

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
DE MASTER EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : ENVIRONNEMENT

Thème :

**Suivi des paramètres physico-chimique et des sels nutritifs
dans la baie de Bou Ismail**

Présenté par :

SAYED Asma

Soutenu le 10/10/2019 devant le jury suivant :

Mr.	Refes Wahid	Maître de Conférences A	ENSSMAL	Président
Mr.	Boulahdid Mostefa	Professeur	ENSSMAL	Encadreur
Mr.	Benhalima Moustafa	Maître Assistant B	CU de Tipaza	Co-encadreur
Mr.	Zerrouki Mohamed	Maître Assistant B	ENSSMAL	Examineur
Mr.	Aroua Mohamed	Doctorant	ENSSMAL	Examineur

Remerciements

Avant toute chose, Merci à Dieu tout puissant qui a créé l'homme pour fouiller dans les secrets de la nature.

Au terme de ce travail, il m'est très agréable d'adresser mes vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

C'est avec un grand plaisir que j'adresse mes sincères remerciements à l'égard de Monsieur BOULAHID M ; mon promoteur. Je le remercie de m'avoir fait bénéficier de ses connaissances, sa patience et ses précieux conseils qui m'ont beaucoup aidé à l'élaboration de ce travail.

Je tiens à remercier pleinement Mr BENHALIMA pour avoir accepté de co-encadrer ce travail, pour ses précieux conseils et son aide au cours de la réalisation de ce mémoire.

J'adresse aussi mes remerciements aux examinateurs de ce mémoire Mr ZERROUKI Mohamed et AROUA Mohamed qui m'ont bien honorée en acceptant de faire partie du jury. Je leur exprime toute ma gratitude d'avoir accepté d'évaluer ce modeste travail.

Mes profondes reconnaissances s'adressent à Madame EDDALIA Nabila, à Monsieur MATOUK Yousef, à Monsieur BOUDJELLAL Benyahia aux ingénieurs du laboratoire, aux personnels de la bibliothèque de l'ENSSMAL ainsi qu'à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

Je remercie également l'ensemble des enseignants de l'école, en particulier ceux de la filière environnement ainsi ma promotion exceptionnelle de 2019.

Enfin, je voudrais associer à ces remerciements toute ma famille pour ses encouragements et son soutien durant mes cinq années de formation.

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

A mon cher papa : Mohamed qui a toujours cru en moi et a mis à ma disposition tous les moyens nécessaires pour que je réussisse dans mes études .Puisse Dieu lui prêter longue vie, santé et bonheur.

A ma chère maman Rokia, que je ne cesse de remercier pour tout ce qu'elle m'a donné .Elle m'a supporté et a fait de moi la femme que je suis aujourd'hui.

Que Dieu la récompense pour tous ces bienfaits et ses sacrifices.

A mon grand-père SAAD et mon oncle AHMED, que Dieu les garde et leur accorde santé et bonheur.

A mon unique frère Nouredine , mes chères sœurs Zohra, Akila et Fatima ; mes tantes AICHA ,ARBIA ,HADJIRA ,HALIMA mes cousins Yacine et Youcef ,mes cousines HANANE ,FATIHA ,KHALIDA pour leur grand amour et leur soutien ; sans leurs encouragements ce travail n'aurait jamais vu le jour.

A la mémoire de ma grand-mère et mon grand-père qui ont laissé un incommensurable vide, que le grand Dieu nous réunira dans Son Vaste Paradis.

A mes chères amies et toutes les personnes qui m'ont soutenue et encouragée tout au long de cette année

À vous tous qui m'aimez

Asma

15 :38

13/07/2019

Sommaire

INTRODUCTION	10
1 GENERALITE	12
1.1 La pollution marine	12
1.2 Sources de pollution	12
1.3 Types de pollution.....	13
1.4 Descripteurs hydrologiques du milieu marin.....	14
1.5 Cycle biogéochimique des sels nutritifs.....	18
1.6 Rapport de Redfield :	20
1.7 La production primaire :.....	20
1.8 La Chlorophylle	20
1.9 Eutrophisation	21
2 ZONE D'ETUDE	23
2.1 Présentation de la Baie de Bou Ismail	23
2.2 Les différentes infrastructures de la baie de Bou-Ismaïl	25
2.3 Météorologie	26
2.4 Facteurs hydrodynamiques	27
2.5 Courantologie	28
2.6 Source de pollution	29
3 MATERIELS ET METHODE.....	34
3.1 Travaux effectués en mer.....	34
3.2 Tableaux des stations de prélèvement.....	35
3.3 Matériels de prélèvement.....	35
3.4 Stratégie de prélèvement.....	35
3.5 Mesure des paramètres physico-chimique à bord.....	36
3.6 Travaux au laboratoire.....	36

4	RESULTATS ET DISCUSSION	45
4.1	Analyse paramétrique de la baie de Bou Ismail.....	45
4.2	Analyse binaire	55
4.3	Etude évolutive des paramètres mesurés au niveau de la Baie de Bou Ismail	57
	CONCLUSION	62

Listes des figures

Figure 1: Situation géographique de la baie de Bou Ismail.....	23
Figure 2:Variation du débit mensuel moyen (m^3/s) au niveau de l'embouchure d'oued Mazafran de 2003 à 2012 (ANRH, 2013 in Zerrouki, 2014).....	25
Figure 3:Diagramme Ombrothermique (ONM, 2006-2015inArabi,2017).....	27
Figure 4:Transit sédimentaire dans la baie de Bou Ismail (L.E.M, 2005 in Harkat 2017).	29
Figure 5:Pollution par des différents type de rejets au niveau de la baie de	32
Figure 6:Localisation des stations au niveau de la baie de Bou Ismail.	34
Figure 7 : Extraction de la chlorophylle « a ».....	37
Figure 8: Appareil d'analyse des sels nutritifs Skalar® San ⁺ Analyzer.	40
Figure 9:Préparation des étalons.....	41
Figure 10:Courbe des nitrites.	41
Figure 11:Courbe d'étalonnage des nitrates.....	41
Figure 12:Courbe d'étalonnage des ortho-phosphates.....	42
Figure 13:Courbe d'étalonnage des silicates.	42
Figure 14 : Variation de la température dans la baie de Bou Ismail.	46
Figure 15: distribution spatiale de température en surface dans la zone d'étude.....	46
Figure 16:variation du pH dans la baie de Bou Ismail.....	47
Figure 17: Variation spatiale du pH en surface dans la zone d'étude.	47
Figure 18:Variation de la salinité au niveau de la baie de Bou Ismail.	48
Figure 19:variation spatiale de la salinité dans la zone d'étude.	49
Figure 20:Variation de la concentration de la chlorophylle "a" dans la baie de.....	50
Figure 21: variation spatiale de la chlorophylle "a" en surface de la zone d'étude.	50
Figure 22: Variation de la concentration des nitrites dans la baie de Bou Ismail.	51
Figure 23:Variation spatiale des nitrates en surface dans la zone d'étude.	51
Figure 24:Variation de la concentration des nitrites dans la baie de Bou Ismail.....	52
Figure 25:Variation spatiale des nitrites en surface dans la zone d'étude.....	53
Figure 26:Variation de la concentration des ortho-phosphates dans la baie de	53
Figure 27:Variation spatiale des ortho-phosphates en surface dans la zone d'étude.	54
Figure 28:Variation de la concentration des silicates dans la baie de Bou Ismail.....	54
Figure 29:Variation spatiale des silicates en surface de zone d'étude.....	55
Figure 30:Diagramme température-salinité de la zone d'étude.....	56
Figure 31 : Diagramme nitrate-phosphate de la baie de Bou Ismail.	57
Figure 32: Evolution de la température en surface de la baie de Bou Ismail.....	57
Figure 33:Evolution de pH en surface de la baie de Bou Ismail.	58
Figure 34:Evolution de la salinité en surface de la baie de Bou Ismail.	58
Figure 35:Evolution de la chlorophylle a en surface de la baie de Bou Ismail.....	59
Figure 36:Evolution des nitrates en surface de la baie de Bou Ismail.	59
Figure 37:Evolution des nitrites en surface de la baie de Bou Ismail.	60
Figure 38:Evolution des ortho-phosphates en surface de la baie de Bou Ismail.....	60
Figure 39:Evolution des silicates en surface de la baie de Bou Ismail.....	61

Listes des tableaux

Tableau 1: Débit des rejets d'eau usée dans la baie de Bou Ismail (Ministère de L'Aménagement de Territoire et de l'Environnement, 2006 inInal, 2011).....	30
Tableau 2: Principales activités industrielles dans la baie de Bou Ismail (Khechni, 2012)	31
Tableau 3: Les coordonnées géographique des stations de prélèvement.	35
Tableau 4: Résumé de la sortie en mer.	36
Tableau 5: Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physico-chimiques dans la baie de Bou Ismail.	45
Tableau 6: Les valeurs moyennes et extrêmes de la concentration en chlorophylle (a) de la baie de Bou Ismail.	49
Tableau 7: Les valeurs moyennes et extrêmes des sels nutritifs dans la baie de Bou Ismail.	50

Listes des Acronymes

A.N.R.H : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques- Alger.

ANIREF : Rubrique Monographique : Wilaya de Tipaza. Alger : Agence Nationale d'Intermédiation et de la Régulation Foncière.

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

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

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

LEM : Laboratoire des Etudes Maritimes

OD : Oxygène dissous.

ONM : Office National de la Météorologie.

P.S.U: Practical Salinity Unit.

pH : *Potentiel d'Hydrogène*

T °C : Température en degré Celsius.

Introduction

Introduction

Considéré au passé comme une capacité illimitée d'accumulation de tous types de rejets, le milieu marin montre aujourd'hui un tout autre aspect, c'est le cas notamment des milieux semi fermés et fermés (ports et certaines baies) qui représentent le réceptacle de la majorité de toutes les eaux usées domestiques et industrielles, ce qui fait de ces derniers le foyer de nombreux polluants (Laredj, 2018).

La véritable et l'importante pollution vient du fait que la Méditerranée est le réceptacle final d'une quantité considérable d'effluents industriels et domestiques d'origine accidentelle et chronique, pélagique ou tellurique. Elle est une mer où les accidents qui affectent son environnement ne cessent de se multiplier et les agressions chroniques et ponctuelles demeurent persistantes. Ces contraintes environnementales altèrent cet écosystème aquatique fermé dont la masse d'eau ne se renouvelle qu'à l'échelle séculaire (Bousquet, 2003).

Le 20^{ème} siècle voit de plus apparaître des quantités de substances nouvelles totalement étrangères au milieu naturel dont la dégradation et l'assimilation par la faune et la flore sont inefficaces. C'est ainsi que les pollutions apparaissent actuellement d'origine, de nature, de forme et de nuisances diverses et multiples et se révèlent comme un problème majeur de notre temps (Elmorhit, 2009).

La zone côtière Algéroise illustre une situation d'un développement socio-économique peu reluisant à l'égard de la pérennité des ressources et des équilibres du milieu. Elle est certainement l'une des zones où l'altération de la qualité des eaux marines côtières est la plus perceptible.

Notre étude concerne la baie de Bou Ismail qui est pratiquement touchée par diverses pollutions. On constate une densité urbaine importante sur la côte qui déverse ses rejets dans les eaux marines côtières et des installations industrielles qui rejettent leurs déchets et contribuent ainsi à polluer le milieu marin naturel par des substances nocives, toxiques et corrosives.

L'objectif de notre travail est d'étudier la qualité de l'eau et de suivre son degré de pollution dans la baie de Bou Ismail en analysant les paramètres physicochimiques, les sels nutritifs et la chlorophylle. Notre travail est organisé comme suivant :

Chapitre 1 : Présente une introduction aux définitions des mots clés concernant notre thème d'étude telle que la pollution et ses origines ainsi les descripteurs du milieu marin qui nous permettent de donner un aperçu sur l'état de pollution.

Chapitre 2 : Présentation de la zone d'étude avec ses caractéristiques.

Chapitre 3 : décrit les différents moyens utilisés dans ce travail ainsi que les méthodes d'analyses qui ont permis d'acquérir des résultats.

Chapitre 4 : traite, analyse et discute les résultats obtenus au niveau de la baie de Bou Ismail

Enfin, le mémoire est clôturé par une conclusion.

Chapitre 1 : Généralité

1 Généralité

1.1 Introduction

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.

A ce titre, la baie de Bou Ismail a déjà fait l'objet de plusieurs études pluridisciplinaires. En effet, ce type de surveillance a déjà été pratiqué par (Boulaïdid et *al*, 2005) dans le cadre du suivi de la pollution du littoral algérois, au niveau de la partie Est de la baie. Ce suivi comporte plusieurs campagnes, durant cinq périodes différentes (Février 2003, Décembre 2003, Février 2004, Mai 2004 et enfin Juillet 2004).

Les résultats obtenus en 2005 montrent que la zone est soumise à des apports d'eaux continentales, en particulier les apports de l'oued Mazafran, marquant une dessalure plus ou moins importante des eaux superficielles, observées selon la période de l'année en face de l'embouchure de cet estuaire (Boulaïdid et *al*, 2005). De plus, ces apports participent à l'enrichissement des eaux littorales en sels nutritifs. Cet enrichissement surtout en phosphate au niveau de la partie Est de la baie, cause une dégradation de la qualité chimique des eaux de la baie, en faisant diminuer le rapport de Redfield (Amrouche et Khechni, 2012).

1.2 La pollution marine

1.2.1 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 ».

1.3 Sources de pollution

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, sels minéraux (Azote, Phosphore,...etc.), détergents,...etc. (Kankou, 2004).

1.3.2 La pollution industrielle

Provenant des installations industrielles, elle est caractérisée par une grande diversité, suivant l'utilisation de l'eau ; tous les produits ou sous-produits de l'activité humaine se retrouvent ainsi dans l'eau, qui est un bon solvant (Gaujous, 1995)

- Matières organiques et graisses (industries agro-alimentaires, équarrissages) ;
- Hydrocarbures (raffineries) ;
- Métaux (traitement de surface, métallurgie) ;
- Acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries ...) ;
- Eau chaude (circuits de refroidissement des centrales thermiques) ;

1.3.3 La pollution agricole

Parmi les inconvénients qui en résultent pour le milieu aquatique, on peut mentionner (Leroy, 1999) :

- L'érosion des sols par suite de monocultures trop étendues
- L'usage des engrais chimiques en lieu et place des engrais naturels dont le recyclage est assuré par la nature.
- Lessivage des terres agricoles où il y a usage des pesticides, des insecticides, des fongicides et autres produits phytosanitaires.

1.4 Types de pollution

Les pollutions sont très diverses, elles sont groupées en grandes catégories, selon leur nature prédominantes (Gaujous, 1995) :

1.4.1 La pollution physique

De nombreuses pollutions modifient l'environnement marin du fait de leur nature physique. Nous distinguons les matières en suspension, les immersions au large, les apports d'eau douce, les macrodéchets, le réchauffement des eaux et les radiations ionisantes (Lacaze, 1996).

1.4.2 La pollution microbiologique

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

- **Les micros organismes pathogènes (les bactéries et les virus)** : Ils sont apportés par eaux usées directement rejetées en mer.
- **les proliférations non pathogènes** : des micro-algues causant des déséquilibres du milieu naturel et des modifications dans les chaînes alimentaires (bloom phytoplanctonique, eutrophisation). La principale cause de ces proliférations planctoniques est les apports des déchets industriels, domestique et agricoles riches en nitrates et phosphates.

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

1.4.3 La pollution chimique

Ce type de pollution intervient par des rejets de produits chimiques et se subdivise en deux catégories :

- **les pollutions hyper fertilisantes** : La fertilisation excessive des eaux en sels nutritifs et en matières organiques induit des proliférations algales responsables de phénomènes indésirables. Lorsque les proliférations algales s'accumulent puis se décomposent sous l'action bactérienne, cette dernière consomme de l'oxygène, dont le manque est néfaste pour la faune de plus, la dégradation bactérienne se poursuit même en l'absence d'oxygène (environnement sub oxygène et anoxique), produisant alors des molécules indésirables (gaz carbonique, hydrogène sulfuré, ammonium, méthane) (Lacaze, 1996).
- **les pollutions toxiques** : il s'agit généralement de polluants à l'état de trace de (micropolluants). Ces micropolluants comprennent les substances organiques de synthèse (anthropiques), ils comprennent aussi des métaux tels que le mercure, le cadmium, le plomb, l'arsenic (Lacaze, 1996).

1.5 Descripteurs hydrologiques du milieu marin

1.5.1 Descripteurs physico-chimiques

- **La température**

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

La température est mesurée par thermosonde (ou par thermomètre) (Gaujous, 1995). En océanographie, la température se mesure en principe *in situ* par un thermomètre à renversement. Son unité principale est le degré Celsius (°C).

- **La salinité**

La première définition de la salinité a été faite en 1902 par Sorensen comme suit : «*La salinité est la masse en grammes, des substances solides contenues dans un kilogramme d'eau de mer, quand les ions bromure et iodure sont remplacés par leur équivalent de chlorure, les carbonates convertis en oxydes et toutes la matière organique oxydée*» (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

L'unité de la salinité a eu un changement. Actuellement la salinité se mesure par l'unité P.S.U. (Practical Salinity Unit)

- **Le potentiel d'Hydrogène**

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

$$pH = -\log_{10} [H^+]$$

En mer, le pH normal est de l'ordre de 8,2. Le plancton semble perturbé par des pH entre 6,5 et 7,5 (Gaujous, 1995).

La modification des concentrations en CO₂ (respiration, photosynthèse, échanges air-océan) ou en CO₃⁻ (précipitation), entrainera donc une modification de pH, sa mesure se fait par la méthode électrochimique avec une électrode en verre (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

- **L'oxygène dissous**

L'oxygène dissous se réfère à la molécule de dioxygène O₂ en solution dans l'eau (Aminot et Kérouel, 2004). L'oxygène dissous (OD) intervient dans la plupart des processus biologiques permettant la vie terrestre et marine. Son absence ou simplement en dessous de certaines concentrations, de nombreuses espèces vivantes meurent et l'effet des substances toxiques est amplifié lorsque la concentration en oxygène est insuffisante (Aminot et al., 2004).

La concentration de l'oxygène dissous est la résultante des facteurs suivants :

- **Facteurs Physiques** : Température, Pression atmosphérique, Salinité, échange air-mer, diffusion et mélange au sein de la masse d'eau. (Rodier et al., 2009; Aminot et Kérouel, 2004).
- **Facteurs Chimiques** : phénomènes de photo-oxydation, réactions d'oxydation chimique.

- **Facteurs Biologiques** : la respiration et la photosynthèse (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

L'oxygène peut être mesuré par des techniques simples, en particulier par un dosage chimique selon la méthode de Winkler ou par la méthode électrochimique (Copin-Montégut, 1996).

1.5.2 Les éléments nutritifs

1.5.2.1 Définition et rôles des éléments nutritifs

Les éléments nutritifs qui limitent l'activité photosynthétique des organismes photosynthétiques sont : l'azote, le phosphore et le silicium sous leur forme oxydée, d'où leur appellation « *éléments bio-limitants* » (Copin-Montégut, 1996).

Leur rôle en milieu marin réside dans le fait qu'ils forment un substrat chimique primordial pour le phytoplancton. Donc la richesse d'une eau marine en sels nutritifs reflète sa fertilité. Ce sont en outre des traceurs chimiques non conservatifs (gouvernés par les facteurs physiques, chimiques et biologiques) constituant 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).

1.5.2.2 Origine 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) :

- **Les sources internes**

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

- **Les sources externes**

Ce sont les apports continentaux fluviaux, éoliens et hydrothermaux englobant les processus naturels (biologie, géologie,...etc.) et la pollution anthropogénique (industrie, produits fertilisants, détergents,...etc.) (Levitus et *al.*, 1993).

1.5.2.3 Les différentes formes des sels nutritifs

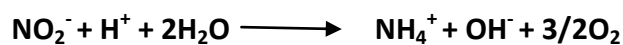
En milieu marin, les principaux éléments nutritifs sont ceux à base d'azote (NO_3^- , NO_2^- et NH_4^+), de phosphore (PO_4^{3-}) et de silice (SiO_2).

➤ **L'Ammonium**

L'azote ammoniacal provient des excréments animaux et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés. Dans les eaux marines, l'azote ammoniacal se trouve à des concentrations inférieures à $\mu\text{mol/l}$. En effet, il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac (NH_3) et l'ammonium (NH_4^+) dans des proportions relatives dépendant du pH , de la température et de la salinité du milieu (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

Il provient de :

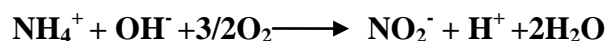
- Excréments animaux ;
- Décomposition bactérienne des composés organique azotés « ammonification » ;
- Réduction des nitrates en milieu anaérobique selon la réaction suivante :



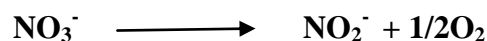
➤ **Nitrites (NO_2^-)**

C'est une forme oxygénée de l'azote peu stable, qui s'insère dans le cycle de l'azote entre l'azote ammoniacal (NH_4^+) et l'azote nitrique (NO_3^-). La présence des nitrites est due soit à (Rejsek, 2002) :

- l'oxydation bactérienne des sels ammoniacaux : réaction de nitrosation qui est exothermique opérée par des bactéries (Nitrosomonas) :



- la réduction des nitrates dans les milieux anoxiques opérée par les bactéries anaérobiques,



- à l'excrétion des organismes marins y compris le phytoplancton. On effet, dans leurs excréments liquides, les organismes rejettent les nitrites. Dans le cas du phytoplancton quand il se trouve dans un milieu eutrophe (riche en nitrates), il se développe d'une manière importante en consomment les nitrates et rejette les nitrites sous forme dissoute.

➤ **Nitrates (NO_3^-)**

L'ion nitrate est la forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse. Il entre dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton. Il est ensuite régénéré à partir des formes organiques par les bactéries. Les eaux océaniques profondes sont riches en nitrate (jusqu'à $48\mu\text{mol/l}$) qui peuvent réalimenter les eaux de surface par les remontées d'eau (Aminot et Chaussepied, 1983).

➤ **Les phosphates**

Dans l'eau de mer, le phosphore existe sous forme organique et inorganique, dissous et particulaire.

Les ortho-phosphates présentent la forme la plus abondante PO_4^{3-} (10 %), HPO_4^- (90%) et (1%) de H_2PO_4^- (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

A l'état d'équilibre, elles se trouvent avec des teneurs assez faibles en surface (0 à $1\mu\text{mol/l}$) à cause de leur consommation par le phytoplancton (bloom printanier) (Copin Montégut , 1996) , et ces teneurs augmentent avec la profondeur au-dessous de la couche euphotique pour atteindre un maximum qui correspond au minimum de l'oxygène dissous, avec une légère fluctuation selon la région océanique (Boulahdid, 1987).

➤ La silice dissoute (SiO_2)

Le silicium est un élément présent dans l'eau de mer sous deux formes : dissous et particulaire (Riley et Chester, 1971). La silice est un composé essentiel de la structure solide des diatomées, des radiolaires et des spongiaires (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

Dans l'eau de mer, les concentrations de silicates varient entre 0 et environ $200\mu\text{M/l}$. Au pH normal de l'eau de mer ($\approx 8,2$), Le silicium dissous se trouve à 95 % sous la forme d'acide ortho-silicique $\text{Si}(\text{OH})_4$.

1.6 Cycle biogéochimique des sels nutritifs

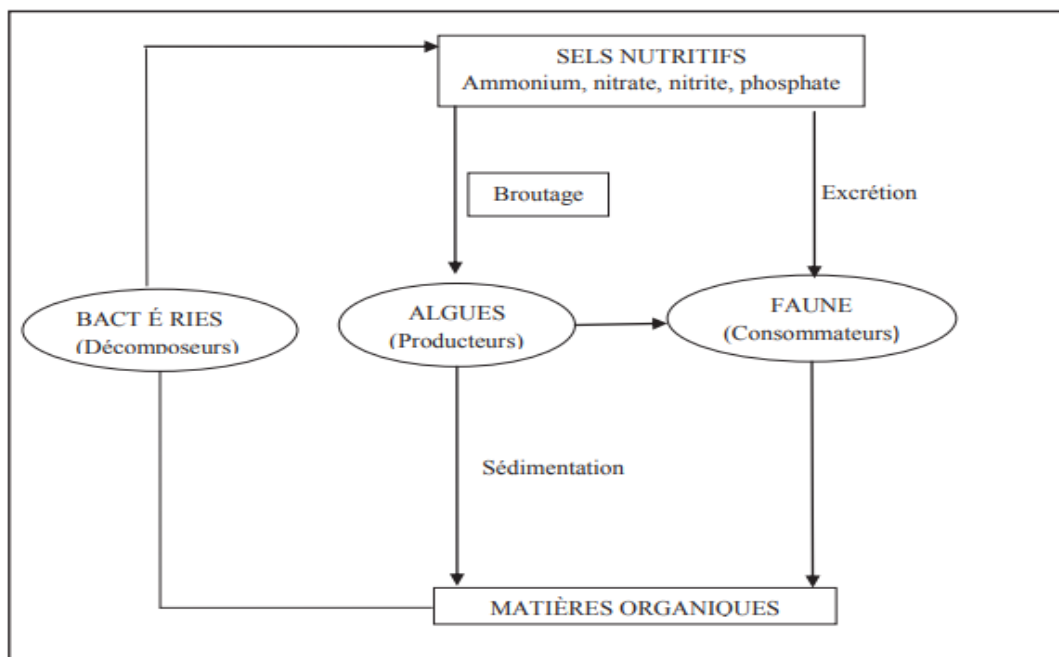


Figure 1: Cycle simplifié des éléments nutritifs. Équilibre écologique (Lacaze, 1996 in Benhalima et Baha, 2013).

Les végétaux, phanérogames, macro-algues et phytoplancton constituent l'élément de base de la vie marine. Les principaux facteurs nécessaires à leur développement sont l'énergie solaire et les sels minéraux. Les pigments contenus dans ces végétaux permettent, en effet, l'utilisation de l'énergie

lumineuse pour assurer l'assimilation du carbone par le processus de photosynthèse qui constitue le principal mécanisme de production primaire de la biomasse dans le milieu marin (Aminot et Kerouel, 2004).



1.6.1 La minéralisation

La minéralisation est globalement la réaction inverse de la photosynthèse aboutissant à la formation de nitrate et de phosphate. Elle consiste à la conversion de la matière organique dissoute (sécritée par les cellules ou libérée à leur mort) et de la matière organique particulaire détritique (excrétée par les organismes supérieurs ou constituée de débris de cellules mortes) en nutriments minéraux par les bactéries hétérotrophes (Aminot et Kerouel, 2004).



1.6.2 L'excrétion

Des composés organiques solubles sont sécrétés par le phytoplancton vivant. Les plus connus sont les acides aminés et les polysaccharides.

L'ammonium et les phosphate sont excrétés par les microflagellés hétérotrophes, les ciliés et le zooplancton, qui ont en outre du matériel organique particulaire (Aminot et *al.*, 2004).

1.6.3 La nitrification

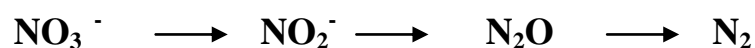
En présence d'oxygène dissous l'ammonium est oxydé en nitrite puis nitrate par les bactéries nitrifiantes.



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

1.6.4 La dénitrification

Dans les milieux anoxiques, après l'épuisement de l'oxygène dissous, c'est l'ion nitrate qui est utilisé en tant qu'oxydant (accepteur d'électron) pour décomposer la matière organique selon une réaction qui est spontanée mais se fait par l'intermédiaire de micro-organismes anaérobies. La dénitrification s'effectue selon le schéma suivant :



1.7 Rapport de Redfield

L'assimilation des composants nutritifs et leur régénération à partir du matériel biogénique se font dans des proportions bien déterminées qu'on a appelé rapports biogéochimiques de Redfield. Après plusieurs travaux, Redfield et al. (1963) ont donné les rapports suivants par l'analyse de la composition chimique de la matière organique et de l'eau de mer :

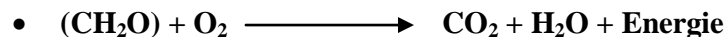
$$\mathbf{P/N/C/O_2 = 1/16/106/138}$$

1.8 La production primaire

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 chimiosynthétiques, 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 $\text{gC.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$.

La production primaire se caractérise par deux types de production qui sont :

- **Production Brute (PB)** : C'est la production due à la photosynthèse en présence de la lumière et des éléments minéraux nécessaires pendant un certain temps : $P = \text{mg C/h}$ (Boulaïdid, 2006).
- **Production Nette (PN)** : En plus de la photosynthèse, le métabolisme des cellules végétales exerce d'autres activités telles que la respiration :



Et les excréments de molécules organiques. De ce fait la production photosynthétique subit une perte par dégradation métabolique et il en résulte une production nette et correspond à la photosynthèse apparente (Boulaïdid, 2006).

1.9 La Chlorophylle

La chlorophylle est un 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 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. (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

La chlorophylle est considérée comme l'un des pigments photosynthétiques de base. C'est la raison pour laquelle on l'utilise pour l'estimation de la biomasse phytoplancton ainsi que pour celle de la production primaire.

Il existe plusieurs pigments photosynthétiques (chlorophylle a, b, c, carotène, phycocyanine, xanthophylle) mais le pigment le plus commun est la chlorophylle a, car on la retrouve dans toutes les plantes, les algues et les cyanobactéries :

1.9.1 La Chlorophylle « a »

C'est le pigment qui est considéré comme étant un bon indicateur de la santé de l'océan et de son niveau de productivité et de la biomasse phytoplanctonique (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

1.9.2 Les phéopigments

Les phéopigments sont les produits de la dégradation des pigments chlorophylliens (Bouget, 2008).

La mesure des phéopigments est utilisée comme critère de l'état physiologique des populations phytoplanctoniques. Plus la proportion des 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 Kérouel, 2004).

1.10 Eutrophisation

Elle est définie comme : l'élévation du taux de la production primaire et l'accumulation de la matière organique. Elle résulte habituellement d'un apport excessif en nutriment, ce qui a pour conséquence une baisse de l'oxygène dissous dans le milieu entraînant un changement indésirable des écosystèmes.

Elle est susceptible d'être aggravée là où les rivières déversent, surtout quand celles-ci transportent des fertilisants.

La Méditerranée est une mer oligotrophe. Cette oligotrophie est inhérente à la faiblesse des apports telluriques (JACQUES et TREGUER., 1986). A toutes les profondeurs, ses concentrations en sels nutritifs sont très faibles en le comparant avec l'océan mondial. Cela est dû à son régime hydrologique puisque, elle reçoit par le détroit de Gibraltar, un courant d'eau superficielle atlantique déjà appauvrie en nutriments par l'activité biologique. (Amrouche, 2012)

Chapitre 2 :
Présentation de la
zone d'étude

2 Zone d'étude

2.1 Présentation de la Baie de Bou Ismail

2.1.1 Situation géographique

La baie de Bou-Ismail (ex. baie de Castiglione) est située à l'Ouest d'Alger entre 2° 24' et 2° 54' Est et 36° 38' et 36° 48' Nord. De ce fait, elle possède une orientation du SW au NE.

Elle se limite à l'Est par le promontoire de Ras-Acrata et à l'Ouest par le cap du Mont Chenoua couvrant ainsi une superficie de l'ordre de 509 km².

Suite à sa forme très ouverte, atteignant les 40 km, la baie de Bou-Ismail se trouve soumise fortement aux influences du large.

Dans ce vaste domaine maritime, se trouve incluse la baie d'El Djamila.

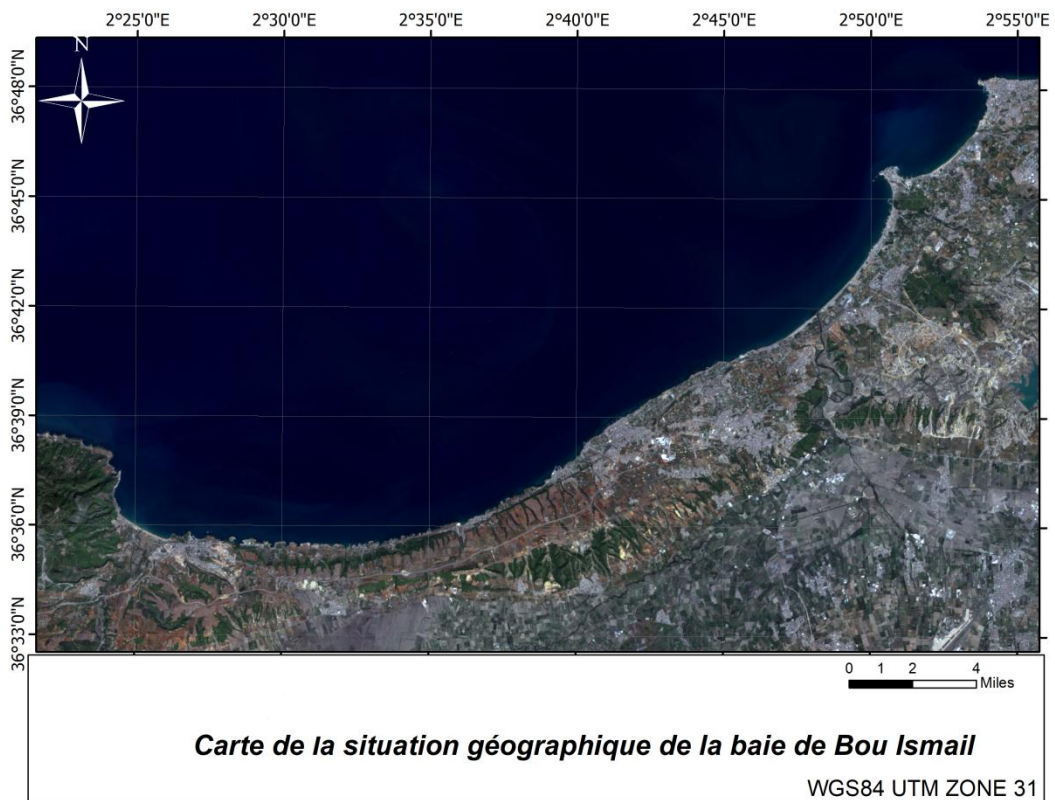


Figure 2: Situation géographique de la baie de Bou Ismail.

2.1.2 Réseau hydrographique

Sur le plan hydrographique, cette zone constitue le réceptacle d'un ensemble d'oueds à régime irrégulier. Ces derniers apportent avec eux des quantités importantes de particules dissoutes ou particulières d'origine terrigène.

On distingue dans cette baie trois oueds :

2.1.2.1 Oued Nador

Il présente un bassin versant côtier d'une superficie de 200 à 300 km². Il constitue la principale source d'apports solide et liquide dans la baie du Chenoua. Il prend naissance à la jonction des oueds Bou Yersen, Bou Haroun, et oued Merad et débouche entre Djbel Chenoua et Tipaza. Son débit est de 0.89 m³/s débouchant entre Djbel Chenoua et Tipaza (A.N.R.H, 2003).

2.1.2.2 Oued Mazafran

Il est considéré comme étant le plus important des oueds qui débouchent dans la baie de Bou-Ismaïl, formé par la réunion des Oueds Chiffa, Oued Djer et celui de Bouroumi (Braïk, 1989).

Il débouche au niveau d'une plage sablonneuse entre Douaouda et Zéralda. Son débit moyenne est estimé à environ 7,566 m³ /s (A.N.R.H, 2003).

Le régime hydrographique de cet oued est marqué par un long étiage de juin à début décembre avec des débits représentant 17.38% du débit liquide annuel. Entre décembre et avril, ces débits sont de 82.61% (Grib et Slatni, 2018)

Le débit ainsi que le cycle saisonnier sont caractérisés par 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 élevés suivant un cycle pluriannuel (figure 3). Ces augmentations pourraient être liées aux variations climatiques agissant à l'échelle régionale (Benabbes et Hammadi, 2018).

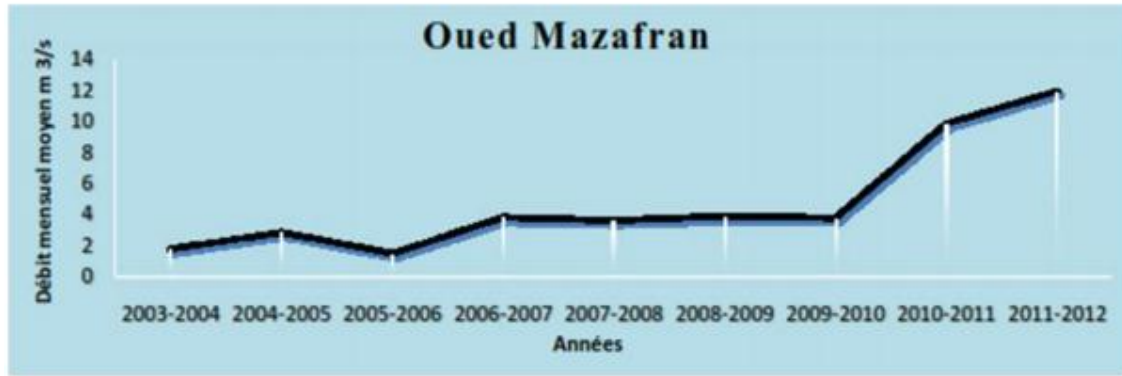


Figure 3: Variation du débit mensuel moyen (m^3/s) au niveau de l'embouchure d'oued Mazafran de 2003 à 2012 (ANRH, 2013 in Zerrouki, 2014).

2.1.2.3 Oued Beni Messous

Est situé entre El-Djamila et « club des pins » à 18 Km à l'ouest d'Alger. Son débit est faible par rapport au débit des oueds précédemment cités et estimé à 7.7 millions m^3/an ($0.245 m^3/s$) (Benzohra, 1993).

2.2 Les différentes infrastructures de la baie de Bou-Ismaïl

2.2.1 Le port de Bouharoun

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

2.2.2 Port de Sidi Fredj

Sidi Fredj est une presqu'île appartenant à la baie de Bou Ismaïl et formant le cap Est de cette baie et la limite ouest de la baie d'El Djamila. Elle est située à 22 km à l'ouest d'Alger. Cette presqu'île est orientée vers le Nord-ouest (Annane, 2007).

2.2.3 Port de Khemisti

La ville de Khemisti se situe sur la côte ouest à environ 40 Km d'Alger et à 22 Km à l'Est de Tipaza. Elle est limitée par la mer Méditerranée au Nord, Bou Ismaïl à l'Est, Bouharoun à l'Ouest et Chaïba au Sud. Le port de Khemisti a une superficie de l'ordre de $13000m^2$ (Annane, 2007).

2.2.4 Port de Tipaza

Le port de Tipaza est situé à 75km à l'ouest d'Alger. Il est limité au Sud et à l'Est par les collines du Sahel, tandis qu'à l'Ouest par le massif de Chenoua.

Le port de Tipaza est délimité par une jetée principale (60ml), une jetée secondaire (100ml), un quai et un bassin de pêche, et deux grands bassins l'un pour la pêche (Superficie de 9443.5 m²) et l'autre pour la plaisance (Superficie de 16789 m²) (Annane, 2007).

2.2.5 Port d'E-L Djamila

La baie d'El Djamila s'étend sur un linéaire côtier de 6km. Elle est limitée à l'Est par Ras Acrata, à l'Ouest par la presqu'île de Sidi Fredj et au Nord par la mer Méditerranée.

La baie d'El Djamila appartient administrativement à la commune d'Ain Banian (Annane, 2007).

2.3 Météorologie

La baie de Bou Ismail est caractérisée par un climat subhumide ; un hiver humide et un été chaud et sec (CNRDPA, 2005).

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).

Les observations climatiques ont été réalisées par l'ONM au niveau de la station de Dar El Beida sur une dizaine d'années (de 2006 à 2015). Les données sont présentées dans le graphique suivant :

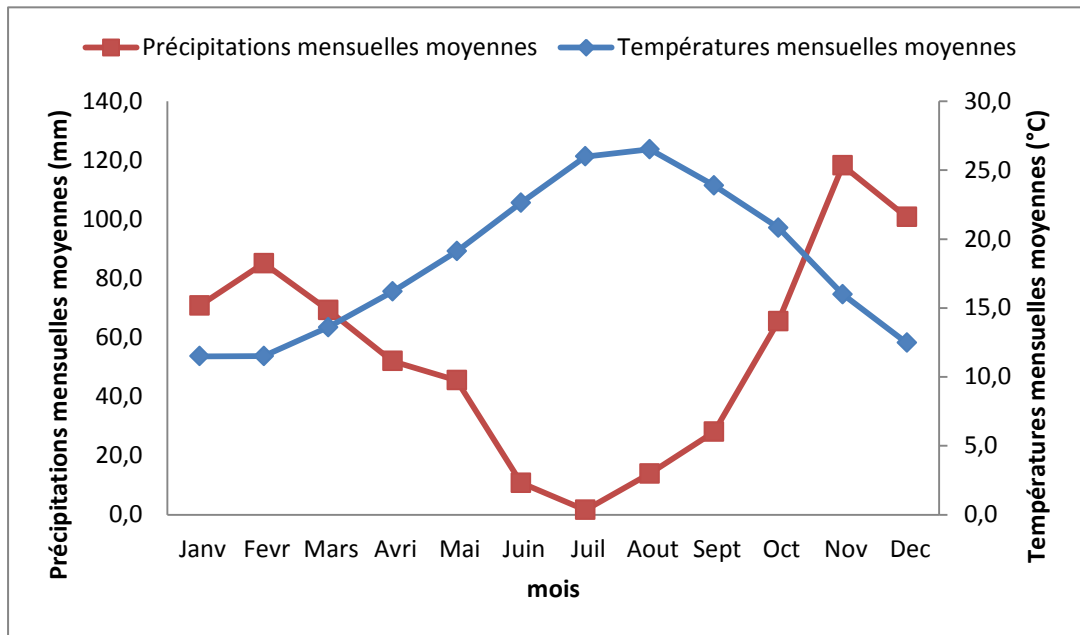


Figure 4:Diagramme Ombrothermique (ONM, 2006-2015inArabi,2017).

Selon ce diagramme, on observe que les moyennes mensuelles de la température varient entre un minimum de 11,5 °C, enregistré aux mois de Janvier et de Février, et un maximum de 26,5 °C au mois d'Août (Arabi, 2017).

2.4 Facteurs hydrodynamiques

2.4.1 Les vents

Selon le rapport du Laboratoire des Etudes Maritimes (LEM, 1998), les vents sont générateurs de vagues et courants, leur impact croît avec leur vitesse. Lorsque l'action du vent est continue, elle génère de la houle.

Les résultats des observations effectuées par l'US Naval Weather Service Command au large des côtes d'Alger notent l'existence de deux périodes distinctes :

- **Une période hivernale** : (Octobre à Mars) avec des vents dominants de secteur Ouest et Nord-Ouest, avec des fréquences allant de 60 à 88% par le secteur Ouest et des fréquences de 90 à 99% pour le secteur Nord-Ouest.
- **Une période estivale** : (Avril à Septembre) avec des vents dominants de secteur Est et Nord-est, avec des fréquences de 45 à 75% pour le secteur Nord Est. (Grib et Slatni, 2018).

2.4.2 Les houles

Etant le facteur le plus important dans la dynamique sédimentaire des petits fonds, sa direction de propagation est liée à celle du vent et de la profondeur, tant que la profondeur est plus grande que la longueur d'onde de la houle. Ainsi, la houle de la baie d'Alger suit le régime des vents qui est un régime saisonnier, comme pour le reste de la marge continentale algérienne (Leclaire, 1972).

En hiver, les houles sont de direction W-NW (300 °) et en été elles sont de direction N-NE (20°-40) (Madi, 2009).

2.5 Courantologie

Ce facteur hydrodynamique possède une grande importance dans la détermination et dans l'évolution de la morphologie des côtes. Cela se fait grâce au phénomène de transport sédimentaire qui s'exerce sur ces dernières conduisant ainsi à des ensablements, des envasements ou des érosions.

2.5.1 Les courants généraux

La côte algérienne est traversée 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 de diamètre) associés à des upwellings (Millot et *al.*, 1990).

2.5.2 Les courants côtiers

Selon CAULET (1972), on distingue :

- **Les courants liés aux vents (courants de surface)** : dans la baie de Bou-Ismaïl, une bonne proportionnalité s'établi entre "la fréquence et la direction des vents dominants" et "l'intensité des courants". Ceci est très bien illustré en période estivale où les courants de surface adoptent pratiquement la direction du vent ;
- **Les courants liés à la houle** : on distingue deux courants dominants dont les directions de ces derniers présentent une variabilité saisonnière spécifique avec celle des houles inductrices ;
- **Les courants de retour** : ils sont créés par le déferlement des houles à direction oblique sur la côte (houles à orientation NW et NNW par rapport à la côte). ces courants sont à l'origine de la distribution du sédiment côtier vers le large ;

- **Les courants de dérive littorale:** produits par des houles tangentielles à la côte (pendant le régime NE) et sont à l'origine d'un transfert sédimentaire latéral.

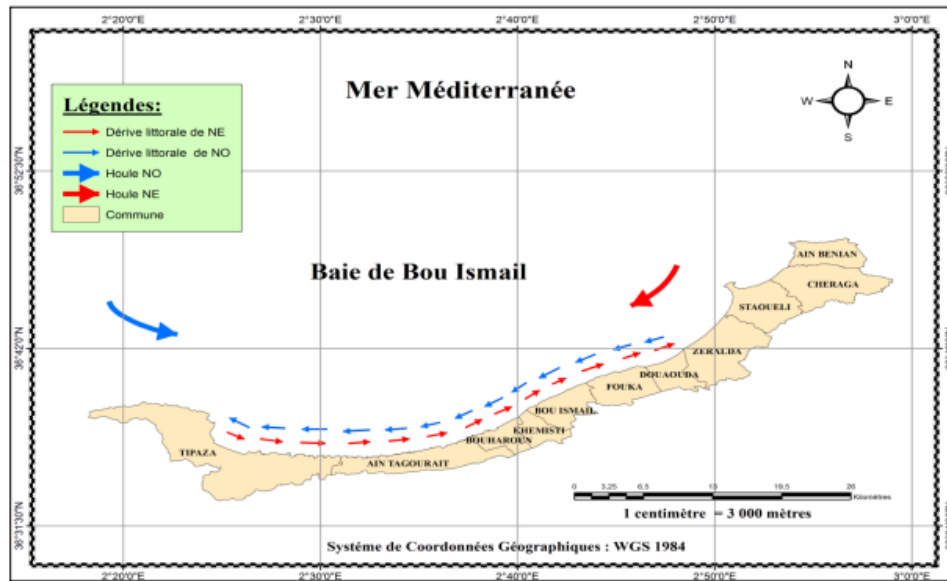


Figure 5: Transit sédimentaire dans la baie de Bou Ismail (L.E.M, 2005 in Harkat 2017).

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

- **Les falaises :** La falaise la plus importante dans la baie de Bou Ismaïl est celle de Mont Chenoua qui est située à l'Ouest de la commune du chef-lieu de Tipaza.
- **Les côtes rocheuses :** Il s'agit de formes rocheuses quelconques localisées entre Tipaza (les différentes anses) et Bou Haroun (rocher plat).
- **Les plages :** La baie de Bou-Ismaïl comprend 16 plages dont la plus développée est celle de Colonel Abbas (située dans la commune de Douaouda) qui s'étale sur une longueur de 3 000 m. La granulométrie de ces plages est constituée de sable fin, moyen et de galets.
- **Les dunes :** Ce sont des formations qu'on retrouve immédiatement sur la continuité des plages puisqu'elles sont à l'origine de leur formation.

2.6 Source de pollution

La pollution dans la 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).

Chapitre 2 : Zone d'étude

Cependant, avec le développement démographique et l'extension de l'urbanisation, de l'agriculture et surtout de l'industrie, ces dernières décennies, la charge polluante a tant augmenté en quantité qu'en qualité (Inal, 2011).

D'après l'ANIREF (2013), la population de la wilaya de Tipaza est estimée à 630.183 habitants en fin 2012, ce qui nous donne une idée sur les pollutions potentielles :

- Eaux usées domestiques des zones urbaines ;
- Agglomérations des complexes touristiques ;
- Centre de 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 d'El Djamila

Tableau 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).

<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

Chapitre 2 : Zone d'étude

À partir de ce tableau, on peut percevoir l'immense pression des flux anthropiques, sur le milieu marin dans cette baie qui est due principalement à l'urbanisation et à la littoralisation connues depuis les dernières années.

D'après des données récentes communiquées par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement et du Tourisme, les principales industries qui sont pratiquées à l'heure actuelle (Khechni, 2012).

Tableau 2: Principales activités industrielles dans la baie de Bou Ismail (Khechni, 2012).

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	Métallurgie	Chutes d'Aluminium et poussières de Fer
ALUMINAL		
SARL PROCHIMAL	Fabrication de produits d'entretiens	Eaux usées chargées d'éléments chimiques ; rejets de savons, agent de lavage et rinçage caractérisé par une teneur élevée en savons saponifiés et en DBO
PLASTRAM	Transformation Plastique	Eaux de nettoyage
PFIZER	Fabrication des 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, gobelets, emballage de différentes dimensions	Rejet d'eaux usées domestiques + Chutes de cartons, papiers
TERRA CERAMIQUE	Production de céramiques et poteries	Lessivages d'argiles vers la mer
Autres unités :		
KN Mine	Eurl CCNBH	Sarl SAFCF Poterie
Matelot	La sahelienne	Sarl Fouka Emballage Touhami
CPKD	Sarl SOAL BIC	Sarl Roxal
ECOREP	Société Algérie Lumière	Sarl Castihygiene
Sarl Irsal	Intrace	Céramique Hyppocampe
Céréales d'or		



Figure 6.1 : Rejet d'eau usée.



Figure 6.2 : Boulevard front de mer.



Figure 6.3 : Pollution par des macro déchets.

Figure 6: Pollution par des différents type de rejets au niveau de la baie de Bou Ismail.

Chapitre 3 :

Matériels

Et

Méthodes

3 Matériels et Méthode

3.1 Travaux effectués en mer

Cette étude a pour objectif de suivre le degré de l'état de pollution par l'analyse des paramètres physico-chimiques, les sels nutritifs et la chlorophylle dans les eaux de la baie de Bou Ismail.

Les prélèvements d'échantillons d'eau de mer ont été effectués le 01/07/2019 au niveau de la baie de Bou-Ismail à la surface. A partir de ces échantillons, les paramètres physico-chimiques tels que la température, la salinité et le *pH* ont été mesurés à bord à l'aide d'une valise multi paramètres. Les sels nutritifs et la chlorophylle ont été analysés au laboratoire de L'ENSSMAL.

3.1.1.1 Choix et localisation des stations

Notre zone d'étude est constituée des eaux côtières de la Baie de Bou Ismail. Les stations de prélèvement ont été choisies selon les critères suivants :

- Tenir en compte les zones les plus sensibles qui sont exposées directement ou indirectement aux activités anthropiques comme les embouchures d'oueds, le lieu des rejets des eaux usées et des rejets industrielles.

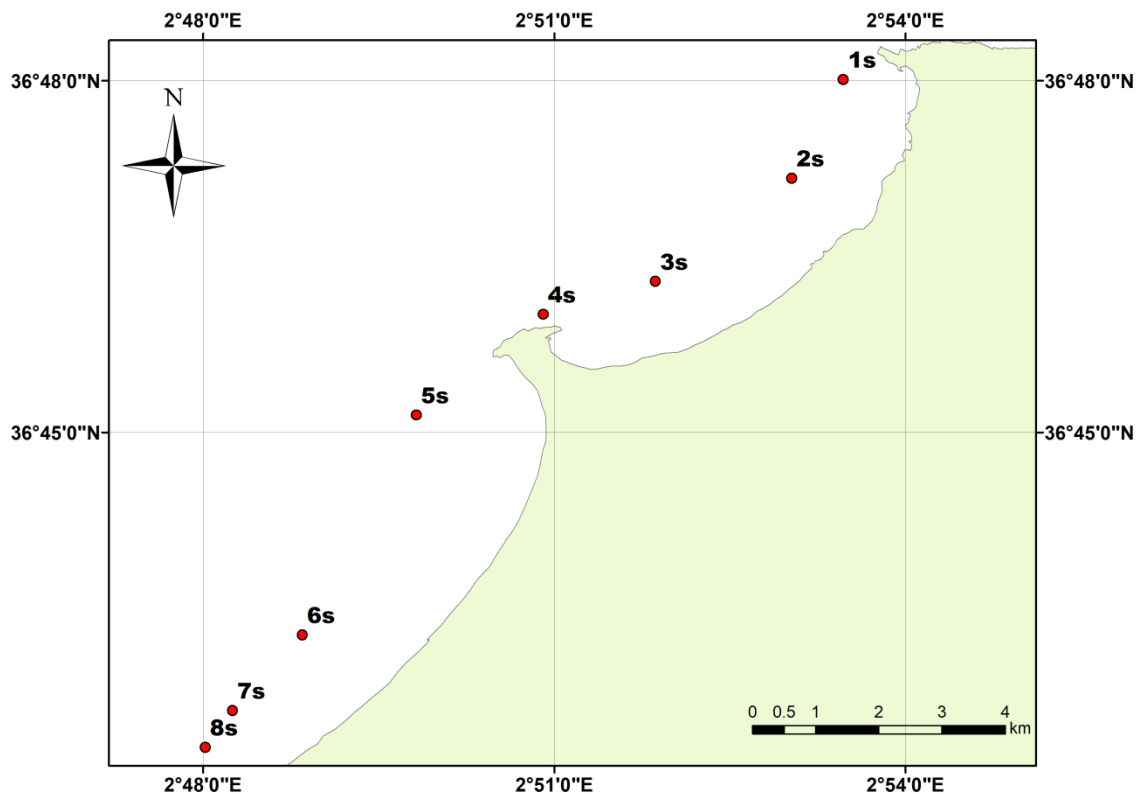


Figure 7: Localisation des stations au niveau de la baie de Bou Ismail.

3.2 Tableaux des stations de prélèvement

Lors des sorties en mer, les prélèvements d'eau ont été effectués en fonction des coordonnées géographiques au niveau de la baie de Bou Ismail selon le tableau suivant :

Tableau 3: Les coordonnées géographiques des stations de prélèvement.

baie	station	latitude	longitude	profondeur de prélèvement
Bou Ismail	1	02° 48,015'E	36° 42,315'N	surface
	2	02° 48,249'E	36° 42,628'N	
	3	02° 48,846'E	36° 43,273'N	
	4	02° 49,819'E	36° 45,149'N	
	5	02° 53,469'E	36° 48,013'N	
	6	02° 53,028'E	36° 47,170'N	
	7	02° 51,864'E	36° 46,290'N	
	8	02° 50,903'E	36° 46,009'N	

3.3 Matériels de prélèvement

- Bouteille de prélèvement de type NISKIN ;
- Flacons en polyéthylène ;
- Valise Multi-paramètres de type HANNA ;
- Glacière pour la conservation des échantillons.

3.4 Stratégie de prélèvement

Des échantillons d'eau de mer ont été prélevés du jour à l'aide des bouteilles de prélèvement de type NISKIN de capacité de 5 l.

Les prélèvements d'eau de mer ont été effectués seulement en surface à cause de messenger qui a été tombé en panne le jour de la sortie.

Des flacons en polyéthylène de 200 ml ont été préalablement rincés à l'eau du robinet, puis rincé une deuxième fois à l'eau acidulée à base de l'HCl à 5%. Un autre rinçage est réalisé à l'eau distillée. Avant le prélèvement des échantillons définitifs, deux conditionnements des flacons ont été réalisés par l'eau destinée au prélèvement.

Pour chaque station, 4 flacons sont remplis (2 flacons pour l'analyse de sels nutritifs et 2 pour la chlorophylle). Ce dernier est mis directement à l'abri de la lumière dans du papier aluminium.

Tous les flacons de prélèvement sont ensuite conservés dans une glacière pour une analyse ultérieure au laboratoire.

Un étiquetage précis est élaboré pour une aisance reconnaissance des stations avant le remplissage des flacons.

Tableau 4: Résumé de la sortie en mer.

sortie N°	Date	Nombre de station	zone	Nombre de flacons	embarcation scientifique
1	01/07/2019	8	Bou Ismail	32	Aurès

3.5 Mesure des paramètres physico-chimique in situ

La température de l'eau, le pH et la salinité ont été mesurés à bord dans l'ensemble des stations à l'aide d'une valise Multi-paramètre de type HANNA. Les mesures ont été faites par l'introduction de l'électrode du multi paramètre dans l'eau contenue dans la bouteille Niskin et la valeur de chaque paramètre n'est prise qu'après la stabilité de l'afficheur.

3.6 Travaux au laboratoire

3.6.1 Dosage de la Chlorophylle « a »

➤ Principe

La mesure de pigments phytoplanctoniques repose sur leurs caractéristiques spectroscopiques non séparatives : absorption de lumière (spectrophotomètre) ou fluorescence (fluorimétrie).

Dans notre cas, la concentration en chlorophylle « a » est déterminée selon la méthode spectrophotométrie.

➤ Appareillage

Dispositif de filtration : la filtration est effectuée sous vide léger en utilisant des filtres en fibre de verre (GF/F, 0,7 µm).

Tubes de mesure : pour l'extraction, des tubes en verre avec bouchon ;

Centrifugeuse : Centrifugeuse Hettich ZENTRIFUGEN de type EBA 30 ;

Spectrophotomètre à fluorescence : de type HITACHI, modèle 650 S, équipé d'une lampe « Xénon » qui est la source du rayonnement UV et des cellules en quartz de 1 cm de trajet optique.

➤ **Réactifs**

- Suspension carbonate de magnésium $MgCO_3$ à 1 %.
- Solvant d'extraction : acétone à 90%.
- Solution d'acide chloridrique 0,5N.

NB : La préparation des réactifs est faite selon le protocole d'Aminot et Kérouel (2004), voir (**Annexe 3**).

Filtration et conservation

- Dès le retour au laboratoire, la filtration s'est faite sur des filtres en fibre de verre *Whatman® GF/F* après ajout de quelques gouttes de $MgCO_3$ sur le filtre. .
- Immédiatement après la filtration, le filtre est plié en quatre avec ajout de 2,5 à 5ml d'acétone.
- Broyer le filtre à l'aide d'une baguette de verre à brisure nette.
- Compléter le volume d'extraction (5 à 10ml) avec 2,5 ml d'acétone 90%.
- Placer les tubes une nuit au réfrigérateur (+4°C) sur un portoir recouvert de papier aluminium étiqueté, afin de protéger les échantillons de tout choc lumineux.

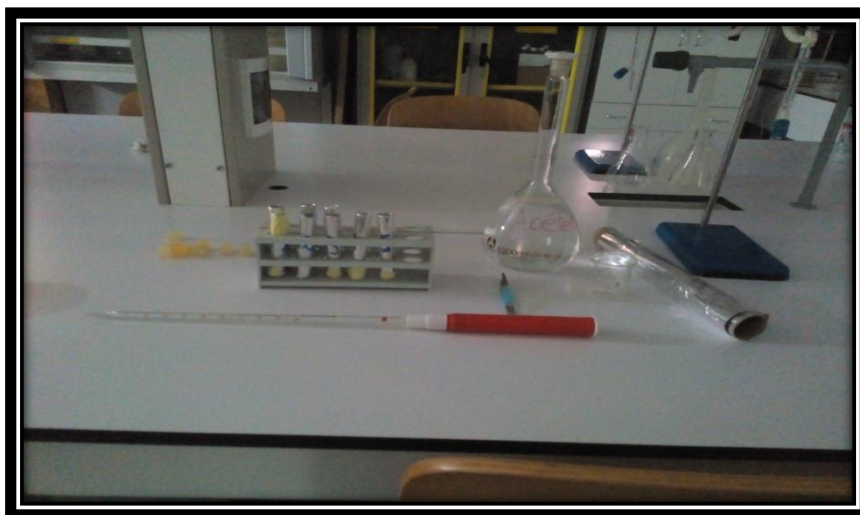


Figure 8 : Extraction de la chlorophylle « a ».

➤ **Mode opératoire**

Chapitre 3 : Matériels et méthodes

- Sortir les tubes du réfrigérateur. Agiter les tubes
- Centrifuger 5min à 3000tours /min
- Remettre en suspension les morceaux de filtre qui se sont déposés sur les parois du tube
- Centrifuger à nouveau 10min
- Prélever alors le surnageant et le transférer dans un tube de mesure .mesurer la fluorescence F_0

Rajouter entre 10 et 20 μ l d'HCL 0,3N par ml d'extrait acétonique (1à 5minute après l'ajout d'acide).

Agiter et mesurer la fluorescence F_a quand le signal est stable.

NB : toutes les étapes de la mesure ont été réalisées à labri de la lumière.

➤ Etalonnage

Le blanc constitué d'acétone à 90 % est mesurée avant chaque série d'échantillon .il permet de régler le zéro de l'appareil.

➤ Calcul et expression des résultats

$$\{Chlorophylle - a\}[\text{ug/l}] = 27,7 \times (A_{665na} - A_{665a}) \times \frac{v}{V} \times L$$

Où :

V : volume d'eau filtré en (litre)

v : volume d'acétone en (millilitre)

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

Avec

$$A_{665na} = A_{665na} - A_{750na}$$

$$A_{665a} = A_{665a} - A_{750a}$$

Aussi

A_{665na} = Absorbance à 665nm avant acidification

A_{665a} = Absorbance à 665nm après acidification

Ab750na= Absorbance à 750nm avant acidification

Ab750a= Absorbance à 750 après acidification

3.6.2 Analyses des sels nutritifs

➤ Principe

Le principe de dosage des sels nutritifs est basé sur une réaction de coloration. En effet, ces sels réagissent dans certaines conditions (T°, pH...) avec des réactifs spécifiques pour donner naissance à une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'ondes (λ).

L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration qui est proportionnelle à la concentration de la solution en sel dosé. La colorimétrie est basée sur la loi de Beer-Lambert qui est définie comme suit :

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

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 mol/l ;

A : absorbance de la solution ;

D.O : Densité optique de la solution

➤ Méthode d'analyse

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs (ammonium, nitrites, nitrates, orthophosphates et silicates (acide orthosilicique)) est le dosage par colorimétrie à flux continu et automatisé sur l'appareil Skalar® San⁺ Analyzer selon les protocoles définis par le constructeur Skalar analytical® (1995).



Figure 9: Appareil d'analyse des sels nutritifs Skalar® San⁺ Analyzer.

Après installation et préparation de l'appareil San Plus Analyzer pour l'analyse et un temps de stabilisation d'environ 20 minutes, les échantillons d'eau de mer à analyser sont mis dans un tube de 10 ml pour chacun et sont installés sur le plateau de l'échantillonneur. L'analyse est ensuite mise en route. Cette analyse est pilotée par un logiciel spécifique qui affiche les résultats obtenus sur l'écran et enregistre un fichier sur l'ordinateur.

NB : La préparation des réactifs est décrite en annexe (**Annexe 1**).

➤ **Étalonnage**

Cette opération nécessite la préparation pour chacun des éléments à analyser une solution mère et une solution fille. Pour chacune de ces solutions filles, on réalise une série de six étalons couvrant la gamme de la concentration des échantillons rencontrée habituellement dans l'eau de mer. Les droites d'étalonnage sont établies automatiquement par le logiciel en utilisant les concentrations connus des solutions étalons et leurs hauteurs de pic correspondantes.



Figure 10: Préparation des étalons

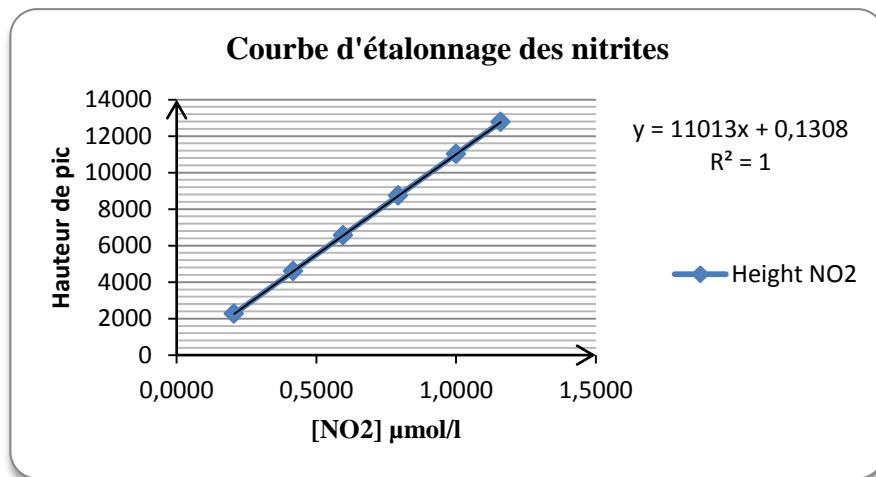


Figure 11: Courbe des nitrites.

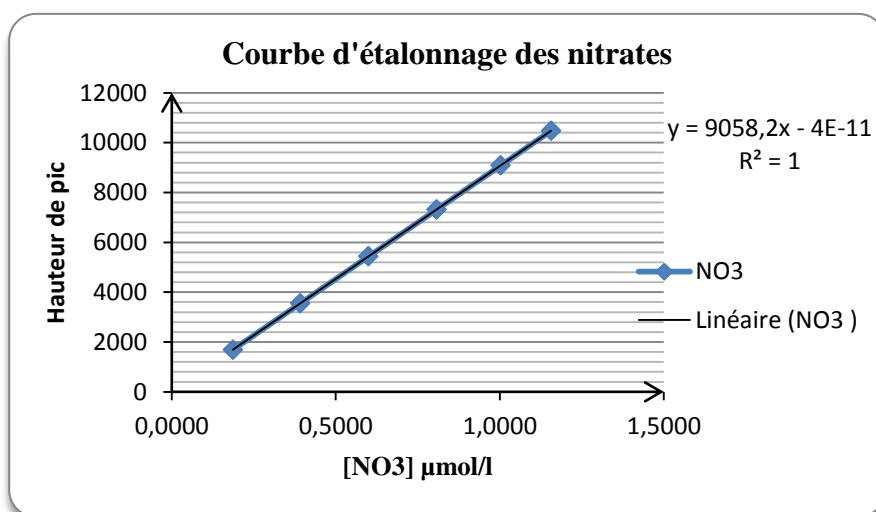


Figure 12: Courbe d'étalonnage des nitrates.

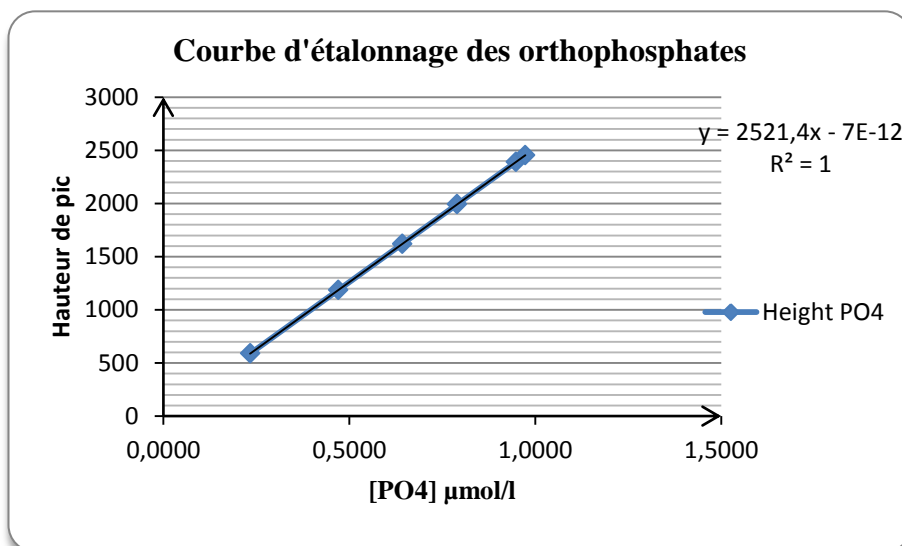


Figure 13: Courbe d'étalonnage des ortho-phosphates.

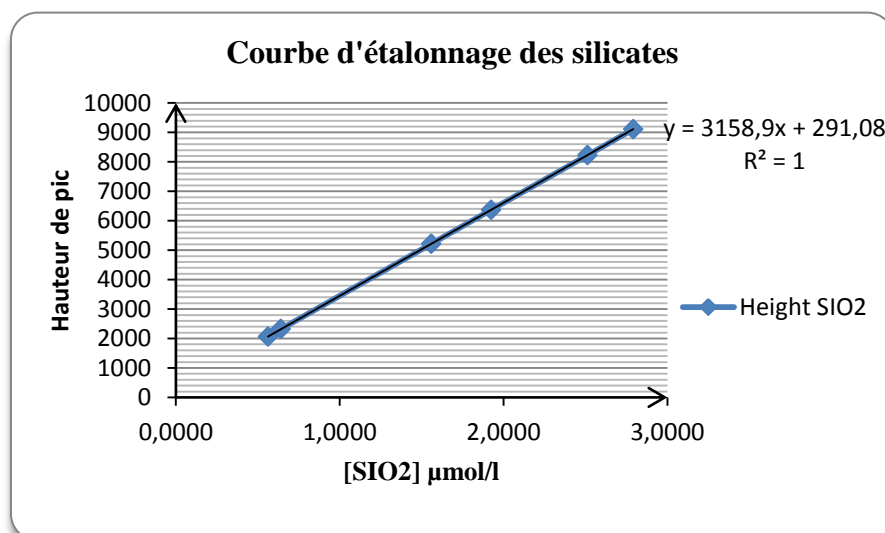


Figure 14: Courbe d'étalonnage des silicates.

3.6.3 Principe de dosage des Nitrates et Nitrites (NO_3^- et NO_2^-):

La méthode est basée sur la réduction des nitrates en nitrites par le passage de l'échantillon sur une colonne de cadmium traité au cuivre (Wood et *al.*, 1967, in Aminot et Kérouel, 2004). Après cette réduction, les nitrites sont dosés selon les conditions réactionnelles décrites par Bendshneider et Robinson (1952), *in* (Aminot et Kérouel, 2004).

En effet, les nitrites forment un diazoïque par réaction avec la sulfanilamide en milieu acide ($\text{pH} < 2$). Ce composé formera ensuite, en présence de Nnaphthylethylene di-amine,

un composé azoïque de couleur rose absorbant un maximum de lumière à 540 nm (Skalar®, 1995).

3.6.4 Principe du dosage des Orthophosphates (PO_4^{3-}) :

Sa méthode d'analyse est la colorimétrie du bleu phosphomolybdique, qui est basée sur la réaction de Deniges selon la méthode de (Murphy et Reily, 1962 ; in Aminot et Kérouel, 2004). Le molybdate d'ammonium et le tartrate d'antimoine de potassium réagissent à une température de 40°C dans un milieu acide avec les solutions diluées du phosphate pour former un composé d'antimoine-phospho-molybdate. Ce composé est réduit à un composé intensément bleu-coloré par l'acide ascorbique à un maximum d'absorption à 880 nm.

3.6.5 Principe du dosage des silicates (SiO_2) :

Le dosage de l'acide orthosilicique dans l'eau de mer est basé sur la méthode de (Mullin et Reily, 1955). Cette dernière repose sur la formation de l'acide silico-molybdique, non affectée par la salinité proposée par (Smith et Milne, 1981 ; in Aminot et Kérouel, 2004).

Sa mesure est basée sur la formation d'un complexe silico-molybdique par la réaction des silicates avec le molybdate d'ammonium en milieu acide. Ce complexe sera par la suite réduit par l'acide ascorbique en donnant naissance à un composé qui se colore en bleu absorbant à 810 nm. L'acide oxalique est ajouté pour éviter les interférences des phosphates.

Chapitre 4 :

Résultats et discussion

4 Résultats et discussion

Il paraît indispensable après cette première étape, de faire un bilan sur l'ensemble des résultats obtenus afin d'essayer de donner une explication aux multiples anomalies constatées. On commencera par une analyse générale des données, en indiquant les grandeurs moyennes détenues pour l'ensemble des paramètres. -Celle-ci sera suivie d'une observation spatiale de la baie par la détermination des cartes de distribution horizontale via le logiciel Ocean Data View, pour la visualisation des données océanographiques, Des synthèses succinctes des caractéristiques hydrodynamiques et des niveaux d'enrichissement en éléments nutritifs découleront progressivement de l'ensemble des données, -On essaiera ensuite de définir des corrélations entre les paramètres, deux à deux, De plus, on établira des graphiques afin de suivre l'évolution d'un paramètre en fonction du temps, Une discussion assez succincte permettra la jonction entre tous les phénomènes et sera clôturée par une conclusion générale. Enfin, quelques recommandations pratiques et perspectives seront énumérées.

4.1 Analyse paramétrique de la baie de Bou Ismail

4.1.1 Paramètres physico-chimiques

Les résultats des analyses des différents paramètres au laboratoire nous ont permis de résumer leurs valeurs extrêmes, les moyennes ainsi que leur écart-type dans le tableau suivant :

Tableau 5: Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physico-chimiques dans la baie de Bou Ismail.

paramètre statistique	T°C	pH	S(PSU)
Moyenne	26,11	8,08	34,12
Ecart type	0,79	0,05	1,55
Max	27,6	8,14	35,7
Min	25,09	7,95	31,2

4.1.1.1 Température (°C)

Avec une moyenne de 26,11 °C et un écart-type de 0,79, les valeurs thermiques en surface au niveau de la baie de Bou Ismail reflètent une situation typiquement chaude. Les valeurs

de la température de surface sont assez homogènes avec un minimum de 25,09°C au niveau de station 6s, et un maximum de 27,6°C au niveau de la station 5s.

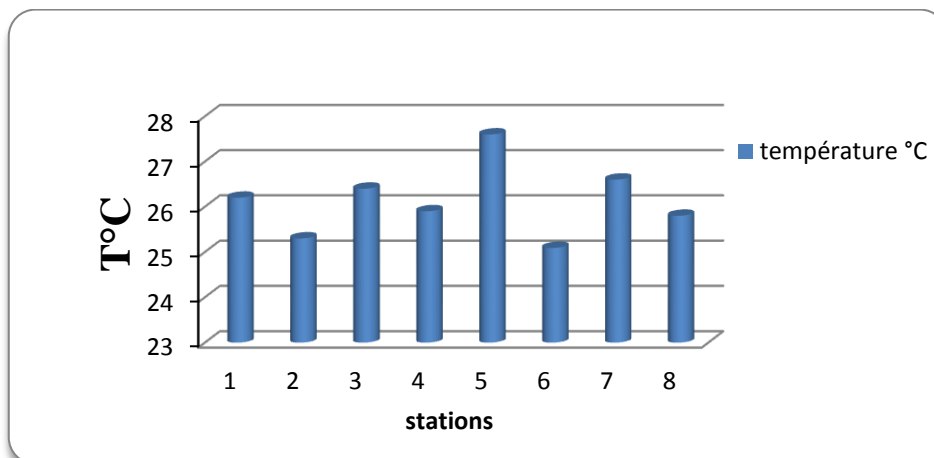


Figure 15 : Variation de la température dans la baie de Bou Ismail.

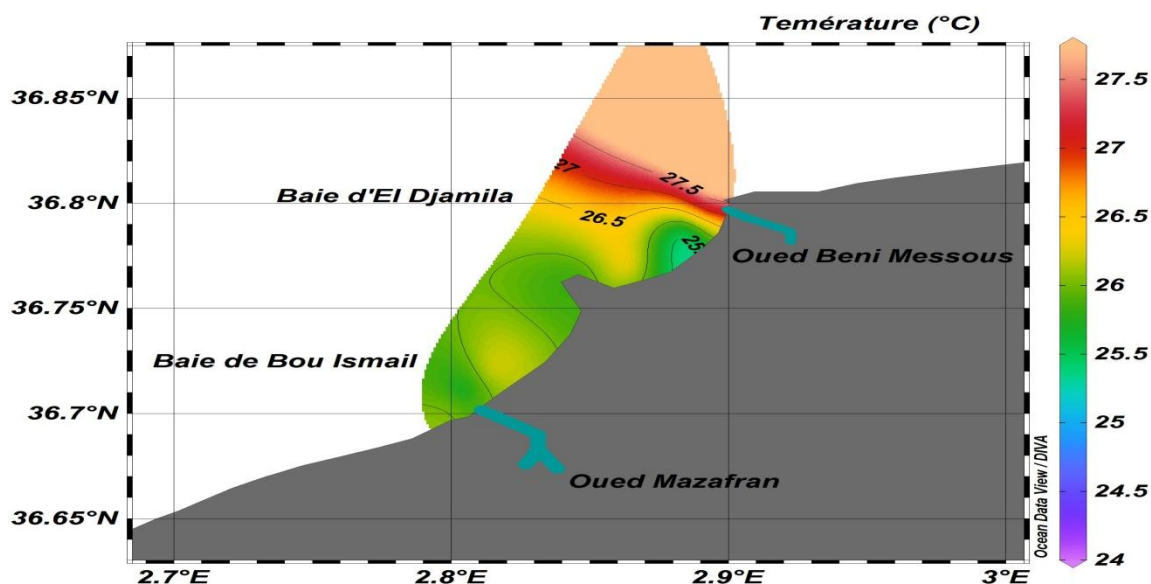


Figure 16: distribution spatiale de température en surface dans la zone d'étude.

La figure(15) nous montre une augmentation de la température qu'est due probablement à l'influence des rejets des eaux usées du bassin versant de Bou Ismail ainsi le réchauffement des eaux qui sont mélangées par l'eau douce des oueds et l'eau de mer. En outre, la période estivale de l'année en cours qui coïncidait avec la période de la sortie en mer était anormalement chaude, ce qui a certainement eu une influence sur les valeurs de la température.

4.1.1.2 Potentiel d'Hydrogène

Les valeurs du potentiel d'Hydrogène en surface sont pratiquement homogènes dans l'ensemble des stations par une moyenne de 8,08 avec un écart type de 0.05. La valeur maximale du pH est de 8.14 relevée à station 7s et la plus faible valeur observée est de 7,95 correspond à la station 1s.

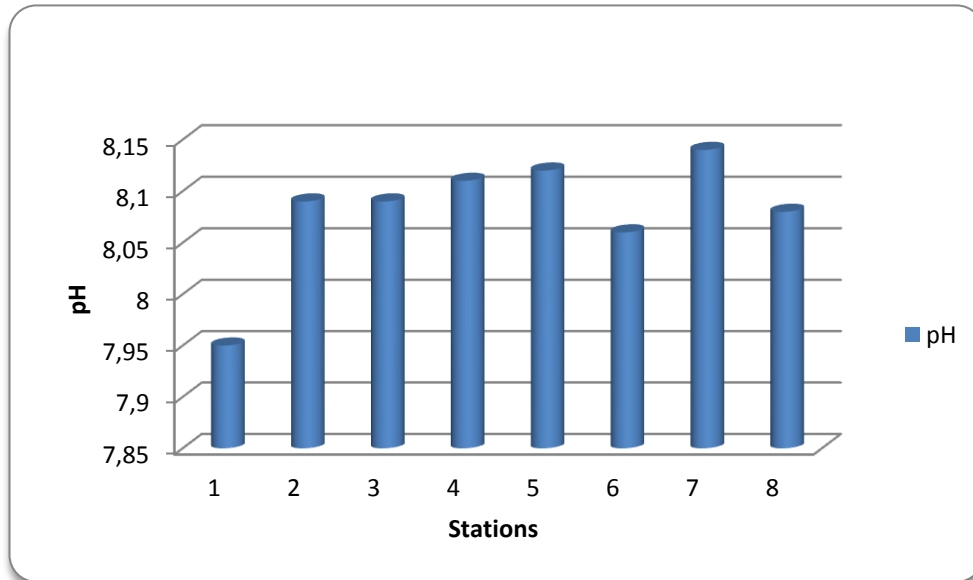


Figure 17: variation du pH dans la baie de Bou Ismail.

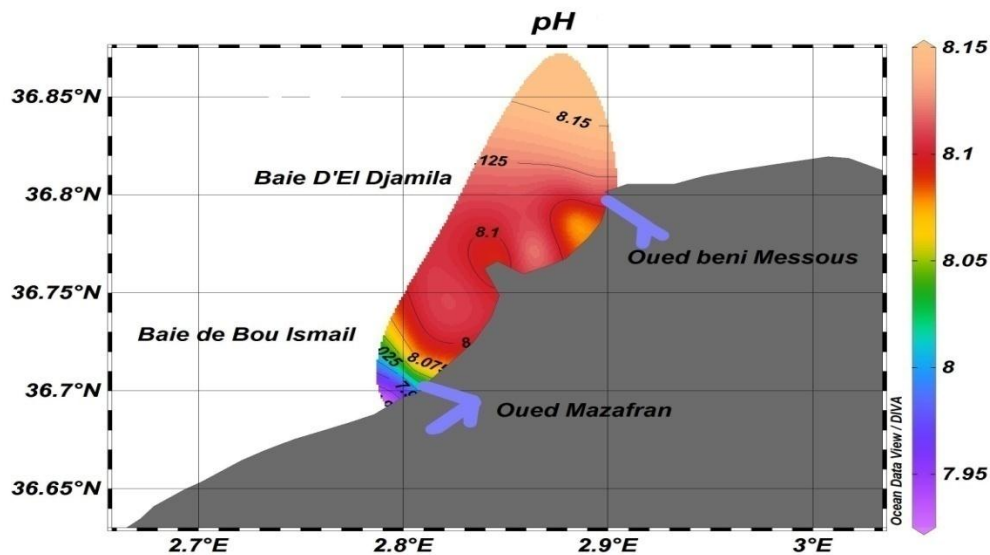


Figure 18: Variation spatiale du pH en surface dans la zone d'étude.

Ces variations restent normales pour le pH de l'eau de mer. Le pH moyen de l'eau de mer est en général de 8,2 et peut varier entre 7 et 8,2 en fonction des conditions du milieu (Aminot et Chauss-Pied ,1983).

4.1.1.3 Salinité

La valeur moyenne de salinité en surface est à l'ordre de 34,12 PSU avec un écart-type de 1, 55. Dans les eaux marines côtières à proximité de l'embouchure de l'oued Mazafran la salinité s'abaisse à 31,2 et 32,4 PSU au niveau des stations 1s et 3s respectivement

En effet, les valeurs maximales sont entre 34,1 et 35,7 enregistrées au niveau du reste des stations. Cela est peut être due aux faibles apports d'eaux douces d'origine terrigène.

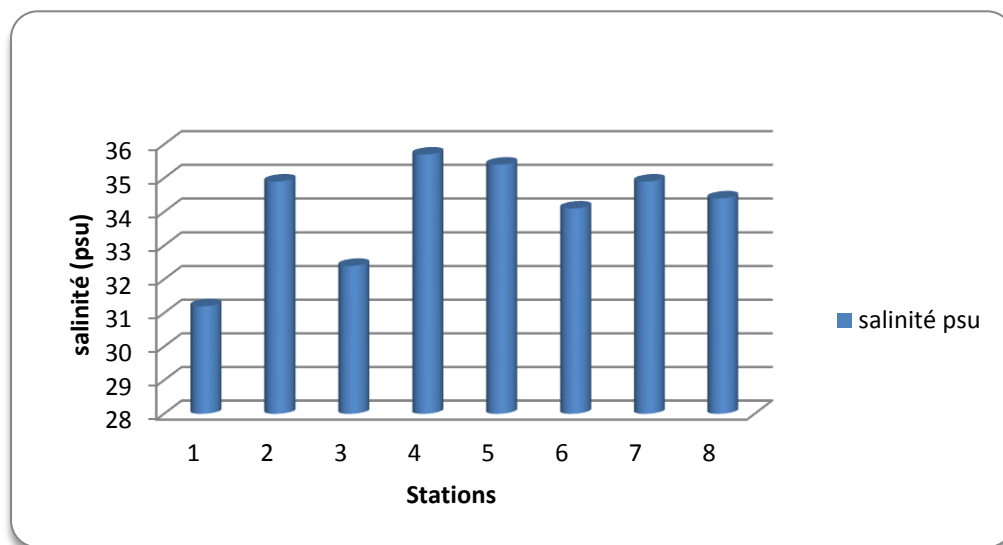


Figure 19: Variation de la salinité au niveau de la baie de Bou Ismail.

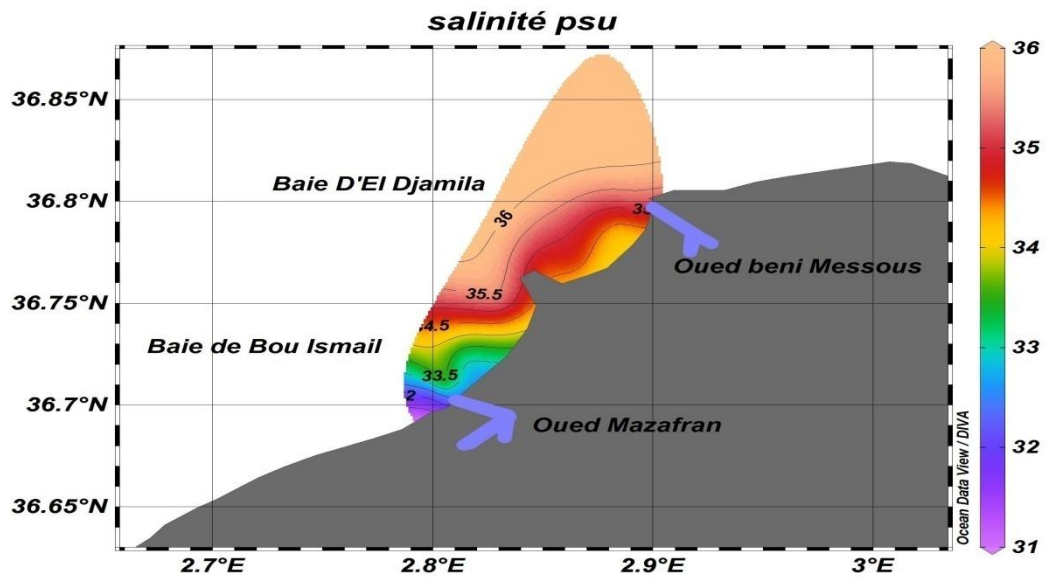


Figure 20: variation spatiale de la salinité dans la zone d'étude.

4.1.1.4 Chlorophylle a

Tableau 6: Les valeurs moyennes et extrêmes de la concentration en chlorophylle (a) de la baie de Bou Ismail.

paramètre statistique	Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$)
Moyenne	2,96
Ecart type	2,31
Max	8,06
Min	0,72

Les concentrations en chlorophylle varient d'un maximum de 8,06 $\mu\text{g/l}$ enregistré dans la station 1s à un minimum de l'ordre de 0,72 $\mu\text{g/l}$ obtenu dans la station 5s. La moyenne est de 2.95 $\mu\text{g/l}$ et l'écart-type est de l'ordre de 2,31. Ces fortes teneurs en chlorophylle (a) sont accompagnées par la relative forte teneur en matière organique (MES) et l'enrichissement de la zone par des apports anthropiques riches en sels nutritifs.

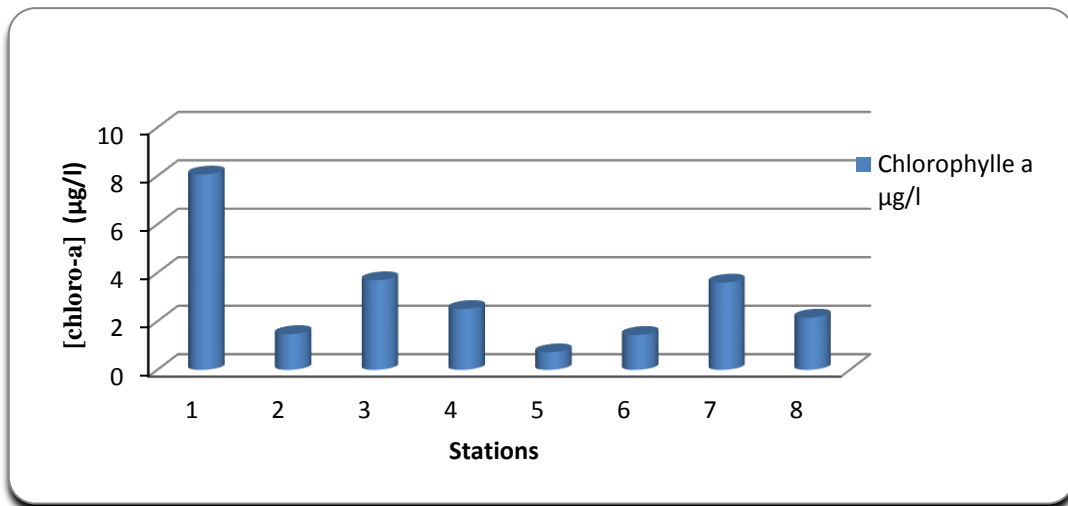


Figure 21: Variation de la concentration de la chlorophylle "a" dans la baie de Bou Ismail.

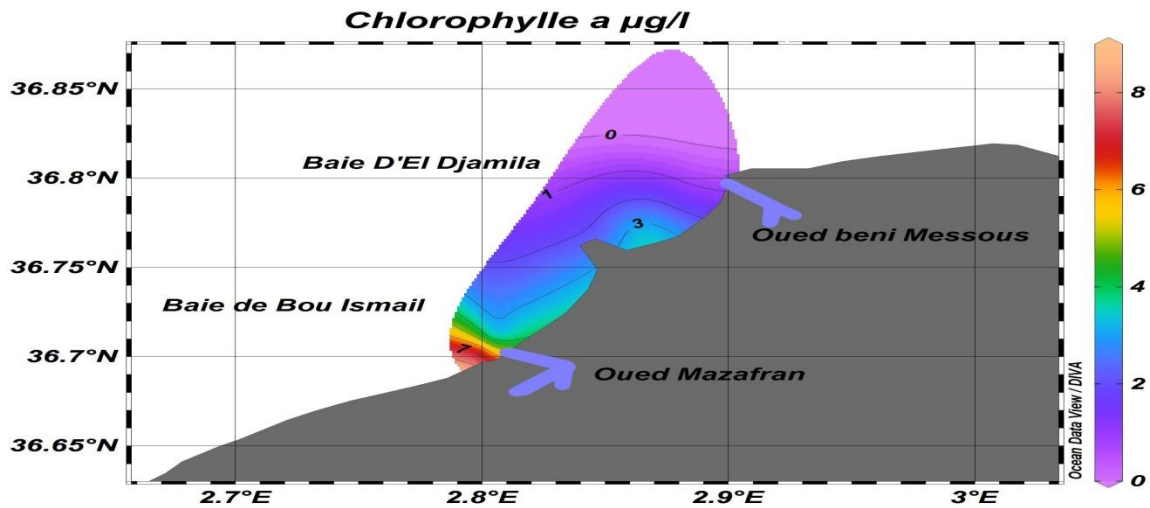


Figure 22: variation spatiale de la chlorophylle "a" en surface de la zone d'étude.

4.1.2 Sels nutritifs

Tableau 7: Les valeurs moyennes et extrêmes des sels nutritifs dans la baie de Bou Ismail.

paramètre statistique	NO3 µmol/l	NO2 µmol/l	PO4 µmol/l	SiO2 µmol/l
moyenne	0,24	0,02	0,16	0,43
écart-type	0,31	0,04	0,05	0,45
maximum	0,97	0,12	0,24	1,54
minimum	0,02	0	0,1	0,21

4.1.2.1 Nitrates

Avec une valeur moyenne de $0,23\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de $0,31$, la concentration des nitrates est comprise entre un minimum de $0,02\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 8s et un maximum de $0,96\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 1s (Oued Mazafran) ceci peut être expliqué à la présence des terres agricoles et leur lessivage dans cette région qui polluent le milieu en ces éléments nutritifs via l'oued de Mazafran .

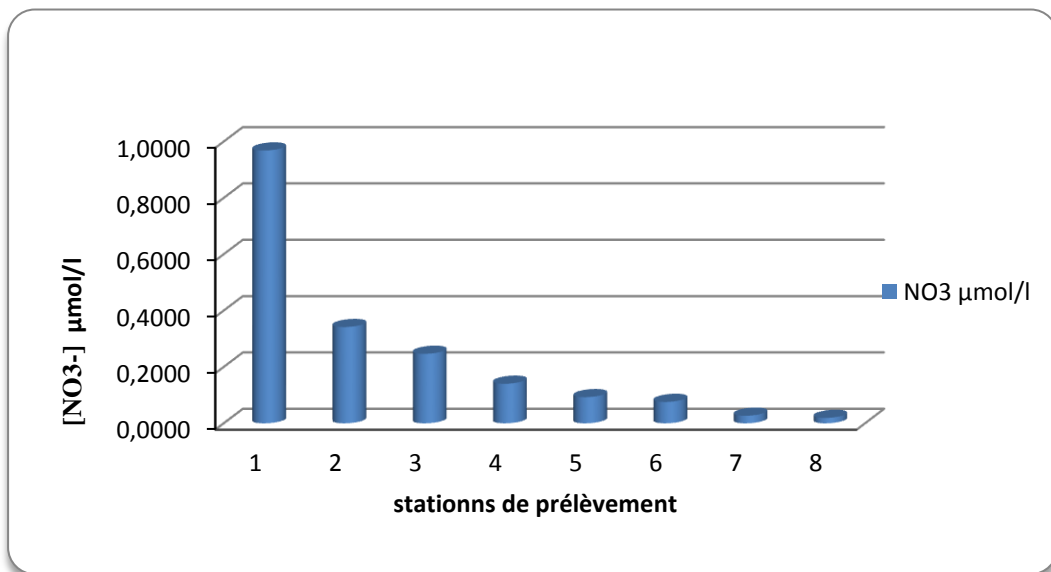


Figure 23: Variation de la concentration des nitrites dans la baie de Bou Ismail.

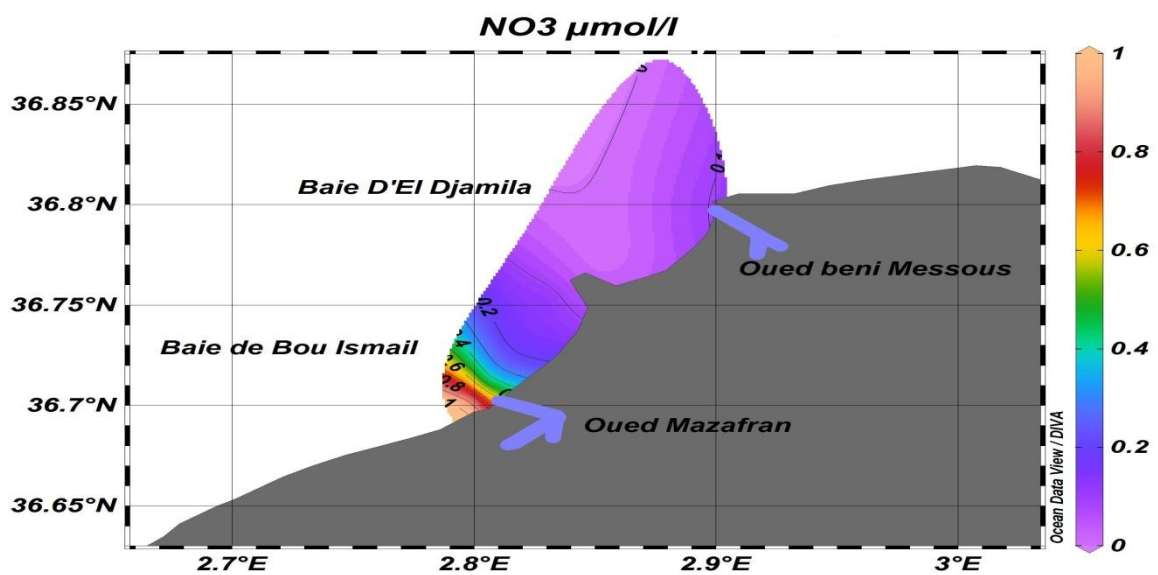


Figure 24: Variation spatiale des nitrates en surface dans la zone d'étude.

4.1.2.2 Nitrites

La concentration en nitrite varie entre un minimum de 0 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 7s et un maximum de 0,11 $\mu\text{mol/l}$ au niveau de la station 1s avec une moyenne de 0,02 $\mu\text{mol/l}$ et un écart-type 0,04 $\mu\text{mol/l}$.

La nitrification assurée par les bactéries chimio-autotrophes qui oxydent l'ammonium en nitrite puis en nitrate peut expliquer les teneurs élevées au niveau de Oued Mazafran. Ce dernier peut véhiculer aussi les nitrites de différentes origines du bassin versant et de la Mitidja.

Aussi, les nitrites peuvent avoir comme origine le lessivage des terres agricoles chargées d'engrais vue l'activité agricole répandue dans les plaines littorales de la zone de Bou Ismail.

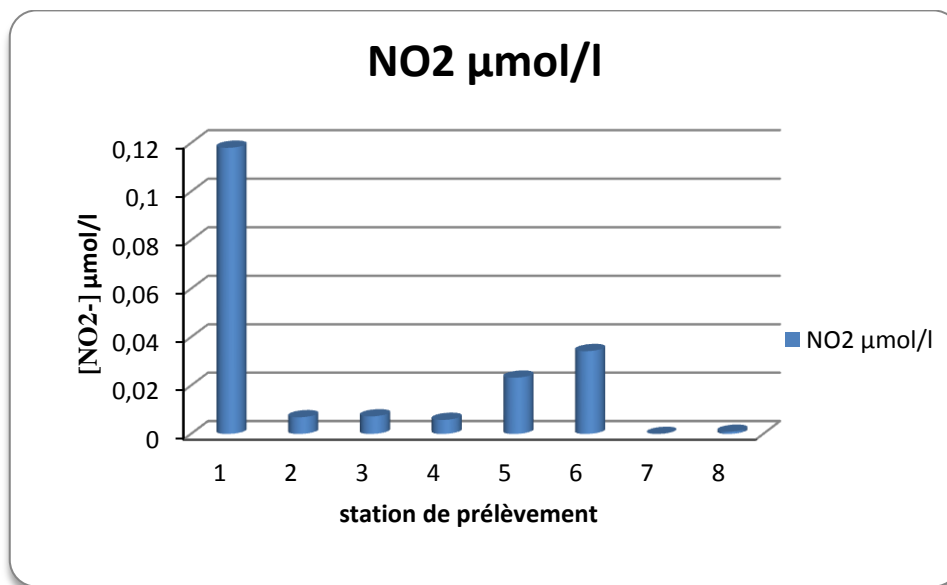


Figure 25: Variation de la concentration des nitrites dans la baie de Bou Ismail.

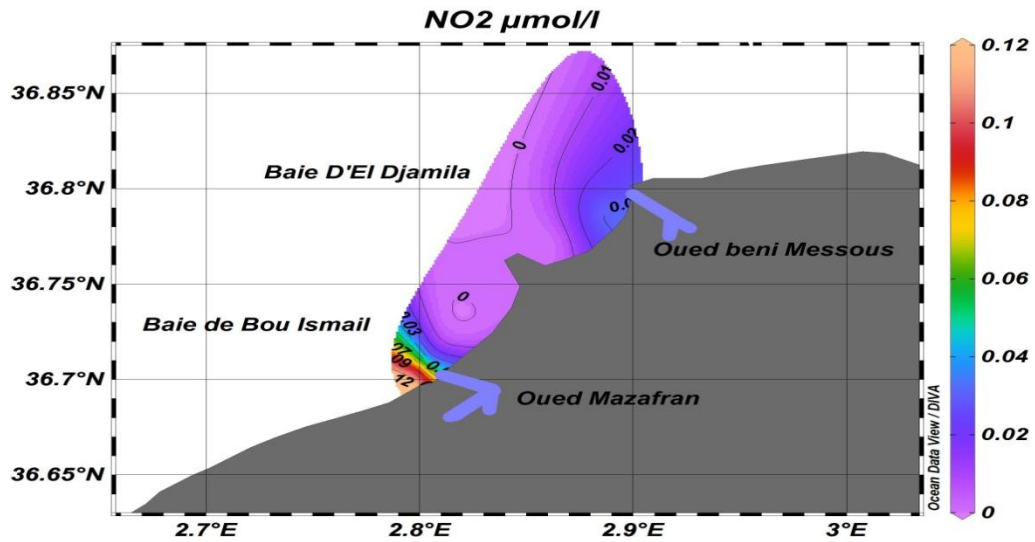


Figure 26: Variation spatiale des nitrites en surface dans la zone d'étude.

4.1.2.3 Ortho-phosphates

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

Les teneurs en ortho-phosphates fluctuent entre 0,09 et 0,24 $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de 0,15 $\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de 0,04.

La variation des ortho-phosphates (figure 25) montre de faible concentration, à l'exception des stations près de l'Oued Mazafran qui peut s'expliquer par les rejets urbains et les eaux usées chargées en matière organique.

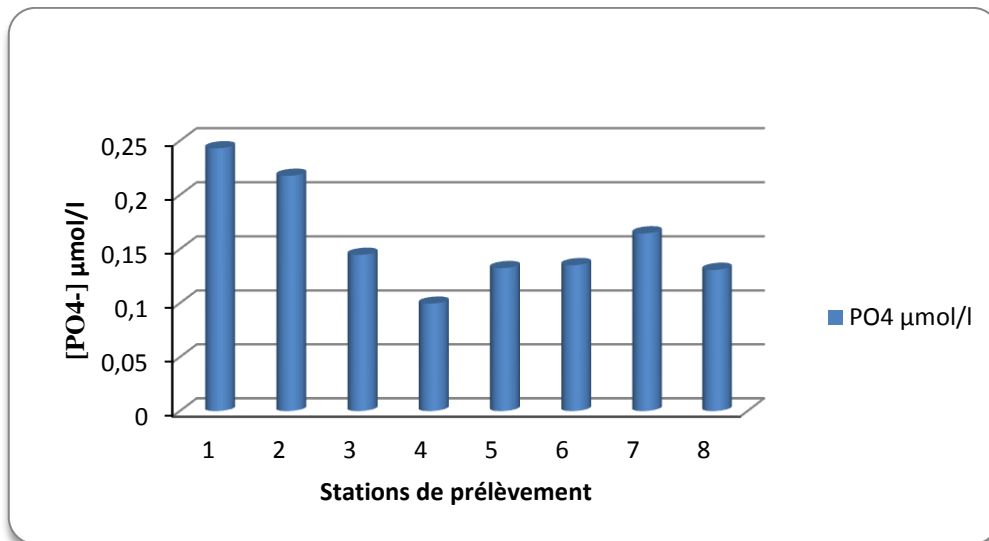


Figure 27: Variation de la concentration des ortho-phosphates dans la baie de Bou Ismail.

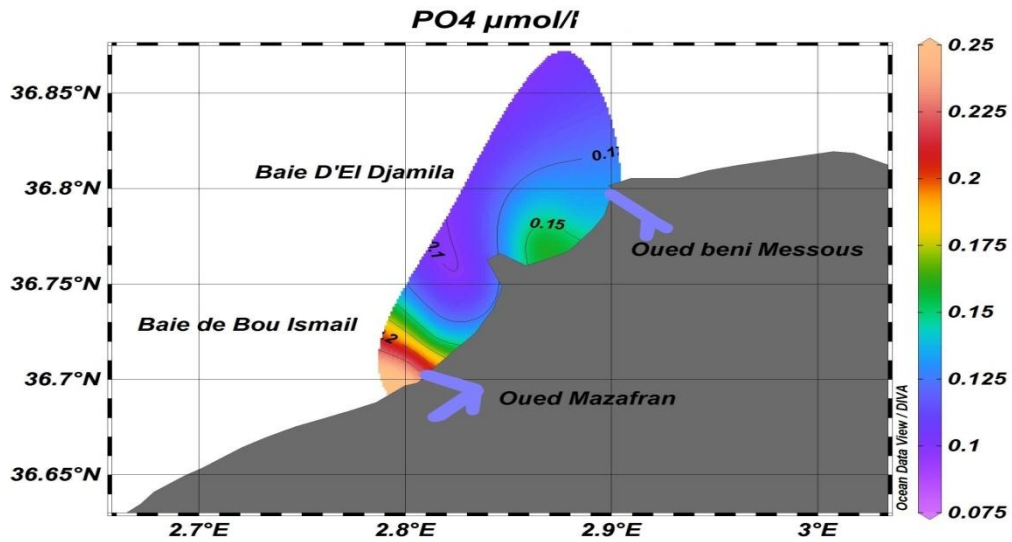


Figure 28: Variation spatiale des ortho-phosphates en surface dans la zone d'étude.

4.1.2.4 Silicates :

En ce qui concerne les ions silicates, les valeurs mesurées sont entre 0,21 et 1,54 $\mu\text{mol/l}$ alors que la concentration moyenne avoisine les 0,43 $\mu\text{mol/l}$ avec un écart-type de 0,44.

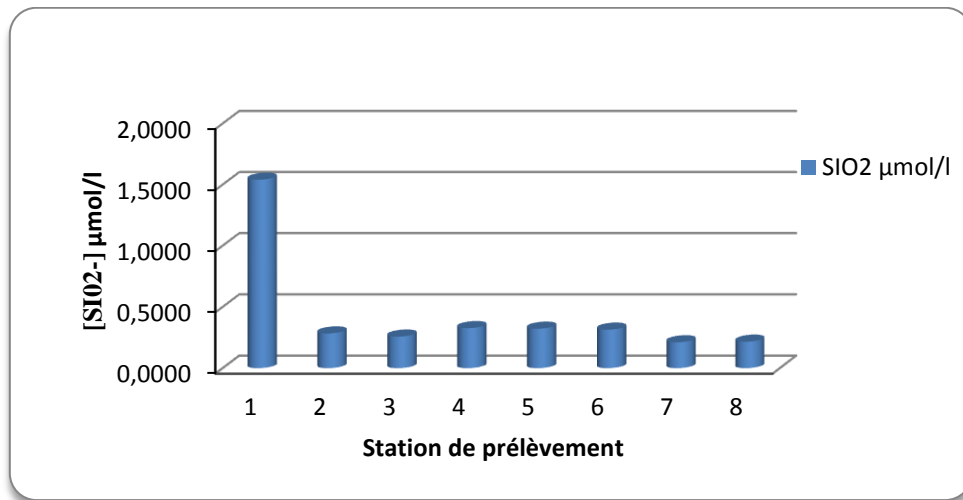


Figure 29: Variation de la concentration des silicates dans la baie de Bou Ismail.

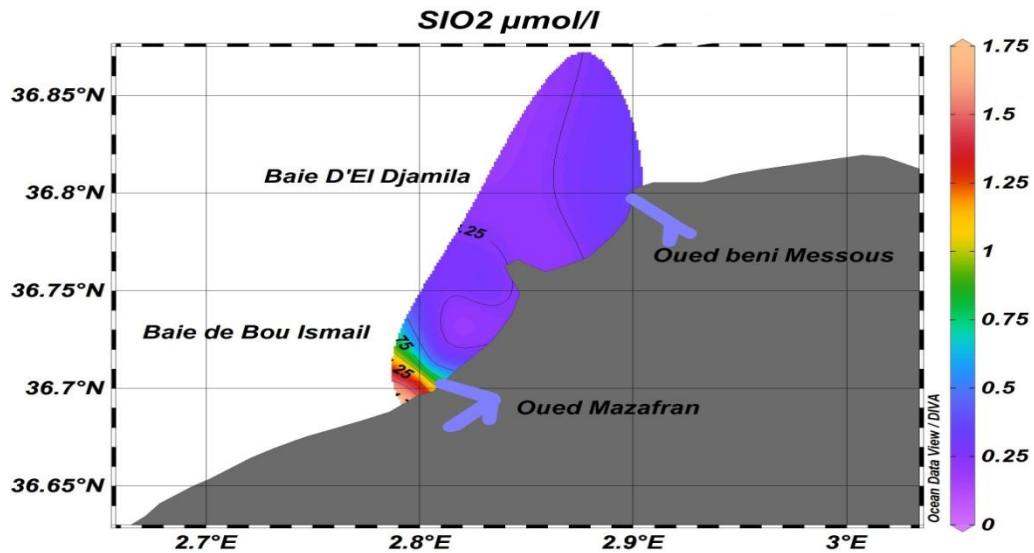


Figure 30: Variation spatiale des silicates en surface de zone d'étude.

4.2 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.

4.2.1 Diagramme T-S

Le diagramme température-salinité permet l'identification des différentes masses d'eaux et permet d'examiner la structuration du milieu physique.

Le diagramme T-S nous montre deux nuages de points traduisant la présence de deux masses d'eaux différentes :

- **Le nuage (A)** caractérise les eaux de surface chaudes (26,2 et 26,4 °C) et plus douce (31 et 32 PSU) influencées par les apports de l'oued Mazafran.
- **Le nuage (B)** caractérise une masse d'eau de salinité allant de 34 à 36 PSU et des températures entre 25 et 27,5 °C. Ces valeurs décrivent l'Eau Atlantique Modifiée (MAW) qui occupe presque la totalité de la baie et forme sa masse d'eau principale.

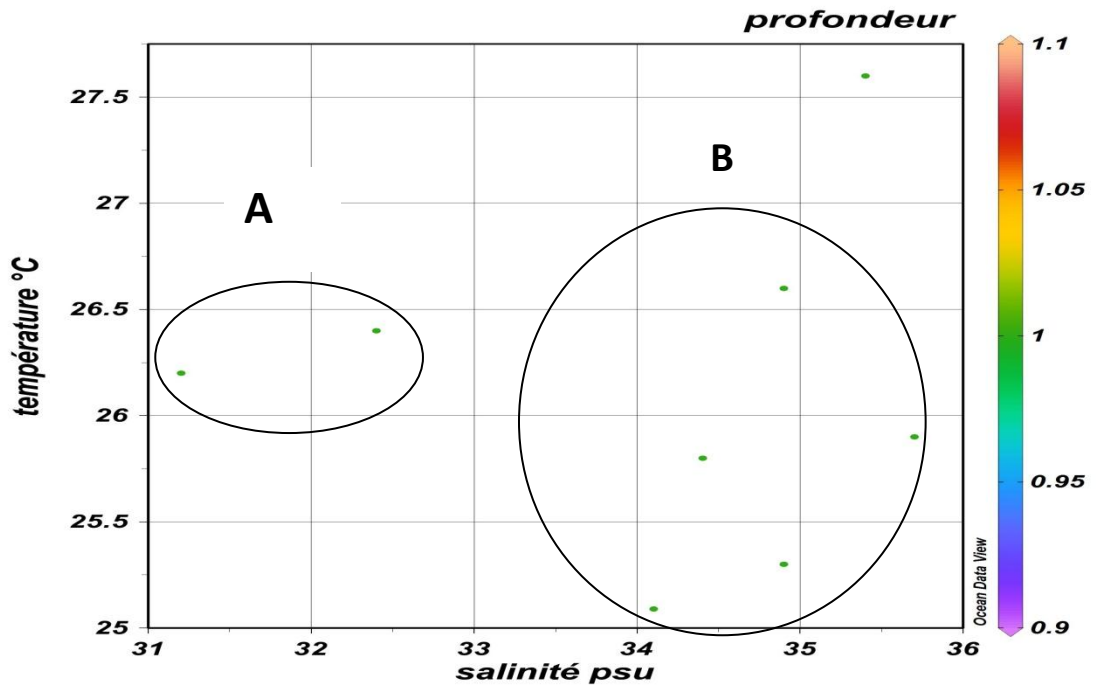


Figure 31: Diagramme température-salinité de la zone d'étude.

4.2.2 Diagramme N-P

Le rapport de corrélation entre l'azote (nitrate) et le phosphore (orthophosphate) permet l'évaluation de la perturbation de l'environnement chimique d'un écosystème aquatique.

Le rapport de Redfield (N/P) dans les eaux de surface de la baie de Bou Ismail est de $N/P = 5,251$, avec une corrélation significative ($R^2 = 0,650$). Cette valeur est largement faible par rapport à celle observé en méditerranée (20- 27) (Raimbault et *al.*, 1993).

Comparé à celui de Redfield (admis pour l'océan mondial $N/P=16$), ce rapport est très faible. Il peut signifier la quasi inexistence des nitrates et l'abondance excessive des phosphates avec un inversement de la relation entre ces deux paramètres, ce qui rend l'environnement chimique très perturbé par un déséquilibre chimique.

Ce déséquilibre peut être imputé à la fois à la photosynthèse qui a épuisé presque totalement les nitrates et à la pollution excessive en phosphates issus des complexes et installations tourniques au niveau de la baie de Bou-Ismaïl, surtout l'utilisation des détergents en poudre riches en phosphates. (Khechni, 2012).

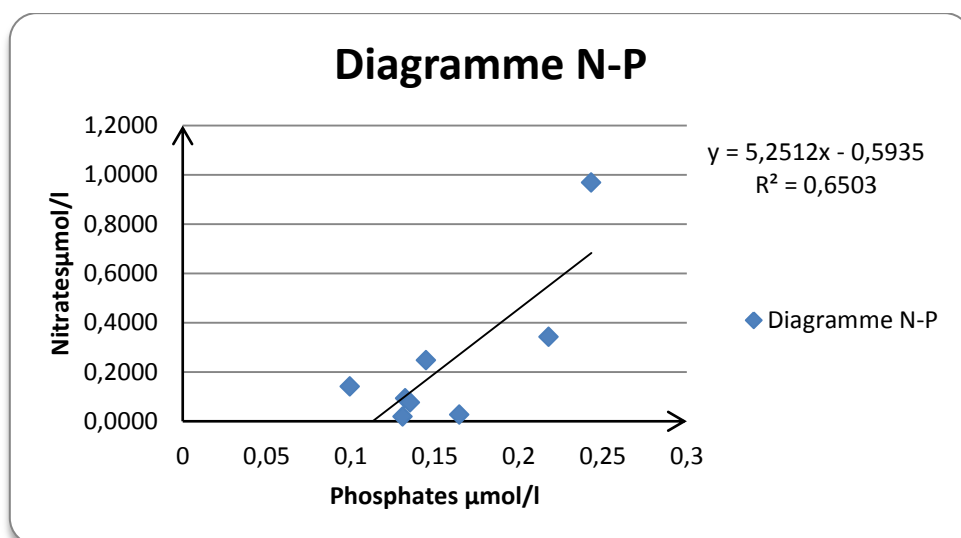


Figure 32 : Diagramme nitrate-phosphate de la baie de Bou Ismail.

4.3 Etude évolutive des paramètres mesurés au niveau de la Baie de Bou Ismail

4.3.1 Les paramètres physico-chimiques

4.3.1.1 La température

Les valeurs thermiques obtenues au niveau de la baie de Bou Ismail entre les années (de 2012 à 2019) sont pratiquement homogène avec une légère augmentation en 2018 et 2019.

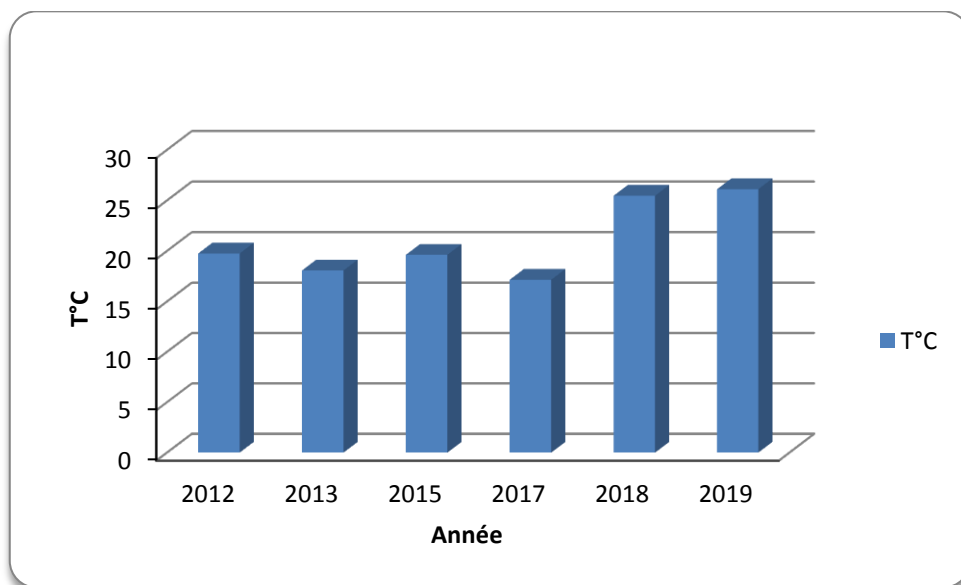


Figure 33: Evolution de la température en surface de la baie de Bou Ismail.

4.3.1.2 Le potentiel d'Hydrogène

Durant cette période allant de 2012 à 2019, les valeurs du pH montrent une certaine stabilité. On remarque qu'en 2013 il n'y a pas de résultats par manque d'observation.

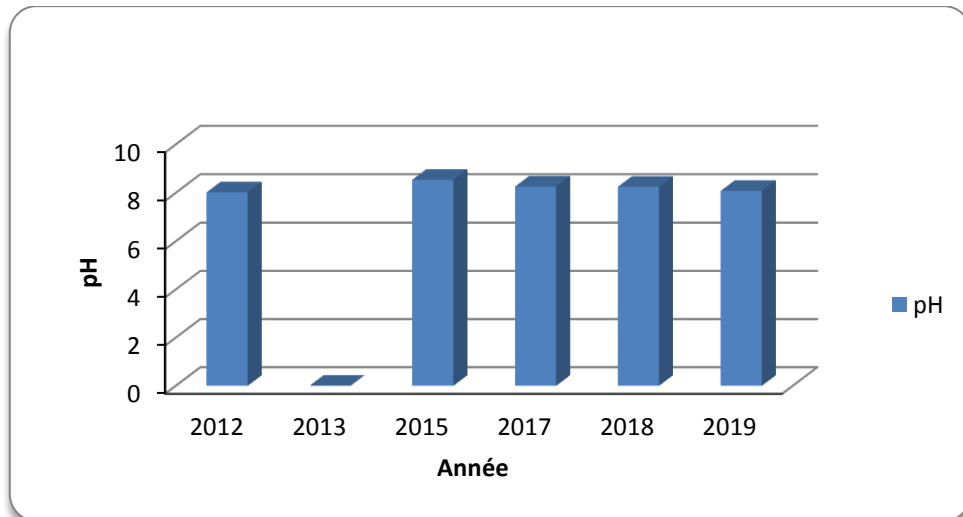


Figure 34: Evolution de pH en surface de la baie de Bou Ismail.

4.3.1.3 La salinité

Les années 2013 et 2019 marquent les moyennes les plus basses contrairement à l'année 2018 qui enregistre la moyenne la plus élevée. Cependant le reste des résultats sont homogènes.

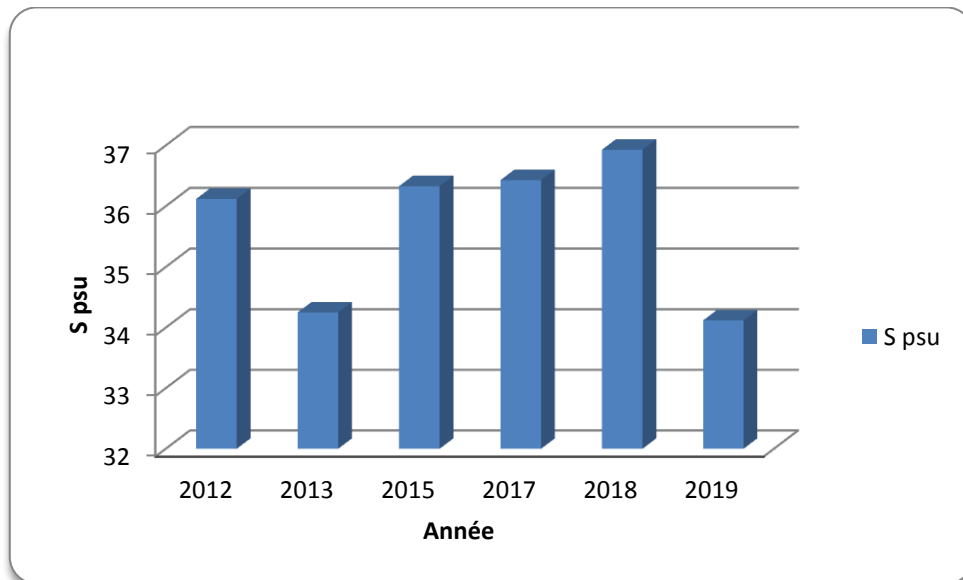


Figure 35: Evolution de la salinité en surface de la baie de Bou Ismail.

4.3.1.4 La chlorophylle a

L'année 2019 marque des concentrations très élevées avec une moyenne de $2,96\mu\text{mol/l}$ par rapport aux autres années qui sont très faibles.

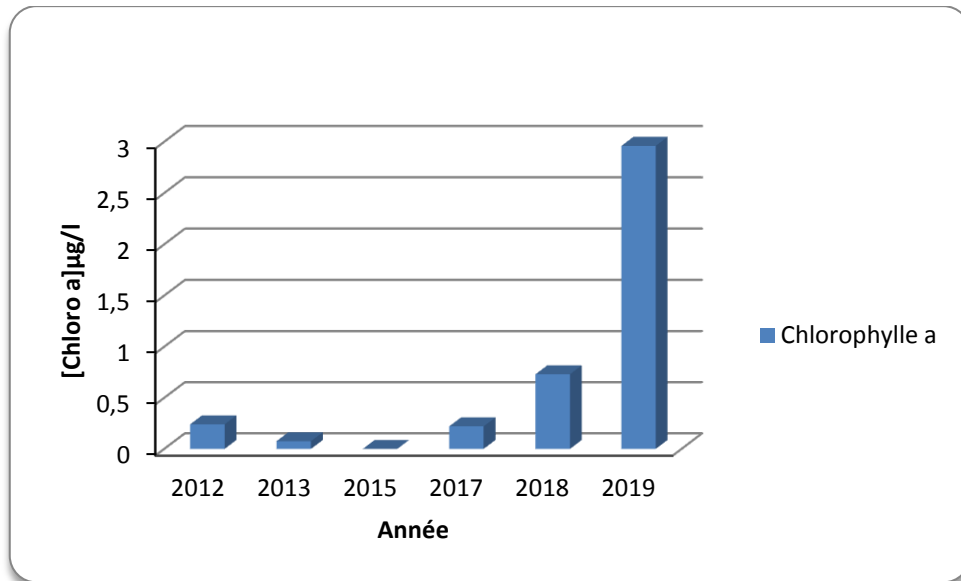


Figure 36: Evolution de la chlorophylle a en surface de la baie de Bou Ismail.

4.3.2 Les sels nutritifs

4.3.2.1 Les nitrates

La concentration des nitrates est variable durant les périodes de 2012 à 2019.

L'année 2013 montre une moyenne très élevée de l'ordre de $2,37\mu\text{mol/l}$. Tandis que les autres années manifestent des valeurs très basses comprises entre $0,06$ et $0,67\mu\text{mol/l}$.

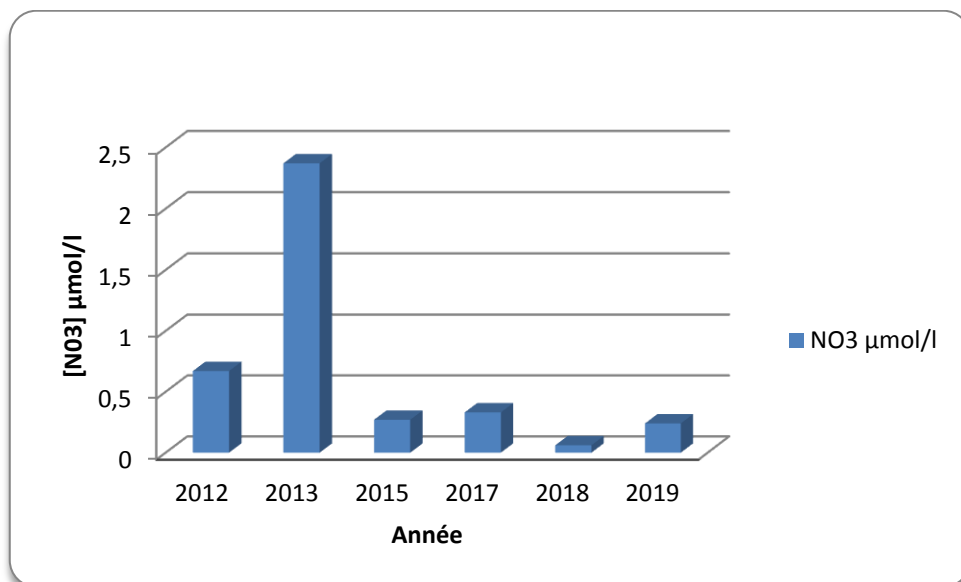


Figure 37: Evolution des nitrates en surface de la baie de Bou Ismail.

4.3.2.2 Les nitrites

Les concentrations des nitrites diminuent d'une année à une autre, la moyenne maximale est marquée en 2012 avec une valeur de $0,13\mu\text{mol/l}$. Cependant la moyenne minimale est observée en 2019. Tandis que la moyenne en 2013 est indétectable.

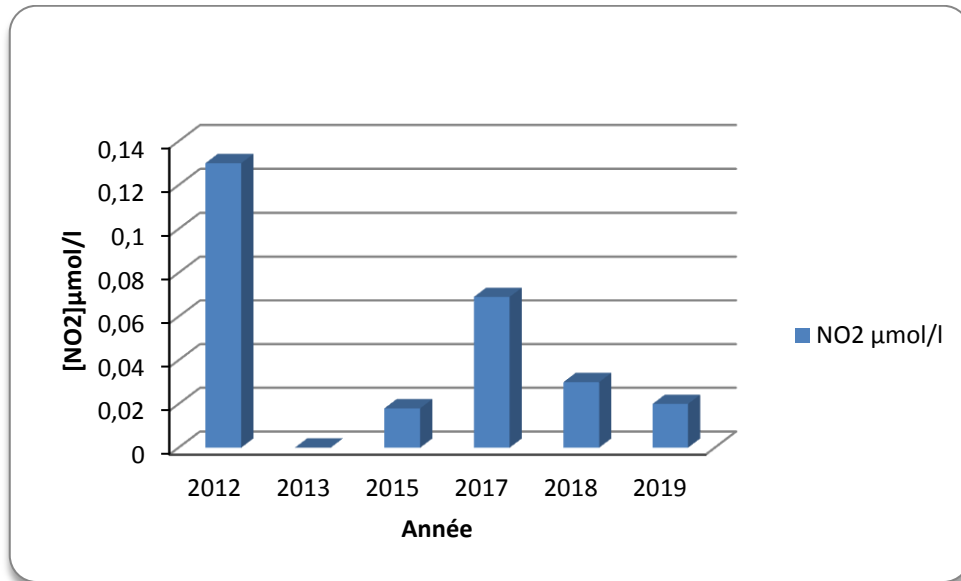


Figure 38: Evolution des nitrites en surface de la baie de Bou Ismail.

4.3.2.3 Les ortho-phosphates

La concentration des ortho-phosphates suit celle des nitrates avec une moyenne maximale de $2,25\mu\text{mol/l}$ enregistré en 2013 et le minimal est de $0,06\mu\text{mol/l}$ marqué en 2018.

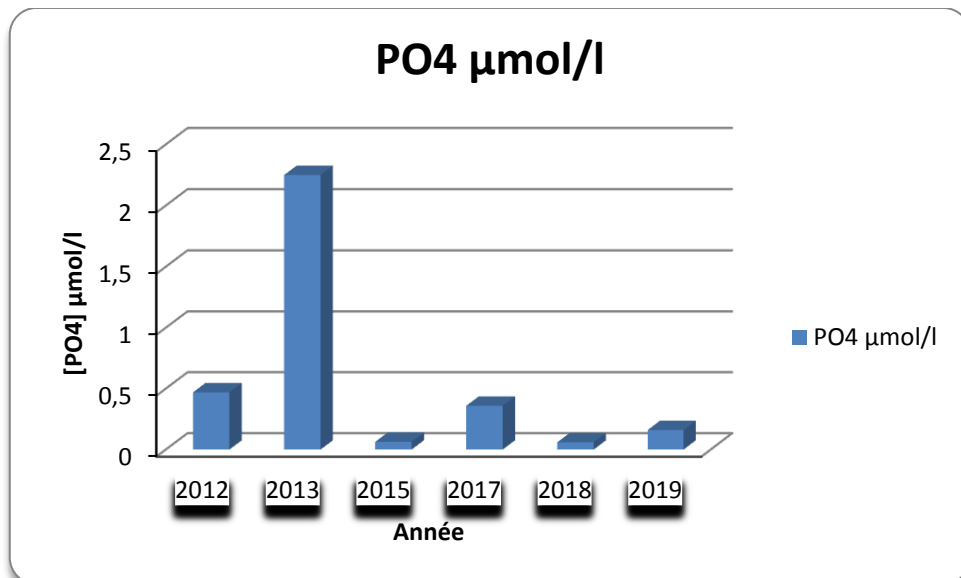


Figure 39: Evolution des ortho-phosphates en surface de la baie de Bou Ismail.

4.3.2.4 Les silicates

L'évolution des silicates est variable durant toutes les années étudiées. Les valeurs sont comprises entre $4,92\mu\text{mol/l}$ en 2013 et $0,43\mu\text{mol/l}$ en 2019.

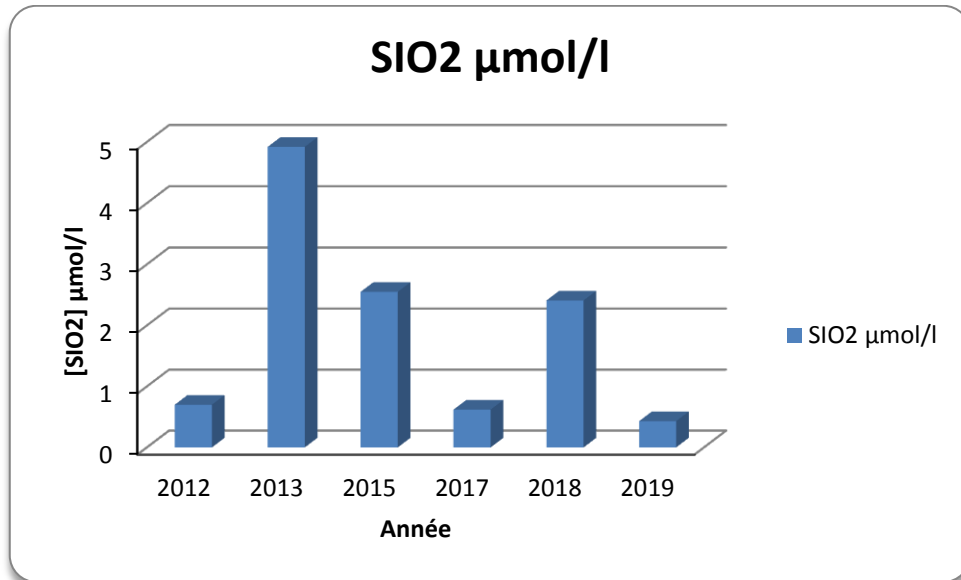


Figure 40: Evolution des silicates en surface de la baie de Bou Ismail.

Conclusion

Conclusion

L'étude réalisée à travers ce mémoire a pour objectif de suivre l'évolution de l'état de la pollution par les sels nutritifs dans la baie de Bou Ismail. Ce travail est basé essentiellement sur une approche qui prend en considération la mesure et l'analyse de plusieurs paramètres physico-chimiques. Ces derniers pourraient provoquer, par leurs variations, un déséquilibre qui altère l'état naturel de l'eau de mer.

Des mesures ont été effectuées à bord tandis que d'autres, nécessitant des analyses plus fines en utilisant un matériel performant ont été effectuées au niveau du laboratoire. Cette expérience a permis d'avancer un travail de terrain et d'équipe et de maîtriser l'utilisation des matériaux et des techniques de mesures et d'analyse.

Les fluctuations observées pour ces paramètres sont surtout en relation avec les facteurs et processus naturels ;

La température, influencée par la période estivale qui coïncide avec la période de la sortie en mer.

La salinité est faible par rapport à celle de la méditerranée, ceci peut être expliqué par les apports continentaux des différents oueds, notamment Mazafran, qui se déversent dans la baie.

Les concentrations de la chlorophylle ont atteint des valeurs très élevées dans la baie de Bou Ismail où la production primaire dans cette période est maximum.

Les concentrations en sels nutritifs et leurs distributions sont principalement gérées par l'activité anthropique fertilisante (domestique et agricole). Elles évoquent des apports continentaux certains par les Oueds Beni Messous et oued Mazafran. Dans ces derniers, on a relevé des taux assez importants en nitrate et silicates et des taux assez faible en nitrite et en phosphates.

L'étude évolutive pour les périodes étudiés (entre 2012 et 2019) au niveau de la baie de Bou Ismail montre les résultats suivants :

- l'analyse de l'évolution des paramètres physico-chimiques ne montre pas de grandes différences.
- les concentrations de la chlorophylle (a) relevées en 2019 sont très élevées par rapport aux périodes précédentes étudiés

Conclusion

Les concentrations enregistrées pour les sels nutritifs manifestent la tendance à la diminution d'année en année.

En terme de perspective, il est fortement recommandé de :

- ❖ Faire un suivi saisonnier et /ou mensuel de ce réseau.
- ❖ Assurer des radiales pour augmenter le domaine de prélèvement et échantillonner l'embouchure de Oued Mazafran pour déterminer les sources de pollution.

Bibliographie

Bibliographie

Al Sid Cheikh S., Belkessa R., Houma F., et Amrouche L., 2009. Diagnostic du littoral OuestAlgérois pour gestionintégrée. The 5th International Symposium on Sandy beaches, which will be held in Rabat, Morocco 19-23 October 2009.

Amrouche W., 2012. Les paramètres physico-chimiques et sels nutritifs dans la baie d'Alger : étude rétrospective et influence continentale et des eaux du large. Mémoire d'ingénieur .Environnement marin .Alger : ENNSMAL 91p.

Aminot A. et Chausse-Pied M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest: CNEXO, 395 p.

Aminot A et Kérouel R., 2004. *Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses.* France : IFREMER. 336 p.

Annane G., 2007. Inventaire et impact des ouvrages côtiers sur le milieu marin dans la Baie de Bou Ismail. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, 50p.

ANIREF. (2003). Rubrique Monographique Wilaya : Wilaya de TIPAZA. Alger : Agence Nationale d'Intermédiation et de Régulation Foncière.

ANRH. (2013). Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Alger.

Arabi I., 2017. Diagnostic de Contamination des Eaux du Littoral Algérois par les Hydrocarbures. Mémoire de master .Environnement marin .Alger : ENNSMAL ,33p.

Bachouche S., 2017. Modélisation hydrodynamique et qualité des eaux et sédiments de la côte Centre algérienne. Thèse de doctorat. Pollution et Environnement. Alger : ENSSMAL, 234 p.

Bachouche S., 2010. Les ports d'Alger et de Bouharoun : Etude des paramètres, granulométriques, biologiques et de pollution dans les sédiments et l'eau en vue d'une opération de dragage. Mémoire de Magister, option : Pollution marine et écotoxicologie. Alger : ENSSMAL

Benabbes M., Hammadi A., 2018. Suivi de la dynamique phytoplanctonique au niveau d'une zone estuarienne cas de « OurdMazafran ». Mémoire d'ingénieur, Aquaculture, Alger, ENSSMAL : 14-15p ,28-30p.

- Bendshneider K. et Robinson R.J., 1952.** A new spectrophotometric determination of nitrite in seawater. *Journal Marine Research*, Vol.11, 23-31p.
- Benhalima M et Baha M., 2013.** Les paramètres physico-chimiques et sels nutritifs dans les eaux côtières algéroises (les baies d'Alger, Bou Ismail, Zemmouri). Mémoire d'ingénieur .Environnement marin .Alger : ENNSMAL 3-4p, 13-16p.
- Benzohra M.,1993.** Les structures hydrodynamiques le long des côtes algériennes .Centre d'océanologie de Marseille,France ,33p.
- Bethoux P., Morin P., Chaumery C., Connan O., Gentili B et Ruiz-Pino D.P.,1998 .** Nutrients in the Mediterranean Sea, mass balance and statistical analysis of concentrations with respect to environmental change. *Marine chemistry*, Vol. 63, 155-169.
- Bouget J.F., 2008.** Suivi trophique en baie de Quiberon en 2008, Paris : Ifremer ; 12p.
- Boulahdid M., 1987.**Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Etude de mélange des masses d'eau et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan. Thèse de doctorat. Géochimie fondamentale. Paris : Université de Paris VII, 190 p.
- Boulahdid M., Rouibah M., Boudejellal B., Eddalia N., Ounadi F., 2005.** etude de la pollution du littoral Algérois et du lac de Reghaia. Contrat ISMALAPPL, Algérie, 49 P.
- BoulahdidM., Brinis A., Brahmia A., Boudjellal B. and Eddalia N., 2007.** Hydrological and environmental aspects of waters of the Bou Ismail bay between the continental influence and the open sea waters. *EGU Vienna 2007, 14-18 April, Geophysical Research Abstracts, Vol.9, 05623p.*
- Bousquet J-C., 2003.** Avis du conseil Economique et social Régional sur « les risques de pollution par les hydrocarbures en méditerranée ».Séance plénière du 1^{er} décembre 2003.
- Braïk D.J., 1989.** Etude de la dynamique sédimentaire devant BouIsmail –sédimentologie Problèmes d'érosion du littoral –Aménagement .Thèse Magistère en Géologie .Alger :U.S.T.H.B, 1989. 174p.
- Cabane F., 2007.** Lexique écologique d'environnement et d'aménagement du littorale
- Caulet J., 1972.** Les sédiments organogènes du pré continent algérien. Coll. "Sciences de la Terre". T. XXV. Paris : Muséum National d'Histoire Naturelle. 63,155, 289 p.
- Chouchan S., 2014.** Pollution des eaux et des sédiments marins de la baie de zemmouri par les hydrocarbures 16-17p.

CNRDPA ., 2005 : Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture.

Copin-Montégut G., 1996. Chimie de l'eau de mer Collection "synthèses" Institut océanographique, Paris, 319 p.

Dehane D., 2016. Les radioéléments et l'historique de la contamination dans les sédiments de la côte algéroise. Thèse de Magister. Environnement de l'hydrosphère. Alger : ENSSMAL, 182 p.

Djahinet N et Yefsah H., 2013. Impact des apports de l'Oued Mazafran sur le système des carbonates et les paramètres du milieu de la partie Est de baie de Bou Ismail. Mémoire d'ingénieur, l'Environnement Marin, Alger, ENSSMAL : 21p ,58-62p

Droueche T., 2016. Les paramètres physico-chimiques et sels nutritifs dans les eaux côtières algéroises (les baies d'Alger, Bou Ismail). Mémoire d'ingénieur .Environnement marin .Alger : ENNSMAL, 5p.

Elmorhit., 2009. Hydro-chimique, éléments traces métallique et incidences ecotoxicologiques sur les différentes composantes d'un écosystème estuariens (BAS LOOKKOOS).thèse de doctorat.Ecologie .Discipline ; Science de l'Environnement .Univdersité Mohammed V.Rabat

Ferrani A et Chehaima L.T., 1998. Contribution à l'élaboration des données de base de la baie de Zemmouri et l'étude du site de Palm Beach (baie de Bou Ismail). Mémoire d'ingénieur. .Alger : ISMAL 127p.

Frontier S et Pichod-Viale D., 1998. Structure – Fonctionnement – Evolution. DUNOD, Paris, 447 p.

GaujousD.,1995. Lapollution des milieux aquatiques : aide-mémoire Edition : Technique et documentation 16-17p ,44p .

Grib I et Selatni A., 2018.Suivi des paramètres physico-chimiques et sels nutritifs dans les eaux côtières algéroises (les baies d'Alger, Bou Ismail, Zemmouri). Mémoire d'ingénieur .Environnement marin .Alger : ENNSMAL 7-9p.

Grimes S., 2004. *Biodiversité Marine et Littorale Algérienne.* Oran : Université d'ES Senia-Oran, 362 p.

Harkat I., 2017. Etude et suivi des paramètres physico-chimiques et sels nutritifs dans les eaux côtières de la baie de Bou Ismail. Mémoire de master .Environnement marin .Alger : ENNSMAL 5-7p.

Inal A., 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, 2011.94p.

Jacques G et Tréguer P., 1986. Ecosystèmes pélagiques marins. Collection d'écologie 19^e Édition. Masson, Paris, 243 p.

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

Kassar A., 2011. Suivi de la chlorophylle et du phytoplancton dans les zones côtières algéroises : Apport des mesures satellitaires à leur modélisation. Mémoire de magister .Option : Gestion et Surveillance de l'Environnement Marin et Littoral, Alger, ENSSMAL35p.

Khechni A., 2012. Les paramètres physico-chimiques et les sels nutritifs dans la baie de Bou Ismail : étude rétrospective et influence continentale et des eaux du large .Mémoire de master .Environnement marin .Alger : ENNSMAL 3p ,17-18p

Lacaze J-C., 1980. La pollution pétrolière en milieu marin. Paris : DOMMINOS Flammarion, 27p, 34p ,114p

Laredj F., 2018. Evaluation de l'impact des rejets sur le littoral ouest algérien par l'utilisation des macro-algues «*Ulva lactuca*» et «*Coralina officinalis*» comme bio indicateurs de la pollution marine. Thèse de doctorat .Sciences de la Mer et du littoral.Oran .1p

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 .France ; le point des connaissances actuelles 36-38p, 126p.

Levitus., 1993. Distribution of nitrate, phosphore and silicate in the world oceans .Programme Océanographique ,Vol 31,245-273p .

Lokmane D., 1993 .caractéristique physico-chimiques des eaux de la baie de Zemmouri. Mémoire DEUA,option chimie marine, Alger : ISMAL, 9p, 12p.

Madi F., 2009 .Apport du système d'information géographique (SIG) pour la modélisation de la couleur des eaux marines. (Cas : la baie d'Alger), Mémoire d'ingénieur, Environnement Marin, Alger, ENSSMAL : **16p.**

Mennad M., 2008 .approche des systèmes d'information géographique (SIG) pour l'analyse spatio-temporelle de la pollution marine des eaux côtières Application à la baie d'Alger .Mémoire de Magister,option Océanographie biologique et environnement marin USTHB,21-22p .

Millot C., Taupier-Letage I et Benzohra M., 1990.The Algrian eddies.EarthScienReviews, 203p.

Obaton D., 1998. Circulation et modélisation de la Méditerranée occidentale et du Golf de Lion .synthèse desconnaissances et des travaux existants .Brest : Ifremer, 1998.

O. N. M., 2010. Le climat en Algérie (mise à jour du 21 Avril 2010). Office National de la Météorologie, Alger, Algérie.

Pelletier C., 2009. Mesure de turbidité : référence R2355.Paris : Technique de l'ingénieur.

Pourlier S., 1996. Mesure de quelque paramètre environnemental du lagon de Papeete, Tahiti.Adaptation des dosages de la chlorophylle a et du phosphore organique particulaire .Rapport de stage de fin d'étude .Génie de l'environnement marin .CNAM-INTECHMER. 10-18 p.

Ramade F., 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Edition: Ediscience International, France, 690 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, 26-77p.

Rejsek F., 2002.Analyse de l'eau : Aspects et règlementaire et technique .Ed CRDP d'Aquitaine .France : 358 p.

Riley et Chester.,1971. Introduction to marine chemistry.Department of oceanography.The University of Liverpool, England.Edition:ACADEMIC PRESS London and New York. 465p.

Rodier J., Bazin C., Broutin J-P., Chambon P., Champsaur H et Rodi L., 2009.L'analyse de l'eau, 9^{ème} édition, Paris Dunod 1579p.

S.H.F.M., 2000. (Modifiée).Mer méditerranée, coted'Algérie, de Tipaza à Ras Matifou. Carte .S.H.F.M.Algérie.

Samari N., 2008.Qualité physico-chimique, sels nutritifs et Bactériologique dans la baie de Bou-Ismaïl et le port de Bou-Haroun .Mémoire d'ingénieur, l'Environnement Marin, Alger, ISMAL : 23p.

Skalar analytical®, 1995. Manuel San Plus Analyser: SA 1050(Random Access Autosampler). Breda (Netherland), 23p.

Strickland J.D.H., Pearsons T.R.,1972. A pratical handbook of sea water analysis .bull.Fish.Res.Board Can., 167-311p.

Taoudiat S., 2009. Hydrologie et sels nutritifs dans les eaux de la baie d'Alger. Mémoired'ingénieur, ISMAL. Algérie, 54p.

Wood E.P.K., Amstrong F.A.J. et Richard F.A., 1967. Determination of nitrate in seawater by cadmium-coper reduction to nitrate .J.MAR.BIO.ASSC.U.K., 47: 23- 31p.

Yentsch et Menzel .,1963.Methode for the determination of phytoplankton chlorophyll and phaeophytin by fluorescence.Woodsholeoceanographic institution, 82 p.

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 1 : Préparations des réactifs

Dosage des nitrites+nitrates

1-Réactifs :

1-1-Solution tampon :

Produits chimiques exigés :

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

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 et ajouter le Bridj 35 et mélanger.

Note : la solution est stable pendant une semaine. Quand la solution n'est pas utilisée il faut la conserver à 4°C.

1-2-Réactif colorant

Produits chimiques exigés :

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

Préparation :

Diluer l'acide o-phosphorique dans ±750 ml d'eau distillée. Ajouter le sulfanilamide et le α-Naphtyléthylène diamine dihydrochloride et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note : la solution est stable pendant deux semaines. Conserver dans une bouteille à couleur sombre.

2-Préparation des solutions étalons :

2-1-Solution mère de 100 ppm N (*)

Produits chimiques exigés :

Nitrate de sodium NaNO_30,6068 g.
Eau distillée H_2O 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 quatre semaines. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

2-2-Solution fille de 10 ppm N :

Diluer 10 ml de 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.

Dosage des orthophosphates

1-Réactifs

1-1-Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés :

Tartrate de potassium et d'antimoine($\text{K}(\text{SbO})$) $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\text{Sb}_2\text{O}_{10}$230mg.
Acidesulfurique H_2SO_4 (97%)..... 69,4mg.
Molybdated'ammonium $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}, 4\text{H}_2\text{O}$6 g.
Eau distillé..... H_2O 1000 ml.
FFD6 2 ml.

Préparation :

Dissoudre le tartrate de potassium et d'antimoine dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajouter Soigneusement l'acide sulfurique en mélangeant constamment. Ajouter le molybdate D'ammonium et dissoudre. Ajouter à 1 litre d'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger. **Note :** Ne pas utiliser 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% 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 ascorbiqueC₆H₈O₆.....6 g.
AcétoneC₃H₆O₈.....60 ml.Eau
distilléeH₂O.....1000 ml.
FFD 62ml.

Préparation :

Dissoudre l'acide ascorbique dans ±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 cinq jours. Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée.

2-Préparation des solutions étalons :

2-1-Solution mère de 100 ppm P (*)

Produits chimiques exigés

Di hydrogène o-phosphate de potassiumKH₂PO₄..... 0,439g.
Eau distillée H₂O1000 ml.

Note : la solution est stable pendant quatre 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 standards chaque jour.

Dosage des ortho -siliciques :

1. Réactifs

2.1 Solution d'acide sulfurique

Produits chimiques exigés :

Acide sulfurique H_2SO_4 à 97%10ml.

Eau distillée..... H_2O990ml.

FFD6.....2ml.

Préparation :

Diluer l'acide sulfurique dans 800ml d'eau distillée .Remplir jusqu'à 1l avec la même eau .Ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : la solution est stable pendant une semaine .Elle est conservée à 4°C quand elle n'est pas utilisée

2.2 Solution d'heptamolybdate d'ammonium :

Produits chimiques exigés :

Héptamolybdate d'ammonium NH_4 20g.

Eau distillée..... H_2O100ml.

FFD6.....2ml.

Préparation

Diluer d'héptamolybdate d'ammonium dans environ 800mld'eau distillée .Ajuster jusqu'à 1l avec de l'eau distillée et ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : cette solution est conservée dans une bouteille polyéthylène .Elle est stable pendant un jour .il ne faut pas manipuler d'héptamolybdate d'ammonium avec une spatule métallique.

2.3 Solution d'acide oxalique

Produits chimiques exigés

Acide oxalique $C_2H_2O_4 .2H_2O$ 44g.

Eau distillée H_2O 1000ml.

Préparation :

Dissoudre l'acide ascorbique dans environ 800ml d'eau distillée (Ajuster jusqu'à 1l avec de l'eau distillée) .

Note :la solution est conserver dans un flacon en polyéthylène .Elle est stable durant une semaine et à conserver 4°C.

2.4 Solution d'acide ascorbique

Produits chimiques exigés :

Acide ascorbiqueC₆H₈O₆.....40g.

Eau distilléeH₂O.....1000ml.

Dissoudre l'acide oxalique dans environ 800ml d'eau distillée .Ajuster à 1l avec de l'eau distillée et mélanger .conserver la solution dans une bouteille en polyéthylène.

Note : la solution est stable durant 1mois et conserver à 4°C.

Préparations des solutions étalons :

Solution mère de 100 ppm Si(*) :

Produits chimiques exigés :

Metasilicate de sodiumNaSiO₃, 9H₂O.....1,0119g.

Eau distillée..... H₂O1000ml.

Préparation :

Dissoudre le metasilicate de sodium dans environ 800ml d'eau distillée et mélanger

Note : la solution est stable durant 1mois conservée dans une bouteille polythène.

Extraction de la Chlorophylle

Ces réactifs sont réalisés selon les protocoles décrits par (Aminot et al, 1983).

1. Réactifs

2.1 .Suspension de carbonate de magnésium :

Dans **100 ml** d'eau, mettre en suspension 1g de carbonate basique de magnésium (hydrox carbonate) de pureté analytique, finement pulvérisé .Cette suspension sera agitée immédiatement avant l'emploi pour disperser la poudre.

Solvant d'extraction

Préparation de l'acétone à 90% :

Dans une éprouvette de 1l introduire 900ml d'acétone pure. Ajouter d'eau dé ionisée mesuré à l'aide d'une éprouvette de 100ml.

Boucher l'éprouvette, agiter, puis remplir le flacon du distributeur d'acétone à 90% .Verser le surplus d'acétone dans un flacon bien bouché et stocker si possible, dans une armoire à solvant ventilée.

Note : ne pas se placer sous la hotte à acide pour effectuer cette dilution.

Préparation de HCL 0,3N :

Diluer 40 fois l'HCL 37% (12N) dans de l'eau déminéralisée : 2,5 ml d'HCL pour 100 ml de solution.

Note : Verser d'abord une partie de l'eau (la moitié) : ajouter l'acide puis compléter à 100 ml avec l'eau déminéralisée.

Annexe 2 : Appareillages utilisés



Figure 42: Etuve de type WTB BINDER (Annexe 2).



Figure 35 : Balance de précision(Annexe2)



Figure 43: Spectrophotomètre (Annexe2).



Figure 36 : Centrifugeuse.(Annexe 2)

Annexe 3 :

Tableau 8:Résultats d'analyse des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs dans la baie de Bou Ismail (Annexe 3).

station	température °C	pH	salinité PSU	Chlorophyll e a µg/l	NO3 µmol/l	NO2 µmol/l	PO4 µmol/l	SIO2 µmol/l
1	26,2	7,95	31,2	8,0608	0,9683	0,118043	0,24312	1,54009
2	25,3	8,09	34,9	1,4734	0,34168	0,006901	0,21774	0,28363
3	26,4	8,09	32,4	3,6933	0,24674	0,007264	0,14476	0,2579
4	25,9	8,11	35,7	2,5068	0,14054	0,005811	0,09955	0,32714
5	27,6	8,12	35,4	0,7214	0,09284	0,023245	0,13247	0,32237
6	25,09	8,06	34,1	1,439	0,07595	0,034232	0,13524	0,31443
7	26,6	8,14	34,9	3,5974	0,02694	0,000454	0,16459	0,21153
8	25,8	8,08	34,4	2,1528	0,01922	0,000908	0,13088	0,21613

Tableau 9:les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs dans des périodes étudiés (Annexe 3).

année	2012	2013	2015	2017	2018	2019
T°C	19,75	18,07	19,62	17,15	25,46	26,11
pH	8,02	ND	8,54	8,26	8,25	8,08
S PSU	36,12	34,25	36,33	36,43	36,93	34,12
Chloro µg/l	0,24	0,075	ND	0,22	0,73	2,96
NO2 µmol/l	0,13	ND	0,018	0,069	0,03	0,02
NO3 µmol/l	0,67	2,37	0,27	0,33	0,06	0,24
PO4 µmol/l	0,47	2,25	0,063	0,36	0,06	0,16
SIO2 µmol/l	0,7	4,92	2,55	0,62	2,41	0,43

Suivi des paramètres physico-chimiques et des sels nutritifs dans la baie de Bou Ismail.

Résumé

Au terme de ce travail, qui a porté sur l'étude des paramètres physico-chimique (température, salinité, pH et chlorophylle a) et les sels nutritifs (nitrates, nitrites, phosphates et silicates) dans la baie de Bou Ismail. Il est tentée dans le but de faire un suivi sur l'état de la pollution, estimer son évolution qui a été montrée par une étude évolutive depuis l'année 2012 au 2019 où nous avons pu observer des variations d'année en année et donc d'apprécier globalement la qualité des eaux du milieu marin côtier.

Ainsi, nous avons montré les différentes sources anthropiques de pollution et leur influence soit directe ou indirecte sur l'environnement naturel, ces sources sont principalement l'industrie, l'agriculture et les eaux usées versées directement dans la baie ou véhiculées par les oueds (L'oued Mazafran est le plus concerné dans ce cas d'étude).

Mots clés : suivi, sels nutritifs, paramètres physico-chimiques, baie.

Summary

At the end of this work, which focused on the study of physico-chemical parameters (temperature, salinity, pH and chlorophyll a) and nutrient salts (nitrates, nitrites, phosphates and silicates) in the bay of Bou Ismail. It is attempted in order to follow up on the state of pollution, to estimate its evolution which has been shown by an evolutionary study since the year 2012 to 2019 where we could observe variations from year to year and therefore to appreciate overall the quality of the waters of the coastal marine environment.

Thus, we have shown the different anthropogenic sources of pollution and their influence either directly or indirectly on the natural environment, these sources are mainly industry, agriculture and wastewater poured directly into the bay or carried by the wadis (The wadi Mazafran is the most concerned in this case study).

Key words: monitoring, nutrient salts, physico-chemical parameters, berry.

ملخص

في نهاية هذا العمل ، الذي ركز على دراسة العوامل الفيزيائية والكيميائية (درجة الحرارة ، الملوحة ، درجة الحموضة والكلوروفيل أ) وأملاح المغذيات (النترات والنترات والفوسفات والسيليكات) في خليج بو إسماعيل. وهي محاولة من أجل متابعة حالة التلوث ، وتقدير تطورها الذي أظهرته دراسة تطويرية منذ عام 2012 إلى 2019 حيث يمكننا ملاحظة الاختلافات من سنة إلى أخرى وبالتالي أن نقدر بشكل عام نوعية مياه البيئة البحرية الساحلية

وبالتالي ، فقد أظهرنا مختلف مصادر التلوث البشرية المنشأ وتأثيرها سواء بشكل مباشر أو غير مباشر على البيئة الطبيعية ، فهذه المصادر هي أساساً الصناعة والزراعة ومياه الصرف الصحي التي تُسكب مباشرةً في الخليج أو تحملها الوديان (وادي مزاfran هو الأكثر اهتماماً في دراسة الحالة هذه

الكلمات المفتاحية: المراقبة ، أملاح المغذيات ، العوامل الفيزيائية الكيميائية ، خليج