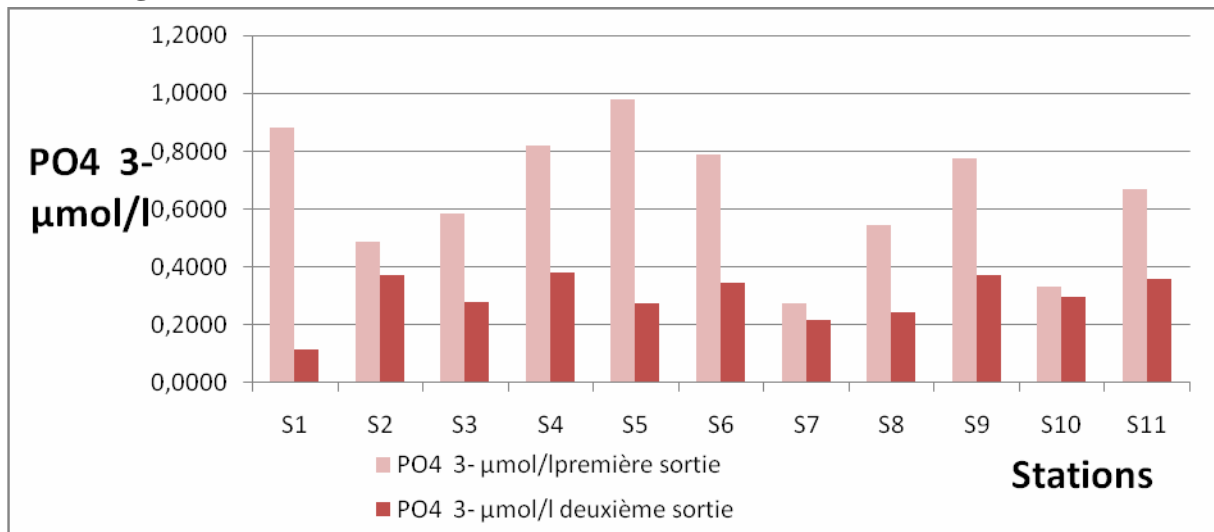


Figure 47 : Représentation graphique de variation de concentrations des Orthophosphates (µmol/l)

La carte ci-dessous, présente la concentration des Orthophosphates (µmol/l) par des cercles de diamètres proportionnels aux valeurs lors de la 1^{ère} sortie. (Figure 48)

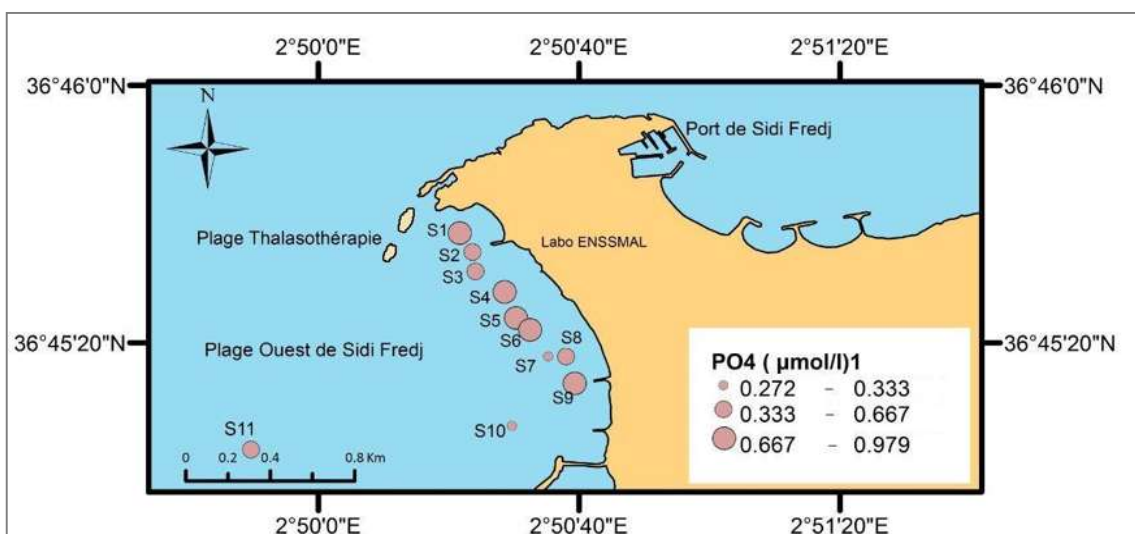


Figure 48: Représentation cartographique de variation de concentrations des Orthophosphates (µmol/l) 1^{ère} sortie.

Commentaire :

Les teneurs en phosphates trouvées dans l'ensemble des stations sont faibles. Ces faibles teneurs peuvent être expliquées par le phénomène d'assimilation de cet élément par le phytoplancton et elles dépendent des phénomènes physiques (mélanges, adsorption, diffusion).

L'analyse des orthophosphates dans notre zone d'étude montre que les résultats sont dans la norme [0 et 1 µmol/l], qui caractérise les eaux côtières non polluées. (Aminot & Chaussepied, 1983).

2.5.3 Les silicates « H₄SiO₄⁻ dissous »

Les prélèvements effectués lors de la 1^{ère} sortie enregistrent des valeurs comprises entre 0.13µmol/l (S4) µmol/l et 0.28 (S3) µmol/l, avec une moyenne de 0.19µmol/l et un écart type de 0.06. Concernant les prélèvements de la 2^{ème} sortie les valeurs sont comprises entre 0.14 µmol/l (S7) et 1.66 µmol/l (S11) avec une moyenne de 0.90 et un écart type de 0.53. (Figure 49)

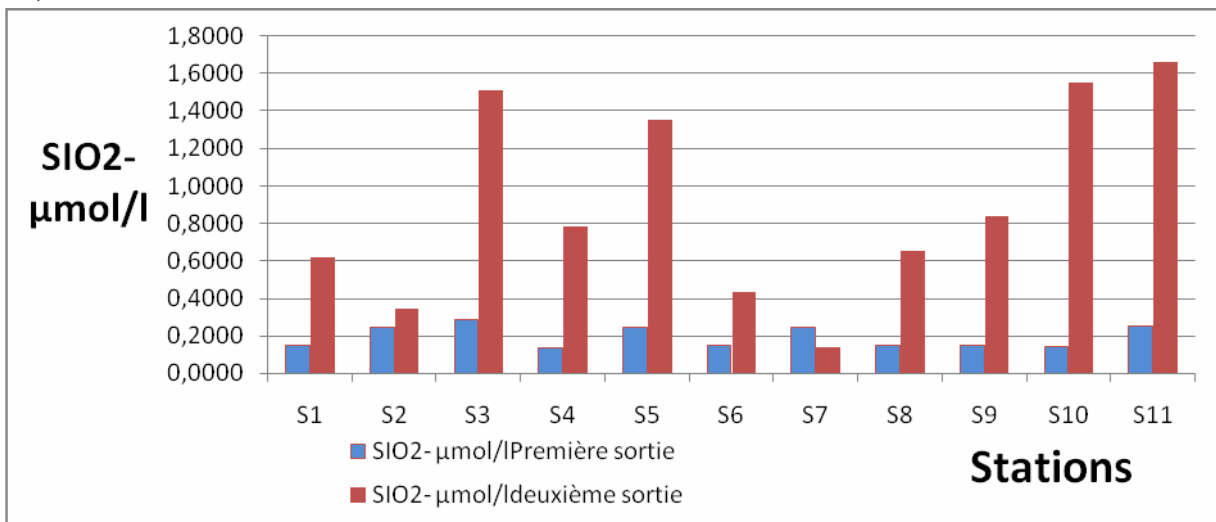


Figure 49: Représentation graphique de variation de concentrations des silicates (µmol/l)

La carte ci-dessous, présente la concentration des Orthophosphates (µmol/l) par des cercles de diamètres proportionnels aux valeurs lors de la 1^{ère} sortie. (Figure 50)

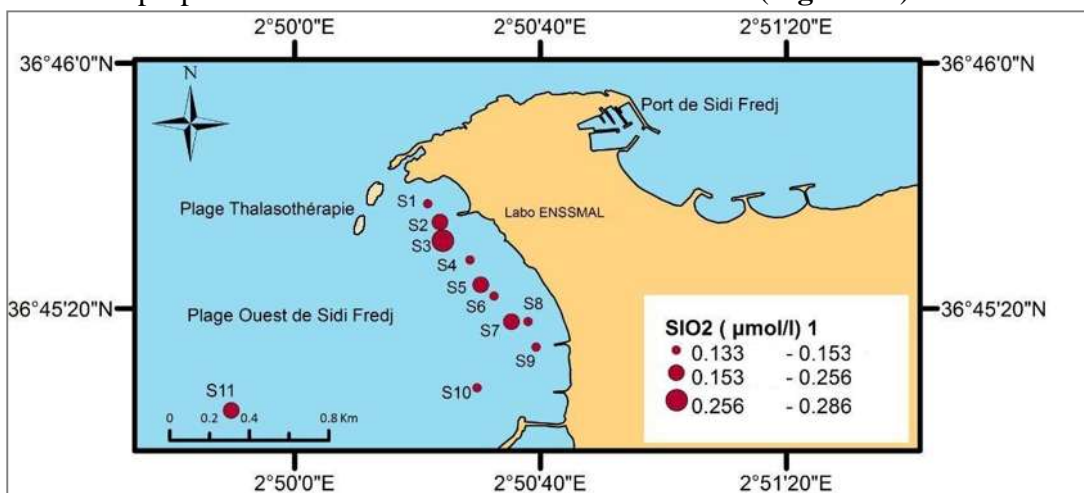


Figure 50 : Représentation cartographique de variation de concentrations des silicates (µmol/l) 1^{ère} sortie.

Commentaire :

D'après les résultats obtenus (**figure 50**) lors de l'analyse des silicates on remarque que les concentrations des silicates sont faibles et dans la norme $[0 - < 1]$ ($\mu\text{mol/l}$). On remarque la présence d'une valeur élevée $1.659 \mu\text{mol/l}$ au niveau de la station (S11) lors de la 2^{ème} sortie peut être due à la dissolution des sels minéraux, notamment les aluminosilicates mais aussi de la dégradation du silicium organique particulaire.

Les cartes de répartition des concentrations des sels nutritifs lors de la 2^{ème} sortie sont dans les annexes (**Annexe**).

3. Analyse granulométrique

3.1 Distribution des pourcentages des classes granulométriques du sédiment de littoral Ouest de Sidi Fredj

D'après la classification des grains de sable tableau (Folk et Ward) et l'observation des cartes (**figure 51** et **figure 52**), on voit que la répartition de pélite est très abondante dans l'ensemble des stations de la zone d'échantillonnage avec des pourcentages 49.63 % (1^{ère} sortie) et 50% pour (2^{ème} sortie).

L'analyse granulométrique indique que la région d'étude montre une hétérogénéité dans la distribution spatiale des pourcentages de la fraction fine et grossière.

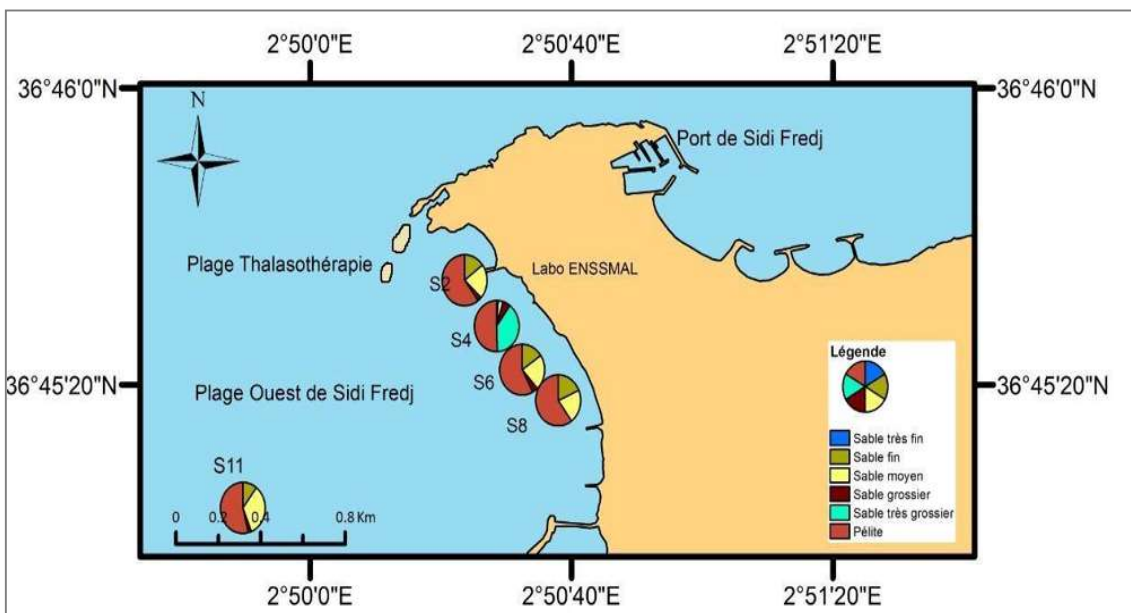


Figure 51: Distribution spatiale des pourcentages des classes granulométriques du sédiment 1^{ère} sortie.

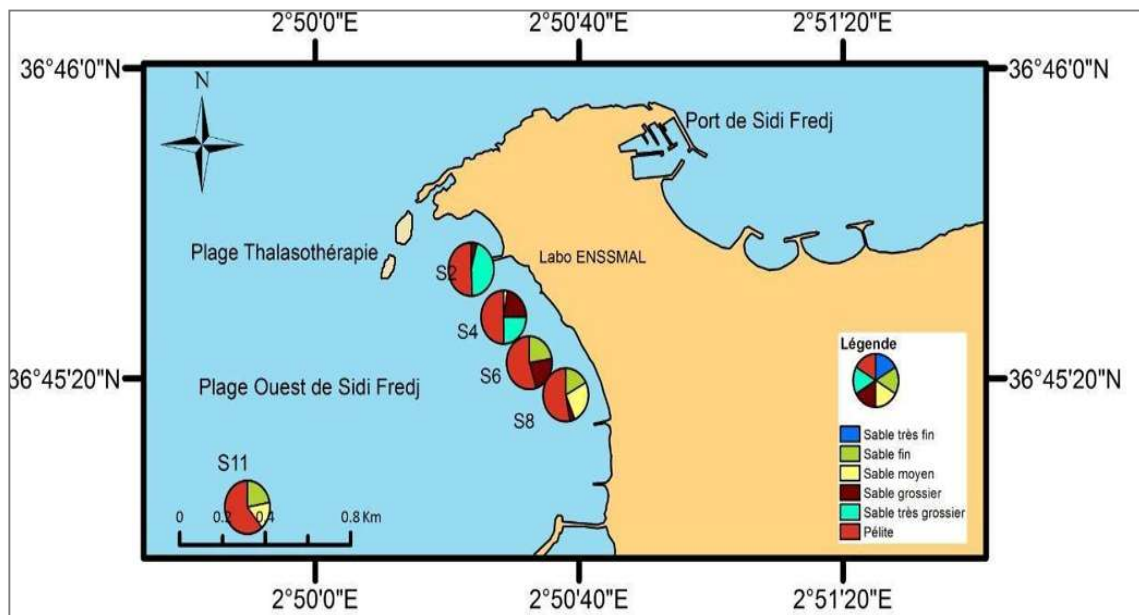


Figure 52 Distribution spatiale des pourcentages des classes granulométriques du sédiment 2^{ème} sortie.

3.2 Les paramètres centraux ou de position

3.2.1 Le 1^{er} quartile Q25

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

Lors de la 1^{ère} sortie les valeurs du Q25 varient entre 118 µm (S2, S6, S8) et 728 µm (S4), avec une moyenne du Q25 de 246.6 µm (écart type est de 269.4), et lors de 2^{ème} sortie les valeurs du Q25 varient entre 114 µm (S2, S6, S8) et 1055 µm (S4), avec la moyenne du Q25 de 371.8 µm (écart type est de 401.0). (Figure 53)

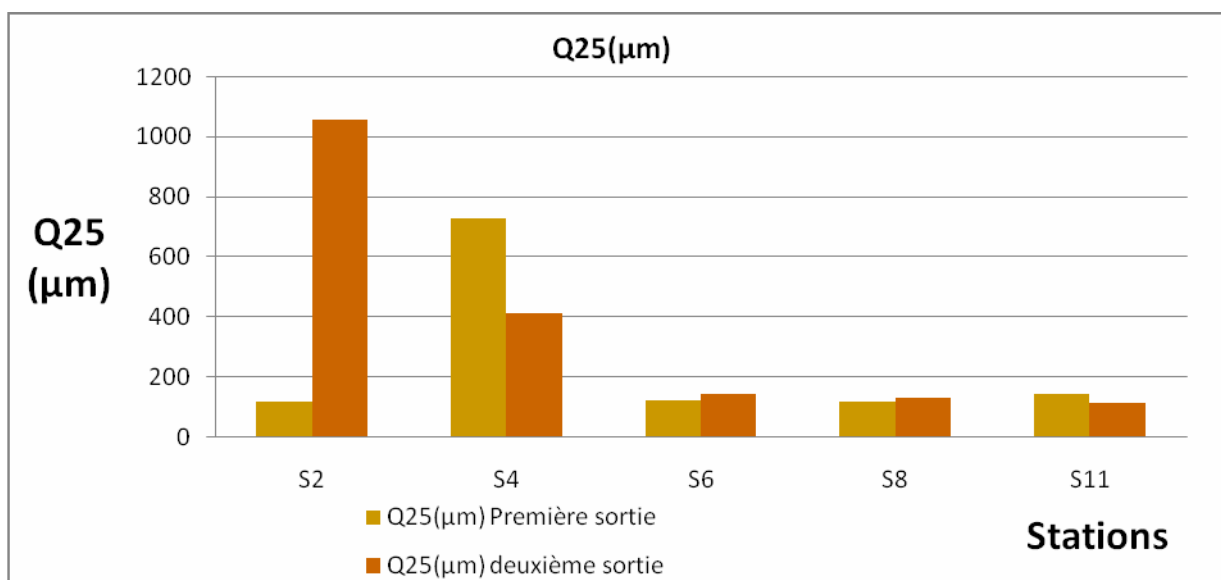


Figure 53: Répartition de Q25 au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj

3.2.2 Le quartile Q50 ou indice de taille (médiane)

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

D'une façon générale, les sédiments de la 1^{ère} sortie sont relativement hétérogènes et la médiane varie entre 145.1 µm (S2, S6, S8) et 1910.6µm (S4) avec un moyenne 506.9 µm (et écart type 784.8). Lors de la deuxième sortie les valeurs de la médiane varient entre 138µm (S6, S8, S11) et 1908 µm (S2) avec un moyenne 595.54 (et écart type 760.2). (Figure 54)

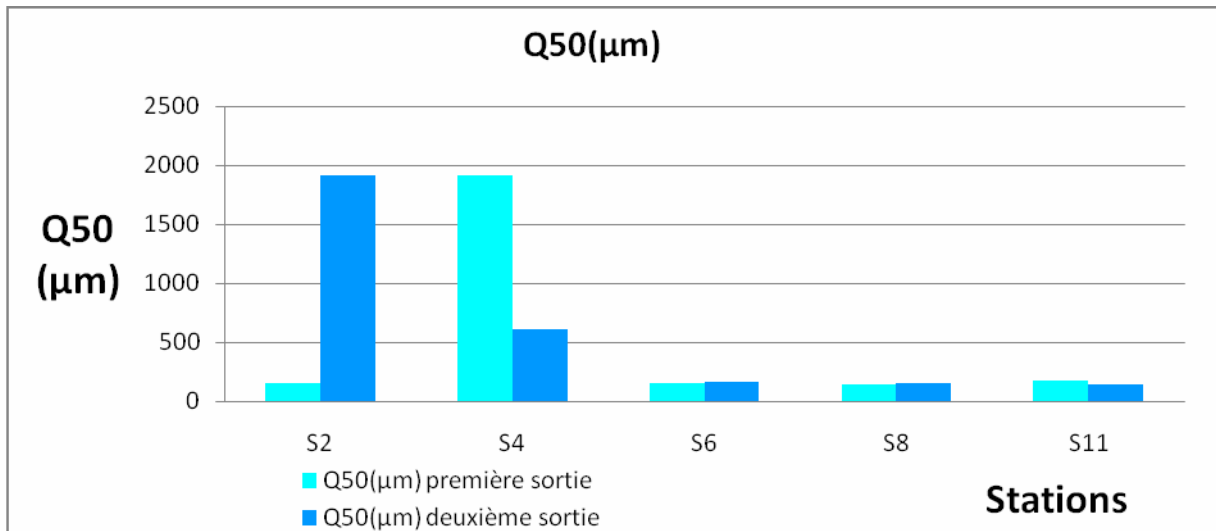


Figure 54: Répartition de Q 50 au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj

3.2.3 Le 3^{ème} quartile Q75.

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

Lors de la 1^{ère} sortie les valeurs du Q75 varient entre 161.7µm (S2) et 2711.5 µm (S4), avec la moyenne du Q75de 683.68µm (écart type est de 1133.7). Pour la 2^{ème} sortie les valeurs du Q75 varient entre 164.3µm (S8, S6) et 2560µm (S2), avec la moyenne du Q75de 898.7µm (écart type est de 1074.7). (Figure 55).

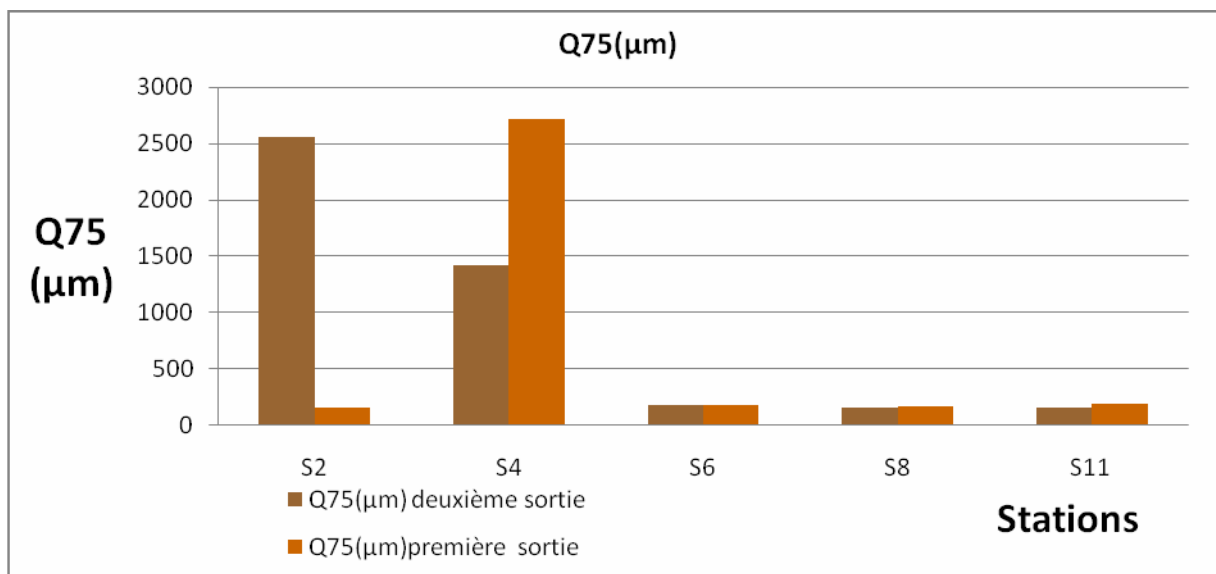


Figure 55 : Répartition de Q75 au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj

Commentaire :

La première sortie :

S2 : la médiane de 145.1 μm , un Q25 de 118 μm , un Q75 de 161.7 μm . D'après la classification de Folk et Ward (1957) **tableau 1**, on trouve que le sable fine est prédominant.

S4 : la médiane de 1910.6 μm , un Q25 de 728 μm , un Q75 de 2711.5 μm . D'après la classification de Folk et Ward (1957) **tableau 1**, on trouve que le Sable très grossier est prédominant.

S6 : la médiane de 145.1 μm , un Q25 de 118 μm , un Q75 de 161.7 μm . D'après la classification de Folk et Ward (1957) **tableau 1**, on trouve que deux faciès : le premier (Sable fin) Le deuxième faciès est celui du Sable moyen.

S8 : la médiane de 145.1 μm , un Q25 de 119 μm , un Q75 de 168.1 μm . D'après la classification de Folk et Ward (1957) **tableau 1**, on trouve que deux faciès : le premier (Sable fin) Le deuxième faciès est celui du Sable moyen

S11: la médiane de 172.7 μm , un Q25 de 146 μm , un Q75 de 195.7 μm . D'après la classification de Folk et Ward (1957) **tableau 1**, on trouve deux faciès : le premier (Sable moyenne) Le deuxième faciès est celui du Sable fine.

La deuxième Sortie

S2 : la médiane de 1908 μm , un Q25 de 1055 μm , un Q75 de 2560 μm . D'après la classification de Folk et Ward (1957) **tableau 1**, on trouve que le sable très grossier est prédominant.

S4 : la médiane de 612 μm , un Q25 de 410.4 μm , un Q75 de 1420 μm . D'après la classification de Folk et Ward (1957) **tableau 1**, on trouve deux faciès le premier (Sable moyenne), et le deuxième faciès est celui du sable très grossier.

S6 : la médiane de 138 μm , un Q25 de 145 μm , un Q75 de 184.6 μm . D'après la classification de Folk et Ward (1957) **tableau 1**, on trouve que deux faciès : le premier (Sable fin) Le deuxième faciès est celui du Sable moyen.

S8 : la médiane de 154.1 μm , un Q25 de 133 μm , un Q75 de 164.6 μm . D'après la classification de Folk et Ward (1957) **tableau 1**, on trouve que trois faciès : le premier (Sable moyenne) Le deuxième faciès est celui du Sable fine.

S11: la médiane de 138 μm , un Q25 de 114 μm , un Q75 de 164.3 μm . D'après la classification de Folk et Ward (1957) **tableau 1**, on trouve deux faciès : le premier (Sable moyenne) Le deuxième faciès est celui du Sable fine.

3.3 Les indices granulométriques

3.3.1 Indice d'asymétrie ou indice de Skewnes (SK)

A partir des résultats obtenus pour le SK (**figure 56**), lors de la 1^{ère} sortie on constate que les valeurs de la majorité des stations varient dans un intervalle ($0.54 < 1$), ce qui nous renseigne sur un classement maximum vers les particules fines.

Pour les valeurs de Sk lors de la deuxième sortie varient ($0.74 > 1$), ce qui nous renseigne sur un classement maximum vers les particules grossier.

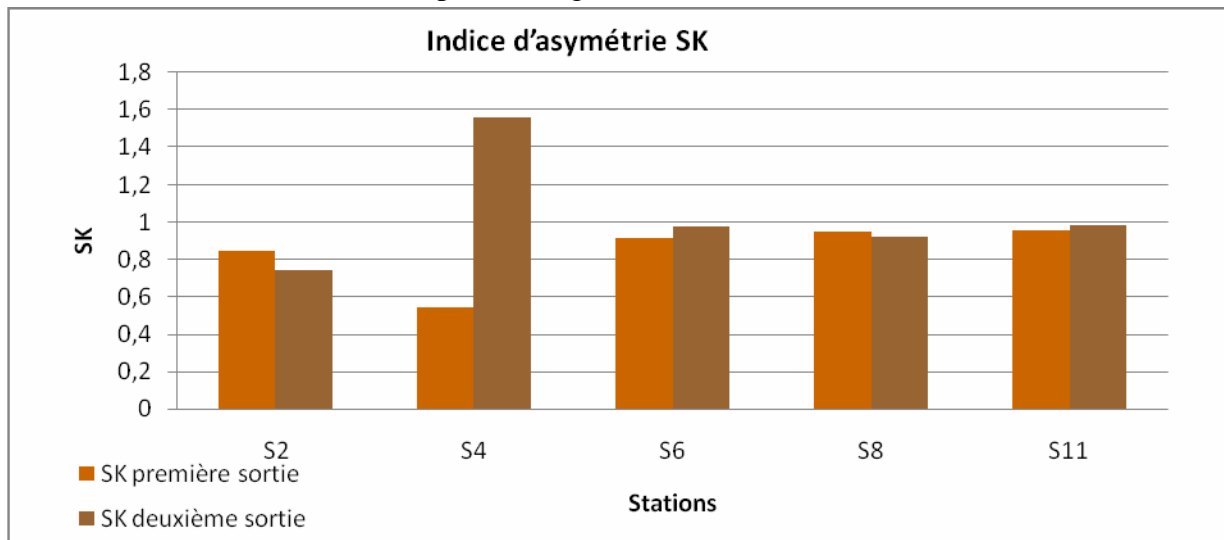


Figure 56: Répartition d'indice d'asymétrie au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj

3.3.2 L'indice de Trask ou Sorting-Index S_0

A partir des résultats obtenus pour le S_0 (**figure 57**), lors de la 1^{ère} sortie on constate que les valeurs de la majorité des stations varient dans un intervalle ($0.82-1.17$), d'après la classification de Sorting de Trask, on constate les sédiments sont très bien classés, et pour la valeur de S_0 lors de la deuxième sortie, en général est inférieur à 1 pour toutes les stations, de ce fait et d'après la classification de Sorting de Trask, les sédiments sont très bien classés. Sauf pour la station S2 où l'on remarque que cet indice est de 1,6 et donc les sédiments sont moyennement classés.

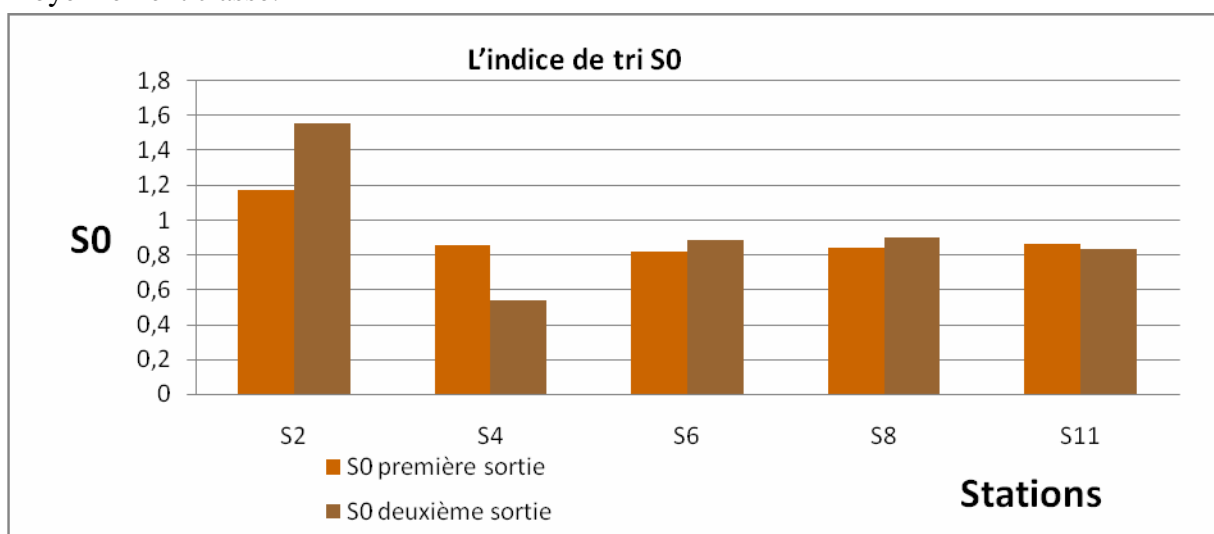


Figure 57: Répartition d'indice de tri S_0 au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj

4. Etude comparative des paramètres mesurés au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj entre l'année 2012 et 2017 :

L'une des méthodes qui pourrait nous permettre d'avoir une évolution significatives sur le degré de pollution de l'eau de mer, c'est de comparer ses paramètres physico-chimiques ; qui sont susceptibles d'être affectés par les indicateurs de pollution sur le plan spatiotemporel.

En fonction de la disponibilité des données de mémoire fin d'étude AMRAOUI & IAICHE 2012 nous avons établi une étude comparative des paramètres physico-chimiques entre 2012 et 2017 au niveau de la station S4.

Tableau 8 : comparaison des paramètres mesurés au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj entre l'année 2012 et 2017 au niveau de la station 4

Année Paramètre	2012	2017	Année Paramètre	2012	2017
T(C°)	17.9	17.11	MO % (Sédiment)	2,87	0.89
S(PSU)	36.1	32.79	Nitrites (µmol/l)	0,34	0,0842
pH	8.33	7.63	Nitrate (µmol/l)	0,32	0,1932
Chlorophylle (µg/l)	0,23	0.54	Silicates (µmol/l)	2,61	0,3802
MES (mg/l)	156.6	24.7	Orthophosphates (µmol/l)	1,34	0,7853

Commentaire :

Après avoir comparé nos résultats (2017) avec ceux des études de l'année (2012) dans le (tableau 8) en remarque que :

La température : diminue durant l'année 2017, la plus grande valeur est celle mesurée en 2012 (17.9°C) et 17,11 °C en 2017 cette valeur obtenue est influencées par celles de l'air.

La Salinité : en 2012, les valeurs de salinité sont de l'ordre de 36.1 PSU puis elles diminuent jusqu'aux 32.79 PSU en 2017, cette fluctuation peuvent s'expliquer par un apport local d'eau douce.

Le pH : durant l'année 2012 est de 8,33 elles diminuent jusqu'aux 7.63 en 2017, la diminution du pH en 2017 est probablement due aux apports d'eaux douces ainsi que les produits chimiques rejetés.

La MES : les concentrations de la MES est de 156.6 mg/l en 2012 puis elle diminue jusqu'aux 24.7 mg/l en 2017. Cette valeur de MES en 2012 est due à l'agitation des eaux de surface qui favorisent la mise en suspension des particules.

La Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$) : Les faibles teneurs en chlorophylle *a* sont enregistrées durant l'année 2012 (0,23 $\mu\text{g/l}$), puis elle augmente jusqu'au 0,54 $\mu\text{g/l}$ en 2017. Ces valeurs de la chlorophylle montrent qu'il y a un rapport inversement proportionnel entre la concentration de la chlorophylle et celle de La MES ; cette dernière est la cause principale de la turbidité qui inhibe à son tour l'activité photosynthétique par l'atténuation de la lumière et du coup diminue la concentration de la chlorophylle.

Nitrites : la concentration des nitrites varie comme suit : elle est de 0,34 $\mu\text{mol/l}$ (en 2012) puis elle diminue à une concentration de 0,0842 $\mu\text{mol/l}$ (2017).

Nitrates : la concentration des nitrates est de l'ordre de 0,32 $\mu\text{mol/l}$ (2012) puis elle diminue jusqu'aux 0,1932 $\mu\text{mol/l}$ (2017).

Silicates : la concentration des silicates est de l'ordre de l'ordre de 2,61 $\mu\text{mol/l}$ (2012) puis elle diminue jusqu'aux 0,3802 $\mu\text{mol/l}$ (2017).

Orthophosphates : la concentration des Orthophosphates est de l'ordre de l'ordre de 1,34 $\mu\text{mol/l}$ (2012) puis elle diminue jusqu'aux 0,7853 $\mu\text{mol/l}$ (2017).

MO % (Sédiment) : les teneurs en matières organiques sont moins élevées 0.89% (2017) par rapport à celles enregistrées durant l'année 2012 (2,87%) à cause des déchets que génère l'activité humaine.

Une autre étude comparative des paramètres et indices granulométriques des sédiments entre 2012 et 2017 au niveau de la station S4.

Tableau 9 : comparaison des paramètres et indices granulométriques des sédiments au niveau de plage ouest de Sidi Fredj entre l'année 2012 et 2017 au niveau de la station 4

Paramètre et indices granulométrique	Q25 (μm)		Q50 (μm)		Q75 (μm)		SK		S ₀	
	2012	2017	2012	2017	2012	2017	2012	2017	2012	2017
Valeur S4	1055,55	412	750	612	314,28	1420	0,58	1.56	0,54	0.5

Commentaire :

D'après les valeurs trouvées dans (**le tableau 9**) on remarque que :

La valeur de **Sk** durant l'année 2017 est supérieure à celle de l'année 2012. Donc le classement des sédiments selon l'indice de Skewnes (**SK**) de Folk ,1966 (**tableau 5**) on constate qu'il y a un changement dans le classement du sédiment de classe vers les fines vers un sédiment classe vers le grossier.

La valeur de **S₀** durant les années (2012-2017) sont pratiquement les mêmes. Ce qui explique que le sédiment est très bien classé.

Les valeurs du premier quartile **Q₂₅** et la médian **Q₅₀** durant l'année 2012 est supérieures à ceux de l'année 2017. Donc selon la classification de flok et ward 1954 (**tableau 3**) on constate qu'il y a un changement dans la classification des grains de sable du sable très grossier vers le sable grossier.

La valeur du Troisième Quartile **Q₇₅** durant l'année 2012 est inférieure à celle de l'année 2017. Donc selon la classification de flok et ward 1954 (**tableau 3**) on constate qu'il y a un changement dans la classification des grains de sable du sable grossier vers le sable très grossier.

Conclusion générale

L'étude menée à travers ce mémoire est basée essentiellement sur l'approche de l'utilisation des paramètres physicochimiques, sédimentologiques, des sels nutritifs, dont les objectifs est de faire un suivi sur l'évolution de l'état de la pollution par les sels nutritifs, et donc d'apprécier globalement la qualité des eaux des sédiments de littoral Ouest de Sidi Fredj.

L'analyse des différents paramètres étudiés, nous a permis de répondre à notre problématique. A partir de cette analyse, nous résumons ci-dessous, les conclusions majeures de ce travail :

- Une température de l'eau saisonnière liée aux températures atmosphériques qui ne dépasse pas la norme Algérienne. Des valeurs de pH et salinité faible par rapport à la norme ceci peut être expliquée par les apports en douce provient des différents sources.
- Une pollution considérable par la matière en suspension et la matière organique ceci est dû au apporte d'eau douce et lente dégradations de matière organique, Ces matières particulaires mettent en évidence les fluctuations des concentrations de la chlorophylle a, , qui sont la résultante de la production phytoplanctonique et de la dégradation chlorophyllienne. Cette dynamique phytoplanctonique est liée directement aux concentrations des sels nutritifs dans l'eau qui sont liés aux apports continentaux essentiellement anthropiques mais aussi à la dégradation et la régénération des différents composés azotés sous l'effet de l'activité biologique de la zone d'étude.
- Une saturation en oxygène renseigne la présence d'une activité photosynthétique
- Les teneurs relativement faibles en sels nutritifs sont représentatives de la saison correspondant à la floraison printanière avec l'épuisement des ces nutriments par le phytoplancton.
- Les taux de matière organique obtenus lors l'étude du sédiment marin montre que les valeurs ne dépassent pas la norme. (<1 %).
- L'étude sédimentologiques montre qu'il y a une distribution hétérogène des sédiments de la plage ouest de Sidi Fredj.

L'étude comparative des sels nutritifs entre 2012 et 2017 montre qu'il y a une légère, une légère diminution en silicates, nitrates, nitrites, phosphates. Cela signifie que les sources anthropiques (domestiques et agricoles par les oueds ou d'autres voies) qui en contribuent sont devenues moins importantes. Ces différences entre 2012 et 2017 peuvent être attribuées aussi à l'importance de l'épuisement de ces paramètres par l'activité photosynthétique.

D'après nos résultats, on peut dire que notre zone d'étude présente une pollution domestique.

Références bibliographiques

- AMINOT, A., Chaussé-Pied, M. (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest : CNEXO. 395 p.
- AMINOT, A., KEROUEL, R. (2004).** Hydrologie des écosystèmes marins : Paramètres et analyses. Paris : Ifremer. 336 p.
- Arouya, K.(2011).**Pollution des eaux : impact des eaux usées sur la qualité des eaux de surface.United States :Editions Universitaires Europeennes.60 p.
- BACHARI HOUMA, F. (2009).** Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire. Thèse de Doctorat. Sciences de l'Univers et Environnement. France : Université du val marne PARIS XII,43 p.
- BACHOUICHE, S. (2010).** Les ports d'Alger et de Bouharoun : étude des paramètres, granulométriques, biologiques et de pollution dans les sédiments et l'eau en vue d'une opération de dragage. Thèse de magister. Pollution marine et écotoxicologie. Alger : ENSSMAL, 22 p.
- BENHALIMA, M., BAHA, M. (2013).** Les paramètres physico-chimiques et les sels nutritifs dans les eaux côtières algéroises(les baies d'Alger, Bou-Ismaïl, Zemmouri). Mémoire d'ingénieur. Environnement marin. Alger : ENSSMAL, pp.16 - 19.
- BELKESSA, R. (2005).** Les ports algériens : ensablement, pollution et dragage des sédiments. Thèse de doctorat. Aménagement du littoral. Constantine : Université Mentouri, 412 p.
- BETHOUX, J.P., GENTILI, B., (1999).**Functioning of the Mediterranean Sea: past and present changes related to freshwater input and climate changes.J. Mar. Syst. 20, 33–47p.
- BORDET, J. (2012).** L'eau dans son environnement rural. France : Johonet. 68 p.
- BOULAHIDJ, M. (1987).** Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer : étude du mélange des masses d'eau et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan. Thèse de doctorat. Géochimie fondamentale. France : Université de PARIS VII, p.31-66.
- CAZALET, M.L., (2012).** Caractérisation physico-chimique d'un sédiment marin traité aux liants hydrauliques – Évaluation de la mobilité potentielle des polluants inorganiques. [En ligne].Thèse de doctorat. Sciences de l'environnement industriel et urbain. Lyon : L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 11 p. [Consulté 02-03-2017] .Disponible sur le web : <http://theses.insalyon.fr/publication/2012ISAL0012/these.pdf>
- CHAMLEY, H. (1987).** La sédimentologie.Paris : Dunod, 175 p.
- COPIN-MONTEGUT, G. (1996).** Chimie de l'eau de mer. Collection «synthèse». Paris : Institut Océanographique de Paris. 319 p.

- FILELLA, M. (2009).** Freshwaters: which NOM matters, *Environmental Chemistry Letters* n°7, pp. 21-35.
- Folk, R. (1966).** A review of grain size parameters. *Sedimentology*, 6 (2): 73 p.
- JACQUES G., TREGUER P., (1986).** *Ecosystème pélagique marin. Collection d'écologie.* Paris: Masson. 243 p.
- JORA.,(2006).** Journal officiel de la république algérienne 1.décret exécutif n°06-141du 20Rabie El Aouel 1427correspondant au 19 Avril 2006,section,article 3.
- 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. Environnement marin. Alger : ENSSMAL, 27 p.
- GAUJOUS, D. (1998).** La pollution des milieux aquatiques : aide mémoires. Paris : Technique & documentation. pp. 39-198.
- GERARD,P., CHIFFLET, S., FICHEZ,R.(2004).** Manuel d'analyses chimiques dans l'eau de mer. France: IRD.31p.
- GESAMP,. (1982).** Scientific Criteria for the Selection of Waste Disposal Sites at Sea: Reports and Studies.Rapport d'activité. Document non publié.France:Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection.N°16
- 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, 64p.
- KANKOU,M.(2004).** Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie—étude en laboratoire du comportement de deux pesticides. Thèse de doctorat. Chimie et Microbiologie de l'Eau. Limoges : Université de Limoges. pp. 23-24.
- KHALDI, NAZIM. (2015).** Modélisation de l'hydrodynamique sédimentaire soumise à l'action de la houle et des courants : Application à la côte de Sidi-Fredj. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, 47p.
- KOLLER, E.(2006).** Traitement des pollutions industrielles : eau-air déchets –sols-boues. France :Dunod.33p.
- LABANOWSKI,J.(2004).** Matière organique naturelle et anthropique: vers une meilleure compréhension de sa réactivité et de sa caractérisation.[En ligne].Thèse de doctorat .Chimie & Microbiologie de l'eau. Limoges : Université de limoges,49-51p. Consulté le [15-03-2017].Disponible sur le web :<http://epublications.unilim.fr/theses/2004/labanski-jerome/labanski-jerome.pdf>
- LACAZE, J-C. (1996).** La pollution des mers. France : Flammarion.128 p.

- LECLAIRE, L. (1972).**Sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares. (Précontinent algérien). Paris : Mémoire du muséum national d'histoire naturelle.391 p.
- Lécuyer,Ch .(2014).**L'eau sur la terre :propriétés physicochimiques et fonctions biologiques. France : ISTE.82 p.
- LEROY, J-B. (1999) .**La pollution des eaux .France : le point des connaissances actuelles. 126 p.
- LIANG, Y. (2012).** Co-valorisation de sédiments et de sols fins par apport de liants et de fibres. Thèse de doctorat. Génie civil. France : Université de Caen, 194 p.
- MADAT,A.(2007).** Paramètres physico-chimiques et les sels nutritifs dans la baie de Béjaia. Mémoire d'ingénieur .Environnement marin: ENSSMAL, 24 p.
- MAZZUOLI, L. (2012).** La gestion durable de l'eau : Ressources -qualité –organisation. France : Dunod.69p.
- MERCERON, M.,(1999).**Pollutions diffuses: du bassin versant au littoral : actes de colloques. Ed .Saint-Brieuc : ifremer.91 p.
- MERTES,L., SMITH, M., ADAMS, J . (1983).**Estimating suspended sediment concentrations in surface waters of the Amazon River wetlands from Landsat image. Remote Sensing of the Environment.Washington: Department of Geological Sciences, University of Washington.43p.
- MILLERO, F J. (2013).**Chemical Oceanography. Fourth edition .New York: CRC Press. 78 p.
- NADIR,M. (2015).**Modélisation numérique de la morphodynamique d'une côte sableuse soumise à l'effet des vagues et des houles cas : Plage Est de SIDI Fredj. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, 39p.
- PILSON,M.,(2013).**An Introduction to the Chemistry of the Sea.Seconde édition .France . Cambridge Univrsity Press.179 p.
- RAMADE, F. (2000).**Dictionnaire encyclopédique des pollutions. France : Ediscience International. 690 p.
- RODIER, J., COLL. (2005).** L'analyse de l'eau.8e éd. Belgique : Dunod. pp. 564-944.
- RODIER, J.(1997).** L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer). 8e éd. Paris : Dunod. 1983 p.
- ROUBAH, M. (2005).** *Etude de la pollution du littoral Algérois et du Lac de Réghaia* : Rapport d'activité. Document non publié. Alger : ISMAL.

SCHNEIDER, G. (2001).Boue de curage des cours d'eau. Le courrier de l'environnement de l'INRA.[En ligne].Consulté le [22-04-2017].Disponible sur le web : <http://www.inra.fr/dpenv/curage.htm>

SCORDIA, P.Y, (2008). Caractérisation et valorisation de sédiments fluviaux pollués et traités dans les matériaux routiers. Thèse de doctorat. Génie civil. Lille : L'école centrale de Lille, 189 p.

TREGUER, P., NELSON D.M., VAN BENNEKOM A.J. Et al. (1995).The silica balance in the world ocean: are-estimate.SCIENCE.Vol. 268, pp. 375-379.

ZERLUTH, J., GIENGER, M. (2006) .L'eau et ses secrets: nature et action de l'eau. France : Désiris, 109p.

ZEROUALI,M., HECHAICHI,W.(2016). Contribution à l'évaluation de l'état de pollution des sédiments du port d'Alger en cas d'une opération de dragage. Mémoire d'ingénieur. Alger :ENSSMAL, 19 p.

Annexes

Annexes

I) Localisation et caractéristiques des stations de prélèvement lors des deux sorties

• Première sortie

1ere sortie	latitude N	longitude E	Prof (m)	T°C	S(PSU)	heure	état de la mer
S1	36° 45.682'	2° 50.422'	1	23.5	33.3	10h45min	calme
S2	36° 45.568'	2° 50.394'	3	22.7	35.1	10h54min	calme
S3	36° 45.518'	2° 50.402'	3.2	26.5	32.2	11h18min	calme
S4	36° 45.465'	2° 50.476'	3	23.5	34.6	11h44min	calme
S5	36° 45.398'	2° 50.505'	3	24.6	33.7	11h50min	calme
S6	36° 45.367'	2° 50.541'	2.5	26.5	32.8	11h55min	calme
S7	36° 45.298'	2° 50.588'	2	24.1	33.3	12h09min	calme
S8	36° 45.298'	2° 50.633'	2.1	23.7	34.4	12h19min	calme
S9	36° 45.228'	2° 50.655'	1.9	24.6	33.8	12h35min	calme
S10	36° 45.118'	2° 50.495'	5.3	23.3	33.1	12h47min	calme
S11	36° 45.372'	2° 50.157'	5	22.4	33.8	13h15min	calme

Tableau I.1: Localisation et caractéristiques des stations de prélèvement lors des deux sorties (Première sortie).

- Deuxième sortie

2eme sortie	latitude	longitude	heure	Prof (m)	T°C	S(PSU)	état de la mer
S1	36° 45.618'N	2° 50.361'E	14:49	6	17.05	33	Peu Agitée
S2	36° 45.568'N	2° 50.394'E	12:15	3	17.61	32.61	Peu Agitée
S3	36° 45.518'N	2° 50.402'E	12:29	2	17.32	32.77	Peu Agitée
S4	36° 45.465'N	2° 50.476'E	12:49	2.3	17.11	32.79	Peu Agitée
S5	36° 45.398'N	2° 50.505'E	13:05	2	17.12	32.92	Peu Agitée
S6	36° 45.367'N	2° 50.541'E	13:13	2.3	17.67	32.19	Peu Agitée
S7	36° 45.298'N	2° 50.588'E	13:23	2.3	17.33	32.75	Peu Agitée
S8	36° 45.298'N	2° 50.633'E	13:40	2.7	17.39	33	Peu Agitée
S9	36° 45.228'N	2° 50.655'E	13:45	4	17.55	32.92	Peu Agitée
S10	36° 45.118'N	2° 50.495'E	13:59	5.8	17.24	32.92	Peu Agitée
S11	36° 45.056'N	2° 49.828'E	14:20	14.7	17.36	33.03	Peu Agitée

Tableau I.2 : Localisation et caractéristiques des stations de prélèvement lors des deux sorties (Deuxième sortie).

II) Les sels nutritifs**II.I) Dosage des sels nutritifs****Dosage des nitrites + nitrates****I) Réactifs****I.1 Solution tampon****Produits chimiques exigés :**

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

Préparation :

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

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

I.2 Réactif colorant :**Produits chimiques exigés :**

Acide o-phosphorique H_3PO_4 (85%).....	50 ml.
Sulfanilamide $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$	10g.
α -Naphtyléthylène diamine dihydrochloride $\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{C}_{12}\text{N}_2$	0.5g.
Eau distillée H_2O	850 ml.

Dosage des nitrites + nitrates.**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.

I.3 Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée H_2O (régénérée chaque semaine).

II. Préparation des solutions étalons**2.1 Solution mère de 100 ppm N (*)****Produits chimiques exigés :**

Nitrates de sodium NaNO_3	0.6068 g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.

Préparation

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

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

2.2. Solution fille de 10 ppm N

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

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

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

Dosage des orthophosphates

I. Réactifs

I.1 Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés :

Tartrate de potassium et d'antimoine

K (SbO) $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 230 mg.

Acidesulfurique H_2SO_4 (97 %)69.4 ml.

Molybdated'ammonium $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 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 cuillère en métal pour le molybdate d'ammonium. La sensibilité peut être augmentée de 50 % en employant 35 ml d'acide sulfurique concentré au lieu de 69.4 ml.

Avec 35 ml l'interférence des silicates est de 10 % pour 300 ppb si et 10 % pour 10 ppb P.

Le pH final doit être inférieur à 1. La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

I.2 Solution d'acide ascorbique Produits chimiques exigés :

Acideascorbique $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ 6g.

Acétone $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ 60g.

Eau distillée1000ml.

FFD6.....2ml.

Préparation

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

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

I.3 Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H_2O régénérée chaque semaine).

II. Préparation des solutions étalons

2.1 Solution mère de 100 ppm P (*)

Produits chimiques exigés :

Dihydrogène o-phosphate de potassium KH_2PO_4	0.4394 g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.

Préparation :

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

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

2.2 Solution fille de 10 ppm P

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

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

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

Dosage des silicates.

I. Réactifs

1.1 Solution d'acide sulfurique

Produits chimiques exigés :

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

Préparation

Diluer l'acide sulfurique dans \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.

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.
FDD6.....	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.

1.3 Solution d'acide oxalique :

Produits chimiques exigés :

Acide oxalique $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	44 g.
Eau distillée H_2O	1000 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.

1.4 Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H₂O.

Note :

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

II. Préparations des solutions étalons.

2.1 Solution mère de 100 ppm Si (*)

Produits chimiques exigés :

Métasilicate de sodium Na₂SiO₃.9H₂O.....1.0119 g.

Eau distillée H₂O.....1000 ml.

Préparation :

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

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

2.2 Solution fille de 10 ppm Si

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

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

Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformés en $\mu\text{mol/l}$ de SiO₄⁻.

II) Répartition des concentrations des sels nutritifs lors de la 2^{ème} sortie

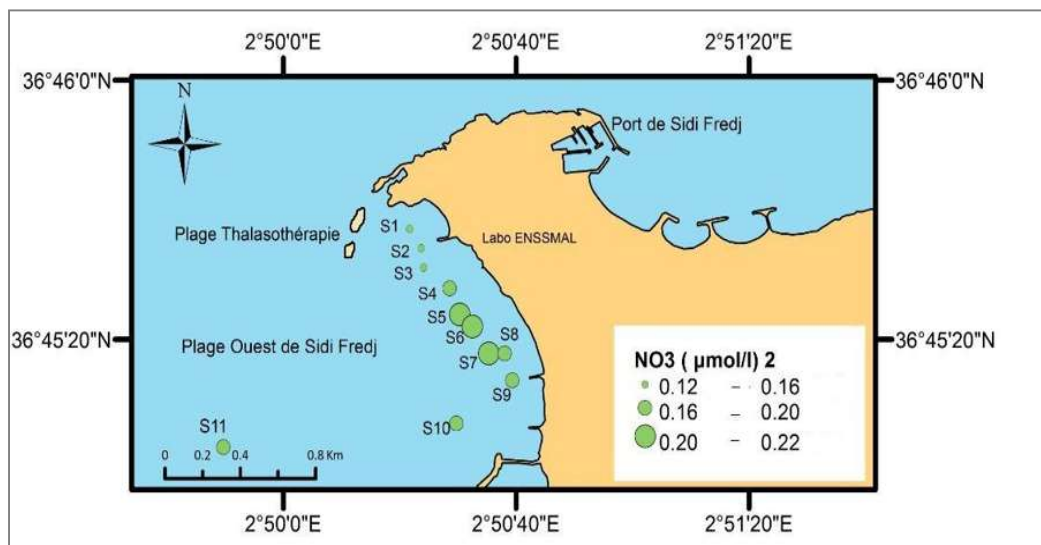


Figure : II.I : Représentation cartographique de variation de concentrations des Nitrates($\mu\text{mol/l}$) lors de 2^{ème} sortie.

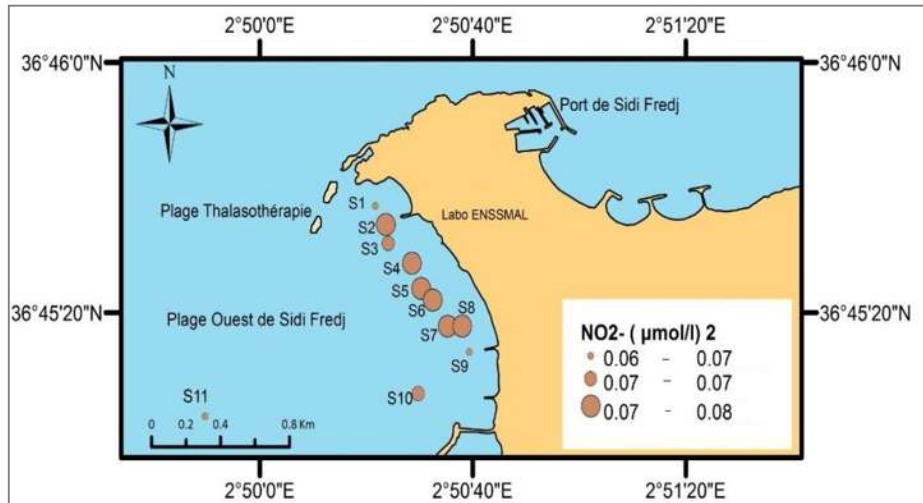


Figure II.II : Représentation cartographique de variation de concentrations des Nitrites ($\mu\text{mol/l}$) lors de 2^{ème} sortie.

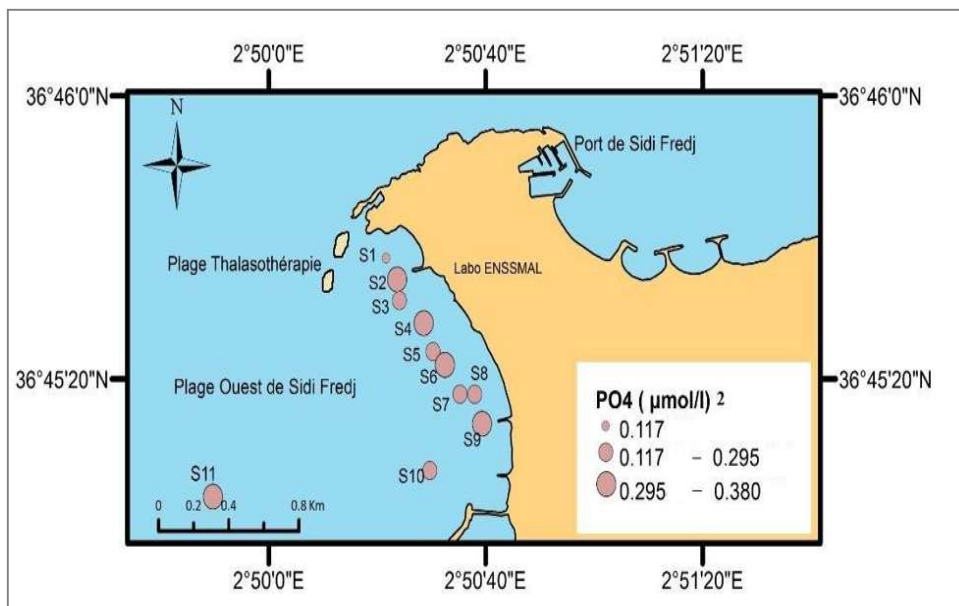


Figure II.III : Représentation cartographique de variation de concentrations des orthophosphates ($\mu\text{mol/l}$) lors de 2^{ème} sortie.

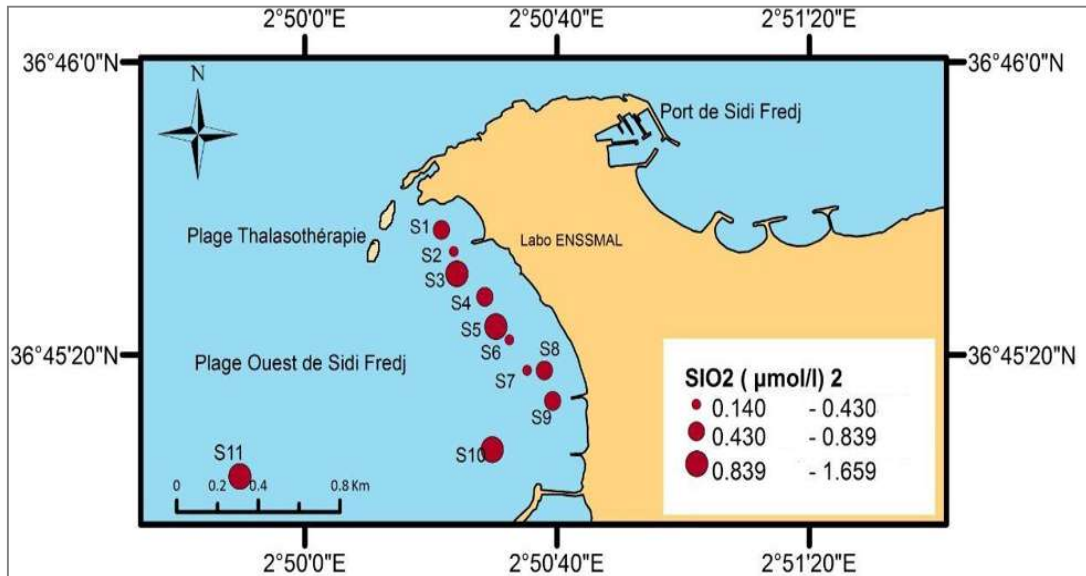


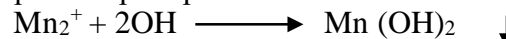
Figure II.IV : Représentation cartographique de variation de concentrations des silicates ($\mu\text{mol/l}$) lors de 2ème sortie.

III. Oxygène dissous

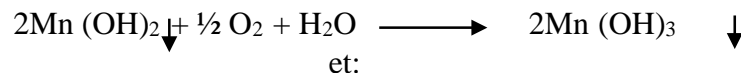
Réactions chimiques d'oxygène

Réactions chimiques pour le dosage de l'oxygène dissous (AMINOT, et al., 1983) :

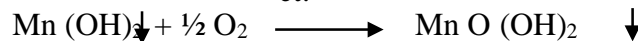
On ajoute Mn_2^+ à l'échantillon que l'on précipite à l'aide d'une base forte :



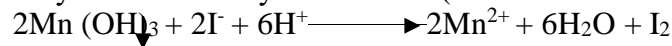
L'oxygène dissous est fixé par le précipité quand Mn passe à des degrés d'oxydation supérieure (III et IV) :



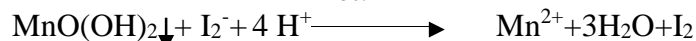
et:



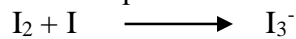
Quand l'oxygène dissous est complètement fixé, on ajoute de l'acide pour dissoudre le précipité et Mn repasse à l'état d'oxydation II en oxydant I- en I₂ (solution I- a été mise au début) :



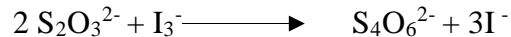
et:



En présence de l'excès d'iodure il s'établit l'équilibre :



L'iode libéré est dosé par le thiosulfate :



Deux moles de $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ pour doser 1 mole d'I⁻ libérée par ½ mole d'oxygène.
Quatre moles de Na₂S₂O₃ (consommé) sont équivalentes à une mole d'oxygène (dans l'échantillon)

Réactifs d'oxygène method de winkler

- **Réactif 1 : Solution de chlorure de manganèse (MnCl₂)**

Dissoudre 600g de MnCl₂, 4H₂O de 98 % de pureté dans 600ml d'eau distillée et ajuster à 1l. Cette solution se conserve indéfiniment dans des bouteilles en verre ou en plastique

- **Réactif 2 : Solution basique d'iodure (NaI)**

Dissoudre 600g d'Iodure de sodium de 98% de pureté dans 300 ml d'eau Milli-Q Dissoudre en chauffant 320g de soude (NaOH) de 97% de pureté, dans 400ml d'eau Milli-Q Mélanger ces deux solutions en versant rapidement la solution de (NaOH) dans la solution de NaI et ajuster à un litre.

Cette solution se conserve indéfiniment à température ambiante et à renouveler dès qu'elle prend une coloration brunâtre.

- **Réactif 3 : Acide sulfurique (H₂ SO₄)**

Dans de l'eau distillée environ 700 ml, ajouter lentement 280 ml d'acide sulfurique à 96-98% de pureté. Laisser refroidir et ajuster à 1 litre (La réaction est exotherme). Transférer cette solution dans un flacon bien hermétique, et est à conserver indéfiniment à température ambiante.

- **Solution de thiosulfate (0,02 N)**

Dissoudre 4,96 g de Na₂S₂O₃, 5H₂O à 99% de pureté dans un litre d'eau distillée. Cette solution se conserve à température ambiante et à l'abri de la lumière. Cette solution est instable et doit être préparée tous les 15 jours, même si elle est titrée avec le KIO₃.

- **Solution étalonne de KIO₃ (0,1 N)**

Sécher à 105°C pendant 1 heure du KIO₃ à 99,85 % de pureté, laisser refroidir au dessiccateur et peser exactement 3,567 g et le dissoudre dans un litre d'eau distillée. Cette solution se conserve à l'abri de la lumière et dans des flacons hermétiques.

Préparation des flacons

Les flacons pour les échantillons d'oxygène dissous sont préalablement laver et peser de la manière suivante :

- Numéroter chaque flacon ainsi que son bouchon.
 - Laver les flacons à l'eau de robinet, puis à l'eau acidulée à deux reprises, et les rincer abondamment à l'eau distillée, puis les sécher à l'étuve pendant 24 h.
 - Peser 3 fois les flacons vides après les avoir bien essuyé avec un papier absorbant non pelucheux, pour avoir le (P1).
 - Les remplir d'eau distillée et les boucher sans emprisonner de bulle d'air, puis les essuyer parfaitement avec un papier absorbant non pelucheux.
 - Peser, et recommencer l'opération de remplissage et de pesée 2 fois, pour avoir le (P2).
- Calculer le volume pour chaque pesée d'après la relation :

$$V \text{ (ml)} = (P2 \text{ (g)} - P1 \text{ (g)}) / \rho_t \text{ (g.cm}^{-3}\text{)}$$

- **V** : volume du flacon d'oxygène (ml).
- **P1** : le poids du flacon vide avec le bouchon (g).
- **P2** : le poids du flacon rempli avec le bouchon (g).
- **ρ_t** : la masse volumique de l'eau distillée à la température t (°C).

Conservation des flacons

Après la sortie (le soir), les flacons sont conservés à l'obscurité au laboratoire pour éviter le dessèchement du rodage et les variations de température.

Pour éviter toute entrée d'air dans les flacons, on a immergé complètement les flacons sous l'eau. Pour commencer le dosage, il faut attendre au minimum 6 heures après l'échantillonnage.

IV. pH

Calibration du pH-mètre

- Allumer le pH-mètre (InoLab pH Level 1).
- Brancher l'électrode de connecteur DIN au pH-mètre.
- Rincer l'électrode avec de l'eau distillée et bien l'essuyer.
- Appuyer sur la touche CAL de pH-mètre, attendre l'affichage de Ct1.
- Entrer l'électrode dans la première solution tampon à pH 4 (Panreac pH 4,00±0,02 à 20°C), appuyer sur la touche RUN ENTER.
- Attendre jusqu'à l'affichage de Ct2, entrer l'électrode dans la deuxième solution tampon à pH 7 (Panreac pH 7,00±0,02 à 20°C), appuyer sur la touche RUN ENTER.
- Attendre jusqu'à l'affichage de la pente.
- Appuyer sur RUN ENTER, pour avoir la valeur de l'asymétrie.

Pour une bonne calibration il faut :

Pente [mV/pH]	Asymétrie [mV]
[-60,5 ; -58]	[-15 ; +15]

Note :

Pour avoir des bonnes résultats sur nos échantillons, est très important de laisser l'électrode au moins 12 heures immergé dans l'eau de mer avant de commencer les mesures.

Préparation du TRIS

Le TRIS est une solution tampon (eau de mer artificielle) à une salinité de 35g/kg décrit par Dickson (1994)

Constituent	Moles	Masse (g)
NaCl	0.38762	22.6525
KCl	0.01058	0.7888
MgCl ₂	0.05474	11.1292
CaCl ₂	0.01075	1.5805
Na ₂ SO ₄	0.02927	4.1575
HCl	0.04000	3.3123ml
2-amino-2-hydroxymethyl-1,3-propanediol (TRIS)	0.08000	9.6912

Tableau IV.1: Composition de la solution tampon de pH (TRIS) de salinité 35g/kg (DICKSON, et al., 2007).

Le TRIS est préparé dans un litre d'eau distillée et conservé (pendant 6 mois) au froid à 4°C dans des flacons en verre.

Mode opératoire :

- Mettre une quantité suffisante de NaCl, KCl, Na₂SO₄ dans un four à moufle à 110°C pendant 2 heures, après dans le dessiccateur pour éviter tout l'humidité de l'air.
- Peser tous les masses présentées dans le tableau en dessus avec précision.
- Sur une balance de 0,01 g de précision, peser 1 kg d'eau distillée.
- A l'aide d'un agitateur, dissoudre tous les masses présentées dans le tableau (IV.1) sauf le 2-aminopyridine dans une fiole jaugé de 1 l et compléter avec tous le volume de 1 kg d'eau distillée pour obtenir le TRIS.
- A l'aide d'un agitateur, dissoudre tous les masses présentées dans le **tableau (IV.I)**sauf le 2-amino-2-hydroxyméthyl-1,3-propanediol (TRIS)

Résultats de la qualité de l'électrode

- Avant l'analyse

	T (°C)	E (V)
TRIS	24.2	-85

Tableau IV.2: les mesures effectuées sur TRIS

Les paramètres physico-chimiques et les sels nutritifs dans l'eau et le sédiment de la plage ouest de Sidi Fredj.

Résumé

L'étude réalisée pendant les mois de mars et avril 2017, avait pour but d'évaluer l'état actuel de la qualité de l'eau de la plage Ouest de Sidi Fredj à partir de l'analyse des paramètres physicochimiques, granulométriques des sédiments, les sels nutritifs et aussi permettre de connaître les facteurs et les raisons affectant les concentrations de nutriments chimiques qui perturbent le milieu marin.

Les résultats obtenus ont montré que la qualité physico-chimique de l'eau de la plage ouest de Sidi Fredj est influencée par les rejets qui proviennent de différentes sources.

D'après notre étude avec les données on n'a conclu que la plage de Sidi Fredj présente une pollution domestique

Mots clés : sels nutritifs, Plage Ouest, Sidi Fredj, Paramètres, physico-chimique, l'eau, rejets, milieu marin

Abstracts

The study carried out during the months of March and April 2017 aimed to assess the current state of water quality of the West beach of Sidi Fredj from the analysis of physicochemical parameters, granulometric sediments, nutrient salts and also to know the factors and reasons affecting the concentrations of chemical nutrients that disrupt the marine environment.

The results obtained showed that the physicochemical quality of the water of the west beach of Sidi Fredj is influenced by the releases coming from different sources.

According to our study with the data it was concluded that the Sidi Fredj beach presents a domestic pollution

Keywords: nutrient salts, West beach, Sidi Fredj, Parameters, physico-chemical, water, discharges, marine environment

ملخص

الدراسة التي أجريت خلال شهري مارس و أبريل 2017 تهدف إلى تقييم نوعية المياه في الشاطئ الغربي لسيدي فرج من التحليل الفيزيوي- كيميائي وتحليل الرواسب الحبيبية ، والأملاح المغذية وأيضا لمعرفة العوامل والأسباب التي تؤثر على تركيزات هذه المواد الكيميائية التي تؤثر على البيئة البحرية.

وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الجودة الفيزيوي الكيميائية لمياه الشاطئ الغربي لسيدي فرج تأثرت بكمية الإصدارات القادمة من مصادر مختلفة

من دراستنا نستنتج أن شاطئ سيدي فرج لديه تلوث محلي

الكلمات المفتاحية: الأملاح المغذية، الشاطئ الغربي، سيدي فرج ، المعلمات، الفيزيوي- كيميائية ،المياه، التصريف،البيئة البحرية