

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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



Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme
d'ingénieur d'état en sciences de la mer

Option : Environnement marin

Thème :

Les paramètres physicochimiques et les sels
nutritifs dans la baie de Bou-Ismaïl



Réalisé par:



M. SENOUCI khelil bachir

Soutenu le 08 / 10 /2015 devant le jury :

M. GUERFI M.	Professeur	(ENSSMAL)	Président
Mme. BENTCHIKOU L.	Maître Assistants A	(ENSSMAL)	Examinatrice
M. INAL A.	Attaché de recherche	(CNRDPA)	Examineur
M. BOULAHIDID M.	Professeur	(ENSSMAL)	Promoteur

Promotion : 2014/2015

Remercîments

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

Au terme de ce travail, je souhaite adresser mes remerciements à tous ceux qui ont contribué à sa réalisation.

Merci à Monsieur GUERFI Mokhtar qui m'a fait l'honneur de présider le jury. Je remercie également Monsieur INAL Ahmed. Et Madame BENTCHIKOU Latifa d'avoir accepté d'examiner mon travail.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance envers Monsieur BOULAHDI M. mon promoteur pour son dévouement et sa compétence qui m'ont été d'un secours constant tout au long de mon stage et la préparation de ce mémoire.

Le présent travail a été réalisé dans sa majorité au Laboratoire « écosystèmes marins et littoraux » à Sidi Fredj où j'ai trouvé auprès de leurs membres l'aide matérielle et le soutien moral nécessaire à sa réalisation. Pour leur patience et leur sollicitude, je tiens modestement à présenter mes sincères remerciements à « EDDALIA, MEKKI, YUCEF, FARIZA, BOUDJELLAL et ZEROUKI ».

Je tiens également à remercier les responsables du CNRDPA pour leur disponibilité et leur collaboration en mettant à notre disposition les moyens à la mer pour la réalisation de ce travail

Mes gratitudes vont aussi à l'équipage du bateau BABA AROUDJ et à celui du bateau SALAH (CNRDPA) pour leurs aide et leurs soutient à bord du navire durant toute la mission en mer.

Je n'oublie pas de remercier mes enseignants, qui tout au long du cycle d'études nous ont transmis leur savoir que nous considérons « l'or de la vie ».

Mes vifs remerciements à toutes les personnes qui nous a aidé du près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

Dédicace

Avec un énorme plaisir un cœur ouvert et une immense joie que Je
dédie ce mémoire à :

Mes chers parents que nulle dédicace ne puisse exprimer mes
sincères sentiments pour leur patience illimitée, leur encouragement
contenu, leur aide, en témoignage de mon profond amour et respect
pour leurs grands sacrifices

Mes chers frères et sœurs pour leur grand amour et leur soutien
qu'ils trouvent ici l'expression de ma haute gratitude

Mes chers amis qui sans leur encouragement ce travail n'aura jamais
vu le jour

Et à toute ma famille et à tous ceux que j'aime

Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen,
du secondaire ou de l'enseignement supérieurs

Khalil
14 :52
05/09/2015

Sommaire

Introduction	16
--------------------	----

Chapitre1 : Généralités

1. La pollution marine.....	18
1.1. Définition.....	18
1.2. Les principaux types de pollution.....	18
1.2.1. Pollution chimique.....	18
1.2.2. Pollution microbiologique.....	19
1.2.3. Pollution physique.....	19
1.3. Sources de pollution.....	19
1.3.1. Rejets d'effluents domestiques	19
1.3.2. Pollution d'origine industrielle:.....	20
1.3.3. Pollution agricole	20
1.4. Indicateurs de pollution.....	20
1.4.1. Matières en suspension (MES)	20
1.4.2. Matière organique particulaire (MOP)....	20
1.4.3. La turbidité.....	20
1.4.4. Demande chimique en oxygène (DCO).....	21
1.4.5. Demande biologique en oxygène (DBO).....	21
1.4.6. Le Potentiel d'hydrogène.....	21
1.4.7. Conductivité.....	21
2. Notion de traceurs océanique.....	22
2.1.1. Les traceurs océaniques conservatifs.....	22
2.1.2. Les traceurs océaniques non conservatifs.....	22
3. Les descripteur du milieu marin.....	22
3.1. Liens entre les principaux descripteurs	22
3.2. Les paramètres physico-chimiques.....	23
3.2.1. La température.....	23
3.2.2. La salinité.....	24
3.2.3. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	24
3.2.4. L'oxygène dissous.....	24
3.3. Sels nutritifs.....	25
3.3.1. Définition, et source des sels nutritifs.....	25
3.3.2. Rôle des sels nutritifs	25
3.3.3. Différentes formes des sels nutritifs.....	25
3.3.3.1. L'azote.....	25
3.3.3.1.1. L'ammonium (NH ₄ ⁺)	26
3.3.3.1.2. Les nitrites (NO ₂ ⁻).....	27
3.3.3.1.3. Les nitrates (NO ₃).....	27

3.3.3.2. Les phosphates	27
3.3.3.3. La silice dissoute.....	28
3.3.4. Origines des sels nutritifs.....	28
3.3.4.1. Source interne.....	28
3.3.4.2. Source externe.....	28
3.3.5. Distribution des sels nutritifs.....	28
3.3.6. Le cycle biogéochimique des sels nutritifs.....	29
4. Sels nutritifs et le rapport de Redfield.....	30
5. Notion de facteur limitant	30
6. Production primaire.....	30
6.1. Définition	30
6.2. La chlorophylle	31
6.2.1. La chlorophylle <i>a</i>	31
6.2.2. Les phéopigments.....	31
6.3. Eutrophisation.....	32
6.3.1 Définition.....	32
6.3.2 Indicateurs et critères d'évaluation.....	33
6.3.3 Conséquence de l'eutrophisation sur le milieu marin	33

Chapitre 2 : Zone d'étude

2. Zone d'étude.....	36
2.1. Description géographique et présentation du site La baie de Bou Ismail	36
2.2. Réseau hydrographique	36
2.3. Facteurs hydrodynamiques.....	38
2.3.1. Courantologie et plans de houle.....	38
2.3.1.1. Les courants généraux.....	38
2.3.1.2. Les courants côtiers	38
2.3.1.3. Plans de houle.....	38
2.3.1.4. Les courants de la dérive littorale.....	38
2.4. Climatologie.....	39
2.5. Sédimentologie de la baie de Bou Ismail	40
2.6. Les sources potentielles de pollution	40

Chapitre 3 : matériels et méthodes

3. matériels et méthodes.....	44
3.1. Travaux effectués en mer.....	44
3.1.1. Choix et localisations des stations	44
3.1.2. Compagne de prélèvement.....	44
3.1.3. Prélèvement d'eau de mer.....	45
3.1.4. Echantillonnage et conservation.....	45
3.1.5. Mesure des paramètres physico-chimiques.....	45
3.2. Travaux au laboratoire.....	46
3.2.1. Dosage de la chlorophylle- <i>a</i> par la spectro-fluorimétrie ultraviolet (S.F.U.V)	46

3.2.1.1. Matériel et appareillage.....	46
3.2.1.2. Réactifs.....	47
3.2.1.3. Mode opératoire	47
a. Filtration et conservation.....	47
b. Extraction à l'acétone.....	47
3.2.1.4. Etalonnage.....	47
3.2.1.5. Calcul des concentrations en chlorophylle <i>a</i>	48
3.2.2. Dosage des sels nutritifs	48
3.2.2.1. Principe de dosage des sels nutritifs.....	49
3.2.2.2. Matériel utilisé	50
3.2.2.3. Analyse automatique des sels nutritifs.....	50
a. Dosage des nitrites	50
b. Dosage des nitrates.....	50
c. Dosage des orthophosphates	50
d. Dosage de l'ammonium (NH ₄ ⁺)	50
e. Dosage du silicium dissous	51
f. Etalonnage.....	51

Chapitre 4 : Résultat et discussion

4. Résultat et discussion.....	54
4.1. Analyse paramétrique	54
4.1.1 Variation des Paramètres physico-chimiques	54
a. Température.....	54
b. Salinité.....	55
c. Potentiel hydrogène.....	55
d. Oxygène dissous.....	56
4.1.2. Variation des sels nutritifs.....	57
a. Nitrite (NO ₂ ⁻)	57
b. Nitrate (NO ₃ ⁻).....	58
c. L'ammonium (NH ₄ ⁺).....	58
d. Les orthophosphates (PO ₄ ⁻³).....	59
e. Silicates SiO ₂ ⁻	60
4.1.3. Chlorophylle <i>a</i>	61
4.2. Evolution des paramètres physico-chimiques et les sels nutritifs dans de la baie de Bou-Ismaïl durant les deux périodes 2012 et 2015.....	62
4.2.1. Les paramètres physico-chimiques.....	62
a. Température.....	62
b. Salinité.....	63
4.2.2. Les sels nutritifs	64
a. Nitrate (NO ₃ ⁻).....	64
b. Nitrites	65
c. Ammonium	66
d. Les orthophosphates	67
e. Silicium	68
4.2.3. Chlorophylle.....	69

4.3. Analyse binaire.....	70
4.3.1. Rapport de Redfield	70
a. Surface.....	70
b. Profondeur.....	70
4.3.2. Diagramme température-salinité (T-S)	71
Conclusion.....	74
Références bibliographiques.....	76
Annexes.....	82

Liste des figures

Figure 1.1 : Cycle de l'azote dans l'eau de mer (Le gal et al., 1988).....	26
Figure 1.2 : Structure chimique de la chlorophylle.....	31
Figure 1.3 : Sources des apports de nutriments dans le milieu marin et système simplifié montrant les effets d'eutrophisation produits par l'enrichissement de milieu marin (OSPAR)....	32
Figure 2.1 : Situation géographique de la baie de Bou-Ismaï.....	36
Figure 2.2 : Variations du débit mensuel moyen (m ³ /s) au niveau de l'embouchure d'Oued.....	37
Figure 2.3 : Températures mensuelles entre 2001 et 2010 du bassin algérois (ONM,2010 in ZEROKI,M ; 2014).....	39
Figure 2.4 : Précipitations mensuelles entre 2001 et 2010 dans la baie de Bou Ismail (ONM, 2010) Mazafran de 2003 à 2012 (ANRH in ZEROKI,M 2014).....	39
Figure 2.5 : Sédimentologie de la baie de Bou Ismail (Grimes, 2003).....	40
Figure 3.1 : Localisation des stations de prélèvement dans la baie de Bou Ismaïl.....	44
Figure 3.2 : Droite d'étalonnage de la chlorophylle à 660 nm.....	48
Figure 3.3 : L' AutoAnalyser San Plus (SKALAR®,1996) (www.skalar.fr/pr_san.htm)	49
Figure 3.4 : bouteille de prélèvement d'eau de mer de type <i>NISKIN</i> (<i>annexe 3</i>)	
Figure 3.5 : furuno GPS/WAAS NAVIGATOR GP 32(<i>annexe 3</i>)	
Figure 3.6 : ECHOSONDEUR FCV-581L (<i>annexe 3</i>)	
Figure 3.7 : HANNA Instruments HI 9829 multiparametre meter with available GPS, logging probe , turbidity, and ion measureme (<i>annexe 3</i>)	
Figure 3.8 : Système de filtration sous vide de marque <i>Millipore</i> ®. (<i>annexe 3</i>)	
Figure 3.9 : Centrifugeuse <i>Hettich ZENTRIFUGEN</i> de type <i>EBA 30</i> (<i>annexe 3</i>)	
Figure 3.10 : Spectrophotomètre fluorescence de type <i>HITACHI</i> modèle <i>650-10 S</i> (<i>annexe 3</i>)	
Figure 3.11 : Balance de marque <i>Denver Instrument</i> ® modèle <i>M-220D</i> (<i>annexe 3</i>)	
Figure 3.12 : embarcation Salah (CNRDPA) (<i>annexe 3</i>)	
Figure 3.13 : courbe d'étalonnage des nitrites.....	52
Figure 3.14 : courbe d'étalonnage des orthophosphates	52
Figure 3.15 : Courbe d'étalonnage des siliciums.....	52
Figure 3.16 : courbe d'étalonnage des nitrates.....	52
Figure 3.17 : courbe d'étalonnage de l'ammonium	52

Figure 4.1 : Variation de la température à la surface et fond dans la baie de Bou Ismaïl	54
Figure 4.2 : Variation de la salinité à la surface et fond dans la baie de Bou Ismaïl.....	55
Figure 4.3 : Variation du pH à la surface et fond dans la baie de Bou Ismaïl	56
Figure 4.4 : Variation de l'oxygène dissous à la surface et fond dans la baie de Bou Ismaïl.....	56
Figure 4.5 : Variation de nitrites à la surface et fond dans la baie de Bou Ismaïl.....	57
Figure 4.6 : Variation des Nitrates à différentes profondeurs dans la baie de Bou Ismaïl.....	58
Figure 4.7 : Variation de l'azote ammoniacal à différentes profondeurs dans la baie de Bou Ismaïl.....	59
Figure 4.8 : Variation des orthophosphates à différentes profondeurs dans la baie de Bou Ismaïl.....	60
Figure 4.9 : Variation du silicium à différentes profondeurs dans la baie de Bou Ismaïl.....	60
Figure 4.10 : Variation de la concentration de chlorophylle dans la surface et en profondeur de la baie de Bou-Ismaïl.....	61
Figure 4.11 : Evolution de la température en surface.....	62
Figure 4.12 : Evolution de la température en profondeur.....	62
Figure 4.13 : Evolution de la salinité en surface	63
Figure 4.14 : Evolution de la salinité en profondeur	63
Figure 4.15 : Evolution de la concentration des nitrates en surface.....	64
Figure 4.16 : Evolution de la concentration des nitrates en profondeur	64
Figure 4.17 : Evolution de la concentration des nitrites en surface.....	65
Figure 4.18 : Evolution de la concentration des nitrites en profondeur.....	65
Figure 4.19 : Evolution de la concentration de l'ammonium en surface.....	66
Figure 4.20 : Evolution de la concentration de l'ammonium en profondeur.....	66
Figure 4.21 : Evolution de la concentration de phosphate en surface.....	67
Figure 4.22 : Evolution de la concentration de phosphate en profondeur.....	67
Figure 4.23 : Evolution de la concentration de silicium en surface.....	68
Figure 4.24 : Evolution de la concentration de silicium en profondeur	68
Figure 4.25 : Evolution de la concentration de la chlorophylle <i>a</i> en surface.....	69
Figure 4.26 : Evolution de la concentration de la chlorophylle <i>a</i> en profondeur.....	69
Figure 4.27 : Variation du rapport N/P dans les eaux surfaces de la baie de Bou Ismaïl.....	70

Figure 4.28 : Variation du rapport N/P dans les eaux profondes de la baie de Bou Ismail.....71

Figure 4.29 :Diagramme température-salinité (T-S) dans la baie de Bou Ismail.....71

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Liens entre tes principaux descripteurs d'hydrologie des écosystèmes marins côtiers (Aminot et al, 2004).....23

Tableau 1.2 : Principaux mécanismes impliquant les nutriments (Aminot et al, 2004).....29

Tableau 1.3 : critères trophique et leur évaluation suite à un accroissement de l'eutrophisation (Aminot.A, et al, 2004).....33

Tableau 2.1 : Débit des rejets d'eau usée dans la baie de Bou Ismail (Ministère de l'Aménagement de Territoire et de l'Environnement, 2006) (Inal, 2011).....41

Tableau 2.2 : Les activités polluantes les plus importantes dans la baie de Bou Ismail (Ministère de l'Aménagement de Territoire et de l'Environnement, 2006) (Inal, 2011).....42

Tableau 3.1 : Compagne de prélèvement.....44

Tableau 4.1 : Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physicochimiques dans la baie de Bou-Ismaïl.....54

Tableau 4.2: Les valeurs moyennes et extrêmes des Sels nutritif dans la partie de la baie de Bou-Ismaïl.....57

Tableau 4.3 : les valeurs moyennes et extrêmes de la concentration en chlorophylle dans la baie de Bou-Ismaïl.....61

Liste des abréviations

µl : microlitre

µmol : micromole

Cl : chloronité

CO₂ : dioxyde de carbone

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

g : gramme

Kg : kilogramme

m : mètre

MES : matière en suspension

MOP : matière organique particulière

NID : l'azote inorganique dissout

NOD : l'azote organique dissout

NOP : l'azote organique particulaire

OD : oxygène dissout

ONM : Office National Météorologique

pH : potentiel d'hydrogène

POD : phosphate organique dissout

POP : phosphate organique particulaire

S : salinité

GESAMP : Groupe mixte d'experts chargé d'étudier les aspects scientifiques de la protection de l'environnement marin

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

ONM : Office National Météorologique

ANIRF : Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière

OSPAR : commission pour protéger et préserver l'atlantique du nord-est et ses ressors

LEM : laboratoire d'étude maritime



Introduction

Introduction

Le milieu marin représente un enjeu considérable en termes de développement socioéconomique. 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. (SALOMON, 2003; HOUMA ET AL. 2005(A); LAMBERT ET AL., 1981)

La côte et le littoral algériens et à l'instar de la majorité des zones côtières méditerranéennes, connaissent de sérieux problèmes environnementaux. La région algéroise est certainement l'une des zones où l'altération de la qualité des eaux marines côtières est la plus perceptible.

La connaissance de la qualité de l'eau et le suivi de degrés de la pollution de l'environnement côtier apparaissent comme une priorité pour la préservation du milieu marin et ses ressources. Cette problématique est l'objet qu'on s'est fixé dans le cadre de ce travail. La présente investigation concerne les eaux de la baie de Bou Ismail

Pour caractériser l'eau de la baie du point de vue paramètres physico-chimiques et richesse en sels nutritifs et de la chlorophylle, deux sorties en mer ont été réalisées le 03/5/2015 et le 1/06/2015.

Afin de faire face à cette problématique nous avons opté pour la méthodologie suivante :

- ❖ Dans le premier chapitre, généralités, nous parlerons en général de la pollution marine, les paramètres physico-chimiques comme étant des indicateurs de la pollution, et les différents nutriments minéraux dissous présents dans l'eau de mer, ainsi que de la chlorophylle comme l'un des pigments photosynthétiques de base. Nous parlerons aussi du problème d'eutrophisation en milieu côtier.
- ❖ La deuxième Chapitre : Zone d'étude, nous présenterons la zone d'étude.
- ❖ Le troisième chapitre, matériel et méthodes, nous nous attacherons à décrire les protocoles et les méthodes d'analyses aussi bien sur le terrain qu'au laboratoire.
- ❖ Le quatrième chapitre, résultats et discussion, c'est la partie où nous regroupons, et discutons les résultats obtenus, ainsi qu'une évolution de ces résultats au cours du temps avec une comparaison entre nos résultats et ceux de l'année précédente.
- ❖ En fin, le mémoire est clôturé par une conclusion.



Généralités

1. La pollution marine

La pollution marine est malheureusement aujourd'hui un fait solidement établi qui concerne l'ensemble des mers et des océans du globe (**ALZIEU IN SALOMON, 2003**).

1.1. Définition

La définition de la pollution marine est donnée par le premier rapport du Conseil sur la Qualité de l'environnement de la Maison Blanche (**1965**), étant « *...une modification défavorable du milieu naturel..., comme un sous-produit de l'action humaine...* ». (**RAMADE, 2000**).

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

Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type, ainsi la différente pollution affecte le milieu marin à des niveaux variables, et qui dépendent :

- ✓ Du type de pollution (instantané ou permanent)
- ✓ De la capacité d'autoépuration du milieu récepteur
- ✓ Niveau de persistance et de la réactivité de la substance polluante.

1.2. Les principaux types de pollution

Les pollutions engendrées sont très diverses, une classification basée sur leur nature physicochimique prédominante et les usages de l'eau qui sont à l'origine des pollutions est établie (**RAMADE, 2000**).

A partir de la nature prédominante de la pollution, on distingue plusieurs catégories :

1.2.1. Pollution chimique

Cette pollution est due à l'entrée d'un ou plusieurs éléments indésirables dans la composition chimique de l'eau marine (**KANKOU, 2004**). Ces éléments peuvent être soit des composés minéraux (engrais, métaux toxiques...), organiques (hydrocarbures, molécules de synthèses...) ou des composés organochlorés tels que les amines et les phénols... (**RAMADE, 2000**).

Deux types de paramètres permettent d'évaluer l'état de cette pollution :

- ✓ Les paramètres globaux : ils résultent de la juxtaposition des effets de plusieurs substances en même temps, exemple : pH, turbidité, Demande Chimique en oxygène.

✓ Les paramètres spécifiques qui caractérisent des composés de même propriété chimique. (KANKOU, 2004).

Ce type de pollution peut être directement ou indirectement toxique pour les organismes aquatiques.

1.2.2. Pollution microbiologique

Cette pollution est une forme de pollution organique, parmi ses agents causals, nous citons :

Les microorganismes pathogènes : tels que les bactéries et les virus : Ils sont apportés par les eaux usées directement rejetées en mer.

Les proliférations non pathogènes : de micro-algues causant des déséquilibres du milieu naturel et des modifications dans les chaînes alimentaires (bloom phytoplanctonique, eutrophisation). La principale cause de ces proliférations planctonique est les apports des déchets industriels, domestiques et agricoles riches en nitrates et phosphates.

Cette pollution a des répercussions sur la qualité sanitaire des produits de la mer (conchyliculture, pisciculture...) et sur les différentes activités de la mer (tourisme par la qualité des eaux de baignade).

1.2.3. Pollution physique

La pollution physique est liée aux facteurs influents sur l'état physique de l'eau tels que la température, la présence des particules ou mousses et le changement de l'effet réfractaire de l'eau (KANKOU, 2004), ainsi que les rejets d'eau chaude des centrales nucléaires et les nappes pétrolières et les radiations ionisantes. (LACAZE, 1996).

Les apports des eaux chaudes diminuent la solubilité de l'oxygène dissous du milieu, ainsi provoquant des perturbations dans le métabolisme phytoplanctonique par inhibition de la photosynthèse.

1.3. Sources de pollution

Selon le mode de propagation des pollutions, ces dernières peuvent être classées en trois types :

Les pollutions accidentelles, pollutions diffuses et pollutions anthropiques (KANKOU, 2004).

Ces différents types de pollution ont plusieurs sources, et qui peuvent être dues aux :

1.3.1. Rejets d'effluents domestiques

Qui sont des eaux résiduaires véhiculées en mer directement sans épuration, et sont caractérisées par de très fortes teneurs en matière organique, germes fécaux (diversifiés), sels minéraux détergents...etc.

Les conséquences de cette pollution organique sont catastrophiques pour presque tous les organismes constituant les peuplements des milieux néritiques (**KANKOU, 2004**).

1.3.2. Pollution d'origine industrielle :

constituent la première grande source de pollution des eaux, résultantes de différentes industries, telles que : la production d'énergie, l'industrie chimique, métallurgique, électronique... et cela par l'utilisation des combustibles fossiles, des molécules minérales et organiques de synthèses (**RAMADE, 2000**).

1.3.3. Pollution agricole

Elle résulte de l'utilisation de divers produits phytosanitaires, issus du lessivage des terres agricoles (phénomène d'eutrophisation), des résidus des élevages intensifs des animaux et des eaux d'abattoirs qui engendrent des pollutions chroniques et diffuses (**LEROY, 1999**).

1.4. Indicateurs de pollution

1.4.1. Matières en suspension (MES)

La MES s'exprime en (mg/l), Elles comportent tous les composés ayant un diamètre supérieur à 0.45 μm et elles peuvent être un indice de pollution. Elles sont transportées au sein de la masse d'eau qu'elle soit douce, marine ou résiduaire. (**AMINOT ET CHAUSSE-PIED, 1983**).

1.4.2. Matière organique particulaire (MOP)

La MOP s'exprime en (mg/l). Désigne l'ensemble des particules organiques, mortes ou vivantes, en suspension dans les eaux (**CABANE, 2007**)

1.4.3. La turbidité

La turbidité d'une eau est due à la présence des matières en suspension finement divisées : Argiles, limons, grains de silice, matière organiques, etc. (**RODIER, 1996**).

La turbidité minérale se définit comme "l'expression de la propriété optique qui fait que la lumière est dispersée et absorbée plutôt que transmise en ligne droite à travers un échantillon," La turbidité varie inversement avec la limpidité, elle croit et décroît selon que la concentration de solides en suspension augmente et diminue (**HOUMA-BACHARI, 2009**).

La mesure s'effectue à l'aide d'un turbidimètre terrain qui donne la turbidité ou la NTU (Nephelometric Turbidity Unit) (**HALMANN, 1996**).

1.4.4. Demande chimique en oxygène (DCO)

Elle correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder dans des conditions opératoires définies, les matières organiques présentes dans un échantillon donné. La DCO constitue la mesure de tout ce qui est susceptible de demander de l'oxygène en partie les sels minéraux oxydables, les sels de métaux et la majeure partie des composés organiques, elle permet donc d'évaluer la quantité totale de pollution organique. L'oxydation est réalisée ici par un oxydant chimique énergique ayant un pouvoir d'oxydation puissant (le bichromate de potassium à chaud en milieu acide en présence d'un catalyseur (ions Ag^{2+})). Ce dosage se fait à 140-150°C durant deux heures. La quantité de réactif consommé pour l'oxydation des matières organiques présentes, rapportée en mg/l d'oxygène, correspond à la DCO. Le dosage ne renseigne pas sur la nature des éléments présents et peut être faussé selon la teneur en chlore (ions Cl^-). L'interférence des chlorures peut être éliminée partiellement (cela dépend de la concentration) par l'ajout de sulfate de mercure (Hg II) à la prise d'essai (**RODIER, 1996**).

1.4.5. Demande biologique en oxygène (DBO)

La DBO constitue un indicateur de pollution par la matière organique biodégradable. Elle représente la quantité d'oxygène utilisée par les bactéries pour décomposer partiellement ou pour oxyder totalement les matières biochimiques oxydables présentes dans l'eau et qui constituent leur source de carbone (graisses, hydrates de carbone, tensioactifs, etc.). Ce prélèvement d'oxygène se fait au détriment des autres organismes vivants du milieu aquatique. En ce qui concerne les eaux domestiques, environ 70% des composés organiques sont généralement dégradés après 5 jours et la dégradation est pratiquement complète au bout de 20 jours (processus d'autoépuration). Plus la DBO est élevée, plus la quantité de matières organiques présentes dans l'échantillon est élevée. (**BRUXELLES, ENVIRONNEMENT, 2011**).

1.4.6. Le Potentiel d'hydrogène

Ce paramètre donne le degré d'acidité d'alcalinité d'une eau. Le pH est le reflet de la concentration d'une eau en ions H^+ . Une mesure de pH, différente de la valeur habituelle de la méditerranée (8.2) c'est un indice d'une arrivée de pollution de différents nature

1.4.7. Conductivité (C)

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (**RODIER, 2005**). La conductivité de l'eau de mer est très élevée en raison de la forte concentration en sels dissous (**AMINOT ET KEROUËL, 2004**). Elle permet d'évaluer la charge totale en électrolytes d'une eau (**RAMADE, 2000**). ce paramètre permet de caractériser l'eau par la comparaison de la valeur mesurée avec celle que l'on était en droit d'attendre (**HOUMA-BACHARI, 2009**).

La conductivité permet aussi d'apprécier globalement l'ensemble des produits en solution dans l'eau. La mesure de la conductivité est un moyen assez simple de détection d'une anomalie indiquant la présence probable d'une pollution

2. Notion de traceurs océanique

On appelle traceur océanique, tout paramètre physique ou chimique capable de décrire l'évolution de la masse d'eau ou d'un phénomène océanique quelconque. On distingue deux types de traceurs.

2.1. Les traceurs océaniques conservatifs

Un traceur océanique conservatif est un paramètre dont la variation de ses valeurs ne dépend que des phénomènes physiques tels que le transport, le mélange des eaux et la diffusion. La température, la salinité et la densité appartiennent à ce type de traceur.

2.2. Les traceurs océaniques non conservatifs

Un traceur océanique non conservatif est un paramètre dont les variations de leurs concentrations dans l'eau de mer dépendent à la fois des phénomènes physiques, chimiques, biologiques et de la désintégration radioactive (pour les éléments radioactifs). Dans cette catégories, on distingue les traceurs non conservatifs stables : oxygène dissout, pH, sels nutritifs... etc, et les traceurs non conservatifs radioactifs (^{14}C , ^{226}Ra , ...)

3. Les descripteur du milieu marin

3.1. Liens entre les principaux descripteurs

Les descripteurs d'hydrologie marine côtière sont nombreux et beaucoup sont reliés entre eux par des relations de cause à effet, c'est pourquoi certaines mesures peuvent devenir inutiles Si les mesures complémentaires, indispensables à leur interprétation, ne sont pas acquises simultanément. En outre, Plusieurs paramètres sont directement influencés par les apports continentaux et anthropiques. En raison de cette complexité, il n'est pas possible d'établir un programme-type d'hydrologie qui satisferait à toutes les études.

Le tableau ci-dessous présente de manière synthétique les principaux descripteurs d'hydrologie et les liens plus ou moins forts qui les unissent, en vue d'aider à l'établissement d'un programme d'hydrologie.

Tableau1.1 : Liens entre tes principaux descripteurs d'hydrologie des écosystèmes marins côtiers (AMINOT ET KEROUEL, 2004).	
Température (t)	S (++)
Salinité (S)	t (+)
pH	S(+) t (++) chlorophylle (+)
Oxygène (O ₂)	S (+++) t (+++) chlorophylle (++)
Nitrate (NO ₃)	S (+ + +) O ₂ (+) PO ₄ (++) Si(++) chlorophylle(++)
Nitrite (NO ₂)	S (++) O ₂ (+) NH ₄ ⁺ (++)
Ammonium (NH ₄ ⁺)	S (+ + +) t (+) pH (+) O ₂ (+) NO ₃ (+) NO ₂ (+) PO ₄ ⁻³ (++) Si (+) Chlorophylle (++)
Phosphate (PO ₄)	S (+ + +) O ₂ (+) (NO ₃ (++) NH ₄ (+) Si(+) Chlorophylle (++)
Silicate (Si)	S (+ + +) O ₂ (+) NO ₃ (++) NH ₄ (+) PO ₄ (++) Chlorophylle (++)
(et/ou turbidité) MES	S (+) chlorophylle (+)
Chlorophylle	S(+) t (++) NO ₃ (+) NH ₄ Si(+) PO ₄ (++) MES (+)
<p>Indispensable(+++) : dont on ne peut pas se passer pour interpréter le descripteur à étudier</p> <p>Souhaitable (++) : dont la mesure permet une interprétation plus précise, si nécessaire</p> <p>Eventuel (+) : non indépendant du descripteur étudié, peut aider à l'interprétation</p>	

3.2.Les paramètres physico-chimiques

Ces paramètres sont les caractéristiques spécifiques des eaux. Ils varient en fonction de plusieurs facteurs tels que la latitude, la longitude, des saisons et de la profondeur.

3.2.1.La température

La température est un paramètre important pour l'identification des masses d'eau et de leur circulation. Elle contribue à la définition de la densité (GAUJOU, 1995) et la détermination du taux de saturation des gaz. En surface, la température suit les variations climatiques atmosphériques, tandis qu'en profondeur, elle diminue progressivement (AMINOT, 1983).

3.2.2. La salinité

Dans le pratique océanographique, la salinité à été déduite, jusqu'en 1961, de la chlorinité puis progressivement à partir de cette date, de nouvelles techniques furent développées permettant de déterminer la salinité à partir de mesures de conductivité, de température et de pression. Depuis 1978, l'échelle pratique de salinité définit la salinité en termes de rapport de conductivité. (AMINOT ET CHAUSSEPIED, 1983).

3.2.3. Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH est relatif à la concentration en ions hydrogène (H^+) dans un milieu, donc à l'acidité de ce milieu. Cette notion a été introduite par SORENSEN en 1909 qui l'avait défini comme le cologarithme décimal de la concentration en ions (H^+) (AMINOT ET KEROUEL, 2004).

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

Le pH de l'eau de mer, voisin de 8,2, est principalement fixé par la présence des carbonates, CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-} , La modification des concentrations en CO_2 (respiration, photosynthèse, échanges air-Mer) ou en HCO_3^- (précipitation) entrainera donc une modification de pH (AMINOT ET CHAUSSE-PIED, 1983).

3.2.4. L'oxygène dissous

L'oxygène dissous intervient dans la plupart des processus biologiques permettant la vie terrestre et marine. Son absence ou simplement en dessous de certaines concentrations, de nombreuses espèces vivantes meurent et l'effet de certaines substances toxiques est amplifié lorsque la concentration en oxygène est insuffisante. La concentration en dioxygène dissous dans l'eau de mer résulte des processus physiques chimiques, biologiques.

- ❖ Echanges air- mer
- ❖ Diffusion et mélanges au sein de la masse d'eau
- ❖ photo-oxydation
- ❖ Oxydation chimique.
- ❖ Respiration des organismes aquatiques, y compris minéralisation (perte) nitrification.
- ❖ Photosynthèse des organismes autotrophes.

En l'absence de processus chimiques et biologiques, la concentration de l'oxygène dans l'eau au contact de l'air n'est fonction que de la pression atmosphérique, de la température et de la salinité : on parle de la d'équilibre ou saturation. (AMINOT ET KEROUEL, 2004).

3.3.Sels nutritifs

3.3.1. Définition, et source des sels nutritifs

Les éléments nutritifs (azote, phosphore, silicium) sont des descripteurs hydrologiques indispensables à l'étude ou la caractérisation d'un écosystème marin (**AMINOT ET KEROUEL, 2004**). Ils se présentent sous plusieurs formes minérales en solution (**AMINOT ET CHAUSSE- PIED, 1983**). Ils sont indispensables à la nutrition des organismes, l'azote et le phosphore ne représentent respectivement que 6 % et 1 % de la biomasse (**AMINOT ET KEROUEL, 2004**)

Les plus importants de ces oligoéléments sont l'azote et le phosphore qui sont assimilés par le phytoplancton durant la photosynthèse dans la zone euphotique. De plus, les microorganismes possédant un test silicique (diatomées,...) consomment la silice dissoute présente dans l'eau. Ces éléments nutritifs sont le support du cycle de la vie biologique marine.

3.3.2. Rôle des sels nutritifs

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 (**JACQUES, G. ET TREGUER, P.,1986**). Leur rôle en milieu marin réside dans le fait qu'ils forment un substrat chimique primordial pour le phytoplancton.

Ce sont en outre des traceurs chimiques non conservatifs, gouvernés par les facteurs physiques, chimiques et biologiques. Ils constituent un outil capital pour la caractérisation et l'identification des masses d'eau et la compréhension de certains phénomènes océaniques : circulation des eaux, production primaire marine, cycles biogéochimiques de certains éléments chimiques et autres, notamment en Méditerranée (**BETHOUX ET AL, 1998**)

3.3.3. Différentes formes des sels nutritifs

3.3.3.1. L'azote

L'azote est un élément essentiel des structures vivantes, il est prélevé dans l'atmosphère par certaines bactéries capables de le fixer directement. Il existe sous trois formes essentielles selon le degré d'oxydation : nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-) ammonium (NH_4^+), ainsi que l'urée au acide aminés. Ce sont les formes d'azote utilisables par le phytoplancton (**COPIN-MONTEGUT, 1996**).

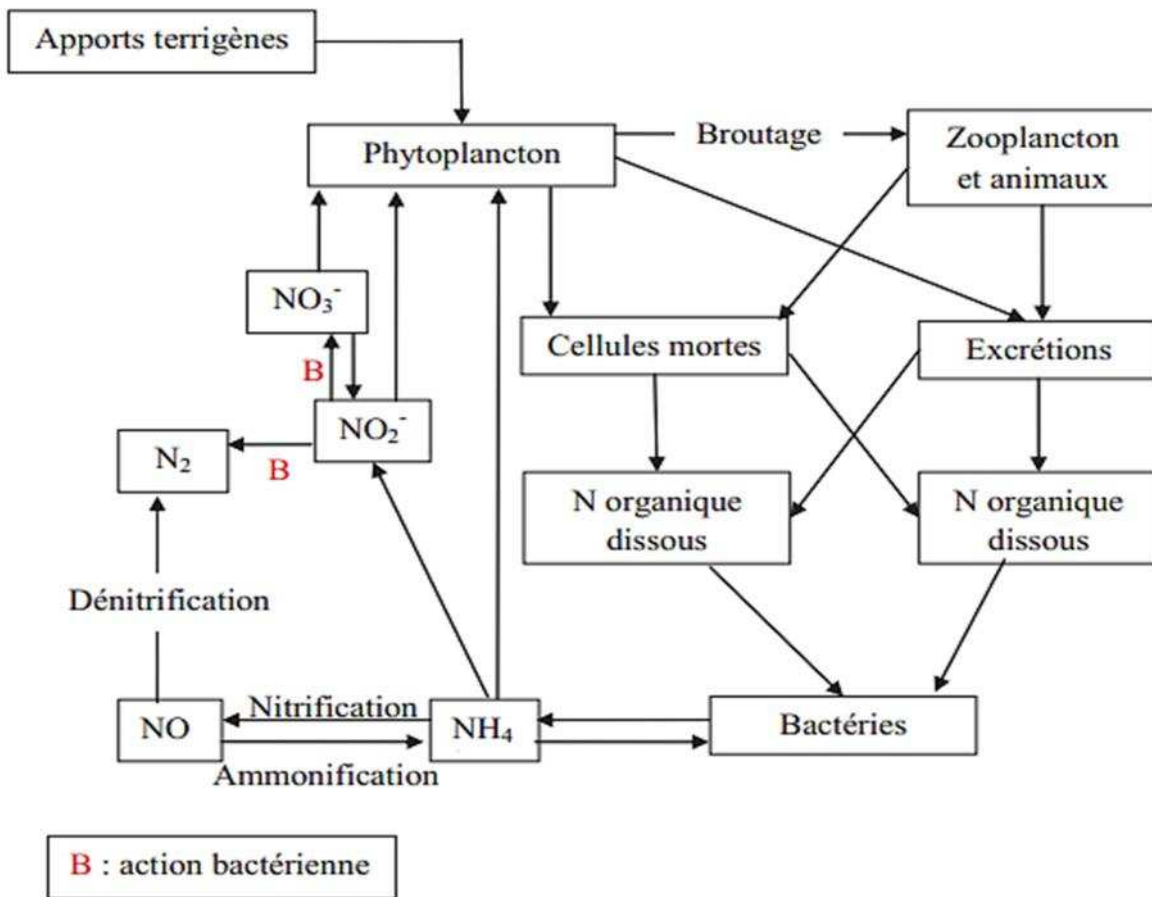
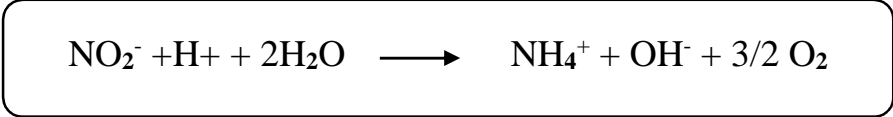


Figure 1.1 : Cycle de l'azote dans l'eau de mer (LE GAL, Y. 1988)

3.3.3.1.1. L'ammonium (NH_4^+)

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 oxydé par les bactéries nitrifiantes. Dans les eaux marines, l'azote ammoniacal se trouve à

des concentrations assez faibles. En effet, l' NH_4^+ est une forme transitoire qui s'oxyde en milieu oxygéné en nitrite puis en nitrates.



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).

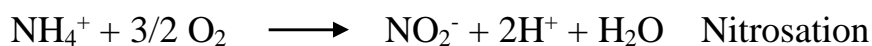
3.3.3.1.2. Les nitrites (NO₂⁻)

Dans le cycle de l'azote, les nitrites, au même titre que l'ammonium, sont considérés comme étant des ions en état transitoire, ce qui explique leurs faibles concentrations rencontrées en milieu marin qui sont de l'ordre de zéro à quelques micromoles par litres d'azote nitreux (AMINOT, 1983).

Ces concentrations connaissent des variations saisonnières. En hiver, elles varient entre 0.5 et 1 μmol/l puis, suite au développement du phytoplancton, chutent en été et peuvent atteindre des valeurs très faibles, moins de 0.01 μmol/l (AMINOT, 1983).

Les nitrites proviennent des deux réactions suivantes :

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



La réduction des nitrates dans les milieux anoxiques ou pauvres en oxygène dissous, opérée par les bactéries anaérobiques.

3.3.3.1.3. Les nitrates (NO₃⁻)

Les ions nitrates sont les plus stables en solution aqueuse. Dans le cycle de l'azote ils sont considérés comme la forme principale. L'azote nitrique est issu de l'oxydation des nitrites par des bactéries (les nitrobacters). Dans les estuaires, lorsque la salinité décroît,

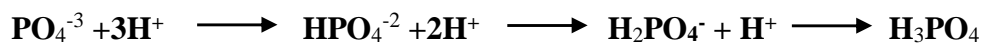


L'effet des apports terrigènes devient important et la concentration peut atteindre, aux faibles salinités, plusieurs centaines de micromoles par litre. (AMINOT, 1983) Cette réaction d'oxydation est exothermique.

3.3.3.2. Les phosphates

Le phosphore est un élément nutritif qui se trouve généralement en mer sous forme organique et inorganique, dissous et particulaire. Les orthophosphates sont la forme la plus abondante HPO₄²⁻ (90%) et PO₄³⁻ (10%) et 1% de H₂PO₄⁻ (AMINOT, 1983).

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



Les teneurs en orthophosphates sont normalement assez faibles en surface (0 à 1 $\mu\text{mol/l}$), elles augmentent avec la profondeur. Dans les estuaires, les concentrations des phosphates sont très élevées et peuvent atteindre plusieurs dizaines de μmoles par litre (AMINOT, 1983).

3.3.3.3. La silice dissoute

Le silicium est un élément nutritif car il entre dans la composition des squelettes de certaines espèces phytoplanctoniques (diatomées, radiolaires...) (AMINOT, 1983). À pH moyen de l'eau de mer (8.2), le silicium dissous se trouve à 95 % sous les formes d'acide orthosilicium, $\text{Si}(\text{OH})_4$, 4, 5 % $\text{Si}(\text{OH})_3^-$ (AMINOT, 1983).

La distribution verticale de l'acide silicique diffère de celle du phosphore ou de l'azote. Les concentrations augmentent lentement avec la profondeur pour atteindre généralement leur maximum au fond (JACQUES, 2005). Les silicates sont régénérés à différentes vitesses et par différents processus et, à présent, il y a toujours une incertitude sur les facteurs qui contrôlent le budget marin des silicates (JACQUES ET TRCGUER, 1986).

3.3.4. Origines des sels nutritifs

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

3.3.4.1. Source interne

C'est la régénération des sels nutritifs à partir de la matière organique produite par le plancton dans les eaux de surface. Cette origine, à elle seule, représente environ 97 %, plus la diffusion des sels nutritifs à partir des sédiments marins (BOULAHDID, 1987).

3.3.4.2. Source externe

Regroupe tous les apports continentaux par le transport fluvial et éolien (BOULAHDID, 1987).

3.3.5. Distribution des sels nutritifs

La distribution et le comportement des sels nutritifs dans le milieu marin dépendent des facteurs et processus physiques, chimiques et biologiques. La distribution des teneurs se trouve influencée par d'autres paramètres tels que la proximité des côtes, la profondeur, les blooms phytoplanctoniques. La distribution des sels nutritifs est caractérisée par une stratification au large avec des teneurs généralement faibles en surface, et qui augmentent progressivement avec la profondeur pour atteindre un maximum dans les eaux au niveau intermédiaires, généralement

au niveau du minimum d'oxygène. Cette distribution est contrôlée par les phénomènes physiques et par l'activité biologique qui peut modifier la distribution (**JACQUES ET TREGUER, 1986**).

3.3.6. Le cycle biogéochimique des sels nutritifs

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

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

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

C'est le cycle des éléments nutritifs, qui fonctionne grâce à plusieurs processus que selon les conditions environnementales, peuvent se dérouler plus ou moins simultanément ou se succéder (**AMINOT ET KEROUEL 2004**).. Ces processus sont résumés dans le tableau suivant

Tableau 1.2 : Principaux mécanismes impliquant les nutriments AMINOT ET KEROUEL 2004).

Mécanisme	Consommation	Production
Photosynthèse	NID, PO ₄ , H ₄ SiO ₄	NOP, POP, BSi
Minéralisation (excès de N, P)	NOP, POP, NOD, POD	NH ₄ , PO ₄ NOP, POP
Minéralisation (excès de C)	NOP, POP, NOD, POD, NID, PO ₄	NOP, POP
Sécrétion, excrétion		NOD, NH ₄ , PO ₄ , NOP, POP
Rupture des cellules	NOP, POP	NOD, POD, PO ₄
Nitrification (nitration)	NH ₄	NO ₂
Nitrification (nitration)	NO ₂	NO ₃
Dénitrification	NO ₃	N ₂ , N ₂ O, NH ₄ , NO ₂
Dissolution	BSi	H ₄ SiO ₄

4. Sels nutritifs et le rapport de Redfield

L'assimilation des composants nutritifs et leurs régénérations à partir du matériel organique se font dans des proportions bien déterminées appelées communément rapports biogéochimiques de Redfield. Après plusieurs travaux, (**REDFIELD, 1934**) ET (**REDFIELD ET AL 1963**) (**IN BOULAHIDID, 1987**) ; ont proposé les rapports suivant par l'analyse de la composition chimique de la matière organique :

P/ N/ C / O₂=1/16/106/-138

La composition de la matière organique influe sur la composition en C/N/P des eaux dans lesquelles ces organismes vivent, puisque la source principale des sels nutritifs dans l'océan global est le recyclage interne. Néanmoins, ce rapport varie avec les saisons et selon les régions et décroît avec la profondeur (**BOULAHIDJ, 1987**). Les rapports des éléments nutritifs dans le plancton et dans l'eau de mer et leurs changements peuvent être utilisés pour l'identification des particularités concernant la dynamique et le fonctionnement de l'écosystème et pour la modélisation des processus biogéochimiques

5. Notions des facteurs limitants

Lorsque des populations phytoplanctoniques se développent, elles consomment les nutriments minéraux dissous et abaissent progressivement leurs concentrations à des niveaux auxquels il devient très difficile aux cellules de les puiser, ce qui ralentit fortement leur croissance. Les nutriments sont alors les « facteurs limitants » de la croissance algale (**AMINOT ET KEROUEL, 2004**).

6. Production primaire

6.1. Définition :

La production primaire est synonyme de production autotrophe qui signifie la synthèse de matière organique à partir de matière minérale par l'activité d'organismes photosynthétiques ou chimio-synthétiques, en transformant l'énergie lumineuse en énergie chimique potentielle stockée dans les composants organiques des tissus du vivant (**FRONTIER ET PICHOD-VIALE, 1998**), elle est quantifiée en g (C).m⁻².j⁻¹.

6.2. La chlorophylle

La chlorophylle est un composé chimique indispensable à la photosynthèse (**Figure.1.2**). Sa présence dans tous les organismes végétaux, associée à l'énergie solaire, lui permet de synthétiser ses propres matières organiques carbonées à partir du carbone minéral. Dans les milieux aquatiques, les algues possèdent une diversité de pigments dont les plus importants sont les chlorophylles *a*, *b*, *c1*, *c2* et *d*

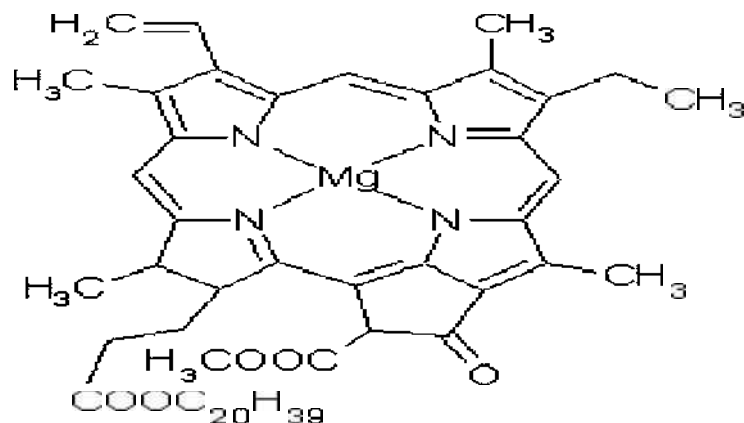


Figure 1.2 : Structure chimique de la chlorophylle.

6.2.1. La chlorophylle *a*

La chlorophylle *a* est le pigment photosynthétique principal du phytoplancton qui est considéré comme étant un bon indicateur de la santé de l'océan et de son niveau de productivité (AMINOT ET CHAUSSEPIED, 1983). La concentration de chlorophylle est utilisée pour l'estimation de la production primaire (EPPLEY ET PETERSON, 1979).

5.2.2. Les phéopigments

Dans les milieux strictement marins, les phéopigments résultent du broutage et de la dégradation de cellules et par conséquent ne sont pas physiologiquement actifs.

La mesure des phéopigments est utilisée comme critère de l'état physiologique des populations phytoplanctoniques, plus la proportion de phéopigments est élevée par rapport à la chlorophylle *a*, plus les cellules algales sont vieilles, dégradées ou broutées par le zooplancton.

Les phéopigments sont rarement absentes dans les eaux côtières et toujours présentes en eaux estuariennes turbides. (AMINOT ET KEROUEL, 2004).

6.3. Eutrophisation

6.3.1. Définition

Une cause majeure de la dégradation de la qualité des eaux côtières est l'eutrophisation et l'augmentation de la production primaire micro ou macro-algale. Elles résultent de l'accroissement des concentrations en sels nutritifs dans la colonne d'eau provoqués par les rejets de produits fertilisants (ex : agriculture, élevage, apports industriels). Cette augmentation de la production primaire a pour effet de provoquer une élévation du flux de matière organique vers le compartiment benthique qui alimente l'activité microbienne et induit une hausse de la consommation en oxygène dissous à proximité du fond. Cette eutrophisation est à l'origine de

crises hypoxiques voire anoxiques dont le nombre a augmenté exponentiellement au cours des dernières décennies (VAQUER-SUNYER, R; ET DURAT, CM, 2008). Même si la démarche utilisée peut être critiquée, près de 400 systèmes côtiers sont considérés à ce jour comme anoxiques ('dead zones') couvrant une surface totale de plus de 245 000 km² (DIAZ, R. ET ROSENBERG, R. 2008)

Les conséquences écosystémiques des événements hypoxiques ou anoxiques sont multiples et incluent entre autres

- (i) la compression des habitats de certains organismes pélagiques ou benthiques,
- (ii) des mortalités massives des taxons les plus sensibles,
- (iii) une modification des flux biogéochimiques à l'interface eau-sédiment,
- (iv) une modification des flux énergétiques dans les réseaux trophiques

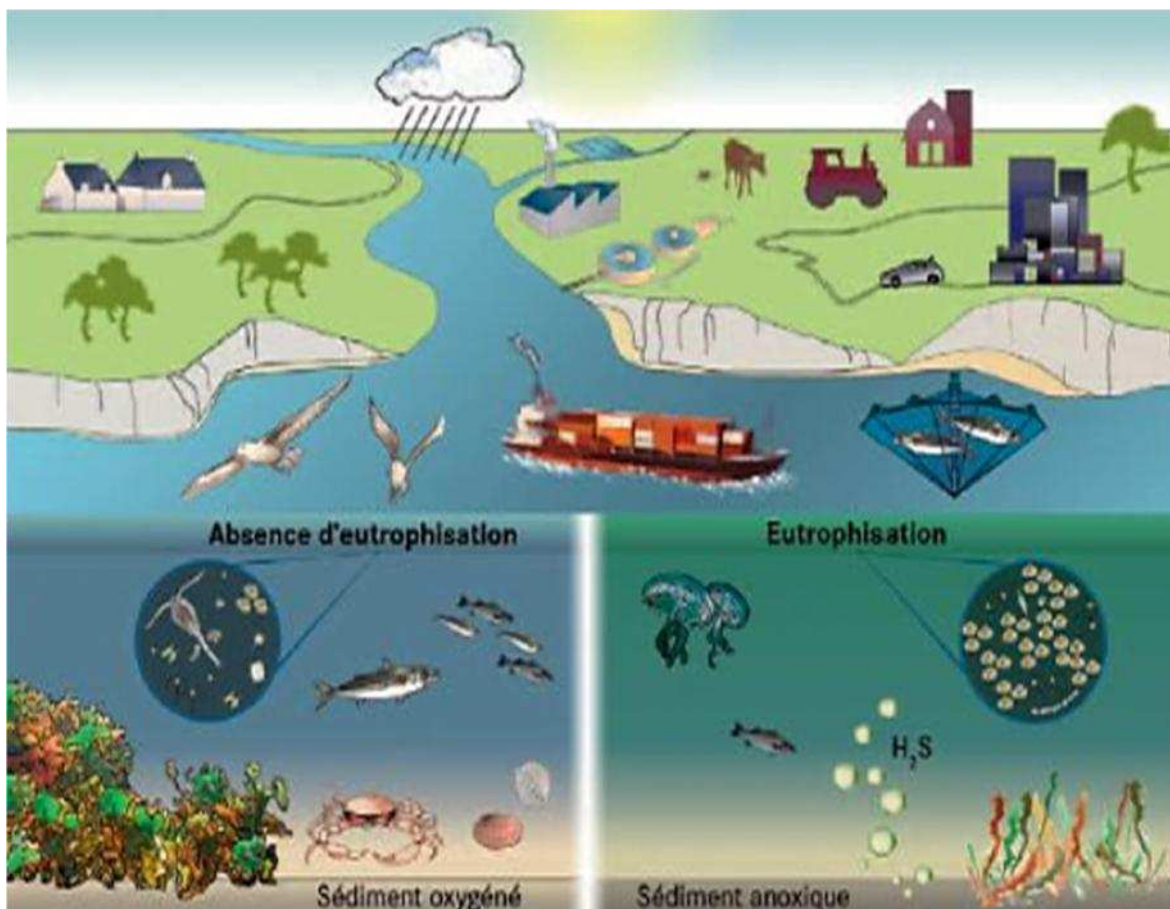


Figure 1.3 : Sources des apports de nutriments dans le milieu marin et système simplifié montrant les effets d'eutrophisation produits par l'enrichissement de milieu marin (OSPAR,1998)

6.3.2. Indicateurs et critères d'évaluation

Le niveau de l'eutrophisation peut être évalué à partir des paramètres suivants :

- La production primaire mesurée en g de C /m²/jour.
- La teneur en chlorophylle.
- Les paramètres physicochimiques, la turbidité.
- Les concentrations en oxygène dissous.
- La concentration en substances nutritives.

Tableau 1.3 : critères trophique et leur évaluation suite à un accroissement de l'eutrophisation (AMINOT ET KEROUEL 2004)

Physiques	Chimique	Biologique
Transparence (-) (par ex, profondeur du Secchi)	Concentration en nutriments (+) (par ex., le maximum printanier)	Fréquence des proliférations d'algues
Matière en suspension (+)	Chlorophylle	
Conductivité (+)	Diversité spécifique des algues (-)	
Matière dissoute (+)	végétation littorale (+)	
Déficit en oxygène dans l'hypolimnion (+)	Zooplancton (+)	
Hypolimnion sursaturé en oxygène (+)	Poisson (+)	
Diversité de la faune benthique (-)	Faune benthique	
Production primaire		

6.3.3. Conséquence de l'eutrophisation sur le milieu marin

L'extrême abondance du phytoplancton (des millions voire des dizaines de millions de cellules par litre) obscurcit alors l'eau, empêchant toute photosynthèse sur une épaisseur de plusieurs mètres au-dessus du fond et provoquant une intense respiration puis une dégradation aérobie du phytoplancton. Dans le cas où le réapprovisionnement en oxygène de l'air n'est pas assuré par le brassage suffisant de la tranche d'eau, par exemple parce qu'une stratification haline ou thermique s'est établie, l'anoxie peut intervenir en quelques heures et asphyxier la faune benthique (LACAZE J.C., 1996).

La pullulation de certaines espèces phytoplanctoniques pose actuellement des problèmes du fait de la toxicité de plusieurs d'entre elles vis à vis de la faune marine en constitue un risque pour la santé humaine. Une revue (SMAYDA, 1990) des proliférations d'espèces

phytoplanctoniques toxiques recensées depuis vingt ans dans le monde a montré qu'en dépit des biais dus à la disparité spatiale et temporelle des méthodes de détection, les données existantes accèdent l'idée que les espèces toxiques, particulièrement les Dinoflagellés, ont vu leur abondance croître récemment dans les eaux côtières, préférentiellement dans des zones soumises à des enrichissements en sels nutritifs (**LACAZC J.C., 1996**).



Zone d'étude

2. Zone d'étude

2.1. Description géographique et présentation du site La baie de Bou Ismail

La baie de Bou Ismaïl (ex Castiglione) se situe dans la partie centrale du littoral algérien. Elle est délimitée à l'Ouest par le Mont Chenoua [36°.37'54.13''N - 2°24'13.42''E] et elle s'étend jusqu'au cap Ras Acrata dans la baie d'El Djamila, où elle est interrompue par la presqu'île de Sidi Fredj à l'Est [36°48'15.98''N - 2°53'44.16''E]. Ayant un plateau continental de 509 km², elle est très ouverte et fortement soumise aux influences du large. Son ouverture atteint les 47 km, elle est orientée du Sud-Ouest vers Nord-Est (DAGORNE, 1973).

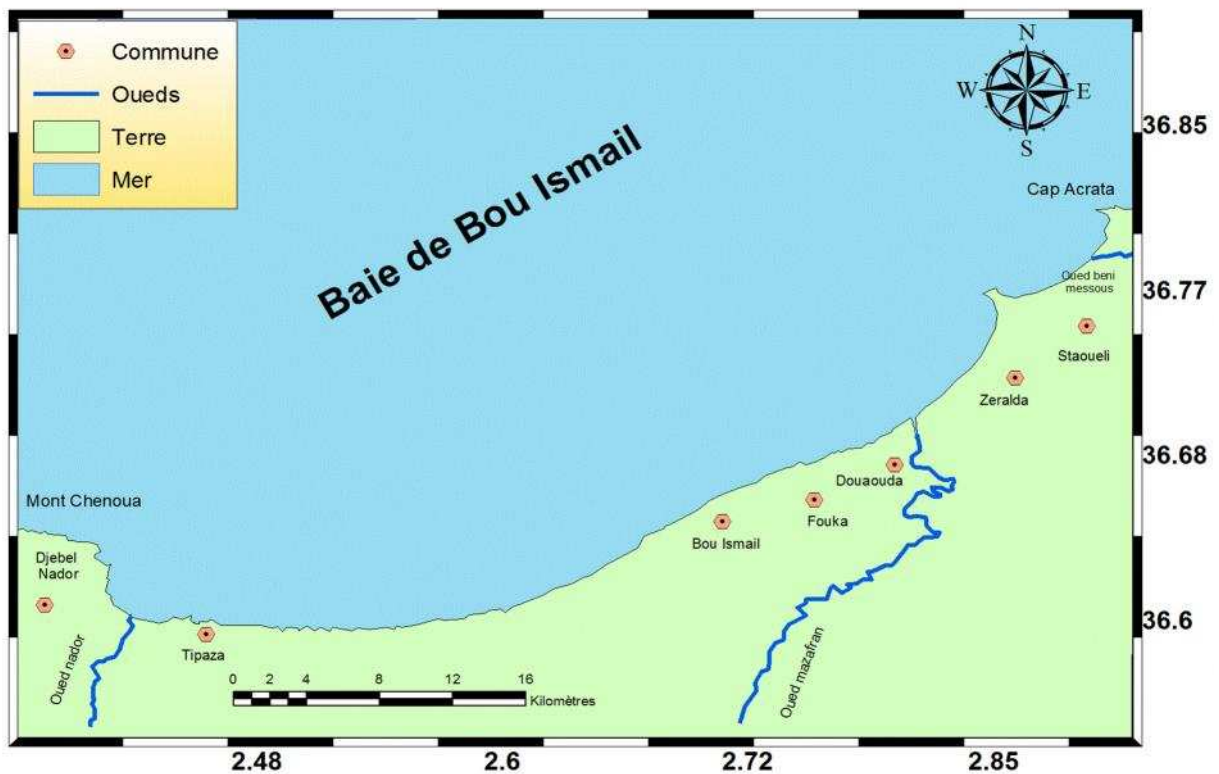


Figure 2.1 : Situation géographique de la baie de Bou-Ismail

2.2. Réseau hydrographique

Utilisés comme déversoirs naturels d'eaux usées (domestiques, industrielles et agricoles), les Oueds constituent l'un des principaux vecteurs des polluants en mer. Ils interviennent de très près sur la nature des fonds et les paramètres physico-chimiques de la zone de l'embouchure, et conditionnent de la sorte l'abondance et la diversité de ses peuplements. L'oued Nador et Beni Messous traversent la plaine de la Mitidja du Sud vers le Nord, contournant les obstacles qu'ils rencontrent, avant de se jeter dans la mer.

- Trois Oueds débouchent dans la Baie de Bou Ismail :

- ✓ **Oued Nador :**

situé dans la partie occidentale, il draine, à partir des Oueds Bouyersen, Bouardoun et Meurad, tous les apports solides du massif du Chenoua. D'un débit de $0,89 \text{ m}^3/\text{s}$ et s'étendant sur 230 km^2 (BRAIK, 1989), il débouche sous forme d'un collecteur dans la petite Baie du Chenoua, entre Djebel Chenoua et Tipaza (ANRH, 2013).

- ✓ **Oued Béni Messous :**

Avec son débit réduit ($0,245 \text{ m}^3/\text{s}$) (BRAIK, 1989), il ne participe que faiblement à l'enrichissement de cette baie. S'alimente à partir du massif de la Bouzaréah, il sera chargé essentiellement de résidus d'origine urbaine récoltés lors de son transit pour déboucher sur les plages des Dunes et d'El Djamila.

- ✓ **Oued Mazafran :**

C'est l'Oued le plus important de la baie de Bou Ismail par ses rejets et son débit, il draine un bassin de 1900 km^2 (partie Ouest de la Mitidja) (BRAIK, 1989) et débouche sur la mer au niveau d'une petite plage sablonneuse à 30 km d'Alger, entre Zéralda et Douaouda. Son débit annuel est estimé entre 1969 et 2013 à $5,77 \text{ m}^3/\text{s}$ (ANRH, 2013). Il est caractérisé par des crues fortes et rapides en hiver-printemps qui augmentent la turbidité de la zone par la remise en suspension de substrat fin (PAUC, 1989). Trois Oueds secondaires lui sont afférents : Bou-Roumi, Chiffa et Djer. D'après des données de l'ANRH (2014), les débits moyens pluriannuels sont en augmentation, de $1,75 \text{ m}^3/\text{s}$ (2003) à $11,92 \text{ m}^3/\text{s}$ (2012). Le débit suit ainsi un cycle saisonnier avec des valeurs maximales en hiver et minimales en été. Sur le plus long terme, le débit montre une tendance nette à l'augmentation avec des valeurs plus au moins élevées suivant un cycle pluriannuel. Ces augmentations pourraient être liées aux variations climatiques agissant à l'échelle régionale.

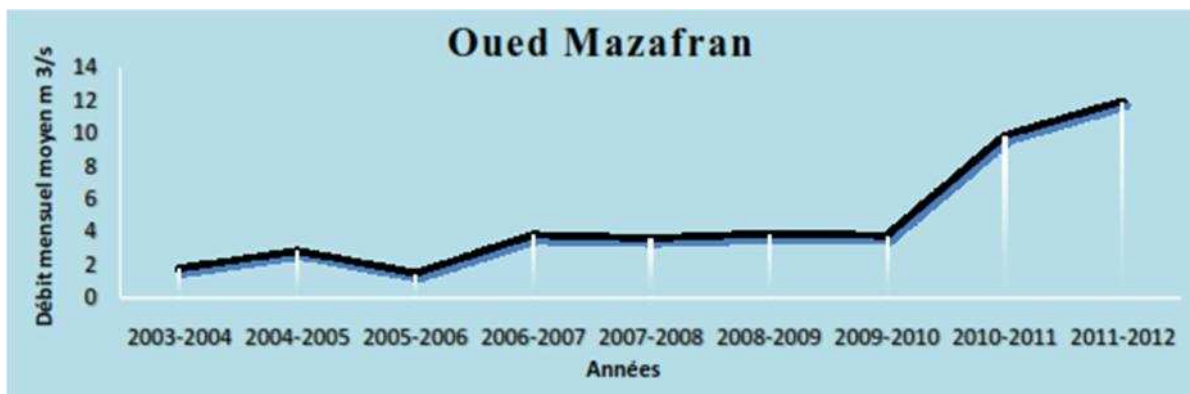


Figure 2-2 : Variations du débit mensuel moyen (m^3/s) au niveau de l'embouchure d'Oued Mazafran de 2003 à 2012 (ANRH in ZEROKI, M 2014).

2.3. Facteurs hydrodynamiques

2.3.1. Courantologie et plans de houle

Les courants jouent un rôle très important dans le transport sédimentaire, ils participent dans l'évolution de la morphologie côtière en conduisant à des ensablements, des envasements et des érosions.

2.3.1.1. Les courants généraux

La côte algérienne est traversé par un courant général dénommé courant Algérien résultant d'un écoulement d'eau atlantique à travers le détroit de Gibraltar, le courant Algérien pénètre sous forme de veine et circule d'Ouest en Est, et dès 1° et 2° est, il donne naissance à des méandres et des tourbillons côtier (50-100 km) associés à des upwellings (MILLOT *ET AL*, 1990).

2.3.1.2. Les courants côtiers :

En absence de courant permanent ou de marée suffisamment importante, les courants induits par la houle au large ou à la côte sont à peu près les seuls à agir sur la sédimentation actuelle (CAULET, 1972).

- Les Courants d'entraînements : sont provoqués par les mouvements des masses d'eaux dans le sens de propagation des houles, ils sont aussi à l'origine des apports sédimentaires lors de son déploiement à la côte notamment ceux en suspension, donc ils participent d'une façon active dans la sédimentation actuelle.
- Le courant de retour : participe activement à l'érosion côtière de la zone d'étude, c'est le courant compensateur sur le fond qui s'effectue en direction du large résultant du retour des masses d'eau déployées par la houle sur la côte. Leur effet est remarquable surtout par mauvais temps généralement en hiver.

2.3.1.3. Plans de houle

Les houles sont de direction Ouest et Nord-Ouest. Elles engendrent des courants de retour dès leurs arrivées perpendiculairement à la côte, ces courants prennent avec eux les sédiments côtiers vers le large (HADOUCHE, 2003).

Les houles estivales sont de direction Nord-Est, et entraînent une dérive littorale de l'Est vers le Sud-Ouest, dès leurs arrivés tangentiellement à la côte.

2.3.1.4. Les courants de la dérive littorale

Lorsque la houle arrive à la côte avec une incidence oblique. Elle donne naissance à un courant de dérive littoral, la vitesse de celui-ci est maximale pour un angle d'incidence de 50° à 60° (LEM, 2001). Ce courant parallèle au rivage, qui se manifeste dans la zone de déferlement des vagues, joue un rôle essentiel dans le déplacement des sédiments le long de la côte et dans l'alimentation des plages en sable et en galets.

Dans la baie de Bou Ismail l'orientation des courants côtiers résulte de l'effet combiné des houles dominantes et de l'orientation de la côte. Ces paramètres permettent d'identifier l'hydrodynamisme côtier dans la zone d'étude.

2.4.Climatologie :

La baie de Bou Ismail est caractérisée par un climat subhumide et une périodicité des vents .La période hivernale se caractérise par une baisse de la température à environ 16 °C et une précipitation moyenne de 89,49 mm, alors que la période estivale se caractérise d'une température moyenne de 29 °C avec des précipitations très faibles et pourcentage d'humidité toujours à 60 %. Les précipitations sur l'ensemble du territoire se présentent d'une manière assez diverse, d'une part par leurs causes et d'autre part par les quantités recueillies. Elles diminuent d'Est en Ouest et du Nord au Sud (ONM, 2010).

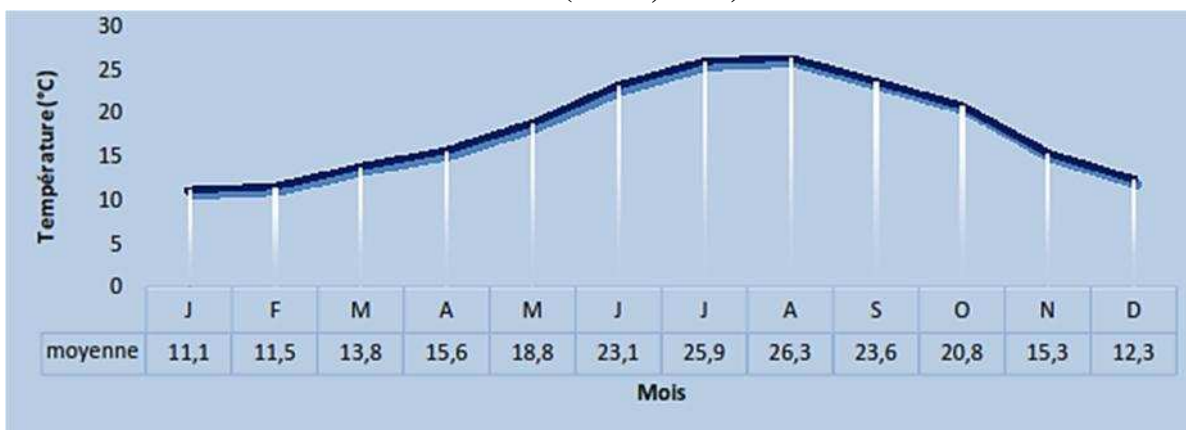


Figure 2-3: Températures mensuelles entre 2001 et 2010 du bassin algérois(ONM,2010 in ZEROKI,M ; 2014)

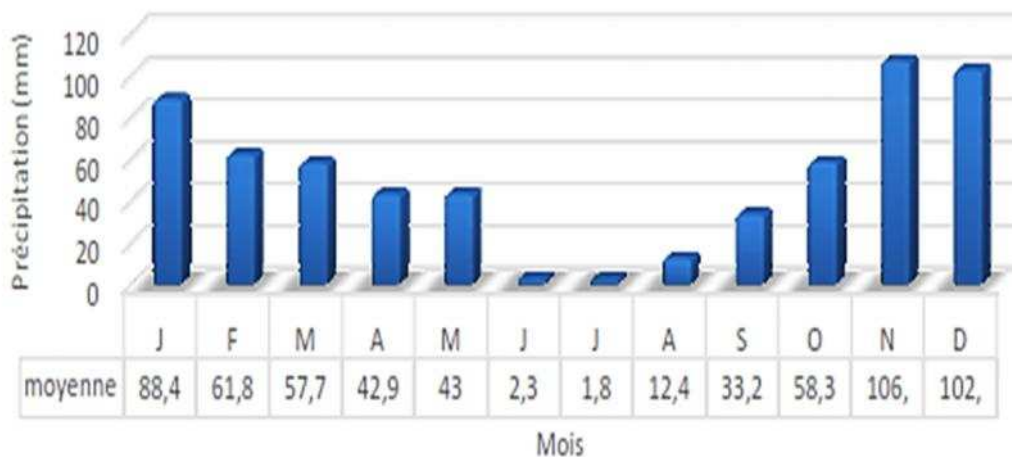


Figure 2.4 : Précipitations mensuelles entre 2001 et 2010 dans la baie de Bou Ismail (ONM, 2010)

2.5. Sédimentologie de la baie de Bou Ismail

La baie de Bou Ismail se caractérise par une texture sédimentologique disparate dont neuf faciès peuvent être 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, et le faciès rocheux (**figure 2.4**) (**LECLAIRE, 1972**).

Les vases pures et les graviers envasés sont les faciès dominants de la baie de Bou Ismail. Les vases sont très développées dans la région Ouest et forment ainsi une importance vasière littorale, tandis que les graviers envasés le sont dans la région Est (**LEM, 1998**).

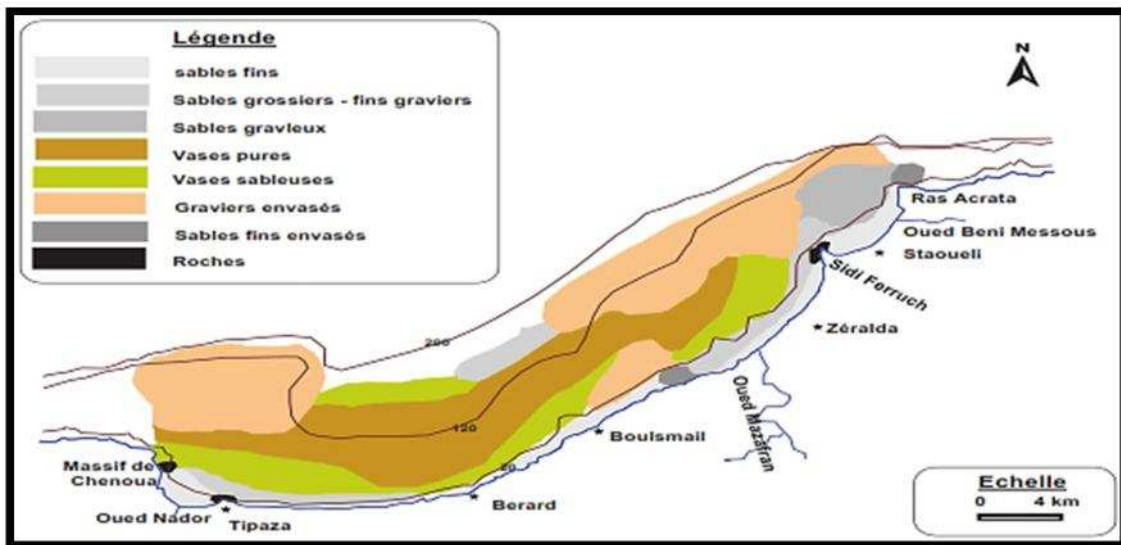


Figure 2.5: Sédimentologie de la baie de Bou Ismail (LEM, 1998)

2.6. Les sources potentielles de pollution

La baie de Bou Ismail se distingue par sa vocation touristique, activités industrielles et agricoles importantes. D'après l'ANIREF (2013), la population de la wilaya de Tipaza où se trouve la baie de Bou Ismail est de 630.183 habitants (fin 2012), soit une densité de 369 habitants par Km², ces données statistique nous donnent une vision sur les pollutions potentielles :

- Eaux usées domestiques de zones urbaines
- Agglomération des complexes touristiques
- Thalassothérapie à Sidi Fredj

Ports localisés sur les côtes de la baie :

- *Port de Bou Haroun
- *Port de Khemisti
- *Port de Tipaza
- *Port de Sidi Fredj
- *port El djamila

Pour la baie de Bou Ismail, la frange côtière est soumise principalement aux rejets domestiques des villes et des complexes touristiques qui se déversent directement dans le milieu naturel sans aucun traitement au préalable dans la plupart des cas s'accroissant en période estivale. Ajoutant à cela les rejets d'eaux usées véhiculées par les oueds qui traversent les centres urbains et qui se déversent en mer, drainant les eaux de ruissellement des terres agricoles, des effluents urbains et industriels (L.E.M., 1998).

<i>Communes</i>	<i>Nombre de rejets</i>	<i>Débit (m³.j⁻¹)</i>	<i>Lieu de rejet</i>
<i>Bou-ismail</i>	9	4000	Mer
<i>Bou-haroun</i>	4	320	Mer
<i>Khemisti</i>	6	400	Oued Khemisti et Mer
<i>Fouka</i>	5	3600	Mer
<i>Douaouda</i>	5	1600	Oued Mazafran et mer
<i>Tipaza</i>	8	7140	Mer

Tableau 2.1 : Débit des rejets d'eau usée dans la baie de Bou Ismail (Ministère de L'Aménagement de Territoire et de l'Environnement, 2006) (in Inal, 2011)

L'intensification de l'agriculture, répondant aux besoins d'une densité de population de plus en plus croissante, accentue la pollution chimique par les engrais, très utilisés dans la région, en raison de son sol sableux à argilo-siliceux, dont 50% sont directement lessivés vers la mer selon la direction de l'agriculture. Il faut signaler aussi que la baie a été sujette à de nombreux aménagements côtiers qui causent de notables dégâts sur les herbiers et les communautés benthiques par les remblayages incessants et l'apport de matériaux et produits artificiels. La pollution en baie de Bou-Ismaïl a depuis longtemps été de type domestique car les eaux usées rejetées dans la baie provenaient principalement des agglomérations et des villes côtières ainsi que des complexes touristiques (surtout en période estivale).

Tableau 2.2 : Les activités polluantes les plus importantes dans la baie de Bou Ismail (Ministère de l'Aménagement de Territoire et de l'Environnement, 2006) (IN INAL, 2011).

Dénomination de l'unité	Nature de l'activité	Nature de la pollution générée
SARL RESITECK	Production de peinture bâtiments	Apports importants de métaux lourds, huiles et lubrifiants
ALUFER ALUMINAL	Métallurgie	Chutes d'Aluminium et poussières de Fer
SARL PROCHIMAL	Fabrication des produits d'entretiens	Eaux usées chargées d'éléments chimique, rejets de savons
PLASTRAM	Transformation plastique	Eaux de nettoyage
PFIZER	Fabrication produits vétérinaires	Eaux usées chargées d'éléments chimiques
IMPRIMERIE SHELLIA	Utilisation importante d'encre	Déversement des encres avec les eaux domestiques
TONIC EMBALLAGE	Fabrication de boîte, gobelet	Rejet d'eaux usées domestiques, chutes de cartons, papiers, colorants, matières plastiques
TERRA CERAMIQUE	Production céramique et poteries	Lessivages d'argiles vers la mer



*Matériels et
méthodes*

3.1.Travaux effectués en mer

3.1.1 Choix et localisations des stations

Pour représenter toutes les eaux de la baie de Bou Ismaïl et cerner toutes les contraintes environnementales naturelles et/anthropique qu’elles peuvent subir éventuellement, notamment par les activités anthropiques le long du linéaire côtier ainsi que les voies et vecteurs vers la mer (cours d’eaux, émissaires,...), un plan d’échantillonnage systématique a été élaboré et réparties sur toute la baie. Chaque station a été échantillonnée à deux niveaux surface et profond, en fonction du lieu de positionnement et de la bathymétrie sauf la station 6 on a effectué une seule station.

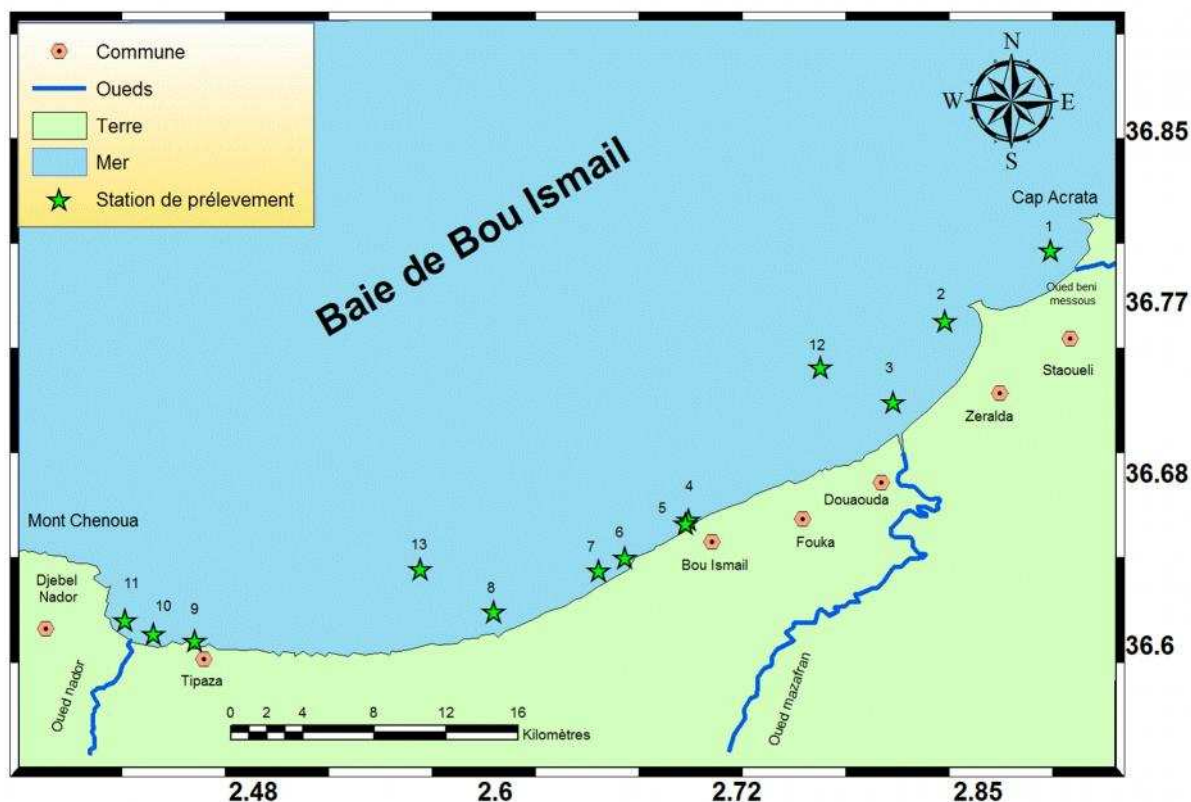


Figure 3.1 : Localisation des stations de prélèvement dans la baie de Bou Ismaïl

3.1.2. Campagne de prélèvement

Elles sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 3.1 : Campagne de prélèvement

Sortie N°	Date (année 2015)	Nombre de stations	Baie	Nombre d'échantillon	Navire/embarcation
01	03 mai	13	Bou ismail	25	Baba aroudj
02	01 juin	5	Bou ismail	10	Salah (CNRDPA)

3.1.3 Prélèvement d'eau de mer

Les échantillons d'eau de mer ont été prélevés à l'aide de bouteilles Niskin (Figure 3.2, annexe 3) d'une capacité de 5. Au cours de toute cette campagne en mer, les paramètres physico-chimiques (température, salinité, pH, oxygène dissous (concentration et pourcentage de saturation)) ont été mesurés à bord. Cependant, les échantillons d'eau de mer destinés à la mesure des sels nutritifs et de chlorophylle ont été prélevés et conservés au congélateur pour l'analyse ultérieure au laboratoire. Des précautions particulières de propreté sont prises lors de la manipulation afin d'éviter toute contamination. Les bouteilles à clapets sont ouvertes justes avant leurs mises à l'eau et fermées aux profondeurs requises à l'aide d'un messenger qui coulisse le long du câble hydrographique auquel elles sont fixées. Le positionnement exact de chaque station est assuré par le G.P.S (**Global Positioning Systems de type furuno GP32**) (Figure 3.3, annexe 3) du bord et le profondeur a été déterminé par un échosondeur de type (**FCV 581L**) (Figure 3.4, annexe 3).

3.1.4. Echantillonnage et conservation

Afin de minimiser les risques de contamination, les flacons de prélèvement d'eau utilisés sont des flacons en verre (100 ml) et en plastique (200 ml) et (500 ml) ils sont utilisées pour la première fois, mais lors du prélèvement à bord, chaque flacon est rincé deux fois avec l'eau de l'échantillon avant son remplissage.

Les flacons destinés à l'analyse de la chlorophylle sont couverts directement par du papier aluminium, ils sont ensuite conservés avec les flacons des sels nutritifs à basse température dans une glacière portative avec « packs » de froid assurant une température faible. La filtration pour la chlorophylle est faite dès le retour au laboratoire. Les flacons destinés à l'analyse des sels nutritifs sont conservés dans un congélateur pour une analyse ultérieure

3.1.5. Mesure des paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico- chimiques (Température, Salinité, pH, oxygène dissous....) ont été mesurés *in situ* à l'aide d'une sonde multi-paramètre de type (**HANNA Instruments HI 9829 multiparametre meter with available GPS, logging probe , turbidity, and ion measurement**) (Figure 3.5, annexe 3) préalablement calibré.

Cet appareil possède un boîtier étanche à affichage simultané et permet un étalonnage rapide pH, conductivité et oxygène par solution unique (HI 9829 – 25). Il est doté d'une mémorisation manuelle ou automatique de 60 000 mesures (avec transfert sur micro-ordinateur).

Il permet également la localisation en disposant une fonction GPS, et permet une gestion et traçabilité des mesures.

Sa sonde unique est submersible, permette de réaliser simultanément des mesures in-situ, à de grandes distances et grandes profondeurs (grande longueur de câble). Elle est occupée également de quatre (4) capteurs.

L'électrode de l'appareil est plongée dans la bouteille *NISKIN* et la valeur du paramètre n'est notée qu'après la stabilité de l'afficheur

3.2. Travaux au laboratoire

3.2.1. Dosage de la chlorophylle-*a* par la spectro-fluorimétrie ultraviolet (S.F.U.V)

Les mesures de concentrations des pigments photosynthétiques sont des paramètres importants pour l'étude de la production primaire dans les eaux douces et les océans. Parmi l'ensemble des pigments phytoplanctoniques reconnus, la chlorophylle *a* (Chl *a*), commune à tous les organismes photo-oxygéniques, est particulièrement étudiée, car il est la plus abondante et joue un rôle clé dans le processus de la photosynthèse. Ainsi, la concentration en termes de chlorophylle est certainement l'indicateur de biomasse phytoplanctonique le plus utilisé en océanographie. Il permet de définir la fertilité d'un milieu et de calculer l'index de productivité ou l'efficacité photosynthétique des organismes en présence (**RAIMBAULT ET AL., 2004**). On note l'existence de plusieurs méthodes utilisées pour le dosage de la chlorophylle :

- Mesure *in-situ* : en utilisant une sonde fluorimétrique ou la bathysonde équipée d'une capture (fluo ou de chlorophylle).
- Méthode d'analyse par fluorimétrie (fluorescence) ou spectrophotométrie (absorption de la lumière).
- Méthode d'analyse par la Chromatographie Liquide Haute Performance (**HPLC**).

Dans notre cas, la concentration en chlorophylle *a* est déterminée selon la méthode fluorimétrique de (**YENSTCH ET MENZEL, 1963**) adaptée par (**HOLM-HANSEN ET RIEMAN, 1978**) pour l'extraction des pigments à l'aide de l'acétone.

3.2.1.1. Matériel et appareillage

- Dispositif de filtration et des filtres GF/F 0,45 µm de porosité (Figure 3.6, annexe 3).
- Tubes de dosage de 10ml, et des tubes de 10ml pour la préparation des standards.
- Centrifugeuse *Hettich ZENTRIFUGEN* de type *EBA 30* (Figure 3.7, annexe3).
- Spectrophotomètre fluorescence de type *HITACHI* modèle *650-10 S* équipé d'une lampe « Xénon » qui est la source du rayonnement UV et une cuvette en quartz de 1cm de trajet optique (Figure 3.8, annexe 3).
- Matériels courant de laboratoire.

3.2.1.2. Réactifs

- Suspension carbonate de magnésium $MgCO_3$ à 1%.
- Solvant d'extraction : acétone à 90 %.

3.2.1.3. Mode opératoire

a. Filtration et conservation

- Dès le retour au laboratoire on a fait la filtration de chaque échantillon et on ajoute quelques gouttes de $MgCO_3$ sur le filtre.
- Le filtre est plié en quatre et enrobé dans du papier aluminium préalablement étiqueté.
- Mettre les filtres dans le congélateur pour une analyse ultérieure.

b. Extraction à l'acétone

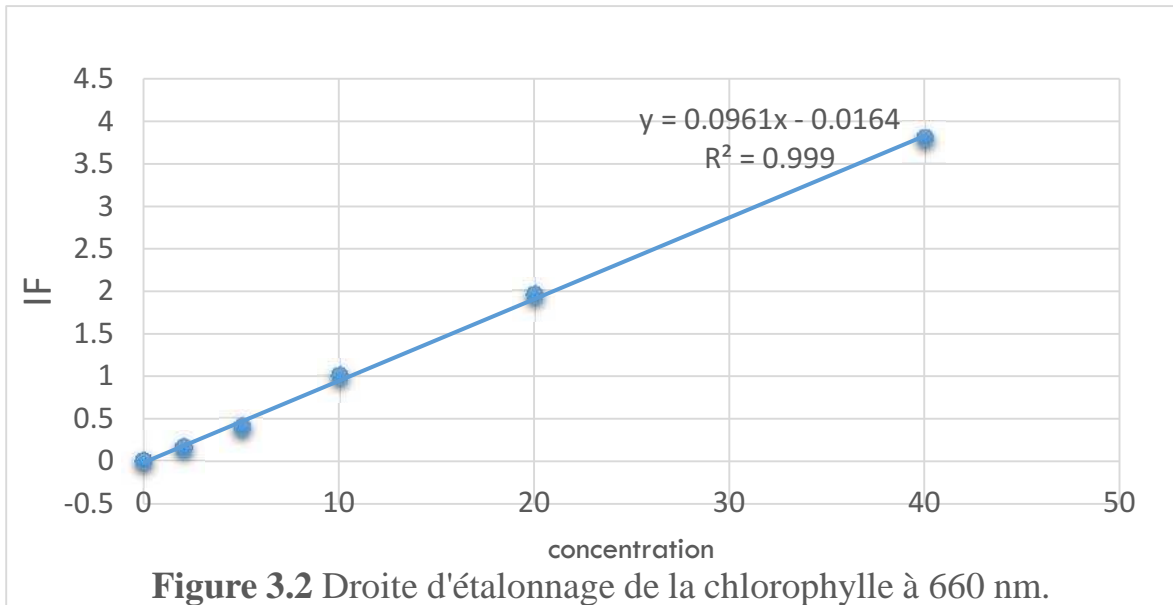
- Les tubes de 10 ml sont préalablement rincés avec de détergent, de l'eau de robinet et de l'eau distillée, et sécher à l'étuve.
- Préparation d'une solution de l'acétone à 90% : dans une éprouvette de 100 ml remplir 90 ml d'acétone pur et compléter à 100 ml par de l'eau distillée.
- Conditionner les tubes de dosage par l'acétone
- Mettre les filtres dans les tubes préalablement numérotés et ajouter 6 ml de l'acétone à 90%.
- Placer les tubes à l'obscurité dans un réfrigérateur, pour une période d'extraction de 12 heures.
- Allumer l'appareil et la lampe une heure avant les mesures.
- Après l'extraction, centrifuger à 3000 tours/min, pendant 2 minutes.
- mesurer l'intensité fluorescente (IF) des échantillons avant et après l'acidification par HCL (0.1 N) d'un volume de 40 μ l pour corriger l'erreur
- La lecture de l'intensité fluorescente se fait aux longueurs d'ondes suivantes :
 - Longueur d'émission = 660 nm.
 - Longueur d'excitation = 540 nm.

3.2.1.4. Etalonnage

L'étalonnage est réalisé à l'aide d'une série de Cinq standards de concentration de : 2 μ g/l, 5 μ g/l, 10 μ g/l, 20 μ g/l et 40 μ g/l, en plus d'un blanc d'acétone pour tracer une droite d'étalonnage de la chlorophylle *a*.

Ces standards sont préparés à partir d'une solution mère de chlorophylle de 2 mg/l.

Les volumes à prélever de la solution mère pour la préparation de la gamme des standards sont respectivement : 1 μ l, 2,5 μ l, 5 μ l, 10 μ l et 20 μ l à compléter ce volume à 10ml avec de l'acétone 90 %.



3.2.1.5. Calcul des concentrations en chlorophylle *a*

La chlorophylle *a* est estimée sans tenir compte des pheopigments (CHL – aci) :

$$\text{CHL } (\mu\text{g/l}) = \left(\frac{F_0}{K_0} \right) * \left(\frac{v}{V} \right)$$

F_0 : valeur de l'intensité fluorescente fluorescence.

K_0 : constante d'étalonnage du fluorimètre pour la chlorophylle *a* pure.

v : volume d'extraction.

V : Volume filtré.

3.2.2. 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) (Figure 3.3), selon les protocoles décrits par le constructeur SKALAR (**annexe 2**)

Le fonctionnement de l'appareil repose sur un principe dynamique simple, 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.

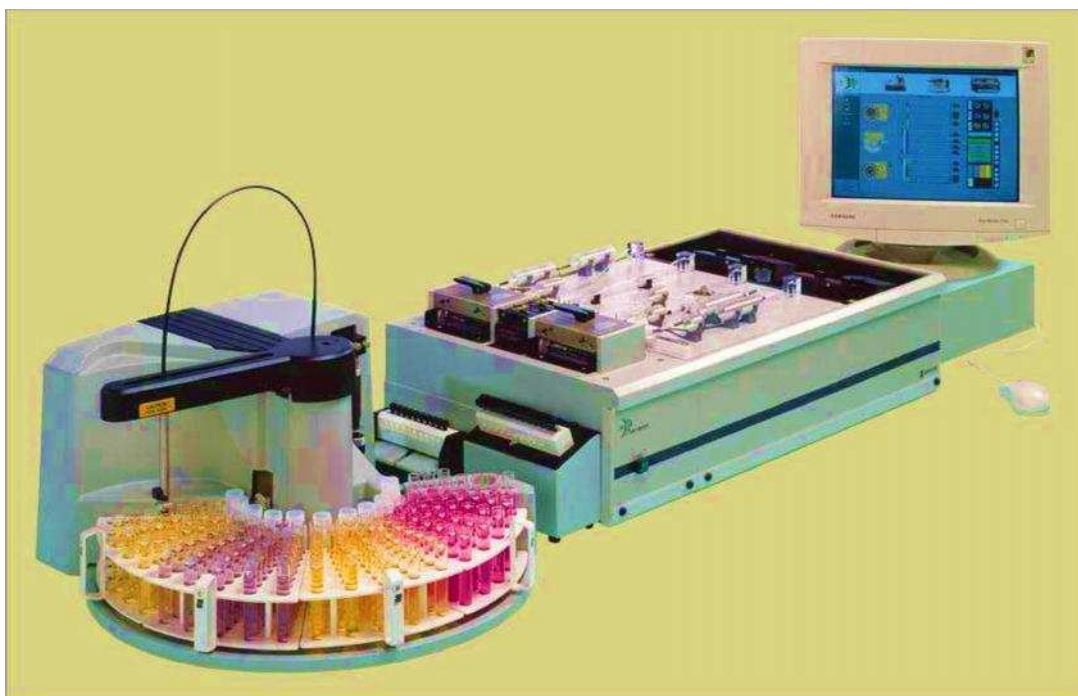


Figure 3.3: L'AutoAnalyser San Plus (SKALAR®, 1996) (www.skalar.fr/pr_san.htm)

3.2.2.1. 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). L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration, de même, ce dernier est d'autant plus importante que la solution est concentrée en sel dosé. La quantité de lumière absorbée par la solution, appelée absorbance (A) ou densité optique ($D.O$), obéit à la loi de BEER-LAMBERT qui est exprimée par la relation suivante :

$$A = D.O. = \log(I_0/I) = \epsilon.L.C$$

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.

3.2.2.2. Matériel utilisé

- Auto-Analyzer SAN plus System de marque SKALAR®, 1998;
- Bi-distillateur MILLI-Q® Reagent Water System ;
- Des micropipettes Fortuna ® avec éjecteur d'embouts de type DIGITAL , une de 200 à 1000 µl et l'autre de 20 à 250 µl.
- des fioles de 100 et 500 ml ;
- Balance, Spatule, entonnoir et bécher et la hôte.

3.2.2.3. Analyse automatique des sels nutritifs

a. 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**)

b. 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**). Les nitrites (en réalité $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ 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**).

c. Dosage des orthophosphates

En présence d'antimoine oxytartrate de potassium à une température de 40° C (bain-marie), les ions orthophosphates (PO_4^{3-}) 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.

d. Dosage de l'ammonium (NH_4^+)

Le constructeur SKALAR a adapté la procédure automatisé pour la détermination de l'ammonium pour l'analyse de l'eau de mer, qui est basé sur la réaction de (**BERTHELOT 1859 MODIFIEE PAR THE**). Elle s'applique à des concentrations allant de 2 à 1100ppb N.

En milieu alcalin ($8 < \text{pH} < 11.5$), l'ammonium dissous réagit sur l'hypochlorite pour former un monochloramine. Ce composé, en présence de phénol et d'un excès d'hydrochlorite (milieu oxydant) donne lieu à la formation d'un bleu indophénol. Après oxydation un composé coloré vert est formé. La réaction de thé est catalysée par le nitroprusside de sodium. Le composé

formé dans un maximum d'absorption qui se fait à une longueur d'onde de 630 nm (SKALAR®1998)

e. 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 (MULLIN ET RILEY, 1955). On y ajoute l'acide oxalique pour éviter les interférences des phosphates.

f. Etalonnage

Cette opération nécessite la préparation d'une solution mère puis une solution fille pour chaque élément à analyser (voir annexe 2). Les droites d'étalonnage sont établies automatiquement par le logiciel en utilisant les concentrations connues des solutions étalons et leurs hauteurs de pic correspondantes

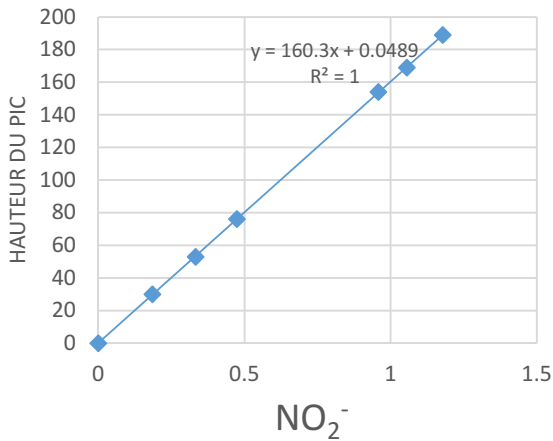


Figure 3.13 : courbe d'étalonnage des nitrites

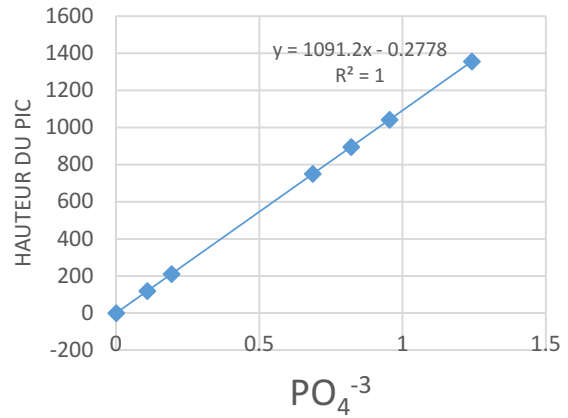


Figure 3.14: courbe d'étalonnage des orthophosphates

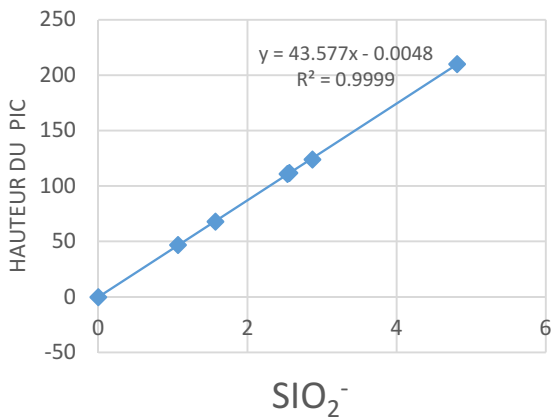


Figure 3.15 : Courbe d'étalonnage des siliciums

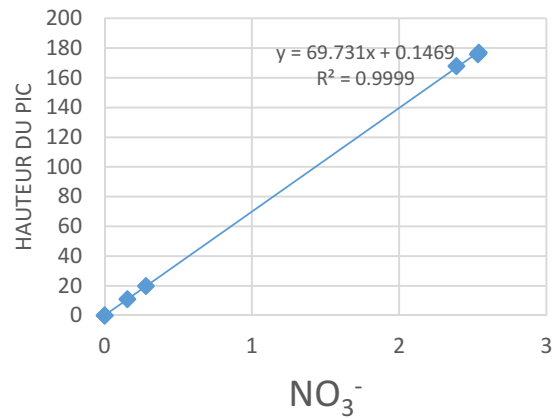


Figure 3.16 : courbe d'étalonnage des nitrates

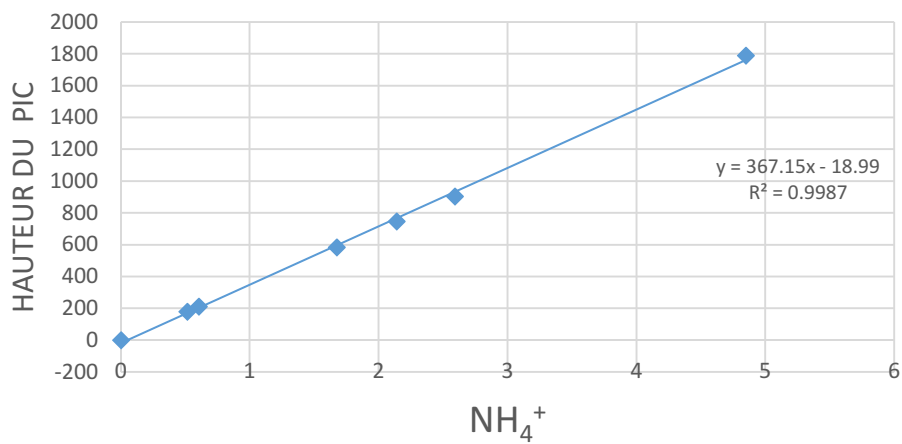


Figure 3.17 : courbe d'étalonnage de l'ammonium



*Résultat et
discussion*

4. Résultat et discussion

4.1. Analyse paramétrique

4.1.1. Variation des Paramètres physico-chimiques

Les données acquises dans la baie de Bou Ismaïl résumées ci-dessous, sous forme de valeurs Moyennes et extrêmes.

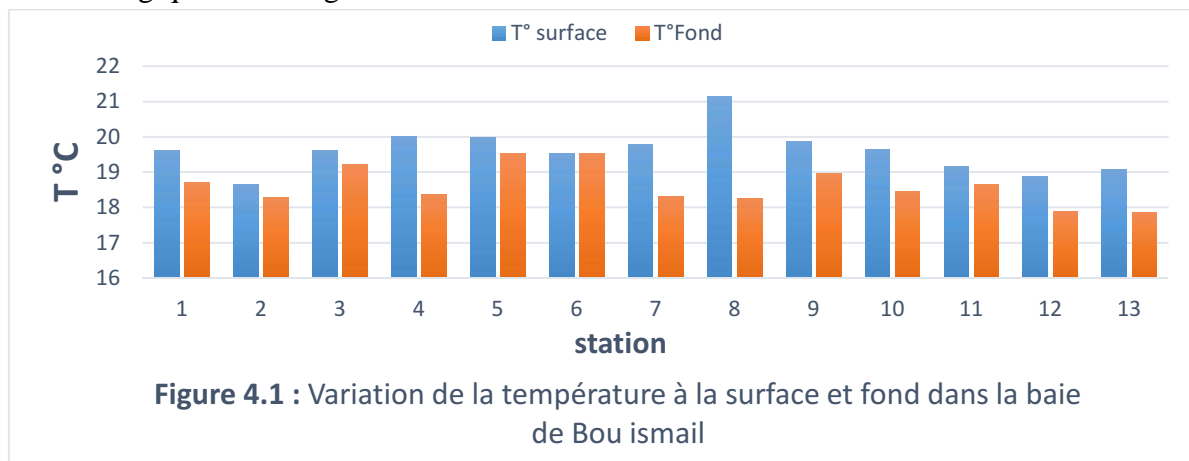
Tableau 4.1 : Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physicochimiques dans la baie de Bou-Ismaïl									
	T (°c)		S (PSU)		pH		OD (mg/l)		
	surface	profondeur	surface	profondeur	surface	profondeur	surface	profondeur	
Moyenne	19,62	18,61	36,33	36,40	8,54	8,65	6,76	6,71	
Maximum	21,13	19,53	36,83	36,95	9,21	10,01	7,84	7,86	
Minimum	18,65	17,85	33,52	33,52	8,11	8,08	4,85	4,96	
E-t	0,65	0,56	0,86	0,91	0,33	0,51	0,88	1,05	

a. Température

Les valeurs de température « *in situ* » mesuré dans la baie de Bou Ismaïl en surface varient entre 18,65°C (station 2) et 21,13 °C (station 8) avec une moyenne de 19,62°C et un écart-type de 0.65.

La température de la couche profonde est plus faibles elle varie entre 19,53 °C (Station 5) à 10 mètre de profondeur et 17,85 °C (station 13) à 25.5 mètre de profondeur avec une moyenne de 18,61 °C et un écart type de 0.56.

De façon générale, les températures mesurées reflètent les températures saisonnières car elles sont influencées par la température de l'aire et le vent et aussi en relation avec les conditions météorologiques de la région.

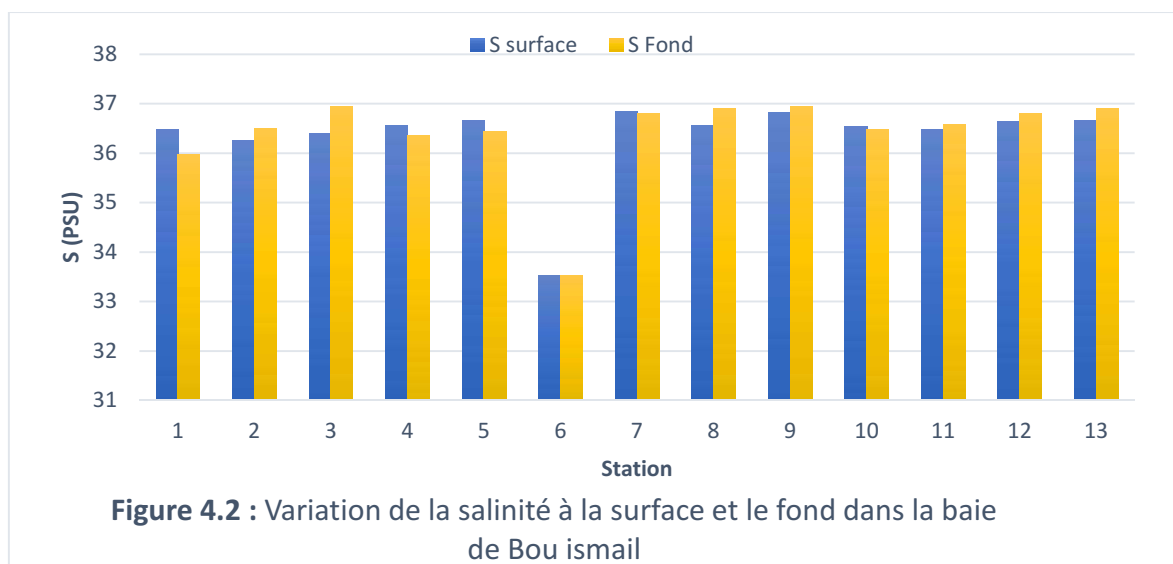


b. Salinité

Les valeurs de salinité « *in situ* » au niveau de la baie de Bou Ismaïl présente une faible variation au surface entre un minimum de 33.52 PSU au niveau de la station 6 de Bou Ismaïl Qui peut être expliquer par la présence de 9 rejet avec un début de $4000 \text{ m}^3 \cdot \text{j}^{-1}$ et un maximum de 36.83 au niveau de la station 7 en face de Bouharoun et une moyenne de 36.33 PSU et un écart type de 0.86.

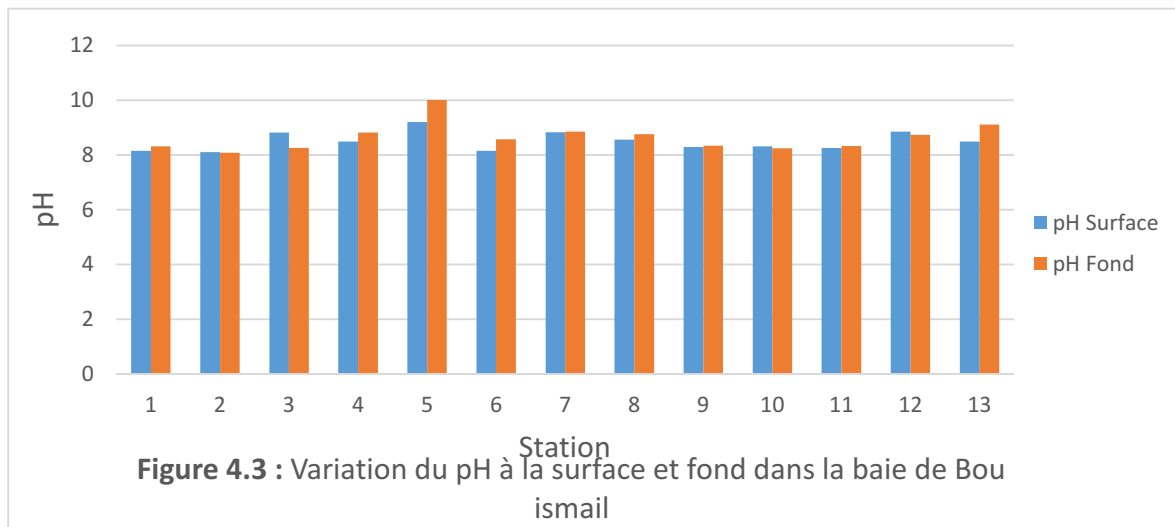
En profondeur la salinité est compris entre un minimum de 33.52 PSU au niveau de la station 6 (on a effectué un seul niveau à ce station) et un maximum de 36,95 PSU en face Oued Mazafran et l'autre à Tipaza avec une moyenne de 36.40 et un écart-type de 0.91.

Une salinité observées de moyenne de 36.33 PSU en surface et 36.40 en profondeur, sont presque identique par rapport aux eaux atlantiques qui présentent une salinité de 36,15 à 36,18 au détroit de Gibraltar (OBATON, 1998). On est donc en présence d'une eau de mélange soumise à une influence des conditions météorologiques et localement influencée par les apports côtiers saisonniers.



c. Potentiel hydrogène

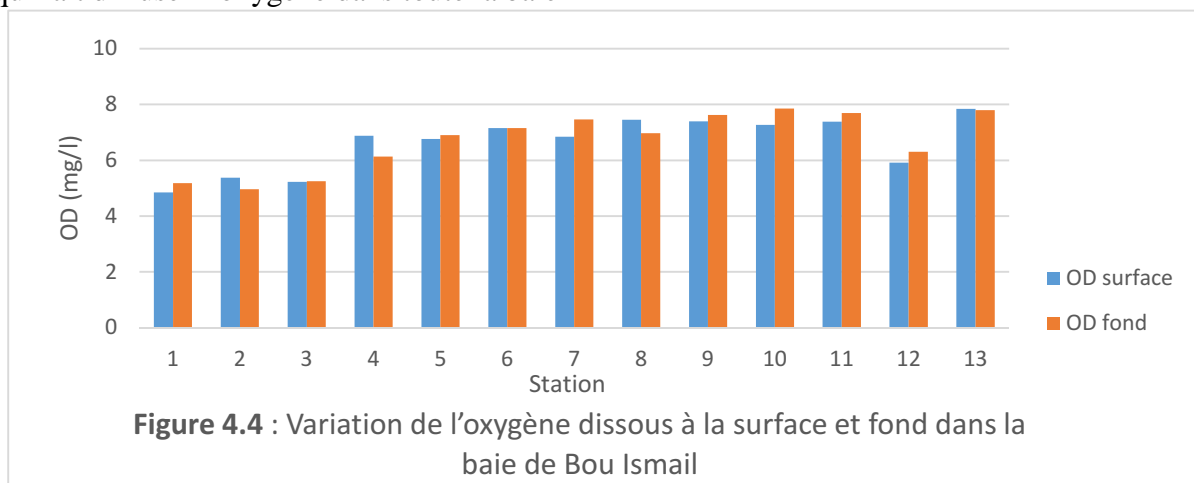
Les valeurs du potentiel d'Hydrogène en surface sont pratiquement homogènes et élevé dans l'ensemble des stations par une moyenne de 8,54 avec un écart type de 0.33. Ces valeurs reflètent le mois de prélèvement (mois de mai) qui caractériser par le phénomène de la photosynthèse et l'augmentation de la respiration (CO_2) qui influe légèrement sur les valeurs de pH obtenue , les valeurs les plus élevés sont mesurer au niveau de Bou Ismaïl par un pH de 10.01 (S6) et 9,21 (S5), elles sont les stations les plus proche de la côte qu'est caractériser par plusieurs sources de pollutions (des rejets alcalin). Et un minimum 8,11 aux ilots de sidi feredj. En profondeur le potentiel hydrogène varie étroitement autour d'une moyenne de 8,65 et un écart-type de 0.51.



d. Oxygène dissous

En surface les mesures in situ de l’oxygène dissous donnent une moyenne de 6.76 mg/l avec un écart-type de 0.88. Les plus faibles valeurs d’oxygène dissous (4.85 mg/l et 5.23mg/l) sont observées au niveau des embouchures des deux oueds Beni Messous et Mazafran ce qui pourrait être dû à la consommation d’oxygène pour la dégradation de la matière organique. Au centre de la baie et en face de la ville de Ain Tagourait et Tipaza les teneurs observées sont plus élevées et avec un maximum de 7.84 mg/l au niveau de la station S13 au large , ce qui est dû probablement à cause d’un grand échange air-mer, la turbidité est très faible, ce qui va favoriser la pénétration de la lumière, et par conséquent l’augmentation de l’activité photosynthétique et la libération de l’oxygène dissous

Au fond, les eaux sont très bien oxygénées d’une moyenne de 6,71 mg/l avec un écart-type de 1,05 les valeurs mesures sont entre 4,96 mg/l au ilot de Sidi ferdj et 7.86 mg/l au niveau de Chenoua plage. Ces valeurs présentent un gradient décroissant d’Est en Ouest, Cette oxygénation peut s’expliquer par la présence des Herbiers à Posidonie et l’hydrodynamisme qui fait diffuser l’oxygène dans toute la baie



4.1.2. Variation des sels nutritifs

Les données acquises dans la baie de Bou Ismaïl résumées ci-dessous, sous forme de valeurs Moyennes et extrêmes

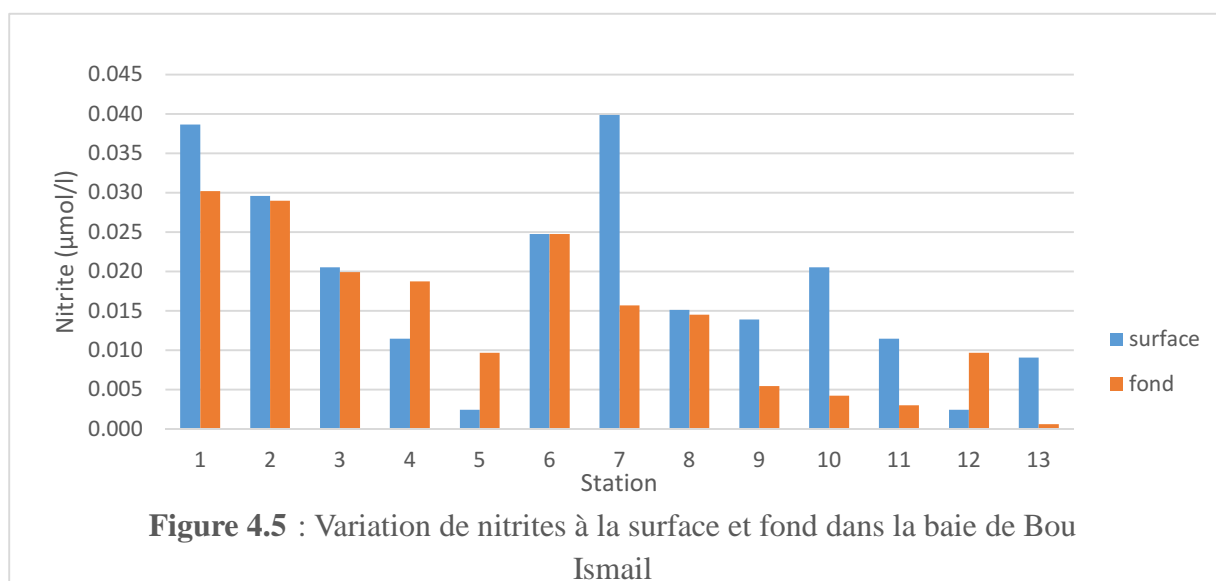
Tableau 4.2 : Les valeurs moyennes et extrêmes des Sels nutritif dans la partie de la baie de Bou-Ismaïl

	Nitrite (µmol/l)		Nitrate (µmol/l)		Phosphate (µmol/l)		Ammonium (µmol/l)		Silicate (µmol/l)	
	surface	Fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond	surface	fond
Moy	0,018	0,014	0,271	0,307	0,063	0,067	3,778	3,785	2,553	2,298
Max	0,040	0,030	0,518	0,761	0,081	0,085	5,294	5,330	3,431	3,562
Min	0,002	0,001	0,047	0,039	0,023	0,026	0,470	1,211	1,321	0,358
E-t	0,012	0,010	0,134	0,198	0,014	0,015	1,453	1,263	0,679	0,893

a. Nitrite (NO₂⁻)

En surface L'azote nitreux dans la Baie de Bou Ismaïl varie entre un maximum de 0.04 µmol/l en niveau de la station 7 en face de Bouharon et un minimum de 0.002 µmol/l au niveau de la station 12 au large avec une moyenne de 0.018 µmol/l et un écart-type 0.012. Ces valeurs faibles sont logiques car les ions nitrites sont des formes intermédiaires, et leur présence dans le milieu marin en quantité importante est due généralement à la présence d'une source polluante de nitrite.

Concernant les eaux profondes on observe le maximum en nitrite au niveau de la station 1 en face de Oued Beni Messous à 13 m de profondeur qui atteindrent 0.030 µmol/l qui coïncident avec le minimum de l'oxygène. Cet enrichissement résulte probablement de l'oxydation de l'ammonium (nitrosation) originaire certainement de la matière organique issue de la charge



polluante de leur rejet. Et un minimum de $0.001 \mu\text{mol/l}$ au large au niveau de la station 13 à 25.5 m de profondeur avec une moyenne de $0.014 \mu\text{mol/l}$ et un écart-type de 0.01.

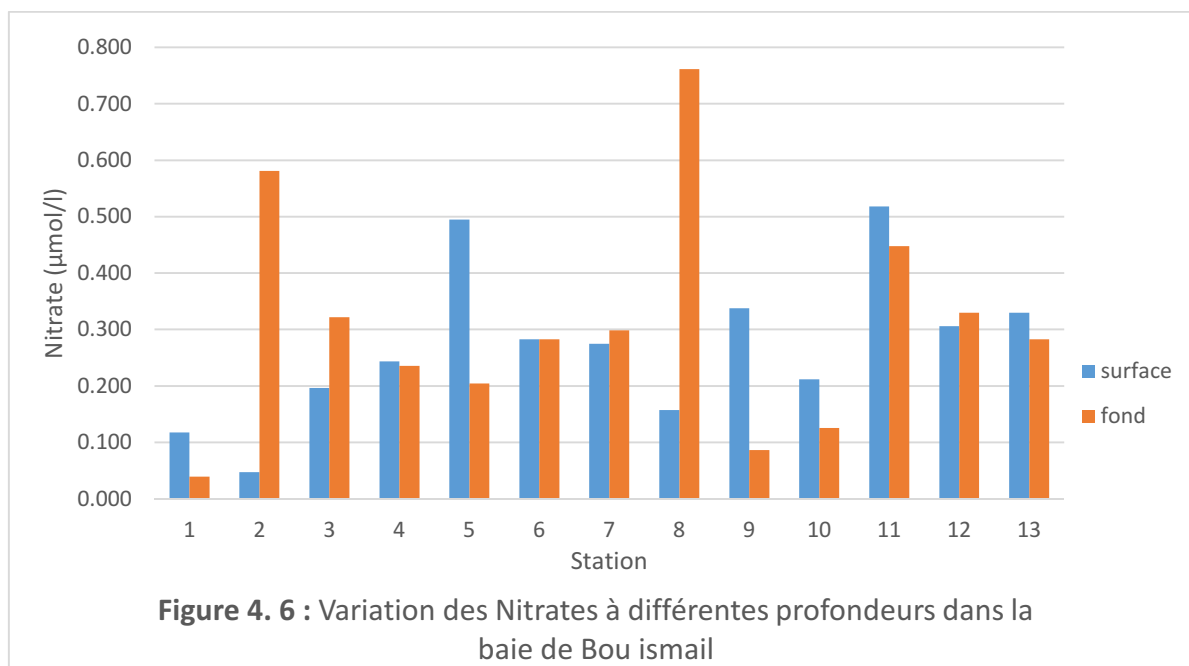
Les valeurs minimales en surface et en profondeur sont localisées vers le large où l'influence côtière se fait beaucoup moins sentir en raison probablement de la dilution par le mélange avec les eaux hauturières.

b. Nitrate (NO_3^-)

En ce qui concerne les ions nitrates, les valeurs moyennes mesurées en surface et en profondeur sont respectivement de l'ordre de $0,271 \mu\text{mol/l}$ et de $0,307 \mu\text{mol/l}$ avec un écart-type de 0,134 et 0,198.

En surface, une valeur minimum a été mesurée de $0,047 \mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 2 aux îlots de Sidi Fredj et un maximum de $0.518 \mu\text{mol/l}$ en face d'Oued Nador.

En profondeur, les valeurs sont variées entre $0.039 \mu\text{mol/l}$ et $0.761 \mu\text{mol/l}$. Ces teneurs élevées des nitrates résultent de la matière organique, les résidus des animaux et les eaux usées domestiques drainés par Oued Beni Messous et Oued Nador et Oued Mazafran et même les eaux de ruissellement par les terres agricoles qui sont riches en nitrates (engrais) et on peut noter que le nitrate est la forme la plus répandue dans la méditerranée (65% du stock de l'azote).



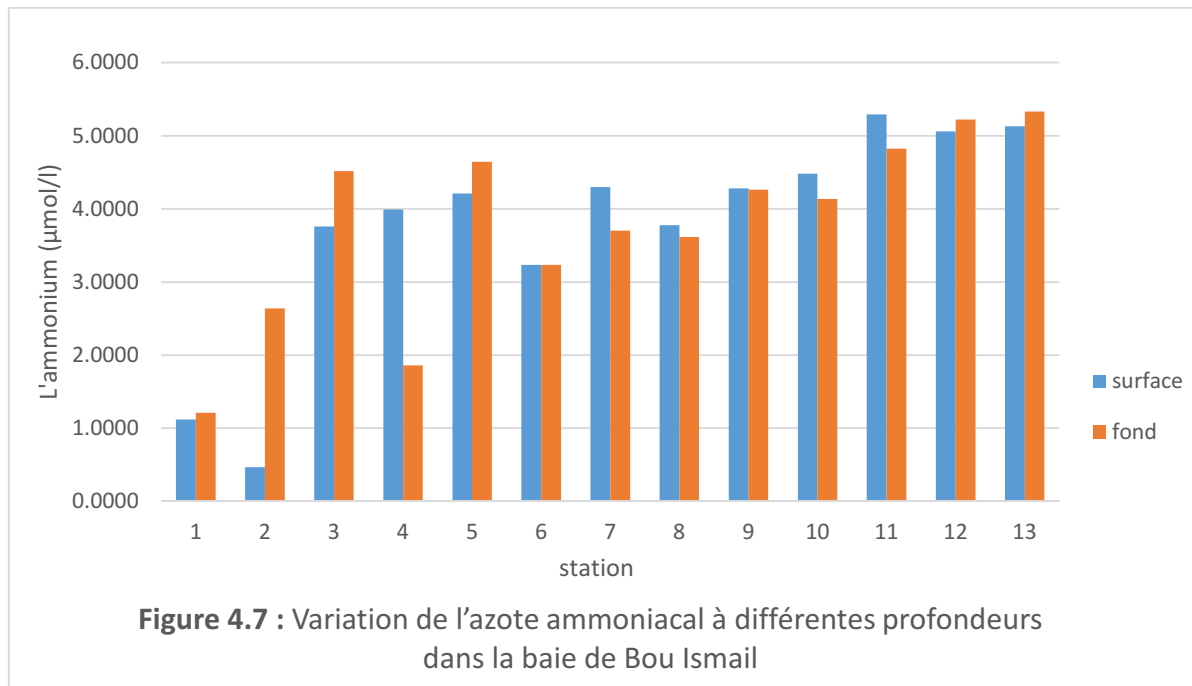
c. L'ammonium (NH_4^+)

Les mesures in situ de l'ammonium au niveau de la Baie de Bou Ismail donnent des valeurs presque identiques en surface et en fond

En surface les valeurs sont comprises entre un minimum de $0,470 \mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 2 à l'îlot de Sidi Fredj et un maximum de $5,294 \mu\text{mol/l}$ en face d'Oued Nador cette valeur élevée peut

être expliqué par les rejets domestiques et les eaux usées de l'Oued, avec une moyenne de 3,778 $\mu\text{mol/l}$ et écart-type de 1.453

En profondeur les fortes valeurs est observé au large (Station 12 et station 13) 5,330 $\mu\text{mol/l}$ où il y'a des excréments biologiques de l'ammonium par les zooplanctons. Les valeurs minimales sont enregistrées au niveau de la station 1 avec une moyenne de 3,785 $\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de 1,263



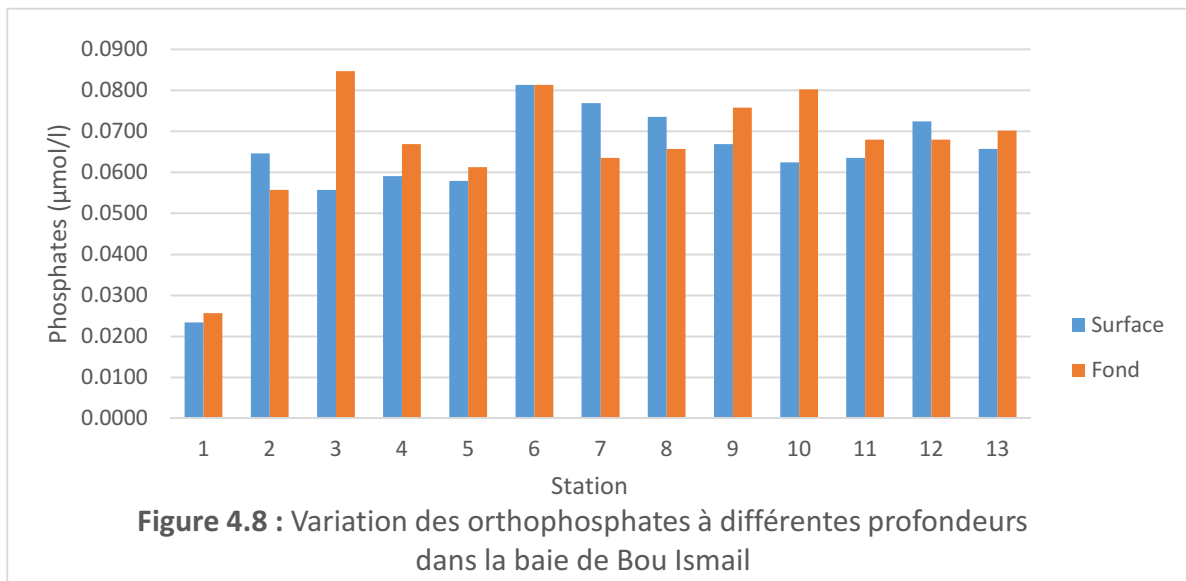
d. Les orthophosphates (PO_4^{3-})

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

Les mesures des orthophosphates donnent des valeurs assez faibles en surface et leurs concentrations dans la baie est à l'état de trace à cause de leur consommation par le Phytoplancton (bloom printanier), autour d'une moyenne de 0.063 $\mu\text{mol/l}$ avec un écart-type de 0,014 en surface et 0.067 $\mu\text{mol/l}$ avec un écart-type de 0.015 en profondeur.

Les valeurs minimales en surface et en profondeur sont respectivement de l'ordre de 0.023 $\mu\text{mol/l}$ et 0.026 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 1 en face Oued Beni Messous.

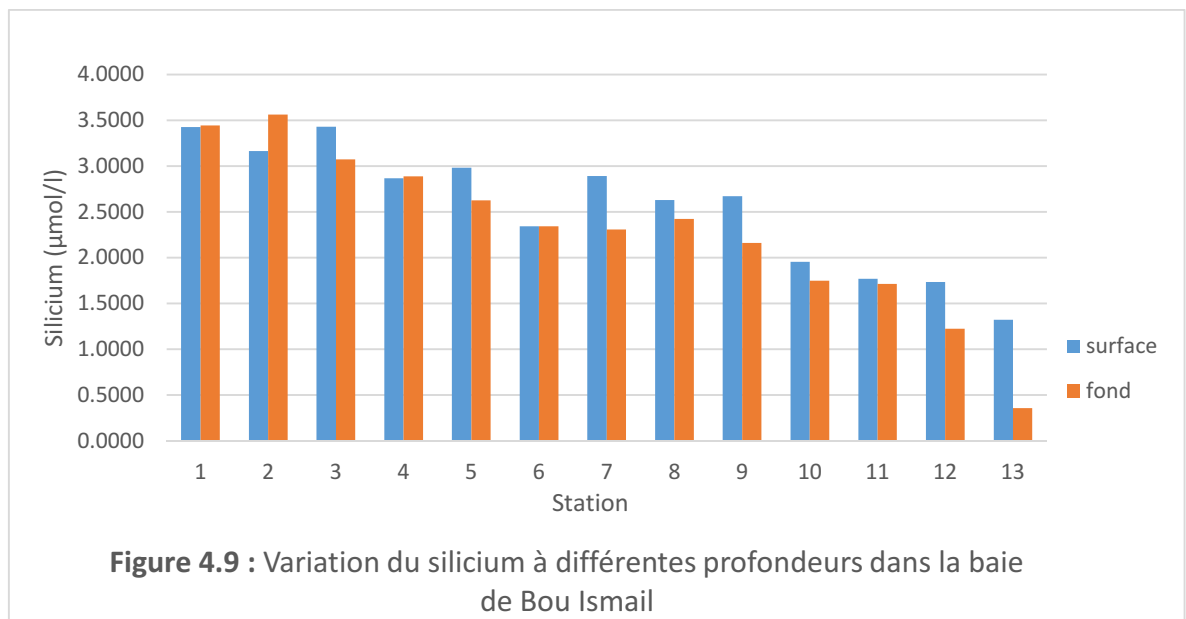
La valeur maximal en surface est 0.081 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 6 a Bou Ismaïl et en profondeur on a trouvé 0.085 $\mu\text{mol/l}$ en face de Oued Mazafran (station 3) à une profondeur de 8.2 m, Elle peut s'expliquer par les rejets urbains et les eaux usée chargé en matière organique. Les fortes valeurs du fond sont souvent interprétées comme le résultat de la décomposition de la matière organique produite en surface.



e. Silicates SiO₂⁻

La concentration des silicates en surface varie entre un minimum de 1,321µmol/l au niveau de la station 13 au large et un maximum de 3,431µmol/l au niveau de Oued Mazafran (station 3) avec une moyenne de 2,553µmol/l et un écart-type 0,679

En profondeur les concentration comprises entre un minimum de 0,358 µmol/l au large (station 13) et un maximum de 3,562 µmol/l au niveau des îlots de Sidi Fredj (station 3) avec une moyenne autour de 2,298 µmol/l et un écart-type de 0,893



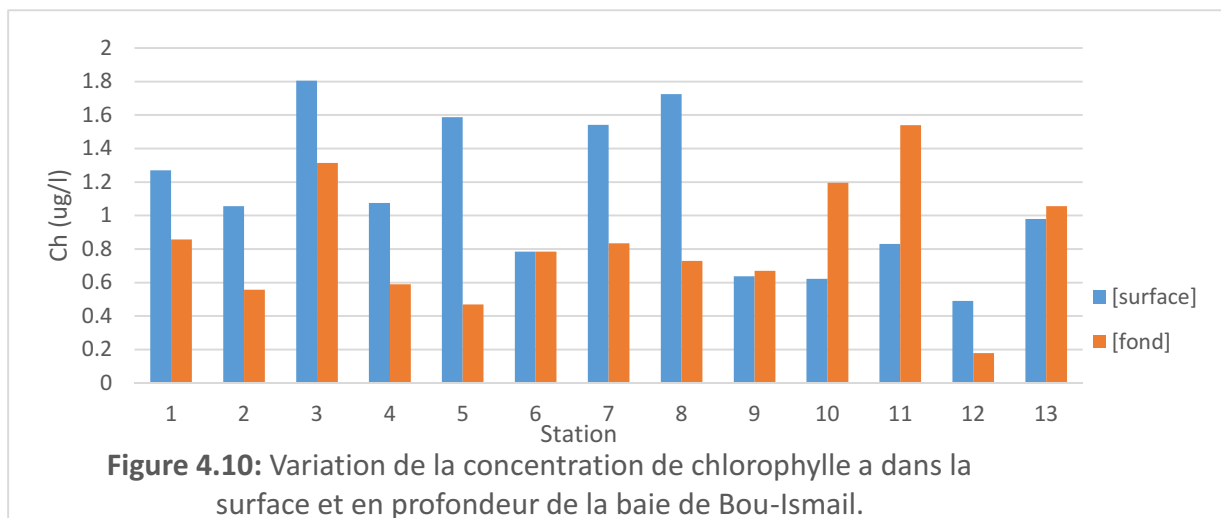
4.1.3. Chlorophylle *a*

Tableau 4.3 : les valeurs moyennes et extrêmes de la concentration en chlorophylle *a* dans la baie de Bou-Ismaïl

	Chlorophylle ($\mu\text{g/l}$)	
	Surface	fond
maximum	1,804	1,540
minimum	0,490	0,180
moyenne	1,108	0,829
Ecart-type	0,443	0,370

les concentration de la chlorophylle *a* dans la baie de Bou Ismaïl atteindre des valeurs très élevée, en surface elle est comprise entre un minimum de 0,490 $\mu\text{g/l}$ au large (Station 12) et un maximum de 1,804 $\mu\text{g/l}$ en face oued Beni Messous (Station 3) avec une moyenne de 1,108 $\mu\text{g/l}$ et un écart-type de 0,443 $\mu\text{g/l}$.

En profondeur les valeurs enregistrées varient entre un minimum de 0.180 $\mu\text{g/l}$ au niveau de la station 12 au large et un maximum de 1.54 $\mu\text{g/l}$ et une moyenne de l'ordre de 0,829 $\mu\text{g/l}$ en face Oued Nador et un écart-type de 0,370 $\mu\text{g/l}$.



Par comparaison on trouve que les valeurs maximales sont observées à la proximité d'Oued Beni Messous et Nador en surface et en profondeur respectivement. Les valeurs minimales en surface et en profondeur sont au large au niveau de la station 12.

La production primaire qui caractérise le mois de mai influe sur la concentration de la chlorophylle *a* dans la baie de Bou Ismaïl où la chlorophylle est le composé chimique indispensable à la photosynthèse sa présence dans tous les organismes végétaux, associée à l'énergie solaire, lui permet de synthétiser ses propres matières organiques. Donc les valeurs trouvé reflètent la période des prélèvements et explique les valeurs faible de nitrates et nitrites et le phosphates mesuré dans la baie de Bou Ismaïl.

4.2. Evolution des paramètres physico-chimiques et les sels nutritifs dans de la baie de Bou-Ismaïl durant les deux périodes 2012 et 2015

Pour avoir une idée sur les variations des différents paramètres en fonction de la saison. Une étude d'évolution a été faite durant les deux périodes 2012 et 2015. On a choisi de comparer de nos résultats avec celle de 2012 car elle est faite dans les mêmes conditions et les mêmes stations et aussi dans la même période

4.2.1. Les paramètres physico-chimiques

a. Température

Les valeurs de température enregistrer durant notre sortie par rapport à celle mesurer en 2012 pour les deux niveaux surface et profondeur sont presque identique. Pendant les deux périodes les valeurs les plus bas sont enregistrées en profondeurs et les élevés en surface qui sont en relation avec la température de l'air.

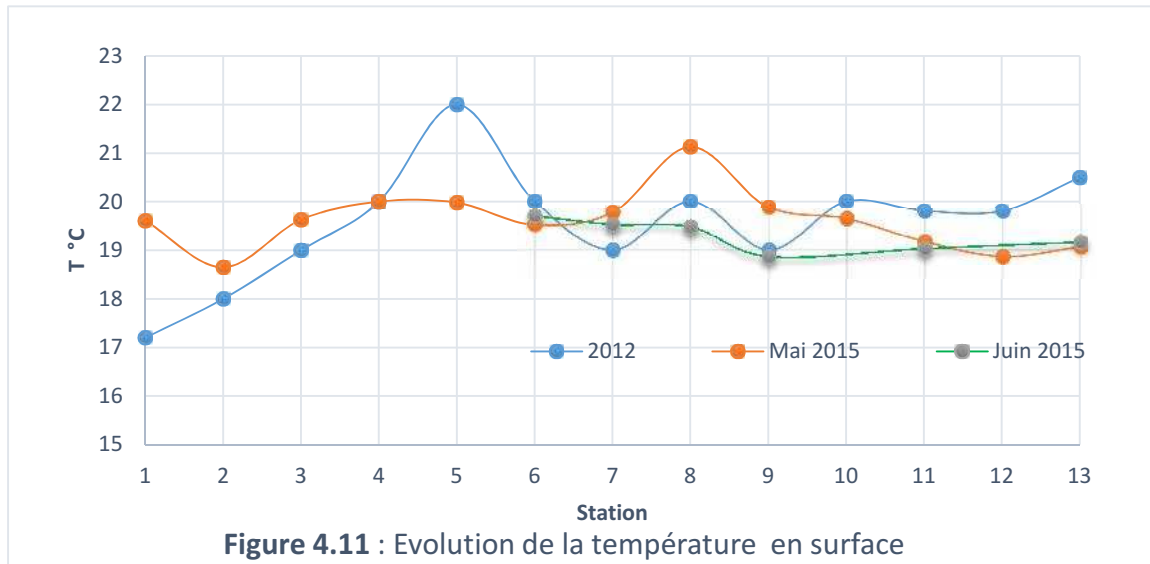


Figure 4.11 : Evolution de la température en surface

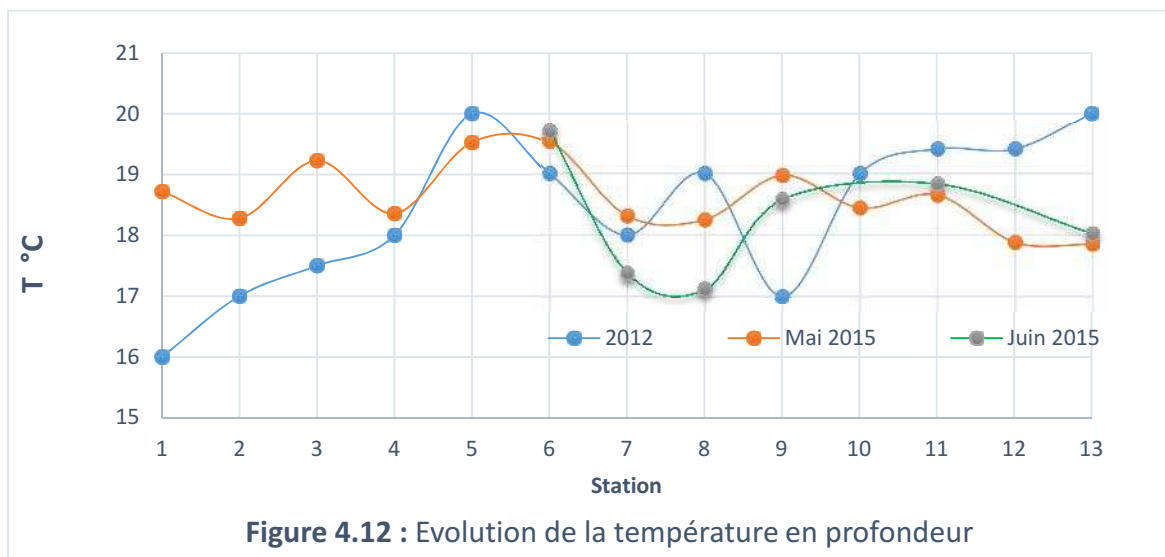


Figure 4.12 : Evolution de la température en profondeur

b. Salinité

Les mesures de salinité effectuées en 2012 et en 2015 (mai et juin) montrent une certaine similarité sauf pour quelques stations (station 6) en 2015 qui atteint la plus basse valeur de salinité 33.5 PSU et (station 2) en 2012 avec une salinité de 34.8 PSU. Ces deux stations sont probablement influencées par les apports d'eau douce.

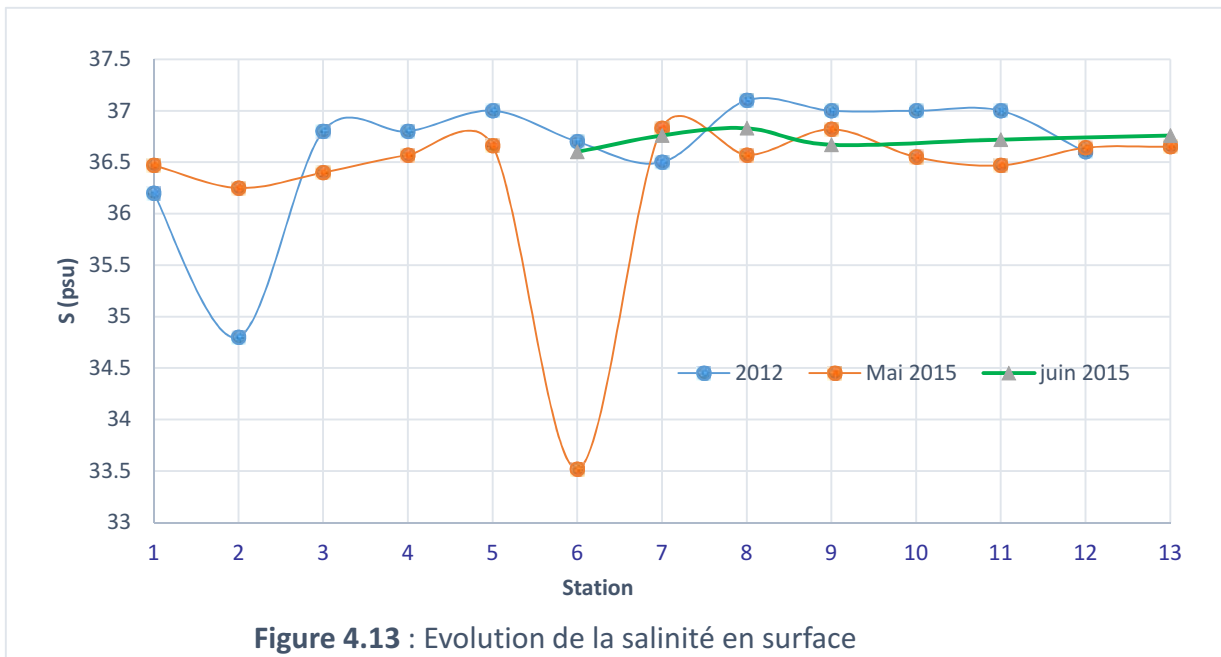


Figure 4.13 : Evolution de la salinité en surface

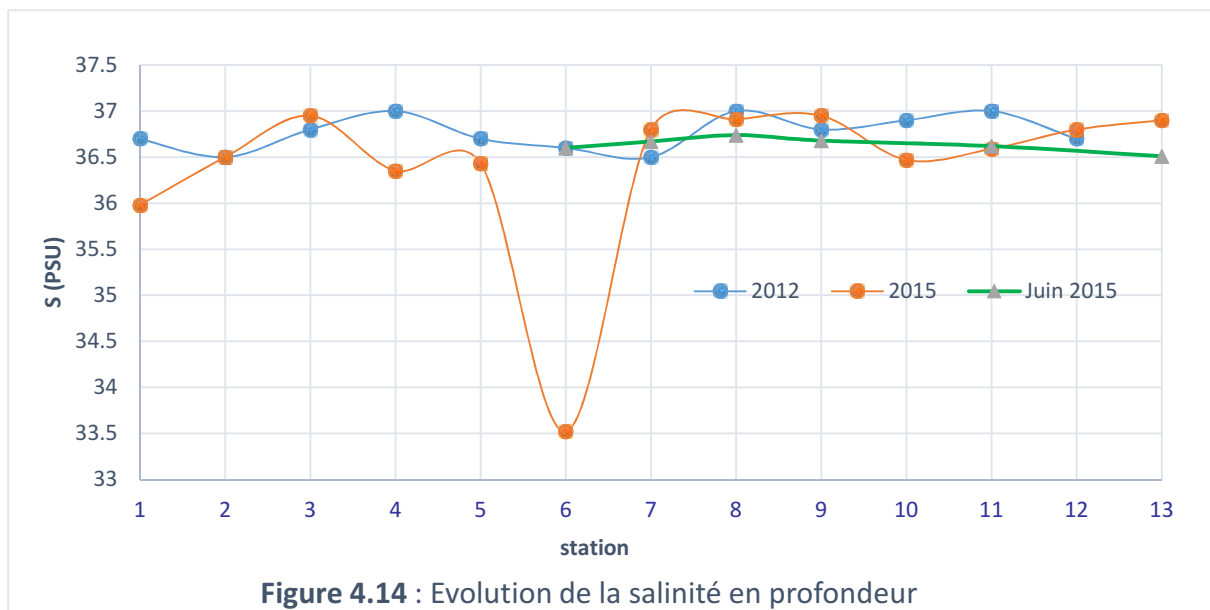
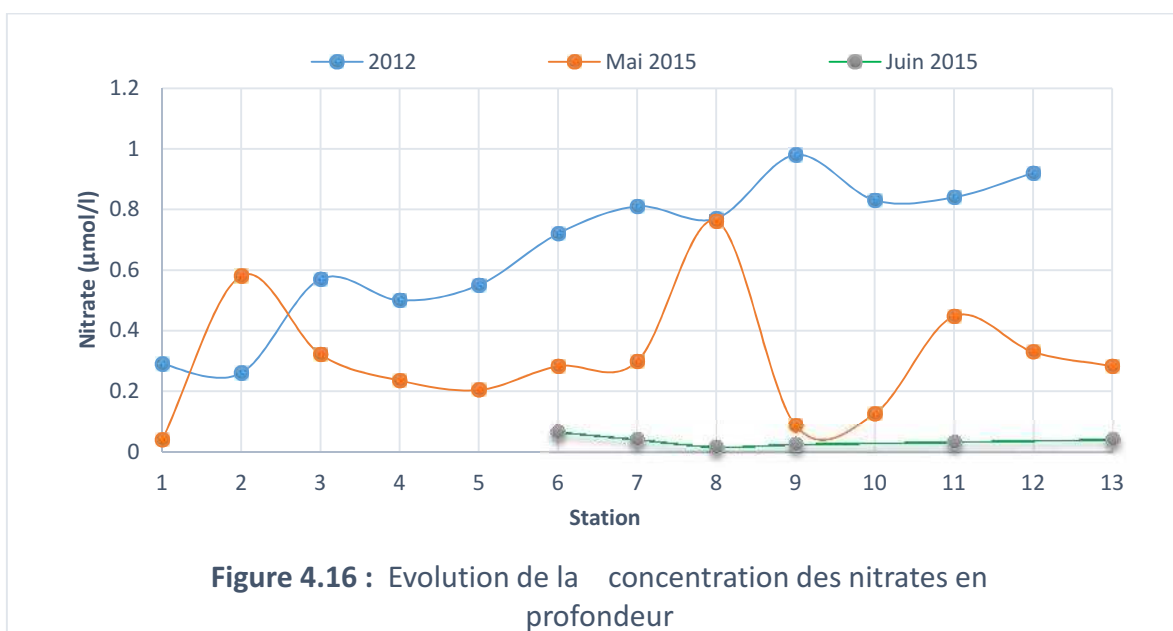
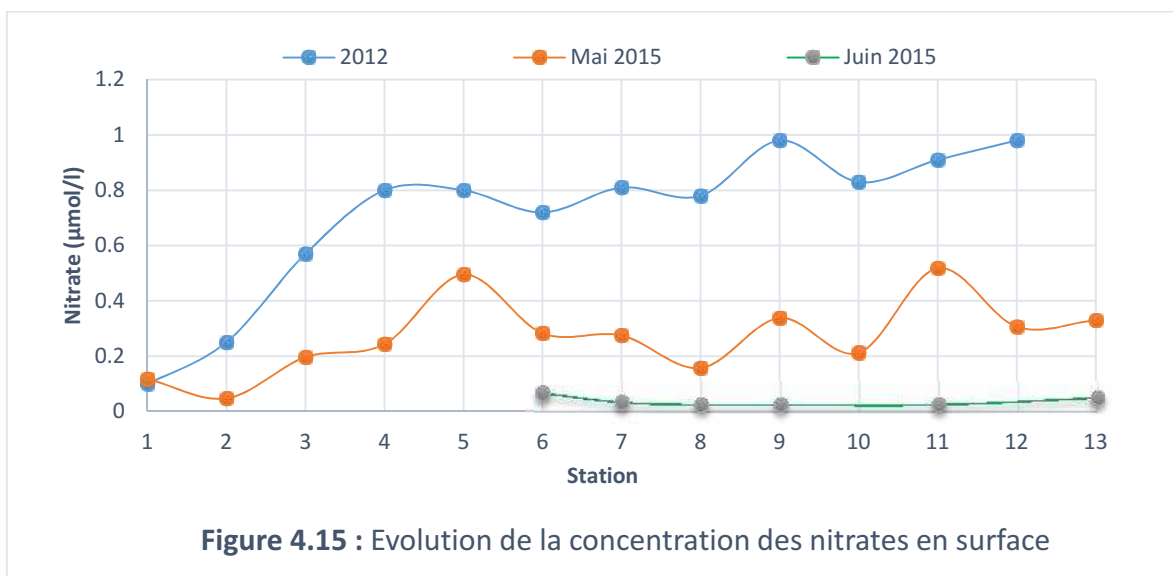


Figure 4.14 : Evolution de la salinité en profondeur

4.2.2. Les sels nutritifs

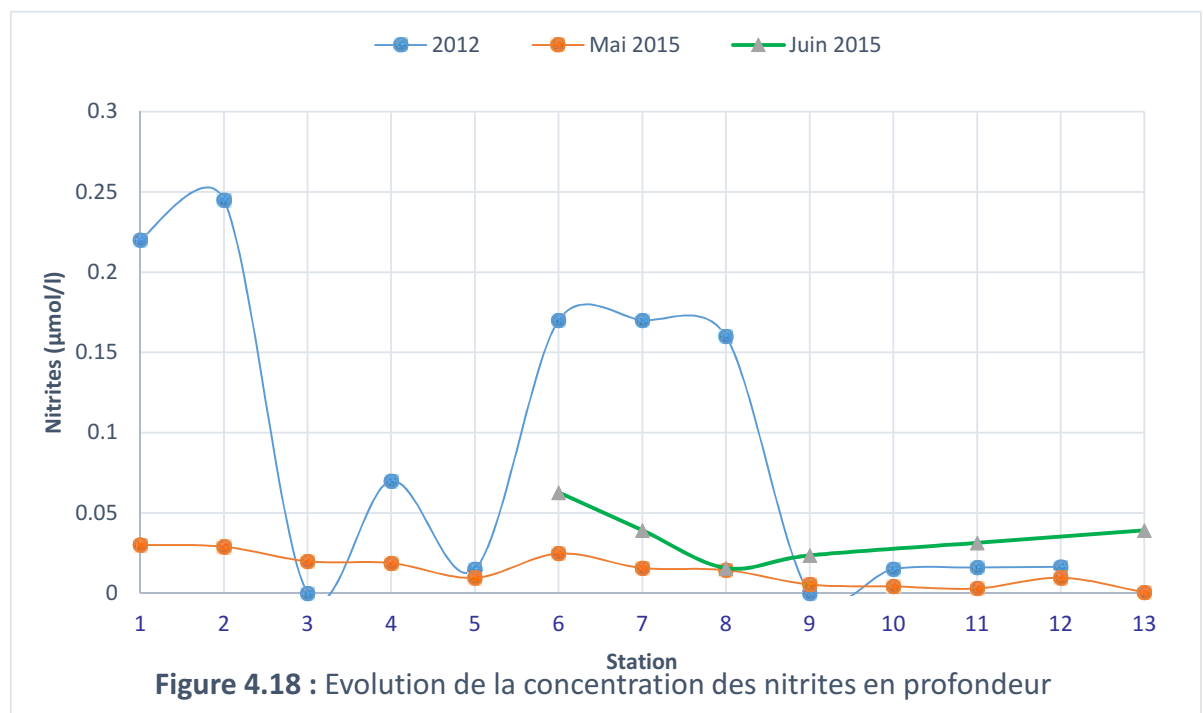
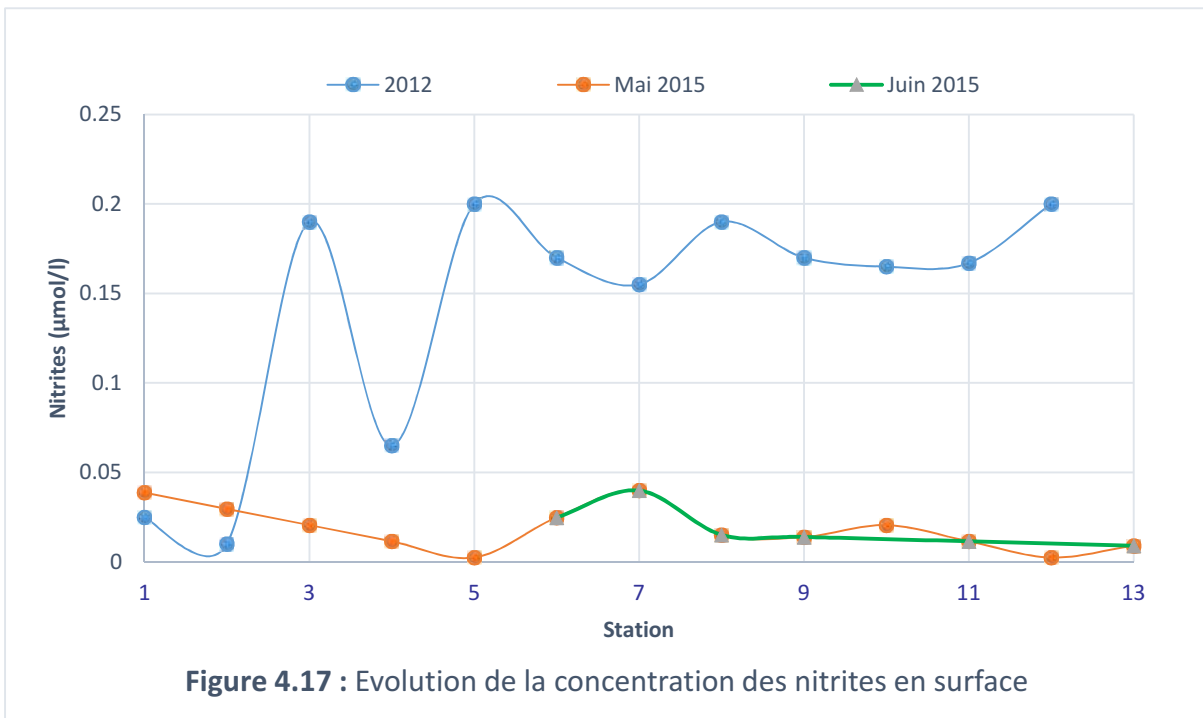
a. Nitrate (NO₃⁻)

Les concentrations de nitrate qu'on a mesuré en surface sont assez faibles par rapport à celle de 2012. En profondeur les concentrations sont les même dans la partie Est de la baie de Bou Ismail, mais au centre et en Ouest de la baie les concentrations de nitrates elles diminuées en 2012 à 2015. En juin 2015 les nitrates sont à l'état de trace, Ces valeurs faibles de nitrate reflètent la période de prélèvement (mois de mai) qu'est caractérisé par leur forte production primaire et l'assimilation vite de nitrate par les phytoplanctons



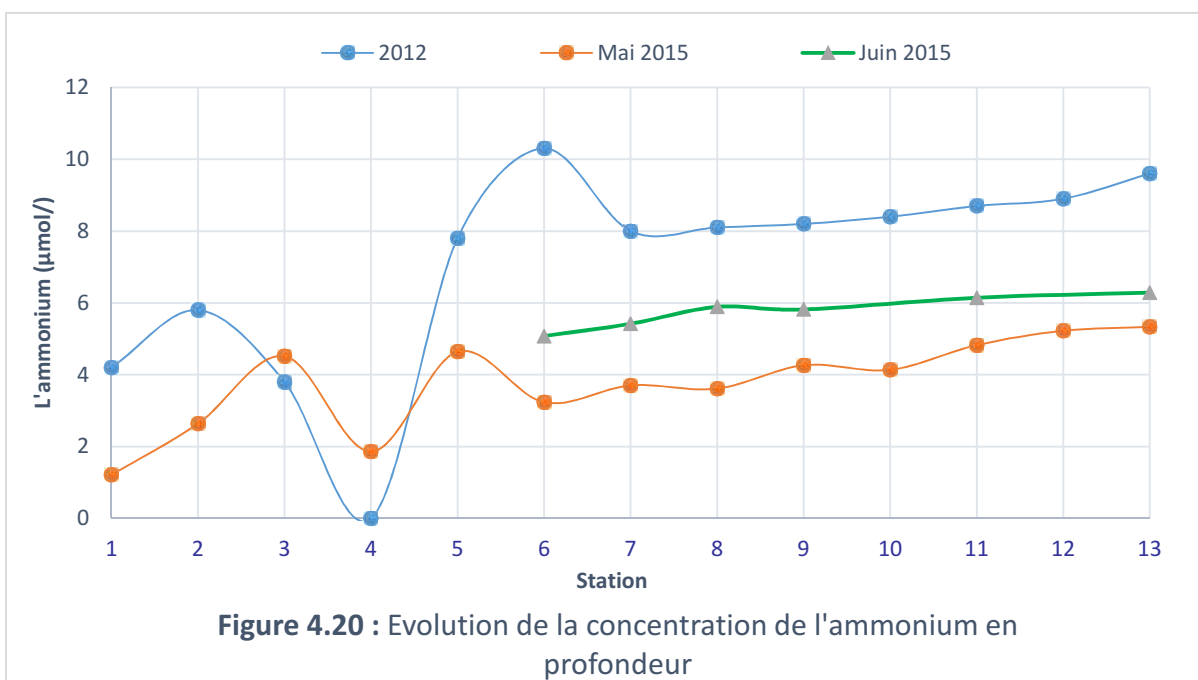
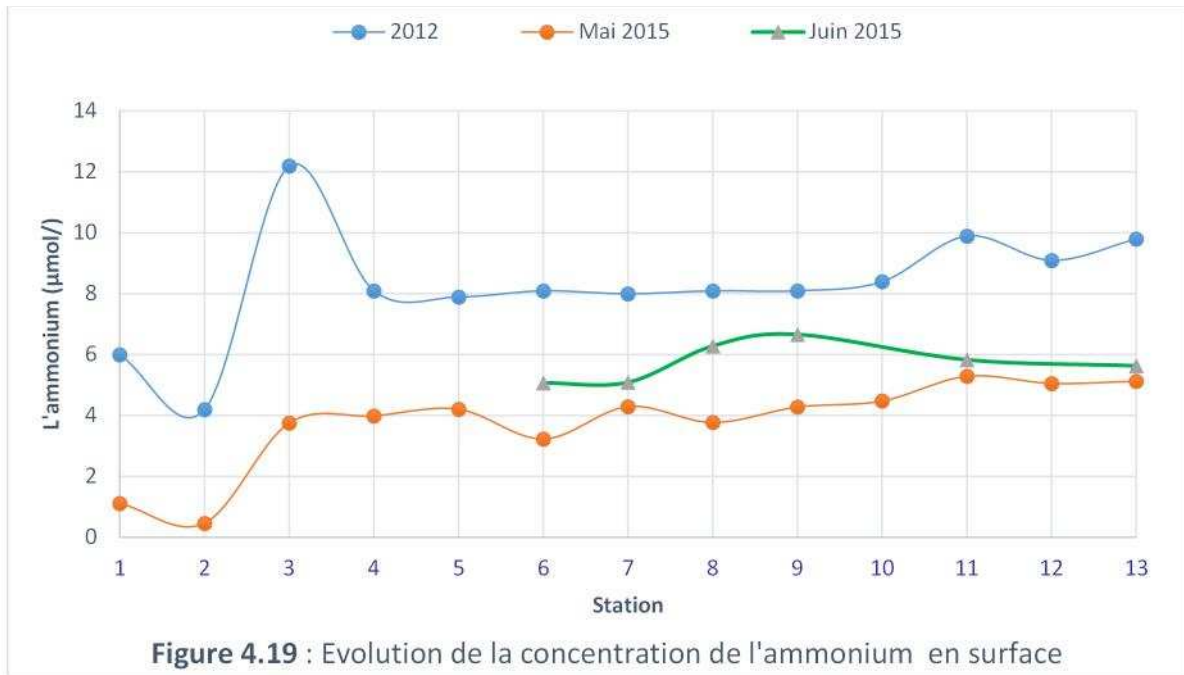
b. Nitrites

En 2015(mai et juin) les valeurs des nitrites obtenus en surface et en profondeur montrent une diminution importante par rapport aux valeurs obtenues en 2012.



c. Ammonium

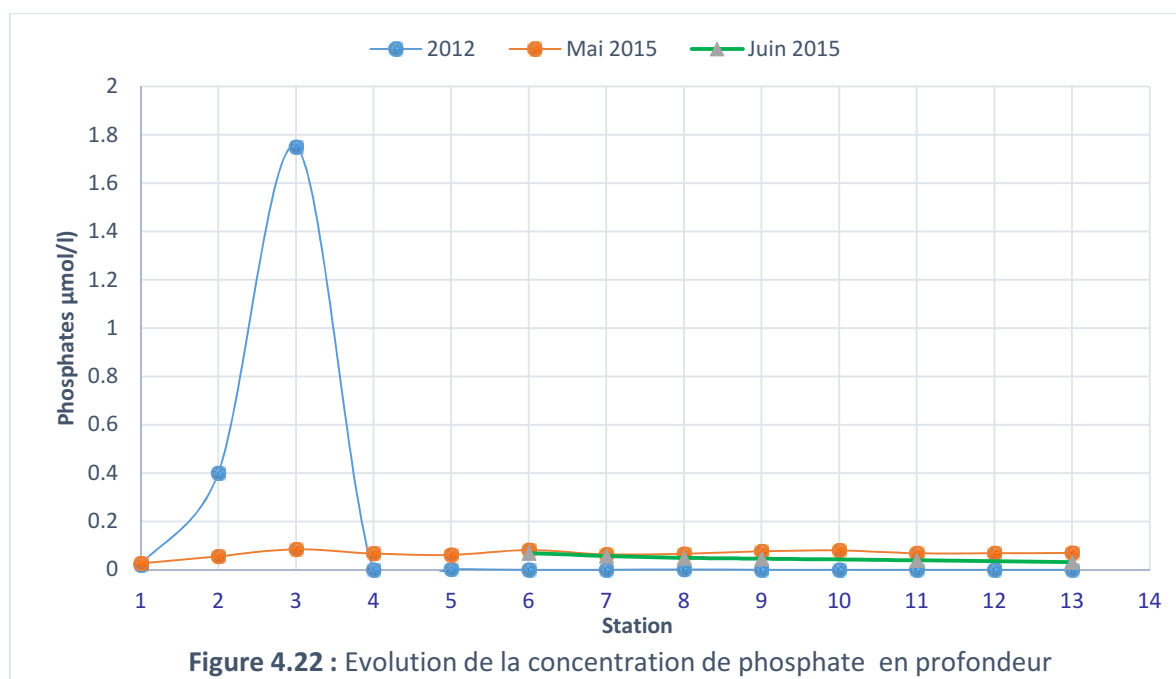
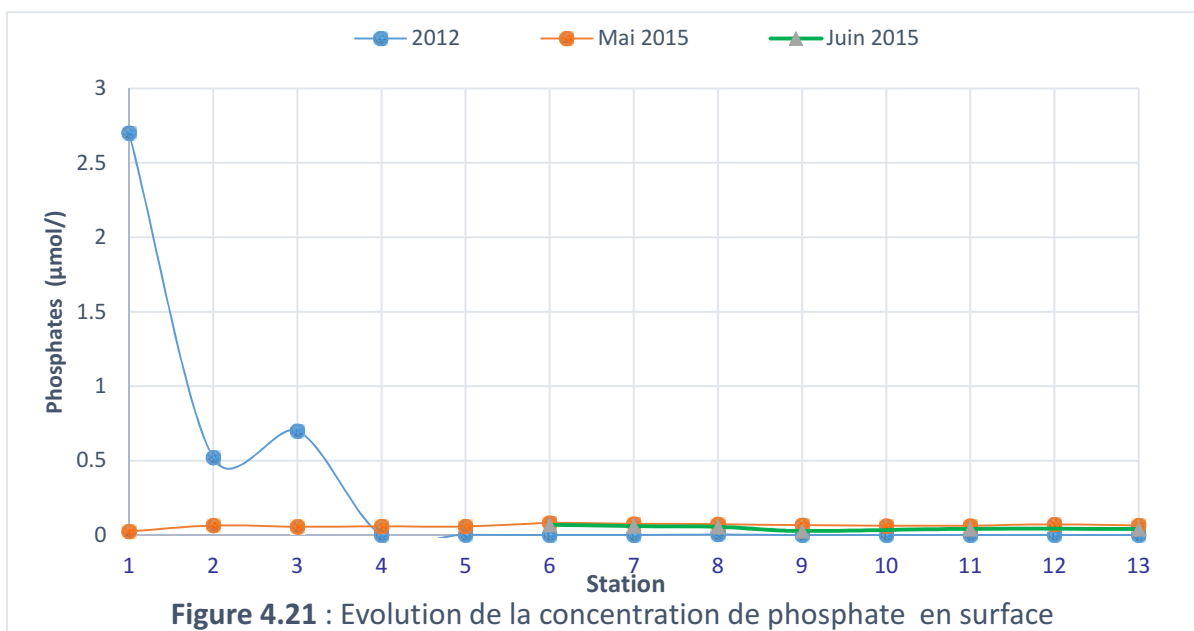
Les concentrations de l'ammonium mesuré en 2015 sont faibles par rapport à celle de 2012. Mais les graphes présentent une certaine corrélation de la partie Est vers l'Ouest.



d. Les orthophosphates

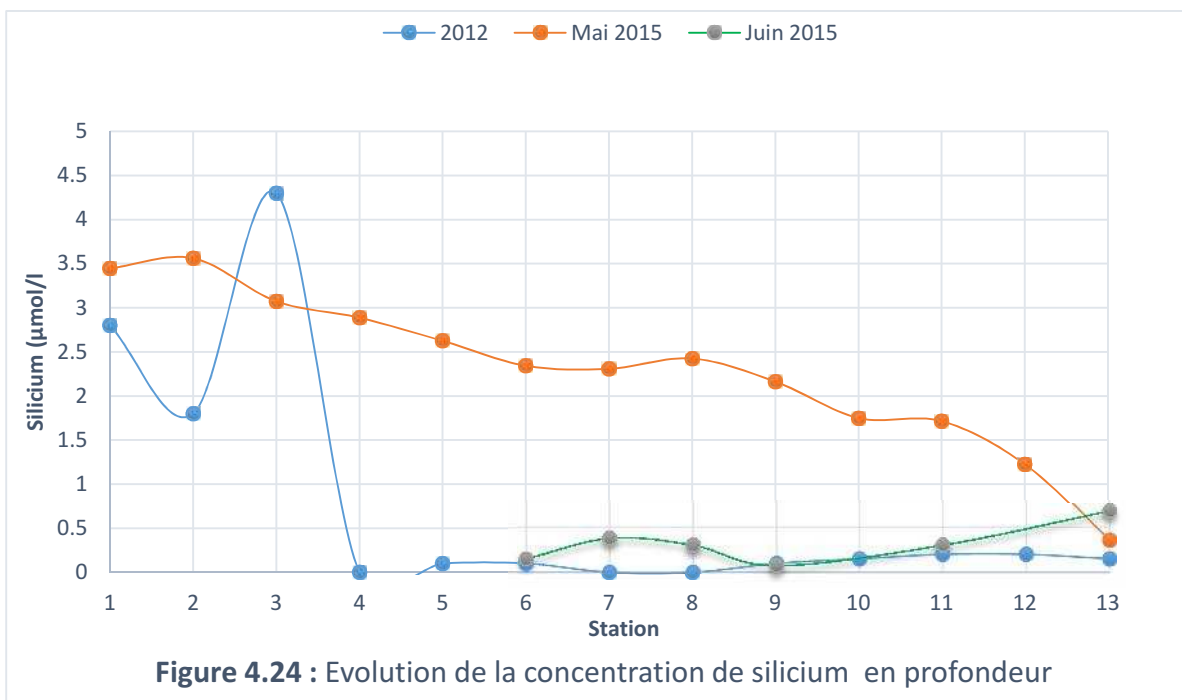
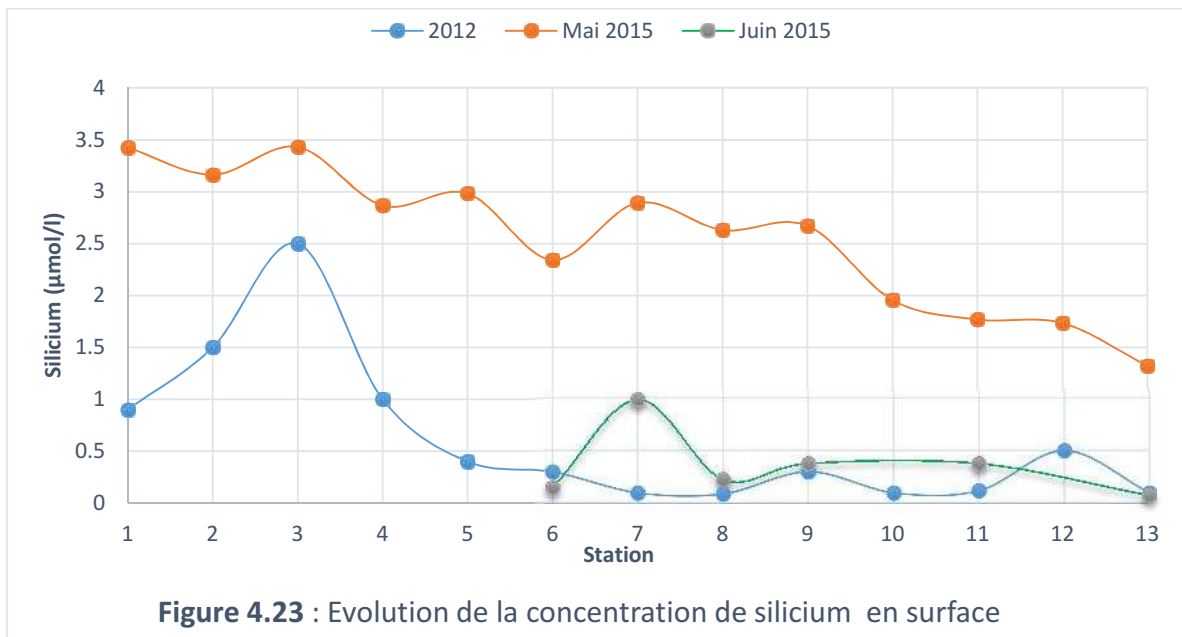
Les valeurs mesurées des phosphates dans les eaux de surface et celles de profondeur sont à l'état de trace en 2015.

En 2012 les pics sont observés en face d'Oued Beni Messous et Mazafran qui rejette des détergents riche en phosphore mais dans la partie Est sont presque nul.



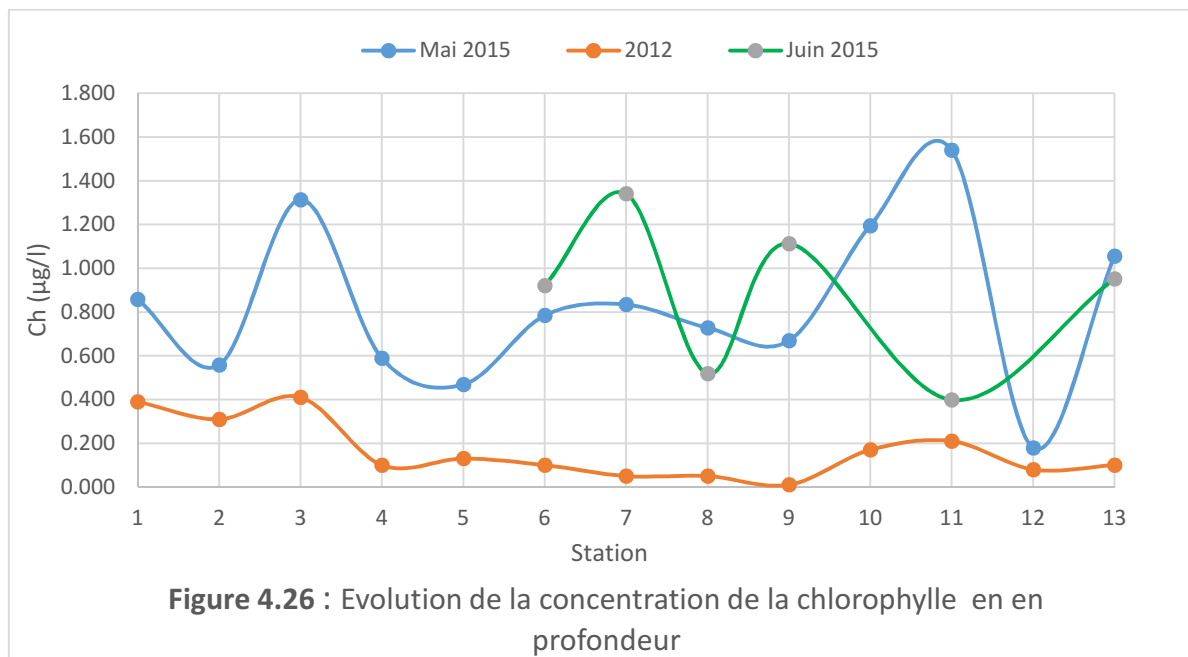
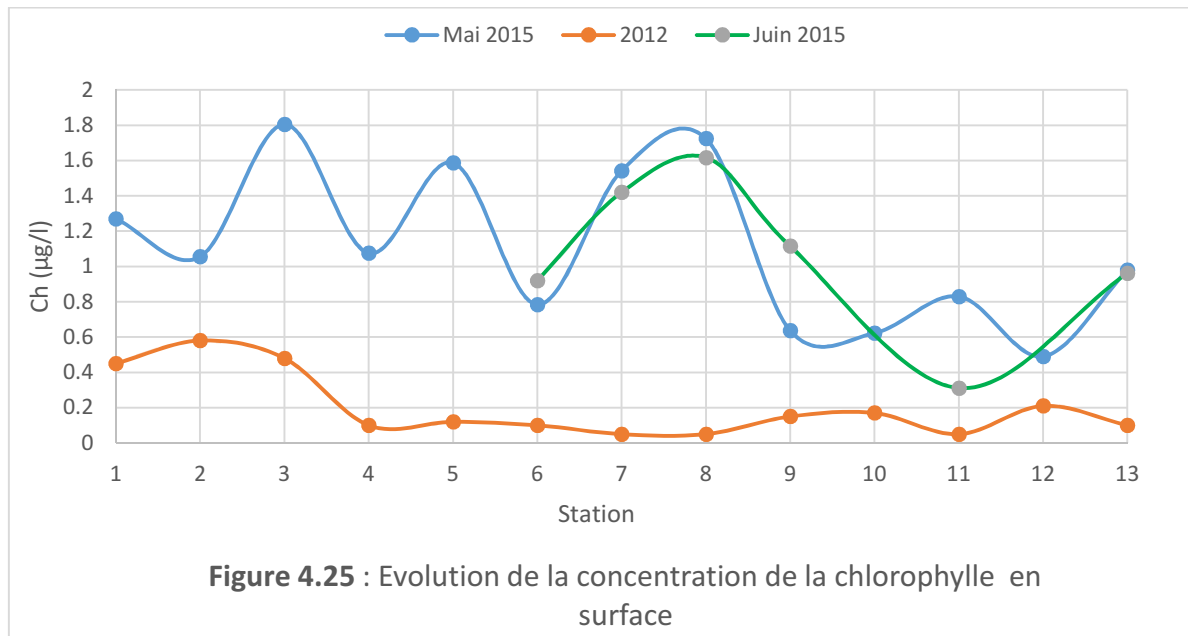
e. Silicium

Concernant les silicates les valeurs de surface et de profondeur en 2015 sont supérieures à celle de 2012. Et on observe aussi une diminution de l’Est vers l’Ouest pour les deux périodes, qui explique l’influence d’Oued Beni Messous et Mazafran sur la partie Est de la baie.



4.2.3. Chlorophylle *a*

Les concentrations de la chlorophylle *a* en 2015 pour les deux niveaux surface profondeur sont supérieures à celle de 2012. Et on observe aussi pour les deux périodes les valeurs maximales situées aux niveaux des embouchures (Beni Messous Mazafran et Nador) où l'apport en nutriment est important par contre les valeurs minimales sont situées au large de la baie



4.3. Analyse binaire

L'analyse binaire est une méthode pour le traitement et l'étude des comportements d'un Paramètre par rapport à l'autre dont l'objectif est la mise en évidence des relations et des dépendances qui peuvent exister entre ces paramètres.

4.3.1. Rapport de Redfield

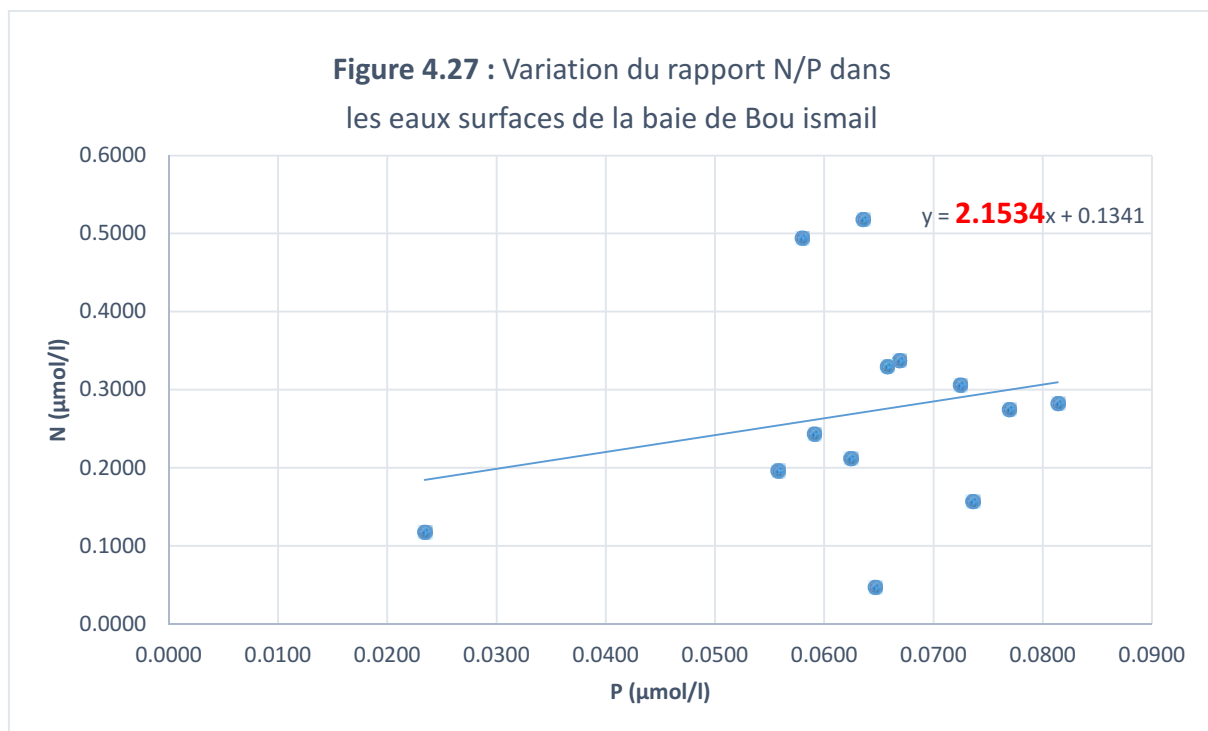
Des variations du rapport nitrates-phosphates dissous peuvent être observées. Il est toujours faible dans les eaux littorales où il montre en outre une variation saisonnière (**RILEY ET CHESTER, 1971, IN BOULAHIDID, 1987**).

a. Surface

Le rapport de Redfield (N/P) dans les eaux de surface de la baie de Bou Ismail est de $N/P = 2.1534$ qui sont des valeurs extrêmement faibles par rapport à celle observé en méditerranée 20.

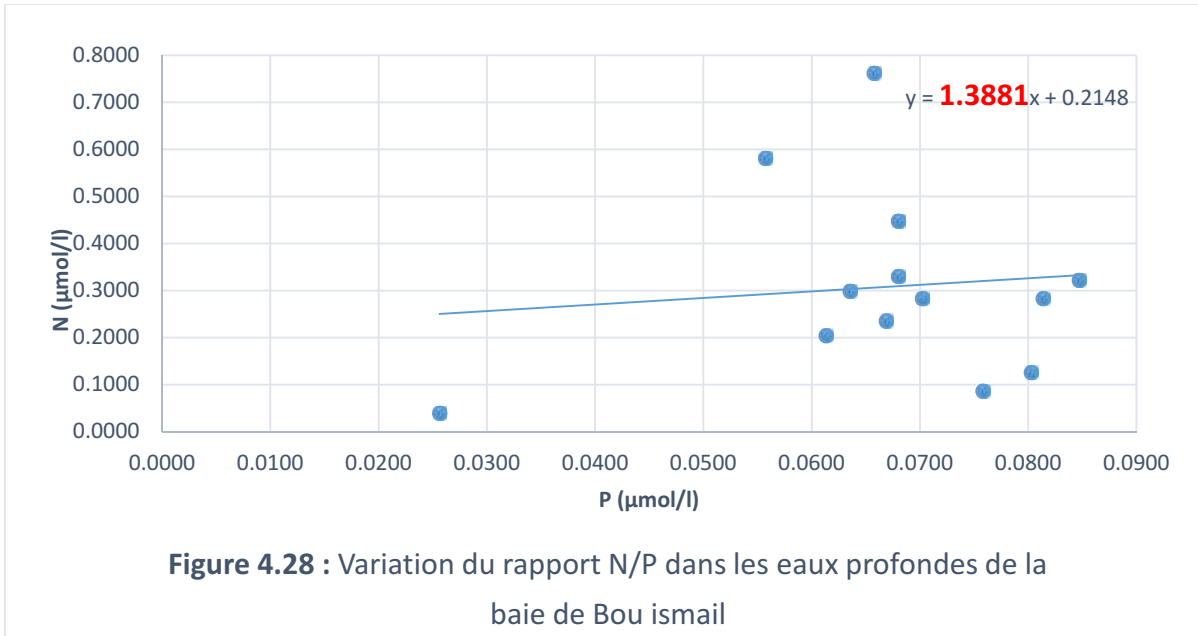
Cependant, ce rapport est identique à celui trouvé par **BOULAHIDID ET AL., (2007)** dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl ($N/P=2$) et assez faible par rapport à celui trouvé par **BOULAHIDID ET AL., (2007)** dans la partie Ouest de la baie de Bou-Ismaïl ($N/P=16$) et (**AMROUCH ET KHACHENI 2012**) où $N/P= 9.2$.

La valeur de rapport trouvée reflète le mois de prélèvement (mois de mai), dans cette période les valeurs de nitrate sont vraiment faibles qui peuvent être dû à l'assimilation rapide du phytoplancton.



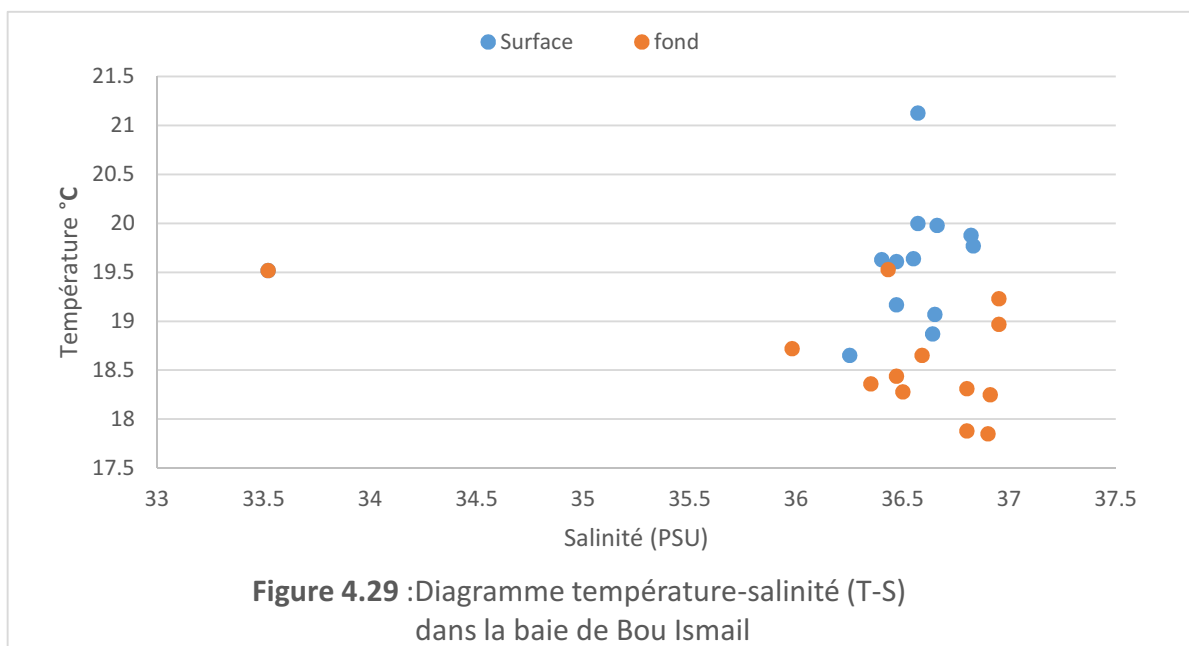
b. Profondeur

Le rapport de Redfield (N/P) en profondeur donne une valeur inférieure à celle de surface 1.3881 cette diminution probablement expliqué par l'influence des différent rejet installé le long de la baie (Oued Beni Messous, Mazafran, Nador)



4.3.2. Diagramme température-salinité (T-S)

Le diagramme température –salinité montre une relation étroite entre ces deux paramètres.



- ✓ un point a une salinités de 33.52 PSU représentant l'eau de mer adoucie par l'eau continentale au niveau de la ville de Bou Ismail
- ✓ Un nuage de points qui sont étroitement liés entre eux. Ce nuage caractérise une masse d'eau de salinité allant de 36 à 37.2 PSU et des températures entre 17 et 20.2 °C. Ces valeurs décrivent l'Eau Atlantique Modifiée (MAW) qui occupe presque la totalité de la baie et forme sa masse d'eau principale.



Conclusion

Au terme de ce travail, qui a porté sur l'étude des paramètres physico-chimique et les sels nutritif dans la baie de Bou Ismail. Il est tentée dans le but de faire un suivi sur l'évolution de l'état de la pollution par les sels nutritifs, et donc d'apprécier globalement la qualité des eaux du milieu marin côtier. Nous sommes arrivés à certaines conclusions, nous citons :

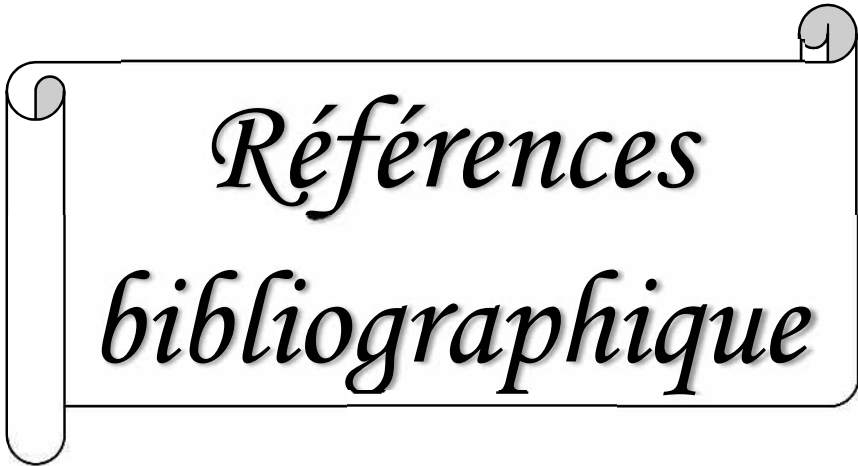
- ❖ L'analyse paramétrique ne montre pas qu'il y a une pollution par rapport à la température car elle est influencée par la température de l'air et aussi en relation avec les conditions météorologiques de la région. La salinité en surface et en profondeur est Presque identique à celle des eaux atlantique et faible par rapport à celle de la méditerranée ceci peut être expliqué la présence d'une eau de mélange soumise à une influence des conditions météorologiques (fort évaporation) et localement influencée par les apports côtiers. L'oxygène dissous présente des valeurs faibles en face oued Beni Messous et Mazafran et les eaux du centre de la baie sont bien oxygénées. Concernant les valeurs de potentiel hydrogène en surface sont pratiquement homogènes et élevées dans l'ensemble de la baie
- ❖ Les concentrations en sels nutritifs et leurs distributions est principalement gérée par l'activité anthropique fertilisante (domestique et agricole) et évoquent des apports continentaux certains par les Oueds Beni Messous et Mazafran et Oued Nador. Où On a relevé des taux assez importants en nitrate, ammonium et silicates et des taux assez faibles en nitrite et en phosphates
- ❖ Les concentrations de la chlorophylle atteignent des valeurs très élevées dans la baie de Bou Ismail où la production primaire dans cette période (mois de mai) est maximum

Ces processus doivent avoir une influence importante sur la corrélation observée entre les nitrates et les phosphates et est certainement à l'origine de l'instabilité du rapport de Redfield N/P qui est de l'ordre de 2.15 ce rapport est assez faible à celui trouvé dans les eaux du large du bassin occidental de la méditerranée qui est de l'ordre de 22 (**RAIMBAULT ET AL, 1993**). Les résultats obtenus ont montré que la baie de Bou Ismail est exposée à des rejets d'eaux usées non traitées, à la vidange des bateaux qui ont conduit à une pollution marine évidente.

Enfin, cette étude limitée dans le temps et dans l'espace ne permet certainement pas de définir l'importance de la pollution dans la baie. Par contre on peut conclure aisément que l'impact anthropique sur la baie de Bou Ismail sera accentué.

Une étude comparative plus détaillée entre celle-ci et celle réalisée en 2012 par Amrouch et Khacheni et les futures études permettra certainement de révéler d'autres détails et une meilleure compréhension du fonctionnement des eaux de la baie.

En parallèle à cela, Un approfondissement de connaissances sur le comportement des eaux du large et les résurgences côtières et aussi sur les apports continentaux et leur qualification avec la charge polluante, contribueront à la compréhension des phénomènes qui se déroulent au sein de la baie.



*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

A

- AMINOT, A. et CHAUSSEPIED, M. (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest Cnexo, 395 p.
- AMINOT, A. et KEROUEL R. (2004).** Hydrologie des écosystèmes marins, paramètres et analyses. brest. Ifremer, 336 p.
- AMINOT, A. et CHAUSSE-PIED, M. (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. France : brest. Cnexo, 395p.
- ANIREF. (2013).** Rubrique Monographique Wilaya : Wilaya de TIPAZA. Alger : Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière.
- ANRH. (2013).** Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Alger.

B

- BENZOHR, M. ET MILLOT, C. (1995).** Characteristics and circulation of surface and intermediate water masses off Algeria. Deep-sea research I. Vol. 42, 10, p 1803-1830.
- BETHOUX, P. et al. (1998).** Nutrients in the Mediterranean Sea, mass balance and statistical analysis of concentrations with respect to environmental change. Marine chemistry, vol. 63, 155 p.
- BOULAHDID, M. (1987).** Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Etude du mélange des masses d'eaux et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan. Thèse de Doctorat, Université de Paris VI, 266 p.
- BRAIK, D.J. (1989).** Etude de la dynamique sédimentaire devant Bou Ismail – Sédimentologie Problèmes d'érosion du littoral-Aménagement. Thèse Magistrale en Géologie. Alger : U.S.T.H.B, 1989. 174 p.
- BENSCHNEIDER, K. et ROBINSON, R. J. (1952).** A new spectrophotometric method. *FAO. p 137-238. 479777*
- BRUXELLES, ENVIRONNEMENT. (2011).** Indicateur : qualité physico-chimique générale des eaux. Fiche méthodologique, 7 p.

C

- CABANE, F. (2007).** Lexique d'écologie, d'environnement et d'aménagement du littoral. Ifremer, 278 p.
- CAULET, J. (1972).** Les Sédiments Organogènes de Précontinent Algérien. PARIS. MUSEUN, 1972.chemistry, vol. 63, 155 p.
- COPIN-MONTEGUT, G. (1996).** Chimie de l'eau de mer. Collection «synthèse». Institut Océanographique de Paris, p 290-292.

Références bibliographiques

D

DAGORNE, A. (1973) : Sédimentologie et bionomie benthique en baie de Bou-Ismaïl (ex : Castiglione). Bull. Inst. Oceanographe. d'Alger. *Pelagos.*, Vol. IV, Fasc, 2, p 40 -53.

DIAZ, R. et ROSENBERG, R. (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*. 2008, p 321-926-929.

E

EPPLEY, R.W. et PETERSON, B. J. (1979). Particulate organic matter flux and planktonic new production in the deep ocean. *Nature*, Vol. 282, p 677-680.

F

FRONTIER, S. et PICHOD-VIALE, D. (1998). Structure – Fonctionnement – Evolution. DUNOD, Paris, 447 p.

G

GAUJOUS, D. (1995). La pollution des milieux aquatiques, aide-mémoire. Technique et documentation, p 40-41.

H

HALMANN, M. (1996). Photodegradation of waters pollutants. (CRC Press.), 301p.

HOUMA BACHARI, F. (2009). Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire. Thèse de doctorat, université du val de marne, Paris xii, France, 272 p.

HADDOUCHE. I. (2003). Etude de l'état de pollution de la baie de Bou-Ismaïl par les sels nutritifs et les métaux lourds en Juillet 2002. *Mémoire Ingénieur d'état en aménagement .ENSSMAL*, 88 P.

HOLM-HANSEN et RIEMAN. (1978). Chlorophyll a determination improvements in methodology. botanical institute university of arhus vol.30, 447 p.

I

INAL, AHMED. (2011). Les métaux traces dans les sédiments de la baie de Bou Ismail : Surveillance de la pollution et étude des processus géochimiques. Mémoire de Magister : Gestion et surveillance de l'environnement marin et littoral. Alger : ENSSMAL, 2011.

Références bibliographiques

J

JACQUET, S. (2005). Impact des apports en nutriments sur le réseau trophique planctonique du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. *Thèse de doctorat, université de Paris 6, France, 278 p.*

JACQUES, G. et TREGUER, P. (1986). Ecosystème pélagique marin. Collection d'écologie.19. Masson. Paris, 243 p.

K

KANKOU, M. (2004). Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie – étude en laboratoire du comportement de deux pesticides. *Docteur de l'Université de Limoges, France, 159 p.*

L

LE GAL, Y. (1988). Biochimie marine. Masson, Paris, France, préface Pr.F.Gros. 285 p.

L.E.M. (1998). Etude de délimitation d'une zone d'extraction de sable en baie d'alger

LACAZE, J-C. (1996). La pollution des mers. Edition : DOMINOS Flammarion, France. 128 p.

LECLAIRE, L. (1972). La Sédimentation Holocène Sur le Versant Méridional du Bassin Algéro Baléares. Paris : MUSEUM, 1972.

LEROY, J-B. (1999). La pollution des eaux. Edition : le point des connaissances actuelles, France, 126 p.

M

MILLOT, C. et TAUPIER-LETAGE, I. (2004). Circulation in the Mediterranean Sea. The hand book of environmental chemistry, Vol. 1. in press.

MILLOT, C. (1985). Some features of Algerian current. J. Geophys. Res., Vol.90N°7, p 7169- 7176.

MILLOT, C. (1989). La circulation générale en méditerranée occidentale. Annales de géographie. 1989, 549 p.

MURPHY J. et RILEY J. P. (1962). A modified single method for determination of natural waters with special reference to sea water. *Anal. Chim. Acta*, 12 : p 162-170.

MINSTER, J.F. et BOULAHIDID, M. (1987). Redfield ratios a long isopycnal surfaces- a complementary study. *Deep Sea Res*, Vol. 34, 12, 1981-2003.

Références bibliographiques

MULLIN, J. B. et RILEY, J. P. (1955). The spectrophotometric determination of silicate-silicon natural waters with special reference to sea water. *Anal. Chim. Acta*, 12 : p 162-170.

O

ONM. (2010).Office National Météorologique. Alger

OBATON, D. (1998). Circulation et modélisation de la Méditerranée occidentale et du Golf de Lion. synthèse des connaissances et des travaux existants. Brest : Ifremer, 1998.

P

PAUC, H. (1989). L'Intrusion saline et la dynamique des matériaux en suspension au contact fluviomarinaire: Regime de crue et régime d'étiage dans l'Oued Mazafran (Ouest Algérois). Elsevier science publishers. Marine Geology. 1989, Vol. 87, p 95-102.

PULLAT, I. TAUPIER-LETAGE, I. et MILLOT, C. (2002). Algerian Eddies lifetime can near three years. *Journal of Marine Systems*, Vol. 31, p 245– 259.

R

RAMADE, F. (2000). Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Science International, France, 690 p.

RODIER, J. (1996). L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer) 8^{ème} édition. Paris. Dunod, 1383 p.

RODIER, J. (2005). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. 8^{ème} édition. Paris. Dunod, 1579 p.

REDFIELD, A.C. KETCHUM B.H. et RICHARDS, F.A. (1963). The influence of organisms on the composition of sea water. In the sea. Vol 2. Edt. M. N. Hill. Intersciences. New York, p 26-77.

S

SALOMON, J-N. (2003). Danger pollutions. Collection « Scieteren », Presse Universitaire de Bordeaux, France, 170 p.

SMAYDA, (1990). Graduate school of oceanography university of Rhode Island Kingston Rhode Island 02881, 17 p.

SKALAR, ANALYTICAL. (1998). Manuel San Plus Analyser : SA 1050 (Random Access Autosampler). Breda (Netherlands), 23 p.

Références bibliographiques

Y

YENSTCH ET MENZEL (1963). methode for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorecence. Woods hole oceanographic institution, 82 p.

V

VAQUER-SUNYER, R. et DUARTE, C-M. (2008).Thresholds of hypoxia for marine biodiversity. Proc. s.l. : Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 2008. 105 p. 15452–15457.

W

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 : p 23-31.

Z

ZERROUKI, M. (2014). Etude de l'Acidification et de l'Oxygénation de la côte Algéroise : Eté 2014. Mémoire de magister. Alger, 129 p.



Annexes

Annexe

Annexe 1

Stat°	heure	Latitude°	Longitude°	prof	T(c°)		S (psu)		PH		OD(mg/l)		Observation
					prof	surf	prof	surf	prof	surf	prof	surf	
1	10 :00	36,79	2,88	13	18,72	19,61	35,98	36,47	8,32	8,16	5,18	4,85	Temps ensoleiller
2	9 :50	36,75	2,82	19,2	18,28	18,65	36,50	36,25	8,08	8,11	4,96	5,38	Temps ensoleiller mer calme
3	10 :43	36,71	2,80	8,2	19,23	19,63	36,95	36,40	8,26	8,82	5,25	5,23	Sable fin + la vase avec débris de coquille + le débris d'herbier de posidonie
4	13.00	36,65	2,70	9,5	18,36	20	36,35	36,57	8,82	8,50	6,13	6,88	très bon visibilité
5	12.44	36,65	2,69	10	19,53	19,98	36,43	36,66	10,01	9,21	6,90	6,77	
6	13 :10	36,63	2,66	4.5	19,52		33.52		8,58		7,15		On a fait un seul niveau
7	13 :47	36,63	2,65	13	18,31	19,77	36,80	36,83	8,86	8,83	7,46	6,85	
8	14 :18	36,61	2,60	22	18,25	21,13	36,91	36,57	8,76	8,57	6,97	7,45	Sable fin entouré de champs d'herbier
9	15 :50	36,59	2,45	17,5	18,97	19,88	36,95	36,82	8,34	8,30	7,62	7,40	Bonne visibilité
10	16 :05	36,60	2,43	13	18,44	19,64	36,47	36,55	8,25	8,32	7,86	7,27	Sable fin avec débris de coquille
11	16 :22	36,60	2,41	8	18,65	19,17	36,59	36,47	8,33	8,26	7,69	7,38	
12	11 :17	36,63	2,56	26	17,88	18,87	36,80	36,64	8,74	8,86	6,30	5,91	Sable fin
13	14 :37	36,73	2,76	25,5	17,85	19,07	36,90	36,65	9,11	8,49	7,80	7,84	

Annexe

Annexe 2 : Préparation des réactifs pour l'analyse des sels nutritifs

Dosage des nitrites + nitrates

I- Réactifs

1-1- Solution tampon

Produits chimiques exigés :

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

Préparation

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

Note :

La solution est stable pendant 1 semaine. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

1-2- Réactif colorant

Produits chimiques exigés :

Acide o-phosphorique H ₃ PO ₄ (85 %).....	150 ml.
Sulfanilamide C ₆ H ₈ N ₂ O ₂ S.....	10 g.
- Naphtyléthylène diamine dihydrochloride C ₁₂ H ₁₆ Cl ₂ N ₂	0,5 g.
Eau distillée H ₂ O.....	850 ml.

Préparation

Diluer l'acide o-phosphorique dans ±700 ml d'eau distillée. Ajouter le sulfanilamide et le - Naphtyléthylène diamine dihydrochloride et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 2 semaines. Conserver dans une bouteille à couleur sombre.

Annexe

1-3- Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée H₂O (régénérée chaque semaine).

II- Préparation des solutions étalons

2-1- Solution mère de 100 ppm N (*)

Produits chimiques exigés :

Nitrate de sodium NaNO₃.....0,6068 g.

Eau distillée H₂O.....1000 ml.

Préparation

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

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

2-2- Solution fille de 10 ppm N

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

Note :

Préparer la solution fille à 10 ppm chaque semaine et les standards chaque jour.

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en µmoles/l de N-NO₃⁻ ou de N-NO₂⁻ puis en µmoles/l de NO₃⁻ ou de NO₂⁻.

III- Préparation de la colonne réductrice

3-1- Solution d'acide chlorhydrique (4N)

Produits chimiques exigés :

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

Eau distillée H₂O.....600 ml.

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

3-2- Solution de sulfate de cuivre :

Sulfate de cuivre (CuSO₄.5H₂O)20 g

Eau distillée H₂O.....1000 ml

Préparation :

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

3-3- Cadmium

Produits chimiques exigés :

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

Procédure de remplissage :

- 1- Les granules de cadmium sont mélangées avec \pm 30 ml de la solution d'acide chlorhydrique (4N).
- 2- Agiter pendant 1 minute.
- 3- Ajouter environ 50 ml de solution de sulfate de cuivre et agiter pendant 5 minutes.
- 4- Laver la saleté entre les granules avec l'eau distillée.
- 5- Sécher les granules de cadmium.
- 6- Ajouter, à l'aide d'un entonnoir, les granules dans une colonne sèche, en secouant de temps en temps pour empaqueter la colonne des deux côtés.
- 7- Remplir jusqu'à \pm 5 mm du sommet.
- 8- Placer un petit morceau de tube en polyéthylène, dans la colonne pour éviter que les granules ne sortent de la colonne.
- 9- Remplir la colonne, à l'aide d'une seringue contenant la solution tampon (réactif 1 -1 préparé précédemment).
- 10- Placer la colonne dans le système.

Note :

Eviter que l'air rentre dans la colonne. Les granules de cadmium activés peuvent être stockés sec, dans une bouteille bien fermée.

Dosage des orthophosphates

I- Réactifs

1-1- Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés :

Tartrate de potassium et d'antimoine $K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 5H_2O$230 mg.

Acide sulfurique H_2SO_4 (97 %)......69,4 ml.

Molybdate d'ammonium $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$6g.

Eau distillée H_2O1000 ml.

FFD6.....2 ml.

Annexe

Préparation Dissoudre le tartrate de potassium et d'antimoine dans \pm 800 ml d'eau distillée. Ajouter soigneusement l'acide sulfurique en mélangeant constamment. Ajouter le molybdate d'ammonium et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : Ne pas employer de cuillères en métal pour le molybdate d'ammonium. La sensibilité peut être augmentée de 50 % en employant 35 ml d'acide sulfurique concentré au lieu de 69,4 ml. Avec 35 ml l'interférence des silicates est 10 % pour 300 ppb Si et 10 % pour 10 ppb P. Le pH final doit être inférieur à 1. La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

1-2- Solution d'acide ascorbique

Produits chimiques exigés :

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

Préparation :

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

Note :

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

1-3- Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée H₂O (régénérée chaque semaine).

II- Préparation des solutions étalons

2-1- Solution mère de 100 ppm P (*)

Produits chimiques exigés :

Dihydrogène o-phosphate de potassium KH ₂ PO ₄	0,4394 g.
Eau distillée H ₂ O.....	1000 ml.

Préparation :

Dissoudre le dihydrogène o-phosphate de potassium dans \pm 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note :

Annexe

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

2-2- Solution fille de 10 ppm P

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

Note :

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

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{moles/l}$ de PO_4^- .

Dosage des silicates

I- Réactifs

1-1- Solution d'acide sulfurique

Produits chimiques exigés :

Acide sulfurique H_2SO_4 (97 %).....10 ml.

Eau distillée H_2O1000 ml.

FFD6.....2 ml.

Préparation

Diluer l'acide sulfurique dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note :

La solution est stable pendant 1 semaine. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

1-2- Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés :

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

Eau distillée H_2O1000 ml.

FFD6.....2 ml.

Préparation

Dissoudre le molybdate d'ammonium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Annexe

Note :

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

1-3- Solution d'acide oxalique

Produits chimiques exigés :

Acide oxalique $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$44g.

Eau distillée H_2O1000 ml.

Préparation

Dissoudre l'acide oxalique dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

Note :

Conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant 1 mois.
Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

1-4- Solution d'acide ascorbique

Acide ascorbique $C_6H_8O_6$40g

Eau distillée H_2O 1000 ml

Préparation

Dissoudre l'acide ascorbique dans ± 800 ml d'eau distillée ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger

Note

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

1-5- Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H_2O .

Note :

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

II- Préparation des solutions étalons

2-1- Solution mère de 100 ppm Si (*)

Produits chimiques exigés :

Métasilicate de sodium $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$1,0119 g.

Annexe

Eau distillée H₂O.....1000 ml.

Préparation :

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

Note :

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

2-2- Solution fille de 10 ppm Si

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

Note :

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

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en μ moles/l de SiO₄⁻

Dosage de l'ammonium

I. Réactif

I.1 Solution tampon

Produit chimique exigés :

Tartrate de potassium et de sodium C₄H₄O₆KNa.4H₂O.....33 g

Citrate de sodium C₆H₅O₇Na₃.2H₂O.....24 g

Acide sulfurique H₂SO₄(1N)x ml

Eau distillée H₂O1000 ml

Brij 35 (30%)2 ml

Preparation

Dissoudre le Tartrate de potassium et de sodium dans \pm 800 ml d'eau distillée . Ajouter le Citrate de sodium et dissoudre . Ajuster le pH à 5 avec la solution d'acide sulfurique . Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le Brij 35 et mélanger

Note

la solution est stable pendant 1 semaine . conserver à 4°C quand la solution n'est pas utiliser

Annexe

I.2 Solution de phénol

Produit chimie exigés

Phénol C ₆ H ₅ OH.....	83 g
Hydroxyde de sodium NaOH.....	40 g
Eau distillée H ₂ O	1000 ml

Préparation

Dissoudre le phénol dans ± 50 ml d'eau distillée. Ajouter l'hydroxyde de sodium. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note

la solution est stable pendant 1 semaine

I.3. Solution d'hypochlorite de sodium

Produit chimie exigés

solution d'hypochlorite de sodium NaClO (13% de chlore actif)	200 ml
Eau distillée H ₂ O	800 ml

Preparation

diluer la solution d'hypochlorite de sodium dans ± 700 ml 'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger

I.4. Solution de nitroprussiate de sodium

Produit chimique exigés

Nitroprussiate de sodium Na ₂ [Fe(CN) ₅ NO].2H ₂ O	0.5 g
Eau distillée	1000 ml

Préparation

Dissoudre le nitroprussiate de sodium ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger

Note

Conserver dans une bouteille à couleur sombre

La solution est stable pendant 1 semaine

Conserver à 4 °C quand la solution n'est pas utilisée

Annexe

I.5. liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée

I.6. solution d'acide sulfurique (5 N)

Produits chimiques exigés

L'acide sulfurique H₂SO₄ (97%)139 ml

Eau distillée H₂O.....861 ml

Préparation

Diluer soigneusement l'acide sulfurique dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger

II. Préparation des solutions étalons

II.1. Solution mère de 100 ppm N (*)

Produits chimiques exigés

Chlorure d'ammonium NH₄CL.....0.3819 g

Eau distillée H₂O1000 ml

Préparation

dissoudre le chlorure d'ammonium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger

Note

la solution est stable pendant 1 mois. Conserver à 4 °C quand la solution n'est pas utilisée

II.2 solution fille de 10 ppm N

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

Note

Préparer la solution fille à 10 ppm si chaque semaine et les standards chaque jours

(*) : les concentration des solutions étalons sont transformées en µmoles/l de NH₄⁺

Annexe

Annexe 3 : Appareillages utilisés



Figure 3.5 : furuno GPS/WAAS NAVIGATOR GP 32



Figure 3.6 : ECHOSONDEUR FCV-581L



Figure 3.4: bouteille de prélèvement d'eau de mer de type *NISKIN*



Figure 3.12: embarcation Salah (CNRDPA)

Annexe



Figure 3.10 : Spectrophotomètre fluorescence de type *HITACHI* modèle 650-10 S



Figure 3.9 : Centrifugeuse *Hettich ZENTRIFUGEN* de type EBA 30



Figure 3.8 : Système de filtration sous vide de marque *Millipore®*.



Figure 3.11 : Balance de marque *Denver Instrument®* modèle M-220D

Annexe



Figure 3.7 : HANNA Instruments HI 9829 multiparametre meter with available GPS, logging probe , turbidity, and ion measurement