

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEINGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
المعهد الوطني لعلوم البحر و تهيئة الساحل
INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMENAGEMENT DU LITTORAL



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

OPTION : Environnement marin

SUJET

**Qualité physico-chimique, sels nutritifs et
Bactériologique dans la baie de Bou-Ismaïl
et le port de Bou-Haroun**

Présenté par : SAMARI Nadia.

Devant la commission d'examen formée de :

Président :	Mr. HAMDANE Y.	Docteur.
Examineur :	Mr. LOURGUIOUI H.	Chargé de cours.
Examineur :	Mr. DERRICHE M.	Chargé de cours.
Promotrice :	Mme. HOUMA-BACHARI F.	Maître de conférences.

Soutenu le : 23 juillet 2008.

PROMOTION 2007/2008

REMERCIEMENTS

En premier lieu, je remercie Dieu pour sa clémence et ma donné le courage, la volante et sursaut la santé pour réaliser ce modeste travail.

C'est un plaisir autant qu'un devoir d'exprimer mes gratitudees à toutes les personnes ayant contribué, chacune à sa manière, pour le bon déroulement de ma formation, et la réalisation de ce modeste travail.

Je tiens à remercier vivement Monsieur HAMDANE Y d'avoir, accepté de présider ce jury.

Je remercie Monsieur DRICHE Mohamed d'avoir accepté d'examiner et corriger ce travail.

Mes remerciements au Monsieur LOURGVIOUI Hichem d'avoir accepté d'examiner et corriger ce travail et pour ses conseils et sa disponibilité.

Mes vifs remerciements au Madame HOUMA-BACHARI Fouzia d'avoir accepté de m'encadre dans la réalisation de ce travail et pour tout ce qu'elle a fait pour moi.

Je tiens à remercier Madame AMROUCHE Lynda pour sa disponibilité au cours de réalisation de ce travail et sa gentillesse.

Mes vifs remerciements vont aussi aux membres de laboratoire de l'I.S.M.A.L, Madame EDALIA, Monsieur BOUDJALLAL et surtout Monsieur MATOUK Youcef pour leurs conseils, aides, et temps.

Mes infiniment remerciements vont a ma famille pour tout ce qu'ils ont fait pour moi durant mes études, qui étaient toujours là à mes côtés.

Mes remerciements a tout les professeurs de l'I.S.M.A.L. que j'ai l'honneur de les rencontrées et être parmi eux pendant mes études.

Mes ami(e)s.

Merci pour vous.

Dédicaces

*Ma mère et Mon père
Mes frères Walid et Khalil
Mon adorable petite sœur Karima
Mes professeurs de l'I.S.M.A.L.*

SAMARI Nadia

SOMMAIRE

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Généralités	
1. Définition de la pollution	3
2. Les principales causes de pollution des eaux	3
3. Les descripteurs physico-chimiques des milieux marins	4
3.1. Température T	4
3.2. Salinité S	4
3.3. Oxygène dissous OD	4
3.4. Potentiel d'hydrogène pH	5
4. Les sels nutritifs	5
4.1. Notion des nutriments	5
4.2. Origine des sels nutritifs	6
4.3. Les différents formes des sels nutritifs	6
4.3.1. Azote	6
4.3.1.1. Azote ammoniacal NH_4^+	7
4.3.1.2. Nitrates NO_3^-	7
4.3.1.3. Nitrites NO_2^-	7
4.3.2. Les composées phosphorées PO_4^{3-}	8
4.4. Les cycles biogéochimiques des sels nutritifs	9
4.4.1. La photosynthèse	10
4.4.2. La minéralisation	10
4.4.3. L'excrétion	11
4.4.4. La nitrification	11
4.4.5. La dénitrification	11
4.5. Eutrophisation	13
5. Les paramètres indicateurs de pollution	14
5.1. Demande biochimique en oxygène DBO_5	14
5.2. Demande chimique en oxygène DCO	14
5.3. Turbidité Tu	15
5.4. Matière en suspension MES	15
5.5. Matière organique MO	16
6. Les germes indicateurs de contaminations fécales	16
6.1. Les coliformes	16
6.1.1. Les coliformes totaux	17
6.1.2. Les coliformes fécaux	17
6.2. Les streptocoques fécaux	17

Chapitre II : Présentation de la zone d'étude.

I. La baie de Bou-Ismaïl	19
I.1. Situation géographique	19
I.2. Sédimentologie de la baie de Bou-Ismaïl	20
I.3. Réseau hydrographique.....	21
I.4. Conditions météorologiques dans la baie de Bou-Ismaïl.....	22
I.4.1. Vents	22
I.4.2. Température et précipitations	22
I.4.3. Pluviométrie.....	22
I.5. Les facteurs hydrodynamiques	23
I.6. Géomorphologie de la baie de Bou-Ismaïl	23
I.7. Sources de pollution dans la baie de Bou-Ismaïl.....	24
II. Port de Bou-Haroun	26
II.1. Localisation géographique du port de Bou-Haroun	26
II.2. Sédimentologie du port de Bou-Haroun.....	26
II.3. Caractéristiques du port de Bou-Haroun	27
II.4. Bathymétrie du port de Bou-Haroun	28
II.5. Les problèmes au niveau du port de Bou-Haroun.....	28

Chapitre III : Matériels et Méthodes.

I. Choix et localisation des stations	30
II. Travaux en mer.....	31
II.1. Prélèvement de l'eau de mer	31
II.2. Mesure des paramètres physico-chimiques	31
II.2.1. Oxygène dissous.....	31
II.2.2. Température.....	32
II.2.3. Potentiel d'hydrogène.....	32
II.2.4. Salinité.....	32
III. Travaux au laboratoire	32
III.1. Dosage des sels nutritifs.....	32
III.1.1. Principe de dosage des sels nutritifs.....	32
III.1.2. L'analyse des sels nutritifs	33
III.1.2.1. Dosage de l'azote ammoniacal.....	33
a. Les réactifs	33
b. Etalonnage.....	34
c. Mode opératoire	35
III.1.2.2. Dosage de l'azote nitreux.....	35
a. Les réactifs	35
b. Etalonnage.....	36
c. Mode opératoire	36
III.1.2.3. Dosage de l'azote nitrique.....	36
a. Les réactifs	36
b. Colonne réductrice	37
c. Etalonnage	39
d. Mode opératoire	39
III.1.2.4. Dosage du phosphore minéral dissous	40
a. Les réactifs	40
b. Etalonnage.....	41

c. Mode opératoire	42
III.1.3. Calcul et expression des résultats.....	42
III.2. Dosage des paramètres indicateurs de pollution.....	43
III.2.1. Mesure de la matière en suspension.....	43
a. Principe de la méthode	43
b. Appareillage et mode opératoire	43
c. Calcul et expression des résultats.....	43
III.2.2. Mesure de la matière organique particulaire.....	44
III.2.3. Mesure de la turbidité	44
a. Matériels de mesure.....	44
b. Etalons.....	44
c. Mode opératoire	45
d. Calculs, expression des résultats.....	46
III.2.4. Détermination de la demande chimique en oxygène	46
a. Les réactifs	46
b. Etalonnage.....	47
c. Mode opératoire	47
d. Calcul et expression des résultats.....	47
III.2.5. Dosage de la demande biochimique en oxygène	48
a. Principe.....	48
b. Réactifs.....	48
c. Mode opératoire	49
d. Calcul et expression des résultats.....	50
III.3. Etude bactériologique.....	50
III.3.1. Prélèvements	50
III.3.2. Le dénombrement bactérien.....	51
III.3.2.1. Matériels.....	51
III.3.2.2. Protocole de travail	52

Chapitre IV : Résultats et Discussions.

I. Variation des paramètres physico-chimiques	54
I.1. Température	54
I.2. Potentiel d'hydrogène	55
I.3. Salinité	56
I.4. Oxygène dissous en mg/l.....	57
I.5. Oxygène dissous en % (pourcentage de saturation)	59
II. Variation des paramètres mesurés au laboratoire.....	60
II.1. Les ions nitrites NO_2^-	61
II.2. Les ions nitrates NO_3^-	62
II.3. Ammonium NH_4^+	63
II.4. Orthophosphates PO_4^{3-}	64
II.5. Matière en suspension MES.....	65
II.6. Matière organique particulaire MO	66
II.7. Demande chimique en oxygène.....	67
II.8. Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.....	68
II.9. Rapport de biodégradabilité DCO/DBO ₅	70
II.10. Turbidité	71
II.11. Oxygène dissous.....	71

III. Variation des paramètres bactériologiques	72
III.1. Les coliformes totaux	73
III.2. Les coliformes fécaux	74
III.3. Les streptocoques fécaux	75
III.4. Etude de l'origine de pollution CF/SF	76
Conclusion	78
Bibliographie	
Liste d'abréviation	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Annexes	

INTRODUCTION

Introduction

Depuis l'antiquité, le littoral en Algérie a été particulièrement convoité. L'ouverture sur la méditerranée en a fait un lieu d'échanges commerciaux et culturels. Son climat et sa position géographique ont favorisé l'implantation des établissements et des activités humaines.

Le littoral Algérien est caractérisé par une concentration de la population et des activités industrielles, agricoles, touristiques et maritimes. Il apparaît comme le réceptacle de tous les polluants d'origine anthropiques fertilisants et toxiques, entraînent par la suite des modifications considérables de la structure et du fonctionnement des écosystèmes marins, surtout l'herbier *Posidonie oceanica* qui présente un intérêt économique qu'écologique.

Seule une politique environnementale globale peut guérir la dégradation progressive du milieu marin.

Ce littoral est aussi caractérisé par plusieurs baies. Nous avons choisi la baie de Bou-Ismaïl, notre zone d'étude, par ce qu'elle connaît des interventions humaines intensives de différents types (industriels, agricoles, domestiques). Le nombre de rejet recensé au niveau de cette baie est 67 (la wilaya de Tipaza seulement) (Wilaya de Tipaza, synthèse-bilan diagnostic 2006). Avec un débit journalier de 24 892 m³/j, ce qui provoque par suite des perturbations et des modifications sur le milieu récepteur et des risques pour la santé humaine en raison de son extension touristique surtout en période estivale.

Le port de Bou-Haroun se situe dans la baie de Bou-Ismaïl. Il est considéré comme le deuxième plus important port de pêche en Algérie, néanmoins, il souffre d'une mauvaise gestion qui entrave son bon fonctionnement. En plus de la pollution domestique, qui se déverse sans aucun traitement préalable, le port subit aussi les rejets des activités d'entretien.

Pour déterminer la qualité des eaux de la baie et du port, une sortie a été réalisée le 4/5/2008, les analyses des différents descripteurs de pollution ont été réalisées au niveau du laboratoire de l'I.S.M.A.L et l'institut Pasteur pour la détermination de la qualité bactériologique.

Pour la réalisation de ce travail, nous avons suivi les démarches suivantes :

Chapitre I : Nous rappellerons quelques notions de base concernant la pollution et ses origines, les différents descripteurs qui nous permettent de donner un aperçu sur l'état de pollution dans cette baie ; tels que les paramètres physicochimique, les indicateurs de pollution, les différents aspects des sels nutritifs. Finalement une partie bactériologique est incluse pour décrire la pollution fécale.

Chapitre II : Nous présenterons la zone d'étude dans ses différents cadres : géologique, sédimentologique, hydrique suivis par les sources de pollution

Chapitre III : Nous nous attacherons à décrire les protocoles et les méthodes d'analyse aussi bien sur le terrain qu'au laboratoire.

Chapitre IV : est consacré aux résultats et discussions, comportent 3 parties : la première traite les résultats in situ, le deuxième traite les résultats des paramètres mesurés au laboratoire et en dernier ; une partie traitent les données ultérieurs.

Ce chapitre est suivi d'une conclusion générale.

Du fait de la non répétitivité des prélèvements, ce travail ne constitue qu'une image de la pollution chimique, physique et bactériologique à un moment donné et non une étude exhaustive de la pollution.

1. Définition de pollution.

Selon la convention des nations unis sur le droit de la mer 1982, la pollution est définis comme : « *introduction directe ou indirecte par l'homme de substances ou d'énergie dans le milieu marin y compris les estuaires, lorsque elle a ou peut avoir des effets nuisible tels que les dommages aux ressources biologiques à la faune et flore marine, risque pour la santé de l'homme, entrave aux activité maritime y compris la pêche et les autres utilisation légitimes de la mer, altération de la qualité de l'eau de mer du point du vue de son utilisation et dégradation des valeurs d'agrément* » (Revue maritime trimestrielle ; 1861).

2. Principales causes de pollution des eaux.

On peut distinguer plusieurs catégories de pollution des eaux selon la nature et les usages des polluants qui sont à l'origine de ces pollutions. Malgré le caractère toujours arbitraire d'une typologie, il est possible de proposer une classification des diverses causes de pollution des eaux fondées sur la nature physicochimique, de leurs agents et les usages ou les activités qui en sont à l'origine (Tableau 1)

Type de pollution	Nature physicochimique	Source ou agent causal
I. Pollution Physique : thermique, pollution radioactive	Rejet d'eau chaude, radio-isotope	Centrales électriques, installation nucléaires
II. Pollution Chimique Pollution par les engrais Pollution par des éléments toxiques Pollution par les pesticides Pollution par les détergents Pollution par les hydrocarbures Pollution par les composés organochlorés Pollution par les divers autres composés organiques de synthèse	Nitrates, phosphates Cadmium, Mercure, Plomb Insecticides, herbicides Agents tensioactifs Pétrole brut et ses dérivés PCB, insecticides, solvants chlorés Très nombreuses molécules > 120 000	Agricoles, lessives Industrie, agriculture, combustions (pluies acides) Agriculture Effluents domestiques Industries pétrolières, transports Industrie, agriculture Industries, usages dispersifs en particulier domestiques pour certains
III. Matières organiques fermentescibles	Glucides, Lipides, Acides nucléiques	Effluents domestiques, agricoles, industries agroalimentaires, industries de bois
IV. Pollution microbiologique	Bactéries, virus entériques, champignons	Effluents urbains, élevage, abattoir

Tableau 1 : Principales sources de pollution des eaux (Mitchell *in* Ramade. F ; 1998).

3. Descripteurs physico-chimiques des milieux marins.

3.1. Température.

La température est un descripteur pour la connaissance du milieu marin, elle influe sur l'activité biologique et sur la répartition des espèces, la mesure de la température est indispensable pour le traitement ou l'interprétation d'autres paramètres tel que : la saturation des gaz dissous, la mesure du pH (Aminot et al ; 2004).

La température fait partie des traceurs océaniques conservatifs, qui sont capables de caractériser et de décrire l'évolution et l'historique d'une masse d'eau ou d'un phénomène océanique.

3.2. Salinité.

La salinité est comme la température, est un paramètre indispensable en milieu marin, en milieux côtiers et estuaires, la salinité est le traceur conservatif idéal des mélanges entre l'eau douce et l'eau de mer (Aminot et al ; 2004).

La première définition de la salinité et de la chlorinité est en 1902 par Sorensen :

- ❖ « La salinité est la masse en grammes, des substances solides contenues dans un kilogramme d'eau de mer, quand les ions bromure et iodure sont remplacés par leur équivalent de chlorure, les carbonates convertis et toutes la matière organique oxydée ».
- ❖ « La chlorinité est la masse, en gramme, de chlore, équivalent à la quantité totale d'halogènes, dans un kilogramme d'eau de mer ».

En 1969, la chlorinité était convertie en salinité selon l'équation suivante :

$$S(\text{‰})=1,805 \text{ Cl}(\text{‰}) + 0,030$$

3.3. Oxygène dissous.

L'oxygène dissous (OD) intervient dans la plupart des processus biologiques permettant la vie terrestre et marine, son absence ou simplement en dessous de certaines concentrations de nombreuses espèces vivantes meurent et l'effet des substances toxiques est amplifié lorsque la concentration en oxygène est insuffisante (Aminot et al ; 2004). La concentration en oxygène dissous dans l'eau résulte des processus physiques, chimiques, biologiques :

- Echanges air- mer (gain ou perte).
- Diffusion et mélanges au sein de la masse d'eau.

- Photo-oxydation (perte).
- Oxydation chimique (perte).
- Respiration des organismes aquatiques, y compris minéralisation (perte) nitrification (perte).
- Photosynthèse (gain).

En absence de processus chimiques et biologiques, la concentration de l'oxygène dans l'eau au contact de l'air n'est fonction que de la pression atmosphérique, de la température et de la salinité, on parle de **la concentration d'équilibre** ou **saturation**.

3.4. Potentiel d'hydrogène (pH).

Selon Sorensen en 1909 le pH est défini comme : « le *cologarithme décimal de la concentration en ions H^+* » (**Aminot et al ; 2004**).

$$pH = - \log_{10} C_H$$

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

Le système des carbonates comprend en solution, le CO_2 , l'hydrogènocarbonate (HCO_3^- : forme majoritaire) et les carbonates (CO_3^{2-}), avec une concentration totale d'environ 2 à 2,5 mmole/L dans une eau de mer de salinité 35‰.

Le pH de l'eau de mer en contact de l'atmosphère est de l'ordre de 8 à 8,3 il est affecté par les processus naturels qui déplacent les équilibres du système carbonique, comme la poussée du phytoplancton, consommatrice de CO_2 , ou la reminéralisation de la matière organique, productrice de CO_2 (**Copin-Montégut ; 1996**).

4. Les sels nutritifs.

4.1. Notion des nutriments.

Les nutriments : l'azote, le phosphore, et le silicium sont indispensables à la nutrition des organismes, sont appelés « *éléments nutritifs* ». Les deux premiers représentent respectivement que 6 % et 1 % de la biomasse (**Aminot et al ; 2004**).

Les sels nutritifs sont la base de la production primaire des eaux de surface en utilisant la lumière comme source d'énergie (c'est la photosynthèse). Ils sont utilisés comme des traceurs chimiques non conservatifs, ils forment un outil très

Importants pour la caractérisation et l'identification des masses d'eaux et pour l'étude et la compréhension des différents phénomènes océaniques : circulation des eaux, productions primaire marines.

Les éléments nutritifs sont présentés dans le milieu aquatique sous diverses formes organiques en solution ou dans le matériel particulaire.

Les variations de ses sels sont gouvernées par les facteurs physiques, chimiques et biologiques (**Jacques et al ; 1986**)

Les nutriments peuvent être comme la lumière des facteurs limitants de la croissance algale, lorsque il y a une forte consommation, ils peuvent aussi représenter des nuisances indirectes telles que l'eutrophisation en l'anoxie du milieu qui est engendrés par une perturbation du cycle des éléments nutritifs, à cause d'apports excessifs extérieurs au milieu (apports fluviaux, rejets urbains) (**Aminot et al ; 2004**).

4.2. Origines des sels nutritifs.

Les sels nutritifs dissous en milieu marin ont diverses origines et peuvent être classées en deux sources principales : sources internes et les autres externes.

➤ **Source interne :**

Est la source la plus importante, car à elle seule présente environ 97% (**Boulaïdid ; 1987**). Cette source est assurée par la régénération des sels nutritifs à partir du matériel biogéniques présent dans l'eau de mer. Elle comprend donc toutes les réactions biogéochimiques et autres réactions (oxydation, dégradation de la matière organique) qui s'effectuent le long de la colonne d'eau de mer, les sels nutritifs peuvent être aussi rediffusés et régénérés à partir du sédiment marin (valable au large).

➤ **Source externe :**

Regroupe tous les apports continentaux qui sont transportés à la mer, soit par la voie éolienne ou par voie fluviale. Ces derniers peuvent contenir des substances toxiques pour le milieu marin (**Boulaïdid ; 1987**).

4.3. Différentes formes des sels nutritifs.

4.3.1. Azote.

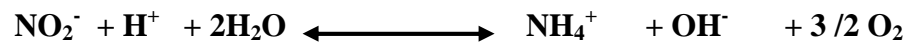
Est présenté sous forme d'ion nitrate NO_3^- , nitrite NO_2^- et ammonium NH_4^+ , et de composés organiques tels que l'urée ou les acides aminés (**Copin-Montégut ; 1996**) (**Figure 1**).

4.3.1.1. Azote ammoniacal.

Il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac (NH_3) et l'ammonium (NH_4^+) dont les proportions relatives dépendent du pH , de la température et de la salinité. (**Aminot et al ; 1983**). Ces deux espèces traduisent un équilibre acido-basique, que l'on peut représenter par le domaine de prédominance (**Gaujous ; 1995**).

- $\text{pH} < 9,2$ on trouve l'ammonium (NH_4^+).
- $\text{pH} > 9,2$ on a l'ammoniac (NH_3), qui est un gaz peu soluble, qui se dégage facilement dans l'atmosphère.

Il provient des excréments animaux et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés par un mécanisme bactérien appelé ammonification, et la réduction des nitrates en milieu anaérobie par un mécanisme bactérien selon la réaction suivante :



4.3.1.2. Nitrates (NO_3^-).

L'ion nitrate est une forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. Il ne présente pas de faculté de complexation ou d'absorption. Il entre dans le cycle de l'azote comme support principale de la croissance phytoplanctonique, il est ensuite régénéré. Lorsque la vitesse de régénération est inférieure à la vitesse d'utilisation, les ions nitrates sont un facteur limitant de la croissance des algues (**Aminot et al ; 1983**).

Il résulte de l'oxydation des nitrites (NO_2^-), qui est une réaction exothermique ($\Delta G^\circ = -18 \text{ Kcal}$), opérée par des bactéries Nitrobacter et on parle de nitrification.

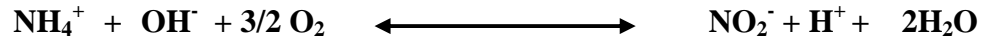
Les nitrates sont la forme la plus répandue dans l'océan, il représente 65% du stock de l'azote la concentration varie de 0 $\mu\text{mole/L}$ en surface à plus de 45 $\mu\text{mole/L}$ dans les eaux profondes mais dans les estuaires lorsque la salinité décroît, et les apports terrigènes augmentent les concentrations pouvant atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre (**Aminot et al ; 1983**).

4.3.1.3. Nitrites (NO_2^-).

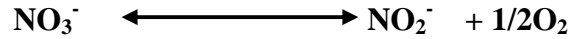
Dans le cycle de l'azote, les ions nitrites sont des intermédiaires entre l'azote ammoniacal et ions nitrates, les concentrations retrouvées dans les eaux naturelles, douces ; saumâtre, marines vont de zéro à quelques ($\mu\text{mol /L}$) (**Aminot et al ; 1983**).

Les nitrites résultent de :

- L'oxydation de l'ammonium par la réaction nitrosation qui est exothermique opérée par des bactéries (Nitrosomonas) :



- La réduction des nitrates dans les milieux anoxiques ou pauvres en oxygène dissous, opérée par les bactéries anaérobiques, selon la réaction suivante :



- La présence dans les excréments des organismes marins.

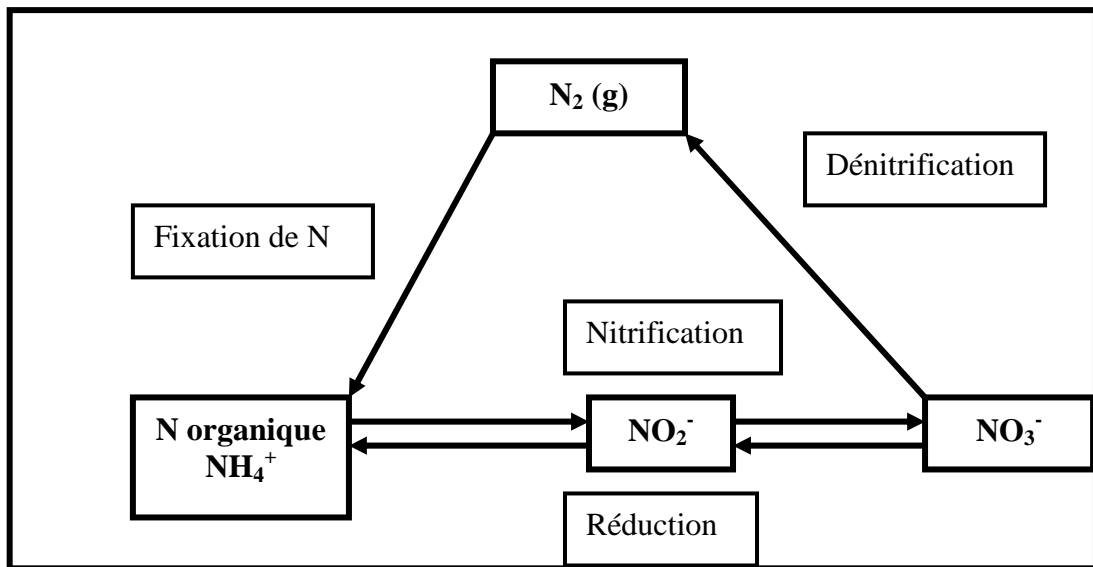
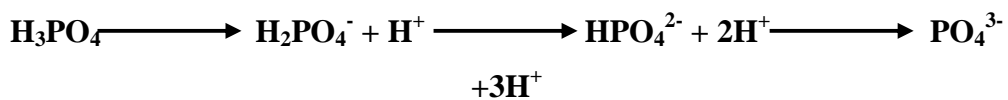


Figure 1 : Les principaux processus de transformation de l'azote par catalyse biologique.

4.3.2. Composées phosphorées (PO_4^{3-}).

Le phosphore dans l'eau de mer existe sous forme dissoute et particulaire, organique (les phospholipides, ADN, ARN, ATP) et inorganique présentés essentiellement par les ions orthophosphates, qui se trouve sous deux formes PO_4^{3-} (10%) et HPO_4^{2-} (90%) ; H_2PO_4^- présente moins 1% (Aminot et al ; 1983).

Ces différentes formes sont issues de la dissociation de l'acide orthophosphorique selon les équilibres suivants :



Dans la zone superficielle, le phosphore est très consommé par le phytoplancton au point que ses concentrations peuvent être non mesurables (bloom printanier) (Copin-Montégut ; 1996), généralement, elles sont de l'ordre de 0 à 1 $\mu\text{mole/L}$.

Les teneurs augmentent avec la profondeur au dessous de la couche euphotique pour atteindre au maximum qui est le minimum de l'oxygène dissous, avec une légère fluctuation selon la région océanique, environ 3 $\mu\text{mole/L}$.

Béthoux et al 2002 in Hamaoui.L ; 2006 montrent que dans les eaux profondes méditerranéennes (bassin algéro-provençal) les concentrations de phosphates ont augmenté de 0,38 $\mu\text{mole/Kg}$ à 0,47 $\mu\text{mole/Kg}$ en trente ans, et attribuent cette augmentation à l'augmentation d'apports terrigènes anthropiques (origine domestique ou agricole).

4.4. Cycles biogéochimiques des sels nutritifs (figure 2).

Dans un écosystème naturel, les nutriments sont consommés sous forme minérale dissoute par les producteurs primaires (phytoplancton). Intégrés dans la biomasse (assimilés).

Les nutriments organiques sont progressivement régénérés sous leur forme minérale originelle :

- soit par le biais de leur ingestion puis de leur excrétion par les différents échelons des animaux de la chaîne alimentaire.
- soit à la mort de la biomasse, par suite de la dégradation directe par les bactéries hétérotrophes.

C'est le cycle des éléments nutritifs, qui fonctionne grâce à plusieurs processus que selon les conditions environnementales, peuvent se dérouler plus ou moins simultanément ou se succéder. (**Aminot et al ; 2004**) (**Tableau 2**).

Tableau 2 : les principaux mécanismes impliquant les nutriments (Aminot et al ;2004)

mécanismes	consommation	production
photosynthèse	NID , PO_4^{3-} , H_4SiO_4	NOP , POP , BSi
Minéralisation (excès de N, P)	NOP , POP , NOD , POD	NH_4 , PO_4^{3-} , NOP , NOD
Minéralisation (excès de C)	NOP , POP , NOD , POD	NOP , POP
Sécrétion, excrétion		NOD , NOP , POP , NH_3
Rupture des cellules	NOP , POP	NOD , POD , PO_4^{3-}
Nitrification (nitritation)	NH_4^+	NO_2^-
Nitrification (nitration)	NO_2^-	NO_3^-
dénitrification	NO_3^-	N_2 , N_2 , NH_4^+ , NO_2^-
dissolution	BSi	H_4SiO_4

4.4.1. Photosynthèse.

C'est le principal mécanisme de production primaire de la biomasse dans le milieu marin. La lumière est la source d'énergie indispensable, seules les eaux superficielles sont le siège de ce processus.

L'azote inorganique assimilé peut provenir d'ammonium, de nitrite ou de nitrate, toutefois, le phosphore est fourni par le phosphate, mais les cellules sont capables d'hydrolyser le phosphore organique dissous grâce à des enzymes externes (fixés ou non à la cellule) en cas de déficit en phosphate (**Aminot et al ; 2004**).

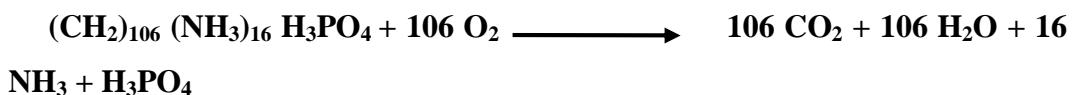
4.4.2. Minéralisation (Régénération).

La matière organique dissoute (sécritée par les cellules ou libérée à leur mort) et la matière organique particulaire détritque (excrétée par les organismes supérieurs ou constituée de débris de cellules mortes) sont converties en nutriments minéraux essentiellement par les bactéries : c'est la phase de minéralisation, indispensable au fonctionnement du cycle de la vie aquatique.

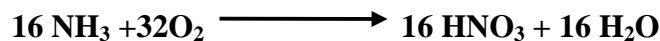
La minéralisation est globalement la réaction inverse de la photosynthèse, aboutissant à la formation de nitrate et de phosphate.

La minéralisation de l'azote organique produit de l'ammonium. Par la suite, si le milieu n'est pas dépourvu d'oxygène, que l'ammonium sera oxydé en nitrite et nitrate par nitrification

- Respiration (minéralisation proprement dite).



- La réaction de nitrification.



La minéralisation résulte de la nutrition des bactéries hétérotrophes dont le métabolisme comporte deux voies complémentaires :

- la voie énergétique qui récupère l'énergie stockée dans la matière organique, repose sur l'oxydation du carbone organique en CO₂ (la respiration).
- la voie synthétique (l'assimilation) qui construit la biomasse bactérienne, l'assimilation utilise les éléments minéralisés, (**Fenchel et al ; 1998 in Aminot et al ; 2004**).

4.4.3. Excrétion.

- Des composés organiques solubles sont sécrétés par le phytoplancton vivant, les plus connus sont les acides aminés et les polysaccharides.
- l'ammonium et du phosphate sont excrétés par les microflagellés hétérotrophes, les ciliés et le zooplancton, qui ont en outre du matériel organique particulaire (**Aminot et al ; 2004**).

4.4.4. Nitrification.

Dans les milieux où l'oxygène est présent, l'ammonium rejeté par la minéralisation est oxydé en nitrite puis nitrate par les bactéries nitrifiantes.



- L'Ammonium en nitrite (nitritation) est réalisé par les bactéries Nitrosomonas.
- Nitrite en nitrate (nitratisation) par les bactéries Nitrobacter.

Les bactéries nitrifiantes sont autotrophes, c'est-à-dire qu'elles consomment le carbone inorganique (CO₂, carbonates) pour synthétiser leur biomasse. (**Aminot et al ; 2004**)

4.4.5. Dénitrification.

Dans les eaux pauvres ou dépourvues d'oxygène, la dénitrification prend place et les nitrates sont réduits en libérant les nitrates, l'ammonium et des gaz tels que : le diazote (N₂) et l'oxyde nitreux (N₂O) (**Aminot et al ; 2004**).

4.5. Eutrophisation.

Eutrophisation globale du milieu, faisant passer celui-ci de conditions plus ou moins oligotrophes (c'est-à-dire pauvres en éléments nutritifs et d'une façon générale peu propices à un développement massif des peuplements) à des conditions eutrophes (favorables à un tel développement par suite d'un enrichissement essentiellement due à des apports de nutriments et de matières organiques diverses). Ainsi les effluents anthropiques sont souvent une bonne source des principaux éléments limitant la photosynthèse, N et P. Il peut en résulter un accroissement notable de la production primaire par-rapport aux zones plus oligotrophes, souvent accompagné par une perturbation des cycles annuels habituels (Lacaze; 1996). (Figure 4)

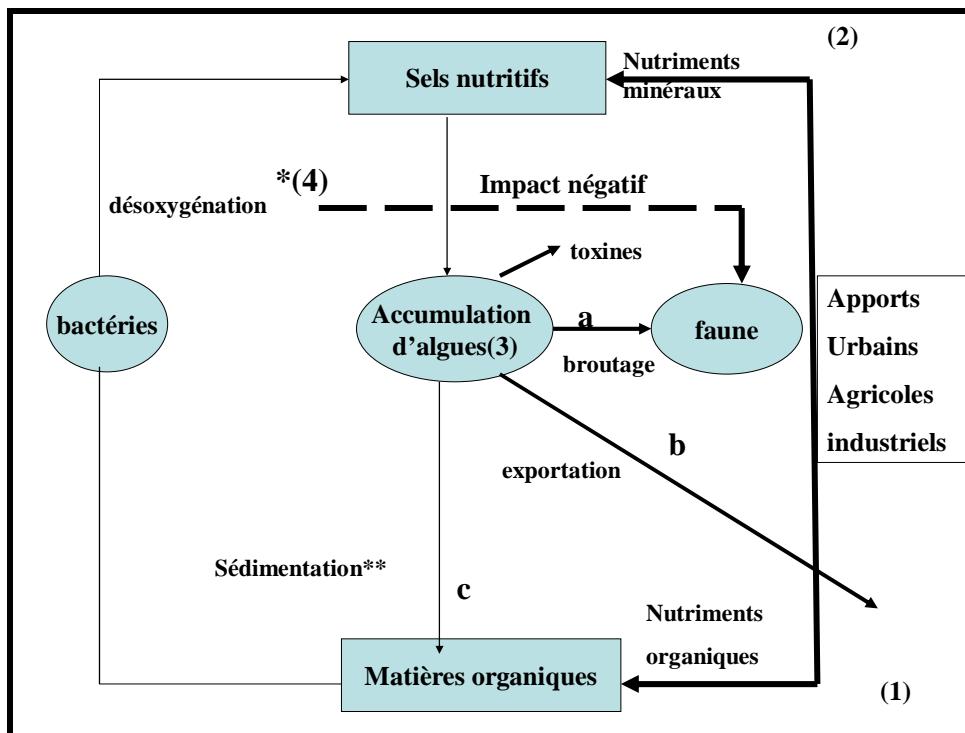


Figure 4 : Cycle simplifié des éléments nutritifs .apports nutritifs en excès (Lacaze ; 1996).

Cercles : Compartiments vivants.

Rectangles : Compartiments non vivants.

- (1) : Les nutriments organiques résiduaux (pollution organique primaire) sont minéralisés par les bactéries, avec consommation d'oxygène (d'où une désoxygénation du milieu) et libération de sels nutritifs * favorisant croissance des algues.
- (2) : Les nutriments minéraux résiduaux favorisent des algues dont certaines espèces peuvent émettre des toxines.

(3) : La biomasse algale produite peut être :

- Broutée par les herbivores.
- Exportée si le milieu est ouvert (courants, brassage des eaux).
- Sédimentée sur le fond. La matière organique algale constitue alors une pollution organique secondaire.

(4) : En fin de compte on aboutit à une désoxygénation (hypoxie*, voie anoxie* du milieu) avec une action sévère sur la faune, allant parfois même jusqu'à l'élimination des espèces (milieu azoïque*). Dans tous les cas on observe une chute de la biodiversité*

* : En cas d'anoérobiose production de molécules toxiques (CH_4 , NH_3 , SH_2).

** : Décomposition de la matière organique algale.

5. Paramètres indicateurs de pollution.

5.1. Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO_5).

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène qu'une eau a besoin pour oxyder biologiquement la matière organique polluante par les micro-organismes aérobies pendant 5 jours (**Copin-Montégut ; 1996**).

Ce paramètre constitue un bon indicateur de la teneur en matière organique biodégradable d'une eau naturelle polluée ou d'une résiduaire, il est utilisable :

- Soit pour quantifier la charge polluante organique de l'eau.
- Soit pour évaluer l'impact d'un rejet sur le milieu naturel.
- Soit pour évaluer l'intensité du traitement nécessaire à l'épuration d'un rejet par un procédé biologique.

5.2. Demande chimique en oxygène (DCO).

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène (en milligramme) qu'un échantillon a besoin pour s'oxyder chimiquement. Le test est particulièrement utile pour l'appréciation du fonctionnement des stations de traitement des eaux usées.

La DCO constitue la mesure de tout ce qui est susceptible de demander de l'oxygène en partie les sels minéraux oxydables, les sels de métaux et la majeure partie des composés organiques, elle permet donc d'évaluer la quantité totale de pollution organique.

Elle est moins représentative que la DBO de la décomposition des matières organiques qui a lieu dans le milieu naturel mais est rapide (**Rodier ; 1996**)

5.3. Turbidité.

La turbidité intervient notamment sur la quantité de la lumière disponible pour le développement des végétaux aquatiques, autrement dit sur la production primaire.

La turbidité n'est pas une grandeur physique intrinsèque du milieu, ce n'est pas une notion absolue ou objective au sens strict puisque sa valeur dépend de la méthode de mesure, en particulier des caractéristiques instrumentales (**Pijanowski ; 1999 in Aminot et al ; 2004**).

Selon la norme ISO (International Organisation for Standardization 7027 Afnor, 1999b) définit la turbidité comme la : « *réduction de transparence d'un liquide due à la présence de substances non dissoutes* ».

Selon Wezernak et Polcyn 1975 se referaient au manuel de l'American Public Health Association de 1965 : « *la turbidité traduit la propriété optique responsable de la dispersion et de l'absorption de la lumière plutôt que de sa transmission en ligne droit à travers l'échantillon* ».

La turbidité d'une eau, entant que mesure optique, est fonction de la concentration, de la taille, de la forme et des coefficients de réflexion d'absorption et de réfraction des particules présents (**Bunt et al ; 1999 in Aminot et al ; 2004**).

5.4. Matière en suspension (MES) : «Matériel particulaire» ou «Substances dissoutes».

Selon Ivanoff en 1972 : « *En plus des substances dissoutes, les eaux de mer contiennent des matières en suspension de toutes tailles et de toutes formes, minérales ou organiques, vivantes ou détritiques, de nature, soit biogénique (bactéries, phytoplancton, zooplancton, poissons), soit terrigène (apports fluviaux, produits de l'érosion des côtes, détritiques déversés par l'homme), soit éolienne (particules transportées par les courants atmosphériques et tombant dans la mer), soit enfin météorique* ».

Selon La définition ISO des matières en suspensions (Afnor, 1999a) : « *matières éliminées par filtration ou centrifugation dans des conditions définies* ».

Leur principal effet est de troubler l'eau, diminuent le rayonnement lumineux indispensable pour une bonne croissance des végétaux au fond de cours d'eau (la photosynthèse). (**Aminot et al ; 2004**). Elle a de sévères conséquences sur les animaux aquatiques par le colmatage de leurs branchies (**Ramade ; 2000**).

5.5. Matière organique particulaire.

L'activité biologique de l'environnement marin est basée sur la vie des espèces trophiques primaires. Leur écologie est contrôlée par des facteurs physique, biologique et chimiques (disponibilité d'éléments nutritifs), ces derniers sont assimilés par le phytoplancton pendant la photosynthèse et produisent la matière organique considérée comme une source d'énergie et de nutriments pour les micro-organismes (bactéries, protozoaires), elle correspond à la fraction endogène qui est facilement dégradée **(Boulahdid ; 1987)**.

Par contre l'autre fraction terrigène ou exogène comme les débris des animaux, débris des végétaux ou celle provenant des rejets urbains, certaines résistants à la dégradation bactériens. Elle est nécessaire au fonctionnement des cycles biogéochimiques par la régénération des sels nutritifs **(Aminot ; 2004)**.

6. Germes indicateurs de contaminations fécales.

Les bactéries à leur arrivée en mer vont être soumises d'une part à des phénomènes de dispersion physique et de sédimentation, et d'autre part à des évolutions biologiques adaptation à la température et à la salinité de l'eau de mer **(Claude ; 1996)**.

Il est plus simple de déterminer la qualité des eaux, en recherchant si elles sont contaminées par des matières fécales d'origines humaines, d'où la notion d'indice de contamination fécale, la présence de ces germes dans l'eau suffit à confirmer qu'il y a pollution fécale **(Brisou et al; 1978)**.

Le choix de ces indicateurs microbiens doit répondre à certaines exigences : **(Haslay et al ; 1993)**

- Etre toujours présents en plus grandes concentrations que les germes pathogènes à surveiller.
- Etre incapable de se multiplier dans le milieu marin.
- Etre plus résistants que les germes pathogènes dans l'environnement aquatiques et aux désinfectants.
- Etre mis en évidence, dénombrés et identifiés à l'aide des techniques simple.

6.1. Coliformes.

Selon la définition ISO : « *les coliformes sont des organismes en bâtonnets, non sporulés, Gram⁻, oxydase, facultativement anaérobie, capable de croître en présence de sels biliaires, capables de fermenter le lactose avec production de gaz en 48 heures et à 35-37 °C* ». **(Haslay et al ; 1993)**

Puisque les coliformes meurent lors de leur séjour en eau de mer, leur présence indique une contamination récente par des matières fécales (**Organisation Mondiale de la Santé ; 1995**), ce groupe est constitué de deux catégories de bactéries : les coliformes fécaux et les coliformes totaux.

6.1.1. Coliformes totaux.

Ce sont des bacilles gram négatif, ne forment pas de spores, ne possèdent pas d'oxydase, anaérobies facultatifs et fermentant le lactose avec production de gaz en 48 heures à 37°C (**Kabler ; 1961 in Taklit et al ; 2006**).

Leurs sources à partir de la matière fécale via les cours d'eaux, les eaux de ruissellement et certains types d'effluents industriels, ce groupe est présenté par les germes suivants : *Enterobacter*, *Serratia*, *Yarsinia* (**Larpen ; 1997**).

6.1.2. Coliformes fécaux ou thermotolérants.

Sont un sous groupe des coliformes totaux capable de fermenter le lactose avec production de gaz à une température de 44,5°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (**Haslay et al ; 1993**).

Plusieurs coliformes fécaux ne sont pas d'origines fécales provenant plutôt d'eaux enrichis en matière organique, tels les effluents industriels du secteur des pâtes, et papiers ou de la transformation alimentaire. Si la contamination en coliformes fécaux est importante, il y a un risque de présence des microorganismes entéropathogènes comme les *Salmonelles*, et les virus. (**Barthe et al ; in groupe scientifique sur l'eau Québec ; 2003**). Ce groupe englobe 5 germes : *Escherichia*, *klebseilla*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Erwinia*. (**Brisou et al ; 1978**)

6.2. Streptocoques fécaux.

Ces bactéries appartiennent à la famille de Streptococcaceae au genre Streptococcus et au groupe sérologique D de Lansfield (**Sharpe ;1979 in Taklit et al ; 2006**), sont définis des cocci sphériques légèrement ovales, gram positifs, ils se disposent le plus souvent en diplocoques ou en chaînettes, se développent le mieux à 37°C, ces germes sont des hôtes normaux de l'intestin de l'homme et des animaux, ils peuvent également exister dans la nature, les streptocoques fécaux sont les plus résistants aux conditions de l'environnement, donc l'origine fécale est incertaine lorsqu'ils sont détectés tous seul. (**Brisou et al ; 1980**).

Le rapport Coliformes fécaux/Streptocoques fécaux < 1 veut dire que la contamination est d'origine animale et dans l'autre cas elle est d'origine humaine (**Tableau 3**).

Tableau 3 : Origine de la pollution fécale selon le rapport CF/SF.

Rapport CF/SF	Source de contamination
$R < 0,7$	Principalement ou entièrement d'origine animale
$0,7 < R < 1$	Mixte à prédominance animale
$1 < R < 2$	Origine incertaine
$2 < R < 4$	Mixte à prédominance humaine
$R > 4$	Source exclusivement humaine

CHAPITRE II

I. Baie de Bou Ismail.

I.1. Situation géographique.

La baie de Bou-Ismaïl est située à l'ouest d'Alger entre 2° 20' E et 2° 55' E, d'une superficie de 342 km² est délimitée à l'Ouest par le massif du Chenoua et à l'Est par le massif de La Bouzaréah. L'ouverture de la baie s'oriente selon un axe nord-ouest d'environ 40 km.

La baie de Bou Ismaïl peut être divisée en quatre zones géographiques (Figure 5) :

- La baie d'El Djamila limitée à l'Est par Ras Acrata et à l'Ouest par la presqu'île de Sidi Fredj. Elle est caractérisée par une côte basse sableuse et de nombreuses formations dunaires.
- Le secteur Sidi Fredj – Oued Mazafran, constitué sur environ 12 km de plage de sables fins.
- Une côte rocheuse, faisant suite au secteur ci-dessus, longue de 30 km dont la limite à l'Ouest est Tipaza.
- La baie du Chenoua ou se jette l'oued Nador débute à partir de Tipaza ; elle est bordée dans sa partie Ouest par le massif du Chenoua. Tout le fond de cette baie est occupé par une plage de sables fins.

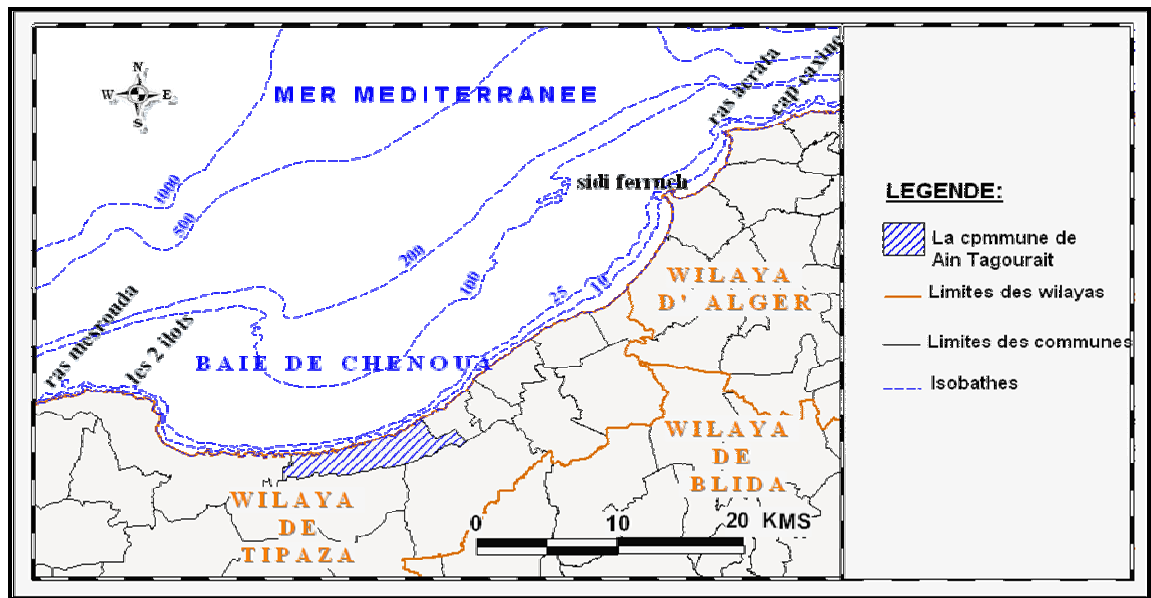


Figure 5 : Situation géographique de la baie de Bou-Ismaïl (Bouchena et al ; 2006).

I.2. Sédimentologie de la baie de Bou-Ismaïl.

L'analyse des sédiments de la baie de Bou-Ismaïl montre une grande diversité sur le plan sédimentaire, neuf faciès identifiés : les sables fins, les sables fins envasés, les vases sableuses, les sables graveleux, les graviers envasés, les sables grossiers et fins graviers, les vases pures, le faciès rocheux (**Figure 6**) et l'herbier Posidonies océanique (**Leclaire ; 1972**).

La dynamique sédimentaire dans la baie de Bou-Ismaïl est régie essentiellement par :

- La dérive littorale due aux houles du Nord Ouest.
- La dérive littorale dus aux houles du Nord Est.
- Les houles du Nord Est engendrent des courants qui vont reprendre les sédiments au large pour les déposer a proximité et à l'intérieur du port par la passe d'entrée orientée Nord Est (**Mokrani ; 1998**).

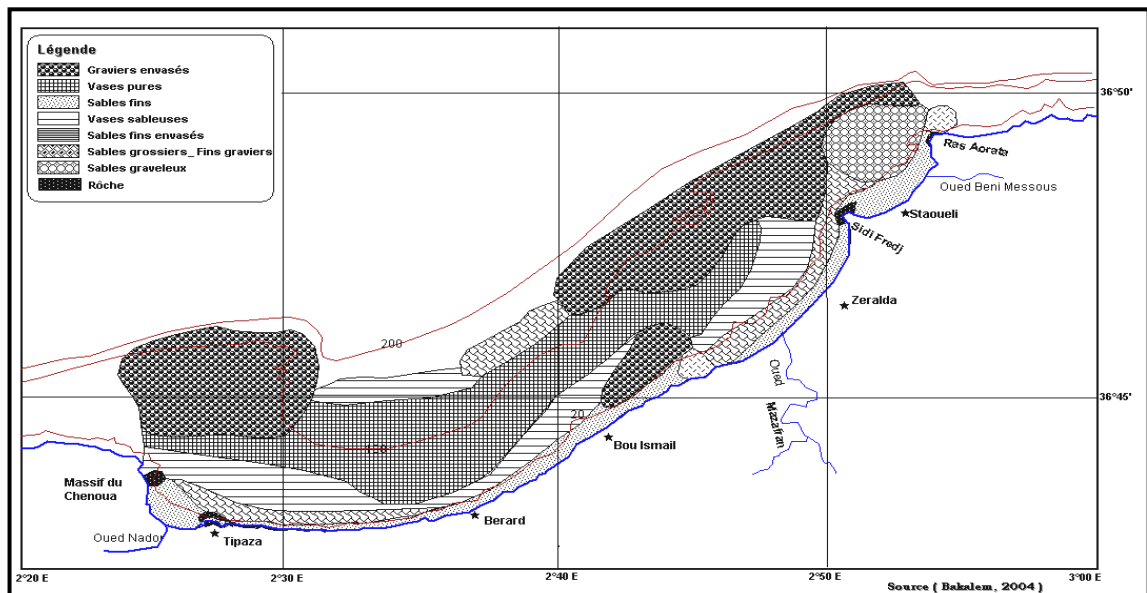


Figure 6 : Sédimentologie de la baie de Bou-Ismaïl (Bakalem in Grimes ; 2004).

I.3. Réseau hydrographique.

Les principaux oueds qui se jettent en baie de Bou Ismaïl sont l'oued Nador dans la baie du Chenoua, l'oued Mazafran et l'oued Beni Messous en baie d'El Djamila (Annane et al ;2007 modifié) (Figure 7).

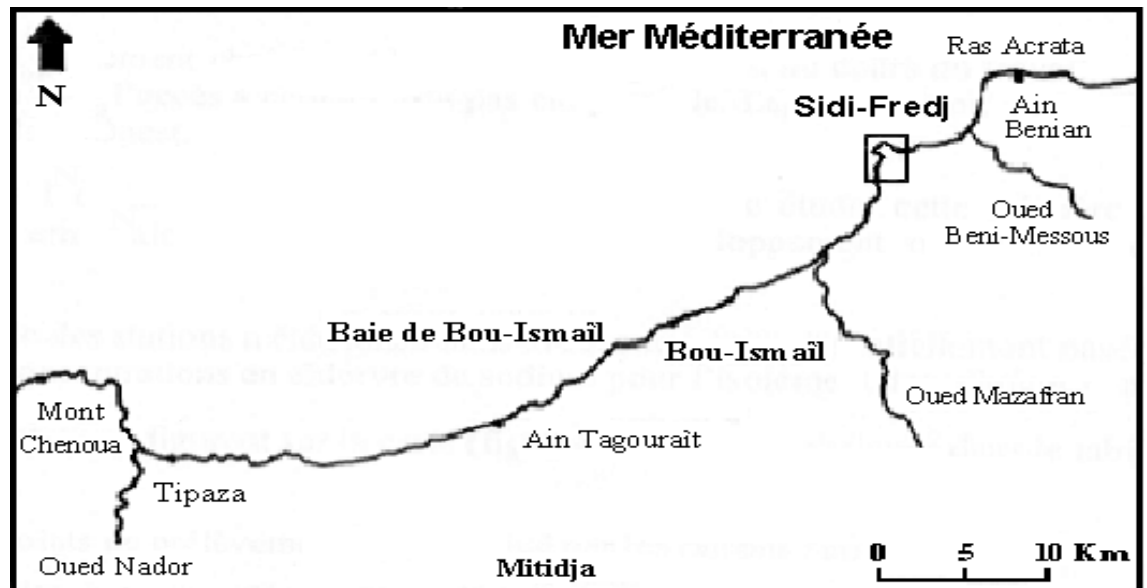


Figure 7 : Réseau hydrographique de la baie de Bou-Ismaïl.

- **L'oued Mazafran** : Possède un bassin versant de 1850 km². il est formé des oueds Chiffa, Djer et Bouroumi et débouche dans la mer entre Douaouda et Zeralda .Le débit massique est estimé entre 1400 et 1800 t/km², tandis que le débit volumique à 43.8 millions m³/an (Grovel, 1961). Ces apports dépendent étroitement du régime hydrologique de l'oued : long étiage (six mois), crues hivernale et printanière soudaines, fortes et de courte durée.
- **L'oued Nador** : Constitue la principale source d'apports solide et liquide dans la baie du Chenoua. Il prend naissance à la jonction des oueds Bou Yersen, Bou Haroun, et oued Merad et débouche entre Djbel Chenoua et Tipaza. Le débit liquide de cet oued est de 28 millions m³/an.
- **L'oued de Beni Messous** : Se situe entre El Djamila et Club des Pins au niveau d'une plage appelée « les dunes » qui fait partie de la baie de Sidi Fredj, cet oued traverse les communes de Beni Messous et Chéraga d'une longueur de 11.5Km, ses eaux sont essentiellement des eaux usées domestiques et industrielles, avec un débit faible par rapport aux autres oueds cités précédemment 0,245m³/s.

I.4. Conditions météorologiques dans la baie de Bou-Ismaïl.

I.4.1 Vents.

Le vent est une des forces physiques régissant les courants et les houles. La baie de Bou-Ismaïl est caractérisée par une périodicité des vents qui se traduisent par une prédominance :

- Des vents d'Ouest en Hiver et Printemps induisant des houles de grandes amplitudes, d'une vitesse moyenne de 2m/s.
- Des vents de l'Est en Eté et début Automne avec des faibles amplitudes, avec une vitesse moyenne supérieur de 2m/s et peuvent être très violents de 15 à 20m/s durant 3 jours consécutifs (**Asso.1982 in Zeghdoudi ; 2006**).

I.4.2. Température et précipitations.

La température de l'eau est un facteur prépondérant dans la vie des organismes marins, elle contribue de façon importante à la distribution géographique des espèces marines. Elle détermine les périodes de migrations et de reproduction. Il existe deux période durant l'année :

- Période chaude (Avril-Octobre), elle se caractérise par des faibles précipitations et une moyenne thermique de 23°C.
- Période froide (Novembre-mars), elle se caractérise par des précipitations ayant une moyenne saisonnière de 89.49 mm et une moyenne thermique de 15°C (**Korichi ; 1988**).

I.4.3. Pluviométrie.

La zone d'étude fait partie du bassin méditerrané connu par deux saisons bien distinctes :

- Une saison pluvieuse durant le moi Octobre jusqu'au moi d'Avril.
- Une saison sèche de Mai à Septembre avec des pluies très rares dues aux orages notamment en Août (**Annane et al ; 2007**).

I.5. Facteurs hydrodynamiques.

Houles

- **Les houles hivernales :**

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

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

I.6. Géomorphologie de la baie de Bou-Ismaïl.

La baie de Bou-Ismaïl est caractérisée par une morphologie côtière diversifiée composée des côtes rocheuses, de falaises, de plages et de dunes (**Grimes ; 2004**).

- **Les falaises :** La falaise la plus importante dans la baie de Bou Ismaïl est celle de Mont Chenoua qui est située à l'Ouest de la commune du chef lieu de Tipaza.
- **Les côtes rocheuses :** Il s'agit de formes rocheuses quelconques localisées entre Tipaza (les différentes anses) et Bou Haroun (rocher plat).
- **Les plages :** La baie de Bou-Ismaïl comprend 16 plages dont la plus développée est celle de Colonel Abbas (située dans la commune de Douaouda) qui s'étale sur une longueur de 3.000 m. La granulométrie de ces plages est constituée de sable fin, moyen et de galets.
- **Les dunes :** C'est des formations qu'on retrouve immédiatement sur la continuité des plages puisqu'elles sont à l'origine de leur formation (**Figure 8**).

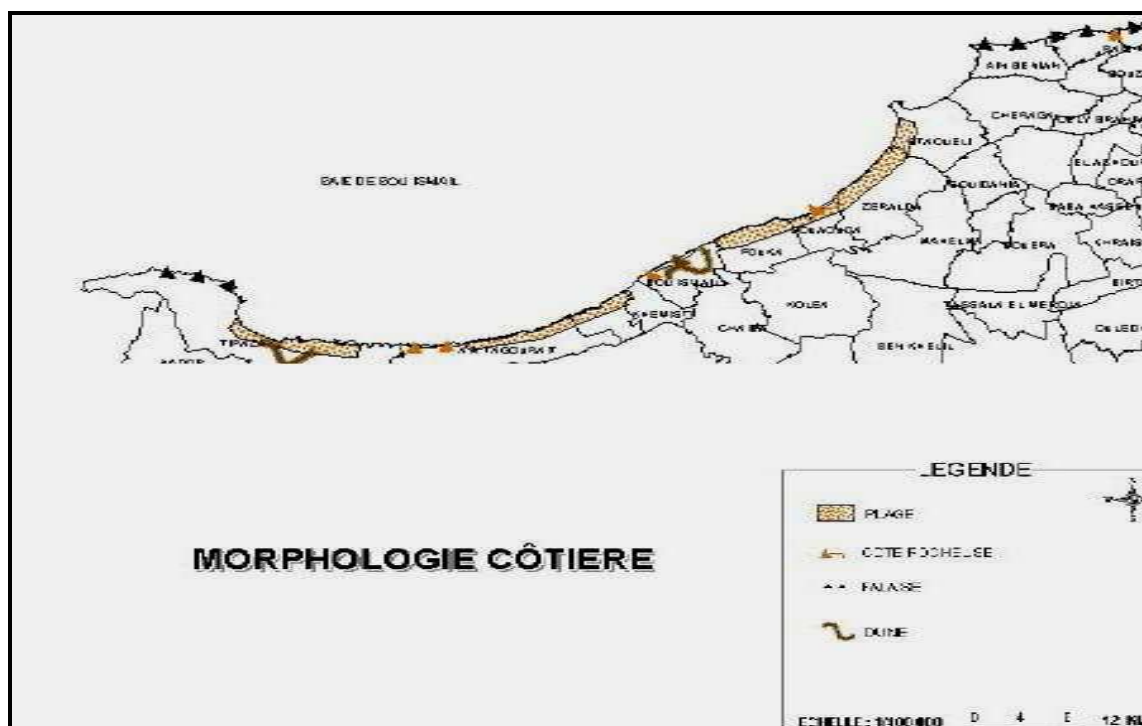


Figure 8 : Morphologie côtière de la baie de Bou-Ismaïl (Grimes ; 2004).

I.7. 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 nappes phréatiques par infiltration au niveau de la vallée de oued Damous, Messelmoun, et oued Bellah. Les rejets domestiques et les rejets des complexes touristiques par ce que la baie fait parti de la zone d'expansion touristique (ZET) qui s'accroissent en période estivale, plus les nombreuses unités industrielles, tous ces rejets sont évacués directement dans le milieu marin sans aucun traitement préalable (Tableau 5).

Tableau 4 : Les rejets d'eaux usées dans la wilaya de Tipaza (étude d'aménagement du littoral .Wilaya de Tipaza, synthese-bilan diagnostic 2006).

Communes	Nombre de rejets	Débit m ³ /j	Lieu de rejet
Bou-Ismaïl	9	4000	Mer
Bou-Haroun	4	320	
Khemisti	6	400	Oued Khemisti et Mer
Fouka	5	3600	Mer
Douaouda	5	1600	Oued Mazafran et Mer
Tipaza	8	7140	Mer
Cherchell	8	3600	
Sidi Ghiles	2	480	
H.Ennous	2	160	
Meselmoun	3	1100	

Gouraya	3	900	
Larhat	3	312	
Damous	3	960	
Ain Tagourait	6	320	
Total	67	24 892	

L'urbanisation ou la littoralisation s'accompagnera inévitablement d'un flux supplémentaire de populations sur les zones sensibles avec les effets négatifs.

En plus de ces activités, les oueds entraînent vers la mer, les eaux usées de Blida et de la base centrale logistique de Beni mered aux niveau de l'oued Macta Makhoulf qui n'est que la continuité de l'oued Beni Azza ou se déversent les eaux usées de la tanneries du moulin, d'une unité d'électroglace, mobilier métallique, d'une unité de transformation de plastique, d'industrie agro-alimentaire ainsi que les eaux des ateliers de traitement de surface de la base logistique de Beni mered.

A tous ça s'ajoute la pollution issue des ouvrages portuaires existants dans la baie : Port de Pêche de Bou Haroun, Port de Pêche de Khemisti, Port de plaisance et abris de pêche de Tipaza, Abris de pêche d'El-Djemila, Port de plaisance de Sidi Fredj, Port de plaisance de Palm Beach (**Figure 9**).

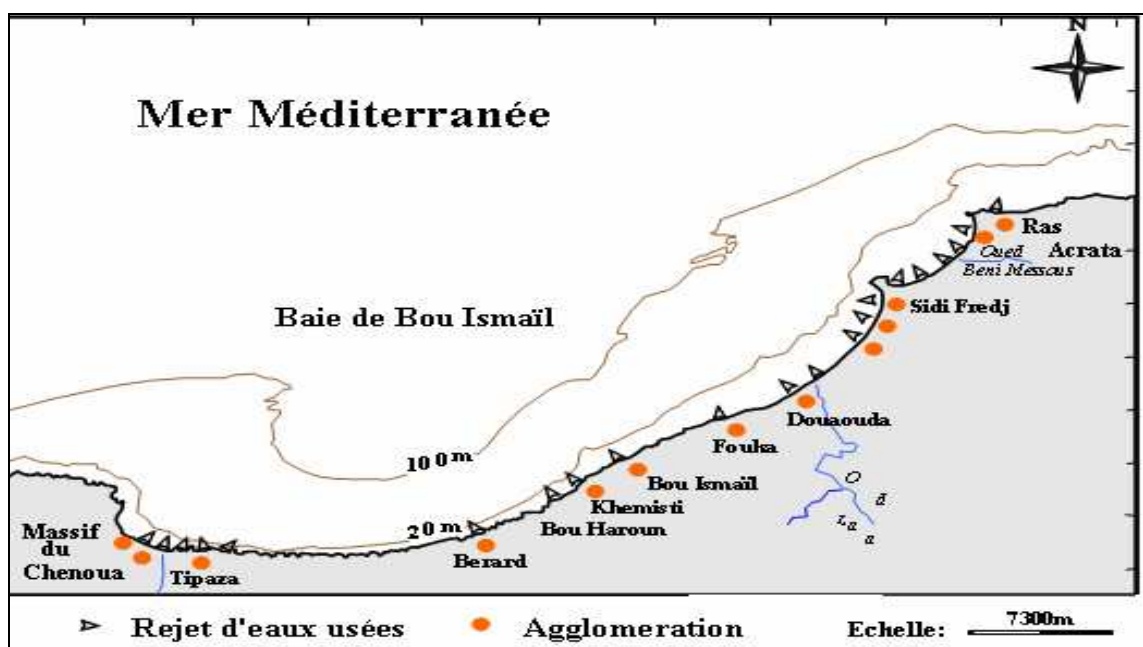


Figure 9 : Les principaux rejets dans la baie de Bou-Ismaïl (Grimes ; 2004 modifié).

Les différentes pressions exercées sur les zones de prélèvement sont synthétisées dans un tableau récapitulatif (**Voir annexe 1**).

II. Port de Bou-Haroun.

II.1. Localisation géographique du port de Bou-Haroun.

Le port de Bou-Haroun se situe à 40Km à l'Ouest d'Alger au centre de la baie de Bou-Ismaïl. Il est considéré comme le deuxième plus important port de pêche en Algérie après le port de Beni-Saf, orienté Nord-Est, Sud-Ouest, ne possédant aucun abri naturel, il représente une source de vie pour les habitats de la région (**Guide des ports de pêche Algériens ; 2006**).

Ses coordonnées géographiques sont les suivantes :

- Longitude Est : $02^{\circ} 39' 35''$ »
- Longitude de Nord : $36^{\circ} 37' 55''$ »

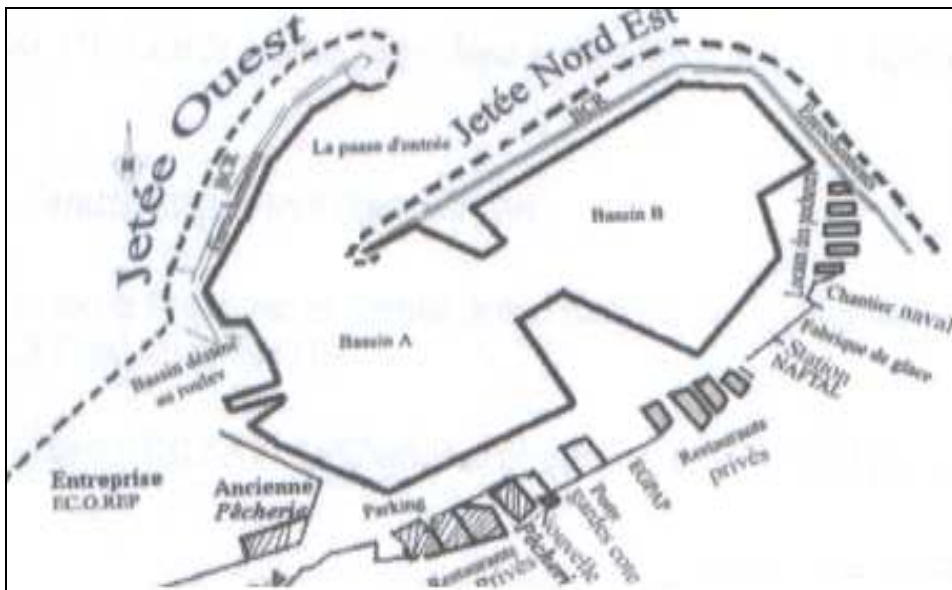


Figure 10 : Plan générale du port de Bou-Haroun (**Djeraf et al ; 2005**).

II.2. Sédimentologie du port de Bou-Haroun.

L'étude sédimentologique de l'ingénieur (**Mokrani ; 1998**) permet de révéler que la majorité des sédiments sont de nature vaseuse .leur provenance est essentiellement terrigène (oueds, eaux usées). En ce qui concerne le reste les apports maritimes sont de nature grossière et pénètrent par la passe d'entrée du port.

II.3. Caractéristiques techniques du port (Guide des ports de pêche Algériens).

1. Caractéristiques du port de pêche.

- Digue principale : 200 ml (mètre linéaire)
- Digue secondaire : 350 ml
- Linéaire de quai : 661 ml
- Plan d'eau : 29830 m²
- Terre plein : 50715 m²
- Accès maritime : 40 ml
- Exploité : 661 ml

2. Equipement de réparation navale.

Nature des ouvrages	largeur	Moyen de levage
Estacade pour roulév	28 m	-
Roulév	-	150 T

3. Superstructures existantes.

Nature de superstructure	Note	Superficie
Hall de vente	Fermée	200 m ²
Fabrique de glace	Gérée par CPKD	100 m ²
Atelier de réparation navale	-	2200 m ²
Poissonnerie	-	200 m ²
Restaurant	05 unités	-
Cases de pêcheurs	71 unités	16 m ²

4. Superstructures en cours/projets.

Nature de superstructure	Superficie disponible pour la réalisation de l'investissement
Réhabilitation de halle de vent	200 m ²
Fabrique de glace	100 m ²

Autre besoin : Clôture du port, réseau d'assainissement, réseau d'AEP, éclairage du port

5. Capacité du port de pêche.

Type d'embarcation	Existant
Chalutiers 18	Chalutiers 22
Sardiniers 40	Sardiniers 50
Petit métiers 30	Petit métiers 60

II.4. Bathymétrie du port de Bou-Haroun.

D'après le plan bathymétrique obtenu par (Djeraf et al ; 2005), nous remarquons qu'au niveau des abords intérieurs de la jetée principal et de la jetée secondaire, existe une variation de profondeurs entre -1,00 et -2,50 m.

Cette variation est légèrement différente au niveau du reste des abords intérieurs du port (-2,00 à -3,50 m). Au niveau des deux bassins, il y a une profondeur moyenne de (-2,50) à (-11,48) pieds (Figure 11).



Figure 11 : Bathymétrie du port de Bou-Haroun (Djeraf et al ; 2005).

II.5. Les problèmes au niveau du port de Bou-Haroun.

D'après les informations recueillis par Entreprise de Gestion des Ports et des Abris de Pêche et de Plaisance, plusieurs facteurs polluants (Belkassa ; 2005) :

- L'absence des bouches de vidange des huiles usées des bateaux en effet la stagnation des eaux usées provenant des vidanges des bateaux qui sont rejetés dans le port, cette situation conduit à une asphyxie du port, vu que l'échange entre les plans d'eau du port et la mer existent réduits, ce qui résulte d'une odeur nauséabonde à l'entrée du port « le port ne respire pas ».
- L'étranglement de la passe d'entrée, en forme de coude, qui empêche la rentrer des bateaux lors des tempêtes, ils risquent d'être projeté vers les roches donc ils sont obligés de rester en plein mer ou d'aller vers les port envoisnant.

- L'absence d'eau potable a conduit les pêcheurs à rincer leurs productions de poisson par les eaux polluées des bassins, ceci augmente la contamination bactérienne.
- L'absence d'éclairage pendant la nuit malgré la présence des poteaux électriques et les lampes.
- Une construction anarchique des cabanes, des restaurants et l'état délabré de la route et de la terre pleine, absence total d'organisme.
- Le versement direct d'eaux usées dans le deuxième bassin en provenance d'une dizaine d'habitations qui ne sont pas reliées à une conduite sanitaire.
- Le rejet dans les deux bassins de toute sorte de déchets ou macro déchets (pneus, bouteilles, des canettes de boissons et des morceaux de ferrailles), ces déchets diminuent les profondeurs des bassins.
- L'absence d'un lieu destiné à l'accueil des déchets au niveau du port.
- Les rejets industriels en provenance de l'unité ECOREP.

CHAPITRE III

I. Choix et localisations des stations.

Le contrôle et le suivi de la pollution au niveau de la baie de Bou-Ismaïl et le port de Bou-Haroun se réalisent par des tests bactériologiques, dosage des sels nutritifs, paramètres physico-chimiques, matière en suspension et matière organique. Les stations ont été choisies selon l'importance de pollution le long de la baie (Figure 12).

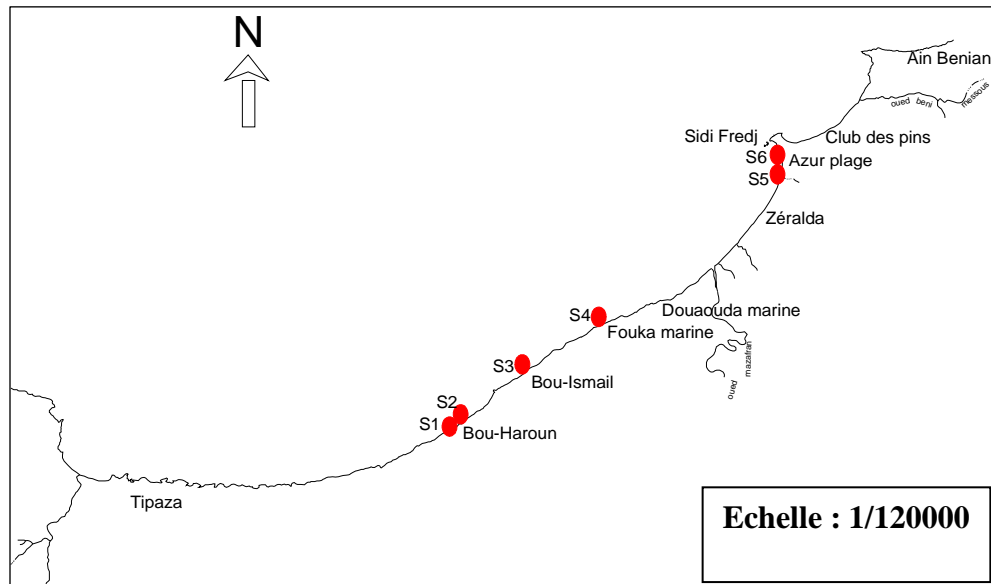


Figure 12 : Localisation de station des prélèvements au niveau de la zone d'étude.

- **S1 : Port du Bou-Haroun (bassin B).**
- **S2 : Port du Bou-Haroun (bassin A).**
- **S3: Bou-Ismaïl (rejet tonic).**
- **S4: Fouka.**
- **S5 : Azur (rejet de la station de désalement).**
- **S6 : Azur mer.**

Les indicateurs de la pollution tels que : La demande chimique en oxygène, la demande biochimique en oxygène, la turbidité plus l'oxygène dissous, ont été réalisés à partir des autres échantillons prélevés au niveau des autres stations du port de Bou-Haroun et de la baie de Bou-Ismaïl.

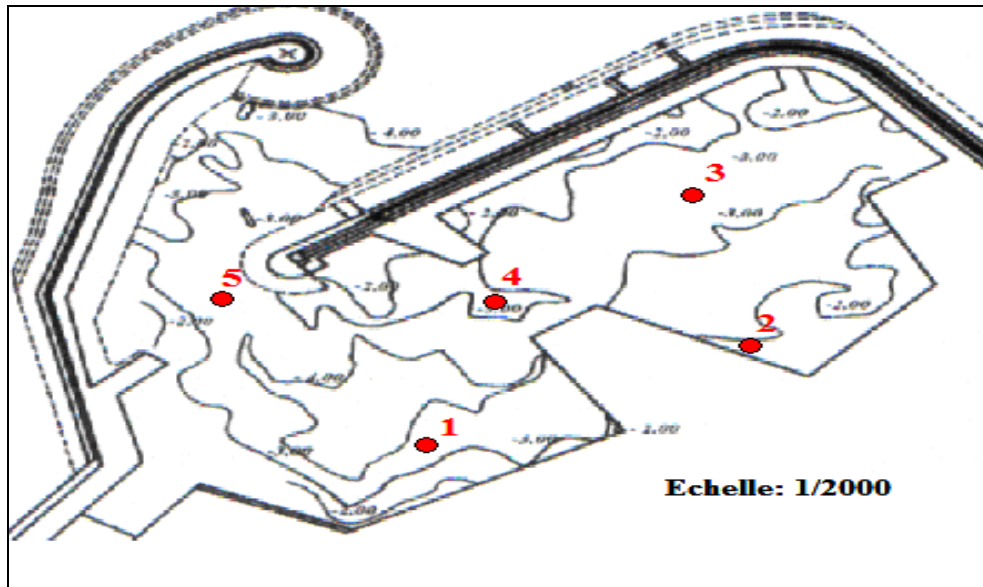


Figure 13 : Localisation des stations de prélèvement dans le port de Bou-Haroun.

II. Travaux en mer.

II.1. Prélèvement de l'eau de mer.

Les prélèvements d'échantillons d'eau de mer, ont été effectués le 04/05/2008 au niveau de la baie de Bou-Ismaïl et du port de Bou-Haroun, à la surface, de toutes les stations indiquées sur la figure 12. A partir de ces échantillons une analyse des paramètres physico-chimiques tels que l'Oxygène dissous (concentration et pourcentage de saturation), température, *pH*, salinité, ont été mesurés *in situ* à l'aide d'une valise multiparamètres de marque *Wissenschaftlich Technische Werkstätten (WTW)*. Les sels nutritifs, la matière en suspension, la matière organique ont été mesurés au laboratoire de l'I.S.M.A.L. une étude bactériologique (Coliformes fécaux, Coliformes totaux, Streptocoques fécaux) ont été réalisées au laboratoire de la bactériologie alimentaire de l'institut Pasteur d'Alger (**Dely-Ibrahim**).

Tous nos échantillons ont suivis le protocole de l'échantillonnage et de conservation décrits par Rodier 1996 (**Voir annexe 2**).

II.2. Mesure des paramètres physico-chimiques.

II.2.1. Oxygène dissous.

L'oxygène dissous peut-être mesuré par méthode chimique de Winkler (**Aminot ; 1983**) et (**Rodier et al 1996**), mais on peut le mesurer sur le terrain par la méthode électrochimique en raison de sa rapidité.

On utilise un oxymètre de terrain de marque WTW type « Oxi330 i /Set » l'appareil est étalonné avant son utilisation. La valeur s'affiche sur un petit écran en mg/l avec une précision de $\pm 0.1 \%$.

II.2.2. Température.

Pour la température nous avons utilisé l'oxymètre de type Oxi i/Set. Cet appareil est muni d'une sonde électrique que l'on plonge dans l'eau de mer, ensuite les valeurs s'affichent par unité de °C.

II.2.3. Potentiel d'hydrogène.

Le pH de l'eau a été mesuré par la méthode électrique à l'aide d'un pH-mètre de terrain de marque WTW type pH 315 i/Set.

L'électrode en verre, rincée à chaque fois, à l'eau distillée et légèrement essuyée est immédiatement plongée dans le flacon d'échantillon.

II.2.4. Salinité (Practical Salinity Unit).

À l'aide du conductimètre on peut aussi mesurer la salinité *in situ* (PSU)

III. Travaux au laboratoire.

III.1. Dosage des sels nutritifs.

III.1.1. Principe de dosage des sels nutritifs.

La colorimétrie

Est une méthode de dosage chimique basée sur une réaction de coloration pendant laquelle le mélange entre sel et les réactifs spécifiques aboutit à une solution finale qui tend vers une certaine coloration, et par conséquent, absorbe l'énergie lumineuse est d'autant plus important que la coloration de la solution est plus intense. Cette coloration est à son tour d'autant plus intense que la solution est plus concentrée. Le principe de la colorimétrie obéit à la loi de BEER LAMBERT.

Loi de BEER LAMBERT : un faisceau de lumière monochromatique qui traverse une solution ou un milieu de longueur (I) sera en partie absorbé par la solution et transmis après avoir traversé cette même solution. La quantité de lumière absorbée par la solution appelée absorbance (A) ou densité optique (D O) obéit à la loi de BEER LAMBERT qui s'exprime par l'expression suivante :

$$A = D.O = \log (I_0/I) = \epsilon \cdot l \cdot c$$

Ou' :

- I_0 et I : sont respectivement l'intensité lumineuse incidente et émergente du milieu absorbant.
- ε : le coefficient d'extinction molaire d'une substance.
- l : la longueur de la solution ou milieu traversée par le rayonnement.
- c : la concentration de la solution absorbante.

III.1.2. L'analyse des sels nutritifs.

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

III.1.2.1. Dosage de l'azote ammoniacal $N-NH_4^+$.

La méthode décrite mesure la totalité de l'azote ammoniacal, soit $N-NH_3 + N-NH_4^+$. Il s'agit de la méthode Koroleff (1969).

Dans un premier, l'ammoniac forme une monochloramine avec l'hypochlorite en milieu légèrement basique. Cette dernière réagit avec le phénol en présence d'un excès d'hypochlorite pour former le bleu d'indo-phénol absorbe à 630 nm.

a. Les réactifs.

- **Réactifs 1 : Solution de phénol-nitroprussiate.**

Pour 1 L de réactifs :

- Dissoudre 35g de phénol et 400mg de nitroprussiate de sodium ($Na_2 Fe (CN)_5 NO, 2 H_2O$) dans l'eau distillée et compléter à 1000 L.
- Ces réactifs doivent être conservé au réfrigérateur et à l'abri de la lumière.

- **Réactifs 2 : Solution alcaline d'hypochlorite.**

Pour 1 L de réactifs :

- Dissoudre 280 g de citrate trisodique ($Na_3C_6H_5O_7, 2 H_2O$) et 22 g de soude dans environ 800 ml d'eau distillée.
- Ajouter un volume de solution d'hypochlorite de sodium correspond à 1,4 g de chlore, soit : 44 ml d'une solution à 10 degrés chlorométriques ou 40 ml d'une solution normale.
- Compléter à 1000 ml.

Solution étalon primaire d'ammonium.

- Sécher 1 h à 110°C du sulfate d'ammonium de pureté analytique, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.
- Dissoudre 0.661 g dans 1000 ml d'eau distillée, 1 ml contient 10 $\mu\text{mol/l}$ de N-NH_4^+ .
- Cette solution est indéfiniment stable au réfrigérateur.

Solution étalon secondaire d'ammonium.

- Diluer 20 fois la solution étalon primaire avec de l'eau distillée. Ajouter du chloroforme de 1 ml/l $\mu\text{mol/l}$ de N-NH_4^+ .
- Elle est stable pendant une semaine au réfrigérateur, mais il est préférable de la préparer juste avant l'usage.
- 1 ml contient 0,5 $\mu\text{mol/l}$ de N-NH_4^+ .

b. Etalonnage.

- Introduire dans des fioles jaugées de 500ml, 0,1-0,2-0,4-1-2,5-5-10-20-25-30ml de la solution étalon secondaire et compléter à 500 ml avec l'eau distillée pour obtenir les concentrations présentées respectivement comme suit : 0,1-0,2-0,4-1-2,5-5-10-20-25-30 $\mu\text{mole/l}$.
- Analyser ces solutions selon le mode opératoire de l'azote ammoniacal.
- Après avoir les absorbance, tracer la courbe d'étalonnage

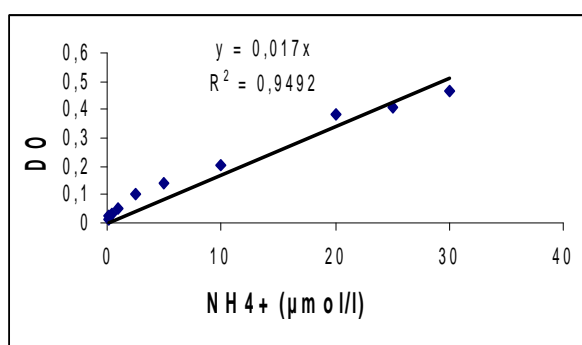


Figure 14 : Courbe d'étalonnage de l'azote ammoniacal.

c. Mode opératoire.

- Prendre 100ml de l'échantillon dans le flacon de réaction.
- Ajouter 3ml du réactif 1.
- Boucher et agiter pour mieux homogénéiser.
- Ajouter sans attendre 3 ml de deuxième réactif.

- Boucher et agiter à nouveau.
- Placer immédiatement à l'abri de la lumière pendant 6 heures ou mieux pendant une nuit.
- Mesurer l'absorbance à 630 nm par rapport à l'eau distillée. Soit Atr cette mesure

III.1.2.2. Dosage de l'azote nitreux NO_2^- .

La méthode décrite, fondée sur la réaction de Griess, et appliquée à l'eau de mer par Bendschneider et Robinson (1952).

Les ions nitrite forment un diazoïque avec la sulfanilamide en milieu acide ($\text{pH} < 2$), puis le diazoïque réagit avec le N-naphtyl-éthylènediamine pour former le colorant rose absorbe à la longueur d'onde de 543 nm.

a. Les réactifs.

Réactifs1 : Solution de sulfanilamide.

Pour préparer 500 ml de réactifs :

- Diluer 50ml d'acide chlorhydrique concentré ($d= 1,18$) dans 300ml d'eau distillée.
- Dissoudre 5 g de sulfanilamide dans cette solution et compléter à 500ml.
- Cette solution est stable indéfiniment.

Réactifs 2 : Solution de N-Naphtyl-Ethylènediamine.

- Dans 500ml d'eau distillée, dissoudre 0,5g de dichlorhydrate de N-(1-naphtyl)-éthylènediamine.
- La conserver au froid et à l'abri de la lumière, et la renouveler dès qu'il s'y développe une coloration brune.

Solution étalon primaire de nitrite.

- Sécher à 110°C pendant plusieurs heures du nitrite de sodium anhydre NaNO_2 .
- Dissoudre 0,345 g dans de l'eau distillée, compléter à 1 000ml et ajouter 1ml de chloroforme.
- Transformer la solution dans un flacon en verre brun.
- Conservée au froid et à l'abri de la lumière, stable pendant 1 à 2 mois.

Solution étalon secondaire de nitrite.

- Pour obtenir la solution secondaire, diluer 100 fois la solution étalon primaire.

- Cette solution doit être préparée extemporanément.

b. Etalonnage.

- Introduire, dans des fioles jaugées de 500 ml, 1-2-5-10ml de l'étalon secondaire et compléter à 500ml avec l'eau distillée, afin d'obtenir la gamme de concentrations : 0,1-0,2-0,5-1 $\mu\text{mole/l}$.
- Faire l'analyse de ces étalons selon le processus décrit pour l'azote nitreux.
- Mesurer l'absorbance et tracer la courbe d'étalonnage.

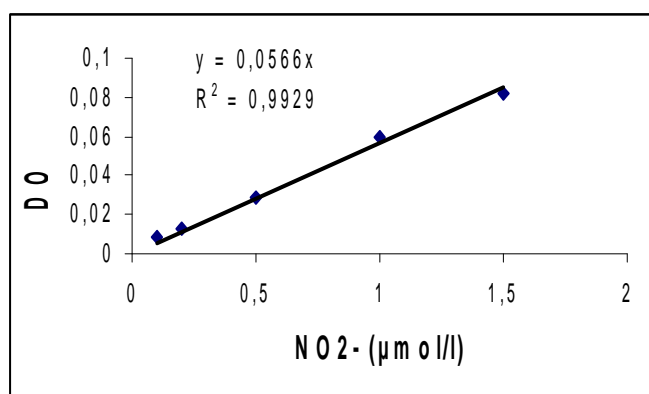


Figure 15 : Courbe d'étalonnage des nitrites.

c. Mode opératoire.

Dans une éprouvette de 50 ml rincer par l'eau d'échantillon, introduire 50 ml de l'échantillon à analyser.

- Ajouter 1ml de réactif 1 et mélanger.
- Laisser reposer 2 à 8 minutes.
- Ajouter 1ml du réactif 2 et mélanger à nouveau.
- Attendre 10min mais ne dépasse pas 2 heures.
- Mesurer l'absorbance à la longueur d'onde de 543nm, comme référence prenait l'eau distillée. Soit Atr.

III.1.2.3. Dosage de l'azote nitrique NO_3^- .

La méthode retenue est celle fondée sur le dosage des ions NO_2^- obtenus par réduction quantitative des ions NO_3^- . On réalité on mesure la somme des concentrations des ions NO_3^- et NO_2^- . Par déduction de la concentration en nitrite, déterminé sans réduction, on obtient la concentration en nitrate.

La réduction est effectuée par passage de l'échantillon sur une colonne de cadmium traité au cuivre (Wood *et al.*1967).

a. Les réactifs.

Réactifs 1 : Solution de sulfanilamide.

Le même réactif pour l'analyse des ions nitrites.

Réactif 2 : Solution de N-Naphtyl-Ethylenediamine.

Même réactif que pour l'analyse des ions nitrite.

Solution étalon de nitrite.

Même solution que pour l'analyse des ions nitrite.

Solution étalon de nitrate.

- Dissoudre 0,0506 g de nitrate de potassium anhydre dans 1L d'eau distillée, ajouter 1ml de chloroforme.
- Conservée au froid et à l'abri de la lumière et stable plusieurs mois.

Solution concentrée de chlorure d'ammonium.

- Préparer une solution à 250 g de chlorure d'ammonium NH_4Cl par litre de l'eau distillée.

Solution diluée de chlorure d'ammonium.

- Diluer 40 fois la solution précédente avec de l'eau distillée.

Solution de sulfate de cuivre.

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

b. Colonne réductrice.

• Préparation du cadmium.

- Tamiser du cadmium en grains pour en garder la fraction comprise entre 0,5 et 2mm.
- Laver environ 50 g de grains à l'acide chlorhydrique 2 mol/l puis rincer à l'eau distillée.
- Laver rapidement par l'acide nitrique 0,3 mol/l puis rincer à l'eau distillée.
- laver à nouveau par l'acide chlorhydrique 2mol/l pour chasser les ions NO_3^- rincé abondamment à l'eau distillée.
- Traiter le cadmium par 100 à 150 ml de solution de sulfate de cuivre : dans un erlenmeyer agiter le cadmium avec cette solution et laisser en contact pendant plusieurs minutes ; la solution se décolore.

- Laver ensuite abondamment à l'eau distillée, par débordement de l'erenmeyer pour ne jamais mettre en contact de cadmium traité avec l'air, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus fines particules en suspension.
- **Remplissage et traitement de la colonne.**
 - Mettre au bas de la colonne de la laine de verre, pour retenir le cadmium
 - Remplir complètement la colonne avec la solution diluée de chlorure d'ammonium.
 - Remplir d'eau l'erenmeyer contenant le cadmium et lui adapter un bouchon muni d'un tube de verre (l'eau doit remplir le tube).
 - Retourner l'erenmeyer sur la colonne sans y faire entrer d'air et faire tomber le cadmium petit à petit jusqu'à une hauteur de 15 à 25 cm tout en tapotant la colonne pour obtenir un tassement régulier.
 - Laver abondamment la colonne avec la solution diluée de chlorure d'ammonium.
 - Laisser la colonne en milieu NH_4Cl dilué pendant 24 à 48 heures en renouvelant plusieurs fois la solution.
 - Avant la première utilisation, passer sur la colonne 3 à 4 L d'eau de mer dopée en nitrate à environ $50 \mu\text{mole/l}$ afin de stabiliser le rendement.
- **Utilisation et entretien de la colonne.**
 - La colonne ne doit jamais venir à sec.
 - Après chaque série d'analyse, rincer la colonne avec la solution diluée de NH_4Cl .
 - Avant de commencer l'analyse, passer sur la colonne 100ml d'eau de mer dopée en nitrate à $100\text{-}150 \mu\text{mol/l}$ et additionnée de NH_4Cl (2ml de la solution concentrée pour 100ml d'eau).
- **Contrôle du rendement réduction.**

Le rendement peut varier d'une colonne à l'autre et au cours du temps pour la même colonne, il est donc nécessaire de le contrôler avant chaque série d'analyse.

 - Mettre dans une fiole jaugée 2 ml de solution étalon de nitrate et en complétant à 500 ml avec de l'eau distillée pour avoir une concentration de $20 \mu\text{mol/l}$.
 - Analyser cette solution selon le protocole suivis pour le dosage des nitrates + nitrites.
 - Mesurer l'absorbance, reporter cette valeur à la droite d'étalonnage pour en déduire la concentration en nitrite obtenue après passage sur la colonne.

- Calculer le rendement de réduction (Soit $R \leq 1$).

c. Etalonnage.

- Introduire, dans des fioles jaugées de 500 ml 0,25-1-1,5-2-2,5ml de la solution étalon de nitrite et compléter à 500 ml avec de l'eau distillée pour obtenir la gamme de concentrations 2,5-5-10-15-20-25 $\mu\text{mol/l}$.
- Prendre 50 ml de chacune de ces solutions, ajouter 1 ml de solution concentrée de NH_4CL et mélanger.
- Poursuivre les analyses sur chacune de ces solutions selon le processus suivis pour le dosage des nitrates.
- Mesurer l'absorbance et tracer la droite d'étalonnage.

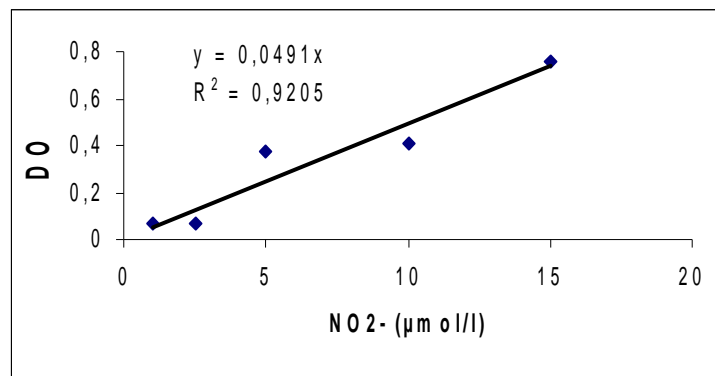


Figure 16 : Courbe d'étalonnage des nitrites.

d. Mode opératoire.

d.1. Analyse de la concentration totale nitrite + nitrate.

- Prendre 100ml d'échantillon, ajouter 2 ml de la solution concentrée de chlorure d'ammonium et mélanger correctement.
- Verser environ 5 ml de cette solution dans la colonne et les laisser écouler (cette procédure diminue les risques d'interférences entre échantillon successifs).
- Verser le reste de l'échantillon.
- Rejeter les 30 premiers millimètres.
- Rincer une éprouvette graduée de 50 ml avec quelques millimètres de la solution sortant de la colonne et recueillir 50 ml d'effluent.
- Ajouter aussitôt 1 ml de réactifs 1 et mélanger.
- Laisser reposer 2 à 80 min.

- Ajouter 1 ml du 2 réactifs, mélanger.
- Attendre au moins 10mins mais ne dépasse pas 2 heures.
- Mesure l'absorbance à 543 nm, par rapport à l'eau distillée. Soit A_{tr} cette mesure.

d.2. Analyse des ions nitrites.

Prendre 50ml d'échantillon, ajouter 1 ml de solution concentrée de NH_4Cl et mélanger ;

Poursuivre le dosage comme sur 50 ml d'effluent de la colonne (**Protocole d.1**).

III.1.2.4. Dosage du phosphore minéral dissous.

Les ions phosphate 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.

a. les réactifs

Solution de Molybdate d'Ammonium.

- Dissoudre 15 g de paramolybdate d'ammonium $(NH_4)_6 Mo_7 O_{24} \cdot 4H_2O$, de préférence en poudre fine, dans 500ml d'eau distillée.
- Conserver dans des flacons en plastiques et à l'abri de la lumière, elle est stable indéfiniment.

Acide Sulfurique 2,5 mol/l.

- Ajouter petit à petit, avec précaution, 140ml d'acide sulfurique (densité = 1,84) dans 900ml d'eau distillée.
- Laisser refroidir et conserver en bouteille en verre bien bouchée.

Solution d'Acide Ascorbique.

- Dissoudre 54 g d'acide Ascorbique $(C_6H_8O_6)$ dans 500 ml d'eau distillée.
- En flacon de plastique, cette solution se conserve plusieurs mois au congélateur.

Solution d'Oxytartrate de Potassium et d'Antimoine.

- Dissoudre 0,34 g d'Oxytartrate de potassium et d'antimoine (III), $K(SbO)C_4H_4O_6$, dans 250ml d'eau distillé
- Cette solution se conserve plusieurs mois au réfrigérateur.

Solution étalon primaire de phosphate.

- Sécher à 100°C au dessiccateur, sur H₂SO₄ concentré, du dihydrogénophosphate de potassium anhydre (KH₂PO₄).
- Dissoudre 0,6805g dans 1 l d'eau distillée et ajouter 1 ml de chloroforme.
- Cette solution est stable plusieurs mois au réfrigérateur.

Solution étalon secondaire de phosphate.

- Diluer 100 fois la solution étalon primaire : 10 ml (unité de volume) complétés à 1 000 ml avec de l'eau distillée.
- Mettre dans un flacon brun avec 1 ml de chloroforme.
- Se conserve au réfrigérateur quelques semaines.

b. Etalonnage.

- Introduire, dans des fioles jaugées de 500 ml, 1-2-5-10-20 ml de solution étalon secondaire et compléter à 500 ml avec de l'eau distillée, correspondant à ces concentrations suivants : 0,1-0,2-0,5-1-2 µmol/l de PO₄³⁻.
- Analyser ces solutions selon les démarches suivies pour l'analyse de phosphore organique

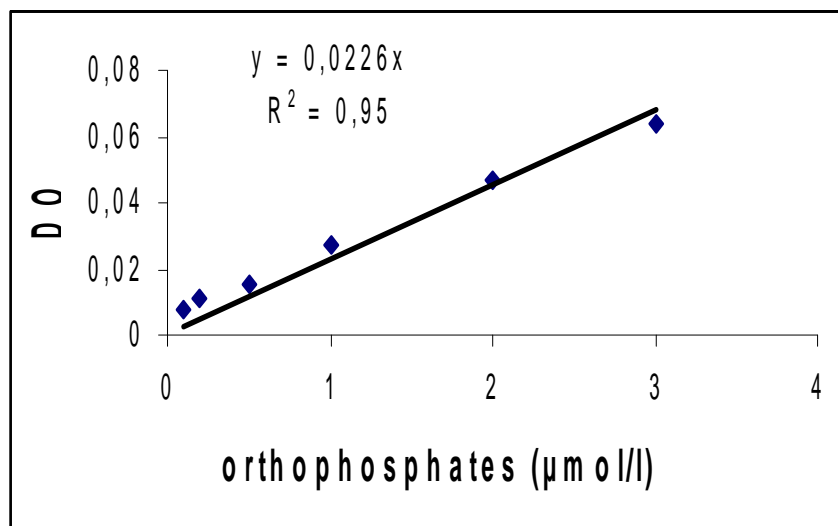


Figure 17 : Courbe d'étalonnage des orthophosphates.

c. Mode opératoire.

- Préparer le mélange des réactifs dans les proportions suivants :
 - 100 ml de solution de molybdate d'ammonium.
 - 250 ml d'acide sulfurique 2,5 mol/l.
 - 100 ml de solution ascorbique.
 - 50 ml de solution d'oxytartrate de potassium et d'antimoine.
 - ce mélange réactif qui ne se conserve pas plus de 6 heures doit être préparé immédiatement avant chaque série d'analyse.
- Prendre 100 ml d'échantillon.
- Ajouter 10 ml des mélanges réactifs et homogénéiser aussitôt.
- Attendre 5 min et mesurer l'absorbance à 885nm par rapport à l'eau distillée. Soit A_{tr} .

III.1.3. Calculs, expression des résultats.

- **Les absorbances.**
 - **A_{tr}** : Absorbance mesurée pour l'échantillon traité (après correction du blanc des cuves).
 - **b_t** : Absorbance mesurée pour la turbidité (après correction des blancs des cuves).
 - **b_r** : Absorbance mesurée pour le blanc des réactifs (après correction des blancs des cuves).
 - **$A = A_{tr} - b_t - b_r$** (pour chaque élément nutritifs), reportée sur la courbe d'étalonnage pour en déduire la concentration de l'échantillon.
 - **R** : Le rendement de réduction des ions nitrates en nitrite ($R \leq 1$).
 - **P** : C'est la pente de courbe d'étalonnage pour chaque élément nutritif.
- **Les concentrations**
 - $[N-NH_{3,4}] \mu\text{mol/l} = P \times A$
 - $[N-NO_2^-] \mu\text{mol/l} = P \times A$
 - $[NO_3^-] \mu\text{mol/l} = [NO_2^- + NO_3^-] \mu\text{mol/l} - [NO_2^-] \mu\text{mol/l} \times R$
 - $[PO_4^{3-}] \mu\text{mol/l} = P \times A$

III.2. Dosage des paramètres indicateurs de pollution.

III.2.1. Mesure de la matière en suspension (M.E.S).

a. Principe de la méthode.

La méthode consiste à faire passer l'eau à travers un filtre de retenir toutes les particules de taille supérieure à 0,45µm. Le filtre est séché et pesé avant et après filtration. La différence des poids entre les deux pesées (P_1 , P_2) permet de connaître la masse sèche totale de la matière en suspension dans le volume d'eau correspondant (**Aminot et al ; 1983**)

b. Appareillage et Mode opératoire.

- Le filtre de type Wattman GF/C de diamètre 47mm.
 - Mettre les filtres au four à 450-500°C pendant 1 heure, pour renforcer la rigidité et la solidité des membranes.
 - Laver les filtres par l'eau distillée sous un très léger vide.
 - Déposer les filtres dans des boîtes avec couvercles numérotés selon les stations de prélèvements, et les placer à l'étuve de marque NEMMERT à 70°C pendant 2 heures.
- Un dispositif de filtration sous vide de marque Sartorius :
 - Homogénéiser l'échantillon.
 - Placer les filtres dans le dispositif de filtration.
 - Verser 250ml de l'échantillon et appliquer le vide.
 - Enlever les filtres et les mettre dans l'étuve (70°C pendant 2 h) pour le séchage.
- Une balance de précision 10^{-4} de marque Denver Instruments M-220D :
 - Peser les filtres vide (P_1 en mg).
 - Peser les filtres après filtration (P_2 en mg).

c. Calcul et expression des résultats.

La concentration des MES est donnée par l'expression suivante :

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

[MES] : Concentration de la matière en suspension (mg/l).

P_1 : Poids du filtre sec avant filtration (mg).

P_2 : Poids du filtre sec après filtration (mg).

V : Volume d'eau filtré.

III.2.2. La matière organique particulaire dans l'eau de mer. (MO)

Les filtres utilisés pour la détermination de la matière en suspension dans l'eau de mer sont mis dans des creusets, et pesés avec précision, soit P_1 ce poids.

Après les avoir passés au four à moufle à 450°C pendant deux heures, les creusets et les filtres sont à nouveau pesés, soit P_2 ce poids. La différence de ces deux poids (P_1, P_2) nous donne le poids de la matière organique brûlée.

$$M.O \text{ (mg)} = P_1 - P_2$$

Avec :

P_1 : Poids du creuset et du filtre avant séchage.

P_2 : Poids du creuset et du filtre après séchage.

III.2.3. Mesure de la turbidité.

a. Matériel de mesure.

- Turbidimètre.
- Cuves de mesure : les cuves de mesure sont généralement spécifiques à un appareil.
- Il est conseillé de nettoyer régulièrement l'intérieur avec le papier ou tissu prévu pour l'extérieur.

b. Etalons.

- **Eau de turbidité nulle.**

Cette eau sert à préparer les étalons primaires dilués, à diluer les échantillons trop turbides et à contrôler le blanc de turbidité. L'eau déminéralisée de grande pureté, filtrée en sortie de l'appareil de production, peut être utilisée telle quelle. A défaut, filtrer une eau pure non colorée sur une membrane filtrante de 0.045µm de diamètre de pore. Ne pas stocker cette eau.

- **Etalon concentré de formazine (étalon à 4 000 FNU/NTU).**

Les étalons à base de formazine permettent d'obtenir des suspensions stables et reproductibles, sous réserve de les préparer avec de l'eau à température ambiante (18-25°C).

- Dissoudre 5.00g de sulfate d'hydrazine ($C_6H_{12}N_4$, $M= 140,2$ g/mol) dans environ 400ml d'eau distillée.
- Dissoudre 50.00 g d'hexaméthylène-tétramine dans environ 400 ml d'eau distillée.
- Introduire les deux solutions dans une fiole jaugée de 1litre, ajuster au volume, mélange puis laisser reposer 48h à 20-22°C afin que la suspension se développe. Cette suspension se conserve à température ambiante.

- **Étalons primaires dilués.**

Pour préparer les étalons primaires de travail, on dilue l'étalon concentré de turbidité avec de l'eau de turbidité nulle. La suspension à 4 000FNU est maintenue sous agitation magnétique pendant les prélèvements effectués à la pipette.

Les étalons dilués ne sont pas stables plus de 2 jours à température ambiante. Au réfrigérateur, on peut conserver quelques semaines.

- **Étalons secondaires**

Ils ont une grande stabilité qui facilite le contrôle fréquent de l'étalonnage.

c. Mode opératoire.

Selon les notices techniques des fabricants (**Aminot et al ; 2004**).

- L'étalonnage doit être fait systématiquement avant chaque série de mesure. L'appareil est calibré avec les étalons de formazine, l'étalonnage doit être effectué en 5 point au minimum.
- Les échantillons ne doivent pas être trop froid pour éviter la condensation sur les parois de la cuve.
- Homogénéiser l'échantillon avant la mesure en l'agitant intensément. Si le flacon a trop rempli, agiter une première fois, vider une petite fraction du volume puis agiter à nouveau fortement.
- Laisser les bulles d'air s'échapper (environ une minute) puis réhomogénéiser par quelques retournements lents du flacon.
- Transverse l'échantillon dans la cuve de mesure par écoulement non turbulent sur paroi (le volume préconisé par le fabricant).

- S'assurer de la propreté de toutes les faces optiques de la cuve de mesure ainsi que l'absence d'humidité et placer aussitôt la cuve dans l'appareil
- Effectuer la lecture après un bref délai lorsque le signal s'est stabilisé.
- Blanc de turbidité : le blanc est à déterminer systématiquement avant chaque série de mesure puis régulièrement au cours de longues séries. On mesure le blanc de turbidité avec de l'eau à turbidité nulle. Pour les gammes basses, notamment, on attachera une attention particulière à la propreté des cuves ou des tubes contenant les étalons. Le blanc devrait rester <0.1 FNU/NTU.

FNU : Formazine Nephelometric Unit.

NTU : Nephelometric Turbidity Unit.

d. Calculs, expression des résultats.

Arrondir les résultats comme suit :

Résultats	Arrondir
<1 FNU	0.01 FNU
De 1 à 10 FNU	0.1FNU
De 10 à 100 FNU	1 FNU
De 100 à 1 000 FNU	10 FNU
> 1 000 FNU	100 FNU

III.2.4. Détermination de la Demande Chimique en Oxygène.

En milieu acide et en présence de sulfate d'argent et de sulfate de mercure certaines matières contenues dans l'eau oxydées par un excès de dichromate de potassium sont dosées par le sulfate de fer et d'ammonium en présence d'un indicateur (ferroïne) (**Rodier ; 1996**).

a. Réactifs.

- Sulfate de mercure cristallisé **HgSO₄**.
- Solution sulfurique de sulfate d'argent **Ag₂ SO₄**.
- Solution de sulfate de fer et d'ammonium **0,25**
FeSO₄ (NH₄)₂ SO₄ ; 6 H₂O.
- Solution de dichromate de potassium 0,25 N **K₂ Cr₂ O₇**.

- Solution de ferroïne.

b. Étalonage de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.

- Mettre 5 ml de solution étalon de bichromate de potassium ; dans un bécher ; et compléter à 100ml avec la solution d'acide sulfurique .tirer avec la solution de sulfate de fer.
- Laisser refroidir, ajouter quelques gouttes de solution de ferroïne et déterminer la quantité nécessaire de sulfate de fer et d'ammonium pour obtenir le virage au rouge, violacé.

c. Mode opératoire.

- Introduire 50ml de l'échantillon soigneusement homogénéisé dans un ballon de 500ml (contenant quelques billes pour la régulation de l'ébullition).
- Ajouter 1g de sulfate mercurique cristallisé.
- Ajouter 5ml de solution sulfurique de sulfate d'argent.
- Ajouter 25ml de solution de bichromate de potassium 0.04mol /l.
- Avec précaution ajouter 70ml de solution sulfurique de sulfate d'argent en agitant par un mouvement circulaire le ballon et en refroidissant sur un courant d'eau froide.
- Porter à ébullition pendant deux heures sous réfrigérant à flux adapté au ballon.
- Laisser refroidir.
- Diluer à environ 350ml avec l'eau distillée.
- Ajouter quelques gouttes de solution de ferroïne.
- Titrer par la solution de sulfate de fer et d'ammonium jusqu'au obtenir le virage rouge violacé.
- Procéder aux mêmes opérations sur 50ml d'eau permutée.

d. Calcul et expression des résultats.

La demande en oxygène (DCO) exprimée en milligrammes d'oxygène par litres est égale à :

$$\text{DCO mg/l} = 8000(V_0 - V_1) T/ V$$

- V_0 (ml) = Volume de sulfate de fer d'ammonium nécessaire pour le virage de l'échantillon.
- V_1 (ml) = Volume de sulfate de fer d'ammonium nécessaire à l'essai au blanc.
- T = Titre de la solution de sulfate de fer et d'ammonium.
- V (ml) = Volume de la prise d'essai.

III.2.5. Dosage de la demande biochimique en oxygène. DBO et DBO₅

a. Principe.

Sous l'action des microorganismes, résultent les phénomènes d'autoépuration dans les eaux superficielles par la dégradation des charges organiques polluantes

La DBO₅ est définie comme la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai, c'est-à-dire, après incubation durant 5 jours, à 20°C, dans l'obscurité. La mesure de la quantité d'oxygène consommée est suivie dans une solutionensemencée ou non (**Rodier ; 1996**).

b. Réactifs.

- Eau permutée (teneur en cuivre inférieur 0.01mg/l) exempte de chlore et de chloramines.
- Eau d'ensemencement constituée par une résiduaires urbaine fraîche filtrée sur filtre en papier plissé, prélevée dans un collecteur d'une zone résidentielle sans contamination industrielle significative.
- Eau de rivière, prélevée sur plusieurs kilomètres, en aval d'une agglomération et stabilisée par une aération forcée pendant 24 heures, en prenant toutes précautions utiles pour ne pas la contaminer, notamment par l'addition de matière organiques, de matière oxydantes ou réductrices ou de métaux.

- Solution de phosphates :

Monohydrogèphosphates de sodium	(Na ₂ HPO ₄ -2H ₂ O)	8.5g.
Dihydrogèphosphates de potassium	(KH ₂ PO ₄)	2.8g.
Eau permutée	qsp	1000ml.

Bien homogénéiser la solution.

- Solution de sulfate de magnésium à 20g/l.

- Solution de chlorure de calcium à 25g/l.
- Solution de chlorure de fer à 1.5g/l.
- Solution de chlorure d'ammonium à 2g/l.
- Préparation de l'eau de dilution : L'eau de dilution est préparée à partir d'une eau permutée

➤ Mettre dans un récipient :

Solution de phosphate		05ml
Solution de sulfate de magnésium		01ml
Solution de chlorure de calcium		01ml
Solution de chlorure de fer		01ml
Solution de chlorure d'ammonium		01ml
Eau permutée	qsp	1000ml

- Maintenir cette solution à 20°C et l'aérer en prenant d'éviter toute contamination par des métaux, des matières organiques oxydantes ou réductrices.
 - Arrêter l'aération dès que la solution contient 10mg/l d'oxygène dissous.
 - Après repos pendant 12 heures (récipient débouché), ajouter 05ml d'eau d'ensemencement par litre de cette solution.
- Cette eau de dilution doit être utilisée dans les 24 heures.

c. Mode opératoire.

- Mettre un volume connu d'eau à analyser dans une fiole jaugée.
- Compléter avec de l'eau de dilution.
- Homogénéiser.
- Vérifier que le pH est compris entre 6 et 8. Dans le cas contraire préparer une nouvelle dilution en amenant le pH à une valeur voisine de 7 par addition d'acide sulfurique ou d'hydroxyde de sodium puis compléter au volume.
- Remplir complètement un flacon avec cette solution.
- Bien boucher sans emprisonner des bulles d'air.
- Préparer également une série de dilutions successives, telle que la consommation d'oxygène soit voisine de 50% de la teneur initiale.
- Conserver les flacons à 20°C (+ ou -) 01°C et dans l'obscurité.
- Mesurer l'oxygène dissous subsistant au bout de 5 jours (120 heures).

- Pratiquer un essai témoin en dosant l'oxygène dissous dans l'eau de dilution (eau permutéeensemencée ou eau de rivière) et traiter deux fioles remplies de cette eau comme indiqué ci-dessous.
- Doser l'oxygène résiduel.
- Au cours de cet essai-témoin ; la consommation d'oxygène doit se situer entre 0.5 et 1.5g/l.

Dans le cas contraire, l'ensemencement par l'eau de dilution n'est pas convenable et il est nécessaire d'en modifier la préparation.

d. Calculs et expressions des résultats.

Soit :

- **D₀** : Teneur en oxygène (mg/l) de l'eau de dilution au début de l'essai.
- **D₅** : **Teneur** moyenne en oxygène (mg/l) de l'eau de dilution au bout de cinq (05) jours d'incubation.
- **T₀** : **Teneur** en oxygène (mg/l) de l'une de dilutions de l'échantillon au début de l'essai.
- **T₅** : Teneur en **oxygène** (mg/l) de l'une des dilutions de l'échantillon au bout de cinq (05) jours d'incubation
- **F** : Facteur de dilution tel que :

$$0.4 T_0 < T_0 - T_5 < 0.6 T_0$$

La demande biochimique en oxygène exprimée en milligrammes d'oxygène par litre est égale :

$$DBO_5 = F (T_0 - T_5) - (F-1) (D_0 - D_5)$$

III.3. Etude bactériologique.

III.3.1. Prélèvements.

Un examen bactériologique doit être effectué sur un échantillon correctement prélevé, dans des flacons stériles, selon un mode opératoire précis évitant toute contamination

accidentelle, correctement transporté au laboratoire et analysé après une courte durée de conservation dans des conditions satisfaisantes (**Maul ; 1997**).

- Les échantillons sont prélevés dans des flacons de verre de 500 ml, stérilisés au four à 170°C pendant une heure.
- Les flacons sont ouverts, remplis et refermés sous l'eau pour éviter toute contamination avec l'air.
- Les échantillons sont transportés dans une glacière isotherme (4°C) à l'abri de la lumière.
- Pour éviter les modifications de la teneur initiale, l'analyse ne doit pas excéder 24 heures.

III.3.2. Le dénombrement bactérien.

La méthode de filtration sur membrane consiste à recueillir, sur une membrane stérile un volume donné de produit à analyser (eau usée, eau de consommation, et l'eau de mer), la membrane est ensuite déposée sur un milieu nutritif convenable ; après incubation, les colonies sont dénombrer et identifier (**Champiat et al ; 1994**).

III.3.2.1. Matériels.

- Bec-besen pour la stérilisation de la zone de travail.
- Boite Petri avec les milieux des cultures spécifiques pour chaque germe.
- Membranes d'ester de cellulose, filtrantes stériles quadrillées de porosité de 0.45µm et de 49mm X 9mm de diamètre susceptible de retenir les bactéries.
- Incubateur dont la température est ajustée selon le germe étudié.
- Pompe à vide.
- Pince stérilisée.
- Pipette.
- Milieux et réactifs : BEA (Bile et Esculine Azide), Kovacs ; eau peptonée exempte d'indole (**Voir annexe 3**).



Figure 18 : Dispositif de l'appareil de filtration sur membrane.

III.3.2.2. Protocole de travail.

La réalisation de cette technique a été faite selon le protocole suivant :

En présence du bec bunsen et sur une paillasse javellisée (**Aichiou ; 2006 Modifié**)

- Flamber la face supérieure (plaque poreuse) de l'appareil, fermer le robinet du support et mettre en marche la pompe à vide.
- Prélever une membrane stérile en la saisissant par son bord extérieur, avec une pince flambée et refroidie ; la déposer sur la plaque poreuse.
- L'entonnoir-réservoir flambé et refroidi est placé au-dessous de la membrane.
- Placer l'entonnoir sur le support et le fixer fermement.
- Verser dans chaque entonnoir un volume 100ml d'échantillon bien homogénéisé.
- Faire le vide jusqu'à filtration totale de l'échantillon.
- Retirer l'entonnoir et déposer la membrane filtrante à l'aide d'une pince stérile sur un milieu adapté aux bactéries recherchées.
 - ✓ Tergitol 7 pour les Coliformes (Vert).
 - ✓ Slanetz et Bartley pour les Streptocoques (Jaune).



Figure 19 : Les deux milieux de culture pour les coliformes et streptocoques respectivement.

- Déposer la membrane en la déroulant pour tenir un contact étroit avec la gélose.
- Inscrire sur la boîte de Petri le numéro de l'échantillon et le volume filtré.
- Placer les boîtes de Petri en position inverse pour empêcher la condensation sur les membranes et les incubés à une température donnée et pendant une durée spécifique pour chaque germe :
 - ✓ Les coliformes totaux, incubation à 37°C pendant 24 heures (colonies jaunes).
 - ✓ Les coliformes fécaux, incubation à 44°C pendant 48 heures (colonies jaune, orange).
 - ✓ Les Streptocoques, incubés à 37°C pendant 48 heures (rouge brique).
- Flambage du dispositif par le bec bunsen après chaque échantillon filtré, afin d'éviter toute contamination possible.

- **Test confirmatif.**

- 1. Pour les coliformes.**

On' a fait le repiquage dans une paillasse javellisé et devant un bec-bensen :

- ✓ A partir des boîtes incubées, on' a pris une colonie jaune.
- ✓ On aensemencé un tube contient l'eau peptonée exempte d'indole.
- ✓ Incubation à 44°C en bain marie pendant 24h.
- ✓ La confirmation se fait par l'apparition d'un anneau rouge en présence du réactif de Kovacs (3 à 4 gouttes).
- ✓ Anneau rouge, donc production d'indole, veut dire la présence d'E.coli.

- 2. Pour les Streptocoques.**

Dans une paillasse javellisé et devant un bec-bensen

- ✓ A partir des boîtes précédentes, on' a enlevé les membranes filtrantes, et on' a les mis sur un autre milieu gélose BEA (Bile et Esculine Azide).
- ✓ On' a les laissés 20 minutes devant le bec-benzen.
- ✓ L'apparition des colonies avec un halo noir confirme la présence des Streptocoques.

CHAPITRE IV

I. Variation des paramètres physico-chimiques (*in situ*).

Les résultats obtenus des paramètres physico-chimiques, sont présentés dans le texte et graphiquement suivis d'une représentation graphique obtenue à partir Serfer.

Tableau 5 représente les résultats paramétriques des différentes stations de prélèvements selon la figure 12.

Tableau 5 : Les résultats des paramètres mesurés in situ.

	T (°C)	O₂ (mg/l)	O₂ (%)	S (PSU)	pH	Heure de prélèvement
S₁	21,63	5,43	53,33	36	7,68	11h30
S₂	21,6	5,96	40,5	36,15	7,8	12h
S₃	20,2	2,75	33,5	35,3	7,59	12h55
S₄	20,6	12,44	140,3	35,5	8,36	13h30
S₅	20	9,33	157,3	58,55	7,45	14h30
S₆	21,3	9,97	114,15	36,6	8,37	14h40
Moyenne	20,88	7,64	89,84	39,68	7,88	
Ecart-type	0,091	0,081	0,152	0,040	0,057	

I.1. Température.

Les valeurs relatives de température au niveau de la côte est durant la période d'étude sont incluses dans l'intervalle de (20 – 21,63°C) avec une moyenne de 20,88°C et un écart type de 0,091.

La première station relève une température maximale, résultant du mal orientation de l'entrée du port provoquant une stagnation des eaux et la température minimale est enregistrée au niveau de la cinquième station.

La valeur thermique moyenne étant de 23 C°, en période chaude, confirme que les résultats obtenus sont dans les normes, de plus qu'elles sont soumises à l'influence de la température de l'air.

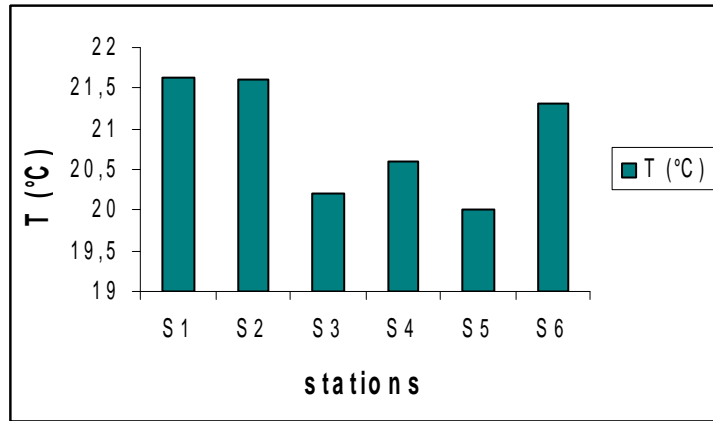


Figure 20 : Variation de la température en °C dans la baie de Bou-Ismaïl.

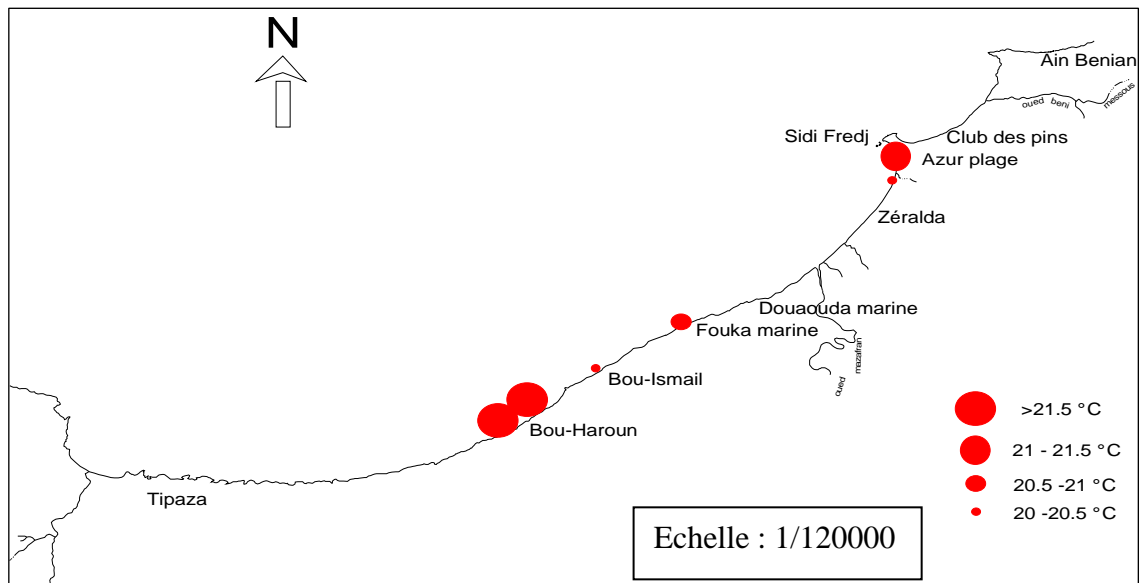


Figure 21 : Répartition spatiale de la température dans la baie de Bou-Ismaïl.

I.2. Potentiel d'Hydrogène (pH).

Les valeurs de pH sont comprises entre une valeur maximal 8,38 et l'autre minimal 7,45 avec une moyenne de 7,87 et un écart type de 0,091.

Le pH de l'eau de mer, voisin de 8,2, indique que les zones sont conformes aux normes algériennes 2006, limitées entre 6 à 8,5. **(Voir annexe 4)**

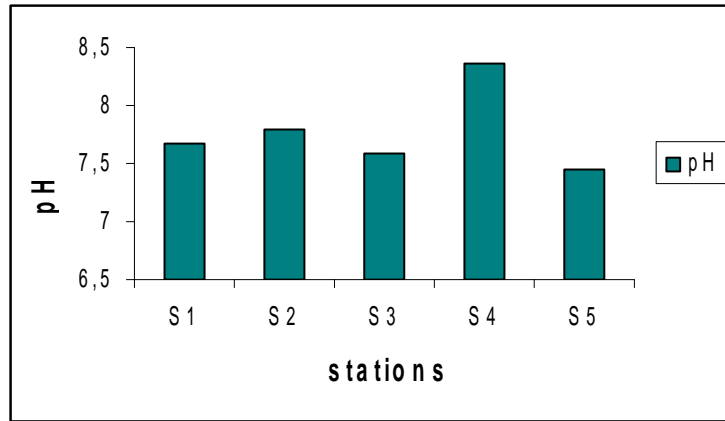


Figure 22 : Variation de pH dans la baie de Bou-Ismaïl.

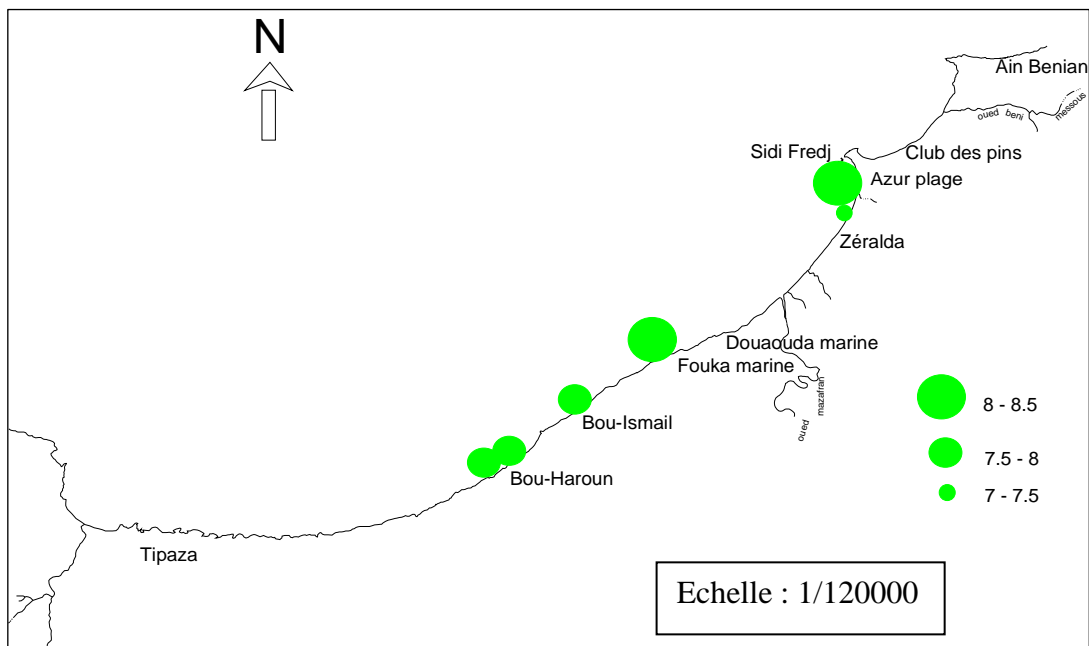


Figure 23 : Répartition spatiale de pH dans la baie de Bou-Ismaïl.

I.3. Salinité.

Les valeurs de la salinité sont comprises entre 35,30 et 58,55 PSU.

Une valeur maximale de 58,55 PSU est enregistrée à Azur rejet (S₅) dû a la présence d'une station de désalement, rejetant principalement du chlore et provoquant une augmentation de la salinité de l'eau de mer (S₆ : Azur mer) de l'ordre de 36,60 PSU.

En méditerranée, la salinité est comprise entre 37.8 et 39.39 PSU. On constate que les valeurs de la salinité sont relativement faibles, à cause de la proximité des stations des oueds qui déversent l'eau douce.

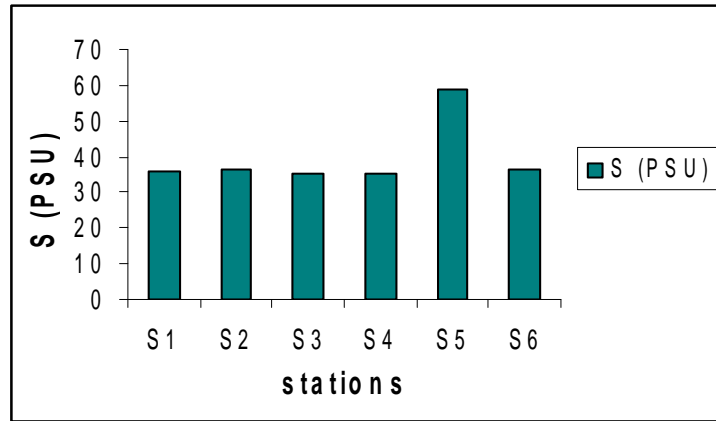


Figure 24 : Variation de la salinité dans la baie de Bou-Ismaïl.

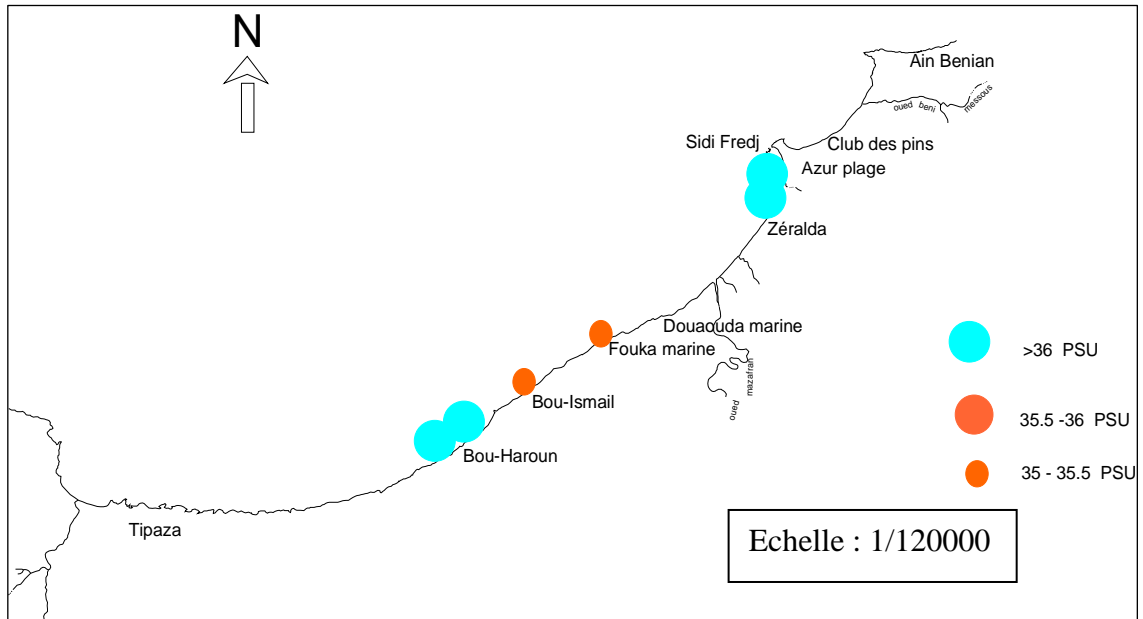


Figure 25 : Répartition spatiale de la salinité dans la baie de Bou-Ismaïl.

I.4. Oxygène dissous (mg/l).

Les teneurs en oxygène dissous dans les eaux superficielles de la baie de Bou-Ismaïl varient entre 2,76 (valeur minimale), et 12,44 mg/l (teneur maximale), avec une moyenne de 7,65mg/l et un écart type de 0,081.

- La différence entre les deux teneurs du port de Bou-Haroun (S_1 et S_2) dûe a la mauvaise orientation du port qui empêche le renouvellement et la circulation des eaux des deux bassins, mais aussi aux différentes sortes et rejets (industriels, eaux usées, pollution issus des bateaux).
- En cas d'une consommation supérieur à la production, il y'a un déficit en oxygène, ce ci est essentiellement provoqué par : l'oxydation de la matière organique par les bactéries, oxydations

des composés chimiques rejetés par les activités humaines, et la forte teneur en matière en suspension. Cette dernière empêche la pénétration de la lumière, facteur limitant pour ce processus. Ce cas est représenté par la troisième station (Bou-Ismail) où on a enregistré une faible teneur de 2,76mg/l.

➤ Les teneurs des autres stations (S₄, S₅, S₆) sont inclus et provoquées par le seuil de développement aquatique a cause de l'agitation provoquée par les courants, la houle, ce qui aèrent la colonne d'eau, plus en moins profonde, et l'activité photosynthétique.

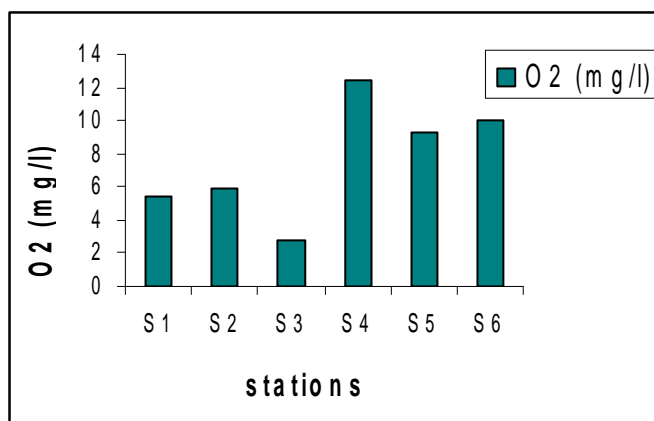


Figure 26 : Variation de la concentration de l'oxygène dissous (mg/l) dans la baie de Bou-Ismail.

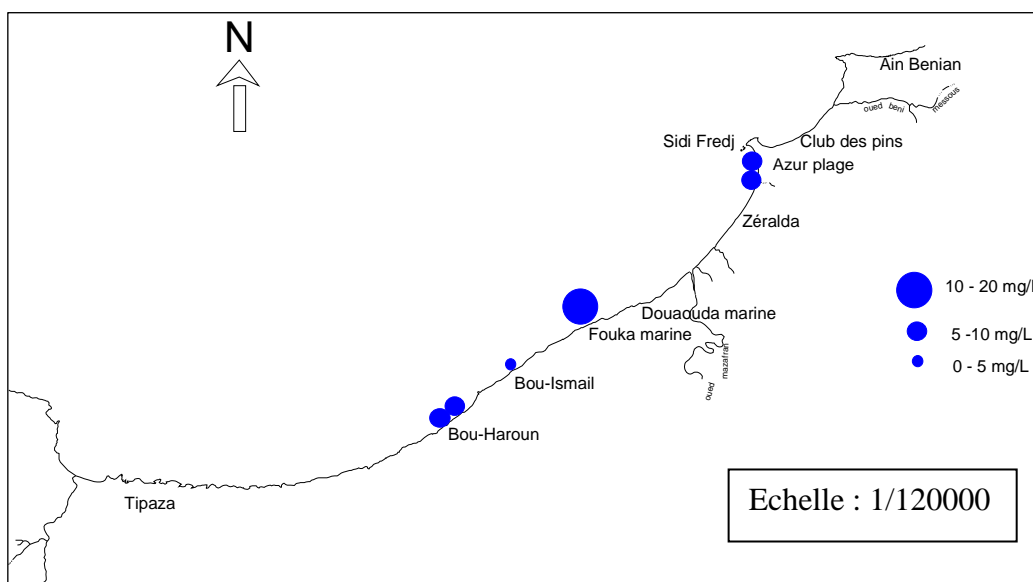


Figure 27 : Répartition spatiale de l'oxygène dissous (mg/l) dans la baie de Bou-Ismail.

I.5. Oxygène dissous (%).

Le pourcentage de saturation de l'oxygène dissous dans les stations de prélèvement varie entre 33,5% et 157,3%, avec une moyenne de 89,84% et un écart type de 0,152.

Les valeurs maximales sont enregistrées dans les trois dernières stations (Fouka, Azur mer et Azur rejet) ce qui donne une aide sur l'état de pollution dans ces zones.

L'oxygène dissous dans l'eau de mer peut être représenté en pourcentage de saturation (%) à partir de la concentration (mg/l) et de la solubilité qui est en fonction de la température et de la salinité selon l'équation suivante :

$$O_2 = \text{Concentrations mesurée (mg/l)} / \text{Solubilité} \times 100 (\%)$$

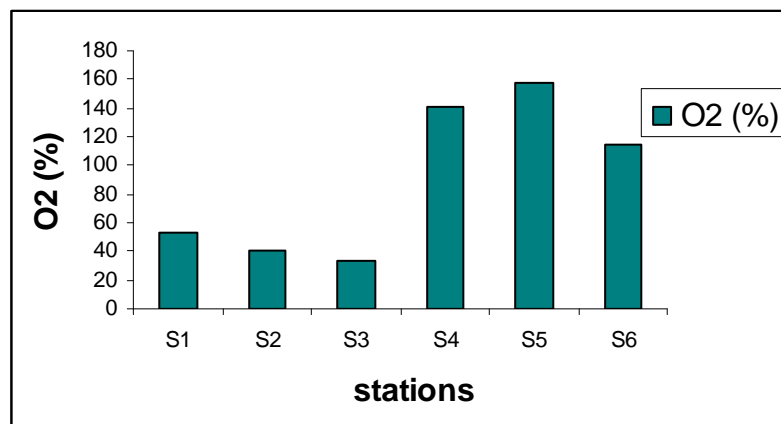


Figure 28 : Variation du pourcentage de saturation dans la baie de Bou-Ismaïl.

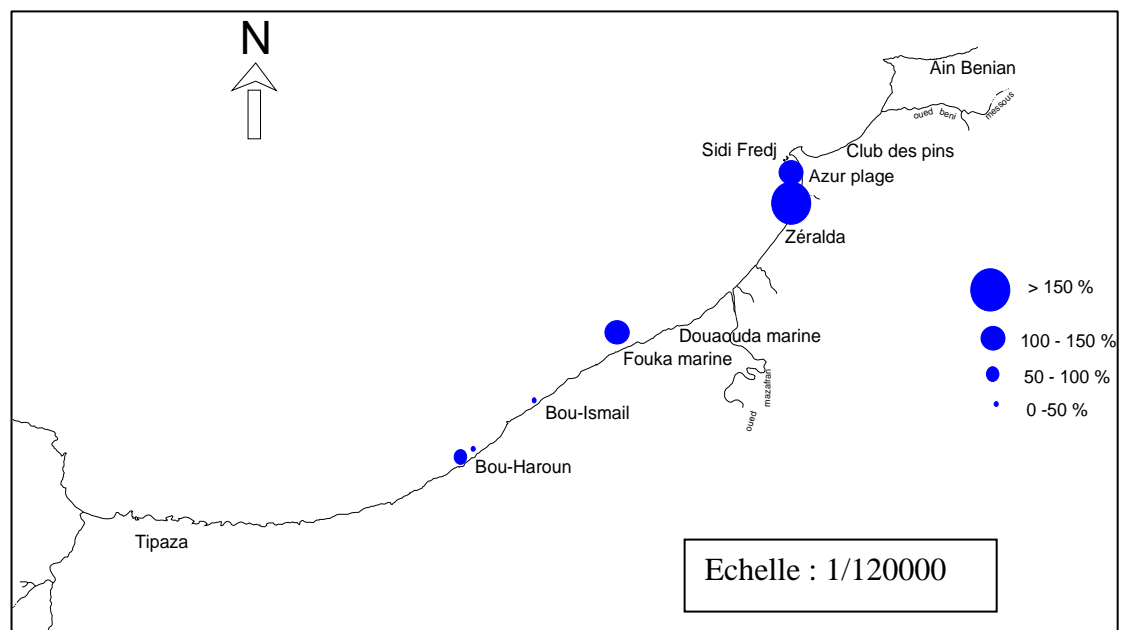


Figure 29 : Répartition spatiale de pourcentage de saturation dans la baie de Bou-Ismaïl.

II. Variation des paramètres mesurés au laboratoire.

A partir des échantillons prélevés, transportés à l'aide d'une glacière isotherme, congelés au laboratoire de Sidi Feredj, nous avons effectué l'analyse des sels nutritifs, selon les protocoles décrits par **Aminot et al ; 1983**, la mesure de la matière en suspension et la matière organique.

Les résultats sont présentés graphiquement et sous forme des figures déterminant la répartition spatiale des paramètres en fonction des stations de prélèvement selon la figure 12.

Tableau 6 : Résultats des paramètres mesurés au laboratoire dans la baie de Bou-Ismaïl.

	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	Moyenne	Ecart type
MES (mg/l)	91,20	86,80	188	82,80	126,80	116,80	115,4	0,19
MO (%)	52,63	55,30	72,34	43,48	41,01	54,79	53,25	0,09
NO₂⁻ (µmol/l)	2,296	0,282	3,39	1,060	0,123	0,247	1,233	0,03
NO₃⁻ (µmol/l)	0,346	0,175	0,693	5,267	0,0105	0,017	1,084	0,028
NH₄⁺ (µmol/l)	26,235	4,470	8,705	27,117	0,647	6,647	12,303	0,022
PO₄³⁻ (µmol/l)	2,920	1,238	0,929	0,221	0,044	0,176	0,921	0,018

N.B : pour le calcul de l'écart type et la moyenne des paramètres étudiés, nous avons utilisé les équations suivantes :

➤ Moyenne : $X = \sum x_i / n$

➤ Ecart type = $(\sum (x_i - X)/n)^{1/2}$

Avec : X : Moyenne

x_i : Les effectifs

n : Nombre des effectifs (6)

Tableau 7 : Résultats des paramètres indicateurs de pollution dans le port de Bou-Haroun et la baie de Bou-Ismaïl.

		DCO (mg/l)	DBO₅ (mg/l)	DCO/DBO₅	Tu (NTU)	O₂ (mg/l)
Port de Bou- Haroun	P1	1915	780	2,455	350	5,2
	P2	2600	640	4,062	98	6,8
	P3	1900	675	2,814	125	1,8
	P4	2496	560	4,457	110	2,7
	P5	2250	220	10,227	150	7
La Baie de Bou- Ismaïl	B1	568	150	3,786	220	4,2
	B2	560	125	4,48	430	5,6
	B3	480	120	4	200	5,8
	B4	728	140	5,2	260	3,2
	B5	440	123	3,57	85	8

II.1. Ions nitrites NO₂⁻.

Les concentrations en nitrites au niveau de la baie de Bou-Ismaïl varient entre 0,017µmol/l et 3,39µmol/l, avec une moyenne de 1,233µmol/l et un écart type de 0,03.

Les ions nitrites sont instables et intermédiaires de l'azote entre l'ammonium et les nitrates.

Selon la grille normative pour l'estimation de la qualité de l'eau, on distingue trois catégories (**Voir annexe 5**) :

Catégorie 1 : Présentée par S5 ; eau de bonne qualité, utilisable sans exigence particulière.

Catégorie 2 : Présentée par S6, S2, S4 ; eau de qualité moyenne, utilisable après traitement simple.

Catégorie 3 : Présenter par S1, S3 signifie que l'eau polluée ne peut être utilisée qu'après un traitement poussé.

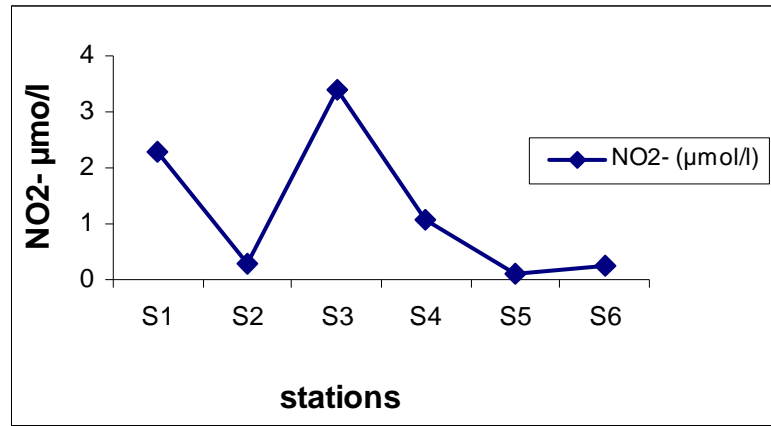


Figure 30 : Variation des nitrites dans la baie de Bou-Ismaïl.

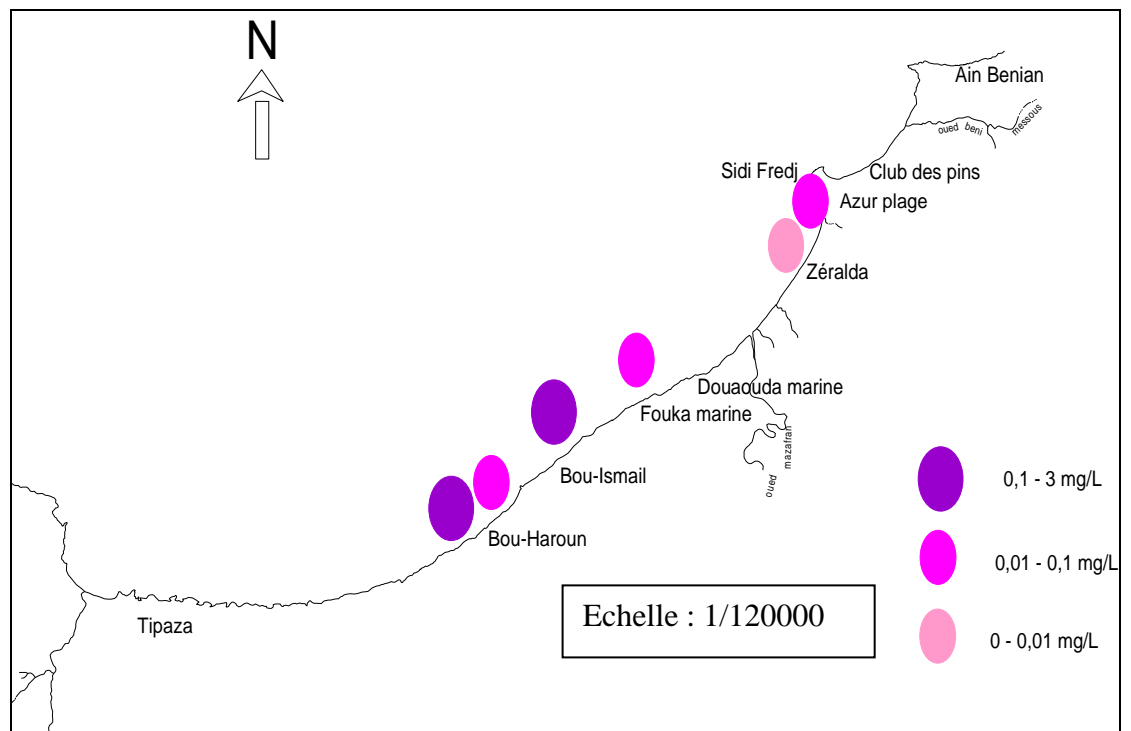


Figure 31 : Répartition spatiale des nitrites dans la baie de Bou-Ismaïl.

II.2. Ions nitrates NO₃⁻.

Les teneurs des nitrates dosées à partir de 100 ml de l'échantillon sont comprises dans un intervalle de 0,0105μmol/l et 5,267μmol/l, avec une moyenne de 1,084μmol/l et un écart type de 0,028.

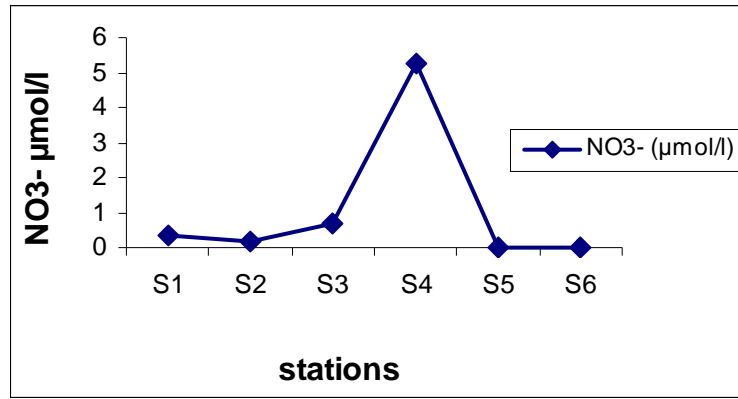


Figure 32 : Variation des nitrates dans la baie de Bou-Ismaïl.

II. 3. Ammonium NH₄⁺.

La teneur la plus élevée est enregistrée au niveau de la quatrième station (Fouka) avec une valeur de 27,117μmol/l suivis par la première station avec une valeur de 26,235 μmol/l.

Cet élément présente une moyenne de 12,303μmol/l et un écart type de 0,022.

Les fortes teneurs s'expliquent par la décomposition bactérienne des composés organiques azotés, le mécanisme bactérien appelé ammonification, les rejets urbains riche en ammoniac (5 rejets se déversent au niveau de Fouka avec un débit de 3600m³/j et 4 au niveau de Bou-Haroun avec un débit de 320m³/j).

Les fortes concentrations des stations S1, S3, S4, S6 sont incluses dans la troisième catégorie ; eau polluée, qui ne peut être utilisée qu'après un traitement très poussé.

Catégorie 2 : présentée par S2, S5, eau de qualité moyenne, utilisable après traitement simple.

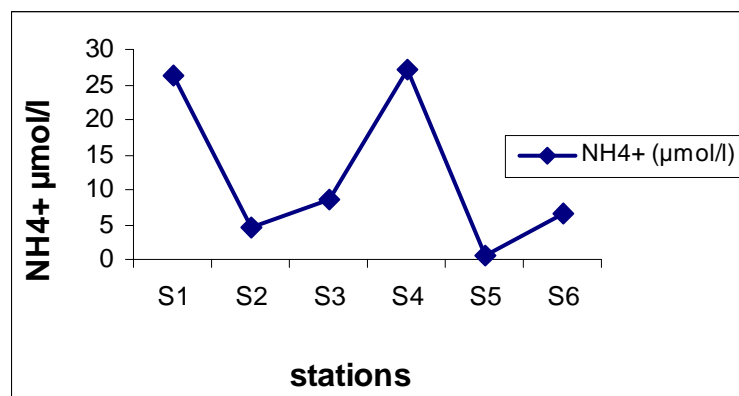


Figure 33 : Variation de l'azote ammoniacal dans la baie de Bou-Ismaïl

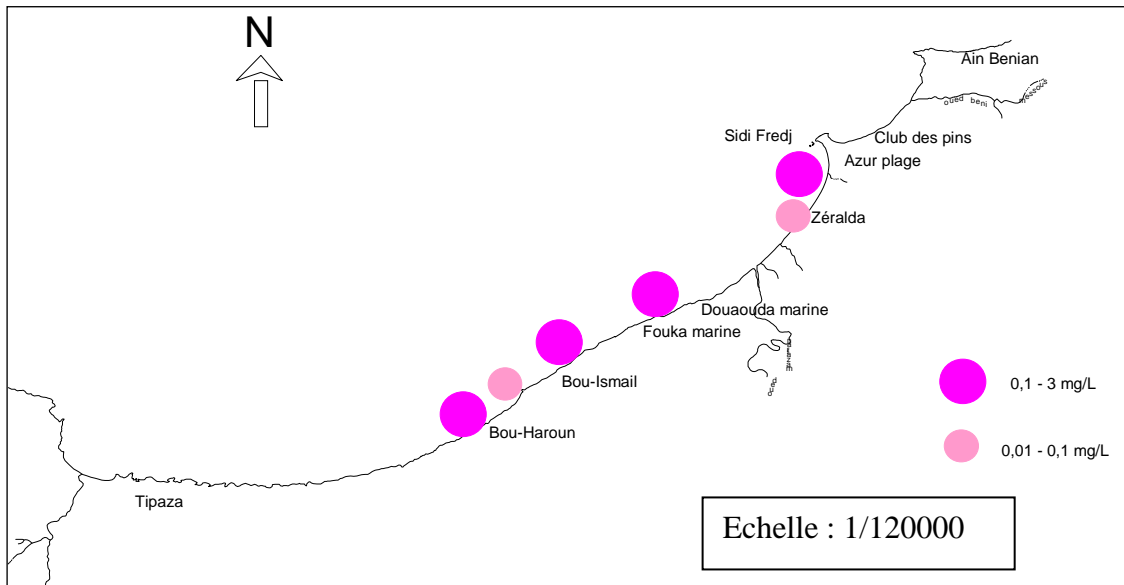


Figure 34 : Répartition spatiale de l'azote ammoniacal dans la baie de Bou-Ismaïl.

II.4. Orthophosphates PO_4^{3-} .

Le phosphore dans le milieu marin sous sa forme inorganique est présenté essentiellement par les ions orthophosphates.

Les teneurs des orthophosphates des eaux superficielles varient dans un intervalle de (0,044 μ mol/l et 2,920 μ mol/l) avec une moyenne de 0,921 μ mol/l et un écart type de 0,018

On distingue trois catégories :

- Catégorie 1 : S5 ; eau de bonne qualité, utilisable sans exigence particulière ;
- Catégorie 2 : S3, S4, S6 ; eau de qualité moyenne, utilisable après traitement simple ;
- Catégorie 3 : S1, S2 ; signifiée que l'eau polluée, ne peut être utilisée qu'après un traitement poussé.

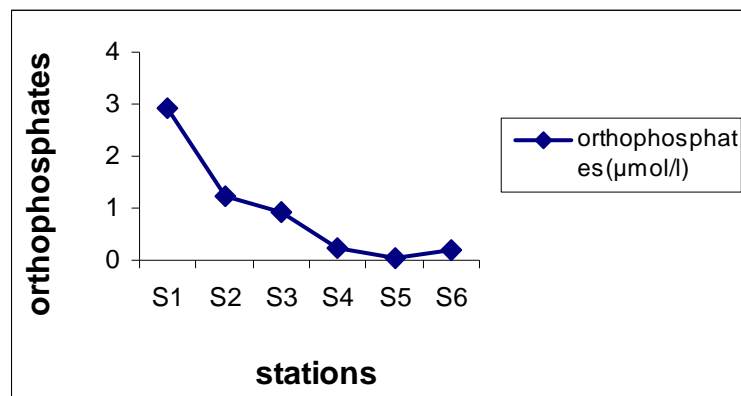


Figure 35 : Variation des orthophosphates dans la baie de Bou-Ismaïl.

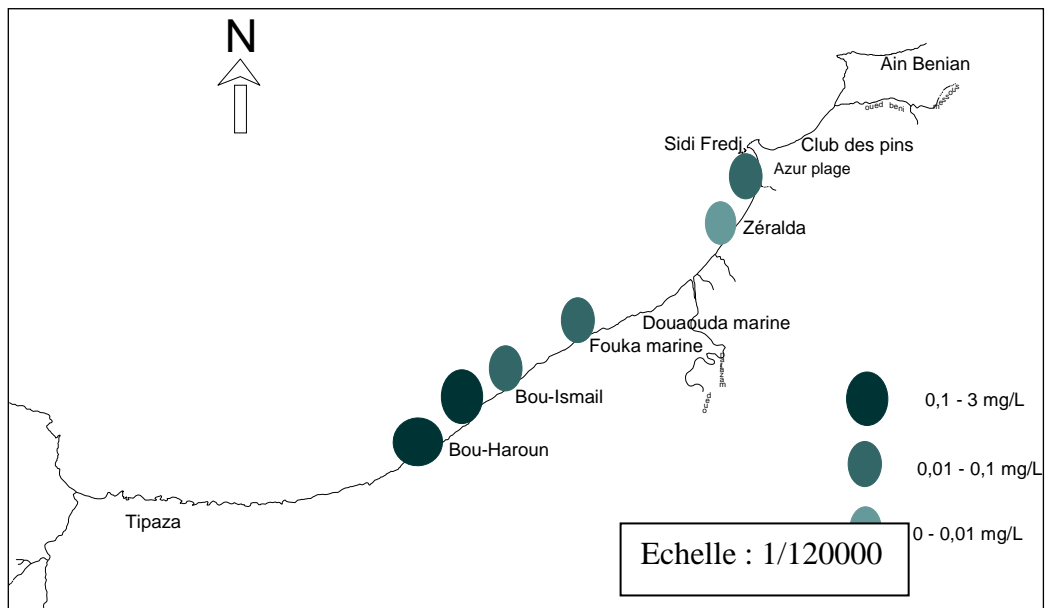


Figure 36 : Répartition spatiale des orthophosphates dans la baie de Bou-Ismaïl.

II.5. Matière en suspension.

Les valeurs de la matière en suspension sont comprises entre 188 et 82,80 mg/l avec une valeur moyenne de 115,4 mg/l et un écart type de 0,19. Les valeurs sont mesurées par rapport à 250 ml d'échantillon.

La plus forte teneur est enregistrée au niveau de la troisième station (188 mg/l). Cette valeur est due aux rejets qui se déversent dans cette zone, rejet domestique de la ville et le rejet Tonic (les colorants, cellulose). C'est une valeur proche de celle trouvée par le service national de l'assainissement de Tipaza le 10/4/2007 (2,1g/l). Les deux valeurs sont largement supérieures aux normes algériennes 2006 (35 mg/l).

Selon la grille normative utilisée pour estimer la qualité de l'eau, ces zones font partie de la troisième et la quatrième catégorie :

- Catégorie 3 : présentée par les stations S1, S2, S4, caractérisée par une eau polluée qui ne peut être utilisée qu'après un traitement très poussé.
- Catégorie 4 : S3, S5, S6, font partie de cette catégorie définie par une eau très polluée, et ne peut être utilisée qu'après un traitement spécifique et onéreux.

Ces teneurs sont influencées par l'état de la mer (calme, agitée), les courants, l'oxygène dissous, la sédimentation qui est soumise à l'effet de l'agitation.

La matière en suspension réduit aussi bien la transparence de l'eau que la production primaire photosynthétique, mais elle peut être considérée comme une source de nourriture non négligeable pour la faune lorsque elle est dans les normes.

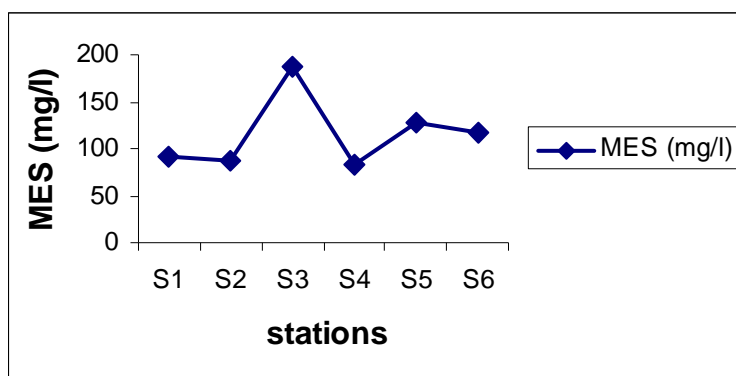


Figure 37 : Variation de la matière en suspension dans la baie de Bou-Ismaïl.

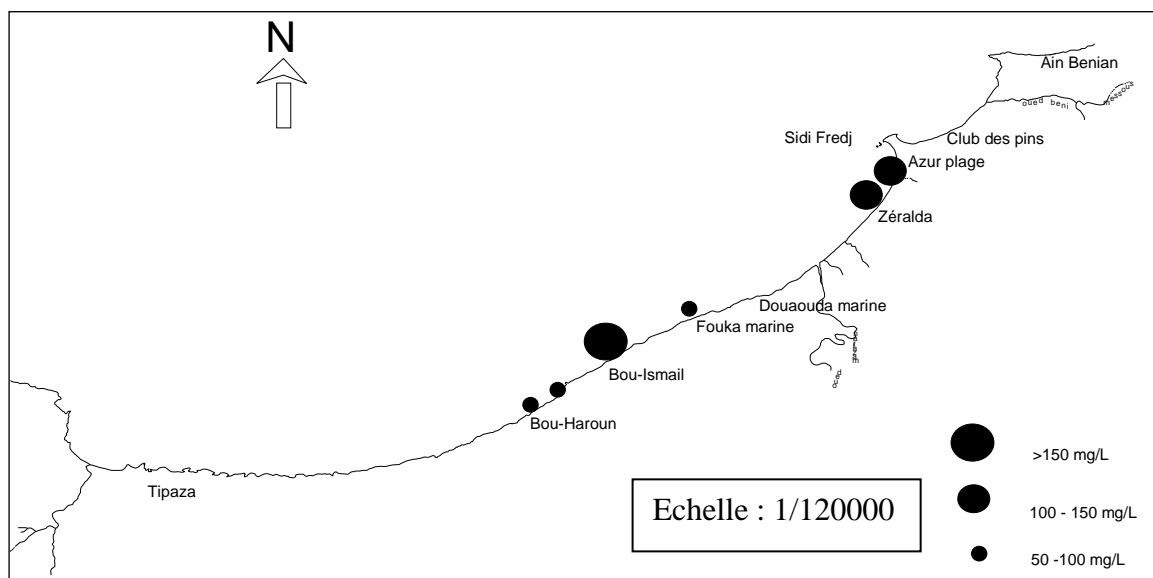


Figure 38 : Répartition de la matière en suspension dans la baie de Bou-Ismaïl.

II.6. Matière organique particulaire dans l'eau de mer.

La matière organique mesurée dans une fraction des échantillons des sédiments superficiels présente des taux qui varient entre 41,01 % et 72,34 % avec une moyenne et un écart type respectivement de 53,25 % et 0,09 %.

Le taux le plus faible est enregistré au niveau de la cinquième station avec une valeur de 41,01 %. La troisième station présente le taux le plus élevé, 72,34 %, avec une faible oxygénation qui confirme la source allochtones : lessivage des

sols, rejets domestiques, industriels (9 rejets) ou agricoles.

Par contre, au niveau du port de Bou-Haroun (les deux bassins), Fouka et Azur, lieux où il y a un taux oxygénation qui permet la production photosynthétique par les algues, les deux sources de la matière organiques sont présente (allochtone).

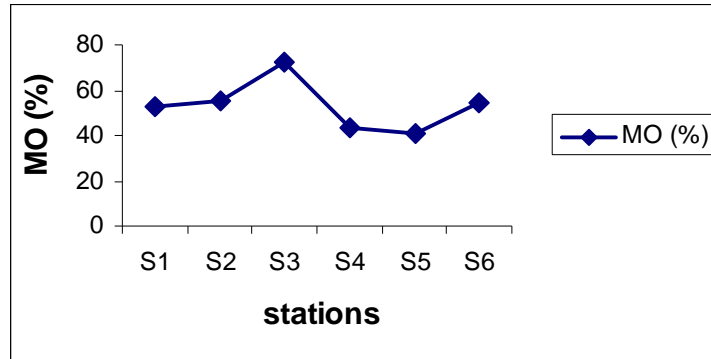


Figure 39 : Variation du taux de la matière organique particulaire dans la baie de Bou-Ismaïl.

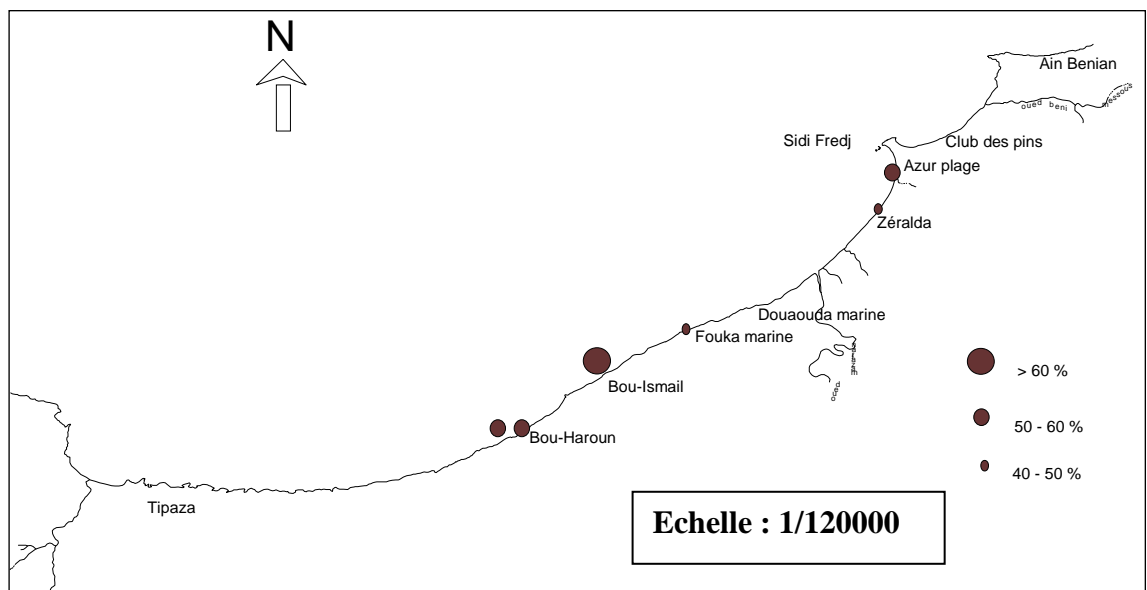


Figure 40 : Répartition de la matière organique particulaire dans la baie de Bou-Ismaïl.

II.7. Demande chimique en oxygène.

Au niveau du port de Bou-Haroun, les taux très élevées, de demande chimique en oxygène varient entre 1900 mg/l et 2600 mg/l, avec une moyenne de 2032,2 mg/l.

Les teneurs en demande chimique en oxygène, au niveau de la baie de Bou-Ismaïl, sont inférieures à celle du port avec une valeur maximale de 728 mg/l et

440 mg/l pour la valeur minimale, la moyenne est de 555,2 mg/l. Cela est du au contact avec la mer ouverte et l'hydrodynamisme qui joue un rôle dans la dispersion des charges polluantes.

La valeur minimale en demande chimique en oxygène est 38 fois supérieure à la norme utilisée pour estimer la qualité de l'eau pour le port de Bou-Haroun et 9 fois pour la baie de Bou-Ismail. On se trouve dans la quatrième catégorie caractérisée par une eau très polluée et nécessitant un traitement spécifique et coûteux avant son utilisation.

Ces concentrations montrent une consommation excessive d'oxygène dissous dans le port par rapport à celle de la baie, pour oxyder chimiquement les charges organiques déversées dans ces zones.

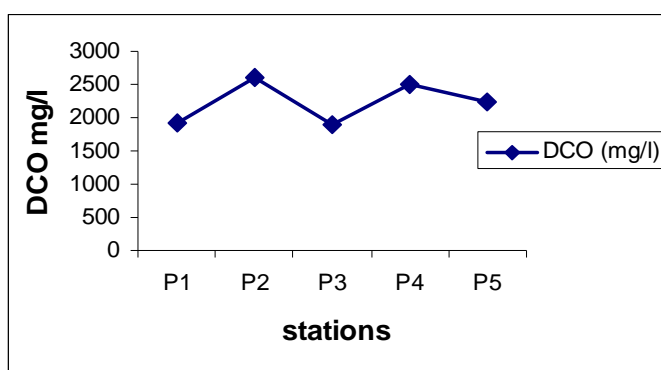


Figure 41 : Variation de DCO (mg/l) dans le port de Bou-Haroun.

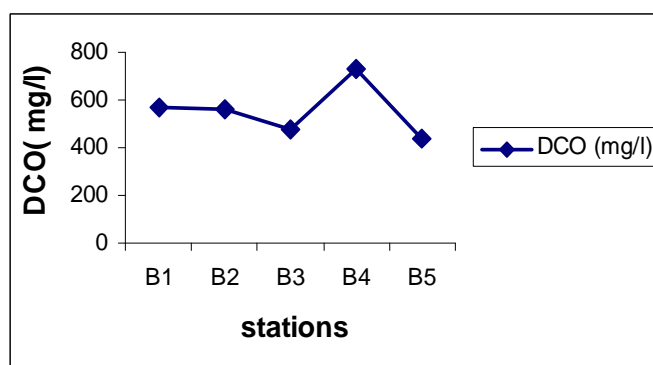


Figure 42: Variation de DCO (mg/l) dans la baie de Bou-Ismail.

II.8. Demande biochimique en oxygène pendant 5 jours.

La quantité d'oxygène nécessaire à l'autoépuration s'exprime en fonction de l'indice de la demande biochimique en oxygène pendant 5 jours. Cet indice est le paramètre principal permettant de mesurer la charge de pollution organique contenue dans une eau. Il est déterminé par faisant l'incubation, pendant cinq jours, à 20° C, d'un échantillon d'eau conservé à l'abri de l'air. La différence entre

la quantité d'oxygène dissous qui se trouvait dans l'eau avant la période d'incubation et la quantité résiduelle d'oxygène présente à la fin de cette période est exprimée en mg/L.

Les résultats d'analyse nous montrent que la teneur la plus élevée en DBO_5 est enregistrée au niveau de la première station pour les deux zones (port et la baie) avec des valeurs respectives de 780 mg/l et 150 mg/l. La valeur minimale est trouvée à la dernière station avec 220 mg/l pour le port. La troisième station présente une valeur de 120 mg/l au niveau de la baie.

Nous remarquons que la teneur minimale en DBO_5 dépasse 15 fois la limite maximale les normes utilisées pour l'estimation de la qualité de l'eau (15mg/l) pour le port et 8 fois pour la baie de Bou-Ismaïl.

Ces teneurs expliquent l'incapacité de ces zones à s'auto-épurer à cause de la forte demande en oxygène par la population bactérienne. La dissolution d'oxygène atmosphérique ne suffit plus pour se renouveler la source principale avant l'activité photosynthétique des plantes aquatiques.

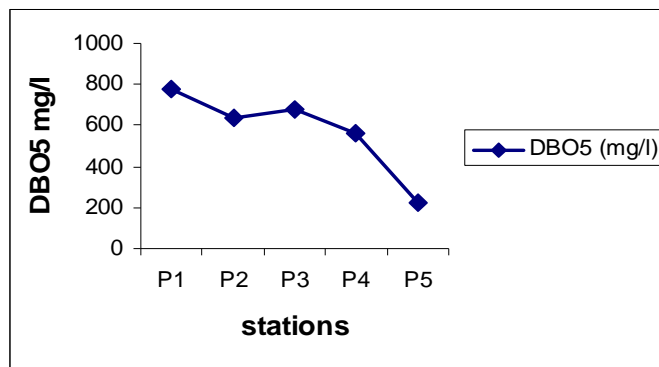


Figure 43 : Variation de DBO_5 (mg/l) dans le port de Bou-Haroun.

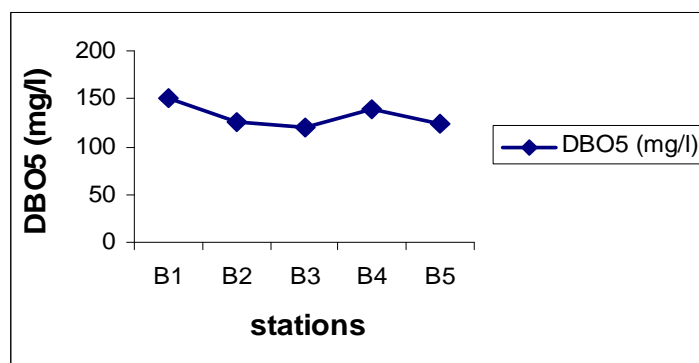


Figure 44 : Variation de DBO_5 dans la baie de Bou-Ismaïl.

II.9. Rapport de biodégradabilité DCO/DBO₅.

Le rapport de biodégradabilité nous permet d'apprécier la dégradabilité de la matière organique et sa nature.

Les valeurs du rapport de biodégradabilité dans les deux zones sont supérieures à 2 signifient qu'il y a une forte biodégradabilité et que la matière organique est biodégradable.

Le degré le plus élevé de biodégradabilité se trouve au niveau de la cinquième station pour le port de Bou-Haroun et la quatrième station pour la baie de Bou-Ismaïl.

Tableau 8 : Echelle de biodégradabilité.

DCO/DBO ₅	Degré de biodégradabilité
= 1	Faible
1,5 à 2	Moyenne
2,5 à 4	forte

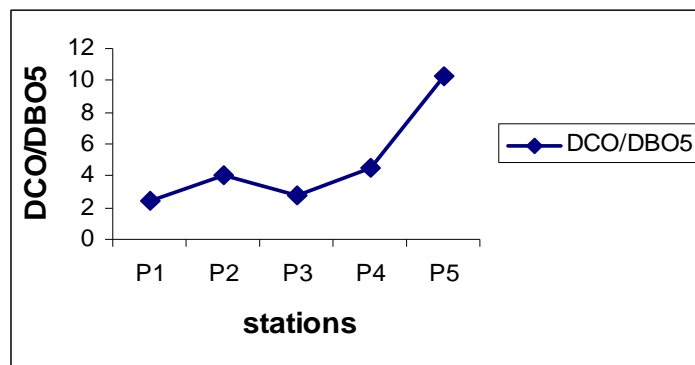


Figure 45 : Variation de degrés de biodégradabilité dans le port de Bou-Haroun.

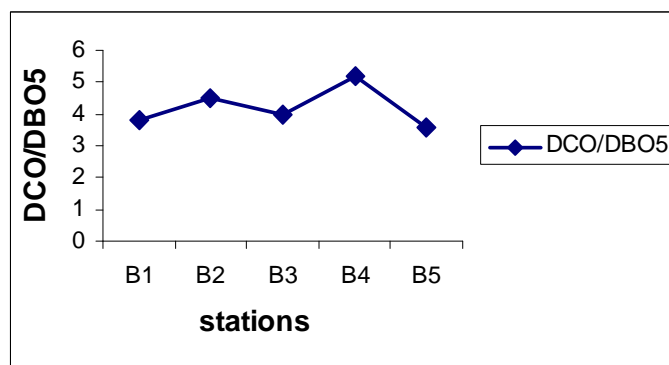


Figure 46 : Variation de degré de biodégradabilité dans la baie de Bou-Ismaïl.

II.10. Turbidité.

La turbidité est un facteur qui influence la transparence ou la qualité de l'eau de mer. Elle touche aussi l'intensité de la lumière pénétrant à des profondeurs différentes pour favoriser l'activité photosynthétique, elle peut être un support de fixation pour les micro-organismes.

Les valeurs les plus élevées enregistrées au niveau de la première station du port et la deuxième station concernant la baie sont de 350 NTU et 430 NTU, respectivement.

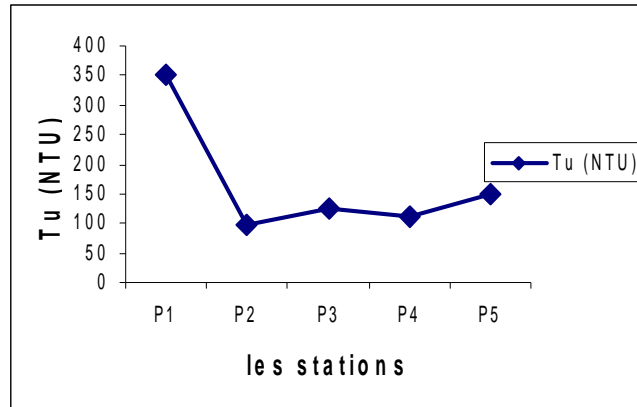


Figure 47 : Variation de la turbidité dans le port de Bou-Haroun.

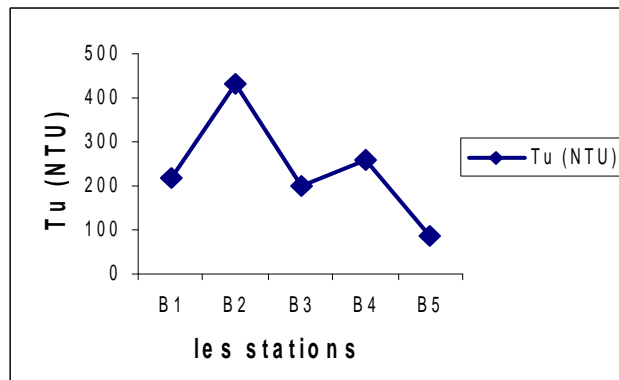


Figure 48 : Variation de la turbidité dans la baie de Bou-Ismaïl.

II.11. Oxygène dissous.

Les teneurs en oxygène dissous dans le port de Bou-Haroun varient entre 7 mg/l et 1,8 mg/l avec une moyenne de 4,7 mg/l. Pour la baie les teneurs varient entre 8 mg/l et 3,2 mg/l et une moyenne de 5,36 mg/l.

Par rapport à la teneur moyenne, la baie est plus aérée que le port car elle est soumise au renouvellement des eaux mais aussi à l'activité photosynthétique des algues et des phanérogames marines (Herbier *Posidonia Oceanica*) qui s'étendent de Tipaza passant par Bou-Ismaïl jusqu'à Fouka marine (Grimes ; 2004), joue un rôle principale dans l'oxygénation des masse d'eaux.

La valeur minimale est trouvée à la troisième station pour le port de Bou-Haroun avec une teneur de 1,8 mg/l et 3,2 mg/l pour la quatrième station au niveau de la baie de Bou-Ismaïl

Les teneurs de l'oxygène dissous sont largement inférieures à 30 mg/l, cela montre que ces stations appartiennent à la quatrième catégorie de classification des eaux caractérisées par une eau très polluée qui ne peut être utilisée qu'après un traitement spécifique et onéreux.

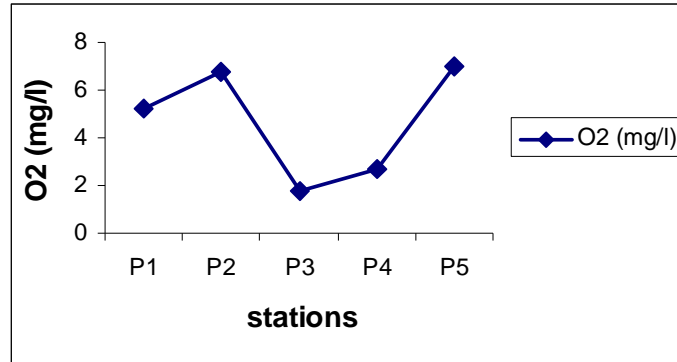


Figure 49 : Variation de l'oxygène dissous dans le port de Bou-Haroun.

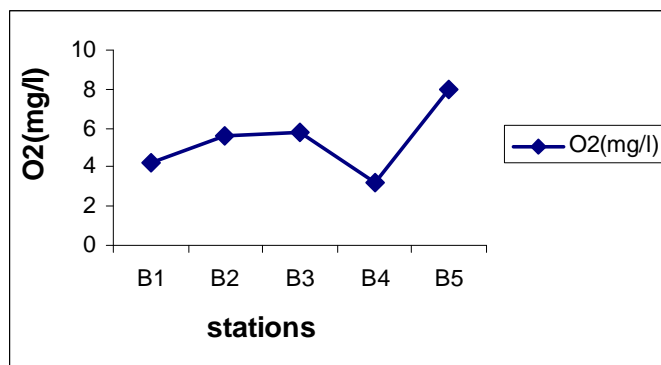


Figure 50 : Variation de l'oxygène dissous dans la baie de Bou-Ismaïl.

III. Variation des paramètres bactériologiques.

Les échantillons prélevés ont été analysés le 05/05/2008 au niveau du laboratoire de la bactériologie alimentaire de l'institut Pasteur d'Algérie. Les résultats sont obtenus après trois jours d'analyse, entre les tests présomptifs suivis des tests confirmatifs.

Tableau 9 : Résultats des paramètres indicateurs de pollution fécale.

	CT/100ml	CF/100ml	Str/100ml	CF/SF
S₁	4025	3003	41	73 ,24
S₂	2160	1856	6	309,33
S₃	2889	1856	70	26,51
S₄	2889	1540	103	14,95
S₅	3430	2889	31	93,19
S₆	4700	450	10	45

III.1. Coliformes totaux.

Les concentrations les plus élevées ont été observées au niveau des S₆ (Azur mer) avec 4700CF/100 ml et S₁ (port de Bou-Haroun) avec 4025CF/100 ml suivis respectivement par S₅, S₄, S₃, S₂.

Ces concentrations sont incluses dans les normes (CCE .1975 *in* Rodier 1996) 500CF/100 ml pour la valeur guide et 10 000CF/100 ml limite impérative. Bactériologiquement ces eaux présentent une moyenne qualité.

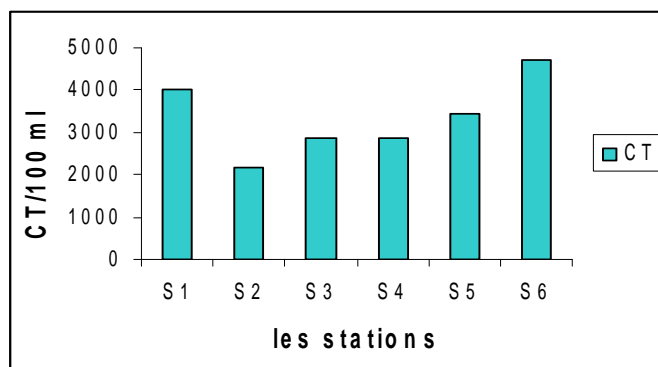


Figure 51: Variations des concentrations des Coliformes Totaux dans la baie de Bou-Ismaïl.

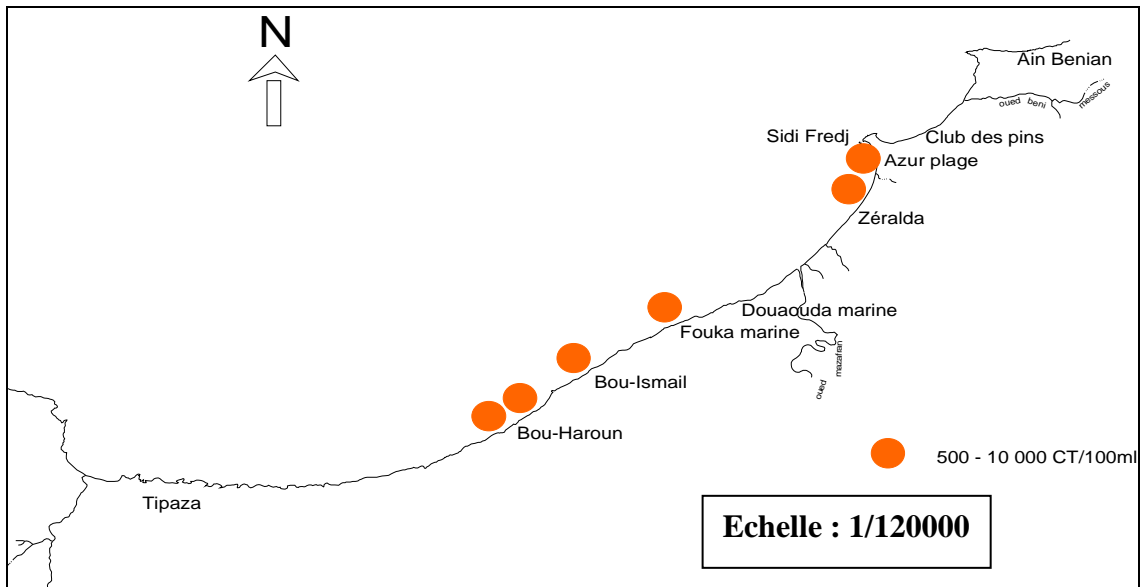


Figure 52 : Répartition spatiale des coliformes fécaux dans la baie de Bou-Ismaïl.

III.2. Coliformes fécaux.

Les concentrations des coliformes fécaux sont supérieures à celles des coliformes fécaux, ceci est évident car ces dernières font partie des premières. Selon les normes 100CF/100 ml la valeur guide et 2000CF/100 ml pour la limite impérative, nous distinguons 2 catégories des stations :

- ❖ Le premier cas : présente une qualité moyenne, car les concentrations sont comprises dans l'intervalle des normes 100CF/100 ml valeur guide et 2000CF/100 ml pour la limite impérative au niveau de deuxième bassin de port, Bou-Ismaïl, Fouka et Azur mer.

- ❖ Le deuxième cas : celui des stations qui ne se conforment pas à la norme, leurs concentrations pour S₁ (3003CF/100ml pour le premier bassin) et S₅ (2889CF/100ml pour Azur rejet) sont supérieures aux valeurs impérative 2000CF/100 ml, ces stations présentent un danger bactériologique pour les poissons au niveau du port et pour le milieu récepteur concernant Azur mer.

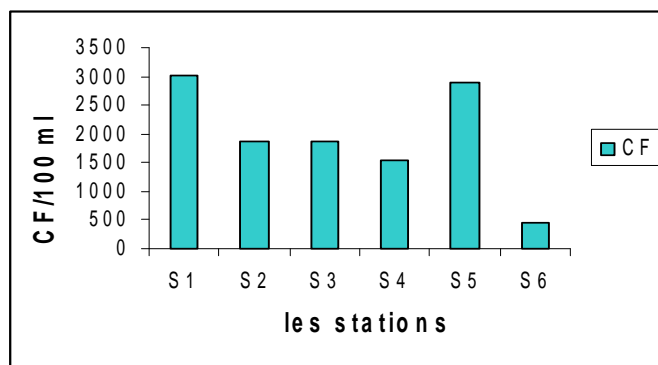


Figure 53 : Variations des concentrations des Coliformes Fécaux dans la baie de Bou-Ismaïl.

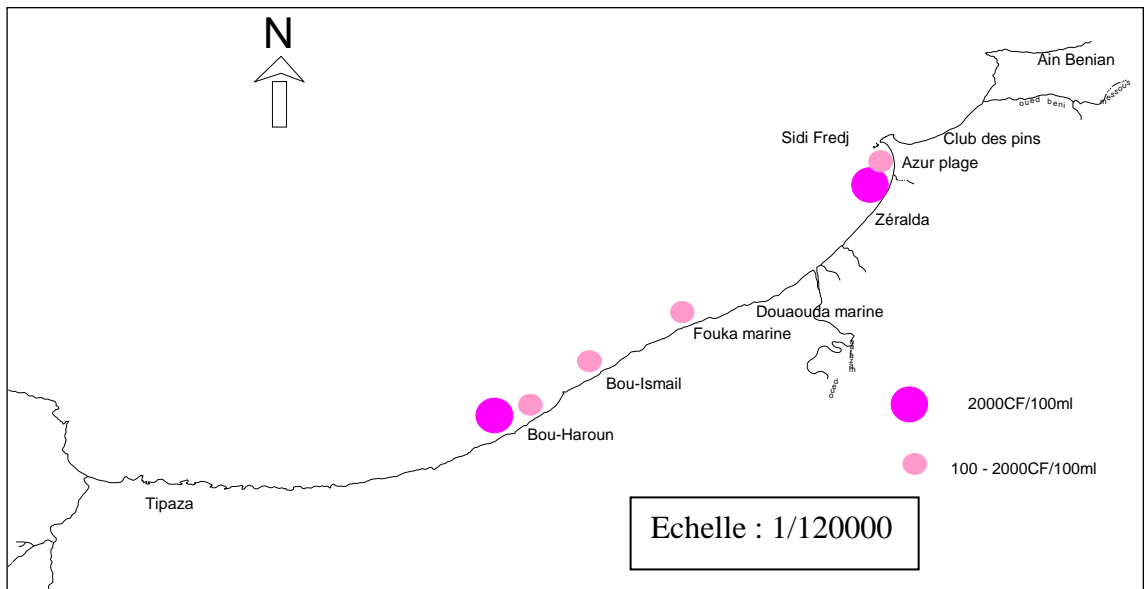


Figure 54: Répartition spatiale des coliformes fécaux dans la baie de Bou-Ismaïl.

III.3. Streptocoques fécaux.

Les streptocoques sont les meilleurs témoins de la contamination fécale (Brisou ; 1980).

La concentration la plus élevée est observée au niveau de la quatrième station (Fouka) avec une concentration de 103 SF/100 ml qui est légèrement supérieure à la norme 100SF/ 100ml.

Pour les autres stations leurs concentrations concordent aux normes, donc bactériologiquement ces eaux sont de bonne qualité.

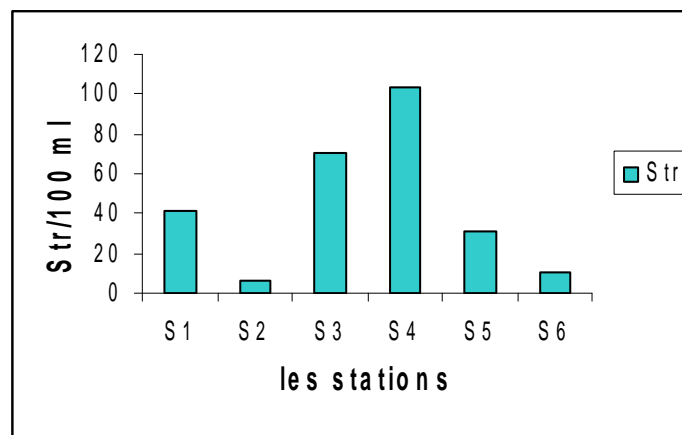


Figure 55: Variation des streptocoques fécaux dans la baie de Bou-Ismaïl.

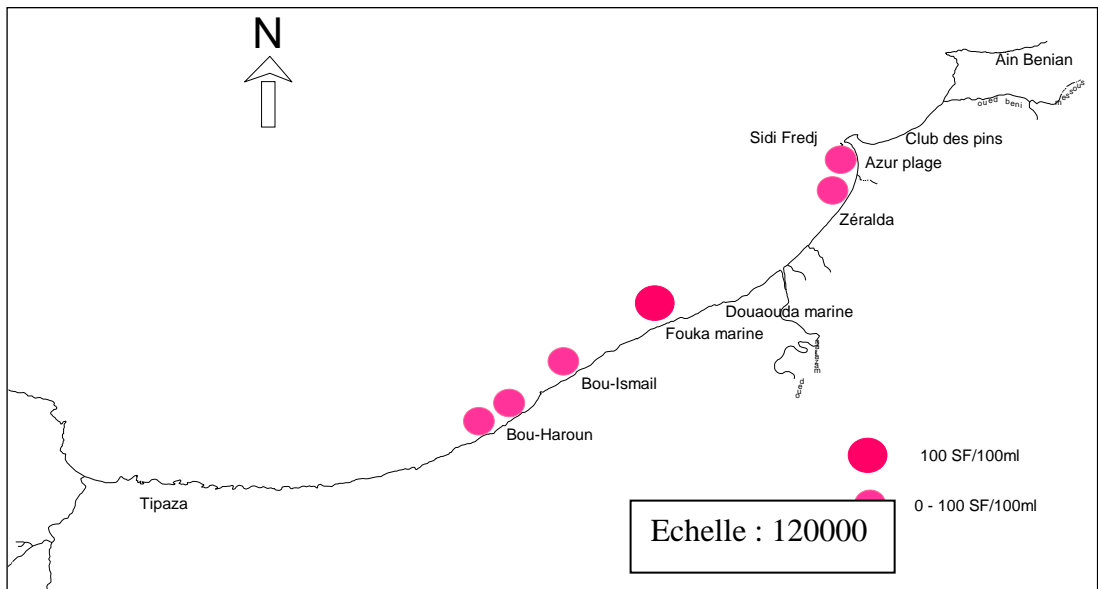


Figure 56 : Répartition des Streptocoques fécaux dans la baie de Bou-Ismaïl.

III.4. Etude de l'origine de la pollution.

Le rapport Coliformes fécaux/Streptocoques fécaux nous permet d'identifier l'origine de la contamination fécale, elle peut être animale ou d'origine humaine.

Tableau 10 : L'origine de la pollution fécale selon le rapport CF/SF.

Rapport CF/SF	Source de contamination
$R < 0,7$	Principalement ou entièrement d'origine animale
$0,7 < R < 1$	Mixte à prédominance animale
$1 < R < 2$	Origine incertaine
$2 < R < 4$	Mixte à prédominance humaine
$R > 4$	Source exclusivement humaine

Les résultats fortement supérieurs à 4, confirment que la source de la contamination fécale est humaine.

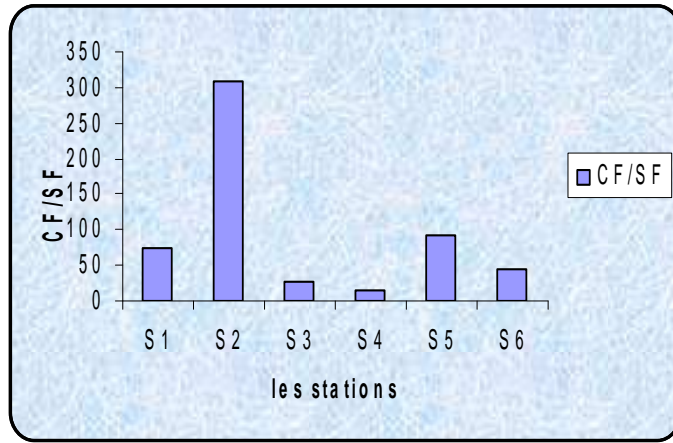


Figure 57 : Rapport des CF/SF dans la baie de Bou-Ismaïl.

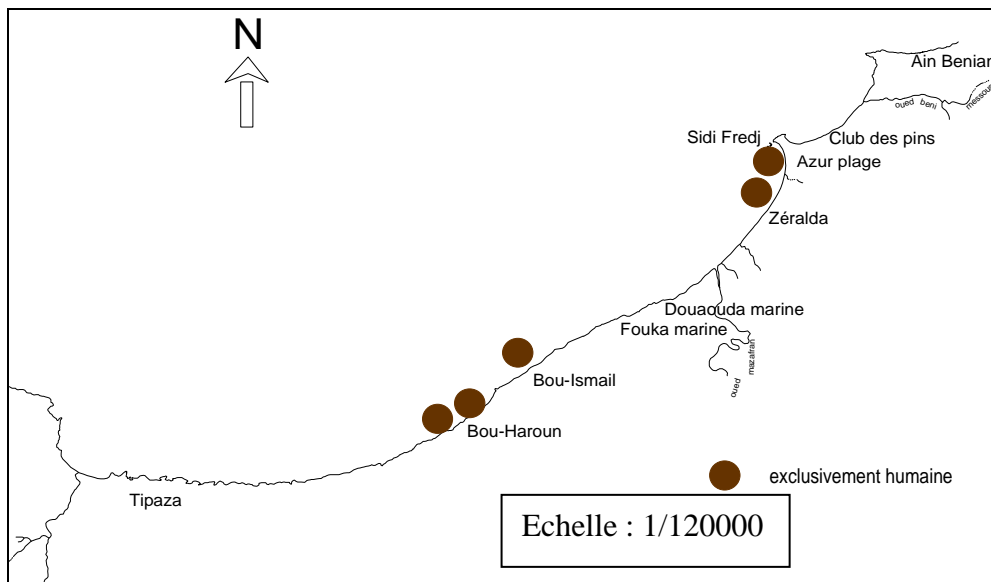


Figure 58 : Répartition spatiale de l'origine de pollution dans la baie de Bou-Ismaïl.

CONCLUSION
GENERALE

Conclusion générale

Les données recueillies au cours de notre étude, nous a permis d'apprécier la qualité du littoral de la baie de Bou-Ismaïl dans les différents échelons de pollution :

- L'analyse paramétrique ne montre pas qu'il y a une pollution par rapport à la température car elle est influencée par la température de l'air en période chaude, le pH conforme aux normes, il n'est pas modifié par les rejets industriels ou les apports d'eau continentale à pH acide. La salinité est faible par rapport à celle de la méditerranée, ceci est expliqué par les apports continentaux des différents oueds qui se déversent dans la baie. Les teneurs en oxygène dissous sont variables selon l'activité photosynthétique, la présence ou l'absence de matière organique dégradable et aussi le renouvellement de l'eau dans les différentes stations.

- La distribution des sels nutritifs est principalement gérée par l'activité anthropique fertilisante (domestique et agricole) et les eaux des oueds. Donc il existe certainement une pollution par les sels nutritifs (Nitrites, Orthophosphates et l'Ammonium). Selon leurs concentrations on se trouve dans la première, la deuxième et la troisième catégorie correspondant à une eau de bonne et moyenne qualité ainsi qu'une eau polluée qui nécessite un traitement très poussé respectivement. Le courant de la baie joue un rôle important dans la dispersion des polluants vers le large.

- Les divers rejets qui se déversent dans la baie sans aucun traitement préalable conduisent à une pollution considérable par la matière en suspension et la matière organique. On est dans le cas la troisième et la quatrième catégorie de qualité des eaux concernant la matière en suspension. La matière organique provoque une pollution d'ordre quatre qui nécessite un traitement spécifique et onéreux avant l'utilisation des eaux pour toutes les stations étudiées.

- Concernant les paramètres indicateurs de pollution nous observerons :
 - La demande chimique et biochimique en oxygène dans le port de Bou-Haroun et la baie de Bou-Ismaïl montre une consommation exagérée en oxygène provoquant l'incapacité de l'autoépuration du milieu marin, et montrant l'existence d'une forte charge polluante. Le rapport de

biodégradabilité nous a permis de dire que la matière organique est biodégradable par l'activité bactérienne pour la régénération des éléments nutritifs.

- Les fortes teneurs de turbidité au niveau du port de Bou-Haroun et la baie de Bou-Ismaïl influencent l'activité photosynthétique ainsi que le taux de l'oxygène dissous. Il y a un déficit en oxygène dissous dans ces deux zones car il est consommé par la dégradation de la matière organique, chimiquement ou biochimiquement.
- La technique de filtration membranaire a énoncé une forte concentration en germes indicateurs de contamination fécale, ces valeurs vont être augmentées avec l'approche de la période estivale où on enregistre une plus grande fréquentation des baigneurs.
 - Les coliformes totaux ne sont pas des bons indicateurs de pollution fécale et ne présentent aucun risque sur la santé des baigneurs, mais ils peuvent engendrer des contaminations pour les poissons du port de Bou-Haroun.
 - Le dénombrement des coliformes fécaux montre une moyenne qualité pour le deuxième bassin du port, Bou-Ismaïl, Fouka et Azur mer et une mauvaise qualité pour le premier bassin du port et Azur rejet. Leurs présences confirment une pollution fécale récente car ils ne se propagent pas dans le milieu marin.
 - Les Streptocoques fécaux sont les bons germes recommandés pour déterminer la qualité bactériologique des eaux de baignade, le dénombrement ne montre aucun danger.
 - E.coli est présente au niveau du premier bassin du port, Bou-Ismaïl, Fouka, Azur mer et absente pour le reste des stations (deuxième bassin du port, Azur mer). Nous n'avons pas réalisé le dénombrement pour le comparer avec les normes européennes 2005 *in* (Aichiou et Echchatabi 2006) 250/100ml pour la norme guide et 500ml/100ml pour la norme limite afin de déterminer exactement si elle présente un risque ou pas.

BIBLIOGRAPHIE

Bibliographie

1. **AICHIOL.L ; ECHCHTABIA ; 2006.** Evaluation de la qualité bactériologique des eaux de baignades de deux plages de la commune de Bab El Oued ; R'Mila et El Kettani. *Mémoire d'ingénieur I.S.M.A.L.* 77p
2. **AMINOT.A ; CHAUSSEPIED.M ; 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. *Edt CNEXO, Brest.* 395 p
3. **AMINOT.A ; KEROUEL.R ; 2004.** Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. *Edt Ifremer.* 336p
4. **ANNANE.G; KEMILA. A; LADJIMA. F ; 2007.** Impact et inventaire des ouvrages côtiers sur le milieu marin dans la baie de Bou-Ismaïl. *Mémoire d'ingénieur d'état ISMAL.* 2-10 p
5. **BELKESSA.R ; 2005 .**Les ports Algériens : ensablement, pollution par les métaux lourds et dragage. *Thèse doctorat. Université de Constantine .Faculté des sciences de la mer.*425p
6. **BOUCHENA.Y ; KACIOUL.N ; AIT LOUNIS.A ; 2006.** Contribution à l'étude d'un milieu d'élevage conchylicole : Cas de Ain Tagourait (W.Tipaza).*Mémoire d'ingénieur d'état I.S.M.A.L.*
7. **BOULAHIDID.M ; 1987.** Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer .étude du mélange des masses d'eaux et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan. *Thèse de Doctorat. Université de Paris VII.* 21-22p
8. **BRISOU.J-E ; DENIS. F-A ; 1978.** Hygiène de l'environnement maritime. *Edt. Masson.* 248p
9. **BRISOU.J-E ; DENIS. F-A ; 1980.** Techniques de surveillance de l'environnement Maritime. *Edt Masson.*203p.
10. **CHAMPIAT.D ; LARPENT.J-P ; 1994.** Biologie des eaux : méthodes et techniques *Edt Masson.* 139p.
11. **CLAUDE.R ; 1996.** Les eaux, les bactéries, les hommes et les animaux .*Edt scientifique et médicales Elsevier.*p115
12. **COPIN –MONTEGUT.G ; 1996.** Chimie de l'eau de mer. *Collection "synthèses" Institut océanographique, Paris,* 319 p.
13. **DJERAF.S-Y-M; LARDJANE.S; 2005.** Travaux de dragage du port de Bou-Haroun. *Mémoire d'ingénieur d'état ISMAL .*53p

- 14. GAUJOUS.D ; 1995.** La pollution des milieux aquatiques, aide-mémoire, *Edt Technique et documentation*. 40-41 p
- 15. HADDOUCHE. I ; 2003.** Étude de l'état de pollution de la baie de Bou-Ismaïl par les sels nutritifs et les métaux lourds en Juillet 2002. *Mémoire d'ingénieur d'état ISMAL* p 13-17
- 16. HAMAOUIL.L ; 2006.** Étude de variations spatiotemporelles des sels nutritifs, oxygène dissous, chlorophylle dans le bassin Algérien. *Mémoire d'ingénieur d'état ISMAL* 53p
- 17. HASLAY.C ; LECLERC.H ; 1993.** Microbiologie des eaux d'alimentation. *Edt technique et documentation* .468p
- 18. HOUMA.F ; 2005.** Caractérisation des polluants de la côte Oranaise et Algéroise par analyse physico chimique et corrélation avec les données satellitaire. *Thèse de doctorat d'état. USTHB*.178 p
- 19. IVANOFF.A ; 1972.** Paramètres physico-chimiques des eaux de mer. *Edt Librairie Vuibert*.Tome I.208p
- 20. JACQUES.G ; TR2GUER.P ; 1986.** Ecosystèmes pélagiques marin. Collection d'écologique.19. *Edt. Masson. Paris*. 243 p.
- 21. KOROCHI.H-S ; 1988.** Contribution à l'étude biologique de deux espèces de saurels *Trachurus trachurus* (Linne 1758) et *Trachurus mediterraneus* (Stindachner, 1968) et la dynamique de *Trachurus trachurus* (Linné 1758) en baie de Bou-Ismaïl (Alger). *Thèse de Magister, ISMAL, Alger* .7 -11p
- 22. LACAZE.J-C ; 1996.** L'eutrophisation des eaux marines et continentales : causes, manifestations, moyens et lutte. *Edt Ellipses*, 191 p.
- 23. LARPENT .J-P ; 1997.** Techniques de laboratoire. *Edt technique et documentation* .Paris .1039p
- 24. LECLAIRE.L ; 1972.** La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro -Baléares (précontinent algériens). *Mémoire du Muséum National d'Histoire Naturelle. Nouvelle série C. Science de la Terre, Tome XXIV*.391p
- 25. LOURGUIOUL.H ; 2006.** Étude hydrologique du barrage de Boukourdane (wilaya de Tipaza) .*Thèse de Magistère en environnement et écosystème littoraux I.S.M.A.L*.16 - 20p
- 26. MAKRANI. D ; 1998.** Aménagement du port de Bou-Haroun : contribution à l'étude d'envasement et dragage. *Mémoire d'ingénieur d'état I.S.M.A.L* 79p
- 27. MAULA.A et al ; 1989.** Stratégies d'échantillonnage pour analyse microbiologique sur réseaux de distribution d'eau. *Edt technique et documentation*.112p
- 28. RAMADE. F ; 1998.** Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau .*Edt Ediscience international*. p487

29. RAMADE. F ; 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollutions. *Edt Ediscience international.* 292p

30. RODIER et al. 1996. L'analyse de l'eau ; eau naturelle, eaux résiduelles, eau de mer
. *Edt Dunod, Paris.* 1383p.

31. TAKLIT. N ; HADJSAID.N; 2006. Contribution à l'étude de la qualité bactériologique des eaux de Baignade de la plage «Palm Beach » dans la côte Algéroise. *Mémoire d'ingénieur d'état en environnement marin, ISMAL.* 54p.

32. ZEGHDOUDIS ; 2006. Bioéconomique des pêcheries méditerranéennes. Application aux petits pélagiques de la baie de Bou-Ismaïl (Algérie). *Barcelone.* 55p

Les rapports

1. ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE OMS ; 1995. Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières a usage récréatif et des zones conchylicole. *Partie V. .V67.* p 1041

2. LA REVUE MARITIME ; 1861. Revue trimestrielle. Convention des Nations unies sur le droit de la mer dite de Montego bay (1982). *Publiée par l'Institut Français de la Mer .*151p

3. GROUPE SCIENTIFIQUESUR L'EAU; 2003. Fiche Coliformes fécaux. *Edt institut national de santé publique du Québec.*3p

4. SOCETE DE GESTION DES PARTICIPATIONS DE L'ETAT-PORTS (SGP SOGEPORTS) ; 2006. Guide des ports de pêche Algériens. *Edt spéciale MINAPPECH.*65P

5. GRIMES.S ; 2004. Bilan et diagnostic .Protection des sites sensibles naturels marins du secteur Cap Djinet au Mont Chenoua.61p.

LISTE D'ABREVIATION.

NH₄⁺, NH₃ : Ammonium, ammoniac (azote ammoniacal).

NO₂⁻ : Nitrite (azote nitreux).

NO₃⁻ : Nitrate (azote nitrique).

PO₄³⁻ : Orthophosphate, phosphate.

POD : Phosphore organique dissous.

NOD : Azote organique dissous.

BSi : Silicium biogénique.

NOP : Azote organique particulaire.

POP : Phosphore organique particulaire.

NID : Azote inorganique dissous.

H₄SiO₄ : Acide orthosilicique.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Principales sources de pollution des eaux.....	3
Tableau 2 : les principaux mécanismes impliquant les nutriments.....	9
Tableau 3 : Origine de la pollution fécale selon le rapport CF/SF.....	18
Tableau 4 : Les rejets d'eaux usées dans la wilaya de Tipaza.....	24
Tableau 5 : Les résultats des paramètres mesurés <i>in situ</i>	54
Tableau 6 : Résultats des paramètres mesurés au laboratoire dans la baie de Bou-Ismail.....	60
Tableau 7 : Résultats des paramètres indicateurs de pollution dans le port de Bou-Haroun et la baie de Bou-Ismail.....	61
Tableau 8 : Echelle de biodégradabilité.....	70
Tableau 9 : Résultats des paramètres indicateurs de pollution fécale.....	73
Tableau 10 : L'origine de la pollution fécale selon le rapport CF/SF.....	76

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Les principaux processus de transformation de l'azote par catalyse biologique.....	8
Figure 2 : Cycle du phosphore dans l'eau de mer.....	12
Figure 3 : Cycle biogéochimique de l'azote dans l'eau de mer.....	12
Figure 4 : Cycle simplifié des éléments nutritifs .apports nutritifs en excès.....	13
Figure 5 : Situation géographique de la baie de Bou-Ismaïl.....	19
Figure 6 : Sédimentologie de la baie de Bou-Ismaïl.....	20
Figure 7 : Réseau hydrographique de la baie de Bou-Ismaïl.....	21
Figure 8 : Morphologie côtière de la baie de Bou-Ismaïl.....	23
Figure 9 : Les principaux rejets dans la baie de Bou-Ismaïl.....	25
Figure 10 : Plan générale du port de Bou-Haroun.....	26
Figure 11 : Bathymétrie du port de Bou-Haroun.....	28
Figure 12 : Localisation de station des prélèvements au niveau de la zone d'étude.....	30
Figure 13 : Localisation des stations de prélèvement dans le port de Bou-Haroun.....	31
Figure 14 : Courbe d'étalonnage de l'azote ammoniacal.....	34
Figure 15 : Courbe d'étalonnage des nitrites.....	36
Figure 16 : Courbe d'étalonnage des nitrates.....	39
Figure 17 : Courbe d'étalonnage des orthophosphates.....	42
Figure 18 : Dispositif de l'appareil de filtration sur membrane.....	52
Figure 19 : Les deux milieux de culture pour les coliformes et streptocoques respectivement.....	52
Figure 20 : Variation de la température en °C dans la baie de Bou-Ismaïl.....	55
Figure 21 : Répartition spatiale de la température dans la baie de Bou-Ismaïl.....	55
Figure 22 : Variation de p H dans la baie de Bou-Ismaïl.....	56
Figure 23 : Répartition spatiale de pH dans la baie de Bou-Ismaïl.....	56
Figure 23 : Répartition spatiale de pH dans la baie de Bou-Ismaïl.....	57
Figure 25 : Répartition spatiale de la salinité dans la baie de Bou-Ismaïl.....	57
Figure 26 : Variation de la concentration de l'oxygène dissous (mg/l) dans la baie de Bou-	58

	Ismail...	
Figure 27	Répartition spatiale de l'oxygène dissous (mg/l) dans la baie de Bou-Ismaïl.....	58
Figure 28	Variation de pourcentage de saturation dans la baie de Bou-Ismaïl.....	59
Figure 29	Répartition spatiale de pourcentage de saturation dans la baie de Bou-Ismaïl.....	59
Figure 30	Variation des nitrites dans la baie de Bou-Ismaïl.....	62
Figure 31	Répartition spatiale des nitrites dans la baie de Bou-Ismaïl.....	62
Figure 32	Variation des nitrates dans la baie de Bou-Ismaïl.....	63
Figure 33	Variation de l'azote ammoniacal dans la baie de Bou-Ismaïl.....	63
Figure 34	Répartition spatiale de l'azote ammoniacal dans la baie de Bou-Ismaïl.....	64
Figure 35	Variation des orthophosphates dans la baie de Bou-Ismaïl.....	64
Figure 36	Répartition spatiale des orthophosphates dans la baie de Bou-Ismaïl.....	65
Figure 37	Variation de la matière en suspension dans la baie de Bou-Ismaïl.....	66
Figure 38	Répartition de la matière en suspension dans la baie de Bou-Ismaïl.....	66
Figure 39	Variation de taux de la matière organique particulaire dans la baie de Bou-Ismaïl.....	67
Figure 40	Répartition de la matière organique particulaire dans la baie de Bou-Ismaïl.....	67
Figure 41	Variation de DCO (mg/l) dans le port de Bou-Haroun.....	68
Figure 42	Variation de DCO (mg/l) dans la baie de Bou-Ismaïl.....	68
Figure 43	Variation de DBO ₅ (mg/l) dans le port de Bou-Haroun.....	69
Figure 44	Variation de DBO ₅ dans la baie de Bou-Ismaïl.....	69
Figure 45	Variation de degrés de biodégradabilité dans le port de Bou-Haroun.....	70
Figure 46	Variation de degré de biodégradabilité dans la baie de Bou-Ismaïl.....	70
Figure 47	Variation de la turbidité dans le port de Bou-Haroun.....	71
Figure 48	Variation de la turbidité dans la baie de Bou-Ismaïl.....	71
Figure 49	Variation de l'oxygène dissous dans le port de Bou-Haroun.....	72
Figure 50	Variation de l'oxygène dissous dans la baie de Bou-Ismaïl.....	72
Figure 51	Variations des concentrations des Coliformes Totaux dans la baie de Bou-Ismaïl.....	73
Figure 52	Répartition spatiale des coliformes fécaux dans la baie de Bou-Ismaïl.....	74
Figure 53	Variations des concentrations des Coliformes Fécaux dans la baie de Bou-Ismaïl.....	74

Figure 54 : Répartition spatiale des coliformes fécaux dans la baie de Bou- Ismail.....	75
Figure 55 : Variation des concentrations des streptocoques fécaux dans la baie de Bou- Ismail.....	75
Figure 56 : Répartition des Streptocoques fécaux dans la baie de Bou- Ismail.....	76
Figure 57 : Rapport des CF/SF dans la baie de Bou- Ismail.....	77
Figure 58 : Répartition spatiale de l'origine de pollution dans la baie de Bou- Ismail.....	77

ANNEXES

Annexe 1 : Tableau récapitulatif des pressions au niveau des communes de la wilaya de Tipaza (étude d'aménagement du littoral, wilaya de Tipaza ; bilan diagnostic 2006).

Zones	composantes	Nature des pressions	Niveau de sensibilité
FOUKA	Fouka Marine	Erosion marine, disparition plage Rejets d'eaux usées	+++ (très forte) +++
	Bande entre RN11 et centre ville	Décharge Habitat spontané Habitat non réglementé Dégradation du foret	+++ +++ +++ +++
	Abris de pêche	Dégradé Voie parallèle au rivage Rejets d'eaux usées	++ (forte) ++ ++
BOU-ISMAIL	Front de mer	Urbanisation Rejets d'eaux usées Erosion-disparition plage entre Khemisti et Bou-Ismaïl Conurbation Khemisti-Bou-Ismaïl	++ ++ +++ +++
	Zone industrielle	Rejets industriels polluants Implantation sur terres agricoles	+++ +++
	Bande entre RN11 et la haute ville	Habitat non réglementé Phagocytation des terres agricoles par mitage	++ +++
	Oued	Rejet Ecoulement des eaux	++ ++
BOU-HAROUN	Zone Est	Rejet d'eaux usées Urbanisation Erosion	++ ++ +++
	Zone de port	Fosses sceptiques Rejets polluant dans le bassin d'accostage Activité portuaire polluante, mazout, huiles, débris de poissons Envasement des bassins Pollution visuelle Dégradation des locaux techniques environnants	+++ +++ +++ ++ ++ ++
	Bande entre la RN11 et la ville	Urbanisation par mitage des terres agricoles	++

Annexe 2 : Les conditions appropriées pour les échantillons de l'eau de mer

Caractéristiques ou élément analysé	Récipient	Conservateur à utiliser	Volume du prélèvement en (ml)	Température de conservation en (°C)	Effectuer la mesure avant.....
Ammonium	P ou V	0		4	48 h (obscur)
chlorophylle	V brun		1000	4	(*)
DBO₅	P ou V	0	1000	4	24 h
DCO	P ou V	Acide sulfurique	100	4	24 h (obscur)
Nitrates	P ou V	0 Acide sulfurique qsp .pH<2	100	4	48 h (obscur) Plusieurs semaines (obscur)
Nitrites	P ou V	0		4	48 h (obscur)
MES	P ou V	0	1000	4	6 h (obscur)
Phosphates	P ou V	0 Acide sulfurique qsp .pH< 2	100	4	48 h (obscur) 1 semaine
Coliformes totaux Coliformes fécaux Streptocoques fécaux	P ou V	Flacons stériles (***) en présence d'une eau traitée par un oxydant, ajouter avant stérilisation 5 gouttes d'une solution de thiosulfate de sodium à 10%	250	4	24h (obscur)
Température pH Oxygène dissous	P ou V	0	0	0	Sur place 6 heures

(Rodier 1996).

P : Polyéthylène.

V : Verre.

Obsc : Obscurité.

(*) : Selon les normes AFNOR T 90-1166 et T90-117.

(***) : Les flacons en verre peuvent être stérilisés au Four Pasteur à 180°C pendant 1 heure30 minutes ou à l'autoclave à 120 °C pendant 1 heure, les flacons en polyéthylène peuvent être stérilisés par irradiation (15KGY soit 2.5 Mrad).

Annexe 3 : Les milieux des cultures et les normes pour les germes fécaux.

1. Eau Peptonée exempte d'Indole (EPI).

Composition	Quantité (g/l)
Peptone tryptique de caséine	10
NaCl	5
Eau permutée	1000 ml

pH final : 7.2 ; autoclave à 120°C pendant 20 minutes

2. Réactif de Kovacs.

Composition	Quantité (g/l)
Paradiméthylamino-dezaldehyde	5
Alcool amylique	75
HCL pur	35
Eau permutée	1000 ml

3. Gélose Bile-Esculine BEA.

Composition	Quantité (g/l)
Peptone	20
Extrait de levure	5
Bile de bœuf	10
Chlorure de sodium	5
Citrate de sodium	1
Esculine	1
Citrate de fer ammoniacal	0,5
Azide de sodium	0,25
Agar (gélose)	13,5

pH=7.1

4. Les normes.

Les normes de la directive CEE (in Rodier ; 1996).

PARAMETRES	G (*)	I (**)
Coliformes totaux	500	10 000
Escherichia coli / 100 ml	100	2 000
Streptocoques fécaux/ 100 ml	100	-

(*) **G** : Le nombre guide **G** caractérise une bonne qualité pour la baignade, vers laquelle il faut tendre.

(**) **I** : Le nombre impératif **I** constitue la limite supérieure au-delà de laquelle la baignade est considérée de mauvaise qualité.

Annexe 4 : Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents liquides industriels (journal officiel de la république algérienne N°26 : 24Rabie Elaouel 427 23avril 2006).

paramètres	unité	valeurs limites	tolérances aux valeurs limites anciennes installations
température	°C	30	30
pH	-	6,5 à 8,5	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35	40
Azote Kjeldahl		30	40
Phosphore total		10	15
DCO		120	130
DBO5		35	40
Aluminium		3	5
Substances toxiques bioaccumulables		0,005	0,01
Cyanures		0,1	0,15
Fluor et composés		15	20
Indice de phénols		0,3	0,5
Hydrocarbures totaux		10	15
Huiles et graisses		20	30
Cadmium		0,2	0,25
Cuivre total		0,5	1
Mercure total		0,01	0,05
Plomb total		0,5	0,75
Chrome total		0,5	0,75
Etain total		2	2,5
Manganèse		1	1,5
Nickel total		0,5	0,75
Zinc total		3	5
Fer		3	5
Composés organiques chlorés		5	7

Annexes 5 : Les normes utilisées pour l'estimation de la qualité de l'eau superficielle et souterraine en fonction d'un certain nombre de paramètres.

Les eaux sont classées en quatre catégories de qualité :

Catégorie 1 : Eau de bonne qualité, utilisable sans exigence particulière.

Catégorie 2 : Eau de qualité moyenne, utilisable après traitement simple.

Catégorie 3 : Eau polluée, ne peut être utilisée qu'après un traitement très poussé.

Catégorie 4 : Eau très polluée, ne peut être utilisée qu'après un traitement spécifique et onéreux.

Paramètres	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4
O₂ dissous	>100	100-50	50-30	< 30
DBO₅ mg/l	5	4-10	10-15	>15
DCO mg/l	20	20-40	40-50	>50
MO	5	5-10	10-15	>15
NH₄⁺ mg/l	0-0,1	0,01-0,1	0,1-3	>3
NO₂⁻ mg/l	0-0,01	0,01-0,1	0,1-3	>3
NO₃⁻ mg/l	0-10	10-20	20-40	>40
PO₄³⁻ mg/l	0-0,01	0,01-0,1	0,1-3	>3
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	< 6,5>-8,5	< 5,5>-8,5
MES mg/l	0-30	30-75	75-100	>100
T °C	25	25-30	30-35	>35
Odeur ,goût	sans	sans	sans	Sans