

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



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

OPTION : ENVIRONNEMENT

***Contribution a l'étude et suivi des paramètres de
pollution : observation et modélisation
Dans la baie d'el Diamila***

Préparé par :

**OUSSADIT MUSTAPHA KAMEL
SAADI AHMED MEROUANE**

Soutenu le 04/07 /12 devant le jury suivant :

Mr Belkessa. R

Mme Bachari-Houma. F

Mr Bachouche. S

Mr Boulahdid. M

Maître de conférences (ENSSMAL) Président

Maître de conférences (ENSSMAL) Promotrice

Chercheur permanent (CNRDPA) Examineur

Professeur (ENSSMAL) Examineur

Session : juillet 2012

Remerciement

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères Remerciements à notre promotrice **HOUMA BACHARI Fouzia**, Maître de Conférences a (ENSSMAL) pour tout le temps qu'elle nous a consacré, ses directives précieuses, et pour la qualité de son suivi.

Nous tenons aussi à remercier vivement **Mr BELKESSA. R** maitre de conférence a (**ENSSMAL**) d'avoir, accepté de présider ce jury et surtout pour sa disponibilité, sa grande amabilité et pour ces aides précieuses.

Nos remerciements vont aussi à **Mr Boulahdid.M** professeur à (**ENSSMAL**) pour avoir accepté d'examiner notre travail d'une part, et d'autre part pour sa modestie et sa proximité avec les étudiants

Je remercie aussi **Mr bachouche.s** chercheurs permanent à (**CNRDPA**) pour avoir accepté d'examiner notre travail et d'avoir su nous guider dans le bon chemin qui est celui de la rigueur.

Merci aussi a **Mr Benyoucef.L** professeur à (**ENP**) pour son aide précieuse dans le domaine de la modélisation et aussi pour sa disponibilité, son encouragement et ses précieux conseils.

Nous tenons aussi a remercié **Mr Tarmoul.f** (**ENSSMAL**) pour sa générosité son temps et son aide précieuse.

***NOUS DEDIONS CE MEMOIRE A NOS FAMILLES ET NOS AMIS. NOUS
LES REMERCIE POUR LEURS SOUTIENS ET LEURS CONFIANCES, SANS
EUX CE TRAVAIL N'AURAIT PAS PU VOIR LE JOUR.***

Liste des acronymes:

(CEE) : la Communauté économique européenne

(Enpec) : entreprise nationale des produits de l'électrochimie

(GESAMP) : Groupe d'experts sur les aspects scientifiques de l'environnement marin

(HPA):hydrocarbures polyaromatiques

(If):intensité de fluorescence

(Ir): infra rouge

(LEM) : laboratoire d'étude maritime

(Mate) : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement

(MES) : matière en suspension

(MOP) : matière organique particulaire

(OMI) : Organisation maritime internationale

(OMS) : Organisation mondiale de la Santé

(Onm) office national de météorologie

(P.S.U) : Unité de salinité pratique

(Pac): plan d'aménagement côtier

(PH) : potentiehydrogene

(PNUE) : Programme des Nations Unies pour l'environnement

(POPs) : Polluants organiques permanents

(S.F.U.V) : Analyse par spectrofluométrie ultra violet

(UNEP) : Union Nationale des Entreprises Publiques

(UNESCO) : Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture

(UV) : Ultra violet

Liste des figures

Figure 1.1. Apports au milieu littoral et impacts possibles (Equinoxe., 1990).....	3
Figure 2.1 : Situation géographique de la baie d'Alger. (Bachouche., 2010).....	19
Figure 2.2 : Nature du fond de la baie d'Alger. (Maouche., 1987).....	20
Figure 2.3: Schéma probable de la dynamique sédimentaire dans la baie d'Alger. (LEM., 1998).....	23
Figure 2.4. Rejets d'eaux usées dans la baie d'Alger (LEM., 1998).....	27
Figure 2.5 : Pollution par les huiles, rejets industriels et urbains au niveau de la baie d'Alger. (Houma et al.,2009).....	27
Figure 2.6 : Carte sédimentologique de la baie de Bou-Ismaïl (LEM., 1998).....	30
Figure 2.7 : situation géographiques de la baie de Djamilia.(Google Earth.,2010).....	31
Figure 2.8 : Répartition sédimentologique de la baie d'El Djamilia. (Campagne 2006).....	33
Figure 3.1 : L'Auto Analyser San Plus (SKALAR., 1998).....	39
Figure 4.1 : variation de la température en surface et profondeur dans la baie d'el Djamila.....	46
Figure 4.2 : variation de la salinité en surface et en profondeur dans la baie d'el Djamilia	47
Figure 4.3 : variation de la conductivité en surface et en profondeur dans la baie d'el Djamila.....	48
Figure 4.4 : variation du PH en surface et en profondeur dans la baie d'el Djamilia.....	48
Figure 4.5 : Variation de l'ammonium en surface et en profondeur dans la baie d'el Djamila.....	49
Figure 4.6 : Distribution spatiale de l'ammonium en surface.....	49
figure 4.7 : Distribution spatiale de l'ammonium en profondeur.	
Nitrates.....	50
Figure 4.8 : variation des nitrates en surface et profondeur dans la baie d'el Djamilia ...	50
Figure 4.9 : Distribution spatiale des nitrates en surface.....	51
Figure 4.10 : Distribution spatiale des nitrates en profondeur.....	51
Figure 4.11 : variation des nitrites en surface et en profondeur dans la baie d'el Djamilia	52
Figure 4.12 : variation des phosphates en surface et profondeur dans la baie d'el Djamila.....	53
Figure 4.13 : variation des silicates en surface et en profondeur dans la baie d'el Djamilia	53
Figure 4.14 : variation de la matière en suspension (MES) en surface et en profondeur dans la baie d'el Djamilia	54
figure 4.15 : Distribution spatiale des MES en surface.	54

Liste des figures

figure4.16 : Distribution spatiale des MES en profondeur.	55
Figure 4.17 : variation de la matière organique particulaire (MOP) en surface et profondeur dans la baie d'el Djamila	55
Figure4.18 : Distribution spatiale des MOP en surface.	56
Figure4.19 : Distribution spatiale des MOP en profondeur.....	56
Figure 4.20 : variation des concentrations des HPA en surface dans la baie d'el Djamila	57
Figure 4.21: droite représentant la variation des valeurs réduites de X_1 par rapport à l'éloignement du trait de cote.....	60

Liste des Tableaux

Tableau 1.1. Classification des hydrocarbures en fonction des propriétés générales qui déterminent leurs impacts écologiques. (CEE., 2003).	11
Tableau 1.2. Effets des hydrocarbures sur certaines populations marines (OMI/PNUE., 2002).	12
Tableau 2.1. Les rejets d'eaux usées dans la wilaya d'Alger (MATE., 2002).....	24
Tableau 2.2. Répartition des unités industrielles littorales par wilaya (MATE., 2002)....	25
Tableau 2.3. État des grands générateurs de déchets industriels spéciaux de la wilaya d'Alger.	26
Tableau 4.1 : résultats de la modélisation de la matière en suspension dans la baie d'el Djamila.....	61
Tableau 4.2 : résultats de la modélisation des orthophosphates dans la baie d'el Djamila	62
Tableau 4.3 : résultats de la modélisation de la matière en suspension dans la baie d'Alger	63

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



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

OPTION : ENVIRONNEMENT

***Contribution a l'étude et suivi des paramètres de
pollution : observation et modélisation
Dans la baie d'el Diamila***

Préparé par :

**OUSSADIT MUSTAPHA KAMEL
SAADI AHMED MEROUANE**

Soutenu le 04/07 /12 devant le jury suivant :

Mr Belkessa. R

Mme Bachari-Houma. F

Mr Bachouche. S

Mr Boulahdid. M

Maître de conférences (ENSSMAL) Président

Maître de conférences (ENSSMAL) Promotrice

Chercheur permanent (CNRDPA) Examineur

Professeur (ENSSMAL) Examineur

Session : juillet 2012

Sommaire

Introduction	1
---------------------------	----------

Chapitre 1 : Généralités

1. Définition de la pollution	2
2. Classification des polluants :	3
3. Classification selon la source et le type de pollution :	4
3.1. Source de la pollution :	4
3.1.1. Pollution urbaine :	4
3.1.2. Pollution industrielle :	4
3.1.3. Pollution agricole :	4
3.2. Type de pollution :	5
3.2.1. Pollution Chimique :	5
3.2.2. Pollution biologique :	5
3.2.3. Pollution physique :	6
4. Les hydrocarbures :	6
4.1. Nature et origine des hydrocarbures :	7
4.2. Comportement et devenir des hydrocarbures en mer :	8
4.3. Conséquences d'une pollution par les hydrocarbures :	10
5. Sels nutritifs	13
5.1. Différentes formes des sels nutritifs :	14
5.2. Dangers liés à la pollution par les sels nutritifs	15
6. Paramètres physico-chimiques et indicateurs de pollution :	16
6.1. Température :	16
6.2. Oxygène dissous :	16
6.3. Potentiel d'hydrogène (pH) :	17
6.4. Salinité (S) P.S.U (Practical Salinity Unit) :	17
6.5. Matières en suspension (MES) :	17
6.6. Matière organique particulaire (MOP) :	17

Chapitre 2 : Zone d'étude

1. Présentation de la zone d'étude :	19
1.1. Localisation géographique de la baie d'Alger :	19

1.2. Cadre géographique :	19
1.3. Nature de fond – Couverture sédimentaire :	20
1.4. Réseau hydrographique :	21
1.5. Origine des eaux marines de la baie d'Alger :	21
1.6. Les courants :	22
1.7. Contaminants et sources de la pollution :	23
2. Présentation de la baie de bouismail :	28
2.1 Cadre géographique :	28
2.2. Morphologie sous marine de la baie de bouismail :	28
2.3. Réseau hydrographique de la baie de bouismail :	29
2.4. Sédimentologie :	29
3. Présentation de La Baie d'El Djamila :	30
3.1. Aperçu climatologique et océanographique :	31
3.2. Dynamique sédimentaire :	32
3.3. Bathymétrie :	33
Chapitre3 : matériels et méthodes	
A-Travail en mer :	34
1. Prélèvement d'eau :	34
2. Méthode de prélèvement :	34
B. Travail au laboratoire :	35
1. Appareils et matériels :	35
2. Mesures des paramètres physico-chimiques :	36
2.1. La température et l'oxygène dissous :	36
2.2. La salinité :	36
2.3. Le potentiel d'hydrogène :	36
2.4. La matière en suspension (MES) :	37
2.5. La matière organique :	37
3. Analyse des sels nutritifs :	38
3.1. Dosage des sels nutritifs :	38
3.2. Principe de dosage des sels nutritifs :	39
3.3. Analyse automatique des sels nutritifs :	40
3.4. Étalonnage :	41
4. Estimation des hydrocarbures dans l'eau par spectrofluométrie à ultra violet :	41
4.1. Méthodologie :	41

5. Prétraitement des échantillons pour les analyses des hydrocarbures :	42
5.1. Les prélèvements :	42
5.2. Extraction :	42
5.3. Concentration :	43
5.4. Purification :	43
5.5. Analyse :	43
5.6. Principe de la méthode :	44
5.6.1. Appareillage :	44
5.6.2. Étalonnage :	44
5.6.3. Préparation des standards :	44
5.6.4. Mesure des intensités de fluorescence :	44
5.6.5. Le blanc de procédure :	45
5.6.6. Expression des concentrations :	45
5.6.7. Calculs et expression des résultats :	45

Chapitre 4 : Résultats et Interprétations

1. Analyse paramétrique :	46
1.1. Variations des paramètres physico-chimiques :	46
1.1.1. La température :	46
1.1.2. La salinité :	47
1.1.3. Conductivité :	47
1.1.4. Le potentiel d'hydrogène :	48
1.2. Variation des sels nutritifs :	49
1.3. Matière en suspension (MES) :	54
1.4. Variation de la matière organique particulaire :	55
1.5. Résultats d'analyse des hydrocarbures polyaromatiques (HPA) :	57
2. Modélisation :	58
2.1. modélisation des matières en suspension dans la baie d'el djamila :	60
2.2. modélisation des phosphates dans la baie d'el djamila :	61
2.3. modélisation des matières en suspensions dans la baie d'alger :	62
Conclusion :	64
Bibliographique	
Annexes	

INTRODUCTION

Introduction

Le milieu marin représente un enjeu considérable en termes de développement socio-économique. Ces dernières décennies, la pollution des océans à travers le monde est devenue un sujet de préoccupation croissante à l'échelle internationale.

La mer méditerranée est soumise à un problème grave de pollution dû à l'accroissement des apports anthropogéniques côtiers de ses pays riverains en voie d'industrialisation. La civilisation moderne et l'activité de l'homme sont indéniablement les causes principales de la contamination de l'hydrosphère. (Houma et al., 2005(a); Lambert et al., 1981; Salomon., 2003).

La côte et le littoral algériens et à l'instar de la majorité des zones côtières méditerranéennes, sont sensibles aux changements environnementaux, aux changements créés par le développement économique et aux changements d'utilisation du sol. La région algéroise est certainement l'une des zones où l'altération de la qualité des eaux marines côtières est la plus perceptible. De 75 à 80% des pollutions marines sont d'origine terrestre, notamment agricole, parmi lesquelles environ 30% sont apportées par l'atmosphère. Le littoral Algérien est pratiquement touché par diverses pollutions, on constate une densité urbaine importante sur la côte qui déverse ses rejets dans les eaux marines et des usines qui rejettent leurs déchets industriels et contribuent à polluer le milieu sous l'effet des substances toxiques et corrosives.

Dans cette optique ; nous présentons dans ce travail la méthodologie appliquée pour la contribution à l'étude et suivie des paramètres de pollutions son observations et sa modélisation, plus précisément dans la baie d'el Djamila et la baie d'Alger.

Ainsi notre approche méthodologique s'articule sur les étapes suivantes :

- Généralités : est réservé à la présentation des paramètres a étudiés, et a un aperçu générale de la pollution.
- une présentation de la zone d'étude,
- une méthodologie d'échantillonnage ou on traite le matériels utilisés en mer et au laboratoire, et des méthodes appliquées pour les différentes analyses.
- une interprétation des résultats. Ou on traite les différents résultats et interprétations des études des paramètres physico-chimiques, de la pollution par les hydrocarbures polyaromatiques.

Chapitre 1

GÉNÉRALITÉS

1. Définition de la pollution

Dans le langage courant, la pollution est une dégradation de l'environnement résultant de la dissémination de produits toxiques ou de l'abandon de matériaux non biodégradables ; la pollution marine résulte de tous les produits rejetés dans les mers et les océans, en conséquence de l'activité humaine, elle comprend la pollution de l'eau et celle des sédiments, plus généralement toutes les atteintes aux écosystèmes marins causées par les rejets de substances nuisibles par leurs natures ou leurs quantités.

Plusieurs définitions ont été proposées pour le terme « pollution marine » parmi lesquelles, on note :

La définition admise par le groupe d'expert chargé d'étudier les aspects scientifique de la pollution des mers (**GESAMP: Groupe d'experts sur les aspects scientifiques de l'environnement marin**), qui définit la pollution marine comme l'introduction par l'homme dans le milieu marin et compris les estuaires directement ou indirectement des substances ou d'énergie pouvant entraîner des effets délétères tels que dommage aux ressources biologiques, danger pour la santé humaine, entraves aux activités maritimes (pêche), diminution de la qualité de l'eau de point de vue son utilisation et réduction de possibilités offertes dans le domaine des loisirs.

L'UNESCO (Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture)

La définit comme étant, tout rejet à la mer direct ou indirect de substance ou d'énergie d'origine humaine qui a un effet nuisible sur les organismes vivants, dangereuse pour la santé humaine, empêche l'utilisation de la mer, altère la qualité de l'eau de la mer ou qui réduit les possibilités de l'utilisation au fins de loisirs.

De même, l'organisation mondiale de la santé (**OMS : Organisation mondiale de la Santé**) fournit la définition suivante : « la pollution des milieux aquatiques est définie comme étant, toute modification des propriétés physique, chimique ou biologiques ou tout rejets de substances liquides, gazeuses ou solides dans l'eau d'une façon a créés une nuisance ou à rendre cette eau dangereuse ou préjudiciable du point de vue soit de la santé, de la sécurité et du bien être publique, soit de ses usages destinés a des fins domestique, commerciales, agricoles, récréatives et autres, soit de la faune sauvage et aquatique.

D’après toutes ces différentes définitions, on distingue que la pollution de l’eau est due essentiellement aux activités humaines ainsi qu’aux phénomènes naturels ; elle a des effets multiples qui touchent aussi bien la santé publique que les organismes aquatiques.

2. Classification des polluants :

Il est d’usage de distinguer cinq classes d’apports chronique dans le milieu marin; à chaque catégorie de substances est affectée un type d’effet négatif (Equinoxe., 1990).

- Les déchets et déblais solides; matière en suspension mais aussi macro déchets flottants pouvant s’échouer sur les plages.
- Les micro-organismes pathogènes, bactéries et virus.
- Les métaux lourds tel que le mercure, le cadmium, le plomb ; présents en concentrations supérieures aux celles mesurées dans les systèmes naturels.
- Les substances chimiques toxiques pouvant produire des effets carcinogènes ; mutagènes et tératogènes.

Les différents apports, leurs conséquences et impacts sont représentés dans la figure 1.

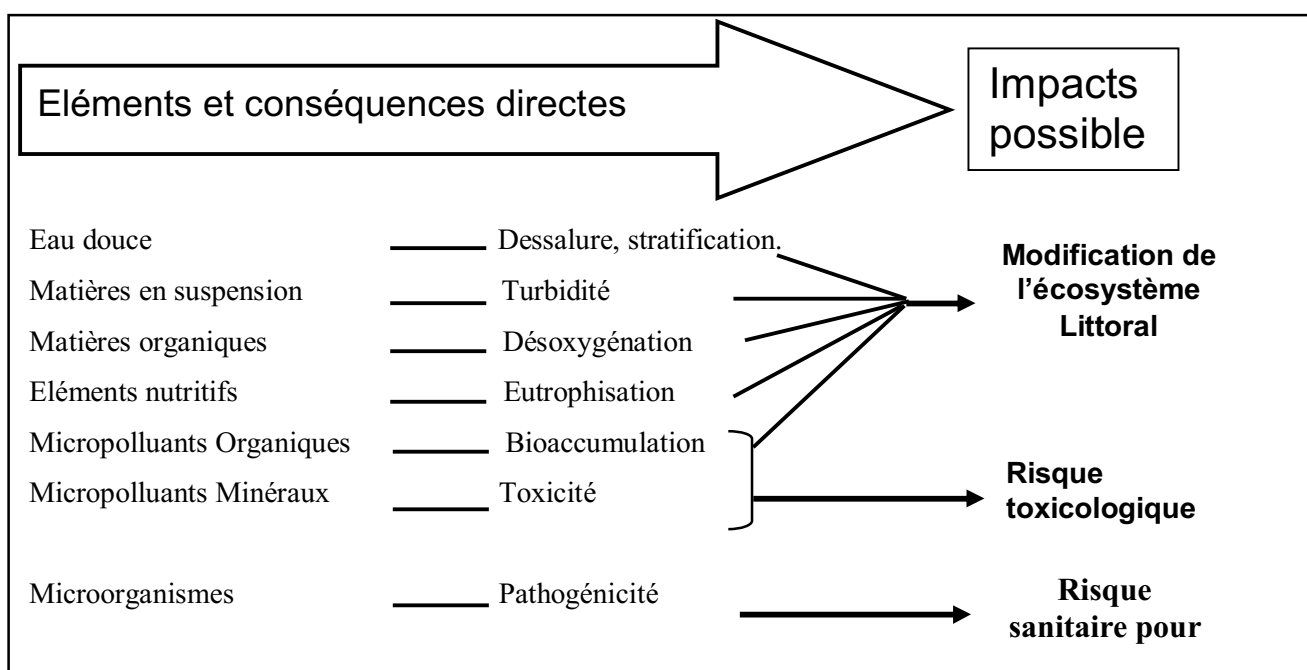


Figure 1.1. Apports au milieu littoral et impacts possibles (Equinoxe., 1990).

3. Classification selon la source et le type de pollution :

Ce sont les deux principaux critères utilisés pour classer la pollution du milieu marin (Galaf., 2003).

3.1. Source de la pollution :

Selon l'origine de la pollution, on distingue trois catégories: pollution urbaine, pollution industrielle et pollution agricole. (Galaf., 2003).

3.1.1. Pollution urbaine :

Ce type de pollution est dû essentiellement aux rejets domestiques (eaux domestiques, eaux collectives de lavage, huiles de vidange, médicaments périmés, matières fécales...etc.). Elle est liée aux grandes concentrations urbaines.

Le flot déversé est très variable en fonction de l'importance de l'agglomération et de son activité. (Galaf., 2003).

3.1.2. Pollution industrielle :

Les rejets liquides industriels véhiculent une importante pollution organique et toxique, il s'agit des différents déchets provenant des industries divers qui sont principalement installées au niveau du rivage à la fois pour se débarrasser des déchets directement et pour refroidir leurs machines (industrie alimentaire, industrie agricole industrie chimique et pétrochimique...).(Galaf., 2003).

3.1.3. Pollution agricole :

L'agriculture, l'élevage et l'aviculture sont responsables du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans l'eau de mer. Ces contaminants comprennent à la fois des sédiments provenant de l'érosion des terres agricoles, des composés phosphorés azotés issus des déchets animaux et des engrais commerciaux notamment des nitrates.

Ainsi, parmi les polluants d'origine agricole, les pesticides qui sont utilisés en agriculture pour protéger les cultures contre leurs ennemis afin d'augmenter leurs rendements. (Galaf., 2003).

3.2. Type de pollution :

Selon ce critère, la pollution est classée en trois catégories :

3.2.1. Pollution Chimique :

Ce type de pollution est engendré par des rejets de produits chimiques d'origine industrielle et domestique, ces polluants sont de deux catégories :

- Les micropolluants chimiques organiques : Hydrocarbures, Pesticides, Détergents et autres, ces polluants sont appelés les polluants organiques permanents (POPs).
- Les micropolluants chimiques inorganiques : Ils sont représentés essentiellement par les métaux lourds et des substances à concentrations excessives.

Le danger de ces polluants dépend de leur nature biochimique. Certains sont hydrosolubles, facilement dilués par conséquent leur action est minime. D'autres sont liposolubles avec un pouvoir de se concentrer au niveau des lipides et par conséquent ils vont emprunter la chaîne alimentaires (Galaf., 2003).

3.2.2. Pollution biologique :

Il s'agit de la pollution par les micro-organismes (bactéries, virus, parasites, champignons et les phycotoxines). Parmi ces polluants, la pollution bactérienne est de loin la plus répandue et la plus étudiée.

La contamination bactérienne du milieu marin se fait d'une manière directe par baignades ou indirecte par les rejets des eaux usées ou par les eaux de ruissellement.

Dans le milieu marin, les bactéries servent de nourriture à de nombreux organismes marins, elles favorisent la fixation d'algues où de larves sur certains substrats, elles permettent également la dégradation de certains polluants tels que les pesticides et les hydrocarbures.

Cependant leurs effets peuvent être nuisibles. Certaines bactéries ont la capacité de concentrer des polluants tels que les métaux lourds (mercure), leur consommation par des mollusques filtreurs où des vers peut contaminer la chaîne alimentaire (Equinoxe., 1990).

3.2.3. Pollution physique :

On parle de pollution physique lorsque le milieu marin est modifié dans sa structure physique par divers facteurs, il peut s'agir d'un rejet liquide ou solide, d'une substance modifiant la turbidité du milieu, d'une source radioactive ou d'un rejet d'eau réchauffée.

La pollution physique est répartie en trois types (**Equinoxe., 1990**).

— **Pollution mécanique** : qui due essentiellement à des substances solides, comme les boues, les solides flottants (sac en plastique, morceaux de bois), ces rejets ont comme première conséquence l'augmentation de la turbidité de l'eau. (**Equinoxe., 1990**).

— **Pollution thermique** : la majorité des usines sont implantées d'une manière volontaire sur le littoral ou sur les bassins versants littoraux, ce type d'installation est à l'origine d'apports notables d'eaux résiduaires au milieu marin.

La pollution thermique est engendrée par les usines utilisant un circuit d'eau de mer pour le refroidissement de certaines installations (centrales thermique, nucléaire, raffineries...).

Il entraîne un réchauffement qui peut être brutal ou progressif. Ce réchauffement a un impact direct qui se traduit par la substitution de la faune et de la flore du milieu marin; ou indirectes tels que le développement bactérien et l'augmentation de la toxicité de certaines substances (**Fruget., 1999**).

— **Pollution atomique**: Ce sont les radiations artificielles qui sont les plus graves pour la vie maritime, elle est due à un apport de radionucléide lié à l'utilisation de l'énergie atomique.

La pollution atomique a un impact direct aussi bien sur les organismes aquatiques que sur la santé humaine. Cet impact se traduit par le dérèglement du comportement d'êtres vivants. (**Fruget., 1999**).

4. Les hydrocarbures :

La pollution par les hydrocarbures montre à chacun de nous une image repoussante pour bien des aspects : pellicule d'hydrocarbures flottants sur l'eau, résidus goudronneux, présence des animaux morts ou moribonds sur certaines plages.

En premier lieu, et avant de considérer l'interaction des hydrocarbures avec les organismes et les biocénoses, il est essentiel de préciser la nature de ces polluants, leurs origines, leurs comportements et leurs concentrations dans le milieu marin. (**Equinoxe., 1990**).

4.1. Nature et origine des hydrocarbures :

Le pétrole brut comprend généralement plus de 90 % d'hydrocarbures, le reste étant constitué de composés contenant de l'Oxygène (2%), de l'Azote (0.05 à 0.8 %), de soufre et des métaux tel que le Nickel et le Vanadium (**Lacaze., 1980**). Les hydrocarbures peuvent être groupés en cinq grandes classes:

— **Les Hydrocarbures aliphatiques ou paraffinés:** Qui constituent une série d'hydrocarbure allant du méthane (CH_4) et de l'éthane jusqu'aux des composés ayant 60 atomes de carbone (C_{60}). Ils représentent environ 30 à 70 % en poids, dans le pétrole brut, ils peuvent avoir une fluorescence verte.

La formule générale est $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$. Ces composés sont appelés aussi paraffines qui signifie littéralement peu d'affinité, ils peuvent être à chaîne droite ou, communément, à chaîne ramifiée. (**Dekker., 1995**).

— **Les hydrocarbures naphéniques :** Qui renferment des formes monocycliques saturées ayant 5 ou 6 atomes de carbone, tel que le cyclopentane ou le cyclohexane. Ce sont des groupes d'hydrocarbures de couleur bleu, saturés semblables aux alcanes mais à chaîne fermées dont les extrémités se joignent aux structures cycliques. Ces groupes représentent en moyenne 40 à 50 % des pétroles bruts. (**Del Rocio Morales Loo., 1988**).

La formule générale est C_nH_{2n} . Ils sont généralement peu toxiques.

— **Les hydrocarbures aromatiques :** C'est un groupe d'hydrocarbures comprenant le benzène et ses dérivés, il représente 20 à 40 % en poids dans le pétrole brut.

Caractérisé par des noyaux benzéniques à six atomes de carbones avec trois liaisons doublés carbone-carbone Ils sont considérés comme étant les plus toxiques.

(**Lacaze., 1980, Mille., 1982**).

— **Les asphaltènes :** Ils font partie des hydrocarbures dont la couleur varie du Jaune ambré au noire opaque, ils représentent moins de 30 % du poids total du pétrole brut. Ce sont des composés ayant un poids moléculaire très élevé, supérieur à 100 000. Leurs structures sont souvent inconnues, ils sont associés au soufre, à l'azote, à l'oxygène, au Nickel et au vanadium. (**Desmond et Denis., 1978**).

— **Les résines** : Un groupe (d'hétéroatomes) représentant 5 à 25 % en poids dans le pétrole brut. Il est composé à base de molécules contenant un ou plusieurs atomes d'oxygène, d'azote, de soufre. Ces hétéroatomes donnent la naissance à des propriétés superficielles responsables d'émulsion inverse avec l'eau de mer.

En fin, il faut signaler l'absence d'une famille des alcènes (oléfines) dans le pétrole brut, mais ils sont présents dans les produits raffinés, ils sont relativement instables et s'oxydent facilement.

4.2. Comportement et devenir des hydrocarbures en mer :

La pénétration du pétrole dans la masse d'eau réceptrice soumet celui-ci à un ensemble de processus physico-chimiques et biologiques qui déterminent le cycle biogéochimique des hydrocarbures dans l'écosystème marin. Plusieurs travaux décrivent ces processus parmi elles ceux de (**Lacaze., 1980**) et (**GESAMP., 1993**)

Dans cette section on va présenter d'une façon succincte, les éléments essentiels de ce comportement :

— **Étalement** :

Lorsque le pétrole est répandu en mer, il a tendance à s'étaler horizontalement sous l'action conjuguée des forces de gravité, de viscosité et de tension superficielle.

— **Déplacement** :

Le déplacement de la nappe est induit par les vents, les vagues et la force de Coriolis, ces facteurs provoquent aussi la fragmentation et l'étirement de la nappe.

— **Évaporation** :

Ce processus intervient dans les premiers heurs qui suivent le versement. Il consiste à un transfert des hydrocarbures de la phase liquide à la phase vapeur. Il touche surtout les hydrocarbures du bas poids moléculaire, diminuant ainsi la toxicité du pétrole.

— **Dissolution** :

C'est un phénomène limité par l'évaporation, car les composés les plus solubles sont volatiles, tel que le Benzène ; la dissolution dépend de la composition et des propriétés physiques du pétrole, de la température, l'agitation de l'eau et la dispersion de la nappe.

— Emulsification :

C'est une étape très importante conduisant à la disparition du pétrole de la surface de l'eau, l'émulsification comporte deux processus inverses :

- **Emulsification d'huile dans l'eau :** C'est l'incorporation de gouttelettes de pétrole dans l'eau. Ce phénomène est intense dans les milieux très agités.
- **Emulsification d'eau dans l'huile :** Ce phénomène forme une crème visqueuse, souvent appelée « mousse de chocolat », ce type d'émulsification dite aussi « émulsion inverse » peut se former en quelques heures, très stable et peu accessible aux divers processus de dégradation.

— Oxydation :

La combinaison chimique des hydrocarbures avec l'oxygène est appelée oxydation. Les hydrocarbures peuvent subir :

- Une auto-oxydation, c'est une réaction au contact avec l'oxygène du milieu.
- Une photo-oxydation induite par les radiations Ultra violet «UV » du soleil.
- Une oxydation bactérienne catalysée par les enzymes.

— Sédimentation :

C'est le passage du pétrole de la masse d'eau vers le fond, ce phénomène a lieu lorsque la densité du pétrole augmente et dépasse celle de l'eau. Les deux processus qui facilitent le coulage du pétrole sont :

- L'adsorption sur les particules en suspension (organique ou minérales).
- Le vieillissement dû à l'évaporation et la dissolution des composés à faible poids moléculaires augmente ainsi leur densité.

— Biodégradation :

Processus important d'élimination des hydrocarbures en mer, réalisé par les bactéries marines, les champignons et les levures. Le taux de dégradation dépend de la température, de la disponibilité de l'oxygène, du type de pétrole et de présence d'éléments nutritifs. Il est également lié au taux de dispersion des hydrocarbures.

Les hydrocarbures saturés, en particulier les n-alcanes sont plus facilement biodégradable, alors que certains composés aromatiques peuvent persister plusieurs années dans le milieu.

La biodégradation est surtout active en surface et dans la colonne d'eau lorsque le pétrole est convenablement dispersé. Elle est plus lente si les hydrocarbures sont piégés dans les sédiments anoxiques.

(Ward., 1979), tient compte de la prédominance des genres : Flaviobacterium, Acinetobacter, Moraxella et Pseudomonas parmi les flores microbiennes aérobies des sédiments pollués de la Bretagne.

Dans un rapport publié par WWF en 2003, ils ont constaté que dans le cas d'un déversement du pétrole ; 15% s'évaporent, 16% se dispersent dans l'eau, 22% sont biodégradables, 3% s'agglomèrent en haute mer, 15% s'échouent sur les côtes et 28% non dégradés pénètrent dans les sédiments.

4.3. Conséquences d'une pollution par les hydrocarbures :

Lors d'un versement des hydrocarbures, plusieurs facteurs déterminent leurs impacts sur la faune et la flore: La particularité du pétrole, les quantités introduites, le mode d'introduction, la nature et le lieu de versement ainsi que la susceptibilité des organismes (Sellali., 1996).

Il est admis que les hydrocarbures aromatiques sont les plus toxiques, suivi dans l'ordre par les oléfines, naphthènes et paraffines, dans chaque série les molécules de faible poids moléculaires sont les plus toxiques.

La commission européenne a publié en 2003 dans un rapport intitulé « Système de référence d'impact », dans lequel ils ont conclu que les propriétés générales des hydrocarbures déterminent leur impact écologique (Tableau 1.1).

Tableau 1.1. Classification des hydrocarbures en fonction des propriétés générales qui déterminent leurs impacts écologiques. (CEE., 2003).

Type d'hydrocarbure	Volatilité	Solubilité dans l'eau	Dispersion naturelle	Viscosité	Nocivité biologique
Léger volatil	Élevée	Élevée	Bonne dispersion	Nulle	Hautement toxique
Moyen à lourd	Jusqu'à 50%	Moyenne	Seulement de quelques composés	Légère à moyenne	Toxicité variable
Lourd	Volatilité > 50%	Faible	Faible dispersion	Très visqueuse	Étouffement, encrassement
Résiduaire	Nulle	Très faible	Nulle	Très visqueuse à solide	Étouffement, faible toxicité

Un film d'hydrocarbures étalé sur la surface de la mer empêche les échanges air-mer nécessaire à de nombreux cycles biologiques marins. Par conséquent :

- Il diminue le renouvellement de l'oxygène.
- Il constitue un obstacle aux rayons du soleil, limitant ainsi la photosynthèse.
- Il entraîne une augmentation de la température et favorise la prolifération des micro-organismes consommateurs de l'oxygène (**OMI: Organisation maritime internationale/PNUE: Programme des Nations Unies pour l'environnement 2002**).

Les effets des hydrocarbures sur l'environnement sont variés et complexes. Certains se manifestent immédiatement, d'autres après une période plus longue, ils affectent à des titres divers le règne animal et végétale de la surface et à l'intérieur de la mer. Le tableau 1.2 résume ces effets sur certaines populations marines caractéristiques.

Tableau 1.2. Effets des hydrocarbures sur certaines populations marines (OMI/PNUE., 2002).

Population	Sensibilité	Effets à court terme	Effets à long terme "Rétablissement".
Algues	Faible	Revêtements et brûlures des tissus, s'il y a contacte directe avec le produit.	Généralement bon rétablissement.
Marais salants ou flore estuarienne	Variable, selon le stade de développement des plantes et la période de l'année.	Le revêtement des parties exposées va causer la suffocation.	Rétablissement relativement rapide (2 à 3 ans) s'il y a un renouvellement de l'eau. Rétablissement plus lent si rien n'est entrepris pour le faciliter.
Mollusques dans les zones intertidales	Généralement élevée	Suffocation et intoxication.	Accumulations par les organismes filtreurs. Même un faible pourcentage d'hydrocarbures résiduels dans les sédiments va rendre les espèces commerciales impropres à la consommation. La possibilité d'une purification dans de l'eau propre va dépendre de la durée du contact avec le polluant. Diminution de la reproduction.
Faune fixée sur les roches	Généralement élevée	Suffocation et intoxication.	Dépendent de la durée de contact avec le polluant. Dans les zones exposées, la sensibilité est moins prononcée grâce au renouvellement rapide de l'eau et l'effet de nettoyage.
Poissons	Faible pour les adultes. Elevée pour les larves et les juvéniles	Par le contact direct avec les hydrocarbures : suffocation causée par le mazoutage et les effets tensioactifs sur les branchies.	Blessures sur les poissons qui fouillent dans les sédiments, même légèrement pollués (par exemple les poissons plats).
Oiseaux	Variables (élevée pour les oiseaux plongeurs).	Engluage du plumage, empoisonnement par ingestion.	Evacuations des zones polluées.

5. Sels nutritifs

Définition :

Les sels nutritifs appelés aussi nutriments sont des éléments chimiques indispensables à la synthèse autotrophe de la matière organique. Ces sels représentent l'ensemble de l'azote (15%), du phosphore (3%) et du silicium (**Aubert et al., 1972**). Le Phytoplancton a besoin de ces sels nutritifs qu'il trouve dans le milieu marin pour sa croissance, son développement et la formation de son squelette. Les faibles concentrations d'éléments nutritifs dans le milieu marin, minimisent la photosynthèse tandis que les excès provoquent une eutrophisation du milieu, qui se traduit par une importante croissance de certaines espèces phytoplanctoniques.

On trouve très souvent, une augmentation considérable des concentrations en sels nutritifs près des estuaires et les milieux portuaires (**Aminot., 1983**).

Les sels nutritifs, dans l'eau de mer ont plusieurs origines qu'on peut regrouper en deux types de sources (externes et internes).

- Source externe : elle regroupe tous les apports continentaux déversant en mer, qu'ils soient par voie éolienne ou par voie fluviale.
- Source interne : elle représente l'origine la plus importante, elle est assurée par des flux

verticaux et leur régénération à partir de la matière organique issue de la photosynthèse effectuée par les organismes autotrophes dans la couche euphotique (**Levitus et al., 1993**).

Ainsi par les excréments des microorganismes marins libèrent une certaine forme de sels nutritifs. (**Boulaidd., 1987**), a estimé que 97% des sels nutritifs sont d'origine interne.

La production primaire des eaux de surface est basée sur les sels nutritifs et la lumière, ainsi ils reflètent la richesse et la fertilité des eaux marines. Ce sont donc des traceurs chimiques non conservatifs et leur variation est gouvernée par les facteurs physiques, chimiques et biologiques (**Jacques & Tréguer., 1986**). Pour cela, ils forment un outil très important pour la caractérisation et l'identification des masses d'eau et la compréhension de certains phénomènes océaniques : circulation des eaux, production primaire marine, diffusion des sédiments marins.

5.1. Différentes formes des sels nutritifs :

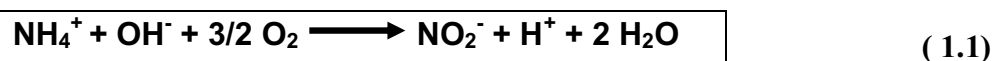
– L'Azote ammoniacal (NH_4^+):

L'azote ammoniacal 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., 1983). La forme d'ions ammonium NH_4^+ est non toxique, NH_3 est la forme toxique (Gaujous., 1995).

L'azote ammoniacal provient des excréments animaux et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés. Il est utilisé par le phytoplancton comme source et d'oxyder par les bactéries nitrifiantes. Dans les eaux marines, l'azote ammoniacal se trouve à des concentrations inférieures et est oxydé en nitrite puis nitrate. Lorsque l'on se rapproche des émissaires urbains, les concentrations peuvent atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre. L'ammonium devient dans ces conditions un bon traceur de pollution urbaine (Aminot., 1983).

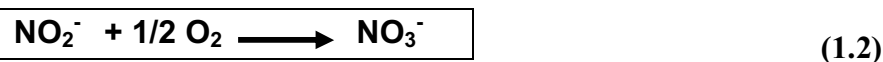
— Nitrites (NO_2^-) et les Nitrates (NO_3^-) :

Les nitrites résultent de l'oxydation de l'ammonium (NH_4^+) par des bactéries (Nitrosomonas), appelée « Nitrosation », qui s'effectue selon la réaction suivante :



Ils sont aussi issus de la réduction des nitrates dans les milieux anoxiques, ainsi que des excréments des organismes. Puisque les nitrites sont des formes intermédiaires relativement fugaces entre l'ammonium et les nitrates, leurs concentrations dans l'eau de mer varient de zéro à quelques micromoles par litres.

Les Nitrates résultent de l'oxydation des nitrites par des bactéries (Nitrobacter) appelée « Nitratation » qui s'effectue selon la réaction suivante :



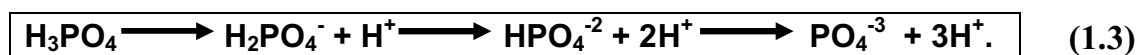
L'ion nitrate qui est thermodynamiquement stable est l'espèce la plus utilisée lors de la photosynthèse (Copin-Monteguet., 1996).

C'est la plus répandue dans l'océan (environ 65% du stock de l'azote). Sa concentration varie très largement, les teneurs les plus élevées se situent aux niveaux des eaux intermédiaires.

— Orthophosphates

Les orthophosphates sont la forme minérale majoritaire du phosphore (Aminot & Chausspied., 1983). Dans l'eau de mer, ils sont présents essentiellement sous les formes: PO_4^{-3} (10%), HPO_4^{-2} (87%) et $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$ (<1%) (Jaques & Treguer., 1986).

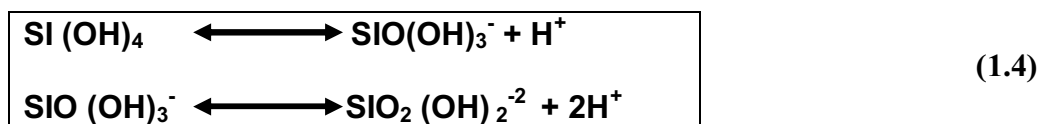
Ces différentes formes sont issues de la dissociation de l'acide orthophosphoriques selon les équilibres suivants:



— Silicates

Le silicium est un élément nutritif, puisqu'il est utilisé par certaines espèces planctoniques (Diatomées, radiolaires) pour l'élaboration de leur squelette (Aminot et Chausspied., 1983).

Le silicium est présent en solution dans l'eau de mer sous forme d'acide silicique $\text{Si}(\text{OH})_4$ c'est un acide faible se dissociant de la façon suivante :



Au pH de l'eau de mer le $\text{Si}(\text{OH})_4$ représente 96.2% du silicium total.

5.2. Dangers liés à la pollution par les sels nutritifs

Présents en excès, les sels nutritifs peuvent provoquer un phénomène d'eutrophisation du milieu, en particulier dans les zones fermées ou semi fermées (lagunes, estuaires...).

Ce phénomène se caractérise généralement par un enrichissement du milieu en substances nutritives (particulièrement les phosphates et les nitrates), provenant des sources naturelles ou anthropiques, ce qui provoque une prolifération massive des algues et des phytoplanctons; laquelle peut engendrer des effets nuisibles sur le milieu, tel que la désoxygénation (où même l'anoxie), la diminution de la biodiversité et la mortalité des poissons.

Ainsi, l'impact de l'enrichissement en sels nutritifs dépend du temps de résidence moyen des eaux dans la zone, autrement dit, dépend de la circulation générale dans la zone.

Une circulation de grande emprise entraîne les eaux côtières riches et les dilue au large, si les courants sont assez faibles une petite stratification peut s'installer momentanément, l'enrichissement se traduira par une importante production végétale sur place.

6. Paramètres physico-chimiques et indicateurs de pollution :

6.1. Température :

La température est une grandeur physique importante pour la reconnaissance des masses d'eau, pour l'étude des mélanges des eaux et l'estimation des flux des chaleurs (**Gaujous., 1995**). Elle joue aussi un rôle important dans les cycles biologiques du fait de son influence sur l'activité biologique.

En surface la température suit les variations climatiques, tandis qu'elle diminue progressivement avec la profondeur (**Aminot & Chaussied., 1983**).

Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants (**Rodier., 1997**).

6.2. Oxygène dissous :

L'oxygène dissous est un gaz important pour la vie marine, c'est un paramètre qui gouverne la majorité des processus biologiques et chimiques des écosystèmes aquatiques.

Les teneurs de l'oxygène dans l'eau dépendent de trois facteurs (**Gaujous., 1995**):

- Les facteurs physiques : Température, échange à l'interface air-mer, diffusion et mélange au sein des écosystèmes aquatiques.
- Les facteurs chimiques : Phénomène de photo oxydation et les réactions chimiques d'oxydoréductions.
- Les facteurs biologiques: la photosynthèse et la respiration.

6.3. Potentiel d'hydrogène (pH) :

Est un paramètre chimique caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu.

Il est défini par l'équation suivante :

$$\text{pH} = -\log a$$

(1.5)

a : Activité de l'ion H^+ (Gaujous., 1995).

En moyenne le pH de l'eau de mer est voisin de 8.2, il tend vers un milieu basique.

6.4. Salinité (S) P.S.U (Practical Salinity Unit) :

La salinité est importante dans le milieu marin, par son influence sur la densité de l'eau de mer, elle permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eaux d'origines différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte. (Rodier., 1997).

6.6. Matières en suspension (MES) :

Sont des matières organiques ou minérales de dimensions très variables, elles comportent tous les composés ayant un diamètre supérieur à $0.45 \mu\text{m}$ et elles peuvent être un indice de pollution.

Des teneurs élevés en matières en suspension peuvent empêcher la pénétration de la lumière, diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique et créent un déséquilibre entre diverses espèces.

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

6.7. Matière organique particulaire (MOP) :

Les facteurs physiques, biologiques et chimiques (disponibilité d'éléments nutritifs) contrôlent l'activité biologique des espèces trophiques primaires de l'environnement marin.

Les nutriments sont assimilés par le phytoplancton pendant la photosynthèse et produisent la matière organique considérée comme une source d'énergie et de nutriments pour les microorganismes (bactéries, protozoaires), elle correspond à la fraction endogène qui est facilement dégradée.

La fraction endogène correspond à la matière organique produite par l'assimilation des nutriments par le phytoplancton lors de la photosynthèse. Cette matière organique qui est facilement dégradable sera source d'énergie et de nutriments pour les microorganismes (bactéries, protozoaires) (**Boulaidd., 1987**). Reste la fraction exogène formée par les débris des animaux et des végétaux possède une certaine résistance à la dégradation bactérienne. Cette fraction est nécessaire au fonctionnement des cycles biogéochimiques par la régénération des sels nutritifs (**Aminot & Kérouel., 2004 ; Lacaze., 1980**).

La méthode de mesure de la matière organique consiste à préparer les filtres de 0.45 µm de diamètre de pores de la même façon que pour les filtres de la matière en suspension. (Conditionnement des filtres puis filtration de l'eau de mer et séchage à l'étuve à 70°C pendant deux heures). Les filtres sont alors pesés avec précision dans des creusets (**P1**). Ensuite les creusets avec filtres sont passés au four à moufle à 450°C pendant 2 heures. Les creusets et filtres sont à nouveau pesés (**P2**). La différence de ces deux poids obtenus P1 et P2 nous donne le poids de la matière organique brûlée :

$$\boxed{\text{MOP (mg)} = \text{P1} - \text{P2}} \quad (1.6)$$

P1: Poids du creuset et du filtre avant séchage.

P2: Poids du creuset et du filtre après séchage.

La teneur en matière inorganique particulaire est obtenue par la différence de poids des filtres avec les creusés avant et après calcination, ainsi la soustraction de la concentration de la matière inorganique particulaire de celle de la matière en suspension permet de connaître la masse de matière organique particulaire. La matière organique particulaire est majoritairement d'origine phytoplanctonique.

Chapitre 2

Zones d'études

1. Présentation de la zone d'étude :

1.1. Localisation géographique de la baie d'Alger :

La baie algéroise constitue la partie centrale de la côte algérienne de forme semi-circulaire et de superficie avoisinante les 180km² elle est délimitée par deux caps la pointe pescade (**Rais Hamidou**) à l'ouest et le cap Matifou (**Bordj el bahri**) à l'Est. Elle est limitée au nord par la mer méditerranée avec une longitude Est 03°.14'.50 à 03°.00'.40 et une latitude nord 36°.49'.35 à 36°.49'.50. (LEM., 1998).

1.2. Cadre géographique :

La baie d'Alger se situe dans la partie centrale de la côte algérienne, elle s'inscrit en creux dans la pleine de la Mitidja et d'une forme semi-circulaire. Elle est délimitée par: la pointe Pescade (Rais Hamidou) à l'Ouest, le cap Matifou (Bordj El Bahri) à l'Est, au Sud par le bassin de la Mitidja et au Nord par la mer Méditerranée (LEM., 1998).

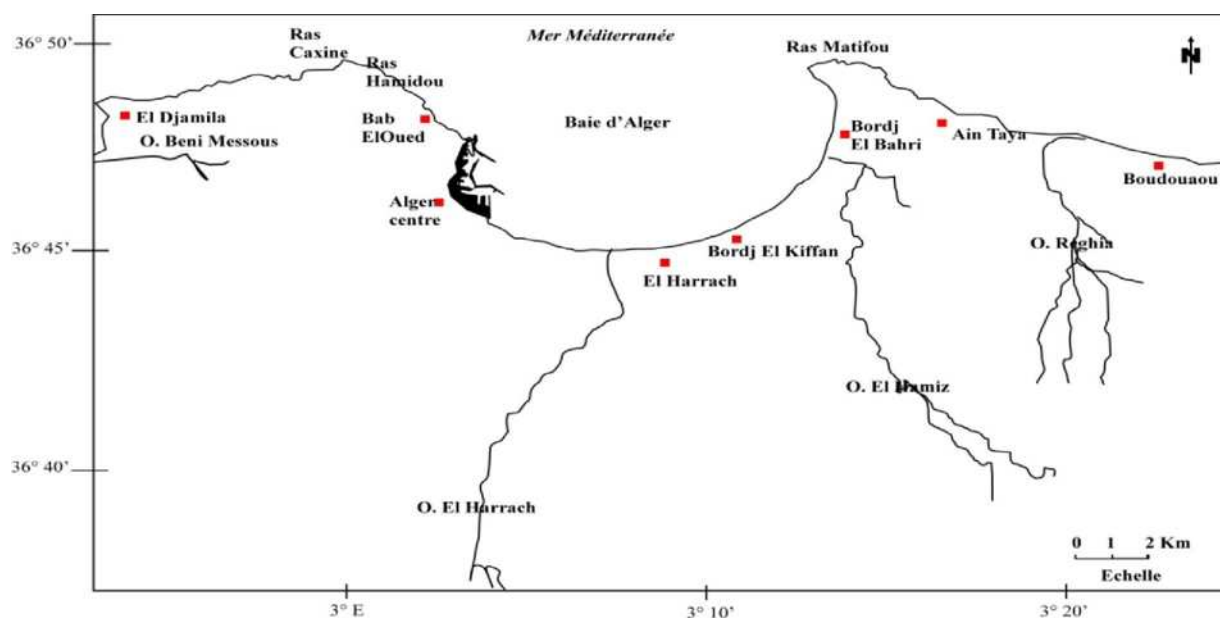


Figure 2.1 : Situation géographique de la baie d'Alger. (Bachouche., 2010)

Le plateau continental est très étroit, mais s'élargit au centre de la baie. Ce dernier ne dépasse pas l'isobathe 120m ; en effet, l'isobathe 50m est à 4.1 km de la côte, celui de 100m est à 6.7 km, quant à celui de 1000m il ne se trouve qu'à 12.1km.

1.3. Nature de fond – Couverture sédimentaire :

Les travaux de sédimentologie ou sur la nature de fond en baie d'Alger, sont nombreux et détaillés (Leclaire., 1972, Maouche., 1987) sont les principaux auteurs ayant abordés l'étude de la couverture sédimentaire de la baie.

Les différentes études ont mis en évidence:

- La distribution bathymétrique de la côte vers le large selon un gradient d'envasement croissant,
- Des sables fins essentiellement d'origine terrigène occupant les petits fonds de la baie,
- Des zones sédimentaires de transition, les sables envasés et les vases sableuses, assurant le passage progressif des sables fins infralittoraux aux vases pures,
- Des vases pures dans la partie centrale de la baie, témoignage d'un important envasement de ce secteur de la baie,
- Des graviers organogènes où des formations grossières carbonatées localisées uniquement aux zones très réduites du plateau continental qui font suite aux bordures rocheuses Est et Ouest de la baie.

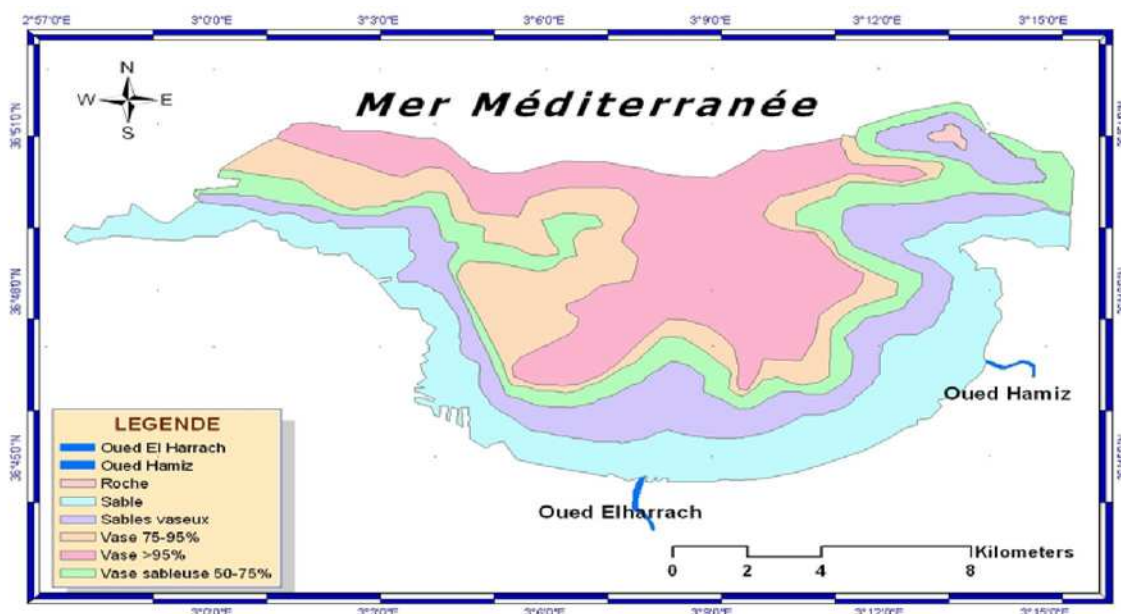


Figure 2.2 : Nature du fond de la baie d'Alger. (Maouche., 1987).

1.4. Réseau hydrographique :

La baie d'Alger est alimentée par deux principaux oueds: Oued El Harrach et oued Hamiz, ces derniers prennent leurs sources dans l'atlas Blidéen avant de traverser la plaine de Mitidja. Leur débit est très irrégulier, caractérisés par un long étiage de six mois, des crues d'hiver et de printemps soudains et forts.

Oued El Harrach se divise au centre de la baie, il est non sec la majeure partie de l'année, charrie surtout des eaux usées, son débit en période de pluie est de 1000 m³/seconde, la superficie de son bassin versant est de 970 km².

Oued Hamiz se divise à l'Est de la baie près du cap Matifou, son bassin versant à une superficie de 160 km².

1.5. Origine des eaux marines de la baie d'Alger :

(Boulaïdid & *al.*, 2003), ont conclu à partir du diagramme température- salinité des eaux de la baie que, La baie d'Alger est le siège d'un mélange qui se fait entre trois eaux d'origines différentes: une eau superficielle ayant les caractéristiques de l'eau Atlantique légèrement mélangée avec l'eau Méditerranée le long de son parcours; une eau qui remonte d'une profondeur de l'ordre de 100 m au centre de la baie, et enfin une eau continentale non négligeable qui adouci en partie les eaux de la baie. La partie Sud Ouest de la baie, une zone abritée où les eaux sont assez stables.

Ces eaux décrivent un mouvement circulaire conditionné par la forme de la baie. Pendant leur séjour dans la baie, ces eaux se réchauffent légèrement. Ces conclusions suggèrent que les eaux de la baie se renouvellent aisément.

1.6. Les courants :

Constitués deux types de courants:

— Les courants généraux :

La vitesse du courant général des eaux Atlantiques de Gibraltar vers l'Est reste généralement dans un ordre de grandeur de 0,5 à 1 m/s, au large des côtes Algériennes. Ce courant général crée dans la plus part des baies un contre courant littoral vers l'Ouest (**millot., 1988**).

— Les courants Côtières :

Au contact des irrégularités du fond, les houles donnent lieu à des rouleaux qui provoquent la mise en suspension des particules favorisent leur déplacement. Le sens et l'intensité de ce courant sont fonction de l'amplitude, de l'incidence de la houle par rapport à la côte, de la topographie de la plage sous-marine et de la granulométrie des sédiments.

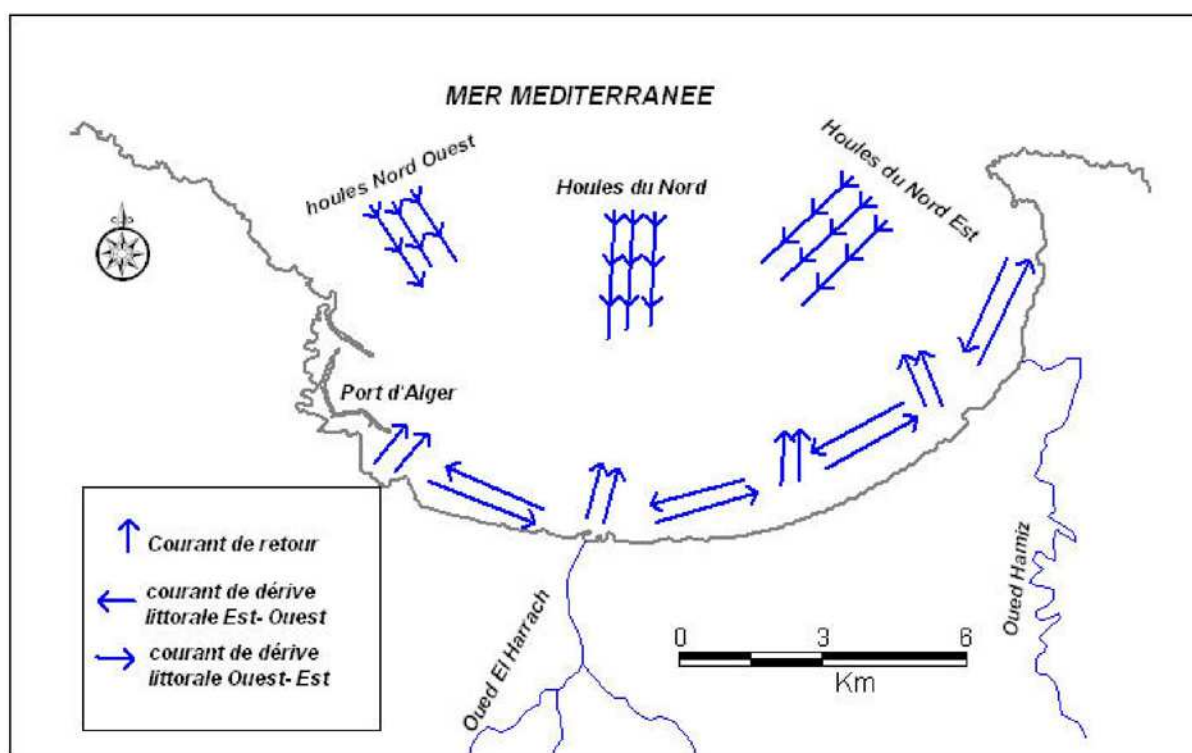
- **Les courants de retour :** Le courant de retour correspond à une zone de flot de retour à partir du courant existant au lieu de déferlement de la houle. Ces courants possèdent une vitesse qui dépend de l'énergie de la houle et de la pente de la plage. Ces courants sont responsables de la dispersion d'une partie des sédiments côtiers vers le large.
- **Les courants de dérive littorale :** Lorsque la houle arrive à la côte avec une incidence oblique celle-ci donne naissance à un courant de dérive littorale. La vitesse de ce courant est maximale pour un angle d'incidence de 50 % à 60 % (**LEM., 1998**). La dérive littorale prend naissance au niveau de la zone de déferlement où l'énergie est maximale. Cette énergie permet la remise en suspension et le transit des particules sédimentaires le long de la côte.

Dans la baie d'Alger les configurations météorologiques dominantes Ouest à Nord-Ouest engendre des régimes hydrodynamiques agissant différemment.

Dans le cas général de houles de petites et moyennes amplitudes, les courants ne sont notables que dans les zones de déferlement et n'affectent donc que le triage des sables et des graviers de la frange littorale "fond -10 m". Ils assurent le transport latéral par dérive littorale et la

dispersion. Par contre les houles de fortes amplitudes pourraient agir jusqu'aux des fonds de "40 m à - 60 m" (LEM., 1998).

La dérive générale dans la baie d'Alger engendrée par le courant atlantique (contre courant atlantique) tourne dans le sens des aiguilles d'une montre avec une vitesse moyenne en surface de l'ordre de 0,3 km/h. A proximité du fond la vitesse de ces courants diminue très rapidement et devient pratiquement négligeable (LEM., 1998).



Source : LEM

Figure 2.3: Schéma probable de la dynamique sédimentaire dans la baie d'Alger.

1.7. Contaminants et sources de la pollution :

La zone côtière algéroise constitue le réceptacle de plusieurs types de pollutions:

- Les rejets domestiques exposés aux conséquences de la pollution organique ;

La zone côtière algéroise est à classer parmi les segments de la côte algérienne la plus affecté par la pollution hydrique et détritique, en particulier l'agglomération d'Alger, qui a compté:

1 915 953 Habitants en 1987 ce nombre à passer à 2 323 348 en 1998.

Ces eaux usées chargées pour l'essentiel de matière organiques, matières en suspension, détergents et des huiles lubrifiantes ; génèrent par l'absence de traitement d'eaux avant leur aboutissement à la mer ainsi qu'un prétraitement au niveau des entreprises.

Ci après (Tableau 2.1) présent les rejets d'eaux usées dans la wilaya d'Alger.

Tableau 2.1. Les rejets d'eaux usées dans la wilaya d'Alger (MATE., 2002).

Bassin versant	Nombre de rejet	Oueds	Communes littorales concernées	Débit m ³ /j	Charge polluante Kg DBO ₅ /j	Embouchures Lieux de rejets
Béni Messous	28	Béni Messous	Zeralda , Staouali, Ain Benien, Cheraga, une partie de Hammamet.	30844.8	10435	Plage « dunes Cheraga »
El Harrach	52	El Harrache	Hammamet, Rais Hamidou, Bloghine, Alger Centre, Hamma, Hussein Dey, Mohammadia, Bordj El Kiffan, Bab El Oued, Casbah.	289008	144608	Baie d'Alger.
Réghaia	29	Réghaia	Bordj El Bahri, Marsa, Ain Taya, Hraoua, Reghaia	81302.4	26682	Régnai plage
		El Hamiz	..			Baie d'Alger
Total	109			401155		

Le littoral d'Alger compte 109 rejets en plus de 24 rejets du port d'Alger pour un volume global journalier de 401155 m³/j.

Selon les données de l'Inspection de l'Environnement, le port compte 70 points de rejets, dont sont d'origine industriels et le reste d'origine urbaine et portuaire (**Rebzani., 2003**).

Les rejets des industries chimiques et pétrochimiques.

D'après le recensement de l'Office Nationale de Statistique., 1993: 10202 unités industrielles sont réparties sur l'ensemble du territoire national, avec près de la moitié se trouvent dans la région littorale ; soit 36.6 %. Alger et Tipaza concentrent à elles 1169 unités (**in PAC., 2006**).

Tableau 2.1. Répartition des unités industrielles littorales par wilaya (**MATE., 2002**).

Wilaya	Unité	% par rapport au total national
Alger	434	4.2
Tipaza	735	7.2
Total	1169	11.4

La région centre se caractérise par une forte production de déchets de plomb (350 000 stockés au sein de l'entreprise) (**ENPEC**)

Tableau 2.3. État des grands générateurs de déchets industriels spéciaux de la wilaya d'Alger. (MATE., 2002).

Unité industrielle	Activité principale	Quantité générée (T/an)
DENITEX	Filature, tissage et finissage	500
Algérienne des fonderies El Harrach	Fonderie	4320
SNVI, devisions véhicules industriels		1065
ACG	Galvanisation à chaud et électrolytique	546
ENPEC	Fabrication d'accumulateurs	350 060

Il y a lieu de relever le déséquilibre en matière de décharge, ils ne répondent pas aux normes et sont pour le quasi totalité des décharges à ciel ouverte ; amplifiant la quantité des gaz toxique et une pollution des nappes phréatiques.

On relèvera par ailleurs la disproportion entre les quantités de déchets générés et le nombre de décharge disponibles, notamment dans l'agglomération d'Alger.

- Les rejets de centrales thermiques qui utilisent l'eau de mer pour le refroidissement de leur turbine, ce qui altère le milieu marin en modifiant leurs caractéristiques physico-chimiques et en provoquant principalement une pollution thermique ;
- Les lessivages des sols des grands périmètres agricoles ce qui engendre une pollution par les éléments nutritifs;
- Les déchets solides d'origine industrielle et domestique.
- Oueds El Harrach et Hamiz drainent les eaux usées domestiques et industrielles, les eaux de ruissellements et d'irrigation des zones de la Mitidja qu'ils traversent, ainsi il y'a 70 points de rejets dont 26 dans le port d'Alger sont drainées sans traitements préalables.

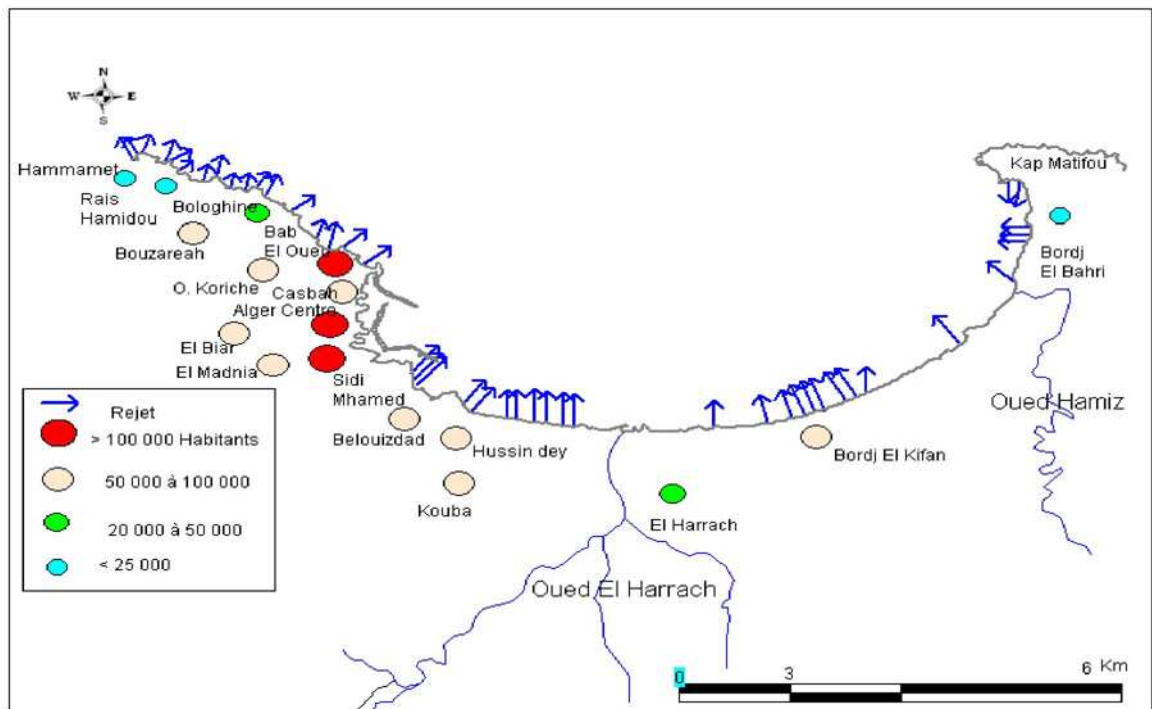


Figure 2.4. Rejets d'eaux usées dans la baie d'Alger (LEM 1998)

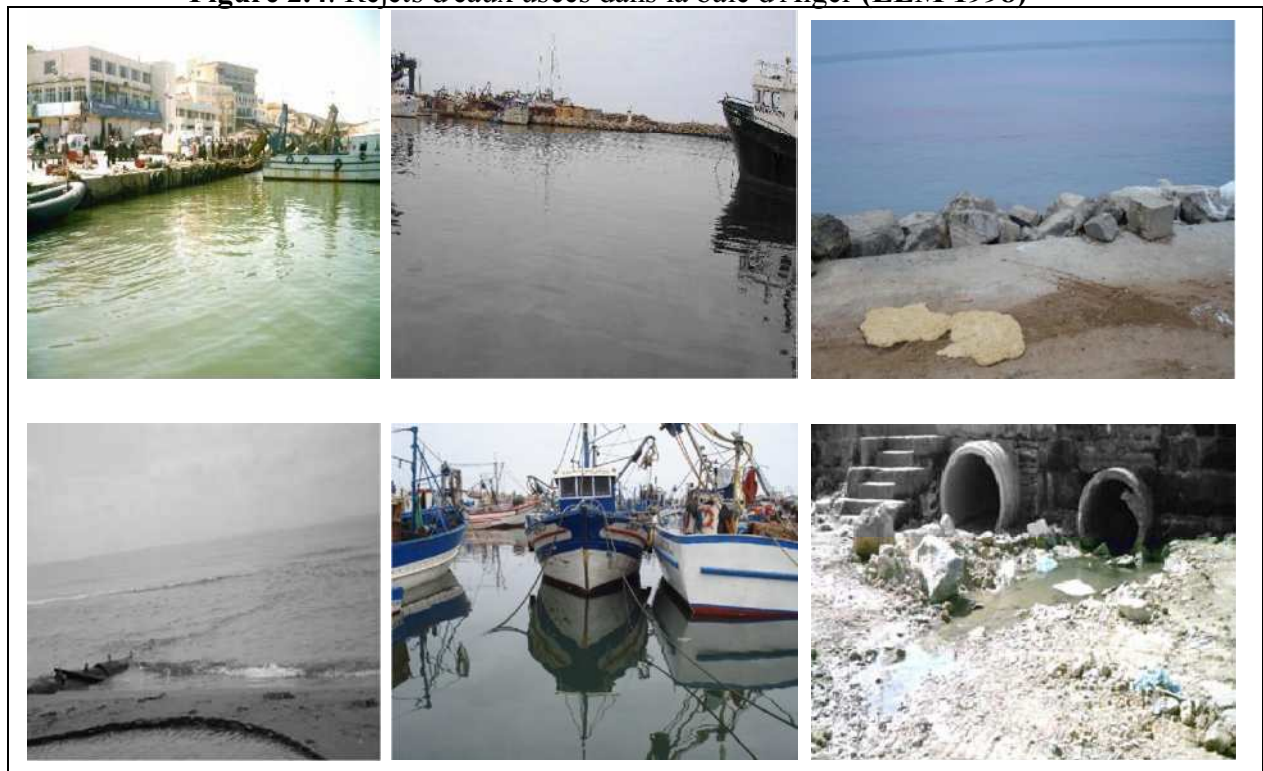


Figure 2.5 : Pollution par les huiles, rejets industriels et urbains au niveau de la baie d'Alger.

(Houma et al., 2009)

2. Présentation de la baie de bouismail :

2.1 Cadre géographique :

La baie de Bou-Ismaïl (Ex golf de Castiglione) est limitée par le cap de du mont chenoua à l'Ouest et par le promontoire de ras-acrata à l'Est

La baie de Bou-Ismaïl se situe à l'ouest d'Alger dans la wilaya de Tipaza entre 2° 20' E et 2° 55', d'une superficie de 350 km² est délimitée à l'ouest par le cap du mont Chenoua et ras Accrata à l'est (dans la baie d'el Djamilia). Elle s'étend du mont Chenoua à l'ouest a Ras Caxine à l'est.

Principalement a vocation agricole et touristique elle subit des rejets domestique provenant principalement des zones touristiques et des complexes touristiques sans traitement quelconque qui a tendance a augmenter en période estivale ajoutant a cela les cours d'eaux chargés d'eaux usées traversant d'autres centres urbains en amont et drainant les eaux de ruissèlement des terres agricoles et à cela s'ajoute l'activité halieutique dans la baie.

2.2. Morphologie sous marine de la baie de bouismail :

L'extension maximal du plateau continentale de la baie de Bousmail est de 11 km et ceci au niveau de l'oued Mazafran situé au milieu de la baie, très étroite à proximité des massifs 4km pour chenoua et moins de 2km pour bouzareah, ayant une surface de 509 km² et une largeur de 55 km.

Caractérisé par une pente douce avec apparition de quelques appointements rocheux au large de l'oued de Mazafran, Sa declivité augmente après la première rupture de pente (-120m), marquant la limite de ce plateau, au delà la décroissance est également régulière mais avec une pente moyenne (plus de 10%) menant aux pleines abyssales (-2500m) (Leclaire., 1972).

2.3. Réseau hydrographique de la baie de bouismail :

La baie de Bou-Ismaïl est le réceptacle d'oueds à régime irréguliers

- L'Oued Mazafran est considéré comme étant le plus important des Oueds qui débouchent dans la baie de Bou-Ismaïl, formé par la réunion des Oueds Chiffa, Djer et Bouroumi. Le régime hydrologique de cet Oued est marqué par un long étiage de Juin à début Décembre avec des débits représentant 17.38% du débit liquide annuel. Entre Décembre et Avril, ces débits sont de 82.61% selon (**Braïk., 1989**), il débouche niveau d'une plage sablonneuse entre Douaouda et Zéralda.

- L'Oued Nador présente un bassin versant d'une superficie de 200 à 300 km² (**Braïk., 1989**), il est côtier et est situé dans la partie occidentale de la baie et débouche sur la petite baie de Chenoua, cet Oued regroupe les Oueds Bou Yersen, Bou Haroun et Oued Merad. Son débit est de 0.89 m³/s débouchant entre Djbel Chenoua et Tipaza.

- L'Oued Béni Messous est situé entre El Djamila et Sahel, traverse les communes de Béni Messous et Chéraga au nord, de Bouzaréah au nord-est, Dély Brahim à l'est, Ain Benian à l'ouest et débouche au niveau d'une plage appelée « les Dunes » qui fait partie de la baie d'El Djamila. Son débit est faible par rapport aux deux autres Oueds et est estimé à 0.245 m³/s (**Braïk., 1989**).

2.4. Sédimentologie :

L'analyse des sédiments de la baie de Bou-Ismaïl a permis de mettre en évidence la grande diversité sur le plan sédimentaire des fonds de cette baie, 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 2.6**), (**Grimes., 2003**).

L'importance et la répartition de ces faciès n'est pas identique en tout point de la baie ; ainsi deux régions apparaissent : la région Est ou orientale et la région Ouest ou occidentale. Chaque région présente des caractéristiques sédimentologiques propres, fait déjà signalée par Dagorne (1973). Les vases pures et les graviers envasés sont les faciès dominants de la baie de Bou-Ismaïl. Les vases sont très développées dans la région Ouest et forment ainsi une importante vasière littorale, tandis que les graviers envasés le sont dans la région Est.

Le faciès des sables grossiers et des fins graviers, le faciès des sables graveleux n'est présent que dans la région orientale; les sables graveleux se limitent au secteur oriental.

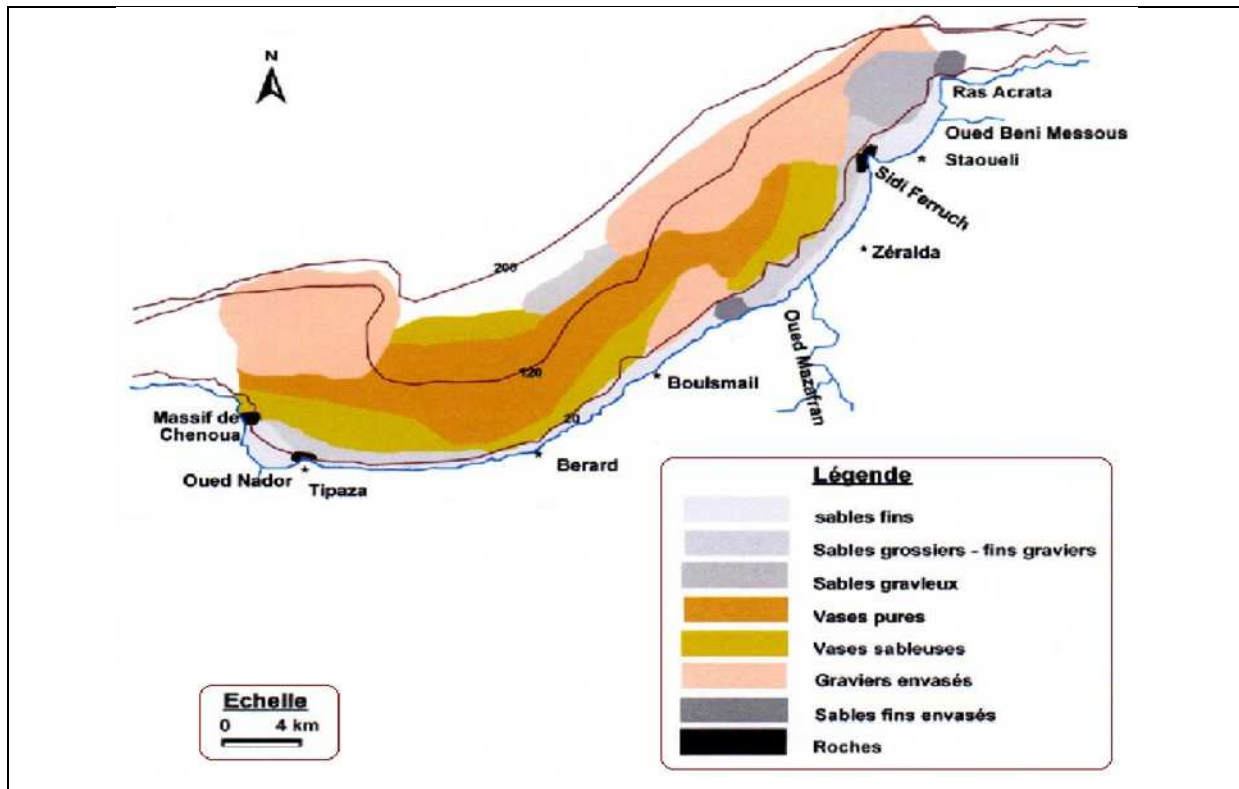


Figure2.6 : Carte sédimentologique de la baie de Bou-Ismaïl (LEM., 1998)

3. Présentation de La Baie d'El Djamilia :

La baie d'El Djamilia se situe à une trentaine de kilomètres à l'ouest d'Alger, elle Représente le quart oriental de la baie de Bou Ismaïl. C'est une baie relativement fermée, limitée à l'Ouest par la presqu'île de Sidi Fredj et à l'Est par Ras Acrata (Figure2.7).

Son rivage est orienté Sud Ouest – Nord Est et ses coordonnées Lambert sont :

2°50'54.744'' Est et 36°45'43.092'' (port de Sidi Fredj)

2°53'42.792'' Est et 36°48'5.796'' (Ras Acrata),

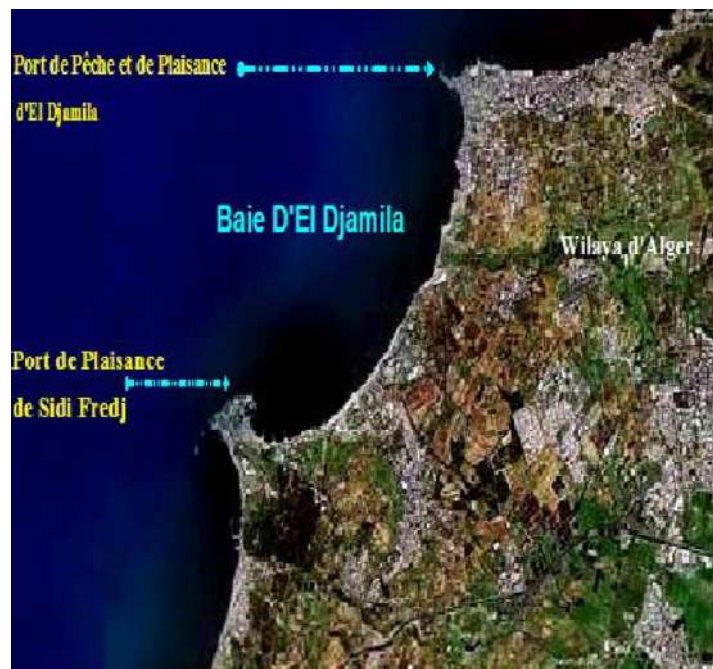


Figure2.7 : situation géographique de la baie de Djamilia(Google Earth.,2010).

3.1. Aperçu climatologique et océanographique :

La région d'étude est soumise à un climat méditerranéen, caractérisé par une saison estivale chaude et sèche, et une saison hivernale froide et humide avec des précipitations courtes et violentes ; la moyenne annuelle des précipitations est de 501.5mm, le maximum en décembre et le minimum en juillet (**I'ONM**).

Les vents sont générateurs de vagues et de courants, leur impact croît avec leur vitesse. Lorsque l'action du vent est continue, elle génère de la houle. Les résultats des observations effectuées par l'US naval weather service command (**SSMO**) au large des côtes d'Alger, notent l'existence de deux périodes distinctes :

- **Une période hivernale :** (Octobre – Mars) avec des vents dominants de secteur Ouest et Nord Ouest ; avec des fréquences allant de 60 à 88% par le secteur Ouest et des fréquences de 90 à 99% pour le secteur Nord Ouest.
- **Une période estivale :** (Avril – Septembre) avec des vents dominants de secteur Est et Nord Est ; avec des fréquences de 45 à 75% pour le secteur Nord Est. (**LEM 1998**).

Puisque la côte algérienne est caractérisée par de faibles profondeurs, les courants marins sont Relativement faibles. Les données recueillies à partir d'observations enregistrées au large des Cotes algériennes par le KMNI (**Institut Météorologique Royal Néerlandais**) montrant que :

- Plus de 73% du temps, les courants ont une vitesse inférieure à 0.5 nœuds (0.25 m/s)
- Plus de 90% du temps, ces courants ont une vitesse inférieure à 1 nœud (0.5 m/s)
- Dans seulement 1% du temps, des courants d'une vitesse plus grande que 2 nœuds (1 m/s) ont été observés.

En hiver : les houles les plus importantes et les fréquences observées viennent de l'Ouest avec Les plus grandes amplitudes entre 2 et 2.5 m. Les houles maximales peuvent atteindre les 4 à 6 Mètres.

En été : les directions les plus observées sont d'origine Est, ainsi que les houles Nord Est avec une fréquence moins importante et des amplitudes généralement plus faibles, de 0.5 à 1m. Le secteur Nord a une répartition assez régulière durant l'année.

3.2. Dynamique sédimentaire :

La dynamique sédimentaire est la résultante d'actions hydrodynamiques (ou fluides) et Solides, réagissant l'un sur l'autre (**Broman et al., 1988**). Son équilibre est très sensible à tout Changement pouvant entraver son processus. On note la dominance du sable grossier surtout au voisinage du port d'El Djamila, ces sédiments sont bien classés (**AlSidChiKh et al., 2009**) comme le montre bien la (**figure 2.8**).

Au niveau de la côte à l'est du port d'El Djamila, le dynamisme est important, provoqué par l'intensité des houles de l'Ouest, Nord – Ouest et Ouest – Nord – Ouest.

Ces houles ont contribué au démantèlement de la falaise du Ras Acrata et du platier rocheux.

Ces houles de secteur Ouest – Nord–Ouest sont d'incidence frontale sur le site, engendrant un courant de retour qui prend les sédiments de la côte et les dispersent au large. Ainsi les sédiments les plus fins se déposent au large.

Ces houles provoquent ainsi bien l'érosion de la cote située à l'Ouest du port d'El Djamila (Zéralda, Sidi Fredj, Moretti, Staouéli, etc....) que le charriage des apports de l'Oued Mazafran.

L'incidence oblique des houles du secteur Ouest engendre une dérive littorale qui entraîne les Matériaux sableux vers l'Est dans le domaine infralittoral. La dérive littorale s'écoulant de L'Ouest présente un impact très important en charriant les sédiments vers l'Est.

(AlSidChiKh et a .,2009, Houma et al., 2006, Millot.,1985).

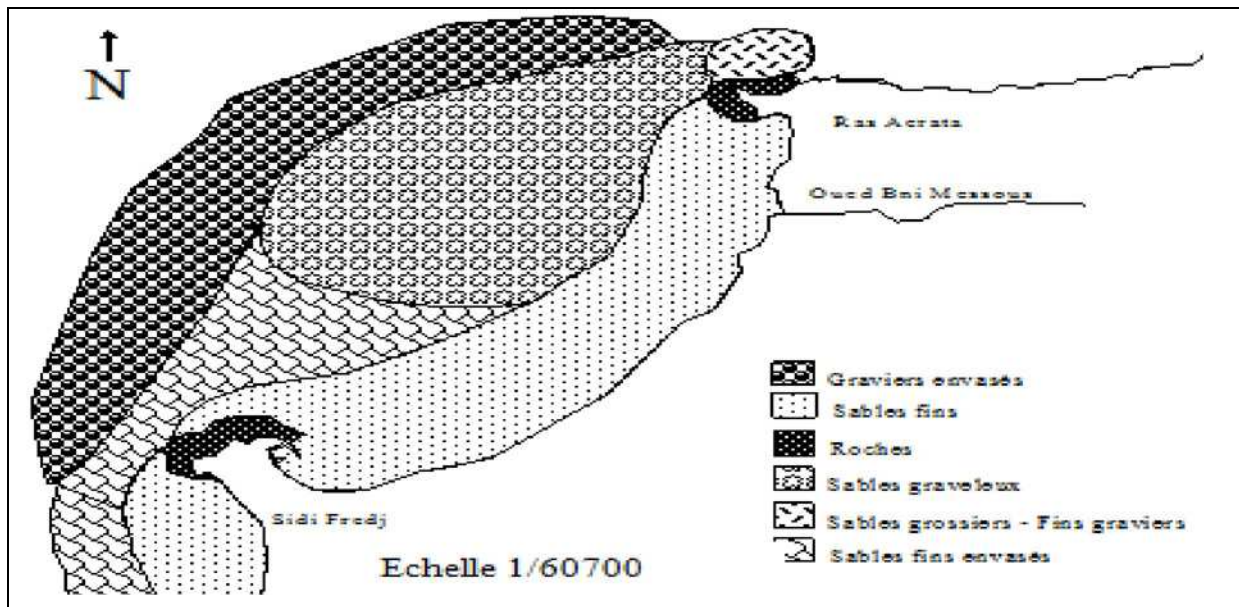
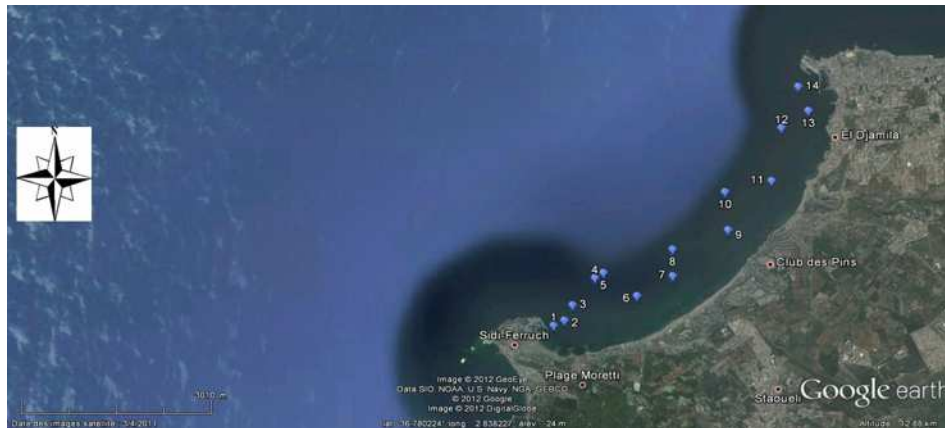


Figure2.8 : Répartition sédimentologique de la baie d'El Djamilia (Campagne 2006).

3.3. Bathymétrie.

Les isobathes du centre de la baie sont pratiquement parallèles à la côte, avec une faible pente, au niveau de Ras Acrata (à l'Est) et Sidi Fredj (à l'Ouest). Un resserrement des isobathes qui se traduit par une pente moins douce qu'au centre de la baie, ceci étant normal vu que les deux Zones sont rocheuses et accidentées .Plus à l'ouest (Moretti) entre les isobathes 5m et 15m, il ya une large zone régulière à pente très douce.

Nos prélèvements d'échantillons d'eau de mer, ont été effectués le 18 avril 2012, au niveau de **la baie de Djamila**, à bord de l'embarcation **BABA AROUDJ**, sur deux profondeurs (1 et 7 M) au niveau de chaque station indiquée sur la carte.



Carte de Positionnement des stations de prélèvement (Google earth., 2012)

Chapitre 3
MATÉRIELS ET
MÉTHODES

A-Travail en mer :**1. Prélèvement d'eau :**

Les prélèvements d'échantillons d'eau de mer, ont été effectués le 18 avril 2012, au niveau de la baie de Djamilia, à bord de l'embarcation **BABA AROUDJ**, au niveau de chaque station indiquée sur la carte.

Pour éviter toutes contaminations, il est très important que certaines conditions soient prises en considération. En effet, les flacons dessinés à l'échantillonnage de l'eau de mer prélevée, sont préalablement :

- lavés à l'eau chaude
- rincés à l'eau acidulée préparée à base d'acide chlorhydrique à 5% (2 fois)
- rincés une dernière fois à l'eau bi-distillée.
- Les flacons seront numérotés et stockés.

Ainsi que le type de flaconnage selon le paramètre recherché.

Les paramètres physico-chimiques, tel que l'oxygène dissous et la température de l'eau de surface ont été mesurés « in situ ».

Les autres mesures ont été effectuées au laboratoire : salinité, pH, MES, matière organique et hydrocarbures.

2. Méthode de prélèvement :

Pour les hydrocarbures, l'échantillonnage de l'eau de surface (à 1 m de surface) a été fait avec des bouteilles de 2.5 l à verre fumé, qui ont été conditionnées préalablement selon le processus de nettoyage du matériel dessiné aux hydrocarbures préconiser par l'**UNEP (1995)**.

Les bouteilles sont étiquetées au préalable et mises dans un dispositif lesté de plomb qui descend à 1 m de profondeur.

Pour les autres paramètres, le prélèvement d'eau de mer s'effectue à l'aide de bouteilles de prélèvement à clapets du type « **niskin** » d'une capacité de 3.5 litres avec laquelle on remplit les bouteilles pour les sels nutritifs en plastique de 125 ml après avoir rincé deux fois nos flacons avec de l'eau de mer à analyser et de façon à ne pas provoquer l'éclatement lors de la congélation qui s'est fait immédiatement après le prélèvement.

Les échantillons d'eau de mer destinés à la mesure de la matière en suspension (MES), dans des flacons en plastique de contenance de 250 ml, ont été filtrés dès le retour au laboratoire.

B. Travail au laboratoire :

La mesure de la salinité, pH et spectrophotomètre à UV ont été faite dès le retour au laboratoire ainsi que la matière organique dans les jours qui ont suivie.

1. Appareils et matériels :

Concernant les hydrocarbures dans l'eau, en effet on utilise de la verrerie qui a subit au préalable un traitement pour éviter toute contamination.

- Bouteilles (en verre fumé) de capacité de 2.5 L.
- Erlen Meyer a col rodé de 100 ml.
- Ampoule à décanter (2L).
- Béchers (50 ml).
- Tubes à essai (10 ml).
- Évaporateur rotatif.
- Agitateur mécanique.
- Spectrofluorimètre ultra-violet. HITACHI, modèle 650 S, équipé d'une lampe « Xénon ».

Autres :

- Valise multiparamètre (Wissenschaftlich technische werkstätten)« WTW »
- Balance de précision.
- Skalar .(L'Auto Analyser San Plus (**SKALAR., 1998**).
- Les fioles (100 ml).
- Four à moufle.
- Dessiccateur.
- Creusés.
- Agitateur magnétique.

Réactifs pour les hydrocarbures :

- méthanol.
- Hexane.
- Sulfate de sodium anhydre.
- Azote pur.

2. Mesures des paramètres physico-chimiques :

2.1. La température et l'oxygène dissous :

La mesure de la température en degré Celsius (C°) et l'oxygène dissous en mg /l, a été effectué in situ par la méthode électrochimique.

L'appareil utilisé est de type valise multi paramètre multiline WTW à calibration automatique et compensation automatique en température (0 à 40°) et une pression de 500 à 1100 mbar.

2.2. La salinité :

La salinité représente le contenu en sels dessous d'une eau et normalement associé à la mesure de la température (Aminot et Kerouel., 2004).

La salinité (psu) est mesurée à laide d'une valise multi paramètre multiline WTW à calibration automatique et compensation automatique en température (0 à 40°) et une pression de 500 à 1100 mbar.

2.3. Le potentiel d'hydrogène :

Le pH a été mesuré au laboratoire à l'aide d'un pH-mètre de type multiline WTW à calibration automatique et compensation automatique en température (0 à 40°) et une pression de 500 à 1100 mbar. L'étalonnage a été effectué avec deux solutions étalons, dont les pH sont de 4 à 7 .l'électrode est plongée dans l'eau de mer à analyser qui reste jusqu'à la stabilisation de la valeur du pH affiché. Cette électrode est rincée à l'eau distillée entre chaque échantillon.

2.4. La matière en suspension (MES) :

Les filtres à 0.45 µm de diamètre de pores sont rincés à l'eau distillée puis séchés à 105°C dans l'étuve pendant une heure ; une fois que les filtres sont secs, ils seront ensuite pesés avec précision, soit **P1** ce poids.

Après cette première pesée, chaque filtre sera remplacé dans sa boîte à filtres à l'abri de la poussière (cette étape a été réalisée u laboratoire avant la sortie).

La deuxième étape consiste à filtrer un volume d'eau de mer (cette étape doit être réalisée à bord du navire) soit entre 100 à 500 ml.

La dernière étape consiste à mettre les boîtes contenant les filtres chargés de particules dans l'étuve à 70°C pendant deux heures pour la déshydratation.

Après refroidissement des filtres dans le dessiccateur, chaque filtre sera pesé, soit **P2** ce nouveau poids.

La concentration de la matière en suspension (MES) s'obtient par l'expression suivante :

$$\boxed{\text{MES (mg/l)} = \text{P2} - \text{P1} / \text{V}} \quad (3.1)$$

P1 : le poids du filtre avant filtration (mg)

P2 : le poids du filtre après filtration (mg)

V : volume d'eau filtré en (l)

2.5. La matière organique :

Cette méthode consiste à préparer les filtres de 0,4 µm de diamètre des pores de la même façon que pour les filtres de la matière en suspension, c'est-à-dire le conditionnement des filtres puis la filtration de l'eau de mer et le séchage à l'étuve à 70°C pendant deux heures, les filtres sont alors peser avec précision dans ces creuses, soit **P1** le poids.

Ensuite les creuses avec filtres sont à nouveau peser, soit **P2** ce poids.

La différence de ces deux poids obtenus P1 et P2 nous donne le poids de la matière organique brûlée :

$$\boxed{\text{M.O (mg)} = \text{P1} - \text{P2}} \quad (3.2)$$

P1 : poids du creuset et du filtre avant séchage

P2 : poids d creuset et du filtre après séchage

3. Analyse des sels nutritifs :

Afin de minimiser les risques de contamination, les flacons de prélèvement d'eau ont subi le prétraitement suivant :

1. Rinçage à l'eau du robinet.
2. Rinçage à l'eau acidulée (HCl à 5%)
3. Rinçage à l'eau bidistillée deux fois et fermeture hermétique et immédiate du flacon.

Lors du prélèvement à bord, chaque flacon est rincé deux fois avec l'eau de l'échantillon avant son remplissage

3.1. Dosage des sels nutritifs :

L'analyse des sels nutritifs est faite par la méthode de colorimétrie à flux continu sur chaîne automatisée SKALAR (Auto-analyzer SAN PLUS) (troisième génération), selon les protocoles décrits par le constructeur SKALAR. Le fonctionnement de l'appareil repose sur un principe dynamique, celui de l'analyse liquide en flux continu : une veine liquide propulsée en continu par une pompe péristaltique dans un circuit analytique spécifique à chaque paramètre analysé. Les réactions chimiques s'effectuent dans cette veine en progression. L'analyse des échantillons est réalisée par séquence, ce qui permet une grande cadence de travail. Cette chaîne de mesure automatisée est totalement pilotée par un microordinateur doté d'un logiciel spécifique. A la fin de l'analyse, ce dernier fournit un fichier numérique contenant les résultats accompagnés de toutes les informations relatives à l'analyse.



Figure 3.4 : L'Auto Analyser San Plus (SKALAR., 1998)

3.2. Principe de dosage des sels nutritifs :

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs (ammonium, nitrites, nitrates, orthophosphates et silicates) est basée sur une réaction de coloration. En effet, ces sels réagissent dans certaines conditions (température, pH, présence de catalyseurs,...) avec des réactifs spécifiques pour donner une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'onde (λ). (Annexe II) L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration, de même, ce dernier est d'autant plus important que la solution est concentrée en sel dosé. La quantité de lumière absorbée par la solution, appelée absorbance (A) ou densité optique (D.O), obéit à la loi de **Béer-Lambert** qui est exprimée par la relation suivante :

$$A = D.O. = \log (I_0/I) = \epsilon.l.C \quad (3.3)$$

I_0 et I : sont respectivement les intensités lumineuses incidente et émergente du milieu absorbant.

ϵ : le coefficient d'extinction molaire variant en fonction de la température et la longueur d'onde.

l : la longueur du milieu traversé exprimé en cm

C : concentration de la solution absorbante exprimée en mole/l.

A : absorbance de la solution.

D.O : densité optique de la solution

3.3. Analyse automatique des sels nutritifs :

▪ Dosage des nitrites

Les nitrites (NO_2^-) forment un diazoïque par action avec la sulfanilamide en milieu acide $\text{pH} < 2$. Ce composé formera ensuite en présence de N-naphtylethylénediamine un composé azoïque de couleur rose absorbant la lumière à 540 nm (**Benschneider et Robinson., 1952**)

▪ Dosage des nitrates

La méthode est basée sur la réduction des nitrates (NO_3^-) en nitrites (NO_2^-) par le passage de l'échantillon à travers une colonne réductrice de cadmium traité au cuivre (**Wood et al., 1967**).

En présence d'antimoine oxytartrate de potassium à une température de 40° C (bain-marie), les ions orthophosphates (PO_4^{3-} réduits) seront ensuite dosés par colorimétrie selon la méthode précédemment décrite. Il suffira alors d'en déduire la concentration des nitrites déterminés directement (sans passage de l'échantillon sur la colonne réductrice) pour trouver les concentrations des nitrates (**Rodier et al., 1996**).

▪ Dosage des orthophosphates

En présence d'antimoine oxytartrate de potassium à une température de 40° C (bain-marie), Les ions orthophosphates réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe antimoine phosphomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique (**Murphy et Riley., 1962**). Cette forme réduite de coloration bleue a un maximum d'absorption à 880 nm.

▪ Dosage du silicium dissous

Dans l'eau de mer, le silicium dissous se trouve à 95 % sous forme d'acide orthosilicique (Si(OH)_4) (**Aminot et Chaussepied., 1983**). Cette forme réagit avec le molybdate d'ammonium en milieu acide pour former un complexe silicomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique en un composé coloré en bleu absorbant à 810 nm. On y ajoute l'acide oxalique pour éviter les interférences des phosphates.

3.4. Étalonnage :

Cette opération nécessite la préparation d'une solution mère puis une solution fille pour chaque élément à analyser.

Les droites d'étalonnage sont établies automatiquement par le logiciel en utilisant les concentrations connues des solutions étalons et leurs hauteurs de pic correspondantes.

4. Estimation des hydrocarbures dans l'eau par spectrofluométrie à ultra violet :

Analyse par spectrofluométrie ultra violet (S.F.U.V) :

La fluorescence est le phénomène par lequel une molécule, après absorption de radiations, émet des radiations d'une certaine longueur d'onde. Ainsi un composant peut absorber des radiations dans la zone à ultraviolet et émettre de la lumière visible.

La spectrofluométrie est une technique d'analyse appliquée par (Levy., 1977) et préconisée par le C.I.O de l'U.N.E.S.C.O (1977), pour la surveillance de la pollution des hydrocarbures en mer. Elle mesure l'émission de fluorescence par des molécules soumises à un rayonnement d'excitation Ultraviolet.

Cette méthode a été adoptée du fait de sa sensibilité, sa rapidité, sa globalité au niveau des hydrocarbures polyaromatiques, elle ne permet pas le dosage des hydrocarbures totaux au sens strict dans l'échantillon d'eau de mer : les teneurs mesurées ne représentent pas réellement les concentrations absolues d'hydrocarbures, mais la reponse de fluorescence fournit un excellent indice de pollution pétrolière, du fait de très faible teneurs d'hydrocarbures aromatiques biogènes dans le milieu marin.

La limite de détection de cette méthode est de l'ordre de 0.1 µg/l pour l'eau de mer. (Marchand., 1983).

4.1. Méthodologie :

▪ Procédure de nettoyage du matériel de traitement :

Pour le nettoyage des polluants étudiés, une contamination infime ou une mauvaise conservation peut provoquer la modification des échantillons, de ce fait les mesures d'hygiène doivent scrupuleusement être respectées. Pour éviter toute source de contamination, un très grand soin est pris lors du lavage des accessoires de manipulation touchant directement ou indirectement nos échantillons.

La verrerie de travail est en verre borosilicate (bêcher, Erlens) propre.

La procédure de nettoyage de la verrerie des hydrocarbures est inspirée de celle préconisée par UNEP/ICO/IAEA (1995).

Tous les instruments utilisés, lors du traitement et du prélèvement et de l'analyse concernent les hydrocarbures doivent être nettoyé selon un protocole bien définit.

5. Prétraitement des échantillons pour les analyses des hydrocarbures :

5.1. Les prélèvements :

Les prélèvements d'eau à 1 m de la surface sont réalisés grâce à un dispositif d'échantillonnage constitué d'une bouteille de verre teintée d'une capacité de 2.5 litres et d'un support lesté. Pour éviter tout risque de contamination des échantillons par les rejets du bateau, les prélèvements sont effectués à l'avant.

Les bouteilles sont refermées avec des bouchons en Téflon et pour plus de sécurité avec un papier aluminium.

Pour chaque échantillon d'eau, il faut ajouter « in situ » 50 ml de l'hexane et agiter pendant 3 minutes. L'échantillon est conservé au frais et à l'abri de la lumière.

5.2. Extraction :

Immédiatement après le prélèvement, environ 100 ml sont rejetés de la bouteille, pour ajouter 50 ml d'hexane.

Par ses propriétés physico-chimiques, ce solvant organique plus léger que l'eau au moment de l'agitation (3mn) permet la dispersion du solvant dans l'eau de mer et la formation d'une phase organique non miscible à la phase aqueuse, piégeant ainsi les hydrocarbures présents dans l'eau.

L'extraction proprement dite se fait au laboratoire après 3 agitations mécaniques dans une ampoule à décanter, d'une durée de 15 mn chacune et à la fin de chaque agitation on laisse décanter 15 mn. En ajoutant deux fois 50 ml d'hexane.

La phase organique supérieure de l'ampoule est récupérée dans un erlenmeyer à col rodé où l'on rajoute du Sodium anhydre Na_2SO_4 afin d'éliminer toute trace d'eau.

5.3. Concentration :

La concentration de l'extrait d'eau de mer est réalisée dans le but d'éliminer le solvant d'extraction à l'aide d'un rotatif pour éviter l'évaporation des hydrocarbures aromatiques à point d'ébullition bas, on concentre nos échantillons jusqu'à un volume de 15 ml.

Pour minimiser cette perte on maintient l'échantillon au bain-marie à une température de 40°C. Il suit ensuite une concentration sous jet d'azote jusqu'à un volume de 5 ml.

5.4. Purification :

La purification de l'extrait d'eau de mer est généralement réalisée par chromatographie liquide sur colonne ouverte de 10 mm de diamètre pour la rétention des composés polaires (les lipides).

Cette purification est généralement nécessaire lors de l'utilisation du tétrachlorure de carbone CCl_4 , comme solvant très lourd par rapport à l'hexane et à l'eau de mer.

5.5. Analyse :

Les protocoles mis au point pour l'identification et la quantification des hydrocarbures polycycliques aromatiques, qui sont tributaires du but recherché (hydrocarbures totaux, aromatiques, variation temporelle ou spatiale).

Ces méthodes sont :

- **La spectrofluorescence à UV.**
- **La spectrophotométrie à IR.**
- **L'absorption UV.**
- **La résonance magnétique nucléaire.**

Mais pour notre étude on n'utilisera que la première méthode, pour nous renseigner sur la quantité d'hydrocarbures totaux et aromatiques dans la baie de Djamilia.

5.6. Principe de la méthode :**5.6.1. Appareillage :**

L'appareil utilisé pour l'analyse est un Spectrofluorimètre HITACHI modèle 650-10s, doté d'une lampe à xénon avec des fentes de 1.5 nm à 20 nm et un balayage allant de 220 à 830 nm.

Les fioles contenant les solutions standards sont placées dans un bac à ultrasons pendant 2 minutes dans le but de faire dissoudre le chrysène dans de l'hexane.

5.6.2. Étalonnage :

Le **C.O.I (1984)** préconise le chrysène comme principale substance de référence internationale.

5.6.3. Préparation des standards :

Une solution mère de chrysène (C₁₈H₁₂) à 100µg/ ml est préparée en diluant 1mg de chrysène dans 10 ml d'hexane.

Le tableau suivant donne les concentrations des différents standards préparés à partir de cette solution mère.

5.6.4. Mesure des intensités de fluorescence :

Les conditions opératoires à la lecture des intensités de fluorescence (IF) sont les suivantes :

- Longueur d'onde d'excitation 310 nm.
- Longueur d'onde d'émission 360 nm, 380 nm et 410 nm.
- Les fentes d'excitation et d'émission sont respectivement fixées à 2 nm et 5 nm.

On note qu'à chaque série d'échantillon un blanc de procédure est analysé au préalable ainsi que la série de solution standard.

L'intensité de fluorescence (IF) est proportionnelle à la concentration de l'échantillon. Elle permet d'établir le tracé d'une droite d'étalonnage pour chaque longueur d'onde d'émission $\lambda = 360 \text{ nm}$, $\lambda = 380 \text{ nm}$, $\lambda = 410 \text{ nm}$ à partir des données de lecture correspondant aux 3 longueurs d'ondes précisées.

Les droites d'étalonnages ont la forme suivante :

$$\boxed{\text{IF} = a C + b} \quad (3.4)$$

- **IF** : intensité de fluorescence en unité arbitraire (UA).
- **C** : concentration en hydrocarbures polyaromatiques HPA (en µg/ ml).
- **a** : pente de droite.
- **b** : ordonnée à l'origine.

Les meilleures réponses sont obtenues pour 360 nm. Les calculs sont effectués en fonction de cette réponse.

5.6.5. Le blanc de procédure :

Le blanc analytique provient impérativement des réactifs utilisés, en particulier des solvants. Pour le déterminer, on prend le même volume de solvant : « hexane » que l'on a utilisé pour l'extraction d'un échantillon et on li fait subir exactement le même traitement que l'extrait (concentration).

Un blanc est effectué avec chaque série d'échantillons analysés simultanément, et pour chaque lot de solvants. La fluorescence obtenue pour le blanc est soustraite de celle de chaque échantillon.

5.6.6. Expression des concentrations :

Le calcul de la concentration d'un échantillon se fait généralement par la méthode graphique (méthode de régressions linéaires).

5.6.7. Calculs et expression des résultats :

Les concentrations finales en HPA dans l'eau sont calculées comme suit :

$$[HPA]_{e.finale} = ([C]_{écha} - [C]_{blanc}) f \times (v/ V) \tag{3.5}$$

[HPA] finale : concentration des HPA dans l'échantillon d'eau de mer (µg/l) en équivalent chrysène.

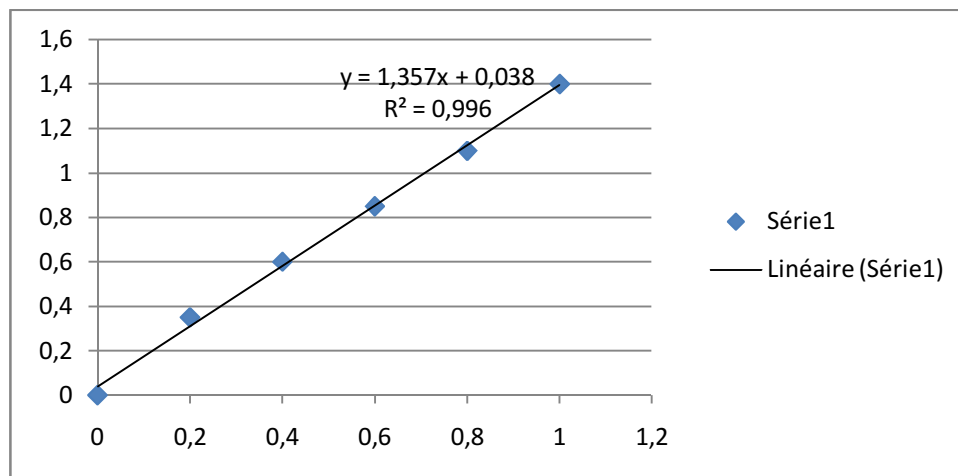
[C]écha : concentration des HPA dans l'extrait « courbe d'étalonnage » (µg/l).

[C]blanc : concentration du blanc (µg/l).

v : volume de l'extrait pour l'eau : (v= 5 ml).

V : volume de l'échantillon d'eau de mer extrait (2.5 l).

f : facteur de dilution.



Droites d'étalonnage des standards en équivalents Chrysene

Concentration des standards (µg/ml) :

standard	S1	S2	S3	S4	S5	S6
C (µg/ml)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1

La concentration des HPA dans les différentes stations.

stations	1	2	5	6	11	14
C final(µg/l)	0,54168577	0,54168577	0,54168577	0,54168577	1,6250573	0,81252865

Chapitre 4
RÉSULTATS ET
INTERPRÉTATIONS

Résultats des paramètres physico-chimiques et des Sels Nutritifs, matière en suspension (MES), MOP, Hydrocarbure :

1. Analyse paramétrique :

Les résultats obtenus des paramètres physico-chimiques, ainsi que des sels nutritifs de la baie d'El Djamila sont présentés dans le texte et graphiquement. Notre étude a pour but de donner une approche de la situation de cette baie, mais aussi de déterminer le degré de perturbation de ce milieu. Ce qui suit représente l'analyse des résultats obtenus des différentes mesures effectuées.

1.1. Variations des paramètres physico-chimiques :

1.1.1. La température :

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

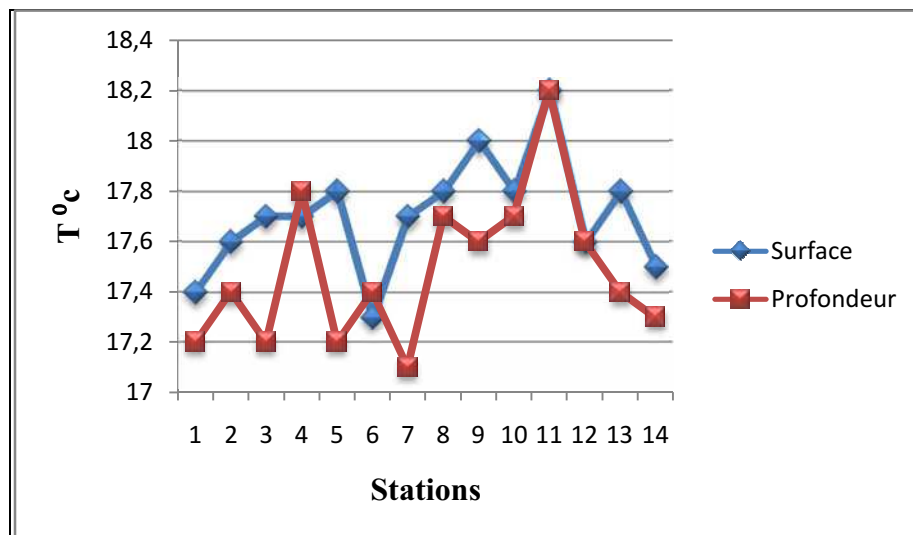


Figure 4.1 : variation de la température en surface et profondeur dans la baie d'el Djamila

Les valeurs des températures au niveau de la baie d'el Djamila varient en général dans l'intervalle [17.10-18.20] °C avec une moyenne de 17.59 °C (**Figure4.1**).

Les valeurs en surface se trouvent entre 17.3 °C (station 6) et 18.20 °C (station 11) avec une moyenne de 17.7 °C.

En profondeur, la température varie avec un minimum de 17.1 °C (station 7) et maximum 18.2 °C (station 11) à des profondeurs respectives de 7m et 6m avec une moyenne de 17.48 °C.

1.1.2. La salinité :

Les valeurs de la salinité se situent entre 36.3 et 37.3 PSU avec une moyenne de 36.7 PSU.

En ce qui concerne les eaux de surfaces la salinité varie entre 36.4 PSU (station 9) et 37.3 PSU (station 6 et 8) avec une moyenne de 36.71 PSU.

Pour les eaux profondes la salinité varie entre 36.3 et 36.9 respectivement dans les stations (2 et 1) avec une moyenne de 36.71 PSU. **(Figure4.2)**

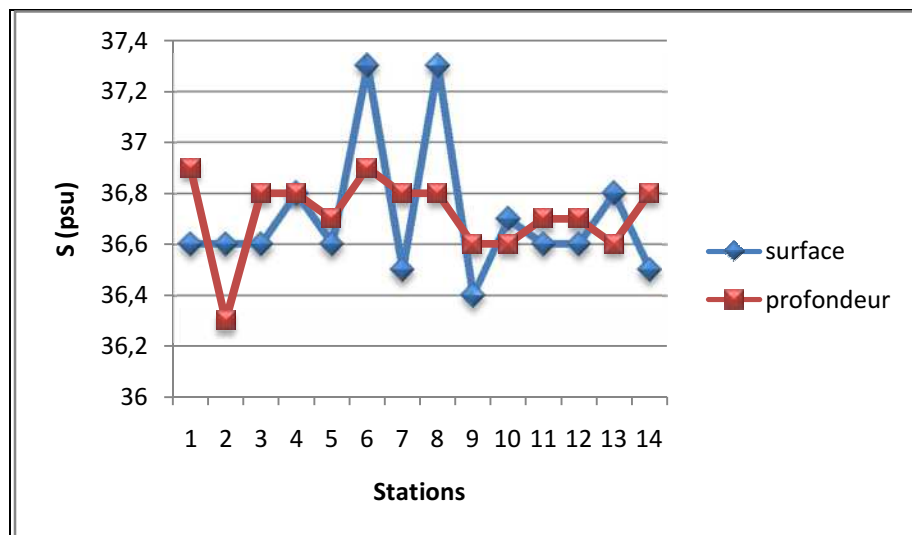


Figure 4.2 : variation de la salinité en surface et en profondeur dans la baie d'el Djamila

Selon LALAMI et TALEB, la salinité des eaux de l'océan atlantique est comprise entre 36 et 36.9 (PSU), et en méditerranée, elle est comprise entre 37.8 et 39.39 (PSU).

On remarque alors que les valeurs de la salinité sont relativement faible qu'en peut expliquer par la proximité des stations des oueds des apports des eaux de ruissellement qui déversent l'eau douce.

1.1.3. Conductivité :

Les valeurs de la conductivité sont comprises entre 49.5 et 50.2 ($\mu\text{S}/\text{cm}$). La moyenne est de 49.84 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Pour les eaux de surfaces elle varie entre 49.5 (station 7) et 50.2 (station 8) avec une moyenne de 49.8 ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Pour les eaux profondes, elle se situe entre 49.7 (station 12) et 48.28 (station 6) avec une moyenne de 49.89 ($\mu\text{S}/\text{cm}$). **(Figure4.3)**

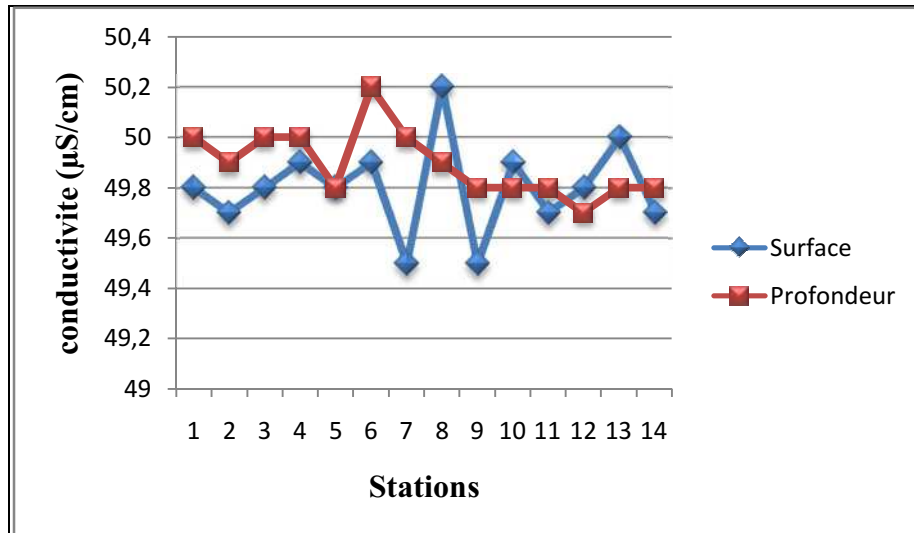


Figure 4.3 : variation de la conductivité en surface et en profondeur dans la baie d’el Djamila.

1.1.4. Le potentiel d’hydrogène :

Les valeurs du pH sont comprises entre 8.17 et 8.29. La moyenne est de 8.24.

Pour les eaux de surfaces le pH varie entre 8.17 (station 14) et 8.29 (station 11) avec une moyenne de 8.244.

Pour les eaux profondes, le pH se situe entre 8.22 (station 13) et 8.28 (station 5, 12) avec une moyenne de 8.254. (Figure4.4).

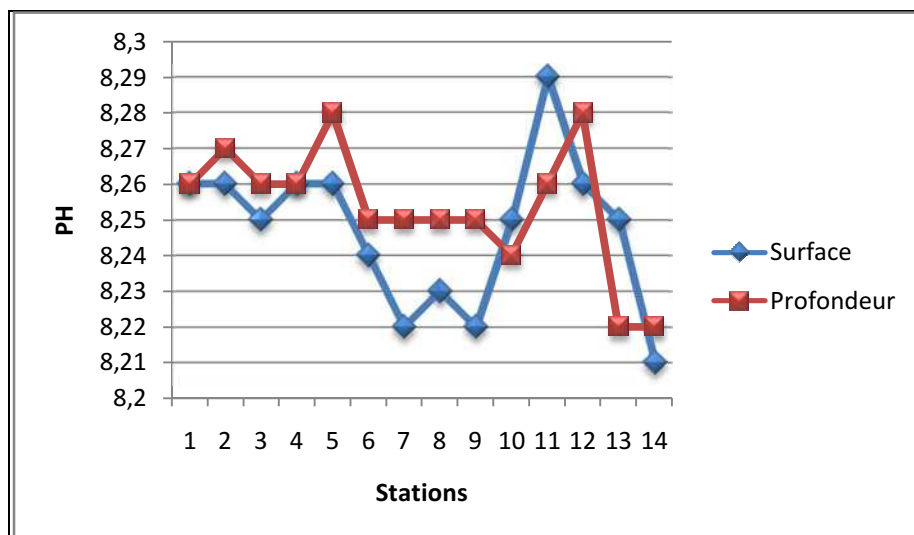


Figure 4.4 : variation du PH en surface et en profondeur dans la baie d’el Djamila

Les valeurs de pH sont relativement homogènes sur l’ensemble des stations. Cependant des plus faibles valeurs qui sont observées, peuvent être dues aux rejets d’eaux usées et à une acidification du milieu provoquée par le processus de la dégradation de la matière organique.

1.2. Variation des sels nutritifs :

• L'azote ammoniacal :

La concentration de l'azote ammoniacal relevée dans nos stations est comprise 0.11 $\mu\text{mole/l}$ et 3.13 $\mu\text{mole/l}$ avec une moyenne de 1.24 $\mu\text{mole/l}$.

Pour les eaux de surfaces, l'azote ammoniacal varie ente 0.11 $\mu\text{mole/l}$ station (10) et 2.48 $\mu\text{mole/l}$ station (13) avec une moyenne de 1.33 $\mu\text{mole/l}$.

Au fond, l'azote ammoniacal varie entre 0.29 $\mu\text{mole/l}$ station (10) et 3.13 $\mu\text{mole/l}$ (station 12) avec une moyenne de 1.15 $\mu\text{mole/l}$. (Figure 4.5)

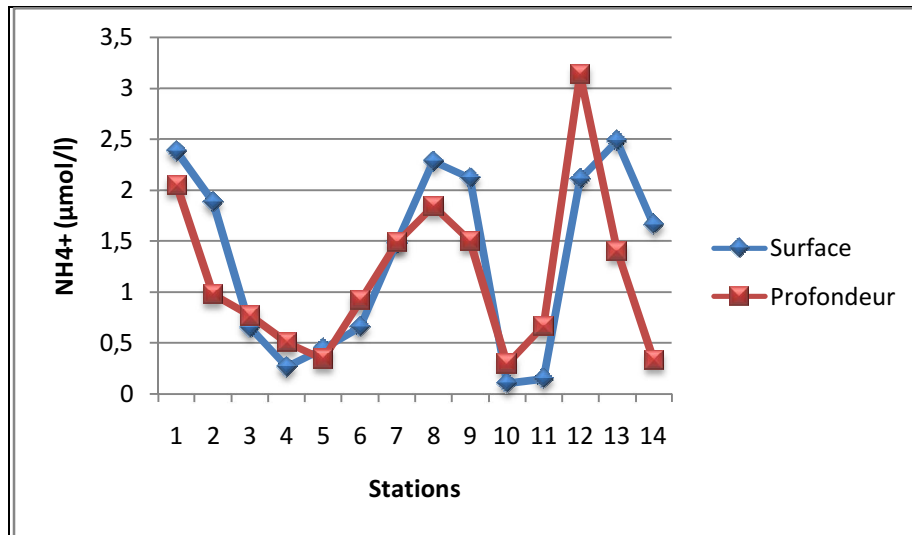


Figure 4.5 : Variation de l'ammonium en surface et en profondeur dans la baie d'el Djamila

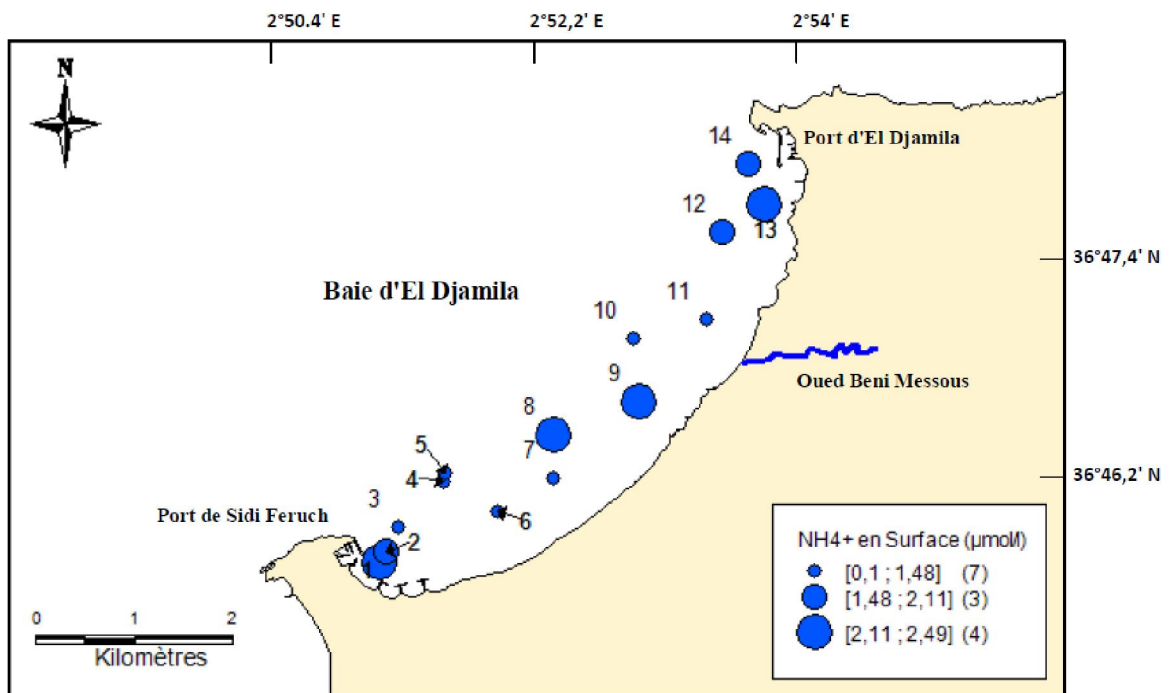


Figure 4.6 : Distribution spatiale de l'ammonium en surface dans la baie d'el Djamila

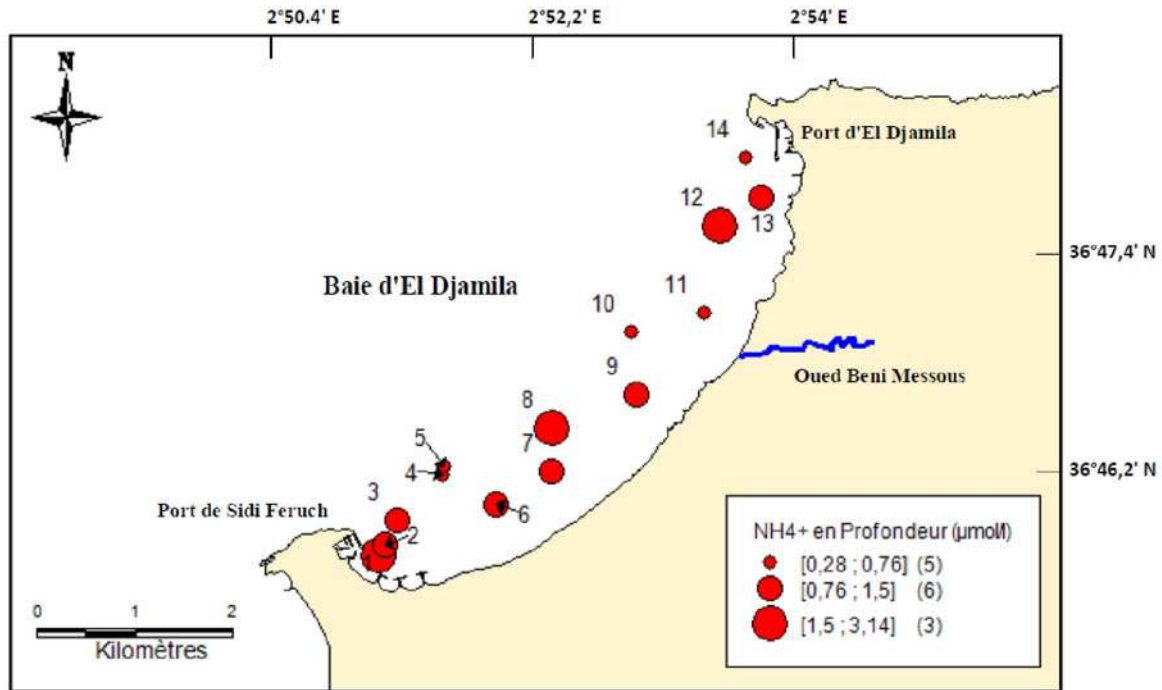


Figure 4.7 : Distribution spatiale de l’ammonium en profondeur dans la baie d’el Djamila

- Les Nitrates et nitrites :

Nitrates

Les teneurs en nitrates varient dans l’intervalle (0.2– 1.08 μmole/l) avec une moyenne de 0.54 μmole/l.

Les teneurs en nitrates dans les eaux de surfaces sont plus importantes que celles des eaux de fond. Soit à cause de l’oxydation des nitrites en nitrates (Nitratation) ou par d’origine d’activité humaine, au niveau des émissaires et rejets urbaines. (Figure 4.8).

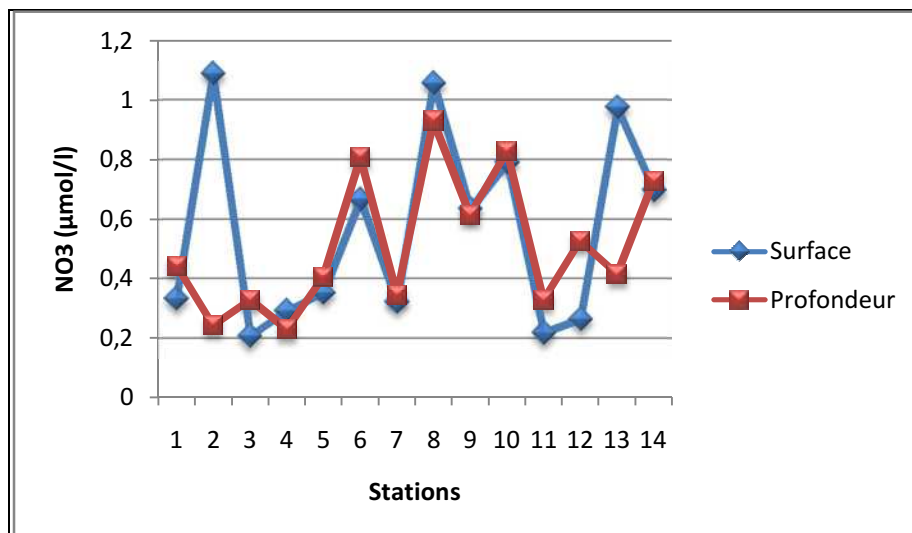


Figure 4.8 : variation des nitrates en surface et profondeur dans la baie d’el Djamila

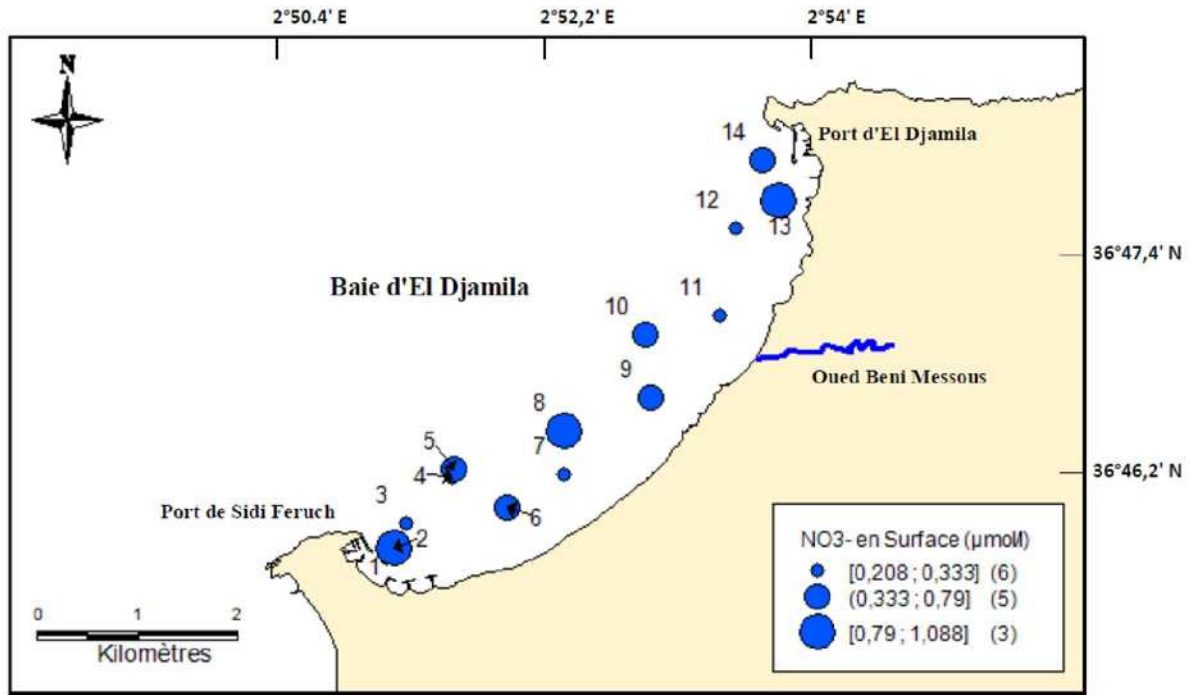


Figure 4.9 : Distribution spatiale des nitrates en surface dans la baie d'el Djamila

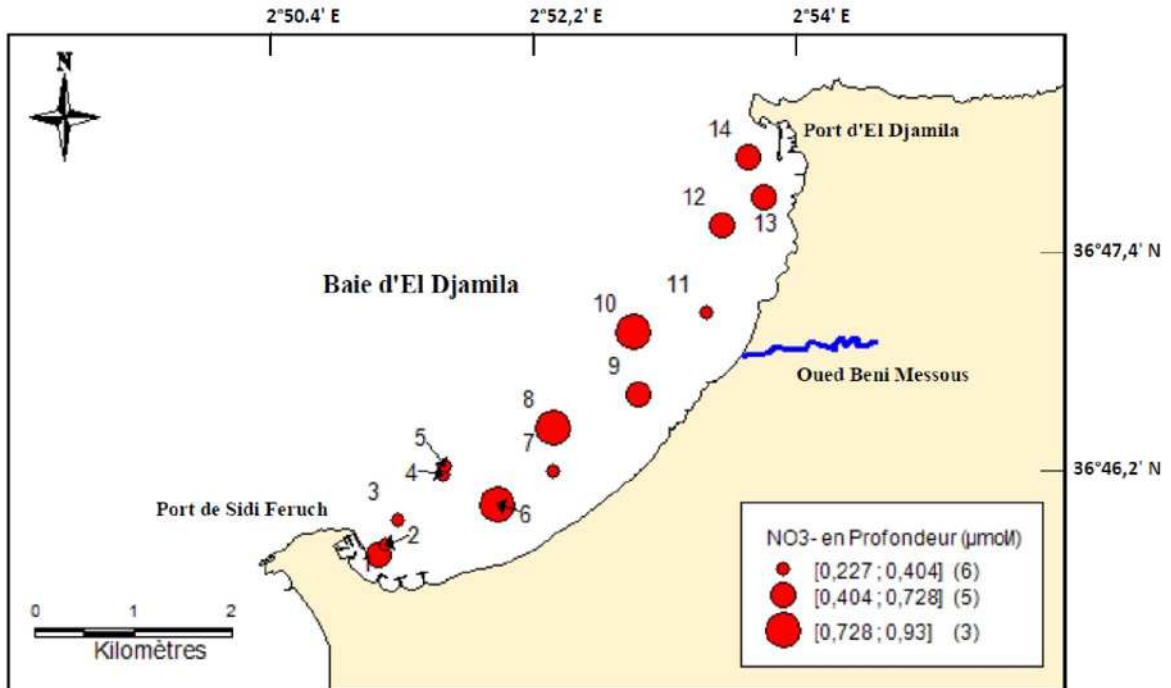


Figure 4.10 : Distribution spatiale des nitrates en profondeur dans la baie d'el Djamila

Nitrites

Les teneurs en nitrites varient de à 0.18 $\mu\text{mole/l}$ avec une moyenne de 1.12 $\mu\text{mole/l}$.

Au niveau de la surface, la teneur en nitrites varie de 0.002 à 0.18 $\mu\text{mole/l}$ avec une moyenne de 1.22 $\mu\text{mole/l}$. (**Figure 4.11**).

Les teneurs en nitrites des eaux du fonds varient de 0.0013 à 0.227 $\mu\text{mole/l}$ avec une moyenne de 1.05 $\mu\text{mole/l}$.

Nous remarquons que les valeurs des nitrites face aux embouchures sont relativement peu élevées. Ceci est dû soit à l'apport des substances organiques ou chimiques par les émissaires, ou à la formation des nitrites à partir de la dégradation de la matière organique et l'oxydation de l'ammonium par les processus microbiens.

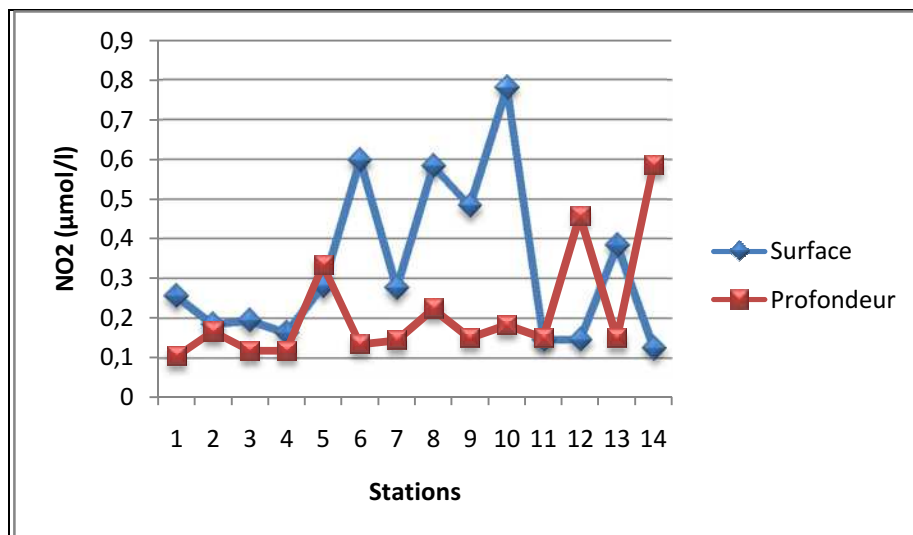


Figure 4.11 : variation des nitrites en surface et en profondeur dans la baie d'el Djamila

- **Variation des phosphates :**

Les teneurs des eaux en phosphates varient entre (0.15 – 0.6 $\mu\text{mole/l}$) avec une moyenne de 0.32 $\mu\text{mole/l}$. (**Figure4.12**).

La teneur la plus importante est 0.39 $\mu\text{mole/l}$ au niveau des eaux de surface de la station (8) et elle est de 0.6 $\mu\text{mole/l}$ en profondeur dans la station 3 car la période est caractérisée par des vents de terre qui peuvent engendrer les remontés d'eau profondes qui sont riches en sels nutritifs.

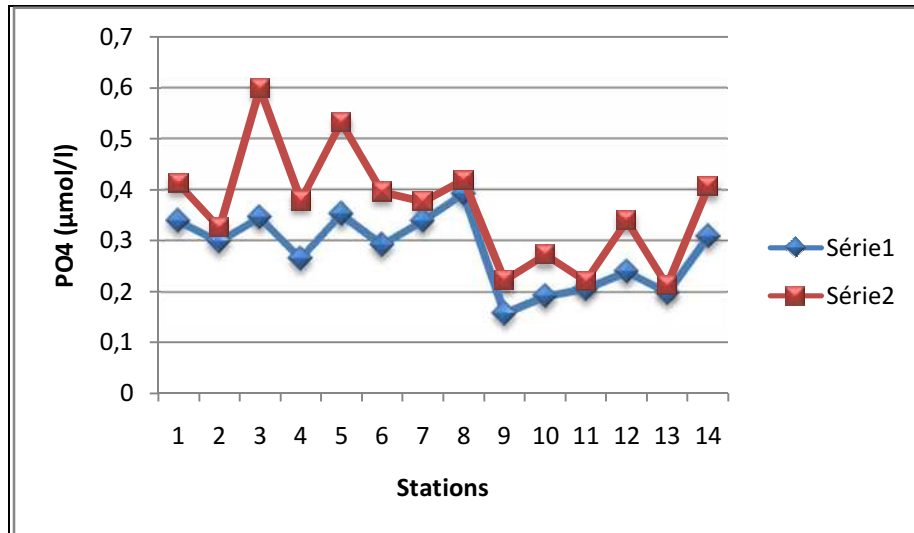


Figure 4.12 : variation des phosphates en surface et profondeur dans la baie d’el Djamila

• Silicates :

Les teneurs des eaux en silicates varient entre (0.107 – 1.042μmole/l) avec une moyenne de 0.496 μmole/l. (Figure 4.13).

La teneur la plus importante et de 1.042 μmole/l au niveau des eaux de surface de la station (11) et elle est de 0.0.992 μmole/l en profondeur dans la station (14)

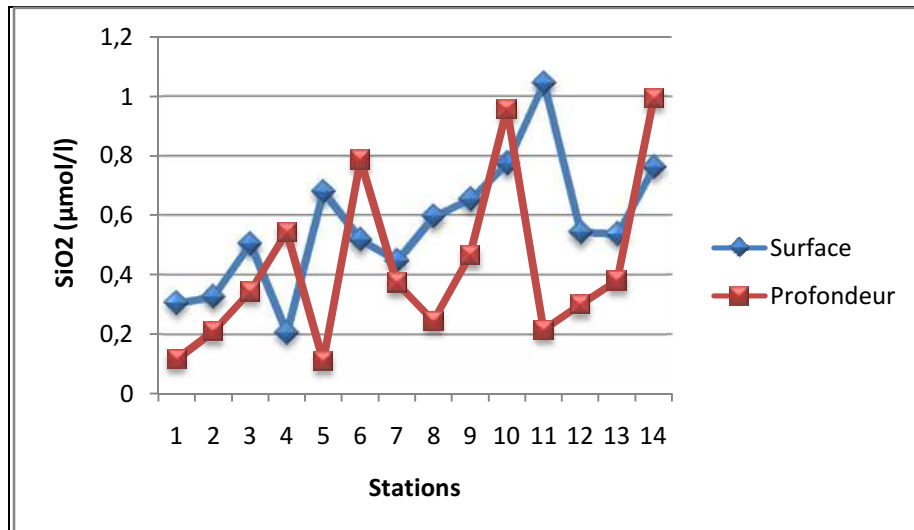


Figure 4.13 : variation des silicates en surface et en profondeur dans la baie d’el Djamila

1.3. Matière en suspension (MES) :

Les valeurs des MES au niveau de baie d’el Djamila en surface varient en général dans l’intervalle [6.06 et 50.93 (mg/l)] avec une moyenne de 19.16 mg/l. (Figure). Au niveau du fond les valeurs sont plus faibles avec un minimum de 4.53 mg/l (station 3) et maximum de 38.8 mg/l (station 12). (Figure 4.14).

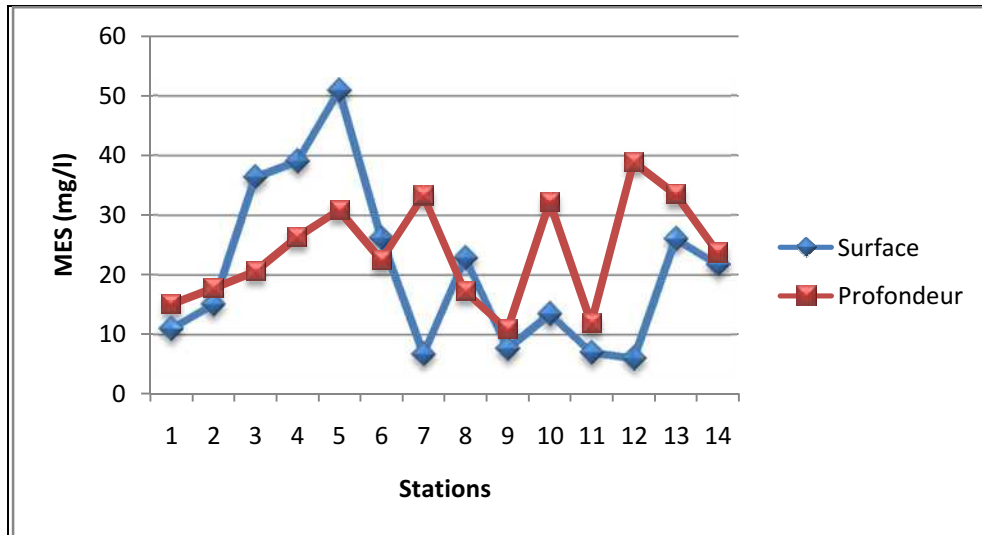


Figure 4.14 : variation de la matière en suspension (MES) en surface et en profondeur dans la baie d’el Djamila

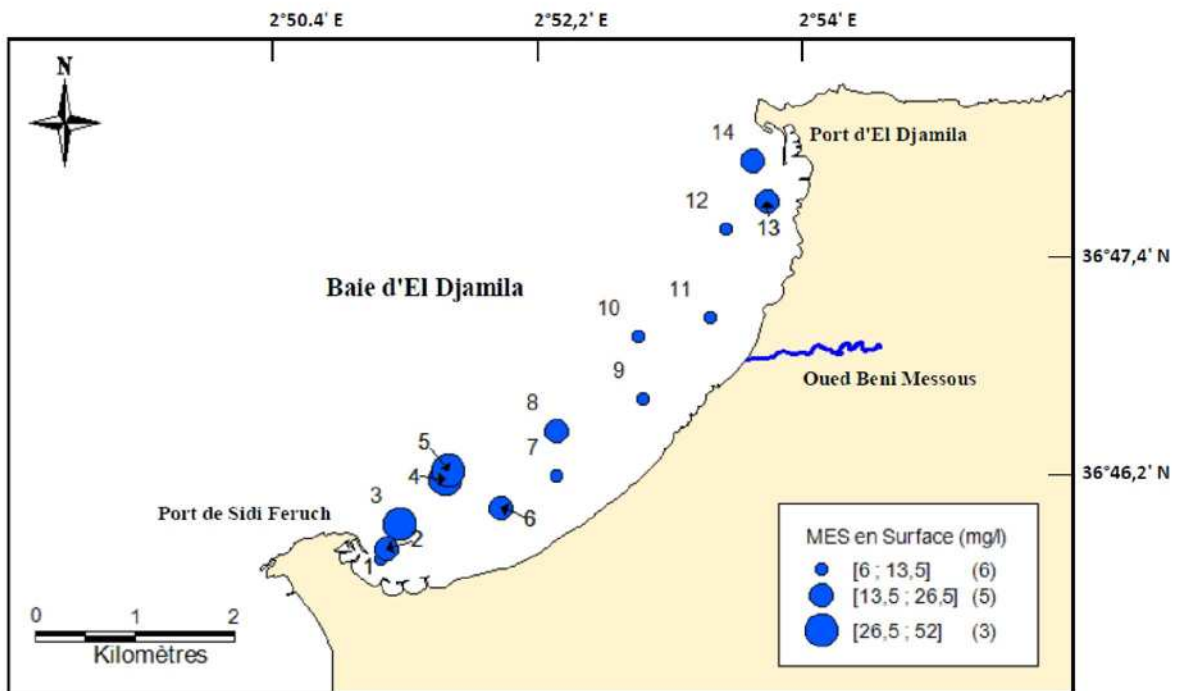


Figure 4.15 : Distribution spatiale des MES en surface dans la baie d’el Djamila

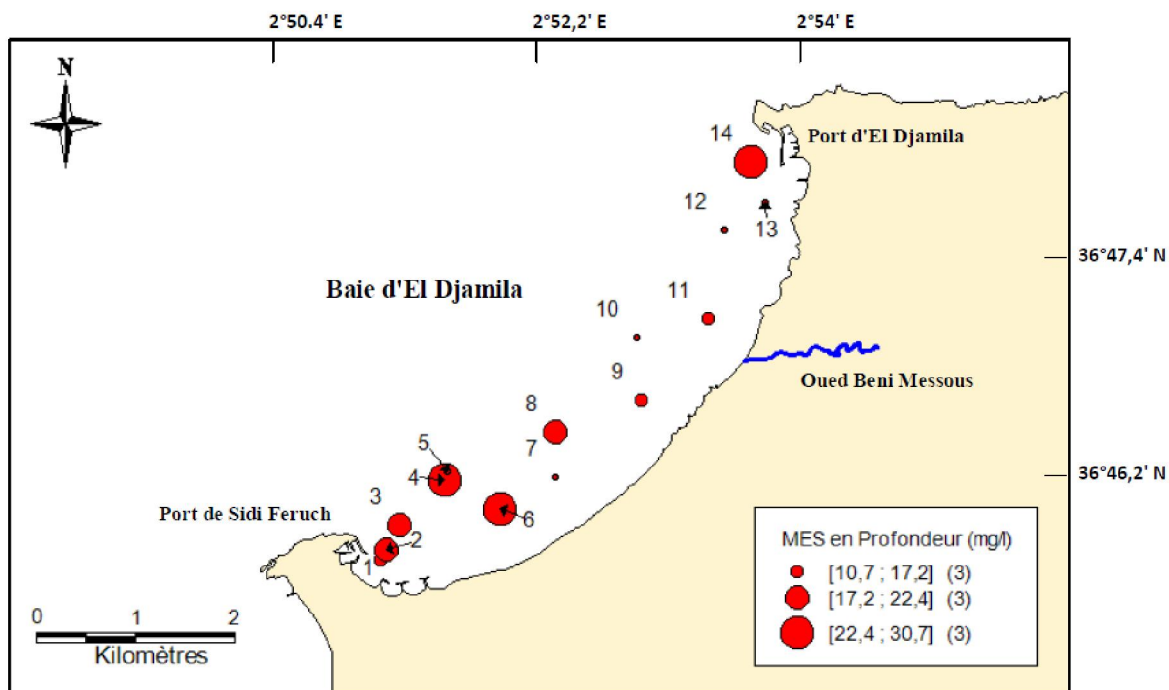


figure4.16 : Distribution spatiale des MES en profondeur dans la baie d’el Djamila

1.4. Variation de la matière organique particulaire

Les valeurs des MOP au niveau de baie d’el Djamila en surface varient en général dans l’intervalle [0.0577 et 0.0693 (mg/l)] avec une moyenne de 0.063 mg/l. (Figure). Au niveau du fond les valeurs sont plus faibles avec un minimum de 0.0554 mg/l (station 1) et maximum de 0.0681 mg/l (station 13) avec une moyenne de 0.062 mg/l. (Figure 4.17).

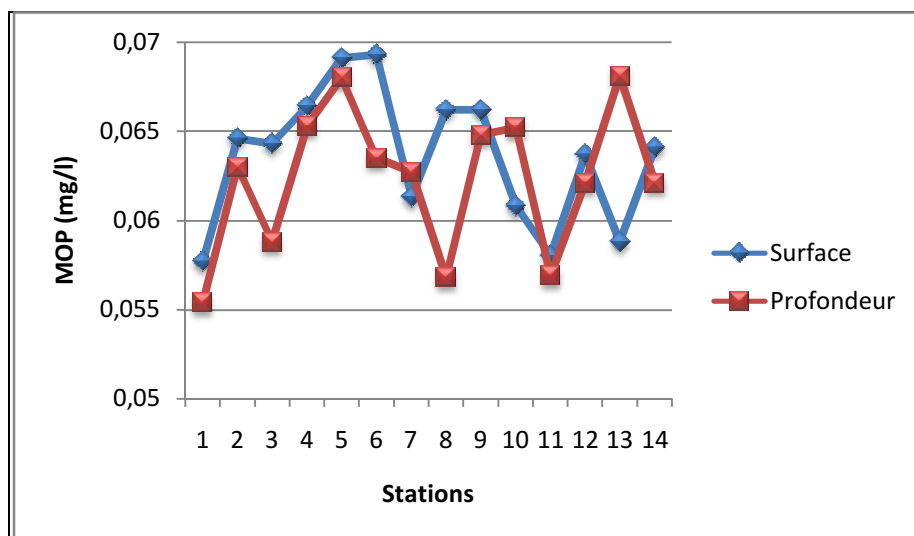


Figure 4.17 : variation de la matière organique particulaire (MOP) en surface et profondeur dans la baie d’el Djamila

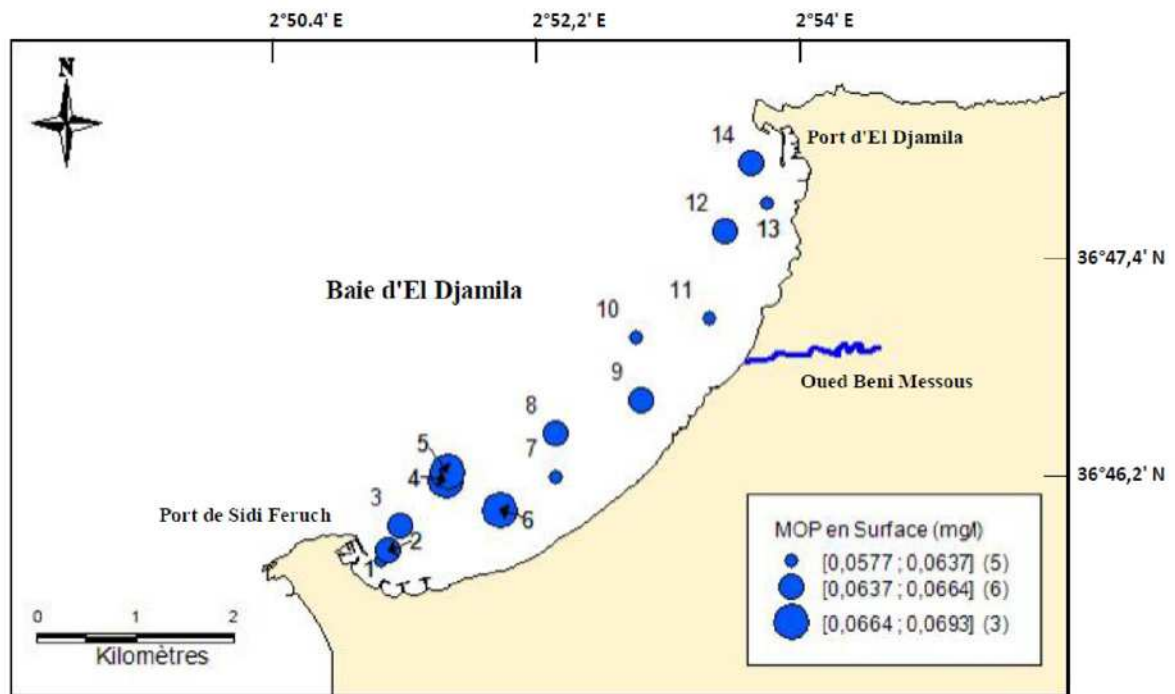


Figure 4.18 : Distribution spatiale des MOP en surface dans la baie d'el Djamila

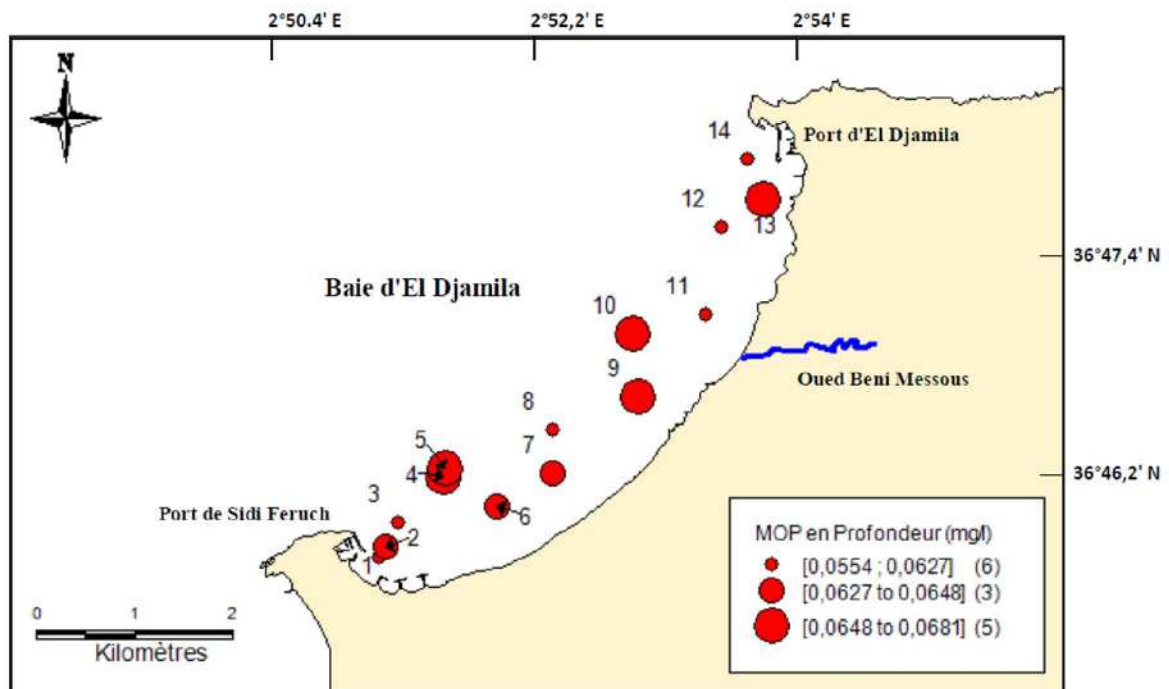


Figure 4.19 : Distribution spatiale des MOP en profondeur dans la baie d'el Djamila

1.5. Résultats d'analyse des hydrocarbures polyaromatiques (HPA)

Il est généralement admis que les hydrocarbures aromatiques sont les plus toxiques suivis dans l'ordre par les séries oléfiniques, naphthéniques et paraffiniques.

Les valeurs des HPA au niveau des stations on nous avons fait nous prélèvement varient en général dans l'intervalle [0.641-2.196($\mu\text{g/l}$)] avec un maximum de 2.196 ($\mu\text{g/l}$) (station11) et une moyenne de 0.97 et un écart type de 0.608 $\mu\text{g/l}$. (**Figure 4.20**).

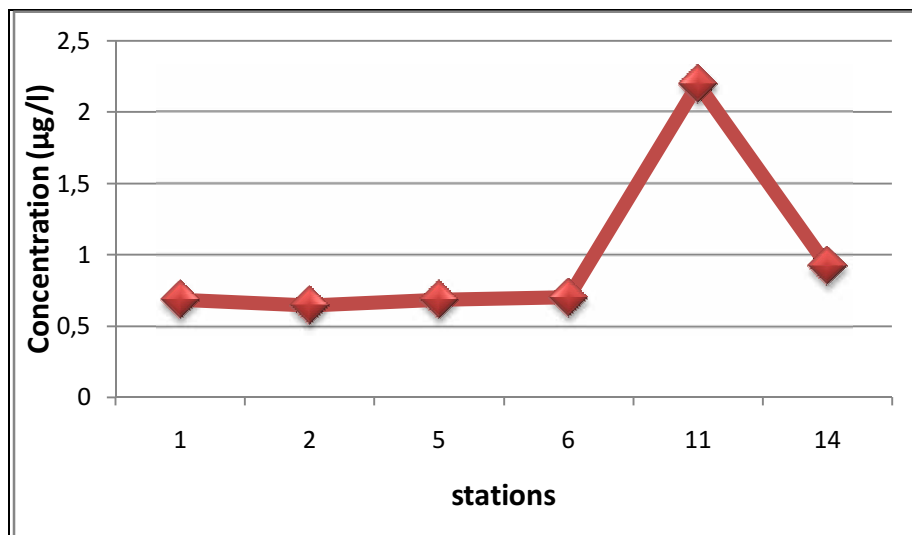


Figure 4.20 : variation des concentrations des HPA en surface dans la baie d'el Djamila

En milieu marin, les rejets directs dus à la navigation sont prépondérants par rapport aux apports atmosphériques.

En milieu littoral, la situation est intermédiaire entre le milieu marin et le milieu continental et probablement très variable en fonction du lieu (zones sous influence d'estuaires importants versus zones sous influence maritime).

En milieu continental, à l'échelle mondiale, les émissions sont dominées par les émissions vers l'atmosphère liées aux combustions de combustibles fossiles et évaporations diverses (les émissions vers l'air représenteraient entre 2 et 20 fois les rejets directs dans l'eau).

Les émissions de HAP dans les eaux sont ainsi essentiellement diffuses, et se manifestent au moment des épisodes pluvieux par lessivage de l'atmosphère, des voiries (ruissellement urbain) et éventuellement remise en suspension de sédiments contaminés en cas de crues.

2. Modélisation :

Notre objectif est de donner un bref aperçu à la fois théorique et pratique du domaine des mathématiques appliquées qui a connu un essor très important dans les dernières décennies, et qui est directement orienté vers la modélisation et la maîtrise de systèmes complexes, mécaniques, physiques, chimiques, industriels ou économiques. Présentons brièvement cette démarche de la modélisation mathématique et numérique.

Le but du jeu est de pouvoir décrire, comprendre, puis si possible simuler, optimiser et contrôler un système ou un phénomène complexe. Citons par exemple des phénomènes physiques : l'écoulement d'un fluide, la déformation d'un solide, une réaction nucléaire ou chimique. Le travail de la modélisation commence donc avec la modélisation physique : il s'agit d'écrire un modèle mathématique décrivant le phénomène considéré. Ce modèle est souvent constitué d'équations différentielles ou d'équations aux dérivées partielles (par exemple, les équations de Navier—Stokes, celles de la neutronique, de la visco-élasticité ou des plasmas, ou dans un cadre différent.

Cette activité de modélisation physique est principalement du ressort des mécaniciens, physiciens, chimistes.

Cependant, le mathématicien ou l'ingénieur qui considèrent un modèle mathématique décrivant un phénomène physique ne peuvent pas faire l'économie d'une connaissance détaillée de la démarche de modélisation physique qui a conduit à ce modèle. Savoir comment et sous quelles hypothèses est obtenu le modèle, connaître le domaine de validité de ces hypothèses, comprendre les comportements physiques qui sont attendus sur la base de raisonnements intuitifs ou formalisés : toutes ces connaissances sont très utiles, voire indispensables, pour aborder l'étude mathématique et la résolution numérique du modèle.

Les étapes suivantes de la modélisation concernent en premier chef le "mathématicien appliqué". Il faut d'abord construire un cadre théorique pour pouvoir analyser du point de vue mathématique les modèles issus de l'étape précédente ; on s'intéresse alors à l'existence et à l'unicité ou la multiplicité des solutions, à leur stabilité et à d'autres propriétés qualitatives de ces solutions. C'est à cette étape de modélisation mathématique que se rattachent les parties les plus théoriques de ce cours, qui font notamment appel aux techniques de l'analyse.

Mais l'objet de la modélisation n'est pas seulement de donner cette compréhension théorique du comportement des solutions des modèles mathématiques considérés. Ces études mathématiques servent également à construire les bases de la résolution numérique de ces modèles. Nous verrons que la modélisation débouche alors sur la construction et l'analyse de méthodes et d'algorithmes pratiques, qui permettent de réaliser sur ordinateur des simulations numériques des phénomènes étudiés, ou d'implémenter sur ordinateur des procédures de contrôle (de contrôle "en temps réel" en particulier). (**Lions., 2004**).

Dans le cas actuel nous avons pris pour l'élaboration de notre modèle les 5 premières stations qui sont plus ou moins alignées

Comme référence nous avons fixe le point du trais de cote le plus proche de la station 1 qui sera notre point de départ, La distance a partir de ce point tend à augmenter et atteint son maximum au niveau de la station 5.

Nous avons pris en compte aussi comme deuxième paramètre la profondeur (Z) qu'elle soit en surface ou bien en profondeur et on l'exprime sous cette forme :

$$R = A_0 + A_1 X_1 + X_2 + A_{1.2} X_1 X_2$$

R: variable modélisé.

A_0 : n'as pas de sens physique, comprend tous les paramètres influant sur le milieu

A_1 : l'effet de l'éloignement par rapport a la cote.

A_2 : l'effet de la profondeur.

$A_{1.2}$: les deux effets conjugués (profondeur, l'éloignement par rapport à la cote).

X_1 : variable réduite de l'éloignement par rapport à la cote.

X_2 : variable réduite de la profondeur.

Pour appliquer notre modèle on utilise les resultats de la première et dernière station dans le modèle en les remplaçant dans R puis on tire les valeurs de : $A_0 A_1 A_2 A_{1.2}$

Pour le modèle du paramètre étudié ces valeurs seront exploite pour l'étude des résultats des autre stations

Ainsi chaque paramètre étudié auras son propre modèle exprime par les valeurs obtenus de $A_0 A_1 A_2 A_{1.2}$

Aussi on procède à une réduction de nos X_1 X_2 selon qu'elle soit proche ou loin du trait de cote et aussi si elle est en surface ou bien en profondeur

Exemple :

X_1 représente l'éloignement par rapport a notre trait de cote de référence

X_2 : profondeur est représenté par (-1) pour les valeurs de surface et par (+1) pour les valeurs en profondeur.

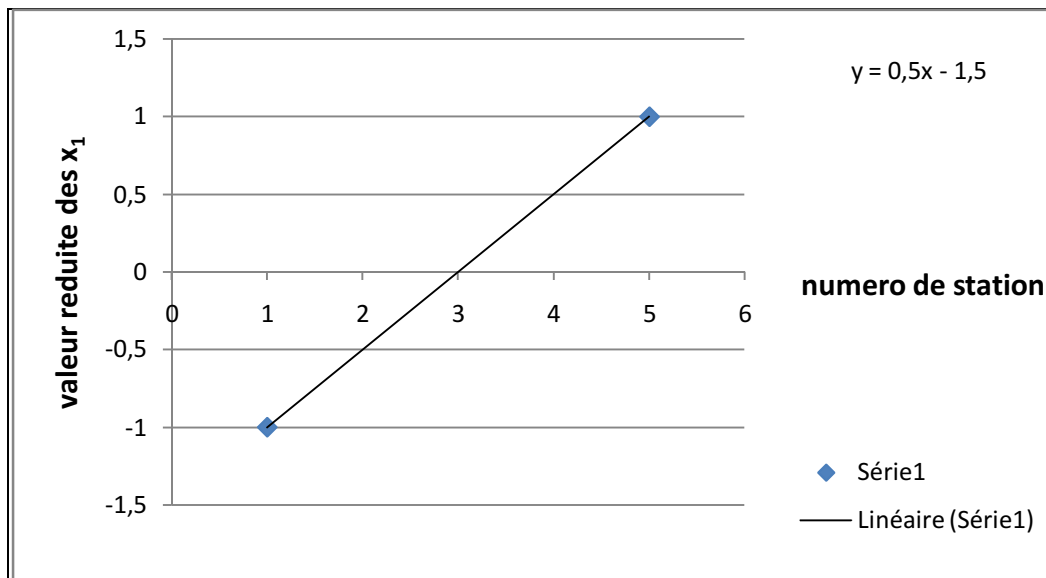


Figure 4.21: droite représentant la variation des valeurs réduites de X_1 par rapport à l'éloignement du trait de cote.

Pour la validation de notre modèle on injecte dans ce dernier les stations qui n'ont pas été prise en compte au départ on obtient des valeurs modélises que l'on compare avec les valeurs obtenus au laboratoire ainsi on peut vérifier le pourcentage d'erreur entre les deux valeurs Et juger de la fiabilité de notre modèle pour l'étude en question.

2.1. Modélisation des matières en suspension dans la baie d'el Djamila :

Après avoir remplacé les X_1 X_2 comme l'exige le modèle pour chaque cas:

$$R=S1=11= A_0- A_1- A_2+A_{1.2}$$

$$R=F1=15= A_0- A_1+ A_2- A_{1.2}$$

$$R=S5=50,93= A_0+ A_1- A_2- A_{1.2}$$

$$R=F5=30,93= A_0+ A_1+ A_2+ A_{1.2}$$

On obtient : $A_0=26,91$

$$A_1=13,91 \quad A_2=4,05 \quad A_{1.2}=-6,05$$

Le modèle des matières en suspension s'exprime comme:

$$R = 26,91 + 13,91 X_1 - 4,05 X_2 - 6,05 X_1 X_2$$

Après validation du modèle on obtient les résultats suivants:

Tableau4.1 : résultats de la modélisation de la matière en suspension dans la baie d'el Djamilia

MES	Concentrations obtenus par modélisation(mg/l)	Concentrations obtenus au laboratoire (mg/l)	% d'écart entre les deux
S2	20,98	15,06	28,21734986
F2	18,93	17,73	6,339144216
S3	30,96	36,4	17,57105943
F3	22,86	20,53	10,19247594
S4	43,96	39,06	11,14649682
F4	26,79	26,26	1,978350131
Moyenne des écarts			12,57414607

2.2. Modélisation des orthophosphates dans la baie d'el Djamilia :

$$R=S1=0,33 = A_0 - A_1 - A_2 + A_{1.2}$$

$$R=F1=0,41 = A_0 - A_1 + A_2 - A_{1.2}$$

$$R=S5=0,35 = A_0 + A_1 - A_2 - A_{1.2}$$

$$R=F5=0,53 = A_0 + A_1 + A_2 + A_{1.2}$$

$$A_0 = 0,4$$

$$A_1 = 0,03$$

$$A_2 = 0,06$$

$$A_{1.2} = 0,02$$

Le modèle des orthophosphates s'exprime comme:

$$R = 0,4 + 0,03 X_1 + 0,06 X_2 + 0,02 X_1 X_2$$

Après validation du modèle on obtient les résultats suivants:

Tableau 4.2 : résultats de la modélisation des orthophosphates dans la baie d'el Djamilia

po4	Concentrations obtenus par modélisation($\mu\text{mol/l}$)	Concentrations obtenus au laboratoire ($\mu\text{mol/l}$)	% d'écart entre les deux
S2	0,33	0,3	9,090909091
F2	0,4	0,32	20
S3	0,33	0,34	3,03030303
F3	0,46	0,59	28,26086957
S4	0,34	0,26	23,52941176
F4	0,48	0,38	20,83333333
Moyenne des écarts			17,45747113

2.3. Modélisation des matières en suspensions dans la baie d'Alger

Après avoir remplacé les X_1 X_2 comme l'exige le modèle pour chaque cas:

$$R=S5=52= A_0- A_1- A_2+A_{1.2}$$

$$R=F5=93.75= A_0- A_1+ A_2- A_{1.2}$$

$$R=S1=22= A_0+ A_1- A_2- A_{1.2}$$

$$R=F1=97.25= A_0+ A_1+ A_2+ A_{1.2}$$

$$A_0=66.25$$

$$A_1=6.62$$

$$A_2=29.25$$

$$A_{1.2}=8.37$$

Le modèle des matières en suspension s'exprime comme:

$$R= 66.25 - 6.62 X_1 + 29.25 X_2 + 8.37 X_1 X_2$$

Après validation du modèle on obtient les résultats suivants :

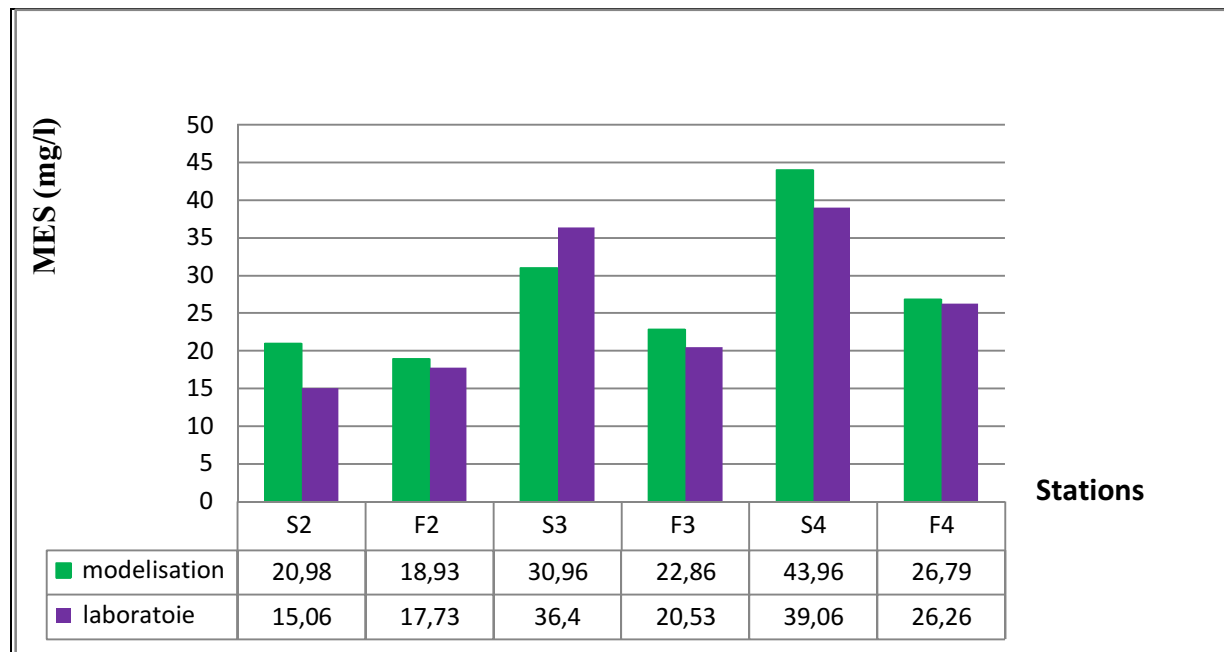
Tableau 4.3 : résultats de la modélisation de la matière en suspension dans la baie d’Alger

MES	Concentrations obtenus par modélisation(mg/l)	Concentrations obtenus au laboratoire (mg/l)	% d'écart entre les deux
S2	32	26	23,076
F2	102	97,25	4,88
S3	37	34	8,82
F3	95,5	100,75	5,21
S4	38,87	46	15,5
F4	88,01	97,25	9,50
Moyenne des écarts			11,16

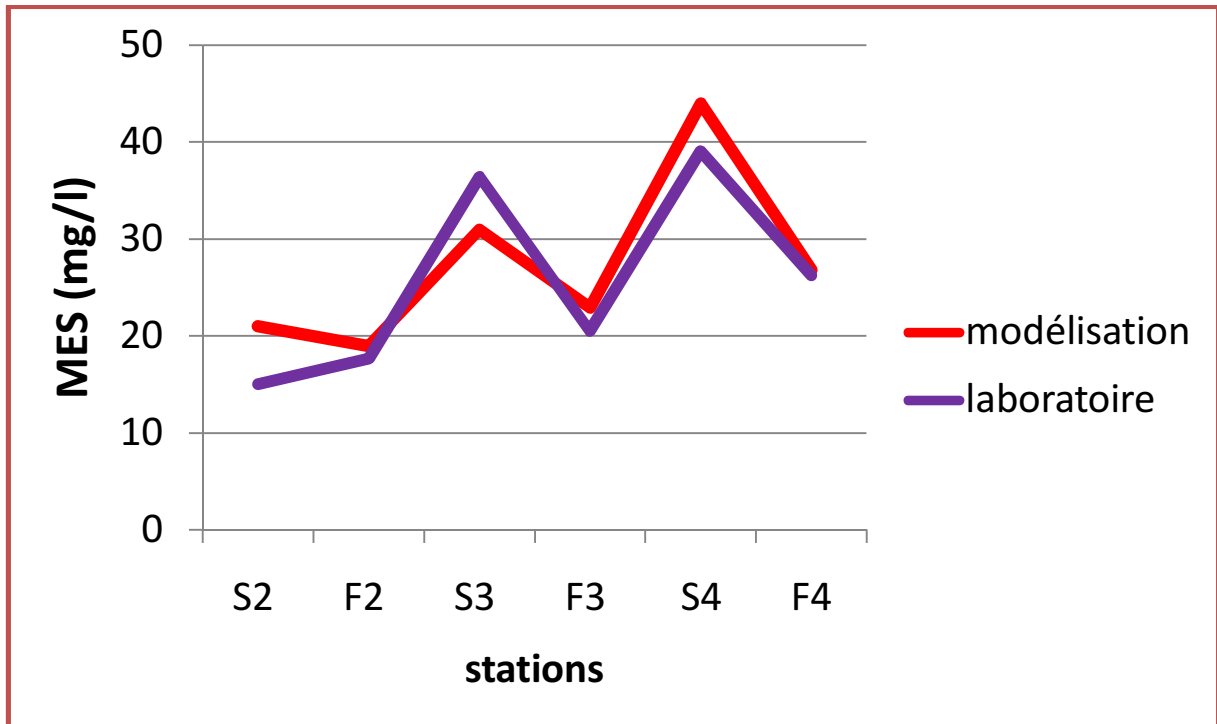
Selon les résultats obtenus au cours de cette modélisation nous pouvons dire que notre modèle mathématique est fiable et concluant vue les pourcentages d’erreur très faibles qui sont de l’ordre :

- 12,57% pour les matières en suspension dans la baie d’el Djamilia.
- 17,45% pour les orthophosphates dans la baie d’el Djamilia.
- 11,16% pour les matières en suspension dans la baie d’Alger.

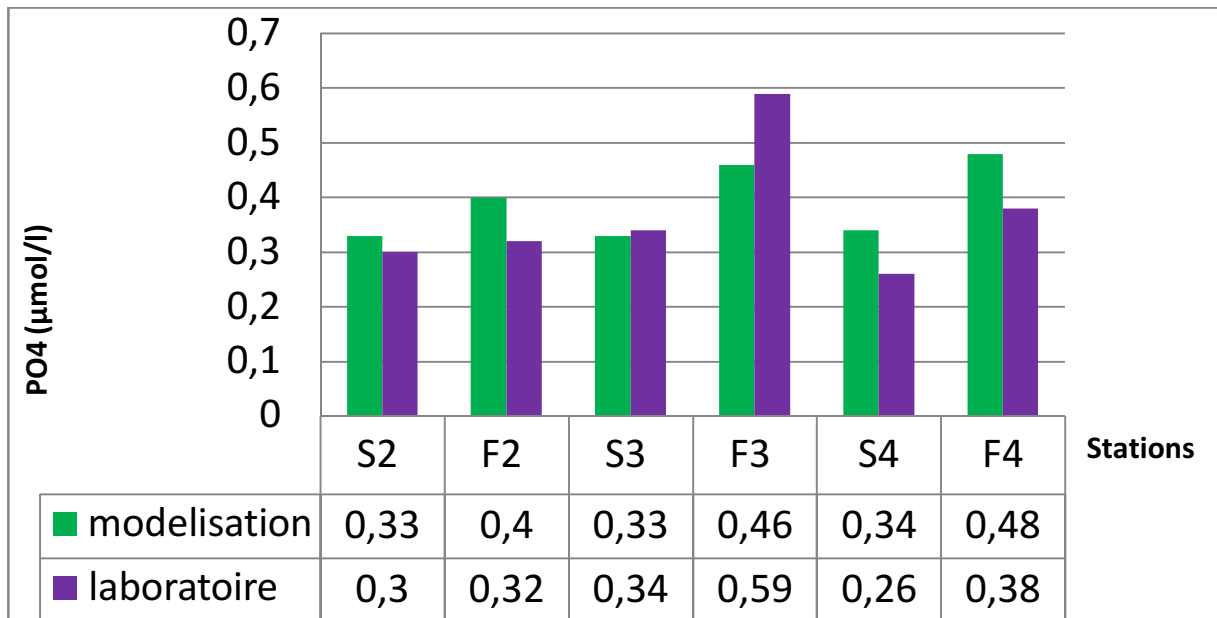
En dessous de 20% de pourcentage d’erreur on dit que le modèle est fiable est exploitable.



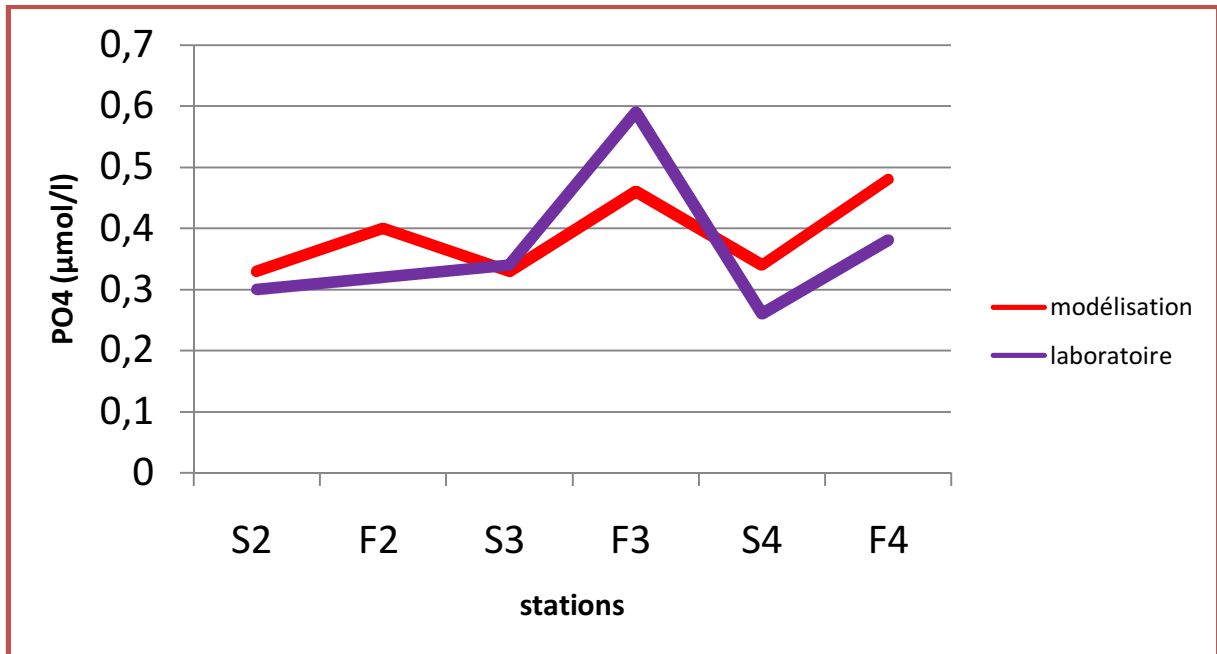
Comparatif ente les résultats de la modélisation et ceux du laboratoire dans la baie d’el Djamilia



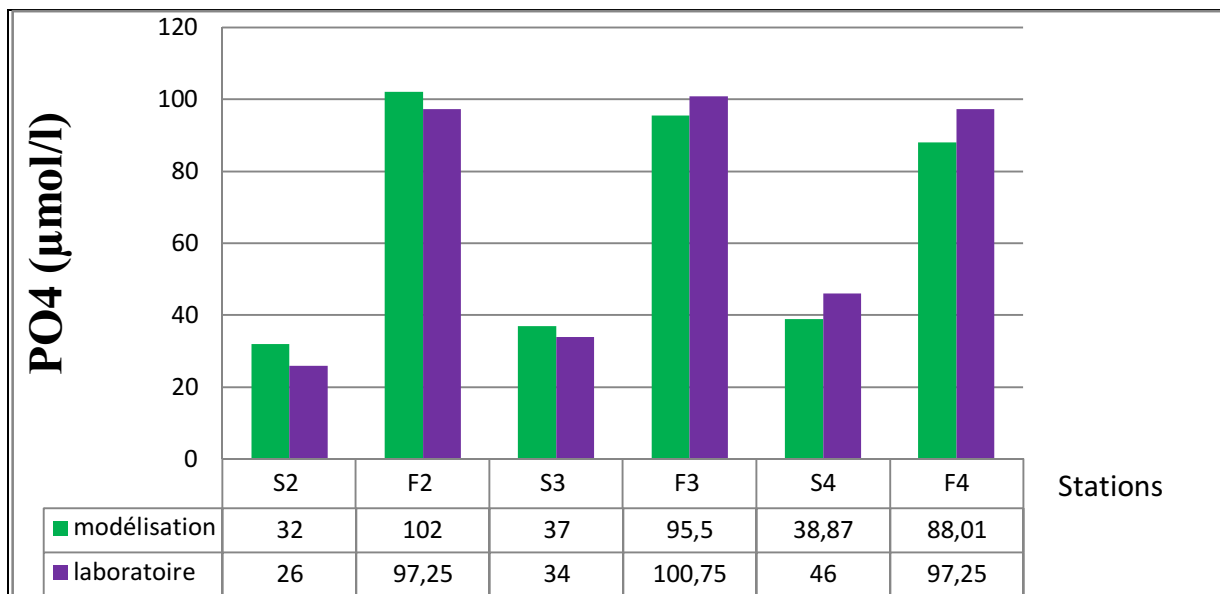
Corrélation entre les résultats du modèle et du laboratoire (MES dans la baie d’el Djamila)



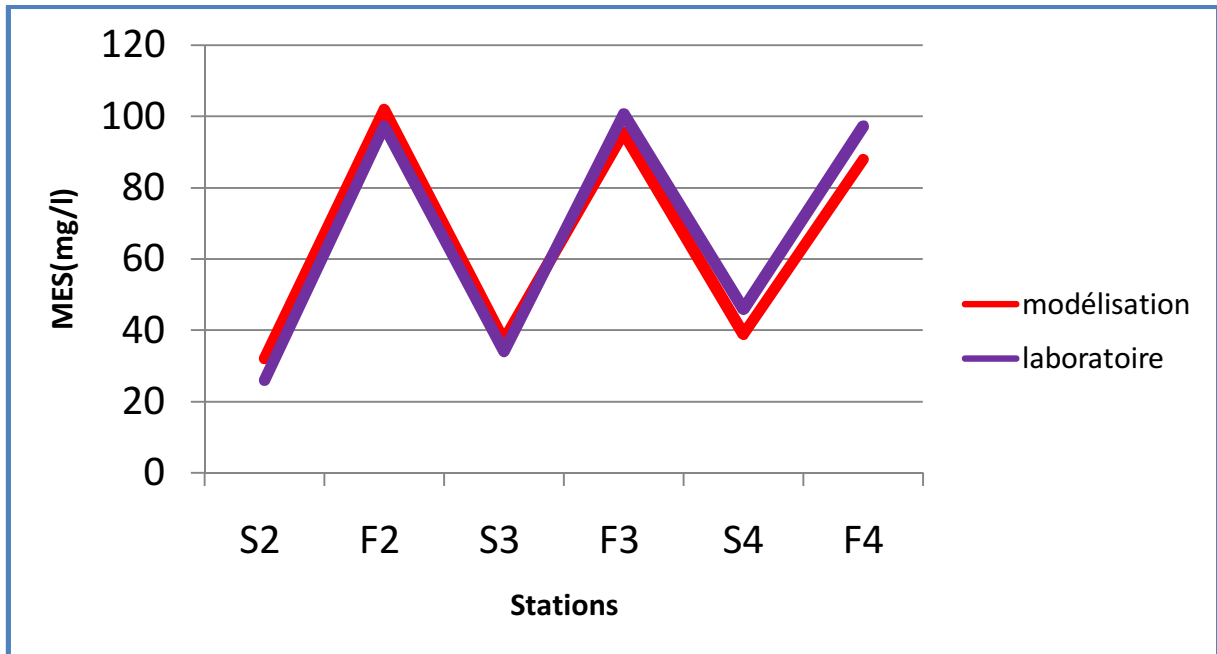
Comparatif ente les résultats de la modélisation et ceux du laboratoire dans la baie d’el Djamila



Corrélation entre les résultats du modèle et du laboratoire (phosphate dans la baie d'el Djamila)



Comparatif entre les résultats de la modélisation et ceux du laboratoire dans la baie d'Alger



Corrélation entre les résultats du modèle et du laboratoire (MES dans la baie d'Alger)

CONCLUSION

Nous voici arrivé à la fin de notre étude qui a portée sur la contribution à l'étude et suivie des paramètres de pollution observation et modélisation

Dans le cadre de notre travail, le problème était celui d'avoir une vue d'ensemble sur la qualité et les types de pollution pouvant affecter notre zone d'études de récolter des données puis d'en faire un modèle capable de simuler les paramètres étudiés avec un pourcentage d'erreur acceptable.

Pour une bonne analyse, les questions suivantes ont constitué notre problématique :

- peut on dire que la qualité des eaux des zones étudiées sont bonne ou pas ?
- la modélisation peut elle être un atout pour les travaux de recherche de la pollution en mer ?

Après cette étude, nous constatons que la pollution n'est pas aussi importante est reste modère. Toute fois nous tenons à signaler qu'elle accentue aux abords des zones à densité démographique élevée et aussi aux voisinages des ports des oueds et station d'épuration.

Vu les résultats obtenue dans la partie modélisation, nous confirmons que la modélisation peut jouer les premiers rôles dans nos travaux et qu'elle peut nous rapporter un gain , considérable de temps et d'argent puisque elle peut apporter des prévision précieuses qui peuvent nous éviter beaucoup d'erreurs et prédéfinir notre travail sur terrain, mais cette dernière a ses limites et ne peut remplacer le scientifique a nous d'en faire bonne usage et de savoir allié les deux composantes et de les harmoniser pour optimiser la qualité des résultats obtenus

Reconnaissant la grandeur de ce sujet, nous reconnaissons l'avoir traité selon le contexte abordé mais nous restons ouverts à toutes critiques et approfondissement afin que la science soit dynamique.

BIBLIOGRAPHIE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Aminot A ; Chausspied M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Ed CNEXO, Brest (France). p395.

Aminot A ; Keroual.R ; 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Edt Ifremer. p336.

Benschneider K. et Robinson R. J., 1952. A new spectrophotometric method. FAO Fisheries Technical Paper: p137-238.

Boulahdid M, Eddalia N, Boudjallal B et Azzouz M., 2003. Les eaux de la baie d'Alger. Quelques aspects physico-chimiques et environnementaux. Annales de l'institut National Agronomique-El Harrach- Alger-Algérie. Vol.24. N°1 et 2. P : 39.

Boulahdid 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. p266.

Braïk. D., 1989 : Étude de la dynamique sédimentaire devant Bou-Ismaïl. Etude des Paramètres physiques et chimiques. Approche bio sédimentaire. Mémoire Ingénieur d'état en aménagement I.S.M.A.L, p92.

Broman D., Colmsjö A., Ganning B., NÄF C., and Zebühr Y., 1988. A multi-sediment - trapstudy on the temporal and spatial variability of polycyclic aromatic hydrocarbons and lead in anthropogenic influenced archipelago. Environ.Sci.Technol., Vol.22, N°10, pp.1219-1228.

Copin et Montegut G., 1996. Chimie de l'eau de mer."Collection synthèse". P:290-292.

Dekker A.G., 1995. Remote sensing for water quality research and development. EARSeL.p.470.

Del Rocio Morales-Loo M., 1988. Effets des hydrocarbures sur le phytoplancton marin. Thèse en océanologie. Université d'Aix-Marseille2. p352.

Equinoxe n° spécial., 1990 : Le magazine des ressources vivantes de la mer « environnement littoral ». P : 32-54.

Fruget J.F. et al., 1999. Synthèse des dix premières années de suivi hydrobiologique du Rhône au niveau de la centrale nucléaire de Saint-Alban. Hydroécologie Appliquée Tome 11, volume 1-2. P : 29-69.

Galaf F, Ghannam S., (2003). Contribution à l'élaboration d'un manuel d'un site Web sur la pollution du milieu marin. Th. Doct. Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat. p.202.

Gaujous D., 1995. La pollution des milieux aquatiques, aide mémoire, technique et documentation, 2^{ème} Eds. p220.

GESAMP., 1993. Impact of oil and related chemicals and wastes on the marine environment. Rep. Stud. GESAMP n° 50. p18.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Houma F., 2005(a). The development of a methodology to characterise and determine the sea water pollution by hydrocarbons using satellite images. *3red International Conference on MarineWaste Discharges and Marine Environment. CIESM Espagne 2004; INOC Izmir Turkey 12-14/11/2005.*

Houma F, Belkessa R, Bachari NI: 2006: Contribution of multispectral satellite imagery to the bathymetric analysis of sea bottom .Application to Algiers city, Algeria. 3^{ème} congrès International, Physique des interactions, Rayonnement – Matières PIRM III. 05-07 Avril 2006 Settat - El Djedida Maroc.

Houma F., Abdellaoui A., Bachari N.E.I., and Belkessa R., 2009(b).Contribution of Multispectral Satellite Imagery to the Bathymetric Analysis of Coastal sea bottom. Applicationto Algiers bay, Algeria. *Journal Physical Chemical News, Maroc* (in press).

Jaques G & Treguer P., 1986. Écosystèmes pélagiques marin. Collection d'écologie. Ed Masson, Paris. p243.

L.E.M., 1998. Étude de délimitation d'une zone d'extraction de sable en baie d'Alger. p22.

Lacaze J C., 1980. La pollution pétrolière en milieu marin. Ed Masson, Paris. p117.

Leclaire L., 1972. La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin algéro-baléares (précontinent algérien). *Mém. Mus. Natn. His. Nat ; Paris, C, 24, p391.*

Lambert Castel F., et Penot M., 1981. Actions des pétroles de l'Amoco Cadiz sur la croissanceet certains aspects du métabolisme d'une algue phytoplanctonique *Pavlova lutheri* (DROPP) Green. *In Indices Biochimiques et milieux marins .Actes du colloque des journées du GABIM, 14, CNEXO, Brest, pp.411-422.*

Levitus S., 1993. Distribution of nitrate, phosphate and silicate in the world oceans. *Programme Océanographique, Vol. 31, 245-273 P.*

Levy E.M ., 1977. Evidence for recovery of water off east coast of Nova Scotia from the effects of major oil spill, water. *Air and Soil pollution, 1, pp. 144-148.*

Lions., 2003. Modélisation mathématique. P.255.

Maouche, S.,1987. Mécanisme hydro sédimentaires en baie d'Alger (Algérie) : approche sédimentologiste, géochimique et traitement statistiques. Thèse de Doctorat en Oceanologie,Univeristé de Perpignan, p214.

Marchand .M. 1983. Estimation des hydrocarbures dans l'eau et les organismes marins par spectro-fluorimétrie ultra-violet. *Manuel des analyses en milieu marin, Ed.C.N.E.X.O., pp 329-336.*

Millot C.,1985. Some Features of the Algerian Current, *J.Geophys.Res. 90, C4, pp.7169-7176.*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Millot C., 1989. La circulation générale en Méditerranée occidentale : aperçu de nos Multispectral Satellite Imagery to the Bathymetric Analysis of Coastal sea bottom. Application to Algiers bay, Algeria. Journal Physical Chemical News, Maroc (in press).

Murphy J. et Riley J. P., 1962. A modified single method for determination of phosphates in natural waters. Anal. Chim. Acta, 27: 31-36.

OMI/PNUE., 2002. Système Régional d'information, partie D, opérationnels et documents. Techniques, Fascicule1, Guide pour la lutte contre la pollution marine accidentelle en Méditerranée, REMPEC. Programme Océanographique, Vol. 31, 245-273 P.

Rebzani-Zehaf, 2003. Les peuplements macro-benthiques des milieux portuaires de la cote algérienne : Alger, Bejaia et Skikda.. Thèse de doctorat. INS USTHB, p242.

Rivière .A., 1977. Méthode granulométrique, technique et interprétation. Techniques et méthodes de sédimentologie. Édition MASSON (Paris). p170.

Rodier J., 1997. L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer). 8^{ème} Edition. Dunod, Paris. p1383.

Salomon. J.N., 2003. Danger pollutions !. Collection « Scieteren », Presse Universitaire de Bordeaux, France, p170.

Sellali B., 1996. La pollution par les hydrocarbures pétroliers en méditerranée Sud-Occidentale « contamination de l'eau et des sédiments superficiels des régions littorales centre et ouest de l'Algérie. Thèse de magistère. ISMAL. Alger. p118.

Skalar Analytical, 1998. User manual San Plus. SA1050 RANDOM ACCESS AUTO SAMPLER, Numéro de la publication: 0101003 C, p23 .

Ward DM., 1979. Processus de la biodégradation des hydrocarbures. Actes de colloque international, Amoco-Cadiz ; conséquences d'une pollution accidentelle par les hydrocarbures. Centre océanologie de Bretagne ; Brest (France), 19-22 décembre 1979.

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

ANNEXES

Annexe

Annexe 01 :

I. Les réactifs et les standards de l'ammonium ammoniacal (NH_4^+)

1. Réactifs

A) Solution tampon

Tartrate de sodium de potassium ($\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{KNa}$, $4\text{H}_2\text{O}$).....	33 g.
Citrate de sodium ($\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7\text{Na}_3$, $2\text{H}_2\text{O}$).....	24 g.
Acide sulfurique (H_2SO_4).....	X ml.
Eau distillée.....	1000 ml.
Brij 35 (30%).....	0,5 ml.

Dissoudre le tartrate de sodium de potassium dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajouter le citrate de sodium et dissoudre. Ajuster le pH à 5,0 avec un volume de l'acide sulfurique. Compléter jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée, rajouter le brij35 et mélanger. La solution est stable durant une semaine, sa conservation se fait à 4 °C.

B) Solution de phénol

Phénol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$).....	83g.
Hydroxyde de sodium (NaOH).....	40g.
Eau distillée.....	1000 ml.

Dissoudre le phénol dans environ 50 ml d'eau distillée. Ajouter l'hydroxyde de sodium, compléter jusqu'à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger. La solution est stable pendant une semaine.

C) Solution de l'hypochlorite de sodium

Hypochlorite de sodium (NaClO).....	200
ml.	
Eau distillée.....	800
ml.	

Diluer l'hypochlorite de sodium (13% de chlore actifs) dans environ 700 ml d'eau distillée. Compléter à 1000 ml avec l'eau distillée et bien mélangé.

D) Solution de nitoprusside de sodium

Nitoprusside de sodium ($\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]$, $2\text{H}_2\text{O}$).....	0,5 g.
Eau distillée.....	1000 ml.

Dissoudre le nitoprusside de sodium dans environ 800 ml d'eau distille, remplir jusqu'à 1 litre d'eau distillée et mélanger. La solution est à stocker dans une bouteille d'une couleur sombre ou opaque. Elle est stable à 4°C pendant une semaine.

E) Rinçage d'échantillon

Rinçage à l'eau distillée fraîche.

E) Solution d'épuration d'air (solution 5N acide sulfurique)

Acide sulfurique H_2SO_4 (97%)	139 ml.
Eau distillée.....	861 ml.

Diluer soigneusement l'acide sulfurique dans environ 800 ml d'eau distillée puis ajuster à un litre et mélanger.

2. Standards

- A) Solution mère à 100 ppm N : [3569,86] $\mu\text{mol/l}$**
 Chlorure d'ammonium (NH_4Cl)..... 0,19095 g.
 Eau distillée.....500 ml.

Dissoudre le chlorure d'ammonium dans un 500 ml d'eau distillée et mélanger. La solution est stable à une température de 4°C durant 1 mois.

- B) Solution fille à 10 ppm N**
 Diluer 10 ml de la solution mère (100 ppm N) dans 100 ml d'eau distillée fraîche.

II. Préparation des réactifs et des standards des nitrates et des nitrites (NO_3^- et NO_2^-)

1. Réactifs

- A) Solution tampon**
 Chlorure d'ammonium (NH_4Cl).....50 g.
 Solution d'ammoniaque (NH_4OH à 25%)..... ± 1 ml.
 Hydroxyde de sodium (NaOH).....5 g.
 Eau distille.....1000 ml.
 Brij 35 (30%).....3 ml.

Dissoudre le chlorure d'ammonium dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajuster le PH à 8.5 avec la solution d'ammoniaque. Ajouter l'hydroxyde de sodium et dissoudre. Ajuster jusqu'à un litre avec de l'eau distillée. Ajouter le Brij 35 et mélanger. La solution est stable à une température de 4°C durant une semaine.

- B) Réactifs de coloration**
 Acide phosphorique (H_3PO_4 à 85%).....150 ml.
 Sulfanilamide ($\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_2\text{S}$).....10 g.
 Dichlorures a-naphtyléthylène diamine ($\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{C}_{12}\text{N}_2$).....0,5 g.
 Eau distillée.....850 ml.

Diluer l'acide phosphorique dans environ 700 ml. Ajouter la sulfanilamide et le dichlorures a-naphtyléthylène diamine et dissoudre. Ajuster de l'eau distillée à un litre. La solution est stable pendant deux semaines. Elle est à conserver dans un flacon sombre à 4 °C.

- C) Solution de rinçage**
 Eau distillée fraîche.

2. Standards

- A) Solution mère de base à 100ppm N [3568,99] $\mu\text{mol/l}$**
 Nitrate de sodium (NaNO_3).....0,3034 g.
 Eau distillée.....1000 ml.

Dissoudre le nitrate de sodium dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajouter 1 ml de chloroforme et ajuster soigneusement à jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée. Cette solution est stable pendant 1 mois. Elle est à conserver à 4 °C.

B) Solution fille à 10 ppm N

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppb N dans 100 ml d'eau distillée. Cette solution est à préparer chaque semaine.

3. Activation de la colonne de cadmium

A) Solution d'acide hydrochlorique (4N)

Acide hydrochlorique (HCl à 32%).....400 ml.

Eau distillée.....600 ml.

Dissoudre l'acide hydrochlorique dans 600 ml d'eau distillée.

B) Solution de sulfate de cuivre (2%)

Sulfate de cuivre (CuSO₄, 5H₂O)..... 20 g.

Eau distillée.....1000 ml.

Dissoudre le sulfate de cuivre dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajouter jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

C) Cadmium

Granules de Cadmium (0,3 -1,0 mm de diamètre).....2,5 g.

III. Les réactifs et les standards des Orthophosphates (PO₄³⁻)

1. Réactifs

A) Solution d'ammonium molybdate

Potassium antimoine tartrate (K(SbO)C₄H₄O₆, 0,5 H₂O).....230 mg.

Acide sulfurique (H₂SO₄ à 97%).....69,4 ml.

Molybdate d'ammonium ((NH₄)₆ MO₇O₂₄, 4H₂O).....6 g.

Eau distillée.....1000 ml.

FFD6.....2 ml.

Dissoudre le potassium antimoine tartrate dans environ 800 ml d'eau distillée. A cette solution on ajoute soigneusement l'acide sulfurique tout en remuant jusqu'au refroidissement. Ajouter le molybdate d'ammonium et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger. En fin, ajouter le FFD6 et mélanger. Notons qu'il ne faut pas utiliser de spatule métallique en manipulant de molybdate d'ammonium.

La solution est stable durant 5 jours. Elle est à conserver à une température de 4 °C quand la solution n'est pas utilisée.

B) Solution d'acide ascorbique

Acide ascorbique (C ₆ H ₈ O ₆).....	11 g.
Acétone (C ₃ H ₆ O).....	60 ml.
Eau distillée.....	1000 ml.
FFD6.....	2 ml.

Dissoudre l'acide ascorbique dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajouter l'acétone et ajuster jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée. Ajouter FFD6 et mélanger.

La solution est stable durant 5 jours. Elle est à conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

C) Solution de rinçage : Eau distillée fraîche.

2. Standards

A) Solution mère à 100 ppm P : [1604,00] µmol/l

Dihydrophosphate de potassium (KH ₂ PO ₄).....	0,2197 g.
Eau distillée.....	1000 ml.

Le phosphate de potassium hydrogéné est dissous dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajouter jusqu'à 1 litre l'eau distillée. La solution est stable pendant un mois. Conserver à 4 °C quand la solution n'est pas utilisée.

B) Solution fille à 10 ppm P

Diluer 10 ml de la solution mère (100 ppm) dans 100 ml d'eau distillée. Cette solution est à préparer chaque semaine.

IV. Préparation des réactifs et des standards des Orthosilicates (SiO₂)

1. Préparation des réactifs

A) Solution d'acide sulfurique

Acide sulfurique (H ₂ SO ₄ à 97%).....	10 ml.
Eau distillée.....	990 ml.
FFD6.....	2 ml.

Diluer l'acide sulfurique dans 800 ml d'eau distillée. Remplir jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée. Ajouter le FFD6 et mélanger. La solution est stable pendant une semaine. Elle est à conserver à 4 °C quand elle n'est pas utilisée.

B) Solution d'ammonium molybdate

Ammonium molybdate ((NH ₄) ₆ MO ₇ O ₂₄ , 4H ₂ O).....	20 g.
Eau distillée.....	100 ml.
FFD6.....	2 ml.

Diluer l'ammonium molybdate dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajuster jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée et ajouter le FFD6 et mélanger. Cette solution est à conserver dans une bouteille polyéthylène. Elle est stable pendant un jour.

C) Solution d'acide oxalique

Acide Oxalique (C ₂ H ₂ O ₄ , 2H ₂ O).....	44 g.
Eau distillée.....	1000 ml.

Dissoudre l'acide oxalique dans environ 800ml d'eau distillée. Ajuster jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger. Conserver la solution dans une bouteille en polythène. Elle est stable durant un mois en la conservant à une température de 4 ° C quand elle n'est pas utilisée.

D) Solution d'acide ascorbique

Acide ascorbique (C₆H₈O₆).....40 g.
Eau distillée.....1000 ml.

Dissoudre l'acide ascorbique dans environ 800 ml d'eau distillée. Rajouter jusqu'à 1000 ml l'eau distillée et mélanger. Elle est stable durant une semaine à une température de 4°C.

E) Solution de rinçage

Eau fraîchement distillée et conservée dans une bouteille en polythène.

2. Préparation des standards

A) Solution mère de 100 ppm Si [2384,98] µmol/l

Metasilicate de sodium (Na₂SiO₃, 9H₂O).....0, 50535 g.
Eau distillée.....1000 ml.

Dissoudre le metasilicate de sodium dans environ 800 ml d'eau distillée. Ajouter jusqu'à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger. La solution est stable durant 1 mois conservée dans une bouteille en polythène.

B) Solution fille de 10 ppm Si

Diluer 10 ml de la solution fille à 100 ppm Si dans 100 ml d'eau distillée. Sa conservation se fait dans une bouteille en polythène.

Annexe 02 :

Tableau2.1. valeurs des mesures des paramètres physico-chimiques.

stations	SALINITE		CONDUCTIVITE		PH		température	
	Surface	PROF	SURF	PROF	SURF	PROF	Surf	Prof
1	36,6	36,9	49,8	50	8,26	8,26	17,4	17,2
2	36,6	36,3	49,7	49,9	8,26	8,27	17,6	17,4
3	36,6	36,8	49,8	50	8,25	8,26	17,7	17,2
4	36,8	36,8	49,9	50	8,26	8,26	17,7	17,8
5	36,6	36,7	49,8	49,8	8,26	8,28	17,8	17,2
6	37,3	36,9	49,9	50,2	8,24	8,25	17,3	17,4
7	36,5	36,8	49,5	50	8,22	8,25	17,7	17,1
8	37,3	36,8	50,2	49,9	8,23	8,25	17,8	17,7
9	36,4	36,6	49,5	49,8	8,22	8,25	18	17,6
10	36,7	36,6	49,9	49,8	8,25	8,24	17,8	17,7
11	36,6	36,7	49,7	49,8	8,29	8,26	18,2	18,2
12	36,6	36,7	49,8	49,7	8,26	8,28	17,6	17,6
13	36,8	36,6	50	49,8	8,25	8,22	17,8	17,4
14	36,5	36,8	49,7	49,8	8,17	8,22	17,5	17,3

Tableau 2.2. Valeurs extrêmes et moyennes et l'écart type des sels nutritifs des eaux

	NO3 $\mu\text{mol/l}$		NO2 $\mu\text{mol/l}$		NH4 $\mu\text{mol/l}$		SIO2 $\mu\text{mol/l}$		PO4 $\mu\text{mol/l}$	
	surf	prof	surf	prof	surf	prof	surf	prof	surf	prof
max	1,0871	0,9295	1,9794	0,5841	2,4835	3,1356	1,0426	0,9923	0,3917	0,5988
min	0,2081	0,2277	0,1246	0,1024	0,1013	0,2897	0,2058	0,1071	0,1585	0,2116
moy	0,56345	0,51131 429	0,41407 857	0,21405	1,33147 857	1,15717 143	0,56366 429	0,42968 571	0,28033 571	0,36466 429
Ecartt ype	0,32018 652	0,23111 134	0,47800 34	0,14415 082	0,90930 119	0,80745 831	0,21597 242	0,29095 53	0,07155 812	0,11317 375

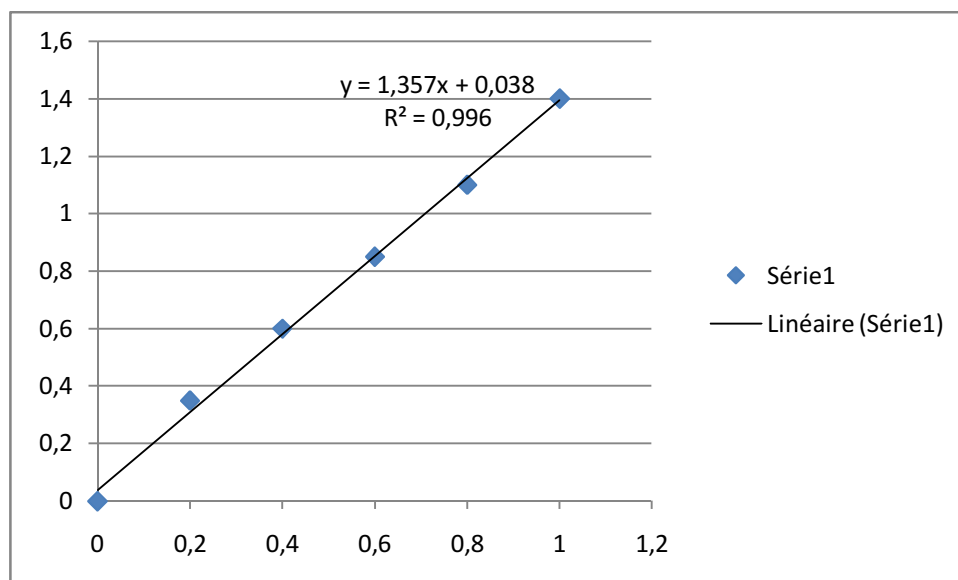
Tableau 2.3. Valeurs des MES ET MOP en surface et profondeur dans la baie d'el Djamila.

station	longitude	Latitude	MES_s	MES_p	MOP_s	MOP_p
1	2,85191667	36,7626667	11	15	0,0577	0,0554
2	2,85263333	36,7635167	15,066	17,733	0,0646	0,063
3	2,85406667	36,7658167	36,4	20,533	0,0643	0,0588
4	2,91913167	36,7699333	39,066	26,266	0,0664	0,0653
5	2,85948333	36,7707167	50,933	30,733	0,0691	0,068
6	2,86536667	36,7672167	26,2	22,4	0,0693	0,0635
7	2,87165	36,7702333	6,733	33,2	0,0613	0,0627
8	2,87161667	36,7742667	22,866	17,2	0,0662	0,0568
9	2,88136667	36,7772	7,66	10,733	0,0662	0,0648
10	2,88083333	36,78295	13,466	32,133	0,0608	0,0652
11	2,88901667	36,7846333	7	11,8	0,058	0,0569
12	2,89073333	36,79265	6,066	38,8	0,0637	0,0621
13	2,89546667	36,7952333	26,066	33,4	0,0588	0,0681
14	2,89368333	36,7988833	21,8	23,666	0,0641	0,0621

Tableau 2.4. Résultats des sels nutritifs .

Identity1	NO3 µmol/l	NO2 µmol/l	PO4 µmol/l	SIO2 µmol/l	NH4 µmol/l
S1	0.3329	0.2758	0.3386	0.3052	2.3797
F1	0.4416	0.1024	0.4120	0.1142	2.0495
S2	1.0871	0.185	0.2988	0.3265	1.8802
F2	0.2416	0.1649	0.3253	0.2071	0.9776
S3	0.2081	0.1947	0.3453	0.5039	0.6474
F3	0.3277	0.1162	0.5988	0.3426	0.7642
S4	0.292	0.1636	0.2651	0.2058	0.2635
F4	0.2277	0.1162	0.3784	0.5426	0.5043
S5	0.3522	0.2811	0.3519	0.6781	0.4411
F5	0.4039	0.3324	0.5320	0.1071	0.3422
S6	0.6652	0.5965	0.2917	0.5181	0.6545
F6	0.8067	0.1324	0.3950	0.7852	0.9133
S7	0.3221	0.2758	0.3386	0.4471	1.476
F7	0.3437	0.1424	0.3764	0.3715	1.4844
S8	1.0546	0.5827	0.3917	0.5961	2.2796
F8	0.9295	0.2324	0.4185	0.2426	1.8408
S9	0.6328	0.4827	0.1585	0.6529	2.1174
F9	0.6139	0.1487	0.2217	0.4639	1.4999
S10	0.7896	1.9794	0.1919	0.7736	0.1013
F10	0.8277	0.1811	0.2718	0.9568	0.2897
S11	0.2181	0.146	0.2058	1.0426	0.1478
F11	0.3277	0.1487	0.2199	0.2135	0.6665
S12	0.2636	0.146	0.2398	0.5426	2.1067
F12	0.5251	0.4574	0.3388	0.2981	3.1356
S13	0.9735	0.3832	0.1986	0.5369	2.4835
F13	0.4139	0.1474	0.2116	0.3781	1.4021
S14	0.6965	0.1246	0.3084	0.7619	1.662
F14	0.7277	0.5841	0.4051	0.9923	0.3303

Annexe03 :



Droites d'étalonnage des standards en équivalents Chrysene

Tableau 3.1. Concentration des standards (µg/ml) :

standard	S1	S2	S3	S4	S5	S6
C (µg/ml)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1

Tableau 3.2. La concentration des HPA dans les différentes stations.

stations	1	2	5	6	11	14
C final(µg/l)	0,54168577	0,54168577	0,54168577	0,54168577	1,6250573	0,81252865