

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للعلوم البحري و تهيئة الساحل

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



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

**Option : Environnement**

**Thème :**

**Evaluation de l'impact de la station de dessalement de la  
région ouest algéroise (Palm Beach) sur le milieu marin**

Présenté par :

➤ **IDIR Siham**

Soutenu le 30/10/2014 devant le jury suivant :

**M<sup>me</sup> BENTCHIKOU L**

**ENSSMAL**

**Présidente**

**M<sup>elle</sup> BELKACEM Y**

**CNRDPA**

**Promotrice**

**M<sup>me</sup> BACHARI-HOUMA F**

**ENSSMAL**

**Co- promotrice**

**Mr DRICHE M**

**ENSSMAL**

**Examineur**

**Promotion : 2013/2014**

# REMERCIEMENT

---

*C'est avec une grande joie et une certaine émotion que je rédige aujourd'hui ces quelques lignes de remerciements.*

*Je tiens en premier lieu à exprimer ma profonde gratitude à mes directeurs de thèse, Madame Houma-Bachari et Mademoiselle Belkacem. La confiance qu'ils m'ont témoignée, la liberté qu'ils m'ont accordée et les conseils précieux qu'ils m'ont prodigués sont des éléments qui ont fortement contribué à la réalisation de ce travail de recherche.*

*Je remercie également la présidente du Jury, Madame Bentchikou, d'avoir accepté de relire ce tapuscrit en tant qu'une présidente.*

*Je souhaite remercier le Professeur Monsieur Driche, qui me fait le grand honneur d'avoir accepté de relire ce tapuscrit en tant qu'examineur.*

*Je tiens à remercier dans leur globalité toutes les équipes de la bibliothèque de l'école pour leurs judicieux conseils pendant la recherche bibliographique et leurs sympathies.*

*Je remercie tout particulièrement Madame Eddalia et Monsieur Yousef avec qui nous avons pu réfléchir à des solutions adaptées aux problèmes rencontrés, et également pour leur aide lors des nombreuses heures de pratique où l'efficacité et le sens de l'humour. Je n'oublie pas Mougrane qui m'accompagne sur le terrain et Je remercie également Monsieur Yacine du service de moyennes générales pour le prêt du véhicule de service. D'un point de vue personnel, je me dois de mentionner aussi les gens rencontrés sur le terrain.*

*Pardon à toutes celles et ceux que j'ai oublié...*

# DÉDICACES

---

*Je dédie ce modeste travail*

*Aux auteurs de mes jours, Ma mère et Mon père.*

*A la source de ma joie Mon frère également à Ma petite sœur,  
Ma tante et Ma très chère grand-mère.*

*Merci à mes amis qui m'ont continuellement encouragé et qui  
tiennent une place toute particulière. Je pense à tous mes amis  
d'enfance et d'adolescence, Hania, Salima, Noura et Amina j'en  
oublie certainement, et enfin à tous les collègues du la spécialité  
Environnement avec qui nous avons passé d'excellents  
moments à l'Ecole ou ailleurs.*

*Pour terminer, je rends un vibrant hommage à Mohamed pour  
m'avoir supporté et encouragé pendant toutes ces années.*

# SOMMAIRE



# Sommaire

Remerciements

Dédicaces

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

## Introduction générale

### Chapitre I : Synthèse bibliographique

<b>1. Définition de la pollution marine</b>	13
<b>2. Les différents types de pollution</b>	15
<b>3. Les paramètres à contrôler</b>	15
3.1. Les paramètres physico-chimiques	16
3.1.1. La température(T)	16
3.1.2. La salinité (S)	16
3.1.3. Le potentiel d'Hydrogène (pH)	17
3.1.4. La Conductivité	17
3.1.5. L'oxygène dissous (OD)	17
3.2. Les paramètres indicateurs de pollution	17
3.2.1. La Turbidité	17
3.2.2. La matière en suspension(M.E.S)	18
3.2.3. Matière organique(MO)	18
3.3. Les sels nutritifs	18
3.3.1. Les différentes formes des sels nutritifs	19
a. L'azote (N)	19
b. Le phosphore (P)	20
c. Silicium(Si)	20
3.4. La chlorophylle	20
3.5. Le phytoplancton	20
<b>4. Paramètres microbiologiques</b>	21
4.1. Germes indicateurs de contamination fécale	21
4.1.1. Les Coliformes totaux (CT)	21
4.1.2. Les coliformes fécaux ou thermotolérants (CF)	21
4.1.3. Les streptocoques fécaux(SF)	22
<b>5. Généralité sur le dessalement</b>	23
5.1. Définition de l'opération de dessalement	23
5.2. Schéma générale de principe d'une installation de dessalement	23
5.3. Aperçus sur les stations dessalement en Algérie	24
5.4. Problème des rejets de saumure	24

## **Chapitre II : Description de la zone d'étude**

<b>1. Présentation de la zone d'étude</b>	<b>26</b>
1.1. La plage de Palm Beach	26
1.1.1. Situation géographique	26
1.1.2. Caractéristiques géologiques	26
1.1.3. Sédimentologie	27
1.1.4. Caractéristique hydrologiques	27
1.1.5. Condition météorologique	28
1.1.6. Facteur hydrodynamiques	29
1.1.7. Etat de la pollution	29
<b>2. Présentation de l'unité de dessalement : Palm Beach</b>	<b>31</b>
2.1. Localisation géographique	31
2.2. Caractéristique de la station de dessalement	31
2.3. Procédés de son fonctionnement	32
2.3.1. Captage et pompage de l'eau brute	32
2.3.2. Présentation de l'eau brute	33
2.3.3. Equipement de l'osmose inverse	35
2.3.4. Poste traitement	35

## **Chapitre III : Matériels et méthodes**

<b>1. Choix et localisation des stations de prélèvement</b>	<b>37</b>
<b>2. Travaux effectués en mer</b>	<b>38</b>
2.1. Prélèvement d'eau de mer	38
2.2. Mesure in situ (T, S, C, pH, OD, Tu)	38
<b>3. Travaux effectués au laboratoire</b>	<b>39</b>
3.1. Analyse physico-chimiques	39
3.2.1. Mesure de la matière en suspension	39
3.1.2. La matière organique	39
3.2. Analyse des sels nutritifs	40
3.3. Dosage de la chlorophylle <i>a</i> par spectrophotométrie	40
3.4. Le phytoplancton	41
3.5. Analyse statistique des données acquises	41
3.5.1. Matrice de corrélation	41
3.5.2. Analyse en composantes principales (ACP)	41
3.6. Analyse microbiologique	42

3.6.1. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et Coliformes thermotolérants «fécaux»	42
3.6.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux	43
<b>Chapitre IV : Résultats et discussions</b>	
<b>1. Variation des paramètres physico-chimiques</b>	<b>45</b>
1.1. Température	45
1.2. Salinité	45
1.3. Le potentiel d'hydrogène	46
1.4. Oxygène dissous	47
1.5. Conductivité	48
<b>2. Les paramètres indicateurs de pollution</b>	<b>48</b>
2.1. Turbidité	48
2.2. Matière en suspension	49
2.3. Matière organique particulaire	50
<b>3. Sels nutritifs</b>	<b>51</b>
3.1. Nitrate	51
3.2. Nitrite	51
3.3. Phosphate	52
3.4. Silicate	53
<b>4. Chlorophylle a</b>	<b>54</b>
<b>5. Etude biologique</b>	<b>54</b>
5.1. Etude quantitative des populations phytoplanctoniques	54
5.2. Etude qualitative des populations phytoplanctoniques	55
<b>6. Analyse statistique</b>	<b>57</b>
6.1. Matrice de corrélation	57
6.2. Analyse en composante principale	57
<b>7. Analyse microbiologique</b>	<b>58</b>
7.1. Les coliformes totaux	58
7.2. Les coliformes thermotolérants « fécaux »	59
7.3. Les streptocoques fécaux	59
<b>Conclusion générale et recommandation</b>	<b>61</b>
<b>Bibliographie</b>	<b>64</b>
<b>Annexe</b>	<b>70</b>

## Liste des figures

<b>Figure I.01</b> : Classification de la pollution .....	3
<b>Figure I.02</b> : Schéma de procédé de dessalement .....	11
<b>Figure I.03</b> : Schéma général d'une installation de dessalement.....	11
<b>Figure II.01</b> : Localisation géographique de la zone d'étude Plage de Palm Beach .....	14
<b>Figure II.02</b> : Carte sédimentologique de la baie de Bou Ismail .....	15
<b>Figure II. 03</b> : Réseau hydrographique dans la baie de Bou-Ismaïl.....	16
<b>Figure II. 04</b> : Statistiques du climat dans la zone de Zéralda.....	17
<b>Figure II.05</b> : Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou Ismail.	18
<b>Figure II.06</b> : Localisation de la station de Palm Beach.....	19
<b>Figure II.07</b> : Vue générale de la station de dessalement de Palm Beach.....	19
<b>Figure II.08</b> : Procédés de son fonctionnement.....	20
<b>Figure III.01</b> : Localisation des stations de prélèvement d'eau de mer.....	25
<b>Figure III.02</b> : Représentation des points de prélèvements.....	26
<b>Figure III.08</b> : Méthode de dénombrement des coliformes totaux, thermotolérants.....	30
<b>Figure III.9</b> : Méthode de dénombrement des streptocoques fécaux.....	31
<b>Figure IV.01</b> : Variation de la température en fonction des stations.....	33
<b>Figure IV.02</b> : Variation des valeurs de la salinité en fonction des stations.....	34
<b>Figure IV.03</b> : Variation des valeurs de PH en fonction des stations.....	34
<b>Figure IV.04</b> : Variation des valeurs de l'oxygène dissous en fonction des stations.....	35
<b>Figure IV.05</b> : Variation des valeurs de la conductivité en fonction des stations.....	36
<b>Figure IV.06</b> : Variation des valeurs de la turbidité en fonction des stations.....	37
<b>Figure IV.07</b> : Variation des valeurs des MES en fonction des stations.....	37
<b>Figure IV.08</b> : Variation des pourcentages des MOP en fonction des stations.....	38
<b>Figure IV.09</b> : Variation des concentrations des $\text{NO}_3^-$ en fonction des stations.....	39
<b>Figure IV.10</b> : Variation des concentrations des $\text{NO}_2^-$ en fonction des stations.....	40

<b>Figure IV.11 :</b> Variation des concentrations des $\text{PO}_4^-$ en fonction des stations.....	40
<b>Figure IV.12 :</b> Variation des concentrations des $\text{SiO}_2^-$ en fonction des stations.....	41
<b>Figure IV.13 :</b> Variation des concentrations des chlorophylles a en fonction des station.....	42
<b>Figure IV.14 :</b> variation des densités cellulaires totales des populations phytoplanctoniques de chaque échantillon par rapport au point de rejet.....	43
<b>Figure IV.15 :</b> Quelques espèces phytoplanctoniques rencontrées dans la zone d'étude.....	44
<b>Figure IV.16 :</b> La distribution des paramètres environnementaux sous forme ACP.....	45
<b>Figure IV.17 :</b> Variations des concentrations des CT en fonction des stations.....	45
<b>Figure IV.18 :</b> Variations des concentrations des CF en fonction des stations.....	45
<b>Figure IV.19 :</b> Variations des concentrations des SF en fonction des stations.....	46

## Liste des tableaux

<b>Tableau I.01 : Les stations de dessalement d'Alger.....</b>	<b>12</b>
--	-----------

## Liste d'abréviation

**ACP** : Analyse en Composantes Principales.

**AFNOR** : Association Française de Normalisation.

**CEAEQ** : Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec.

**CT** : Les Coliformes totaux.

**DBO5** : Demande biochimique en oxygène.

**DCO** : Demande chimique en oxygène.

**EPI** : Eau peptonée exempte d'indole.

**GESAMP**: Group of Experts on Scientific Aspect of Marine Pollution.

**ISO** : International Standard Organisation.

**JORA** : Journal officiel de la république algérienne.

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

**MES** : La matière en suspension.

**MO** : Matière organique.

**MOP** : la matière organique particulaire.

**N** : Azote.

**NaCl** : Chlorure de sodium.

**NaOH** : Hydroxyde de sodium.

**NH<sub>3</sub>** : Ammoniac.

**NH<sub>4</sub><sup>+</sup>**: Ammonium.

**NO<sub>2</sub><sup>-</sup>** : Nitrites.

**OD** : L'oxygène dissous.

**OMS** : Organisation mondiale de la santé.

**P** : Le phosphore.

**ph** : Le potentiel d'Hydrogène.

**P.B.D.C.A.F** : Programme Bilatéral De Coopération Algéro-Française.

**PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>** : Orthophosphates.

**Si** : Silicium.

**T**: Température.

# INTRODUCTION GÉNÉRAL



### Introduction générale

L'environnement marin constitue la richesse naturelle de la terre et fournit les éléments essentiels à la vie et la prospérité de l'ensemble de l'humanité, mais il est utilisée, souillée et devient de plus en plus contaminée par des polluants générés par les activités humaines et/ ou naturelles. Mais la majeure partie de sa contamination est due aux différentes activités de l'homme. Parmi ces activités qui polluent, on peut citer l'activité industrielle, les rejets des médicaments par les services de soins, les rejets des usines de production de l'eau potable (usine de dessalement), ...ect.

Le rejet des stations de dessalement chargé en substances polluantes dans le milieu récepteur, est un motif de préoccupation croissant compte tenu des effets indésirables qu'elles peuvent engendrer sur l'environnement et la santé des écosystèmes. Tout d'abord, il convient de noter que les impacts des usines de dessalement sur l'environnement marin sont encore mal connus en raison du manque d'études réalisées sur le sujet. Cependant, certains effets sont d'ores et déjà suspectés ou établis. Ces impacts peuvent être classés entre ceux liés au captage de l'eau de mer et ceux liés aux rejets des usines de dessalement. C'est le cas de l'usine de Palm Beach de Zeralda située dans la wilaya de TIPAZA.

Dans ce cadre d'étude, nous nous sommes intéressés à cette station de dessalement par osmose inverse, afin de montrer l'impact potentiel sur l'environnement côtier par une série d'analyse physico-chimique, microbiologique et biologique effectuée sur des échantillons d'eau.

Ce document sera présenté en quatre grandes parties, la première partie est une revue de la littérature sur la problématique du thème traité (synthèse de connaissances). Dans la deuxième partie, nous donnerons une présentation de la zone d'étude et une description générale de la station de dessalement étudiée. La troisième partie est destinée à une présentation des matériaux utilisés ainsi que les méthodes opératoires. Quant à la quatrième partie, elle sera consacrée à l'interprétation des résultats obtenus au cours de notre étude et nous terminerons par une conclusion générale.

SYNTHÈSE  
BIBLIOGRAPHIQUE

I

### I.1. Définition de la pollution marine

La pollution marine résulte de tous les produits rejetés dans les mers et les océans, en conséquence de l'activité humaine. Elle comprend la pollution de l'eau, des biotes et celle des sédiments, plus généralement toutes les atteintes aux écosystèmes marins causées par les rejets de substances nuisibles par leurs natures ou leurs quantités. (Djamel Taieb, 2009).

Selon la convention des nations unis sur le droit de la mer **MONTEGO-BAY 1982**, le terme de pollution fait l'objet d'une définition, reconnue par l'ensemble de la communauté scientifique internationale (GESAMP), comme étant : « l'introduction par l'homme, directement et indirectement, de substances ou d'énergie dans le milieu marin (y compris les estuaires) occasionnant des effets néfastes tels que des nuisances envers les ressources biologiques, des risques pour la santé de l'homme, des entraves aux activités maritimes (y compris la pêche), une altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et une dégradation des valeurs d'agrément » (Ramade, 2000).

### I. 2. Les différents types de pollution

Il existe deux principaux critères utilisés pour classer les polluants en milieu marin. Il s'agit de son origine (urbaine, industrielle et agricole) et de sa nature (chimique, biologique ou physique). (Galaf & Ghannam, 2003) (Figure I.01).

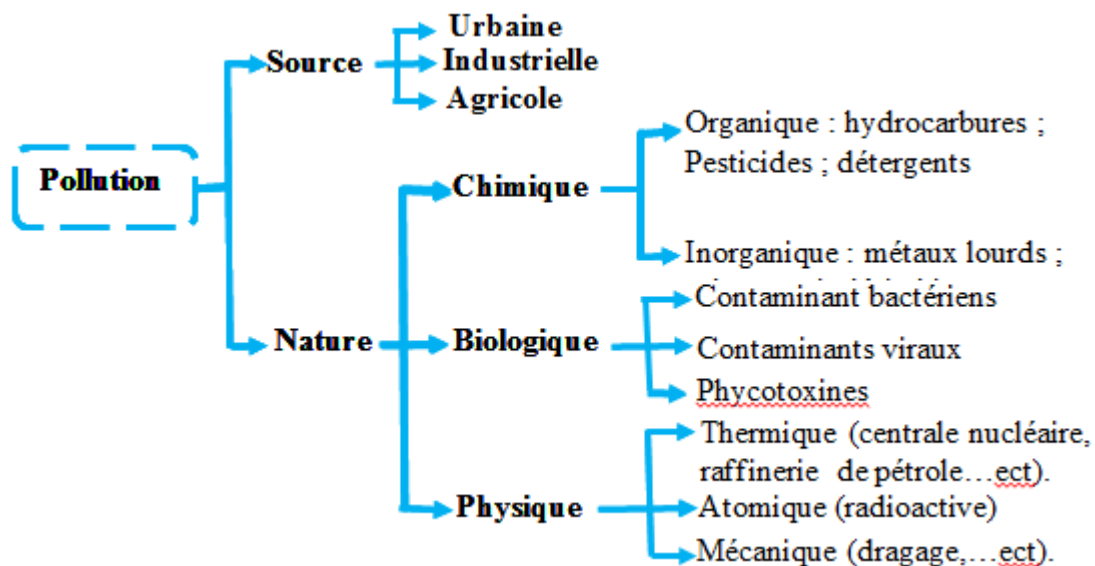


Figure I.01 : Classification de la pollution

**I.3. Les paramètres à contrôler**

Les phénomènes de pollution se traduisent généralement par des modifications des caractéristiques physicochimiques du milieu récepteur. Un des moyens d'étude de la pollution consistera donc à mesurer, par des analyses, ces caractéristiques (au niveau du rejet, du milieu naturel ou du milieu pollué). **(Gaujous, 1995).**

**I.3.1. Les paramètres physico-chimiques**

Il s'agit des paramètres facilement mesurables et qu'il est généralement utile de connaître. Les analyses physico-chimiques font appel à des techniques d'analyses très variées fondées sur les propriétés intrinsèques des molécules ou des atomes recherchés (spectrométrie, chromatographie...), ou encore sur leur aptitude à réagir avec des réactifs particuliers (dosages complexométriques ou d'oxydoréductions...). **(Gevernier, 2002).**

**I.3.1.1. Température (° C)**

La mesure de la température est indispensable pour le traitement ou l'interprétation d'autres paramètres tels que : la saturation des gaz dissous, la mesure du *pH* **(Aminot & Kérouel, 2004)**. Elle joue un rôle dans la solubilité des sels, sur la conductivité électrique du milieu et la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc. **(Rodier & al, 2005)**. La température est un facteur écologique important, il conditionne la nature des communautés aussi bien terrestre qu'aquatiques, ainsi que leurs caractères de leur développement. **(Ramade, 2000).**

**I.3.1.2. La salinité (PSU)**

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

La mesure de la salinité est importante dans l'étude du milieu marin. Par son influence sur la densité de l'eau de mer, elle permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eau d'origines différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte ou dans les estuaires. **(Aminot & Chaussepied, 1983).**

Plus encore que la température, la salinité s'avère nécessaire à l'interprétation et au traitement de la plupart des autres paramètres. **(Amino & Kérouel, 2004).**

**I.3.1.3. Le potentiel d'Hydrogène**

C'est une grandeur utilisée pour caractériser le degré d'acidité ou de basicité de milieu. (**Le Pimpec & al, 2002**). Il est important pour la vie aquatique et le développement de la faune et de la flore existante dans les cours d'eau et les autres milieux récepteurs aquatique. (**Rodier & al, 2009**). Sa connaissance exacte est essentielle dans le domaine de la qualité physique et de la résistance des ouvrages d'épuration (agressivité, corrosivité, entartage). (**Gomella & Guerrée, 1978**). Il est le reflet des équilibres entre les espèces chimiques majeures du milieu, mais il est également l'indicateur de certaines pollutions directes ou indirectes. (**Aminot & Kérouel, 2004**). En milieu côtier et estuarien, certains rejets industriels ou les apports d'eaux continentales sont la cause de variation du pH qui s'avère dans ce cas un indice de pollution. (**Aminot & Caussipied, 1983**).

**I.3.1.4. La conductivité (mS/cm)**

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques. (**Rodier & al, 2005**).

La conductivité de l'eau de mer est très élevée en raison de la forte concentration en sels dissous (**Aminot & Kérouel, 2004**), du fait qu'elle permet d'évaluer la charge totale en électrolytes d'une eau (**Ramade, 2000**). Et sa variation dépend de la salinité et la température des eaux. (**Lefebvre, 1993**).

**I.3.1.5. L'oxygène dissous (mg/l)**

Ce paramètre détermine la qualité du milieu. (**Aminot & chaussepied, 1983**), et gouverne la plus part des processus biologiques des écosystèmes aquatique (**Aminot & Kérouel, 2004**). La concentration en oxygène dissous est la résultante des facteurs physiques (température, échange air-mer et la salinité), chimiques (oxydation chimique) et biologiques (photosynthèse, respiration et régénération). (**Rodier & al, 2005**).

**I. 3.2. Les paramètres indicateurs de pollution****I.3.2.1. Turbidité (NTU)**

Pour une description d'une masse d'eau ne saurait être satisfaisant sans une référence à la transparence du milieu, c'est-à-dire la pénétration de la lumière. (**Aminot & caussipied, 1983**). Selon la norme **ISO 7027 (AFNOR, 1990)**, la turbidité c'est « la réduction de transparence d'un liquide due à la présence de substance non dissoutes ». (**Aminot &**

**Kérouel, 2004**), ou elle représente le trouble du à la présence plus ou moins importante de matière en suspension d'origine minérale ou organique. (**Rodier & al, 2009**). Les mesures de turbidité ont un grand intérêt dans le contrôle de l'épuration des eaux brutes. (**Rodier & al, 2005**).

#### **I.3.2.2. La matière en suspension (mg/l)**

C'est l'ensemble des particules minérales et/ou organique présentes dans une eau naturelle ou polluée. Elle représente une cause essentielle de turbidité de l'eau. (**Ramade, 2000**).

Ce sont des matières organiques où minérales de dimensions très variables, elles comportent tous les composés ayant un diamètre supérieur à 0.45 µm et elles peuvent être un indice de pollution. Elles peuvent être aussi considérées comme des transporteurs importants des polluants, fertilisants, toxiques et biologiques. (**Lacaze, 1996**).

La matière en suspension influence la qualité d'une eau par des phénomènes d'adsorption notamment de certains éléments toxiques, ou elle construit une voie de pénétration des éléments toxiques. (**Rodier, 1997**).

#### **I. 3.2.3. La matière organique (%)**

La matière organique est une substance nutritive considérée comme une source d'énergie pour les micro-organismes (bactéries, protozoaires), elle correspond à la fraction endogène qui est facilement dégradée (**Boulaïdid, 1987**). Et elles sont à la fois présentes dans les eaux et les sédiments. (**Ramade, 2000**).

Le taux de la matière organiques est en moyenne de 45mg/l en zone marine côtière libre, il augmente cependant de 29% par rapport à cette valeur dans les enceintes portuaires sans égouts et de 53% dans celles où existent un ou plusieurs rejets d'eaux résiduaire. (**Aubert & al, 1972**).

#### **I.3.3. Les sels nutritifs**

Les sels nutritifs sont les formes d'azote et de phosphore et de silicium qui sont nécessaire à la croissance des plantes marines et en particulier pour les phytoplanctons. (**Eddalia, 1990**), mais ce sont des substances qui deviennent polluantes lorsque leurs concentrations dans le milieu aquatique augmentent pour arriver à des seuils alarmantes. (**Levitus, 1993**). Ils sont des descripteurs hydrologiques indispensables à l'étude ou à la caractérisation d'un écosystème marin. (**Aminot & Kérouel, 2007**). Et un "outil" très important pour l'étude chimique et dynamique des masses d'eau océaniques. (**Boulaïdid, 1987**).

### I. 3.3.1. Les différentes formes des sels nutritifs

#### a. Azote ( $\mu\text{mol/l}$ )

L'azote est un élément de grande importance dans les écosystèmes marins. Il est un constituant majeur des organismes vivants et considéré comme le nutriment limitant la production primaire. (Luc-Henri, 2007).

Il existe sous trois formes : nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), ammonium ( $\text{NO}_4^+$ ) et de composés organiques tels que l'urée ou les acides aminés. Ce sont les formes d'azote utilisable par le phytoplancton. (Copin-Montégut, 1996).

Dans les eaux usées domestiques l'apport journalier de l'azote est compris entre 10 et 15 g par habitant. (Groxlaude, 1999).

#### ➤ L'azote nitreux ( $\mu\text{mol/l}$ )

Les ions nitrites sont des composés intermédiaires du cycle d'azote situés entre l'azote ammoniacal et les ions nitrates ont des concentrations pouvant atteindre quelques micromoles par litre. (Rodier & al, 2009). La présence de nitrite est due soit à l'oxydation de l'ammoniac par des bactéries nitreuses (Nitrosomonas) ou par la réduction de nitrate par les bactéries dénitrifiantes. (Copin-Montégut, 1996). Les nitrites tout comme les sels ammoniacaux sont des indicateurs typiques de pollution des eaux. Une eau renfermant des nitrites peut être considérée comme suspecte voire toxique pour les poissons même à faible concentrations. (Rejsek, 2002).

#### ➤ L'azote nitrate ( $\mu\text{mol/l}$ )

L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. (Aminot & Chaussepied, 1983). Et c'est un composé important entrant dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton. (Rodier & al, 2009). Il provient de l'oxydation des nitrites sous l'action des bactéries du type nitrobacter. (Eddalia, 1990).

#### ➤ L'azote ammoniacal ( $\mu\text{mol/l}$ )

Il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac ( $\text{NH}_3$ ) et l'ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dont les proportions relatives dépendent du *PH*, de la température et de la salinité. Dans les eaux marines et estuariennes, l'ammonium est très prédominant la forme  $\text{NH}_3$  est plus toxique pour la vie aquatique. L'azote ammoniacal provient des excréctions animales et de la décomposition bactérienne des composés organique azotés. (Aminot & Chaussepied, 1983).

**b. Le phosphore ( $\mu\text{mol/l}$ )**

Le phosphore présent dans l'eau de mer à l'état soluble ou particulaire existe sous plusieurs formes : phosphore inorganique composé essentiellement d'orthophosphate et phosphore organique. **(Rodier & al, 2009)**. C'est un élément nutritif dont la forme minérale majoritaire orthophosphate est essentielle à la vie aquatique. Mais ces fortes concentrations indice d'un enrichissement d'origine domestique et agricole, sont considérées comme à l'origine du phénomène d'eutrophisation. **(Aminot & Chaussied, 1983)**.

**c. Le Silicium ( $\mu\text{mol/l}$ )**

Le silicium est un élément nutritif car il entre dans la composition des squelettes de certaines espèces phytoplanctoniques (diatomées, radiolaires, ...) auxquelles il est indispensable. **(Aminot & chaussied, 1983)**. Sa présence dans l'eau de mer provient de la dissolution de sels minéraux, notamment les aluminosilicates mais aussi de la dégradation du silicium organique particuliers. **(Rodier & al, 2009)**. Les silicates sont régénérés à différentes vitesses et par différents processus, et à présent, il y a toujours une incertitude sur les facteurs qui contrôlent le budget marin des silices. **(Jacques & Tréguer, 1986)**.

**I.3.4. Chlorophylle *a* ( $\mu\text{g/l}$ )**

La chlorophylle est un pigment indispensable à la photosynthèse. Dans les milieux aquatiques, les algues possèdent une diversité de pigments dont les plus importants sont les chlorophylles *a*, *b*, *c1*, *c2* et *d*. La chlorophylle *a* est considéré comme étant une bonne indicatrice de la santé de l'océan et de son niveau de productivité et de la biomasse phytoplanctoniques. **(Aminot & Chaussepied, 1983)**.

Il est le paramètre biochimique le plus fréquemment mesuré en océanographie. **(Jeffrey & Mantoura, 1997 in Aminot & Kérouel, 2004)**. Donc la chlorophylle *a* est un paramètre clé des études en hydrologie marine car il existe de nombreux liens entre le développement du phytoplancton et les concentrations de plusieurs paramètres ( $\text{O}_2$ , nutriments, *pH*). **(Aminot & Kérouel, 2004)**.

**I.3.5. Le phytoplancton (Cell./l)**

Le phytoplancton représente le premier maillon de la chaîne alimentaire dans les océans. Le plancton étant lui-même défini comme l'ensemble des organismes microscopiques compris entre 0,2 et 100  $\mu\text{m}$ , et qui flottent plus ou moins passivement dans les eaux (transporté par

---

les courants). (Messié, 2006). Il est composé d'organismes unicellulaires opportunistes présents dans toutes les mers. Se satisfaisant de peu, il va rapidement coloniser toute une strate d'eau en se multipliant par division cellulaire tout en étant par la présence de lumière et éléments nutritifs. (Bernard, 2006). Les deux classes de phytoplancton marin les plus riches en espèces sont celles des diatomées et des dinoflagellés.

#### **I.4. Paramètres microbiologiques**

##### **I.4.1. Germes indicateurs de contamination fécale**

Les bactéries sont couramment recherchées dans l'eau, principalement comme témoins de contamination fécale. Elles peuvent être sensibles, c'est-à-dire qu'on les rencontre assez fréquemment, spécifiques, c'est-à-dire d'origine fécale stricte, résistantes, c'est-à-dire qu'elles subsistent longtemps dans le milieu extérieur (Goujaus, 1995).

###### **I.4.1.1. Les Coliformes totaux (UFC/100ml)**

Selon la définition (ISO), ce sont des bacilles à Gram négatif, non sporulant, anaérobie facultatif, oxydase négative. Ils peuvent croître en présence des sels biliaires et sont capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acides et d'aldéhydes en 48 heures à des températures de 35 à 37°C. La recherche et le dénombrement de l'ensemble des coliformes (coliformes totaux) sans préjuger de leur appartenance taxonomique et de leur origine, sont importants pour la vérification de l'efficacité d'un traitement d'un désinfectant. Mais il est d'un intérêt nuancé pour déceler une contamination d'origine fécale (Rodier & al, 2005).

Ils sont présents en très grand nombre dans l'intestin et les selles de l'homme (Goujaus, 1995). De nombreux coliformes ne sont pas dangereux du point de vue sanitaire sauf en cas de prolifération extrêmement abondante ou de réceptivité particulière de consommateur. (Guiraud, 1998).

###### **I.4.1.2. Les coliformes fécaux ou thermotolérants (UFC/100ml)**

Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capables de fermenter le lactose à une température de 44,5°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (*E. coli*) et, dans une moindre mesure, certaines espèces des genres *Citrobacter*, *Enterobacter* et *Klebsiella* (Elmund & al, 1999 ; Santé Canada, 1991 ; Edberg & al, 2000).

Bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origine fécale, provenant plutôt d'eaux enrichies en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation alimentaire (**Barthe & al, 1998 ; OMS, 2000**).

C'est pourquoi il serait plus approprié d'utiliser le terme générique « coliformes thermotolérants » plutôt que celui de « coliformes fécaux » (**OMS, 1994 ; Robertson, 1995**). L'intérêt de la détection de ces coliformes, à titre d'organismes indicateurs, réside dans le fait que leur survie dans l'environnement est généralement équivalente à celle des bactéries pathogènes et que leur densité est généralement proportionnelle au degré de pollution produite par les matières fécales (**CEAEQ, 2000**).

#### **I.4.1.3. Les streptocoques fécaux (UFC/100ml)**

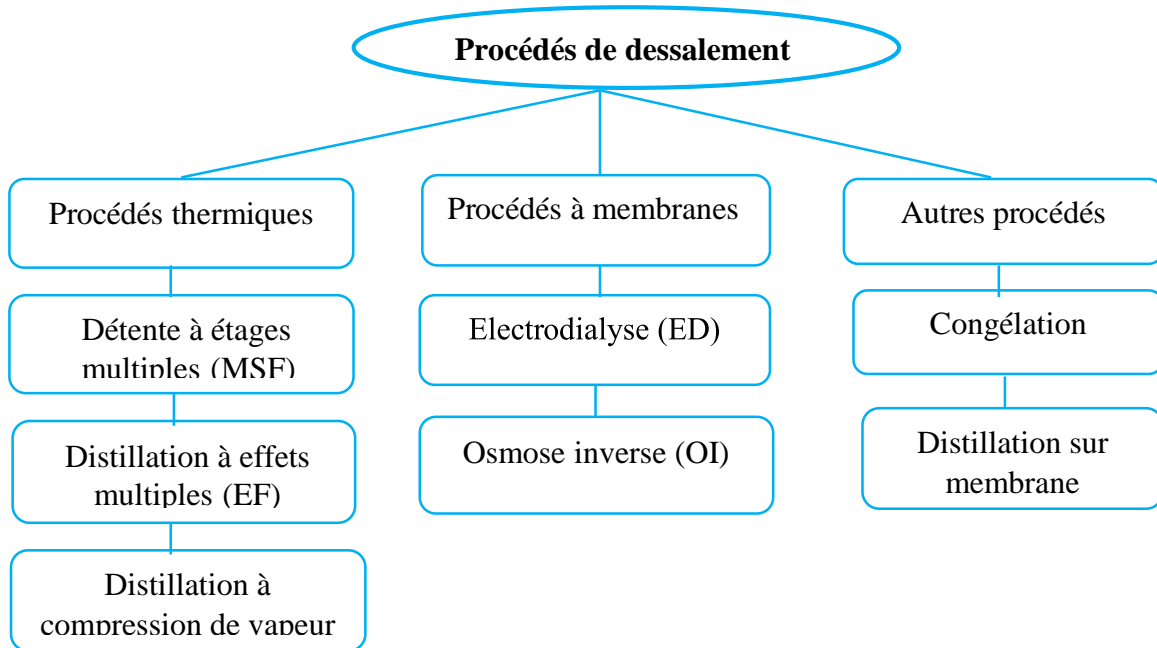
Les streptocoques fécaux sont des coques Gram+, sphériques allongés, formant des chaînettes ou des paires, non sporulés. Ils sont dépourvus de cytochrome et de catalase. Ils peuvent se développer en aérobiose, un métabolisme fermentatif et sont considérés comme des anaérobies tolérant l'oxygène (**Béraud, 2004**).

L'intérêt à l'égard des entérocoques s'explique par le fait que, comparativement aux coliformes (incluant *E. coli*), ils sont plus résistants à des conditions environnementales difficiles et persistent plus longtemps dans l'eau (**Chevalier, 2003**).

**I.5. Généralité sur le dessalement**

**I.5.1. Définition de l’opération de dessalement**

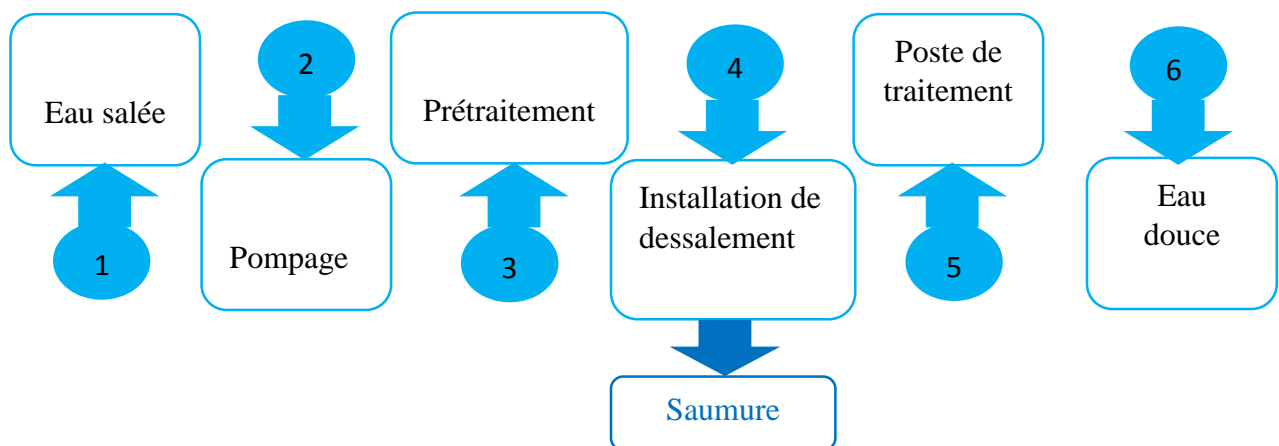
Le dessalement de l’eau est un processus qui permet d’obtenir de l’eau douce, à partir d’une eau saumâtre ou salée, il s’agit rarement de retirer le sel de l’eau, mais plutôt l’inverse d’extraire de l’eau douce.



**Figure I.02 :** Schéma de procédé de dessalement (Anonyme 1)

**I.5.2. Schéma générale de principe d’une installation de dessalement**

Une installation de dessalement peut-être schématiquement subdivisée en 4 postes : prise d’eau, prétraitement, installation de dessalement et poste de traitement. (figure I.03).



**Figure I.03 :** Schéma général d’une installation de dessalement (Maurel, 2006)

### I.5.3. Aperçus sur les stations dessalement en Algérie

Face aux problèmes de mobilisation de ressources hydriques et de distribution d'eau potable accrus d'année en année, les responsables algériens ont opté pour l'établissement d'une stratégie durable, à savoir l'option du dessalement de l'eau de mer pour ne plus dépendre des aléas de la météo. C'est un programme pour l'acquisition de petites stations monobloc et de grandes stations de dessalement ont été lancées pour les villes côtières. (Tourret & al, 2005).

**Tableau I.01 : Les stations de dessalement d'Alger. (Terra, 2013)**

Station	Type	Capacité installée (m <sup>3</sup> /j)
Hamma	Grande	200 000
Zeralda	Petite	2500
Ain Benian	Petite	2500
Palm Beach	Petite	2500

### I.5.4. Problème des rejets de saumure

Le principal inconvénient est donc l'impact des saumures sur l'environnement, surtout dans le cas de l'osmose inverse où les rejets sont plus concentrés. (Maurel, 2006). Du fait de sa salinité et de sa concentration en substances chimiques (prétraitement, rinçage des membranes et produits chimiques utilisés contre les salissures, l'entartrage et la corrosion) (Latterman & Hopner, 2003), l'écoulement engendre des impacts sur la faune et la flore, notamment sur les organismes benthiques sténohalins :

- La disparition de la vie à l'exutoire de l'émissaire sur une aire pouvant atteindre 1 ha.
- L'anoxie des fonds marins engendrée par les espèces benthiques, consommatrices d'oxygène, lors des périodes de faible hydrodynamisme.
- La carence en lumière des fonds marins affecte la photosynthèse des espèces marines végétales ; phénomène accentué par la turbulence due au jet.
- Des réductions massives de populations d'oursins, d'étoiles de mer, de crevettes, etc.
- Une augmentation de la mortalité des herbiers de posidonies avec des tissus nécrosés et d'abondantes chutes de feuilles... etc.

# DESCRIPTION DE LA ZONE D'ÉTUDE

# II

---

## II.1. Présentation de la zone d'étude

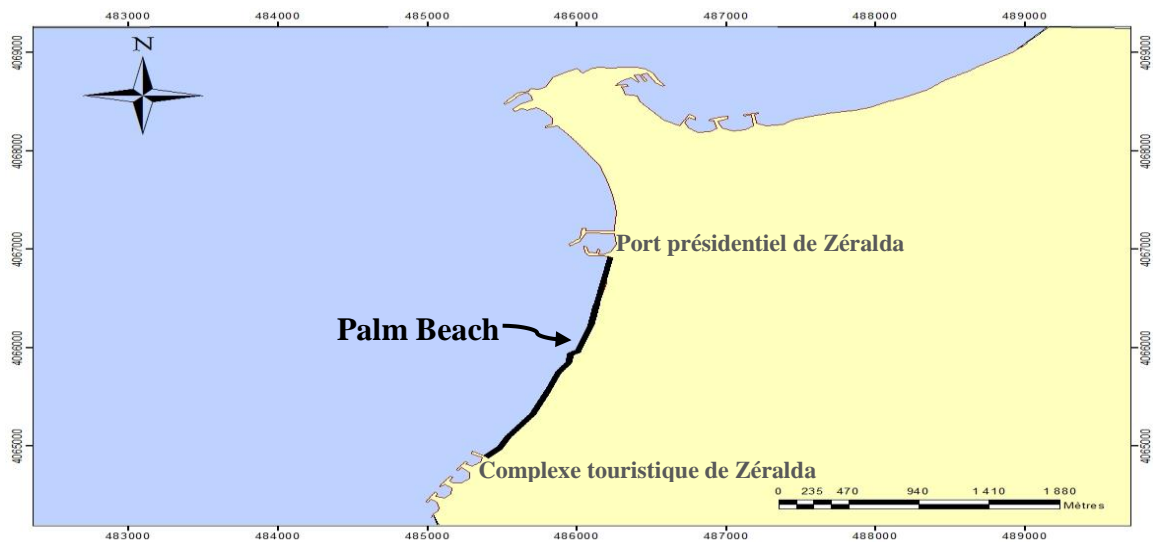
### II.1.1. La plage de Palm Beach

#### II.1.1.1. Situation géographique

La zone d'étude se trouve dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (allant d'Ouest en Est de Chenoua à Sidi Fredj). La plage de Palm Beach-Azur se situe à une vingtaine de kilomètres à l'Ouest d'Alger dans la commune de Zéralda, aux niveaux :

Latitude :  $36^{\circ}43'44''$  à  $36^{\circ}44'48''$       Longitude :  $2^{\circ}50'12''$  à  $2^{\circ}50'44''$ .

Le site d'étude s'étend sur un linéaire côtier de 200 m, délimité au Nord par le port présidentiel, et au Sud par l'épi transversal et les brise-lames du complexe touristique de Zéralda.



**Figure II.01 : Localisation géographique de la zone d'étude Plage de Palm Beach.**  
(Googl 2014 modifié)

#### II.1.1.2. Caractéristiques géologiques

Le littoral de Zéralda est caractérisé par une importante accumulation de dunes récentes, d'alluvions, de sables et de graviers. Le faciès du Quaternaire marin est largement représenté tout le long du littoral, et présente une succession de couches qui commence par des calcaires coquilliers (lumachelles), ensuite des grés, des dépôts de plage (atteignant 10 m d'épaisseur) et enfin les dépôts dunaires qui forment les terrasses les plus récentes avec une trentaine de mètres d'épaisseur. (Dagorne, 1970).

### II.1.1.3 Sédimentologie

Vers l'embouchure de l'Oued Mazafran et jusqu'à une profondeur de 2,5m, on retrouve les sables grossiers. Au-delà de ce dépôt fluvio-marin et jusqu'à une profondeur de 10m à 15m, on retrouve les sables moyens, qui ne réapparaissent qu'au niveau de Khemisti sur une zone étroite continue jusqu'à Tipaza. (Al Sid Chikh & al, 2009).

Une bande de sable fin apparaît au large de Sidi Fredj et à Palm Beach à moins de 2m de profondeur et tapisse le fond de 15m à 25m tout le long de la baie. Parallèlement à ce faciès, on retrouve les sables fins vaseux qui longent la côte entre 25m à 40m de profondeur. Notons qu'au large de Sidi Fredj (2km à 3km), on retrouve un dépôt de sables moyens et graviers. (LEM, 1998 in Houma, 2009).

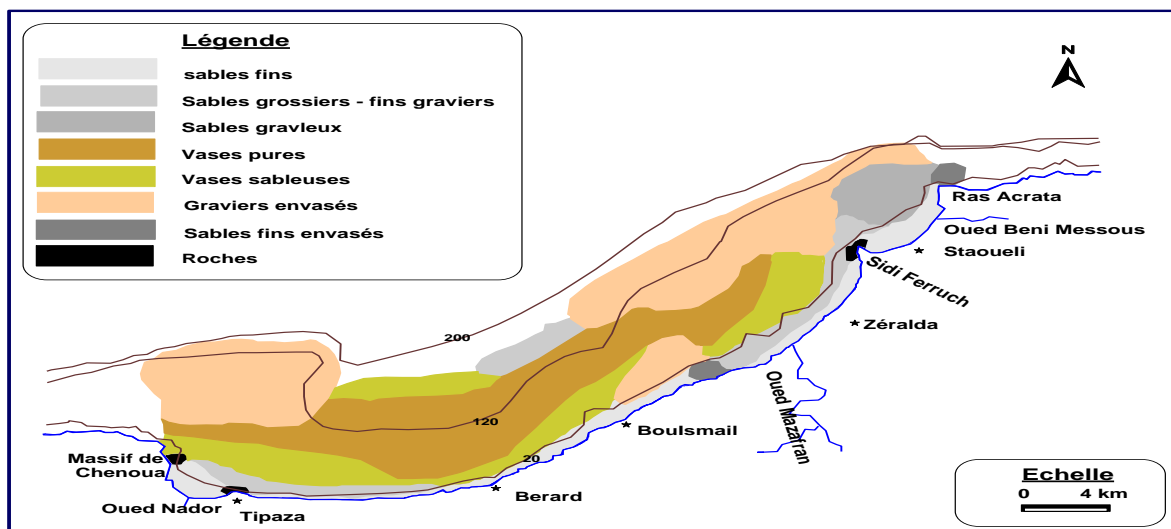
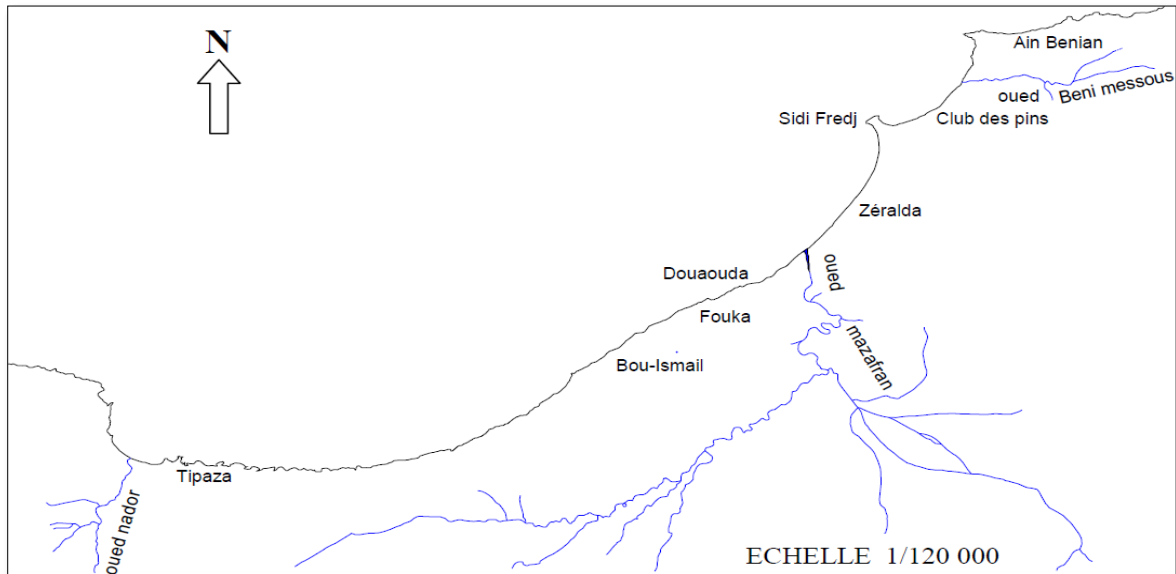


Figure II.02 : Carte sédimentologique de la baie de Bou Ismail. (LEM, 1998 in Houma, 2009)

### II.1.1.4. Caractéristiques hydrologiques

Les oueds du Sahel prennent leurs sources de l'Atlas tellien puis traversent la plaine de la Mitidja avant de déverser en mer. L'oued Mazafran est le plus important de la région, il influence la dynamique littorale de la plage de palm Beach-Azur. (LEM, 2006 in Al Sid Chikh, 2009). Possède un bassin versant de 1850km<sup>2</sup>. Il est formé des oueds Chiffa, Djer et Bouroumi et débouche dans la mer entre Douaouda et Zéralda. Ces apports dépendent étroitement du régime hydrologique de l'oued : long étiage (six mois), crues hivernale et printanière soudaines, fortes et de courte durée.



**Figure II.03 : Réseau hydrographique dans la baie de Bou-Ismaïl. (Hamdouni & Hammamouche, 2008)**

#### II.1.1.5. Condition météorologique

Les éléments fondamentaux du climat des pays du sahel sont l'irrégularité du régime et l'alternance de deux saisons nettement différentes. Le climat dans la zone de Zéralda est de type méditerranéen, caractérisé par un hiver humide et froid et un été sec et chaud. (Al Sid Chikh, 2009).

##### ➤ Précipitation

Les précipitations annuelles dans la région de Zéralda varient de 600 à 800 mm. On y distingue deux saisons :

- Une saison pluvieuse d'octobre à avril : les mois les plus pluvieux sont novembre et décembre, les pluies hivernales sont souvent courtes et intenses, affectant le débit des oueds. Les précipitations mensuelles sont comprises entre 60 et 110 mm.
- Une saison sèche du mois de mai au mois de septembre.

##### ➤ Températures

La répartition des valeurs de température permet de différencier une saison hivernale de novembre à avril (température moyenne entre 11 et 15°C, le minimum pendant le mois de janvier, 11°C) et une autre période estivale de mai à octobre (température moyenne entre 18 et 26°C, le maximum pendant le mois d'aout, 26°C).

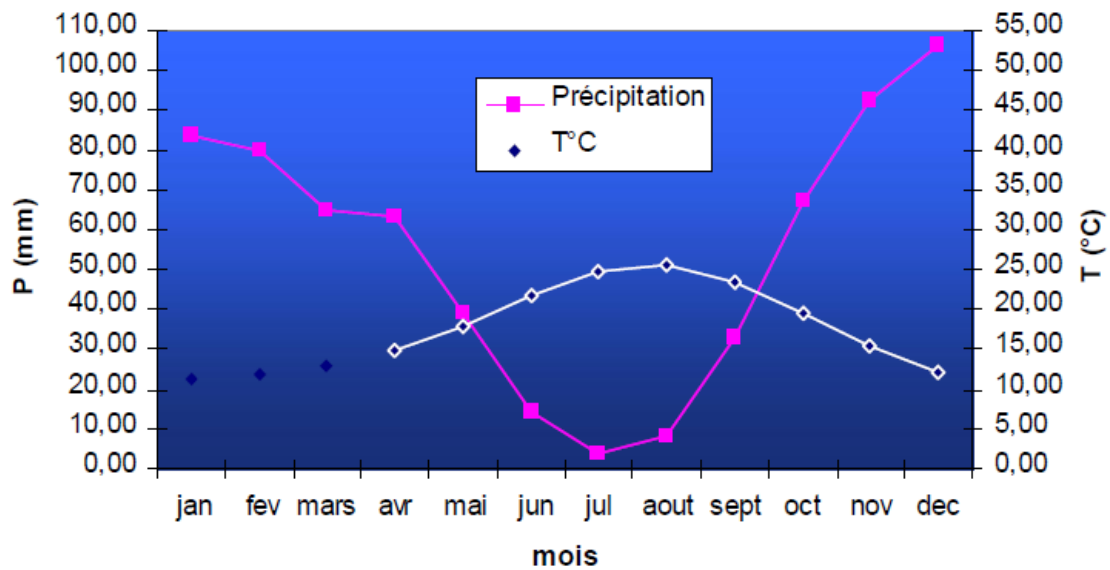


Figure II.04 : Statistiques des précipitations et de température dans la zone de Zéralda. (LEM, 2009 in Al Sid Chikh, 2009)

#### II.1.1.6. Facteurs hydrodynamiques

##### ➤ Houle

**Les houles hivernales :** Sont de direction Ouest et Nord-Ouest. Elles engendrent des courants de retour dès leurs arrivées perpendiculairement à la côte, ces courants entraînent le transport d'un sédiment fin.

**Les houles estivales :** Sont de direction Nord-Est, et entraînent une dérive littorale de l'Est vers le Sud-Ouest, dès leurs arrivées tangentiellément à la cote. (Haddouche, 2003).

##### ➤ Les courants

Les courants induits par la houle au large ou à la côte, sont à peu près les seuls à agir de façon active sur la sédimentation actuelle. (Caulet, 1972). Ce courant parallèle au rivage, qui se manifeste dans la zone de déferlement des vagues, joue un rôle essentiel dans le déplacement des sédiments le long de la côte et dans l'alimentation des plages en sable et en galets. Lorsque la houle arrive à la côte avec une incidence oblique, elle donne naissance à un courant de dérive littoral, la vitesse de celui-ci est maximale pour un angle d'incidence de 50° à 60°. (LEM, 2005 in Meguellati & Sraoui, 2012).

#### II.1.1.7. Etat de la pollution

La région de Bou Ismail est une zone à vocation touristique et agricole, sa frange côtière est soumise principalement aux rejets domestiques des villes et des complexes touristiques qui déversent directement en mer, sans aucun traitement au préalable dans la plupart des

cas. Ajoutant à cela les rejets des eaux usées véhiculées par les oueds qui traversent les centres urbains, drainant les eaux de ruissellement des terres agricoles, des effluents urbains et industriels dont les entreprises industrielles de plastique et de caoutchouc. De plus, les oueds entraînent vers la mer une partie des eaux usées de Blida et de la base centrale logistique de Beni-Mered au niveau de l'oued Macta Makhoulf (continuité de l'oued Beni-Azza) où déversent les eaux usées de la tanneries du moulin, d'une unité d'électro-glacé, une manufacture de mobilier métallique, d'une unité de transformation de plastique, d'industrie agroalimentaire ainsi que les eaux des ateliers de traitement de surface de la base logistique de Beni-Mered. A cela s'ajoute la pollution due à l'activité agricole et à l'activité de la pêche. (LEM, 1998 in Houma, 2007).

A tout ça s'ajoute la pollution issue des ouvrages portuaires existants dans la baie : Port de Pêche de Bou Haroun, Port de Pêche de Khemisti, Port de plaisance et abris de pêche de Tipaza, Abris de pêche d'El-Djemila, Port de plaisance de SidiFredj, Port de plaisance de Palm Beach.

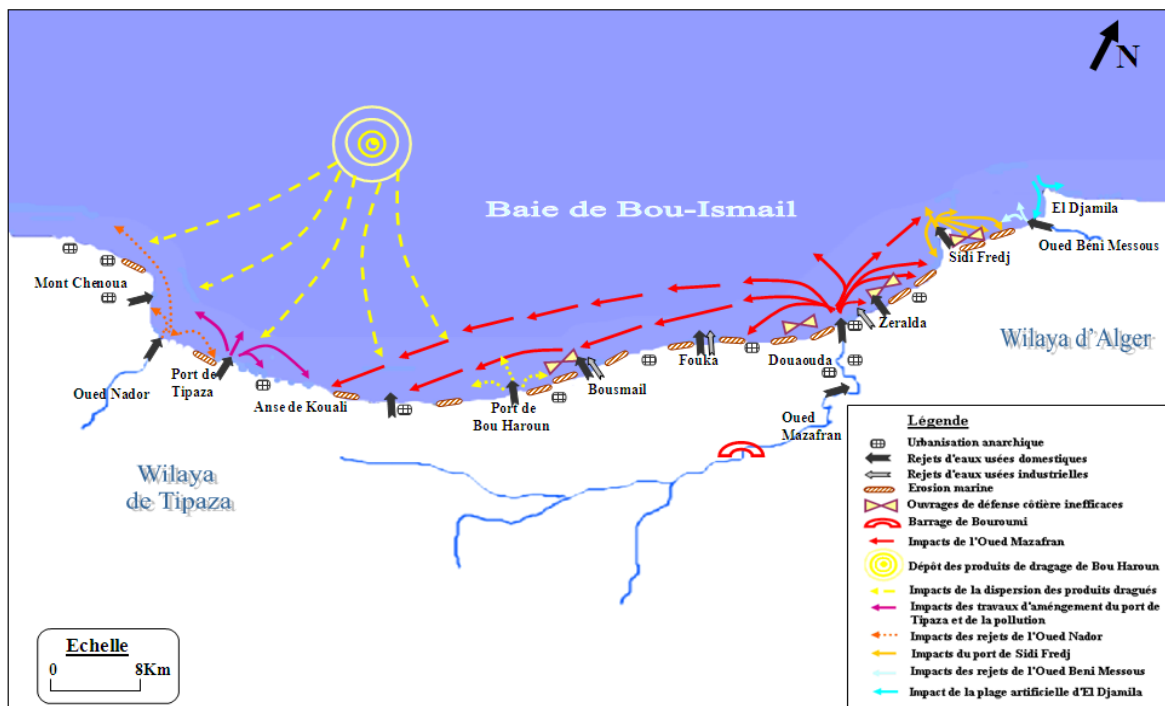


Figure II.05 : Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou Ismaïl. (Al Sid Chikh & al, 2009)

## II.2. Présentation de l'unité de dessalement de l'eau de mer : PALM BEACH

### II.2.1. Localisation géographique

L'unité de dessalement de l'eau de mer se situe dans la zone d'expansion touristique de Palm Beach, de la commune de Staouali, elle s'étend sur une superficie de 6100m<sup>2</sup> et elle est construite pour servir 16 660 personnes.

Elle fait partie d'un projet d'alimentation en eau potable de la région côtière algérienne dans le cadre de programme d'urgence des unités d'osmose inverse en 2002. (Benssenasse, 2006).

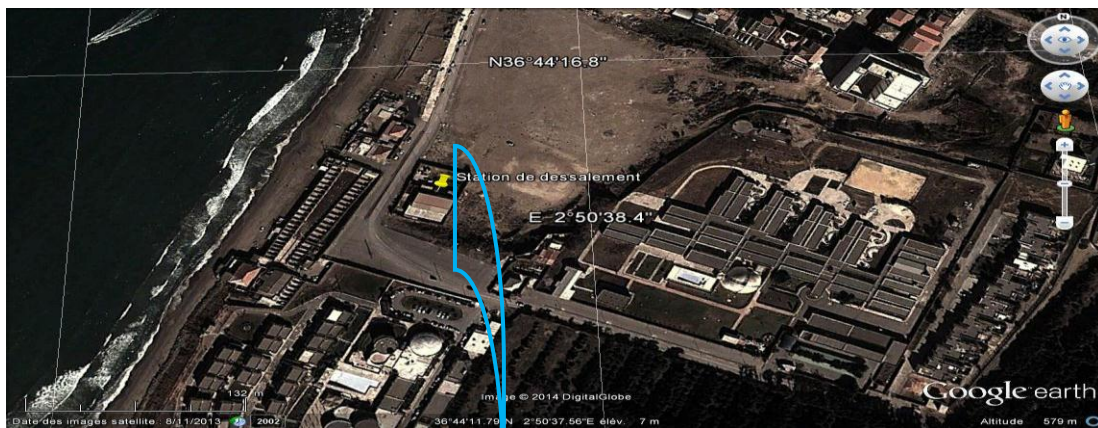


Figure II.06. Localisation de la station de Palm Beach (Google earth 2014)



Figure II.07. Vue générale de la station de dessalement de Palm Beach

### II.2.2. Caractéristique de la station de dessalement

L'unité de dessalement de Palm Beach a pour but de produire l'eau douce pour la consommation humaine avec une capacité de l'ordre de 2500 m<sup>3</sup> par jour. Cette dernière comprend une station de pompage des eaux brutes, des pompes d'alimentation à basse

pression, un décanteur lamellaire, 4 filtres à sable, 2 microfiltres, une pompe à haute pression, 4 module d'osmose inverse, un réservoir de stockage, un système de rejet de saumure et un système de dosage et d'injection des réactifs.

### II.2.3. Procédés de son fonctionnement

Le procédé de fonctionnement de la station de Palm Beach est l'osmose inverse, c'est un procédé de séparation de l'eau et des sels dissous au moyen de membranes semi-perméables sous l'action de la pression.

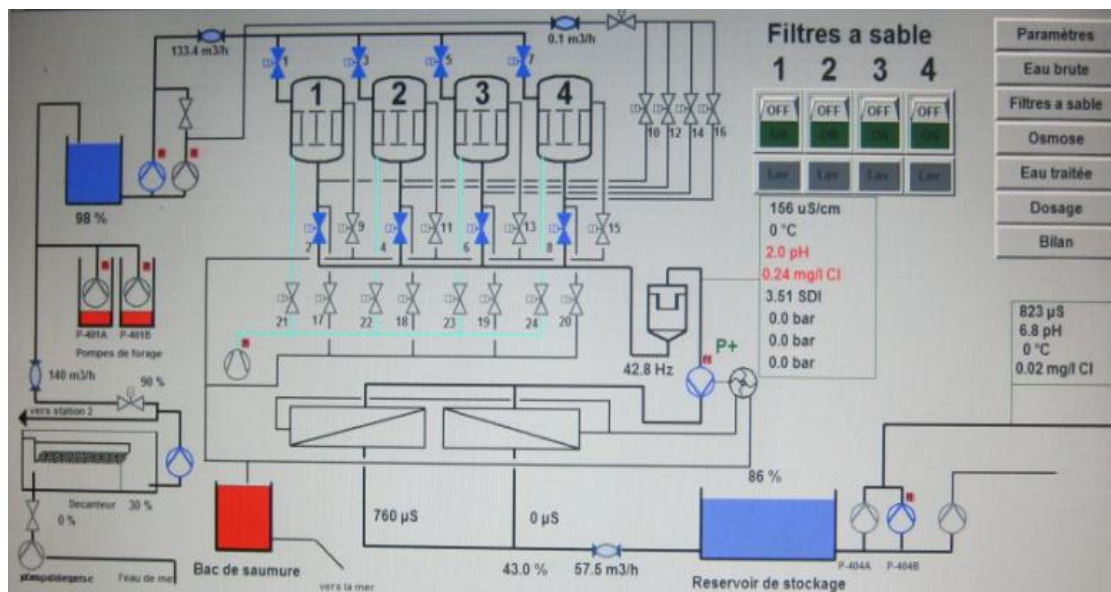


Figure II.08. Photographie de schéma général de la station de Palm Beach

#### II.2.3.1. Captage et pompage de l'eau brute

Dans ce cas, la prise d'eau faite en pleine mer à 400m se fait par un tuyau d'aspiration (Figure II.09) (annexe I) qui se termine par une crépine d'aspiration (Figure II.10) (annexe I) adaptée d'un diamètre de 500mm et sert à protéger le tuyau d'aspiration de ce colmaté par les algues ou les moules on lui injectant le chlore à partir de premier compartiment de décanteur. Le captage est effectué en zone profonde d'environ 7m, éloigné de la cote d'environ 400m, protégé des pollutions et des forts courants et non influencé par les rejets. La pression d'entrée de l'eau de mer est de 2 à 4 bars. (P.B.D.C.A.F, 2005).

**II.2.3.2. Prétraitement de l'eau brute**

Les principaux modes du prétraitement sont les suivants :

**a. La coagulation**

La coagulation est l'élimination des substances indésirables présente dans les eaux naturelles, qui possèdent une très petite taille (particules colloïdales causant la turbidité) et celles qui sont dissoutes (matières organiques causant la coloration de l'eau) par l'introduction des réactifs chimiques appelés coagulants directement dans la conduite alimentant le poste de filtration. (**Valiron, 1994**). Parmi ces coagulants on a les chlorures ferriques ( $\text{FeCl}_3$ ) (**Figure II.11**) (**annexe I**) (qui sont utilisés par la station d'étude).

**b. La floculation**

La floculation c'est l'agglomération des particules pour former des floes plus ou moins volumineux, est favorisée par une légère agitation hydraulique qui augmente les chances de rencontre des particules entre elles, mais aussi par l'injection d'un produit chimique « polymère » directement dans la conduite alimentant le poste de filtration. (**P.B.D.C.A.F, 2005**).

**c. La décantation**

L'ouvrage de décantation lamellaire est nécessaire pour que l'eau brute subisse une filtration directe. (**P.B.D.C.A.F, 2005**). Le décanteur utilisé dans la station de dessalement de Palm Beach est divisé en trois compartiments (**Figure II.12**) (**annexe I**) : le 1<sup>er</sup> compartiment contient de l'eau brute, le 2<sup>ème</sup> compartiment est caractérisé par des lamelles tubes ou modules hexagonaux selon un angle de 60° par rapport à l'horizon, il contient un système de purge hydrostatique (vannes à manchon automatique) et un 3<sup>ème</sup> compartiment qui contient de l'eau après décantation lamellaire.

**d. Filtration sur médias granuleux**

Le système de filtration de cette station comporte 4 filtres à sable (**Figure II.13**) (**annexe I**) et la filtration se fait sous pression d'environ 3 bars fournie par les pompes d'alimentation. Selon (**Valiron, 1994**), elle a pour but d'obtenir une clarification poussée de l'eau par l'élimination des dernières particules en suspension, des coliformes qui n'auront pu être retenues par le décanteur avec un choix de la granulométrie du milieu

filtrant (la hauteur de la couche, la vitesse de filtration) qui jouera un rôle fondamental sur l'efficacité de ce procédé.

#### e. Le conditionnement chimique

Après filtration à sable, des équipements de dosage font partie du prétraitement chimique appliqué à l'eau de mer avant l'entrée dans les membranes.

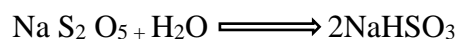
- **Traitement biocides**

Le biocide le plus couramment utilisé est le chlore, soit sous forme de granulés (hypochlorite de calcium), soit sous forme liquide (hypochlorite de sodium). Dans le cas de notre station elle utilise la forme granulée, qu'elle injecte en amont pour qu'il ait le temps de réagir sur les matières biologiques et la dose de chlore à introduire est celle qui permet d'obtenir un résiduel de chlore en sortie de bassin de contact, sachant que l'eau de mer contient des bromures qui vont réagir rapidement avec l'acide hypochloreux pour former de l'acide hypobromeux et qu'il subsiste 83% alors que l'hypochloreux subsiste 28%. **(P.B.D.C.A.F, 2005).**



- **Dechloration**

Pour ne pas dégrader les membranes il faut éliminer toute trace d'oxydants. Cela s'effectue à l'aide de métabisulfite de sodium ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ ). Ce produit en poudre, mélangé à l'eau pour obtenir une solution injectable, se transforme en bisulfite de sodium suivant la réaction :



Le bisulfite de sodium réagit sur l'acide hypobromeux suivant la réaction :



On constate donc qu'il y a formation d'acide bromique et de bisulfite de sodium qui vont acidifier l'eau alors s'affranchir de l'acidification, il injecte l'acide sulfurique, pour protéger les membranes contre les précipitations de carbonate de calcium. **(P.B.D.C.A.F, 2005).**

- **Acidification et injection de séquestrant**

L'acidification (l'acide sulfurique) et l'injection de séquestrant (polymère) ont pour but d'éviter la précipitation des sels normalement dissous dans la zone d'alimentation si leur concentration dépasse leur produit de solubilité. **(P.B.D.C.A.F, 2005).**

**II.2.3.3. Equipement de l'osmose inverse****a. Microfiltration**

L'usine compte deux microfiltres en cartouche (**figure II.14**) (**annexe I**). Les microfiltres qui ont pour objectif de retenir les particules qui peuvent être entraînées par l'eau filtrée ou par les produits de conditionnement, pour protéger les pompes de haute pression et les membranes d'osmose inverse. (**Tahraoui & al, 2010**).

**b. Pompe haute pression**

L'usine compte une seule pompe à haute pression (**figure II.15**) (**annexe I**). Elle alimente les quatre lignes de production de l'eau dessalée par l'osmose inverse. (**Cherif, 2000**).

**c. Système de membranes d'osmose inverse**

Le système d'osmose inverse comporte quatre lignes indépendantes (**figure II.16**) (**annexe I**). Les membranes d'osmose inverse ont pour but de réduire la concentration en sels dissous de l'eau, et ces membranes destinées à la production d'eau douce à partir d'eau de mer ont un pouvoir d'élimination des sels dissous de 99% environ. (**P.B.D.C.A.F, 2005**).

**II.2.3.4. Poste traitement**

La **figure II.17** (**annexe I**) montre que l'étape de poste traitement comporte deux phases principales.

**a. Ajustement du pH**

L'eau produite par osmose inverse est agressive, son pH est inférieur au pH de saturation. La correction de pH se fait par l'injection de la chaux ( $\text{CaOH}_2$ ) en aval du système d'osmose inverse pour une dernière correction du pH. (**Cherif, 2000**). Cette neutralisation a pour but d'éviter les problèmes liés au  $\text{CO}_2$  dissous dans l'eau pour obtenir une eau ni agressive, ni incrustante. (**P.B.D.C.A.F, 2005**). Car elle présente de multiples inconvénients par exemples : elle peut provoquer le saturnisme chez les consommateurs ; d'autre part, elle contrarie le développement osseux des organismes jeunes (**Bonnin, 1986**).

**b. Poste chloration**

Bien que le perméat soit d'une qualité bactériologique excellente, il est nécessaire de le désinfecter avant distribution par l'injection de chlore, pour protéger l'eau contre toute pollution ultérieure lors de son stockage, de sa distribution, de pallier à toute fuite au niveau des membranes, qui pourrait apporter des éléments indésirables (bactéries, virus...) et d'oxyder les polluants pouvant être apportés par l'injection des produits chimiques. (**P.B.D.C.A.F, 2005**).

MATÉRIEL ET  
MÉTHODES

III

Cette partie est réservée à la description de la méthodologie adoptée ; la méthodologie mise au point s'articule autour des aspects suivants :

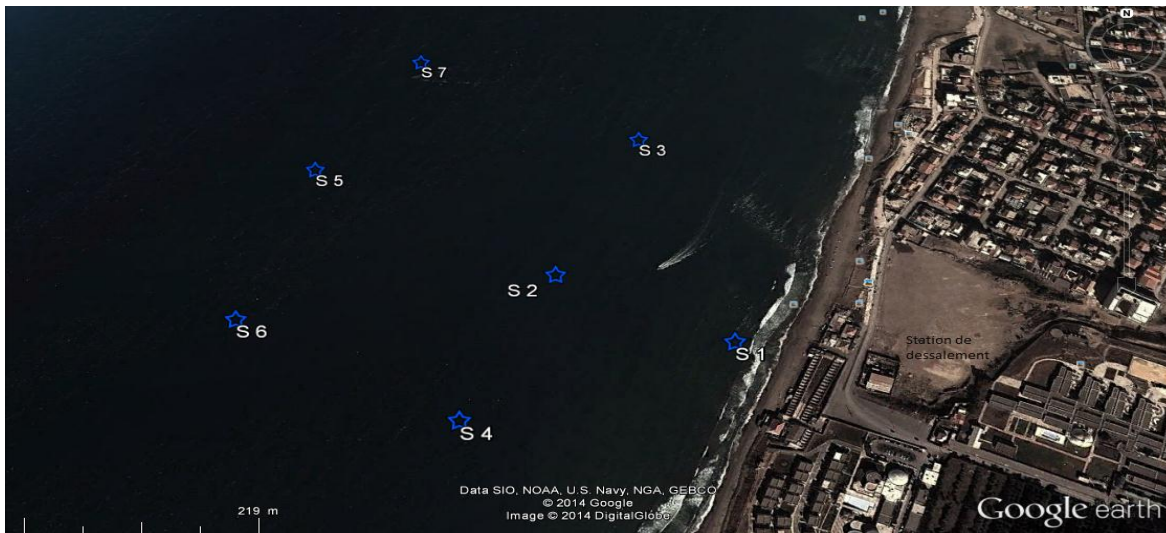
- Analyse physico-chimique et bactériologique de l'eau.
- Etude des peuplements phytoplanctoniques.
- Dosage de la chlorophylle.

Les matériels et les modes opératoires utilisés pour effectuer ces analyses sont mentionnés dans les annexes III et IV respectivement.

### III.1. Choix et localisation des stations de prélèvement

Dans le cadre de l'évaluation du degré de contamination de la plage de Palm Beach par le rejet de la station de dessalement de Palm Beach, nous avons réalisé sept prélèvements dans différents stations. Ces stations ont été choisies en fonction de la direction de rejet, une à partir de rejet et six en mer (deux stations à l'est, deux au centre et deux à l'ouest du rejet), la distance entre les stations était d'environ 300m. Les prélèvements ont été effectués entre 12h et 14h à bord d'une embarcation. Deux missions de prélèvements ont été effectuée (25/05/2014 et 23/06/2014).

La figure 01 illustre bien la position des sept stations :



**Figure III.01 : Localisation des stations de prélèvement d'eau de mer (Google earth 2014).**

Les points de prélèvements sont illustrés conformément à la figure III.02 :

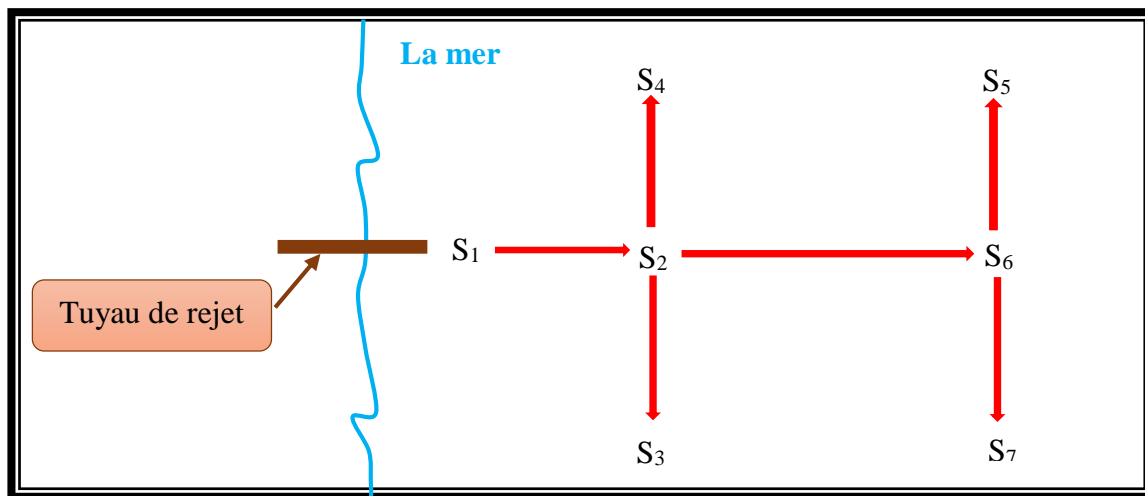


Figure III.02 : Représentation des points de prélèvements

### III.2. Travaux effectués en mer

Deux missions de prélèvements ont été effectuées (**25/05/2014** et **23/06/2014**) à bord d'une embarcation.

#### III.2.1. Prélèvement d'eau de mer

Les récoltes d'eau destinées à l'étude microscopique du phytoplancton ont été réalisées avec des prélèvements d'eau de surface dans des bouteilles en polyéthylène téréphtalate de 500 ml. La fixation des échantillons a été réalisée immédiatement après leur prélèvement. Le fixateur utilisé est le lugol. Les échantillons sont conservés à l'obscurité.

On a utilisé des bouteilles en polyéthylène de 250 ml pour les prélèvements destinées aux analyses physicochimiques. Lors du prélèvement, chaque flacon est rincé deux fois avec l'eau de l'échantillon avant son remplissage.

Pour les prélèvements destinés aux analyses microbiologiques, on a utilisé des flacons en verre de 500 ml. Ces flacons ont été préalablement stérilisés à la chaleur humide dans un autoclave pendant 20 min à 120°C.

#### III.2.2. Mesures in situ

##### a. Mesure de la salinité / conductivité

Mesure de la salinité et de la conductivité est effectuée à l'aide d'un conductimètre marque (WTW 315 i/Set) (**Figure III.03**) (**annexe III**). La sonde est plongée dans l'échantillon et les valeurs s'affichent en PSU pour la salinité et en ms/cm pour la conductivité.

**b. Mesure du potentiel d'hydrogène**

Le pH de l'eau est mesuré par la méthode électrochimique à l'aide d'un pH-mètre de terrain de marque (WTW type 315 i/S) (**Figure III.04**) (**annexe III**). L'électrode en verre, rincée après chaque manipulation avec l'eau distillée et légèrement essuyée est immédiatement plongée dans les flacons d'échantillon.

**c. Mesure d'oxygène dissous**

L'oxygène dissous est mesurée par la méthode électrochimique à l'aide d'un oxymètre de terrain de marque (Oxi/ WTW 197) (**Figure III.05**) (**annexe III**). La sonde est plongée dans l'échantillon et les valeurs s'affichant en mg/l.

**d. Mesure de turbidité**

La turbidité est mesurée in-situ à l'aide d'un turbidimètre de terrain préalablement calibré de la marque Lovibond® modèle TurbiDirect (**Figure III.06**) (**annexe III**). La turbidité est donnée en NTU (Nephelemetric Turbidity Unit).

L'eau de l'échantillon est remplie dans la cellule fournie avec l'appareil et elle est introduite dans son emplacement dédié, l'appareil affiche ensuite la valeur de la turbidité après un bref temps de lecture. La cellule doit être conditionnée par un simple rinçage avec l'eau échantillonnée pour minimiser toute erreur de lecture.

**III.3. Travaux effectués au laboratoire****III.3.1. Analyse physico-chimiques****III.3.1.1. Mesure de la matière en suspension (MES)****a. Principe de la méthode de mesure**

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

**III.3.1.2. La matière organique (MOP)****a. Principe de la méthode de mesure**

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

### III.3.2. Analyse des sels nutritifs

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs (ammonium, nitrites, nitrates, orthophosphates et silicates) est basée sur une réaction de coloration à flux continu sur une chaîne automatisée « **Auto Analyser San Plus** » S.F.A.S troisième génération (**Figure III.07**) (**annexe III**) selon le protocole décrit par le constructeur SKALAR (**Annexe II**).

#### a. Principe de dosage des sels nutritifs.

Le principe de dosage des sels nutritifs est basé sur une réaction de coloration. En effet ces sels réagissent dans certaines conditions ( $T^\circ$ , C, pH, Catalyseur ...) avec des réactifs spécifiques pour donner naissance à une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'ondes ( $\lambda$ ). L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration, de même ce dernier est d'autant plus importante que la solution est concentrée en sel dosé. La colorimétrie est basée sur la loi de Beer-Lambert qui est exprimée par l'expression suivante :

$$A = D.O = \text{Log} (I/I_0) = \epsilon \cdot I \cdot C$$

**I<sub>0</sub>** : Intensité lumineuse incidente.

**I** : Intensité lumineuse émergente.

**$\epsilon$**  : Coefficient d'extinction molaire.

**C** : Concentration de la solution absorbante en mol/l.

**A** : Absorbance de la solution.

**D.O** : Densité optique de la solution.

### III.3.3. Dosage de la chlorophylle *a* par spectrophotométrie

L'étude de la concentration en chlorophylle *a* a été déterminée selon la méthode spectrophotométrie par l'extraction au méthanol et mesure monochromatique, dite méthode de Lorezen modifier (1967) selon le protocole de Holm-Hasen et Riemann (1978).

#### a. Principe de la méthode de dosage

Après filtration d'un certain volume d'eau de mer pour concentrer les pigments sur un filtre GF/C (filtre préalablement calcinées à 450 °c), le filtre est immergé dans un solvant méthanol purs qui assure l'extraction des pigments, puis on mesure l'absorbance à deux longueurs d'onde, avant et après acidification. (**Aminot & Chaussepied, 1983**).

**III.3.4. Le phytoplancton**

Les analyses phytoplanctoniques ont été effectuées au laboratoire de CNRDPA par la méthode classique d'Utermöhl (1958).

**a. Comptage des cellules phytoplanctoniques**

La microscopie est une technique classique de dénombrement des microalgues. La principale critique faite à cette méthode est le temps nécessaire à l'analyse des échantillons (**Garibotti & al, 2003 in Jacquet, 2005**). Le comptage du phytoplancton a été fait sur toute la cuve.

**b. Identification des espèces phytoplanctoniques**

Les identifications ont été faites, avec un microscope inversé, après sa sédimentation, la détermination des espèces phytoplanctoniques a été réalisée en utilisant les ouvrages suivants : **Boni & al (2005) ; Carmelo & Tomas (1997) ; Ricard (1987) ; Kazumis & Yasuwo (2000) ; Cupp (1977) ; Peraguallo (1965) ; Nezan & al (1997)**.

**III.3.5. Analyse statistique des données acquises**

La principale méthode statistique multi variée utilisée dans ce travail s'appuie sur l'analyse en composantes principales (ACP).

**III.3.5.1. Matrice de corrélation**

La matrice des corrélations est tout simplement la matrice des coefficients de corrélation calculés sur plusieurs variables prises deux à deux. En général, il s'agit des coefficients de corrélation linéaire de Pearson. C'est donc aussi la matrice des variances-covariances de variables réduites. La matrice est évidemment symétrique et sa diagonale est constituée de 1 puisque la corrélation d'une variable avec elle-même est parfaite. Donc, sa trace est égale au nombre de variables.

**III.3.5.2. Analyse en composantes principales (ACP)**

L'ACP s'applique à des matrices de corrélation. Le principe de cette analyse est de créer, à partir de combinaisons linéaires des variables initiales, de nouvelles variables synthétiques non corrélées entre elles et de variance décroissante appelées composantes principales de manière à minimiser la perte d'information lors de la réduction de dimension, c'est-à-dire de maximiser la variance totale. L'Analyse en composante principale est très utilisée pour la description des caractéristiques physico-chimique. Le logiciel statistica 6 a permis de réaliser et donner la représentation graphique d'analyse multi-variée d'ACP et de la matrice de corrélation.

### III.3.6. Analyse microbiologique

L'objectif de l'analyse bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celles qui sont susceptibles d'être pathogènes, soit celles qui les accompagnent et qui sont par leur présence indicatrices d'une contamination fécale et donc des maladies associées à la contamination fécale. (**Rodier & al, 2009**).

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au laboratoire de microbiologie de CNRDPA par la technique de filtration sur membrane, la méthode de filtration sur membrane consiste à recueillir, sur une membrane stérile un volume donné de produit à analyser (eau usée, eau de consommation, et l'eau de mer), la membrane est ensuite déposée sur un milieu nutritif convenable ; après incubation, les colonies sont dénombrer et identifier.

#### III.3.6.1. Recherche et dénombrement des Coliformes totaux et Coliformes thermotolérants «fécaux»

##### ➤ Principe :

Après filtration de l'eau à étudier, la membrane est déposée sur un milieu gélosé approprié. Ceci permet aux colonies de coliformes de se développer préférentiellement au cours d'une incubation durant 24 à 48 h pour la recherche des coliformes totaux à 37°C et à 44°C pour les coliformes thermotolérants. (**Rejsek, 2002**).

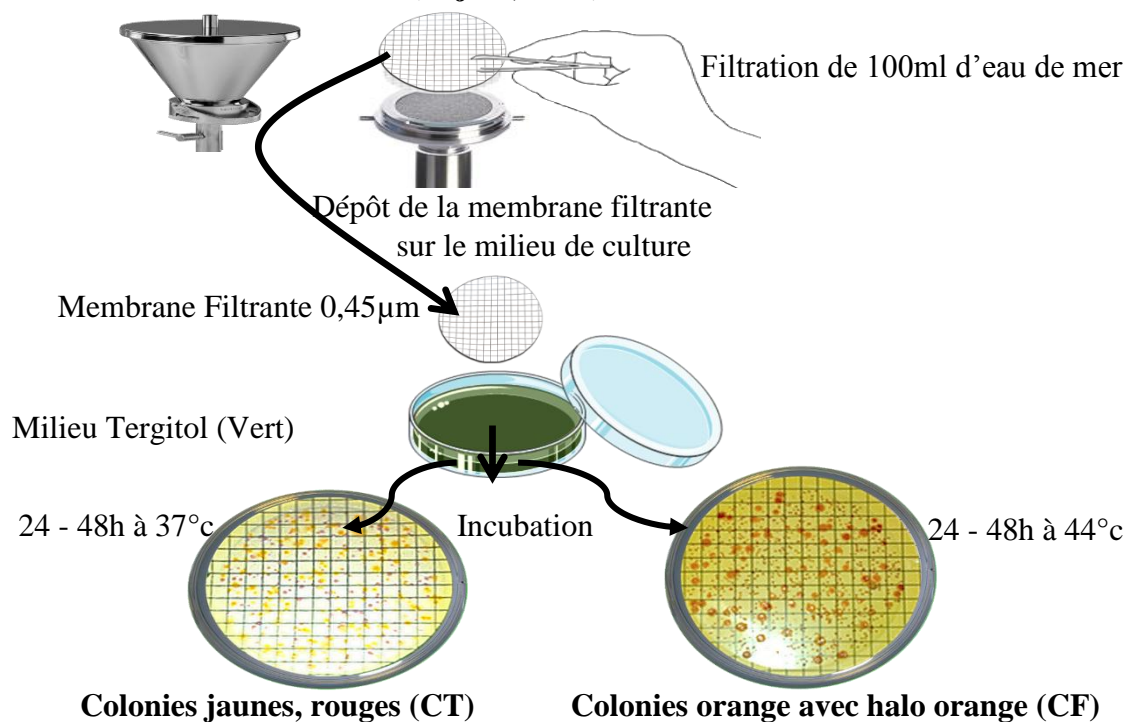
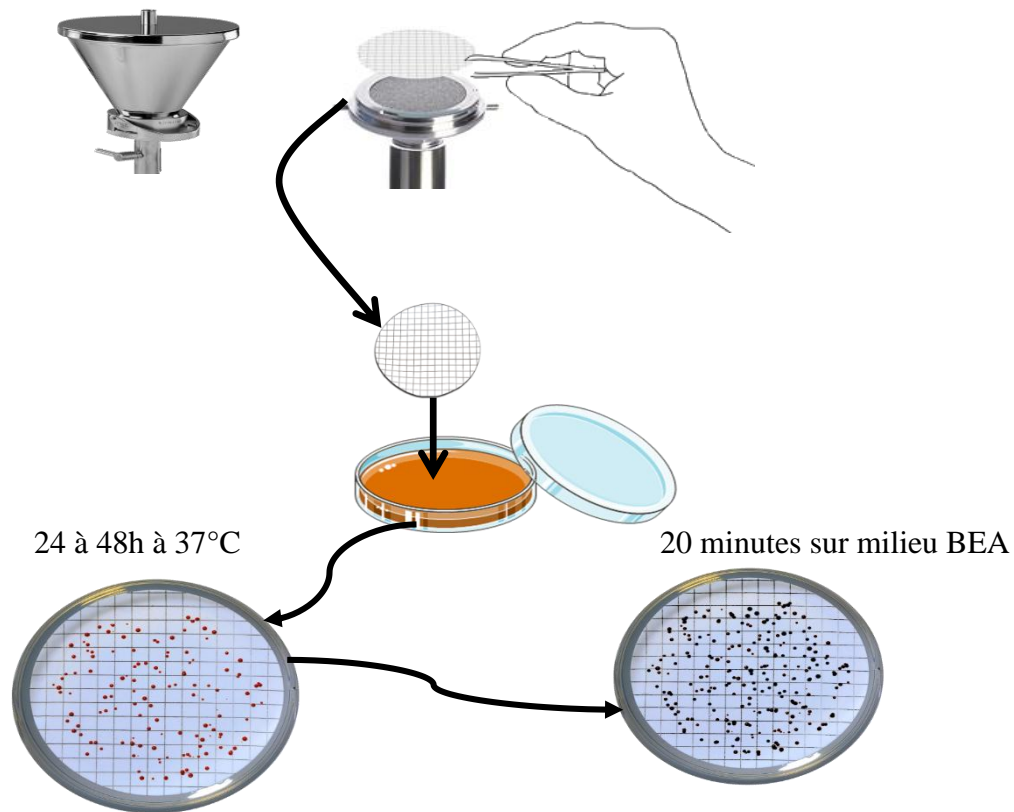


Figure III.08 : Méthode de dénombrement des coliformes totaux, thermotolérants

**III.3.6.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux****➤ Principe :**

Après filtration de l'eau à étudier, deux tests sont effectués. Le premier est présomptif et réalisé sur le milieu de Slanetz et Bartley. Le second est confirmatif et réalisé sur gélose BEA.



**Test Présomptif : Colonies rouges**

**Test Confirmatif : Colonies noires**

**Figure III.9 : Méthode de dénombrement des streptocoques fécaux**

# RÉSULTATS ET DISCUSSION

# IV

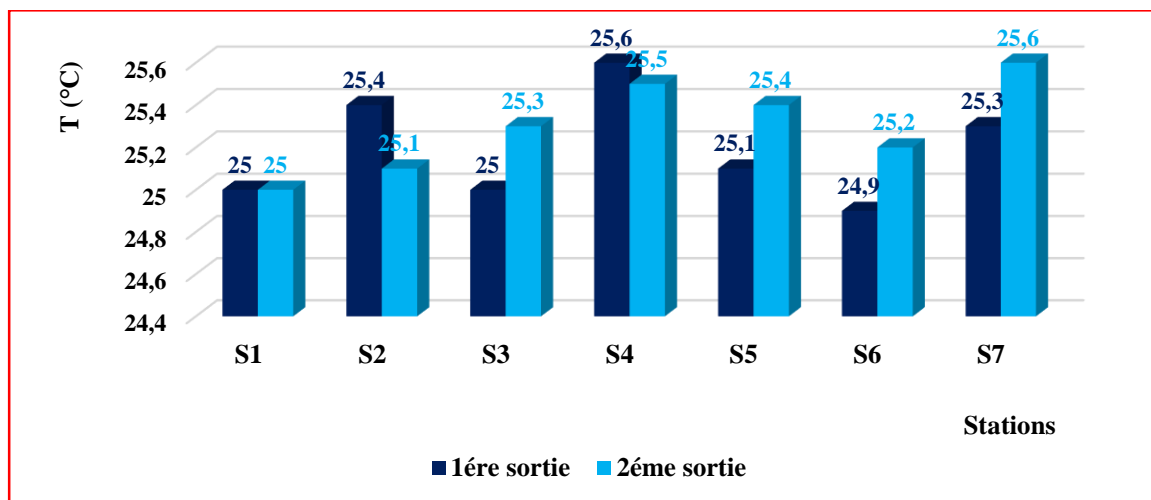
---

### IV.1.Variation des paramètres physico-chimiques

Les valeurs des paramètres physico-chimiques de l'eau mesurés in situ sont représentées dans le tableau (IV.01) (annexe IV), sous forme des valeurs moyennes et extrêmes.

#### IV.1.1.Température

Les valeurs relatives de température durant la 1<sup>ère</sup> sortie sont incluses dans l'intervalle de [24.9-25.6°C], avec une moyenne de 25.18°C et un écarte type de 0.25°C. Et durant la 2<sup>ème</sup> sorite elles sont incluses dans l'intervalle de [25-25.6°C], avec une moyenne de 25.3°C et un écarte type de 0.21°C.

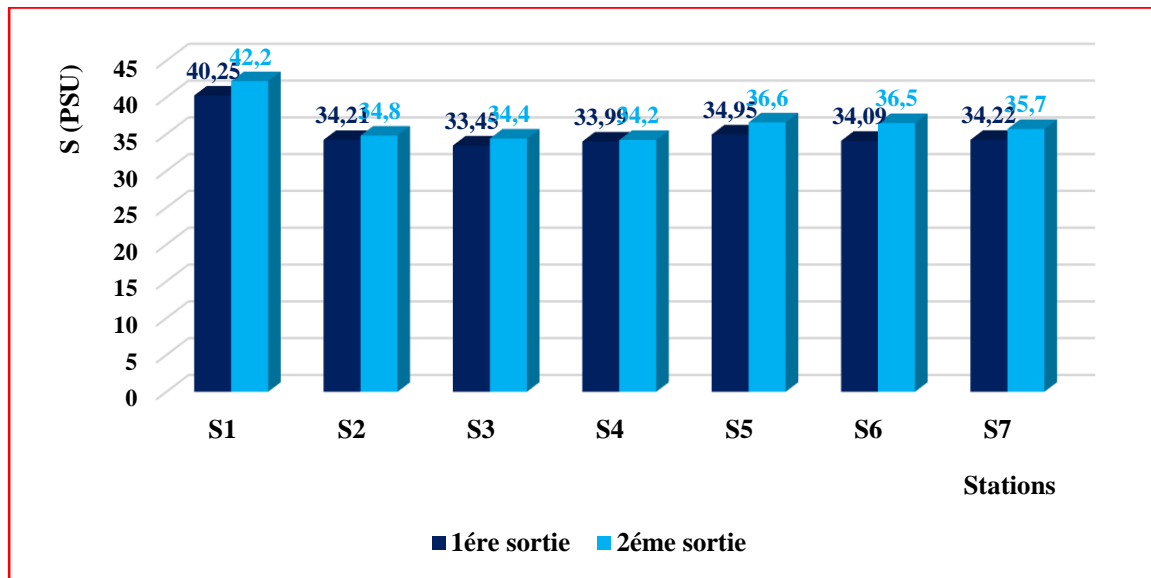


**Figure IV.01 : Variation de la température en fonction des stations**

Les résultats obtenus sont dans les normes et cette légère différence est liée aux conditions météorologiques car la couche superficielle est soumise à l'influence directe de la température de l'air et aucun rejet thermique n'est présent dans la zone d'étude. Alors, d'une manière générale, les valeurs obtenues sont saisonnières et restent inférieures aux normes algériennes (inférieures à 30°C), (JORA, 2006).

#### IV.1.2.Salinité

L'interprétation des résultats de la figure IV.02 montre que la salinité des eaux est comprise entre 33.45 et 40.25 PSU comme valeurs extrêmes minimales et maximales marquées respectivement et avec une moyenne de 35.02PSU et un écarte type de 2.34PSU lors de la 1<sup>ère</sup> sortie. Et elles sont comprises entre 34.2 et 42.2PSU comme valeurs extrêmes minimales et maximales marquées respectivement et avec une moyenne de 36.34PSU et un écarte type de 2.75PSU lors de la 2<sup>ème</sup> sortie.

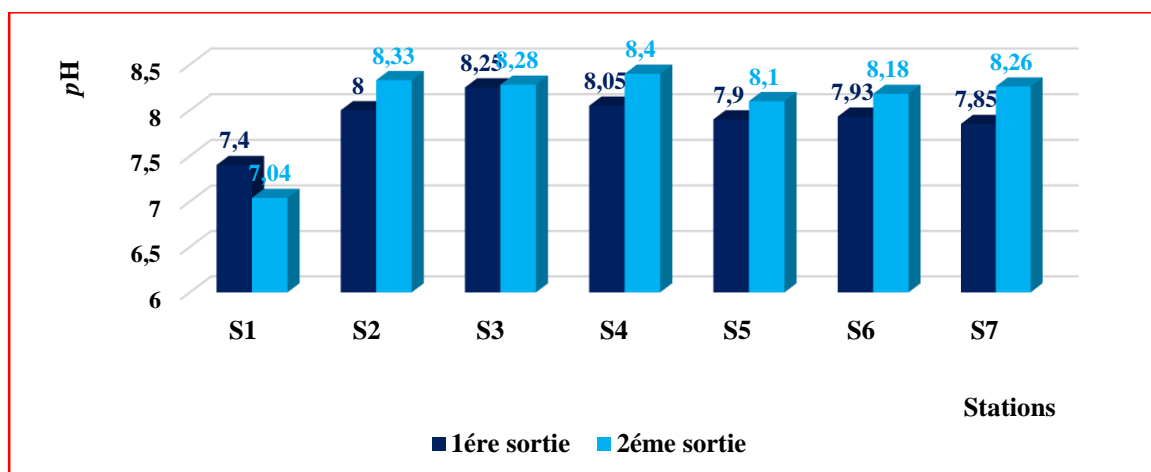


**Figure IV.02 : Variation de la salinité en fonction des stations**

En effet l'augmentation de la salinité au niveau de la station qui se trouve à proximité de rejet de la station de dessalement trouvera son explication du fait que cette dernière rejette de la saumure en mer. Cependant, les valeurs de la salinité s'atténuent rapidement en s'éloignant de rejet, cela peut être dû à un mélange qui est engendré par les courants dans cette zone et aussi parce qu'on s'éloigne de l'influence des eaux salées.

#### IV.1.3. pH

Les valeurs de  $pH$  lors de la 1<sup>ère</sup> sortie sont comprises entre 7.4 et 9.73 avec une moyenne de 8.16 et un écart type de 0,73 et lors de la 2<sup>ème</sup> sortie la valeur moyen de  $pH$  a été de 8.08 avec un écart-type de 0,47, un minimum de 7.04 et un maximum de 8.4.

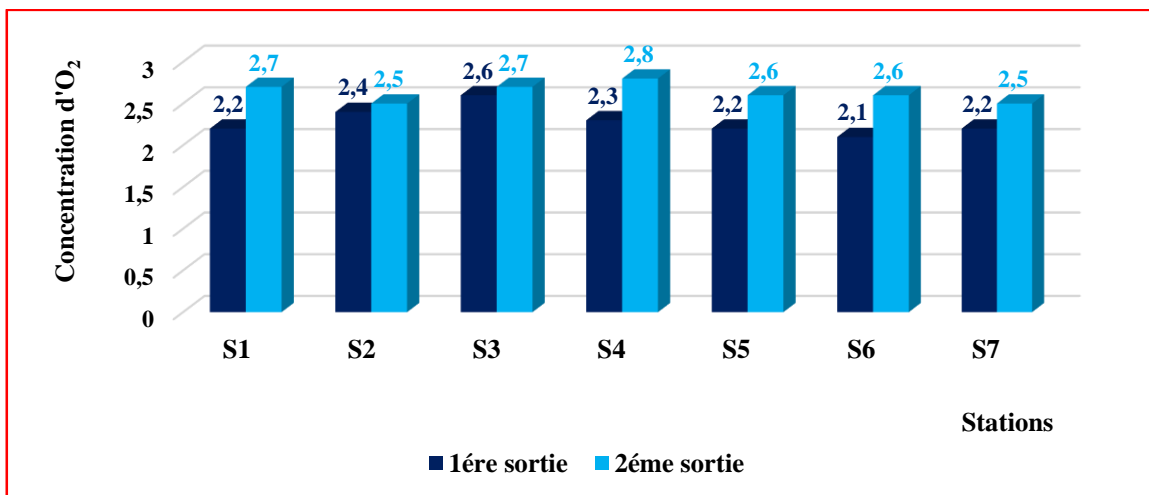


**Figure IV.03 : Variation des valeurs de pH en fonction des stations**

L'analyse des résultats du  $pH$  mesurée sont généralement neutres à légèrement alcalines et oscillent entre 7.02 comme valeur minimale et 8.4 comme valeur maximale. Ces valeurs moyennes du  $pH$  sont plus ou moins homogènes sur l'ensemble des stations. Cependant les valeurs les plus faibles mais qui restent conforme aux normes algériennes, sont observées au voisinage de rejet est due probablement aux apports des produits chimiques rejetés par l'unité de dessalement comme la chaux ( $CaOH_2$ ).

#### IV.1.4. Oxygène dissous

Les teneurs en oxygène dissous dans les eaux superficielles sont comprises entre 2.1 mg/l (valeur minimale) et 2.6 mg/l (teneur maximal) avec une moyenne de 2.28 mg/l et un écart type de 0.16 mg/l lors de la 1<sup>ère</sup> sortie et lors de la 2<sup>ème</sup> sortie les teneurs sont entre 2.5 mg/l (valeur minimale) et 2.8 mg/l (teneur maximal) avec une moyenne de 2.62 mg/l et un écart type de 0.11 mg/l.

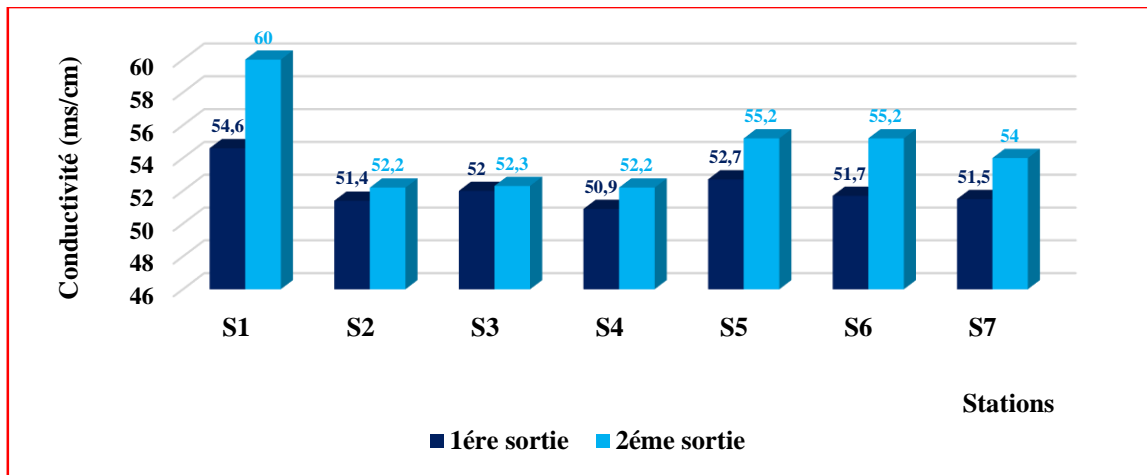


**Figure IV.04 : Variation des valeurs de l'oxygène dissous en fonction des stations**

Lors de notre étude, nous avons enregistré au niveau de différentes stations des concentrations faible en oxygène dissous. Ces valeurs sont probablement liées à l'augmentation de la salinité marquée au niveau de site d'étude parce que la dissolution d' $O_2$  dans l'eau de mer dépend de la température et de la salinité. (Aminot & Chaussepied, 1983). Elle peut être également s'explique par l'utilisation des produits chimiques telle que le bisulfite de sodium ( $Na_2S_2O_5$ ) qui pourrait réduire l' $O_2$  dans les rejets saumure.

### IV.1.5. Conductivité

Avec une moyenne de 52.11 ms/cm et un écarte type 1.22 ms/cm, les valeurs de la conductivité varient entre un minimum de 50.9 ms/cm au niveau de la station S<sub>4</sub> et un maximum de 54.6 ms/cm au niveau de la station S<sub>1</sub> et cela lors de la 1<sup>ère</sup> sortie, alors que ces variations se situent entre 52.2 et 60 ms/cm avec une moyenne de 54.44 ms/cm lors de 2<sup>ème</sup> sortie.



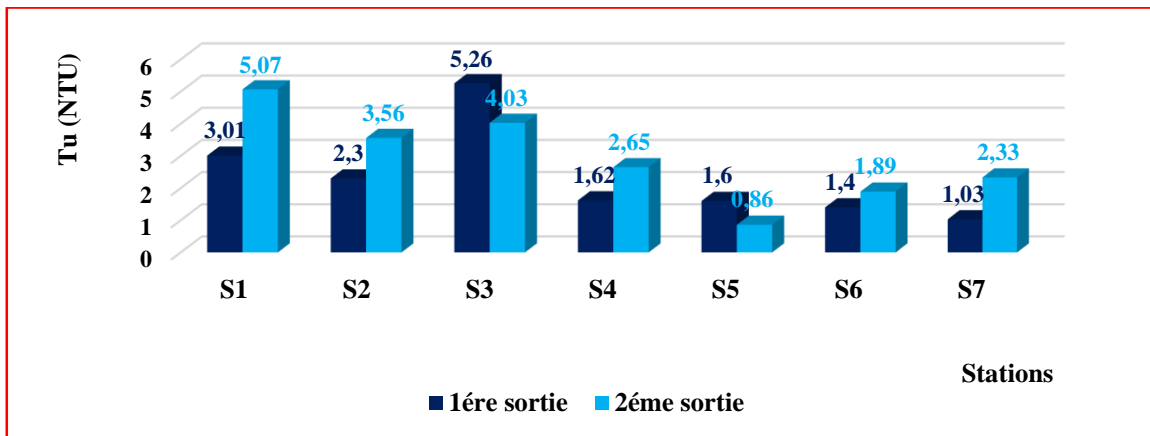
**Figure IV.05 : Variation des valeurs de la conductivité en fonction des stations**

Il ressort de ces résultats que, les valeurs élevées enregistrées au niveau de ces différentes stations ont pour origine l'influence des eaux marines fortement chargées en sels minéraux. La conductivité de l'eau de mer est très élevée en raison de la forte concentration en sels dissous (Aminot & Kérouel, 2004), du fait qu'elle permet d'évaluer la charge totale en électrolytes d'une eau (Ramade, 2000).

## IV.2. Les paramètres indicateurs de pollution

### IV.2.1. Turbidité

Les valeurs de turbidité sont comprises entre 1.03NTU et 5.26 NTU avec une moyenne de 2.31NTU et un écarte type de 1,45NTU lors de la 1<sup>ère</sup> sortie et lors de la 2<sup>ème</sup> sortie la mesure de la turbidité est comprise entre 0.86NTU et 5.07 NTU avec une moyenne de 2.91NTU et un écarte type de 1.41NTU. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au niveau de la station S<sub>3</sub> pour la 1<sup>ère</sup> sortie et pour la 2<sup>ème</sup> sortie elle est au niveau de S<sub>1</sub>.

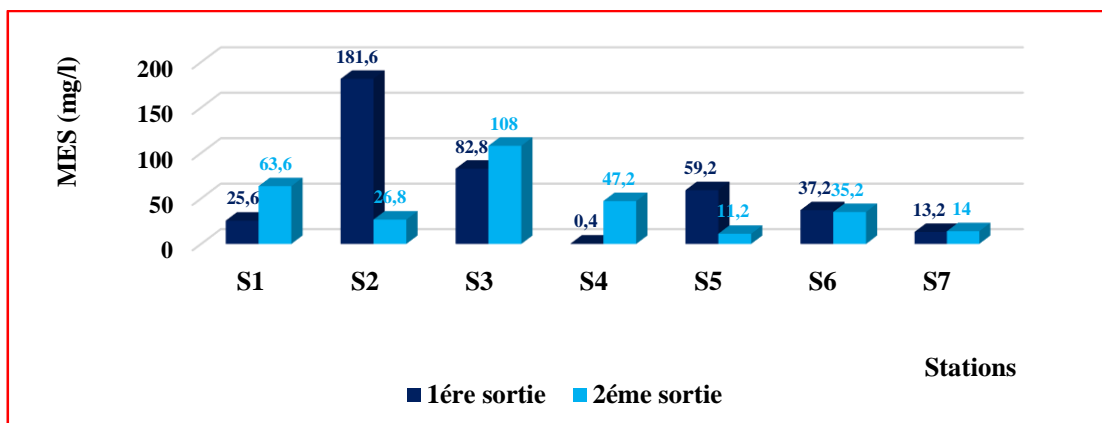


**Figure IV.06 : Variation des valeurs de la turbidité en fonction des stations**

Les résultats obtenus (figure IV.06) ont révélé des teneurs faibles en turbidité au niveau des différentes stations étudiés. Et la valeur maximale enregistrée lors de la 2<sup>ème</sup> sortie au niveau de S<sub>1</sub> est due probablement à l'utilisation du chlorure ferrique par la station de dessalement et qui peut affecter la couleur de la saumure et réduit partiellement la pénétration de la lumière. Tandis que la valeur maximale observée lors de la 1<sup>ère</sup> sortie au niveau de S<sub>3</sub> peut s'expliquer par le brassage de fond qu'a fait remonter le sédiment et d'ailleurs nous pouvions voir que l'eau avait pris la couleur du sable à cause de la présence des activités de construction d'une digue.

#### IV.2.2. Matières en suspension

Les valeurs de la matière en suspension lors de la 1<sup>ère</sup> sortie varient entre 0.4 et 181,6 mg/l avec une valeur moyenne de 57.14 mg/l et un écart type de 61.50 et lors de la 2<sup>ème</sup> sortie les valeurs varient entre 11.2 et 108 mg/l avec une moyenne de 43.71mg/l et un écart type de 33.76mg/l.

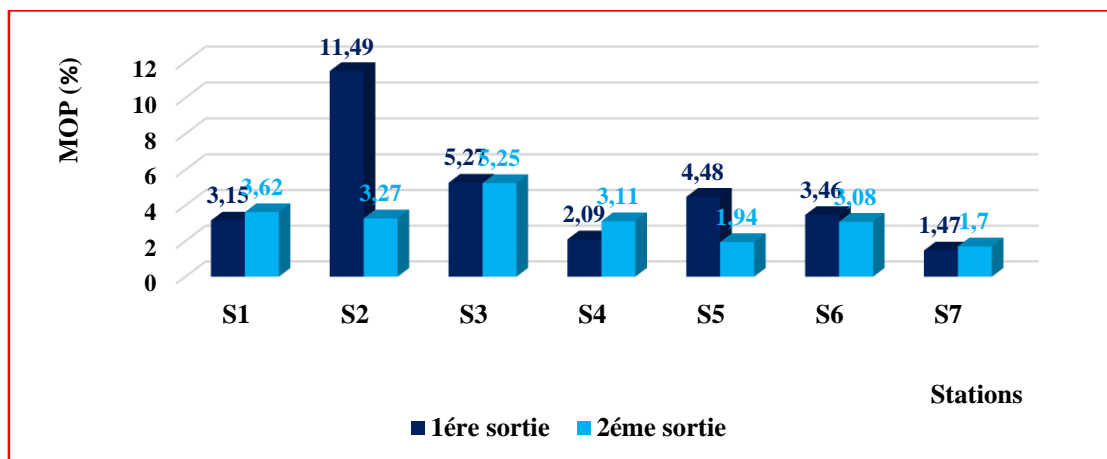


**Figure IV.07 : Variation des valeurs des MES en fonction des stations**

L'analyse des résultats (figure IV.07), montre que les teneurs en matière en suspension changeant énormément au cours de la période d'étude. Ce changement est marqué par des concentrations élevées qu'ont été observés au niveau des stations situées en face et à l'Est de rejet ceci peut être expliqué par la remise en suspension de sédiment causée par la construction de la digue. Par contre, la valeur minimale (0.4mg/l) qu'a été notée au niveau de la station S<sub>4</sub>. Elle est située à l'ouest de rejet et à l'abri de la sédimentation qu'est soumise à l'effet de l'agitation.

### IV.2.3. Matière organique particulaire

Lors de la 1<sup>ère</sup> sortie les pourcentages de la matière organique particulaire varient entre un minimum de 1.47% et un maximum de 11.49 % avec une moyenne de 4.48% et un écart-type de 3.35% et lors de la 2<sup>ème</sup> sortie les pourcentages varient entre un minimum de 1.7% et un maximum de 5.25% avec une moyenne de 3.13% et un écart-type de 1.17%.



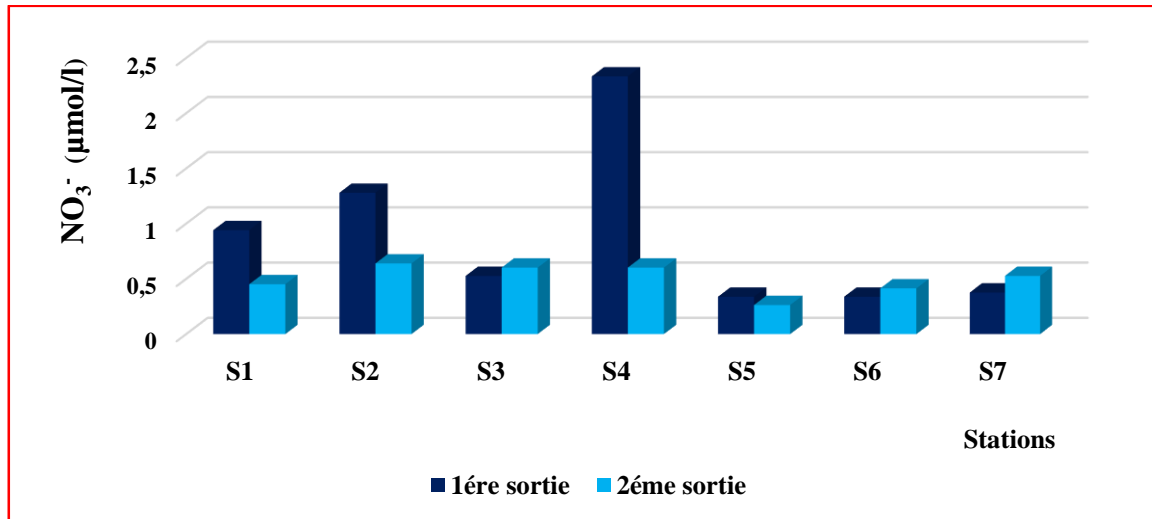
**Figure IV.08 : Variation des pourcentages des MOP en fonction des stations**

La représentation graphique des pourcentages des matières organiques particulaire au niveau des différentes stations a révélé qu'il n'y a pas une grande variation de cet élément à part le pourcentage en MOP au niveau de S<sub>2</sub> lors de la 1<sup>ère</sup> sortie, elle est de l'ordre de 11,49%. L'apparition d'un pourcentage élevée au niveau de S<sub>2</sub> pourrait être attribuée à la formation de la matière organique par la décomposition des végétaux marin (débris de végétaux ou algues) qu'est ont été observé juste lors de la 1<sup>ère</sup> sortie.

### IV.3. Sels nutritifs

#### IV.3.1. Nitrate

La concentration moyenne en nitrate mesurée lors de la 1<sup>ère</sup> sortie a été de 0,87  $\mu\text{mol/l}$  avec un écart-type de 0,73  $\mu\text{mol/l}$ , un minimum de 0,33  $\mu\text{mol/l}$  et un maximum de 2,33  $\mu\text{mol/l}$ . Alors pour la 2<sup>ème</sup> sortie nous avons des valeurs qui sont comprise entre 0,26 et 0,63  $\mu\text{mol/l}$  avec une valeur moyenne de 0,50  $\mu\text{mol/l}$  et un écart-type de 0,13  $\mu\text{mol/l}$ .

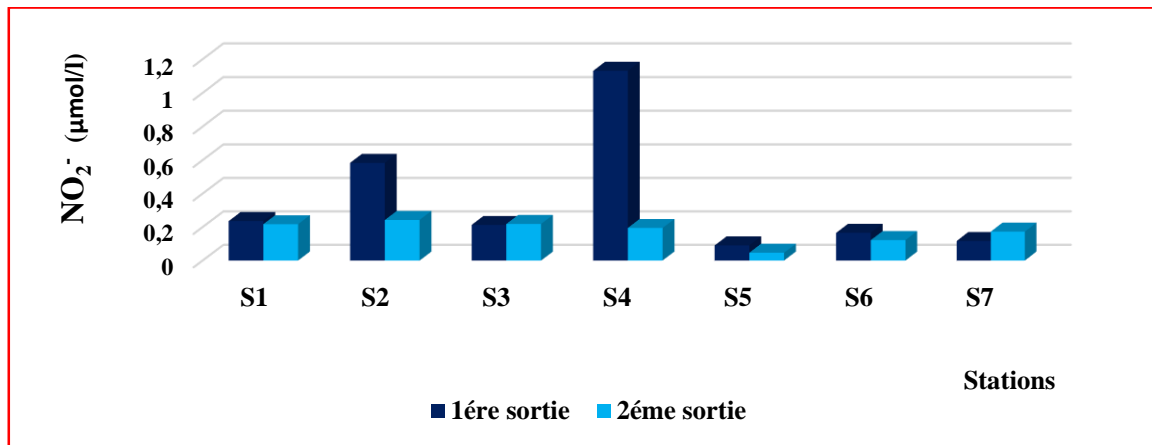


**Figure IV.09 : Variation des concentrations des  $\text{NO}_3^-$  en fonction des stations**

Les valeurs enregistrées des nitrates sont assez importantes. C'est ainsi que nous avons enregistrées une concentration maximale de l'ordre 2,33 $\mu\text{mol/l}$  au niveau de S4, tandis que la teneur minimal de l'ordre de 0,26  $\mu\text{mol/l}$  a été marquée au niveau de S5. La forte concentration en nitrate est due à sa régénération par les microorganismes et cela par la dégradation de la M.O qui est expliquée par les faibles teneurs en M.O enregistrées. Cependant la faible concentration est peut être due à une faible régénération bactérienne à cause de faible concentrations de cette dernière.

#### IV.3.2. Nitrite

Les concentrations de l'azote nitreux varient entre 0,09 et 1,13  $\mu\text{mol/l}$  avec une moyenne de 0,36 $\mu\text{mol/l}$  et un écart type de 0,37  $\mu\text{mol/l}$  pour la 1<sup>ère</sup> sortie et lors de la 2<sup>ème</sup> sortie les concentrations varient entre 0,04 et 0,24  $\mu\text{mol/l}$  avec une moyenne de 0,17 $\mu\text{mol/l}$  et un écart type de 0,06  $\mu\text{mol/l}$ .

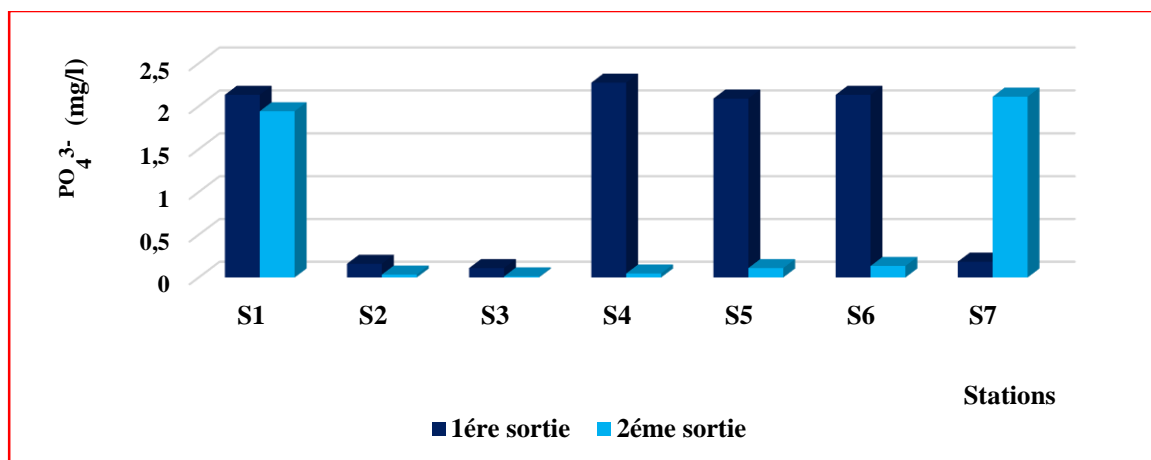


**Figure IV.10 : Variation des concentrations des  $\text{NO}_2^-$  en fonction des stations**

Les valeurs extrêmes minimales et maximales de concentration en nitrite des eaux des différentes stations étudiées, sont respectivement de l'ordre de 0.04 et 1.13  $\mu\text{mol/l}$  (figure IV.10). La valeur la plus élevée qu'a été enregistrée au niveau de S4 est attribuée à la formation à partir de la dégradation de la matière organique et l'oxydation de l'ammonium. Ainsi, l'observation des valeurs faibles au niveau de S5 mettant en évidence la dominance des nitrates, ceci est expliqué par la réduction des ions nitrites en nitrates par une action bactérienne « dénitrification ». (Rodier & al, 2005).

### IV.3.3. Phosphate

Les résultats obtenus pour les phosphates pendant la 1<sup>ère</sup> sortie montrent une gamme de concentration qui varie entre 0.11 et 2.27  $\mu\text{mol/l}$  avec une moyenne de 1.29  $\mu\text{mol/l}$  et un écart type de 1.07  $\mu\text{mol/l}$  et les résultats obtenus pendant la 2<sup>ème</sup> sortie les phosphates varient entre 0.01 et 2.11  $\mu\text{mol/l}$  avec une moyenne de 0.62  $\mu\text{mol/l}$  et un écart type de 0.95  $\mu\text{mol/l}$ .

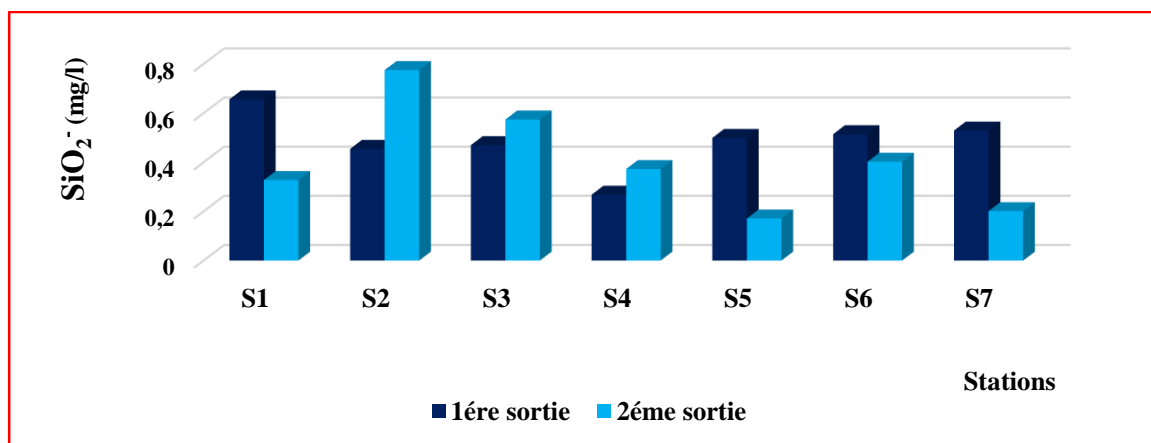


**Figure IV.11 : Variation des concentrations des  $\text{PO}_4^{3-}$  en fonction des stations**

La concentration en phosphore pour chaque station durant les deux campagnes de prélèvement, présente un enrichissement non négligeable. La teneur maximale ( $2.27 \mu\text{mol/l}$ ) est enregistrée au niveau de la station S<sub>4</sub>. Il provient probablement de la dégradation de la matière organique ou des tripolyphosphates de sodium (utilisés pour la préparation d'une solution de nettoyage chimique de la station de dessalement). Alors que, les faibles teneurs ( $0.01 \mu\text{mol/l}$ ) observées au niveau de S<sub>3</sub> peuvent être expliquées par le phénomène d'assimilation de cet élément par le phytoplancton.

#### IV.3.4. Silicate

Les prélèvements effectués lors de la 1<sup>ère</sup> sortie enregistrent des valeurs comprises entre 0.26 et  $0.65 \mu\text{mole/l}$  avec une moyenne de  $0.48 \mu\text{mol/l}$  et un écart type de  $0.11 \mu\text{mole/l}$ . Concernant les prélèvements de la 2<sup>ème</sup> sortie les valeurs des phosphates enregistrés varient entre 0.17 et  $0.77 \mu\text{mole/l}$  avec une moyenne de  $0.40 \mu\text{mol/l}$  et un écart type de  $0.21 \mu\text{mole/l}$ .

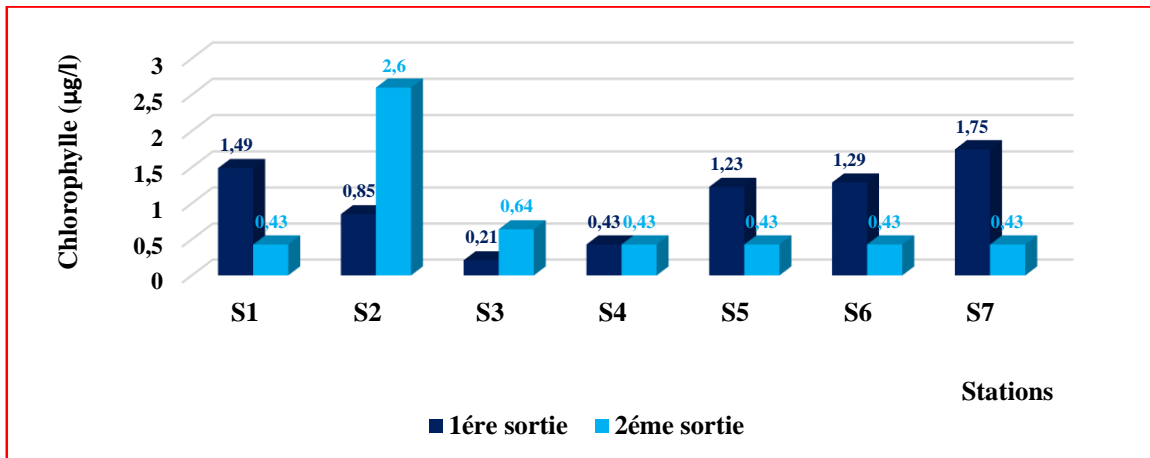


**Figure IV.12 : Variation des concentrations des  $\text{SiO}_2^-$  en fonction des stations**

L'examen de l'évolution de la concentration de silicate (figure IV.11) au niveau de rejet de la station de dessalement, montre que les concentrations de silicate enregistrent des valeurs faibles ne dépassent pas le seuil de  $0,77 \mu\text{mol/l}$ . Les faibles teneurs en silicates peuvent s'expliquer par une faible biomasse phytoplanctonique (Diatomées et radiolaires), ceci confirme davantage les valeurs ainsi trouvées de l'étude quantitative des populations phytoplanctoniques. Parce que d'après (Rodier & al, 2005), la présence de silicate dans l'eau de mer est due à la dissolution des sels minéraux, notamment les aluminosilicates mais aussi de la dégradation du silicium organique particulière.

#### IV.4. Chlorophylle *a*

Les concentrations en chlorophylle *a* pendant la 1<sup>ère</sup> sortie varient entre 0.21 et 1.75µg/l avec une moyenne de 1.03µg/l et un écart type de 0.56µg/l. Et pendant la 2<sup>ème</sup> sortie présentent des variations en teneurs de chlorophylle *a* allant de 0.43µg/l a 2.60µg/l, avec une moyenne de 0.77µg/l et un écart type de 0.81µg/l.



**Figure IV.13 : Variation des concentrations des chlorophylles *a* en fonction des stations**

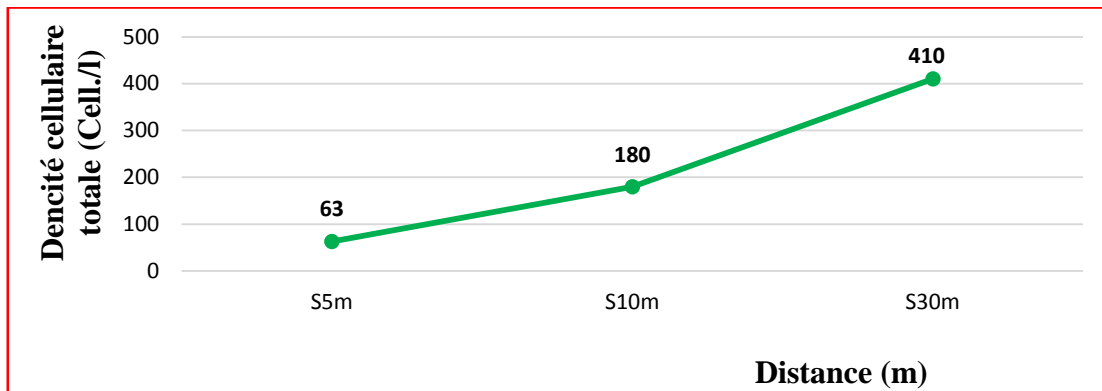
La distribution de la concentration en chlorophylle *a* totale dans la plage de Palm Beach est assez irrégulière. La concentration maximale (2.60µg/l) est enregistrée au niveau de la station S<sub>2</sub> lors de 2<sup>ème</sup> sortie. Cette concentration élevée est due probablement à des faibles concentrations cellulaires phytoplanctoniques, parce que c'est cette dernière qui assure sa dégradation.

#### IV.5. Etude biologique

##### IV.5.1. Etude quantitative des populations phytoplanctoniques

###### a. Variation des densités cellulaires totales

L'étude quantitative du dénombrement des cellules phytoplanctoniques a donné une densité cellulaire totale qui varie d'une station à l'autre, On note que cette densité varie entre une valeur minimale de 63 Cell./l au niveau de la station qui se trouve à 5m de rejet et un maximum de 410 Cell./l au niveau de la station situé à 30m de rejet et l'autre station marque une valeur moyenne de 180 Cell./l en densité totale.



**Figure IV.14 : variation des densités cellulaires totales des populations phytoplanctoniques de chaque échantillon par rapport au point de rejet**

En effet, les faibles concentrations cellulaires marquées trouveront leur explication du fait que le rejet étudié est fortement chargé en chlore et qui entraîne une réduction partielle de la pénétration de la lumière. Le chlorure ferrique utilisé dans les stations d'osmose inverse augmente la turbidité de la saumure en sortie pouvant causer une gêne pour la faune et la flore. (Lattemann & Höpner, 2008). Elle peut être également expliquée par l'augmentation de la salinité.

#### **b) Variation quantitative des groupes phytoplanctoniques**

Le tableau (IV.02) (annexe IV) donne les valeurs du nombre des individus, de densité cellulaire et le pourcentage des groupes phytoplanctoniques recensés au niveau de chaque station. Remarquons que les groupes les plus importants sont les dinoflagellés et les diatomées, par contre les autres sont minoritaires.

D'une façon générale, le groupe des dinoflagellés est dominant dans toutes les stations et on remarque que plus on s'éloigne de rejet, plus il y a une nette croissance et on observe le même cas chez les diatomées. Alors on peut dire donc que les microalgues sont sensibles aux variations de la salinité d'eau de mer et qu'à partir d'une certaine concentration leur survie est menacée.

#### **IV.2. Etude qualitative des populations phytoplanctoniques**

L'identification des espèces phytoplanctoniques, permet de nous donner une idée sur la composition du peuplement en phytoplancton de la plage de Palm Beach (tableau IV.03) (annexe IV).

Pour le groupe des dinoflagellés on note la dominance du genre *Prorocentrum* qui est majoritaire dans les trois stations suivi par les autres genres *Protoperdinium*, *Ceratium* qui est bien représenté par les deux espèces (*C.fuca* et *C .macroceros*) et le genre *Dinophysis*. Le genre *Navicula* est le plus dominant pour le groupe des Diatomés suivi par le genre *Ditylum*.

La figure IV.15 montre quelques espèces de chaque groupe de phytoplancton dans les échantillons analysés.

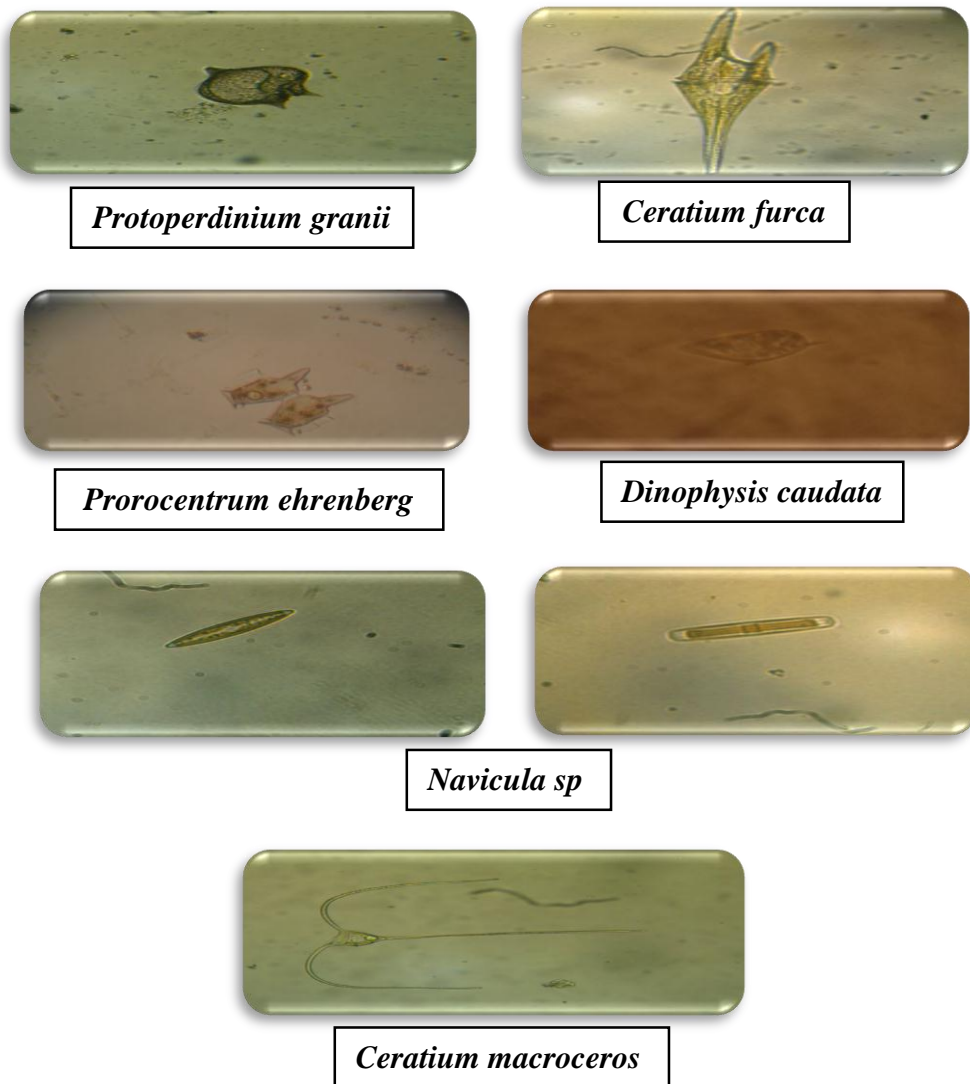


Figure IV.15 : Photos de quelques espèces identifiées sous microscope inversé (Gx40)

## IV.6. Analyse statistique des données acquises

### IV.6.1. Matrice de corrélation

L'analyse des corrélations entre les différents paramètres pris en compte a montré que la plupart des variables sont inter corrélées (**tableau IV.04**) (**annexe IV**), et particulièrement :

Les couples (nitrate, nitrite), (silicate, matière organique particulaire), (matière en suspension, matière organique particulaire), (conductivité, oxygène dissous), (oxygène dissous, conductivité) et (silicate, matière en suspension) variables parfaitement linéaires liées par une relation plus en plus croissante. Par contre, les couples (phosphore, matière en suspension), (phosphore, matière organique particulaire), (potentiel d'hydrogène, turbidité) sont parfaitement linéaires liées par une relation plus en plus décroissante.

Leurs coefficients de corrélation sont hautement significatifs ( $r > 0,7$ ) et indiquent sont fortement corrélés. Quant au paramètre, chlorophylle leur niveau de liaison est assez faible et ne présente pas une linéarité entre elle.

### IV.6.2. Analyse en composante principale

L'étude des facteurs environnementaux mesurés au cours de la période d'étude a été approchée par l'utilisation de l'analyse en composantes principales (ACP).

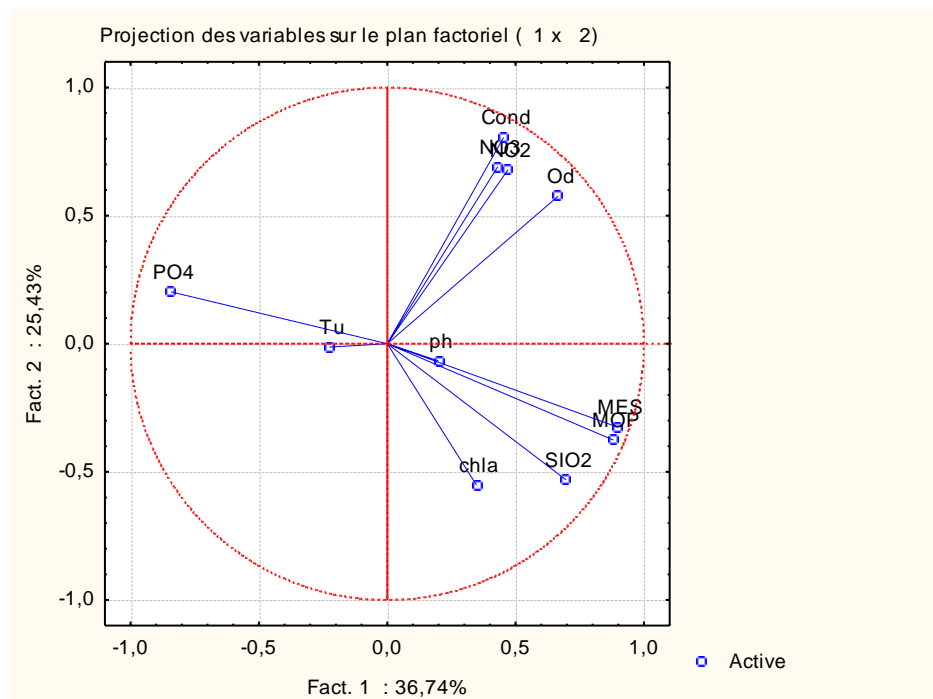


Figure IV.16 : La distribution des paramètres environnementaux sous forme ACP

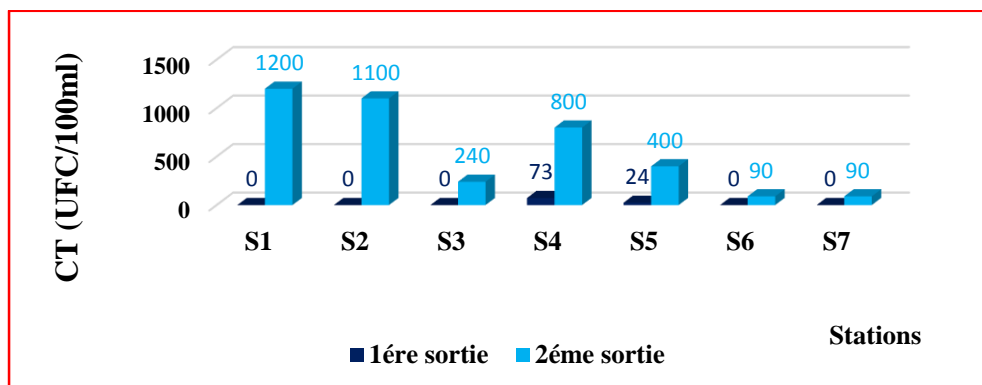
Cette analyse (figure IV.16) fait apparaître clairement dans l'espace des deux facteurs significatifs  $F_1$  (axe 1) et  $F_2$  (axe 2) : les relations entre les variables d'une part et une distribution des stations compte tenu de l'ensemble de leurs caractéristiques environnementales d'autre part. Sachant que les deux premiers facteurs significatifs prennent en compte 62,17% ( $F_1$  : 36,74%,  $F_2$  : 25,73%).

Les variables nitrites, nitrates, oxygène dissous et conductivité sont fortement liées entre elles et avec l'axe 1 (en position positive) et bien représentées dans le plan  $F_1$ - $F_2$  (extrémité des vecteurs proche du cercle de corrélation). De même très liées à l'axe 1 (en position négative), la conductivité. Quant aux autres paramètres elles ne présentent pas des liaisons significatives avec les axes 1 et 2.

#### IV.7. Analyse microbiologique

Les valeurs des paramètres microbiologiques de l'eau sont représentées dans le tableau (IV.05) (annexe IV), sous forme des valeurs moyennes et extrêmes.

##### IV.7.1. Les coliformes totaux



**Figure IV.17 : Variations des concentrations des CT en fonction des stations**

Les concentrations les plus élevées ont été observées au niveau des stations  $S_1$ ,  $S_2$  et  $S_4$  de la 1<sup>er</sup> sortie mais leurs charges bactériennes sont incluses dans les normes qui sont de 500 à 10000 CT/100ml pour une situation encore acceptable dans 95% des cas. (Annexe V). Cela peut s'expliquer simplement, par le fait qu'il y avait des travaux de construction qu'est ont engendrées un brassage de fond et fait remonter le sédiment. Donc il est facile de déduire que les germes se sont accumulés au fur et à mesure dans le sédiment. Et le minimum est enregistré dans les  $S_4$  et  $S_5$  de la 1<sup>ère</sup> sortie et dans les  $S_3$ ,  $S_4$ ,  $S_5$ ,  $S_6$  et  $S_7$  de la 2<sup>ème</sup> sortie avec des charges bactériennes qui sont inférieures à la norme guide (500 CT/100ml).

## IV.7.2. les coliformes thermotolérants « fécaux »

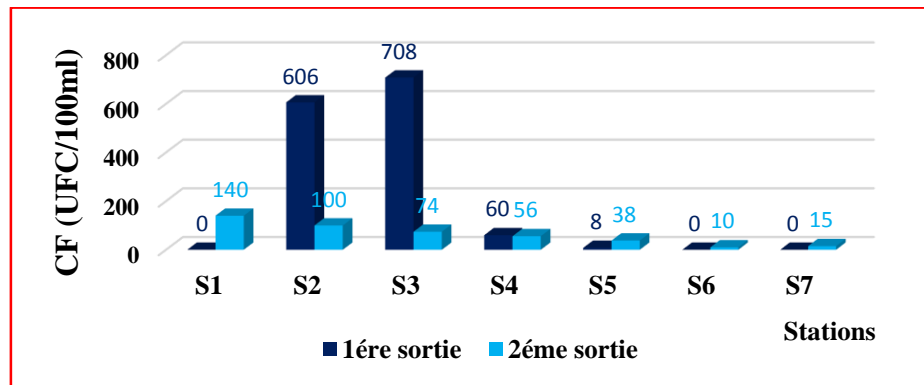


Figure IV.18 : Variations des concentrations des CF en fonction des stations

D'après les résultats obtenus, ont montré que les concentrations au niveau des stations S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub> de la 1<sup>ère</sup> sortie et au niveau de la station S<sub>1</sub> de la 2<sup>ème</sup> sortie sont marquées par des concentrations fortes, mais elles restent compatibles à la norme impérative. (Annexe V). Ces valeurs sont dues probablement à la remise en suspension de sédiment. Alors que les faibles concentrations ( $\leq 100$  CF/100ml) ont été marquées au niveau des stations S<sub>4</sub>, S<sub>5</sub> lors de la 1<sup>ère</sup> sortie et au niveau S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>, S<sub>5</sub>, S<sub>6</sub> et S<sub>7</sub> lors de la 2<sup>ème</sup> sortie. Il est à noter qu'au niveau S<sub>1</sub>, S<sub>6</sub> et S<sub>7</sub> ont n'a pas détecté les CF lors de la 1<sup>ère</sup> sortie.

## IV.7.3. Les Streptocoques Fécaux

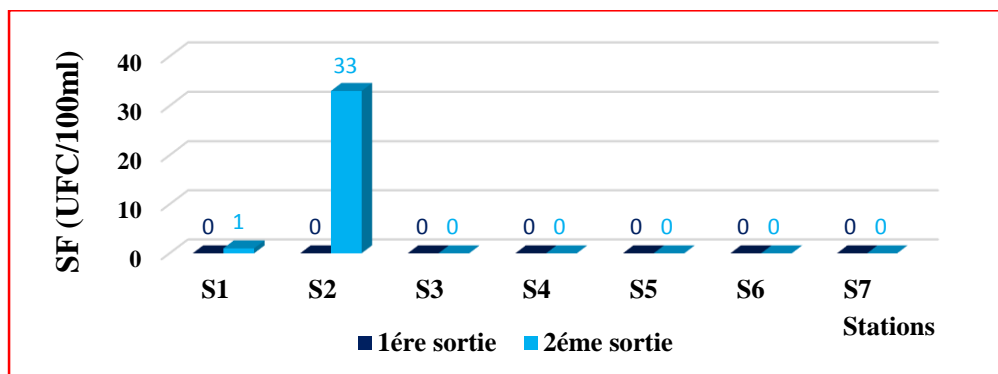


Figure IV.19 : Variations des concentrations des SF en fonction des stations

Les résultats représentés dans la figure IV.18 montrent que les teneurs en streptocoques fécaux sont les plus faibles de tous les germes indicateurs de contamination fécale recherchés. La concentration la plus élevée est observée au niveau de la station S<sub>2</sub> de la 2<sup>ème</sup> sortie avec une concentration inférieure à la valeur guide (30SF/100ml). Tandis qu'au niveau des autres stations ont n'a pas détecté les SF. Donc bactériologiquement ces eaux sont satisfaisantes. (Annexe V).

# CONCLUSION GÉNÉRALE



## Conclusion & recommandation

---

### Conclusion générale

Notre travail s'était fixé comme objectif l'évaluation de l'impact des rejets des stations de dessalement sur le milieu aquatique et pour but de prévenir les effets causés par ces effluents afin d'assurer la préservation de l'environnement et de la biodiversité.

A cet effet, notre étude est basée sur les analyses physico-chimiques, microbiologiques et biologiques indispensables à la mise en évidence la dispersion de rejet (saumure) de la station de dessalement et de ces conséquences sur le milieu marin.

Les résultats montrent que les valeurs physico-chimiques, organoleptiques et paramètres de pollution obtenue lors de nos différentes analyses, que les saumures produits par les techniques de dessalement (osmose inverse) ont une forte teneur en sel qui résulte de la concentration de l'eau de mer dessalée (salinité de 42.2‰ plus élevée que celle de l'eau de mer 36.55 ‰). Par conséquence, ces répercussions conduisent à une perturbation de la vie aquatique locale. Ce phénomène s'atténue rapidement au fur à mesure que l'on s'éloigne du point de rejet par diminution de la concentration.

En plus de la concentration élevée en sel, on enregistre des valeurs élevées en turbidité à cause des concentrations élevées de chlore et autres produits chimiques utilisées pour le nettoyage des membranes qui sont retenue dans la saumure, ce qui influe directement sur le milieu aquatique. D'ailleurs, de tels rejets peuvent entraîner des conséquences non seulement physiques (modification de la solubilité de l'O<sub>2</sub>, modification de la conductivité de l'eau notamment au point source, etc.) mais aussi biologiques (effets sur le phytoplancton, chlorophylle et les bactéries, ect).

Donc, l'impact la plus importante sur l'environnement marin pendant l'exploitation d'une station de dessalement sera l'effet de rejet de saumure, de lavage des filtres et membranes, sur la flore et la faune marines. Pour réduire au minimum ces effets nuisibles des usines de dessalement de l'eau de mer, nous proposons quelques recommandations :

- ✓ Réaliser une étude d'impact de l'usine de dessalement qui doit se focaliser notamment sur l'aspect le plus critique : le rejet des saumures sur l'écosystème marin.
- ✓ Réaliser une cartographie sous-marine des habitats écologiques à protéger dans toute la région avant d'avoir choisie la parcelle où on situera l'usine de dessalement.

## Conclusion & recommandation

---

- ✓ Réaliser un modèle numérique de propagation de rejet de la saumure pour pouvoir assurer en phase de projet que le déversement n'affectera pas des zones à intérêt écologique et que la prise d'eau ne captera pas l'eau provenant du rejet.
- ✓ Il est souhaitable de placer le point de décharge de saumure loin de la plage et des endroits rocheux qui sont riches en organismes à partir d'un émissaire sous-marin.
- ✓ Diriger les saumures vers une usine de production de sel. Cette solution présentera beaucoup d'avantages environnementaux et économiques.
- ✓ Utilisation des énergies renouvelables (solaires) pour fonctionner les usines de dessalement et essayons de produire un déversement nul de saumure dans la mer (usine de dessalement environnementale).
- ✓ Créer un programme de vigilance environnementale pour assurer que les usines de dessalements répondent conformément aux dispositions pertinentes du Protocole Tellurique.
- ✓ L'ajout des produits chimiques au cours du prétraitement, du traitement et du post-traitement doit être soumis à des conditions bien définies afin d'éviter qu'ils n'aient un impact sur le milieu marin.

# BIBLIOGRAPHIE



### Références bibliographiques

- AL SID CHIKH, S., BELKESSA, R., HOUMA, F et AMROUCHE, L. (2009).** Diagnostic du littoral ouest algérois pour une gestion intégrée; The 5th International Symposium on Sandy beaches, which will be held in Rabat, Morocco 19-23 October 2009.
- AL SID CHIKH, S. (2009).** Etude de protection de la plage de Palm Beach-Azur contre l'érosion recours à la modélisation numérique et physique. Mémoire de magister en Surveillance et Gestion de l'Environnement Marin et Littoral. ISMAL. 224 p.
- AMINOT, A et CHAUSSEPIED, M. (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Centre national pour l'exploitation des océans. France : Cnexo. 396 p.
- AMINOT, A et KEROUEL, R. (2004).** Hydrologie des écosystèmes marins : Paramètres et analyses. France : Ifremer. 336 p.
- AMINOT, A et KEROUEL, R. (2007).** Dosage automatique des sels nutritifs dans eaux marines : méthode en flux continu, méthode d'analyse en milieu marin. 188 p.
- ANONYME 1.** Impact of desalination of seawater on the environment in the station MAINIS. University of Chlef. ALGERIA. Laboratory Eau –Environnement.
- AUBERT, M et al. (1972).** Le milieu marin et les matières organiques. Revue internationale d'océanographie médicale. Tome 28. pp. 181-188.
- BARTHE, C et al. (1998).** Guide d'interprétation des paramètres microbiologiques d'intérêt dans le domaine de l'eau potable. Document de travail (version préliminaire), ministère de l'Environnement du Québec, 155 p.
- BERAUD, J. (2004).** Le technicien d'analyses biologiques. Paris : Lavoisier. 2081 p.
- BERNARD, G. (2006).** Comprendre la mer pour mieux pêcher. France : Ouest-France 155 p.
- BESSENASSE, M. (2006).** Dessalement d'eau de mer : étude de trois stations du littoral Algérois. Université SAAD Dahleb (Blida), B.P 26 D Hadjout-W. Tipaza-42200. Algérie.
- BONI, L et al. (2005).** Microalghe tossiche del Medio ed Alto Adriatico. Italie: Fernadel. 64 p.
- BONNIN, J. (1986).** Hydraulique urbaine. Eyrolles. 228 p.
- BOULAHIDJ, M. (1987).** Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer : Etude du mélange des masses d'eaux et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan. Thèse de Doctorat en géochimie fondamentale. France. 266 p.

## Bibliographie

---

- CARMELO, R et TOMAS. (1997).** Identifying marine phytoplankton. France : Academic Press. 858 p.
- CAULET, J. (1972).** Les sédiments organogènes du précontinent algérien. Mém. Mus. Hist. Nat., Nlle série, vol. 25, 289 p.
- CEAEQ. (2000).** Recherche et dénombrement des coliformes fécaux ; méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec, 24 p.
- CHERIF, M.C. (2000).** Expérience marocaine dans le domaine de dessalement de l'eau de mer cas de l'usine de Laayoune. pp. 82-88.
- CHEVALIER, P. (2003).** Coliformes totaux. Fiches synthèse sur l'eau potable et la santé Humaine , Institut national de santé publique du Québec. 4 p.
- COPIN-MONTEGUT, G. (1996).** Chimie de l'eau de mer. Collection « synthèse ». Institut Océanographique de Paris. 319 p.
- CUPP, E. (1977).** Marine plankton Diatoms of the West Coast of North America. Lubrecht & Cramer Ltd, USA. 237 p.
- DAGORNE, A. (1970).** Remarque préliminaire sur la sédimentation pré-littorale en baie de Bou-Ismaïl (Oust Alger). Annales algériens de géographie N°7, pp 73-78.
- DJAMEL TAIEB, E. (2009).** Etude de la pollution et de la géochimie par les métaux traces et les radioéléments dans les sédiments de la baie d'Alger. Mémoire d'ingénieur en science de la mer. ENSSMAL. p 79.
- EDBERG et al. (2000).** Escherichia coli: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of Applied Microbiology, vol. 88: pp 106S-116S.
- EDDALIA, N. (1990).** Les sels nutritifs et la matière en suspension dans la baie d'Alger et Golfe d'arzew identification des masses d'eaux, Mémoire d'ingénieur d'état en halieutique. 103 p.
- ELMUND et al. (1999).** Comparison of Escherichia coli, total coliform and fecal coliform populations as indicators of wastewater treatment efficiency. Water Environ. Res., vol. 71: pp 332-339.
- GALAF, F et GHANNAM, S. (2003).** Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. Mémoire de troisième cycle. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II Rabat. 101 p.

## Bibliographie

---

- GAUJOUS, D. (1995).** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire .Technique et Document, Paris. 220 p.
- GEVERNIER. (2002)** .Chimie de l'eau de mer ; Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer- Aquarium récifal - aquarium marin - aquarium eau de mer - Reefguardian.mht.
- GOMELLE, C et GUERREE, H. (1978).** Le traitement des eaux publiques, industrielles et privées. Paris : Eyrolles. 262 p.
- GROXLAUDE, G. (1999).** L'eau : usage et polluants. INRA, 210 p
- GUIRAUD, JP. (1998).** Microbiologie alimentaire. Dunod. 652 p.
- HADDOUCHE, I. (2003)** : Etude de l'état de pollution de la aie de Bou-Ismaïl par les sels nutritifs et les métaux lourds en Juillet 2002. Mémoire Ingénieur d'état en aménagement .I.S.M.A.L, 88 p.
- HAMDOUNI, H et HAMMAMOUCHE, F. (2008)** .Etude de la qualité granulométrique e organique des sédiments pour l'installation d'une ferme aquacole (la baie de Bou-Ismaïl). Mémoire D.E.U.A. I.S.M.A.L, 49 p.
- HOUMA, F. (2007).** Caractérisation des polluants de la cote oranaise et algéroise par analyse physico-chimique et corrélation avec les données satellites. Thèse de doctorat, USTHB, Algérie, 225 p.
- HOUMA, F. (2009).** Modélisation et Cartographie de la Pollution Marine et de la Bathymétrie à partir de l'Imagerie Satellitaire. Thèse Doctorat Univ Paris 12. 214 p.
- JACQUES, G et TREGUER, P. (1986).** Ecosystème pélagique marin. Collection d'écologie, France : Paris, Masson. 243 p.
- JACQUET, S. (2005).** Impact des apports en nutriments sur le réseau trophique planctonique du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. Thèse de doctorat, université de Paris 6, France, 278 p.
- JORA. (2006).** Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels N°26 : 24Rabie Elaouel 427.
- KAZUMIS, M. et YASUWO, F. (2000).** Guia tecnica para el estudio de quistes de dinoflagelados actuales. Instituto español de oceanografia,Centro oceanografico, Vigo, Espagne, 70 p.
- LACAZE, J.C. (1996).** La pollution des mers. France : DOMINOS Flammarion, 128p.

## Bibliographie

---

- LATTERMANN, S et HÖPNER, T. (2003).** *Seawater desalination*. Impacts of Brine and Chemical Discharge on the Marine Environment, L'Aquila : Desalination Publication, 142 p.
- LATTEMANN, S et HÖPNER, T. (2008).** Environmental impact and impact assessment of seawater desalination. *Desalination*, 220 (1-3), 15 p.
- LEFEBVRE, Y. (1993).** *Circuits eau de mer traitements et matériaux*. Edition TECHNIP. Chambre syndicale de la recherche et de la production du gaz naturel. Comité des techniciens, 393 p.
- LE PIMPEC, P et al. (2002).** Guide pratique de l'agent préleveur : chargé de la police des milieux aquatiques. Maurice Merlin. 159 p.
- LEVITUS, S. (1993).** Distribution of nitrate, phosphate and silicate in the world oceans. Programme Océanographique, Vol. 31.pp. 245-273.
- LUC-HENRI, B. (2007).** Le cycle de l'azote en milieu marin. Extrait d'un Séminaire littéraire (CHIM 6013). A-102 (Rémi-Rossignol).
- MAUREL, A. (2006).** Dessalement de l'eau de mer et des eaux saumâtres et autre précédés non conventionnels d'approvisionnement en eau douce. Lavoisier. Tec et Doc. France.286 p.
- MEGUELLATI, A et SRAOUI A-EL-M. (2012).** Les métaux traces dans le sédiment et les biotes du milieu marin dans la baie d'Alger et de la Baie de Bou-Ismaïl. Mémoire d'ingénieure en science de la mer.ENSSMAL.64 p.
- MESSIE, M. (2006).** Contrôle de la dynamique de la biomasse phytoplanctonique dans le Pacifique tropical ouest. Thèse de doctorat. Université de Toulouse III, France, 266 p.
- NEZAN, E et al. (1997).** Guide pratique à l'usage des analystes du Réseau National de Surveillance du phytoplancton. France : Ifremer, 30 p.
- OMS. (1994).** Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 1 – recommandations. Organisation mondiale de la Santé, 2eme édition, 202 p.
- OMS. (2000).** Directives de qualité pour l'eau de boisson ; volume 2 – critères d'hygiène et documentation à l'appui. Organisation mondiale de la Santé, 2e édition, 1050 p. Accessible à : [ww.who.int/water\\_sanitation\\_health/GDWQ/Summary\\_tables/](http://ww.who.int/water_sanitation_health/GDWQ/Summary_tables/).
- P.B.D.C.A.F. (2005).** Diagnostique et formation dans le cadre des unités de dessalement d'eau de mer de l'Algériennes des eaux.

## Bibliographie

---

- PERAGUALLO, H. (1965).** Diatomées Marines de France. A ASCHER and CO, Amsterdam, Pays Bas, 400 p.
- RAMADE, F. (2000).** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ediscience international, Paris. pp. 690-428.
- REJESK, F. (2002).** Analyse des eaux aspects réglementaires et technique. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine, France. 360 p.
- RICARD, M. (1987).** Atlas du phytoplancton marin. Volume II : Diatomophycées. Éd. C.N.R.S. Périodoques, France : Paris, 297 p.
- ROBERTSON, W. (1995).** Utilités et limites des indicateurs microbiologiques de la qualité de l'eau potable. Dans : Air intérieur et Eau potable, sous la direction de Pierre Lajoie et Patrick Levallois, Presses de l'Université Laval, pp. 179-193.
- RODIER, J. (1997).** L'analyse de l'eau (eaux naturelle, eaux résiduaires et l'eau de mer) 8ème Edition Dunod, Paris.
- RODIER, J et al. (2005).** L'analyse de l'eau : eaux naturelle, eaux résiduaires et l'eau de mer. 8ème Ed. Dunod, paris. 1383 p.
- RODIER, J et al. (1996).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 8ème Ed. Dunod, Paris : 1383 p.
- RODIER, J et al. (2009).** L'analyse de l'eau : eaux naturelle, eaux résiduaires et l'eau de mer. 9ème Ed. Dunod, paris. 1526 p.
- SANTE CANADA. (1991).** La qualité bactériologique. Document de support aux « recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada ». Accessible à : [www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/dpc\\_eau\\_qualite/eauguide.htm](http://www.hc-sc.gc.ca/ehp/dhm/dpc_eau_qualite/eauguide.htm).
- TAHRAOUI, D et al. (2010).** Qualité des eaux de mer après dessalement de la ville de Ténès, Chlef. Impact de dessalement sur l'environnement (milieu aquatique).
- TOURRET, J-C et al. (2005).** Les villes méditerranéennes dix ans après Barcelone. Barcelone. 77 p.
- TERRA, M. (2013).** Les réalisations de l'Algérie dans le secteur de l'eau de 1962 à 2012. 37 p.
- VALIRON, F. (1994).** Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau et de l'assainissement (Tome 1). Paris: Tec et Doc. 435 p.

ANNEXE





## Annexe

### Annexe I : Photos des principaux équipements de la station de dessalement



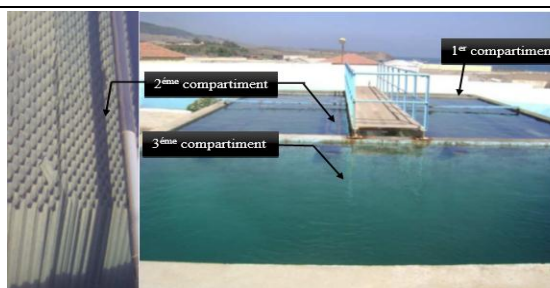
**Figure II.09. Tuyau de captage de l'eau de mer**



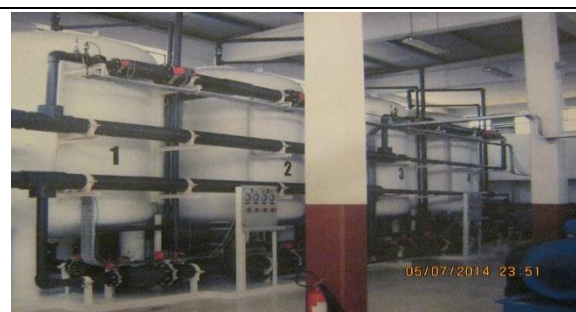
**Figure II.10. Crépine d'aspiration**



**Figure II.11. Photographie de bac FeCl3**



**Figure II.12. Décanteur lamellaire**



**Figure II.13. Photographie des filtres à sable**



**Figure II.14. Photographie des microfiltres en cartouche**



**Figure II.15. Photographie d'une pompe à haute pression**



**Figure II.16. Photographie système de membranes d'osmose inverse**



**Figure II.17 : Photographie des produits de post de traitement**

**Annexe II :**

**Tableau I.01 : les coordonnées géographiques des stations de prélèvement de la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>ème</sup> campagne**

**Annexe III : Matériel utilisé**

Station	Coordonnée géographique		Date de prélèvement	Heure de prélèvement	Etat de la mer
	Latitude	Longitude			
<b>1<sup>ère</sup> campagne</b>					
01	36°73'71,47'' N	2°84'12,83'' E	25/05/2014	14H00	Calme
02	36°73'81,08'' N	2°83'91,38'' E	25/05/2014	14H07	Calme
03	36°74'02,63'' N	2°84'02,77'' E	25/05/2014	14H12	Calme
04	36°73'62,11'' N	2°83'81,05'' E	25/05/2014	14H18	Calme
05	36°73'97,44'' N	2°83'58,72'' E	25/05/2014	14H30	Calme
06	36°73'74,86'' N	2°83'53,08'' E	25/05/2014	14H40	Calme
07	36°74'17,25'' N	2°83'71,11'' E	25/05/2014	14H55	Calme
<b>2<sup>ème</sup> campagne</b>					
01	36°73'71,47'' N	2°84'12,83'' E	23/06/2014	11H00	Peu agitée
02	36°73'81,08'' N	2°83'91,38'' E	23/06/2014	11H10	Peu agitée
03	36°74'02,63'' N	2°84'02,77'' E	23/06/2014	11H30	Peu agitée
04	36°73'62,11'' N	2°83'81,05'' E	23/06/2014	11H40	Peu agitée
05	36°73'97,44'' N	2°83'58,72'' E	23/06/2014	12H10	Peu agitée
06	36°73'74,86'' N	2°83'53,08'' E	23/06/2014	12H30	Peu agitée
07	36°74'17,25'' N	2°83'71,11'' E	23/06/2014	12H42	Peu agitée



**Figure III.03 : Photographie d'un conductimètre de terrain**



**Figure III.04 : Photographie d'un PH-mètre de terrain**



**Figure III.05 : Photographie d'un oxymètre de terrain**



**Figure III.06 : Photographie d'un turbidimètre de terrain**



**Figure III.07 : Photographie d'un Auto-analyser SAN Plus**



**Figure III.08 : Photographie d'une balance de précision**



**Figure III.09 : Photographie d'un dessiccateur**



**Figure III.10 : Photographie d'un four à moufle**



**Figure III.11 : Tubes à centrifugeuse en verre**



**Figure III.12 : Photographie d'une centrifugeuse**



## Annexe IV : Analyse physico-chimique

### 1. La matière en suspension (MES)

#### a. Appareillage et matériel

- Flacons de prélèvement.
- Glacières (moyen de conservation des échantillons).
- Filtres Whatman GF/C de diamètre 47 mm.
- Pincettes à bouts plats.
- Boîtes de conditionnement (boîte de pétries).
- Balance de précision au centième de milligramme. (**figure III.08**) (**annexe III**).
- Etuve.
- Dessiccateur (contenant de gel de silice activé). (**figure III.09**) (**annexe III**).
- Rampe de filtration. Pompe à vide pour filtration, muni d'un manomètre.
- Eprouvette graduée de 250 ml.

#### b. Mode opératoire

Il consiste en trois étapes :

##### ❖ Préparation des filtres au laboratoire

- Calciner les filtres GF/C au four à 450°C pendant 1h dans du papier aluminium.
- Rincer les filtres à l'eau distillée en les plaçant sur le support de filtration, sans l'entonnoir sous un vide très léger.
- Placer les filtres dans leurs boîtes numérotées et les laisser sécher dans une étuve entre 70°C pendant au moins 2h avec le couvercle des boîtes entre-ouvert.
- Sortir les filtres de l'étuve, refermer les boîtes et les laisser revenir à température ambiante, dans un dessiccateur dans lequel ils resteront jusqu'au moment de la pesée.
- Peser chaque filtre P1 (poids du filtre vide) et le replacer aussitôt dans sa boîte à l'abri de la poussière.

### ❖ Filtration de l'eau de mer

- Placer le filtre sur la base de filtration à l'aide d'une pince à bouts plats.
- Placer l'entonnoir de filtration et fixer bien le dispositif de filtration.
- Homogénéiser la bouteille de prélèvement par quelques retournements.
- Mesurer le volume à filtrer ( $V_F = 250$  ml) à l'aide d'une éprouvette.
- Filtrer le volume de l'échantillon mesuré à l'éprouvette ( $V_F$ ).
- Replacer le filtre dans sa boîte identifiée aux caractéristiques de l'échantillon (date, numéro...).
- Rincer le système de filtration, l'éprouvette et les bouteilles de prélèvement à l'eau douce. Effectuer un dernier rinçage à l'eau distillée.

### ❖ Séchage et pesée des filtres

- Placer la boîte dans une étuve entre à  $70^\circ\text{C}$  pendant au moins 2h avec le couvercle entre-ouvert.
- Retirer les filtres de l'étuve, remettre les couvercles et les placer dans un dessiccateur le temps de les laisser se stabiliser à la température ambiante.
- Peser chaque filtre P2 (poids sec après filtration) une seconde fois dans les mêmes conditions que la première (même balance, idéalement même taux d'humidité...).

### c. Calcul de la concentration en MES

La concentration en MES est donnée par l'expression :

$$[\text{M.E.S}](\text{mg/l}) = (\text{P1} - \text{P2}) / V_F$$

**P1** : Poids du filtre sec avant filtration (mg).

**P2** : Poids du filtre sec après filtration (mg).

**$V_F$**  : volume de l'eau de mer filtré, (l).

## 2. La matière organique particulaire (MOP)

### a. Matériel

- Four à moufle. (**figure III.10**) (**annexe III**).
- Des creusés en porcelaine.
- La balance de précision.

### b. Mode opératoire

Les filtres issus de la mesure de la concentration en MES, sont conservés afin de déterminer le charge des eaux en MOP dans un dessiccateur, dans la but d'éviter qu'ils absorbent l'humidité de l'aire. ×

- Après nettoyage des creusés pour leur enlever toute la poussière, numéroter les.
- Plier chaque filtre en 4 à l'aide de deux pinces et le mettre dans un creusé.
- Peser ensuite le creusé avec le filtre P<sub>1</sub>.
- Placer les creusés dans le four à moufle et programmer la Température à 450°C pendant 2 heures.
- Ouvrir le four à moufle et le laisser refroidir.
- Retirer les creusés à l'aide d'un bras métallique et les mettre dans un dessiccateur.
- Une fois refroidis, pesé les filtres calcinés P<sub>2</sub>.

### c. Calcul de la concentration en MOP

Le calcul de la matière organique particulaire se fait comme suit :

$$[\text{M.O.P}](\text{mg/l}) = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \times 100$$

**P<sub>1</sub>** : Poids du creuset et du filtre avant séchage en (mg).

**P<sub>2</sub>** : Poids du creuset et du filtre après séchage en (mg).

## 3. Les sels nutritifs

### Dosage des nitrites + nitrates :

#### 3.1. Réactifs :

##### a. Solution tampon:

Chlorure d'ammonium NH <sub>4</sub> Cl .....	50 g.
Solution d'ammonium NH <sub>4</sub> OH (25%).....	±1 ml.
Hydroxyde de sodium NaOH.....	5g.
Eau distillée H <sub>2</sub> O.....	1000 ml.
Bridj 35 (30%).....	3 ml.

##### Préparation :

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

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

## **b. Réactifs colorants :**

### **Produits chimiques exigés :**

Acide o-phosphorique H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> (85%).....	50 ml.
Sulfanilamide C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub> S.....	10 g.
$\alpha$ -Naphtyléthylène diamine dihydrochloride C <sub>12</sub> H <sub>16</sub> Cl <sub>2</sub> N <sub>2</sub> .....	0,5g.
Eau distillée H <sub>2</sub> O.....	850 ml.

### **Préparation :**

- Diluer l'acide o-phosphorique H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dans  $\pm$  750 ml d'eau distillée.
- Ajouter le Sulfanilamide C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>S.
- Le  $\alpha$ -Naphtyléthylène diamine dihydrochloride C<sub>12</sub>H<sub>16</sub>Cl<sub>2</sub>N<sub>2</sub> et dissoudre.
- Ajouter 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

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

## **c. Liquide de rinçage :**

Eau fraîchement distillée H<sub>2</sub>O (régénérée chaque semaine).

## **3.2. Préparation des solutions étalons :**

### **a. Solution mère de 100 ppm N (\*) :**

#### **Produits chimiques exigés :**

Nitrate de sodium NaNO <sub>3</sub> .....	0,6068g.
Eau distillée H <sub>2</sub> O.....	1000 ml.

#### **Préparation :**

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

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

### **b. Solution fille de 10 ppm N :**

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

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

(\*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en  $\mu$ moles/l de N-NO<sub>3</sub>- ou de N-NO<sub>2</sub>- puis en  $\mu$ moles/l de NO<sub>3</sub>- ou de NO<sub>2</sub>-.

## **3.3. Préparation de la colonne réductrice :**

### **a. Solution d'acide chlorhydrique (4N) :**

#### **Produits chimiques exigés :**

Acide chlorhydrique HCl (32%).....	400 ml.
------------------------------------	---------

Eau distillée H<sub>2</sub>O.....600 ml.

**Préparation :**

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

**b. Cadmium :**

**Produits chimiques exigés :**

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

**Procédure de remplissage :**

-Les granules de cadmium sont mélangées avec ± 30 ml de la solution d'acide chlorhydrique (4N).

- Agiter pendant une minute.

- Ajouter environ 50 ml de solution de sulfate de cuivre et agiter pendant 5 minutes.

- Laver la saleté entre les granules avec l'eau distillée.

- Sécher les granules de cadmium.

- Ajouter, à l'aide d'un entonnoir, les granules dans une colonne sèche, en secouant de temps en temps pour empaqueter la colonne de deux côtés.

-Remplir jusqu'à ± 5 mm du sommet.

- Placer un petit morceau de tube en polyéthylène, dans la colonne pour éviter que les granules ne sortent de la colonne.

- Remplir la colonne, à l'aide d'une seringue contenant la solution tampon (réactif a préparé précédemment).

- Placer la colonne dans le système.

**Note :** Eviter que l'air entre dans la colonne.

**Dosage des orthophosphates :**

**3.1. Réactifs**

**a. Solution de molybdate d'ammonium :**

**Produits chimiques exigés :**

Tartrate de potassium et d'antimoine

K(SbO)C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>.5H<sub>2</sub>O.....230 mg.

Acide sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (97%).....69,4 ml.

Molybdate d'ammonium(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>.H<sub>2</sub>O.....6g.

Eau distillée H<sub>2</sub>O.....1000 ml.

FFD6.....2 ml.

**Préparation :**

-Dissoudre le tartrate de potassium et d'antimoine dans ± 800 ml d'eau distillée.

-Ajouter soigneusement l'acide sulfurique en mélangeant constamment.

-Ajouter le molybdate d'ammonium et dissoudre.

- Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

**Note :** Ne pas employer de cuillères en métal pour le molybdate d'ammonium. La sensibilité peut être augmentée de 50 % en employant 35 ml d'acide sulfurique concentré au lieu de 69,4 ml. Avec 35 ml l'interférence des silicates est 10 % pour 300 ppb Si et 10 % pour 10 ppb P.

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

### **b. Solution d'acide ascorbique**

#### **Produits chimiques exigés :**

Acide ascorbique C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>.....6g.

Acétone C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O.....60 ml.

Eau distillée H<sub>2</sub>O.....1000 ml.

FFD6.....2 ml.

#### **Préparation**

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

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

### **c. Liquide de rinçage**

Eau fraîchement distillée H<sub>2</sub>O (régénérée chaque semaine).

## **3.2. Préparation des solutions étalons**

### **a. Solution mère de 100 ppm P (\*)**

#### **Produits chimiques exigés :**

Dihydrogène o-phosphate de potassium KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.....0,4394 g.

Eau distillée H<sub>2</sub>O.....1000 ml.

#### **Préparation**

-Dissoudre le dihydrogène o-phosphate de potassium dans ± 800 ml d'eau distillée.

-Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

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

### **b. Solution fille de 10 ppm P**

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

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

(\*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en  $\mu\text{moles/l}$  de  $\text{PO}_4^{3-}$ .

## **Dosage des silicates**

### **3.1. Réactifs**

#### **a. Solution d'acide sulfurique**

##### **Produits chimiques exigés :**

Acide sulfurique  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (97 %).....10 ml.

Eau distillée  $\text{H}_2\text{O}$ .....1000 ml.

FFD6.....2 ml.

##### **Préparation**

-Diluer l'acide sulfurique dans  $\pm 800$  ml d'eau distillée.

- Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

**Note :** La solution est stable pendant 1 semaine. Conserver à  $4^\circ\text{C}$  quand la solution n'est pas utilisée.

#### **b. Solution de molybdate d'ammonium**

##### **Produits chimiques exigés :**

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

Eau distillée  $\text{H}_2\text{O}$ .....1000 ml.

FFD6.....2 ml.

##### **Préparation**

-Dissoudre le molybdate d'ammonium dans  $\pm 800$  ml d'eau distillée.

-Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

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

#### **c. Solution d'acide oxalique**

##### **Produits chimiques exigés :**

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

Eau distillée  $\text{H}_2\text{O}$ .....1000 ml.

##### **Préparation**

-Dissoudre l'acide oxalique dans  $\pm 800$  ml d'eau distillée.

-Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

**Note :** Conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant 1 mois. Conserver à  $4^\circ\text{C}$  quand la solution n'est pas utilisée.

#### d. Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H<sub>2</sub>O.

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

#### 2. Préparation des solutions étalons

a. Solution mère de 100 ppm Si (\*)

##### Produits chimiques exigés :

Métasilicate de sodium Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O.....1,0119 g.

Eau distillée H<sub>2</sub>O.....1000 ml.

##### Préparation

-Dissoudre le metasilicate de sodium dans ± 800 ml d'eau distillée.

-Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

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

##### b. Solution fille de 10 ppm Si

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

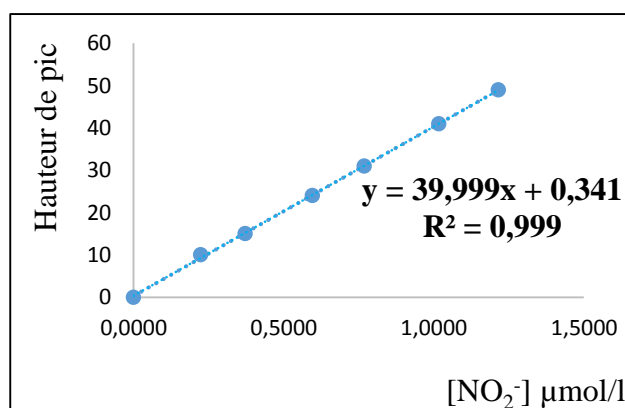
**Note :** Préparer la solution fille à 10 ppm Si chaque semaine et les standards chaque jour. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

#### Gamme d'étalonnage

##### ➤ Nitrite

**Tableau II.01 : Gamme d'étalonnage du nitrite.**

Standards	[NO <sub>2</sub> ] μmol/l	Hauteur de pic
ED	0	0
ST1	0,2232	10
ST2	0,3719	15
ST3	0,5951	24
ST4	0,7687	31
ST5	1,0166	41
ST6	1,2150	49

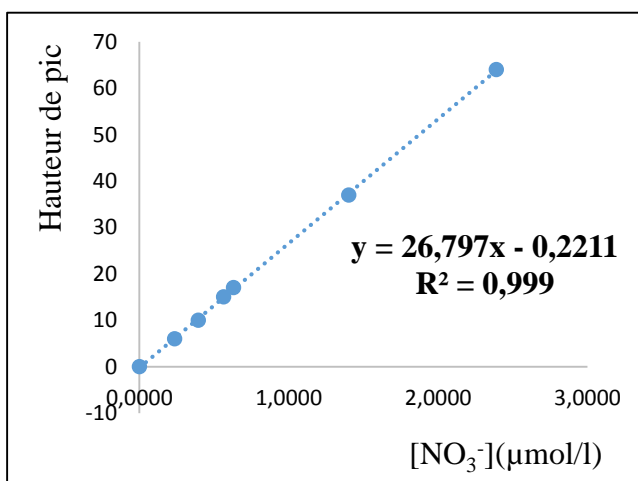


**Figure II.01 : Courbe d'étalonnage des nitrites.**

➤ Nitrate

**Tableau II. 02 : Gamme d'étalonnage du nitrate.**

Standards	[NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] μmol/l	Hauteur de pic
ED	0	0
ST1	0,2353	6
ST2	0,3952	10
ST3	0,6305	17
ST4	0,5646	15
ST5	1,4021	37
ST6	2,3902	64

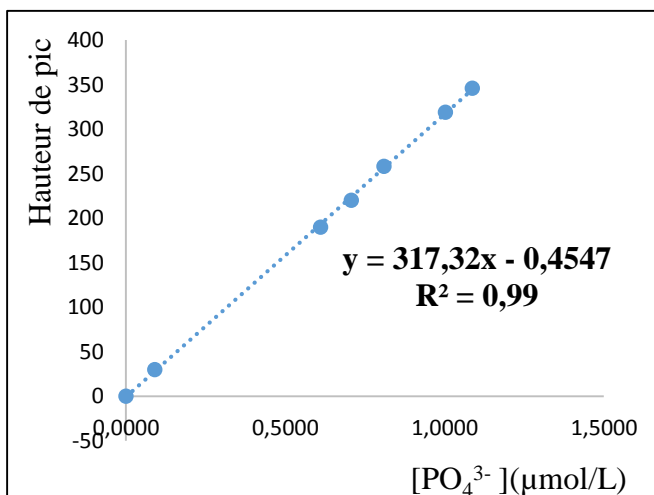


**Figure II.02 : Courbe d'étalonnage des nitrates.**

➤ Orthophosphate

**Tableau II.03 : Gamme d'étalonnage des orthophosphate.**

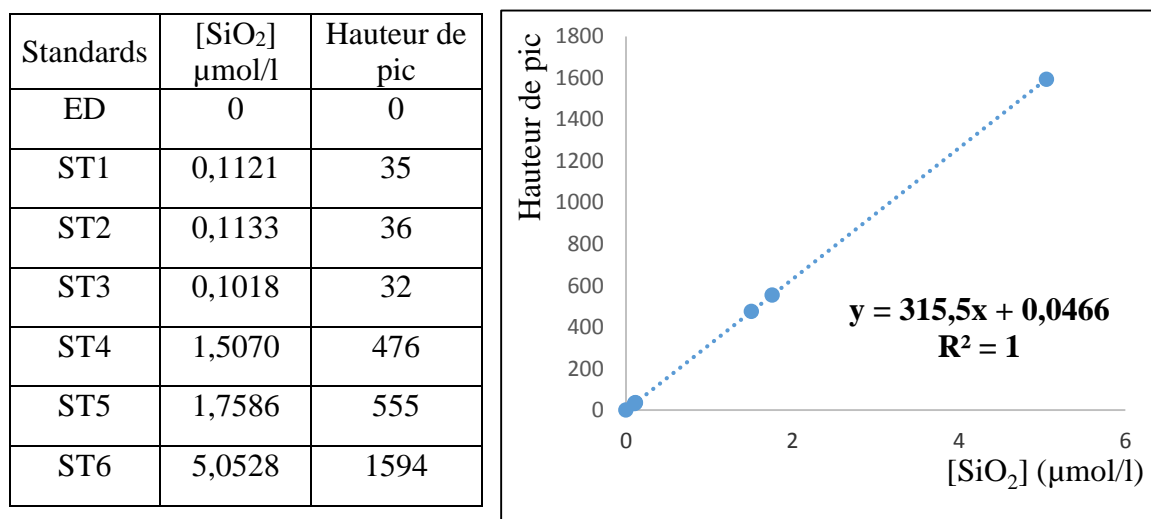
Standards	[PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ] μmol/l	Hauteur de pic
ED	0,0000	0
ST1	0,0899	30
ST2	0,6104	190
ST3	0,7066	220
ST4	0,8092	258
ST5	1,0028	319
ST6	1,0865	346



**Figure II.03 : Courbe d'étalonnage des orthophosphate.**

## ➤ Silice

**Tableau II. 04 : Gamme d'étalonnage des silices.**



**Figure II.04 : Courbe d'étalonnage des silices.**

### 4. Dosage de la chlorophylle

#### a. Appareillage et matériel

- Rampe à filtration avec filtres en fibre de verre (GF/C, de porosité environ 0,45μm).
- Tubes à centrifugeuse en verre (**figure III.11**) (**annexe III**).
- Centrifugeuse (centrifugation des tubes d'extraction), avec 6 postes de porte-Filtre (**figure III.12**) (**annexe III**).
- Spectrophotomètre (**figure III.13**) (**annexe III**).
- Cuve en verre de 5 cm de trajet optique, pinces, éprouvettes.

#### b. Réactifs

- Solution de méthanol pur à 99.7% pour l'extraction.
- Solution de carbonate de magnésium (MgCO<sub>3</sub>) à 1% (Ajouter 1 g de MgCO<sub>3</sub> en poudre fine dans 100 ml d'eau déminéralisée).
- Solution d'acide chlorhydrique (HCL) 0.3 mol/l.
- Soluté de carbonate de magnésium (MgCO<sub>3</sub>).

#### c. Mode opératoire

- Les échantillons d'eau de mer (250 ml) prélevés sont filtrés sur un filtre en fibre de verre whatman GF/C après l'ajout de quelques gouttes de MgCO<sub>3</sub>.
- Immédiatement après la filtration, le filtre est plié sur quatre et enrobé dans du papier aluminium déjà étiqueté et les conserver dans un congélateur.

- Mettre le filtre dans le tube à centrifuger, ajouter 10ml du solvant d'extraction (méthanol pure) et déchiqeter le filtre à l'aide d'une pince.
- Bouché et placé les tubes dans un réfrigérateur (4 °C), pour une période d'extraction d'une heure.
- On place les tubes dans une centrifugeuse pendant 10 min et 4000 tours/min.
- Transférer le surnageant de centrifugation dans la cuve du spectrophotomètre.
- Mesurer les absorbances brutes des extraits non acidifiés dans un spectrophotomètre aux longueurs d'onde de 665 et 750 nm.
- Transférer la totalité de l'extrait de la cuve dans un petit bécher.
- Acidifier par addition de 10µl d'acide chlorhydrique 0,3 mol/l par millilitre d'extrait, mélangé, attendre 2 à 3 min.
- Neutraliser par addition de 25 mg de carbonate de magnésium en poudre et agiter lentement pendant 10 min.
- Centrifuger l'extrait pour éliminer l'excès de MgCO<sub>3</sub>.
- Transférer à nouveau l'extrait dans la cuve et mesurer les absorbances à 665 et 750 nm.

#### **d. Mode de calcul des concentrations**

La concentration de chlorophylle dans les extraits du méthanol est évaluée d'après la formule de Lorenzen modifiée (1967). (Aminot & Chaussepied, 1983) :

$$[\text{Chlorophylle a}] (\mu\text{g/l}) = 40.1 \times (\text{Ab}_{665}^{\text{na}} - \text{Ab}_{665}^{\text{a}}) \times v / V \times l$$

**Avec :**

**V** : volume d'eau filtrés (litres).

**v** : volume de solvant d'extraction (millilitres).

**l** : longueur de trajet optique de la cuve de mesure (1 centimètres).

**Et :**

$$\text{A}_{665}^{\text{na}} = (\text{Ab}_{665}^{\text{na}} - \text{bc}_{665}) - (\text{Ab}_{750}^{\text{na}} - \text{bc}_{750})$$

$$\text{A}_{665}^{\text{a}} = (\text{Ab}_{665}^{\text{a}} - \text{bc}_{665}) - (\text{Ab}_{750}^{\text{a}} - \text{bc}_{750})$$

**Avec :**

**A<sub>665</sub><sup>na</sup>** : absorbance nette avant acidification.

**A<sub>665</sub><sup>a</sup>** : absorbance nette après acidification.

**bc<sub>665</sub>** : blanc de la cuve à 665nm.

**bc<sub>750</sub>** : blanc de la cuve à 750nm.

**Ab<sub>665</sub><sup>na</sup>** : absorbance corrigé à 665nm avant acidification.

**Ab<sub>665</sub><sup>a</sup>** : absorbance corrigé à 665nm après acidification.

**Ab<sub>750</sub><sup>na</sup>** : absorbance corrigé à 750nm avant acidification.

**Ab<sub>750</sub><sup>a</sup>** : absorbance corrigé à 750nm après acidification.

## **5. Le phytoplancton :**

### **a. Mode opératoire**

- L'échantillon (500 ml) était conservé au noir après ajout de lugol.
- Le comptage des cellules a été réalisé à l'aide de la méthode classique d'Utermöhl (1958 in Gaumer, 1981).
- Homogénéiser l'échantillon et le concentré dans des cuves de 50 ml et à 100 ml, l'analyse est faite à l'aide d'un microscope inversé Zeiss.
- Les comptages étaient effectués aux grossissements 40X.

## **6. Analyse bactériologique**

### **6.1. Matériel**

- Rampe de filtration (**figure III.14**) (**annexe III**).
- Deux bec-Bunsen de manière à ménager une zone de travail stérile, et à pouvoir stériliser le matériel.
- Boite Pétri avec les milieux des cultures spécifiques pour chaque germe.
- Membranes d'ester de cellulose, filtrantes stériles quadrillées de porosité de 0.45µm et de 49 mm de diamètre susceptibles de retenir les bactéries.
- Incubateur dont la température est ajustée selon le germe étudié.
- Pompe à vide.
- Pince stérilisée.
- Pipette.
- Milieux et réactifs : Tergitol et Slanatez BEA (Bile et Esculine Azide), Kovacs ; eau peptonée exempte d'indole.

### **6.2. Mode opératoire**

- Stériliser le dispositif de filtration.
- Mettre en place le dispositif.
- Poser stérilement la membrane stérile.
- Agiter soigneusement le flacon d'échantillon de manière à remettre les microorganismes en suspension homogène.

- filtrer un volume d'échantillon (100ml).
- Déposer le filtre sur le milieu adéquat, sans faire de bulles d'air et sans la retourner.
- Inscrire sur la boîte de Pétri, le numéro de l'échantillon et la date.
- Incuber les boîtes à une température adéquate en les retournant.
- Flamber l'ensemble godet-base pour une autre manipulation.

### 6.3.La composition des milieux de culture

#### ❖ Gélose lactosée au TTC et au Tergitol :

Composants de base	Quantité
Extrait de viande	5g
Peptone	10g
Extrait de levure	6g
Lactose	20g
Bleu de bromothymol	0,05g
Agar	20g
Eau déminéralisée	1000ml

PH : 7,2. Stérilisation à l'autoclave : 20 minutes à 120°C.

#### ❖ Gélose Slanetz et Bartley :

Composition	Quantité
Tryptose	20g
Extrait de levure	5g
Glucose	2g
Monohydrogéo-phosphate de potassium	4g
Azoture de sodium	0,4g
Agar	8 à 18g

PH : 7,2±0,2. Ne pas autoclave, ne pas refondre.

#### ❖ Bile-Esculine-Azide (BEA) :

Composition	Quantité
Tryptone	17g
Peptone	3g
Extrait de levure	5g
Bile de bœuf déshydratée	10g
Chlorure de sodium	5g
Esculine	1g
Citrate double de fer et d'ammonium	0,5g
Azoture de sodium	0,15g
Agar	15 à 20g

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

#### 6.4. Normes de salubrité

**Tableau V.01 : Recommandations relatives aux eaux de baignade (adoptées par le conseil de l'Europe, 1976 in Brisou & Denis, 1980)**

Paramètres	Norme Guide (G)	Norme impérative (I)	Méthode d'analyse
Coliformes totaux (CT/100ml)	<b>500</b>	<b>10 000</b>	En tubes multiples. Nombre le plus probable ou filtration sur membranes. Milieu d'Endo bouillon teepol 0.4%
Coliformes fécaux (CF/ 100ml)	<b>100</b>	<b>2000</b>	
Streptocoques fécaux (SF /100ml)	<b>100</b>	<b>1000</b>	Méthode de Litsky. Nombre le plus probable ou filtration sur membrane.

< **G** = Bactériologiquement satisfaisant dans 80% des cas.

Entre **G** et **I** = situation encore acceptable dans 95% des cas.

> **I** = seuil de sécurité- Alerte.

#### Annexe IV :

**Tableau IV.01 : Résultats des paramètres physicochimiques**

paramètre	T (°C)	S (PSU)	pH	O <sub>2</sub> (mg/l)	Condu (ms/cm)
Première sortie : 25/05/2014					
<b>Max</b>	25.6	40.25	9.73	2.6	54.6
<b>Min</b>	24.9	33.45	7.4	2.1	50.9
<b>Moy</b>	25.18	35.02	8.16	2.28	52.11
<b>Ecart type</b>	0.25	2.75	0.73	0.16	1.22
Deuxième sortie : 23/06/2014					
<b>Max</b>	25.6	42.2	8.4	2.8	60
<b>Min</b>	25	34.2	7.04	2.5	52.2
<b>Moy</b>	25.3	36.34	8.08	2.62	54.44
<b>Ecart type</b>	0.21	2.75	0.47	0.11	2.79

**Tableau IV.02 : Nombre de cellule, densité cellulaire (en nombre de Cell. /l) et pourcentage de chaque groupe phytoplanctonique calculés sur chaque station**

Stations	Etude	Groupe phytoplanctoniques		
		Diatomées	Dinoflagellés	Autres
S5m	Nombre de cellule	12	45	6
	Densité (cellule/l)	24	90	12
	%	19.04	71.42	25.39
S10m	Nombre de cellule	40	135	5
	Densité (cellule/l)	80	27	10
	%	22.22	75	2.77
S30m	Nombre de cellule	102	300	9
	Densité (cellule/l)	204	600	16
	%	24.87	73.13	2.19

**Tableau IV.03 : Nombre totale, nombre d'individu et le genre des groupes phytoplanctoniques**

Groupe	Nombre totale	genre	Nombre d'individu
Dinoflagellés	480	Porocentrum	260
		peridinium	184
		Ceratium	30
		dinophysis	6
Diatomées	145	Navicula	125
		Ditylum	20

**Tableau IV.04 : matrice de corrélation entre variables environnementales**

Variable	Corrélations (Feuille de données1)										
	NO3	NO2	PO4	SIO2	Cond	MES	MOP	Od	ph	Tu	chla
NO3	1,000000	0,993313	-0,065704	-0,010941	0,540181	0,084322	0,163881	0,474431	-0,103835	-0,000957	0,094915
NO2	0,993313	1,000000	-0,137718	-0,003254	0,558664	0,104499	0,187962	0,472886	0,009832	-0,100505	0,105251
PO4	-0,065704	-0,137718	1,000000	-0,485498	-0,326205	-0,756380	-0,717334	-0,448669	-0,475964	0,606055	-0,411092
SIO2	-0,010941	-0,003254	-0,485498	1,000000	-0,138447	0,871687	0,865918	0,210504	-0,020957	0,257571	0,445696
Cond	0,540181	0,558664	-0,326205	-0,138447	1,000000	0,180361	0,039148	0,901193	0,125132	-0,168760	-0,446696
MES	0,084322	0,104499	-0,756380	0,871687	0,180361	1,000000	0,962994	0,526266	0,034616	0,005733	0,330703
MOP	0,163881	0,187962	-0,717334	0,865918	0,039148	0,962994	1,000000	0,376516	0,066769	-0,048681	0,438235
Od	0,474431	0,472886	-0,448669	0,210504	0,901193	0,526266	0,376516	1,000000	-0,094866	0,047561	-0,310670
ph	-0,103835	0,009832	-0,475964	-0,020957	0,125132	0,034616	0,066769	-0,094866	1,000000	-0,811942	-0,017494
Tu	-0,000957	-0,100505	0,606055	0,257571	-0,168760	0,005733	-0,048681	0,047561	-0,811942	1,000000	-0,176419
chla	0,094915	0,105251	-0,411092	0,445696	-0,446696	0,330703	0,438235	-0,310670	-0,017494	-0,176419	1,000000

**Tableau IV.05 : Résultats des paramètres bactériologiques**

<b>paramètre</b>	<b>CT (CT/100ml)</b>	<b>CF (CF/100ml)</b>	<b>SF (SF/100ml)</b>
<b>Première sortie : 25/05/2014</b>			
<b>Max</b>	73	708	0
<b>Min</b>	0	0	0
<b>Moy</b>	19.40	197.42	0
<b>Ecart type</b>	31.71	316.04	0
<b>Deuxième sortie : 23/06/2014</b>			
<b>Max</b>	1200	140	33
<b>Min</b>	90	10	0
<b>Moy</b>	560	61.85	4.87
<b>Ecart type</b>	470.56	46.89	12.41