

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة سعد دحلب البلدية

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA



FACULTE DE SCIENCES DE L'INGENIEUR  
DEPARTEMENT DE CHIMIE INDUSTRIELLE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE  
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME De  
Master

OPTION : PROCES DE TRAITEMENT DES EFFLUENTS ET  
PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

THEME

*Contrôle physico-chimique et  
bactériologique des eaux côtières de la  
baie de Bou-Ismaïl*

Présenté par :

Melle. Sadi Sadi Zahia

Encadré par:

Mr. BADIS A, MCA (USDB) .....Promoteur  
Melle MOKRANE Z, (Attachée de recherche (CNRDPA) Co-Promotrice

2010-2011

# REMERCEMENTS

*En premier lieu, nous remercierons Dieu « الله » pour sa Clémence et Qui nous a donné le Courage, la Volonté et la Santé pour réaliser ce modeste travail.*

*J'adresse mes plus sincères remerciements à mon Promoteur Mr Badis d'avoir accepté de m'encadrer pour la réalisation de ce mémoire et de proposer ce sujet d'une valeur scientifique. Je tiens également à remercier très chaleureusement ma CO-promotrice Mokrane pour sa patience, ses encouragements, son aide, son soutien moral et ses judicieux conseils qui m'ont permis de mener à bien ce présent travail.*

*Mes vifs remerciements sont adressés aussi à tous les Membres du Jury et qui m'ont honorée en évaluant ce mémoire.*

*A l'ensemble de l'équipe de CNRDPA : Pour votre conseils et gentillesse.*

*Je tiens aussi vivement à remercier sincèrement tous les enseignants de département de chimie industrielle en l'honneur de les rencontrer et d'être parmi eux pendant mes études.*

*A tous les stagiaires qui y sont passés au cours de mon séjour : Nabila, Soumia et Kamel : pour votre contribution précieuse à ce travail, votre sympathie et votre solidarité à mon égard. Que Dieu préserve l'entente et la compréhension qui ont toujours existé entre nous !*

*A mes camarades de promotion, pour tout ce que nous avons partagé, échangé ensemble ces cinq petites années. Que Dieu nous réserve de très belles surprises dans notre vie.*

*A toutes les personnes de bonne volonté qui ont contribué à l'amélioration de ce travail surtout Yasmina et Faiza : pour toute l'affection et la tendresse que vous avez manifestée à mon égard.*

# Dédicace

---

*Tout en remerciant Dieu de m'avoir donné la santé et le courage de finir ce travail, je dédie le fruit de ce dernier à :*

*Mes très chères parents que Dieu me les garde :*

- *le bijou de ma vie MAMAN pour sa gentillesse son affection, sa douceur et Surtouts ces encouragements.*
- *Mon cher PAPA que j'adore pour son encouragement sa patience, son aide continue sur le long chemin de mes études et son soutien financier.*
- *A la lumière de mon chemin mes sœurs, neveux et nièces : vos soutiens sans réserve et vos encouragements m'ont permis d'affronter beaucoup d'épreuves.*
- *A tous mes cousins et cousines.*
- *A mes chères amies et sœurs : nawila , yasmine , f.zohra , zineb, khadija , naceira*
- *A toute mes copines de la cité 5*
- *A tous ceux qui mon aidés à réaliser ce modeste travail surtout kadèr et djamel*
- *A tous ceux qui mon enseignée de 1995 à 2011.*

## Résumé

Notre étude est une contribution à l'évaluation du degré de pollution de la baie de Bou-Ismaïl ; d'une part à travers des résultats des analyses physico-chimiques et bactériologiques des eaux de mer prélevées au niveau de quatre stations. D'autre part, c'est un examen complémentaire qui consiste à rassembler des données pour mener une étude rétrospective.

D'après les résultats obtenus, nous avons constaté que la baie de Bou-Ismaïl est une zone peu contaminée. Les résultats microbiologiques confirment que ceux-ci sont conformes aux normes.

**Mots clés :** eau de mer, qualité, pollution, paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

## Summary

Our study is a contribution to the evaluation of pollution degree of the Bou-Ismaïl bay; on the one hand, through results of the sea water physico-chemical and bacteriological analyses taken on the level of four stations; in addition it is a complementary study consists in gathering data to undertake a retrospective study.

According to the obtained results; it is considered that the bay of Bou-Ismaïl is a little contaminated zone. The microbiological and physico-chemical results confirm that this one are in conformity with the standards.

**Key words:** sea water, quality, pollution, physico-chemical and bacteriological parameters.

## ملخص

تعتبر دراستنا مساهمة في تقييم درجة التلوث في حوض بواسماعيل، وذلك عن طريق نتائج التحاليل الميكروبيولوجية و الفيزيوكيماوية لمياه البحر التي تم جمعها في أربع محطات من جهة , ومن جهة أخرى , تعتبر دراسة تكميلية من خلال جمع المعطيات لإجراء دراسة بأثر رجعي.

و انطلاقا من النتائج المحصل عليها استطعنا أن نصنف حوض بواسماعيل كمنطقة قليلة التلوث والنتائج الفيزيوكيماوية و الميكروبيولوجية أثبتت أن هذه الأخيرة مطابقا للمعايير.

**الكلمات المفتاحية :** البحر, نوعية المياه, والتلوث. التحاليل الفيزيوكيماوية و الميكروبيولوجية.



# Bibliographie

# Annexes

# Annexe I

# Annexe II

# Annexe III

# Annexe VII

# Annexe v

# Annexe IV



# Annexe VIII

# Annexe VIII

# Listes des figures et des tableaux

# Annexe VI

## **Introduction générale**

Pollution, Environnement, et Ecologie sont des termes relativement récents de notre vocabulaire (**Afnor, 2003**). Ils font aujourd'hui grand bruit sur le développement des activités humaines, depuis le début de l'ère industrielle, qui s'est traduit, pour la biosphère, par un accroissement et une diversification des pollutions. L'homme en investissant de plus en plus le milieu marin contribue au déséquilibre de ce milieu.

Cependant, les 1400 km de la côte algérienne sont exposées à d'énormes risques : la pression démographique, où la majorité de la population est située près des côtes, et la croissance des zones urbaines, qui est associée à une expansion rapide de l'industrie et du tourisme et à une exploitation évasée des ressources marines. Cela a suscité une inquiétude généralisée à l'échelle planétaire concernant le développement durable de ces espaces et leurs ressources naturelles. Donc, l'augmentation de la pollution des milieux aquatiques est une menace pour l'équilibre future de la planète et le bien être de nos espèces vivantes (**Hnatiuc, 2002**).

La connaissance de la qualité des milieux littoraux et marins constitue l'une des orientations majeures des scientifiques en matière de protection et de gestion de milieux aquatiques (**Joanny M, 1997**).

S'étendant sur 149,23 km<sup>2</sup>, la baie de Bou-Ismaïl recèle des ressources inestimables en poissons et mollusques, ainsi qu'une activité aquacole non négligeable, dont la qualité nous impose un suivi et une meilleure maîtrise des conditions de production.

Devant cet état de fait, et dans le but d'adresser un état des lieux sur la pollution chimique et microbiologique des eaux de mer, des programmes de recherche et de surveillance ont été mis en place par le Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture « CNRDPA » en appuyant sur l'analyse des paramètres environnementaux (physico-chimiques et biologiques) et le dosage des polluants susceptibles d'apporter une information intégrée sur l'état de l'écosystème aquatique.

L'objectif de ce travail est de faire un constat sur le degré de la pollution des eaux côtières de la baie de Bou-Ismaïl, d'une part, à travers des analyses de l'eau de mer prélevée au niveau de quelques stations (étude prospective), et d'autre part en procédant à une étude rétrospective d'une durée de quatre mois.

A cet effet, le présent document est constitué de trois chapitres :

Le **Chapitre I** est réservé à quelques généralités sur la pollution marine et les différents paramètres du contrôle de qualité des eaux de mer, ainsi une présentation géographique de la baie de Bou-Ismaïl.

Le **chapitre II** est consacré au matériel et méthodes en développant les différentes techniques de prélèvement et d'analyses effectués au niveau du laboratoire (paramètres physicochimiques et bactériologiques).

Dans le **Chapitre III**, nous avons traité les résultats des analyses effectuées et établit des corrélations entre les différents éléments par une synthèse générale qui nous permettra alors de conclure sur l'état et le degré de contamination dans la baie de Bou-Ismaïl.

Enfin, ce travail est clôturé par une conclusion générale reprenant les observations les plus importantes et quelques perspectives pour la surveillance continue de la qualité des eaux.

## Chapitre I Généralités sur le milieu marin

### I.1 Rôle et intérêt des mers

La mer, représente 70% de la surface du globe dit terrestre. Son volume est de 1300 millions de Km<sup>3</sup>, un de ses principaux rôles est météorologique :

- Régulation de la température (inertie thermique),
- Echanges atmosphériques (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>), lutte contre l'effet de serre, origine des précipitations (évaporation).

Les principales utilisations par l'homme sont : la pêche, les transports maritimes, le tourisme. Des activités nouvelles semblent se développer comme l'aquaculture et l'exploitation des ressources minières profondes (**Gaujous, 1995**).

### I.2 Constituants majeurs de l'eau de mer

L'eau de mer est composée d'eau et de sels, ainsi que de diverses substances en faible quantité. Si plus des deux tiers (2/3) des 94 éléments chimiques naturels sont présents dans l'eau de mer, la plupart sont en faible quantité et difficilement décelables. C'est-à-dire 96.5 % d'eau pure et de 3.5 % de substances diverses.

Les deux principaux éléments sont : Na<sup>+</sup> et Cl<sup>-</sup>, qui en s'associant forment le chlorure de sodium ou le sel marin.

L'ensemble des espèces chimiques figurant dans le Tableau 1 constitue plus de 99.99% de la masse totale des substances dissoutes dans l'eau de mer (**Gerard Coping-montégut 1996**).

**Tableau 1** : Concentration des principales espèces présentes dans une eau de mer

Espèces chimiques	Concentrations ( g/kg)	Concentration (Mol / kg)
H <sub>2</sub> O	964.85	53.56
Na <sup>+</sup>	10.77	0.4685
Mg <sup>+</sup>	1.29	0.05308
Ca <sup>2+</sup>	0.4121	0.01028
K <sup>+</sup>	0.399	0.01021
Sr <sup>2+</sup>	0.0079	0.00009
B total	0.0045	0.00042
Cl <sup>-</sup>	19.354	0.54591
So <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	2.712	0.02823
Hco <sub>3</sub> <sup>-</sup> + Co <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	0.118-0.146	0.00194-0.0024
Br <sup>-</sup>	0.0673	0.000842
F <sup>-</sup>	0.0013	0.00007

### I.3 Analyse de l'eau de mer

L'analyse de l'eau de mer doit répondre à deux questions, étroitement liées, mais dont l'importance varie suivant la nature des problèmes posés. La première question concerne la connaissance de la composition exacte de l'eau de mer, la nature et la concentration de ses différents constituants normaux, éléments majeurs et éléments à l'état de traces dont la présence et la répartition sont relativement homogènes dans les mers. La deuxième question, d'ordre plus pratique et dont l'importance s'accroît de jour en jour, concerne la mise en évidence de nouveaux éléments ou composés pouvant sembler étrangers au milieu marin et surtout des modifications de la composition normale de l'eau liées en grande partie à l'activité humaine. Toute la difficulté de l'interprétation de l'analyse réside précisément dans cette appréciation critique des variations des concentrations des constituants habituels ou considérés comme anormaux et plus particulièrement de celle des éléments à l'état de traces (**Rodier J, 2005**).

### I.4 Prélèvement d'un échantillon de l'eau de mer

Selon Rodier (2005), l'échantillonnage à partir de l'eau de mer pour l'étude physico-chimique et bactériologie est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté; il conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. L'échantillon doit être homogène, représentatif et obtenu sans modifier les caractéristiques physicochimiques de l'eau (gaz dissous, matières en suspension, etc.). Étant donné que dans la plupart des cas le responsable du prélèvement n'est pas l'analyste, il convient que le préleveur ait une connaissance précise des conditions du prélèvement et de son importance pour la qualité des résultats analytiques. Globalement, il est donc nécessaire de mettre en place une organisation structurée, de disposer d'un personnel qualifié, de développer une méthodologie adaptée à chaque cas, de procéder à un choix judicieux des points de prélèvement et d'utiliser le matériel convenable. De toute façon, les résultats de l'analyse ne seront exploitables que si le prélèvement a un caractère représentatif. En outre, s'il est bien évident qu'un prélèvement correct est indispensable à l'obtention de résultats analytiques significatifs, il est tout aussi important de connaître le devenir de l'échantillon entre le prélèvement et l'arrivée au laboratoire.

### I.5 Paramètres de contrôle de qualité de l'eau de mer

Les eaux marines possèdent un ensemble de caractéristiques physico-chimiques relativement stables dont les principaux paramètres sont : la température, la salinité, l'oxygène dissous et le pH. La présence d'organismes vivants végétaux et animaux se traduit par des caractéristiques hydrobiologiques telles que les éléments nutritifs : Azote, phosphore, matière en suspension, chlorophylle, carbone organique dissous et particulaire (**Joanny M; Belin C; Miossec I; Paul berthom j; Grouhel A; Raffin B, 1993**).



Ces facteurs deviennent des marqueurs importants de l'influence continentale dans le cas des mélanges des eaux de mer avec les eaux continentales (estuaire, voisinage de la côte) (**Joanny, 1997**).

Les êtres vivants dans l'eau peuvent aussi jouer un rôle dans les phénomènes de pollution :

- soit parce qu'ils sont pathogènes (bactéries, virus, ...) ou indésirables (pollution d'algue ...);
- soit parce qu'ils contribuent au phénomène de pollution ;
- soit parce que leur disparition est elle même une altération du milieu (perte pour la pêche...).

Au-delà de ces rôles directes, les êtres vivants peuvent plus généralement être considérés comme des indicateurs de niveau de pollution (bio indicateurs) (**Gaujous, 1995**).

### I.5.1 Paramètres physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques font appel à des techniques d'analyses très variées fondées sur les propriétés intrinsèques des molécules ou des atomes recherchés (spectrométrie, chromatographie, etc), ou encore sur leur aptitude à réagir avec des réactifs particuliers (dosages complexométriques ou d'oxydoréductions, etc) (**Gevernier, 2002**).

#### a)- Paramètres physiques

- **Température** : La température est un important paramètre physique de l'environnement puisqu'elle contrôle en partie la solubilité des gaz, la densité, la viscosité et d'autre part elle conditionne les activités métaboliques au niveau cellulaire. C'est aussi un facteur indispensable pour le métabolisme végétal et animal car elle joue un rôle dans la solubilité des gaz et la dissociation des sels, donc sur la détermination de la conductivité électrique et du *pH*. C'est une mesure quantitative concernant la chaleur. Elle permet également de corriger les paramètres d'analyse dont les valeurs sont liées à la température (conductivité notamment). De plus, en mettant en évidence des contrastes de température de l'eau sur un milieu, il est possible d'obtenir des indications sur l'origine et l'écoulement de l'eau (**Rodier, 2005**).

- **pH** : Le potentiel hydrogène ou concentrations en ions hydrogènes d'une eau est l'expression de son acidité ou de son alcalinité. Selon Gaujous (1995), le *pH* normal de l'eau de mer varie de 8.2 à 8.3, il est principalement fixé par la présence des carbonates  $\text{CO}_2\text{-HCO}_3^-$   $\text{CO}_3^{2-}$ . La modification des concentrations en  $\text{CO}_2$  par respiration, photosynthèse, échange air-océan ou par précipitation en  $\text{CO}_3^{2-}$  entraînera une modification du *pH* (**Billard, 2005**). Il augmente en présence d'une forte activité photosynthétique ; En milieu côtier, certains rejets industriels ou apports d'eaux continentales sont la cause de variation de *pH*, il peut constituer dans ce cas un indice de pollution (**Billard, 2005**).

- **Oxygène dissous** : C'est le plus important des gaz en ce qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques.

Les teneurs en oxygène dissous sont exprimées en mg. L<sup>-1</sup>, ou ml. L<sup>-1</sup>.

La concentration en oxygène dissous est la résultante des facteurs physiques, chimique et biologiques suivantes :

- Utilisation dans les phénomènes de photo-oxydation.
- Utilisation par les organismes aquatiques par la respiration.
- Diffusion et mélange au sein de la masse d'eau.
- Echanges à interface air-océan.
- utilisation dans des réactions d'oxydation chimique **Aminot A, Guillard J-F et Kérouel R, 1997**).

- **Salinité** : La salinité (S‰) est définie conventionnellement comme la masse en gramme des composés séchés solides à poids constant à 480 °C, obtenue à partir d'1Kg d'eau de mer (**Rodier, 1996**). Elle indique la teneur d'un milieu en sels, permet de connaître la circulation des eaux et d'identifier les masses d'eaux d'origine différentes (**Mahdaoui et Elbey, 2010**). Il n'existe pas une seule mais plusieurs définitions de la salinité : une définition purement théorique et plusieurs définitions pratiques, liées aux méthodes de mesure (**Coping - montégut, 1995**). La salinité est une propriété de l'eau de mer qui est fondamentale à l'étude du milieu marin, elle correspond à la teneur en sels dissous (**Aminot et Kéroul, 2007**).

#### **b)- Paramètres chimiques (les sels nutritifs)**

Les sels nutritifs sont des éléments indispensables à la synthèse autotrophe des matières organiques. Dans la productivité primaire des mers, la carence est un facteur limitant pour le développement des végétaux planctoniques (**Mahdaoui et Elbey, 2010**).

- **Nitrates** : Les nitrates ont pour principale origine le lessivage des terres agricoles et la dégradation (*in situ*) de la matière organique. L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution. Sa concentration varie très largement puisque c'est une substance nutritive. Les nitrates stimulent la flore aquatique en présence d'autres éléments indispensables et donc augmente la productivité des cours d'eau. Ils sont dosés par la méthode colorimétrique (mg/l) (**Aminot et Kroul, 2007**).
- **Phosphates** : Le phosphate est un élément nutritif dont la forme minérale majoritaire est les orthophosphates, cet élément est essentiel à la vie aquatique. Dans l'eau de mer, les orthophosphates sont présents essentiellement sous les deux formes  $\text{Po}_4^{3-}$  (10%) et  $\text{HPo}_4^{2-}$  (90 %). Le  $\text{H}_2\text{Po}_4^-$  représente moins de 7% (**Aminot et Chaussepied, 1983**). Les ions phosphores sont dosés par la méthode colorimétrique (mg/l) (**Aminot et Kéroul, 2007**). Ils ne sont pas toxiques vis-à-vis des poissons (**Gaujous, 1995**). Les fortes concentrations des ions phosphores représentent un indice d'un enrichissement d'origine domestique et agricole et sont considérés comme à l'origine du phénomène d'eutrophisation.

- **Nitrites** : Dans le cycle de l'azote, les ions nitrites sont des intermédiaires relativement fugaces entre l'azote ammoniacal et les ions nitrates. Ils sont dosés par la méthode colorimétrique (mg/l) (**Marchand et Kanthan, 1996**). Les nitrites sont très toxiques en raison de leur pouvoir oxydant. Sa concentration dans l'eau de mer varie de 0 à 50 µg/l (**Aminot et Chaussepied, 1983**).
- **Azote ammoniacal** : Dans l'eau, l'azote réduit et soluble se retrouve sous deux formes : la forme dissociée appelée l'ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et la forme non dissociée appelée ammoniacque ( $\text{NH}_3$ ), cette forme est la plus toxique pour la vie aquatique car l'ammoniacque stimule les poussées planctoniques et sous forme de gaz il diffuse facilement à travers les membranes surtout en milieu alcalin (**Gaujous, 1995**). L'azote ammoniacal provient de l'excrétion animale et de la décomposition bactérienne des composées organiques azotés et oxydés par les bactéries nitrifiantes (**Aminot A, chaussepied M, 1983**).

### I .5.2 Indicateurs de qualité bactérienne

Les trois principaux groupes de bactéries, que l'on recherche sont : les coliformes totaux (CT) et fécaux (CF), germes témoins de contamination fécale récente, ainsi que les streptocoques fécaux, germes témoins de contamination fécale ancienne ; dont la présence peut traduire celle des véritables pathogènes (**Guiraud, 1998**).

On effectue aussi la recherche des bactéries d'origine entérique pathogènes pour l'homme : *Salmonella*.

- ≡ **Coliformes totaux** : Ce sont des bactéries qui vivent dans les intestins de l'homme et des animaux, bacilles à gram négatif non sporulés, oxydase négative, aérobies ou anaérobies facultatifs. Elles se présentent en forme bâtonnet et fermentent le lactose avec production d'acide et de gaz en 48h d'incubation à une température de 35 à 37 °C (+/- 0.5) (**Benmokhtare, 2000**).
- ≡ **Coliforme fécaux** : Ils possèdent les mêmes caractéristiques que les coliformes totaux mais leurs croissances s'effectuent à une température de 44 °C en présence des sels biliaires, caractère lié à leurs habitats (**Benmokhtare, 2001**). Il s'agit d'une entérobactérie lactose positif, gazogène, réalisant une fermentation d'acide mixte, elle produit de l'indole à partir du tryptophane à 44 °C. *E. coli* est considéré comme un hôte normal de la microflore digestive de l'homme et de nombreuses espèces animales (**Vernozy et Pierre Montet, 2005**). *E. coli* est l'espèce type du genre « Escherichia ». Appelée communément « colibacille », cette espèce qui a fait l'objet d'un très grand nombre d'études constitue le modèle des bacilles à Gram négatif aérobies (**Joly et Rynauld, 2004**).

- ≡ **Streptocoques fécaux** : Les streptocoques sont définis comme des cocci à Gram positif. Disposés, le plus souvent en chaînettes qui ont un métabolisme anaérobie, cependant la plupart des souches tolèrent l'oxygène et peuvent être cultivées *in vitro* en atmosphère aérobie. Sont exigeants en nombreux facteurs de croissance : le sang ajouté aux géloses permet leur multiplication *in vitro*. Cette multiplication (ou croissance) peut être favorisée par l'apport de CO<sub>2</sub> ou par une atmosphère anaérobie (**Benmokhtare, 2001**).
  
- ≡ **Salmonelles (germes hautement pathogènes)** : Ils font partie de la famille des entérobactériaceae, ce sont des bacilles à gram négatif, aéroanaérobie facultatif, mobiles grâce à une ciliature, non sporulés, oxydase négatif, dégradant les glucides par voie fermentaire. La classification et la nomenclature des salmonelles sont très complexes (**Trébaol et Delarras, 2003**).

## II. Pollution marine

Le problème des pollutions n'est pas un phénomène récent ou accidentel et on peut dire qu'il accompagne l'évolution de l'humanité car ses origines remontent aux époques protohistoriques.

### II.1 Définition :

C'est l'introduction directe ou indirecte, par l'homme de substances dans le milieu marin (y compris les estuaires) lorsqu'elle a des effets nuisibles tels que le dommage des ressources biologiques, risques pour la santé humaine, entrave aux activités maritimes y compris la pêche, altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation, et dégradation des valeurs d'agrément (**Glossary of Environment Statistics, 1997**).

### II.2 Origine de la pollution

Suivant l'origine des substances polluantes, on distinguera :

- **Pollution domestique** : Provenant des habitations, elle est en général véhiculée par le réseau d'assainissement jusqu'à la station d'épuration. La pollution domestique se caractérise par :

- Des germes fécaux ;
- De fortes teneurs en matières organiques ;
- Des sels minéraux (azote, phosphore) ;
- Des détergents.

- **Pollution industrielle** : Provenant des usines, elle est caractérisée par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau. Tous les produits ou sous produits de l'activité humaine se trouvent ainsi dans l'eau qui est un bon solvant :

- Hydrocarbures (Raffineries) ;
- Matière organique et graisses ;

- Métaux (traitement des surfaces, métallurgie) ;
  - Acides, bases produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries) ;
  - Eau chaude (circuits de refroidissement des centrales thermiques) ;
  - Matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).
- **Pollution agricole** : Provenant des fermes ou des cultures, elle se caractérise par :
- De fortes teneurs en sels minéraux (azote, phosphore, potassium) provenant :
    - o Des engrais,
    - o Des purins et lisiers (élevages) ;
  - La présence de produits chimiques de traitement (pesticides, herbicides ...).
- **Phénomènes naturels** : Certains auteurs considèrent que divers phénomènes naturels sont aussi à l'origine de la pollution (par exemple, une éruption volcanique, un épanchement sous-marin d'hydrocarbure, le contact avec des filons géologiques (métaux, arsenic).

### II.3 Principales pollutions marines

- **Pollution des fonds côtiers** : Au niveau des émissaires d'égout notamment, une altération des fonds côtiers, principalement marquée par :
  - L'envasement, avec de fortes teneurs en matières organiques et métaux lourds ;
  - La disparition de la faune benthique ou sa limitation à quelques espèces résistantes (*Capitella capitata*) ;
  - La disparition des herbiers (Posidonies), limitant ainsi les zones de reproduction des poissons.
- **Eutrophisation du littoral** : Les apports fertilisants terrigènes, notamment les produits azotés provenant de l'agriculture et de l'élevage, sont sans doute en cause. Les conséquences en sont avant tout esthétiques (« marées vertes » ayant un indice sur le tourisme), parfois sanitaire. L'enrichissement contrôlé de zones marines peut au contraire être un atout (aquaculture).
- **Pollution pétrolière** : On distingue les pollutions accidentelles (marées noires) et les polluants chroniques (nettoyage des cuves, opérations portuaires ...).

Les effets écologiques les plus visibles concernent les oiseaux. L'incidence sur la pêche est sensible :

- Pour des problèmes de gout de poisson ;
- Pour des problèmes d'aspect dont l'origine pourrait être une synergie entre hydrocarbures et les micropolluants.

Le gêne esthétique (goudron sur les plages) est considérable.

- **Pollution bactérienne** : C'est le problème le plus important du point de vue économique et sanitaire, et il porte :
  - Sur la pollution des plages (de l'eau et du sable) : l'incidence sur les maladies de la peau.
  - Sur la contamination des élevages (conchyliculture) (**Gaujous, 1995**).

#### II.4 Conséquences de la pollution

Les conséquences de la pollution peuvent être classées en trois catégories principales :

- **Conséquences sanitaires** : Les conséquences sanitaires sont celles à prendre en compte en priorité. Elles peuvent être liées à l'ingestion d'eau et de poissons, mais aussi au simple contact avec le milieu aquatique (cas de nombreux parasites).

A noter qu'il ne s'agit pas toujours de problèmes de toxicité immédiats, les conséquences sanitaires pouvant intervenir au travers des phénomènes complexes (le cas de cation au mercure, à MINAMATA au JAPON).

La conséquence sanitaire d'une pollution est variable dans le temps en fonction de l'usage de l'eau.

- **Conséquences écologiques** : Les conséquences écologiques se mesurent en comparant l'état du milieu pollué par rapport à ce qu'il aurait été sans pollution. D'une manière générale, ces conséquences sont à considérer au travers de la réduction des potentialités d'exploitation du milieu (pêche, aquaculture, tourisme, ...) à court et à long termes. Dans certains cas la conservation du milieu à l'état naturel peut être choisi comme objectif (notion réserve : exemple Antarctique).
- **Conséquences esthétiques** : Il s'agit de pollution n'ayant pas de conséquences sanitaires ou écologiques importantes, mais perturbant l'image d'un milieu (par exemple, des bouteilles plastiques ou du goudron rejetés sur une plage) (**Gaujous, 1995**).

La gravité des différentes pollutions qui peuvent affecter un milieu marin dépend :

- du type de pollution
- un milieu récepteur (ouvert, fermé ou semi-fermé)
- de la nature et la réactivité de la substance polluante (**Gaujous, 1995**).

#### II.5 Lutte contre la pollution

##### a)- Moyens de prévention :

- **Traitements des eaux usées** : Les traitements des eaux usées avant leur rejet en mer doit se faire au niveau de toutes les agglomérations du littoral, mais aussi au niveau des agglomérations riveraines des fleuves et enfin au niveau des implantations industrielles dites « grands pollueurs » qui doivent épurer leur effluents.

➤ **Education sanitaire :** L'éducation sanitaire est nécessaire. Elle doit être estivale vis-à-vis des vacanciers, visant à informer les parents des jeunes enfants qui sont les plus fréquemment victimes des infections observées sur les littoraux pollués, mais aussi visant à mettre en garde contre la pêche et le ramassage de coquillage en zone dangereuse. Elle doit influencer sur les habitudes alimentaires et culinaires à risque : consommation de poisson cru, méfiance à l'égard des gisements naturels de mollusque.

**b) - Moyens de lutte contre les nuisances :**

En matière de pollutions, de nombreuses conventions régionales ont été signées pour des mers particulièrement menacées (convention de Barcelone et protocole d'Athènes sur la Méditerranée). D'autres accords portent sur des types de pollution spécifique, comme la convention de Londres (1972) sur les rejets d'hydrocarbures. Les conférences des Nations Unies de Genève (1958, 1960) et la convention de Montego (**Athènes, 2005**).

### III. Présentation de la zone d'étude

#### III.1 Situation géographique de la baie de Bou-Ismaïl

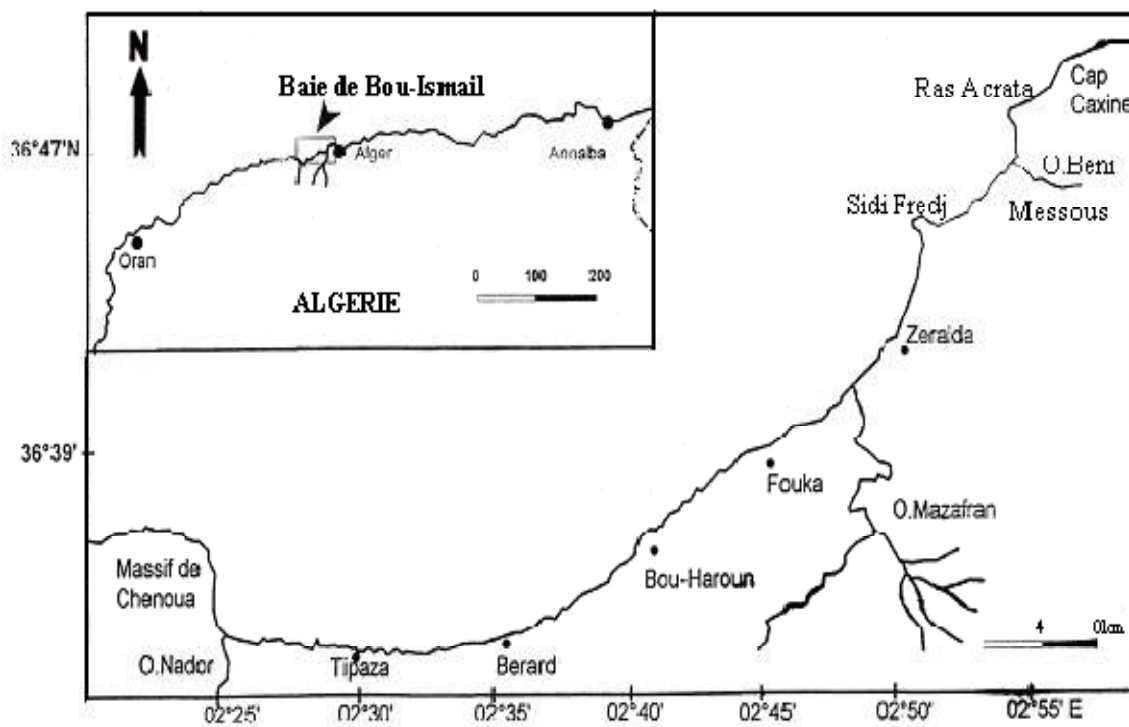
La baie de Bou-Ismaïl est située dans la partie Nord-Est de la Wilaya de Tipaza entre le massif de Chenoua à l'Ouest et le Piémont de Zeralda à l'Est. Elle s'étend sur une superficie de 149.23 Km<sup>2</sup>. Elle est délimitée au Nord par la mer Méditerranée, au sud par les communes : Koléa, Chaïba, Hattatba, Sidi Rached, Hadjout et Nador (Voir carte, Figure 1).

Du fait de sa proximité de la mer Méditerranée, la baie se caractérise par un climat subhumide, un hiver humide et un été chaud et sec. Les moyennes de température varient entre 33 °C pour les mois chauds de l'été et 18 °C pour les mois froids.

Le facteur climatique influe directement sur les ressources hydrauliques, la couverture végétale et la population humaine :

➤ Les ressources hydrauliques superficielles (Oueds) : Oued Mazafran considéré comme le plus grand et le plus important oued dans la wilaya de Tipaza présentant un apport de 369,80 hm<sup>3</sup>. Ainsi que Oued Nador qui présente un apport de 43,30 hm<sup>3</sup>.

➤ Les ressources hydrauliques souterraines : les puis et les forages.



**Figure 1 :** Situation géographique de la baie de Bou-Ismaïl (Données cartographiques©2011 Google).

### III.2 Sources de pollution dans la baie de Bou-Ismaïl :

La baie de Bou-Ismaïl est caractérisée par une agriculture bien développée et plus fertile utilisant des pesticides polluants. Les rejets domestiques et les complexes touristiques, plus les nombreuses unités industrielles, tous ces rejets sont directement évacués dans le milieu marin sans aucun traitement préalable (Voir Figure2).





**Figure 2 :** Pollution par les rejets industriels, urbains et les huiles au niveau de la baie de Bou-Ismaïl. Au niveau de Khemisti (A : les huiles, B : déchets solides). Au niveau de Bouharoun (C : Déversement d'un collecteur d'eau usée, D : déchets solides). (Potos originales, 2011).

## Chapitre II : Matériels et méthodes

Cette partie est réservée à la description de la méthodologie adoptée qui s'articule autour de deux aspects : physico-chimique et microbiologique.

Le matériel utilisé pour effectuer les analyses physico-chimiques et bactériologiques est mentionné dans l'annexe I.

### II.1 Echantillonnage et localisation des stations étudiées

#### II.1.1 Caractéristiques et localisation des stations :

Dans le but d'adresser un état des lieux sur la pollution des eaux côtières de la baie de Bou-Ismaïl nous avons tenté de couvrir cette dernière par des prélèvements mensuels de trois stations : Khemisti (A), Ain Tagourait « Birard » (B) et Bouharoun (C). Environs d'un (01) échantillonnage par semaine a été réalisé pendant notre période de stage allant du mois de mars au mois de Juin (2011). Le choix des stations est basé sur des études ultérieures effectuées par le CNRDPA. D'une manière représentative de la qualité de l'eau de la zone d'étude nous avons pris deux types d'eau : Port de pêche et site conchylicole.

Les données géographiques des stations ont été obtenues à l'aide d'un appareil GPS (Photo en annexe I) et qui sont affichées dans le tableau suivant et sont comparées avec celles d'une station de référence (Gouraya).

**Tableau 2** : Caractéristiques et localisation des stations de prélèvements.

N° de la Station	Site	Caractéristique du site	Latitude	Longitude
A	Khemisti	Présence d'un Port de pêche	N36°38'10.99"	E 2°40'8.41"
B	Birrard	Présence d'un Site conchylicole	N 36°37'43.81"	E 2°39'33.19"
C	Bouharoun	Présence d'un Port de pêche	N36°36'31.77"	E 2°36'58.65"
D	Gouraya	Site naturel (référence)	N 36°34'34.12"	E 1°55'1.48"



Figure 3: Localisation des stations de prélèvements. (Source : Google earth).



Figure 4: Stations de prélèvements. (Source : original 2011)

### II.1.2 Echantillonnage

Les échantillons d'eau de mer ont été récoltés à partir de chaque station et à un seul niveau de profondeur (à 50 cm de surface). Le prélèvement a été réalisé avec des bouteilles et flacons selon le protocole suivant :

- Remplir en totalité un flacon de 250 ml stérile qui sera destiné à la bactériologie. Fermer immédiatement sous l'eau pour éviter toute contamination microbienne.
- Remplir en totalité une bouteille de 1 litre qui sera destinée aux analyses physico-chimiques.

Indiquer sur une fiche les informations suivantes : Date du prélèvement, conditions météorologiques (vent, sens du courant de surface), lieu exact du prélèvement (position GPS) et le numéro de code de l'échantillonnage.

### II.1.3 Transport et conservation des échantillons

Les échantillons de l'eau de mer sont transportés dans un coffret isotherme (glacière) dont la température ne dépasse pas +4 °C. A l'arrivée au laboratoire du CNRDPA (photo dans l'annexe I), les échantillons sont analysés immédiatement afin de minimiser les modifications des caractéristiques des échantillons.

## II.2 Méthodes d'analyses

### II.2.1 Analyses physico-chimiques

Les analyses qui ont été réalisées concernant les paramètres physico-chimiques des stations étudiées à savoir : température, salinité, pH, oxygène dissous sont fixés *in situ* à l'aide d'un multi paramètre de terrain de type MPS 556 P5 (photo dans l'annexe I). Pour les sels nutritifs (nitrates, nitrites, azote ammoniacale et phosphore), les dosages ont été effectués au laboratoire physico-chimie du CNRDPA en appliquant la méthode « Spectrophotométrie d'absorption moléculaire » pour la détermination de l'absorbance.

#### # Dosage de l'azote ammoniacal

**Méthode appliquée :** Méthode de Koreleff (1969) selon Aminot *et al* ; (1983).

Principe: La méthode décrite mesure la totalité de l'azote ammoniacal soit  $N-NH_3 + N-NH_4$ .

#### Mode opératoire :

- préparer le mélange réactif (R1 et R2) (voir Annexe II).
- Prendre 100 ml d'échantillon directement dans le flacon.
- Ajouter 3 ml du réactif R1, boucher et agiter pour bien homogénéiser.
- Ajouter sans attendre 3 ml du réactif R2.
- Boucher agiter à nouveau.

- Placer immédiatement à l'abri de la lumière pendant 6 à 8 h (ou mieux pendant une nuit).
  - Mesurer l'absorbance à 630 nm en cuves de 10 cm de trajet optique.
- La coloration reste stable pendant plusieurs jours à l'abri de la lumière.

### # Dosage des nitrites

**Méthode appliquée :** La méthode fondée sur la réaction de Griess adaptée à l'eau de mer.

Principe: Le composé coloré final (rose) est obtenu par réaction du nitrite tout d'abord avec sulfanilamide (formation d'un diazoïque), puis avec le N-naphtyl-éthylènediamine (NED), en milieu acide (le pH doit être inférieur à 2) (Aminot et Kéroul, 2007).

#### Mode opératoire

- Préparer le mélange réactif (R1 et R2) ;(Annexe II).
- prendre  $50 \pm 1$  ml du d'échantillon.
- Ajouter 1 ml du réactif R1 et mélanger.
- Laisser reposer 2 à 8 min.
- Ajouter 1 ml du réactif R2 et mélanger à nouveau.
- Attendre au moins 10 min mais pas plus de 2 heures.
- Mesurer l'absorbance en cuve de 10 cm de trajet optique à la longueur d'onde de 543 nm, en prenant de l'eau distillée comme témoin.

### # Dosage de nitrates

**Méthode appliquée :** Méthode par réduction de cadmium (Aminot et Chaussepied, 1983).

Principe : Le dosage des ions  $\text{NO}_3^-$  après la réduction des nitrates par passage de l'échantillon de cadmium traitée au cuivre (la colonne réductrice)

#### Mode opératoire :

- préparer le mélange réactif (R1 et R2) ;(Annexe II).
- Préparer des échantillons des 100 ml d'eau à analyser.
- Ajouter 2 ml de chlorure d'ammonium concentré pour chaque solution.
- Faire passer chaque solution dans la colonne réductrice et récupérer un volume de 50 ml à partir de chaque solution.
- A chaque solution de 50 ml récupérée, on ajoute 1 ml de chlorure d'ammonium dilué.
- Appliquer la même méthode décrite pour les nitrites.
- Mesurer l'absorbance en cuve de 10 cm de trajet optique à une longueur d'onde de 543 nm.

### # Dosage des phosphates

**Méthode appliquée :** Méthode de Murphy et Riley, (1962) in Aminot et Chaussepied. (1983).

Principe : La méthode de Murphy Riley (1962) reste encore aujourd'hui une des plus rapides et des plus simples pour le dosage des ions orthophosphates en eau de mer. Les ions phosphates réagissent avec le molybdate d'ammonium, en présence d'antimoine (III), pour former un complexe que l'on réduit par l'acide ascorbique ; cette forme réduite, de coloration bleue, a un maximum d'absorption à 885 nm. Ce composé bleu contient le phosphore.

Mode opératoire :

- préparer le mélange réactif (R1 et R2) ; (Annexe II).
- préparer le mélange réactif.
- Mesurer 100 ml d'échantillon.
- Ajouter 10 +\_ 0,5 ml du mélange réactif et homogénéiser aussitôt
- Attendre 5 min et mesure l'absorbance à 885 nm en cuves de 10 cm de trajet optique, par rapport à l'eau distillée. Koroleff (1976) in Aminot et Chaussepeid (1983) conseille cependant d'effectuer la lecture moins d'une demi-heure et si possibles juste 5 min après l'addition des réactif pour supprimer totalement le risque d'interférences de certains ions.

**Préparation de mélange :**

- 100 ml de solution de molybdate d'ammonium.
- 250 ml d'acide sulfurique 205 mol/l.
- 100 ml de solution d'acide ascorbique.
- 50 ml de solution d'oxytatrate de potassium et d'antimoine.

## II.2.2 Méthodes d'analyse microbiologique

Le contrôle de routine est basé sur la recherche et dénombrement des streptocoques fécaux et des coliformes fécaux qui sont les meilleurs témoins de la contamination bactérienne avec identification de la bactérie *Escherichia coli*. Dans certaines conditions un contrôle bactériologique plus sévère est appliqué, il porte non seulement sur les coliformes fécaux mais aussi sur la recherche des salmonelles (Trébaol et al., 2003).

L'analyse de l'eau de mer se fait selon les étapes suivantes:

**# Préparation de l'échantillon et des dilutions :**

- Homogénéiser l'échantillon soit par aspiration et refoulements successifs à la pipette, ou par agitation vigoureuse du flacon bouché
- Préparation des dilutions à partir de l'échantillon homogénéisé au 1/10<sup>ème</sup>, en utilisant des tubes contenant 9 ml de l'eau physiologique.

**# Recherche et dénombrement des coliformes en milieu liquide de BCPL**

La technique en milieu liquide fait appel à deux tests consécutifs :

- Test de présomption, réservé à la recherche des coliformes totaux.

- Test de confirmation ou test de Mac Kenzie, ce test est basé sur la recherche des coliformes fécaux ou thermo tolérants parmi lesquels, on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli* à partir des tubes positifs du test de présomption ; (voir schémas en annexe III).

- **Test de présomption** : A partir de l'eau à analyser, porter aseptiquement : 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml du milieu BCPL (D/C) muni de cloche de Durham. 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml du milieu BCPL (S/C) muni de cloche de Durham. A partir de la dilution dans l'eau physiologie, 1 ml dans 5 tubes de BCPL(S/C).

Chasser le gaz présent éventuellement dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu.

Incubation : L'incubation se fait à l'étuve à 37°C pendant 48h

Lecture : Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux 1/10<sup>ème</sup> du volume de la cloche au moins
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu.

- **Test de confirmation** : Les tubes BCPL trouvés positifs lors du test de présomption feront l'objet d'un repiquage de 20 gouttes dans un tube contenant le milieu EPEI et 20 gouttes dans le milieu VBL muni de la cloche de Durham.

Incubation : elle se fait à 44 °C pour les tubes de VBL, et à 37 °C pour les tubes d'EPEI pendant 24h.

Lecture : sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement gazeux (1/10<sup>ème</sup> du volume de la cloche au moins)
- Un trouble microbien.

La présence d'*Escherichia coli* est mise en évidence après l'adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs, dans le milieu d'EPEI par la formation d'un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *E. coli*.

Les résultats sont exprimés par le nombre le plus probable de coliformes totaux, fécaux et d'*Escherichia coli* par 100 ml.

La lecture finale se fait selon les prescriptions de la table du NPP qui figure en annexe II.

## # Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux

Tout comme la méthode de recherche des coliformes en milieu liquide, celle de la recherche et dénombrement des streptocoques fécaux fait appel à deux tests consécutifs à savoir, un test de présomption où l'ensemencement se fait dans un milieu contenant une certaine quantité d'azide de sodium et un test de confirmation où les tubes positifs seront repiqués sur un

milieu nettement plus inhibiteur (plus forte concentration en azide de sodium et d'éthyle violet) ne laisse se développer que les streptocoques fécaux (Voir schéma en annexe III).

○ **Test de présomption**

- 10 ml dans 5 tubes contenant 10 ml du milieu Rothe (D/C)
- 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml du milieu Rothe (S/C).

A partir de la dilution dans l'eau physiologie porter aseptiquement 1 ml dans 5 tubes contenant 10 ml du milieu Roth (S/C), bien mélanger le milieu et l'inoculum.

Incubation : L'incubation se fait à l'étuve à 37°C pendant 48h.

Lecture : Sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien.
- Une pastille violette au fond de tube.

Ces tubes ne doivent en aucun cas faire l'objet de dénombrement. Ils doivent par contre faire l'objet d'un repiquage sur milieu EVA LITSKY pour confirmer la présence des streptocoques fécaux.

- **Test de confirmation** : Chaque tube de Rothe trouvé positif lors du test de présomption fera l'objet d'un repiquage de 6 gouttes à l'aide d'une pipette pas dans un tube contenant le milieu EVA LITSKY, bien mélangé le milieu et l'inoculum.

Incubation : elle se fait à 37°C pour les tubes, pendant 24h.

Lecture : sont considérés comme positifs les tubes présentant à la fois :

- Un trouble microbien.
- Une pastille blanchâtre ou violette au fond des tubes.

Les résultats sont exprimés par le nombre de germes dans 100 ml d'eau.

## # Recherche des salmonelles par filtration

La recherche de Salmonella par filtration est une méthode rapide, simple, normalisée mais nécessitant la disponibilité d'une rampe de filtration (photo en annexe I).

- Tout d'abord, il faudrait stériliser un entonnoir à l'aide d'un bec bunsen.
- Le refroidir soit avec l'eau à analyser ou bien avec de l'eau distillée stérile.
- Mettre en place de façon aseptique une membrane de 0,45 µ entre la membrane poreuse et l'entonnoir à l'aide d'une pince stérile.
- Fixer ce dernier avec la pince correspondante.



- Remplir de façon aseptique l'entonnoir avec 500 ml d'eau à analyser, comme le montre le schéma dans l'annexe (III).
- Actionner la pompe à vide pour permettre le passage de l'eau à travers la membrane.
- Continuer à remplir l'entonnoir jusqu'à 5 litres d'eau à analyser selon les dernières recommandations de l'OMS s'il n'y a pas de colmatage des pores de la membrane.
- Retirer ensuite la membrane à l'aide d'une pince stérile et la placer dans un flacon contenant du bouillon Sélénite D/C, qu'on incube à 37°C pendant 18 à 24 heures.
- Le lendemain, procéder à un isolement sur gélose Hektoen qui sera incubée à 37°C pendant 24 heures.
- Le lendemain repérer les colonies caractéristiques puis procéder à une identification biochimique.

### III. Etude de la variation spatiale

La spatialisation des valeurs mesurées sur le terrain facilite en effet le suivi environnemental de la qualité des eaux et les interventions sur le milieu, ainsi d'établir la relation spatiale entre les différents paramètres mesurés. Un système peut communiquer avec les logiciels de traitement et de cartographie par import et export des données. Parmi ceux-ci, les outils d'aide à la décision les plus utilisés le **Système d'Information Géographique (SIG)**.

#### III.1 Système d'information géographique (SIG)

L'image est calée en utilisant une carte géographique de la ville de Bou-Ismaïl et le logiciel MAP INFO. Au moment de l'échantillonnage, des photos sont prises pour les régions étudiées. En utilisant le même logiciel, à chaque point d'échantillonnage lui a été affecté ses coordonnées géographiques (étapes en en annexe VII).

- **Le calage** : « Caler » une image signifie entrer des coordonnées géographiques dans une projection définie et indiquer quelques points de l'image correspondante à ces coordonnées, il est indispensable de caler chaque image raster avant de l'utiliser dans la base de donnée surtout si on utilise l'image avec des données vectorielles. Les informations du calage sont stockées dans le fichier « tab » (Voir les étapes suivies pour caler une image en annexe VII). Pour un meilleur calage de la carte, il faut obtenir la plus petite valeur de l'erreur afin d'éviter un mauvais alignement de l'image raster avec les couches vectorielles superposées.
- **Résultat** : on a aboutit à une carte de coordonnées géographique connu, Une fois les images sont calées, elles sont prêtes pour toutes manipulation. Parmi ces manipulations, on s'intéresse à l'analyse thématique.

## IV Traitement statistique

### IV.1 Analyse exploratoire des données

Le but de cette analyse est d'apprécier la distribution des données dans l'espace, d'appréhender leur degré d'homogénéité, de rechercher et de visualiser les observations. Ainsi que pour étudier l'évolution temporelle des paramètres mesurés dans la baie. Dans le présent travail nous allons parcourir brièvement la plus utilisée :

#### # Analyse descriptive multi-variée

L'objectif des méthodes d'analyse multi-variée vise à résumer au mieux la structure complexe et peu accessible, contenu dans un (ou plusieurs) tableau (x) de données.

L'une des solutions à ce problème est l'Analyse en Composantes Principales (ACP), une méthode qui a l'avantage de résumer un ensemble de variables corrélées en un nombre réduit de facteurs non corrélés.

Brièvement, cette méthode permet de :

- ❖ Réduire la dimension des données, c'est-à-dire, trouver quelques variables qui expliquent la plus grande variance du nuage de points représentant toutes les variables étudiées,
- ❖ Classifier, c'est-à-dire identifier les groupes de variables qui se ressemblent ;
- ❖ Analyser les relations qui existent entre les différentes variables.

L'ACP est fondée sur le calcul des vecteurs propres de la matrice de covariance des variables, mais l'ACP de la matrice de corrélation est la méthode la plus courante ; l'avantage de cette approche est que, les variables ne possèdent plus d'unité, les résultats sont indépendants des unités originales choisies pour mesurer les variables. Les analyses multi variées ont été réalisées à l'aide du logiciel < **STATISTICA 6** >.

### III.6 Analyse multi varié : Analyse en Composante Principale « ACP »:

Pour visualiser plus aisément l'influence des paramètres environnementaux sur la croissance et la dynamique bactérienne des eaux de surfaces ainsi pour mieux discerner les différentes corrélations, des analyses en composantes principales « ACP » ont été effectuées; Ceci sera réalisé en projetant les données des paramètres bactériologiques et physico-chimiques séparément puis en couplant les deux paramètres biotiques et abiotiques obtenus durant la période d'étude.

#### III.6.1 ACP des paramètres physico-chimiques

##### a)- Matrice de corrélation

La matrice de corrélation peut servir comme une première lecture pour la recherche des relations entre les paramètres mesurés (Tableau 9).

**Tableau 9** : La matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques

	T (°C)	S‰	Oxygène	pH	Ammonium	Nitrite	Nitrate	Phosphore
T (°C)	1	-0,22	-0,70	-0,93	-0,28	0,50	-0,16	0,13
S‰		1	0,80	0,39	0,79	0,38	-0,90	-0,31
Oxygène			1	0,70	0,55	-0,18	-0,56	-0,52
pH				1	0,59	-0,14	0,03	0,11
Ammonium					1	0,65	-0,56	0,31
Nitrite						1	-0,44	0,58
Nitrate							1	0,42
Phosphore								1

Dans le cas des paramètres physicochimiques, la matrice de corrélation obtenue nous montre des corrélations positives, observées entre les couples : (oxygène-salinité), (ammonium-salinité), (ammonium-oxygène), (ammonium-pH), (pH-oxygène), (nitrite-ammonium), (nitrites -température) et (phosphore-nitrites).

La température est corrélée négativement avec les variations de l'oxygène, pH, ammonium, salinité et nitrate, de même des corrélations significatives et négatives entre les couples de paramètres suivant : (pH - Température) et (Nitrate - Salinité).

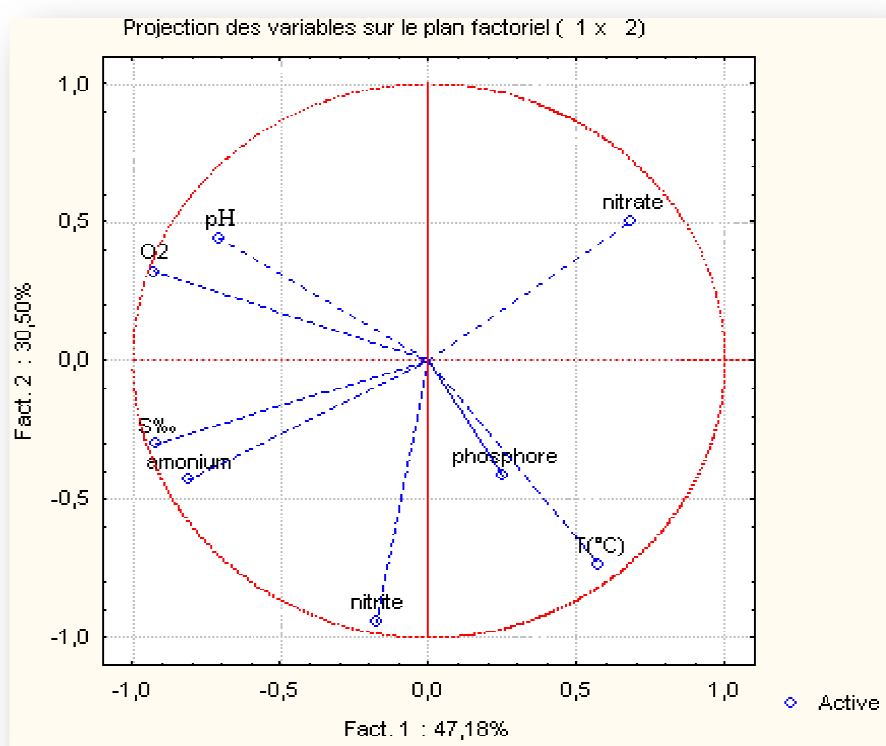
##### b)-Valeurs propres et Projection

Les résultats obtenus montrent que les deux premières composantes principales contiennent environ 77,67 % de l'information (axe I : **47,18158** %, axe II : **30,49835** %, ce qui nous a permis de dire que les paramètres mesurés se différencient selon ces deux axes.

**Tableau 10** : Résultats des valeurs propres des paramètres physico-chimiques

	Valeur propre	Total %	Cumul	Cumul %
1	3,774527	<b>47,18158</b>	3,774527	47,1816
2	2,439868	<b>30,49835</b>	6,214394	<b>77,6799</b>
3	1,785606	22,32007	8,000000	100

La projection des paramètres sur les axes factoriels nous fournissent plusieurs types d'informations.

**Figure 16**: Projection des paramètres physico-chimiques sur les plans factoriels.

En examinant la projection des variables sur les deux axes principaux, au niveau de l'ACP (figure 16), on constate deux groupes de variable :

- Le groupe des variables suivantes : ammonium, *pH*, salinité et oxygène dissous ont une forte contribution négative sur l'axe 1 (pourcentage d'inertie 47,1%); par contre, les nitrites, le phosphore et la température sont expliqués par l'axe 2 (pourcentage d'inertie 30.49 %).

### III.6.2 ACP des paramètres bactériologiques

#### a)- Matrice de corrélation

Pour les paramètres bactériologiques, les principaux résultats obtenus de cette ACP sont indiqués ci-dessous :

**Tableau 11** : Matrice de corrélation des paramètres bactériologiques.

	C. totaux	C. fécaux (E.c)	S .Coques
C. totaux	1	0,717567	0,770960
C. fécaux (E.c)	0,717567	1	0,915253
S. fécaux	0,770960	0,915253	1

Les résultats des corrélations montrent l'existence d'une forte corrélation entre les trois groupes bactériens : (C. totaux, C. fécaux et S. fécaux); ou encore un rapport important et positif entre les couples : (C. totaux-C. fécaux), (C. totaux-S. fécaux), (C. fécaux - S. fécaux), qui représentent respectivement des coefficients de: 0,72 ; 0,77 et 0,92.

#### b)-Valeurs propres et projection

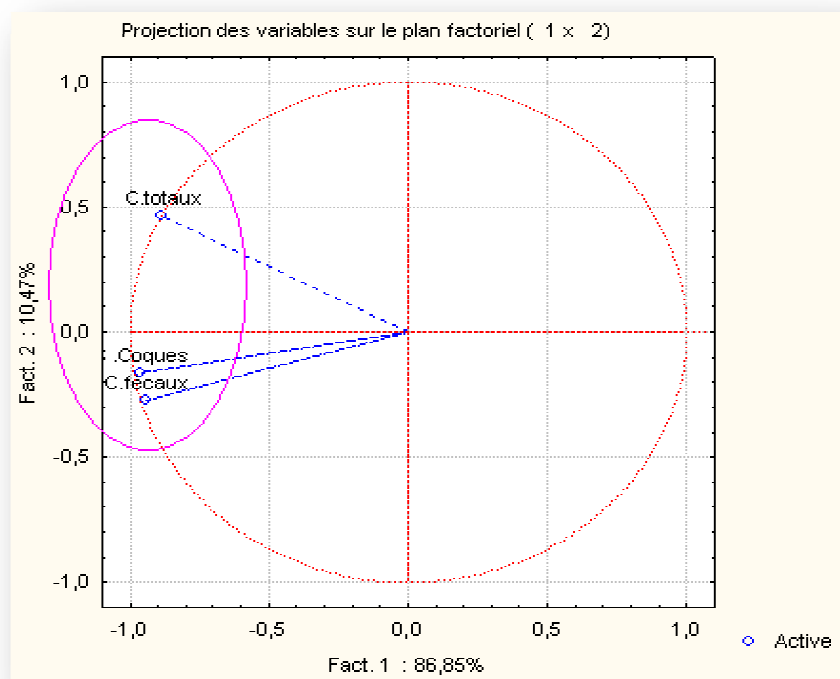
Les résultats obtenus montrent que les deux premières composantes principales contiennent environ 97,3 % de l'information (axe I : **86,85081** %, axe II : **10,47464** % et ce qui nous permet de dire que les paramètres mesurés se différencient selon ces deux axes.

Les résultats du coefficient de variation présentent de fortes dispersions, cela peut signifier que leurs distributions est homogène.

**Tableau 12** : Résultats des valeurs propres des paramètres bactériologiques.

	Valeur propre	Total %	Cumul	Cumul %
<b>1</b>	2,605524	<b>86,85081</b>	2,605524	<b>86,9</b>
<b>2</b>	0,314239	<b>10,47464</b>	2,919764	<b>97,3</b>
<b>3</b>	0,080236	2,67455	3	100

La projection des espèces sur les axes factoriels nous indiquent sur les informations suivantes :



**Figure 17:** Projection des paramètres bactériologiques sur les plans factoriels.

Nous constatons sur cette projection un seul groupe de variables (C. totaux, C. fécaux et S. fécaux) qui ont une forte contribution négative sur l'axe F1. Les descripteurs biotiques propres à la pollution d'eau de mer montrent les mêmes variations et fluctuations qui peuvent être traduites par l'existence des interactions biologiques dans le statut trophique et le phénomène de compétition interspécifique pour les nutriments (**George et Servais, 2002**).

### III.6.3 ACP combinant les paramètres biotique et abiotique

La projection des paramètres mesurés (physico-chimique et bactériologiques) sur les plans factoriels de l'ACP nous a aboutit aux résultats suivants :

#### a) Matrice de corrélation

Les résultats obtenus par la combinaison des différents paramètres mesurés, par ACP sont indiqués ci-dessous :

**Tableau 13** : Matrice de corrélation de toutes les variables mesurées (physico-chimiques et bactériologiques)

Paramètres	C.T	C.F (E.c)	S .CF	*T (°C)	*S‰	*O2	*pH	*NH4+	*NO2-	*NO3-	*po4-
C.T	1	0,72	0,77	-0,02	-0,62	-0,60	0,14	-0,02	0,20	0,77	0,91
C.F (E.c)		1	0,92	-0,71	-0,33	0,05	0,72	0,12	-0,26	0,70	0,52
S .CF			1	-0,50	-0,67	-0,26	0,41	-0,28	-0,44	0,92	0,64
*T (°C)				1	-0,22	-0,71	-0,93	-0,29	0,49	-0,17	0,14
*S‰					1	0,80	0,39	0,80	0,38	-0,91	-0,31
*O2						1	0,70	0,55	-0,19	-0,57	-0,52
*Ph							1	0,60	-0,14	0,03	0,12
*NH4+								1	0,66	-0,57	0,31
*NO2-									1	-0,45	0,59
*NO3-										1	0,43
*po4-											1

D'après le Tableau 13, qui reflète les corrélations entre les différents paramètres abiotiques et les bactéries fécales, on constate qu'il existe en général :

- Une corrélation hautement positive entre les CF et les SF, ce qui est tout à fait normal dans les eaux polluées par les matières organiques.
- Une corrélation positive moyenne entre les phosphates d'un côté et les nitrites, l'azote ammoniacal, les CT, les CF et les SF de l'autre côté, indiquant une origine fécale commune ;
- Une corrélation négative et significative entre l'oxygène dissous, d'un côté, et les nitrates, le phosphore et les CT de l'autre côté, probablement expliquée par la consommation de l'oxygène dans le processus de l'autoépuration et de la dégradation de la matière organique.

Le couplage des paramètres microbiologiques et physicochimiques a permis de déduire que les trois groupes microbiologiques sont corrélés beaucoup plus avec les variations de la salinité, l'oxygène et l'ammonium.

### b) Valeur propre et projection

Le résultat des valeurs propres des trois principaux facteurs est représenté dans le tableau ci-dessous :





Les descripteurs biotiques propres à la pollution (CT, CF, SF), sont fortement corrélés à la salinité, oxygène dissous et ammonium, en position négative sur l'axe F1,

Un autre groupe de paramètres physicochimiques (Température, pH, phosphore et nitrate) présente peu de corrélations avec les variables principales (CT, CF, SF).

### III.6.4 ACP des différentes stations de prélèvement

La projection des sites sur les deux axes F1 et F2 (Figure 19), qui sont liées à leurs qualités estimées par les différents paramètres, permet de distinguer les caractéristiques suivantes :

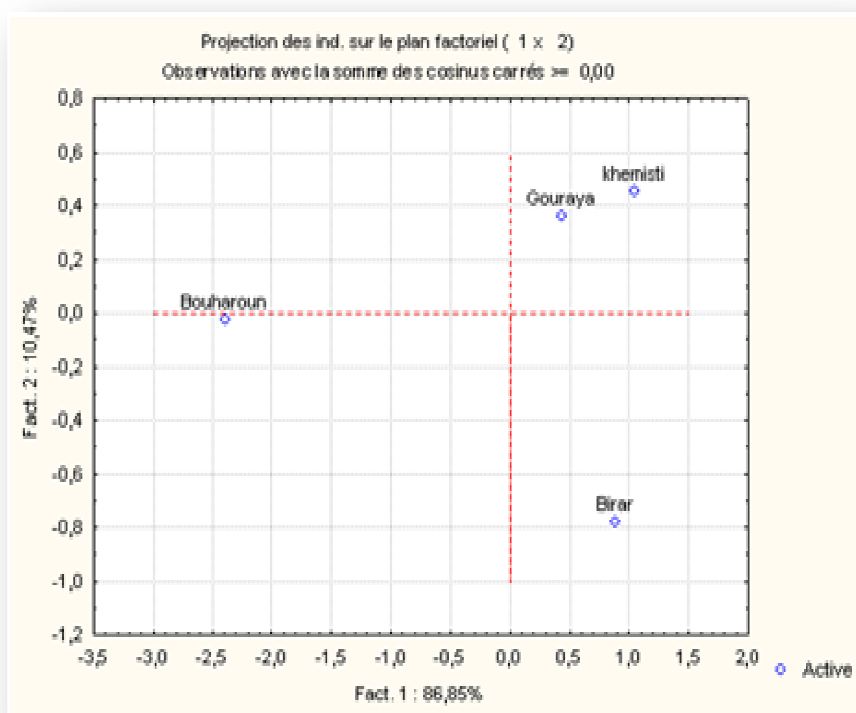


Figure 19 : projection des stations sur les plans factoriels.

L'emplacement des trois stations Khemisti, Gouraya et Birrard dans le nuage correspondant aux variables ayant une forte contribution positive sur F2, permet de conclure que l'eau de mer au niveau de ses sites est d'une bonne qualité bactériologique (loin du nuage bactérien).

A l'opposition de ces trois stations, la station de Bouharoun, qui se situe dans la zone des variables ayant une forte contribution négative sur F1, permet de confirmer que l'eau de mer de celle-ci est entachée d'une forte pollution bactérienne.

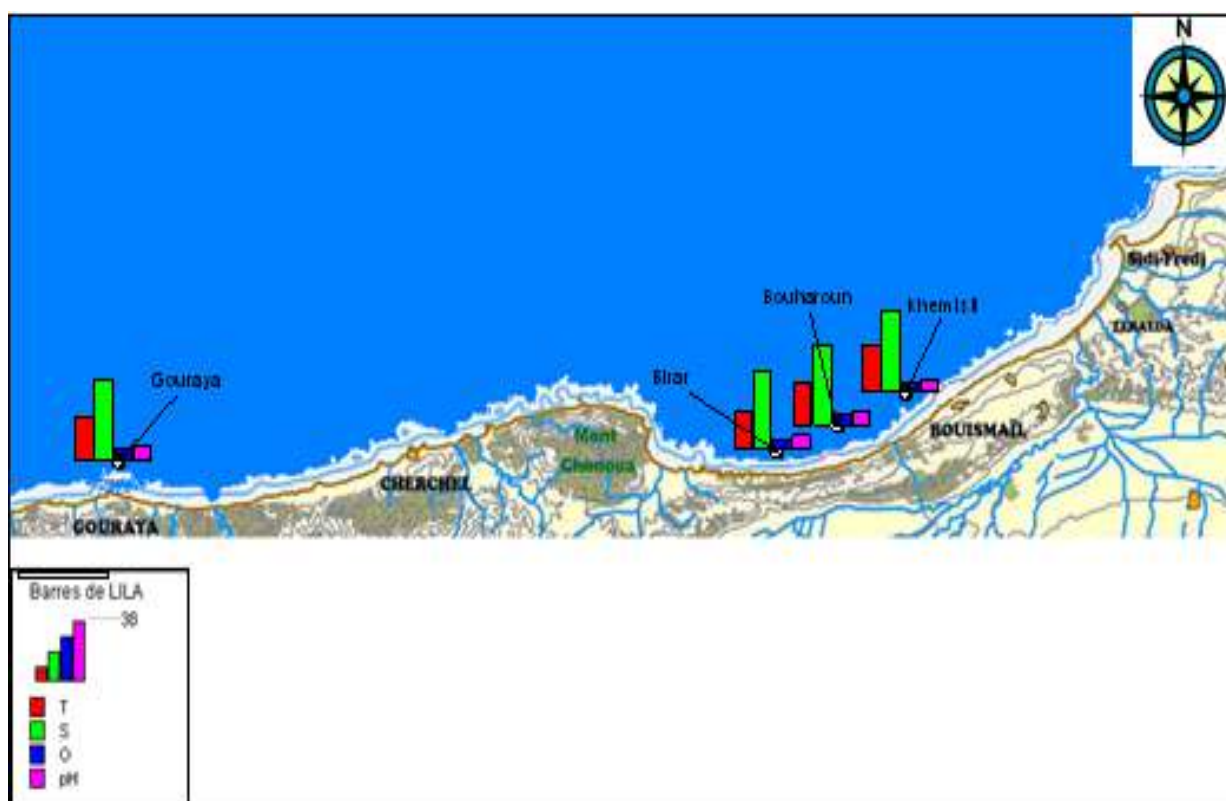
L'emplacement de la station Birrard, permet de voir qu'elle est fortement influencée par les deux sels nutritifs phosphore et nitrate qui peut être du directement lié à l'activité aquacole (conchyliculture) proche de ce site de prélèvement.

### III.5 Variation spatiale des paramètres mesurés

La spatialisaiton des valeurs mesurées sur le terrain facilite en effet le suivi environnemental de la qualité des eaux et les interventions sur le milieu.

#### III.5.1 Paramètres physiques

La distribution cartographique des différents paramètres physiques mesurés sur toutes les stations est illustrée par la carte suivante :



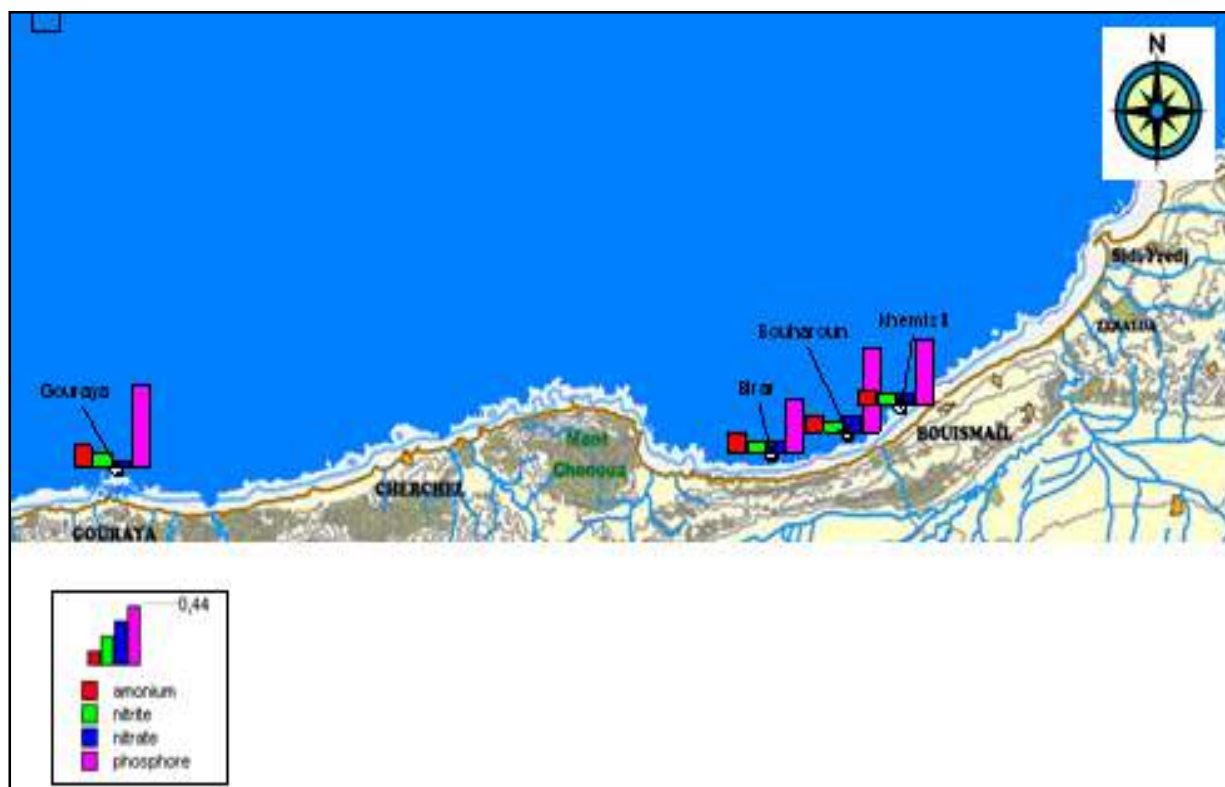
**Figure 13:** Répartition spatiale des paramètres physiques dans la zone d'étude.

La visualisation de cette carte nous renseigne sur une distribution homogène des paramètres physiques dans les quatre stations (A, B, C, D) malgré la distance qui les sépare et l'activité maritime caractérisant chaque station (Activité portuaire, Filière conchylicole).

La répartition montre aussi, que les concentrations moyennes en oxygène dissous sont faibles pendant toute la période d'étude; ceci peut être dû à la consommation d'oxygène par les bactéries aérobies tels que les germes totaux et les coliformes fécaux durant cette période.

### III .5 .2 Paramètres chimiques

La distribution cartographique des différents paramètres chimiques mesurés sur toutes les stations est illustrée par la carte suivante :



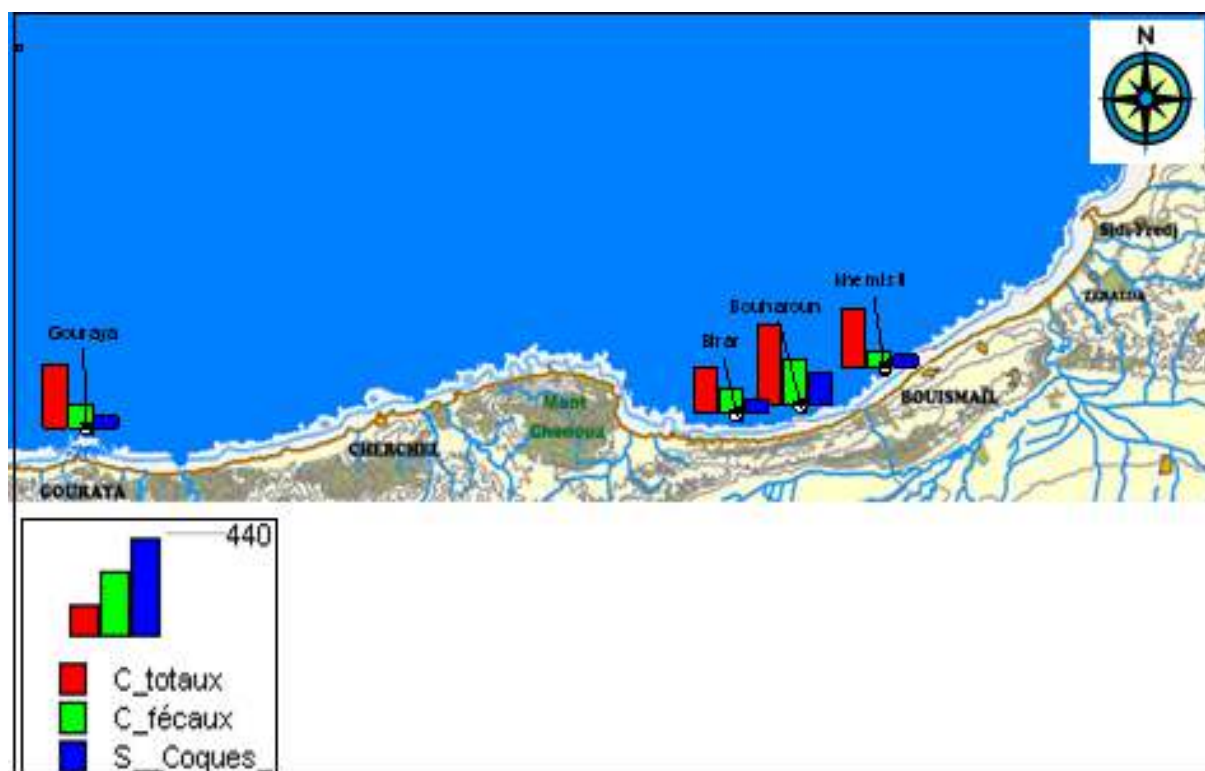
**Figure 14:** Répartition spatiale des sels nutritifs dans la zone d'étude.

Dans l'ensemble de cette étude, il semble que la dispersion des sels nutritifs dans la zone d'étude « Baie de Bou-Ismaïl » ne se fait pas de façon très homogène comme c'est le cas des paramètres physiques. Le taux de phosphore est relativement élevé pour toutes les stations par rapport à d'autres sels nutritifs.

Ceci pourrait être expliqué d'une part, par une émergence de l'activité phytoplanctonique, d'autre part, par l'activité bactérienne sur la matière organique en recyclant cet élément (Schlumberger, 2002); ou par la présence de phosphore en quantité importante dans les rejets domestiques.

### III .5.3 Paramètres bactériologiques

La distribution cartographique des différents paramètres bactériologique mesurés sur toutes les stations est illustrée par la carte suivante :



**Figure 15 :** Répartition spatiale des germes dans la zone d'étude.

La figure 15 représente la répartition spatiale irrégulière des trois variables, les coliformes totaux, les coliformes fécaux (*E. coli*) et les streptocoques. Nous constatons une concentration importante des trois germes au niveau de la station C (Bouharoun). En suite, nous notons la présence des concentrations moins importantes dans les stations A (Khemisti) et D (Gouraya); nous avons noté, par la suite, des charges relativement faibles dans la station B (Birrard).

La présence des coliformes totaux et fécaux ou des streptocoques fécaux, dans les échantillons de l'eau de mer, indique sa contamination par des matières fécales, due probablement aux rejets des unités industrielles implantées dans la baie de Bou-Ismail (déchets, huiles, acides, etc...), sans oublier l'activité portuaire accentuée à Bouharoun.

Les conditions climatiques peuvent aussi être une explication telle que l'action du vent qui provoque l'agitation de la mer, ce qui permet la libération des bactéries fixes et leur remontée à la surface (**Kerfouf, 2007**).

## Chapitre III : Résultats et discussions

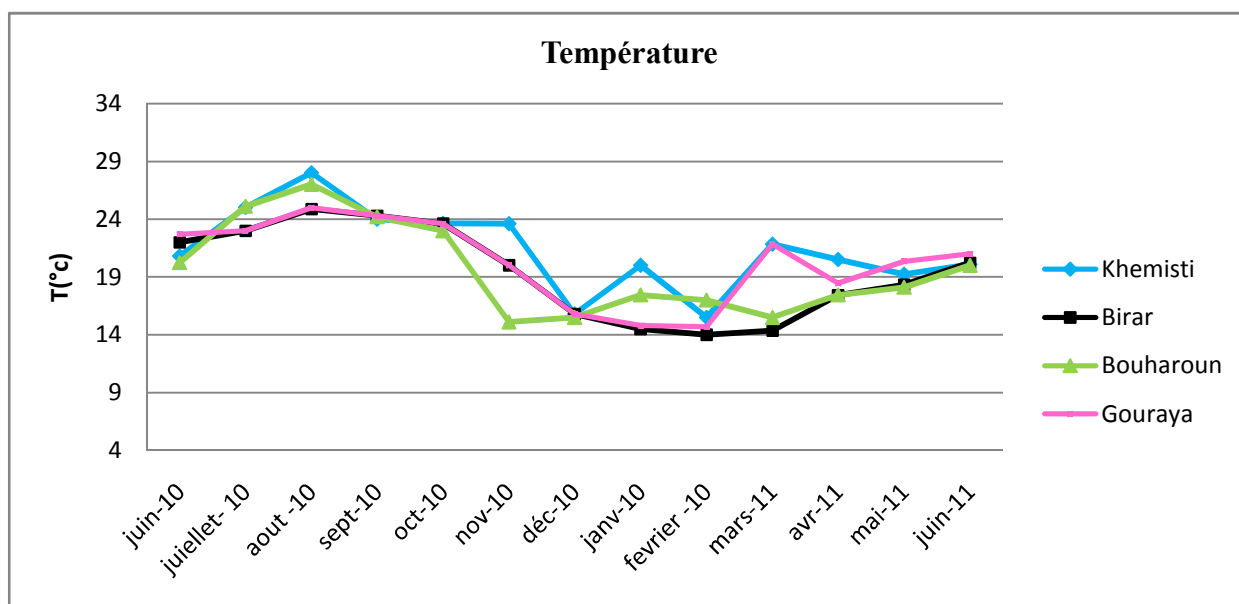
### III-1 Etude des propriétés physico-chimiques de la zone d'étude

Les résultats d'analyses des paramètres physico-chimiques enregistrés à travers des analyses d'eaux de mer prélevées au niveau de certaines stations (étude prospective) ont été traités séparément. D'autre part, nous avons procédé à une étude rétrospective (données disponibles au CNRDPA). Les résultats de l'interpolation sont donnés sous forme de graphes. Ainsi, des cartes indicatrices de la distribution spatiales des paramètres étudiés sont aussi établies.

#### III.1.1 Paramètres physiques

##### a) Température

Les variations thermiques correspondantes au site et à la période d'étude sont représentées dans la figure 5 (Tableau 1, Annexe IV).



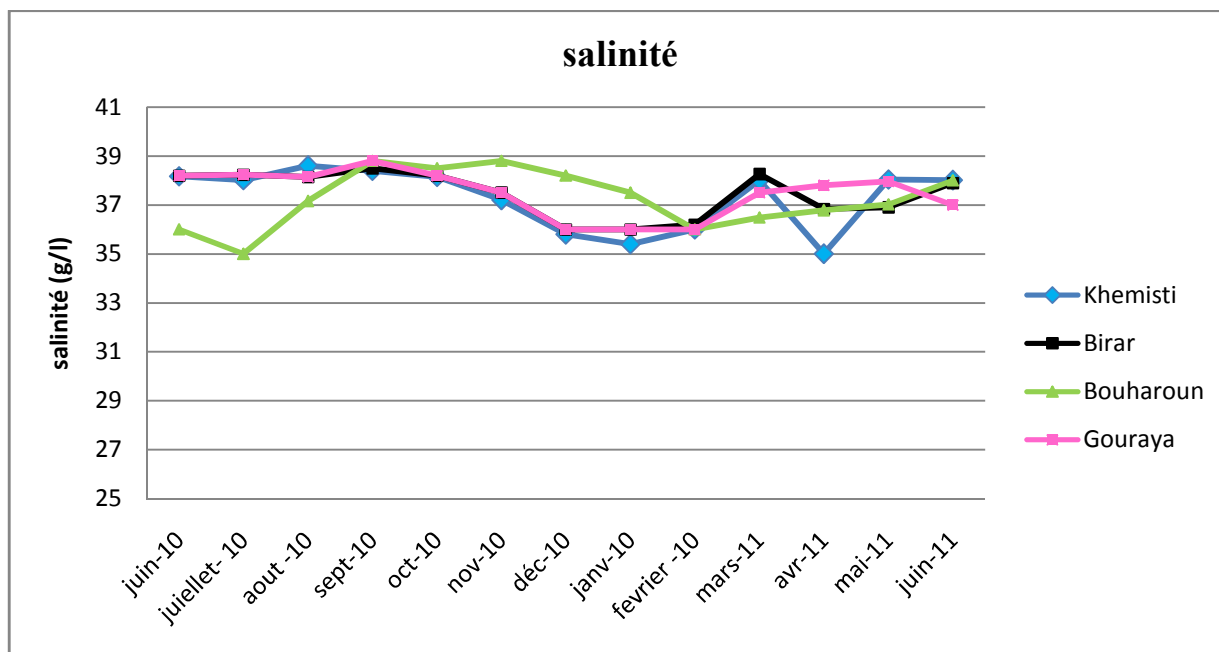
**Figure 5 :** Variation mensuelle de la température.

Les valeurs de la température enregistrées, se situent entre un minimum de 14 °C au mois de Février au niveau de la station B (Birrard) et un maximum de 28 °C au niveau de la station A (khemisti) au mois de Juillet. La valeur moyenne est de 21.25 °C ; De ce fait, et à partir des résultats obtenus, nous remarquons que les fluctuations de la température sont expliquées par un réchauffement normal et saisonnier des eaux de la région ainsi à l'influence des facteurs météorologiques et hydrodynamiques que subissent les eaux superficielles.

D'après la table des normes (tableau 2, annexe V), les valeurs sont de niveau saisonnier et elles sont en concordance avec ceux d'Elbey et Mehdaoui (2010).

### b) Salinité

Les variations de la salinité correspondantes au site et à la période d'étude sont représentées dans la figure 6 (Tableau 4, Annexe IV).



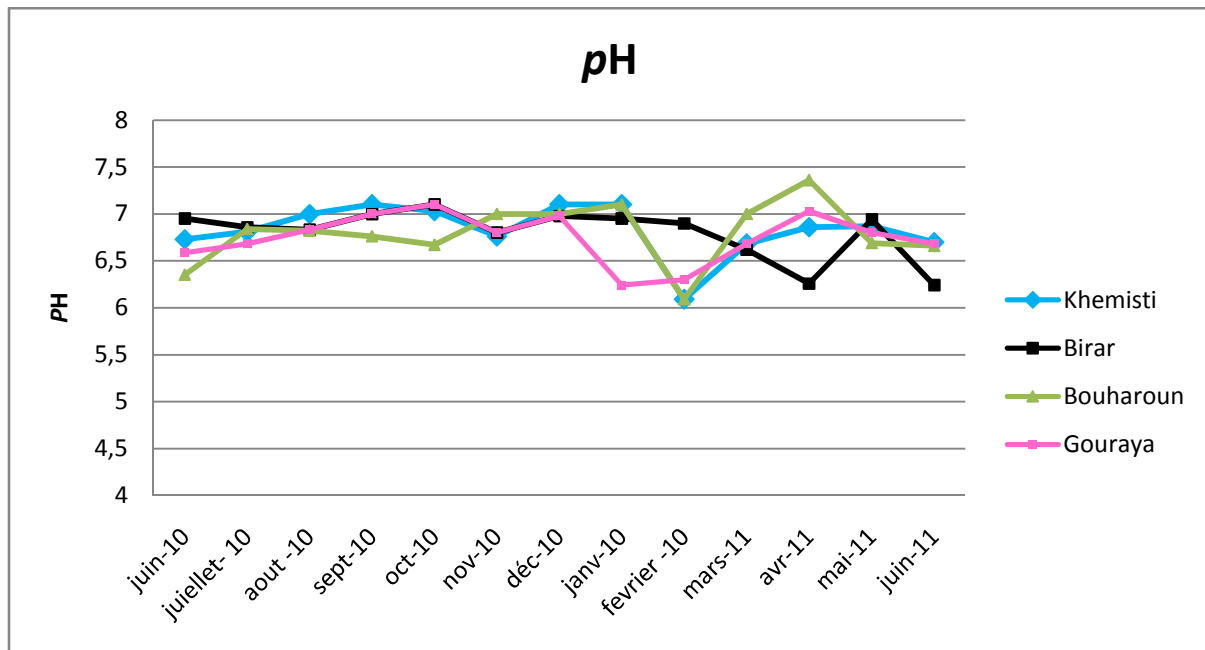
**Figure 6:** Variation mensuelle de la salinité.

Les résultats obtenus indiquent que les valeurs de la salinité sont relativement stables avec des faibles fluctuations entre les stations, elles sont relativement moyennes ( $35\text{‰} < S\text{‰} < 38.2$ ). Les valeurs limites de ce paramètre sont  $38,8\text{‰}$  enregistré au mois de septembre dans les deux stations Bouharoun et Gouraya ; en plus, le mois de novembre uniquement à Bouharoun. La plus grande dilution de la salinité enregistrée durant la période d'étude est de  $35\text{‰}$ , marquant les deux prélèvements à Bouharoun et à Khemisti, respectivement en mois de Juillet et Avril.

Dans l'ensemble, les résultats obtenus durant notre période d'étude sont dans la limite des normes (tableau 2, annexe V) et les légères variations ne sont dues qu'à l'effet de l'évaporation ou aux rejets proches de ces sites.

### c) Le pH (potentiel hydrogène)

Les variations du pH correspondantes au site et à la période d'étude sont représentées dans la figure 7 (Tableau 2, Annexe IV).



**Figure 7 :** Variation mensuelle de potentiel hydrogène.

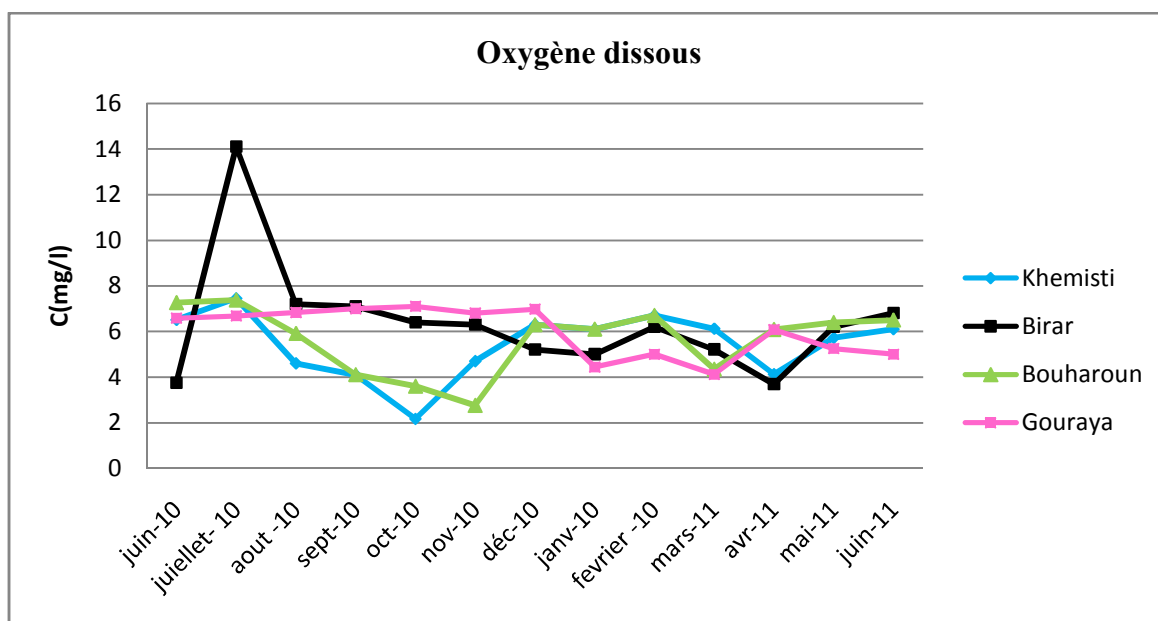
En se référant aux résultats, nous constatons que les valeurs du potentiel d'Hydrogène sont pratiquement homogènes dans l'ensemble des stations ; tout les échantillons ont un  $pH$  compris entre 6,09 et 7,36. D'une façon générale, ces valeurs dévoilent une certaine acidité qui est défavorable au développement des organismes aquatiques. Le  $pH$  maximum est de 7,36 et marqué par la station C (Bouharoun), tandis que le minimum est enregistré par les trois autres stations : A (Khemisti), B (Birrard) et la station de référence D (Gouraya).

De l'ensemble des données bibliographiques, il apparaît que les valeurs de  $pH$  sont légèrement inférieures aux normes (voir tableau 2, annexe V).

#### **d) Oxygène dissous**

Les variations de l'oxygène dissous correspondantes au site et à la période d'étude sont représentées dans la figure 8 (Tableau 3, Annexe IV).





**Figure 8 :** Variation mensuelle de l'oxygène dissous.

Globalement et durant un cycle annuel complet, les teneurs en oxygène dissous varient entre un minimum de 2,76 mg/l enregistrée à Khemisti et Bouharoun et un maximum de 7,45 mg/l noté à Khemisti. En outre, quelques teneurs exceptionnelles sont notées, comme est le cas d'une forte concentration enregistré au mois de Juillet au niveau de la filière conchylicole à Birrard (14mg /l).

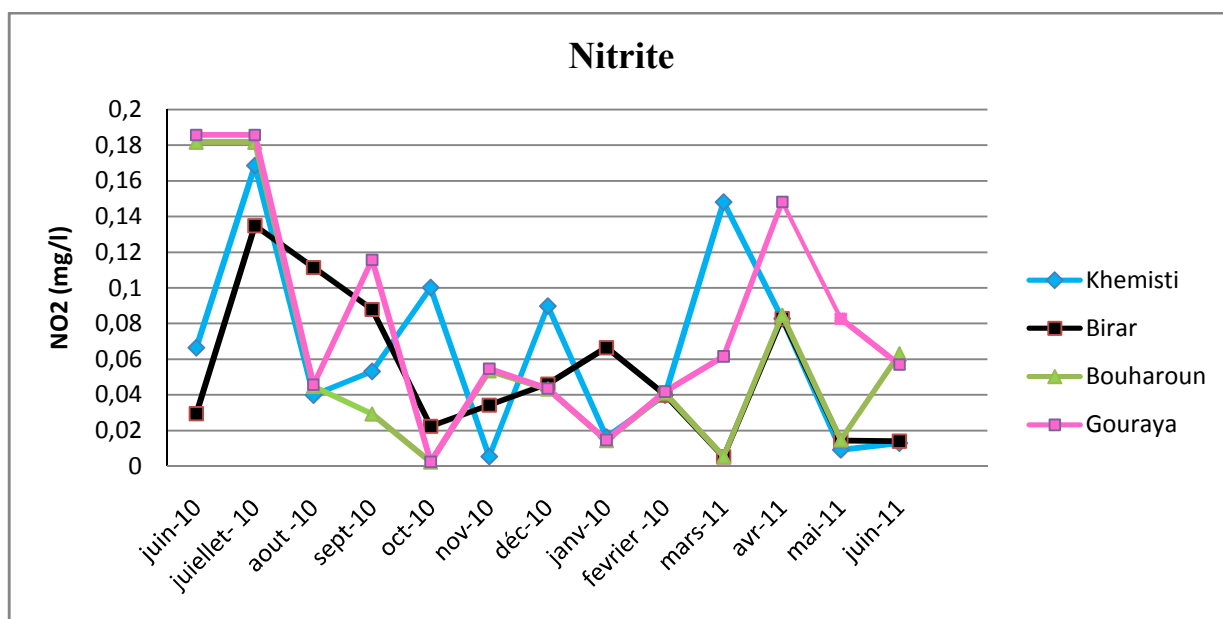
Les valeurs de l'oxygène dissous durant notre période d'étude montrent de grandes fluctuations et en comparaison avec la limite des normes (tableau 2, annexe V), plusieurs valeurs dépassant ces limites sont enregistrées.

### III.1.2 Paramètres chimiques

Les nutriments, issus des activités humaines et qui sont le plus fréquemment à l'origine du phénomène d'eutrophisation, sont l'azote et le phosphore ; les activités humaines ont en effet profondément altéré les cycles de l'azote et du phosphore.

#### a) Nitrite

Les variations de nitrite correspondantes au site et à la période d'étude sont représentées dans la figure 9 (Tableau 8, Annexe IV).



**Figure 9 :** Variation mensuelle des nitrites.

Les concentrations moyennes obtenues en nitrite varient dans la gamme de 0,005 à 0,185 mg/l durant toute l'année de prélèvement. La valeur maximale de 0,185 mg/l a été notée durant la période estivale (Juin et Juillet), au niveau de la station de référence Gouraya.

Une eau qui renferme des nitrites est considérée comme une eau suspecte car il n'est qu'un terme de passage entre les formes nitrates et ammonium (**Faurier, 2003**).

D'une façon générale, les concentrations des nitrites sont dans la limite des normes (tableau 2, annexe V).

#### **b) Nitrate:**

Les variations de nitrate correspondantes au site et à la période d'étude sont représentées dans la figure 10 (Tableau 7, Annexe IV).

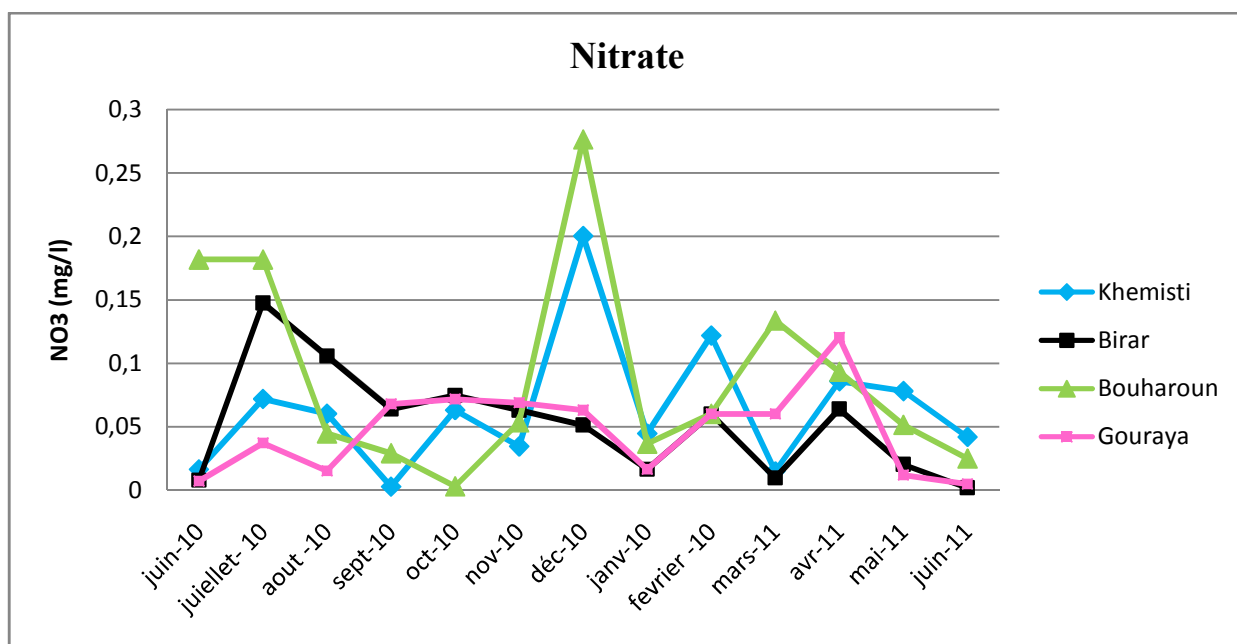


Figure 10 : Variation mensuelle des nitrates.

Les concentrations des nitrates enregistrées varient entre 0,008 et 0,276 mg/l. Ces valeurs sont très inférieures à la valeur limite (100 mg/l). Les deux concentrations relativement élevées sont enregistrées au niveau des stations Khemisti (0,2 mg/l) et Bouharoun (0,27 mg/l).

**c) Ammonium**

Les variations de l'ammonium correspondantes au site et à la période d'étude sont représentées dans la figure 11 (Tableau 5, Annexe IV).

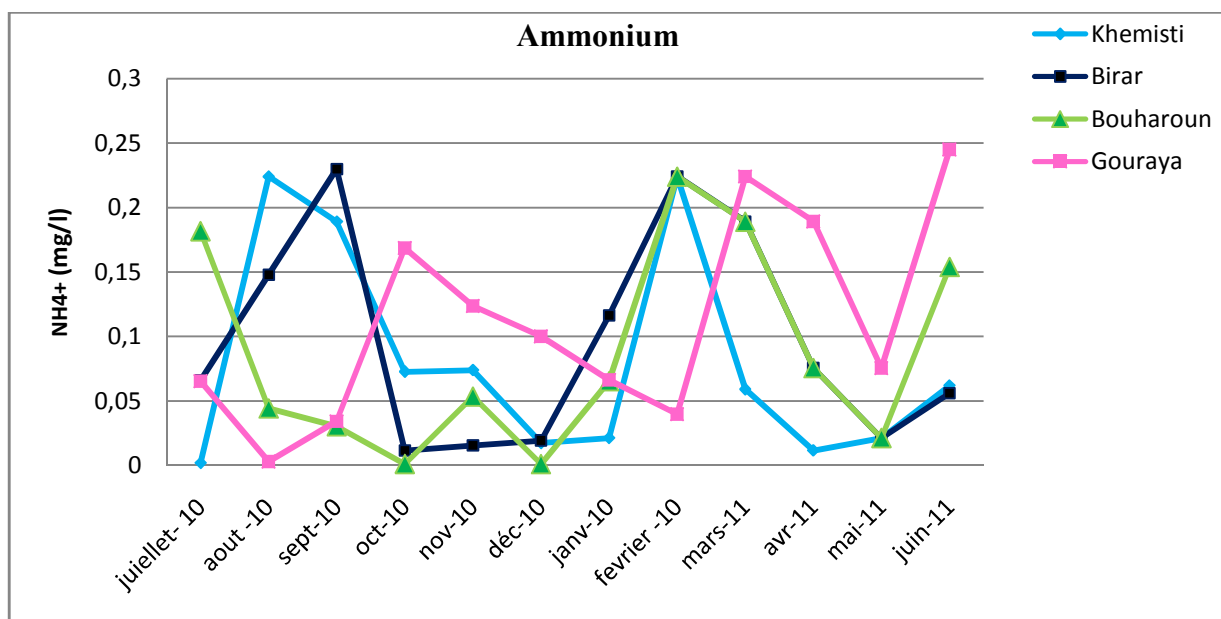


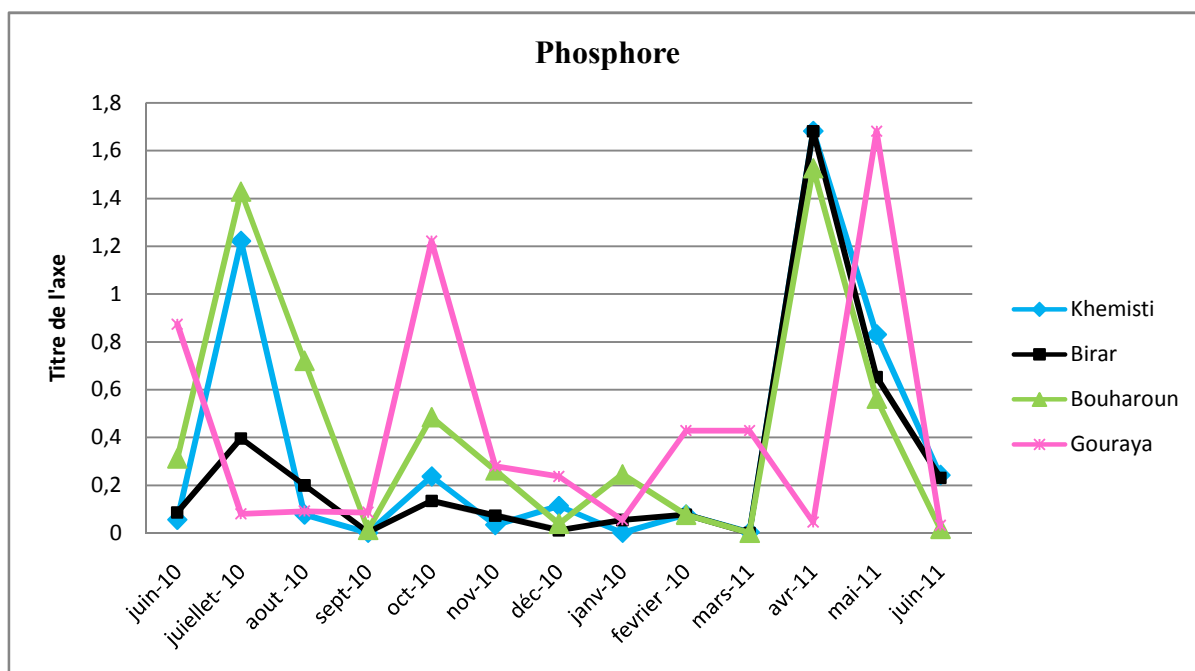
Figure 11 : Variation mensuelle de l'azote ammoniacal.

D'après l'illustration graphique sur la Figure 11, nous remarquons de fortes oscillations en teneurs d'ammonium pour toutes les stations, confirmés par un maximum de 0,245 mg/l et un minimum de 0,001 mg/l durant toute la période d'étude.

Toutefois, nous avons remarqué plusieurs dépassements de la valeur limite préconisée (0.1 mg/l) au niveau des quatre stations. La concentration la plus élevée (0,245 mg/l) est notée en mois de Juin à Gouraya.

#### d) Phosphore

Les variations de phosphore correspondantes au site et à la période d'étude sont représentées sur la figure 12 (Tableau 6, Annexe IV).



**Figure 12:** Variation mensuelle de phosphore.

Les concentrations du quatrième paramètre chimique mesuré, qui est le phosphore, varient dans la gamme de 0,0026 et 1.68 mg/l dans toutes les stations à des différentes périodes (Septembre, Janvier, Mars). La plus forte concentration notée au courant de toute la période d'étude est de 1,68 mg /l, assignée à deux stations Khemisti et Birrard au mois d'Avril.

Toutefois, nous avons remarqué plusieurs dépassements de la valeur limite préconisée (1 mg/l) au niveau des quatre stations. Selon **Rodier (1996)**, les teneurs supérieures à 0,5 mg/l doivent constituer un indice de pollution.

### III.2 Etude bactériologiques de la zone d'étude

Le but de cette partie est d'évaluer le degré de la contamination bactérienne, à travers des analyses de l'eau de mer prélevée au niveau de certaines stations (étude prospective), et d'autre part en procédant à une étude rétrospective. Les résultats de l'interpolation sont donnés sous forme de tableaux ainsi complétés par une présentation cartographique indicatrice de la distribution spatiale.

#### a) Coliformes totaux (CT)

Les variations de coliformes totaux correspondantes au site et à la période d'étude sont représentées dans le tableau ci-dessous:

**Tableau 3:** Variation mensuelle des coliformes totaux (CT).

Station	Station A (Khemisti)	Station B (Birrard)	Station C (Bouharoun)	Station D (Gouraya)
Date	(germes /100 ml)			
<b>Juin-10</b>	300	400	350	200
<b>Juillet- 10</b>	450	160	450	200
<b>Aout -10</b>	950	300	1400	150
<b>Sept-10</b>	200	200	110	70
<b>Oct-10</b>	300	400	250	300
<b>Nov-10</b>	300	90	750	300
<b>Déc-10</b>	250	0	400	1400
<b>Janv-10</b>	200	400	450	400
<b>Février -10</b>	200	200	300	200
<b>Mars-11</b>	200	400	200	200
<b>Avr-11</b>	400	400	400	400
<b>Mai-11</b>	300	300	300	300
<b>Juin-11</b>	200	160	320	450
<b>Moyenne</b>	<b>326,92</b>	<b>262,30</b>	<b>436,92</b>	<b>351,53</b>

D'après les résultats obtenus, on constate que le nombre des coliformes totaux est inférieur aux valeurs guides (500 CT /100 ml) pour la majorité des prélèvements. Par contre, des augmentations remarquables ont été enregistrées, spécialement une charge maximale de 1400 germes /100ml, marquant les deux stations Bouharoun (C) et Gouraya (D) ; ainsi deux autres valeurs comprise entre la valeur guide (500 CT /100 ml) et la valeur limite (10000 CT/100ml) (**Rodier, 2005**).

Dans l'ensemble, les analyses montrent qu'il n'y a pas de contamination bactérienne importante au niveau des quatre stations.

**b) Coliformes fécaux**

Les variations de coliformes fécaux (*E. coli*) correspondantes au site et à la période d'étude sont représentées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 4** : Variation mensuelle des coliformes fécaux (Cf).

Stations	Station A (Khemisti)	Station B (Birard)	Station C (Bouharoun)	Station D (Gouraya)
Dates	(germes /100 ml)			
<b>Juin-10</b>	150	400	350	70
<b>Juillet- 10</b>	150	0	450	200
<b>Aout -10</b>	110	150	1400	110
<b>Sept-10</b>	90	200	0	0
<b>Oct-10</b>	40	300	200	100
<b>Nov-10</b>	0	90	110	70
<b>Déc-10</b>	0	0	70	160
<b>Janv-10</b>	0	0	200	300
<b>Février -10</b>	90	200	200	90
<b>Mars-11</b>	100	200	62	180
<b>Avr-11</b>	0	0	80	140
<b>Mai-11</b>	200	180	100	210
<b>Juin-11</b>	110	155	100	210
<b>Moyenne</b>	<b>80</b>	<b>144,23</b>	<b>254</b>	<b>141,53</b>

Les concentrations moyennes en coliformes fécaux sont moins importantes que celles des coliformes totaux et cela est très normal car les coliformes fécaux font part du dénombrement des coliformes totaux.

La forte contamination fécale enregistrée correspond à la valeur de 1400 germes /100ml liée à la station de Bouharoun, mais en comparaison avec les normes, nos résultats sont entre la valeur guide (100 CF /100ml) et la valeur limite (2000 CF /100ml). De ce fait, elles ne présentent aucun danger pour la vie maritime (**Rodier, 2005**).

**c) Escherichia coli**

Les variations de coliformes fécaux (*E. coli*) correspondantes au site et à la période d'étude sont représentées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 5** : Variation mensuelle d'*E. coli*.

Stations	Station A (Khemisti)	Station B (Birard)	Station C (Bouharoun)	Station D (Gouraya)
Dates	(germes /100 ml)			
<b>Juin-10</b>	10	35	90	70
<b>Juillet- 10</b>	35	0	6	0
<b>Aout -10</b>	0	0	90	0
<b>Sept-10</b>	0	0	0	0
<b>Oct-10</b>	10	0	10	35
<b>Nov-10</b>	0	0	0	6
<b>Déc-10</b>	0	0	10	0
<b>Janv-10</b>	0	0	20	0
<b>Février -10</b>	0	0	2	6
<b>Mars-11</b>	10	0	6	0
<b>Avr-11</b>	0	0	2	0
<b>Mai-11</b>	11	3	9	11
<b>Juin-11</b>	23	14	75	9
<b>Moyenne</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>24</b>	<b>10</b>

Durant notre étude, nous avons confirmé la présence d'*E. coli* à l'aide de quelque gouttes de Kovacs. La distribution et la dynamique de cette dernière diffèrent d'une station à une autre. Nous avons enregistré un taux faible de ce germe, une valeur maximale de 90 germes/100 ml est marqué par la station C (Bouharoun) tandis que le minimum est marqué par la station de Birard d'une moyenne de 4 germes /100 ml.

#### **d) Streptocoques fécaux (SF)**

Les variations des streptocoques fécaux correspondantes au site et à la période d'étude sont représentées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 6 :** Variation mensuelle des streptocoques fécaux.

Stations	Station A (khemisti)	Station B (Birard)	Station C (Bouharoun)	Station D (Gouraya)
Dates	(germes /100 ml)			
<b>Juin-10</b>	0	300	40	40
<b>Juillet- 10</b>	0	40	40	40
<b>Aout -10</b>	100	40	750	60
<b>Sept-10</b>	110	200	0	60
<b>Oct-10</b>	40	0	90	0
<b>Nov-10</b>	0	0	40	0
<b>Déc-10</b>	0	0	0	60
<b>Janv-10</b>	60	0	40	60
<b>Février -10</b>	40	0	40	140
<b>Mars-11</b>	60	90	255	240
<b>Avr-11</b>	60	60	120	0
<b>Mai-11</b>	340	140	700	0
<b>Juin-11</b>	330	240	350	150
<b>Moyenne</b>	72,30	85,38	189,61	65,38

Pour toutes les stations nous avons remarqué d'importantes oscillations de la teneur en SF, mais dans l'ensemble les concentrations moyenne sont en dessous des normes de salubrités qui sont 100 SF /100 ml sauf pour la station de Bouharoun qui a dépassé cette valeur limite (189,61 SF/ 100 ml).

En revanche, des valeurs remarquables sont enregistrées dans les mois de Mai et Juin dans les trois stations (A, B, C) qui sont largement supérieures à la valeur guide ; ces résultats sont en concordance avec ceux de **Messoudi et Meftah (2008)**.

Les streptocoques sont des témoins de la pollution fécale, elles résistent dans le milieu marin grâce à leurs caractéristiques physiologiques qui leurs confèrent une meilleure adaptation par rapport aux autres germes indicateurs.

#### e) Salmonelles (agents pathogènes)

Nous avons constaté l'absence totale des agents pathogènes tels que les Salmonelles. Selon la Directive Européenne, la recherche des salmonelles n'est préconisée que dans le cas où une contamination fécale est déjà révélée par la présence de la teneur élevée en bactéries indicatrices, qui obéit à une autre logique que celle des germes indicateurs.

### III.3 Origine de la pollution bactérienne des stations étudiées.

Pour toutes les stations étudiées le rapport CF/SF à été calculé par rapport aux moyennes des variables CF et SF (Tableau7).



**Tableau 7 :** Origine de la pollution bactérienne des stations étudiées.

Station	Site	Coliformes fécaux (CF)	Streptocoques Fécaux (SF)	CF/SF	Source de pollution
A	Khemisti	144,23	72,30	2	pollution est à prédominance humaine.
B	Birrard	80	85,38	0,93	pollution à prédominance animale.
C	Bouharoun	254	189,61	1,33	pollution mixte à prédominance humaine.
D	Gouraya	141,53	65,38	2,16	Pollution à prédominance humaine.

Le rapport CF/SF indicateur de l'origine de la pollution, est interprété comme suit (voir tableau des normes en annexe V)

- ❖  $CF / SF < 0,7$  = La pollution est d'origine animale.
- ❖  $0,7 < CF / SF < 1$  = La pollution est à prédominance animale.
- ❖  $1 < CF / SF < 2$  = La pollution est d'origine mixte.
- ❖  $2 < CF / SF < 4$  = La pollution est à prédominance humaine.
- ❖  $CF / SF > 4$  = La pollution est exclusivement urbaine (humaine).

#### III.4 Comparaison avec les normes

- ❖ Lorsque les concentrations sont inférieures ou égales aux valeurs guides, l'eau est de bonne qualité bactériologique (**BQB**)
- ❖ Lorsque les concentrations sont comprises entre les valeurs guides et les valeurs limites, l'eau est de qualité acceptable (**QBA**)
- ❖ Lorsque les concentrations sont supérieures aux valeurs limites, l'eau est de mauvaise qualité (**MQB**)

**Tableau 8 :** Classification de la qualité bactériologique des eaux analysées selon les normes.

Station	Nombres de germes CT /100 ml	Nombres de germes CF /100 ml	Nombres de germes SF /100 ml	Qualité des eaux
Khemisti	326,92	144,23	72,3	(QBA)
Birrard	262,3	80	85,38	(BQB)
Bouharoun	436,92	254	189,61	(QBA)
Gouraya	351,53	141,53	65,38	(BQB)
<b>Valeur guide</b>	<b>500</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	
<b>Valeur limite</b>	<b>10000</b>	<b>2000</b>	/	

## Références bibliographiques

**Aminot. A, Guillard J-F et Kérouel R, 1997.** La baie de Seine : hydrologie, nutriments et chlorophylle (1978-1994). *Edition : Ifremer, France, P148.*

**Aminot. A, chaussepied. M, 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO. P45, 63.

**Athènes, 2005.** Projet de protocole sur la gestion intégrée des zones côtières de la Méditerranée.

**Aminot.A et kérouel. R, 2007.** Dosage automatique des nutriments dans les eaux marines ; 4ème édition. P 77, 86,102, 123 /Ifremer Brest, département Dynico –laboratoire écologie pélagique.

**Afnor, 2003.** Qualité de l'eau : environnement, Paris.

**Arrignon.J, 2002.** L'aquaculture de A à Z. Edition Tec et Doc. P439.

**Benmokhtare.R, 2000.** Contrôle bactériologique ; sous la direction de Yves .C. (programme boursier Algéro-Français), P13.Thèse de Doctorat, L.D.A 56 ANTENNE DE LORIENT.

**Billard.R, 2005 .**Introduction à l'aquaculture .édition tec et doc p 38.

**Beachanp.j, 2006.** Océanographie, Université de Picardie Jules Vemes.

**Breand, 1998.** Étude biométrique de la réponse d'une population bactérienne à une variation défavorable de température ou de pH.Application en microbiologie prévisionnelle alimentaire. Thèse de DOCTORAT, Université Claude Bernard –Lyon I.

**Bachari.H -F, 2009.** Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire. Thèse de Doctorat du l'Université du Val de Marne Paris XII.

**Belkacem.Y, 2010.**Intégration des mesures et des donnes satellitaires dans un système d'information géographique pour caractériser les eaux côtières. Thèse de Magister du l'Université des Sciences et de la Technologie «Houari Boumediene».

**Boukef-Ben Omrane.I et al, 2009.** Étude de l'influence des facteurs environnementaux sur la distribution de différentes populations bactériennes dans une station mytilicole de la lagune de Bizerte (Nord-Tunisie) ; revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 22, n° 1, 2009, P79-91.

**Bejaoui.B, 2005.** Caractérisation hivernale de lagune de Bizerte. *Bull. Inst. Natl. Sci. Technol. Mer*, p32.

- Bonnet .S ; Guieu .C ; Bruyant .F-O ; Wambeke .V ; Raimbault. P et Moutin .C, 2008.** Nutrient limitation of primary productivity in the Southeast Pacific. (*BIOSOPE cruise*) Biogeosciences.P 5, 215.
- Coping-montégut .G, 1996.** Chimie de l'eau de mer. Institut océanographique .Paris . p 239.
- Coping-motégut.G, 1995.** Contenu en sel et salinité /physique et chimie marine.
- El Haji.M et Claude. L , 2001 .** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique dans les plans d'eau portuaires. *SESSION V : Innovation en génie civil - génie côtier*.
- Faurier.C, 2003.** Ecologie, Approche scientifique et pratique .5<sup>ème</sup> édition, édition Tec et Doc. Paris, P 192.
- Felip.M; Pace .M-L et Cole .j-j, 1996 .** Regulation of planktonic bacterial growth rates effects of temperature and resources .*Microbial Ecology*. P15-28
- Gaujous. D, 1995.** La pollution des milieux aquatiques aide mémoire .2<sup>ème</sup> édition ; revue et augmentée.TEC et DOC Paris, P15, 199.
- Glossary of Environment Statistics, 1997.** Studies in Methods, Series F, No. 67, United Nations, New York, .OECD Glossary of Statistical Terms - Marine pollution Definition.mht.
- George. I et Servais.p, 2002.** Source et dynamique des coliformes dans le bassin de la Seine. Ecologie des systèmes aquatiques. Université de Libre Bruxelles. Belgique. P46.
- Gerard Coping-montégut 1996.** Chimie de l'eau de mer par institut océanographie. Paris
- Gevernier, 2002 .** Chimie de l'eau de mer ; caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer\_ Aquarium récifal - aquarium marin - aquarium eau de mer - .
- Guiraud J-P, 1998.** Microbiologie alimentaire : technique de laboratoire. Paris. p160.
- Hnatiuc, 2002.** Procédés électriques de mesure et de traitement des polluants. Edition TEC et DOC .Lodres-Paris-New York, P5.
- Houma F, Boulahdid M, Khouider A, 2004.** Etude corrélative des paramètres physico-chimique et des données satellitaires IRS1C pour caractériser la pollution aquatique .Application à la baie d'Oran, Algérie. Revue scientifique de l'eau, Rev.Sci.Eau.
- Hned.F, 1987.** Milieux et réactifs de laboratoire Pasteur ; microbiologie immunologie.3<sup>ème</sup> édition. P3, 93, 30.
- Hoch.M.P et KirchmanD.L, 1993 .** Seasonal and inter-annual variability in bacterial production and biomass in a temperate estuary.Marine Ecology progress Series, P 283,295.
- Joanny.M; Belin .C; Miossec .I; Paul berthom.j; Grouhel.A; Raffin. B, 1993 .** Qualité du milieu marin littoral .édition Ifremer. P 8.

**Joanny. M, 1997.** Surveillance de l'environnement littoral. Edition **Ifremer**. P 8.

**Joly .B et Rynauld. A, 2004** .Edition tec et doc .entérobactérie systématique et méthodes de diagnostic P 28.

**Kerfouf.A , 2007.** Le dessalement de l'eau de mer dans la perspective d'une gestion intégrale et d'un développement durable. Cas de la station de dessalement d'Oran. *Laboratoire d'éco-développement des espaces, Université Djillali Liabès, Sidi Bel Abbés.*

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE.Cette fiche a été rédigée par l'équipe technique du **Refea**.

**Kaplan .A et Bott, 1998.** Fluctuations in bacterial activity on streambed substrata during vernal algal blooms: effects of temperature, water chemistry, and habitat.

**Mahdaoui.A ; Elbey.A, 2010** .Contrôle de la qualité d'eau de mer du site conchylicole« KHABAR BAIE DE BOU-ISMAIL » et étude de la biodégradabilité de Naphtalène, P2.

**Messoudi.S ; Meftah Y, 2008** .Contrôle physico-chimique et bactériologique du port de Khemisti et étude de la biodégradabilité d'un hydrocarbure par les souches isolées localement. P4.

**Madigau.E, 2005.** Influence du statut trophique de cours d'eau sur les fonctionnalités microbiennes des biofilms .Thèse de DOCTORAT .Université Claude Brinard, Lyon II. P 260.

**Margalef. R; Estrada. M and Blasco. D, 1979.** Functional morphology of organisms involved in Red Tides, as adapted to decaying turbulence. *In: Taylor DL, Seliger HH (eds) Developments in Marine Biology, Proceedings of the Second International Conference on Toxic Dinoflagellate Blooms, Key Biscayne, Florida, October 31 -November 5, 1978 -"Toxic Dinoflagellate Blooms". Elsevier North-Holland: 89-94.*In thèse de doctorat ; UNIVERSITE DU VAL DE MARNE PARIS XII France .Sujet de thèse : Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'image satellitaire.

**Plement.j, 1993.** Bactérie et environnement. P889.

**Rodier.J, 2005.** Analyse de l'eau : eaux naturelles ; eaux résiduaires ; eaux de mer ; 8ème édition.

**Ramade .F, 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. *Edition: Ediscience International, France, .P428* .

**Schlumberger .O, 2002.**Mémento de pisciculture d'étang .Edition : Cimagraf. P39.

**Trébaol .B ; Delarras.C, 2003** .Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux ; Réglementation - Prélèvements – Analyses. Edition médicales internationales TEC et DOC .Londres, Paris, New York. P 97.

**Vernozy.CH. Pierre Montet .M, 2005**. Escherichia coli. 2<sup>ème</sup> édition .P 2.

**Weibe.j et al, 1992**. Bacterial growth in the cold: evidence for an enhanced substrate requirement. Applied and environmental microbiology .P 359,364.

**Les sites web consultés:**

Géographie de la ville de Bou-Ismaïl.mht  
[cnrdpa@wissal.dz](mailto:cnrdpa@wissal.dz) - [www .cnrdpa .dz](http://www.cnrdpa.dz)





# Sommaire

<i>Introduction</i> .....	1
---------------------------	---

## *Chapitre I Généralités sur le milieu marin*

I.1 Rôle et intérêt des mers .....	3
I.2 Constituants majeur de l'eau mer .....	3
I.3 Analyse de l'eau de mer .....	4
I.4 Prélèvement d'un échantillon de l'eau de mer .....	4
I.5 Paramètre de contrôle de qualité de l'eau de mer .....	5
I.5.1 Paramètres physico-chimiques .....	5
I.5.2 Indicateur de qualité bactérienne des eaux de mer.....	7
II. Pollution marine.....	8
II.1 Définition.....	8
II.2 Origine de la pollution .....	8
II.3 Principales pollutions marines.....	9
II.4 Conséquences de la pollution .....	10
II.5 Lutte contre la pollution .....	10
III. Présentation de la zone d'étude .....	11
III.1 Situation géographique de la baie de Bou-Ismaïl .....	11
III.2 Source de pollution dans la baie de Bou-Ismaïl .....	12

## *Chapitre II Matériels et méthodes*

II.1 Echantillonnage et localisation des stations.....	14
II.1.1 Caractéristiques et localisation des stations .....	14
II.1.2 Echantillonnage.....	16
II.1.3 Transport et conservation des échantillons .....	16
II.2 Méthodes d'analyses .....	16
II.2.1 Méthodes d'analyses physico-chimiques .....	16



II.2.2 Méthodes d'analyses microbiologiques .....	18
III. Etude de la variation spatiale .....	21
III.1 Système d'information géographique .....	21
IV. Traitement statistique .....	22
IV.1 Analyse exploratoire des données.....	22

***Chapitre III Résultats et discussion***

III.1 Etude des propriétés physico-chimiques de la zone d'étude.....	23
III.2 Etude bactériologique de la zone d'étude.....	30
III.3 Origine de la pollution.....	33
III.4 Comparaison avec les normes.....	34
III.5 Variation spatiale des paramètres mesurés.....	35
III.6 Analyse multi variée.....	38
III.7 Discussion générale .....	46
Conclusion .....	50
Références bibliographiques.	

Annexes

## Liste des abréviations

**CNRDPA** : Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture.

**CF** : coliformes fécaux.

**CT** : coliformes totaux.

**SF** : streptocoques fécaux.

**S/C** : simple concentration.

**D/C** : double concentration.

**GPS** : géographi point situation.

**IFREMER** : Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER.

**JO** : journal officiel.

**NPP** : nombre le plus probable.

**OMS** : Organisation Mondiale de la Santé.

**S‰** : salinité pour mille.

**T** : température.

**pH** : potentiel hydrogène.

**VBL** : Bouillon lactosé au vert brillant.

**BCPL** : Bouillon lactosé pourpre de bromocrésol.

**EPEI** : Eau peptonee exempte d'Indole.

**(C, N, P)** : (carbone, azote, phosphore).

**NED** : N-naphtyl-éthylènediamine.

## Glossaire

**Baie** : indentation étendue (plusieurs Kilomètres) et largement ouverte sur le large, mais protégée des houles.

**Estuaire** : zone de transition où l'émission d'un fleuve se mélange aux eaux marines dans un espace librement ouvert sur la haute mer (**Arrignon J, 2002**).

**Eutrophisation** : enrichissement de l'eau en éléments nutritifs notamment en composés de l'azote et/ou de phosphore, provoquant un développement accéléré des algues et des végétaux qui entraîne une perturbation indésirable de l'équilibre des organismes présents dans l'eau et une dégradation de la qualité de l'eau (Directive 91/271/CEE).

**Plancton** : ensemble des organismes microscopiques vivant et flottant dans l'eau passivement ou non, sans pouvoir toutefois opposer de résistance effective aux courants (**Arrignon J, 2002**).

**Nitrification** : oxydation de l'ammoniac et des composés organiques azotés en nitrates par actions des bactéries telles que *Nitrosomonas* et *Nitrobacter*.

L'ammoniaque est oxydée et transformée en deux étapes : en nitrite (NO<sub>2</sub>) par *Nitrosomonas*, puis en nitrate (NO<sub>3</sub>) par *Nitrobacter* (**Arrignon J, 2002**).

## Annexe I



(CNRDPA) 11 Boulevard colonel Amirouche, Bou-Ismaïl, wilaya de Tipaza, Algérie. à été crée par le décret exécutif n° 08-128 du 24 Rabie Etahani 1429 correspondant au 30 Avril 2008 pour succéder au CNDPA établissement existant depuis 1921 sous plusieurs formes juridiques.

### **Historique du centre**

Cette structure a été fondée en 1921 sous la dénomination de station d'aquaculture et de pêche de Castiglione.

En 1964, elle a été érigée en institut (ISTPA) puis transformée en centre de recherche appliquée et de documentation pour la pêche et l'aquaculture (CERP) en 1980. En 1993 le CNDPA a été créé jusqu'au 2008 où il a été transformé en CNRDPA.

**Statut :** Etablissement public à caractère scientifique et technologique.

**Tutelle :** Ministère de la pêche et des ressources halieutiques – MPRH.

### **Missions :**

Le Centre est chargé de contribuer à l'élaboration et la réalisation des programmes nationaux de recherche scientifique et le développement technologique dans le domaine de la pêche et de l'aquaculture et aussi :

De réaliser des études nécessaires à l'évaluation des ressources halieutiques et des capacités nationales en matières de pêche et d'aquaculture ; D'entreprendre des actions pilotes liées au développement de l'aquaculture, des viviers, des madragues et autres établissements d'élevage et de pêche; De proposer en conformité avec la réglementation en vigueur, à l'autorité de tutelle, les modalités de définition des zones de pêche ; D'effectuer des études à caractère économique et sociale en rapport avec la pêche, l'aquaculture et relative à l'organisation, et les conditions de de travail dans le secteur.

## Matériel utilisé



**spectrophotomètre Jenway**



**Autoclave**



**Etuve**



**Multiparamètre de terrain 556**

**MPS**



**Rampe de filtration**



**GPS**

## Annexe II

### Milieux de culture, réactifs et additifs (Hned.F, 1987).

- Bouillon lactosé pourpre de bromocrésol (BCPL) double et simple concentration.
- Eau physiologique
- Bouillon lactosé au vert brillant (BLBVBL ou VBL).
- Réactif de Kovacs.
- Milieu de rothe double et simple concentration.
- Milieu Litsky.
- Gélose Hectoène.

### Composition (g/l)

#### Bouillon lactosé pourpre de bromocrésol (BCPL)

	BCPL (S/C)	BCPL (D/C)
Extrait de viande	1	2
Peptone de caséine	7	14
Lactose	5	10
Bromocrésol pourpre	0.03	0.06
Extrait de levure	/	/
Bile salt	/	/
Agar	/	/
pH du milieu	6.7± 0.2	6.7± 0.2

#### Eau physiologique

Chlorure de sodium	8.5
Eau distillée	1000ml

pH =7

Autoclaver à 121°C pendant 15 minutes.

#### Bouillon lactosé au vert brillant (VBL)

Peptone	10.00
Lactose	10.00

Bile de bœuf déshydraté	20.00
Vert brillant	0.0133
Eau	1000 ml

pH final  $7.3 \pm 0.2$

Autoclaver à  $121^{\circ}\text{C}$  pendant 15 minutes

**Réactif de Kovacs**

P.diméthylaminobenzaldéhyde	5g
Alcool amylique	75.0g
Acide chlorhydrique	25.0g

**Milieu de Rothe**

	<b>Rothe (S/C)</b>	<b>Rothe (D/C)</b>
Hydrolysate tryptique de caséine	12.6	25.2
Peptone bactériologique	8.0	16.0
Chlorure de sodium	05	10
Phosphate dipotassique	2.7	5.4
Phosphate mono potassique	2.7	5.4
Azide de sodium	0.2	0.4

pH final  $6.8 \pm 0.2$

Autoclaver à  $121^{\circ}\text{C}$  pendant 15 minutes.

**Milieu Litsky**

Peptone	20
Glucose	05
Chlorure de sodium	05
Phosphate dipotassique	2.7
Phosphate mono potassique	2.7
Azohydrate de sodium	0.3
Ethyl-violet	0.0005

pH final  $6.8 \pm 0.2$

Autoclaver à 115°C pendant 20 minutes.

**Eau peptonée alcaline (EPEI)**

Protéase peptone	10
Peptone de viande	10
Chlorure de sodium	5
Tryptone	10

*pH* final 7.2

Autoclaver à 120°C pendant 15 minutes.

**Gélose Hektoen**

Protéose peptone	12
Extrait de levure	3
Chlorure de sodium	5
Thiosulfate de sodium	5
Sels biliaires	9
Citrates de fer ammoniacal	1.5
Salicine	2
Lactose	12
Saccharose	12
Fuschine acide	0.1
Bleu de bromotymol	0.065
Agar	13

*pH* final 7.5 ±0.2

Autoclaver à 121°C pendant 15 minutes.



**Tableau 1:** Réactifs nécessaires pour le dosage des nitrites

Solutions	Réactifs nécessaires	Préparation	Remarques
<b>Réactif 1(500ml) :</b> <b>Solution de sulfanilamide</b>	5g de sulfanilamide 50 ml de l'acide chlorhydrique concentré d=1,18	Diluer 50 ml de l'acide chlorhydrique concentré dans environ 300ml d'eau distillée et dissoudre 5g de sulfanilamide dans cette solution et compléter à 500ml d'eau distillée.	Cette solution est stable indéfiniment
<b>Réactif 2(500ml) :</b> <b>Solution de N-Naphtyléthylénediamine</b>	0.5g de chlorures de N-naphtyléthylénediamine	Dissoudre 0.5g dans 50ml d'eau distillée.	Conserver cette solution au froid et à l'abri de la lumière.

**Tableau 2:** Réactifs nécessaires pour le dosage de nitrates

Solutions	Réactifs nécessaires	Préparation	Remarques
<b>Réactif 1</b>	Même solution utilisée pour le dosage des nitrites	Même préparation	/
<b>Réactif 2</b>	Même solution utilisée	Même préparation	/
<b>Solution concentrée de chlorure d'ammonium</b>	250g de chlore d'ammonium	Préparer une solution pour 1 litre d'eau distillée	/
<b>Solution diluée de chlorure d'ammonium</b>	Solution concentrée	Diluer 40 fois (25 ml pour 1 litre)	/
<b>Solution de sulfate de cuivre</b>	10 g de sulfate de cuivre	Dans 500ml d'eau distillée ; dissoudre 10g	/

**Tableau 3:** Réactifs nécessaire pour le dosage de phosphore

<b>Solutions</b>	<b>Réactifs nécessaires</b>	<b>Préparation</b>	<b>Remarques</b>
<b>Réactif 1 : Solution de molybdate d'ammonium</b>	Para molybdate d'ammonium	Dissoudre 15g de molybdate d'ammonium .De préférence en poudre fine, dans 500ml d'eau distillée ou déminéralisée	A conserver dans des flacons en plastique et à l'abri de la lumière. Cette solution est stable indéfiniment
<b>Réactif 2 :2,5mol/l(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) Acide sulfurique</b>	Acide sulfurique Densité =1,84	Ajouter petit à petit avec précaution 140 ml d'acide sulfurique dans 900ml d'eau distillée; laisser refroidir.	Conserver hermétiquement dans des bouteilles en verre.
<b>Réactif 3 : Solution d'acide ascorbique</b>	Acide ascorbique	Dissoudre 50g d'acide ascorbique (C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub> ) dans 500ml d'eau distillée.	Cette solution se conserve plusieurs mois au réfrigérateur ; dé-geler juste avant utilisation.
<b>Réactif 4 : Solution d'oxytatrate de potassium et d'antimoine</b>	Oxytatre de potassium d'antimoine	Dissoudre 0 ,34 g d'oxytatre de potassium dans 250ml d'eau distillée en chauffant si nécessaire.	Cette solution se conserve plusieurs mois au réfrigérateur.

**Tableau 4 :** Réactifs nécessaires pour le dosage de L'azote ammoniacal

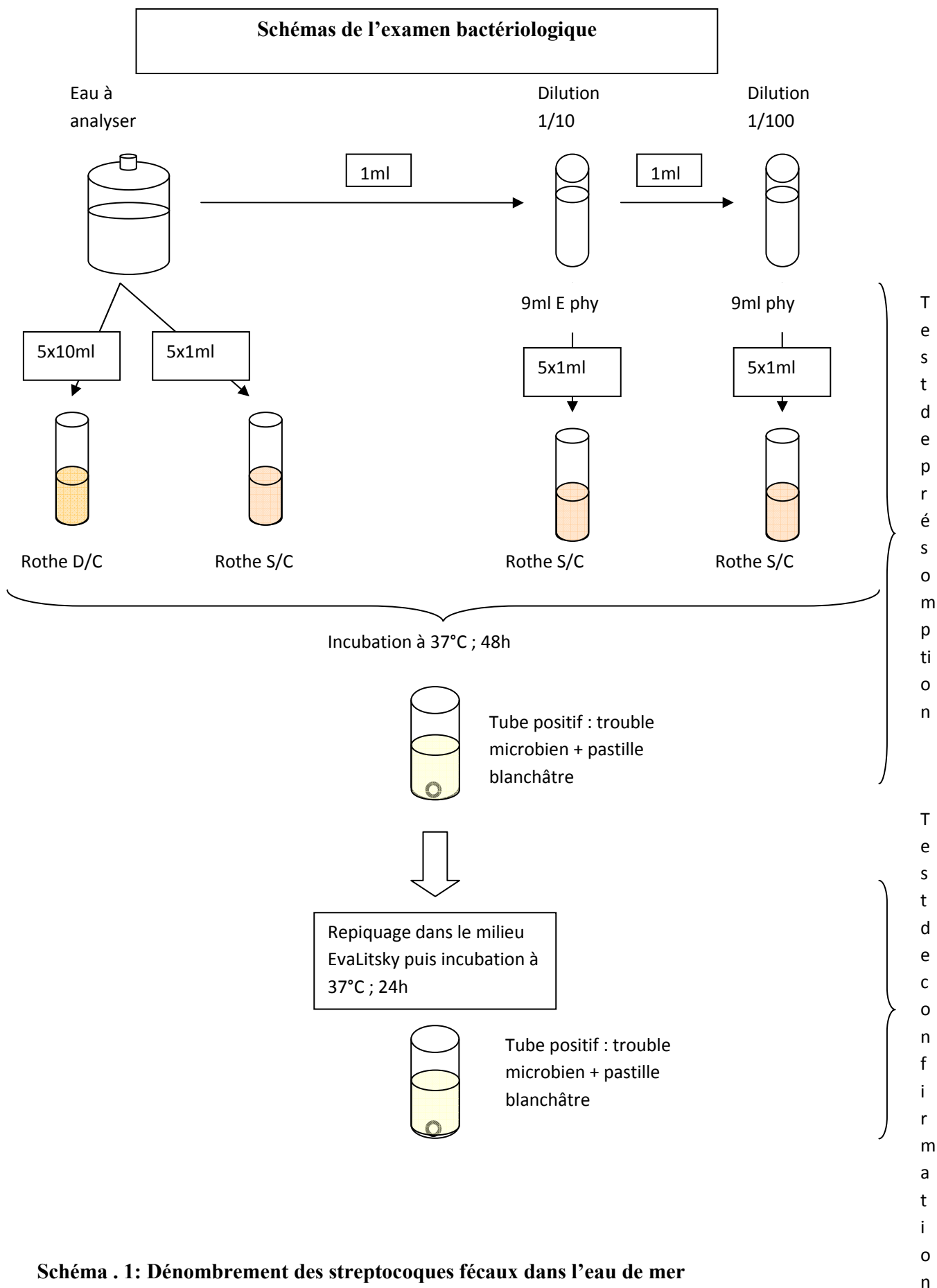
<b>Solution</b>	<b>Réactifs nécessaire</b>	<b>Préparation</b>	<b>Remarques</b>
<b>Réactif 1 :(1litre) Solution de phénol- nitroprussiate</b>	Eau distillée 35 g de phénol 400mg de nitroprussiate de sodium	Dissoudre les deux produits dans 100ml d'eau distillée et le conserver au réfrigérateur à l'abri de la lumière, et laisser stabiliser pendant quelques semaines.	Il doit être renouveler s'il prend une teinte verdâtre
<b>Réactif 2 :(1 litre) Solution d'alcaline d'hypochlorite</b>		Dissoudre les produits 1 et 2 dans 800 ml d'eau distillée ; ajouter un volume de solution d'hypochlorite de sodium correspondant à 1 ,4g de Cl ou $C_3 \cdot C_{12}$ DICHLORISOCIANUREEEDÉ potassium.	Ce réactif se conserve au froid pendant 1 à 2 mois.

**Tableau 5** : Nombre le plus probable(NPP) de micro-organismes dans 100 ml de l'eau.  
(Table de Mac-Grady) ; galerie de 3

Nombre de tubes donnant une réaction positive sur			NPP dans 100 ml	Limites de confiance à 95%	
3 tubes de 10 ml	3 tubes de 1ml	3 tubes de 0.1 ml		Limites inférieures	Limites supérieures
0	0	1	3	<0.5	9
0	1	0	3	<0.5	13
1	0	0	4	<0.5	20
1	0	1	7	1	21
1	1	0	7	1	23
1	1	1	11	3	36
1	2	0	11	3	36
2	0	0	9	1	36
2	0	1	14	3	37
2	1	0	15	3	44
2	1	1	20	7	89
2	2	0	21	4	47
2	2	1	28	10	149
3	0	0	23	4	120
3	0	1	39	7	130
3	0	2	64	15	379
3	1	0	43	7	210
3	1	1	75	14	230
3	1	2	120	30	380
3	2	0	93	15	380
3	2	1	150	30	440
3	2	2	210	35	470
3	3	0	240	36	1300
3	3	1	460	71	2400
3	3	2	1100	150	4800



### Annexe III



**Schéma . 1: Dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau de mer**

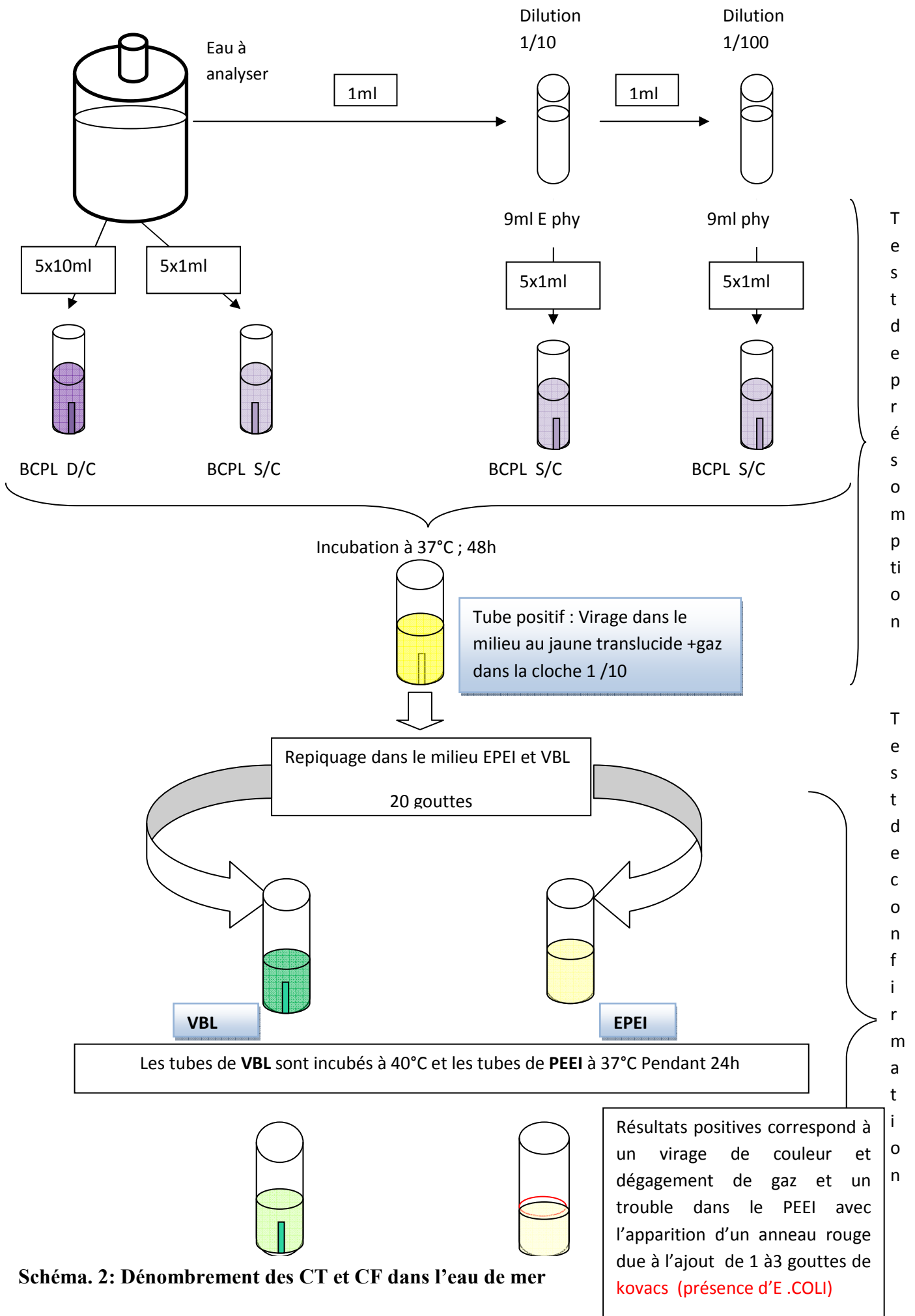
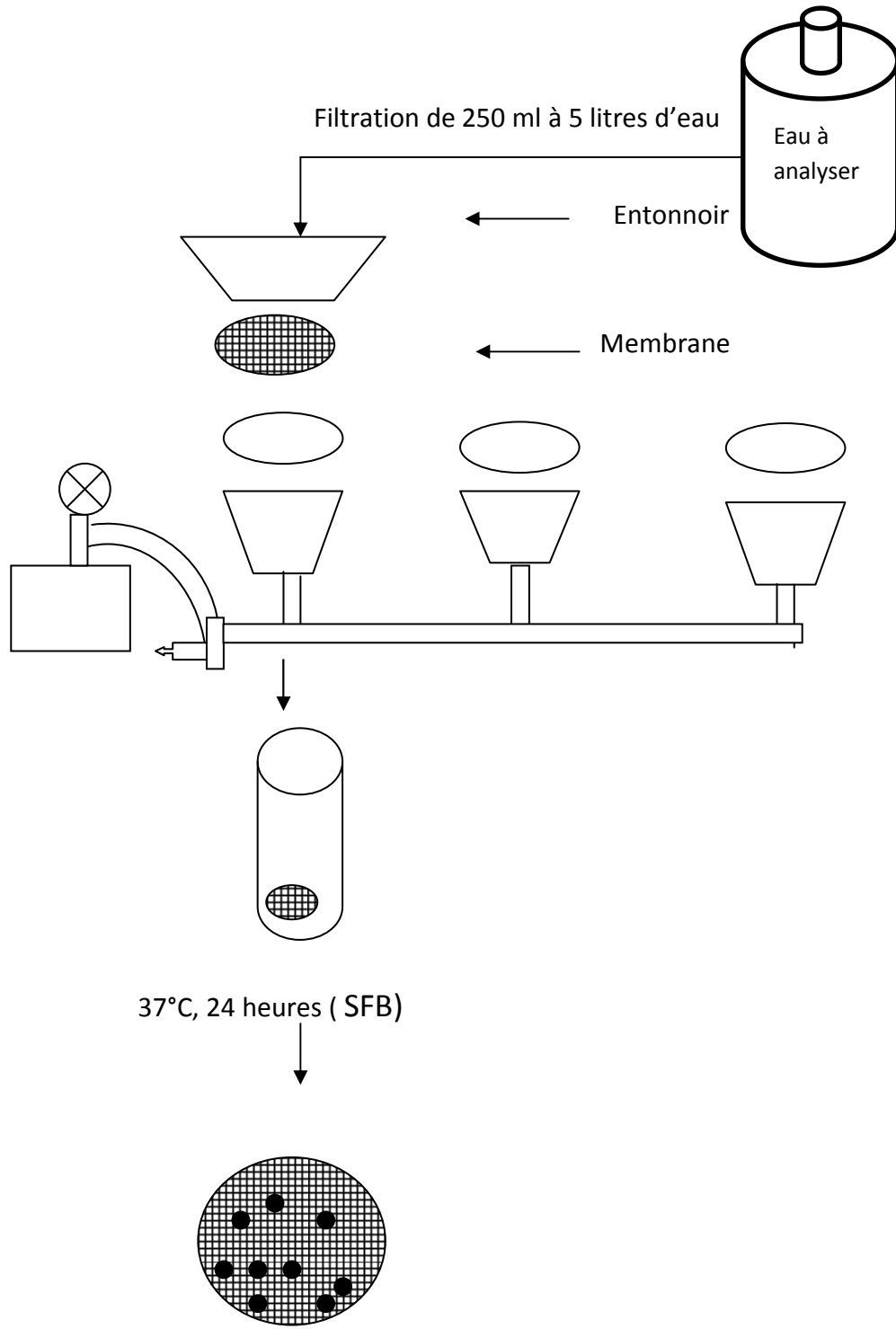


Schéma. 2: Dénombrement des CT et CF dans l'eau de mer

## Recherche de Salmonella par filtration



**Rampe de filtration à trois postes**

**Schéma. 3: Dénombrement des Salmonelles dans l'eau de mer par filtration.**



## Annexe IV

Résultats physico-chimiques de l'analyse de l'eau de mer :

**Tableau 1** : variations mensuelles de la température.

	stations Prélèvements	Station A (Khemisti)	Station B (Birard)	Station C (Bouharoun)	Station D (Gouraya)
<b>Température (°c)</b>	<b>Juin-10</b>	20,82	22	20,24	22,7
	<b>Juillet- 10</b>	25,03	23	25,11	23
	<b>Aout -10</b>	28	24,89	27	24,98
	<b>Sept-10</b>	24	24,3	24,2	24,3
	<b>Oct-10</b>	23,63	23,6	23	23,6
	<b>Nov-10</b>	23,6	20	15,1	20
	<b>Déc-10</b>	15,8	15,8	15,5	15,8
	<b>Janv-10</b>	20	14,5	17,45	14,8
	<b>Fevrier -10</b>	15,5	14	17	14,7
	<b>Mars-11</b>	21,83	14,36	15,5	21,83
	<b>Avr-11</b>	20,5	17,44	17,45	18,45
	<b>Mai-11</b>	19,24	18,31	18,11	20,35
	<b>Juin-11</b>	20,1	20,24	20	21

**Tableau 2** : variations mensuelles de potentiel hydrogène.

	stations Prélèvements	Station A (Khemisti)	Station B (Birard)	Station C (Bouharoun)	Station D (Gouraya)
<b>Potentiel hydrogène (PH )</b>	<b>Juin-10</b>	6,73	6,95	6,35	6,585
	<b>Juillet- 10</b>	6,81	6,86	6,84	6,68
	<b>Aout -10</b>	7	6,83	6,82	6,83
	<b>Sept-10</b>	7,1	7	6,76	7
	<b>Oct-10</b>	7,03	7,1	6,67	7,1
	<b>Nov-10</b>	6,76	6,8	7	6,8
	<b>Déc-10</b>	7,1	6,98	7	6,98
	<b>Janv-10</b>	7,1	6,95	7,1	6,24
	<b>Fevrier -10</b>	6,09	6,9	6,09	6,3
	<b>Mars-11</b>	6,68	6,62	7	6,68
	<b>Avr-11</b>	6,86	6,26	7,36	7,03
	<b>Mai-11</b>	6,87	6,94	6,69	6,8
	<b>Juin-11</b>	6,7	6,24	6,66	6,68

**Tableau 3 :** Variations mensuelles de l'oxygène dissous.

	stations	Station A	Station B	Station C	Station D
	Prélèvements	(Khemisti)	(Birard)	(Bouharoun)	(Gouraya)
<b>Oxygène dissous (mg/l)</b>	<b>Juin-10</b>	6,51	3,74	7,265	6,585
	<b>Juiellet- 10</b>	7,45	14,1	7,38	6,68
	<b>Aout -10</b>	4,6	7,2	5,91	6,83
	<b>Sept-10</b>	4,1	7,1	4,11	7
	<b>Oct-10</b>	2,17	6,4	3,6	7,1
	<b>Nov-10</b>	4,7	6,3	2,76	6,8
	<b>Déc-10</b>	6,3	5,2	6,3	6,98
	<b>Janv-10</b>	6,1	5	6,1	4,44
	<b>Fevrier -10</b>	6,7	6,2	6,7	5
	<b>Mars-11</b>	6,12	5,21	4,35	4,12
	<b>Avr-11</b>	4,12	3,69	6,09	6,08
	<b>Mai-11</b>	5,72	6,2	6,4	5,25
	<b>Juin-11</b>	6,1	6,8	6,5	5

**Tableau 4 :** variations mensuelles de la salinité.

	stations	Station A	Station B	Station C	Station D
	Prélèvements	(Khemisti)	(Birard)	(Bouharoun)	(Gouraya)
<b>Salinité (%)</b>	<b>Juin-10</b>	38,17	38,2	36	38,2
	<b>Juiellet- 10</b>	38,02	38,24	35	38,24
	<b>Aout -10</b>	38,6	38,15	37,16	38,15
	<b>Sept-10</b>	38,4	38,5	38,8	38,8
	<b>Oct-10</b>	38,15	38,2	38,5	38,2
	<b>Nov-10</b>	37,2	37,5	38,8	37,5
	<b>Déc-10</b>	35,8	36	38,2	36
	<b>Janv-10</b>	35,4	36	37,5	36
	<b>Fevrier -10</b>	36	36,2	36	36
	<b>Mars-11</b>	38	38,26	36,49	37,5
	<b>Avr-11</b>	35	36,84	36,78	37,8
	<b>Mai-11</b>	38,04	36,9	37,02	37,96
	<b>Juin-11</b>	38,01	37,9	38	37

**Tableau 5:** variations mensuelles de l'azote ammoniacal.

	stations Prélèvements	Station A (Khemisti)	Station B (Birard)	Station C (Bouharoun)	Station D (Gouraya)
<b>Azote amoniacal  (mg /l)</b>	<b>Juin-10</b>	0,11636928	0,11636928	0,181747497	0,1941579
	<b>Juiellet- 10</b>	0,00193949	0,06594259	0,181747497	0,065468287
	<b>Aout -10</b>	0,22401086	0,14788596	0,044267	0,003166173
	<b>Sept-10</b>	0,18910008	0,22982933	0,03054	0,03431723
	<b>Oct-10</b>	0,0727308	0,01163693	0,001234	0,168624247
	<b>Nov-10</b>	0,074	0,0155159	0,053455146	0,123685017
	<b>Déc-10</b>	0,01745539	0,01939488	0,0011546	0,100194056
	<b>Janv-10</b>	0,02133437	0,11636928	0,06543	0,066489633
	<b>Fevrier -10</b>	0,22401086	0,22401086	0,224010861	0,039934634
	<b>Mars-11</b>	0,05915438	0,18910008	0,189100078	0,224010861
	<b>Avr-11</b>	0,01163693	0,07564003	0,075640031	0,189100078
	<b>Mai-11</b>	0,02133437	0,02133437	0,021334368	0,075640031
	<b>Juin-11</b>	0,062	0,056	0,154	0,245

**Tableau 6 :** variations mensuelles de phosphore.

	stations Prélèvements	Station A (Khemisti)	Station B (Birard)	Station C (Bouharoun)	Station D (Gouraya)
<b>Phosphore (mg /l)</b>	<b>Juin-10</b>	0,05609844	0,088	0,313065509	0,874049946
	<b>Juiellet- 10</b>	1,22149837	0,39630836	1,428911909	0,081433225
	<b>Aout -10</b>	0,07781397	0,20086862	0,721565766	0,092290988
	<b>Sept-10</b>	0,00180963	0,00542888	0,014219622	0,086862106
	<b>Oct-10</b>	0,23706117	0,13572204	0,485783718	1,221498371
	<b>Nov-10</b>	0,0345683	0,07419472	0,263100673	0,280492219
	<b>Déc-10</b>	0,11400651	0,01266739	0,040417628	0,237061165
	<b>Janv-10</b>	0,00180963	0,05609844	0,246598	0,056098444
	<b>Fevrier -10</b>	0,07781397	0,07781397	0,07781397	0,42888165
	<b>Mars-11</b>	0,00446718	0,00214678	0,00234689	0,42888165
	<b>Avr-11</b>	1,68114368	1,68114368	1,52660152	0,0457821
	<b>Mai-11</b>	0,83061889	0,65327543	0,562794064	1,681143684
		<b>Juin-11</b>	0,243	0,232	0,019

**Tableau 7 :** Variations mensuelles des nitrates.

	<b>stations Prélèvements</b>	<b>Station A (Khemisti)</b>	<b>Station B (Birard)</b>	<b>Station C (Bouharoun)</b>	<b>Station D (Gouraya)</b>
Nitrate (mg /l)	<b>Juin-10</b>	0,0165225	0,008	0,181747497	0,007192147
	<b>Juiellet- 10</b>	0,07192147	0,14773059	0,181747497	0,037321411
	<b>Aout -10</b>	0,06025853	0,10593838	0,04470794	0,01535621
	<b>Sept-10</b>	0,00291574	0,06414618	0,02915735	0,06803382
	<b>Oct-10</b>	0,06317426	0,0748372	0,003127	0,07192147
	<b>Nov-10</b>	0,0345683	0,06317426	0,053455146	0,069005734
	<b>Déc-10</b>	0,20021382	0,05151132	0,276404	0,063174264
	<b>Janv-10</b>	0,04470794	0,0165225	0,03674	0,0165225
	<b>Fevrier -10</b>	0,12187773	0,06025853	0,060231	0,06025853
	<b>Mars-11</b>	0,01496744	0,00971912	0,133637866	0,06025853
	<b>Avr-11</b>	0,085917	0,06414618	0,09330353	0,120517057
	<b>Mai-11</b>	0,0781417	0,02041015	0,0515113	0,012051706
<b>Juin-11</b>	0,0422	0,00202	0,0252453	0,005	

**Tableau 8 :** Variations mensuelles des nitrites.

	<b>stations Prélèvements</b>	<b>Station A (Khemisti)</b>	<b>Station B (Birard)</b>	<b>Station C (Bouharoun)</b>	<b>Station D (Gouraya)</b>
Nitrites (mg /l)	<b>juin-10</b>	0,06648963	0,0295	0,181747497	0,185729238
	<b>juiellet- 10</b>	0,16862425	0,13491982	0,181747497	0,185729238
	<b>aout -10</b>	0,03993463	0,11142886	0,0447	0,045756307
	<b>sept-10</b>	0,05321213	0,0879379	0,02931	0,115742773
	<b>oct-10</b>	0,10019406	0,02236748	0,002345	0,002497191
	<b>nov-10</b>	0,0054682	0,0342151	0,053455146	0,054698342
	<b>déc-10</b>	0,08977633	0,04606271	0,04327	0,043567
	<b>janv-10</b>	0,01644367	0,06648963	0,014367	0,014775815
	<b>fevrier -10</b>	0,03993463	0,03993463	0,040889219	0,04186418
	<b>mars-11</b>	0,14819732	0,00520887	0,005422189	0,061619205
	<b>avr-11</b>	0,08283117	0,08283117	0,084701431	0,148197324
	<b>mai-11</b>	0,00929425	0,01440098	0,01481052	0,082831171
<b>juin-11</b>	0,0136527	0,01427304	0,0637463	0,05787421	

**Quelques résultats obtenus :**



**Figure 1 :**Dénombrement des coliformes totaux (milieu BCPL) (Original 2011).



**Figure 2 :** Identification d'E .coli (annaux rouge) (original 2011).



**Figure 3 :** Dénombrement des coliformes totaux et les streptocoques fécaux. (Original 2011)

## Annexe V

### Normes nationales pour la qualité des eaux de mer :

#### ➤ Normes bactériologiques

Le présent décret N°93-164 était publié au Journal officiel de la République algérienne démocratique et populaire.

**Tableau 1 :** Qualité bactériologique des eaux de mer.

paramètres	Unités	valeurs guides	valeurs limites
1. Coliformes totaux	/ 100 ml	500	10.000
2. Coliformes fécaux	/ 100 ml	100	2.000
2. stréptocoque fécaux	/ 100 ml	100	/
4. Salmonelles	/ 100 ml	/	0

-Lorsque les concentrations sont inférieures ou égales aux valeurs guides, l'eau est de bonne qualité bactériologique (BQB).

-Lorsque les concentrations sont comprises entre les valeurs guides et les valeurs limites, l'eau est de qualité acceptable (QBA).

-Lorsque les concentrations sont supérieures aux valeurs limites, l'eau est de mauvaise qualité (MQB).

#### ➤ Les normes physico-chimiques

L'altération des caractéristique hydrobiologiques de l'eau de mer encourage des phénomènes indésirables ; dans ce cas des paramètres physico-chimiques est nécessaire. Le tableau suivant montre la qualité de l'eau de mer.

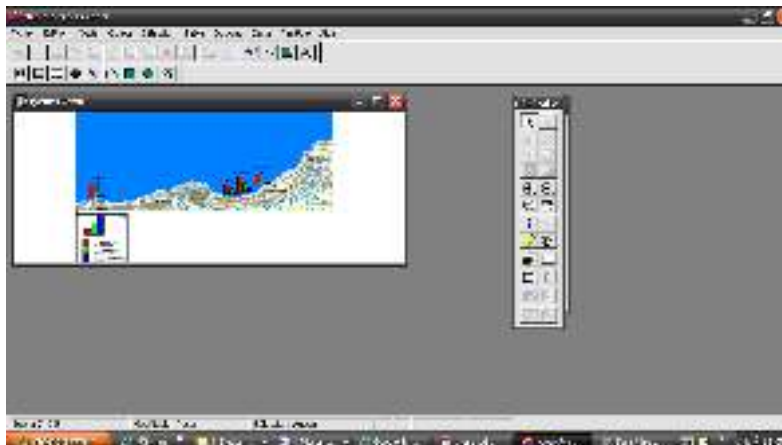
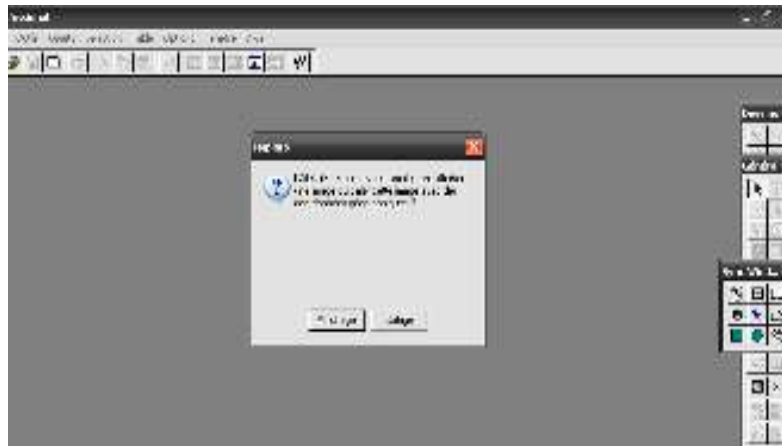
**Tableau 2 :** les valeurs limites de la qualité de l'eau de me

Paramètres	valeurs limites
Salinité	12-38 ‰
potentiel hydrogène	07- 9
Oxygène dissous	5,9 mg/l ou 80 ‰
Ammonium	0,1 mg/l
Nitrites	0,1 mg/l
Nitrates	100 mg/l
Phosphore	1 mg/l

(Rodier et al, 2005 ; mourou, 1996)

## Annexe VI

Les étapes suivies pour caller une image.







## **Conclusion générale**

Notre objectif avait porté sur la possibilité de corréler les résultats du contrôle bactériologique de l'eau de mer avec ceux du contrôle physico-chimique. Par ailleurs, nous cherchons par cette investigation à adresser un état des lieux sur les variations mensuelles de ces paramètres dans une importante zone littorale «la baie de Bou-Ismaïl ».

L'ensemble des résultats obtenus nous a permis de conclure les points suivants :

- Pour les analyses bactériologiques de l'eau de mer, les teneurs enregistrées dans les quatre stations sont conformes aux normes. On n'a pas observé un effet significatif des rejets urbains et industriels sur la qualité bactériologique de ces stations au moins durant la période d'étude, mais à titre préventif, un traitement de ces rejets est recommandé surtout pour la station de Bouharoun;
- Les paramètres abiotiques, en particulier, la température et la salinité, varient dans les limites saisonnières ainsi que les valeurs du pH et l'oxygène, mais avec plus de fluctuation;
- L'analyse spatiale des différents résultats, nous a permis de conclure que les résultats d'analyse bactériologiques montrent une distribution hétérogène des trois germes recherchés (Coliformes fécaux, Coliformes totaux et Streptocoques fécaux) ; et une répartition homogène pour les paramètres physico-chimiques.
- L'application du test statistique « ACP » montre que les paramètres physico-chimiques influent sur la répartition des différents groupes bactériologiques.
- La qualité des eaux de mer enregistrée est liée directement à l'activité maritime caractérisant chaque site de prélèvement (Activité portuaire, activité conchylicole).

A la lumière de ces résultats, nous avons constaté que la qualité des eaux de mer sur la baie de Bou-Ismaïl ne présente pas un grand risque de contamination, malgré les quelques balancements des paramètres enregistrés. La baie de Bou-Ismaïl est considérée comme un site ouvert soumis aux influences des vents de l'Est et l'Ouest, l'eau de mer peut donc facilement s'y renouveler ; et les concentrations en sels nutritifs (sels azotés et phosphates) restent faibles, caractéristiques des eaux côtières de la Méditerranée.

Pour compléter les données sur la pollution de la baie de Bou-Ismaïl, d'autres études seront nécessaires qui pourront porter sur les points suivants :

- Réaliser un échantillonnage assez important et varié.
- Dosage des métaux lourds.
- Transplantation des moules dans des stations les plus polluées (Programme de Bio-surveillance).
- Ouvrir la voie à de nouvelles applications pluridisciplinaires pour le suivi de la qualité des eaux telles que la télédétection (Traitement des images satellitaires).

### III .7 Discussion générale

#### 1° Paramètres abiotiques

##### *Paramètres physico-chimiques*

Les valeurs de la température et la salinité obtenues pour les quatre stations coïncident avec celles de tous les zones côtières algérienne déjà étudiés (**Houma et al, 2004; Belkacem, 2010; Elbey et al, 2010**). Les fluctuations de la température (14°C - 28°C) sont expliquées par un réchauffement normal et saisonnier, et qui influence sur la salinité par l'effet de l'évaporation. La salinité varie selon la température, la profondeur les apports en eau douce ainsi que la circulation océanique. Une salinité élevée conditionne un milieu acide, et les taux de salinité relativement faibles autorisent un *pH* compris entre 6.5 et 8 (**El Haji et Claude, 2001**).

Le *pH* mesuré au cours de notre période d'étude (compris entre 6,09 et 7,36) a des valeurs comparables à celles que l'on trouve dans la plupart des eaux côtières algérienne soumis à des stress anthropiques; la valeur maximale enregistrée le mois d'Avril (Bouharoun) peu être liée à l'activité portuaire dans ce site. Les variations du *pH* suivent celles de la température, la salinité, l'oxygène dissous et la vitesse du CO<sub>2</sub> dissous. D'après (**Billard, 2005**), le *pH* est l'un des facteurs les plus importants qui influe sur l'activité biologique de la microflore des eaux ; il ne pose pas de problèmes majeurs sauf dans le cas de milieux fortement eutrophisés.

Dans presque tous les échantillons obtenus, l'oxygène dissous à des concentrations incluent dans l'intervalle de (2,76 mg/l-7,45 mg/l). La saturation en oxygène dissous enregistrée le mois de Juillet au niveau de la filière conchylicole à Birrard (14mg /l) peut être expliquée par l'agitation des eaux, causées par l'hydrodynamisme, qui caractérise cette région (**Houma et al, 2004**).

Les concentrations minimales en oxygène dissous, retrouvées de septembre à novembre dans les deux stations A (Khemisti) et C (Bouharoun) qui sont caractérisés par l'activité portuaire, indiquant une forte consommation d'oxygène dans les processus de reminéralisation des matières organiques solides ou liquides provenant de l'activité de pêche des rejets urbains et des petites usines implantées dans la région (**Belkacem, 2010**) ; ou une multiplication des algues et du plancton qui réduit le passage de la lumière et qui s'accompagne d'une modification profonde de la faune, tant en quantité qu'en qualité (**Houma et al, 2004**).

##### *Paramètres chimiques*

Dans la baie de Bou-Ismaïl, le comportement des sels nutritifs ne peut être expliqué que par l'influence des paramètres suivants : les apports continentaux surtout près de la côte et l'activité biologique recouvrant à la fois la consommation par le phytoplancton et la régénération par les microorganismes qui est responsable de la dégradation de la matière organique (**Margalef et al, 1979 ; Aminot et al, 1997 et Bonnet et al, 2008**).

Généralement, la présence des nitrates dans les eaux côtières est due, soit au lessivage des sols agricoles, soit aux réactions oxydatives de l'azote ammoniacal et des nitrites. Les valeurs des nitrates, dans tous les prélèvements et les stations, ne dépassent pas la norme admise. En revanche, les deux concentrations relativement élevées enregistrées au niveau des stations de Khemisti (0,2mg/l) et Bouharoun (0,27 mg/l) peuvent être liées directement à la charge bactérienne, responsable de l'oxydation des nitrites en nitrates, qui est les *Nitobacter*.

Les nitrites proviennent de la réduction des nitrates en milieu anaérobie ou de l'oxydation de l'azote ammoniacal. La plupart des concentrations obtenues sont inférieures à la norme, ceci est dû à l'oxydation rapide qui les transforme en nitrates ou à leur utilisation par la macro-algue et les micro-algues « Phytoplancton » (**Coping -montégut G, 1996**). Cependant les valeurs relativement élevées obtenue de 0.185 mg/l en Juin et Juillet, peuvent être expliquées par la pollution organique à Gouraya.

Les fortes concentrations de l'azote ammoniacal dépassant les normes pour les différentes stations, elles sont probablement dues l'accélération de l'activité microbienne et la dégradation des matières organiques (**Plement, 1993**), ou par les rejets urbains industriels. Les faibles valeurs observées pour quelques prélèvements pourraient s'expliquer par un brassage de l'eau en période hivernale et l'utilisation préférentielle des espèces aquatiques de la forme ammoniacal d'azote ( $\text{NH}_4^+$ ) qui est la forme la plus réduite et la plus avantageuse du point de vue énergétique (**Bachari H-F, 2009**).

Les fortes teneurs observées en phosphore dans toutes les stations sont probablement dues, d'une part, à une émergence de l'activité phytoplanctonique, d'autre part, à l'activité bactérienne sur la matière organique en recyclant cet élément (**schlumberger, 2002**) ; ou par la présence du phosphore en quantité importante dans les rejets domestiques. Cet élément se comporte comme traceur des apports continentaux (**Aminot et al, 1997**) qui sont enrichis en Phosphate par les lessives ménagères. Alors que, les faibles teneurs observées en phosphore durant un cycle complet ne peuvent être expliquées que par le phénomène d'assimilation de cet élément par le phytoplancton.

## 2° Paramètres biotiques

Nos différentes analyses microbiologiques appliquées sur l'eau de mer, nous ont montré l'existence des coliformes totaux, coliformes fécaux, *E. coli* et streptocoques fécaux, au niveau des quatre stations mais globalement ils restent dans les normes.

Cependant, le niveau moyen des C .totaux, C .fécaux est relativement très élevé au site de Bouharoun comparé à celui des trois autres stations. Ce qui peut être logique étant donné que ce dernier se trouve à proximité d'un port de pêche très actif. Tandis qu'au niveau du site Berrard, caractérisé par la présence d'une filière conchylicol « KHABAR BAIE », l'évolution de la concentration des germes dans l'eau de mer respecte largement les normes

recommandées en se référant aux normes de salubrité, préconisées par l'arrêté du 21 juillet 1995 relatif au classement de salubrité, et à la surveillance des zones de production et des zones de repérage des coquillages vivants (JO du 1 Septembre 1995),

En revanche, des valeurs remarquables en *S. fécaux* sont enregistrées les mois de Mai et juin dans les trois stations (Khemisti, Berrard et Bouharoun) qui sont largement supérieures à la valeur guide ; cette augmentation peut être expliquée par l'intensité des rejets urbains et des petites unités industrielles implantées dans la Baie de Bou-Ismaïl sans oublier l'activité portuaire. Ces résultats sont en concordance avec ceux de **(Messoudi et Meftah, 2008)**.

Les streptocoques sont des témoins de la pollution fécale, ils résistent dans le milieu marin grâce à leurs caractéristiques physiologiques qui leur confèrent une meilleure adaptation par rapport aux autres germes indicateurs. Durant notre étude, nous avons confirmé la présence d'*E. coli* à l'aide de quelques gouttes de Kovacs ; la distribution et la dynamique de cette dernière diffèrent d'une station à une autre.

Nous avons constaté l'absence totale des agents pathogènes tels que les Salmonelles. Selon la Directive Européenne, la recherche des salmonelles n'est préconisée que dans le cas où une contamination fécale est déjà révélée par la présence de teneur élevée en bactéries indicatrices, qui obéit à une autre logique que celles des germes indicateurs. Il est cependant important de noter que la relation entre la présence des indicateurs comme les coliformes et les germes pathogènes tel que les Salmonelles n'est pas clairement établie **(George et servais, 2002)**. L'absence des Salmonelles est peut être justifiée par une contamination ancienne d'hydrodynamiques des eaux favorisant la dispersion des microorganismes d'où une détection difficile de ces dernières. Ces résultats sont en concordance avec ceux de **(Messoudi et Meftah, 2008)**.

### ***3° Analyse spatiale et multi variée des paramètres***

L'analyse multi variée nous a permis de résumer un ensemble de variables corrélées en un nombre réduit de facteurs non corrélés. Le couplage des paramètres microbiologiques et physicochimiques a permis de déduire que les 3 groupes microbiologiques sont corrélés beaucoup plus avec les variations de la salinité, l'oxygène et l'ammonium.

En absence d'activité biologique, la concentration d'oxygène dissous tend vers la saturation de l'eau **(Aminot et al, 1997)**. Ainsi, l'oxygène dissous favorise l'oxydation microbienne des aérobies qui en minéralisant la matière organique rend le milieu moins propice aux germes pathogènes ainsi que les matières organiques et le peuplement microbien considérables sont les consommateurs les plus importants de l'oxygène dissous.

Mais il est certain que les concentrations élevées en oxygène dissous constituent par leur action microbicide un des éléments essentiels de la disparition des germes.

L'oxygène dissous est donc un paramètre utile dans le diagnostic biologique du milieu « eau » **(Afnor, 2003)**.

Les nitrites et l'ammonium sont corrélés négativement avec les nitrates. Ces résultats sont en concordance avec ceux de **(Bejaoui et al, 2005 ; Boukef-Ben Omrane et al, 2009)**.

D'après nos résultats, la température et le *pH* n'ont pas montré une corrélation positive avec la charge bactérienne. Au dessus d'un seuil thermique compris entre 12 et 20°C, les ressources nutritives constitueraient le principal facteur limitant pour la croissance bactérienne. **Madigou, (2005) et Felip et al, (1996)** ont montré, à partir d'expérimentations menées in vitro, que la température possédait peu d'influence sur la production bactérienne si le milieu était riche en éléments nutritifs (C, N, P) **(madigou, 2005)**.

Dans notre cas le *pH* mesuré dans toutes les stations de prélèvement est un *pH* acide. Les études de **Bréand, (1998)**, ont montré que la mortalité bactérienne est induite par une baisse de *pH*. L'acidification du milieu présente un facteur de stress pour la population bactérienne ; ce qui explique la faible charge bactérienne au niveau de quelques stations de prélèvement.

L'ACP nous a permis parallèlement de ressortir les stations qui présentent les grandes fluctuations des paramètres mesurés. Les stations A (Khemisti) et D (Gouraya) sont représentées par l'axe 2 ; la station C (Bouharoun) est bien représentée par l'axe 1 et présente un taux élevé des germes, elle est de qualité bactériologique acceptable et une concentration importante de salinité. La station B (Birard) est bien représentée par l'axe 2 ; elle est de bonne qualité bactériologique et les paramètres physico-chimiques sont conformes aux normes.

De même, la Spatialisation des paramètres sur une carte ainsi la classification de la qualité bactériologique des eaux analysées par stations montre une dominance des stations de bonne qualité bactériologique (Khemisti, Birard et Gouraya) par rapport aux stations de qualité bactériologique acceptable, il s'agit du site de Bouharoun dont l'activité portuaire est accentuée.

Nous pouvons expliquer les fluctuations de la qualité entre les stations par la nature de leur activité aquacole dominante. La bonne qualité physique, chimique et bactériologique a été rencontrée fréquemment sur la station BIRRARD qui est caractérisée par la présence d'une filière conchylicole (Élevage des moules), ce qui n'été pas le cas pour les autres stations KHEMISTI, BOUHAROUN et GOURAYA (Présence du ports et/ou abri de pêche).

## Liste de figures et schémas :

### *Chapitre I*

- Figure.I.1** : Situation géographique de la baie de Bou-Ismaïl. 12
- Figure.I.2** : Pollution par les rejets industriels, urbains et les huiles au niveau de la baie de Bou-Ismaïl. Au niveau de Khemisti (A : les huiles, B : déchets solides). Au niveau de Bouharoun (C : Déversement d'un collecteur d'eau usée, D : déchets solide). 13

### *Chapitre II*

- Figure.II.3** : Localisation des stations de prélèvements. 15
- Figure. II.4** : Stations de prélèvements. 15

### *Chapitre III*

- Figure.III.5** : Variation mensuelle de la température 23
- Figure.III.6** : Variation mensuelle de la salinité 24
- Figure.III.7** : Variation mensuelle de potentiel hydrogène. 25
- Figure.III.8** : Variation mensuelle de l'oxygène dissous. 26
- Figure.III.9** : Variation mensuelle des nitrites. 27
- Figure.III.10**: Variation mensuelle des nitrates. 28
- Figure.III.11**: Variation mensuelle de l'azote ammoniacal. 28
- Figure.III.12**: Variation mensuelle de phosphore. 29
- Figure.III.13** : Répartition spatiale des paramètres physique dans la zone d'étude. 35
- Figure.III.14** : Répartition spatiale des sels nutritifs dans la zone d'étude. 36
- Figure.III.15**: Répartition spatiale des germes dans la zone d'étude. 37
- Figure.III.16**: Projection des paramètres physico-chimiques sur les plans factoriels. 39
- Figure.III.17**: Projection des paramètres bactériologiques sur les plans factoriels. 41
- Figure.III.18**: Projection des paramètres physico-chimiques et bactériologiques sur les plans factoriels. 43
- Figure.III.19**: projection des stations sur les plans factoriels. 44

### *Figures et schémas en Annexe III*

- Figure.1** : Dénombrement des coliformes totaux (milieu BCPL). Annexe III
- Figure.2** : Identification d' E .coli (annaux rouge). Annexe III

**Figure.3 :** Dénombrement des coliformes totaux et des streptocoques fécaux Annexe III

**Schéma.1 :** Dénombrement des streptocoques fécaux dans l'eau de mer Annexe III

**Schéma.2 :** Dénombrement des CT et CF dans l'eau de mer Annexe III

**Schéma.3 :** Dénombrement des Salmonelles dans l'eau de mer par filtration. Annexe III

### Liste des tableaux :

#### *Chapitre I*

**Tableau.I.1:** Concentration des principales espèces présentes dans une eau de mer. 4

#### *Chapitre II*

**Tableau.II.2:** Caractéristiques localisation des stations de prélèvements. 14

#### *Chapitre III*

**Tableau.III.3:** Variation mensuelle es coliformes totaux (CT). 30

**Tableau.III.4:** Variation mensuelle des coliformes fécaux (Cf). 31

**Tableau.III.5:** Variation mensuelle *d'E .coli*. 32

**Tableau.III.6:** Variation mensuelle des streptocoques fécaux. 33

**Tableau.III.7:** Origine de la pollution. 34

**Tableau.III.8:** Classification de la qualité bactériologique des eaux analysées selon les normes. 34

**Tableau.III.9:** Matrice de corrélation des paramètres physico-chimiques. 38

**Tableau.III.10 :** Résultats des valeurs propres des paramètres physico-chimiques. 39

**Tableau.III.11 :** Matrice de corrélation des paramètres bactériologiques. 40

**Tableau.III.12 :** Résultats des valeurs propres des paramètres bactériologiques. 40

**Tableau.III.13 :** Matrice de corrélation des variables mesurés (Physico-chimiques et bactériologiques). 42

**Tableau.III.14:** Résultats des valeurs propres des paramètres physico-chimiques et Bactériologiques. 43

#### *Tableau en Annexe II*

**Tableau 1:** Réactifs nécessaires pour le dosage des nitrites. Annexe II

**Tableau 2 :** Réactifs nécessaires pour le dosage de nitrate. Annexe II

**Tableau 3:** Réactifs nécessaire pour le dosage de phosphore. Annexe II

**Tableau 4:** Réactifs nécessaires pour le dosage de L'azote ammoniacal. Annexe II

**Tableau 5:** Nombre le plus probable(NPP) de micro-organismes dans 100 ml de l'eau. (Table de Mac-Grady) ; galerie de 3. Annexe II

***Tableau en Annexe IV***

**Tableau 1:** Variations mensuelles de la température. Annexe IV

**Tableau 2 :** Variations mensuelles de potentiel hydrogène. Annexe IV

**Tableau 3 :** Variations mensuelles de l'oxygène dissous. Annexe IV

**Tableau 4:** Variations mensuelles de la salinité. Annexe IV

**Tableau 5:** Variations mensuelles de l'azote ammoniacal. Annexe IV

**Tableau 6:** Variations mensuelles de phosphore. Annexe IV

**Tableau 7:** Variations mensuelles des nitrates. Annexe IV

**Tableau 8:** Variations mensuelles des nitrites. Annexe IV

***Tableau en Annexe V***

**Tableau 1 :** Qualité bactériologique des eaux de mer. Annexe V

**Tableau 2 :** Valeurs limites de la qualité de l'eau de mer. Annexe V



## Références bibliographiques

**Margalef R; Estrada M and Blasco D, 1979.** Functional morphology of organisms involved in Red Tides, as adapted to decaying turbulence. *In*: Taylor DL, Seliger HH (eds) *Developments in Marine Biology, Proceedings of the Second International Conference on Toxic Dinoflagellate Blooms, Key Biscayne, Florida, October 31 -November 5, 1978 -"Toxic Dinoflagellate Blooms"*. Elsevier North-Holland: 89-94.

**Aminot A ; chaussepied.M, 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO. P45, 63.

**Hned F, 1987.** Milieux et réactifs de laboratoire Pasteur ; microbiologie immunologie. 3<sup>ème</sup> édition. P3, 93, 30.

**Weibe j et al, 1992.** Bacterial growth in the cold: evidence for an enhanced substrate requirement. *Applied and environmental microbiology* .P 359,364.

**Hoch M-P et Kirchman D-L, 1993.** Seasonal and inter-annual variability in bacterial production and biomass in a temperate estuary. *Marine Ecology progress Series*, P 283,295.

**Joanny M; Belin C; Miossec I; Paul berthom j; Grouhel A; Raffin B, 1993 .** Qualité du milieu marin littoral .édition Ifremer. P 8.

**Plement j, 1993.** Bactérie et environnement. P889.

**Coping-motégut G, 1995.** Contenu en sel et salinité /physique et chimie marine.

**Gaujous D, 1995.** La pollution des milieux aquatiques aide mémoire .2<sup>ème</sup> édition ; revue et augmentée. TEC et DOC Paris, P15, 199.

**Coping-montégut G, 1996.** Chimie de l'eau de mer. Institut océanographique .Paris . p 239.

**Felip M; Pace M-L et Cole j-j, 1996 .** Regulation of planktonic bacterial growth rates effects of temperature and resources .*Microbial Ecology*. P15-28

**Glossary of Environment Statistics, 1997.** Studies in Methods, Series F, No. 67, United Nations, New York, .OECD Glossary of Statistical Terms - Marine pollution Definition.mht.

**Aminot A, Guillard J-F et Kérouel R, 1997.** La baie de Seine : hydrologie, nutriments et chlorophylle (1978-1994). *Edition : Ifremer, France, P148.*

**Joanny M, 1997.** Surveillance de l'environnement littoral. Edition **Ifremer**. P 8.

**Kaplan A et Bott, 1998.** Fluctuations in bacterial activity on streambed substrata during vernal algal blooms: effects of temperature, water chemistry, and habitat.

**Breand, 1998.** Étude biométrique de la réponse d'une population bactérienne à une variation défavorable de température ou de pH. Application en microbiologie prévisionnelle alimentaire. Thèse de DOCTORAT, Université Claude Bernard –Lyon I.

**Guiraud J-P, 1998.** Microbiologie alimentaire : technique de laboratoire. Paris. p160.

**Ramade F, 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. *Edition: Ediscience International, France, .P428 .*

**Benmokhtare R, 2000.** Contrôle bactériologique ; sous la direction de Yves .C. (programme boursier Algéro-Français), P13. Thèse de Doctorat, L.D.A 56 ANTENNE DE LORIENT.

**El Haji M et Claude L, 2001.** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique dans les plans d'eau portuaires. *SESSION V : Innovation en génie civil - génie côtier.*

**George. I et Servais.p, 2002.** Source et dynamique des coliformes dans le bassin de la Seine. Ecologie des systèmes aquatiques. Université de Libre Bruxelles. Belgique. P46.

**Arrignon J, 2002.** L'aquaculture de A à Z. Edition Tec et Doc. P439.

**Hnatiuc, 2002.** Procédés électriques de mesure et de traitement des polluants. Edition TEC et DOC .Lodres-Paris-New York, P5.

**Gevernier, 2002 .** Chimie de l'eau de mer ; caractéristiques physico-chimiques de l'eau de mer\_ Aquarium récifal - aquarium marin - aquarium eau de mer - .

**Schlumberger O, 2002.** Mémento de pisciculture d'étang .Edition : Cimagref. P39.

**Trébaol B ; Delarras C, 2003 .** Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux ; Réglementation - Prélèvements – Analyses. Edition médicales internationales TEC et DOC .Londres, Paris, New York. P 97.

**Faurier C, 2003.** Ecologie, Approche scientifique et pratique .5<sup>ème</sup> édition, édition Tec et Doc. Paris, P 192.

**Afnor, 2003.** Qualité de l'eau : environnement, Paris.

**Houma F, Boulahdid M, Khouider A, 2004.** Etude corrélative des paramètres physico-chimique et des données satellitaires IRS1C pour caractériser la pollution aquatique .Application à la baie d'Oran, Algérie. Revue scientifique de l'eau, Rev.Sci.Eau.

**Joly B et Rynauld A, 2004.** Edition tec et doc .entérobactérie systématique et méthodes de diagnostic P 28.

**Athènes, 2005.** Projet de protocole sur la gestion intégrée des zones côtières de la Méditerranée.

**Billard R, 2005** .Introduction à l'aquaculture .édition tec et doc p 38.

**Madigau E, 2005.** Influence du statut trophique de cours d'eau sur les fonctionnalités microbiennes des biofilms .Thèse de DOCTORAT .Université Claud Berinard, Lyon II. P 260.

**Vernozy C-H. Pierre Montet M, 2005.** *Escherichia coli*. 2<sup>ème</sup> édition .P 2.

**Beachanp j, 2006.** Océanographie, Université de Picardie Jules Vemes.

**Kerfouf A , 2007.** Le dessalement de l'eau de mer dans la perspective d'une gestion intégrale et d'un développement durable. Cas de la station de dessalement d'Oran. *Laboratoire d'éco-développement des espaces, Université Djillali Liabès, Sidi Bel Abbés.*

**Aminot A et kéroul R, 2007.** Dosage automatique des nutriments dans les eaux marines ; 4ème édition. P 77, 86,102, 123 /Ifremer Brest, département Dynico –laboratoire écologie pélagique.

**Bonnet S ; Guieu C ; Bruyant F-O ; Wambeke V ; Raimbault P et Moutin C, 2008.**

Nutrient limitation of primary productivity in the Southeast Pacific. (*BIOSCOPE cruise*) Biogeosciences.P 5, 215.

**Messoudi S ; Meftah Y, 2008.** Contrôle physico-chimique et bactériologique du port de Khemisti et étude de la biodégradabilité d'un hydrocarbure par les souches isolée localement. P4. Mémoire de fin d'étude, Université de Blida.

**Bachari H -F, 2009.** Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire. Thèse de Doctorat du l'Université du Val de Marne Paris XII.

**Boukef-Ben Omrane I et al, 2009.** Étude de l'influence des facteurs environnementaux sur la distribution de différentes populations bactériennes dans une station mytilicole de la lagune de Bizerte (Nord-Tunisie) ; revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 22, n° 1, 2009, P79-91.

**Belkacem Y, 2010.** Intégration des mesures et des données satellitaires dans un système d'information géographique pour caractériser les eaux côtières. Thèse de Magister de l'Université des Sciences et de la Technologie «Houari Boumediene».

**Mahdaoui A et Elbey A, 2010.** Contrôle de la qualité d'eau de mer du site conchylicole « KHABAR BAIE DE BOU-ISMAIL » et étude de la biodégradabilité de Naphtalène, P2. Mémoire de fin d'étude, Université de Blida.

**Les sites web consultés:**

Géographie de la ville de Bou-Ismaïl.mht  
[cnrdpa@wissal.dz](mailto:cnrdpa@wissal.dz) - [www.cnrdpa.dz](http://www.cnrdpa.dz)



