

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



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

OPTION : Aménagement du littoral

**Thème :**

**Evaluation de la qualité (microbiologie, métaux lourds,  
granulométrie et hydrocarbures) des sédiments de  
dragage du port de Sidi Fredj en vue d'une immersion.**

Présenté par :

- M<sup>elle</sup> AISSAT Naila
- M<sup>elle</sup> CHEIKH Ouiza

Soutenu le 08/07 /2013 devant le jury composé de :

<b>Mr. BELKESSA R.</b>	<b>Professeur (ENSSMAL)</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>elle</sup>. AMROUCHE L.</b>	<b>Maitre assistante A (ENSSMAL)</b>	<b>Promotrice</b>
<b>Mr. DRICHE M.</b>	<b>Maitre de conférences B (ENSSMAL)</b>	<b>Examineur</b>
<b>Mr. AMARI M.</b>	<b>Directeur HMI</b>	<b>Examineur</b>

Promotion : 2012-2013

Je dédie ce travail à ma tendre mère, mon père,  
mon frère et à toutes les personnes qui m'ont  
soutenu.

---

*Ouiza*

Je dédie ce mémoire à mes très chères parents, à mes deux frères Samy et Baby, à toute ma famille et mes amis. Je les remercie pour leurs soutiens.

---

*Naila*

## Remerciements

Au terme de ce travail, il nous est agréable d'exprimer notre gratitude et nos vifs remerciements à Mademoiselle **AMROUCHE L.**, pour avoir accepté de nous encadrer, pour ses conseils, critiques et suggestions qui nous ont été d'une grande utilité.

Nous tenons à remercier vivement Monsieur **BELKESSA R.**, professeur à l'ENSSMAL, pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail avec ses judicieux conseils. Nous lui témoignons notre sincère gratitude pour l'honneur qu'il nous fait en présidant la commission d'examen.

Nos sincères remerciements vont aussi à Monsieur **DRICHE M.**, maître de conférence B à l'ENSSMAL et Monsieur **AMARI M.**, Directeur du HMI, pour avoir accepté d'examiner notre travail d'une part et pour leur disponibilité d'autre part.

Nous tenons aussi à remercier l'ensemble des ingénieurs et techniciens des laboratoires de l'ENSSMAL et le personnel de la bibliothèque, ainsi que toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce modeste travail.

A tous les enseignants qui ont contribué à notre formation et à toute personne qui nous a appris une lettre ou une phrase, nous leur exprimons notre reconnaissance.

---

# *Sommaire*

---

# Sommaire

<b>Introduction</b> .....	1
---------------------------	---

## Chapitre I: dragage et lois associées

<b>I.1. Qu'est ce qu'un port ?</b> .....	3
I.1.1. Les ports militaires.....	3
I.1.2. les ports de commerce.....	3
I.1.3. Les ports de travaux.....	3
I.1.4. Les ports de pêche.....	3
I.1.5. Les ports de plaisance.....	4
<b>I.2. Port de Sidi Fredj</b> .....	4
<b>I.3. La nécessité du dragage et son impact sur l'environnement</b> .....	5
<b>I.4. Le dragage</b> .....	6
I.4.1. L'histoire du dragage.....	6
I.4.2. Dragage du port de Sidi Fredj.....	7
I.4.3. Devenir des produits de dragage.....	8
❖ Immersion.....	8
❖ Immersion au large des géoconteneurs.....	9
❖ Dépôt côtier.....	9
❖ Confinement dans les géotubes.....	9
<b>I.5. Aspects réglementaires</b> .....	9
❖ Dispositions internationales.....	9
❖ Dispositions nationales.....	10
❖ Dispositions régionales.....	11

## Chapitre II : synthèse bibliographique et situation géographique

<b>II.1. Le port de Sidi Fredj</b> .....	12
II.1.1. Situation géographique.....	12
<b>II.2. Présentation de la zone d'étude</b> .....	13
II.2.1. Configuration et infrastructures du port.....	13
II.2.2. Caractéristiques du port.....	14
II.2.2.1. Bathymétrie.....	14
II.2.2.2. Topographie.....	15
II.2.2.3. Sédimentologie.....	15
II.2.3. Facteurs hydrodynamiques.....	17
II.2.3.1. Facteurs météorologiques.....	17
II.2.3.1.1. Vents.....	17
II.2.3.1.2. Température et précipitation.....	17
II.2.3.2. Facteurs océanographiques.....	18
II.2.3.2.1. Les courants.....	18

II.2.3.2.2. Les houles.....	18
<b>II.3. Paramètres d'évaluation de la qualité des eaux et des sédiments.....</b>	<b>19</b>
II.3.1. Les métaux lourds.....	19
II.3.1.1. Origines des métaux lourds dans le milieu marin.....	19
❖ Origines naturelles.....	19
❖ Origines anthropogènes.....	19
II.3.2. Les hydrocarbures.....	20
II.3.3. Les paramètres microbiologiques.....	20
II.3.3.1. Germes indicateurs de contamination fécale.....	20
II.3.3.1.1 Les Coliformes totaux.....	20
II.3.3.1.2 Les Coliformes thermotolérants dont les fécaux.....	20
II.3.3.1.3. Les streptocoques fécaux (SF).....	20
II.3.3.2. Les germes pathogènes.....	21
II.3.3.2.1. Les staphylocoques.....	21
II.3.3.2.2. Les salmonelles.....	21
<b>II.4. La granulométrie.....</b>	<b>21</b>

### **Chapitre III : Matériels et méthodes d'analyses**

<b>III.1. Localisation des stations.....</b>	<b>22</b>
<b>III.2. Prélèvements en mer.....</b>	<b>23</b>
<b>III.3. Mesures <i>in situ</i>.....</b>	<b>24</b>
a- Mesure de la température.....	24
b- Mesure du potentiel d'Hydrogène (pH).....	24
c- Mesure de l'oxygène dissout.....	25
d- Mesure de la salinité et de la conductivité.....	25
<b>III.4. Analyses au laboratoire.....</b>	<b>26</b>
III.4.1. Paramètres physico-chimiques de l'eau.....	26
III.4.1.1. Mesure des matières en suspension (MES).....	26
III.4.1.2. Mesure de la matière organique .....	26
III.4.2. Dosage des sels nutritifs.....	27
III.4.2.1. Analyse manuelle des sels nutritifs dans l'eau.....	27
• Dosage des nitrites.....	28
• Dosage des nitrates.....	28
• Dosage des orthophosphates.....	28
• Dosage du silicium dissout .....	28
• Dosage de l'azote ammoniacal.....	28
III.4.3. Production primaire.....	29
III.4.4. Paramètres microbiologiques.....	29
III.4.4.1. Matrice eau de mer.....	29
III.4.4.1.1. Recherche des coliformes, des streptocoques fécaux et des staphylocoques .....	29

a).	Dénombrement des staphylocoques dont <i>Staphylococcus aureus</i> .....	30
b).	Recherche des Coliformes totaux et Coliformes thermotolérants.....	31
c).	Recherche des streptocoques fécaux.....	33
III.4.4.1.2.	Recherche des germes pathogènes.....	34
a).	Recherche des vibrions.....	34
b).	Recherche des salmonelles.....	36
III.4.4.1.3.	Recherche des germes sulfitoréducteurs.....	38
III.4.4.2.	Matrice sédiment.....	39
•	Recherche des Coliformes totaux, des Coliformes thermotolérants et des streptocoques fécaux par la technique du nombre le plus probable.....	39
III.4.4.3.	Dénombrement et recherche de la flore contenue dans les oursins.....	40
➤	Recherche et dénombrement des coliformes.....	40
✓	Evaluation du nombre de coliforme totaux (CT).....	41
✓	Evaluation du nombre des coliformes fécaux(CF).....	41
✓	Le nombre de coliformes fécaux dont <i>E.coli</i> .....	41
➤	Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux et des staphylocoques.....	41
➤	Recherche et dénombrement des anaérobies sulfitoréducteurs (ASR).....	41
➤	Recherche et dénombrement des Levures et Moisissures.....	43
III.4.4.4.	Techniques d'isolement et d'identification des bactéries recherchées.....	44
a)	Coloration de Gram.....	44
b)	Test de la catalase.....	44
c)	Test d'oxydase.....	44
d)	Triple Sugar Iron (TSI).....	45
e)	Identification biochimique : Galeries <b>API 20 E</b> .....	45
f)	Recherche de la coagulase.....	45
III.4.5.	Analyse des hydrocarbures.....	46
❖	Dosage des hydrocarbures dans l'eau.....	47
❖	Dosage des hydrocarbures dans les sédiments.....	48
❖	Mesure et mode de calcul des concentrations.....	49
III.4.6.	Dosage des métaux lourds.....	51
III.4.7.	Analyse granulométrique.....	52
III.4.7.1.	Les paramètres centraux.....	54
III.4.7.2.	Autre indice.....	54

## Chapitre IV : Résultats et interprétation

<b>IV.1.</b>	<b>Résultats des mesures <i>in situ</i></b> .....	<b>55</b>
a-	Température des eaux de surface.....	55
b-	potentiel d'Hydrogène (pH).....	55
c-	Oxygène dissout.....	56
d-	Salinité et Conductivité.....	56
<b>IV.2.</b>	<b>Résultats des analyses au laboratoire</b> .....	<b>57</b>
IV.2.1.	Résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques.....	57
IV.2.1.1.	Matières en suspension (MES).....	57
IV.2.1.2.	Résultats de la mesure de la matière organique.....	58

IV.2.1.2.1. Dans l'eau de surface.....	58
IV.2.1.2.2. Dans les sédiments.....	58
IV.2.2. Résultats du dosage des sels nutritifs.....	59
IV.2.3. La <i>chlorophylle a</i> .....	62
IV.2.4. Résultats de l'analyse des paramètres microbiologiques.....	62
IV.2.4.1. Matrice eau de mer.....	62
IV.2.4.1.1. Résultats de la recherche des coliformes, des streptocoques fécaux et des staphylocoques.....	62
IV.2.4.1.2. Résultats de la recherche des germes pathogènes.....	65
IV.2.4.1.3. Résultats de la recherche des germes sulfitoréducteurs.....	65
IV.2.4.2. Matrice sédiment .....	66
IV.2.4.3. Résultats du dénombrement et recherche de la flore contenue dans les oursins.....	68
IV.2.5. Résultats de l'analyse des hydrocarbures.....	68
❖ Résultats du dosage des hydrocarbures dans l'eau.....	68
❖ Résultats du dosage des hydrocarbures dans les sédiments.....	69
IV.2.6. Résultats du dosage des métaux lourds.....	70
IV.2.7. Résultats de l'analyse granulométrique.....	71
<b>IV.3. Etudes comparatives.....</b>	<b>74</b>
IV.3.1. Comparaison des paramètres physico-chimiques avec des études antérieures.....	74
IV.3.2. Comparaison des taux de certains sels nutritifs avec des études antérieures.....	74
IV.3.3. Etude comparative des paramètres bactériologiques des eaux du port de Sidi Fredj avec des études antérieures.....	75
<b>Conclusion.....</b>	<b>76</b>
<b>Références bibliographiques</b>	
<b>Annexes</b>	

## Listes des figures

<b>Figure I.1</b> : Bateau équipé d'une herse.....	6
<b>Figure I.2</b> : Illustration des premières dragues.....	6
<b>Figure I.3</b> : Evolution des dragues.....	7
<b>Figure II.1</b> : Position géographique de Sidi Fredj .....	12
<b>Figure II.2</b> : Agencement des bassins du port de Sidi Fredj.....	13
<b>Figure II.3</b> : Carte bathymétrique de la Baie de sidi Fredj.....	14
<b>Figure II.4</b> : Topographie de la Baie de Bou-Ismaïl.....	15
<b>Figure II.5</b> : Carte sédimentaire de la Baie de Bou-Ismaïl.....	16
<b>Figure III.1</b> : localisation des stations de prélèvement d'eau et de sédiment dans le port de Sidi Fredj.....	22
<b>Figure III.2</b> : localisation des stations de prélèvement d'eau et de sédiment au niveau des plages Est et Ouest de Sidi Fredj.....	23
<b>Figure III.3</b> : Localisation des stations de prélèvement d'eau et de sédiment pour le dosage des hydrocarbures.....	23
<b>Figure III.4</b> : Prélèvement d'eau et de sédiment.....	24
<b>Figure III.5</b> : Appareils de mesures <i>in situ</i> .....	25
<b>Figure III.6</b> : Dénombrement des Staphylocoques dans la matrice eau de mer.....	30
<b>Figure III.7</b> : Technique de dénombrement des Coliformes dans l'eau de mer.....	31
<b>Figure III.8</b> : Technique d'identification des coliformes fécaux (CF) dont <i>Escherichia coli</i> : Test confirmatif.....	32
<b>Figure III.9</b> : Dénombrement des streptocoques fécaux dans la matrice eau.....	33
<b>Figure III.10</b> : Recherche des vibrions dans l'eau de mer.....	34
<b>Figure III.11</b> : Technique d'identification des vibrions.....	35
<b>Figure III.12</b> : Recherche des salmonelles dans l'eau de mer.....	36
<b>Figure III.13</b> : Technique de caractérisation des salmonelles.....	37
<b>Figure III.14</b> : dénombrement des ASR dans l'eau de mer. ....	38
<b>Figure III.15</b> : Préparation des dilutions.....	39
<b>Figure III.16</b> : Recherche des coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux dans le sédiment.....	40
<b>Figure III.17</b> : Recherche et dénombrement des bactéries dans les oursins.....	42
<b>Figure III.18</b> : Recherche et dénombrement des Levures et Moisissures.....	43
<b>Figure III.19</b> : Spectrophotomètre de Fluorescence HITACHI, modèle 650S.....	45
<b>Figure III.20</b> : L'emplacement des sédiments dans le lyophilisateur.....	48
<b>Figure III.21</b> : Mortier en porcelaine.....	49
<b>Figure III.22</b> : Etapes de l'analyse granulométrique.....	53
<b>Figure IV.1</b> : Valeurs moyennes de la température en fonction des stations.....	55
<b>Figure IV.2</b> : Valeurs moyennes du pH en fonction des stations.....	56
<b>Figure IV.3</b> : Variation des moyennes de l'oxygène dissout.....	56
<b>Figure IV.4</b> : Valeurs moyennes de la salinité et de la conductivité.....	57
<b>Figure IV.5</b> : Variation des taux moyens des matières en suspension en fonction des stations.....	58
<b>Figure IV.6</b> : Variation moyenne de la matière organique particulaire dans l'eau de surface.....	58
<b>Figure IV.7</b> : Variation des moyennes de la matière organique dans les sédiments.....	59
<b>Figure IV.8</b> : Variation moyenne des nitrites dans les eaux.....	60
<b>Figure IV.9</b> : Variation moyenne des orthophosphates des les eaux.....	60
<b>Figure IV.10</b> : Variation moyenne des silicates dans les eaux.....	61
<b>Figure IV.11</b> : Variation moyenne de l'ammonium dans les eaux.....	61

<b>Figure IV.12</b> : Variation moyenne de la <i>chlorophylle a</i> dans les eaux.....	62
<b>Figure IV.13</b> : Variation des taux des staphylocoques dans l'eau de mer.....	63
<b>Figure IV.14</b> : Variation des taux des CT dans l'eau de mer.....	63
<b>Figure IV.15</b> : Variation des taux des coliformes thermotolérants dans l'eau de mer...	64
<b>Figure IV.16</b> : Variation des taux des streptocoques fécaux dans l'eau de mer.....	64
<b>Figure IV.17</b> : Variation des taux des ASR dans l'eau de mer.....	66
<b>Figure IV.18</b> : Variation des taux des CT dans les sédiments.....	66
<b>Figure IV.19</b> : Variation des taux des CF « <i>E.coli</i> » dans les sédiments.....	67
<b>Figure IV.20</b> : Variation des taux des SF dans les sédiments.....	67
<b>Figure IV.21</b> : Concentrations des HAP dans l'eau et leur représentation dans le port...	69
<b>Figure IV.22</b> : Concentration des HAP dans les sédiments.....	69
<b>Figure IV.23</b> : Distribution du $\varphi_{25}$ dans le port et ses alentours.....	71
<b>Figure IV.24</b> : Distribution du $\varphi_{50}$ dans le port et ses alentours.....	72
<b>Figure IV.25</b> : Distribution du $\varphi_{75}$ dans le port et ses alentours.....	72
<b>Figure IV.26</b> : Distribution des Pelites dans le port et ses alentours.....	73

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.1:</b> Récapitulatif des dragages effectués au niveau du port de Sidi Fredj.....	8
<b>Tableau II.1:</b> Superficie et profondeur des bassins du port.....	13
<b>Tableau II.2:</b> Estimation du transit sédimentaire dans la Baie de Sidi Fredj.....	16
<b>Tableau II.3:</b> Pourcentage des vents par direction dans la zone de Sidi Fredj.....	17
<b>Tableau II.4:</b> Variation annuelle des températures et précipitations de Sidi Fredj.....	17
<b>Tableau II.5:</b> Variation du coefficient de réfraction et de la direction de la houle.....	18
<b>Tableau III.1 :</b> Indice de classification du sédiment.....	54
<b>Tableau IV.1:</b> Récapitulatif des concentrations en sels nutritifs.....	59
<b>Tableau IV.2:</b> Concentrations moyennes/100g de chair + liquide du système aquifère des oursins.....	70
<b>Tableau IV.3:</b> Concentrations normales des métaux lourds dans les sédiments selon les normes algériennes, françaises et hollandaises.....	70
<b>Tableau IV.4:</b> Variation des concentrations en métaux lourds des sédiments dans le port de Sidi Fredj.....	70
<b>Tableau IV.5:</b> Résultats du calcul des quartiles et de certains indices granulométriques.	71
<b>Tableau IV.6:</b> Variation de la taille moyenne en fonction des stations.....	72
<b>Tableau IV.7:</b> Taux des Pelites dans les différentes stations.....	73
<b>Tableau IV.8:</b> Comparaison des paramètres physicochimiques des eaux du port de Sidi Fredj avec des études antérieures.....	74
<b>Tableau IV.9:</b> Comparaison des concentrations en sels nutritifs.....	75
<b>Tableau IV.10:</b> Tableau comparatif de la concentration moyenne de la colimétrie du port.....	75

## Liste des acronymes et abréviations

%	Pourcent
°C	Degré Celsius
µg	Micro gramme
µm	Micro mètre
µs	Micro siemens
‰	Pour mille
ASR	Anaérobies sulfitoréducteurs
BEA	Bile esculine agar
Cd	Cadmium
CF	Coliformes fécaux
cm	Centimètre
CT	Coliformes totaux
DAM	dragues aspiratrices en marche
DAS	dragues aspiratrices stationnaires
DFI	Triage de Folk
DTP	Direction des travaux publics
EDS	Eau Distillée Stérile
ENSSMAL	Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral
EPA	Eau peptonée alcaline
EPI	Eau peptonée exempte d'indole
ETM	éléments en traces métalliques
FFPP	Fédération Française des Ports de Plaisance
g	gramme
h	heure
H <sub>2</sub> S	Acide sulfurique
HAP	hydrocarbures aromatiques polycycliques
HCl	Acide chloridrique
Hg	Mercure
HNO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Acide nitrique
ISO	International Standard Organisation
JORA	Journal Officiel de la république Algérienne
l	Litre
LEM	Laboratoire des Etudes Maritimes
M	Taille moyenne
MES	Matières en suspension
mg	Milligramme
ml	Millilitre
mm	Millimètre
mn	Minute
MO	Matière organique
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Nitrites
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrates
NPP	Nombre le plus probable
OMS	Organisation Mondiale de la Santé

ONM	Office National de Météorologie
Pb	Plomb
pH	potentiel d'Hydrogène
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Orthophosphates
PSU	Practical Salinity Unit
SF	Streptocoques fécaux
SKI	Indice d'Asymétrie
SS	Salmonella et Shigella
T	Température
UA	Unité arbitraire
UFC	Unité formant colonies
UV	Ultra violet
WTW	Wissenschaftliche Technische Workstatten
$\varphi_{25}$	premier quartile
$\varphi_{50}$	médiane
$\varphi_{75}$	troisième quartile

---

# *Introduction*

---

## Introduction

Source de vie, source de défi, la mer a façonné l'histoire de l'humanité. Tout a commencé avec l'arche de Noé, l'homme et tous les êtres vivants ont trouvé refuge dans cet espace qui leur faisait peur. A partir de ce moment, la navigation a vu le jour puis elle a évolué lentement jusqu'au XVIII<sup>ème</sup> siècle où elle a connu une expansion fulgurante.

L'industrialisation et l'invention de la machine à vapeur ont marqué un nouveau tournant dans notre histoire, l'aspect des côtes change rapidement attirant ainsi de plus en plus de populations qui ont tendance à s'y entasser. L'Algérie est une parfaite illustration de ce fléau ; avec près de deux tiers de la population installés sur le littoral. En s'implantant sur les rivages marins, les hommes sont devenus des agents importants de leur évolution, par des interventions dont les effets induits n'ont pas été estimés à leur juste valeur.

Les activités liées directement à la mer ont une place prépondérante, cependant, elles sont tributaires de la santé et de la productivité du milieu marin. L'homme en investissant de plus en plus dans le milieu marin contribue à son déséquilibre. Les ressources vivantes et la biodiversité sont menacées par les pressions anthropiques en termes d'aménagement du littoral, de la pollution et de l'exploitation (**Kassar, 2011**), c'est pour cela, qu'il ne faut pas perdre de vue l'importance d'orienter plus les opinions vers une optique de sensibilisation et de prévention

La navigation est l'activité la plus importante sur la zone littorale. Les navires commerciaux, de pêche et de plaisance permettent de faire la jonction entre la mer et le continent. Les infrastructures portuaires occupent, à cet effet, un rôle économique incontournable. Leur construction, souvent établie dans des zones peu profondes, nécessitent des dragages périodiques pour leur entretien afin de faciliter les manœuvres des navires. Les produits de dragages qui peuvent s'élever à plusieurs milliers de tonnes pour un seul port, sont soit immergés soit déposés sur le continent (**Alzieu et al., 1999**).

Malgré l'éveil environnemental des années 80 traduit essentiellement par l'élaboration des textes réglementant les aspects de la pollution marine, l'Algérie ne possède pas de statistiques des quantités à excaver annuellement car les dragages ne suivent pas un planning établi (**Belkessa, 2005**). La qualité de l'eau de mer et des sédiments est influencée principalement par le déversement d'eaux usées non traitées directement dans les bassins des ports. Des études antérieures montrent même la présence d'éléments métalliques et pétroliers.

D'autre part, l'ensablement et l'envasement des ports algériens ont réduit considérablement leurs profondeurs, réduisant ainsi les capacités d'accueil (**Belkessa, 2005**). Dans la majorité des cas, cela est dû à la proximité des cours d'eau.

Le choix d'étude porté sur la ville coquette de Sidi Fredj n'est pas impromptu, abritant le 1<sup>er</sup> port de plaisance en Algérie, elle reçoit une importante pression anthropique depuis son inauguration en 1971 jusqu'à aujourd'hui, le nombre de bateaux qui y sont amarrés dépasse largement sa capacité initiale (plus de 600 bateaux au lieu de 400).

Dans le souci principal de participer à une action remédiable à la problématique d'inexistence de base de données, cette étude s'inscrit dans le concept du suivi de l'évolution de la qualité des sédiments du port de Sidi Fredj. Cela, en passant par des analyses chimique, microbiologique aux niveaux des trois matrices (eaux, biotes et sédiments) ainsi que l'étude granulométrique. Le dragage effectué en Janvier 2013 constitue une opportunité indéniable dans cette perspective.

Le but initial de cette étude était d'évaluer la qualité des matériaux ; granulométrie et concentration en polluants en vue d'une immersion, vu que les autorités concernées ont, en fin de compte, opté pour un dépôt côtier sur la plage Est et Ouest, ce travail s'oriente à présent uniquement vers l'aspect qualitatif du sédiment. Dans cet objectif nous allons procéder de la manière suivante :

- Définition du dragage et des lois qui le régissent dans un premier temps (chapitre I)
- Présentation de la zone d'étude et une synthèse des définitions générales (chapitre II).
- Présentation des moyens matériels utilisés en mer et au laboratoire, et des méthodes appliquées pour les différentes analyses (chapitre III).
- Interprétation des différents résultats des études physico-chimique, bactériologique, granulométrique et de la pollution par les métaux lourds et les hydrocarbures aromatiques polycycliques (chapitre IV).

---

***Chapitre I***  
***Dragage et lois associées***

---

## **I.1. Qu'est ce qu'un port ?**

Toute activité maritime repose, pour une part essentielle, sur l'accès au port, lieu d'escale, de manutention, d'avitaillement, de construction et d'entretien des navires, que ceux-ci soient armés, de commerce, de pêche ou de plaisance. Cet accès est donc vital non seulement pour les marins et leurs armateurs, mais également pour les actifs des agglomérations et territoires environnants dont l'emploi dépend souvent directement ou indirectement du port.

Plus précisément, un port est destiné à abriter les navires de l'action de la houle pour leur permettre :

- \*De stationner en attendant de partir pour un autre voyage ;
- \*D'effectuer des opérations commerciales d'embarquement et de débarquement des passagers et des marchandises, de sautage et d'avitaillement ;
- \*Enfin d'être construits, entretenus et réparés.

Les conditions d'abri sont évidemment plus sévères dans les deux derniers cas. Compte tenu de la mission des ports et de celle des navires qui les fréquentent, on peut théoriquement distinguer :

### **I.1.1. Les ports militaires**

Ils peuvent comporter :

- \*Soit une rade abritée dans laquelle les navires sont mouillés sur leur ancre ou sur des coffres d'amarrage.
- \*Soit des installations ayant les mêmes dispositions que celles d'un port de commerce (digues, quais...). Exemple : port de Thamenfouste.

### **I.1.2. les ports de commerce**

Ces ports peuvent assurer un trafic de voyageurs, de marchandises diverses ou spécialisées et de pondéreux en vrac. Exemple : port d'Alger, port de Bejaia.

Ils peuvent également comporter des installations :

- \*Pour la construction et la réparation navales ;
- \*Pour la pêche ;
- \*Pour la navigation de plaisance.

### **I.1.3. Les ports de travaux**

Certains ports doivent être créés pour l'exécution des grands travaux afin de servir à abriter les engins flottants.

### **I.1.4. Les ports de pêche**

Les ports de pêche offrent des facilités particulières pour la commercialisation du poisson. Exemple : port de Bouharoun.

### **I.1.5. Les ports de plaisance**

Le développement des loisirs maritimes a entraîné la création de ports spécialement aménagés pour la navigation de plaisance. Exemple : le port d'El Djamila, port de Sidi Fredj.

### **I.2. Port de Sidi Fredj**

Pendant longtemps, avant l'élaboration de ce type d'ouvrage, les navires de plaisance prenaient place au niveau des quais des ports de commerce ou de pêche.

L'état avait estimé que la construction de ces ports de plaisance n'était pas de son ressort vu qu'ils ne présentaient pas un intérêt public avéré. C'est à ce titre que les pouvoirs publics à travers leurs services compétents ont opté pour le système des concessions.

Dans certains pays occidentaux, les ports de plaisances sont appelés également « Ports privés », lorsque les plaisanciers investissent dans la construction de ces derniers, ils deviennent « propriétaires » d'un poste à quai ou d'un anneau. Avec la possibilité offerte aux constructeurs de céder certains anneaux.

Dans ce genre de port où les emplacements de mouillage et quais sont amodiés, l'amodiataire a le droit d'occuper ces places qui correspondent à la durée de concession. Ainsi il existe des parties publiques obligatoires, pour les plaisanciers se trouvant dans ces situations sous réserve de se soumettre au règlement portuaire, et de s'acquitter des redevances d'usage prévues au cahier des charges.

Ces ports de plaisance sont un facteur économique favorable au développement des communes littorales, puisqu'on peut considérer que 100 navires nécessitent la création d'environ 2 emplois directs pour les équipements nautiques et induisent de 7 à 8 emplois indirects pour l'activité commerciale.

Mais la création des places de mouillage s'accompagne aussi d'un accroissement de la demande de résidences secondaires et d'une consommation d'espace littoral qui, le plus souvent, modifie le caractère naturel du site, allant à l'encontre de ce qui fait son attrait à l'origine.

Le port de Sidi Fredj, premier dans son genre, construit en 1969 par l'architecte Français Fernand POUILLON, est inauguré en 1971 par le ministre du tourisme et destiné spécialement à la plaisance. Implanté dans une région historique, témoin du débarquement des troupes Françaises sur le territoire Algérien, le 14 juin 1830, marquant le point de départ d'une colonisation de plus de 130 années.

Le dragage maritime recouvre des activités multiples. En milieu portuaire, il vise à rétablir la côte d'exploitation des chenaux et des bassins existants pour permettre la navigation des navires ou à creuser pour de nouveaux aménagements.

Les pratiques de dragage consistaient encore récemment à charger dans les barges les déblais indésirables obstruant les chenaux et limitant la profondeur des bassins et à les immerger au large, suffisamment loin des côtes. Les analyses relatives à la qualité des matériaux restaient succinctes, limitées à des considérations granulométriques nécessaires au chantier. Les préoccupations environnementales étaient secondaires.

La problématique des dragages est à l'heure actuelle en pleine évolution, les techniques utilisées doivent faire l'objet d'adaptation afin d'intégrer des considérations environnementales.

Par définition, les ports constituent des plans d'eau calmes, favorables à une sédimentation importante des particules fines. Les eaux portuaires constituent ainsi le réceptacle final pour divers rejets en provenance des bassins versants. Les contaminants adsorbés sur les particules fines sont ainsi piégées de façon préférentielle sur les sédiments au fond des bassins portuaires.

### **I.3. La nécessité du dragage et son impact sur l'environnement**

Les dragages représentent principalement, une dimension économique pour le développement et le maintien des activités portuaires. Le régime juridique de la problématique des dragages tente d'allier développement économique et protection/gestion de l'environnement.

Dans tous les ports dont les chenaux d'accès sont soumis à des phénomènes d'envasement et d'ensablement, les travaux sont nécessaires pour dégager toute obstruction et assurer la navigation. Ils constituent parfois le préalable à la réalisation de nouveaux aménagements portuaires. Les dragages portuaires (travaux d'entretien ou travaux neufs) génèrent de très grandes quantités de déblais (de plusieurs milliers ou million de m<sup>3</sup>) parfois contaminées par des métaux lourds, des hydrocarbures...

D'après **Clark (1977)**, le dragage est la menace la plus sérieuse pour les écosystèmes littoraux. Certains processus par lesquels il est susceptible d'affecter le milieu marin sont plus théoriques que réels. On peut résumer l'essentiel de la façon suivante :

- La drague, en modifiant la topographie du fond, peut rendre la zone d'extraction impropre au chalutage, même après cessation des activités.
- Si le dragage a lieu à faible distance des côtes, l'équilibre du littoral peut être affecté, entraînant des modifications des lignes de rivage et en particulier des plages.
- En cours de dragage, le pompage des matériaux au fond entraîne la mise en suspension d'une partie de la fraction fine du sédiment. Cette turbidité, indépendamment de la gêne intrinsèque qu'elle peut causer dans les zones touristiques, peut provoquer une baisse de la transparence de l'eau, ayant pour conséquence une diminution de la pénétration de la lumière, donc de la photosynthèse. Le danger que peut constituer la désorption d'éléments toxiques fixés par la vase au cours de sa remise en suspension est à prendre en compte ainsi que les sédimentations intempestives dans les régions qui avoisinent la zone d'extraction.

## I.4. Le dragage

### I.4.1. L'histoire du dragage

Le terme dragage apparaît d'abord dans le vocabulaire de la pêche (de l'anglais drag ; crochet) pour désigner en engin trainant pour coquillages, puis dans le sens d'outils enlevant le sédiment. Le verbe « draguer » apparaît vers le XVIII<sup>ème</sup> siècle.

Selon Gower les premières techniques de dragage ont été développées au néolithique par les communautés vivant dans les vallées du Nil, de l'Euphrate, du Tigre et de l'Indus. Ces civilisations ont en effet développé des techniques pour récupérer les terres fertiles des estrans et irriguer les terres arides potentiellement fertiles par des réseaux de canaux. Ces techniques sont à l'origine de l'essor des premières civilisations agricoles (**Boutin, 2000**).

L'apparition des ports artificiels et de la navigation commerciale ordonnée dans l'Antiquité donne le coup d'envoi des premiers travaux portuaires exécutés par les Grecs, les Romains et même les Chinois. Les premiers outils de dragage se résument à des godets maniés à main, ou des sortes de herses tractées derrière les navires pour remettre en suspension les sédiments.

Il faut attendre le XV<sup>ème</sup> siècle avec les grands travaux entrepris d'assèchement et de création des Polders au Pays Bas pour voir apparaître les premières dragues : Le « krabbelaar », gratteuse à voile Zélandaise (vers 1450), équipée de herses réglables.

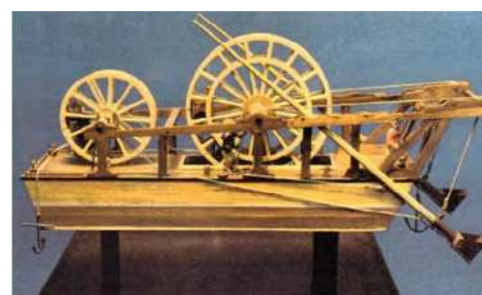
Les outils se développent de plus en plus, se mécanisant, pour utiliser la puissance motrice du cheval. Le manège à chevaux a été vraisemblablement inventé en 1589 par Cornevis Dircksz Muy, charpentier de la ville de Delft. Avec le principe de l'extraction des sédiments apparaît alors la notion de « réimmersion ».

La drague à cuillère fut inventée en France en 1745. Les dragues à beine preneuse ont vraisemblablement été inventées vers le XVI<sup>ème</sup> Siècle au Pays Bas et en Italie (Venise).



Cliché : In Vivo

**Figure I.1** : Bateau équipé d'une herse



Clichés : In Vivo

**Figure I.2** : Illustration des premières dragues

Avec les dragues, apparaissent ensuite les premiers chalands servant à récupérer les sédiments extraits. Il s'agit au début de simples péniches qui vont ensuite s'équiper d'un clapet au fond du puis pour vider le chargement sur le site de destination. L'ouverture du clapet a donné le terme consacré de **clapage**.

L'avènement de la machine à vapeur a accompagné également l'évolution des engins de dragage vers le début du XIX<sup>ème</sup> siècle.

La première drague à godets en bois actionnée par la vapeur a été mise au point en Angleterre en 1803. L'évolution de la drague à godets voit le positionnement de la noria de godet au centre du navire dans une trémie prévue à cet effet.

L'invention de la pompe centrifuge va alors révolutionner les engins de dragage, avec l'apparition des premières dragues suceuses, inventées par Hutton en 1870 en Hollande.



Clichés : InVivo

**Figure I.3 :** Evolution des dragues

La simple aspiration est alors rapidement améliorée par l'utilisation d'un outil supplémentaire qui va alors désagréger le sédiment, pour le refouler par la suite. Le creusement du canal de Suez entre 1859 et 1869, devient alors un formidable accélérateur à l'expérimentation de nouveaux outils.

Petit à petit le métal remplace le bois, l'hélice la roue à aube, et le moteur diesel la propulsion vapeur. Il faut attendre véritablement le XX<sup>ème</sup> Siècle pour avoir l'avènement des dragues. Les simples dragues à godets sont remplacées par les pelleuses sur ponton, dragues aspiratrices stationnaires (DAS) et enfin les dragues aspiratrices en marche (DAM) (**FFPP, 2005**).

#### **I.4.2. Dragage du port de Sidi Fredj**

L'ensablement du port de Sidi Fredj a réduit les profondeurs de la passe d'entrée à une cinquantaine de centimètres seulement. Les plages Est et Ouest de Sidi Fredj ont connu un recul très important qui s'est traduit par la disparition totale de la plage Ouest. Les sédiments dragués du port pouvaient être réinjectés au niveau de cette plage, Mais les nombreuses habitations avec des passages très étroits vers la mer n'ont pas permis l'acheminement de ces sédiments (**Belkassa, 2005**). L'option du rejet sur la plage Est a été retenue à maintes reprises, la plus récente étant en Janvier 2013.

**Tableau I.1:** Récapitulatif des dragages effectués au niveau du port de Sidi Fredj.

Année	Volume dragué (m <sup>3</sup> )	Société
1992	6000	SONATRAM
2003	20 000	DTP d'Alger
2006	/	DTP d'Alger
2013	20 000	SOTRACHYPE

Après le dragage de 1992, vu la qualité des sédiments dragués (très pollués), la direction de l'environnement a été obligée d'arrêter les opérations pour ne pas aggraver l'état de la pollution des côtes de Sidi Fredj, l'arrêt provisoire de ces opérations a été fait en vue de trouver une solution adéquate pour le choix du site et du moment de dépôt des sédiments extraits du port.

En 1998, le Laboratoire d'Etudes Maritimes (LEM) a fait une étude au niveau du port, et un levé bathymétrique a été établi. Cette étude a montré qu'un volume de 5000 m<sup>3</sup> de matériaux devrait être dragué et cela au niveau de la passe d'entrée.

#### I.4.3. Devenir des produits de dragage

Les quantités de sédiment à draguer s'élèvent à plusieurs Million de m<sup>3</sup> par an sur l'ensemble du littoral Algérien. La gestion des produits excavés dépendra d'une part de la quantité, de la granulométrie et de la concentration des métaux lourds dans les sédiments. En outre, le milieu récepteur doit répondre aux critères et aux propriétés des produits dragués (Belkessa, 2005).

#### ❖ Immersion

##### Définition de l'immersion

Généralement on entend par immersion, le déversement délibéré dans la mer de substances ou de matériaux à partir (ou au moyen) de navires, aéronefs, engins flottants, plates-formes fixes ou flottantes ou autres ouvrages placés en mer.

Ne sont pas considérés comme des immersions ; les rejets de matériaux effectués directement par conduite sur le littoral. De même, sont *a priori* exclues du champ des conventions les opérations de dragages par surverse ou par agitation (Alzieu et al., 1999).

L'immersion est la solution la plus utilisée en Algérie vu son coût, elle tient compte des études granulométrique, hydrologique, chimique et biologique du site. En plus de ces études le choix du site d'immersion repose sur les critères physiques suivants :

- L'éloignement des côtes.
- Profondeur suffisamment importante pour que les sédiments ne soient pas repris par les courants.
- Le site doit être en dehors des zones d'intérêt écologique et halieutique.

Le choix final de la zone d'immersion est donc une étape importante du dragage, même si elle se situe hors du champ de vision des usagers du port.

### ❖ **Immersion au large des géoconteneurs**

Les sédiments dragués sont injectés dans des conteneurs à parois synthétiques, ces derniers seront clapés au large dans un site choisit dont on aura déterminé la pression (pour éviter les déchirures). Les profondeurs sont comprises entre 70 et 100 m.

### ❖ **Dépôt côtier**

Les options pour les dépôts côtiers en Algérie sont celles qui concernent l'implantation de digues d'enclôture au voisinage du port. Les caractéristiques des digues sont déterminées en fonction de la quantité des sédiments à déposer et des conditions hydrodynamiques. Après avoir effectué une étude de l'état initial du site de dépôt et des capacités d'accueil, un projet d'une digue est entrepris. Elle sera imperméable aussi bien du côté mer que verticalement afin d'éviter les fuites de polluants en mer. Le fond de la décharge côtière sera recouvert d'une membrane synthétique afin d'empêcher toute contamination de la nappe phréatique.

La digue doit être suffisamment haute pour éviter les franchissements en cas de tempête. Le sédiment doit être toujours recouvert d'un mètre d'eau environ pour éviter l'oxygénation du sédiment, l'évaporation des polluants et le dégagement d'odeur nauséabonde. **(Belkessa, 2005)**.

### ❖ **Confinement dans les géotubes**

Dimensionné à la demande, ils gardent une tenue exceptionnelle dans le temps. L'intérêt de ce procédé repose sur la simplicité du concept et sa facilité de mise en œuvre, son utilisation est répandue aux USA pour la protection du littoral contre l'érosion marine. Ils peuvent aussi remplacer les ouvrages lourds (épis, digues...), dans le cas des produits dragués des ports algériens souvent pollués, le recours à l'utilisation des géotubes s'avère très rentable.

## **I.5. Aspects réglementaires**

L'interdiction d'immersion des produits nuisibles apparaît comme un principe qui est applicable dans tous les états, soit en vertu de règles de droit interne, soit en application des normes internationales.

Les opérations liées au dragage des sédiments et à leur immersion en Algérie sont régies par des réglementations internationales auxquelles l'Algérie a adhéré et par la loi algérienne **(Belkessa, 2005)**.

### ❖ **Dispositions internationales**

Sur le plan international, les dispositions concernant l'immersion des produits de dragage sont issues essentiellement des résultats des travaux de :

- **La convention d'Oslo du 15 février 1972** pour la prévention de la pollution marine par les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronefs.
- **La convention de Londres du 29 décembre 1972** sur la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion des déchets. Cette convention est entrée en vigueur le 30 août 1975.

La liste grise comprend les matières dont l'immersion est subordonnée à la délivrance d'un permis spécifique tels que les déchets contenant des quantités notables d'arsenic, de plomb, de cuivre, de zinc ...

❖ **Dispositions nationales**

Sur le plan national, l'Algérie a adhéré à la convention de Barcelone et son protocole dont le décret a été adopté pour sa mise en œuvre au plan national. Deux dispositions sont entrées en vigueur concernant l'environnement marin. Il s'agit de :

**a) La loi n°83-03 du 05 février 1983** relative à la protection de l'environnement intitulée « protection de la mer » et concernant les articles 48 à 52.

Dans l'article 48, il est stipulé que sont interdits le déversement, l'immersion et l'incinération en mer de matières de toute nature susceptibles :

- ✓ de porter atteinte à la santé publique et aux ressources biologiques,
- ✓ d'entraver les activités maritimes, y compris la navigation et la pêche,
- ✓ d'altérer la qualité de l'eau de mer, du point de vue de son utilisation,
- ✓ de dégrader les valeurs d'agrément de la mer.

Dans l'article 49 de la présente loi, il est spécifié que «le Ministre chargé de l'environnement peut, après enquête publique, proposer des règlements et autoriser le déversement, l'immersion ou l'incinération en mer, dans les conditions telles que les opérations garantissant l'innocuité et l'absence de nuisance du déversement, de l'incinération ou de l'immersion ».

En complément à l'article 49, dans l'article 51, on stipule qu' «en ce qui concerne les déversements et immersion délibérés existants, le Ministre chargé de l'environnement détermine le délai dans lequel l'interdiction de l'article 49 de la présente loi leur est applicable ».

**b) Le décret n° 88-228 du 05 novembre 1988** définissant les conditions et modalités d'immersion de déchets susceptibles de polluer la mer, effectuées par les navires ou aéronefs.

**Article 2-** il est stipulé que «toute opération d'immersion susceptible de polluer la mer doit se faire dans le cadre des dispositions de la loi n°83-03 du 05 février 1983 susvisée et celles contenues dans le protocole relatif à la prévention de la pollution de la mer Méditerranée par les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronefs, fait à Barcelone, le 16/02/1976 ratifié par le décret 81-02 du 17 janvier 1981.

**Article 3-** En application à l'article 48 de la loi 83-03 du 5 février 1983, l'immersion de déchets sous toutes ses formes est interdite :

1°) «Lorsque les déchets contiennent une ou plusieurs substances énumérées dans le protocole relatif à la prévention de la pollution de la mer Méditerranée par les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronef fait à Barcelone le 16 Février 1976,... ».

2°) « Dans les zones maritimes présentant des intérêts particuliers du point de vue de la sécurité et sur les plans économiques et écologiques ».

**Article 4-** L'immersion de tout autre déchet est subordonnée, dans tous les cas à une autorisation, telle que prévue dans les articles 49 et 52 de la loi 85-03 du 05 Février 1983, qui peut se présenter sous forme d'un permis général ou d'un permis spécifique.

**Article 8-** Conformément aux dispositions de la loi n°83-03 du 05 février 1983, le Ministre chargé de l'environnement est fondé à réclamer au demandeur de permis tout complément de justifications portant sur :

- les résultats des analyses des échantillons de déchets faites dans des conditions qu'il aura déterminées cas par cas et pour lesquels la demande de permis d'immersion est présentée ;
- les études qui lui paraissent nécessaires, sur notamment l'état biologique et écologique du milieu marin dans la zone où l'immersion est projetée et au voisinage de celle-ci.

❖ **Dispositions régionales**

- **La Convention de Barcelone** du 16 février 1976 adoptée à Barcelone et entrée en vigueur le 12 février 1978 à laquelle l'Algérie a adhéré le 17 janvier 1981.

La convention est basée sur le protocole relatif à la prévention de la pollution de la mer Méditerranée pour les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronefs.

C'est sur la base du décret N° 81-02 du 17 janvier 1981 que la loi sur la prévention de la pollution a été élaborée.

Dans son article 1, le décret stipule que «les parties prennent toutes mesures appropriées pour prévenir et réduire la pollution de la zone de la méditerranée résultant des opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronefs ».

Dans l'article 4, le décret stipule que «l'immersion dans la zone de la méditerranée de déchets du présent protocole est subordonnée, dans chaque cas, à la délivrance préalable, par les autorités nationales compétentes, d'un permis spécifique » suivant les:

- ✓ Caractéristiques et composition de la matière.
- ✓ Caractéristiques du milieu d'immersion et méthodes de dépôt.
- ✓ Considérations et circonstances générales (effets éventuels sur la faune et la flore marine, autres méthodes de traitement, de rejet ou d'élimination).

---

***Chapitre II***  
***Synthèse bibliographique***  
***et***  
***Situation géographique***

---

## II.1. Le port de Sidi Fredj

### II.1.1. Situation géographique

Formant le cap Est de la baie de Bou-Ismaïl et la limite Ouest de la baie d'EL Djamilia, Sidi Fredj est considérée comme une presqu'île entre  $2^{\circ} 50' 48''$  Est et  $2^{\circ} 50' 41''$  Est de longitude et  $36^{\circ} 45' 17''$  Nord et  $36^{\circ} 45' 06''$  Nord de latitude.

Située à environ 25 Km à l'Ouest d'Alger, étendue sur un kilomètre au bord de la mer, Sidi Fredj est orientée vers le Nord Ouest.

Commune de Staouéli, daïra de Zeralda et wilaya d'Alger ; Sidi Fredj est un promontoire rocheux en saillies, par rapport aux côtes sableuses limitrophes, caractérisée par deux points:

- La pointe de Marabout à l'Est (port de plaisance).
- La pointe de St Janvier à l'Ouest (baie d'El Djamilia).



**Figure II.1:** Position géographique de la presqu'île de Sidi Fredj.

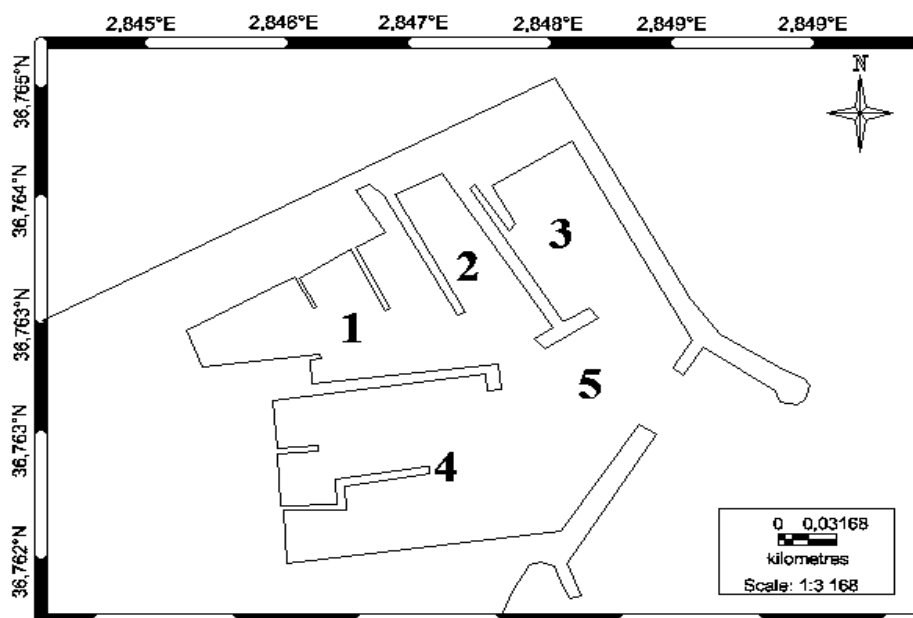
## II.2. Présentation de la zone d'étude

### II.2.1. Configuration et infrastructures du port

Le port qui couvre une superficie de 38 000m<sup>2</sup> est protégé par des ouvrages contre la houle qui servent aussi de délimitation. Ces derniers sont protégés à leur tour par des enrochements naturels.

Le port de Sidi Fredj est subdivisé en cinq bassins aménagés pour permettre l'accostage des petits bateaux ou embarcations.

- Bassin 1: C'est le bassin le plus éloigné de l'entrée du port, et c'est lui qui accueille le déversement d'eaux usées par l'égout principal.
- Bassin 2: Il est délimité par l'épi de la tour mauresque et l'épi de la station d'essence.
- Bassin 3: C'est le bassin de l'hivernage, délimité par la grande jetée.
- Bassin 4: Il est délimité par la jetée Sud et l'appontement trois à l'intérieur.
- Bassin 5: Il est situé à la sortie qui communique avec le large.



**Figure II.2:** Agencement des bassins du port de Sidi Fredj.

**Tableau II. 1:** Superficie et profondeur des bassins du port.

Bassin portuaire	Superficie (m <sup>2</sup> )	Profondeur (m)
1	8000	0.40-2.20
2	3000	1.75
3	5000	3-4.80
4	10000	1.40-2.60
5	9400	0.50-5

(in Amrani et Ferhat, 1994).

Les deux jetées du port sont de type à talus faites d'enrochements naturels.

- ✓ La grande jetée Nord, principale, longue de **260m**, se termine par un musoir et sert de barrière de protection contre les houles.
- ✓ La petite jetée Sud délimitant la plage Est de Sidi Fredj est longue de **200m**.

#### Côté port:

La digue est aménagée en quais accostables, comportant **3 épis** et **8 appontements** (**4 fixes** et **4 flottants**).

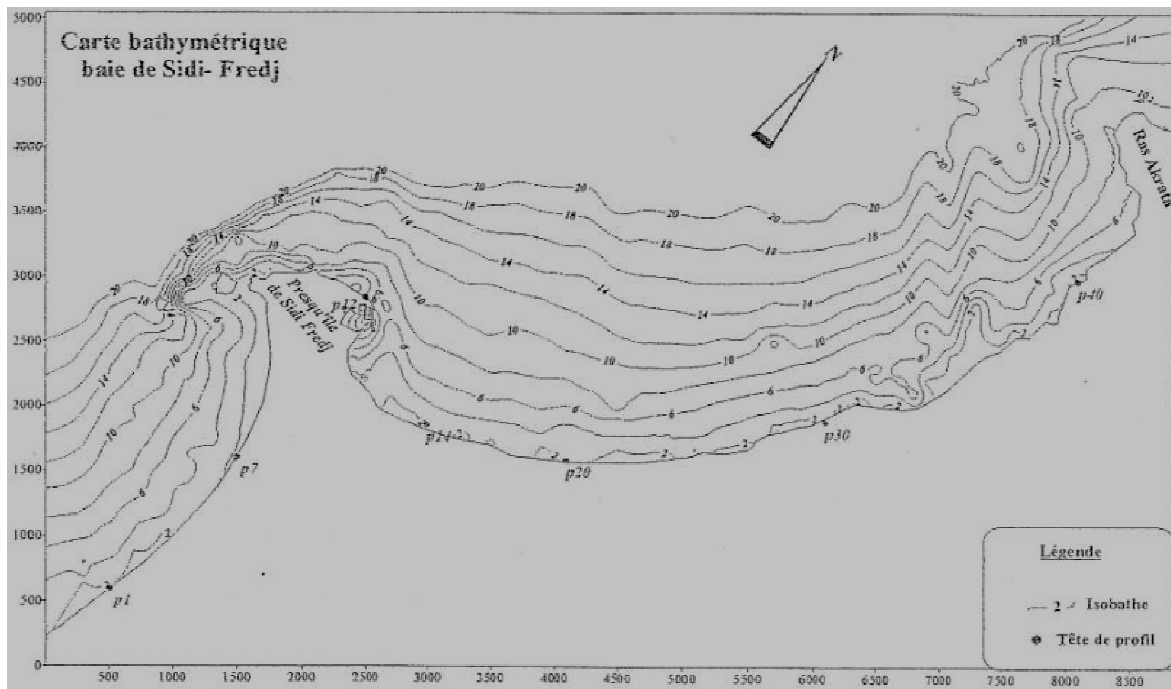
#### Côté mer:

Le talus de la digue est protégé jusqu'à une certaine profondeur (**1.5m**) par des blocs d'enrochements naturels.

L'intérieur et l'extérieur du port sont séparés par un mur servant d'abri.

## II.2.2. Caractéristiques du port

### II.2.2.1. Bathymétrie



(Source D.T.P, 2009)

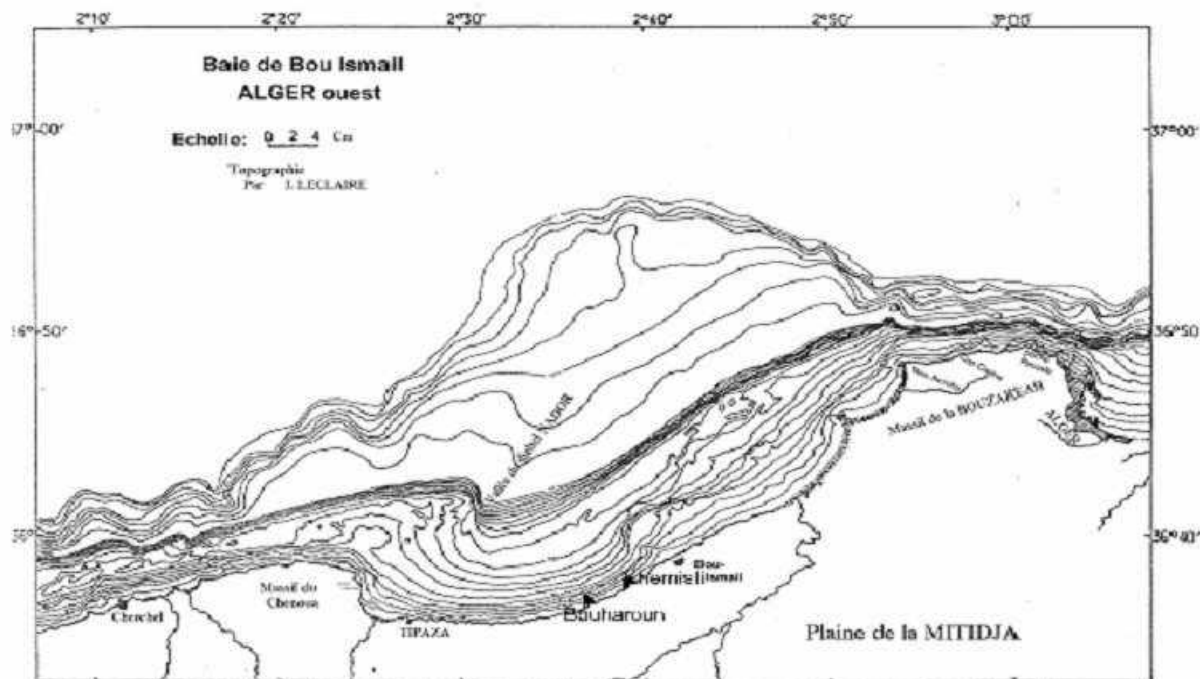
**Figure II.3:** Carte bathymétrique de la Baie de sidi Fredj.

Cette carte montre des isobathes régulières espacées et parallèles à la côte de part et d'autre de la presqu'île de sidi Fredj. Face à celle-ci, les isobathes sont serrées montrant une forte pente.

### II.2.2.2. Topographie

Les traits généraux de la morphologie des bordures marines algériennes sont dus essentiellement à un diastrophisme post-pliocène.

Par ailleurs, la marge continentale forme, dans la baie de Bou-Ismaïl, un vaste feston qui s'arc-boute sur les massifs du Chenoua et de Bouzareah. **(Leclaire, 1972).**



**(Leclaire, 1972)**

**Figure II.4:** Topographie de la Baie de Bou-Ismaïl.

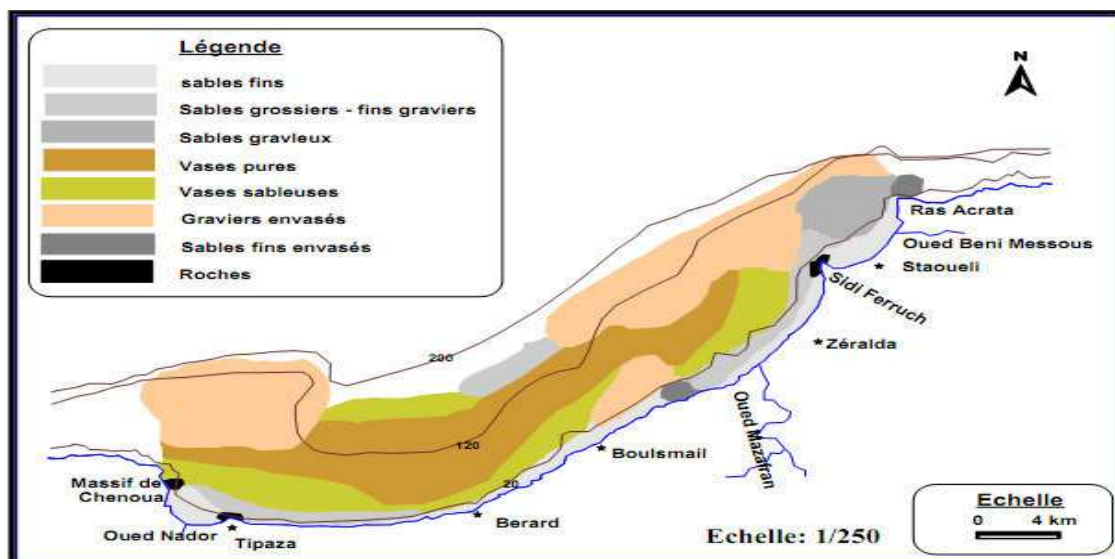
De la presqu'île de Sidi Fredj au Ras Acrata, la plate-forme continentale se rétrécit considérablement comme son inclinaison augmente ; plus à l'Est, elle disparaît complètement et les reliefs cristallins de Bouzareah se prolongent sans interruption jusqu'aux molles ondulations des grands fonds.

Dès la fin de la construction du port de plaisance en 1971, le littoral a subi des modifications topographiques engendrées par un déséquilibre sédimentaire. **(Caulet, 1972).**

### II.2.2.3. Sédimentologie

La carte sédimentologique de la baie de Bou-Ismaïl faite par le LEM et représentée ci-dessous, montre une prédominance de deux faciès : Vases pures à l'Ouest et graviers envasés à l'Est de la baie.

A l'extrême Est, dans le large de Sidi Fredj, on retrouve une succession de gisements de graviers envasés et de sables grossiers. Plus près de la côte, le fond marin est plutôt constitué de sables fins. Quant à la presqu'île, elle est entourée par un affleurement de roches appartenant au massif paléozoïque et métamorphique de Bouzareah.



(Grimes, 2003 *in* Belabdi- Ounnas, 2011)

**Figure II.5:** Carte sédimentaire de la Baie de Bou-Ismaïl.

La baie de Sidi Fredj est caractérisée par une hyper sédimentation résultant de l'orientation de la presqu'île qui joue le rôle d'un épi.

#### ❖ Le transit sédimentaire

A partir de l'embouchure de l'oued Béni Messous, source principale d'apport dans la baie de Sidi Fredj, les sédiments sont distribués sur la plate forme continentale par l'action des vents et des houles, en créant des courants de dérive littorale assurant le transit des sédiments parallèlement à la côte et des courants de retour assurant la dissémination des sédiments dans le profil. (LEM, 2009).

Ainsi, la dynamique sédimentaire dans la baie de Sidi Fredj est régie par les facteurs hydrodynamiques locaux.

Une étude faite par le L.E.M en AOUT 1997 portant sur la collecte et l'analyse de données de base dans le cadre d'une étude de désensablement du port de plaisance de Sidi Fredj nous a permis de dresser le tableau suivant :

**Tableau II.2:** Estimation du transit sédimentaire dans la Baie de Sidi Fredj.

Sites	Direction du transit dominant	Volume de matériaux déplacés (m <sup>3</sup> / an)
Baie de Sidi Fredj	Est-Ouest	44.000

Il ressort de ces résultats que le transit sédimentaire dans la baie de Sidi Fredj se fait d'Est en Ouest avec un volume de matériaux déplacés de l'ordre de 44.000 m<sup>3</sup>/ an.

Toutefois, on ne peut pas attribuer une grande précision à cette évaluation puisqu'elle est basée sur des formules empiriques et sur des estimations qualitatives de la houle.

Cependant cette estimation du transit sédimentaire donne l'ordre de grandeur du transit résultant, ainsi que la direction prédominante du déplacement des sédiments.

### II.2.3. Facteurs hydrodynamiques

Le Nord de l'Algérie tire la clémence de ses hivers et la douceur de ses étés de sa position privilégiée. A un climat méditerranéen, il se situe à une latitude à cheval entre les régions tempérées et celles désertiques, et se caractérise par la présence de la chaîne montagneuse de l'Atlas tellien sur son flanc sud et de la mer méditerranée au Nord dont les eaux restent plus au moins chaudes toute l'année. L'Atlas tellien protège la région du littoral des remontées d'air sec et chaud du Sahara. (OMN, 2010).

Les caractéristiques des vents, de la houle et des courants doivent être connues avec autant de détails que possible. (Larid, 1992).

#### II.2.3.1. Facteurs météorologiques

##### II.2.3.1.1. Vents

Dans la région de Sidi Fredj, la répartition des vents est globalement concordante avec le régime des houles le long de l'année.

Les mesures anémométriques de la station météorologique de Dar EL Beida représentées dans le tableau ci-après nous indiquent que le vent souffle à environ 58% du temps avec une prédominance du secteur Sud-ouest.

**Tableau II.3:** Pourcentage des vents par direction dans la zone de Sidi Fredj.

Secteurs	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	calme
Pourcentage par direction (%)	11,8	11,9	4	1,3	5,3	13,5	10,1	4,9	37,1

##### II.2.3.1.2. Température et précipitation

Sidi Fredj est caractérisée par un climat Méditerranéen tempéré : relativement froid et humide en hiver, chaud en été.

**Tableau II.4:** Variation annuelle des températures et précipitations de Sidi Fredj.

Saisons	Mois	Température Max (°C)	Température Min (°C)	Précipitations (mm)
Hiver	Décembre	19,4	7,43	71,9-115,5
	Janvier	18,5	5,3	
	Février	19,1	5,35	
Printemps	Mars	22,1	8,04	41,2-58,8
	Avril	23,7	9,94	
	Mai	28,9	14,1	
Été	Juin	32,7	18,1	2,5-10,2
	Juillet	35,5	21,3	
	Aout	36,1	22,2	
Automne	Septembre	32,6	19,3	35,1-115
	Octobre	29,6	16,7	
	Novembre	23,3	10,08	

Source: ONM (1999-2009)

Ces données nous indiquent que les températures et les précipitations dans cette zone sont inversement proportionnelles. Le taux de ces dernières augmente quand la température baisse et vis versa.

Les valeurs mensuelles des précipitations mettent en évidence deux saisons :

- ❖ Une saison humide qui s'étale du mois de Septembre au mois de Mai avec des précipitations entre 35,1 et 115,5 mm.
- ❖ Une saison sèche nettement plus courte que la précédente qui s'étale du mois de Juin au mois d'Aout avec des précipitations entre 1,6 et 10,2mm.

### II.2.3.2. Facteurs océanographiques

#### II.2.3.2.1. Les courants

La côte algérienne est traversée par un courant général dénommé courant algérien, résultant d'un écoulement d'eau atlantique à travers le détroit de Gibraltar. Le courant algérien pénètre sous forme de veine et circule de l'Ouest à l'Est, et de 1° à 2° Est, il donne naissance à des méandres et des tourbillons côtiers associés à des *upwellings*. (Millot et al, 1990).

#### II.2.3.2.2. Les houles

Le principal agent d'évolution de la bordure littorale est la houle dont l'action sur les matériaux constitutifs des plages et des fonds marins se traduit par des mouvements dans le profil ou parallèlement à la côte.

Le coefficient de réfraction K et la direction de la houle après réfraction ont été mesurés par le LEM à une profondeur d'environ 15m.

Le tableau suivant résume les résultats des mesures effectuées :

**Tableau II.5:** Variation du coefficient de réfraction et de la direction de la houle.

Direction (°)	Période (s)	Coefficient de réfraction (K)	Direction de la houle
Nord 330°	6	0,90	N 329
Nord 330°	8	0,90	N 329
Nord 330°	10	0,92	N 329
Nord 360°	6	0,90	N 356
Nord 360°	8	0,89	N 354
Nord 360°	10	0,86	N 352
Nord 020°	6	0,83	N 009
Nord 020°	8	0,75	N 007
Nord 020°	10	0,79	N 004

(Source LEM, 1997)

L'analyse des résultats de la réfraction de la houle faite par le LEM a montré que du fait que cette dernière est peu réfractée, elle aborde la côte en conservant la presque totalité de son énergie du large. Ces houles sont donc à prendre en considération lors du dimensionnement

des ouvrages maritimes portuaires et/ou de protection ainsi que lors de l'analyse de l'évolution du trait de côte.

### II.3. Paramètres d'évaluation de la qualité des eaux et des sédiments

#### II.3.1. Les métaux lourds

Un métal est un élément chimique naturellement présent dans l'environnement. Il est issu, le plus souvent, d'un minerai doté d'un éclat particulier, bon conducteur de chaleur et d'électricité, ayant des caractéristiques de dureté et de malléabilité, se combinant aisément avec d'autres éléments pour former des alliages utilisés par l'homme depuis l'Antiquité.

Si les métaux sont souvent indispensables au déroulement des processus biologiques (oligo-éléments), nombre d'entre eux peuvent s'avérer contaminants pour diverses formes de vie, lorsque leur concentration dépasse un seuil, lui-même fonction de l'état physico-chimique de l'élément considéré. C'est le cas du fer (Fe), du cuivre (Cu), du zinc (Zn)...

D'autres ne sont pas nécessaires à la vie et peuvent être même préjudiciables comme le mercure (Hg), le plomb (Pb), le cadmium (Cd) et l'antimoine (Sb). (**Chiffolleau et al., 2001 in Casas, 2005**).

L'appellation « éléments en traces métalliques » (ETM) ou par extension « éléments traces » est communément utilisée pour désigner les éléments métalliques naturels caractérisés par une masse volumique élevée, supérieure à 5g/cm<sup>3</sup>. (**Casas, 2005**).

##### II.3.1.1. Origines des métaux lourds dans le milieu marin

###### ❖ Origines naturelles

Il existe plusieurs sources naturelles de métaux lourds dans le milieu marin telles que :

- Les roches et produits d'altération et du lessivage des sols.
- Les fleuves, rivières et les oueds particulièrement au moment des grandes crues.
- Les activités sismique et volcanique fréquentes dans la région Méditerranéenne.
- Les phénomènes géothermiques intéressant les métaux les plus volatiles tels que le mercure et le plomb.
- La voie atmosphérique non négligeable où le transport s'effectue par les vents et les pluies de poussière ou des formes dissoutes.

###### ❖ Origines anthropogènes

L'homme est parmi les principales sources de rejet des métaux lourds en mer par ses :

- Déversements domestiques provenant directement des systèmes d'évacuation des eaux usées des agglomérations littorales.
- Rejets industriels (cimenteries, fonderies, peintures).
- Emplois des différents produits agricoles (pesticides, herbicides).

Dans cette étude trois métaux seront analysés. Il s'agit du mercure, du cadmium et du plomb. L'intérêt porté à ces métaux est leur toxicité pour l'homme. De plus, ils se transportent et changent de forme chimique et ils ont une conductivité électrique élevée qui explique leur utilisation dans de nombreuses industries (**Casas, 2005**).

### II.3.2. Les hydrocarbures

Depuis de nombreuses années, les hydrocarbures font fréquemment l'objet d'études de pollution à cause de leur présence dans tous les milieux environnementaux et notamment leur forte toxicité. C'est une des raisons qui a conduit l'agence de protection de l'environnement des Etats-Unis à les inclure dans la liste des polluants prioritaires et ce dès 1976.

Les hydrocarbures désignent les pétroles bruts, les carburants (essences, kérosène, fuel domestiques, fuels lourds etc.) et produits de base de la synthèse organique industrielle. (Kennish, 2001 ; Walker *et al* , 2001).

La famille des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) comprend plusieurs molécules dont la structure chimique est constituée de plusieurs noyaux aromatiques ayant en commun plus d'un atome de carbone, ils constituent une large classe de contaminants qui se différencient entre eux par le nombre de noyaux aromatiques. Les HAP qui résultent de la combustion incomplète des produits pétroliers, sont les plus à craindre pour les milieux aquatiques. (FFPP, 2005).

### II.3.3. Les paramètres microbiologiques

La microbiologie est un domaine d'études qui s'intéresse aux organismes de taille microscopique, en particulier aux bactéries, aux protozoaires, aux virus ainsi qu'à certains champignons (levures) et algues unicellulaires de petite taille.

#### II.3.3.1. Germes indicateurs de contamination fécale

##### II.3.3.1.1. Les coliformes totaux (CT)

Selon l'Organisation Internationale de Standardisation **ISO**, le terme « Coliformes » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatif, oxydase négative, facultativement anaérobie, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaire, et capable de fermenter le lactose et le mannitol avec production de gaz en 48h à des températures de 35 à 37 °C.

##### II.3.3.1.2. Les coliformes thermotolérants dont les fécaux (CF)

Les coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux. Ce sont des bâtonnets Gram négatif, aérobie et facultativement anaérobie, non sporulant, capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz à 36 et à 44°C en moins de 24h.

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

##### II.3.3.1.3. Les streptocoques fécaux (SF)

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

Ce sont des témoins de contamination fécale sensibles, spécifiques et assez résistants (y compris en milieu salé). Ils n'ont pas de pouvoir pathogène important (Gaujous, 1995).

Ils possèdent une substance (Acide Teichoïque) antigénique caractéristique du groupe D de la classification de Lancefield (**Rodier et al., 2005**).

### II.3.3.2. Les germes pathogènes

#### II.3.3.2.1. Les staphylocoques

Appartenant à la famille des Micrococcaceae, les staphylocoques apparaissent comme cocci Gram positif. Ce sont des germes aéro-anaérobie facultatifs, ils peuvent être isolés, en diplocoques, en courtes chaînettes ou en amas (**Béraud, 2004**).

Ce sont des germes ubiquitaires immobiles, non sporulés, non capsulés et catalase positive que l'on retrouve dans l'air, le sol et les eaux ; ils appartiennent à la flore commensale de la peau et des muqueuses de l'homme et des animaux. Ils sont souvent thermorésistants (mais ne survivent pas à la pasteurisation), halophiles, peu exigeants de point de vue nutritif. Ils sont inhibés par un pH acide (**Guiraud, 1998**).

#### II.3.3.2.2. Les salmonelles

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

## II.4. La granulométrie

La granulométrie consiste à évaluer le pourcentage de la masse totale correspondant à la dimension des particules (**Riviere, 1977**). C'est un procédé d'analyse qui s'intéresse à l'étude de la répartition des sédiments et aussi à les classer en fonction de leur taille.

Elle permet d'expliquer la variabilité naturelle des éléments traces dans les sédiments. En effet, plus le pourcentage des fines (fraction granulométrique des sédiments < 63µm) est important, plus la capacité du sédiment à adsorber les contaminants est forte (**Guide méthodologique RLM, 2005**).

Les résultats de l'analyse granulométrique sont généralement représentés sous forme de courbes et/ou d'histogrammes cumulatifs à partir desquels un certain nombre de paramètres texturaux sont définis et calculés.

**La médiane :** C'est la valeur qui sépare l'échantillon en deux effectifs égaux. C'est une valeur de taille supérieure à la taille de la moitié des particules, et inférieure à la taille de la moitié des particules de l'échantillon.

**Le mode :** Correspond à la taille de particule la mieux représentée (fréquence cumulée la plus forte), lorsqu'il ya plusieurs stocks granulaires. La distribution fait apparaître plusieurs modes dans la courbe de fréquence, et on parle alors de mode principal et de mode secondaires.

**La moyenne :** C'est la taille moyenne des particules. (Somme de la taille des particules divisée par le nombre des particules). (**FFPP, 2005**).

---

***Chapitre III***  
***Matériel et méthodes***  
***d'analyses***

---

Au cours d'une campagne de sorties en mer effectuées le 15 et le 29 Avril 2013, nous avons évalué la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux et des sédiments du port de Sidi Fredj et ses alentours. Nous avons également évalué la qualité microbiologique des oursins prélevés au niveau du port.

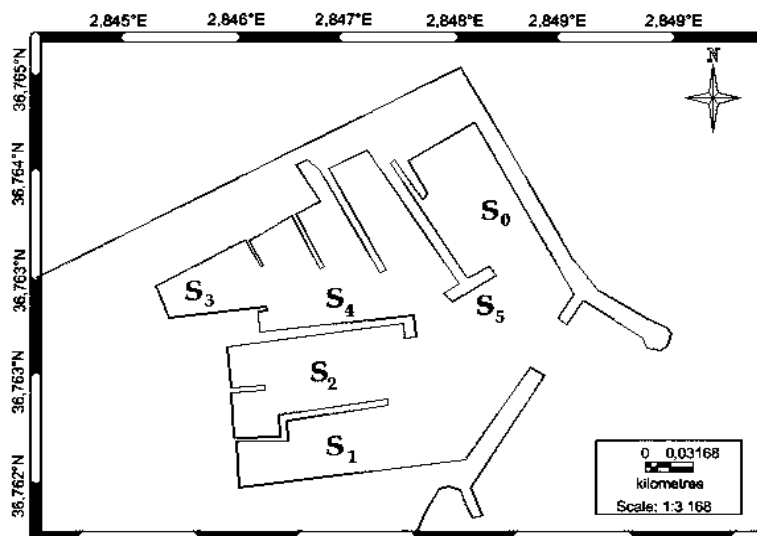
En ce qui concerne les eaux de mer, en plus des paramètres physico-chimiques réalisés in situ (pH, oxygène dissous, salinité, conductivité et température), nous avons procédé au dosage des matières en suspension, de la matière organique, des sels nutritifs, de la chlorophylle et des hydrocarbures totaux. Quant aux sédiments, nous avons effectué la granulométrie, le dosage des métaux lourds et celui des hydrocarbures.

L'analyse microbiologique des trois matrices (eaux, sédiments et oursins) consiste en la recherche et/ou dénombrement des germes indicateurs de pollution, des germes pathogènes (salmonelles, vibrions, anaérobies sulfitoréducteurs et des staphylocoques dorés, levures et moisissures).

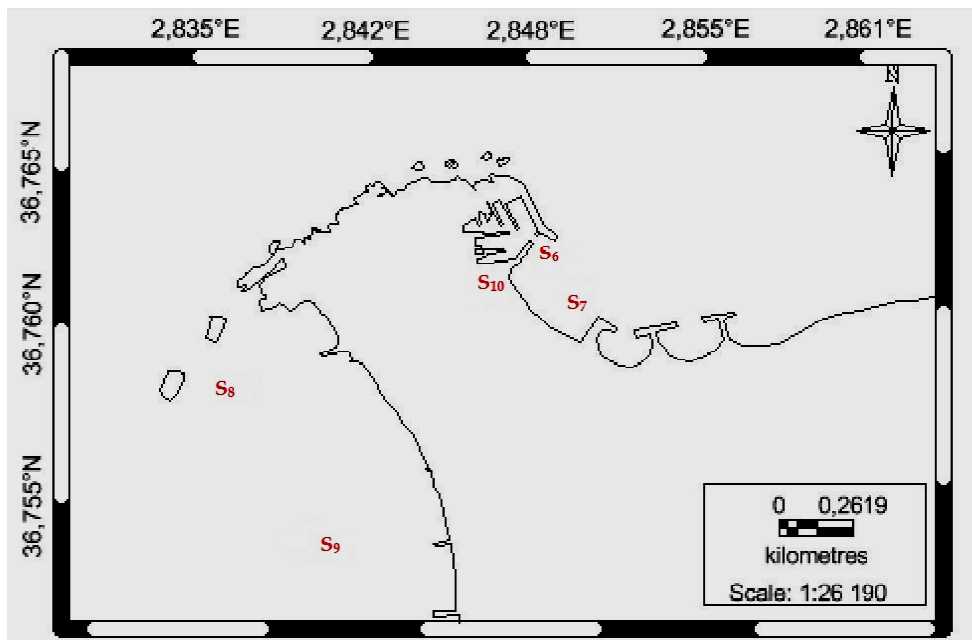
### III.1. Localisation des stations

Le travail en mer a été réalisé à bord de l'embarcation de l'Auress durant le mois d'Avril. 11 stations ont été choisies afin de couvrir le port et ses alentours dont 6 à l'intérieur, 2 au niveau de la plage Est, 2 au niveau de la plage Ouest et une dernière sur un amas de sable dragué au niveau de la passe d'entrée du port et déversé directement à l'entrée de la plage Est.

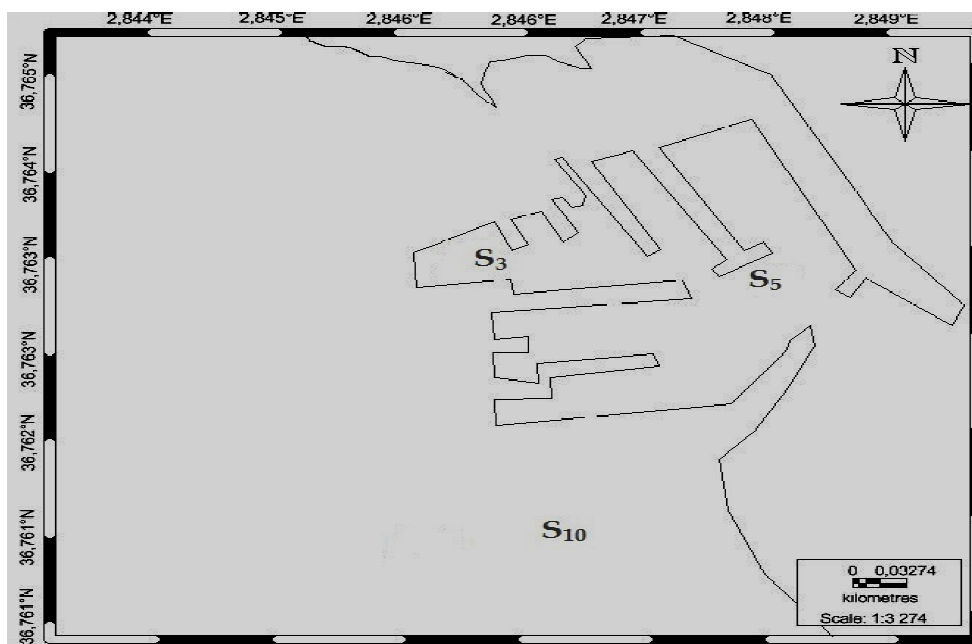
La distribution des stations de prélèvement d'eau, de sédiment et des oursins est illustrée dans les figures suivantes :



**Figure III.1:** Localisation des stations de prélèvement d'eau et de sédiment dans le port de Sidi Fredj.



**Figure III.2:** localisation des stations de prélèvement d'eau et de sédiment au niveau des plages Est et Ouest de Sidi Fredj



**Figure III.3:** Localisation des stations de prélèvement d'eau et de sédiment pour le dosage des hydrocarbures

### III.2. Prélèvements en mer

Avant toute sortie, les appareils de mesure *in situ* doivent être chargés et étalonnés et les flacons bien stérilisés. Pour réduire les risques de contamination par l'embarcation, le prélèvement d'eau a été effectué manuellement à l'arrêt et à environ 20cm de profondeur.

Une fois étiquetées, les bouteilles de prélèvement ont été aussitôt placées à l'abri de la lumière dans des glacières à +4°C.

Le prélèvement des sédiments s'est fait à l'aide d'une benne inoxydable « VanVeen », l'échantillon était recueilli en évitant tout contact avec les parois de la benne pour minimiser les risques de contamination, les sédiments sont mis dans des sachets pour l'analyse granulométrique ainsi que dans des boîtes de Pétri en verre pour le dosage des hydrocarbures et en plastique stériles pour l'analyse bactériologique et des métaux lourds, ils ont été directement placés dans une glacière à +4°C et aussitôt arrivé au laboratoire, l'analyse bactériologique a été lancée. Les échantillons destinés à l'analyse chimique ont été congelés à -20°C.



**Figure III.4:** Prélèvement d'eau et de sédiment

### III.3. Mesures *in situ*

Des valises multi-paramètres nous ont permis de mesurer les paramètres physico-chimiques de l'eau *in situ*.

#### a- Mesure de la température

La mesure de la température est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et donc des courants ; de plus, elle permet l'étude du mélange des masses d'eau. Elle joue un rôle important dans les cycles biologiques qui ont des répercussions sur la pêche par exemple : reproduction, référendum thermique,... (Aminot et Chaussepied, 1983).

Tous les appareils de mesure *in situ* permettent de mesurer la température en °C.

#### b- Mesure du potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est relatif à la concentration en ions hydrogène (H<sup>+</sup>) dans un milieu, donc à l'acidité de ce milieu. Dans l'eau de mer le pH résulte de la composition ionique de cette dernière, et essentiellement de la présence des carbonates issus de l'échange de CO<sub>2</sub> entre l'eau et l'atmosphère, ainsi que la dissolution du calcaire. (Aminot et Kérouel, 2004).

Le pH est mesuré *in situ* avec un pH-mètre de terrain de marque **Wissenschaftlich Technische Werkstätten "WTW"** de type "**pH/315**" d'une précision de  $\pm 0.01$ .

### c- Mesure de l'oxygène dissout

La mesure de l'oxygène dissout concerne exclusivement l'oxygène moléculaire  $O_2$  en solution. Il intervient dans la plus part des processus biologiques permettant la vie terrestre et marine. (Aminot *et* Kérouel, 2004).

L'oxygène dissout est mesuré à l'aide d'un oxymètre de terrain de la marque **WTW** modèle **oxy 197i/ SET**. La concentration en oxygène est donnée en mg/l et le pourcentage en oxygène dissout est aussi indiqué.

### d- Mesure de la salinité et de la conductivité

La salinité est le descripteur indispensable en milieu marin, elle a été définie pour la première fois après mise au point d'une technique fournissant des résultats reproductibles (Sorensen, 1902) : *La salinité est la masse, en grammes, des substances solides contenues dans un kilogramme d'eau de mer.*

C'est à la surface de l'eau que la salinité varie le plus (précipitation, évaporation). A cette interphase, les variations sont nombreuses pouvant avoir des incidences sur quelques centimètres de profondeur.

La conductivité mesure le taux de sels minéraux dissous dans l'eau. Elle augmente avec la température et la concentration en sel dissous.

La salinité et la conductivité ont été mesurées *in situ* avec un conductimètre de terrain de la marque **WTW** (type **Cond/ WTW, 197i**).

La salinité est donnée en PSU (Practical Salinity Unit) et la conductivité en milliSiemens/cm.

Dans les océans, la salinité est voisine de 35 et décroît de l'équateur aux pôles ; en méditerranée, elle varie entre 38 et 39. La conductivité de l'eau de mer est élevée en raison de la forte concentration en sels dissous.



pHmètre



Oxymètre



Conductimètre

**Figure III.5:** Appareils de mesures *in situ*

### III.4. Analyses au laboratoire

#### III.4.1. Paramètres physico-chimiques de l'eau

##### III.4.1.1. Mesure des matières en suspension (MES)

Les matières en suspension représentent tous les résidus d'origine organique ou minérale liées à des activités industrielles mais englobent aussi le plancton et les particules sédimentaires. (Aminot et Chaussepied, 1983; Rodier et *al.*, 2005). Cette mesure consiste à filtrer l'eau sur une membrane poreuse afin de retenir les particules supérieures à 0.45µm. (Aminot et Chaussepied, 1983).

#### Appareillage

Pour l'analyse des MES nous avons utilisé:

- Un dispositif de filtration sous vide;
- Des membranes filtrantes de types millipore GF/C de porosité 0.45µm;
- Une balance de précision 10<sup>-4</sup> (g);
- Une étuve;
- Des pinces.

#### Mode opératoire

Aussitôt après la sortie, un volume de 200ml d'eau de mer est filtré. Le poids des matières retenues est déterminé par pesée différentielle du filtre après passage à l'étuve pendant 24h à 70°C.

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

$$MES \left( \frac{mg}{l} \right) = \frac{[P2 - P1]}{V}$$

P1: poids initial du filtre (mg).

P2: poids du filtre après la filtration (mg).

V: volume d'eau filtré (L).

##### III.4.1.2. Mesure de la matière organique

Cette mesure consiste à calciner les filtres déjà utilisés pour la mesure de la concentration des matières en suspension. La teneur en matière organique particulière est obtenue par la différence de poids des filtres avec les creusets avant et après calcination.

L'évaluation de la quantité de la matière organique particulaire dans le sédiment se déroule en deux étapes ; lyophilisation puis combustion.

Tous les échantillons sont placés dans un four à moufle pendant 2h à une température de 520°C.

#### **Appareillage:**

- Four à moufle;
- Creusets en porcelaine;
- Balance de précision.

Le taux de la matière organique dans les deux matrices est obtenu selon l'équation suivante :

$$MO (\%) = \frac{[P1 - P2]}{P1} \times (100)$$

Avec :

P1 : poids avant combustion (mg) ;

P2 : poids après combustion (mg).

#### **III.4.2. Dosage des sels nutritifs**

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

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

##### **III.4.2.1. Analyse manuelle des sels nutritifs dans l'eau**

Les procédures de dosage des différents sels nutritifs sont consignées en annexe I.

- **Dosage des nitrites**

Les nitrites  $\text{NO}_2^-$  forment un diazoïque par action avec la sulfanilamide en milieu acide  $\text{pH} < 2$ . Ce composé formera ensuite en présence de N-naphtylethyléthyldiamine un composé azoïque de couleur rose absorbant la lumière à 543 nm. (**Benschneider et Robinson, 1952**).

- **Dosage des nitrates**

La méthode est basée sur la réduction des nitrates  $\text{NO}_3^-$  en nitrites  $\text{NO}_2^-$  par le passage de l'échantillon à travers une colonne réductrice de Cadmium traitées au Cuivre (**Wood et al., 1967**). Les nitrites (en réalité  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  réduits) seront ensuite dosés par colorimétrie.

- **Dosage des orthophosphates**

En présence d'antimoine oxytartrate de potassium à une température de  $40^\circ\text{C}$  (bain marie), les ions orthophosphates  $\text{PO}_4^{3-}$  réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe antimoine phosphomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique (**Murphy et Riley, 1962**).

- **Dosage du silicium dissout**

Dans l'eau de mer le silicium dissous se trouve à 95% sous forme d'acide orthosilicique ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ). (**Aminot et chaussepied, 1983**). Cette forme réagit avec le molybdate d'ammonium en milieu acide pour former un complexe silicomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique en un composé coloré en bleu, absorbant la lumière à 810nm (**Mullin et Riley, 1955**).

On y ajoute l'acide oxalique pour éviter les interférences des phosphates.

- **Dosage de l'azote ammoniacal**

L'azote ammoniacal est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac  $\text{NH}_3$  et l'ammonium  $\text{NH}_4$ , il provient des excréments animaux et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés. Il est utilisé par le phytoplancton comme source d'azote et oxydé par les bactéries nitrifiantes.

La méthode utilisée pour le dosage de l'azote ammoniacal est celle de **Koroleff (1969)** qui est simple et qui offre une bonne précision ainsi qu'une bonne sensibilité (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

### III.4.3. Production primaire

La chlorophylle est un composé chimique indispensable à la photosynthèse. Sa présence dans tous les organismes végétaux, associés à l'énergie solaire, lui permet de synthétiser ses propres matières organiques carbonées à partir du carbone minéral. Les algues possèdent une diversité de pigments dont les plus importants sont les chlorophylles *a*, *b*, *c<sub>1</sub>*, *c<sub>2</sub>* et *d*. la chlorophylle *a* est le pigment photosynthétique principal du phytoplancton qui est considéré comme étant un bon indicateur de la productivité et de la biomasse phytoplanctonique. (Aminot et Chaussepieds, 1983).

Un volume de 250ml d'eau de mer a été recueillie près de la surface pour le dosage de la chlorophylle *a*.

#### Mode opératoire

- Filtrer l'échantillon sur un filtre **Watman GF/F** de 0,45µm ;
- Plier les filtres pour piéger les particules adsorbées puis les envelopper de papier Aluminium et les congeler. (en attendant de faire l'analyse).
- Placer les filtres dans des tubes en verre contenant 5ml de Méthanol pur (à 96%), les fermer et les garder à l'obscurité pendant 30mn à 4°C.

La mesure de la fluorescence est effectuée sur un fluorimètre Turner Desings 10.005 R, équipé d'une lampe F4T4 BL, d'un filtre d'excitation à 540nm et d'un filtre d'émission à 660 nm. Les concentrations sont évaluées selon la formule suivante :

$$\text{Chlorophylle } a = \frac{(F0 - Fa)}{\left[ (K0 - Ka) \times \left( \frac{v}{V} \right) \right]}$$

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

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

F0 : fluorescence avant acidification.

v : volume d'extraction.

V : volume filtré.

### III.4.4. Paramètres microbiologiques

#### III.4.4.1. Matrice eau de mer

##### III.4.4.1.1. Recherche des coliformes, des streptocoques fécaux et des staphylocoques

La recherche de ces germes a été faite par la technique de filtration sur membrane en raison de sa facilité et sa reproductibilité.

**Matériel**

1. Rampe de filtration à six postes (voir figure III.6).
2. Pompe à vide.
3. Deux bacs bunsen pour garder la zone de travail stérile tout au long de la manipulation.
4. Boîtes de Pétri avec milieux de culture spécifiques pour chaque germe.
5. Membrane de filtration quadrillée et stérile de marque Millipore et porosité de 0.45µm.
6. Deux étuves (une réglée à 37°C et l'autre à 44°C).
7. Pincettes et pissettes.

**Mode opératoire :**

1. Stériliser le dispositif de filtration en le flambant avec de l'alcool ;
2. Laisser refroidir et placer les filtres ;
3. Filtrer 100 ml de l'échantillon « eau de mer » ;
4. Mettre les filtres dans les boîtes de Pétri contenant le milieu adéquat ;
5. Placer les boîtes de Pétri dans l'étuve.
  - \* La composition des milieux de culture utilisés est consignée en annexe.

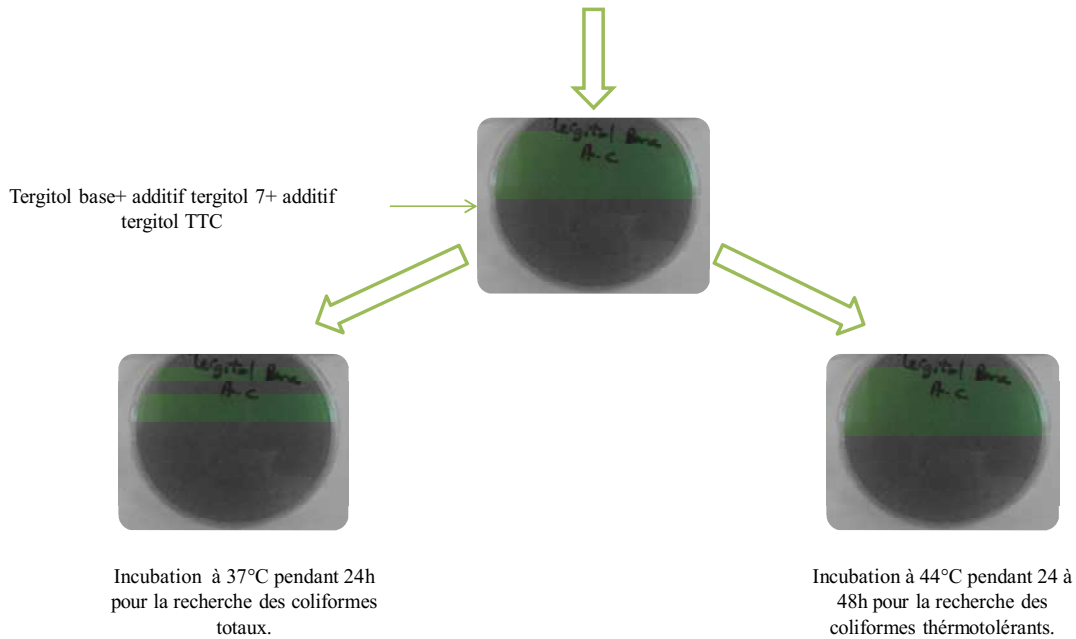
**a).dénombrement des staphylocoques dont *Staphylococcus aureus***

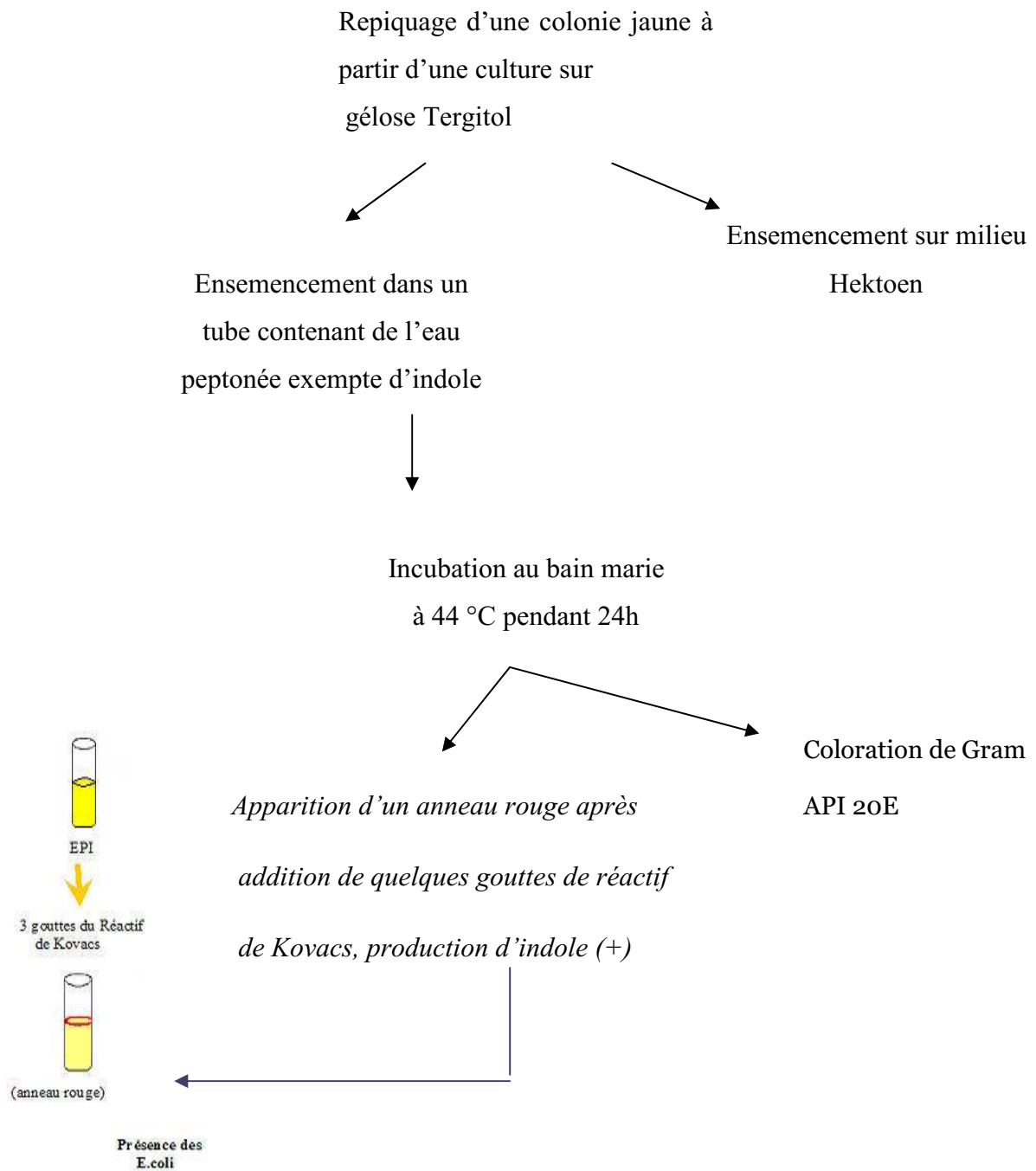
Filtration de 100 ml d'eau de mer.

Incubation à 37°C  
pendant 24h à 48h.**Figure III.6:** Dénombrement des Staphylocoques dans la matrice eau de mer.

**b). Recherche des Coliformes totaux et Coliformes thermotolérants**

Filtration de 100 ml d'eau de mer

**Figure III.7:** Technique de dénombrement des Coliformes dans l'eau de mer.



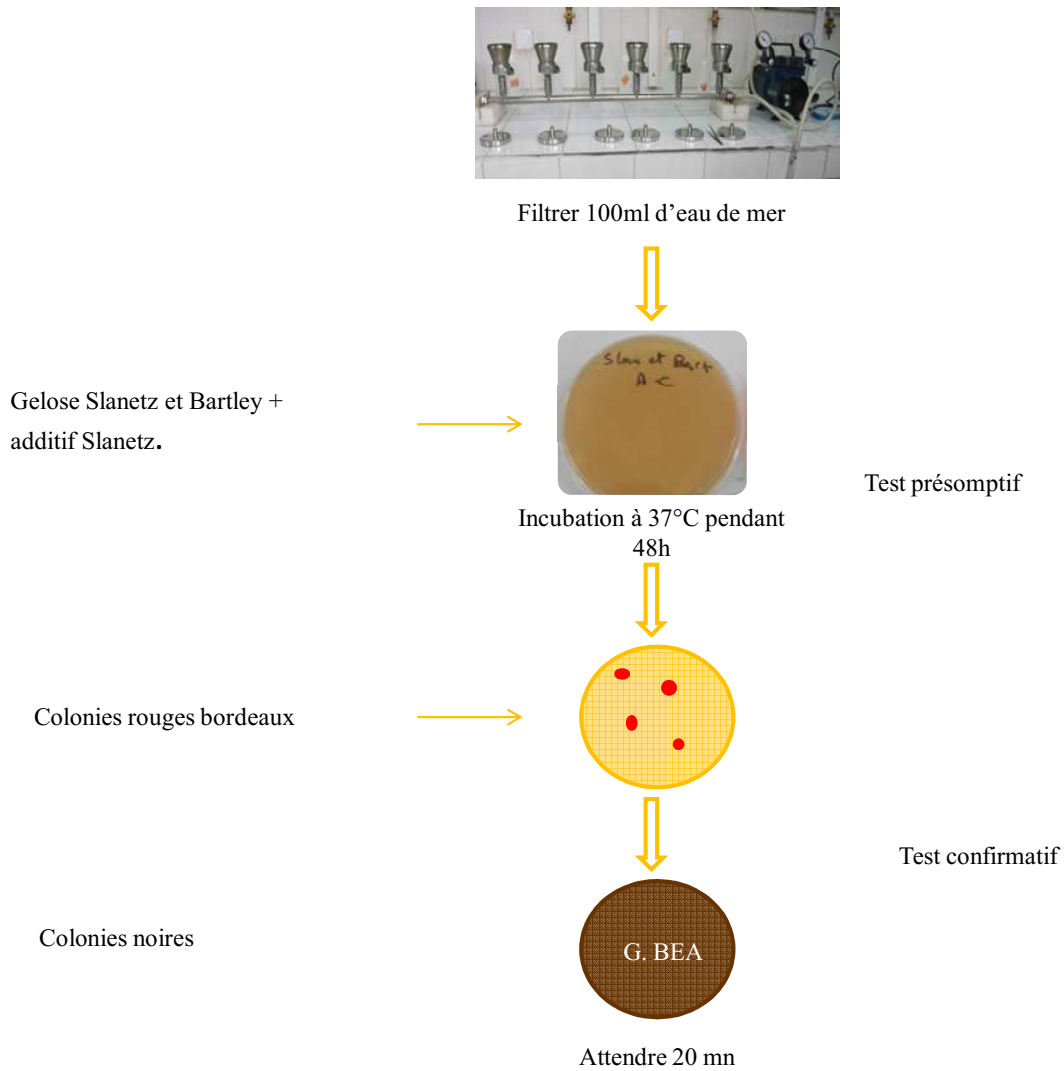
**Figure III.8:** Technique d'identification des Coliformes fécaux (CF) dont *Escherichia coli* : Test confirmatif.

### c). Recherche des streptocoques fécaux

La recherche des streptocoques fécaux se fait en deux étapes :

Test présomptif : Premier isolement sur gélose Slanetz et Bartley,

Test confirmatif : Deuxième isolement sur gélose bile esculine agar (BEA).

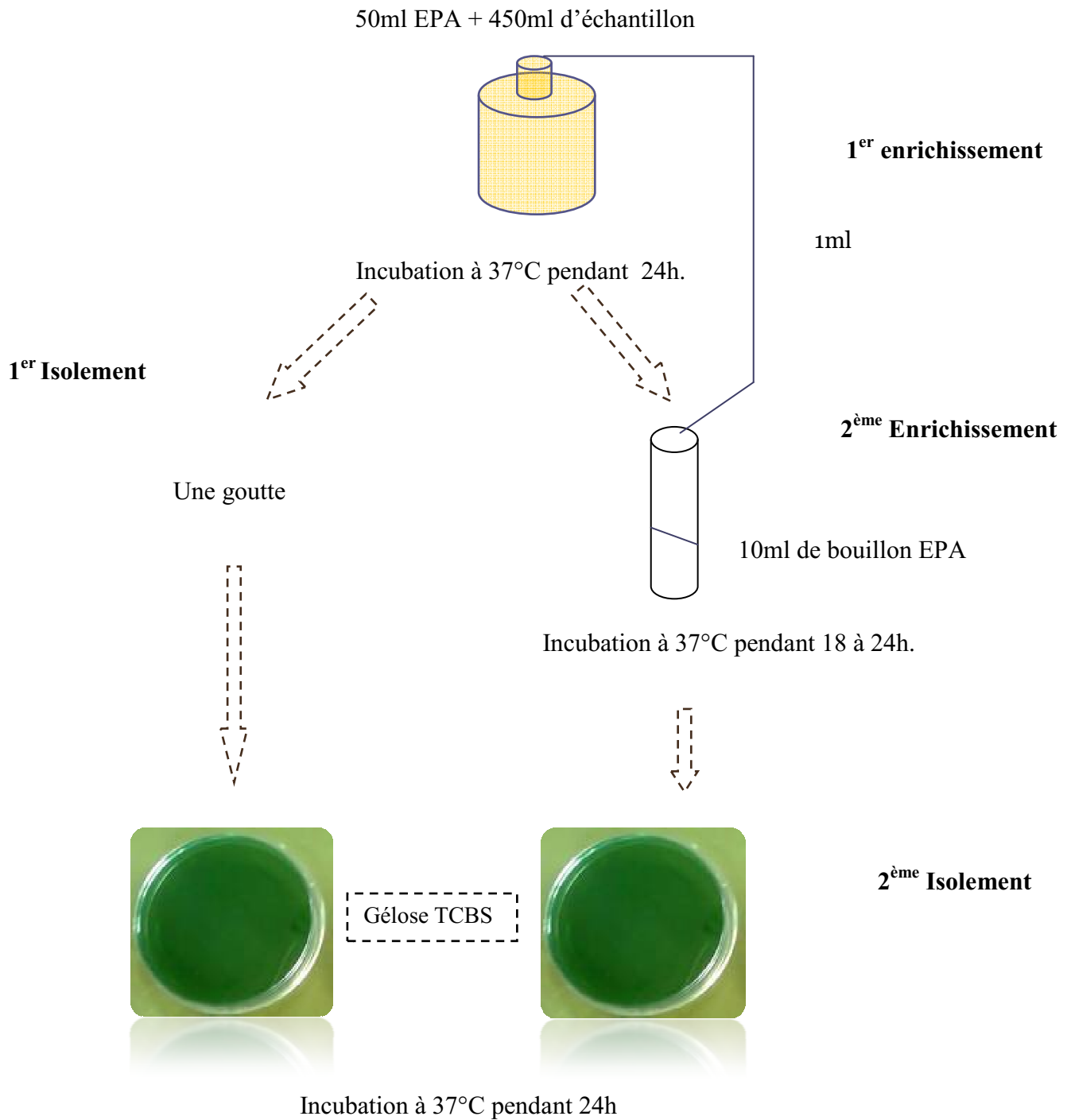


**Figure III.9:** Dénombrement des streptocoques fécaux dans la matrice eau.

### III.4.4.1.2. Recherche des germes pathogènes

Les germes pathogènes recherchés sont les anaérobies sulfitoréducteurs, les salmonelles et les vibrions. Les techniques utilisées sont illustrées ci-dessous.

#### a).Recherche des vibrions

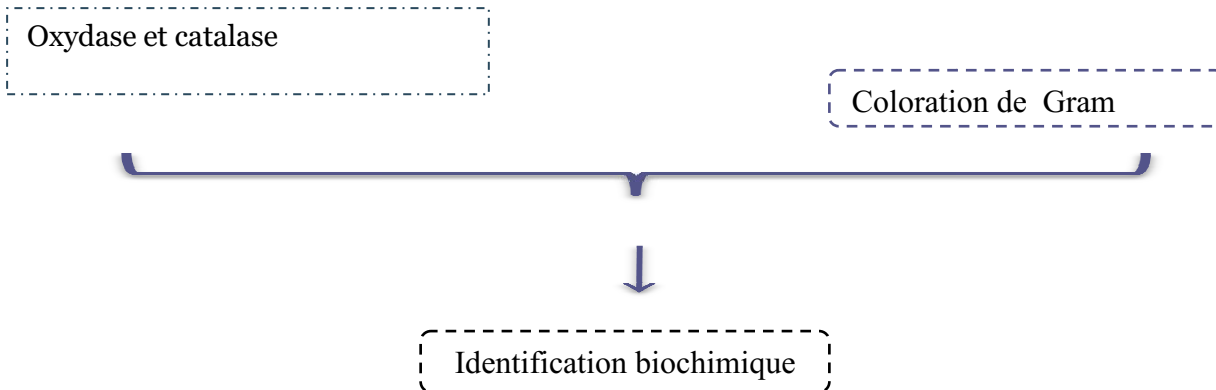


**Figure III.10:** Recherche des vibrions dans l'eau de mer.



Colonies jaune → le pH est acide . Les bactéries fermentent le saccharose en produisant des acides, virage de l'indicateur de pH du vert au jaune:  
**SACCHAROSE +**  
 Sans centre noir : H<sub>2</sub>S –  
**Suspicion de *Vibrio cholerae***

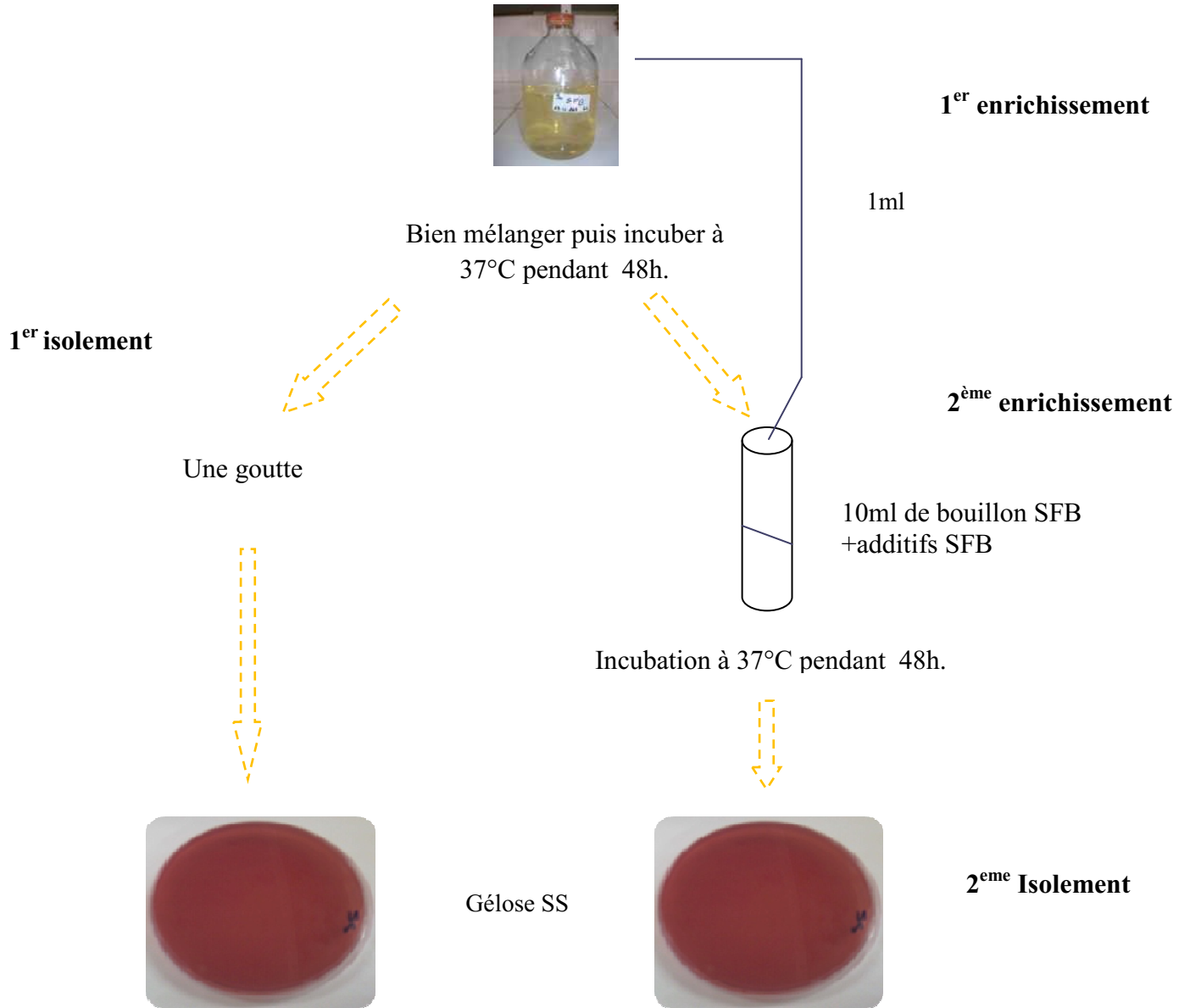
Colonies vertes → le pH est neutre ou basique. Les bactéries ne fermentent pas le saccharose:  
**SACCHAROSE -**  
 Sans centre noir : H<sub>2</sub>S –  
 Autres **Vibrio**



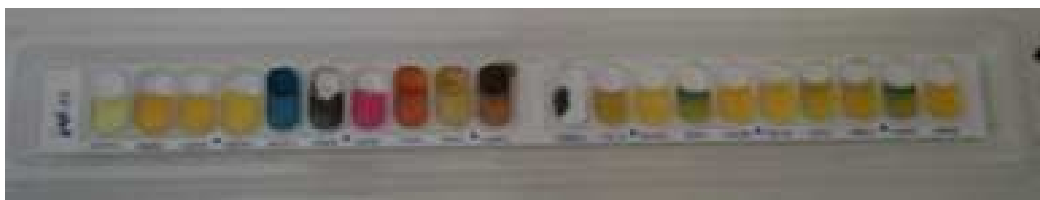
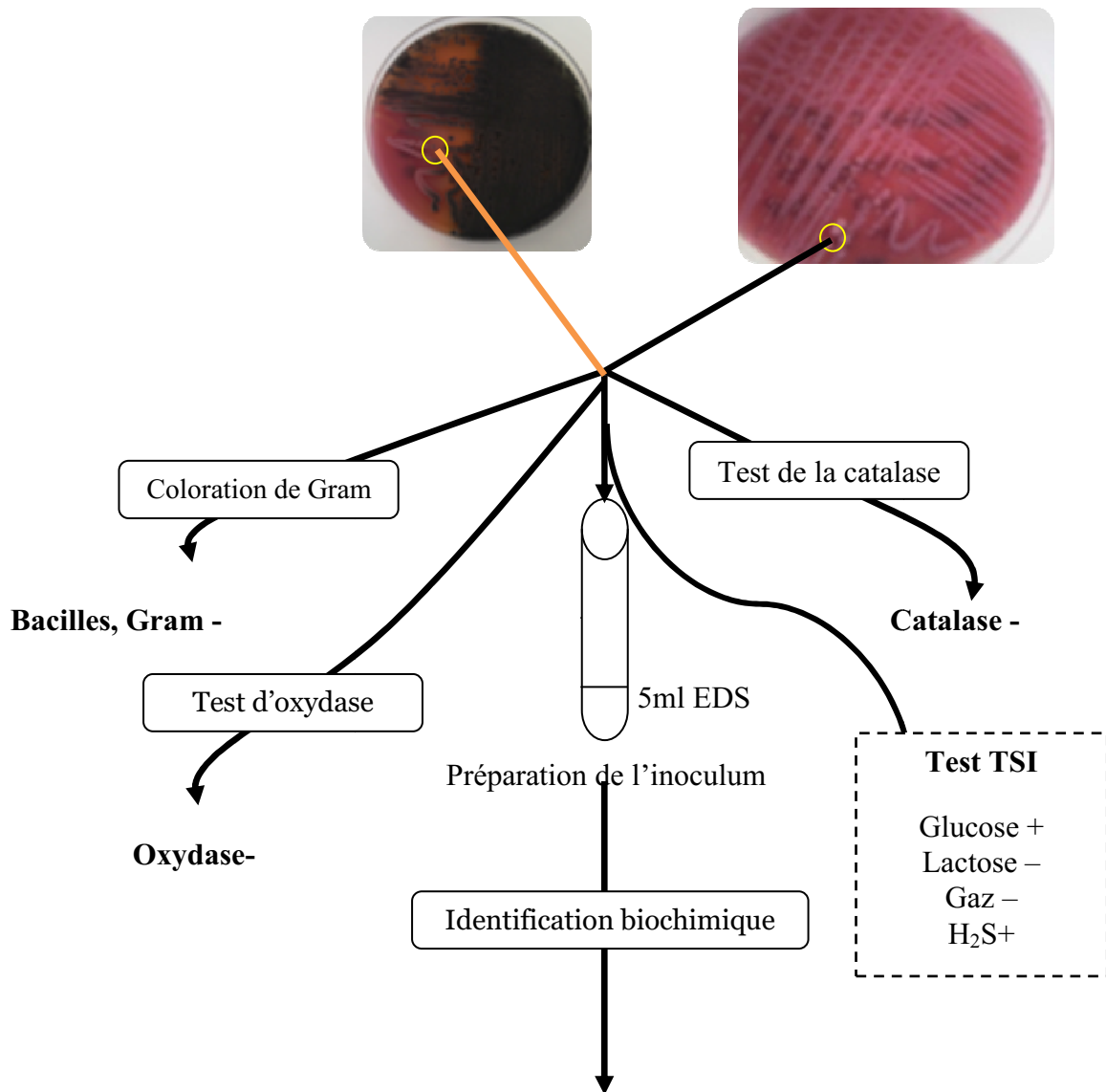
**Figure III.11:** Technique d'identification des vibrions.

**b). Recherche des salmonelles**

100 ml SFB (S/C) + 250ml d'échantillon  
+additifs SFB



**Figure III.12:** Recherche des salmonelles dans l'eau de mer.



Galerie API 20 E, colonies noires

**Figure III.13:** Technique de caractérisation des salmonelles.

### III.4.4.1.3. Recherche des germes sulfitoréducteurs

Les Sulfitoréducteurs sont souvent considérés comme témoins de pollution fécale ancienne. En effet, la forme sporulée est beaucoup plus résistante que les formes végétatives des coliformes fécaux et des streptocoques fécaux. Ce test permet de détecter une pollution fécale ancienne ou intermittente (Rodier et al, 2005).

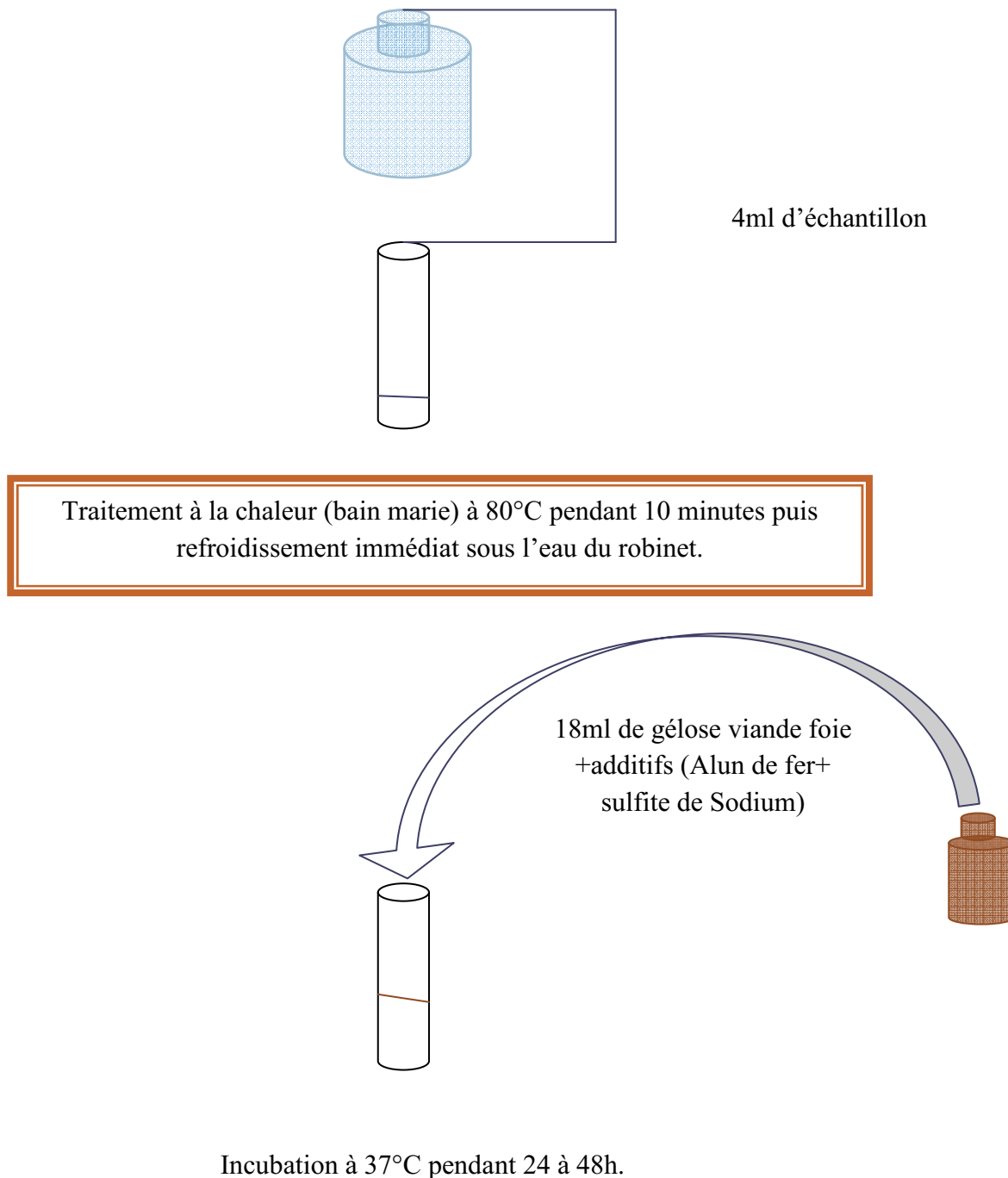


Figure III.14: Dénombrement des ASR dans l'eau de mer.

### III.4.4.2. Matrice sédiment

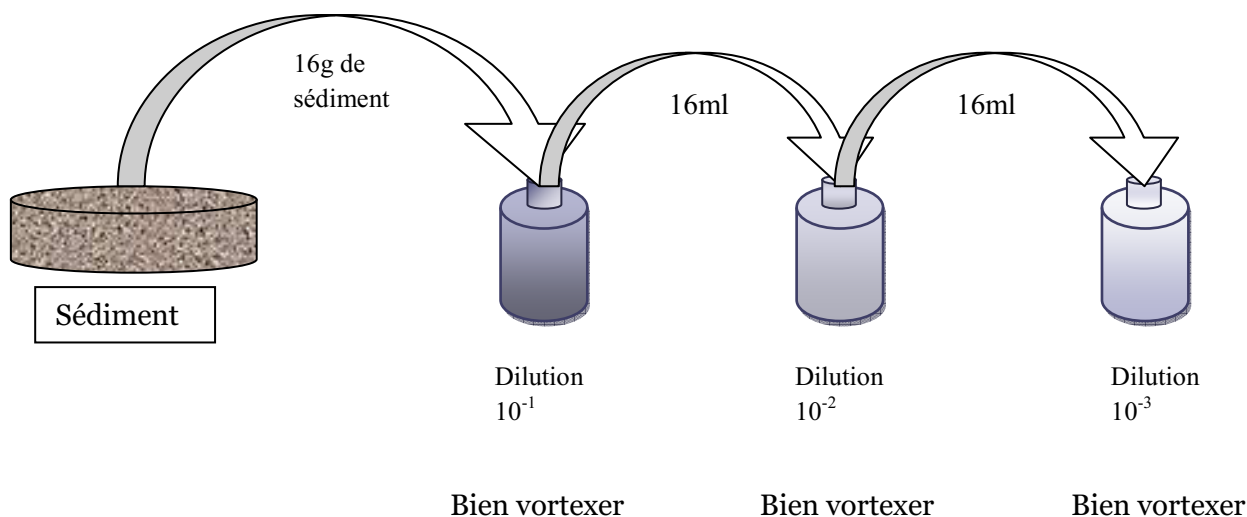
- **Recherche des Coliformes totaux, des Coliformes thermotolérants et des streptocoques fécaux par la technique du nombre le plus probable**

La technique de fermentation en tubes multiples, aussi appelée technique du nombre le plus probable (NPP), sert à estimer le nombre de bactéries dans un échantillon. Elle est particulièrement utile pour analyser les échantillons solides ou les échantillons liquides qui sont turbides et qui peuvent difficilement être analysés par la technique des membranes filtrantes.

Elle repose sur une analyse statistique et fournit par calcul des nombres les plus probables (NPP). Il existe de nombreuses variantes à la méthode en fonction de la charge microbienne à évaluer.

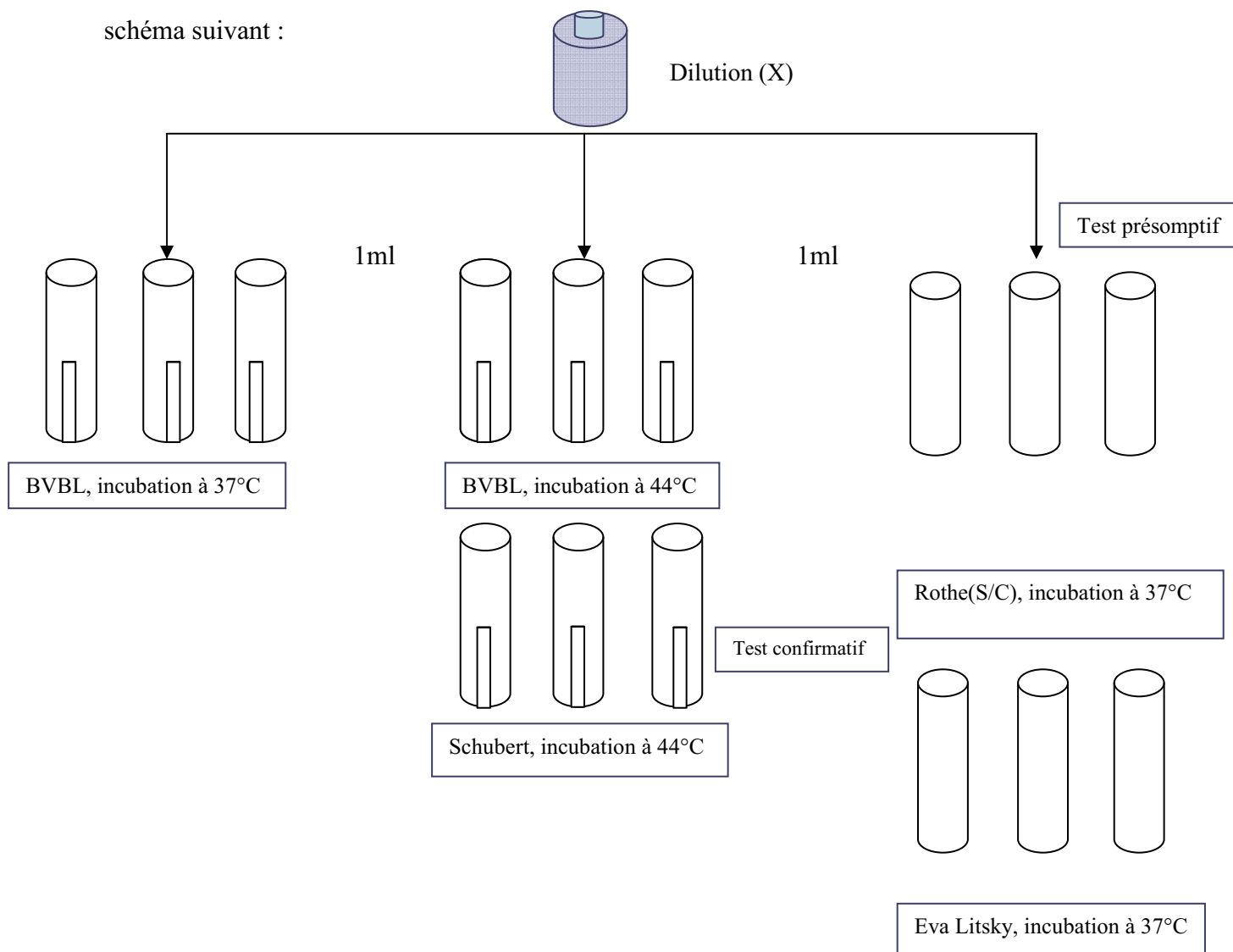
Cette méthode suppose que le micro-organisme est normalement distribué dans le milieu et donc qu'un même volume d'échantillon contient en moyenne le même nombre de microorganismes (en réalité il en contient un peu plus ou un peu moins) ; le nombre le plus probable correspond à la valeur moyenne.

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



**Figure III.15:** Préparation des dilutions.

Une fois les dilutions préparées et les milieux stérilisés, la recherche des germes suit le schéma suivant :



**Figure III.16:** Recherche des Coliformes totaux, Coliformes fécaux et streptocoques fécaux dans le sédiment.

#### III.4.4.3. Dénombrement et recherche de la flore contenue dans les oursins

Cette étude consiste à l'analyse bactériologique des oursins afin de comparer les résultats avec ceux obtenus pour les eaux de surface dans lesquelles ils se trouvent naturellement. Les différentes préparations (suspension mère et dilutions) sontensemencées.

##### ➤ Recherche et dénombrement des coliformes

Ensemencement en profondeur, le milieu utilisé est la gélose lactosée au désoxycholate 1%.

**Lecture :** Le dénombrement des coliformes se fait par comptage des colonies fluorescentes sous lampe UV.

✓ **Evaluation du nombre de coliforme totaux (CT)**

- Retenir les boites de deux dilutions successives donnant une numération comprise entre 15 et 150 colonies.

$$CT = \frac{\Sigma \text{ du nbre des colonies des 2 boites retenues}}{1,1 \cdot d}$$

Avec :

**1,1** : constante

**D** : première dilution retenue

✓ **Evaluation du nombre des coliformes fécaux(CF)**

- Retenir les boites de deux dilutions successives donnant une numération comprise entre 15 et 150 colonies.
- Prendre de chaque boite au minimum 3 colonies jaunes suspectes et faire le test de l'urée indole

**Lecture de la première dilution retenue**

$$a_1 = \frac{b}{A} \cdot C$$

**b** : nombre de colonies repiquées qui sont indole + et urée –

**A** : nombre de colonies repiquées (minimum 3)

**Lecture de la deuxième dilution retenue**

$$a_2 = \frac{b}{A} \cdot C$$

**C** : nombre total de colonies par boite retenue

✓ **Le nombre de coliformes fécaux dont *E.coli* est donné par la formule suivante**

$$CF(E.coli) = \frac{a_1 + a_2}{1,1 \cdot d}$$

d : dilution de la première boite retenue pour  $a_1$

➤ **Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux, des staphylocoques, des levures et moisissures**

Ensemencement et étalement en surface les géloses slanetz et barthely, BEA, Baird Parker et enfin sur gélose sabouraud.

➤ **Recherche et dénombrement des anaérobies sulfitoréducteurs (ASR)** après élimination des formes végétatives, on procède à l'ensemencement eu tubes dans un milieu viande foie additionné d'additifs.

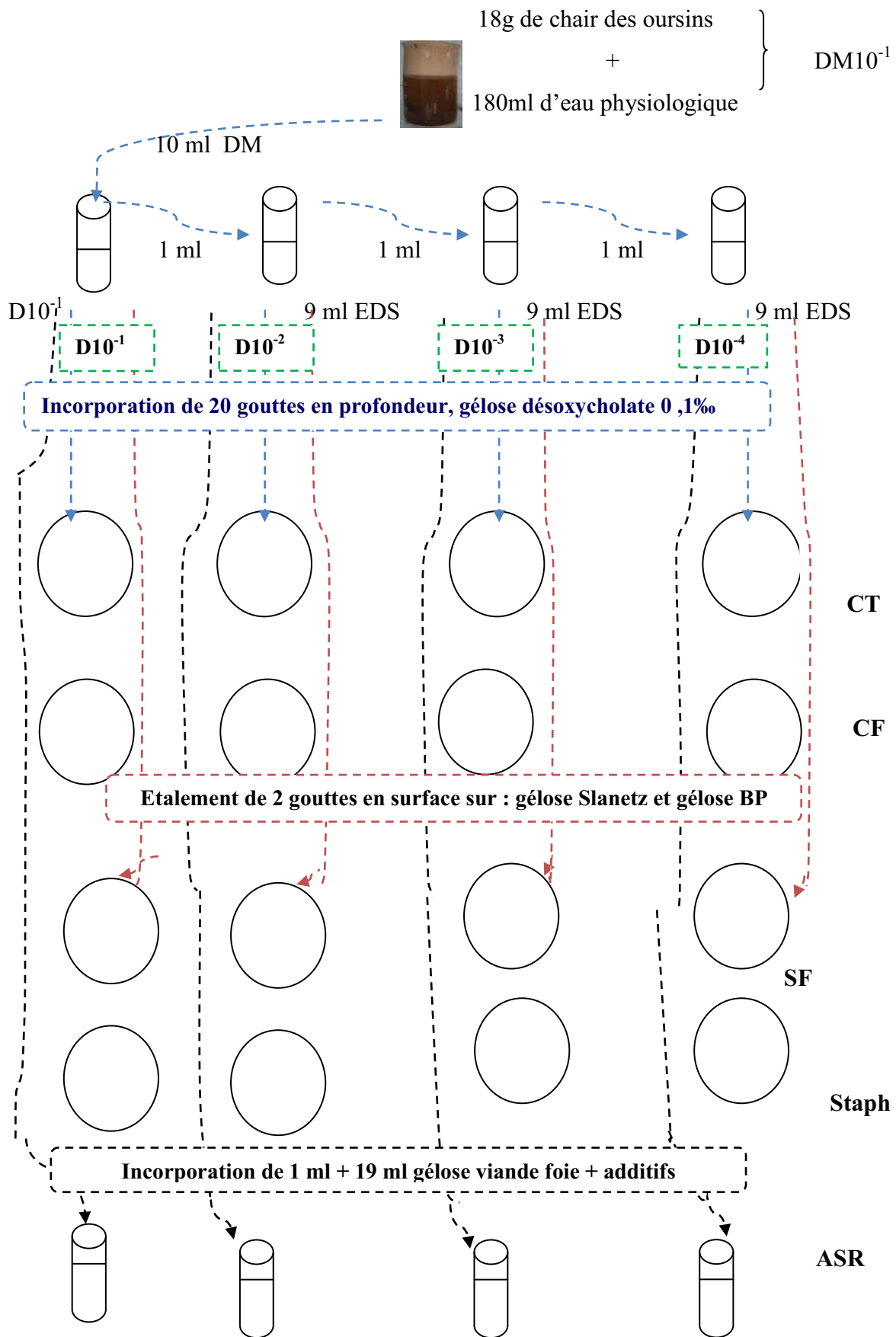


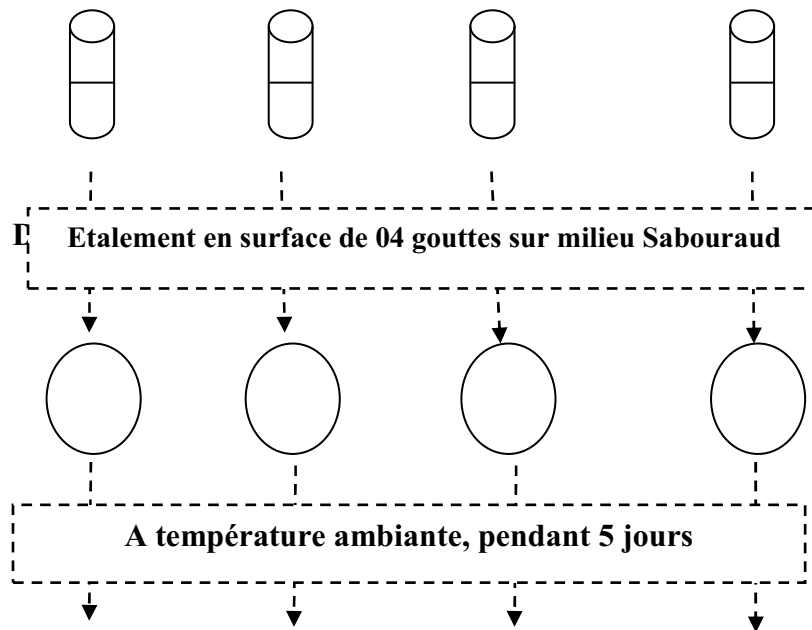
Figure III.17: Recherche et dénombrement des bactéries dans les oursins.

➤ **Recherche et dénombrement des Levures et Moisissures (Figure III.18)**

**Mode opératoire**

A partir des dilutions préparées, étaler 2 gouttes sur une boîte de Pétri contenant de la gélose Sabouraud, à l'aide d'un râteau stérile, puis mettre les boîtes dans un endroit propre à la température ambiante. La lecture se fait quotidiennement pendant 5 jours.

**À partir de la solution mère précédente on prépare 04 dilutions**



**Figure III.18:** Recherche et dénombrement des Levures et Moisissures

#### III.4.4.4. Techniques d'isolement et d'identification des bactéries recherchées

Afin de mieux caractériser le profil biochimique des bactéries recherchées qui appartiennent aux groupes des coliformes, des streptocoques fécaux et surtout des germes pathogènes, une série des tests a été effectuée, il s'agit de :

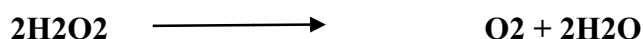
##### a) Coloration de Gram

C'est un test signalé par Christian Gram en 1884 et reste utilisable jusqu'à l'heure actuelle. Il permet la distinction entre deux groupes bactériens, les Gram (+) et les Gram (-). Le premier se colore en violet et le second en rose.

**Mode opératoire (voir annexe II)**

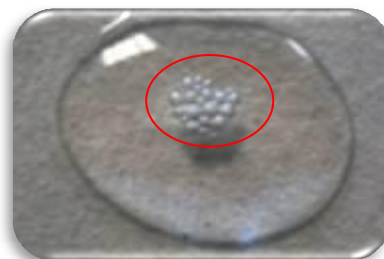
##### b) Test de la catalase

Cette enzyme est chargée d'éponger l'eau oxygénée par la dismutation. La réaction catalysée est la suivante :



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

Catalase (+)       $\longrightarrow$  effervescence (bulles de gaz).



##### c) Test d'oxydase

L'oxydase ou Cytochrome oxydase est un enzyme présente dans certaines chaînes respiratoires cytochromiques bactériennes. La recherche de cette enzyme est utile dans le diagnostic des bacilles à Gram(-).

##### Mode opératoire

Imbiber un disque "Oxydase" commercialisé avec une goutte d'eau distillée ou d'eau physiologique stérile, puis prélever une partie de la colonie à étudier à l'aide d'une pipette pasteur boutonnée stérile et l'étaler sur le disque. Une coloration violet foncée, puis noire, apparaît immédiatement ou en quelques secondes: test oxydase (+).

**d) Triple Sugar Iron (TSI)****Principe**

Déterminer la capacité de la bactérie d'utiliser plus d'un des sucres (glucose, lactose ou sucrose), avec ou sans production de gaz, et de produire du sulfure d'hydrogène (H<sub>2</sub>S).

**Technique**

- En partant d'une colonie, inoculer le culot en piquant avec un fil droit au centre puis inoculer la pente en effectuant une strie sinueuse.
- Incuber à 37°C jusqu'au lendemain.

**Résultats**

- Fermentation du glucose seulement: culot jaune et pente rouge.
- Fermentation du glucose et un des deux autres sucres (lactose ou sucrose): culot et pente jaune.
- Aucun sucre dégradé: pente rouge et culot rouge ou orange.
- Production de gaz: bulle(s) de gaz, milieu complètement séparé ou soulevé.
- Production de H<sub>2</sub>S: précipité noirâtre plus ou moins abondant

**e) Identification biochimique : Galeries API 20 E**



L'identification des bactéries est en grande partie basée sur la mise en évidence de leurs caractères biochimiques, qui constituent souvent la plus grande partie de la galerie d'identification (**Beraud, 2004**).

Dans la présente étude, on a utilisé la galerie **API 20 E** spéciale pour les *Enterobacteriaceae*. Le mode opératoire est bien détaillé en annexe.

**f) Recherche de la coagulase**

Ce test sert à déterminer si la bactérie est capable de coaguler le plasma par l'action de l'enzyme coagulase.

**Mode opératoire**

<p>-Mettre dans un tube à hémolyse 4 gouttes de plasma humain et 5 colonies suspectés</p> <p>- Incubation 37°C 18 à 24H</p> <p>-Des lectures sont effectuées chaque 2 heures.</p>	<p>-Tube positif :</p> <p>Coagulase (+).</p> 	<p>- Tube négatif :</p> <p>Coagulase (-).</p> 
---	---	---

### III.4.5. Analyse des hydrocarbures

L'analyse des hydrocarbures dans les sédiments de surface a été réalisée au laboratoire de l'ENSSMAL au niveau de Sidi Fredj avec un spectrofluorimètre HITACHI modèle « 650-105 », équipé d'une lampe à xénon avec des fentes de 1.5nm à 20nm et un balayage allant de 220 à 830nm.



**Figure III.19:** spectrophotomètre de Fluorescence HITACHI, modèle 650 S.

La méthode de la spectrofluorimétrie Ultra-violet (SFUV) fournit un excellent indice de pollution pétrolière du fait des très faibles teneurs en hydrocarbures biogènes dans le milieu marin (**Marchand, 1983**). Elle est très utilisée par le dosage direct des substances fortes diverses comportant un noyau aromatique ou un hétérocycle. Elle permet de mesurer la fluorescence émise par des molécules soumises à des rayonnements Ultra-violet. (**Audigie et al., 1983**). La fluorescence se produit en deux phases :

#### - L'excitation

C'est un phénomène rapide qui se traduit par le transfert d'un électron d'une orbitale liante vers une orbitale antiliante ; la molécule passe ainsi de son état électrique fondamental vers un état excité.

#### - L'émission

Le retour à un état électrique de moindre énergie ou désexcitation est relativement stable. Il fait intervenir un grand nombre de transitions produisant chacune l'émission d'une radiation dans toutes les directions.

Pour les experts de la Commission Océanographique Intergouvernementale (COI), l'excitation est la plus forte à 310 nm pour les mélanges d'HPA présents dans les pétroles et dérivés. L'émission de fluorescence est alors intense vers 360nm.

La sensibilité et la rapidité, que procure cette méthode, lui valent le fait d'être appliquée pour la surveillance de la pollution de l'eau de mer par les hydrocarbures.

### Matériel

Le matériel nécessaire pour le dosage des hydrocarbures est consigné en annexe III.

**❖ Dosage des hydrocarbures dans l'eau****Prélèvement des échantillons**

L'échantillon a été prélevé dans des bouteilles teintées de 2,5l, une première extraction est effectuée à bord de l'embarcation, par addition de 50ml d'hexane avec une agitation manuelle pendant 5 à 10mn. Puis la bouteille est fermée avec un bouchon en plastique, isolée avec une feuille d'aluminium pour éviter tout contact avec la matière plastique du bouchon, l'échantillon est conservé à 4°C.

**Traitement des échantillons**

Le traitement des échantillons pour l'analyse des hydrocarbures se réalise en 3 étapes :

**a. Extraction**

1. Transvaser l'échantillon dans l'ampoule à décanter (2l) et ajouter 50ml d'hexane ;
2. Agiter manuellement pendant 20mn sans oublier d'ouvrir le bouchon de temps à autre afin de baisser la pression ;
3. Laisser décanter pendant 15mn ;
4. Récupérer la phase aqueuse en notant le volume d'eau extrait (à l'aide d'une éprouvette) ;
5. Recueillir la phase organique à l'aide d'un ballon, ajouter 2g de sulfate de sodium  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  pour éliminer les traces d'eau.

**b. Concentration**

Une fois la phase aqueuse extraite, elle passe au rotavapor pour être concentrée et réduite à un volume inférieur à 10ml.

**c. Purification**

Cette étape s'effectue avec une burette de 50ml munie d'un robinet en téflon et remplie successivement par :

1. la laine de verre
2. une petite quantité d'hexane pour le conditionnement de la burette ;
3. 5g de gel de silice mélangé avec de l'hexane, laisser à décanter et récupérer sans sécher la colonne;
4. 10g d'Alumine mélangés avec de l'hexane qu'on laisse décanter et qu'on récupère aussi de la même manière;
5. une pincée de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  pour l'absorption des gouttelettes d'eau si elles existent encore.

Après cette préparation, on laisse égoutter et on garde 1 ml de la solution puis on passe à :

#### **a- La purification de la fraction Aliphatique (F1)**

- après agitation dans l'agitateur mécanique, verser l'échantillon dans la burette;
- Ajouter 20ml d'hexane puis récupérer la fraction 1 dans un tube à essai conditionné auparavant.
- Fermer le tube avec du téflon et conserver au frais.

#### **b- La purification de la fraction Aromatique (F2)**

- ajouter toujours dans la même burette 20ml de mélange binaire du solvant hexane-dichlorométhane dans des proportions égales.
- Récupérer la fraction 2 dans un tube à essai conditionné auparavant puis conserver au frais.

Remarque : le gel de silice et l'Alumine ont fait l'objet d'une activation pendant 8h à 120°C puis d'une désactivation partielle par l'addition de 3% de poids d'eau bidistillée avant leur utilisation.

#### **❖ Dosage des hydrocarbures dans les sédiments**

L'échantillon destiné à cette analyse a été traité de la manière suivante :

##### **1- Lyophilisation**

Après avoir décongelé le sédiment, on le place au lyophilisateur à -50°C pendant 48h.

La température très basse de l'appareil déshydrate l'échantillon par sublimation sans l'endommager,

Le système du lyophilisateur aspire l'eau et sèche le sédiment sous vide ( $10^{-1}$  bar) ce qui permet une meilleure conservation des propriétés de celui-ci.



**Figure III.20:** L'emplacement des sédiments dans le lyophilisateur.

### 1- Broyage

Les sédiments lyophilisés sont ensuite broyés à l'aide d'un mortier en porcelaine jusqu'à l'obtention d'une poudre fine

Le mortier doit être conditionné auparavant et entre deux échantillons différents.



**Figure III.21:** Mortier en porcelaine.

### 2- Extraction

Une première extraction, à blanc, est réalisée pour conditionner l'extracteur soxhlet.

On met 5g d'échantillon lyophilisé dans une cartouche en cellulose, qu'on pose dans le soxhlet.

On verse dessus un mélange d'hexane et de Dichlorométhane jusqu'à immersion, une source de chaleur positionnée en bas fait remonter le mélange qui immerge une autre fois la cartouche et ainsi de suite le processus dure environ 8h.

Environ 120ml de l'extrait récupéré est concentré dans le rotavapor et réduit directement à moins de 10ml.

On traite à présent l'échantillon avec du Mercure pur jusqu'à ce qu'il n'y a plus de noircissement pour éliminer le soufre qu'il contient.

### 3- Purification

La procédure de la purification des hydrocarbures dans le sédiment suit le même schéma que leur purification dans l'eau.

#### ❖ Mesure et mode de calcul des concentrations

La mesure se fait en plaçant une fraction de l'extrait purifié dans une cuve en quartz de 1cm de trajet optique. Les concentrations d'HAP dans les extraits sont déterminées à partir de la droite d'étalonnage.

#### \* Pour l'eau de mer

-Le calcul des concentrations des hydrocarbures en équivalent chrysène se fait d'abord par la détermination de la cotangente ( $\alpha$ ) :

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

$\alpha$  : Cotangente ;

[(C)s] : Concentration des standards ( $\mu\text{g/ml}$ ).

IF : Intensité fluorescente (U.A).

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

$$[C]ech = [(IF)ech - (IF)blanc] \times \alpha$$

[C]ech : Concentration calculée des hydrocarbures dans l'échantillon ( $\mu\text{g/ml}$ ).

(IF)ech: Intensité fluorescente de l'échantillon (U.A).

(IF)blanc: Intensité fluorescente du blanc (UA).

-Les concentrations finales d'HPA des échantillons sont calculées selon la formule suivante :

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

[C]f : Concentration finale des HAP dans l'échantillon ( $\mu\text{g/ml}$ ).

[C]ech: Concentration des hydrocarbures dans l'échantillon ( $\mu\text{g/ml}$ ).

[C]blanc : Concentration des hydrocarbures du blanc ( $\mu\text{g/ml}$ ).

v : Volume d'hexane d'extraction de la fraction (ml).

V : Volume extrait de l'échantillon (l).

#### \* Pour le sédiment

Le calcul des concentrations pour les sédiments est le même que pour l'eau, la seule différence, le calcul de la concentration finale qui est comme suit :

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

[C]f : Concentration finale des HPA dans l'échantillon ( $\mu\text{g/g}$  par rapport au Ps du sédiment).

[C]ech: Concentration des hydrocarbures dans l'échantillon ( $\mu\text{g/ml}$ ).

[C]blanc : Concentration des hydrocarbures du blanc ( $\mu\text{g/ml}$ ).

v : Volume d'hexane d'extraction de la fraction (ml).

Ps : Poids sec (g).

#### III.4.6. Dosage des métaux lourds

Suivant le protocole du *Standard Operating Procedure For Trace Metals Determination* (MONACO, 1997), des précautions rigoureuses doivent être prises comme le port de gants, le travail se fait impérativement sous une haute pour préserver le manipulateur des dangers de l'inhalation des acides.

##### Matériel :

- godets en téflon ;
- plaque chauffante ;
- béchers ;
- pipettes de transfert ;
- éprouvettes.

Ce matériel doit subir un prétraitement particulier :

- lavage au détergent ;
- rinçage à l'eau du robinet ;
- rinçage, plusieurs fois, à l'eau distillée ;
- rinçage à l'eau acidulée à 10% ;
- séchage à l'étuve à 70°C.

##### Traitement des échantillons

Le traitement de l'échantillon s'effectue en quatre étapes; et comme pour les hydrocarbures, les deux premières sont :

###### 1-La lyophilisation.

###### 2-Le broyage

###### 3-La minéralisation

###### 3-1 Minéralisation à blanc

Dans le but de décontaminer les godets, on y verse 5ml d'acide nitrique ( $\text{HNO}_3^-$ ) puis on les place sur une plaque chauffante à 120°C pendant 2h30. Une fois refroidis, les godets sont vidés et mis à l'étuve pour séchage.

### 3-2 Minéralisation des échantillons

- Peser 0,5g de sédiment lyophilisé dans chaque godet,
- Ajouter de l'eau régale (un mélange de 6ml de HCl et de 2 ml de HNO<sub>3</sub>),
- Laisser minéraliser à froid (à température ambiante) durant une heure ou deux afin d'éviter une réaction accélérée,
- Placer ensuite les godets sur une plaque chauffante à 120°C pendant 2h30 pour extraire les métaux lourds du sédiment et les mettre en suspension,
- Vient ensuite l'étape de la dilution, qui consiste à transvaser les minéralisés dans des tubes en polypropylène et de compléter le volume jusqu'à 50ml avec de l'eau distillée,
- Conserver au réfrigérateur.

#### Principe de la SAA à four à graphite

La lecture des métaux lourds a été faite au niveau du centre national de toxicologie

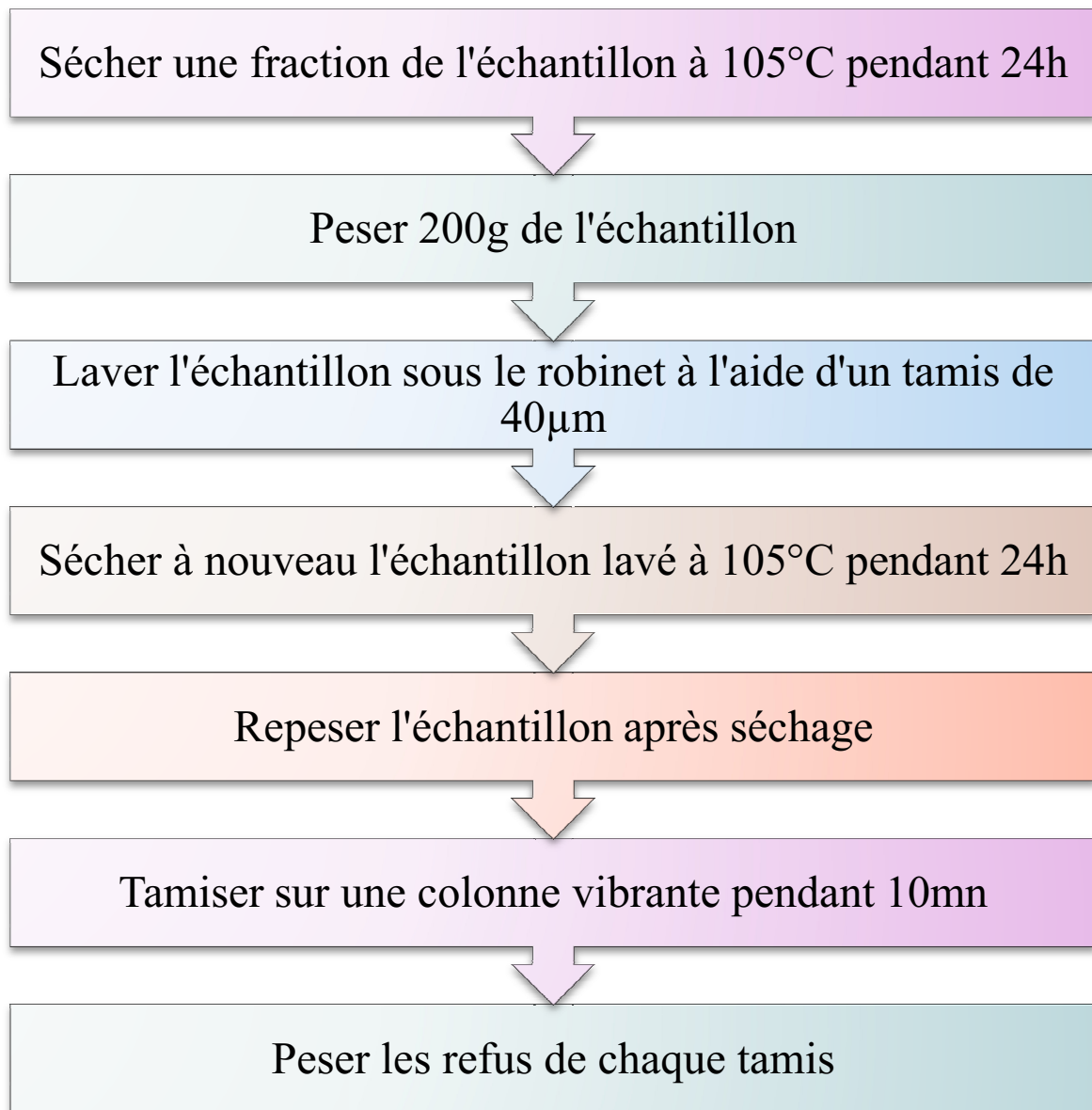
Les éléments métalliques à concentrations relativement faibles sont analysés à l'aide d'un four à graphite (Hg, Cd, Pb). C'est un four en graphite de revêtement pyrolytique interne. Le principe repose sur la volatilisation des échantillons par atomisation dans le four suivant 3 cycles de montées de température. 10µl de chaque échantillon sont injectés automatiquement dans le four. Après écoulement du temps de montées de température programmée, l'absorption relative est enregistrée.

#### III.4.7. Analyse granulométrique

Les données concernant le plan des houles et les fréquences des vents dans cette zone, associées à cette analyse nous permettront d'obtenir des informations majeures sur l'origine et la provenance des sédiments.

Après récolte de tous les échantillons sédimentaires, nous avons pu démarrer l'analyse granulométrique au sein du laboratoire de Sidi Fredj, annexe de l'ENSSMAL.

L'organigramme ci-dessous résume les étapes suivies lors de l'analyse granulométrique :



**Figure III.22:** Etapes de l'analyse granulométrique.

Les poids des refus des tamis sont exprimés en pourcentages cumulés, ce qui nous permettra de tracer des histogrammes et des courbes cumulatives avec :

- En abscisse : les diamètres des tamis en  $\varphi$  ;
- En ordonné : les pourcentages des refus cumulés.

De ces courbes on pourra déterminer graphiquement les paramètres nécessaires au calcul des indices granulométriques.

### III.4.7.1. Les paramètres centraux

#### III.4.7.1.1. La médiane

C'est le diamètre du grain moyen dont l'ordonnée correspond à 50% du poids total du sédiment.

#### III.4.7.1.2. Les quartiles

- Le 1<sup>er</sup> quartile ( $\varphi_{25}$ ) : correspond au diamètre du grain représentant 25% du poids du sédiment.
- Le 2<sup>ème</sup> quartile ( $\varphi_{50}$ ) : correspond au diamètre du grain représentant 50% du poids du sédiment.
- Le 3<sup>ème</sup> quartile ( $\varphi_{75}$ ) : correspond au diamètre du grain représentant 75% du poids du sédiment.

### III.4.7.2. Autre indice

#### III.4.7.2.1. La taille moyenne du sédiment (M)

**Tableau III.1** : Indice de classification du sédiment.

Indice	Formule
Taille moyenne	$M = \frac{\varphi_{16} + \varphi_{50} + \varphi_{84}}{3}$

(Rivière, 1977)

Exprimée en mm, elle offre une idée sur l'éventail granulométrique de l'échantillon. Sept classes, en fonction de la taille du sédiment sont retenues (Weydert, 1973) :

Inférieur à 0,063 mm : Pelites

De 0,063 à 0,125 mm : Sables très fins

De 0,125 à 0,250 mm : Sables fins

De 0,250 à 0,500 mm : Sables moyens

De 0,500 à 1,000 mm : Sables grossiers

De 1,000 à 2,000 mm : Sables très grossiers

De 2,000 à 20,000 mm : Graviers

---

***Chapitre IV***  
***Résultats***  
***et interprétation***

---

Dans le cadre de cette étude, l'échantillonnage a été réalisé durant le mois d'avril de l'année en cours.

Pour l'analyse de l'eau, dix stations ont été choisies dont six sont au niveau du port et deux au niveau de la plage Est (l'une près de la côte et l'autre au large) et deux au niveau de la plage Ouest.

En ce qui concerne les sédiments, nous avons optés pour 10 stations pour le dosage des métaux lourds et trois pour le dosage des hydrocarbures aromatiques polycycliques. Quant aux oursins, nous les avons prélevés au niveau de la passe d'entrée.

Les échantillons ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques et bactériologiques et les taux obtenus ont été comparés aux normes Algériennes en vigueur (annexe II).

#### IV.1. Résultats des mesures *in situ*

##### a- Température des eaux de surface

La température de la surface correspond à un élément fondamental en océanographie. Ce facteur conditionne largement et significativement l'écologie des systèmes marins et côtiers. Sa variation dépend de la température atmosphérique et du mélange des masses d'eau.

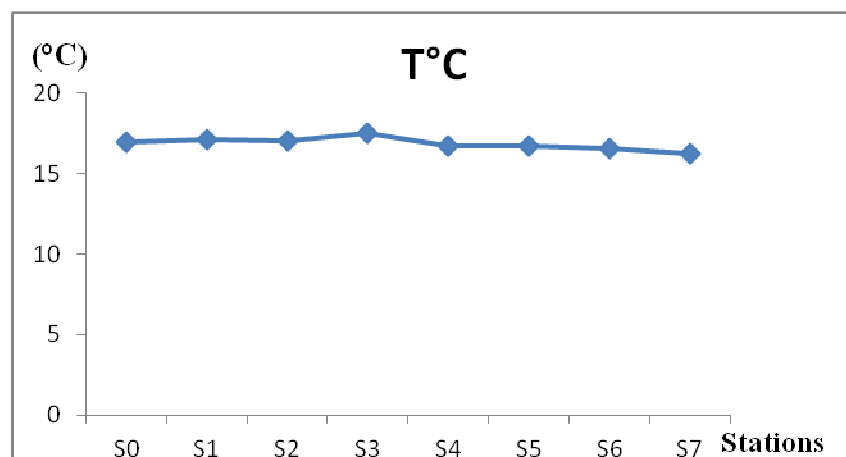
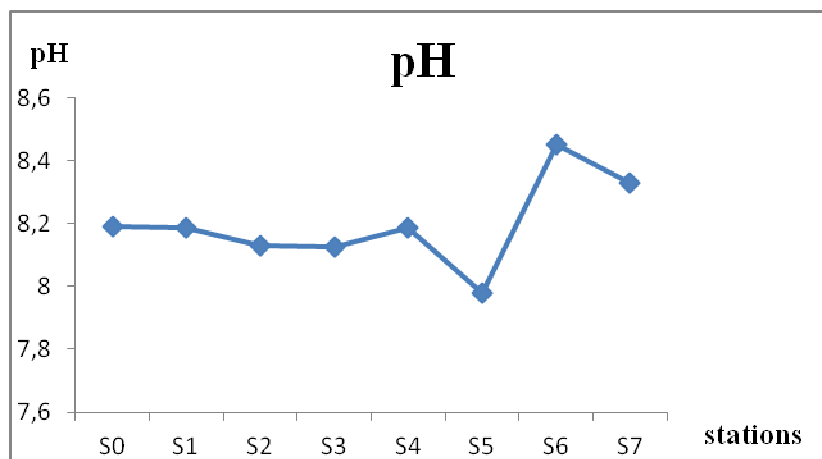


Figure IV.1: Valeurs moyennes de la température en fonction des stations.

On a enregistré des températures de surface oscillants entre un maximum de 17,9°C au niveau de la station 3 où se localise un rejet d'eaux usées et un minimum de 16,1°C au niveau de la station 7 ; qui peut être dû aux courants froids du large, avec une moyenne de 16,81°C et un écart-type de 0,46. Ces valeurs sont saisonnières et elles sont inférieures aux normes algériennes en vigueur (30°C) (JORA, 1993).

##### b- potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH moyen mesuré à la surface de l'eau est de 8,19 avec en écart-type de 0,14, un minimum de 7,98 et un maximum de 8,45. La norme algérienne de la variation du pH étant comprise entre 6 et 8 (JORA, 1993).

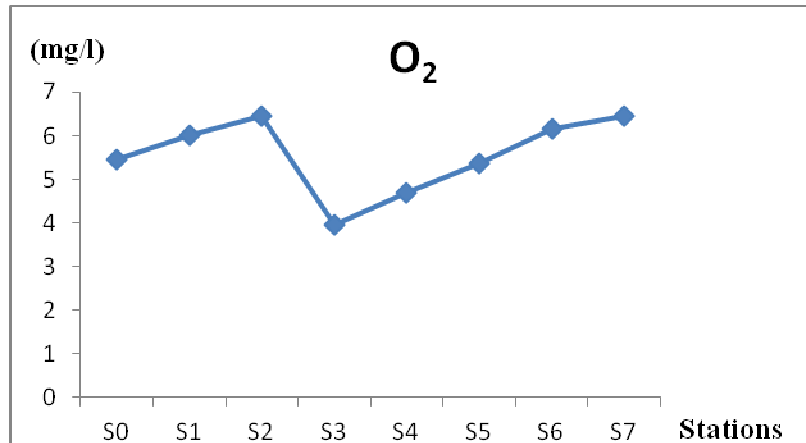


**Figure IV.2:** Valeurs moyennes du pH en fonction des stations.

Dans la plupart des stations les valeurs du pH varient peu (écart-type 0,14) à l'exception de la station 5 (qui présente un pH de 7,98) dû peut être à la présence d'une pompe à essence (le gasoil peut contenir de l'acide sulfurique) et/ou à l'acidification du milieu provoquée par le processus de la dégradation de la matière organique.

### c- Oxygène dissout

L'oxygène dissout moyen mesuré à la surface de l'eau est de 5,56 mg/l avec un écart-type de 0,88, un maximum de 6,45 mg/l et un minimum de 3,95mg/l.

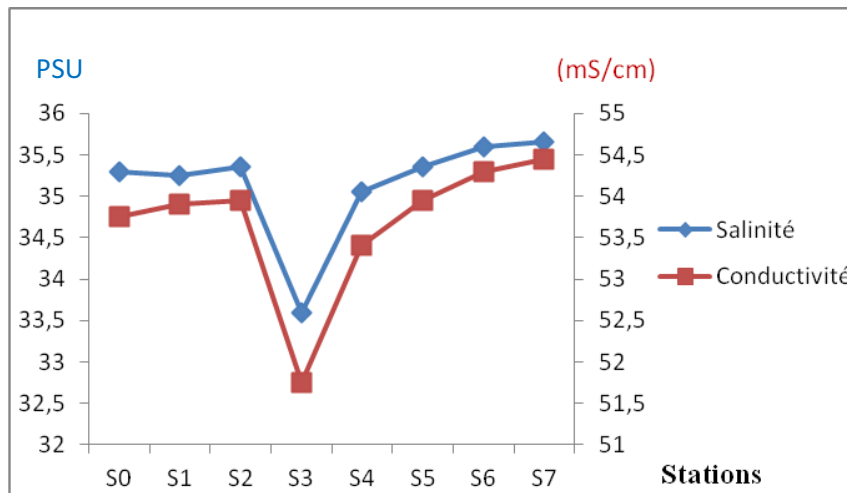


**Figure IV.3:** Variation des moyennes de l'oxygène dissout.

Les concentrations maximales en oxygène dissout sont observées au niveau des stations 2 et 7 ce qui pourrait être expliqué par l'absence de rejets dans le bassin 4 du port. En revanche, la valeur minimale est relevée au niveau de la station 3 (bassin 1). Ces taux reflètent l'anoxie du milieu (JORA, 1993).

### d- Salinité et Conductivité

La salinité moyenne mesurée à la surface de l'eau est de 35,14 PSU avec un écart-type de 0,60.



**Figure IV.4:** Valeurs moyennes de la salinité et de la conductivité.

La valeur minimale de 33,4 PSU est clairement remarquée au niveau de la station 3 qui constitue un apport d'eau douce via le rejet d'eaux usées qui fait baisser la salinité. La valeur maximale de 35,7 PSU est enregistrée au niveau de la station 7 (plage Est).

Les taux enregistrés durant cette période d'étude sont nettement inférieurs à ceux décrits par **Aminot et Chaussepied (1983)**. En effet, en Méditerranée, la salinité avoisine les 38-39 PSU au large, mais près des côtes, elle varie entre 36 et 37 PSU. Cela pourrait être expliqué par la présence des rejets d'eaux usées tout d'abord à l'intérieur du port puis au niveau des deux plages Est et Ouest où sont implantés respectivement les hôtels El Riad et Thalassothérapie.

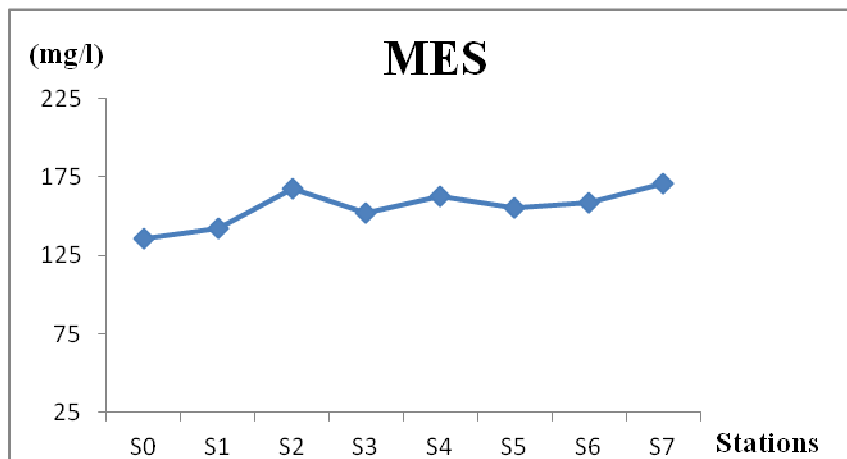
Les valeurs de la salinité sont parfois en relation avec celles de la conductivité. Cette dernière mesure la capacité de l'eau à conduire le courant entre deux électrodes. Elle permet ainsi d'apprécier la quantité des sels dissouts dans l'eau car la plupart des matières dissoutes se trouvent sous formes d'ions chargés électriquement.

## IV.2. Résultats des analyses au laboratoire

### IV.2.1. Résultats de l'analyse des paramètres physico-chimiques

#### IV.2.1.1. Matières en suspension (MES)

Les valeurs des matières en suspension varient entre 135,25 mg/l et 170 mg/l avec une moyenne de 155,37 mg/l et un écart-type de 12,06. La valeur maximale est enregistrée au niveau de la station 7 et la valeur minimale au niveau de la station 0.



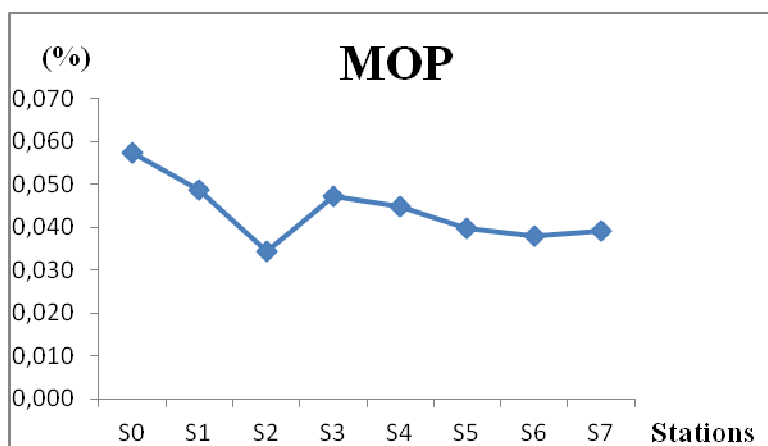
**Figure IV.5:** variation des taux moyens des MES en fonction des stations.

Ces résultats sont très élevés, cela pourrait être dû aux conditions climatiques lors de la mesure (mer houleuse), à la bathymétrie (faibles profondeurs), au diamètre des particules ainsi qu'à la perturbation du fond par la navigation.

#### IV.2.1.2. Résultats de la mesure de la matière organique

##### IV.2.1.2.1. Dans l'eau de surface

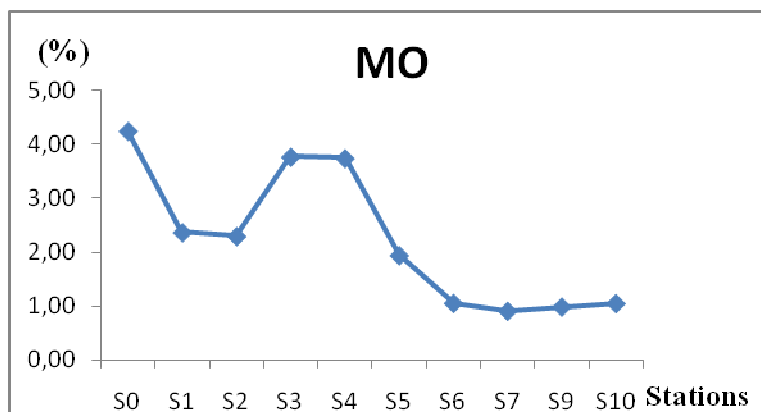
Les valeurs de la matière organique varient peu, elles restent dans un intervalle de [0,034% à 0,058%] avec un écart-type de 0,007 et une moyenne de 0,044 %.



**Figure IV.6:** Variation moyenne de la matière organique particulaire dans l'eau de surface.

##### IV.2.1.2.2. Dans les sédiments

La matière organique est considérée comme un indicateur de pollution. En effet, ses taux varient proportionnellement à la concentration et à l'activité des micro-organismes.



**Figure IV.7:** Variation des moyennes de la matière organique dans les sédiments.

Les valeurs de la matière organique sont comprises entre 0,90 % (station 7) et 4,24 % (station 0), avec une moyenne de 2,23% et un écart-type de 1,28.

#### IV.2.2. Résultats du dosage des sels nutritifs

Le tableau ci-après résume les concentrations minimales, maximales ainsi que la moyenne et l'écart-type des sels nutritifs dans les eaux de surface.

**Tableau IV.1:** Récapitulatif des concentrations en sels nutritifs.

Sels nutritifs	[NO <sub>2</sub> ]	[NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ]	[PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ]	[SiO <sub>2</sub> ]
<b>Minimum (µmol/l)</b>	0.188	9.62	0.15	5.455
<b>Maximum (µmol/l)</b>	0.6	17.68	5.95	32.00
<b>Moyenne (µmol/l)</b>	0.35	13.47	3.35	25.382
<b>Écart-type</b>	0.138	3.07	1.88	7.485

Les résultats des nitrates ne sont pas reportés car les concentrations sont anormalement élevées (problème d'ordre technique).

- **Les nitrites**

Les valeurs enregistrées sont relativement faibles entre un maximum de 0,6 µmol/l et un minimum de 0,188 µmol/l avec une moyenne de 0,351 µmol/l et un écart-type de 0,138. Les nitrites sont souvent en faible concentration dans l'eau de mer car ce sont des formes intermédiaires de l'azote inorganique entre l'ammonium et les nitrates.

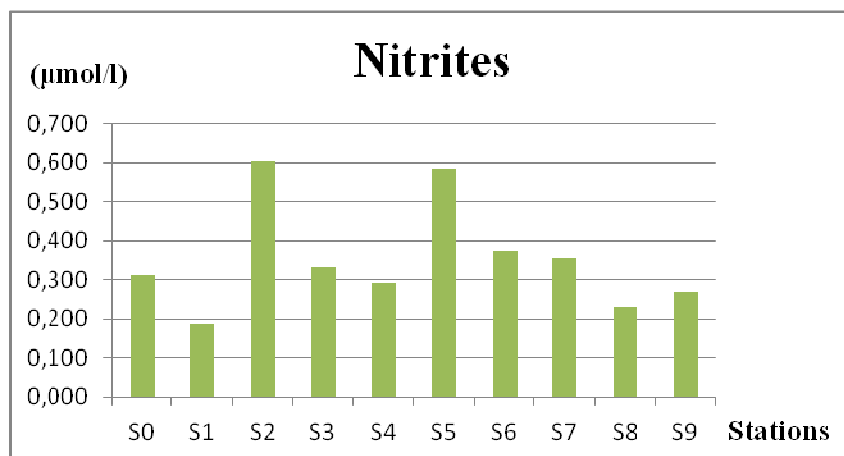


Figure IV.8: Variation moyenne des nitrites dans les eaux.

- **Les orthophosphates**

Les phosphates peuvent provenir des rejets domestiques ainsi que du lessivage des terres cultivées qui renferment des engrais phosphatés et des pesticides.

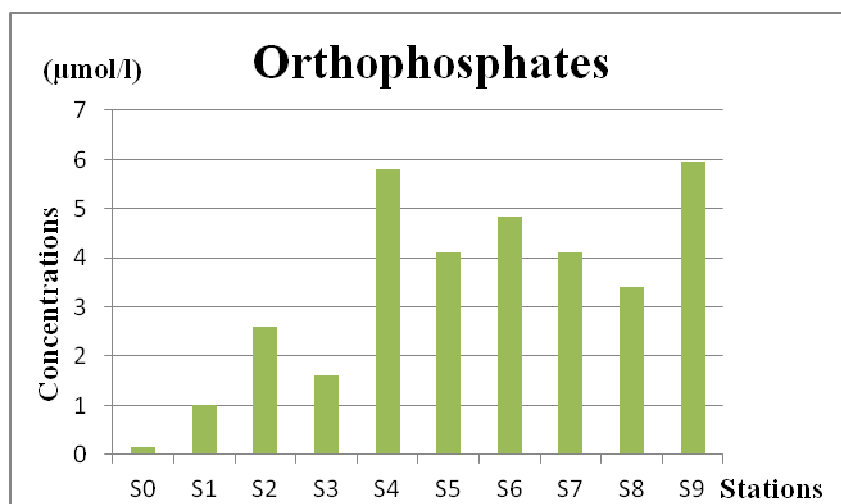


Figure IV.9: Variation moyenne des orthophosphates dans les eaux.

les teneurs en phosphates enregistrées au niveau des différentes stations varient entre 0,15 et 5,95 μmol/l avec une moyenne de 3,35 μmol/l et un écart-type de 1,98.

- **Le silicium dissout**

Les concentrations varient entre un maximum de 32 μmol/l au niveau de la station 5, un minimum de 5,45 μmol/l au niveau de la station 1, une moyenne de 25,38 μmol/l et un écart-type de 7.48.

Cette richesse en silice dissoute peut être en relation avec les apports côtiers et celui des rejets qui se trouve à l'intérieur du port et/ou encore avec la dissolution des tests siliciques et la diffusion à partir des sédiments marins. (Houma et al., 2009).

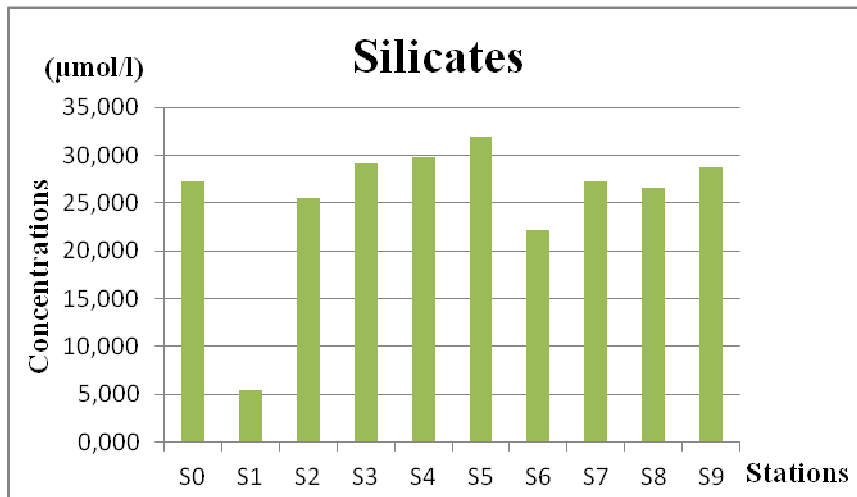


Figure IV.10: Variation moyenne des silicates dans les eaux.

- **L'azote ammoniacal**

La concentration maximale de l'ammonium est enregistrée au niveau des stations 5 et 9 avec un taux de 17,68 µmol/l, tandis que la minimale est enregistrée au niveau de la station 1 avec 9,62 µmol/l. Les valeurs de la moyenne et de l'écart-type sont respectivement 3,35 µmol/l et 1,88.

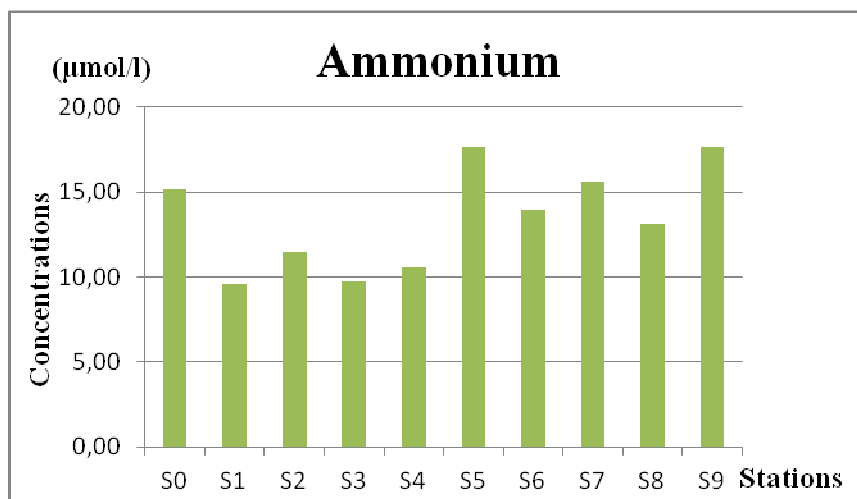


Figure IV.11: Variation moyenne de l'ammonium dans les eaux.

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

### IV.2.3. La *chlorophylle a*

La variation de la chlorophylle est influencée par des facteurs climatiques (T, ensoleillement) et des facteurs physicochimiques (turbidité, sels nutritifs). La figure ci-dessous représente les concentrations relevées de chaque station.

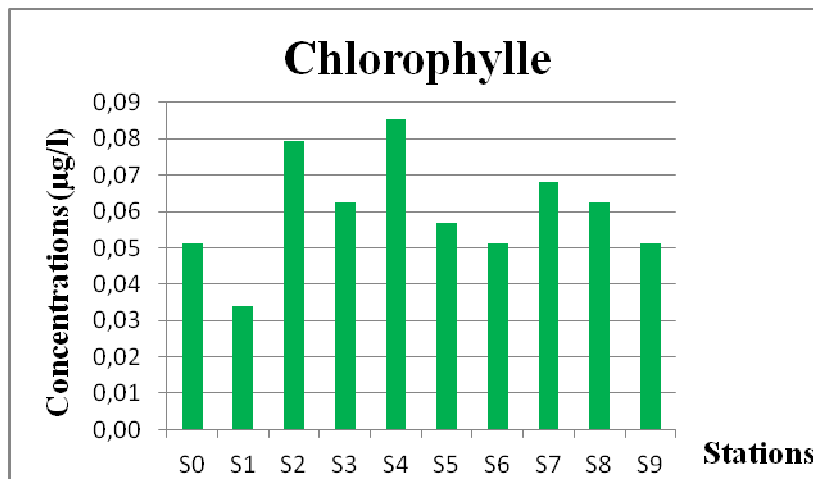


Figure IV.12: Variation moyenne de la *chlorophylle a* dans les eaux.

Les valeurs de la *chlorophylle a* sont comprises entre 0.03µg/l (station 1) et 0.09µg/l au niveau de la station4, avec 0.06µg/l et 0.01 respectivement valeurs de la moyenne et de l'écart-type en surface.

Les teneurs en *chlorophylle a* sont très faibles, cela peu être expliqué par une forte charge en MES [142.25-170,5 mg/l] qui empêche la pénétration de la lumière et donc limite la photosynthèse.

Les films formés par les hydrocarbures à la surface de l'eau ralentissent et peuvent même empêcher la ré-oxygénation de l'eau par l'atmosphère. Il en résulte que l'autoépuration des eaux, ainsi que la vie et le développement de la flore et de la faune aquatique, peuvent être gravement compromises.

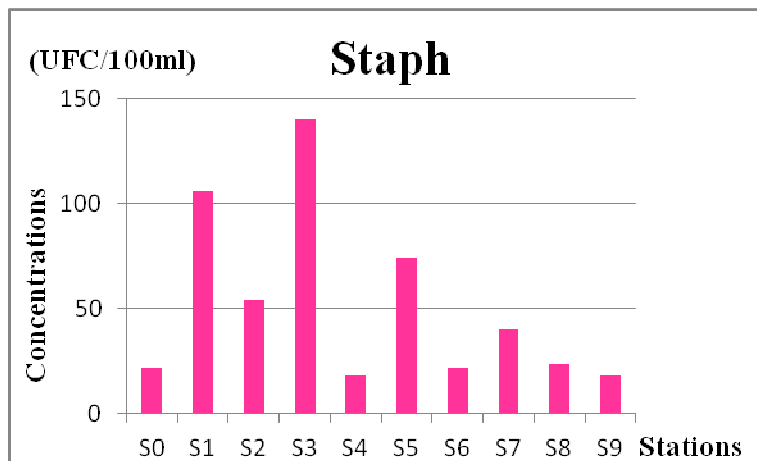
## IV.2.4. Résultats de l'analyse des paramètres microbiologiques

### IV.2.4.1. Matrice eau de mer

#### IV.2.4.1.1 Résultats de la recherche des coliformes, des streptocoques fécaux et des staphylocoques

##### a). Taux des staphylocoques (*Staphylococcus aureus*)

Les concentrations ont un large intervalle de variation, entre un minimum de 18 UFC/100ml au niveau de la station 9 et un maximum de 140 UFC/100ml au niveau de la station 3 (rejet d'eau usée).

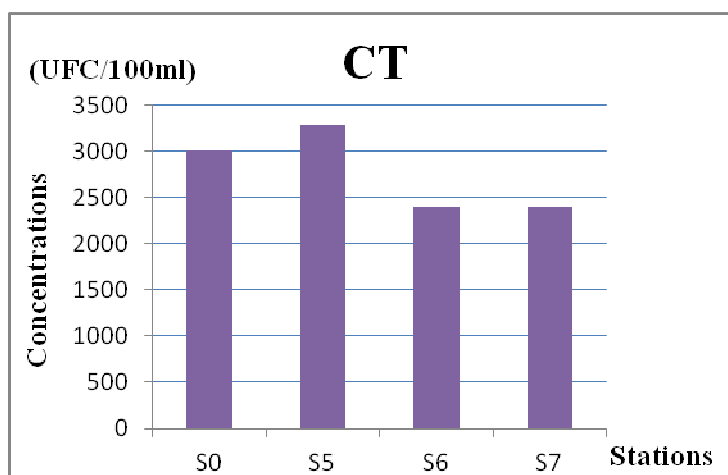


**Figure IV.13:** Variation des taux des staphylocoques dans l'eau de mer

L'analyse des caractères biochimiques de ces germes a révélé qu'il s'agit de *Staphylococcus aureus* (Colonies jaune doré sur Chapman, mannitol+, cocci Gram+ en amas, catalase+, coagulase+).

#### b). Concentrations des coliformes totaux

La concentration moyenne en CT dans les stations 0, 5, 6 et 7 est nettement supérieures à la valeur guide (500 CT/100 ml) (JORA, 1993). Néanmoins, elles restent inférieures à la valeur limite (10000 CT/100ml).



**Figure IV.14:** Variation des taux des CT dans l'eau de mer.

Cependant, la charge microbienne dans les autres stations du port et de la plage Ouest n'a pas pu être comptabilisée car les boîtes présentaient des colonies confluentes et indénombrables. Cela pourrait être expliqué par la présence de rejets d'eaux usées.

### c). Taux des coliformes thermotolérants

Les concentrations moyennes en coliformes thermotolérants au niveau des stations 3, 4, 8 et 9 sont largement supérieures à la valeur limite (10 000 UFC/100ml). Dans le reste des stations les concentrations sont comprises entre les valeurs guide et limite.

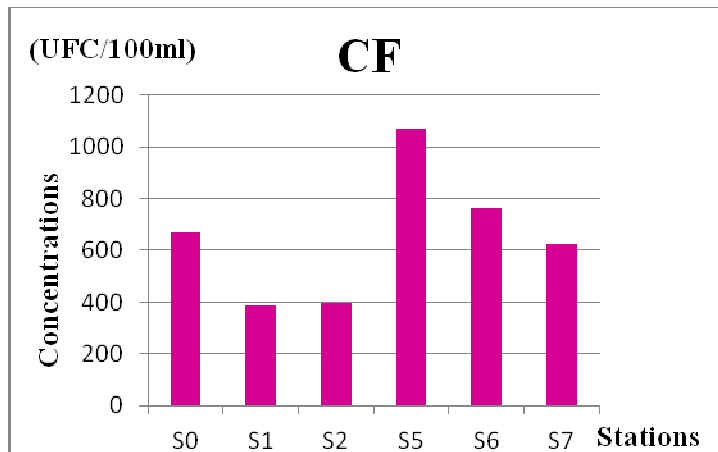


Figure IV.15: Variation des taux des coliformes thermotolérants dans l'eau de mer.

L'origine fécale de ces coliformes a été confirmée par le test de Mackenzie.

### d). Les streptocoques fécaux

Les eaux de surfaces des stations ne semblent pas être contaminées puisque les concentrations enregistrées sont inférieures à la valeur guide (100 UFC/100ml) (JORA, 1993) à l'exception de la station 5 (pompe à essence) où elle atteint les 267,5 UFC/100ml.

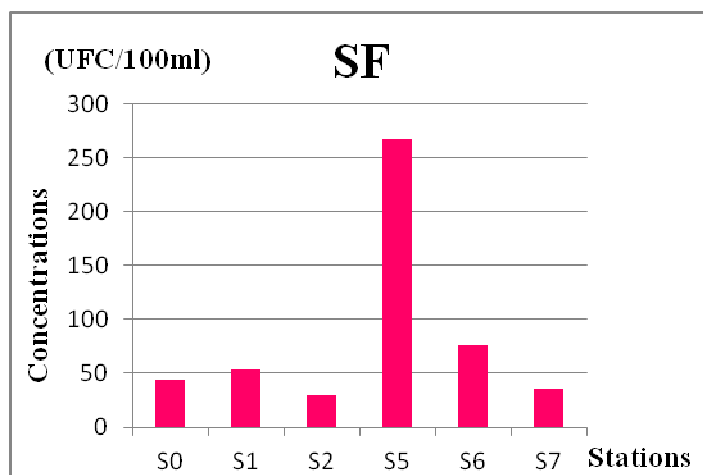


Figure IV.16: Variation des taux des streptocoques fécaux dans l'eau de mer.

Les colonies des stations 3,4 et 9 n'ont pas pu être dénombrées.

#### IV.2.4.1.2. Résultats de la recherche des germes pathogènes

##### a). Résultats de la recherche des vibrions

Deux espèces appartenant au genre *Vibrio* (*Vibrio metschnikoveii*, *Vibrio vulnificus*) ont été isolées, et cela au niveau des stations S1 et S5. Les espèces ont été identifiées sur la base des caractères suivants :

Isolement d'une colonie jaune sur milieu TCBS.

Coloration de gram : bacilles incurvés Gram –, mobile

Le test de l'oxydase : Oxydase (+).

Identification biochimique à l'aide des galeries **API 20 E** :

- *Vibrio vulnificus* appartient à la flore normale des eaux de mer côtières et d'estuaire de salinité intermédiaire. (ADH -, LDC +, VP -, ONPG +).
- *Vibrio metschnikoveii* est aussi une espèce autochtone du milieu marin

Cependant, une espèce pathogène a été isolée au niveau de la station 3, appartenant à la famille des Aeromonadaceae, il s'agit d'*Aeromonas hydrophila*. Cette dernière est par contre pathogène et provoque des gastroentérites.

##### b). Résultats de la recherche des salmonelles

Après enrichissement sur milieu SFB et isolement sur milieu SS, l'identification a révélé la présence de *Salmonella enteritidis* et *Salmonella spp* aux niveaux des stations S3 et S6. Les caractères morphologiques et biochimiques sont les suivants :

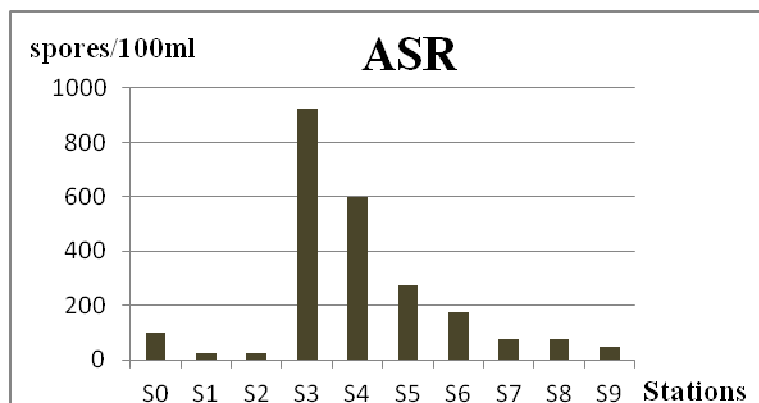
Sur milieu SS, les colonies transparentes à centre noir : lactose (-), H<sub>2</sub>S (+)

Sur TSI : H<sub>2</sub>S (-) glucose (+), saccharose (-) et lactose (-)

Galerie API 20 E : LDC +, ODC +, indol -, urée -, TDA -, VP -, gélatinase -.

#### IV.2.4.1.3. Résultats de la recherche des germes sulfitoréducteurs

Ce groupe se compose de microorganismes anaérobies sporogènes, dont le plus caractéristique, *Clostridium perfringens*, est normalement présent dans les fèces, en grand nombre (Emmanuel, 2003).



**Figure IV.17:** Variation des taux des ASR dans l'eau de mer.

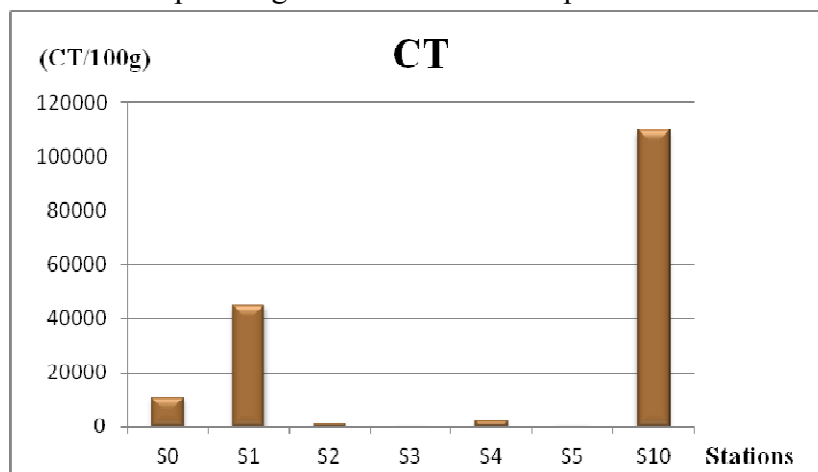
Les concentrations en ASR fluctuent beaucoup, entre un minimum de 25 spores/100ml et un maximum de 925 spores/100ml. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau des stations 3,4.

#### IV.2.4.2. Matrice sédiment

D'après **Alzieu (1999)**, Les sédiments fins accumulés abritent une flore importante d'origine entérique qui cohabite avec la flore microbienne autochtone. L'évaluation de l'impact microbiologique du dragage passe tout d'abord par la connaissance de la charge bactérienne du sédiment. L'analyse bactériologique de ce dernier a été réalisée par la méthode de fermentation en tubes multiples nommée aussi la méthode du nombre le plus probable (NPP).

##### a). Résultats de la recherche des Coliformes totaux

Les taux des coliformes par 100g de sédiments sont représentés ci-dessous.



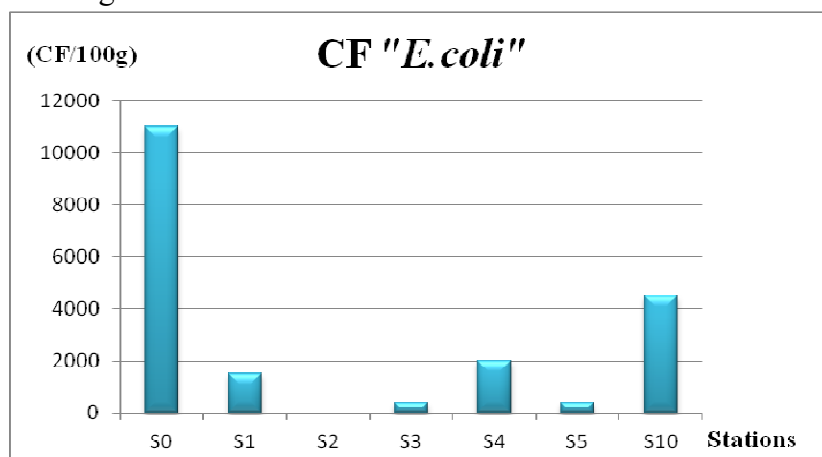
**Figure IV.18:** Variation des taux des CT dans les sédiments.

D'après l'histogramme, les valeurs des coliformes totaux sont faibles à l'exception des stations 0, 1 et 10.

Toutefois il convient de signaler que les concentrations des eaux de surfaces sont plus importantes que celles enregistrées dans les sédiments de la même colonne. En effet, Il semblerait que les sédiments soient contaminés par d'autres espèces bactériennes que celle des coliformes.

### b). Coliformes thermotolérants

Les coliformes thermotolérants sont un sous groupe des coliformes totaux. Les concentrations en ces germes sont illustrées ci-dessous.

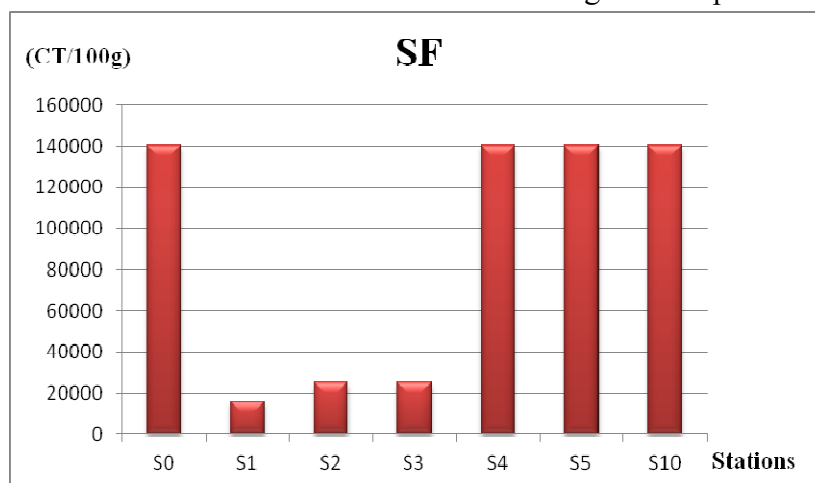


**Figure IV.19:** Variation des taux des CF « *E.coli* » dans les sédiments.

Au regard de l'histogramme, il semblerait qu'au niveau de la station 0 la totalité des coliformes soient représentés par des coliformes d'origine fécale. On enregistre les taux les plus élevés en *E.coli* au niveau de cette station.

### c). Streptocoques fécaux

Les streptocoques fécaux sont assez résistants et peuvent pousser dans des milieux habituellement hostiles. Les concentrations en SF sont consignées ci-après.



**Figure IV.20:** Variation des taux des SF dans les sédiments.

Des taux élevés en SF sont constatés aux niveaux de l'ensemble des stations et sont également plus importants que ceux relevés aux niveaux des eaux de surfaces. Les sédiments semblent donc être très contaminés par ces entérocoques. En effet, ces derniers, étant nettement plus résistants que *E.coli*, ont colonisés les sédiments et se concentrent jusqu'à un taux de 140 000 SF/ 100g.

#### IV.2.4.3. Résultats du dénombrement et recherche de la flore contenue dans les oursins

Dans le présent travail, nous avons prélevé les oursins au niveau de la station S6. Ils sont utilisés comme indicateurs de pollution des eaux du port car ils ingèrent le phytoplancton, base essentielle de leur nourriture mais concentrent également dans leur tractus digestif et leur système aquifère, les polluants chimiques et les microorganismes présents dans le milieu environnant. Les germes recherchés sont:

- Coliformes totaux et fécaux,
- Streptocoques fécaux
- Staphylocoques
- Anaérobies sulfitoréducteurs (ASR)
- Levures et moisissures
- Salmonelles

Les taux moyens des germes recherchés sont résumés ci-après.

**Tableau IV.2:** Concentrations moyennes/100g de chair + liquide du système aquifère des oursins.

Germes/stations	CT	CF	SF	Staph	Clostridium	Moisissures
S6	13000	4000	26000	98000	30000	69000

Il faut d'abord signaler qu'un seul prélèvement n'est pas significatif, néanmoins, l'ensemble des résultats de l'analyse microbiologique montre que le port de Sidi Fredj est l'objet d'une contamination assez forte, vu le taux des germes bactériens dénombrés.

#### IV.2.5. Résultats de l'analyse des hydrocarbures

##### ❖ Résultats du dosage des hydrocarbures dans l'eau

Parmi les hydrocarbures susceptibles d'être accumulés par les organismes, ce sont essentiellement les hydrocarbures aromatiques et leurs métabolites qui sont la cause principale des effets toxiques sur les espèces marines et les écosystèmes.

L'analyse de l'eau portuaire de Sidi Fredj par la méthode SFUV nous informe sur la concentration des hydrocarbures aromatiques représentés par la fraction 2 (F2).

Deux stations ont fait l'objet de cette analyse, la station 3 qui se caractérise par un rejet d'eaux usées et la station 5 située devant la pompe à essence du port. Les concentrations trouvées sont respectivement : 9,75µg/l équivalent chrysène et 4,16µg/l équivalent chrysène. Ces dernières sont illustrées dans l'histogramme et la carte ci-dessous :

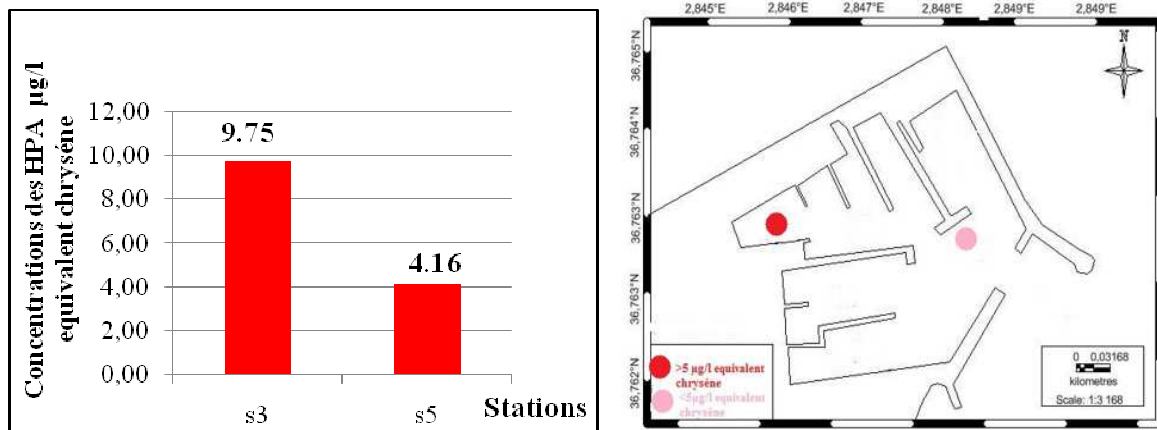


Figure IV.21: Concentrations des HAP dans l'eau et leur représentation dans le port.

Selon **Lacaze (1980)** et **Fattal (2008)** les hydrocarbures aromatiques biogènes sont très faiblement représentés dans le milieu marin. Cependant, l'origine de ces HAP pourrait être le déversement d'eaux usées ou le nombre important de bateaux qui y sont amarrés (plus de 600 embarcations pour une capacité de 400). La pollution serait aussi dépendante de la circulation des embarcations à l'intérieur du port.

#### ❖ Résultats du dosage des hydrocarbures dans les sédiments

En plus des deux stations des sédiments prélevés dans la même colonne d'eau, les HAP ont été aussi dosés dans le sédiment de la station 10 ; l'un des lieux de dépôt des produits de dragage (**Figure IV.22**).

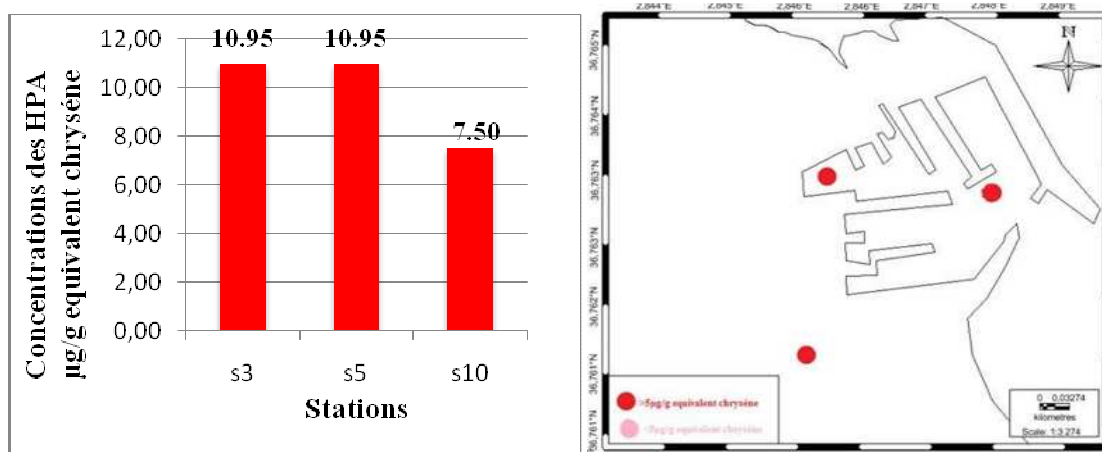


Figure IV.22: Concentration des HAP dans les sédiments.

Les concentrations en HAP obtenues sont identiques à l'intérieur du port (10,95µg/g équivalent chrysène). Cette concentration provient probablement :

- Des rejets d'eaux usées au niveau de la station 3 ;
- Du confinement du port ;
- Du trafic portuaire ;
- Du sédiment fin qui adsorberaient au maximum les hydrocarbures.

#### IV.2.6. Résultats du dosage des métaux lourds

**Tableau IV.3:** Concentrations normales des métaux lourds dans les sédiments selon les normes algériennes, françaises et hollandaises (Belkessa, 2005) ( $\mu\text{g/gde MS}$ ).

Métaux \ Normes	Hg	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn
Algériennes	1.5	250	2	150	500	-
Françaises	0.2	22	0.6	26	80	400
Hollandaises	0.3	85	0.8	36	140	-

Concernant les normes algériennes, il s'agit en fait d'une synthèse élaborée par la DGE (Direction Générale de l'Environnement).

Trois métaux potentiellement toxiques ont été analysés. Il s'agit du mercure (Hg), du plomb (Pb) et du cadmium (Cd). La lecture des résultats s'est faite au niveau du Centre National de Toxicologie.

L'ensablement qu'a connu le port de Sidi Fredj et le fait qu'il n'ait pas été dragué depuis 2006 pourrait expliquer l'élévation des taux des métaux lourds. Néanmoins, ces concentrations sont anormalement élevées et très alarmantes comparées aux résultats obtenus en 2010 par BOUAZIZ et DJERRAI.

**Tableau IV.4:** Variation des concentrations en métaux lourds des sédiments du port de Sidi Fredj.

Echantillons	Hg ( $\mu\text{g/g}$ )	IC Hg	Pb ( $\mu\text{g/g}$ )	IC Pb	Cd ( $\mu\text{g/g}$ )	IC Cd
S <sub>0</sub>	1,95	1,3	611,6	2,45	2,62	1,31
S <sub>1</sub>	3,15	2,1	440	1,76	2,75	1,38
S <sub>2</sub>	2,71	1,81	403,4	1,61	1,74	0,87
S <sub>3</sub>	4	2,67	280,56	1,12	4,03	2,02
S <sub>4</sub>	4,85	3,23	526,4	2,11	3,62	1,81
S <sub>5</sub>	1,04	0,69	418,2	1,67	1,86	0,93
S <sub>6</sub>	2,03	1,35	190,8	0,76	1,05	0,53
S <sub>7</sub>	4	2,67	177,54	0,71	1,286	0,64
S <sub>9</sub>	2,03	1,35	476,8	1,91	1,178	0,59
S <sub>10</sub>	2,4	1,6	159,19	0,635	0,643	0,32

Ca paramètre n'a pas été dosés au niveau de la station 8 car c'est une zone rocheuse. Les taux enregistrés pourraient être, à la limite, rencontrés dans un port commercial (activité

industrielle). Cependant, si on prend en considération les indices de contamination (appart celui de la station 4 en mercure) qui sont inférieurs à 3, les sédiments pourraient être immergés, mais pour des raisons méconnues, ils ont été déposés sur les plages Est et Ouest.

#### IV.2.7. Résultats de l'analyse granulométrique

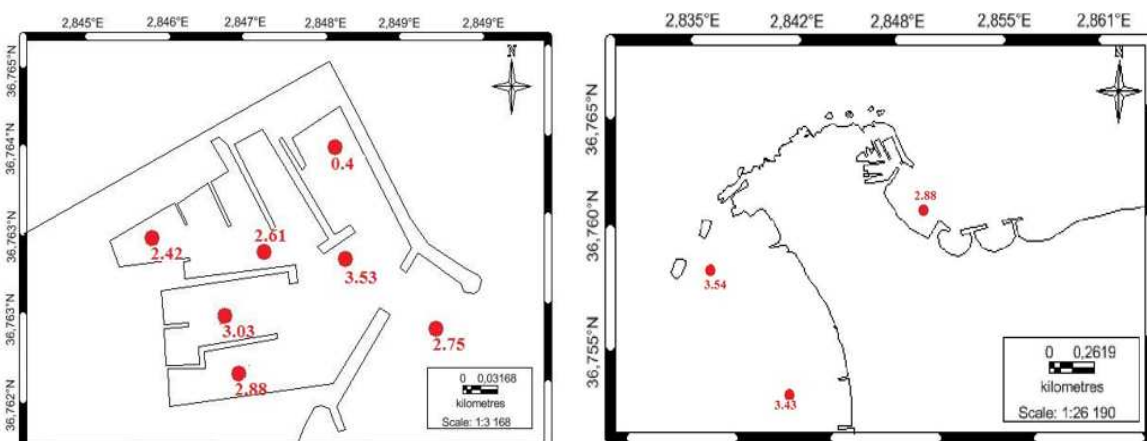
L'analyse granulométrique réalisée sur 9 stations est conclue par la construction de courbes cumulatives et d'histogrammes unimodales (voir annexe). L'examen de ces courbes permet de déterminer à titre indicatif les quartiles qui permettent à leur tour de calculer les indices granulométriques qui nous renseigneront sur la distribution des sédiments, les résultats sont résumés dans le tableau ci-après :

**Tableau IV.5:** Résultats du calcul des quartiles et de certains indices granulométriques.

	$\varphi_{25}$	$\varphi_{50}$	$\varphi_{75}$	M	DFI	SKI
S0	0,4	1,16	2,58	1,25	1,451	0,134
S1	2,88	2,55	2,13	2,47	-1,026	0,259
S2	3,03	2,68	2,43	2,81	-0,593	-0,167
S3	2,42	1,15	0,15	1,13	-1,388	-0,001
S4	2,61	1	0,18	1,38	-1,457	-0,311
S5	3,53	2,8	1,95	2,47	-1,344	0,326
S6	2,75	2,6	2,48	2,70	-0,345	-0,492
S7	2,88	2,7	2,53	2,76	-0,478	-0,039
S8	3,54	3,48	2,82	3,27	-0,464	0,545
S9	3,43	2,93	2,71	3,04	-0,396	-0,289

Dans l'ensemble, le sédiment est quasi symétrique et très bien trié à l'écart du sédiment de la station 0 qui est peu trié.

a). **Le 1<sup>er</sup> quartile** : les valeurs du  $\varphi_{25}$  varient entre un minimum de 0,4 au niveau de la station 0 et un maximum de 3,54 au niveau de la station 8 avec une moyenne de 2,74.



**Figure IV.23:** Distribution du  $\varphi_{25}$  dans le port et ses alentours.

b). **Le 2<sup>ème</sup> quartile** : les valeurs de  $\varphi_{50}$  varient entre 1 au niveau de la station 4 et 3,48 au niveau de la station 8 avec une moyenne de 2,30.

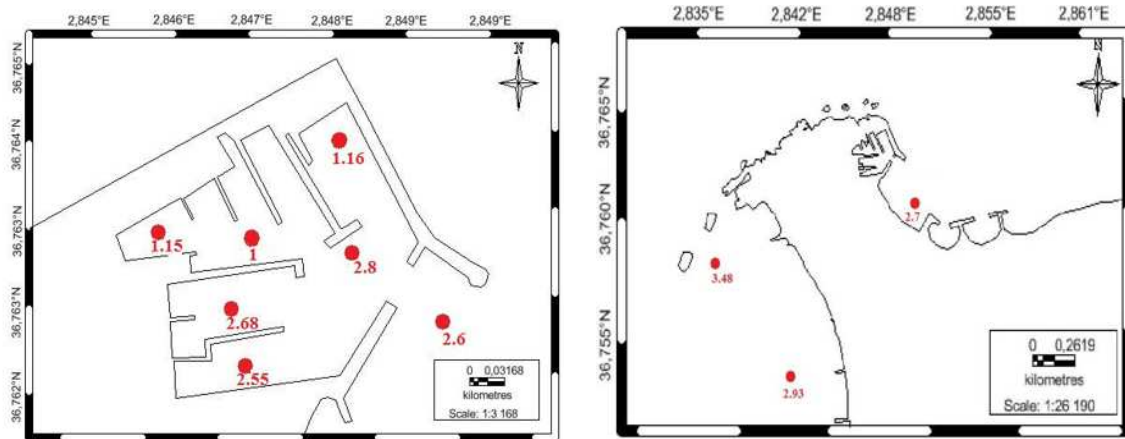


Figure IV.24: Distribution du  $\varphi_{50}$  dans le port et ses alentours.

c). **Le 3<sup>ème</sup> quartile** : les valeurs de  $\varphi_{75}$  varient entre 0,15 (station3) et 2,82 (station 8) avec une moyenne de 1,99.

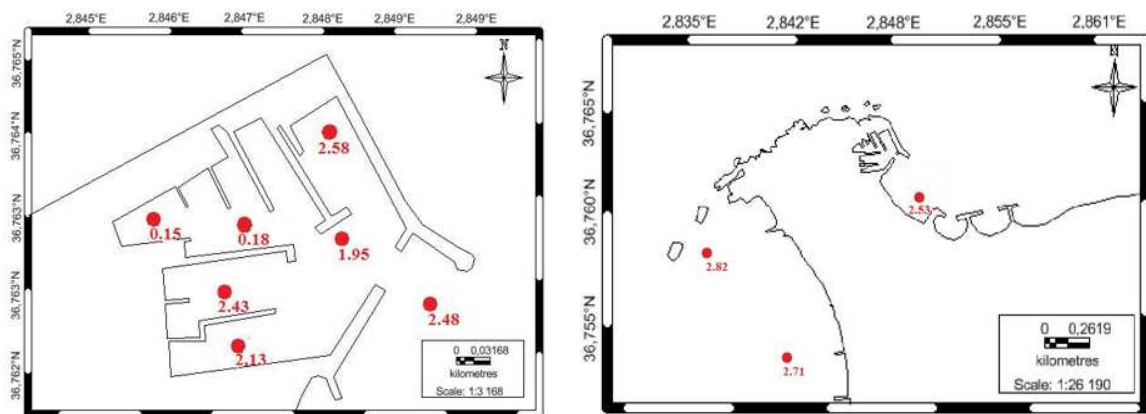


Figure IV.25: Distribution du  $\varphi_{75}$  dans le port et ses alentours.

**d). La taille moyenne (M)**

Les résultats sont exprimés en mm suivant la classification de **Weydert (1973)**.

**Tableau IV.6:** Variation de la taille moyenne en fonction des stations.

Stations	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
M (mm)	0,42	0,18	0,14	0,45	0,38	0,18	0,15	0,147	0,1	0,12
<b>Classes</b>	sable moyen	sable fin	sable fin	sable moyen	sable moyen	sable fin	sable fin	sable fin	sable très fin	sable très fin

Il semblerait que le sédiment soit en somme, un sable fin, ce qui faciliterait sa remise en suspension et son transport par les courants marins, cela concorderait avec le résultats obtenus des matière en suspension qui dépasse les 155 mg/l en moyenne.

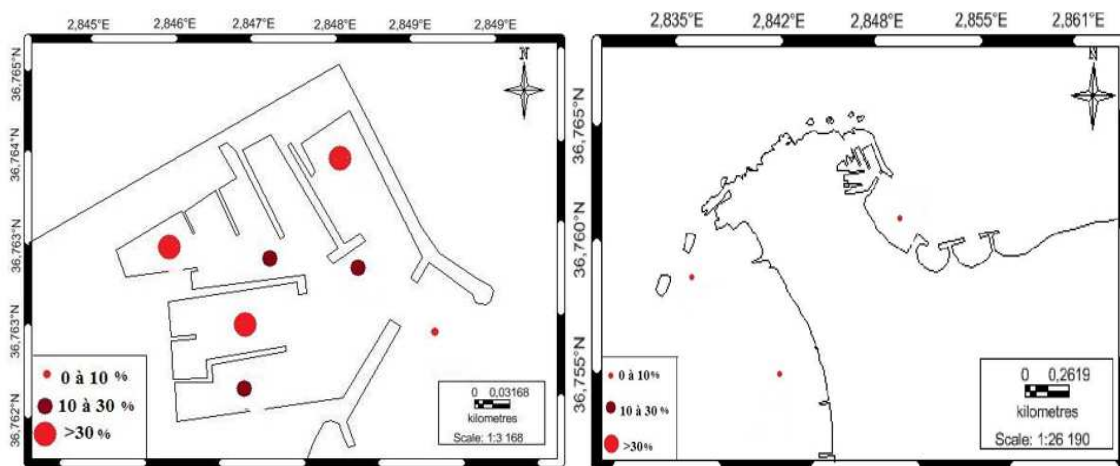
**e). Le taux des Pelites**

C'est la fraction la plus fine du sédiment. Le pourcentage des Pelites varie entre 1.28% (station 7, plage Est) et 46.61 % (station3, port). On notera que le taux de Pelites est faible à l'extérieur du port, cela pourrait être expliqué par un fort gradient de courant qui transporte une grande quantité de particules fines. En revanche à l'intérieur du port, lieu où le gradient de courant est faible, on remarque un taux élevé dépassant les 46% au niveau de la station 3.

**Tableau IV.7:** Taux des Pelites dans les différentes stations.

Stations	Taux des Pelites (%)	Stations	Taux des Pelites (%)
S0	43.29	S5	25.11
S1	22.35	S6	1.62
S2	34.52	S7	1.28
S3	46.61	S8	2.01
S4	16.36	S9	2.21

Comme le montre bien ce tableau, le taux des Pelites de la station 6 n'est qu'à 1,62%, cela s'expliquerait très bien par le dragage effectué en Janvier 2013.



**Figure IV.26:** Distribution des Pelites dans le port et ses alentours.

Si on considère à présent le pourcentage des fines à l'intérieur du port uniquement, qui serait égal à 31,37%, cela reviendrait à dire que sur les 20000 m<sup>3</sup> de sédiment dragué, près de 6274 m<sup>3</sup> serait mis en suspension. Sachant que le déversement des produits de dragage

s'effectue sur un laps de temps élargit, cette fraction de fines n'aurait pas posé de problème de turbidité sur le milieu récepteur.

### IV.3. Etudes comparatives

#### IV.3.1. Comparaison des paramètres physico-chimiques avec des études antérieures

Le tableau suivant représente les moyennes des paramètres physicochimiques mesurées au niveau du port de Sidi Fredj par différents auteurs.

**Tableau IV.8:** Comparaison des paramètres physicochimiques des eaux du port de Sidi Fredj avec des études antérieures.

Références\Paramètres	T (°C)	OD (mg/l)	MES (mg/l)	pH	S (PSU)
<b>OUKAZI (1992)</b>	24.58	8.08	16.24	8.10	35.46
<b>AMRANI-FERHAT (1994)</b>	25.73	8.26	25.54	7.78	36.18
<b>BOUAZIZ-DJERRAI (2010)</b>	18.1	5.38	232.06	8.05	36.34
<b>Présente étude (2013)</b>	<b>16.95</b>	<b>5.45</b>	<b>153.21</b>	<b>8.17</b>	<b>35.07</b>

On remarque une grande variation des températures moyennes, mais toutefois elles restent inférieures aux normes algériennes et européennes (<30°C). Cette variation est due essentiellement aux différentes périodes d'étude. Du mois de Juillet à Septembre pour OUKAZI, Juin pour AMRANI-FERHAT, de Mars à Mai pour BOUAZIZ-DJERRAI et le mois d'Avril pour la présente étude. Ces fluctuations sont donc des variations saisonnières.

En revanche, le taux moyen de l'oxygène dissout enregistré dans la présente étude est inférieur aux taux des autres études précédentes et ceci malgré les faibles températures relevées, sachant que ces deux paramètres évoluent de façon inversement proportionnelle. Cette anomalie est peut être due à la sous saturation et l'anoxie des eaux du port de Sidi Fredj.

Pour ce qui concerne les MES, la valeur moyenne enregistrée dans cette étude est nettement plus élevée par rapport aux études de 1992 et 1994, mais elle est beaucoup plus inférieure que la valeur trouvée en 2010. Cela pourrait être expliqué par la diminution de la turbidité après le dragage qui a été effectué en Janvier. La turbidité est devenue moins importante par rapport à l'année 2010, mais elle reste toujours élevée par rapport aux autres études.

Quant aux pH et la salinité peu de variations sont notées.

#### IV.3.2. Comparaison des taux de certains sels nutritifs avec des études antérieures

Le tableau ci-dessous représente les moyennes de différentes formes de sels nutritifs mesurées au niveau du port de Sidi Fredj et du port d'Alger.

**Tableau IV.9:** Comparaison des concentrations en sels nutritifs.

Paramètres	Port de Sidi Fredj	Port de Sidi Fredj	Port de Sidi Fredj	Port d'Alger
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (μmol/l)	0.39	0.22	0.3	1.29
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (μmol/l)	1.26	0.5	2.87	2.46
Références	AMRANI-FERHAT (1994)	BOUAZIZ-DJERRAH (2010)	Présente étude (2013)	BACHOUCHE (2010)

Les résultats des précédentes bibliographies fluctuent de façon importante au cours du temps. Par ailleurs, les concentrations obtenues en phosphates dans la présente étude sont plus élevées que celles du port d'Alger qui a une activité importante.

### IV.3.3. Etude comparative des paramètres bactériologiques des eaux du port de Sidi Fredj avec les données antérieures

Le tableau suivant représente les moyennes des paramètres bactériologiques mesurées au niveau du port de Sidi Fredj par différents auteurs.

**Tableau IV.10:** Tableau comparatif de la concentration moyenne de la colimétrie du port.

Référence	Nb CT moyen/100ml	Nb CF moyen/100ml	Nb de SF moyen/100ml	Période de prélèvement	CF/SF
LAABABSA (1991)	129 693	129 693	64 870	Hiver	1.99
OUKAZI (1992)	6 985 250	6 385 250	1 263 575	Eté	5.05
BOUAZIZ-DJERRAI (2010)	747,5	29	150,5	Printemps	0.19
Nôtre étude (2013)	<b>2770</b>	<b>651.5</b>	<b>84.33</b>	Printemps	<b>7.72</b>

Bien qu'il soit très difficile de faire une comparaison entre les résultats de colimétrie obtenus en différentes périodes de l'année, les taux relevés fluctuent de façon importante. Il semblerait donc que la période de prélèvement joue un rôle prépondérant dans le dénombrement des germes. En d'autres termes, le climat (la température, la pluviométrie...) influe sur la prolifération microbienne.

D'après la bibliographie, lorsque le rapport coliformes fécaux/ streptocoques fécaux > 4, la pollution serait essentiellement d'origine humaine (égout urbain) (Rodier, 1984). Ce rapport est vérifié pour le port de Sidi Fredj, les fluctuations de cette pollution microbienne sont influencées également par des facteurs physico-chimiques tels que : la pression, la salinité et le pH.

---

# *Conclusion*

---

## Conclusion

Le port de plaisance de Sidi Fredj est suréquipé dans la région algéroise. L'importance de sa flotte nécessite une extension ou une création de nouveaux bassins.

Toutefois, le transit sédimentaire littoral provoque un ensablement non négligeable à l'entrée du port ce qui nécessite un dragage régulier.

Cette étude a pour objectif d'évaluer la qualité des sédiments de dragage du port de Sidi Fredj afin d'apprécier le risque potentiel que peut présenter leur immersion après dragage.

Les résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques obtenus sont comparés aux normes algériennes exigées pour les eaux de baignade. Cette comparaison n'est qu'indicative dans la mesure où les eaux portuaires n'ont pas vocation à être utilisées pour la baignade, mais elle permet de situer globalement la qualité des eaux portuaires.

Les analyses bactériologiques portées sur les germes microbiens dits « témoins de contamination fécale » dans les eaux et les oursins font ressortir que les concentrations bactériennes décroissent au fur et à mesure qu'on s'éloigne du bassin I (égout).

En outre, la présence de germes potentiellement pathogènes comme *Aeromonas hydrophila*, *Salmonella enteritidis* et *Salmonella spp* dans les eaux de surface les rend insalubres. Le déversement des eaux usées et l'ensablement au niveau de la passe d'entrée sont les deux paramètres majeurs de cette pollution.

En ce qui concerne les sédiments, bien que les concentrations en CT et CF soient faibles voire nulles dans certaines stations, ils présentent de fortes concentrations en streptocoques fécaux et anaérobies sulfitoréducteurs.

Quant aux oursins, ils ont été utilisés comme indicateurs de pollution. Les concentrations en microorganismes pathogènes sont élevées.

Néanmoins, les paramètres physicochimiques des eaux de surface restent inférieurs aux normes algériennes à l'exception des matières en suspension. En effet, ces teneurs élevées (153,21 mg/l) sont dues essentiellement à la nature du fond (sable fin), à la faible profondeur des bassins et aussi à l'agitation causée par le trafic portuaire qui favorise la remise en suspension des sédiments.

Par ailleurs, les faibles concentrations de l'oxygène dissout (5,45 mg/l) à l'intérieur du port montrent que les eaux des bassins ne sont pas suffisamment aérées. Cela est peut être dû à la forte charge en matière en suspension, à la morphologie du port (semi fermé) et au faible hydrodynamisme.

Les indices de contamination en métaux lourds analysés (Hg, Pb et Cd) dans les sédiments sont inférieurs aux normes algériennes en vigueur, cependant les concentrations du mercure et du plomb restent anormalement élevées.

Les concentrations en hydrocarbures aromatiques polycycliques allant jusqu'à 10,95µg/g de sédiment sont enregistrées au niveau du bassin I (l'égout) et le bassin de la station d'essence.

Une évaluation globale du degré de pollution du port nécessite un échantillonnage représentatif couvrant toute la zone et à différentes périodes de l'année.

En perspectives, il serait intéressant d'inclure d'autres paramètres de pollution, notamment la recherche des parasites comme *Cryptosporidium spp* et le benthos tels que *Capitella capitata* et *Cardium exigum* et le dosage des hydrocarbures dans l'eau et les organismes marins.

L'évaluation nécessitera également l'analyse des autres métaux tels que le zinc, le cuivre, l'étain qui constituent une source de pollution non négligeable en provenance des équipements des bateaux.

En somme, les sédiments du port de Sidi Fredj présentent une pollution microbienne principalement d'origine humaine, cependant les indices de contamination en métaux lourds et le pourcentage des Pelites nous pousseraient à dire que ces matériaux auraient pu être immergés.

---

*Références  
bibliographiques*

---

## Références bibliographiques

**A.F.N.O.R., 1994.** Qualité des sols. Recueil des normes françaises. AFNOR. 1994, 250p.

**Alzieu C., Abarnou A., Boutuer B., 1999.** Dragage et environnement marin : Etat des connaissances. Plousane. *Ed. Ifremer*, 223p.

**Aminot A., Chaussepied M., 1983.** Manuel des analyses chimique en milieu marin. *Ed. CNEXO*, 395p.

**Aminot A., Kérouel R., 2004.** Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. *Ed. Ifremer*, 336p.

**Amrani S., Ferhat R.A., 1994.** Etude des caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques de l'eau dans un port de plaisance (Sidi Fredj).Mémoire d'études universitaires appliquées. ISMAL, 78p.

**Bachouche S., 2010.** Les ports de Bouharoun et d'Alger : Etude des paramètres granulométrique, biologique et de pollution dans les sédiments et l'eau en vue d'une opération de dragage. *Thèse de magister aménagement du littoral*. ENSSMAL, 126p.

**Belabdi K., Ounnas A.A., 2011.** Etude des courants côtiers observés sur les petits fonds de la plage de Sidi Fredj : application pour la protection de la plage de Sidi Fredj. Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral. ENSSMAL, 38p.

**Belkessa R., 2005.** Les ports algériens : ensablement, pollution et dragage des sédiments. *Thèse de Doctorat*. Université de Constantine, 412p.

**Bellahsene Y., 2002.** Le port de Sidi Fredj : dragage et site de dépôt des matériaux. Mémoire d'études universitaires appliquées. ENSSMAL, 52p.

**Beraud J., 2004.** Le technicien d'analyses biologiques. *Ed. Lavoisier, Paris*, 2081p.

**Boulahdid M., 1987.** Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Etude du mélange des masses d'eaux et de l'oxygénation de la matière organique dans l'océan. *Thèse de doctorat*. Université de Paris V1, France, 226p.

**Boutin R., 2000.** Dragage et Rejets en Mer, les produits de type vase. Presse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, ISBN 2-85978-336-9 (Paris), 307p.

**Casas S., 2005.** Modélisation de la bioaccumulation de métaux traces (Hg, Cd, Pb, Cu et Zn) chez la moule, *mytilus galloprovincialis*, en milieu méditerranéen. Thèse de doctorat en océanologie biologique, environnement marin. Université du Sud Toulon, France, 363p.

**Caulet J., 1972.** Les sédiments organogènes du précontinent algérien. Mémoire du muséum national d'histoires naturelles, nouvelle série, 289p.

**Chafon J., 1984.** Travaux maritimes (Tome 1). Cinquième édition : mise à jour. *Ed. Eyrolles* (Paris), 367p.

- D.T.P., 2009.** Etude de désensablement du port de plaisance de Sidi Fredj : collecte et analyse des données de base, annexe 1, *Tome 1*.
- D.T.P., 2009.** Etude de désensablement du port de plaisance de Sidi Fredj : collecte et analyse des données de base, annexe 1, *Tome 2*.
- D.T.P., 2010.** Etude de protection du rivage du site du club des pins, avant projet sommaire, 97p.
- D.T.P., 2012.** Etude d'impact sur l'environnement de l'opération de dragage du : port d'El Djamila- port de Sidi Fredj- port de palm Beach (résidence d'état).
- Djerad C., 2010.** Evaluation de l'état de la pollution par les sels nutritifs et les métaux lourds dans l'eau et le sédiment superficiel de la baie de Bou-Ismaïl, Mémoire d'ingénieur d'état en environnement. ENSSMAL. 82p.
- Emmanuel E., 2003.** Evaluation des risques sanitaires et ecotoxicologiques liés aux effluents hospitaliers. *Thèse de doctorat*. N° d'ordre : 04 ISAL 004.L.S.E.ENTPE ; LAEPSI INSA de Lyon, 260p.
- Fattal P., 2008.** Pollution des côtes par les hydrocarbures. *Ed. Presse Universitaire de Rennes (PUR)*, collection Espace et Territoire, ISBN 9782753505667, 400p.
- Folk R.L., Ward W.C., 1957.** Brazos river bar: a study of significance of grain size parameters. *J. Sediment. Petrol.* 27, p3-26.
- Gaujous D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. *Ed. Tec et Doc.*, 220p.
- Gerard B., 1999.** Le littoral : problèmes et pratiques de l'aménagement. *Ed. BRGM*, 351p.
- Grosdemange D., 2005.** Guide pour la gestion des opérations de dragage. *Version 1*, 82p.
- Ifremer, 2003.** Rejet de dragages : analyse des textes réglementaires. [www.ifremer.fr](http://www.ifremer.fr), dossier : « Dragage et environnement marin ». Coordonnateur : Claude Alzieu.
- Institut Pasteur, 1978.** Milieux et réactifs de laboratoire pasteur. *Ed. PUBLIFAB (Paris)*, 573p.
- Kassar A., 2011.** Suivi de la chlorophylle et du phytoplancton dans les zones côtières algéroises : Apport des mesures satellitaires à leur modélisation, Thèse de magister en gestion et surveillance de l'environnement marin et littoral. ENSSMAL.
- Kennich M.J., 2001.** Practical Handbook of Marine Sciences, 3<sup>rd</sup> Ed. CRC Press, Boca Raton, 896p.
- Krumbien W.C., 1957.** Size frequency distribution of sediments. *J. Sediment. Petrol.*, 4, p65-77.
- L.E.M., 1998.** Etude de délimitation d'une zone d'extraction de sable en baie d'Alger, 22p.

- L.E.M., 2005.** Laboratoire d'Etude Maritime. Dragage et aménagement du port de Bouharoun, 20p.
- Lacaze J C., 1980.** La pollution pétrolière en milieu marin. *Ed. Masson*, Paris, 118p.
- Larid M., 1992.** Cours d'aménagement du littoral. Alger. I.S.M.A.L, 159p.
- Leclaire L., 1972.** La sédimentologie holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléare (Précontinent algérien). Mémoire du muséum national d'histoires naturelles, nouvelle série. Tome XXIV. *Ed. Du muséum*, 319p.
- Lourguioui H., 2006.** Etude hydrologique du barrage de Boukoudoume (wilaya de Tipaza). *Mémo Magistère en Aquaculture*. ENSSMAL, 84P.
- Marot F., 1998.** Caractérisation et traitement de sédiment de dragage contenant des polluants métalliques. *Ed. BRGM*, 330p.
- Moulin J., Clause R., 1978.** Météo- Vent- Nuage- Températures. Edition maritime d'autre mer, 150p.
- Mullin J.B., Riley J.P., 1955.** The spectrophotometric determination of silicate-silicon natural waters with special reference to sea water. *Anal. Chim. Acta*, 12, pp 162-170.
- O.N.M., 2003.** Office National de la Météorologie. Relevé météorologique 1993-2004.
- O.M.S., 1995.** Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtière à usage récréatif et des zones conchylicoles. Paris V. contrôle de qualité. V67.
- Oukazi H., 1993.** Le port de plaisance de Sidi Fredj. Approche critique à travers son fonctionnement et son impact sur l'environnement immédiat. Mémoire d'ingénieur d'état. ISMAL, 231p.
- Paskoff R., 1993.** Les littoraux : impact des aménagements sur leur évolution. *Ed. MASSON*, 256p.
- Raimbault P., Neveux J., Lantoine F., 2004.** Dosage rapide de la chlorophylle *a* et des phaeopigments *a* par fluorimétrie après extraction au méthanol. Comparaison avec la méthode classique d'extraction à l'acétone. *Oceanis*, 30(2) : p189-205.
- Ramade F., 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Edition, Ediscience International, France, 690p.
- Rivière A., 1977.** Méthode granulométrique, technique et interprétation. Technique et méthode de sédimentologie. *Ed. MASSON (Paris)*, 170p.
- Rodier J., 1997.** L'analyse de l'eau : (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer). 8<sup>ème</sup> Edition Dunod, Paris, pp 385-401.
- Rodier J., Bzin C., Broutin J.P., Chmbon P., Champsaur H., et Rodi L., 2005.** L'analyse de l'eau : eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer. *Ed. DUNOD*, 1383p.

**Sadaoui M., Chabi A., 2011.** Diagnostic et paramètres environnementaux du littoral Ouest de Sidi Fredj. Mémoire d'ingénieur d'état en environnement. ENSSMAL, 86p.

**Singleton P., Sainsbury D., 1984.** Bactériologie. *Ed. Masson*, 158p.

**Tazi C., Touahir N., 2011.** Détermination de l'influence des rejets des eaux usées brutes sur la qualité bactériologique et physicochimique des eaux de mer. Cas d'El KATTER (à proximité du port de Cherchell, wilaya de TIPAZA). Mémoire d'ingénieur d'état en environnement. ENSSMAL, 76p.

**Walker C.H., Hopkin S.P., Sibly R.M., and Peakal D.B., 2001.** Principles of Ecotoxicologie. 2<sup>nd</sup> Ed. London: *Taylor and Francis*, ISBN 0-7484-093964, 326p.

**Weydert P., 1973.** Morphologie et sédimentologie de la partie méridionale du Grand Récif de Tuléar (Madagascar). Les ensembles sédimentaires de la pente interne. *Théthys*, suppl.5, p133-156.

**Wood E.P.K, Amstrong F.A.J et Richard F.A., 1967.** Determination of nitrate in sea water by cadmium-cooper reduction to nitrite. *J. Mar. Biol. Assc. UK* : 47, 23-31.

---

# ***ANNEXES***

---

# ANNEXE I

## Dosage des sels nutritifs

### Dosage des nitrates et nitrites :

#### 1-Réactifs :

##### 1-1 Réactif 1 : solution de Sulfanilamine

Pour préparer 500ml de réactif :

- diluer 50ml d'acide chlorhydrique concentré ( $d=1.18$ ) dans environ 300ml d'eau distillée ou déminéralisée.
- dissoudre 5g de Sulfanilamide dans cette solution et compléter à 500ml.

Cette solution est stable indéfiniment.

##### 1-2 Réactif 2 : Solution de N-naphtylenediamine :

- Dans 500 ml d'eau distillée, dissoudre 0.5g de dichlorhydrate de N-(1-naphtyl)-éthylenediamine.
- conserver cette solution au froid et à l'abri de la lumière.

##### 1-3 Solution étalon primaire de nitrite :

- Sécher à 110 °C pendant plusieurs heures du nitrite de sodium anhydre  $\text{NaNO}_2$  de pureté garantie. Grasshoff (1976) recommande de ne pas utiliser de produit trop ancien.
- Dissoudre 0.345g dans l'eau distillée, compléter à 100ml et ajouter 1ml de chloroforme. Transférer la solution dans un flacon en verre brun. 1ml contient 5  $\mu\text{mol}$  de  $\text{N-NO}_2^-$ .

Conserver au froid et à l'abri de la lumière. Cette solution est stable de 1 à 2 mois.

##### 1-4 Solution étalon secondaire de nitrite:

- Diluer 100 fois la solution étalon primaire pour obtenir la solution secondaire : 1ml contient 0.05 $\mu\text{mol}$  de  $\text{N-NO}_2^-$ .

Cette solution doit être préparée extemporanément : elle ne se conserve que quelques heures.

##### 1-5 Solution étalon primaire de nitrate:

Même solution que pour l'analyse des ions nitrites.

##### 1-6 Solution étalon secondaire de nitrate:

- Dissoudre 0.506g de nitrate de potassium anhydre dans 1l d'eau distillée, ajouter 1ml de chloroforme : 1ml contient 5 $\mu\text{mol}$  de  $\text{N-NO}_3^-$

La solution est stable plusieurs mois si elle est conservée au froid et à l'abri de la lumière.

##### 1-7 Solution concentrée de chlorure d'ammonium:

- Préparer une solution à 250g de chlorure d'ammonium  $\text{NH}_4\text{Cl}$  par litre dans l'eau distillée.

##### 1-8 Solution diluée de chlorure d'ammonium:

- Diluer 40fois la solution précédente avec de l'eau distillée (25ml pour 1l de solution).

##### 1-9 Solution de sulfate de cuivre:

- Dans 500ml d'eau distillée, dissoudre 10g de sulfate de cuivre pentahydraté ( $\text{CuSO}_4, 5\text{H}_2\text{O}$ ).

##### 1-10 Colonne réductrice :

De cette colonne dépend la validité des résultats, aussi doit-elle être préparée et entretenue avec le plus grand soin.

Préparation du cadmium :

- Tamiser du cadmium en grains pour en garder la fraction comprise entre 0.5 et 2mm.
- Laver environ 50g de grains à l'acide chlorhydrique 2mol/l puis rincer à l'eau distillée.
- Laver rapidement par l'acide nitrique 0.3mol/l puis rincer à l'eau distillée.
- Rincer le cadmium avec du Diethyl-Ether ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$ ).
- Laver à nouveau par l'acide chlorhydrique 2mol/l pour chasser les ions  $\text{NO}_3^-$  et rincer abondamment à l'eau distillée.

- Traiter alors le cadmium par 100 à 150ml de solution de sulfate de cuivre : dans un erlenmeyer agiter le cadmium avec cette solution et laisser en contact pendant plusieurs minutes ; la solution se décolore.
- Laver ensuite abondamment à l'eau distillée, par débordement de l'erlenmeyer pour ne jamais mettre en contact le cadmium traité avec l'air, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de fines particules en suspension.
- Ajouter du chlorure d'ammonium  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dilué.

## 2-Procédure :

### Solution tampon :

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

### Réactif colorant :

Diluer l'acide o-phosphorique dans  $\pm 750\text{ml}$  d'eau distillée. Ajouter le sulfanilamine et le  $\alpha$ -Naphthyléthylène diamine dihydrochloride et dissoudre. Ajouter à un litre avec de l'eau distillée et mélanger.

### Solutions étalons :

1- Dissoudre le nitrate de sodium dans  $\pm 800\text{ml}$  l'eau distillée et mélanger.

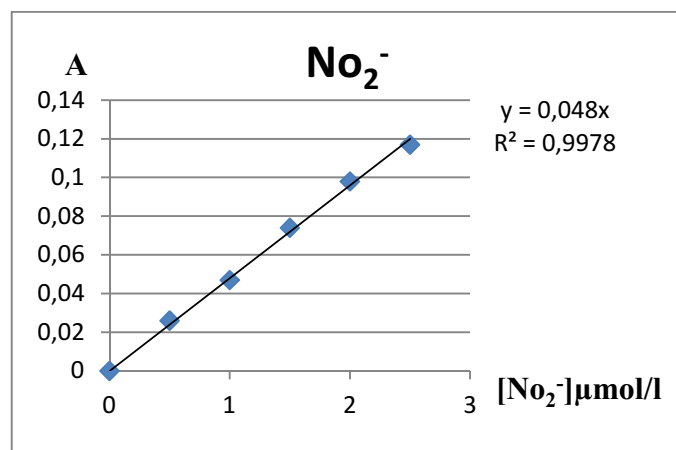


Figure AI.1 : Courbe d'étalonnage des nitrites.

## Dosage des silicates

### 1-Réactifs :

#### 1-1 Réactif 1 : Réactif au molybdate :

Pour 500ml de réactif :

- Dissoudre 4g de paramolybdate d'ammonium  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$  en poudre fine dans environ 300ml d'eau distillée ;
- Ajouter 12ml d'acide chlorhydrique concentré ( $d=1.18$ ), mélanger et compléter à 500ml avec de l'eau distillée.

Cette solution, conservée en flacon de polyéthylène et à l'abri de la lumière, reste stable plusieurs mois, malgré le dépôt qui se forme à la longue sur les parois.

#### 1-2 Solution de métol-sulfite :

Dans 500ml d'eau distillée :

- Dissoudre 6g de sulfite de sodium anhydre,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  ;
- Ajouter 10g de métol (sulfate de p-méthylaminophénol,  $\text{C}_{14}\text{H}_{20}\text{N}_2\text{O}_6\text{S}$ ) ;
- Filtrer la solution sur papier filtre ordinaire et conserver dans une bouteille en polyéthylène bien hermétique.

Cette solution se détériore rapidement et doit être renouvelée toutes les deux à trois semaines ou si elle prend une couleur sombre.

#### 1-4 Solution saturée d'acide oxalique :

- Agiter 50g d'acide oxalique « pour analyse »,  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ ,  $2\text{H}_2\text{O}$ , avec 500ml d'eau distillée. Laisser décanter et prendre le surnageant. Cette solution est stable indéfiniment.

#### 1-5 Solution d'acide sulfurique à 50% en volume :

- Ajouter, avec précaution et en mélangeant au fur et à mesure, 250ml d'acide sulfurique concentré ( $d=1.84$ ) de qualité « pour analyse » à 250ml d'eau distillée.

### 1-6 Réactif 2 : Reducteur :

Ce réactif est obtenu en mélangeant successivement les réactifs ci-dessus dans l'ordre et les proportions suivantes :

- 100ml de solution de métol-sulfite ;
- 60ml de solution d'acide oxalique ;
- 60ml d'acide sulfurique à 50% ;
- Compléter avec de l'eau distillée pour obtenir 300ml de solution. Cette solution doit être préparée juste avant utilisation et ne se conserve pas.

### Procédure :

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

Dissoudre le molybdate d'ammonium dans  $\pm 800$ ml d'eau distillée. Ajouter à un litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Dissoudre l'acide oxalique dans  $\pm 800$ ml d'eau distillée. Ajouter à un litre avec l'eau distillée puis mélanger.

### Solution mère :

Dissoudre le métasilicate de sodium dans  $\pm 800$  ml d'eau distillée. Ajouter à un litre avec de l'eau distillée et mélanger.

### Solution fille :

Diluer 10ml de la solution mère à 100 ppm si dans 100ml d'eau distillée. Préparer les standards chaque jour.

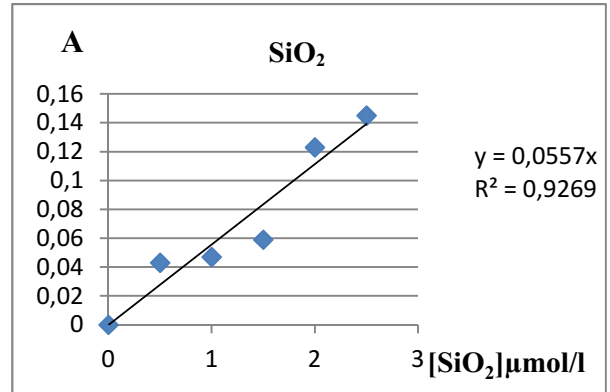


Figure AI.2 : Courbe d'étalonnage des silicates.

## Dosage des phosphates

### 1-Réactifs :

#### 1-1 Solution de molybdate d'ammonium

Dissoudre 15g de paramolybdate d'ammonium « pour analyse »  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , de préférence en poudre fine, dans 500ml d'eau distillée ou déminéralisée.

En flacon de plastique et à l'abri de la lumière, cette solution est stable indéfiniment.

#### 1-2 Acide sulfurique 2.5mol/l

Ajouter petit à petit, avec précaution, 140ml d'acide sulfurique (densité=1.84) « pour analyse » dans 900ml d'eau distillée. Laisser refroidir et conserver en bouteille de verre bouchée.

#### 1-2 Solution d'acide ascorbique

Dissoudre 54g d'acide ascorbique ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ) dans 500ml d'eau distillée.

En flacon de plastique, cette solution se conserve plusieurs mois au congélateur : décongeler juste avant utilisation et recongeler aussitôt après. Au réfrigérateur, en flacon protégé de la lumière, on peut la conserver quelques semaines.

#### 1-3 Solution d'oxotartrate de potassium et d'antimoine

Dissoudre 0.34g d'oxotartrate de potassium et d'antimoine  $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ , dans 250ml d'eau distillée en chauffant si nécessaire, cette solution se conserve plusieurs mois au réfrigérateur.

#### 1-4 Mélange des réactifs

Mélanger les réactifs ci-dessus dans les proportions suivantes :

- 100ml de solution de molybdate d'ammonium ;

- 250ml d'acide sulfurique 2.5mol/l ;
- 100ml de solution d'acide ascorbique ;
- 50ml de solution d'oxytartrate de potassium et d'antimoine.

Ce mélange-réactifs qui se conserve pas plus de 6h doit être préparé immédiatement avant chaque série d'analyses. La quantité ainsi préparé permet l'analyse de 50 échantillons : ne pas conserver tout excès de réactifs inutilisé après 6h.

Noter que l'on peut préparer un mélange-réactif plus stable si l'on n'y introduit pas d'acide ascorbique : sa conservation est alors de plusieurs mois.

Toutefois le mélange complet doit être préparé au fur et à mesure des besoins en y ajoutant la solution d'acide ascorbique dans les proportions indiquées.

### 1-5 Solution étalon primaire de phosphate

Sécher à 100°C ou au dessiccateur, sur H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentré, du dihydrogénophosphate de potassium anhydre (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), de qualité « pour analyse ».

En dissoudre 0.6805g dans 1l d'eau distillée et ajouter 1ml de chloroforme :

1ml contient 5µmol de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>.

Cette solution est stable plusieurs mois au réfrigérateur.

### 1-6 Solution étalon secondaire de phosphate

Diluer 100 fois la solution étalon primaire : 10ml complétés à 1000ml avec de l'eau distillée.

Mettre dans un flacon brun avec 1ml de chloroforme : 1ml contient 0.05µmol de PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>.

Cette solution qui doit être placée au réfrigérateur se conserve vraisemblablement quelques semaines, mais, pour plus de sécurité, la renouveler tous les 10 jours environ.

## 2-Procédure :

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

Dissoudre l'acide ascorbique dans ± 800ml d'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

**Solution mère :** Dissoudre le dihydrogène o-phosphaté dans ± 800ml d'eau distillée. Ajouter à un litre avec de l'eau distillée et mélanger.

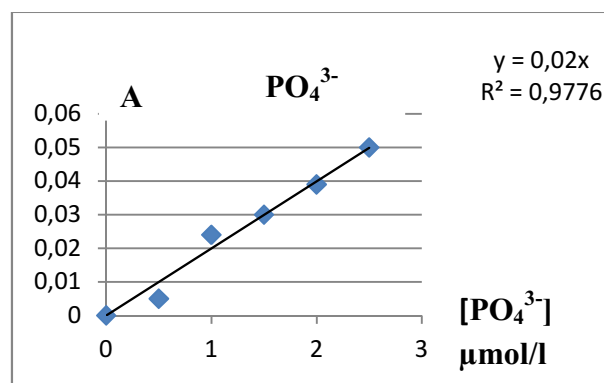


Figure A1.3 : Courbe d'étalonnage du phosphate

**Solution fille:** Diluer 10ml de la solution mère à 100ppm dans 100ml d'eau distillée.

## Dosage de l'ammonium

### 1-Réactifs

#### 1-1 Réactif 1 : Solution de phénol-nitroprussiate

Pour 1l de réactif: dissoudre 25g de phénol et 400mg de nitroprussiate de sodium (Na<sub>2</sub>Fe(CN)<sub>5</sub>NO,2H<sub>2</sub>O) dans de l'eau déminéralisée ou fraîchement distillée et compléter à 1000ml.

Ce réactif doit être conservé au réfrigérateur et à l'abri de la lumière : il n'est stable que quelques semaines et doit être renouvelé s'il prend une teinte verdâtre.

#### 1-2 Réactif 2 : Solution alcaline d'hypochlorite

Pour 1l de réactif :

- Dissoudre 280g de citrate trisodique »pour analyse « (Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub>,2H<sub>2</sub>O) et 22g de soude dans environ 800ml d'eau déminéralisée ou fraîchement distillée.

- Ajouter alors un volume de solution d'hypochlorite de sodium correspondant à 1.4g de chlore, soit 44ml d'une solution à 10 degrés chlorométriques ou 40ml d'une solution normale.
- Compléter à 1000ml.

On peut remplacer l'hypochlorite par du dichloroisocyanurate de potassium  $C_3Cl_2KN_3O_3$ . Il faut alors en ajouter 5g par litre de réactif.

Ce réactif est utilisable dans toute la gamme de salinité, mais de préférence au-dessus de 5‰ ; lorsque l'on n'analyse que des eaux de salinité inférieure à 5‰. la qualité de soude introduite dans le réactif doit être abaissée à 14g/l au lieu de 22g/l.

Ce réactif se conserve au froid pendant 1 à 2 mois.

## 2-Procédure:

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

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

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

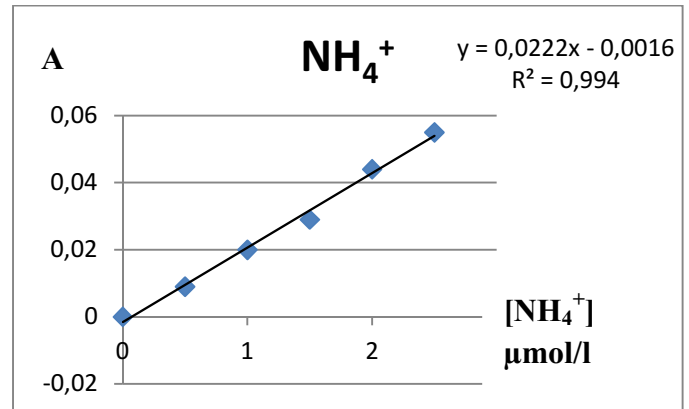


Figure AI.4 : Courbe d'étalonnage de l'ammonium.

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

### Solution mère :

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

### Solution fille :

Diluer 10ml de la solution mère à 100 ppm N dans 100ml d'eau distillée. Préparer les standards chaque jour.

### ❖ Courbe d'étalonnage de la chlorophylle a :

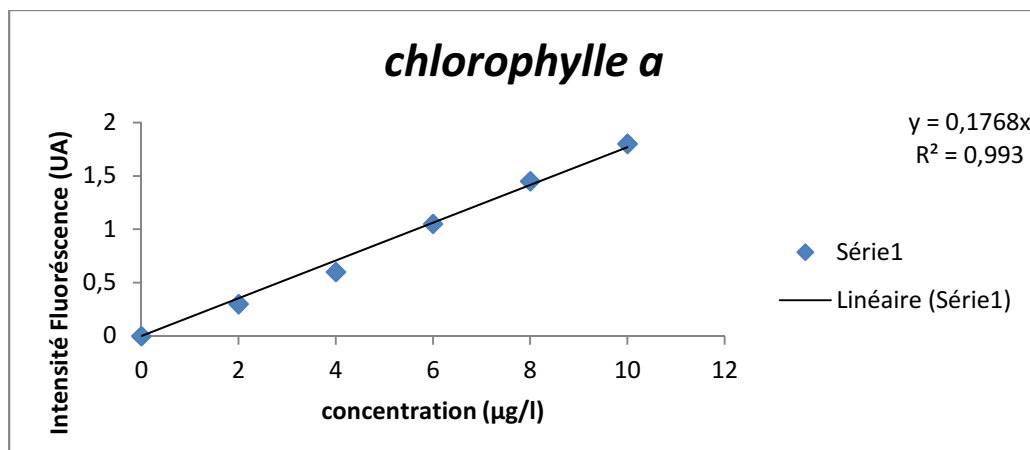


Figure AI.5 : Courbe d'étalonnage de la chlorophylle a.

## ANNEXE II

### Compositions des milieux de culture

**Tableau AII.1.** Gélose Chapman au mannitol :

Composants	Quantité (g/l)
Peptone bactériologique	10
Extrait de viande de bœuf	1
Chlorure de sodium	75
Mannitol	10
Rouge de phénol	0,025
Agar	15

pH : 7,5 (environ), autoclaver à 121°C pendant 15 mn environ.

**Tableau AII.2.** Milieu de Litsky :

Composants	Quantité (g/l)
Peptone	20
Glucose	5
Chlorure de sodium	5
Phosphate bipotassique	2,7
Phosphate monopotassique	2,7
Azothydrate de sodium	0,3
Ethyl-violet	0,0005

pH final= 6,8-7.

**Tableau AII.3.** Gélose à l'esculine :

Composants	Quantité (g/l)
Peptone	10
Citrate de fer ammoniacal	1
Esculine	1
Gélose	20

pH : 7,4 (environ)

**Tableau AII.4.** Milieu de Rothe :

Milieu double concentration (prêt à l'emploi) :

Composants	Quantité (g/l)
Peptone	40
Glucose	10
Chlorure de sodium	10
Phosphate bipotassique	5,4
Phosphate monopotassique	5,4
Azothydrate de sodium	0,4

pH final= 6,8-7.

**Tableau AII.5.** Gélose Salmonelle-Shigella (gélose S.S.) :

<b>Composants</b>	<b>Quantité (g/l)</b>
Peptone	5
Extrait de viande de bœuf	5
Sels biliaires	8,5
Citrate de sodium	10
Thiosulfate de sodium	8,5
Citrate de fer	1
Lactose	10
Rouge neutre	0,025
Vert brillant	0,00033
Agar	15

pH : 7,0 (environ).

**Tableau AII.6.** Gélose Hektoen :

<b>Composants</b>	<b>Quantité (g/l)</b>
Protéose peptone	12
Extrait de levure	3
Chlorure de sodium	5
Thiosulfate de sodium	5
Sels biliaires	9
Citrate de fer ammoniacal	1,5
Salicine	2
Lactose	12
Saccharose	12
Fuschine acide	0,1
Bleu de bromothymol	0,065
Agar	14

pH : 7,5 (environ)

**Tableau AII.7.** Milieu de Slanetz et Bartley (base déshydratée) :

<b>Composants</b>	<b>Quantité (g/l)</b>
Hydrolysats trypsique de caséine	20
Extrait de levure	5
Phosphate disodique	4
Azide de sodium	0,4
Chlorure de triphényltétrazolium (T.T.C.)	0,1
Glucose	2
Agar	10

pH= 7,2 (environ).

**Tableau AII.8.**Eau peptonée salée alcaline (EPA) :

<b>Composants</b>	<b>Quantité (g/l)</b>
Peptone	40
NaCl	60

pH : 8,6

Stérilisation à l'autoclave : 15 minutes à 121°C.

**Tableau AII.9.** Gélose lactosée au T.T.C. et tergitol 7 :

<b>Composants</b>	<b>Quantité (g/l)</b>
Peptone	10
Extrait de viande	5
Extrait de levure	6
Lactose	20
Bleu de bromothymol	0,05
Agar	14

pH final= 7,2.

**Tableau AII.10.** Gélose thiosulfate-citrate-sels biliaires-sucrose (TCBS) :

<b>Composants</b>	<b>Quantité (g/l)</b>
Peptone	10
Extrait de levure	5
Citrate de sodium	10
Thiosulfate de sodium	10
Chlorure de sodium	10
Bile de bœuf	8
Citrate ferrique	1
Saccharose	20
Bleu de bromothymol	0,4
Bleu de thymol	0,4
Agar	13,4

pH : 8,6.

**Tableau AII.11.** Milieu Endo

<b>Composition</b>	<b>Quantité (g/l)</b>
Peptone bactériologique	10
Phosphate de potassium	3,5
Sulfite de sodium	2,5
Lactose	10
Agar	10

pH = 7,5. Autoclaver à 121°C pendant 15 minutes.

**Tableau AII.12.** Bouillon lactosé bilié au vert brillant (BLBVB) :

<b>Composants</b>	<b>Quantité (g/l)</b>
Peptone	10
Lactose	10
Bile	20
Vert brillant	0,013

pH : 7,4. Autoclaver à 121°C pendant 15minutes.

**Tableau AII.13.** Bouillon lactosé au bromocrésol-pourpre (B.C.P.) :

Composants	Quantité (g/l)
Peptone	5
Extrait de viande	3
Lactose	5
Pourpre de bromocrésol	0,025

pH final= 6,9.

**Tableau AII.14.** Milieu de Baird Parker :

Composants	Quantité (g/L)
Hydrolysats tryptique de caséine	10
Extrait de viande de bœuf	5
Extrait de levure	1
Pyruvate de sodium	10
Chlorure de lithium	5
Glycocolle	12
Agar	20

pH : 6,8, autoclaver à 120 C° pendant 15minutes.

**Tableau AII.15.** Bile-Esculine-Azide (BEA) :

Composants	Quantité (g/l)
Tryptone	17
Peptone	3
Extrait de levure	5
Bile de boeuf déshydratée	10
Chlorure de sodium	5
Esculine	1
Citrate de fer et d'ammonium	0,5
Azoture de sodium ou Azide de sodium	0,15
Agar	15

pH : 7,1±0,2, Stérilisation à l'autoclave : 15 minutes à 120°C.

**Tableau AII.16.** Gélose viande-foie (milieu déshydraté) :

Composants	Quantité (g/l)
Base viande-foie	30
Glucose	2
Amidon	2
Agar	11

pH final= 7,6-7,8.

**Tableau AII.17.** Bouillon au sélénite de sodium (SFB) :

Composants	Quantité (g/l)
Peptone de viande	5
Lactose	4
Sélénite de sodium	4
Phosphate dipotassique	3,5
Phosphate monopotassique	6,5

pH : 7,0±0,2 à 25°C. Ne pas autoclaver.

**Tableau AII.18:** Nombre le plus probable (NPP) dans le cas du système à trois tubes (**Brisou et Denis.1980**)

**Table de Mc Grady**

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

### **Protocole de la coloration de Gram**

Un frottis est fixé à la chaleur et coloré pendant une minute avec une solution de violet de gentiane, le frottis coloré est rincé rapidement avec une solution iodo-iodurée de Lugol, et il y est maintenu pendant une minute. Le frottis est ensuite décoloré avec l'alcool à 95 % pendant quelques secondes jusqu'à élimination de l'excès du colorant puis rincé immédiatement avec l'eau du robinet. Le frottis est ensuite traité avec un colorant qui est une solution de Fushine, rincé rapidement au robinet et séché. Après ce traitement, les cellules Gram négatif apparaissent roses et les cellules Gram positif apparaissent sous une couleur violette (**Singleton et Sainsbury, 1984**).

### ❖ **Méthode d'Identification par galeries API**

- Préparation de la galerie
  - mettre de l'eau distillée sur le fond de la boîte (partie alvéolée), toutes les alvéoles doivent être remplies, éliminer l'excès d'eau en renversant la boîte au dessus de l'évier.
  - Placer la galerie sur le fond de la boîte elle doit être manipulée avec la pince.
  - Recouvrir la boîte avec son couvercle.
  - Inscrire nom, référence souche, date et température d'incubation sur la languette latérale de la boîte.
- Préparation de l'inoculum
 

Réalisez une suspension de la souche à étudier. La suspension doit avoir une densité suffisante
- Inoculation de la galerie
  - remplir les cupules de suspension en évitant les bulles d'air.

Mode de remplissage :

Cupule vide	Cupules simples ex : GEL  Remplir la partie inférieure	Cupules encadrées ex :  CIT  ;  VP   Remplir la cupule en entier	Cupules soulignées ex : <u>H<sub>2</sub>S</u>  Remplir la partie inférieure puis compléter avec de l'huile de vaseline
-------------	---	---	---

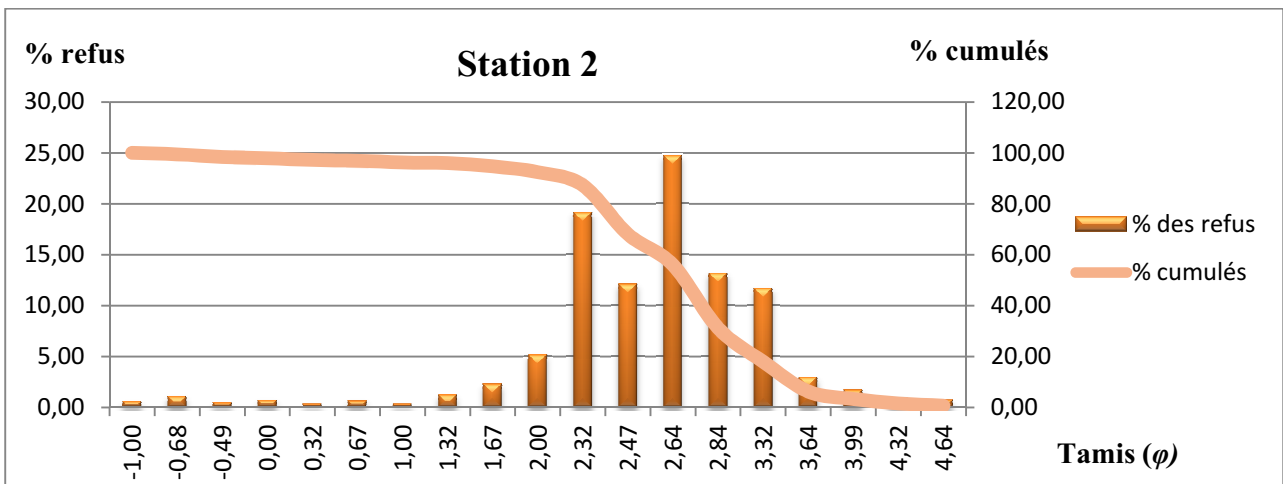
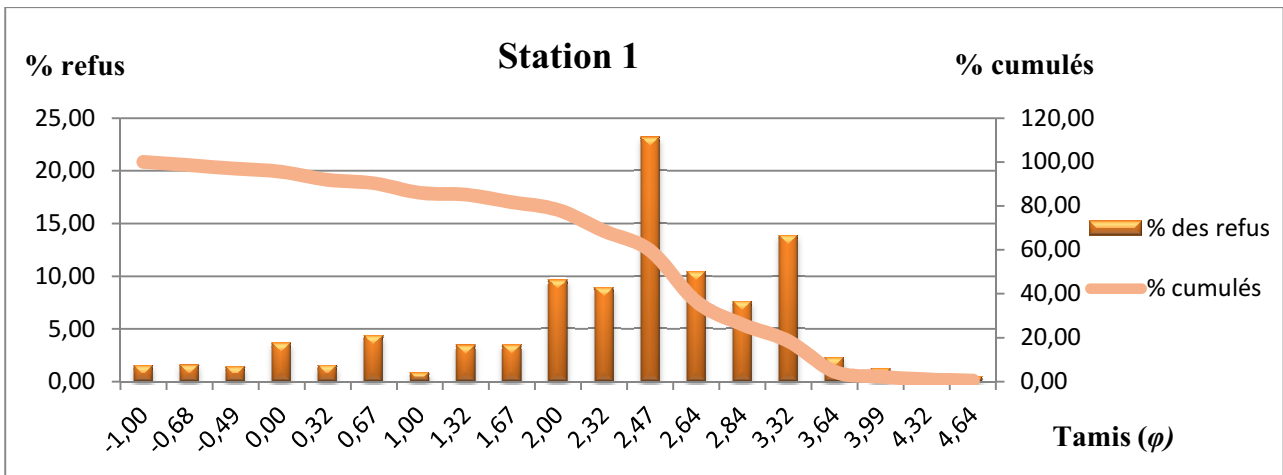
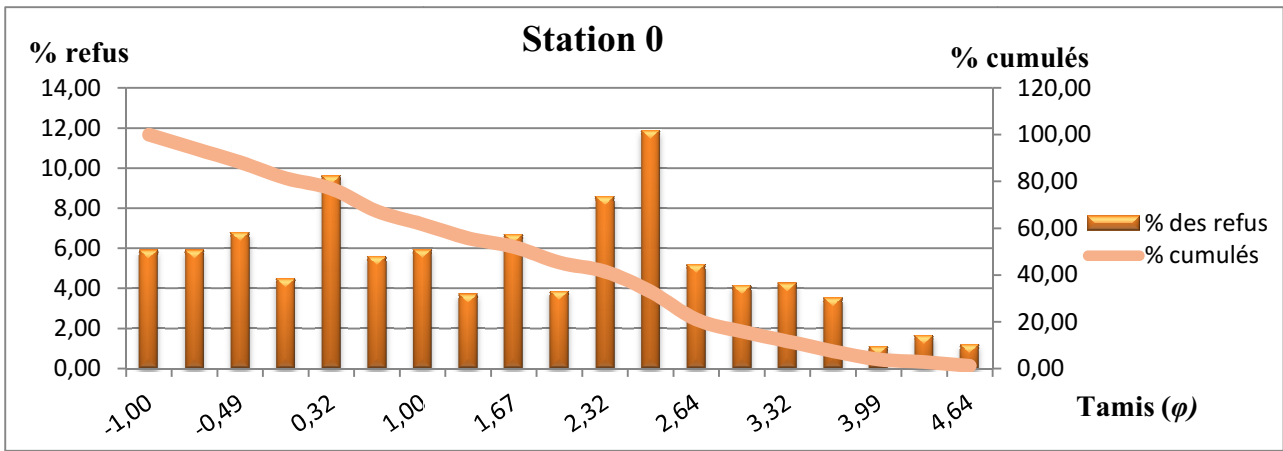
- Incubation  
L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures pour : Api 20 E, Api Staph et Api 20 Strep
- Lecture et Identification de la souche en utilisant le catalogue

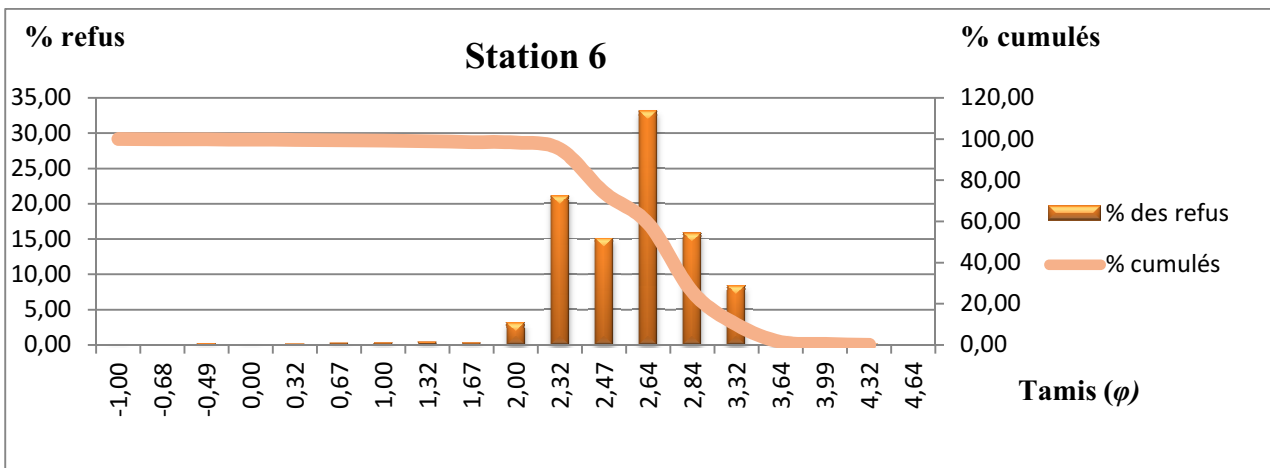
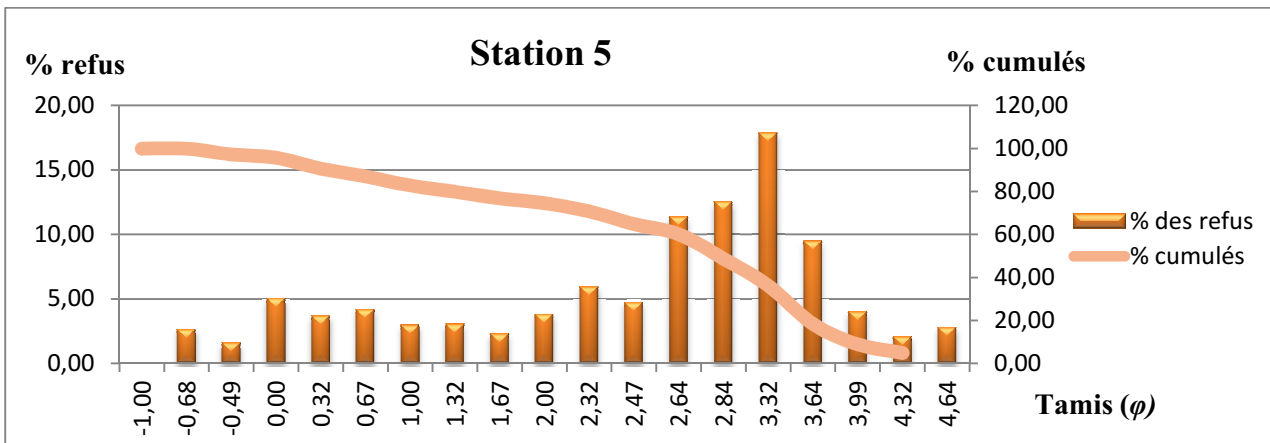
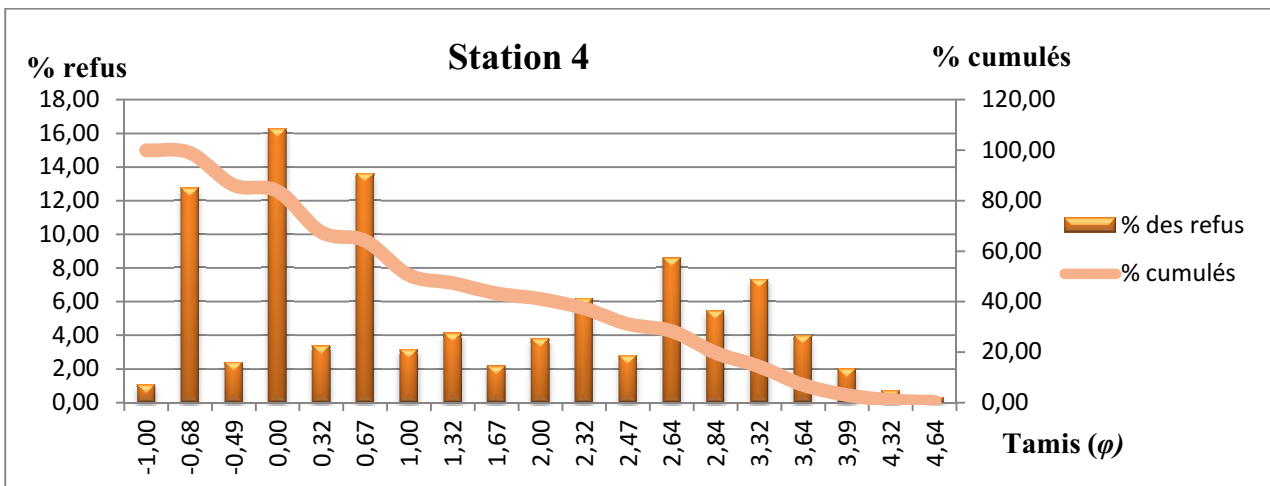
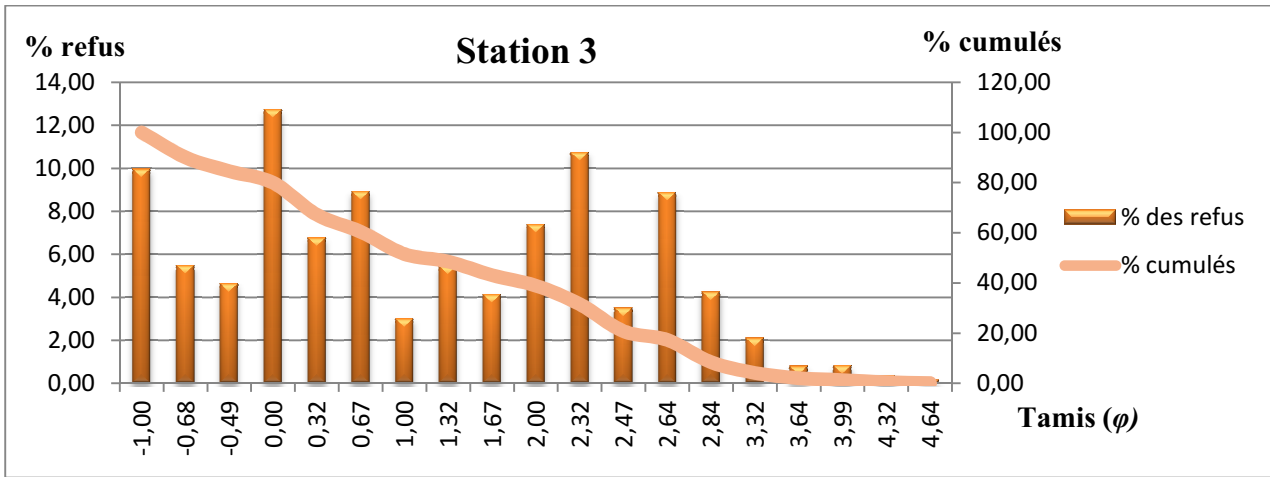
**Tableau AII.19** : Principaux critères de la qualité des eaux de baignade (décret n°93-16 du 10 juillet 1993).

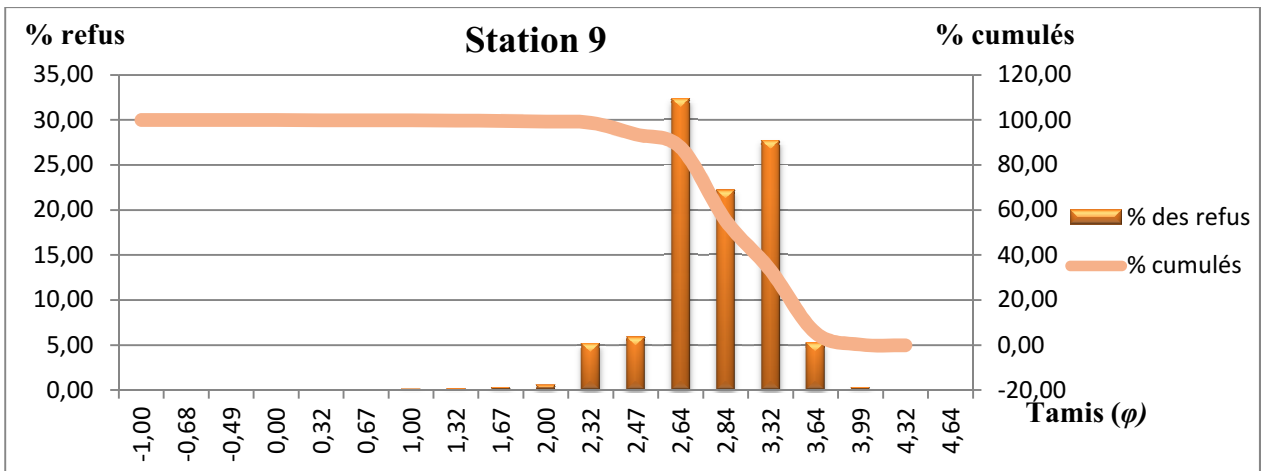
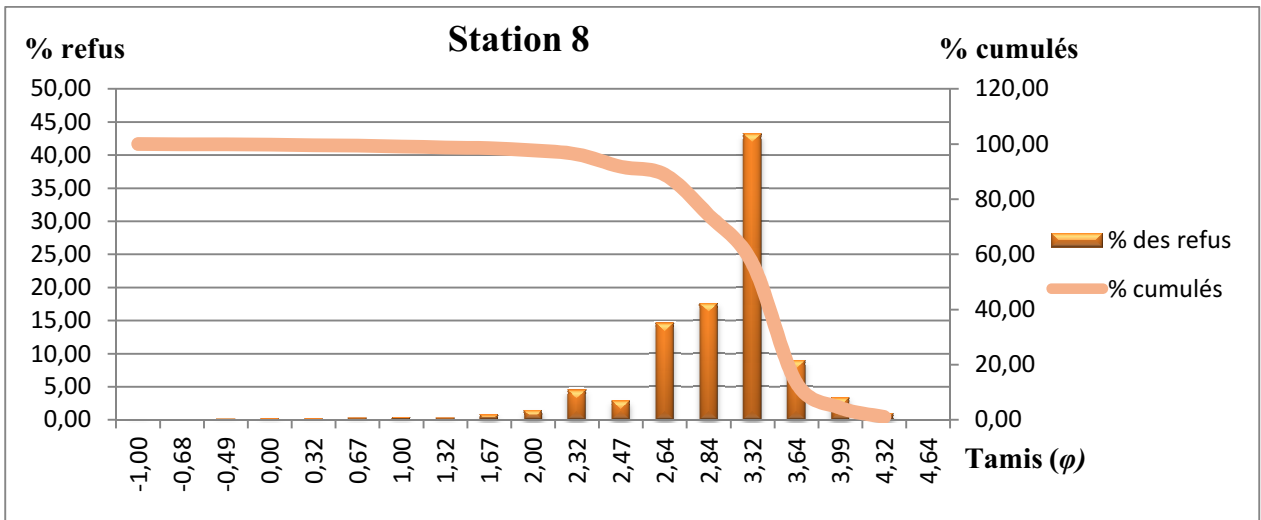
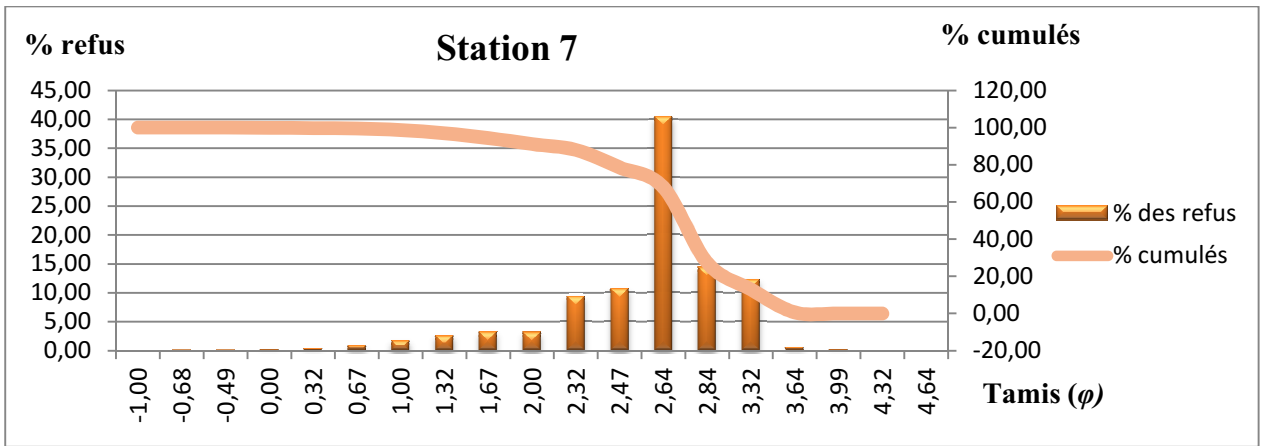
Paramètres microbiologiques	Unités	Valeur guide	Valeur impérative
Coliformes totaux	/100ml	500	10 000
Escherichia coli / 100ml	/100ml	100	20 000
Streptocoques fécaux/ 100ml	/100ml	100	-
Salmonelles	1l	-	0
Vibron cholérique	/450ml	-	0
Coloration	mg/l	-	Pas de changement anormal de la couleur (0)
Huiles minérales	mg/l	0.3	Pas de film visible à la surface de l'eau et absence d'odeur
pH	-	-	6-8.5
Oxygène dissout	% saturation en O <sub>2</sub>	-	80-120
Transparence	Mètre	2	-
Autres substances	-	-	Ne doit pas contenir des substances capables de nuire à la santé de baigneur

# ANNEXE III

## AIII.1 Courbes des fréquences cumulées et histogrammes des fréquences pour le sédiment de chaque station.







### **AIII.2 Matériel utilisé pour le dosage des hydrocarbures:**

- Bouteille en verre brun de 2,5l ;
- Boîtes de Pétri en verre ;
- Eprouvette de 50ml ;
- Eprouvette graduée de 1l ;
- Ampoule à décanter en verre de 2l avec bouchon en verre ;
- Ballons en verre de 250ml, avec bouchons en verre ;
- Burette de 50ml ;
- Béchers ;
- Spatule en métal inoxydable ;
- Tubes à essai ;
- Téflon ;
- Mortier ;
- Lyophilisateur ;
- Système soxhlet ;
- Rotavapor ;
- Papier aluminium.

### **AIII.3 Conditionnement de la verrerie :**

- Lavage au détergent ;
- Lavage à l'eau du robinet 3 fois ;
- Lavage à l'eau distillée 3 fois;
- Stérilisation à l'autoclave pendant 15 mn à 120°C.