

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



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

**Option : Environnement**

**Thème :**

**Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux littorales  
Ain Benian-Bab El Oued (Wilaya d'Alger)**

Présenté par :

**AMMICH Siham**

**ANTEUR Abla Chahinez**

Soutenu le 06/07/2017 devant le jury composé de :

|                           |                                  |                |                     |
|---------------------------|----------------------------------|----------------|---------------------|
| <b>M. LOURGUIOUI M.H.</b> | <b>Maître- Assistant</b>         | <b>ENSSMAL</b> | <b>Président</b>    |
| <b>Mme. MAZOUZI S.</b>    | <b>Doctorante</b>                | <b>ENSSMAL</b> | <b>Examinatrice</b> |
| <b>M. SILHADI A.</b>      | <b>Doctorant</b>                 | <b>ENSSMAL</b> | <b>Invité</b>       |
| <b>M. REFES W.</b>        | <b>Maître de<br/>conférences</b> | <b>ENSSMAL</b> | <b>Promoteur</b>    |

**Année universitaire : 2016 - 2017**



## REMERCIEMENTS

Nous remercions Allah tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage de mené à bien ce travail.

Nous avons l'immense l'honneur de remercier au premier lieu notre promoteur, Monsieur REFES W., pour accepter d'encadrer ce travail, pour sa confiance, sa disponibilité, qu'il trouve ici toute notre profonde gratitude pour ces perpétuels encouragements et conseils, qui ont été pour nous un grand apport.

Nous tenons à remercier Monsieur LOURGOUOUI H., qui nous fait l'honneur de présider ce jury.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à madame MAZOUZI S., pour accepter d'examiner ce manuscrit et pour ses précieux conseils.

Nous remercions vivement Monsieur SILHADI A., pour avoir accepté de participer à la soutenance de ce mémoire et pour son aide précieuse.

On adresse nos vifs remerciements à Madame REFES N., à Monsieur MAATOUK Y., sans oublier les ingénieurs du laboratoire de l'ENSSMAL (Mr DJERRAI N., M<sup>me</sup> CHIOUKH S., M<sup>me</sup> ZAIIDI Y., M<sup>me</sup> GUERROUMI H., M<sup>me</sup> TOWATI A.,) qui nous a facilité la tâche et qui a satisfait tous nos besoins, ainsi qu'aux bibliothécaires de l'école.

On remercie énormément Monsieur ZERROUKI M., Monsieur AIT KACI M., M<sup>elle</sup> HARID R., M<sup>elle</sup> KERAGHEL M., pour leurs aides, conseils, et temps.

Au terme de ce modeste travail, nous ressentons aussi la joie que le devoir de remercier tous ceux et toutes celles qui nous ont aidés à l'élaboration de présente étude et qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à notre formation scientifique.

## **DÉDICACE**

DU PROFOND DE MON CŒUR, JE DÉDIE CE TRAVAIL À TOUS CEUX QUI  
ME SONT CHERS

### **À MA CHÈRE MÈRE**

AUCUNE DÉDICACE NE SAURAIT EXPRIMER MON RESPECT, MON AMOUR  
ÉTERNEL ET MA CONSIDÉRATION POUR LES SACRIFICES QUE VOUS AVEZ  
CONSENTI POUR MON INSTRUCTION ET MON BIEN ÊTRE.

### **À LA MÉMOIRE DE MON PÈRE**

**ET MA TANTE : SAADA**

### **À MON CHER FRÈRE : LOTFI**

MERCI TOUJOURS À MES CÔTÉS, PAR VOTRE PRÉSENCE, PAR VOTRE AMOUR  
DÉVOUÉ ET VOTRE TENDRESSE, POUR DONNER DU GOUT ET DU SENS À MA VIE.

### **À MES CHERS GRANDS PARENTS :**

ABDELKADER, YAMINA, DOUNIA, QUE DIEU VOUS PRÉSERVE SANTÉ ET  
LONGUE VIE.

### **À MES ONCLES:**

BENCHOHRA, HENNI, AHMED, ABDELKADER, BELKHAROUBI, HAMZA ET  
LEURS FAMILLES.

### **À TOUTE MA FAMILLE :**

FAIZA, LINDA, NORA, DOUNIA, HOUDA, KHEIRA, AICHA, ASMA  
, YASMINE, RACHDA

### **À MON BINOME : ABLA**

### **À MES CHERS AMIS :**

FAHIMA, ABLA, AMINA, ROUFEIDA, BAIDA, BOUKI, DJIHAD,  
ASMA, FAIZA, IMENE

### **À TOUS MES AUTRES AMIS :**

LES ENVIRONNEMENTALISTES

À TOUS CEUX QUE J'AIME ET CEUX QUI M'AIMENT.

**AMMICH SIHAM**

# *Dédicace*

## *A ma très chère mère*

*Tu m'as donné la vie, la tendresse et le courage pour réussir.*

*Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je te porte*

*« En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entourée »*

## *A mon très cher père*

*En signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour tous les soutiens et les sacrifices dont il fait preuve à mon égard*

*A mon frère Mohamed Chérif, mes sœurs Kenza Djamila et Souhir*

*Merci d'être toujours à mes côtés, par votre présence et votre amour*

*A mes nièces, Amira et Nadine.*

## *A ma famille*

*Ma belle Rachda, ma très chère tante Zoubida, mes très chères tantes Nadja, Fatima Zohra et Goussef, mes oncles Mohamed et Tadj Eldine et Meryem, Sarah, Sofia, Tamani et Abdellatif. Votre confiance à moi, vos encouragements. Merci infiniment d'être toujours à mes côtés.*

## *A tous mes amis*

*Ma chère sœur et mon binôme Siham*

*Ma chère Fahima, Rofeida, Baidaa, Imene, Bouki, Fadwit, Asma, Faiza Djihad et mon frère Imed*

*Toutes les environmentalistes*

*Mes chères Moufida, Hanan, Sadjia et mon frère Soufiane (option halieutique), Manel et Samrah (option aménagement). En témoignage de l'amitié sincère qui nous a liées et des bons moments passés ensemble. Je vous dédie ce travail en vous.*

*Je vous remercie tous, votre soutien et vos encouragements me donnent la force de continuer*

*AUTEUR Abba Chahinez*

# TABLE DES MATIERES

|   |      |
|---|------|
| LISTE DES ABREVIATIONS .....                        | XIII |
| LISTE DES TABLEAUX.....                             | IX   |
| LISTE DES FIGURES .....                             | X    |
| INTRODUCTION.....                                   | 2    |
| CHAPITRE I. GENERALITE .....                        | 5    |
| 1 Pollution marine.....                             | 5    |
| 1.1 Définition de la pollution marine.....          | 5    |
| 1.2 Types de pollution marine .....                 | 5    |
| 2 Les paramètres physico-chimiques .....            | 7    |
| 2.1 La température .....                            | 7    |
| 2.2 La salinité .....                               | 7    |
| 2.3 L'oxygène dissous .....                         | 8    |
| 2.4 Le potentiel d'hydrogène (pH) .....             | 8    |
| 3 Les paramètres indicateurs de pollution .....     | 9    |
| 3.1 La matière en suspension (MES).....             | 9    |
| 3.2 La matière organique particulaire (MOP) .....   | 9    |
| 4 La production primaire .....                      | 9    |
| 4.1 La chlorophylle <i>a</i> .....                  | 10   |
| 4.2 Les phéopigments <i>a</i> .....                 | 10   |
| 5 Les sels nutritifs .....                          | 10   |
| 5.1 Définition des sels nutritifs.....              | 10   |
| 5.2 Origine des sels nutritifs .....                | 11   |
| 5.2.1 Les sources internes .....                    | 11   |
| 5.2.2 Les sources externes.....                     | 11   |
| 5.3 Les différentes formes des sels nutritifs ..... | 11   |
| 5.3.1 Azote .....                                   | 11   |
| 5.3.2 Les orthophosphates .....                     | 13   |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 5.3.3 | Les silicates .....  | 13 |
| 6     | Les paramètres bactériologiques .....                        | 14 |
| 6.1   | Les germes indicateurs de contamination fécale .....         | 14 |
| 6.1.1 | Les Coliformes .....   | 14 |
| 6.1.2 | Les Streptococcus fécaux .....                               | 15 |
| 6.2   | Les Salmonelles .....  | 16 |
|       | CHAPITRE II.ZONE D'ETUDE.....                                | 18 |
| 1     | La zone d'Ain Benian – Bab El Oued .....                     | 18 |
| 1.1   | Situation géographique .....                                 | 18 |
| 1.2   | Réseau hydrographique .....                                  | 18 |
| 1.3   | Conditions météorologiques dans la zone .....                | 19 |
| 1.3.1 | Vents.....   | 19 |
| 1.3.2 | Température et précipitations.....                           | 19 |
| 1.3.3 | Pluviométrie .....   | 19 |
| 1.4   | Sources de pollutions.....                                   | 19 |
|       | CHAPITRE III. MATERIELS ET METHODES .....                    | 21 |
| 1     | Sortie sur le terrain.....                                   | 21 |
| 1.1   | Choix et localisation des stations.....                      | 21 |
| 1.2   | Le prélèvement d'eau de mer .....                            | 22 |
| 1.2.1 | Le matériel de prélèvement .....                             | 22 |
| 1.3   | Mesures des paramètres physico-chimiques in-situ .....       | 23 |
| 1.3.1 | La température.....  | 23 |
| 1.3.2 | Le potentiel d'hydrogène (pH).....                           | 23 |
| 1.3.3 | Salinité (Practical Salinity Unit) .....                     | 23 |
| 1.3.4 | L'oxygène dissous.....                                       | 23 |
| 2     | Au laboratoire .....   | 25 |
| 2.1   | Les paramètres indicateurs de pollution .....                | 25 |
| 2.1.1 | Mesure de la matière de la matière en suspension (MES) ..... | 25 |

|   |  |    |
|---|--|----|
| 2.1.2                                       | La mesure de la matière organique particulaire (MOP) .....     | 26 |
| 2.1.3                                       | La mesure de la matière inorganique particulaire (MIP) .....   | 27 |
| 2.2   | dosage de la chlorophylle par spectrophotométrie .....         | 27 |
| 2.2.1                                       | principe de la méthode de dosage .....                         | 27 |
| 2.2.2                                       | Appareillage .....   | 27 |
| 2.2.3                                       | Mode opératoire .....  | 27 |
| 2.2.4                                       | Calcul des concentrations des pigments .....                   | 28 |
| 2.3   | Dosage des sels nutritifs .....                                | 29 |
| 2.3.1                                       | Dosage de l'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ) .....         | 30 |
| 2.3.2                                       | Dosage de l'azote nitreux ( $\text{NO}_2^-$ ) .....            | 31 |
| 2.3.3                                       | Dosage de l'azote nitrique ( $\text{NO}_3^-$ ) .....           | 33 |
| 2.3.4                                       | Dosage des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) .....             | 35 |
| 2.3.5                                       | Dosage des silicates ( $\text{SiO}_2^-$ ) .....                | 36 |
| 2.4   | Calcul des concentrations .....                                | 37 |
| 2.5   | Analyse bactériologique dans l'eau de mer .....                | 38 |
| 2.5.1                                       | Recherche des germes indicateurs de contamination fécale ..... | 38 |
| 2.5.2                                       | La recherche des bactéries pathogènes .....                    | 40 |
| 3   | Méthodes d'analyse statistique .....                           | 46 |
| 3.1   | La moyenne arithmétique .....                                  | 46 |
| 3.2   | L'écart type .....   | 46 |
| 3.3   | L'intervalle de confiance .....                                | 46 |
| 3.4   | L'analyse factorielle des correspondances .....                | 47 |
| CHAPITRE IV. RESULTATS ET DISCUSSIONS ..... |  | 49 |
| 1   | Variation spatiale des paramètres physico-chimiques .....      | 49 |
| 1.1   | La température .....   | 49 |
| 1.2   | La salinité .....  | 50 |
| 1.3   | L'oxygène Dissous et taux de saturation en Oxygène .....       | 51 |
| 1.4   | Le potentiel d'hydrogène (pH) .....                            | 52 |

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 2   | Variation spatiale des paramètres indicateurs de pollution..... | 53 |
| 2.1 | La matière en suspension (MES).....                             | 53 |
| 2.2 | La matière organique particulaire (MOP) .....                   | 54 |
| 2.3 | La matière inorganique particulaire (MIP).....                  | 55 |
| 3   | La chlorophylle a et les phéopigments.....                      | 56 |
| 4   | Les sels nutritifs .....  | 58 |
| 4.1 | L'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ).....                     | 58 |
| 4.2 | L'azote nitreux ( $\text{NO}_2^-$ ).....                        | 59 |
| 4.3 | L'azote nitrique ( $\text{NO}_3^-$ ).....                       | 60 |
| 4.4 | Les phosphates ( $\text{PO}_4^{-3}$ ) .....                     | 61 |
| 4.5 | Les silicates ( $\text{SiO}_2^-$ ) .....                        | 63 |
| 5   | Variation spatiale des paramètres bactériologiques .....        | 64 |
| 5.1 | Les Coliformes Totaux .....                                     | 64 |
| 5.2 | Les Coliformes Fécaux .....                                     | 65 |
| 5.3 | Les Streptocoques Fécaux .....                                  | 67 |
| 5.4 | Les Salmonelles .....   | 68 |
| 6   | L'analyse multiparamétrique .....                               | 70 |
| 6.1 | Résultat .....  | 70 |
| 6.2 | Discussion.....   | 75 |
|     | CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS .....                             | 78 |
|     | BIBLIOGRAPHIE .....   | 81 |
|     | ANNEXES .....   | 85 |

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

- **AFC** : Analyse Factorielle des Correspondances
- **BEA** : Bile Esculine Agar
- **CF** : Coliformes Fécaux
- **CT** : Coliformes Totaux
- **ENSSMAL** : Ecole National des Sciences de la Mer et l'Aménagement du Littoral
- **ISO** : International Standard Organisation
- **MES** : Matière En Suspension
- **MOP** : Matière Organique Particulaire
- **MIP** : Matière Inorganique Particulaire
- **OMS** : Organisation Mondial Santé
- **ONM** : Office National Météorologique
- **pH** : Potentiel Hydrogène
- **SF** : Streptocoques Fécaux
- **SS** : SALMONELLA-SHIGELLA
- **WTW** : Wissenschaftliche Technische Workstätten

# LISTE DES TABLEAUX

|  |    |
|--|----|
| <b>Tableau I. 1 :</b> Tableau récapitulatif des différents types de pollution ( <b>SIMON, 1999</b> ) <i>in</i> ( <b>TERBECHE, 2006</b> ).....        | 6  |
| <b>Tableau III. 2 :</b> Les lieux et les coordonnées géographiques des stations et la date de prélèvement.....                                       | 21 |
| <b>Tableau IV. 3 :</b> Les valeurs maximales de MES rencontrées dans la zone d'étude.....  | 53 |
| <b>Tableau VI. 4 :</b> Les valeurs maximales de MOP rencontrées dans la zone d'étude.....  | 54 |
| <b>Tableau IV. 5:</b> Les valeurs maximales de chlorophylle a enregistrées dans la zone d'étude.   | 56 |
| <b>Tableau IV. 6:</b> Les valeurs maximales de phéopigment a enregistrées dans la zone d'étude.  | 56 |
| <b>Tableau IV. 7:</b> Les valeurs maximales de $\text{NH}_4^+$ enregistrées dans la zone d'étude.....  | 58 |
| <b>Tableau IV. 8 :</b> Les valeurs maximales de $\text{NO}_2^-$ rencontrées dans la zone d'étude.....  | 59 |
| <b>Tableau IV. 9:</b> Les valeurs maximales de $\text{NO}_3^-$ rencontrées dans la zone d'étude.....   | 60 |
| <b>Tableau IV. 10:</b> Les valeurs maximales de $\text{PO}_4^{-3}$ rencontrées dans la zone d'étude.....   | 62 |
| <b>Tableau IV. 11:</b> Les valeurs maximales de $\text{SiO}_2^-$ rencontrées dans la zone d'étude.....   | 63 |
| <b>Tableau IV. 12 :</b> Les valeurs maximales des Coliformes totaux rencontrées dans les différentes stations.....                                   | 64 |
| <b>Tableau IV. 13 :</b> Les valeurs maximales des Coliformes fécaux rencontrées dans différentes stations.....                                       | 66 |
| <b>Tableau IV. 14:</b> Les valeurs maximales des Streptocoques fécaux rencontrées dans les différentes stations.....                                 | 67 |
| <b>Tableau IV. 15 :</b> La variation des paramètres physico-chimiques et bactériologique en fonction des stations.....                               | 70 |
| <b>Tableau IV. 16 :</b> Coordonnées des points-lignes.....   | 73 |
| <b>Tableau 17 :</b> Principaux critères de qualité des eaux de baignade ( <b>Extrait de l'annexe 1 du décret n° 93-164 du 10 juillet 1993</b> )..... | 96 |
| <b>Tableau 18 :</b> Norme NT106.02 ( <b>Office National de l'Assainissement, 2014</b> ).....   | 97 |

## LISTE DES FIGURES

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure II. 1:</b> La situation géographique de la zone Ain Benian-Bab El Oued et la zone de Sidi Fredj. ....                 | 18 |
| <b>Figure III. 2:</b> La localisation des stations de prélèvement d'eau de mer.....   | 22 |
| <b>Figure III. 3:</b> Les différents flacons de prélèvement. ....   | 23 |
| <b>Figure III. 4:</b> Le matériel utilisé pour la mesure des paramètres physico-chimiques in situ..                             | 24 |
| <b>Figure III. 5 :</b> La balance de précision.....   | 25 |
| <b>Figure III. 6 :</b> L'Etuve de marque MAMMERT.....   | 25 |
| <b>Figure III. 7 :</b> La rompe de filtration de marque BALL VALVE.....   | 25 |
| <b>Figure III. 8:</b> Le four à moufle.....   | 26 |
| <b>Figure III. 9:</b> La centrifugeuse de marque SIGMA. ....  | 29 |
| <b>Figure III. 10:</b> Le spectrophotomètre de marque JASCO V-730. ....   | 29 |
| <b>Figure III. 11:</b> La courbe d'étalonnage de l'ammonium.....  | 31 |
| <b>Figure III. 12:</b> La courbe d'étalonnage de nitrite. ....  | 32 |
| <b>Figure III. 13 :</b> La courbe d'étalonnage de nitrate.....  | 34 |
| <b>Figure III. 14:</b> La courbe d'étalonnage des phosphates. ....  | 35 |
| <b>Figure III. 15:</b> La courbe d'étalonnage des silicates. ....   | 37 |
| <b>Figure III. 16:</b> Le spectrophotomètre.....  | 38 |
| <b>Figure III. 17:</b> L'incubateur.....  | 39 |
| <b>Figure III. 18:</b> L'autoclave.....   | 39 |
| <b>Figure III. 19 :</b> Technique de dénombrement des coliformes ( <b>présente étude, Ammich et Anteur</b> ). ....              | 42 |
| <b>Figure III. 20 :</b> Technique de dénombrement des streptocoques ( <b>présente étude, Ammich et Anteur</b> ). ....           | 43 |
| <b>Figure III. 21:</b> Technique de recherche des Salmonelles ( <b>présente étude, Ammich et Anteur</b> ). ....                 | 44 |
| <b>Figure III. 22:</b> Tests biochimique pour l'identification des Salmonelles ( <b>présente étude, Ammich et Anteur</b> )..... | 45 |
| <b>Figure IV. 23:</b> La variation de la température en fonction des stations.....  | 49 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure IV. 24 :</b> La variation de la salinité en fonction des stations. ....   | 50 |
| <b>Figure IV. 25 :</b> La variation de la concentration de l’oxygène dissous en fonction des stations.<br>.....                   | 51 |
| <b>Figure IV. 26 :</b> La variation du taux de saturation en oxygène en fonction des stations.....                                | 51 |
| <b>Figure IV. 27:</b> La variation du pH en fonction des stations.....  | 52 |
| <b>Figure IV. 28 :</b> La variation de la concentration de la matière en suspension en fonction des stations.....                 | 53 |
| <b>Figure IV. 29 :</b> La variation du taux de la matière organique particulaire en fonction des stations.....                    | 55 |
| <b>Figure IV. 30:</b> La variation du taux de la matière inorganique particulaire en fonction des stations.....                   | 56 |
| <b>Figure IV. 31 :</b> La variation de la concentration de la chlorophylle a et les phéopigments a en fonction des stations. .... | 57 |
| <b>Figure IV. 32:</b> La variation de la concentration de l’ammonium en fonction des stations.....                                | 58 |
| <b>Figure IV. 33 :</b> La variation de la concentration des nitrites en fonction des stations.....                                | 60 |
| <b>Figure IV. 34:</b> La variation de la concentration des nitrates en fonction des stations. ....                                | 61 |
| <b>Figure IV. 35:</b> La variation de la concentration des phosphates en fonction des stations. ....                              | 62 |
| <b>Figure IV. 36:</b> La variation de la concentration des silicates en fonction des stations. ....                               | 64 |
| <b>Figure IV. 37 :</b> La variation des concentrations moyennes des Coliformes Totaux en fonction des Stations.....               | 65 |
| <b>Figure IV. 38 :</b> La variation des concentrations moyennes des Coliformes Fécaux en fonction des Stations.....               | 66 |
| <b>Figure IV. 39 :</b> La variation des concentrations moyennes des Streptocoques Fécaux en fonction des Stations. ....           | 68 |
| <b>Figure IV. 40:</b> Colonie à centre noir ( <i>Citrobacter freundii</i> ).....  | 69 |
| <b>Figure IV. 41:</b> Colonies à centre noir ( <i>Citrobacter braakii</i> ).....  | 69 |
| <b>Figure IV. 42:</b> Colonies centre noir ( <i>Providencia rettgeri</i> ).....   | 69 |
| <b>Figure IV. 43 :</b> Graphique symétrique (axes F1 et F2 : 78,46 % ).....   | 74 |

# ***INTRODUCTION***

---

## INTRODUCTION

Le milieu marin est menacé par l'urbanisation croissante et les activités industrielles, c'est particulièrement visible dans les zones côtières qui sont exposées à des énormes risques tels que la pollution marine qui peuvent perturber l'écosystème marin et les organismes vivants.

Le littoral algérien et à l'instar de la majorité des zones côtières méditerranéennes, sont sensibles aux changements environnementaux, aux changements créés par le développement économique et aux changements d'utilisation du sol. La région algéroise est certainement l'une des zones où l'altération de la qualité des eaux marines côtières est la plus perceptible **(HOUMA-BACHARI, 2009)**.

Dans le domaine de l'environnement, il est très important de disposer d'outils capables de détecter la présence de polluants ou les substances toxiques au sein des écosystèmes aquatiques.

En effet, pour limiter l'agression des polluants sur les écosystèmes, il est important de contrôler la qualité des eaux par la mesure des paramètres physico-chimiques ainsi que des paramètres microbiologiques qui permettent d'évaluer le degré de la pollution des eaux et pour mieux préserver les ressources marines.

De ce fait, l'objectif principal de notre étude est la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux littorales Ain Benian –Bab Oued, ainsi que la vulnérabilité de ces eaux littorales.

Notre travail est structuré comme suit :

- Le premier chapitre est consacré aux généralités, sur la pollution marine, les différents types de pollution, ainsi que les paramètres physico-chimiques, les paramètres microbiologiques, les différents nutriments minéraux dissous présent dans l'eau de mer et la chlorophylle.
- Le second chapitre est réservé à la présentation de la zone d'étude, les réseaux hydrographique, les conditions météorologique dans la zone ainsi que les sources de la pollution de la zone d'étude.
- Le troisième chapitre a abordé le matériel utilisé et les méthodes appliquées dans les différentes analyses.

- Le quatrième chapitre, résultat et discussion, nous présenterons et discuterons en détail les résultats obtenus.
- Enfin, nous clôturons ce mémoire avec une conclusion générale.

# ***CHAPITRE I***

## ***GENERALITES***

---

## CHAPITRE I. GENERALITE

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de paramètres physico-chimiques ainsi que sur la présence ou l'absence d'organismes et de micro-organismes aquatiques, indicateurs d'une plus ou moins bonne qualité de l'eau.

### 1 Pollution marine

La pollution du milieu marin est certainement un des aspects les plus dramatiques de l'altération de l'environnement, de ce fait aucune mer, aucun océan du globe n'échappent à la pollution qui continue à s'aggraver de jour en jour (TERBECHE, 2006).

#### 1.1 Définition de la pollution marine

On peut définir la pollution du milieu marine. Selon la convention des nations unis sur le droit de la mer de 1982, comme :

*« introduction directe ou indirecte par l'homme de substances ou d'énergie dans le milieu marin y compris les estuaires, lorsque elle a ou peut avoir des effets nuisible tels que les dommages aux ressources biologiques, à la faune et la flore marine, risque pour la santé de l'homme, entrave aux activités maritime y compris la pêche et les autres utilisation légitimes de la mer, altération de la qualité de l'eau de mer du point du vue de son utilisation et dégradation des valeurs d'agrément »* (Revue maritime trimestrielle, 1982).

#### 1.2 Types de pollution marine

Les différentes pollutions qui peuvent affecter le milieu marin dépend de :

- Type de pollution (instantané ou permanente).
- Du milieu récepteur (ouvert, fermé ou semi-fermé).
- De la nature et de réactivité de la substance polluante (conservatrice ou non conservatrice).

Les types de pollutions sont divers ; on les regroupe selon leurs natures prédominantes (Tableau I. 1).

**Tableau I.1 : Tableau récapitulatif des différents types de pollution (SIMON, 1999) in (TERBECHE, 2006).**

| Type de pollution                               | Nature                                | Source   |
|---|---------------------------------------|--|
| <b>Pollutions thermiques</b>                    | Rejets d'eau chaude                   | Centrales électriques  |
| <b>Pollution radioactives</b>                   | Radio-isotopes                        | Installations nucléaires   |
| <b>Pollutions microbiologiques</b>              | Bactéries, virus, champignons         | Effluents urbains, élevages, secteur agroalimentaire                     |
| <b>Organiques fermentescibles</b>               | Glucides, protides, lipides.          | Effluents domestiques, agricoles, industries agroalimentaires et du bois |
| <b>Fertilisants</b>                             | Nitrates, phosphates                  | Agriculture, lessives  |
| <b>Métaux et métalloïdes</b><br><b>Toxiques</b> | Mercure, plomb, aluminium, arsenic    | Industrie, agriculture, combustion, pluies acides                        |
| <b>Pesticides</b>                               | Insecticides, fongicides, Herbicides  | Agriculture, industrie   |
| <b>Détersifs</b>                                | Agents transioactifs                  | Effluents domestiques  |
| <b>Hydrocarbure</b>                             | Pétrole brut et dérivé                | Industrie pétrolières, transports  |
| <b>Composés organochlorés</b>                   | P.C.B, insecticides, solvants chlorés | Industrie  |
| <b>Autres composants organiques de synthèse</b> | Nombreuses molécules                  | Industrie  |

## 2 Les paramètres physico-chimiques

Selon **GAUJOUS (1995)**, La pollution résulte de l'introduction dans un milieu de substances conduisant à son altération. Elle se traduit généralement par des modifications des caractéristiques physico-chimiques du milieu récepteur. La mesure par analyse de ces derniers (au niveau du rejet, du milieu naturel ou du milieu pollué) permet de l'étudier.

### 2.1 La température

La température est l'un des descripteurs de base pour la connaissance du milieu. Elle influe sur l'activité biologique dont dépend la production totale. La mesure de la température est indispensable pour l'interprétation ou le traitement d'autres paramètres (**AMINOT et KEROUEL, 2004**).

Il est important de connaître la température de l'eau avec précision. En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc (**RODIER et al, 2009**).

En revanche l'augmentation de ce paramètre réduit la solubilité des gaz dans l'eau et en particulier l'oxygène, ce dernier joue un rôle fondamental pour les organismes vivants et pour l'oxydation des déchets, par contre une basse température ralentit l'activité métabolique des organismes aquatiques (**AMINOT et KEROUEL, 2004**).

### 2.2 La salinité

La première définition de la salinité selon (**SORENSEN ,1902**) *in* (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**) est comme suit :

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

En océanographie physique, la mesure très précise de la salinité (couplée à la température) sert à calculer la masse volumique de l'eau de mer, paramètre nécessaire à la connaissance de la circulation océanique (**AMINOT et KEROUEL, 2004**).

En milieux côtiers et estuaires, la salinité est le traceur idéal des mélanges entre l'eau douce et l'eau de mer (**AMINOT et KEROUEL, 2004**).

### 2.3 L'oxygène dissous

Oxygène dissous intervient dans la plupart des processus biologiques permettant la vie terrestre et marine. En son absence, ou simplement en dessous de certaines concentrations, de nombreuses espèces vivantes meurent (**AMINOT et KEROUEL, 2004**).

Les concentrations d'oxygène dissous dans l'eau résultent de processus physiques, chimiques et biologiques (**AMINOT et KEROUEL, 2004**) :

- Echanges à l'interface air-eau (gain ou perte)
- Diffusion et mélanges au sein de la masse d'eau
- Photo-oxydation (perte)
- Oxydation chimique (perte)
- Respiration des organismes aquatiques, y compris Minéralisation (perte)
- Nitrification (perte)
- Photosynthèse (gain)

### 2.4 Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le pH est relatif à la concentration en ions hydrogène ( $H^+$ ) dans un milieu, donc à l'acidité de ce milieu. Cette notion a été introduite par Sorensen en 1909 qui l'avait défini comme le cologarithme décimal de la concentration en ions  $H^+$ . On note : ( $pH = -\log_{10} C_H$ ) (**AMINOT et KEROUEL, 2004**).

En l'absence d'influences externes, le pH 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 et KEROUEL, 2004**).

Le pH de l'eau de mer résulte de sa composition ionique, et essentiellement de la présence des carbonates issus de l'échange de dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) entre l'eau et l'atmosphère, ainsi que de la dissolution du calcaire (**AMINOT et KEROUEL, 2004**).

Les organismes vivants sont très sensibles aux variations brutales du pH, l'influence de ce dernier se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les équilibres ioniques des autres éléments en augmentant ou diminuant leur toxicité. Et aussi à du pH élevé augmentent les concentrations d'ammoniac qui très toxique pour les poissons.

### 3 Les paramètres indicateurs de pollution

#### 3.1 La matière en suspension (MES)

Les matières en suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau.

Elles présentent dans une eau naturelle ou polluée. Elles représentent une cause essentielle de turbidité de l'eau (**RAMADE, 2000**).

Elles proviennent de rejets urbains, industriels et/ou agricoles ainsi que des phénomènes d'érosion des sols (liés notamment aux précipitations).

La quantité de matières en suspension varie notamment selon les saisons et le régime d'écoulement des eaux. Ces matières affectent la transparence de l'eau et diminuent la pénétration de la lumière et par suite, la photosynthèse. Elles peuvent également gêner la respiration des poissons. Par ailleurs, les matières en suspension peuvent accumuler des quantités élevées de matières toxiques (métaux, pesticides, huiles minérales, hydrocarbures aromatiques polycycliques (**VILLERS, et al., 2005**).

Dans les océans, la concentration de MES diminue de la surface jusqu'au fond. Elles représentent en grandes teneurs aux niveaux des milieux côtiers et estuariens.

Elles peuvent également absorber certains polluants et éléments nutritifs dissous qu'elles convoient et qu'elles sont ensuite capables de relarguer. (**ALDRIDGE et al, 2003 ; BERGAMASCO et al, 2003 ; NIEMISTÖ et al, 2009**) in (**AURELIER, 2013**).

#### 3.2 La matière organique particulaire (MOP)

La MOP est majoritairement d'origine phytoplanctonique. En zone côtière, des situations intermédiaires se rencontrent avec des dominantes terrigènes plutôt en hiver et des développements intenses de phytoplancton au printemps et en été dans les zones riches en nutriments. La nature, donc la composition, du matériel particulaire va aussi différer géographiquement et au cours du cycle annuel en fonction de son origine et de son évolution dans le milieu (**AMINOT et KEROUEL, 2004**).

### 4 La production primaire

La production de matière organique végétale (biomasse), issue de la photosynthèse, par des organismes autotrophes, dits producteurs primaires. Elle traduit la vitesse à laquelle se

forme, par unité de temps, une quantité donnée de matière organique, à partir de la matière minérale et d'un apport d'énergie. Elle s'exprime en masse de carbone assimilé par unité de temps (DAVID, 2012).

#### 4.1 La chlorophylle *a*

Toutes les plantes vertes contiennent de la chlorophylle *a* et le dosage de cette chlorophylle *a* peut donc être utilisé comme indicateur de la biomasse algale. On sait en effet que la chlorophylle *a* représente en moyenne 1 à 2 % du poids sec des algues phytoplanctoniques. Les autres pigments du phytoplancton proviennent pour partie des chlorophylles *b* et *c* (RODIER *et al*, 2009).

#### 4.2 Les phéopigments *a*

La quantité de phytoplancton présente dans l'eau peut être estimée par la mesure des pigments chlorophylliens présents, soit sous forme dite active, la chlorophylle, soit sous forme dégradée, les phéopigments. La mesure des phéopigments est utilisée comme critère de l'état physiologique des populations phytoplanctoniques : plus la proportion de phéopigments est élevée par rapport à celle de la chlorophylle *a*, plus les cellules algales sont vieilles et dégradées (RODIER *et al*, 2009).

### 5 Les sels nutritifs

#### 5.1 Définition des sels nutritifs

Les sels nutritifs sont des constituants minéraux dissous dans l'eau de mer et impliqués dans le métabolisme des êtres vivants. Ils se situent donc à l'interface physique-biologie (HERBLAND et LE LOEUFF, 1993).

Parmi les éléments nutritifs majeurs on a l'azote, le phosphore et le silicium inorganique dissous, ces éléments sont assimilés par le phytoplancton durant la photosynthèse de la matière organique.

Les variations de ces sels nutritifs sont gouvernées par les facteurs physico-chimiques et hydrodynamiques (JACQUES et TERGUER, 1986).

Les propriétés communes et des distributions comparables, chacun de ces sels possède une signification particulière et leur étude simultanée est nécessaire pour caractériser le type de production dont l'origine : production nouvelle, production de régénération dans le cas de

l'azote, abondance des diatomées et des silicoflagellés dans le cas de la silice, etc. (HERBLAND et LE LOEUFF, 1993).

## 5.2 Origine des sels nutritifs

Les sels nutritifs dissous présents dans l'océan ont plusieurs sources. Principalement, on distingue les sources internes et les sources externes.

### 5.2.1 Les sources internes

La régénération des sels nutritifs dissous dans l'océan se fait principalement à partir de l'oxydation des déchets organiques le long de la colonne d'eau de mer dans une moindre mesure, les sels nutritifs sont régénérés à partir des sédiments marins (BOULAHIDID, 1987).

### 5.2.2 Les sources externes

Ce sont les apports continentaux fluviatiles, éoliens et hydrothermaux englobant les processus naturels (biologie, géologie...) et la pollution anthropogénique (industrie, produits fertilisants, détergents,...) (BOULAHIDID, 1987).

## 5.3 Les différentes formes des sels nutritifs

### 5.3.1 Azote

La forme la plus abondante de l'azote dans l'eau de mer est l'azote élémentaire gazeux. L'azote inorganique par les ions nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrite ( $\text{NO}_2^-$ ) et ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) (COPIN-MONTEGUT, 1996).

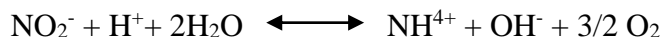
#### 5.3.1.1 L'azote ammoniacal ( $\text{NH}_4^+$ )

L'ammonium (la forme cationique :  $\text{NH}_4^+$ ) est de loin l'espèce ionique dominante de l'azote minéral en mer. Il est souvent assimilé préférentiellement par le phytoplancton. C'est également, la première forme d'azote minéral régénérée, par le biais de l'excrétion zooplanctonique principalement (OUDOT, 1983).

Il provient de (GAUJOUS, 1995) :

- Pluie et neige (jusqu'à 2 mg/l)
- Eaux souterraines (réduction des nitrates) en association avec le fer.
- Décomposition des déchets azotés (urée, azote organique)
- Industrie textile (blanchissement)
- engrais

La réduction des nitrites en milieu anaérobique par un mécanisme bactérien selon la réaction suivante :



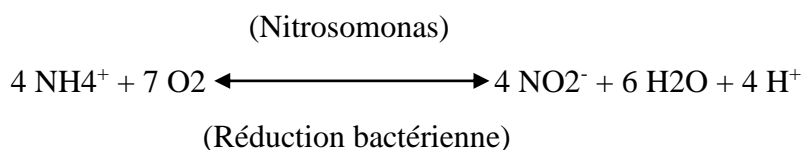
### 5.3.1.2 Le nitrite

Le nitrite est une forme d'azote présente généralement en faible quantité dans l'eau de mer. Dans ce composé l'azote est dans un état d'oxydation intermédiaire (III<sup>+</sup>) entre l'ammonium (III<sup>-</sup>) et le nitrate (V<sup>+</sup>) ; si bien que le nitrite apparait comme une étape transitoire entre l'oxydation de l'ammonium et la réduction du nitrate (**OUDOT, 1983**).

L'origine industrielle peut être par (**GAUJOUS, 1995**) :

- traitement de surface
- chimie
- colorants

Les bactéries nitrifiantes (nitrosomonas) transforment l'ammonium en nitrites. Cette opération, qui nécessite une forte consommation d'oxygène, est la nitrification. Les nitrites proviennent de la réduction bactérienne des nitrates, appelée dénitrification.

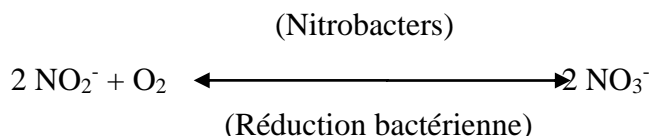


### 5.3.1.3 Le nitrate

Le nitrate est la forme stable de l'azote minéral dans l'eau de mer bien oxygénée (**OUDOT, 1983**).

- **Origine (GAUJOUS, 1995) :**
  - Minéralisation de la matière organique
  - Engrais azotés
  - Résidus animaux, fumier, purin
  - eaux usées domestiques et stations d'épuration.

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote organique dans l'eau. Les bactéries nitrifiantes (nitrobacters) transforment les nitrites en nitrates. Cette réaction appelée nitrification s'accompagne aussi d'une consommation d'oxygène. (**GAUJOUS, 1995**).



Les nitrates ne sont pas toxiques ; mais des teneurs élevées en nitrates provoquent une prolifération algale qui contribue à l'eutrophisation du milieu. Leur potentiel danger reste néanmoins relatif à leur réduction en nitrates.

### 5.3.2 Les orthophosphates

Pour le phosphore, on utilise le terme de phosphate qui englobe toutes les formes d'orthophosphates présentes. Au pH de l'eau de mer  $\text{HPO}_4^{2-}$  et  $\text{PO}_4^{3-}$  représentent environ 90 et 10 % respectivement (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**).

Le phosphore présent dans l'eau de mer existe sous une grande variété de formes, regroupées arbitrairement en deux grandes classes « Soluble » et « Insoluble ».

Origine des phosphates peuvent être (**GAUJOUS, 1995**) :

- Naturelle : phosphates calcique
- Contamination fécale

Et aussi d'origine urbain (comme des détergents) et agricole (lessivage d'engrais), à ce moment les orthophosphates est la forme le plus assimilable par le phytoplancton et considéré comme un nutriment majeur qui peuvent entrainer leur prolifération à certaine concentration.

### 5.3.3 Les silicates

Le silicium est présent dans l'eau de mer à l'état dissous (représente par l'acide silicique) et particulaire (le silicium est le constituant essentiel des structures solides extracellulaires du phytoplancton : Diatomées) (**OUDOT, 1983**), et aussi par la dégradation des coquilles des espèces siliceuses.

La silice provient de la dégradation de roches comme le granit (origine terrestre), ou de leur régénération dans leur cycle biogéochimique (origine marine) (**OUDOT, 1983**).

Le terme de silicium sous-entend les formes  $\text{Si(OH)}_4$  et  $\text{SiO(OH)}_3^-$  représentant la quasi-totalité du silicium dissous, respectivement 95 et 5 % au pH de l'eau de mer (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**).

## 6 Les paramètres bactériologiques

### 6.1 Les germes indicateurs de contamination fécale

Les bactéries sont des germes témoins de contamination fécale qui ne sont pas dangereux en eu mêmes, mais dont la présence peut s'accompagner de celle de germes pathogènes. Le risque sanitaire augmente avec le niveau.

Elles peuvent être (GAUJOUS, 1995) :

- Sensible, c'est-à-dire qu'on 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.

L'OMS (1979) a choisi plusieurs témoins répondant à certaines exigences ; il s'agit des coliformes, des streptocoques fécaux du groupe D de la classification de (LANCFIELD 1933)in(OMS, 1979).

La raison de ce choix réside dans le fait que la numération de ces bactéries est beaucoup plus simple et rapide entre 24 et 48h, que celle des germes pathogènes ; généralement plusieurs jours avec nécessité d'identification sérologique (GAUTHIER et PIETRI, 1998).

#### 6.1.1 Les Coliformes

Le terme de « coliformes » ne correspond pas à une définition microbiologique stricte. Sous ce terme est regroupé un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae et qui partagent certaines caractéristiques biochimiques.

La définition suivante a été adoptée par l'Organisation internationale de standardisation (ISO). Le terme « coliforme » correspond à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires ou d'autres agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48 heures, à des températures de 35 à 37 °C (RODIER *et al*, 2009).

##### 6.1.1.1 Les coliformes totaux (CT)

La recherche et le dénombrement de l'ensemble des coliformes (coliformes totaux), sans préjuger de leur appartenance taxonomique et de leur origine, est capital pour la vérification de l'efficacité d'un traitement désinfectant et est d'un intérêt nuancé pour déceler

une contamination d'origine fécale (**RODIER et al, 1996**). Ce dénombrement effectué après incubation à la température 37°C entre 24-48h

Les coliformes comprennent entre autres les genres : *Escherichia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Yersinia*, *Serratia*.

### 6.1.1.2 Les coliformes fécaux (CF)

Le terme de « coliformes fécaux » ou de « coliformes thermo-tolérants » correspond à des coliformes qui présentent les mêmes propriétés (caractéristiques des coliformes) après incubation à la température de 44 °C. Le groupe des coliformes fécaux comprend entre autres les espèces suivantes : *Citrobacterfreundii*, *Citrobacterdiversus*, *Citrobacteramalonaticus*, *Enterobacteraerogenes*, *Enterobactercloacae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiellaoxytoca*, *Moellerellawisconsensis*, *Salmonella*, *Yersinia enterocolitica* (**RODIER et al, 2009**).

La recherche et le dénombrement des coliformes fécaux est un examen proposé en raison d'une concordance statistique entre leur présence et l'existence d'une contamination fécale quasi certaine (**RODIER et al, 2009**).

Au plan taxonomique, les coliformes thermotolérants constituent un groupe hétérogène qui comporte plusieurs genres comprenant des espèces d'origine fécale et des espèces d'origine non fécale.

Les coliformes fécaux sont des micro-organismes indicateurs d'une pollution d'origine fécale humaine ou animale. Ils sont généralement en nombre inférieur aux coliformes totaux et indiquent qu'il y a contamination récente ou constante.

### 6.1.2 Les Streptococcus fécaux

Les streptocoques fécaux, toutes les bactéries Gram (+) de forme oblongue ou de cocci sphériques légèrement ovales (**OMS, 1979**). Ils se disposent, le plus souvent, en diplocoques ou en chaînettes (**LECLERC et al, 1995**).

Selon la classification sérologique de (**LANCEFIELD, 1933**) in (**OMS, 1979**), 5 espèces sont reconnues parmi les streptocoques fécaux (streptocoques du groupe D).

Il s'agit de : *S.bovis*, *S.equinus*, *S.avium*, *S.faecalis* et *S.faecium*, car les autres streptocoques ont une origine fécale douteuse. Ils sont des témoins de contamination fécale assez résistant, y compris dans les milieux salés (**GAUJOUS, 1995**). Ils peuvent aussi se multiplier dans les milieux présentant des pH allant jusqu'à 9.6, on peut par conséquent les

utiliser comme indicateurs d'organismes pathogènes qui ont une résistance similaire au pH élevé (OMS, 1979).

## 6.2 Les Salmonelles

Les salmonelles sont en général considérées comme pathogènes bien que leur virulence et leur pathogénèse varient énormément : fièvres typhoïdes, salmonelloses systémiques, gastro-entérites, toxi-infections alimentaires (GAUJOUS, 1995).

Les hôtes naturels des salmonelles sont la population humaine, les animaux domestiques, les volailles et le bétail ainsi que les animaux sauvages, y compris les oiseaux communs.

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

***CHAPITRE II***  
***ZONE D'ETUDE***

---

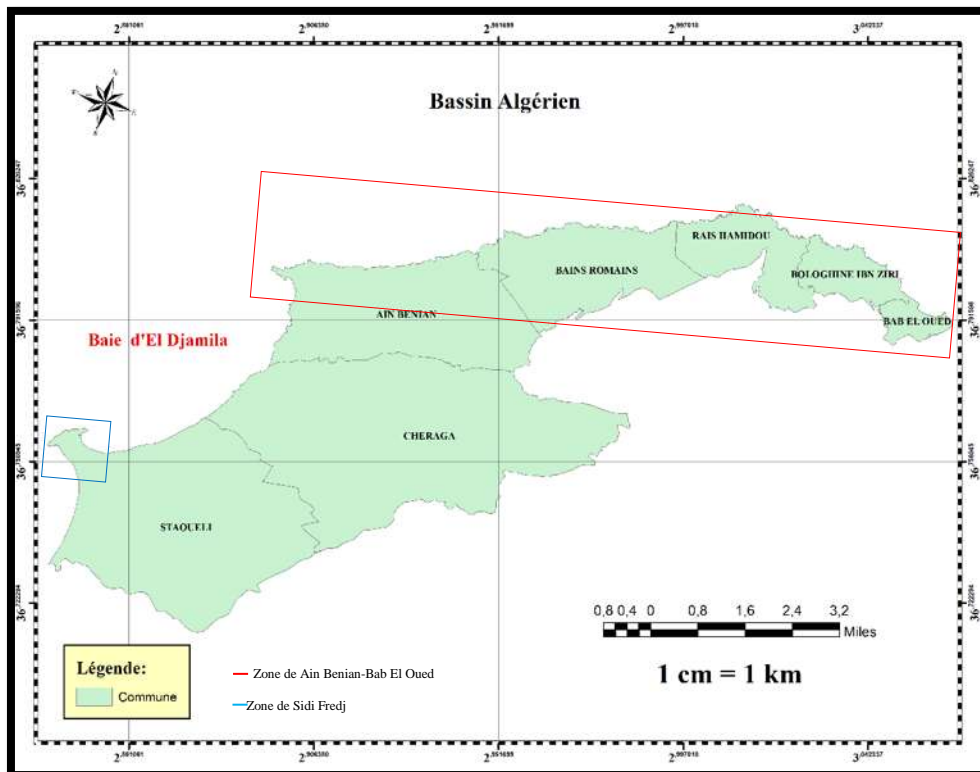
## CHAPITRE II.ZONE D'ETUDE

## 1 La zone d'Ain Benian – Bab El Oued

## 1.1 Situation géographique

La zone d'Ain Benian- Bab El Oued se situe sur la bande côtière algéroise, Elle est délimitée à l'Ouest par l'arrière de la plage artificielle de Ain Benian ( $36^{\circ}48'15.80''\text{N}$ - $2^{\circ}53'39.55''\text{E}$ ) et elle s'étend jusqu'à la plage artificielle de Bab El Oued ( $36^{\circ}47'33.81''\text{N}$ - $3^{\circ}03'28.22''\text{E}$ ).

Pour la localité de notre zone de référence Sidi Fredj, elle est délimitée à l'ouest par la plage ouest ( $36^{\circ}45'21.37''\text{N}$ - $2^{\circ}50'41''\text{E}$ ) et elle s'étend jusqu'à la plage Est de Sidi Fredj ( $36^{\circ}45'37.65''\text{N}$ - $2^{\circ}51'00.65''\text{E}$ ).



**Figure II.1:**La situation géographique de la zone Ain Benian-Bab El Oued et la zone de Sidi Fredj.

## 1.2 Réseau hydrographique

Les principaux Oueds qui se jettent en notre zone Ain Benian – Bab El Oued :

- ✓ Oued Beni Messous.
- ✓ Oued Koriche.

- ✓ Les petits Oueds côtiers.

### 1.3 Conditions météorologiques dans la zone

#### 1.3.1 Vents

D'après les résultats d'observations effectuées par l'US. Naval Weather Service Command (S.S.M.O) année 1963-1970 au large des côtes algériennes (Egis Eau/IAU-IDF/BRGM, 2012), il existe :

- ✓ Des vents dominants de direction Ouest et Nord-Ouest en période hivernale
- ✓ Des vents fréquents de secteur Est et Nord Est en période estivale.

#### 1.3.2 Température et précipitations

Notre zone d'étude fait partie du bassin méditerranéen, elle est caractérisée d'un hiver très doux et d'un été chaud et sec. En ce qui concerne la précipitation. La période où les précipitations sont les plus abondantes s'étend d'octobre à mars et la période d'aridité s'étend de juin à septembre (Egis Eau/IAU-IDF/BRGM, 2012).

#### 1.3.3 Pluviométrie

Les données pluviométriques (exprimes en mm) ont été recueillies à l'ONM de Dar El Beida, Elles montrent deux cycles pluvieux allant d'Octobre à Mai avec un maximum de précipitations en Décembre et Janvier et présente un pic de 182 mm en janvier.

Le second relativement sec recouvre les autres mois de l'année avec un minimum de précipitations observées en Juillet et en Août (Egis Eau/IAU-IDF/BRGM, 2012).

### 1.4 Sources de pollutions

Notre zone d'étude occupe quatre communes qui sont :

La commune de Ain Benian, la commune de Hammamet, la commune de Rais Hamidou et la commune de Bab El Oued. La pollution dans ces communes est surtout d'origine domestique (déversement des eaux usées en mer sans aucun traitement), à laquelle s'ajoutent les déchets solides urbains et une pollution d'origine industrielle (CNERU, 2004).

En ce qui concerne la zone de référence de Sidi Fredj, la pollution est d'origine urbaine (domestique) et industrielle (CNERU, 2004).

***CHAPITRE III***  
***MATERIELS ET METHODES***

---

## CHAPITRE III. MATERIELS ET METHODES

## 1 Sortie sur le terrain

## 1.1 Choix et localisation des stations

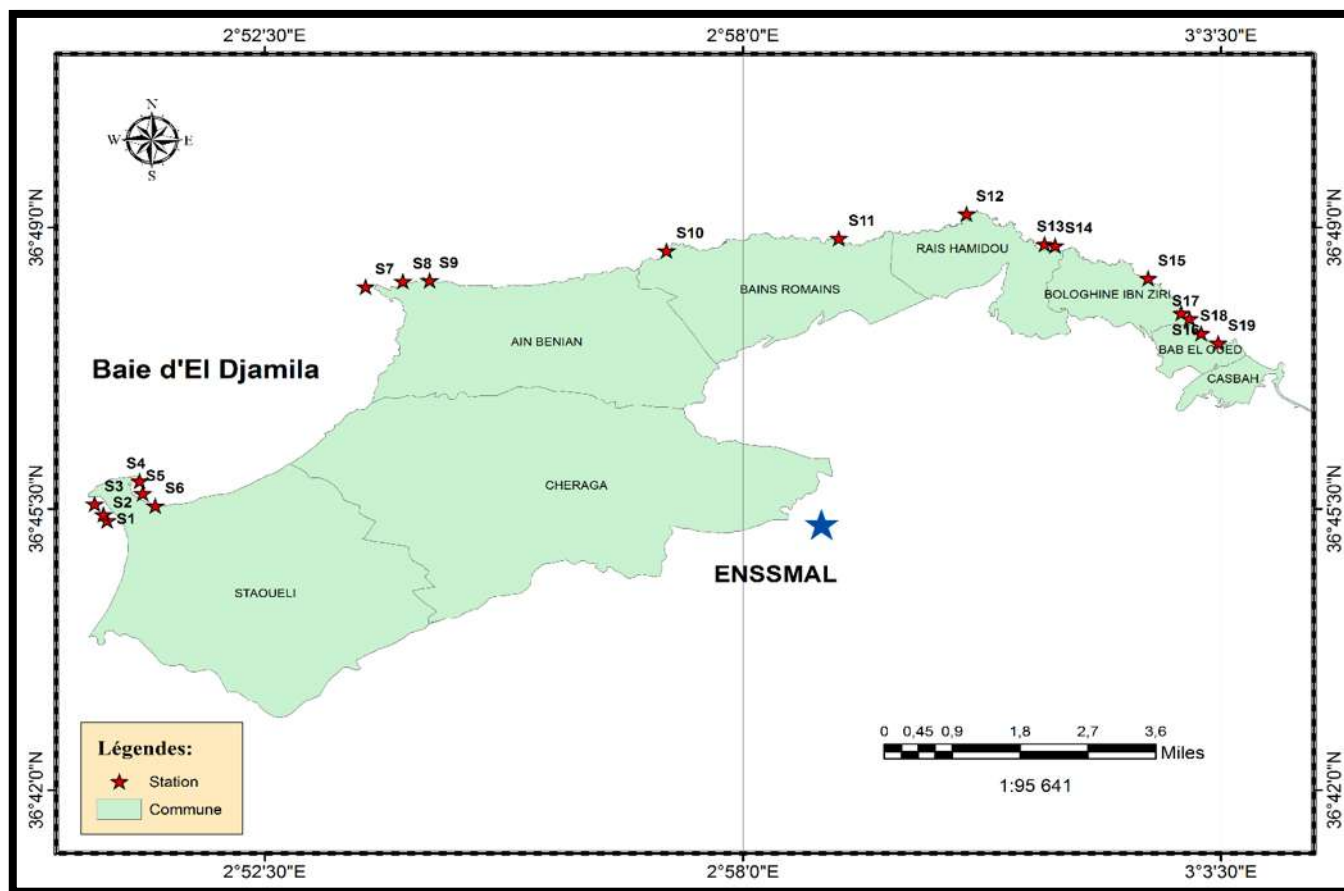
Le choix des stations a été fait dans le but de balayer toutes la zone d'étude. 19 stations ont été choisies et localisées comme suit :

**Tableau III. 2 :** Les lieux et les coordonnées géographiques des stations et la date de prélèvement.

| Lieu                           | Station | Latitude N    | Longitude E  | La date    |
|--------------------------------|---------|---------------|--------------|------------|
| Plage ouest Sidi Fredj         | S1      | 36°45'21.37"N | 2°50'41.17"E | 28/02/2017 |
|                                | S1'     |               |              | 03/04/2017 |
| Plage ouest Sidi Fredj         | S2      | 36°45'25.85"N | 2°50'38.58"E | 28/02/2017 |
|                                | S2'     |               |              | 03/04/2017 |
| Plage ouest Sidi Fredj         | S3      | 36°45'33.68"N | 2°50'32.61"E | 28/02/2017 |
|                                |         |               |              | 03/04/2017 |
| Port de Sidi Fredj             | S4      | 36°45'50.73"N | 2°50'55.47"E | 28/02/2017 |
|                                | S4'     |               |              | 03/04/2017 |
| Plage est Sidi Fredj           | S5      | 36°45'40.79"N | 2°50'55.05"E | 28/02/2017 |
|                                | S5'     |               |              | 03/04/2017 |
| Plage est Sidi Fredj           | S6      | 36°45'37.65"N | 2°51'00.65"E | 28/02/2017 |
|                                | S6'     |               |              | 03/04/2017 |
| Digue Ain Benian               | S7      | 36°48'15.80"N | 2°53'39.55"E | 03/04/2017 |
| Ain Benian Ville               | S8      | 36°48'19.95"N | 2°54'05.40"E | 03/04/2017 |
| Ain Benian Ville               | S9      | 36°48'20.57"N | 2°54'23.80"E | 03/04/2017 |
| Phara Ain Benian               | S10     | 36°48'42.84"N | 2°57'07.34"E | 04/04/2017 |
| Bainem                         | S11     | 36°48'48.41"N | 2°59'06.27"E | 04/04/2017 |
| Crique Raïs Hamidou            | S12     | 36°49'06.75"N | 3°00'34.33"E | 04/04/2017 |
| Surêté de daïra                | S13     | 36°48'44.03"N | 3°01'28.20"E | 13/03/2017 |
|                                | S13'    |               |              | 04/04/2017 |
| Orphelina                      | S14     | 36°48'42.97"N | 3°01'35.58"E | 13/03/2017 |
|                                | S14'    |               |              | 04/04/2017 |
| Deux Chameaux                  | S15     | 36°48'22.02"N | 3°02'36.21"E | 13/03/2017 |
|                                | S15'    |               |              | 04/04/2017 |
| Raïs Ville                     | S16     | 36°47'56.23"N | 3°02'59.04"E | 13/03/2017 |
|                                | S16'    |               |              | 04/04/2017 |
| Malakoff                       | S17     | 36°47'51.98"N | 3°03'04.72"E | 04/04/2017 |
| Egout Bab El Oued              | S18     | 36°47'41.07"N | 3°03'12.73"E | 13/03/2017 |
| Plage artificielle Bab El Oued | S19     | 36°47'33.81"N | 3°03'28.22"E | 13/03/2017 |
|                                | S19'    |               |              | 04/04/2017 |

**1.2 Le prélèvement d’eau de mer**

Le prélèvement des échantillons d’eau de mer a été effectué au niveau de la zone de sidi Fredj (S1, S2, S3, S4, S5, S6) le 28/02/2017 et le 03/04/2017, au niveau de la zone de Ain Benian (S7, S8, S9, S10, S11, S12) le 03/04/2017 et le 04/04/2017, et au niveau de la zone de Bab El Oued (S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19). Le prélèvement a été réalisé à la surface des eaux littorales (30 cm de profondeur).



**Figure III.2:** La localisation des stations de prélèvement d'eau de mer.

**1.2.1 Le matériel de prélèvement**

Le prélèvement a été réalisé manuellement. Le matériel utilisé est :

Les bouteilles en plastique de capacité de 2l pour l’analyse des sels nutritifs, les MES et la chlorophylle.

Les flacons en verre stériles de capacité de 1l, 500 ml et 200 ml pour l’analyse bactériologique.



**Figure III. 3:** Les différents flacons de prélèvement.

### 1.3 Mesures des paramètres physico-chimiques in-situ

#### 1.3.1 La température

La mesure de la température a été effectuée à l'aide d'un salinomètre du terrain de marque **WTW** type (**LF 197**) (**Figure III. 4**), donnant la température en (°C) et avec une précision de  $\pm 0.5$ .

#### 1.3.2 Le potentiel d'hydrogène (pH)

La mesure de pH a été réalisée par la méthode électrochimique à l'aide d'un PH-mètre du terrain de marque **WTW** type **pH 197** (**Figure III. 4**), après avoir étalonné l'appareil par une solution d'un ph de 4.

L'électrode en verre est rincée après chaque utilisation à l'eau distillée et légèrement essuyée.

#### 1.3.3 Salinité (Practical Salinity Unit)

La salinité est mesurée par un salinomètre du terrain de marque **WTW** type (**LF 197**) (**Figure III. 4**). L'appareil est étalonné avant son utilisation, les valeurs s'affichent en PSU.

#### 1.3.4 L'oxygène dissous

Pour l'oxygène dissous, sa mesure a été faite par la méthode électrochimique à l'aide d'un oxymètre de terrain de marque **WTW197** (**Figure III. 4**), qui donne les valeurs en mg/l.

##### 1.3.4.1 Le pourcentage de saturation

Le pourcentage de saturation s'obtient par le rapport de la concentration de l'oxygène mesurée (ml/l) sur la solubilité de l'oxygène (ml/l), cette dernière dépend de la température et de la salinité du milieu (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**).

L'équation de calcul de la solubilité (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983)

$$\ln [O_2]^* = A_1 + A_2 \frac{100}{T} + A_3 \ln \frac{T}{100} + A_4 \frac{T}{100} + S [B_1 + B_2 \frac{T}{100} + B_3 \left(\frac{T}{100}\right)^2]$$

Avec:

$[O_2]^*$  : solubilité de l'oxygène en ml/l,

$T$  : la température absolue de l'eau :  $T(K) = T(^{\circ}C) + 273.15$ ,

$S$  : la salinité de l'eau en « pour mille » (g/kg),

$A_1$  : - 173.4292,

$A_2$  : + 249.6339,

$A_3$  : + 143,3483,

$A_4$  : - 21.8492,

$B_1$  : - 0.033096,

$B_2$  : + 0.014259,

$B_3$  : - 0.0017000.

#### Calcul de pourcentage de saturation

$$\% O_2 = ([O_2]_{\text{mesurée}}(\text{ml/l}) / [O_2]^*) \times 100$$



**Figure III.4:** Le matériel utilisé pour la mesure des paramètres physico-chimiques in situ.

## 2 Au laboratoire

### 2.1 Les paramètres indicateurs de pollution

#### 2.1.1 Mesure de la matière de la matière en suspension (MES)

##### 2.1.1.1 Principe de la méthode

La méthode consiste à faire passer un volume d'eau de mer à travers une membrane poreuse afin de retenir toutes les particules de taille supérieure à  $0,5 \mu\text{m}$ . La membrane est séchée et pesée avant et après filtration. La différence de poids permet de connaître la masse sèche totale de matières en suspension dans le volume filtré correspondant. La précision de la concentration de MES dépend du volume d'eau filtrée et la sensibilité de la balance.

(AMINOT et KEROUEL, 2004).

##### 2.1.1.2 Appareillage et mode opératoire

###### ✓ Appareillage.

- Un dispositif de filtration sous vide de marque **BALL VALVE (Figure III. 7)**.
- Des filtres de type Wattman GF/F de diamètre 47mm et de porosité  $0,7 \mu\text{m}$ .
- Une balance de précision  $10^{-4}$  de marque **OHAUS (Figure III. 5)**.
- Une étuve de marque **MEMMERT (Figure III. 6)**.
- Dessiccateur.
- Eprouvette graduée de 250 ml et des pinces.



**Figure III.5 :** La balance de précision de marque OHAUS.



**Figure III.7:** La rompe de filtration de marque BALL VALVE.



**Figure III.6 :** L'Etuve de marque MAMMERT.

✓ **Mode opératoire**

- Conditionner les portes filtres (**ANNEXE I**).
- Préparer les filtres (**ANNEXE I**).
- Peser les filtres avant filtration ( $P_1$  en mg).
- Rincer le dispositif de filtration à l'eau distillée.
- Placer les filtres sur le dispositif de filtration.
- Homogénéiser l'échantillon.
- Verser 250ml de l'échantillon et appliquer le vide.
- Enlever les filtres à l'aide d'une pince et les déposer dans les portes filtres avec couvercles numérotés selon les stations de prélèvements.
- Mettre les filtres dans l'étuve ( $50^\circ\text{C}$  pendant 24h) pour le séchage, puis les placer dans le dessiccateur pendant 1 heure.
- Peser les filtres après filtration ( $P_2$  en mg).

**2.1.1.3 Calcul et expression des résultats**

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

- **P1** : Poids du filtre sec avant filtration (mg).
- **P2** : Poids du filtre sec après filtration (mg).
- **V** : Volume d'eau filtrée (litre).

**2.1.2 La mesure de la matière organique particulaire (MOP)**

Les filtres utilisés pour la mesure de la teneur des matières en suspension dans l'eau de mer sont mis dans des creusets en porcelaine, et passé au four à moufle (**Figure III. 8**) à  $450^\circ\text{C}$  pendant deux heures, les filtres sont à nouveau pesés. La différence entre le poids du filtre avant séchage ( $P_2$ ) et le poids du filtre après séchage ( $P_3$ ) nous donne le poids de la matière organique calcinée.



**Figure III.8:**Le four à moufle.

$$\text{MOP (\%)} = \frac{P_2 - P_3}{P_2} \times 100$$

Avec :

**P<sub>2</sub>** : le poids du filtre sec après filtration (avant séchage)

**P<sub>3</sub>** : le poids du filtre après séchage

### 2.1.3 La mesure de la matière inorganique particulaire (MIP)

Les filtres utilisés pour la mesure de la teneur des matières en suspension dans l'eau de mer sont mis dans des creusets en porcelaine, et passé au four à moufle (**Figure III. 8**) à 450°C pendant deux heures, les filtres sont à nouveau pesés, qui nous donne le poids de la matière inorganique particulaire (P<sub>3</sub>).

## 2.2 dosage de la chlorophylle par spectrophotométrie

### 2.2.1 principe de la méthode de dosage

la méthode consiste à filtrer un volume d'eau d'échantillon à travers une membrane pour concentrer le matériel particulaire, l'extraction des pigments phytoplanctoniques est assurée par un solvant et la mesure de l'absorbance de ces pigments avant et après acidification par spectrophotométrie (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**).

### 2.2.2 Appareillage

- Des filtre de type Wattman GF/F de diamètre 47mm et de porosité 0.7µm.
- Un dispositif de filtration sous vide de marque **BALL VALVE** (**Figure III. 7**).
- Une centrifugeuse de marque **SIGMA** (**Figure III.9**).
- Un spectrophotomètre de marque **JASCO V-730** (**Figure III.10**).

### 2.2.3 Mode opératoire

- ✓ Mettre en place le dispositif de filtration.
- ✓ Rincer le dispositif de filtration à l'eau distillée.
- ✓ Placer les filtres sur le dispositif de filtration.
- ✓ Homogénéiser l'échantillon.
- ✓ Verser 250ml de l'échantillon et appliquer le vide.
- ✓ Conserver le filtre à l'abri de la lumière et le congeler.
- ✓ Mettre le filtre dans un tube à centrifuger contenant de 10 ml d'acétone à 90%.

- ✓ Déchiqueter le filtre à l'aide d'une tige en verre.
- ✓ Déposer les tubes au réfrigérateur une nuit pour l'extraction des pigments.
- ✓ Centrifuger 5 min à 3500 tr/min, retirer les tubes et faire chuter les fibres de verre qui collent sur la paroi du tube.
- ✓ Centrifuger à nouveau 10 min à 3500 tr/min.
- ✓ Mesurer l'absorbance avant et après acidification à 665 nm et à 750 nm.

**Remarque :** le filtre et l'extrait doivent être conservé à l'abri de la lumière

## 2.2.4 Calcul des concentrations des pigments

### 2.2.4.1 Calculer la chlorophylle et les phéopigments *a*

$$\text{Chlorophylle } a \text{ (}\mu\text{g/l)} = 27,7. (A_{665na} - A_{665a}).v/V.I$$

$$\text{Phéopigments } a \text{ (}\mu\text{g/l)} = 27,7. (1,7A_{665a} - A_{665na}).v/V.I$$

**Avec :**

**V :** volume d'eau filtrée en (litre)

**v :** volume d'acétone en (millilitre)

**I :** longueur du chemin optique de la cuve de mesure (1cm)

**Aussi:**

$$A_{665na} = A_{b665na} - A_{b750na}$$

$$A_{665a} = A_{b665a} - A_{b750a}$$

**Avec :**

**Ab665na :** absorbance à 665 nm avant acidification.

**Ab665a :** absorbance à 665 nm après acidification.

**Ab750na :** absorbance à 750 nm avant acidification.

**Ab750a :** absorbance à 750 nm après acidification.



**Figure III.10:**Le spectrophotomètre de marque JASCO V-730.



**Figure III.9:** La centrifugeuse de marque SIGMA.

### 2.3 Dosage des sels nutritifs

#### ➤ Principe de dosage des sels nutritifs

Le principe de détermination des sels nutritifs (ammonium, nitrites, nitrates, orthophosphates et silicates) est basé sur la formation de complexes spécifiques colorés dont l'absorption est directement proportionnelle à la concentration du sel nutritif à doser (AMINOT et KEROUEL, 2004).

La quantité de lumière absorbée par la solution, appelée absorbance (A) ou densité optique (D.O), obéit à la loi de BEER-LAMBERT qui exprimé par la relation suivante :

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

- $I_0$  et  $I$  sont respectivement les intensités lumineuses incidentes et émergentes du milieu absorbant.
- $A$  : Absorbance ou densité optique (D.O).
- $L$  : trajet optique (épaisseur du milieu absorbant).
- $\epsilon$  : coefficient d'extinction molaire, variant entre la température et longueur d'onde.
- $C$  : concentration du milieu absorbant.

#### ➤ Appareillages

- Spectrophotomètre de marque UV-VIS SPECTROPHOTOMETER (Figure III. 16).
- Appareils courant de laboratoire.

### 2.3.1 Dosage de l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

#### 2.3.1.1 Principe de la méthode

La méthode décrite mesure la totalité de l'azote ammoniacal, soit N-NH<sub>3</sub><sup>+</sup> + N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Il s'agit de la méthode (**KOROLEFF, 1969**) *in* (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**). Dans un premier temps, l'ammoniac forme une monochloramine avec l'hypochlorite en milieu légèrement basique. Cette dernière réagit avec phénol en présence d'un excès d'hypochlorite pour former le bleu d'indophénol absorbe à 630 nm.

#### 2.3.1.2 Les réactifs exigés

- ✓ Réactif 1 : Solution de phénol – nitroprussiate.
- ✓ Solution alcaline complexante.
- ✓ Réactif 2 : Solution complexante au chlore.
- ✓ Solution étalon primaire d'ammonium.
- ✓ Solution étalon secondaire d'ammonium.

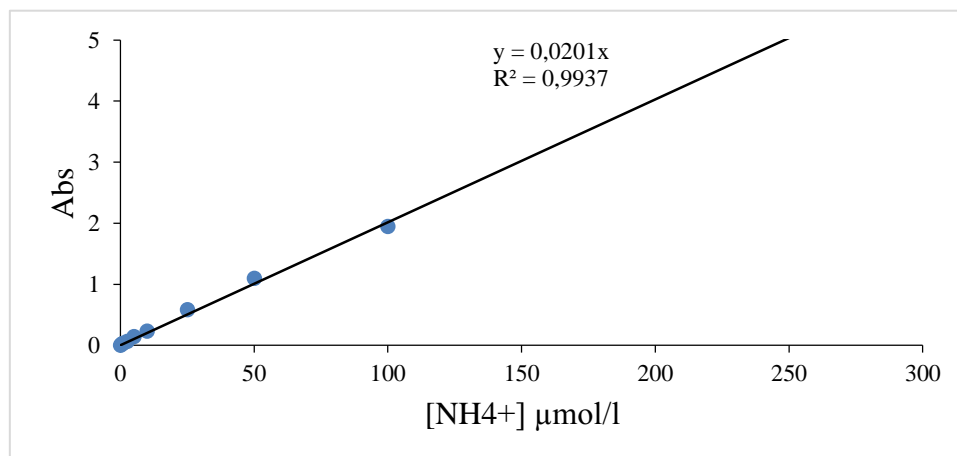
**Remarque :** la préparation des réactifs est décrite en **ANNEXE II**.

#### 2.3.1.3 Etalonnage

➤ Introduire de 0.5 -1 -2.5 -5 -10 -25 -50 -100 -250 ml de la solution étalon secondaire et compléter jusqu'à 500 ml avec l'eau distillé soit une gamme de concentration de 0.5- 1- 2.5 -5- 10-25 -50 -100 -250 μmol/l.

➤ Analyser à 630 nm les différentes solutions, ainsi que les blancs de réactifs et blanc de l'eau de mer.

La courbe d'étalonnage établit (**Figure III. 11**) a pour l'équation :  $y = 0.0201x$ .



**Figure III.11:** La courbe d'étalonnage de l'ammonium.

#### 2.3.1.4 Mode opératoire

- ✓ 100 ml  $\pm$  5 ml de l'échantillon.
- ✓ Ajouter 3 ml du réactif 1.
- ✓ Boucher et agiter pour bien homogénéiser.
- ✓ Ajouter sans attendre 3 ml du réactif 2.
- ✓ Boucher et agiter à nouveau.
- ✓ Placer immédiatement à l'abri de la lumière pendant 6 à 8 heures (ou mieux pendant une nuit) à température ambiante.
- ✓ Mesurer l'absorbance à 630 nm par rapport au blanc de cuve (eau distillée), au blanc de l'échantillon (eau de mer) et blanc de réactif (réactif 1 et réactif 2).

#### 2.3.2 Dosage de l'azote nitreux (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

##### 2.3.2.1 Principe de la méthode

Le principe du dosage des nitrites selon la méthode de **GRIESS** repose sur la formation d'un complexe coloré par réaction de diazotation entre l'ion nitrite, d'une amine primaire aromatique, la sulfanilamide et une autre amine aromatique, le Dihydrochlorure de N-(1-naphtyl)-éthylène diamine. En effet, il s'agit de la réaction de **GRIESS**, réaction de diazotation spécifique de l'acide nitreux (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**), qui se produit en deux étapes :

- ✓ L'ion nitrite réagit avec la sulfanilamide pour former un composé diazoïque (sel de diazonium).

- ✓ Le composé diazoïque se combine en milieu acide avec le dihydrochlorure de N-(1-naphthyl)-éthylènediamine (NED) pour former un composé rosé dont l'absorbance à 543 nm est proportionnelle à la concentration des ions nitrite.

### 2.3.2.2 Les réactifs exigés

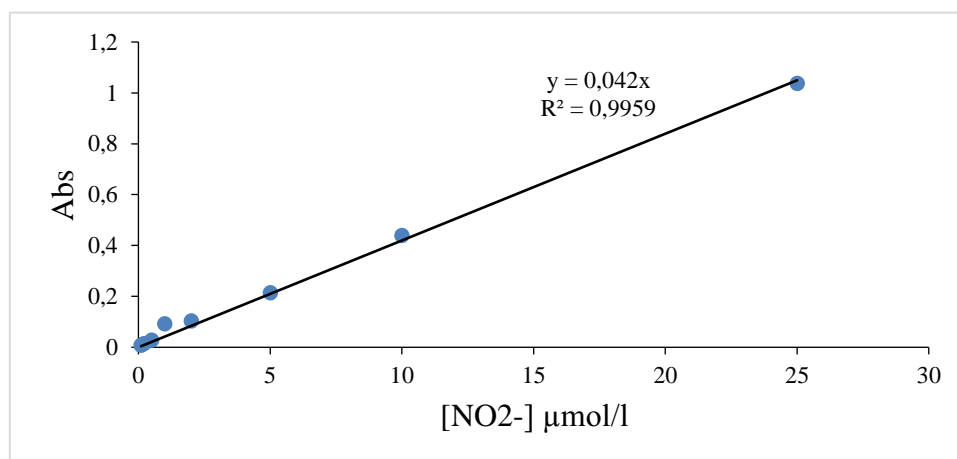
- ✓ Réactif 1 : Solution de Sulfanilamide.
- ✓ Réactif 2 : Solution de N-Naphtyl-éthylène diamine.
- ✓ Solution étalon primaire de nitrite.
- ✓ Solution étalon secondaire de nitrite.

**Remarque :** la préparation des réactifs est décrite en ANNEXE II.

### 2.3.2.3 Etalonnage

- Introduire dans des fioles jaugées de 500 ml de 1- 2- 5- 10- 20- 50- 100- 250 ml la solution secondaire de nitrite et compléter avec de l'eau de mer afin d'obtenir la gamme de concentration de 0.1- 0.2- 0.5-1- 2 – 5- 10- 25  $\mu\text{mol/l}$ .
- Analyser à 543 nm les différentes solutions, ainsi que le blanc de réactif et aussi le blanc de l'échantillon.

La courbe d'étalonnage établit (**Figure III. 12**) a pour l'équation :  $y = 0.042x$ .



**Figure III.12:** La courbe d'étalonnage de nitrite.

### 2.3.2.4 Mode opératoire

- ✓ 50 ml  $\pm$  1 ml d'échantillon.
- ✓ 1 ml de réactif 1 et mélanger.
- ✓ Laisser reposer 2 à 8 min.
- ✓ 1 ml de réactif 2 et mélanger.
- ✓ Attendre au moins 10 min et au plus de 1 heure.

- ✓ Mesurer l'absorbance à 543 nm en prenant de l'eau distillée comme référence.
- ✓ Mesurer le blanc de cuve (eau distillée), le blanc des réactifs et le blanc de l'échantillon (eau de mer).

### 2.3.3 Dosage del'azote nitrique (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

#### 2.3.3.1 Principe de la méthode

La méthode présentée repose sur la colorimétrie du composé de **GRIESS** obtenu avec le nitrite après réduction du nitrate en nitrite.

Le principe de base adopté par les analystes marins repose sur la réduction quasi quantitative (> 95%) du nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

Après la réduction, on mesure en réalité la somme des concentrations en nitrate et nitrite (exprimée NO<sub>3+2</sub>), La concentration en nitrate obtenue, si nécessaire par soustraction de la concentration en nitrite, mesurée spécifiquement par ailleurs.

La réduction à l'aide de cadmium est devenue pratique courante depuis la publication de (**WOOD *et al* ; 1967**) in (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**) décrivant le traitement de l'échantillon sur une colonne de granulés de cadmium traités en cuivre.

#### 2.3.3.2 Réactifs exigés

- ✓ Réactif 1 : Solution de sulfanilamide.
- ✓ Réactif 2 : Solution de N- Naphtyl- éthylène diamine.
- ✓ Solution de chlorure d'ammonium 4,5 mol/l.
- ✓ Solution d'hydroxyde de sodium à 0.43mol/l.
- ✓ Solution tampon pH= 8,5.

**Remarque :** La préparation des réactifs est décrite en **ANNEXE II**.

#### 2.3.3.3 Etalonnage

- Introduire dans des fioles jaugées de 500 ml de 1- 2- 5- 10- 20- 50- 100- 250 ml la solution de nitrite et compléter avec l'eau distillée afin d'obtenir la gamme de concentration de 0.1- 0.2- 0.5- 1- 2- 5- 25 µmol/l.
- 50 ml de la gamme de concentration préparée et ajouter 1 ml de solution concentrée de chlorure d'ammonium et mélanger.
- Analyser à 543 nm les différentes solutions, ainsi que le blanc de réactifs et aussi le blanc de l'échantillon (eau de mer).

La courbe d'étalonnage établit (**Figure III. 13**) a pour l'équation :  $y = 0.0403x$ .

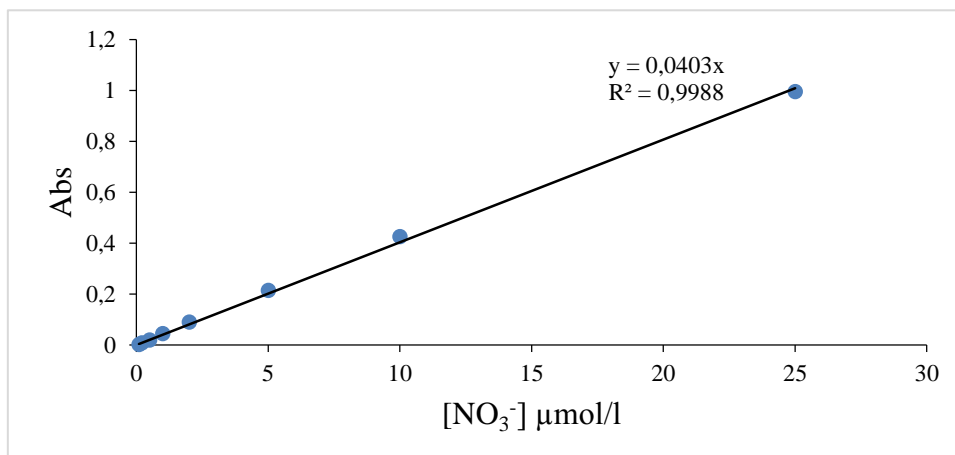


Figure III.13 : La courbe d'étalonnage de nitrate.

#### 2.3.3.4 Mode opératoire

➤ **Analyse de la concentration totale nitrite + nitrate**

- ✓ 100 ml d'échantillon.
- ✓ Ajouter 2 ml de solution concentrée de chlorure d'ammonium et mélanger.
- ✓ Verser cette solution dans la colonne de cadmium et les laisser écouler.
- ✓ Rejeter les 30 ml premier millimètres.
- ✓ Rincer une éprouvette graduée de 50 ml avec quelques millimètres de la solution sortant de la colonne et recueillir 50 ml de l'effluent.
- ✓ Ajouter aussitôt 1 ml du réactif 1 et mélanger.
- ✓ Laisser reposer 2 à 8 min.
- ✓ Ajouter 1 ml du réactif 2 et mélanger.
- ✓ Attendre au moins 10 min pas plus de 2 heures.
- ✓ Mesurer l'absorbance à 543 nm par rapport à l'eau distillée.

➤ **Analyse des nitrites**

- ✓ 50 ml d'échantillon et ajouter 1 ml de solution concentrée de chlorure d'ammonium et mélanger.
- ✓ Ajouter aussitôt 1 ml du réactif 1 et mélanger.
- ✓ Laisser reposer 2 à 8 min.
- ✓ Ajouter 1 ml du réactif 2 et mélanger.
- ✓ Attendre au moins 10 min mais pas plus de 2 heures.
- ✓ Mesurer l'absorbance à 543 nm par rapport à l'eau distillée.

### 2.3.4 Dosage des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

#### 2.3.4.1 Principe de la méthode

Le principe du dosage des orthophosphates selon **la méthode de MURPHY et RILEY** repose sur la réaction de l'anion orthophosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) avec l'ion molybdate d'ammonium et l'ion oxydrate de potassium (antimoine) en milieu acide pour la formation de l'acide phosphomolybdique. Cet acide est réduit par l'acide ascorbique en bleu de molybdène dont l'absorbance à 885 nm est proportionnelle à la concentration de l'ion orthophosphate présent dans un échantillon (**AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983**).

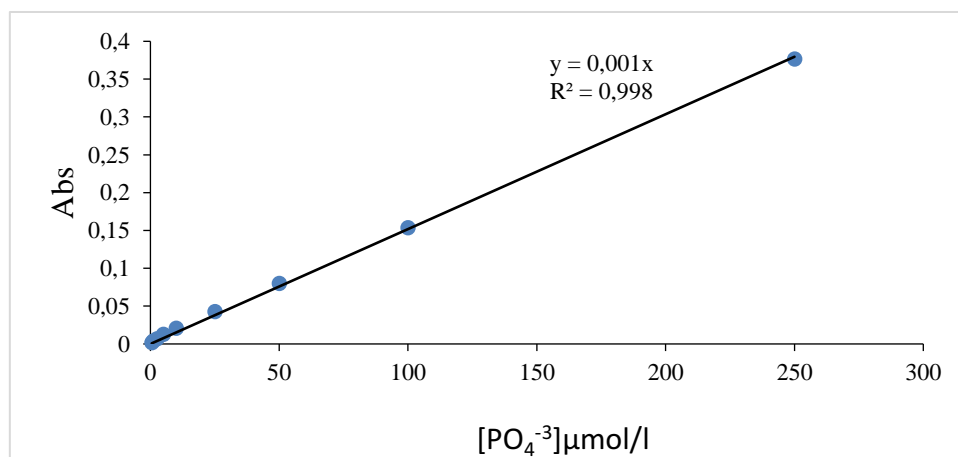
#### 2.3.4.2 Réactif exigés

- ✓ Réactif 1 : Solution acide d'acide ascorbique.
- ✓ Réactif 2 : Solution de molybdène et d'antimoine.
- ✓ Acide sulfurique 2.9 mol/l.
- ✓ Solution étalon concentrée de phosphate à 5000  $\mu\text{mol/l}$ .
- ✓ Solution étalon diluée de phosphate à 50  $\mu\text{mol/l}$ .

**Remarque :** la préparation des réactifs est décrite en **ANNEXE II**.

#### 2.3.4.3 Etalonnage

- Introduire de 0.5- 1- 2.5- 5- 10- 25- 50- 100- 250 ml de la solution étalon secondaire et compléter à 500 ml avec de l'eau distillée soit gamme de concentration de 0.5- 1- 2.5- 5- 10- 25- 50- 100- 250  $\mu\text{mol/l}$ .
- Analyser à 880 nm les différentes solutions, ainsi que le blanc de réactif et le blanc de l'échantillon.
- La courbe d'étalonnage établit (**Figure III. 14**) a pour l'équation :  $y = 0,001x$ .



**Figure III.14:**La courbe d'étalonnage des phosphates.

#### 2.3.4.4 Mode opératoire

- ✓ La température des échantillons doit être comprise entre 15 et 30 °c.
- ✓ Mesurer 50 ml d'échantillon.
- ✓ Ajouter 2 ml du réactif 1 et mélanger.
- ✓ Ajouter 2 ml du réactif 2 et mélanger.
- ✓ Laisser réagir 5 minutes mais pas plus de 30 minutes.
- ✓ Mesurer l'absorbance à 880 nm.

#### 2.3.5 Dosage des silicates (SiO<sub>2</sub>)

##### 2.3.5.1 Principe de la méthode

Le principe de base est la formation d'acide silicomolybdique à partir de la réaction entre le silicium dissous et le molybdate d'ammonium, lequel est ensuite réduit pour produire une coloration (bleue) intense permettant la mesure des faibles concentrations marines (AMINOT et KEROUEL, 2004), L'ajout de l'acide oxalique évite l'interférence de phosphate.

##### 2.3.5.2 Réactif exigées

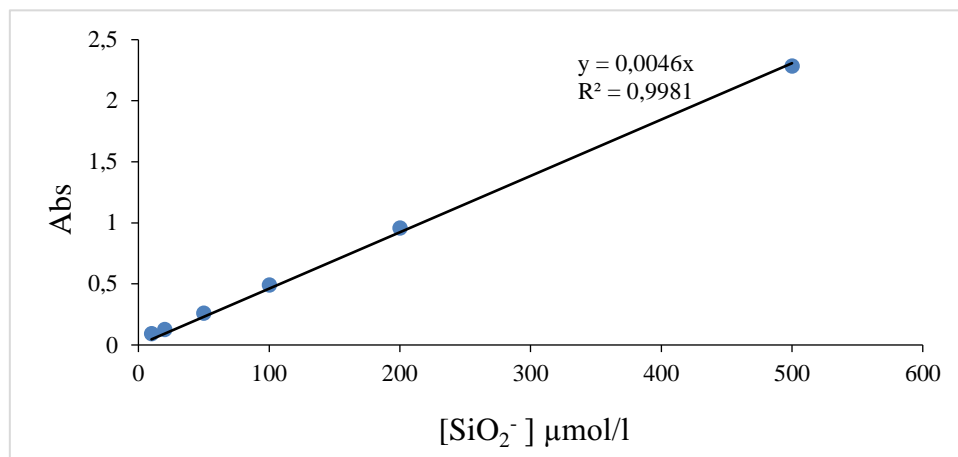
- ✓ Acide sulfurique à 4.5 mol/l.
- ✓ Réactif 1 : Solution acide de molybdate.
- ✓ Réactif 2 : Solution d'acide oxalique.
- ✓ Réactif 3 : Solution d'acide ascorbique.
- ✓ Solution étalon de silicate à 5000 µmol/l.

**Remarque :** la préparation des réactifs est décrite en ANNEXE II.

##### 2.3.5.3 Etalonnage

- Introduction de 1- 2- 5- 10- 20- 50 ml de la solution étalon dans des fioles en plastique et compléter à 500 ml avec de l'eau distillée soit une gamme de concentration de 10- 20- 50 -100 -200 -500 µmol/l.
- Analyser à 810 nm les différentes solutions, ainsi le blanc de réactif et aussi le blanc d'échantillon.

La courbe d'étalonnage établit (**Figure III. 15**) a pour l'équation **Y= 0.004x**.



**Figure III.15:**La courbe d'étalonnage des silicates.

#### 2.3.5.4 Mode opératoire

- ✓ La température ambiante doit être comprise entre 19 à 25 °c.
- ✓ Introduire dans une éprouvette en plastique 50 ml de l'échantillon.
- ✓ Ajouter 2 ml du réactif 1 et mélanger.
- ✓ Attendre 7 minutes au moins et 13 minutes au plus.
- ✓ Ajouter 2 ml du réactif 2 et mélanger.
- ✓ Ajouter 1 ml du réactif 3 et mélanger.
- ✓ Attendre 30 minutes à 2 heures et mesurer l'absorbance par rapport à l'eau distillée, l'échantillon et les réactifs à 810 nm.

#### 2.4 Calcul des concentrations

$$[\text{NH}_4^+] \mu\text{mol/l} = \text{Abs}/a$$

$$[\text{NO}_2^-] \mu\text{mol/l} = \text{Abs}/a$$

$$[\text{NO}_3^-] \mu\text{mol/l} = ([\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-] \mu\text{mol/l} / R) - (r/R * [\text{NO}_2^-] \mu\text{mol/l})$$

$$[\text{PO}_4^{3+}] \mu\text{mol/l} = \text{Abs}/a$$

**Avec :**

**Abs :** absorbance

**a :** la pente de l'équation d'étalonnage

**R :** le rendement de réduction du nitrate en nitrite ( $R < 1$ )

**r :** le rendement de récupération du nitrite non altéré par le réducteur ( $r < 1$ ).



**Figure III.16:** Le spectrophotomètre.

## 2.5 Analyse bactériologique dans l'eau de mer

L'analyse bactériologique de nos échantillons a pour objet de rechercher les germes indicateurs de contamination fécale (coliformes fécaux, totaux et les streptocoques fécaux) et les bactéries pathogènes qui accompagnent ces germes (les salmonelles).

### 2.5.1 Recherche des germes indicateurs de contamination fécale

Pour la recherche des germes indicateurs de contamination fécale, nous avons adopté la méthode de filtration sur membrane pour estimer la charge bactérienne dans la zone d'étude.

La méthode de filtration consiste à filtrer un volume d'eau à travers une membrane de porosité  $0.45\mu\text{m}$  susceptible de retenir (**RODIER et al., 2009**).

#### ➤ Matériel

- ✓ Rompe de filtration sous vide de marque « **Sartoriusstedim** ».
- ✓ Bec-Bunzen pour manipuler dans des conditions aseptiques.
- ✓ Boîtes de pétri stériles contenant des milieux cultures appropriés.
- ✓ Filtres d'ester de cellulose de porosité de  $0.45\mu\text{m}$  et de 47 mm de diamètre quadrillés, stériles et emballés.
- ✓ Etuves Bactériologiques (Incubateurs) (**Figure III. 17**).
- ✓ Pinces stériles.
- ✓ Pipettes et Pipette Filler "Pi-pump".
- ✓ Autoclave (**Figure III. 18**).



**Figure III.18:** L'autoclave.



**Figure III.17:** L'incubateur.

### ➤ Mode opératoire

- ✓ Stériliser les supports filtres et les entonnoirs de la rompe de filtration avec un peu d'alcool, puis les flambes.
- ✓ Verser une quantité d'eau distillée stérile dans le dispositif de filtration et faire le vide.
- ✓ Mettre en place la rompe de filtration.
- ✓ Poser stérilement le filtre sur le support filtre à l'aide d'une pince stérile.
- ✓ Filtrer un volume d'échantillon (100ml) bien homogénéisé.
- ✓ Déposer les filtres sur un milieu de culture adapté aux bactéries recherchées.
- ✓ Etiqueter les boites de pétri (le numéro de la station, la date, le nom de la bactérie...).
- ✓ Incuber les boites à la température appropriée

**Remarque :** la composition des milieux cultures utilisés dans cette analyse est indiquée en ANNEXE III.

#### 2.5.1.1 Dénombrement des coliformes totaux et coliformes fécaux

Après avoir déposé le filtre sur une gélose lactosée au TTC et au tergitol 7, et l'incubé à 37 °C pour les coliformes totaux et à 44 °C pour les coliformes fécaux. Le dénombrement concerne les colonies qui sont entourées d'un halo jaune (utilisation du lactose) et celles colorées en rouge par forte réduction du TTC (JOFFIN et JOFFIN, 2010).

Le nombre de colonie s'exprime en Unité Formant Colonie dans un volume d'échantillon d'eau analysé de 100 ml (UFC/100ml).

Vue la charge d'eau en mes, on a procédé à des dilutions jusqu'à  $10^{-2}$  pour les analyses microbiologique afin d'obtenir un résultat dénombrable.

### 2.5.1.2 Dénombrement des streptocoques fécaux

Comme test présomptif, le filtre est déposé sur un milieu Slanetz et Bartley, et incubé à 37 °C pendant 24 à 48h. Les streptocoques donnent des colonies rouge-marron.

Pour le test confirmatif, le filtre est reporté à l'aide d'une pince stérile sur le milieu **BEA (Bile Esculine Agar)**, et incubé à 44 °C pendant 2h. Les colonies dénombrées sont celles entourées d'un halo noir (**RODIER *et al.*, 2009**)

Le nombre de colonies s'exprime en UFC/100ml d'eau analysée.

## 2.5.2 La recherche des bactéries pathogènes

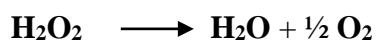
### 2.5.2.1 La recherche des Salmonelles

Après avoir filtré 1000 ml d'échantillon d'eau de mer, le filtre est placé dans un milieu SFB pour un premier enrichissement additionné de disques SFB, et incubé à 37 °C pendant 24h. Puis, un premier isolement a été effectué sur gélose **SALMONELLA-SHIGELLA (SS)**, ainsi qu'un 2<sup>ème</sup> enrichissement dans un tube contenant 10 ml d'SFB additionné de disques SFB, après incubation à 37 °C pendant 24h, un 2<sup>ème</sup> isolement a été effectué sur gélose (SS) (**RODIER *et al.*, 2009**).

Afin d'identifier le germe recherché à savoir salmonelle, on a repéré les colonies suspectes (colonie incolore avec ou sans centre noir) sur lesquelles on a effectué des tests biochimiques :

#### ❖ Test de la catalase

La catalase est une enzyme qui permet la dégradation de l'eau oxygénée (peroxyde d'hydrogène) (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) :



Le test consiste à mettre une culture bactérienne en contact avec une solution d'eau oxygénée. La catalase provoque un dégagement gazeux abondant sous forme de bulles, donc la décomposition de l'eau oxygéné (**GUIRAUD, 2003**).

#### ❖ Test d'oxydase

L'oxydase est une enzyme présente dans certaines chaînes respiratoire cytochromiques bactériennes (**DELARRAS, 2008**).

Le test a été effectué à l'aide des disques oxydases. Le disque est placé sur une lame, une colonie bien isolée est déposée sur sa surface. Une coloration violette apparaisse après 30 secondes en cas de réaction positive.

#### ❖ Coloration de Gram

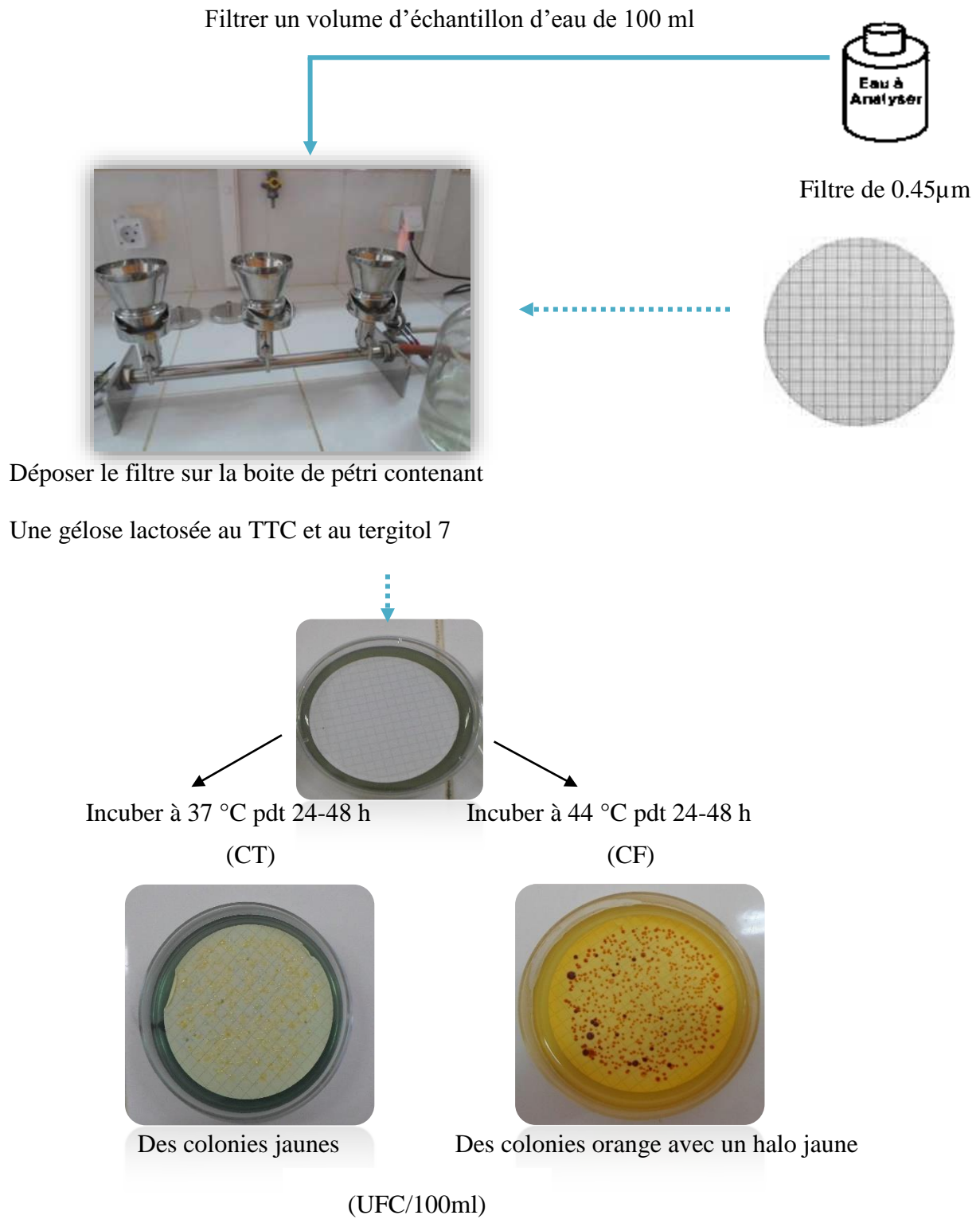
La coloration de Gram est une coloration différentielle qui permet de diviser les bactéries en deux grands groupes : Gram positives (forte proportion de lipide 20 %) et Gram négatives (faible trace de lipide).

La méthodologie est la suivante. Préparation d'un frottis fixé à la chaleur, ajout sur le frottis de quelques gouttes de la solution de violet de gentiane, l'excès de violet est jeté après une minute d'action. Le frottis coloré est recouvert rapidement de lugol de gram, l'excès est jeté au bout d'une minute. La lame est ensuite décolorée à l'alcool à 95 % pendant quelque seconde, jusqu'à ce que l'alcool ajouté n'ait plus d'action décolorante. Après rinçage avec de l'eau de robinet, puis le frottis est recoloré à la Fuschine et rincé avec l'eau de robinet après une minute d'action, séchage de la lame. Les bactéries Gram positives apparaissent en violet et celles Gram négatives en rose (**GUIRAUD, 2003**).

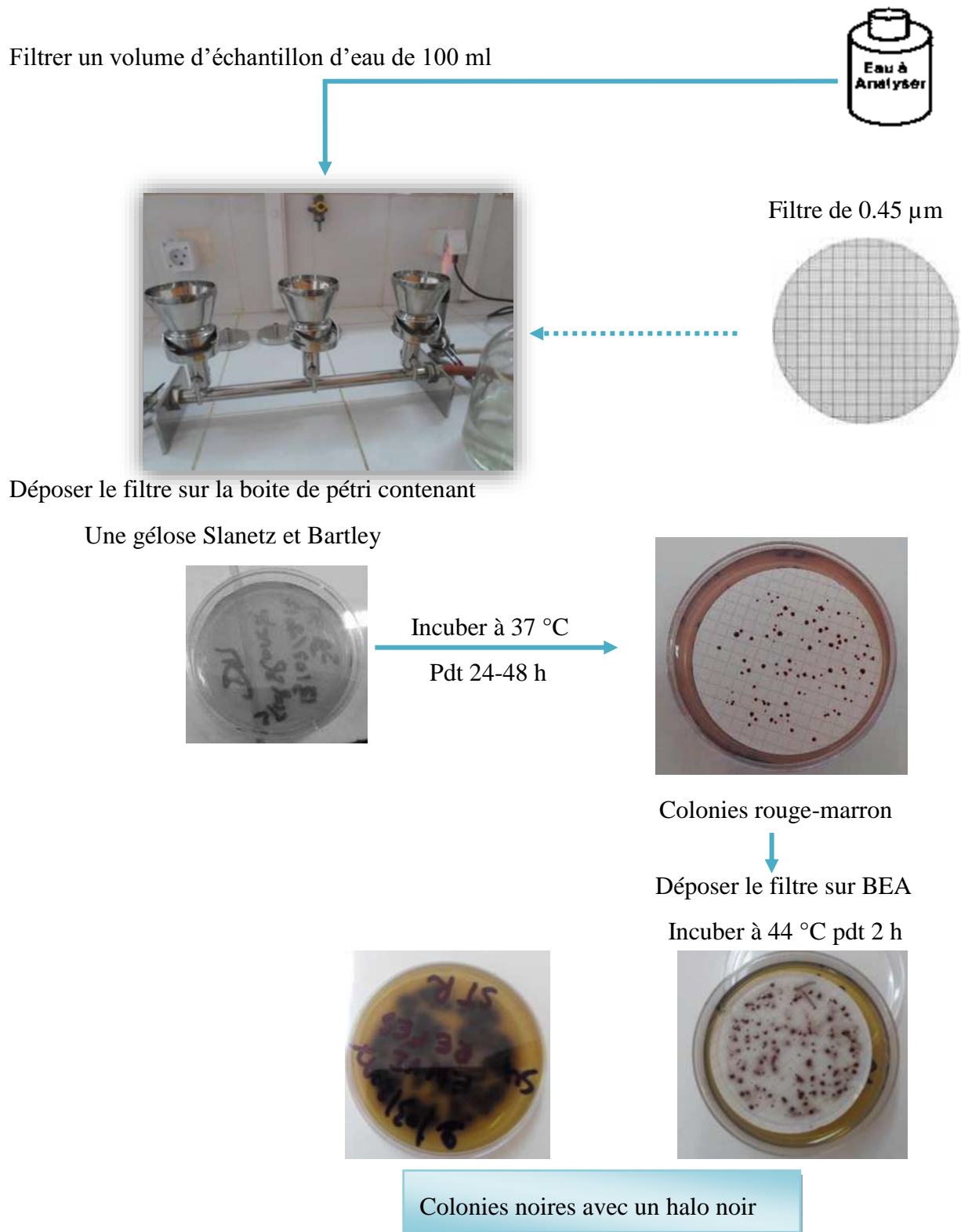
#### ❖ Galerie API 20E

La galerie API 20E est une galerie qui permet d'identifier des entérobactéries. Cette galerie est composée de 20 microtubes (surmontés de cupules) contenant des substrats déshydratés, qui permettent de réaliser 21 tests biochimiques du métabolisme respiratoire, glucidique et protéique (**DELARRAS, 2008**).

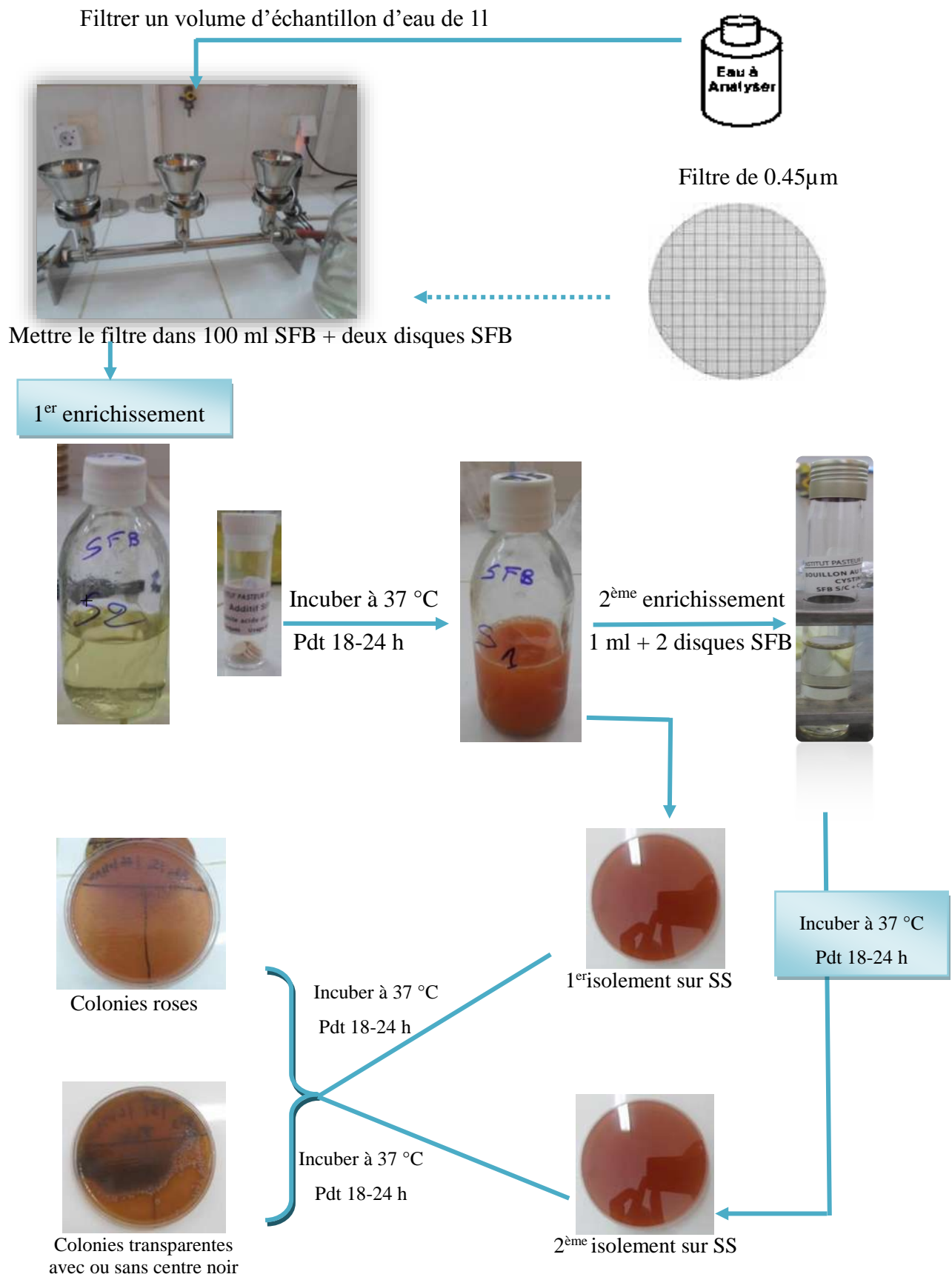
**Remarque :** le mode opératoire est indiqué en **ANNEXE III**.



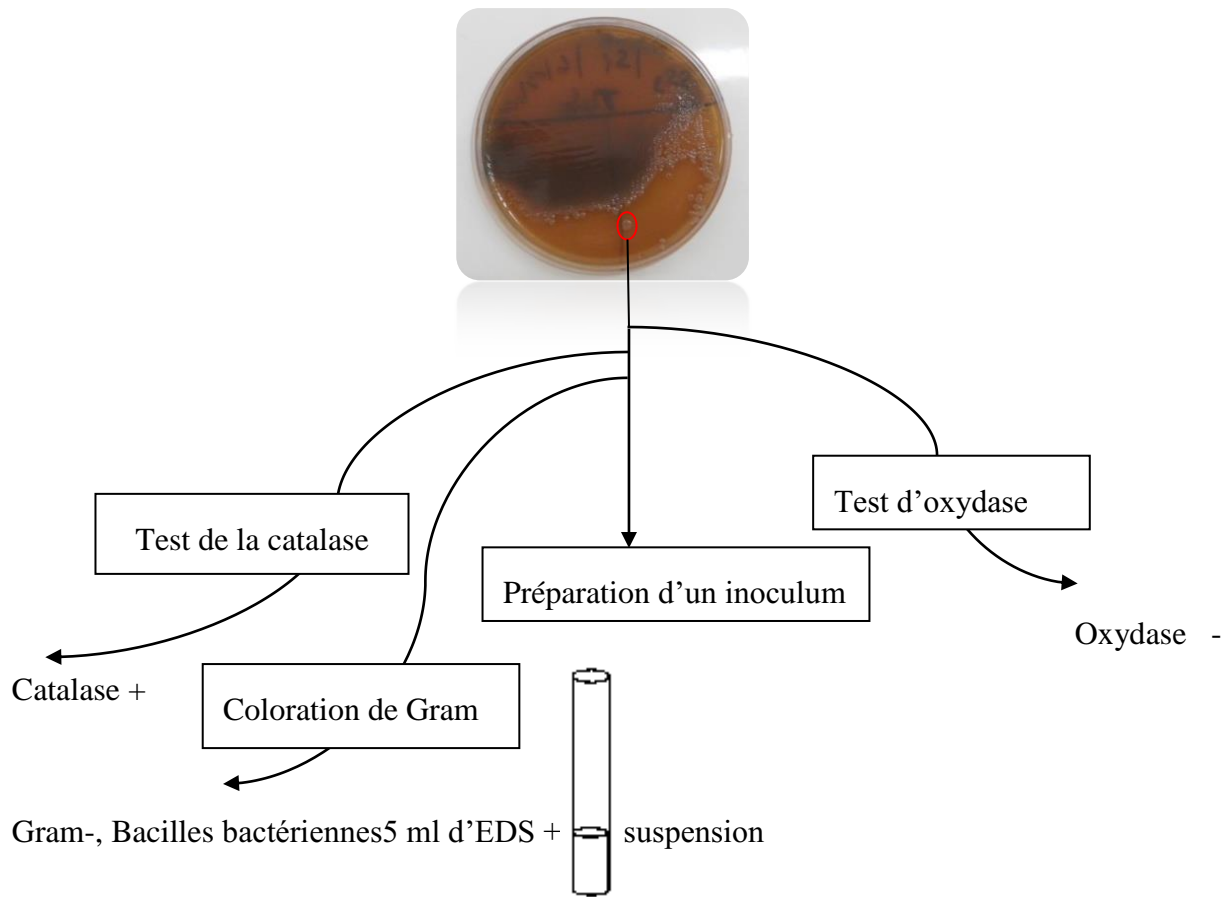
**Figure III.19 :** Technique de dénombrement des coliformes (présente étude, Ammich et Anteur).



**Figure III.20 :** Technique de dénombrement des streptocoques (présente étude, Ammich et Anteur).



**Figure III.21:** Technique de recherche des Salmonelles (présente étude, Ammich et Anteur).



Test biochimique (galerie API 20E)



**Figure III.22:** Tests biochimique pour l'identification des Salmonelles (présente étude, Ammich et Anteur).

### 3 Méthodes d'analyse statistique

#### 3.1 La moyenne arithmétique

La moyenne est l'indicateur le plus simple pour résumer l'information fournie par un ensemble de données statistique : elle est égale à la somme de ces données divisée par leur nombre (INSEE, 2016).

Elle est calculée par la formule suivante :

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{N} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n X_i$$

Avec :

$\bar{X}$  : la moyenne

$X_i$  : les variables

$N$  : le nombre des variables

#### 3.2 L'écart type

L'écart type est une mesure de dispersion. Il correspond à la racine carrée de la variance. Cet indicateur, communément employé, permet de décrire la variabilité des valeurs d'un ensemble de données, l'écart type est généralement utilisé pour compléter des indicateurs de tendance centrale tels la moyenne ou la médiane (THIBAUT, 2017).

Il est calculé par la formule suivant :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

#### 3.3 L'intervalle de confiance

L'intervalle de confiance (IC) à 95% est un intervalle de valeurs qui a 95% de chance de contenir la vraie valeur du paramètre estimé. Il représente la fourchette de valeurs à l'intérieur de laquelle, il est certain à 95% de trouver la vraie valeur recherchée (CUCHERAT, 2009).

Il est calculé à partir du logiciel Excel@.

### 3.4 L'analyse factorielle des correspondances

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) traite des tableaux de contingence (tableaux de dépendance) dans lesquels un couple  $(i, j)$  correspond à un nombre positif  $k_{ij}$  qui est en général le résultat d'un dénombrement (**RAMOUSSE, et al., 1996**).

L'analyse factorielle des correspondances est basée sur la réalisation de un ou plusieurs graphiques à partir du tableau des données de  $n$  lignes et  $p$  colonnes, en réduisant les dimensions de l'espace de représentation des données tout en essayant de ne pas prendre trop d'information au moment de cette réduction. Pour cela il suffit de déterminer les axes de projection qui sont les plus aptes à représenter correctement le nuage de point pour observer les correspondances ; ceci se fait à partir d'une mesure qui permet de caractériser la ressemblance ou ma dissemblance en comparant deux lignes ou deux colonnes en utilisant la distance du khi-2 (**REFES, 1994**) :

$$d^2(i, i') = \sum_{j=1}^p (X_{ij} / X_i - X_{i'j} / X_{i'})^2 / X_j$$

$X_i$  = la somme de la ligne  $i$  sur toutes les colonnes.

$X_j$  = la somme de la colonne  $j$  sur toutes les lignes.

***CHAPITRE IV***  
***RESULTATS ET DISCUSSIONS***

---

CHAPITRE IV.RESULTATS ET DISCUSSIONS

1 Variation spatiale des paramètres physico-chimiques

1.1 La température

La mesure de la température dans les différents points durant toute la période d'étude donne des valeurs presque homogènes, la valeur la plus faible enregistrée est au niveau de la station S3 (15.17°C) et la plus élevée est observée au niveau des stations ( S7, S8, S16') avec une valeur de 18.3°C, la moyenne des valeurs thermiques est de 17.35°C et un écart type de 0.85 °C.

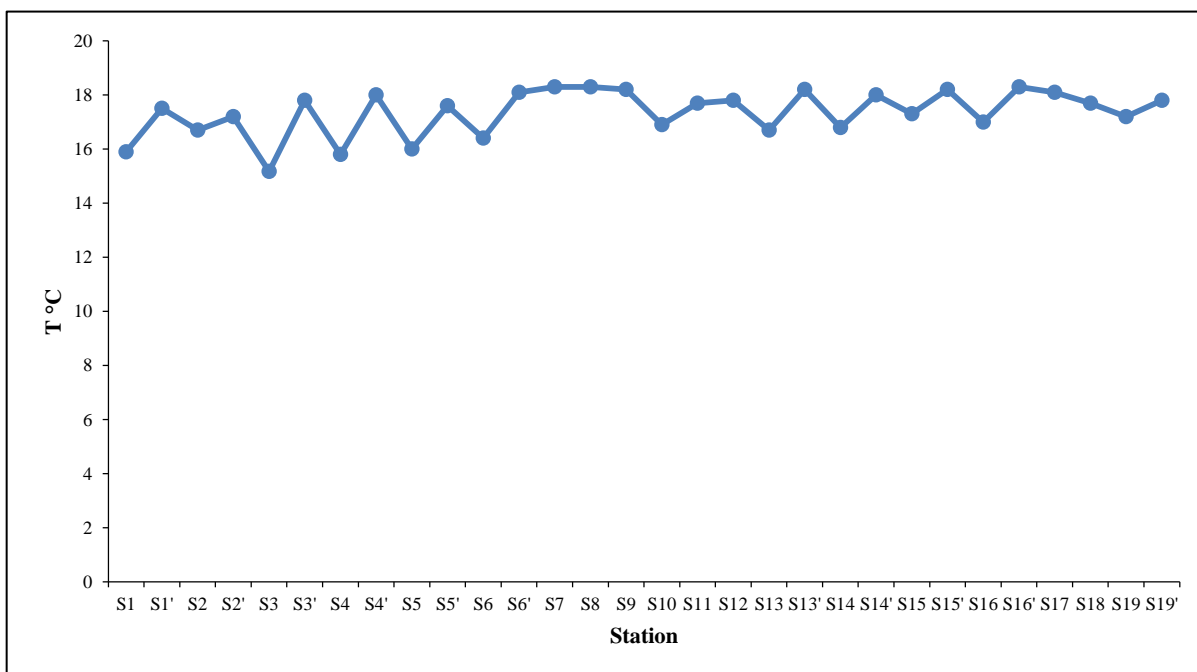


Figure IV.23: La variation de la température en fonction des stations.

D'une manière générale, les valeurs thermiques enregistrées restent normales et témoignent par rapport à la saison de prélèvement (hivernale- printanière).

1.2 La salinité

La variation spatiale de la salinité montre que les valeurs relevées fluctuent entre 37.8 et 24.69 PSU, avec une moyenne de 36.57 PSU et un écart type de 2.27.

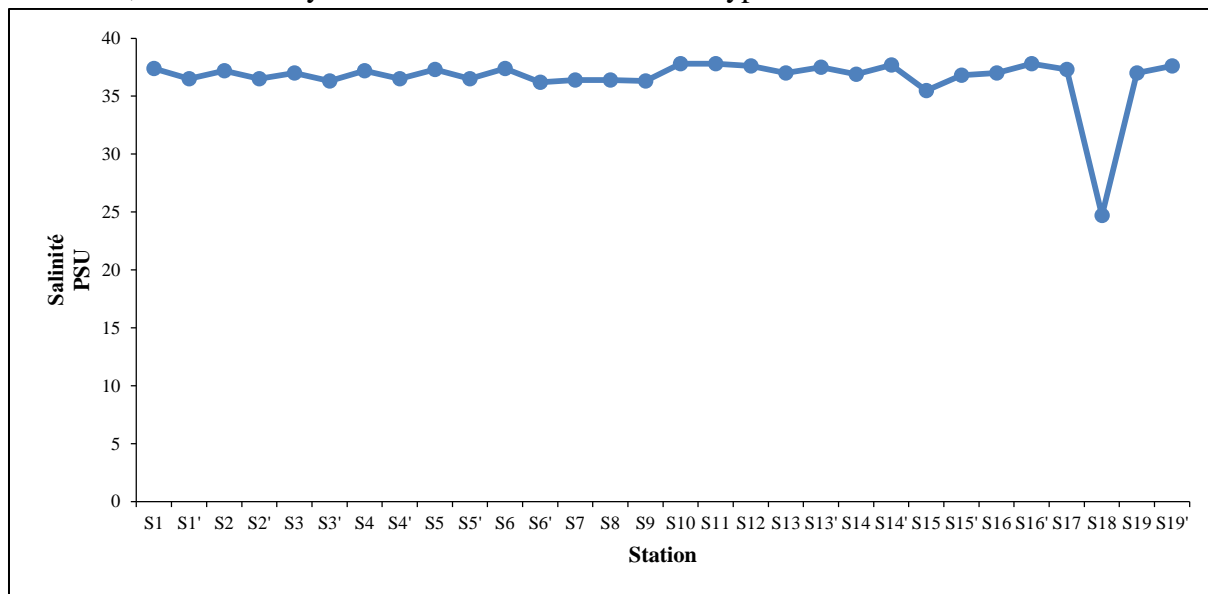


Figure IV.24 :La variation de la salinité en fonction des stations.

La valeur minimale mesuré au niveau de la Station 18 est de 24.69 PSU, cela est dû au diversement direct d’égout de Bab Oued dans la mer, qui provoque la dessalure des eaux, En tant que les autres stations présentent des valeurs relativement homogènes et normales d’une eau méditerranéenne côtière.

D’une manière générale, en Méditerranée ce paramètre est voisin de 38 à 39 PSU, mais près des côtes, elle varie entre 36 et 37 PSU (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

1.3 L’oxygène Dissous et taux de saturation en Oxygène

Les teneurs en oxygène dissous varient entre un minimum de 0.27 mg/l au niveau de la station (S19’ plage artificielle de Bab Oued) qui correspond à un taux de saturation d’ordre 4.69% et un maximum de l’ordre de 1.85 mg/l et de 3.78% au niveau de la station (S6’ plage Est de Sidi Fredj), avec une moyenne de 0.85 mg/l (14.55%) et un écart type de 0.44 mg/l (7.54%).

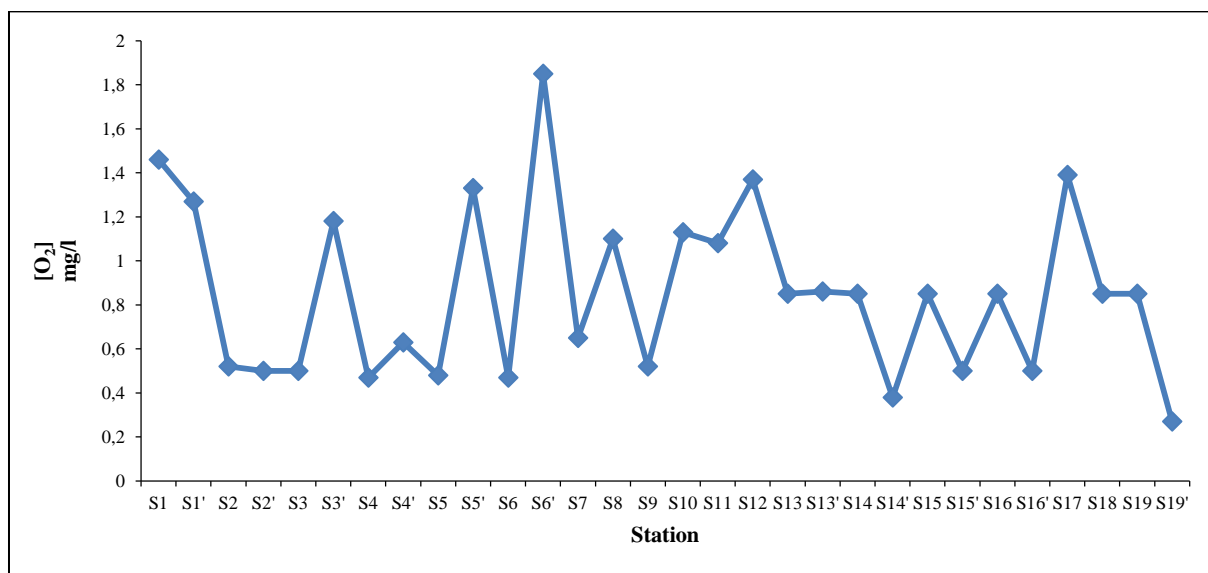


Figure IV.25 : La variation de la concentration de l’oxygène dissous en fonction des stations.

D’après la Figure IV. 26, on constate une sous saturation en oxygène pour les différentes stations.

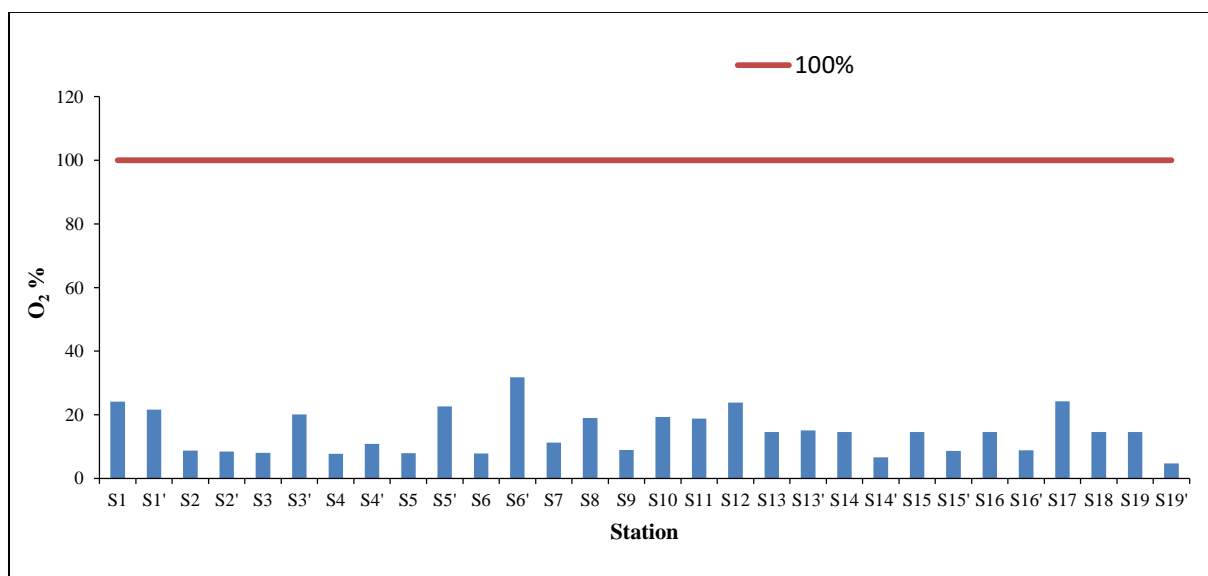


Figure IV.26 : La variation du taux de saturation en oxygène en fonction des stations.

Les teneurs relevées sont très faible en oxygène ce qui peut être expliqué par un faible renouvellement des eaux, ou peut-être dû à un déficit en oxygène ceci est essentiellement provoquer par :

- Oxydation de la matière organique par les bactéries.
- Oxydations des composés chimiques.
- La forte teneur en matière organique en suspension, cette dernière empêche la pénétration de la lumière et un facteur limitant pour ce processus d’oxygénation.

Mais ces valeurs peuvent être dues à une mesure erronée de l’appareillage utilisé (oxymètre), nous suggérons pour avoir une mesure correcte d’utiliser la méthode de Winkler où la mesure de l’oxygène dissous et obtenu par analyse chimique.

### 1.4 Le potentiel d’hydrogène (pH)

Les résultats montrent que les valeurs extrêmes obtenues sont incluses globalement dans l’intervalle de [8.1- 6.13], avec une moyenne de 7.79 et un écart type de 0.34.

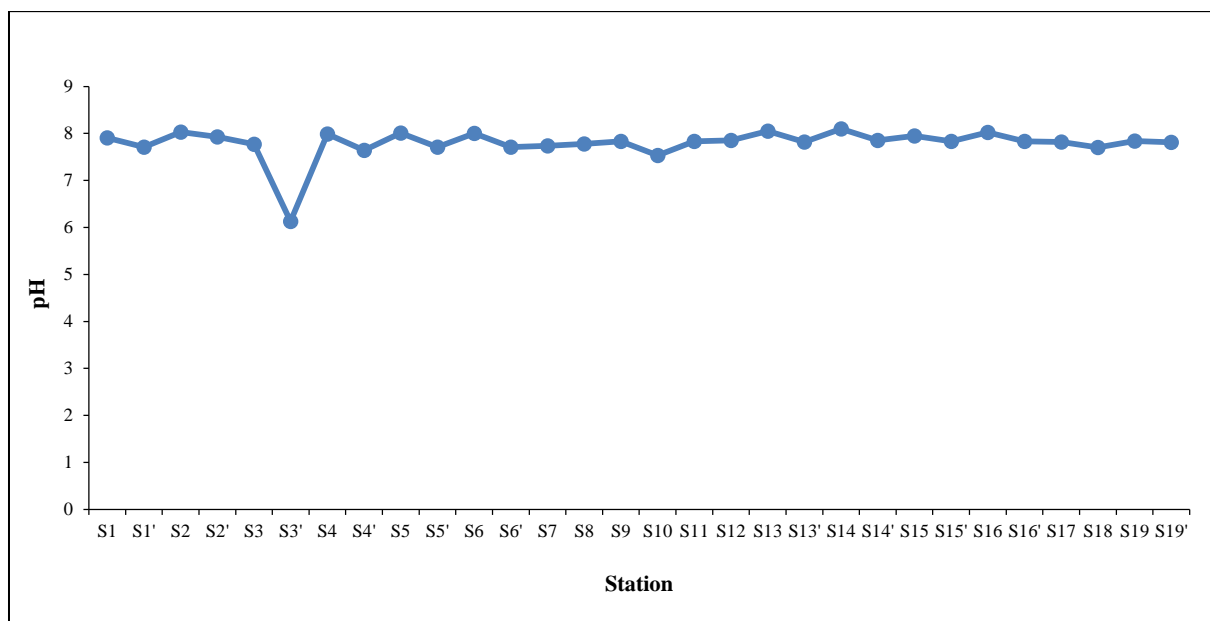


Figure IV.27: La variation du pH en fonction des stations.

Cependant la faible valeur est observée au niveau de station S3' (plage Ouest de Sidi Fredj), ceci peut s’expliquer par une acidification du milieu provoquer par le processus de la dégradation de la matière organique.

La réglementation algérienne indique que le pH doit être comprise entre  $6 < \text{pH} < 8$ , d'après les résultats de notre analyse on constate que le pH se trouve dans ces normes (Tableau 17 ANNEXE IV).

## 2 Variation spatiale des paramètres indicateurs de pollution

### 2.1 La matière en suspension (MES)

Les concentrations en MES observées dans les différentes stations (Figure IV. 28) varient entre 208 mg/l et 115 mg/l.

Tableau IV.3 : Les valeurs maximales de MES rencontrées dans la zone d'étude.

| Station | Concentration (mg/l) | Date de prélèvement |
|---------|----------------------|---------------------|
| S1      | 181.80               | 28/02/2017          |
| S4      | 162                  | 28/02/2017          |
| S5      | 192.40               | 28/02/2017          |
| S6      | 165.80               | 28/02/2017          |
| S13     | 189.60               | 13/03/2017          |
| S14     | 195.60               | 13/03/2017          |
| S15     | 167.60               | 13/03/2017          |
| S16     | 181.80               | 13/03/2017          |
| S19     | 208.                 | 13/03/2017          |

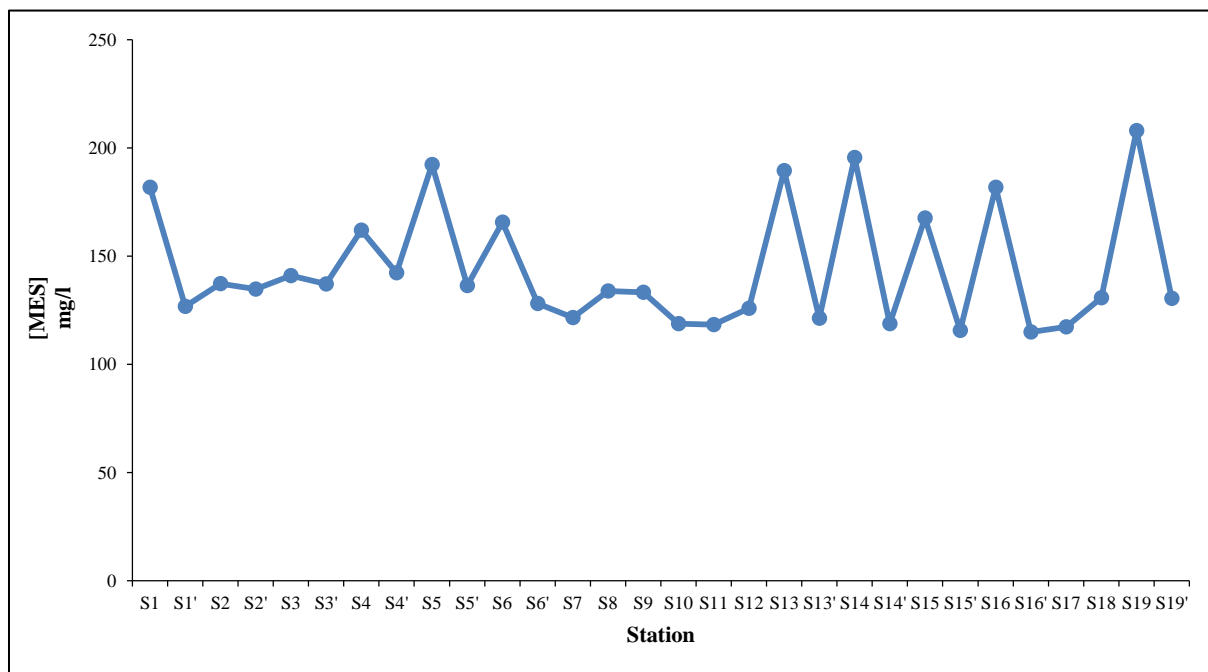


Figure IV.28 : La variation de la concentration de la matière en suspension en fonction des stations.

Les concentrations de MES sont importantes (**Tableau IV. 3**), car les prélèvements ont été faits au niveau de la zone côtière, où les concentrations subissent de fortes variabilités liées à l'agitation de l'eau de mer, qui met en suspension les sédiments superficiels.

Dans la zone Ain Benian – Bab El Oued la charge en MES la plus élevée 208 mg/l est enregistrée dans la station (S19) le 13/03/2017 dans la plage artificielle de Bab El Oued, qui est due aux rejets qui se déversent dans cette zone. Une valeur minimale de 115 mg/l est observée dans la station (S16') le 04/04/2017 à Rais Ville, avec une moyenne de  $144,36 \pm 9,93$  mg/l.

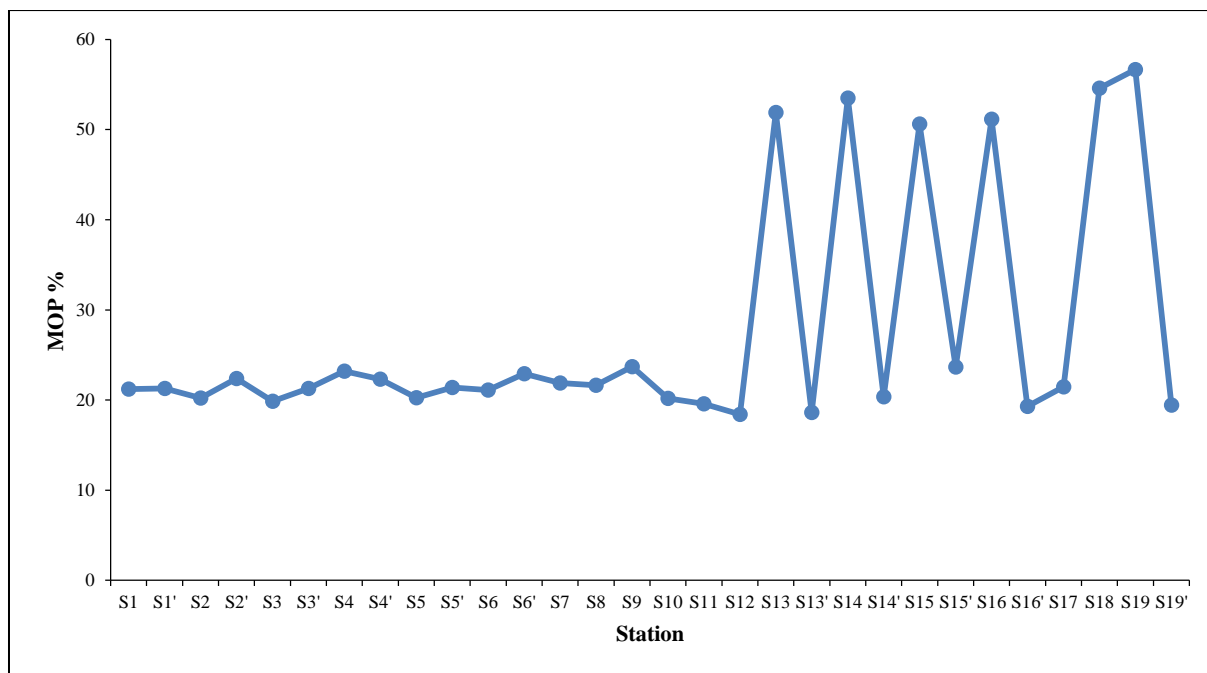
En ce qui concerne la zone de référence (Sidi Fredj) la concentration la plus importante (192.4 mg/l) est enregistrée au niveau de la station (S5) le 28/02/2017 dans la plage est, et une valeur minimale de 126.80 mg/l au niveau de la station (S1') le 04/04/2017 dans la plage ouest.

## 2.2 La matière organique particulaire (MOP)

Les teneurs en matière organique particulaire (MOP) (**Figure IV. 29**) dans la zone varient entre 56,63 % et 18,41% avec une moyenne de  $27,47 \pm 4.69$  %. Le recyclage de la MOP est lié aux rejets domestiques et, aux productions biologiques.

**Tableau VI.4** : Les valeurs maximales de MOP rencontrées dans la zone d'étude.

| Station | Taux(%) | Date de prélèvement |
|---------|---------|---------------------|
| S13     | 51,90   | 13/04/2017          |
| S14     | 53,48   | 13/04/2017          |
| S15     | 50,60   | 13/04/2017          |
| S16     | 51,16   | 13/04/2017          |
| S18     | 54,59   | 13/04/2017          |
| S19     | 56,63   | 13/04/2017          |



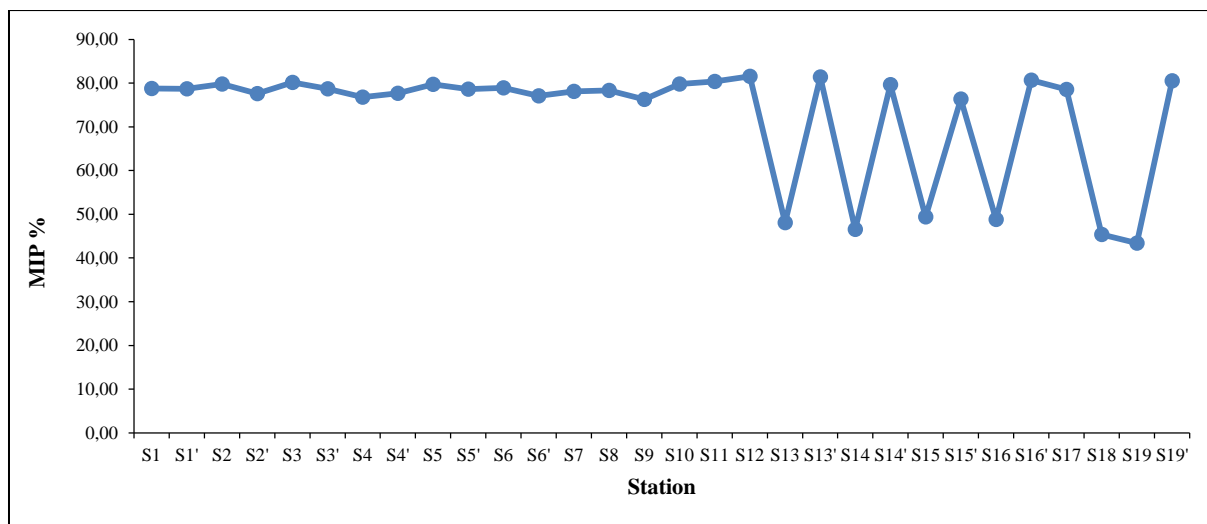
**Figure IV.29 :** La variation du taux de la matière organique particulaire en fonction des stations.

Cependant la station (S19) présente le taux le plus élevé (56,63 %) avec la faible concentration de l’oxygène qui confirme la présence d’un rejet d’eau usée. Et un taux faible (18.41%) dans la station (S12). Il ressort que l’ensemble des fortes valeurs (**Tableau IV.4**) ont été relevées dans les zones de Rais Hamidou, Bologhine et Bab El Oued au cours de la période printanière.

Par rapport à la zone de Sidi Fredj, il n’y a pas grande variation du taux de MOP, le taux le plus important 23.21 % est enregistré dans la station (S4). Et le taux le plus faible 19.86% est observé dans la station (S3).

### 2.3 La matière inorganique particulaire (MIP)

Les taux de la matière inorganique particulaire (MIP) varient entre 43.37% et 81.59%, une moyenne de  $72.53 \pm 4.69\%$ . La variation des taux de MIP est homogène pour l’ensemble des stations (**Figure IV. 30**), à l’exception des stations (S13, S14, S15, S16, S18, S19) où les taux de MIP sont faibles, qui sont expliquées par un maximum de la matière organique particulaire en période printanière.



**Figure IV.30:**La variation du taux de la matière inorganique particulaire en fonction des stations.

### 3 La chlorophylle a et les phéopigments

La concentration moyenne de la chlorophylle *a* est de  $1,34 \pm 0,46 \mu\text{g/l}$  avec un maximum de  $6,65 \mu\text{g/l}$  dans la station (S1) et un minimum de 0 (limite de détection de l'appareil), la concentration des phéopigments *a* varient entre 0 et  $4,32 \mu\text{g/l}$  (**Figure IV.31**) avec une moyenne de  $0,49 \pm 0,34 \mu\text{g/l}$ .

**Tableau IV.5:**Les valeurs maximales de chlorophylle a enregistrées dans la zone d'étude.

| Station | [chlorophylle <i>a</i> ] ( $\mu\text{g/l}$ ) | Date de prélèvement |
|---------|--|---------------------|
| S1      | 6.65   | 28/02/2017          |
| S5      | 3.32   | 28/02/2017          |
| S13     | 2.11   | 13/03/2017          |
| S14     | 2.44   | 13/03/2017          |
| S16     | 2.33   | 13/03/2017          |
| S19     | 2.11   | 13/03/2017          |

**Tableau IV.6:** Les valeurs maximales de phéopigment a enregistrées dans la zone d'étude.

| Station | [phéopigment <i>a</i> ] ( $\mu\text{g/l}$ ) | Date de prélèvement |
|---------|---|---------------------|
| S3      | 4.32  | 28/02/2017          |
| S4      | 0.44  | 28/02/2017          |
| S9      | 0.64  | 03/04/2017          |
| S16     | 1.24  | 13/03/2017          |
| S1'     | 0.78  | 03/04/2017          |
| S14'    | 2.06  | 03/04/2017          |
| S19'    | 2.56  | 04/04/2017          |

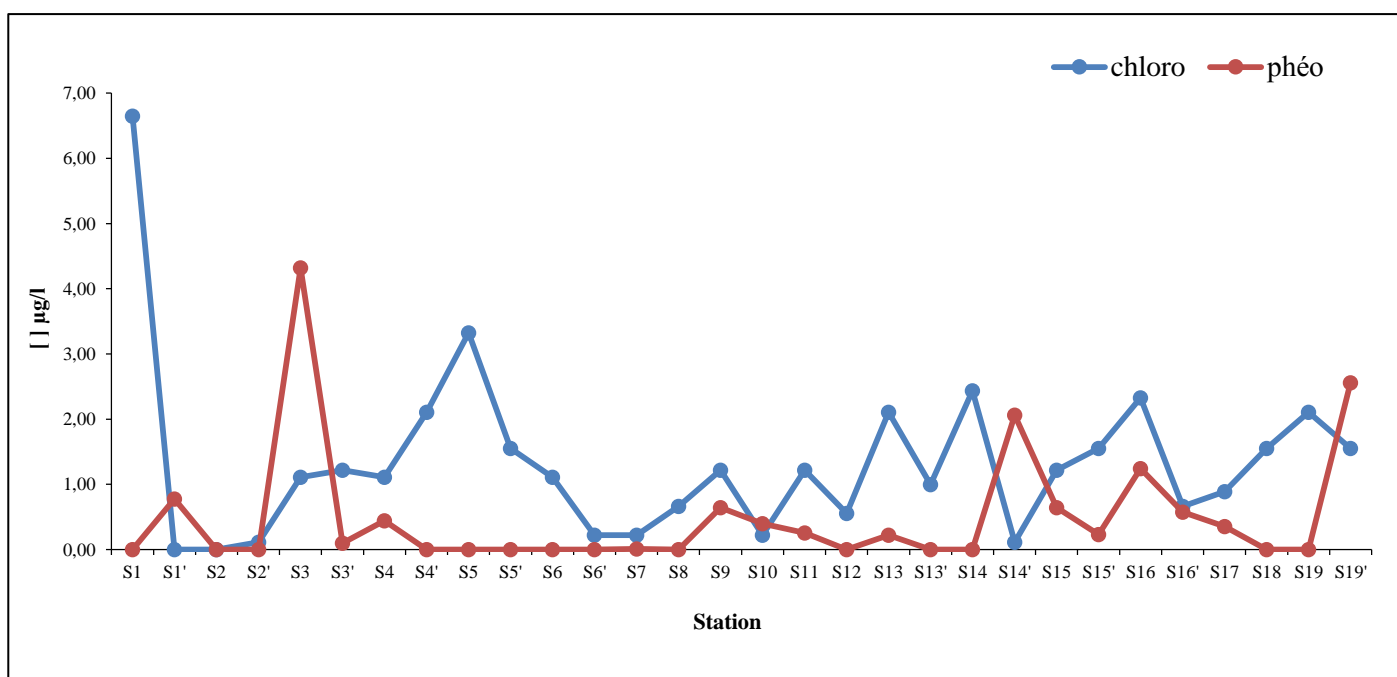
La concentration de la chlorophylle *a* est liée à la production primaire et, le phéopigment représente le produit de dégradation du phytoplancton.

La station (S14) présente la valeur la plus élevée (2.44 µg/) de la chlorophylle *a*, et la station (S19') 2.56 µg/l par rapport aux phéopigments dans la zone de Ain Benian – Bab El Oued.

Dans la zone de Sidi Fredj la concentration extrême de la chlorophylle *a* 6.65 µg/l a été observé dans la station (S1), par rapport aux phéopigment, le maximum est enregistré dans la station (S3).

Les concentrations de la chlorophylle *a* les plus élevées (**Tableau IV. 5**) enregistrées au niveau des différentes stations sont dues aux fortes concentration en sels nutritifs, ainsi que la température de mer et l'ensoleillement.

Les valeurs de phéopigment *a* les plus fortes (**Tableau IV. 6**) rencontrées aux niveaux de certaines stations indiquent le vieillissement des cellules algales, qui sont dégradées par le zooplancton.



**Figure IV.31** : La variation de la concentration de la chlorophylle *a* et les phéopigments *a* en fonction des stations.

4 Les sels nutritifs

4.1 L'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

L'azote ammoniacal provient des excréments animales et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés (HOUMA-BACHARI, 2009)

Les concentrations dans les différentes stations de l'ammonium (Figure IV. 32) varient entre 88,72 µmol/l et 0,05 µmol/l avec une moyenne de 8,37± 6.24 µmol/l.

Tableau IV.7:Les valeurs maximales de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>enregistrées dans la zone d'étude.

| Station | Concentration (µmol/l) | Date de prélèvement |
|---------|------------------------|---------------------|
| S1      | 4.49                   | 28/02/2017          |
| S2      | 5.41                   | 28/02/2017          |
| S9      | 28.60                  | 03/04/2017          |
| S13'    | 8.85                   | 03/04/2017          |
| S15     | 32.27                  | 13/03/2017          |
| S15'    | 27.42                  | 04/04/2017          |
| S18     | 88.72                  | 13/03/2017          |

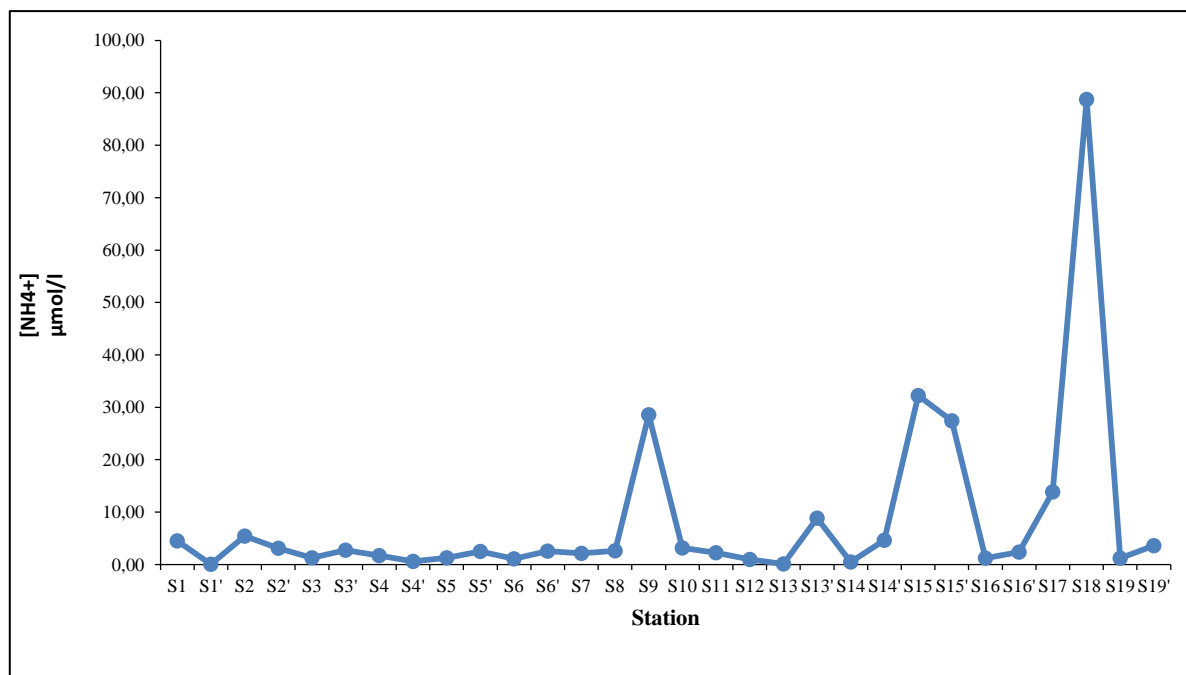


Figure IV.32:La variation de la concentration de l'ammonium en fonction des stations.

Par rapport à la zone de Ain Benian – Bab El Oued, la teneur la plus élevée (88.72  $\mu\text{mol/l}$ ) est enregistrée dans la station (S18), et la concentration la plus faible 0.10  $\mu\text{mol/l}$  au niveau de la station (S13)

La station (S2) présente la concentration la plus élevée (5.41  $\mu\text{mol/l}$ ) dans la zone de Sidi Fredj, le minimum est observée dans la station (S1'). La variation de la teneur de l' $\text{NH}_4^+$  est homogène dans cette zone.

Les concentrations de l' $\text{NH}_4^+$  dans l'ensemble des stations (**Figure IV. 32**) sont inférieures à la norme (**Tableau 18, ANNEXE IV**).

Les teneurs importantes de  $\text{NH}_4^+$  dans certaines stations (**Tableau IV. 7**) sont dues à un diversement des rejets dans ces bassins.

En ce qui concerne les valeurs faibles, peuvent être dues aux faibles apports terrigènes ou, au brassage des eaux qui transporte l' $\text{NH}_4^+$  de la côte vers le large.

#### 4.2 L'azote nitreux ( $\text{NO}_2^-$ )

Les nitrites présentent des concentrations très faibles même nulles dans la pluparts des stations, sauf dans la station (S18) dans la zone de Ain Benian – Bab El Oued, elle est très élevée de 24.68  $\mu\text{mol/l}$ , et 2.18  $\mu\text{mol/l}$  dans la station (S15). La station (S3) présente la teneur la plus élevée 0.96  $\mu\text{mol/l}$  dans la zone de Sidi Fredj (**Figure IV. 33**). La concentration des nitrites présente une moyenne de  $1,31 \pm 1.60 \mu\text{mol/l}$ .

Pour l'ensemble des stations (**Figure IV.33**), la concentration de  $\text{NO}_2^-$  est inférieure à la norme (**Tableau 18, ANNEXE IV**).

Les fortes concentrations rencontrées (**Tableau IV. 8**) dans les stations S15, S18 sont dues à un apport terrigène excessive, ou à l'oxydation de la MOP et à l'oxydation de l' $\text{NH}_4^+$  par des bactéries (Nitrosomonas).

**Tableau IV.8** : Les valeurs maximales de  $\text{NO}_2^-$  rencontrées dans la zone d'étude

| Station | Concentration ( $\mu\text{mol/l}$ ) | Date de prélèvement |
|---------|-------------------------------------|---------------------|
| S1      | 0.57                                | 28/02/2017          |
| S2      | 0.55                                | 28/02/2017          |
| S3      | 0.97                                | 28/02/2017          |
| S15     | 2.18                                | 13/03/2017          |
| S18     | 24.68                               | 13/03/2017          |

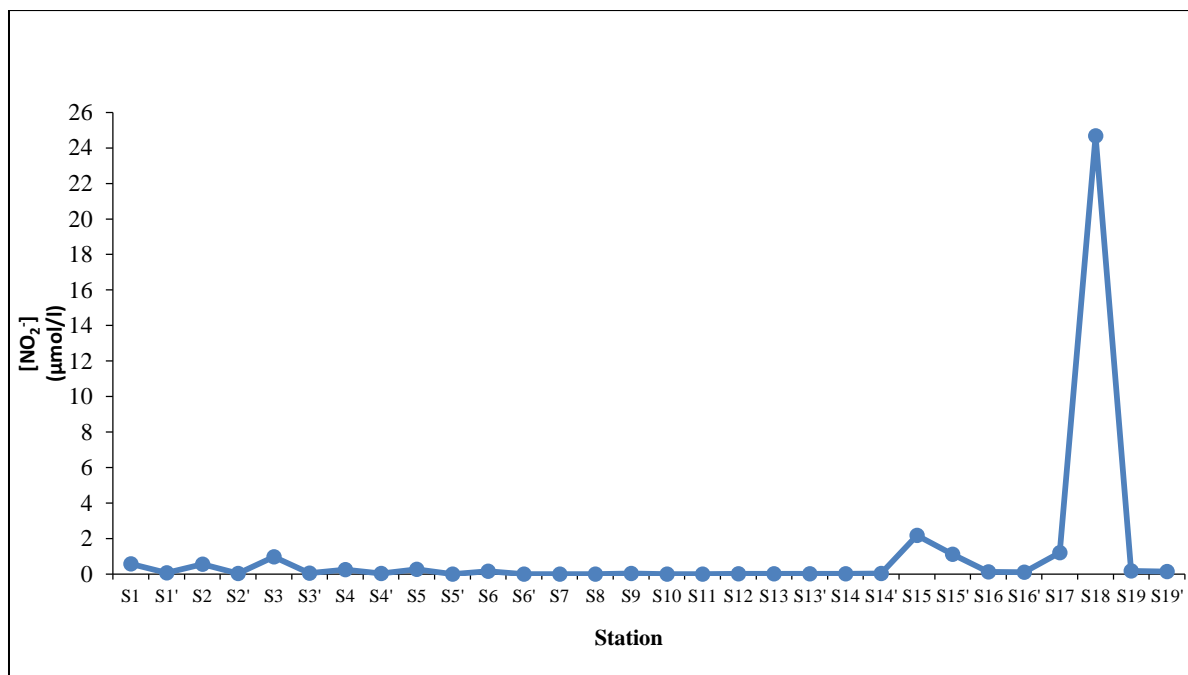


Figure IV.33: La variation de la concentration des nitrites en fonction des stations.

### 4.3 L’azote nitrique (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

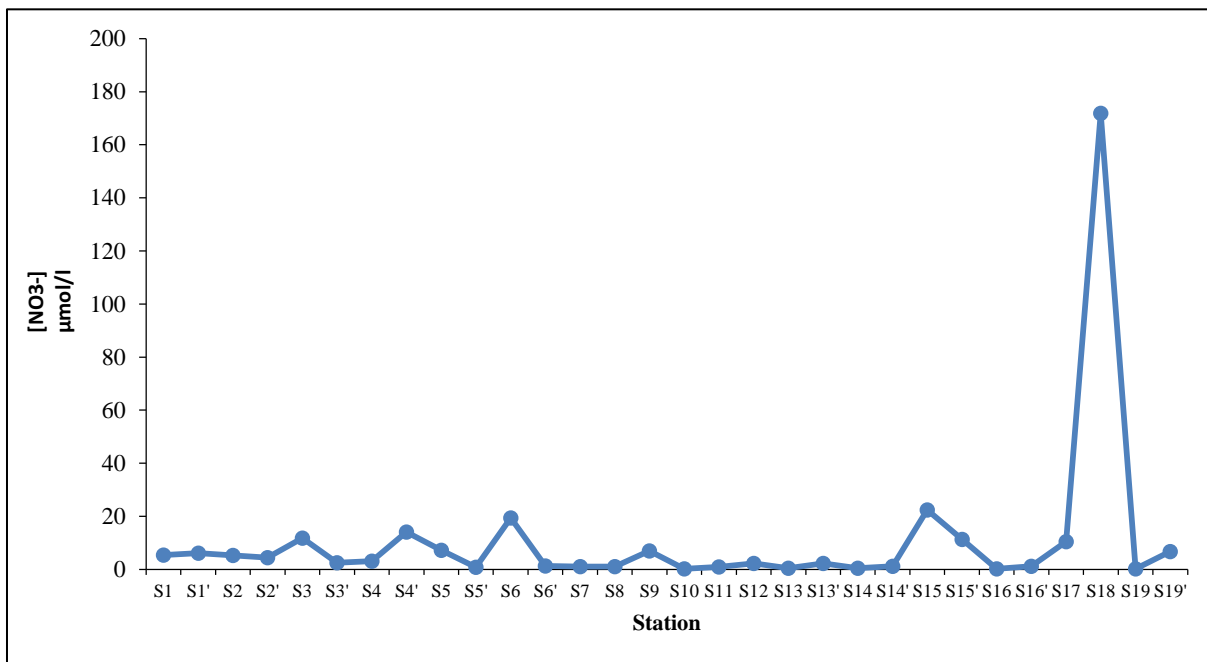
Les concentrations de nitrate varient entre un maximum de 171.91 µmol/l qui est enregistré dans la station (S18) dans la zone de Ain Benian – Bab El Oued dû à la présence d’un apport d’eau usée, et un minimum de 0.18 µmol/l, qui est enregistré dans la station (S10) (Figure IV. 34). Une moyenne de 10.75± 11.09 µmol/l.

Tableau IV.9: Les valeurs maximales de NO<sub>3</sub><sup>-</sup> rencontrées dans la zone d'étude.

| Station | Concentration (µmol/l) | Date de prélèvement |
|---------|------------------------|---------------------|
| S3      | 11.81                  | 28/02/2017          |
| S4'     | 14.06                  | 03/04/2017          |
| S6      | 19.36                  | 28/02/2017          |
| S9      | 6.69                   | 03/04/2017          |
| S15     | 22.38                  | 13/03/2017          |
| S18     | 171.91                 | 13/03/2017          |

Dans la zone de Sidi Fredj, le maximum 19.35 µmol/l est enregistré dans la station (S6) et un minimum 0.76 µmol/l dans la station (S5').

Les concentrations de  $\text{NO}_3^-$  observées dans les stations (**Figure IV.34**) sont inférieures à la norme (**Tableau 18, ANNEXE IV**).



**Figure IV.34:**La variation de la concentration des nitrates en fonction des stations.

Les fortes concentrations de  $\text{NO}_3^-$  observées dans certaines stations (**Tableau IV.9**), peuvent être expliquées par un apport continental important où la dégradation bactérienne de la matière organique ou l'oxydation d'ammonium en nitrites.

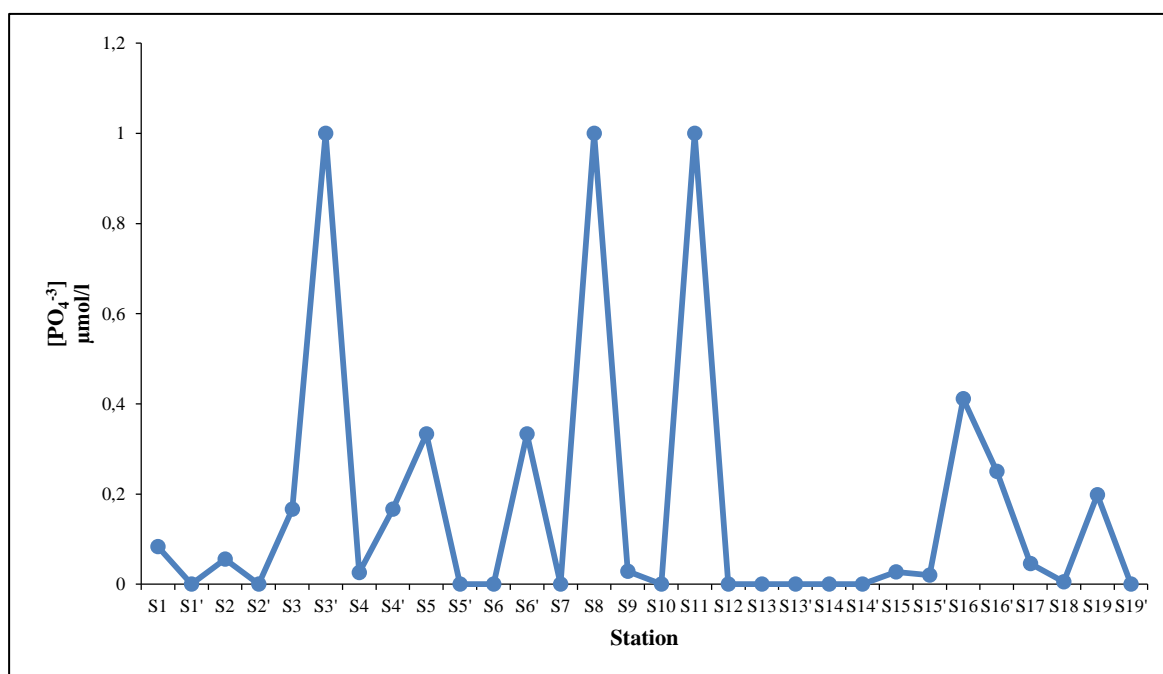
#### 4.4 Les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Dans certaines stations, la concentration des phosphates est nulle à cause de leur consommation par le phytoplancton (dans les eaux de surface) dans les deux zones car, le phosphate est un facteur limitant. Les autres stations (**Tableau IV. 10**) présentent des concentrations qui varient entre  $0.03\mu\text{mol/l}$  et  $1\mu\text{mol/l}$  suite à un apport tellurique d'une part, et le recyclage de la MOP d'autre part. La moyenne des concentrations est de  $0,17\pm 0,11 \mu\text{mol/l}$ .

Toutes les stations (**Figure IV. 35**) présentent des concentrations inférieures à la norme (**Tableau 18, ANNEXE IV**).

**Tableau IV.10:** Les valeurs maximales de  $\text{PO}_4^{3-}$  rencontrées dans la zone d'étude.

| Station | Concentration ( $\mu\text{mol/l}$ ) | Date de prélèvement |
|---------|-------------------------------------|---------------------|
| S3'     | 1                                   | 03/04/2017          |
| S5      | 0.33                                | 28/02/2017          |
| S6'     | 0.33                                | 03/04/2017          |
| S8      | 1                                   | 03/04/2017          |
| S11     | 1                                   | 03/04/2017          |
| S16     | 0.41                                | 13/03/2017          |
| S19     | 0.20                                | 13/03/2017          |



**Figure IV.35:** La variation de la concentration des phosphates en fonction des stations.

#### 4.5 Les silicates ( $\text{SiO}_2^-$ )

La concentration des silicates (**Figure IV. 36**) est incluse dans un intervalle de (0-4  $\mu\text{mol/l}$ ) avec une moyenne de  $0,31 \pm 0,26 \mu\text{mol/l}$ , la valeur extrême de 4  $\mu\text{mol/l}$  est observée dans la station (S5') dans la zone de Sidi Fredj. Dans la zone de Ain Benia – Bab El Oued, la concentration la plus importante est enregistrée dans les stations (S16, S19).

**Tableau IV.11:** Les valeurs maximales de  $\text{SiO}_2^-$  rencontrées dans la zone d'étude.

| Station | Concentration ( $\mu\text{mol/l}$ ) | Date de prélèvement |
|---------|-------------------------------------|---------------------|
| S2'     | 0.24                                | 03/04/2017          |
| S3'     | 0.36                                | 03/04/2017          |
| S5'     | 4                                   | 03/04/2017          |
| S6'     | 0.24                                | 03/04/2017          |
| S8      | 0.33                                | 03/04/2017          |
| S10     | 0.31                                | 03/04/2017          |
| S14'    | 0.25                                | 04/04/2017          |
| S16     | 0.66                                | 13/03/2017          |
| S19     | 0.66                                | 13/03/2017          |

Les concentrations élevées des silicates pour certaine station (**Tableau IV. 11**), peuvent être expliquées par les fortes teneurs de MES (sédiment) ou par la forte biomasse phytoplactonique (les diatomées).

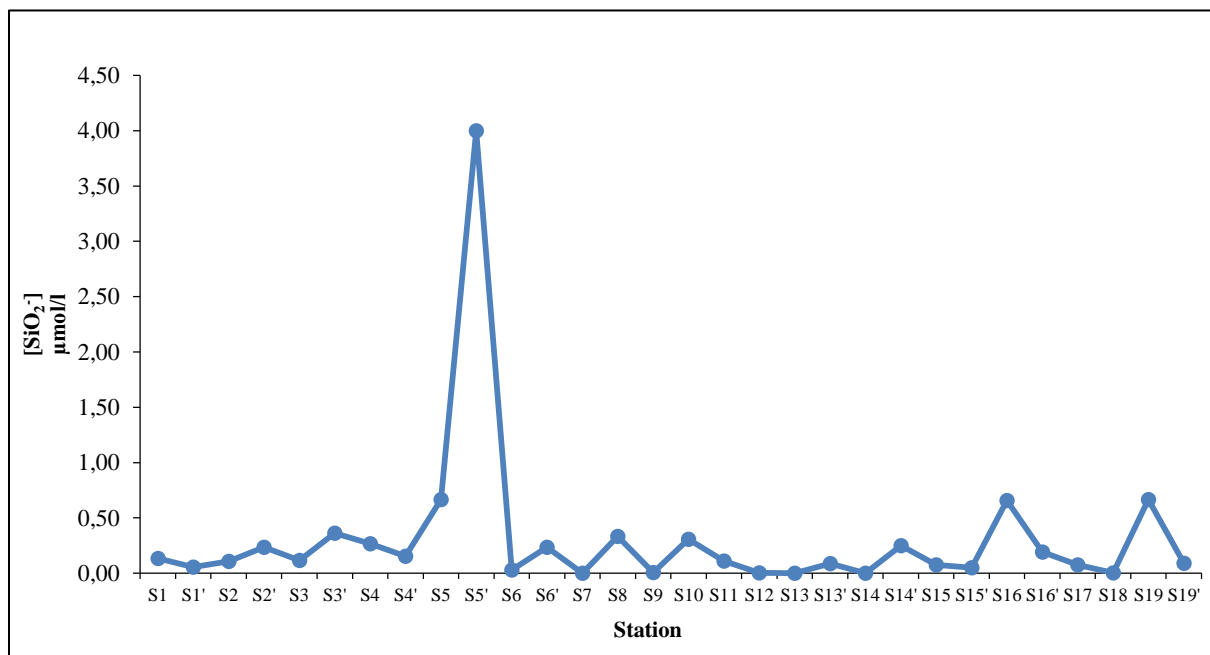


Figure IV.36:La variation de la concentration des silicates en fonction des stations.

## 5 Variation spatiale des paramètres bactériologiques

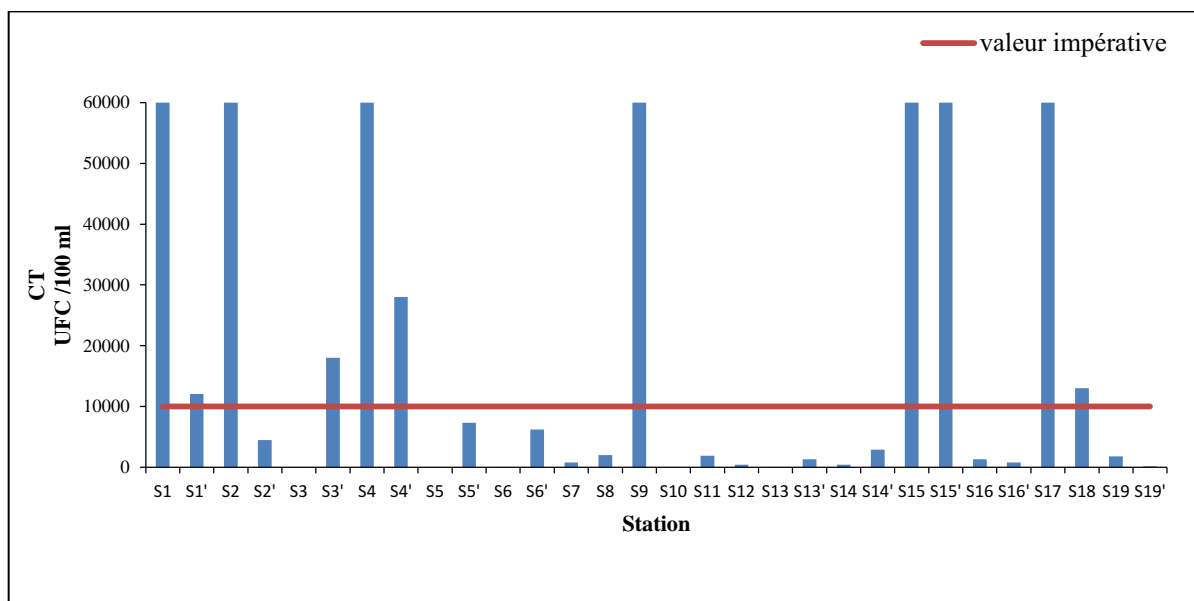
### 5.1 Les Coliformes Totaux

Le dénombrement des coliformes totaux montre que leur teneur varie d’une station à l’autre et d’un mois à l’autre

Tableau IV.12 :Les valeurs maximales des Coliformes totaux rencontrées dans les différentes stations.

| Station | Nombre de colonies | Date de prélèvement |
|---------|--------------------|---------------------|
| S1      | 60000              | 28/02/2017          |
| S1'     | 12060              | 04/04/2017          |
| S2      | 60000              | 28/02/2017          |
| S3'     | 18000              | 04/04/2017          |
| S4      | 60000              | 28/02/2017          |
| S4'     | 28000              | 04/04/2017          |
| S9      | 60000              | 04/04/2017          |
| S15     | 60000              | 13/03/2017          |
| S15'    | 60000              | 05/04/2017          |
| S17     | 60000              | 05/04/2017          |
| S18     | 13000              | 13/04/2017          |

Nous notons, des valeurs en coliformes totaux, supérieur aux valeurs impératives (10000/100ml) **selon le décret exécutif n° 93-164 du (JORA ,1993)(Tableau 17 ANNEXE IV)**, au niveau des stations (S1'- S4'-S18) qui présentent une charge très important, n'a pas être pu comptabilisée malgré plusieurs dilution sur les échantillons dans stations (S1-S2-S4-S9-S15-S15'-S17) en raison des colonies confluentes (**Tableau IV. 12**).



**Figure IV.37** : La variation des concentrations moyennes des Coliformes Totaux en fonction des Stations.

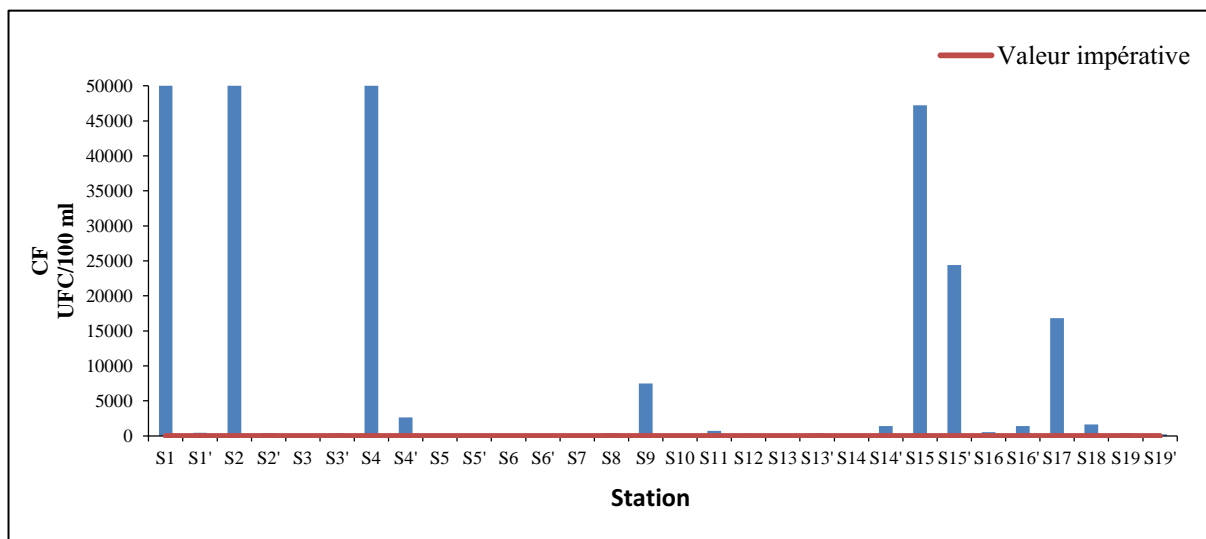
### 5.2 Les Coliformes Fécaux

Les concentrations en Coliformes thermotolérants, enregistrées au niveau des stations (S1-S1'-S4) pour Sidi Fredj, Sont relativement fortes, Elles dépassent largement la valeur impérative fixée à 2000 CF/100ml **selon le décret exécutif n° 93-164 du (JORA, 1993)(Tableau 17 ANNEXE IV)**, et aussi une charge bactérienne important pour les Stations (S9-S15-S15'-S17).

Pour la station S4' présente une charge bactérienne moins importante, elle dépasse légèrement la valeur impérative (**Tableau IV. 13**).

**Tableau IV.13 :** Les valeurs maximales des Coliformes fécaux rencontrées dans différentes stations.

| Station | Nombre de colonies | Date de prélèvement |
|---------|--------------------|---------------------|
| S1      | 50000              | 28/02/2017          |
| S1'     | 50000              | 04/04/2017          |
| S4      | 50000              | 28/02/2017          |
| S4'     | 2657               | 04/04/2017          |
| S9      | 7500               | 04/04/2017          |
| S15     | 47200              | 13/03/2017          |
| S15'    | 24400              | 05/04/2017          |
| S17     | 16800              | 05/04/2017          |



**Figure IV.38 :** La variation des concentrations moyennes des Coliformes Fécaux en fonction des Stations.

Ces concentrations importantes des coliformes fécaux témoignent d'une contamination d'origine fécale récente, ce qui explique qu'il y a un rejet d'eaux usées récent au niveau de ces plages.

### 5.3 Les Streptocoques Fécaux

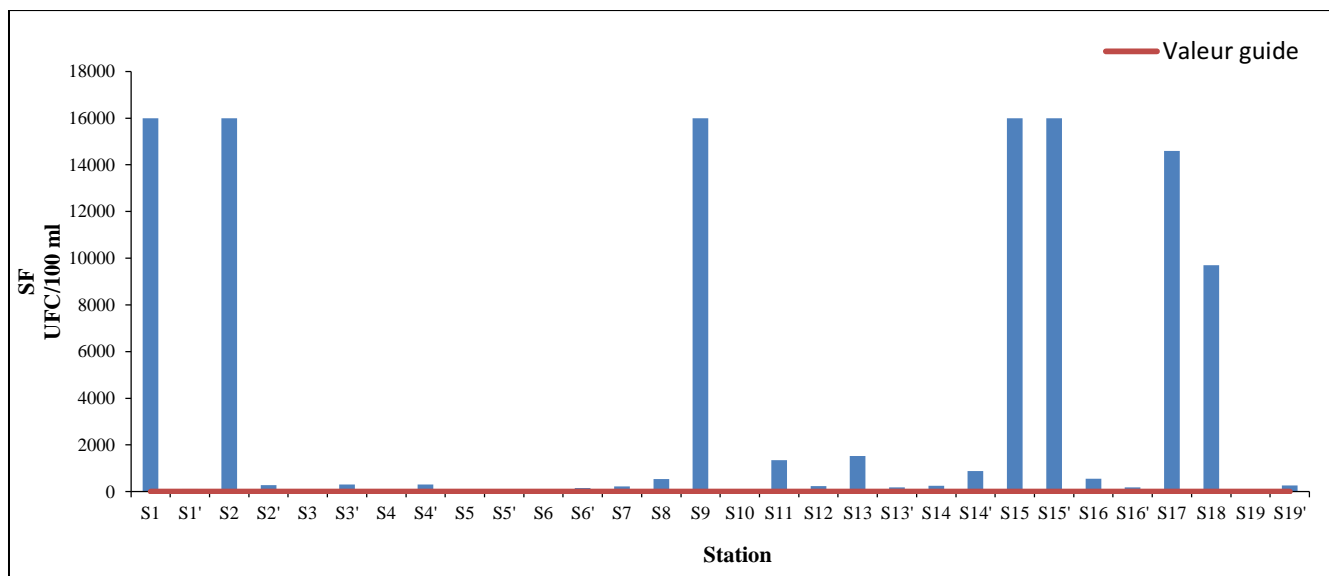
Les Streptocoques sont les meilleurs témoins de la contamination fécale (**BRISOU ET DENIS, 1980**).

**Tableau IV.14:** Les valeurs maximales des Streptocoques fécaux rencontrées dans les différentes stations.

| Station | Nombre de colonies | Date de prélèvement |
|---------|--------------------|---------------------|
| S1      | 16000              | 28/04/2017          |
| S2      | 16000              | 28/02/2017          |
| S3'     | 300                | 04/04/2017          |
| S4'     | 300                | 04/04/2017          |
| S8      | 540                | 04/04/017           |
| S9      | 16000              | 04/04/2017          |
| S11     | 1345               | 05/04/2017          |
| S13     | 1520               | 13/04/2017          |
| S14'    | 880                | 05/04/2017          |
| S15     | 16000              | 13/03/2017          |
| S15'    | 16000              | 05/04/2017          |
| S16     | 550                | 13/03/2017          |
| S17     | 14600              | 05/04/2017          |
| S18     | 9700               | 13/03/2017          |

Au niveau des stations (S1-S2-S9-S15-S15'-S17-S18), une importante contamination par les streptocoques fécaux, illustrée par des teneurs plus élevées dépassent nettement la valeur guide admise selon **le décret exécutif n°93-164 du (JORA, 1993) (Tableau 17 ANNEXE IV)**. (**Tableau IV. 14**).

Les teneurs en Streptocoques Fécaux enregistrées au niveau des stations (S3'-S4'-S14'-S16) sont moyennes, elles dépassent légèrement la valeur guide, on peut expliquer ces teneurs par des rejets anthropiques résiduaire (contamination fécale anciennes).



**Figure IV.39** :La variation des concentrations moyennes des Streptocoques Fécaux en fonction des Stations.

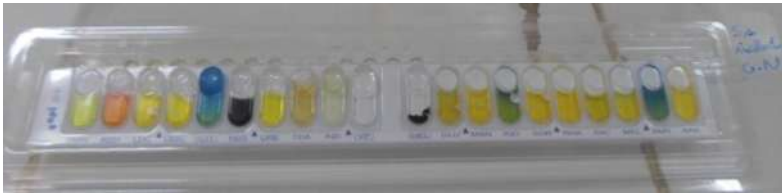
#### 5.4 Les Salmonelles

L'identification des souches isolées débute d'abord par l'observation de l'aspect culturel des colonies sur le milieu sélectif SS (**Salmonella-Shigella**), et l'observation microscopique après coloration de Gram. Nous avons procédé à l'identification des espèces :

- La coloration de Gram : Bacille Gram (-)
- Le test d'oxydase : Oxydase (-)
- Le test de catalase : Catalase (+)

Il a été observé l'absence le germe pathogène Salmonelle dans tous les échantillons de l'eau de mer, ce microorganisme pathogène d'origine fécale est recherché pour constater la matérialisation d'un danger vis-à-vis duquel la présence des bactéries fécales joue le rôle de signal d'alarme, après identification biochimiques à l'aide de la galerie API 20E. Trois espèces ont été identifiées à partir des colonies transparentes à centre noire.

- Station (S1)



**Figure IV.40:** Colonie à centre noir (*Citrobacterfreundii*)

- Station (S16')



**Figure IV.41:** Colonies à centre noir (*Citrobacterbraakii*)

- Station (S17)



**Figure IV.42:** Colonies centre noir (*Providenciarettgeri*)

## 6 L'analyse multiparamétrique

## 6.1 Résultat

Le tableau suivant présente la variation des paramètres physico-chimiques et bactériologique en fonction des stations :

**Tableau IV.15** : La variation des paramètres physico-chimiques et bactériologique en fonction des stations

| station | T °C  | S (PSU) | pH   | [O <sub>2</sub> ] mg/l | O <sub>2</sub> % | [chlorophylle<br>a] µg/l | [phéopigmenta] µg/l |
|---------|-------|---------|------|------------------------|------------------|--------------------------|---------------------|
| S1      | 15,9  | 37,4    | 7,91 | 1,46                   | 24,17            | 6,65                     | 0,00                |
| S1'     | 17,5  | 36,5    | 7,71 | 1,27                   | 21,60            | 0,00                     | 0,78                |
| S2      | 16,7  | 37,2    | 8,03 | 0,52                   | 8,75             | 0,00                     | 0,00                |
| S2'     | 17,2  | 36,5    | 7,93 | 0,5                    | 8,44             | 0,11                     | 0,00                |
| S3      | 15,17 | 37      | 7,77 | 0,5                    | 8,09             | 1,11                     | 4,32                |
| S3'     | 17,8  | 36,3    | 6,13 | 1,18                   | 20,16            | 1,22                     | 0,10                |
| S4      | 15,8  | 37,2    | 7,99 | 0,47                   | 7,74             | 1,11                     | 0,44                |
| S4'     | 18    | 36,5    | 7,64 | 0,63                   | 10,84            | 2,11                     | 0,00                |
| S5      | 16    | 37,3    | 8,01 | 0,48                   | 7,96             | 3,32                     | 0,00                |
| S5'     | 17,6  | 36,5    | 7,71 | 1,33                   | 22,67            | 1,55                     | 0,00                |
| S6      | 16,4  | 37,4    | 8    | 0,47                   | 7,88             | 1,11                     | 0,00                |
| S6'     | 18,1  | 36,2    | 7,71 | 1,85                   | 31,78            | 0,22                     | 0,00                |
| S7      | 18,3  | 36,4    | 7,74 | 0,65                   | 11,25            | 0,22                     | 0,01                |
| S8      | 18,3  | 36,4    | 7,78 | 1,1                    | 19,04            | 0,66                     | 0,00                |
| S9      | 18,2  | 36,3    | 7,83 | 0,52                   | 8,97             | 1,22                     | 0,64                |
| S10     | 16,9  | 37,8    | 7,53 | 1,13                   | 19,27            | 0,22                     | 0,40                |
| S11     | 17,7  | 37,8    | 7,83 | 1,08                   | 18,77            | 1,22                     | 0,25                |
| S12     | 17,8  | 37,6    | 7,85 | 1,37                   | 23,81            | 0,55                     | 0,00                |
| S13     | 16,7  | 36,99   | 8,05 | 0,85                   | 14,56            | 2,11                     | 0,22                |
| S13'    | 18,2  | 37,5    | 7,82 | 0,86                   | 15,07            | 0,997                    | 0,00                |
| S14     | 16,8  | 36,89   | 8,1  | 0,85                   | 14,56            | 2,44                     | 0,00                |
| S14'    | 18    | 37,7    | 7,85 | 0,38                   | 6,64             | 0,11                     | 2,06                |
| S15     | 17,3  | 35,49   | 7,95 | 0,85                   | 14,56            | 1,22                     | 0,64                |
| S15'    | 18,2  | 36,8    | 7,83 | 0,5                    | 8,68             | 1,55                     | 0,23                |
| S16     | 17    | 36,99   | 8,02 | 0,85                   | 14,56            | 2,33                     | 1,24                |
| S16'    | 18,3  | 37,8    | 7,83 | 0,5                    | 8,82             | 0,66                     | 0,58                |
| S17     | 18,1  | 37,3    | 7,82 | 1,39                   | 24,23            | 0,89                     | 0,35                |
| S18     | 17,7  | 24,69   | 7,7  | 0,85                   | 14,56            | 1,55                     | 0,00                |
| S19     | 17,2  | 36,99   | 7,84 | 0,85                   | 14,56            | 2,11                     | 0,00                |
| S19'    | 17,8  | 37,6    | 7,81 | 0,27                   | 4,69             | 1,55                     | 2,56                |

**Tableau IV. 15 :** Lavariation des paramètres physico-chimiques et bactériologique en fonction des stations (suite)

| station | [MES]mg/l | MOP%  | MIP%  | [NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ]<br>μmol/l | [NO <sub>3</sub> ]<br>μmol/l | [NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ]<br>μmol/l | [PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> ]<br>μmol/l | [SiO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ]<br>μmol/l |
|---------|-----------|-------|-------|---|------------------------------|---|--|--|
| S1      | 181,80    | 21,23 | 78,77 | 4,49                                      | 5,38                         | 0,57                                      | 0,08                                       | 0,13                                       |
| S1'     | 126,80    | 21,29 | 78,71 | 0,05                                      | 6,16                         | 0,07                                      | 0,00                                       | 0,06                                       |
| S2      | 137,40    | 20,23 | 79,77 | 5,41                                      | 5,26                         | 0,55                                      | 0,06                                       | 0,11                                       |
| S2'     | 134,80    | 22,40 | 77,60 | 3,11                                      | 4,43                         | 0,04                                      | 0,00                                       | 0,24                                       |
| S3      | 141,00    | 19,86 | 80,14 | 1,28                                      | 11,81                        | 0,97                                      | 0,17                                       | 0,12                                       |
| S3'     | 137,20    | 21,28 | 78,72 | 2,73                                      | 2,51                         | 0,05                                      | 1,00                                       | 0,36                                       |
| S4      | 162,00    | 23,21 | 76,79 | 1,71                                      | 3,11                         | 0,24                                      | 0,03                                       | 0,27                                       |
| S4'     | 142,40    | 22,33 | 77,67 | 0,61                                      | 14,06                        | 0,04                                      | 0,17                                       | 0,15                                       |
| S5      | 192,40    | 20,27 | 79,73 | 1,30                                      | 7,21                         | 0,27                                      | 0,33                                       | 0,67                                       |
| S5'     | 136,40    | 21,41 | 78,59 | 2,47                                      | 0,76                         | 0,00                                      | 0,00                                       | 4,00                                       |
| S6      | 165,80    | 21,11 | 78,89 | 1,07                                      | 19,36                        | 0,16                                      | 0,00                                       | 0,03                                       |
| S6'     | 128,20    | 22,93 | 77,07 | 2,55                                      | 1,24                         | 0,00                                      | 0,33                                       | 0,24                                       |
| S7      | 121,60    | 21,88 | 78,13 | 2,12                                      | 0,99                         | 0,00                                      | 0,00                                       | 0,00                                       |
| S8      | 134,00    | 21,64 | 78,36 | 2,63                                      | 1,08                         | 0,00                                      | 1,00                                       | 0,33                                       |
| S9      | 133,40    | 23,69 | 76,31 | 28,60                                     | 6,96                         | 0,02                                      | 0,03                                       | 0,01                                       |
| S10     | 118,80    | 20,20 | 79,80 | 3,16                                      | 0,18                         | 0,00                                      | 0,00                                       | 0,31                                       |
| S11     | 118,40    | 19,59 | 80,41 | 2,24                                      | 0,94                         | 0,00                                      | 1,00                                       | 0,11                                       |
| S12     | 126,00    | 18,41 | 81,59 | 0,94                                      | 2,24                         | 0,01                                      | 0,00                                       | 0,01                                       |
| S13     | 189,60    | 51,90 | 48,10 | 0,10                                      | 0,43                         | 0,01                                      | 0,00                                       | 0,00                                       |
| S13'    | 121,40    | 18,62 | 81,38 | 8,85                                      | 2,24                         | 0,01                                      | 0,00                                       | 0,09                                       |
| S14     | 195,60    | 53,48 | 46,52 | 0,51                                      | 0,43                         | 0,01                                      | 0,00                                       | 0,00                                       |
| S14'    | 118,80    | 20,37 | 79,63 | 4,62                                      | 1,19                         | 0,04                                      | 0,00                                       | 0,25                                       |
| S15     | 167,60    | 50,60 | 49,40 | 32,27                                     | 22,38                        | 2,18                                      | 0,03                                       | 0,08                                       |
| S15'    | 115,80    | 23,66 | 76,34 | 27,42                                     | 11,35                        | 1,11                                      | 0,02                                       | 0,05                                       |
| S16     | 181,80    | 51,16 | 48,84 | 1,23                                      | 0,25                         | 0,12                                      | 0,41                                       | 0,66                                       |
| S16'    | 115,00    | 19,30 | 80,70 | 2,35                                      | 1,19                         | 0,11                                      | 0,25                                       | 0,19                                       |
| S17     | 117,40    | 21,47 | 78,53 | 13,88                                     | 10,42                        | 1,21                                      | 0,05                                       | 0,08                                       |
| S18     | 130,80    | 54,59 | 45,41 | 88,72                                     | 171,91                       | 24,68                                     | 0,01                                       | 0,00                                       |
| S19     | 208,00    | 56,63 | 43,37 | 1,24                                      | 0,22                         | 0,18                                      | 0,20                                       | 0,66                                       |
| S19'    | 130,60    | 19,45 | 80,55 | 3,57                                      | 6,72                         | 0,13                                      | 0,00                                       | 0,09                                       |

**Tableau IV. 15 :** La variation des paramètres physico-chimiques et bactériologique en fonction des stations (suite)

| station | CT/100ml | CF/100ml | SF/100ml |
|---------|----------|----------|----------|
| S1      | 60000,00 | 50000,00 | 16000,00 |
| S1'     | 12060,00 | 460,00   | 116,50   |
| S2      | 60000,00 | 50000,00 | 16000,00 |
| S2'     | 4500,00  | 420,00   | 273,00   |
| S3      | 10,00    | 4,00     | 66,00    |
| S3'     | 18000,00 | 340,00   | 300,00   |
| S4      | 60000,00 | 50000,00 | 79,50    |
| S4'     | 28000,00 | 2656,67  | 300,00   |
| S5      | 18,00    | 4,00     | 4,00     |
| S5'     | 7329,33  | 100,00   | 39,00    |
| S6      | 47,00    | 28,50    | 21,00    |
| S6'     | 6246,67  | 190,00   | 161,00   |
| S7      | 796,00   | 100,00   | 228,00   |
| S8      | 1990,00  | 410,00   | 540,00   |
| S9      | 60000,00 | 7500,00  | 16000,00 |
| S10     | 10,00    | 4,00     | 89,50    |
| S11     | 1900,00  | 702,00   | 1345,00  |
| S12     | 410,00   | 324,00   | 240,00   |
| S13     | 81,00    | 4,00     | 1520,00  |
| S13'    | 1300,00  | 356,00   | 180,00   |
| S14     | 430,00   | 58,00    | 250,00   |
| S14'    | 2900,00  | 1400,00  | 880,00   |
| S15     | 60000,00 | 47200,00 | 16000,00 |
| S15'    | 60000,00 | 24400,00 | 16000,00 |
| S16     | 1310,00  | 520,00   | 550,00   |
| S16'    | 775,00   | 1400,00  | 180,00   |
| S17     | 60000,00 | 16800,00 | 14600,00 |
| S18     | 13000,00 | 1620,00  | 9700,00  |
| S19     | 1780,00  | 339,00   | 80,00    |
| S19'    | 180,00   | 228,00   | 268,00   |

Le tableau suivant présente les coordonnées des points-lignes, l'axe F1 et l'axe F2 en fonction des stations :

**Tableau IV.16** : Coordonnées des points-lignes

|      | F1     | F2     |
|------|--------|--------|
| S1   | -0,119 | 0,216  |
| S1'  | 0,188  | -0,487 |
| S2   | -0,124 | 0,215  |
| S2'  | 0,481  | -0,318 |
| S3   | 7,456  | 1,516  |
| S3'  | 0,130  | -0,545 |
| S4   | -0,182 | 0,352  |
| S4'  | 0,040  | -0,418 |
| S5   | 8,634  | 1,909  |
| S5'  | 0,358  | -0,489 |
| S6   | 7,153  | 1,528  |
| S6'  | 0,401  | -0,448 |
| S7   | 1,929  | 0,069  |
| S8   | 0,879  | -0,114 |
| S9   | 0,034  | -0,446 |
| S10  | 6,865  | 1,342  |
| S11  | 0,668  | -0,116 |
| S12  | 2,183  | 0,540  |
| S13  | 1,946  | -0,205 |
| S13' | 1,247  | 0,094  |
| S14  | 3,139  | 0,360  |
| S14' | 0,422  | 0,050  |
| S15  | -0,113 | 0,185  |
| S15' | -0,046 | -0,117 |
| S16  | 1,188  | 0,112  |
| S16' | 0,800  | 0,797  |
| S17  | -0,018 | -0,242 |
| S18  | 0,235  | -0,507 |
| S19  | 1,319  | 0,050  |
| S19' | 2,887  | 0,686  |



## 6.2 Discussion

Selon la **Figure IV. 43** :

Les axes I et II constituent 78.46 % de l'inertie totale du nuage de points, l'axe I indique la qualité bactériologique (charge bactérienne).

La représentation de ce plan met en évidence trois ensembles :

Un ensemble isolé, qui regroupe les stations (S3- S5- S6- S10) avec la variable Phéopigment (dégradation des pigments chlorophylliens). Ces stations se trouvent sur la partie positive de l'axe I, donc elles sont les moins polluées qui représentent une charge moins de bactéries.

Le deuxième ensemble qui se dégage, regroupe les stations (S7- S12- S13- S14- S19') avec les variables (Chlorophylle, MES, MOP, MIP, O<sub>2</sub>, pH, PO<sub>4</sub><sup>-3</sup>, la température, SO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), qui représentent une charge bactérienne plus important par rapport à l'ensemble isolé.

La chlorophylle peut être utilisé comme un indicateur de la biomasse algale (phytoplancton) donc engendrer le processus de photosynthèse, par conséquence la production d'oxygène (Donc le taux de saturation d'oxygène est en fonction de la quantité d'O<sub>2</sub> et la température de l'eau, plus il est élevé, plus la photosynthèse est important).

La matière en suspension montre des concentrations élevées due à la présence des sources de pollution importantes et à la faible profondeur des stations. Concernant les fraction organique et inorganique particulaire indique que lorsque les concentrations de la matière inorganique particulaire sont à leur maximum, les teneurs de la matière organique particulaire sont faibles, ces variations des teneurs de la matière organique particulaire sont dues à la production biologique essentiellement aux poussées phytoplanctoniques lorsque les conditions hydrologiques sont réunies. (Refes, 1994).

Les faibles concentrations en Silicate pourraient être dues à la consommation de ce sel par les diatomées (un élément important pour la croissance du phytoplancton).

Les concentrations des phosphates dues principalement à la dégradation de matière organique particulaire.

Origine de l'azote ammoniacal est principalement par le biais de l'excrétion zooplanctonique, et concernant nitrate pourrait être due à la minéralisation de matière organique.

Concernant les concentrations des ions nitrites dans les différentes stations sont relativement faibles, ces valeurs sont logiques car les ions nitrites sont les formes

intermédiaires entre l'ammonium et les nitrates, cette forme est transitoire donc elle ne persiste pas dans le milieu.

L'activité végétale et l'augmentation de la teneur en phytoplancton augmente la basicité du milieu aquatique.

Le troisième ensemble, qui rassemble le reste des stations avec la variable bactériologiques (CF-CT- SF), qui présente une charge bactériologique très important par rapport aux deux autres ensembles, Ce qui explique que ces stations dont la pollution est d'origine bactériologique (contamination fécale).

## ***CONCLUSION***

---

## CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les milieux côtiers, d'une part sont très riches en faune et en flore marine, et d'autre part, ils représentent l'interface des activités industrielles, économiques et touristiques, de la pêche, ainsi que la pression démographique. Par conséquent, ils sont confrontés à des pressions anthropiques croissantes et à de forts enjeux sanitaires.

L'objectif de notre projet est donc, d'étudier la vulnérabilité des eaux du littoral algérois (Ain Benian – Bab El Oued) aux pollutions de type physique, chimique et biologique.

L'analyse physico- chimique des eaux de surface a montré que les valeurs de la température n'indiquent pas une pollution car, cette dernière est influencée par la température de l'air au moment des sorties. Les valeurs de pH sont dans les normes nationales, concernant la salinité, elle reste dans les normes sauf pour la station (S18), elle est de 24.69 (PSU) à cause d'un apport excessive d'eau usée.

Le taux d'oxygène est très faible dans la plupart des stations, ceci est expliqué par une aération insuffisante dans ces stations qui est due à la morphologie des plages. Ces faibles teneurs en oxygène peuvent être aussi dues à leur utilisation par les bactéries provenant des eaux usées pour dégrader la MO et la nitrification de l'azote ammoniacal.

Pour les paramètres indicateurs de pollution. Les concentrations de MES sont très élevées dans les différentes stations, cela est dû à la faible profondeur des stations d'une part et, aux apports continentaux et les rejets industriels d'autre part. La MOP dépend de MES, les taux sont stables dans l'ensemble des stations à l'exception des stations (S13, S14, S15, S16, S18, S19), les taux dépassent 50% suite à la production par le phytoplancton pendant la photosynthèse en période printanière.

En ce qui concerne la chlorophylle *a*, ses concentrations varient en fonction des apports d'élément nutritif (apports terrigène/brassage) et la saison. On a enregistré une concentration plus élevée 6.65 µg/l au niveau de la station (S1) à cause de brassage des eaux.

Par rapport aux sels nutritifs, la variation de la concentration est gouvernée par les apports continentaux, l'agriculture et l'activité biologique soit, leur consommation par le phytoplancton ou leur régénération par les microorganismes. L' $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NO}_2^-$  présentent des teneurs très élevées dans certaines stations (S18, S15'...) à cause de la présence des rejets (apport d'eau usée) qui sont expliqués par la pression démographique. Pour l'ensemble des stations les concentrations de l' $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NO}_2^-$  sont inférieures à la norme.

Dans certaines stations (S1, S2, S9, S15, S18...) de la zone de Sidi Fredj et la zone de Ain Benian - Bab El Oued et, le taux des coliformes totaux et les coliformes fécaux ainsi que les streptocoques dépassent les valeurs impératives, ce explique la mauvaise qualité des eaux. Par rapport aux bactéries pathogènes (salmonelle), on a enregistré l'absence de cette bactérie.

A la vue des résultats obtenus par l'analyse multiparamétrique, les trois zones (Sidi Fredj, Ain Benian et Bab El Oued) se trouvent dans le même niveau de pollution. Cette analyse montre que l'origine de la pollution dans ces zones est bactériologique (contamination fécale). En revanche les stations (S3, S5, S6) de la zone de Sidi Fredj en période hivernale et la station (S10) dans la zone de Ain Benian sont les moins polluées. Par rapport au reste des stations de la zone de Bab el Oued et Sidi Fredj période printanière sont polluées. D'après tous ces résultats, on constate que les zones de Bab El Oued et Sidi Fredj sont plus polluées que la zone de Ain Benian.

A la lumière des résultats que nous avons obtenus certains aspects devraient être développés et approfondis :

- Ces résultats montrent la nécessité d'un traitement préalable des eaux usées brutes, un traitement biologique devrait être envisagé pour améliorer leur qualité selon les normes requises.
- Procéder à un suivi régulier des paramètres physico-chimiques et bactériologiques particulièrement des eaux des baignades.
- De mettre en place une réglementation nationale qui interdit tout rejet non traité et de suivre son application sur le terrain.
- L'installation des stations d'épuration au niveau des communes côtières même pour les communes de moins de 100000 habitants car la législation prévoit une station d'épuration pour les communes de plus 100000 habitants.

## ***BIBLIOGRAPHIE***

---

## BIBLIOGRAPHIE

**AMINOT A et CHAUSSEPIED M., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. *Ed. Centre National pour l'Exploitation des Océans, France* : 396 p.

**AMINOT A et KEROUEL R., 2004.** Hydrologie des écosystèmes marins paramètres et analyses. *Ed. Ifremer, France* : 336 p.

**AURELIE R., 2013.** Dynamique des matières en suspension minérales des eaux de surface de la Manche observée par satellite et modélisée numériquement. Océanographie physique. Sciences de la Terre. *Thèse de doctorat. Université de Bretagne Occidentale - Brest* : 175 p.

**BOULAHIDID M., 1987.** Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Géochimie fondamentale. *Thèse de doctorat. Université de Paris VII* : 251 p.

**BOURGEOIS C-M., 1990.** Microbiologie alimentaire : Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire. *Ed. Technique et documentation Lavrosier, Paris* : 422 p.

**COPIN-MONTEGUT G., 1996.** Chimie de l'eau de mer. *Ed. Institut Océanographique, Paris* : 319 p.

**CNERU., 2004.** Cadastre littoral Wilaya d'Alger. Phase I bilan-diagnostic. *Ed. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Alger* : 259 p.

**DELARRAS C., 2008.** Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyse ou de contrôle sanitaire. *Ed. Tec et Doc Lavoisier, France* : 476 p.

**Egis Eau/IAU-IDF/BRGM., 2012.** Etude sur la vulnérabilité et l'adaptation de la Wilaya d'Alger au changement climatique et aux risques naturels. Phase 1-Evaluation et représentation des sources de vulnérabilité. *Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, Alger* : 282 p.

**GAUJOUS D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aides mémoires. *Ed. Tec et Doc Lavoisier, Paris* : 220 p.

**GAUTHIER M et PIETRI C., 1998.** Devenir des bactéries et virus entériques en mer, microorganismes dans les écosystèmes océaniques. *Ed. Masson* : 447 p.

**GUIRAUD J-P., 2003.** Microbiologie Alimentaire. *Ed. DUNOD : RIA, DL, Paris* : 651 p

**HERBLAND A et LE LOEUFF P., 1993.** Environnement et ressources aquatiques de côte-d'Ivoire. *Ed. ORSTOM, France* : 210 p

**HOUMA-BACHARI F., 2009.** Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir d'image satellitaire. Science de l'univers et environnement. *Thèse de doctorat. Université de val Marne Paris XII* : 257 p.

**JACQUES G et TERGUER P., 1986.** Ecosystème pélagique marin. *Ed. Masson, Paris* : 243 p.

**JOFFIN C et JOFFIN J-N., 2010.** Microbiologie Alimentaire. *Ed. CRDP Aquitaine. Bordeaux* : 344 p.

**JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE., 1993.** Principaux critères de qualité des eaux de baignade. Extrait de l'annexe 1 du décret n° 93-164 du 10 juillet 1993.

**LECLERC H., GAILLAED J-I., SIMONET M., 1995.** Microbiologie générale : la bactérie et le monde bactérien. *Ed. Doin, Paris* : 535 p.

**Office National de l'Assainissement., 2014.** Etude d'impact environnemental et social du projet d'exécution de système d'évacuation des eaux épurées de la station d'épuration Choutrana vers la mer. *Ed. gerep-environnement, Tunisie* : 150 p.

**OMS., 1979.** Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. *Ed. Bureau régional de l'OMS pour l'Europe. Copenhague* : 168 p.

**OUDOT C., 1983.** La distribution des sels nutritifs ( NO<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, PO<sub>4</sub>, SIO<sub>4</sub>) dans l'océan atlantique intertropical oriental ( région du golfe de Guinée). *Ed. ORSTOM, France* : 248 p.

**RAMADE F., 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. *Ed. Ediscience International. Paris* : 690 p.

**REFES W., 1994.** Contribution à la connaissance de la population de *Ruditapes decussatus* (Linnaeus, 1758) du Lac Mellah (El Kala, Algérie) : Ecologie, reproduction, dynamique de la population et exploitation. Ecologie marine. *Mémoire de Magister, ISMAL., Alger* : 168 p.

**Revue maritime trimestrielle., 1982.** Revue maritime. Convention des Nations unies sur le droit de la mer dite de Montégo Bay (1982). *Institut Français de la Mer.* 151 p.

**RODIER J., BAZIN C., CHAMBON P., BROUTIN J-P., CHAMPSAUD H., RODI L., 1996).** Analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. *Ed. DUNOD, Paris* : 1983 p.

**RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., 2009.** L'analyse de l'eau. *Ed. DUNOD. Paris* : 794 p.

**TERBECHÉ, M., 2006.** Tendances de la contamination bactériologique et métallique chez la crevette rouge *Aristeus antennatus* (RISSE, 1816) exploitée dans la baie d'Oran. Pollution marine. *Mémoire de Magister, Université Oran (ES-Senia).*, Oran : 114 p.

✓ **Référence web**

**CUCHERAT M., 2009.** (Page consultée le 29 Mai 2017). Interprétation des essais cliniques pour la pratique médicale : Intervalle de confiance. [En ligne]. Adresse URL : [https://www.spc.univ-lyon1.fr/polycop/intervalle de confiance.html](https://www.spc.univ-lyon1.fr/polycop/intervalle%20de%20confiance.html).

**DAVID A., 2012.** (Page consultée le 6 Mai 2017). Actu environnement : Dictionnaire environnement. [En ligne]. Adresse URL : [https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire.../production primaire.php4](https://www.actuenvironnement.com/ae/dictionnaire.../production%20primaire.php4).

**Institut national de la statistique et des études économiques., 2016.** (Page consultée le 29 Mai 2017). Définitions, méthodes et qualité : Moyenne. [En ligne]. Adresse URL : <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1970.html>.

**MOHAMED MOUNIR., 2013.** (Page consultée le 5 Juin 2017). La galerie API 20E pour l'identification des entérobactéries. [En ligne]. Adresse URL : <https://www.youtube.com/watch?v=ZfOmzilSPew.html>.

**RAMOUSSE R., LE BERRE M., LE GUELTE L., 1996.** (Page consultée le 29 Mai 2017). Introduction aux statistiques : L'analyse factorielle des correspondances. [En ligne]. Adresse URL : <https://www.cons-dev.org/elearning/stat/multivarie/6-5/6-5.html>.

**THIBAUT.** (Page consultée le 29 Mai 2017). Analyse de données : Calcul de l'écart-type et de la variance. [En ligne]. Adresse URL : <https://www.analyse-donnees.fr/calcul-ecrt-type-variance/>

**VILLERS J., SQUILBIN M., YOURASSOWSKY C., 2005.** (Page consultée le 13 Avril 2017). Qualité physico-chimique des eaux de surface. [En ligne]. Adresse URL : [http://www.document.environnement.brussels/opac\\_css/electfile/Eau%20202](http://www.document.environnement.brussels/opac_css/electfile/Eau%20202).

# ***ANNEXES***

---

## ANNEXES

### ANNEXE I

#### **Conditionnement des portes filtres**

- ✓ Laver et rincer les portes filtres avec de l'eau de robinet.
- ✓ Tremper les portes filtres dans l'eau acidulée à 10% pendant 1h.
- ✓ Rincer trois fois avec de l'eau distillée.
- ✓ Laisser sécher à 50 °C pendant 24 h avant utilisation.

#### **Préparation des filtres**

- ✓ Mettre les filtres sur un papier d'aluminium au four à moufle à 450 °C pendant 1h pour éliminer toute trace de matière organique
- ✓ Mettre les filtres dans le dessiccateur pendant 1h avant la pesée.

### ANNEXE II

#### **Les sels nutritifs**

#### **Préparation des Réactifs**

##### **1. Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

- **Réactif 1 : Solution de phénol – nitroprussite**

#### **Produits chimiques exigés**

- ✓ Phénol .....65g
- ✓ Nitroprussiate ..... 1.5g

#### **Préparation**

- ✓ Dissoudre 65 g de phénol dans un 800 ml d'eau distillée, ensuite ajouter 1.5 g de nitroprussiate de sodium et compléter à 1000 ml.
- ✓ Ce réactif doit être conservé au réfrigérateur et à l'abri de la lumière, il n'est stable que quelques semaines et doit être renouvelé s'il prend teinte verdâtre.

- **Solution alcaline complexante**

**Produits chimiques exigés**

- ✓ Citrate trisodique .....375g
- ✓ Soude.....30g

**Préparation**

- ✓ Dissoudre 375 g de citrate trisodique et 30 g de soude dans 800 ml d'eau distillée et ensuite compléter jusqu'à 1000 ml.
- ✓ Cette solution est stable plusieurs mois à température ambiante dans un flacon en plastique.

- **Réactif 2 : Solution complexante au chlore**

**Produits chimiques exigés**

- ✓ Dichloroisocyanurate de sodium .... 8g

**Préparation**

- ✓ A la solution complexante, on ajoute 8 g de dichloroisocyanurate de sodium par litre.
- ✓ Conservée au réfrigérateur, cette solution est utilisable qu'une semaine.

- **Solution étalon primaire d'ammonium**

**Produits chimiques exigés**

- ✓ Sulfate d'ammonium .....0,661g

**Préparation**

- ✓ Sécher 1h à 105 °c du sulfate d'ammonium de pureté analytique et en dissoudre 0.661g dans un 1000 ml de l'eau distillée.
- ✓ 1 ml de solution étalon contient 10 µmole d'ammonium.
- ✓ Cette solution est stable une année à température ambiante et à l'abri de la lumière.

**Solution étalon secondaire d'ammonium**

- ✓ Diluer 20 fois la solution étalon primaire de sulfate d'ammonium soit 50 ml de la solution mère dans 1000 ml d'eau distillée.
- ✓ 1 ml de la solution secondaire contient 0,5 µmole d'ammonium.
- ✓ Cette solution est stable une journée.

## 2. Nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

- **Réactif 1 : Solution de Sulfanilamide**

### Produits chimiques exigés

- ✓ Acide chlorhydrique concentré .... 100 ml
- ✓ Sulfanilamide .....10g

### Préparation

- ✓ 100 ml d'acide chlorhydrique concentré dans 500 ml d'eau distillée.
- ✓ Dissoudre 10g de sulfanilamide dans cette solution, et compléter à 1 litre avec de l'eau distillée.
- ✓ Cette solution est stable plusieurs mois à l'abri de la lumière.

- **Réactif 2 : Solution de N-Naphtyl-éthylène diamine**

### Produits chimiques exigés

- ✓ Dichlorohydrate de N-(1-naphtyl)- éthylène diamine.....1g

### Préparation

- ✓ Dissoudre 1g de dichlorohydrate de N-(1-naphtyl)-éthylène diamine dans un 1 litre d'eau distillée.
- ✓ Conserver cette solution au froid et à l'abri de la lumière. La renouveler tous les mois ou dès qu'il s'y développe une coloration brune.

- **Solution étalon primaire de nitrite**

### Produits chimiques exigés

Nitrite de sodium.....0,345g

### Préparation

- ✓ Sécher à 100 °c pendant 1 heure du nitrite de sodium, peser 0.345g et dissoudre dans l'eau distillée jusqu'à 1 litre.
- ✓ 1 ml contient 5 µmole de nitrite.
- ✓ Conserver à l'abri de la lumière et à température ambiante, cette solution est stable plusieurs mois.

- **Solution étalon secondaire de nitrite**

- ✓ Diluer 100 fois la solution étalon primaire pour obtenir la solution secondaire pour obtenir la solution secondaire soit 1 ml d'étalon primaire dans 100 ml d'eau distillée.

- ✓ 1 ml contient 0,05  $\mu\text{mole}$  de  $\text{N-NO}_2^-$ .
- ✓ Cette solution doit être préparée extemporanément : elle ne se conserve que quelques heures.

### 3. Nitrate ( $\text{NO}_3^-$ )

- **Solution de chlorure d'ammonium 4,5 mol/l**

#### Produits chimiques exigés

- ✓ Chlorure d'ammonium.....240g

#### Préparation

- ✓ Dissoudre 240g de chlorure d'ammonium ( $M=53.5$  g/mole) dans 1 litre d'eau distillée.
- ✓ Cette solution se conserve indéfiniment à température ambiante.

- **Solution d'hydroxyde de sodium à 0.43 mol/l**

#### Produits chimiques exigés

- ✓ Hydroxyde de sodium.....17g

#### Préparation

- ✓ 17g d'hydroxyde de sodium ( $M= 40$ g/mole) dans 1 litre d'eau distillée.
- ✓ Cette solution se conserve indéfiniment en flacon en plastique à température ambiante.

- **Solution tampon pH=8,5**

#### Produits chimiques exigés

- ✓ Solution chlorure d'ammonium...10 ml
- ✓ Solution hydroxyde de sodium...10 ml

#### Préparation

- ✓ Dans 500ml d'eau distillée, ajouter 10ml de solution chlorure d'ammonium puis 10 ml de solution d'hydroxyde de sodium et mélanger.
- ✓ Conserver dans un flacon hermétiquement bouché (vapeur d'ammoniac).

#### Remarque :

Concernant les réactifs 1 et 2 c'est la même préparation dans nitrite.

#### 4. Phosphore ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

- Acide sulfurique 2,9 mol/l

##### Produits exigés

- ✓ Acide Sulfurique .....160ml

##### Préparation

- ✓ d'eau distillée.
- ✓ Cette solution se conserve indéfiniment.

- Réactif 1 : Solution d'acide ascorbique

##### Produits chimiques exigés

- ✓ Acide ascorbique.....5g.
- ✓ Acide sulfurique.....100ml.

##### Préparation

- ✓ Dissoudre 5g acide ascorbique dans un 100 ml acide sulfurique 2,9 mol/l.
- ✓ Cette solution est stable quelques semaines au réfrigérateur.

- Réactif 2 : Solution acide de molybdène et d'antimoine

##### Produits chimiques exigés

- ✓ Molybdène d'ammonium.....13g
- ✓ Acide sulfurique.....450ml
- ✓ Oxytartrate d'antimoine...0,3g

##### Préparation

- ✓ Dissoudre 13g de molybdène d'ammonium dans 450 ml d'acide sulfurique 2,9 mol/l
- ✓ Dissoudre 0,3g oxytartrate d'antimoine dans 50 ml d'eau distillée et l'ajouter à la solution de molybdène d'ammonium.
- ✓ Cette solution est stable quelques mois à température ambiante.

- Solution étalon concentrée de phosphate à 5000  $\mu\text{mol/l}$

##### Produits chimiques exigés

- ✓ Dihydrogénophosphate de potassium.....0,6805g.

##### Préparation

- ✓ Sécher du dihydrogénophosphate de potassium à 105 °c pendant 1 heure.

- ✓ Dissoudre 0,6805g pour 1000ml de l'eau distillée
- ✓ Transférer la solution dans un flacon en verre ou en plastique.
- ✓ 1ml contient 5  $\mu$ mole de phosphate.
- ✓ Cette solution se conserve plus d'un année à un température ambiante et à l'abri de la lumière.

- **Solution étalon diluée de phosphate à 50  $\mu$ mol/l**

- ✓ Diluer 100 fois la solution étalon concentrée soit 1 ml de la solution mère dans 100 ml d'eau distillée.
- ✓ 1 ml contient 0.05  $\mu$ mole de phosphate.
- ✓ Cette solution se conserve quelques jours au réfrigérateur.

## 5. Silicate ( $\text{SiO}_2$ )

- **Acide sulfurique à 4,5 mol/l**

### Produits chimiques exigés

- ✓ Acide sulfurique.....250 ml.

### Préparation

- ✓ Ajouter 250 ml d'acide sulfurique (1,84 Kg/l ; 98,2 g/mol ; 18 mol/l) dans 750 ml d'eau distillée.
- ✓ Cette solution se conserve indéfiniment en flacon de plastique.

- **Réactif 1 : Solution acide de molybdate**

### Produits chimiques exigés

- ✓ Molybdate d'ammonium.....60g.
- ✓ Acide sulfurique.....200ml.

### Préparation

- ✓ Dissoudre 60g de molybdate d'ammonium pour analyse dans 400 ml d'eau distillée.
- ✓ Ajouter lentement la totalité de la solution de molybdate à 200 ml d'acide sulfurique 4,54 mol/l (ne pas diluer l'acide dans la solution de molybdate).
- ✓ Cette solution est stable plusieurs mois à température ambiante dans un flacon de plastique et à l'abri de la lumière.

- **Réactif 2 : Solution d'acide oxalique**

### Produits chimiques exigés

Acide oxalique.....10g.

### **Préparation**

- ✓ Dissoudre 10g d'acide oxalique dans 100 ml d'eau distillée.
- ✓ Cette solution est stable indéfiniment à température ambiante et se conserve dans un flacon en plastique.

- **Réactif 3 : Solution d'acide ascorbique**

### **Produits chimiques exigés**

- ✓ Acide ascorbique.....2,8 g.

### **Préparation**

- ✓ Agiter 2,8 g d'acide ascorbique pour analyse dans 100 ml d'eau distillée, laisser décanter et prendre le surnageant.
- ✓ Cette solution se conserve au réfrigérateur plusieurs semaines.

- **Solution étalon de silicate à 5000  $\mu\text{mol/l}$**

- ✓ Sécher l'hexafluorosilicate de sodium à 105 °c pendant 1 Heure, à partir de ce moment en dissoudre 0.9403g dans un litre d'eau distillée.
- ✓ Chaque 1 ml contient 5 mol/l de silicate.

Cette solution se conserve plusieurs année à température ambiante et à l'abri de la lumière.

### ANNEX III

#### 1. La composition des milieux cultures utilisés dans cette analyse :

##### a. Les coliformes totaux et fécaux

#### Géloses lactosées au TTC et Tergitol (RODIER *et al.*, 2009)

|                     |          |
|---------------------|----------|
| extrait de viande   | 5 g/l    |
| Peptone             | 10 g/l   |
| extrait de levure   | 6 g/l    |
| Lactose             | 20 g/l   |
| bleu de bromothymol | 0,05 g/l |
| Agar                | 20 g/l   |

Le pH à 7,2, stérilisation pendant 20 min à 120 °C à l'autoclave.

##### b. Les streptocoques fécaux

#### Milieu de Slanetz et Bartley (RODIER *et al.*, 2009)

|   |         |
|---|---------|
| Peptone   | 20 g/l  |
| extrait de levure   | 5 g/l   |
| Glucose   | 2 g/l   |
| monohydrogénophosphate de potassium                             | 4 g/l   |
| azide de sodium   | 0,4 g/l |
| Aga   | 10 g/l  |
| solution de chlorure de 2,3,5 triphényltétrazolium (TTC) à 1 %. | 10 ml/l |

Le pH à 7,2.

### Milieu BEA (Bile Esculine Agar)(RODIER *et al.*, 2009)

|  |          |
|--|----------|
| <b>Tryptone</b>                          | 17 g/l   |
| <b>peptone</b>                           | 3 g/l    |
| <b>extrait de levure</b>                 | 5 g/l    |
| <b>bile déshydratée de bœuf</b>          | 10 g/l   |
| <b>NaCl</b>                              | 5 g/l    |
| <b>citrate de sodium</b>                 | 1 g/l    |
| <b>esculine</b>                          | 1 g/l    |
| <b>citrate de fer ammoniacal</b>         | 0,5 g/l  |
| <b>azide de sodium (NaN<sub>3</sub>)</b> | 0,25 g/l |
| <b>gélose</b>                            | 15 g/l   |

Le pH à  $7.1 \pm 0.1$ , stérilisation pendant 15 min à 120 °C à l'autoclave.

#### c. Les Salmonelles

### Bouillon au sélénite de sodium (SFB)(RODIER *et al.*, 2009)

|                                 |         |
|---------------------------------|---------|
| <b>Peptone de viande</b>        | 5 g/l   |
| <b>Lactose</b>                  | 4 g/l   |
| <b>Sélénite de sodium</b>       | 4 g/l   |
| <b>Phosphate dipotassique</b>   | 3.5 g/l |
| <b>Phosphate monopotassique</b> | 6.5 g/l |

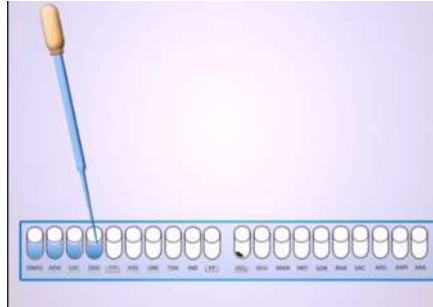
### Gélose *Salmonella-Shigella*(SS) (RODIER *et al.*, 2009)

|  |           |
|--|-----------|
| <b>peptone pancréatique de caséine</b> | 10 g/l    |
| <b>extrait de viande</b>               | 5 g/l     |
| <b>Lactose</b>                         | 10 g/l    |
| <b>sels biliaires</b>                  | 6 g/l     |
| <b>citrate de sodium</b>               | 8,5 g/l   |
| <b>citrate de fer ammoniacal</b>       | 1 g/l     |
| <b>thiosulfate de sodium</b>           | 8.5 g/l   |
| <b>rouge neutre</b>                    | 25 mg/l   |
| <b>vert brillant</b>                   | 0.33 mg/l |

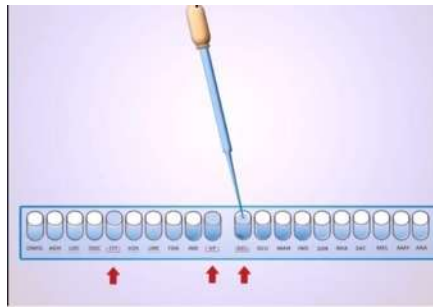
## 2. Galerie API 20E

### ➤ Le mode opératoire(MOHAMED MOUNIR., 2013) :

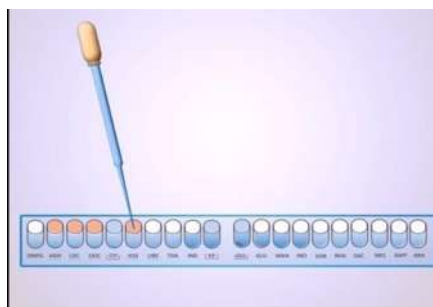
- ✓ Préparer 5 ml d'eau distillée stérile dans un tube à essai.
- ✓ Flamber l'anse de platine avec le Bec-Bunzen
- ✓ Prendre avec l'anse de platine une ou deux colonies
- ✓ Mélanger bien la suspension bactérienne
- ✓ Introduire la suspension dans chaque tube de la galerie



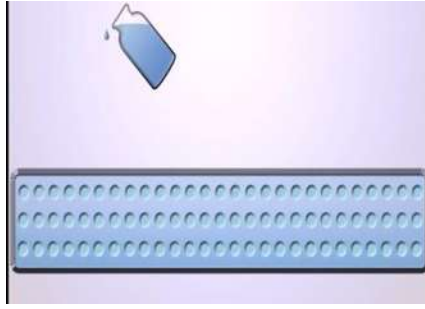
- ✓ Pour **CIT, VP, GEL**, il faut remplir le microtube et la cupule



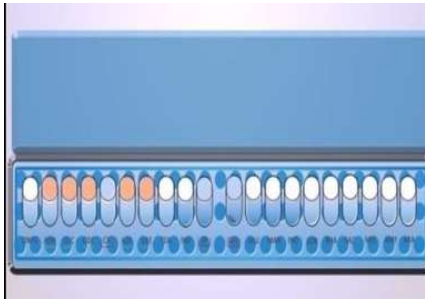
- ✓ Pour **ADH, LDC, ODC, H2S, URE**, il faut remplir la cupule par l'huile de paraffine pour créer l'anaérobiose



- ✓ Remplir le support par l'eau distillée pour créer une chambre humide



- ✓ Poser la galerie dans le support et mettre le couvercle.



- ✓ Incuber à 37 °C pendant 24h.

## ANNEX IV

**Tableau 17 :Principaux critères de qualité des eaux debaignade(Extrait de l'annexe 1 du décret n° 93-164 du 10 juillet 1993)**

| Paramètres                   | Unités                  | Valeurs guide | Valeur impérative   |
|------------------------------|-------------------------|---------------|---|
| <b>Microbiologiques</b>      |                         |               |   |
| Coliformes totaux            | /100 ml                 | 500           | 10 000  |
| Escherichia coli / 100 ml    | /100 ml                 | 100           | 2 000   |
| Streptocoques fécaux/ 100 ml | /100 ml                 | 100           | -   |
| Salmonelles                  | 1 L                     | -             | 0   |
| Vibron cholérique            | /450 ml                 | -             | 0   |
| <b>PHYSICO-CHIMIQUES</b>     |                         |               |   |
| Coloration                   | mg/l                    | -             | Pas de changement anormal de la couleur   |
| Huiles minérales             | mg/l                    | -             | Pas de film visible à la surface de l'eau et absence d'odeur                      |
| pH                           | -                       | -             | 6-8   |
| Oxygène dissous              | % saturation en oxygène | -             | 80-120  |
| Transparence                 | Mètre                   | 2             | -   |
| Autres Substances            | -                       | -             | Ne doit pas contenir de substances susceptibles de nuire à la santé des baigneurs |

1. Les concentrations inférieures ou égales aux valeurs guides indiquent une eau de bonne qualité.
2. Les eaux dont les concentrations sont comprises entre les valeurs guides et les valeurs limites sont de qualité acceptable et doivent faire l'objet d'une surveillance continue.

**Tableau 18 :Norme NT106.02 (Office National de l'Assainissement, 2014)**

| Paramètres  | Expression des résultats                | Domaine public maritime  |
|---|---|--|
| <b>Température mesure au moment de prélèvement</b>      | En degrés Celsius (°C)                  | La température de rejet ne doit pas dépasser 35 °C   |
| <b>pH</b>   |   | 6.5 < pH < 8.5   |
| <b>Matière en suspension (MES)</b>                      | mg/l                                    | 30   |
| <b>Matières décantables</b>                             | mg/l après 2 h                          | 0.3  |
| <b>Demande chimique en oxygène : (DCO)</b>              | mg O <sub>2</sub> /l                    | 90 sur un échantillon moyen de 24 h (pour la mer à l'exclusion des zones de baignade et aquaculture) |
| <b>Demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>)</b> | mg O <sub>2</sub> /l en moyenne de 24 h | 30   |
| <b>Chlorure : Cl</b>                                    | mg/l                                    | Sans exigence  |
| <b>Chlore actif Cl<sub>2</sub></b>                      | mg Cl <sub>2</sub> /l                   | 0.05   |
| <b>Bioxyde de chlore : ClO<sub>2</sub></b>              | mg/l                                    | 0.05   |
| <b>Sulfate : SO<sub>4</sub></b>                         | mg/l                                    | 1000   |
| <b>Magnésium : Mg</b>                                   | mg/l                                    | 2000   |
| <b>Potassium : k</b>                                    | mg/l                                    | 1000   |
| <b>Sodium : Na</b>                                      | mg/l                                    | Sans exigence  |
| <b>Calcium : Ca</b>                                     | mg/l                                    | Sans exigence  |
| <b>Aluminium : Al</b>                                   | mg/l                                    | 5  |
| <b>Couleur</b>  | mg/l échelle au platine cobalt          | 100  |
| <b>Sulfure : S</b>                                      | mg/l                                    | 2  |
| <b>Fluorure dissous : F</b>                             | mg/l                                    | 5  |
| <b>Nitrate : NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>             | mg/l                                    | 90   |
| <b>Nitrite : NO<sub>2</sub><sup>-</sup></b>             | mg/l                                    | 5  |
| <b>Azote organique et ammoniacal</b>                    | mg/l                                    | 30   |
| <b>PO<sub>4</sub> ou P total</b>                        | mg/l                                    | 0.1  |

# **Qualité physico-chimique et bactériologique des eaux littorales Ain Benian - Bab El Oued (wilaya d'Alger)**

## **Résumé**

L'intensité des activités humaine (activité économique, tourisme, pêche, industrie ...), la pression démographique et l'inconscience des populations sur les milieux littoraux ont contribué à rendre ces milieux, la faune et la flore marines plus sensibles et provoquent la dégradation de la qualité des eaux.

Cette étude porte sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux du littoral est Ain Benian –Bab El Oued et une zone de Sidi Fredj, dont l'objectif d'étudier la vulnérabilité de ces zones face à la pollution de type physique, chimique et biologique.

L'étude physico-chimique a permis la mesure in situ de la température, l'oxygène dissous, la salinité et le pH. L'analyse de matière en suspension (MES), matière organique particulaire (MOP), matière inorganique particulaire (MIP), la chlorophylle et phéopigment a et les sels nutritifs (nitrate, nitrite, ammonium, phosphate et silicate). L'étude bactériologique, a concerné les germes indicateurs d'une contamination fécale (coliforme fécaux, totaux et streptocoque fécaux) et les bactéries pathogènes qui accompagnent ces germes (salmonelle).

L'analyse physico-chimique a montré que les résultats obtenus de la mesure in situ de l'oxygène dissous sont inférieurs à la norme nationale donc une sous saturation en oxygène. Les concentrations des sels nutritifs (nitrate et l'ammonium) sont importantes mais, elles sont inférieures à la norme.

En ce qui concerne l'analyse bactériologique, la majorité des stations de la zone de Sidi Fredj et la zone de Bab El Oued ont des taux élevés en germes indicateurs d'une contamination fécale (supérieurs à la valeur impérative), par rapport à la zone de Ain Benian, Absence de bactéries pathogènes (salmonelle) dans les stations analysées.

L'analyse multiparamétrique a mis en évidence que l'origine de la pollution dans les trois zones (Ain Benian, Bab El Oued et Sidi Fredj) est bactériologique, et elles ont le même niveau de pollution.

D'après les résultats obtenus de l'analyse physico-chimique et bactériologique de ces trois zones, la zone de Ain Benian est moins polluée que la zone de Bab El Oued et la zone de Sidi Fredj sont les plus polluées.

**Mots clés :** Qualité physico-chimique, bactériologique, les eaux littorales Ain Benian-Bab El Oued.

## **Physical-chemical and bacteriological quality of coastal waters Ain Benian - Bab El Oued (Wilaya of Algiers)**

### **Abstract**

The intensity of human activities (economic activity, tourism, fishing, industry ...), demographic pressure and the unconsciousness of the populations on the littoral environments have contributed to making these environments, the marine fauna and flora more sensitive and cause a degradation of the quality of the waters.

This study focuses on the evaluation of the physico-chemical quality and bacteriological of the waters of the littoral zone is Ain Benian -Bab El Oued and an area of Sidi Fredj, whose objective to study the vulnerability of these areas in the face of the pollution of type physical, chemical, and biological.

The physico-chemical study has allowed the in situ measurement of the temperature, dissolved oxygen, salinity and pH. The analysis of material in suspension (MIS), particulate organic matter (POM), inorganic matter Particulate (IMP), chlorophyll and phéopigment has and the nutrient salts (nitrate, nitrite, ammonium, phosphate and silicate). The bacteriological study, has concerned the germs indicators of fecal contamination (fecal coliform, Total and fecal streptococci) and pathogenic bacteria that accompany these germs (Salmonella).

The physicochemical analysis has shown that the results obtained from the in situ measurement of dissolved oxygen are lower than the national standard therefore a under oxygen saturation. The concentrations of nutrient salts (nitrate and ammonium) are important, but they are less than the standard.

As regards the bacteriological analysis, the majority of the stations of the area of Sidi Fredj and area of Bab el Oued have high rates in germs indicators of fecal contamination (above the value imperative), compared to the area of Ain Benian, absence of pathogenic bacteria (Salmonella) in the Stations Analyzed.

The Multiparametric analysis has highlighted that the origin of the pollution in the three areas (Ain Benian, Bab El Oued and Sidi Fredj) is bacteriological, and they have the same level of pollution.

According to the results obtained from the analysis physico-chemical and bacteriological of these three areas, the area of Ain Benian is less polluted that the area of Bab el Oued and the area of Sidi Fredj are the more polluted.

**Key words:** physico-chemical quality, bacteriological, the coastal waters Ain Benian-Bab El Oued.

## الحالة الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية للمياه الساحلية عين البنيان – باب الواد (ولاية الجزائر)

### ملخص

إن كثافة الأنشطة البشرية (الاقتصادية، السياحية، الصيد البحري...)، بالإضافة إلى الانفجار الديموغرافي وعدم وعي سكان المناطق الساحلية، ساهمت في جعل هذه المناطق وما تحويه من نباتات وحيوانات بحرية أكثر تحسسا والتي كانت سببا في تدهور نوعية المياه.

تقتصر هذه الدراسة على تقييم الحالة الفيزيوكيميائية و البكتريولوجية للمياه الساحلية عين البنيان – باب الواد و منطقة سيدي فرج، و التي تهدف إلى الإحاطة بكيفية تعرض هذه المناطق للتلوث الفيزيائي، الكيميائي و البيولوجي.

تقتضي الدراسة الفيزيوكيميائية بقياس درجة الحرارة، الأكسجين المنحل، درجة الملوحة، عامل الحموضة. أضيف على ذلك تحاليل المواد العالقة بالماء، جسيمات المواد العضوية وجسيمات المواد اللاعضوية، اليخضور و Phéopigment والاملاح المغذية (النترات، النيتريت، الامونيوم، الفوسفات و السيليكات). أما بالنسبة للدراسة البكتريولوجية فإنها تتعلق بالجراثيم الدالة على التلوث البرازي (coliforme fécaux، totaux و streptocoques fécaux) و البكتيريا المسببة للأمراض التي تصاحب هذه الجراثيم (السالمونيلا).

أبرزت تحاليل الفيزيوكيميائية أن نتائج المتحصل عليها من قياس الأكسجين المنحل في الماء اقل من المعيار الوطني و عليه نستنتج عدم تشبع مناطق الدراسة بالأكسجين. أما بالنسبة إلى تركيز الأملاح المغذية (الامونيوم و النترات) مهمة لكنها تبقى دائما تحت المستوى.

فيما يخص تحاليل البكتريولوجية فان غالبية مواقع في سيدي فرج و منطقة باب الواد لديهم مستويات عالية من الكائنات الحية ذات مؤشر التلوث البرازي ( تتجاوز القيمة حتمية) مقارنة بمنطقة عين البنيان، ومع غياب تام للبكتريا المسببة للأمراض (السالمونيلا) في مختلف مناطق تحليلها.

اظهر تحليل متعددة العوامل أن مصدر التلوث في المناطق الثلاثة ( عين البنيان ، باب الواد، سيدي فرج) هو تلوث بكتريولوجي بحيث لديهم نفس المستوى من التلوث.

وفقا للنتائج المتحصل عليها من التحليل الفيزيوكيميائي و البكتريولوجي في المناطق الثلاثة، منطقة عين البنيان اقل تلوثا من منطقة باب الواد و سيدي فرج.

**الكلمات المفتاحية:** الحالة الفيزيوكيميائية، بكتريولوجية، المياه الساحلية عين البنيان، باب الواد.