

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
D'INGENIEUR D'ETAT EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : Environnement

Thème :

**Evaluation de la qualité des eaux marine de la plage
ouest Sidi Fredj.**

Présenté par :

Mr Bouras Mohamed Yacine

Soutenu le 06 /10/2014 devant le jury suivant :

Mr Belkessa	Professeur	Présidente du jury
Mme Bachari	Professeur	Promotrice
Mme Bentchikou	Maitre assistante	Examinatrice
Mme Benzouai	Maitre assistante	Examinatrice

Promotion 2014

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
D'INGENIEUR D'ETAT EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : Environnement

Thème :

**Evaluation de la qualité des eaux marine de la plage
ouest Sidi Fredj.**

Présenté par :

Mr Bouras Mohamed Yacine

Soutenu le 06 /10/2014 devant le jury suivant :

Mr Belkessa	Professeur	Présidente du jury
Mme Bachari	Professeur	Promotrice
Mme Bentchikou	Maitre assistante	Examinatrice
Mme Benzouai	Maitre assistante	Examinatrice

Promotion 2014

Remerciement

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères Remerciements à ma promotrice HOUMA BACHARI Fouzia, Professeur a (ENSSMAL) pour tout le temps qu'elle m'a consacré, et ces directives précieuse,

Mes remerciements vont aussi à Mr Belkessa professeur à (ENSSMAL) pour avoir accepté d'examiner mon travail d'une part.

Je remercie aussi Mme Bentchikou et Mme Benzouai maitre assistes à (ENSSMAL) pour avoir accepte d'examiner mon travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail aux êtres les plus chers à mes yeux, pour ma mère, mes grandes mères et à mon père, que le Bon Dieu les protège.

Je le dédie à ma femme en particulier qui ma beaucoup aider pour la réalisation de ce mémoire .mon fils, et mon frère.

Mes dédicaces vont aussi à mes oncles, et tantes, cousins et cousines.

- *Je tiens vivement à dédier ce travail tous mes amis à toutes les personnes qui m'ont connu.*

Sommaire

Introduction	13
Chapitre I : Généralités	
I. Définitions de la pollution marine	16
II. Classification selon la source et le type de pollution	17
II.1. sources de la pollution	17
a. Pollution urbaine	17
b. Pollution industrielle	17
c. Pollution agricole	17
II.2. types de pollution	18
1. Pollution chimique	18
2. Pollution biologique	18
3. Pollution physique	19
III. paramètres physicochimiques des milieux marins	20
1. Température	20
2. Salinité	20
3. Oxygène dissous	21
4. Ph	21
5. turbidité	22
III. Les indicateurs de pollutions	22

Sommaire

IV.1. la matière en suspension (MES)	
IV.2. La matière organique particulaire (MOP)	22
IV. Les hydrocarbures	22
V. Les sels nutritifs	23
VI .1. Différentes formes des sels nutritifs	23
VI .2. Dangers liés à la pollution par les sels nutritifs	25
 Chapitre II : zone d'étude	
I. Présentation de la Baie de Bouismail	27
I.1. Situation géographique	27
I.2. Réseau hydrologique	27
I.3. Sédimentologie	28
I.4. Bathymetrie	28
I.5. climatologie	29
I.6. Hydrodynamisme	29
I.7. sources potentielles de pollution	30
II. Baie d'El djamila	31
1. Situation géographique	31
2. Réseau hydrographique	32
3. Sédimentolologie	32

Sommaire

4. Bathymétrie	33
5. Vents dominants	33
6. Hydrodynamisme	34
7. Sources potentielles de pollution	34

Chapitre III : Matériels et méthodes

I. Travail in situ	36
1 Temperature	36
2 Salinité	37
3 Ph	37
4 Oxygène dissous	37
II. L'analyse au laboratoire	38
1 Matière en suspension	38
2 Matière organique particulaire (MOP) et matière	39
3 inorganique particulaire (MIP)	39
4 La chlorophylle a	39
5 Analyse des sels nutritifs	40
6 Etalonnage	42

Chapitre IV : résultats et interprétations

I. variation et distribution spatiale des paramètres	44
physicochimique dans littoral Ouest de Sidi fredj	
1. la température	44
2. salinité	46

Sommaire

3. potentiel d'hydrogène	47
4. oxygène dissous	49
II. Variation et distribution spatiale des paramètres indicateurs de pollution	50
1. Matière en suspension MES	51
2. Matière organique particulaire MOP	52
3. Matière inorganique particulaire MIP	54
4. Le rapport MIP/MOP	55
5. La chlorophylle a	56
III. Variation et distribution spatiale des sels nutritifs	58
1. Variation des nitrates	59
2. Variation des nitrites	60
3. Variation de l'ammonium	62
4. Variation des phosphates	64
5. Variation des silicates	65
Conclusion	67
Bibliographie	69

Liste des tableaux

Tableau 1: Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physicochimiques 44
dans les eaux du littoral Ouest de Sidi Fredj.

Tableau 2: Valeurs minimales, moyennes, extrêmes et l'écart type des 50
paramètres indicateurs de la pollution des eaux de surface de littoral Ouest de
Sidi Fredj.

Tableau 3: Valeurs minimales, moyennes, extrêmes et l'écart type des sels 58
nutritifs des eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.

Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique de la baie de Bou Ismail.	27
Figure 2 : Carte sédimentologique de la baie de Bou Ismail	28
Figure 3 : Circulation des eaux superficielles dans la méditerranée	Annexe 1
Figure 4 : Topographie de la baie de Bou Ismail	Annexe 1
Figure 5 : Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou Ismail	31
Figure 6 : Situation géographique de la baie d'El Djamila	32
Figure 7 : Répartition sédiment logique de la baie d'El Djamila.	33
Figure 8 : Variation de la température (°C) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvement.	44
Figure 8.1 : histogramme de Variation de la température (°C) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj pendant les années (2007,2008, 2009, et 2011) en fonction des mois de l'année (saisons)	45
Figure 9 : Variation de la Salinité au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)	46
Figure 9.1 : histogramme de Variation de la salinité (PSU) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj pendant les années (2007,2008, 2009, et 2011) en fonction des mois de l'année (saisons).	47
Figure10 : Variation du pH au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)	47
Figure10.1 : histogramme de Variation du pH au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj pendant les années (2007,2008, 2009, et 2011) en fonction des mois de l'année (saisons).	47

Figure 11 : Variation de l'oxygène dissous et % d'oxygène au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)	49
Figure11.1 : histogramme de Variation du pH au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj pendant les années (2007,2008, 2009, et 2011) en fonction des mois de l'année (saisons).	49
Figure 12 : Variation de la matière en suspension (MES) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)	51
Figure12.1 : histogramme de Variation la MES au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj pendant les années (2007,2008, 2009, et 2011) en fonction des mois de l'année (saisons).	52
Figure 13 : Variation de la matière organique particulaire (MOP) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)	52
Figure13.1 : histogramme de Variation la MOP au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj pendant les années (2007,2008, 2009, et 2011) en fonction des mois de l'année (saisons).	53
Figure.14 : Variation de la matière organique particulaire (MOP) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)	54
Figure14.1 : histogramme de Variation la MIP au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj pendant les années (2007,2008, 2009, et 2011) en fonction des mois de l'année (saisons).	55
Figure 15 : Variation Du rapport (MIP/MOP) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)	55
Figure 16 : Variation de la <i>Chlorophylle a et phéopigments</i> au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)	56
Figure 16.1 : Variation de la <i>Chlorophylle a et phéopigments</i> au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)	57
Figure 17 : Variation des nitrates (NO ₃ ⁻) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)	59

Figure 17.1 : Variation des nitrates (NO_3^-) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)	60
Figure 18 : Variation des nitrites (NO_2^-) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)	61
Figure 18.1 : Variation des nitrites (NO_2^-) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)	61
Figure 19: Variation de l'ammonium (NH_4^+) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011).	62
Figure 19.1 : Variation de l'ammonium (NH_4^+) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)	63
Figure 20: Variation des phosphates au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)	64
Figure 20.1 : Variation des orthophosphates au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)	64
Figure 21: Variation des silicates au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)	65
Figure 21.1 : Variation des silicates au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)	66

Introduction

Introduction

Introduction

Presque la moitié de la population mondiale vivant à moins de 100 km de la mer, de ce fait les mers côtières, parties marines des zones côtières, supportent une concentration croissante d'activités telles que la pêche professionnelle, l'aquaculture, le transport maritime, l'extraction de matériaux, l'exploitation des énergies marines renouvelables, les activités de loisirs...

Ces activités, consommatrices d'espaces et de ressources, interagissent avec les écosystèmes dont elles peuvent modifier, individuellement ou de manière cumulative, la structure et le fonctionnement. Leur concentration et leur diversité génèrent également des interactions entre elles, pouvant être Conflictuelles.

C'est pourquoi décrire, analyser et comprendre les interactions complexes intervenant d'une

Part, entre les activités, et d'autre part, entre les activités et le milieu constituent des objectifs majeurs pour la communauté scientifique et la société civile . La prise en compte de ces enjeux environnementaux, économiques et sociaux en zone côtière, s'exprime globalement, au niveau international, en 1992 lors de la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement (CNUED, Rio), par la préconisation de mise en œuvre du concept de « développement durable » en adoptant une démarche de Gestion Intégrée de la Zone Côtière (GIZC). Selon Gourmelon *et al.* 2006, sa mise en oeuvre implique cependant la disponibilité de connaissances pluridisciplinaires et la capacité à produire une information synthétique émanant des données initiales brutes. Dans ce contexte, Pittman *et al.* (2012) identifient certains besoins prioritaires, notamment pour la collecte de données pertinentes, leur intégration et analyse qui vont contribuer à décrire la distribution spatio-temporelle des activités en mer côtière, afin d'identifier les conflits potentiels existants ou à venir. (Guyader., 2012).

Le littoral Algérien est pratiquement touché par diverses pollutions, on constate une densité urbaine importante sur la côte qui déverse ses rejets dans les eaux marines ainsi que

Introduction

les déchets industriels contribuant à polluer le milieu sous l'effet des substances toxiques et corrosives.

C'est dans cette optique que nous avons fondé notre étude qui s'intitule : évaluation de la qualité des eaux marines de la plage Ouest de Sidi Fredj.

- Généralités ou synthèse bibliographique ou tout les paramètres nécessaires à notre étude sont définis ;
- Présentation de la zone d'étude afin de présenter le site d'étude, les rejets et les sources de pollution que connait la baie d'Alger oust Algéroise.
- Le troisième chapitre comprend le matériel utilisé et les différentes méthodes adoptés pour l'analyse et la modélisation des paramètres de pollution étudiés.
- Et vers la fin un quatrième chapitre qui va résumer les résultats obtenus et leur discussion.

Chapitre I

Généralités

I. Définitions de la pollution marine

La pollution marine est définie par le premier rapport du conseil sur la qualité de l'environnement de la Maison Blanche (1965) comme étant « ...une modification défavorable du milieu naturel..., comme un sous-produit de L'action humaine... ». (*Ramade, 2000*).

De ce fait la pollution marine résulte de tous les produits rejetés dans les mers et les océans, en conséquence de l'activité humaine, elle comprend la pollution de l'eau et celle des sédiments, plus généralement toutes les atteintes aux écosystèmes marins causées par les rejets de substances et de produits toxiques et non biodégradables.

Ainsi la définition admise par le groupe d'expert chargé d'étudier les aspects scientifique de la pollution des mers (**GESAMP : Groupe d'expert sur les aspect scientifiques de l'environnement marin**), est « *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* ».

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

Alors que l'**UNESCO (organisation des nations unies pour l'éducation, la science et la culture)**, la définit comme étant, tout rejet à la mer direct ou indirect de substance ou d'énergie d'origine humaine qui a un effet nuisible sur les organismes »s vivants, dangereuse pour la santé humaine, empêche l'utilisation de la mer, altère la qualité de l'eau de la mer ou qui réduit les possibilités de l'utilisation à des fins de loisirs.

II. Classification selon la source et Type de pollution

II.1. source de la pollution

Selon le mode de propagation des pollutions, elles peuvent être classées en trois types, à savoir, les pollutions accidentelles, diffuses et anthropiques. On distingue trois catégories : pollution urbaine, industrielle et pollution agricole. **(Galaf, 2003)**.

a. Pollution urbaine

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

Le flot déversé est très variable en fonction de l'importance de l'agglomération et de son activité.

b. Pollution industrielle

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

c. Pollution agricole

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

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

II.2. Types de pollution

1 Pollution Chimique

Cette pollution est due à l'entrée d'un ou plusieurs éléments indésirables dans la composition chimique de l'eau marine. Ces éléments peuvent être soit organiques, minéraux ou des composés organochlorés. (Amrouche, Khechni. ; 2012)

a. Les micropolluants chimiques organiques

Hydrocarbures, Pesticides, Détergents et autres, ces polluants sont appelés les polluants organiques permanents (POPs).

b. Les micropolluants chimiques inorganiques

Ils sont représentés essentiellement par les métaux lourds et des substances à concentrations excessives.

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

2 Pollution biologique

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

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

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

Chapitre I : Généralités

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

3 Pollution physique

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

La pollution physique est répartie en trois types :

- **Pollution mécanique** : qui due essentiellement à des substances solides, comme les boues, les solides flottants (sac en plastique, morceaux de bois), ces rejets ont comme première conséquence l'augmentation de la turbidité de l'eau. (**Equinoxe., 1990**).
- **Pollution thermique** : la majorité des usines sont implantées d'une manière volontaire sur le littoral où sur les bassins versants littoraux, ce type d'installation est à l'origine d'apports notables d'eaux résiduaires au milieu marin.

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

Il entraîne un réchauffement qui peut être brutal où progressif. Ce réchauffement à un impact directe qui se traduit par la substitution de la faune et de la flore du milieu marin; ou indirectes tels que le développement bactérien et l'augmentation de la toxicité de certaines substances.

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

La pollution atomique à un impact directe aussi bien sur les organismes aquatiques que sur la santé humaine. Cet impact ce traduit par le dérèglement du comportement d'êtres vivants.

III.2. Paramètres physicochimiques des milieux marins

1. La température

La température est, un des descripteurs de base pour la connaissance du milieu. Elle influe sur l'activité biologique dont dépend la production totale, dans les eaux océaniques, la température décroît de la surface vers le fond ou elle varie de 0 à 2,5 °C selon le lieu.

La température des eaux marines de surface suit le cycle des saisons, l'eau de surface réchauffe dès le printemps et, si les courants ne sont pas suffisamment intense, une couche moins dense se crée, « isolant » les eaux sous-jacentes.

2. La salinité

La salinité est le descripteur indispensable en milieu marin, associé à la température. La mesure en milieu côtier est différente en milieu côtier qu'en milieu océanique. En milieux côtiers et estuariens, la salinité est le traceur idéal des mélanges entre l'eau douce et l'eau de mer. En outre comme la salinité varie dans de larges gammes, elle peut constituer un critère de répartition des espèces vivantes.

La première définition résulte de la technique reproductible de **Sorensen (1902)** : « *la salinité (chlorinité) est la mass, en gramme de chlore, équivalente à la quantité total d'halogène, dans un kilogramme d'eau de mer.* ».

3. L'oxygène dissous

L'expression « oxygène dissous » (OD) s'emploie communément pour « dioxygène dissous ». La mesure de l'oxygène dissous concerne donc exclusivement l'oxygène moléculaire O₂ en solution. (**Aminot, Kérouel., 2004**).

Les teneurs de l'oxygène dans l'eau dépendent de trois facteurs :

- Les facteurs physiques : température, échange à l'interface air-mer, diffusion et mélange au sein des écosystèmes aquatiques.

Chapitre I : Généralités

- Les facteurs chimiques : phénomène de ^photo oxydation et les réactions chimiques d'oxydoréductions.
- Les facteurs biologiques : la photosynthèse et la respiration (**Gaujous, 1995**).

4. Le pH

Le pH est relatif à la concentration en ions hydrogène (H⁺) dans un milieu, donc à l'acidité de ce milieu. En l'absence d'influence externes, le pH est le reflet des équilibres entre les de certains espèces chimiques majeures du mile, mais il est également l'indicateur de certaines pollutions directes ou indirectes. En retour, il influence de nombreux processus chimiques ou biologiques en régulant, d'une part, les concentrations ou la spéciation d'espèces mineurs telles que les métaux (précipitation, dissolution, complexation).

pH de l'eau de mer résulte de sa composition ionique, et essentiellement de la présence des carbonates issus de l'échange de dioxyde de carbone (CO₂) entre l'eau et l'atmosphère, ainsi que la dissolution du calcaire. il reste ainsi dans une étroite fourchette, de l'ordre de 8 à 8,3. il est affecté par les processus naturels qui déplacent les équilibres du système carbonique, comme la poussée du phytoplancton, consommatrice de CO₂, ou la reminéralisations de la matière organique productrice de CO₂. (**Aminot, Kérouel ; 2004**).

5. La turbidité

La turbidité est définie comme étant la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle correspond à la propriété de l'échantillon de diffuser et d'absorber la lumière incidente, contrairement à l'eau pure qui la transmet intégralement.

La connaissance de ce facteur a une double importance. Elle détermine l'intensité lumineuse pénétrant sous la surface et, permet également une approche de la qualité de particules en suspension. (**Houma-Bachari, 2009**)

III. . Les indicateurs de pollution

VI.1 Matières en suspension

Les MES sont définis selon **Ivanoff (1972)** comme suivant :

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

IV.2 La matière organique particulaire (MOP)

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

Alors que la fraction exogène est formée par les débris des animaux et des végétaux possédant une certaine résistance à la dégradation bactérienne (**Aminot et Kérouel., 2004**).

Cette fraction est nécessaire au fonctionnement des cycles biogéochimiques par la régénération des sels nutritifs.

IV. Les hydrocarbures

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

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

Chapitre I : Généralités

V. Sels nutritifs

Les sels nutritifs appelés aussi nutriments sont des éléments chimiques indispensables à la synthèse autotrophes de la matière organique. Ces sels représentent l'ensemble de l'azote (15%), du phosphore (3%) et du silicium .

Le Phytoplancton à besoin de ces sels nutritifs qu'il trouve dans le milieu marin pour sa croissance, son développement et la formation de son squelette. Les faibles concentrations d'éléments nutritifs dans le milieu marin, minimisent la photosynthèse tandis que les excès provoquent une eutrophisation du milieu, qui se traduit par une importante croissance de certaines espèces phytoplanctoniques.

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

Les sels nutritifs, dans l'eau de mer ont plusieurs origines qu'on peut regrouper en deux types de sources (externes et internes) (**Levitus et al., 1993**).

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

V .1. Différentes formes des sels nutritifs

1 L'Azote ammoniacal (NH₄⁺)

L'azote ammoniacal est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac (NH₃) et l'ammonium NH₄⁺ dont les proportions relatives dépendent du pH de la température et de Salinité. (**Aminot., 1983**). La forme d'ions ammonium NH₄⁺ est non toxique, NH₃ est la forme toxique (**Gaujous., 1995**).

L'azote ammoniacal provient des excréctions animales et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotes. Il est utilisé par le phytoplancton comme source et d'oxyder par les bactéries nitrifiantes. Dans les eaux marines, l'azote ammoniacal se trouve à des concentrations inférieures été oxydé en nitrite puis nitrate. Lorsque l'on se rapproche des émissaires urbains, les

Chapitre I : Généralités

concentrations peuvent atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre. L'ammonium devient dans ces conditions un bon traceur de pollution urbaine (**Aminot., 1983**).

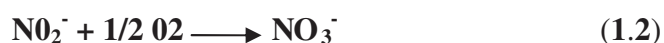
2 Nitrites (NO₂⁻) et les Nitrates (NO₃⁻)

Les nitrites résultent de l'oxydation de l'ammonium (NH₄⁺) par des bactéries (Nitrosomonas), appelée « Nitrosation », qui s'effectue selon la réaction suivante :



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

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



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

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

3 Ortho phosphates

Les ortho phosphates sont la forme minérale majoritaire du phosphore (**Aminot & Chausspied., 1983**).

Dans l'eau de mer, ils sont présents essentiellement sous les formes: PO₄⁻³ (10%), HPO₄⁻² (87%) et H₂PO₄⁻ (<1%) (**Jaques & Treguer., 1986**).

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



Chapitre I : Généralités

4 Silicates

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

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

V .2. Dangers liés à la pollution par les sels nutritifs

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

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

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

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

Chapitre II

Zone d'étude

I. La baie de Bou Ismail

1. Situation géographique

La baie de Bou Ismail est limitée à l'Est par la presqu'île de Sidi Fredj ($2^{\circ} 50' E$) dans la wilaya d'Alger et à l'Ouest du mont Chenoua ($2^{\circ} 25' E$) dans la wilaya de Tipaza . Les deux caps limitant cette baie étant Ras Acrata à l'Est et Ras El-Amouche à l'Ouest (figure1).

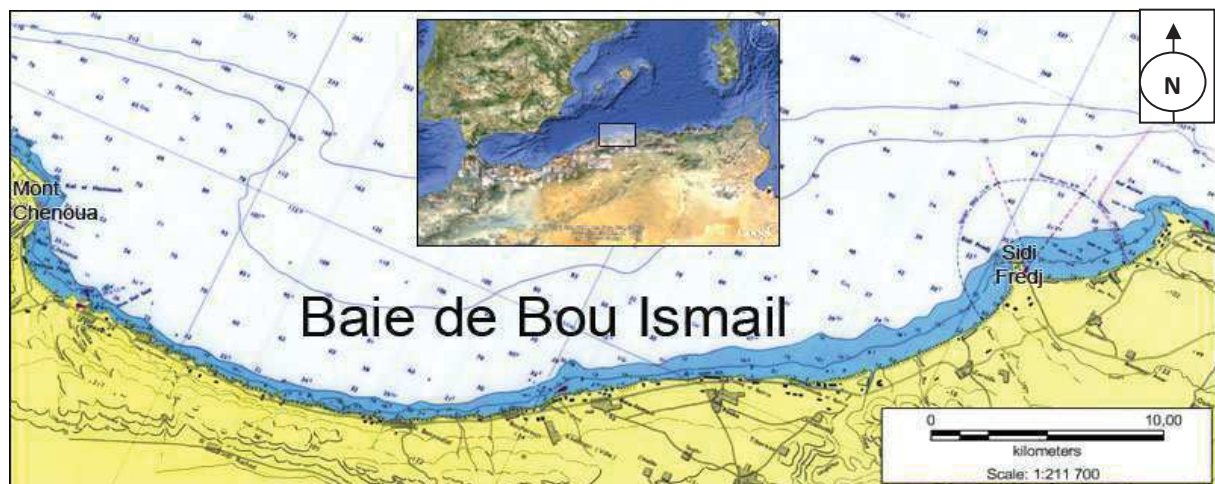


Figure 1 : Situation géographique de la baie de Bou Ismail.

2. Réseau hydrographique

Deux cours d'eau déversent dans la baie de Bou Ismail, l'oued Mazafran et l'oued Nador :

- **L'oued Mazafran** se situe à 30 km à l'Ouest d'Alger, il prend naissance à la jonction de l'oued Chiffa et l'oued Djer. Le bassin versant couvre une superficie de 1850 km². L'oued débouche dans la mer entre Douaouda et Zeralda avec un débit de 7,566 m³/s pendant la période de Décembre à Avril avec une moyenne annuelle de 43,8 millions de m³, cet oued est marqué par un long étiage qui dure de Juin à Décembre représentant 17,38 % du déversement liquide annuel.
- **L'oued Nador** se situe entre Tipaza et le Mont Chenoua, il regroupe trois oueds, Bou Yersen, Bou Ardon et Merrad, son étendue est de 230 km² avec un débit de 0,89 m³/s. Ces oueds jouent un rôle très important dans les apports en eaux usées.

Chapitre II : zone d'étude

3. Sédimentologie

Vers l'embouchure de l'oued Mazafran et jusqu'à une profondeur de 25m, les sables grossiers caractérisent la baie. Au-delà de ce dépôt fluviomarín et jusqu'à une profondeur de 10 à 15m, les sables moyens réapparaissent qu'au niveau de Khemisti sur une zone étroite qui continue jusqu'à Tipaza.

Une bande de sable fin apparaît au large de Sidi-Fredj et Palm Beach à moins de 2 m de profondeur et tapisse le fond de 15m à 25m tout le long de la baie. Parallèlement à ces faciès, les sables fins vaseux longent la côte entre 25 à 40m de profondeur. (LEM, 1998) (Figure 2).

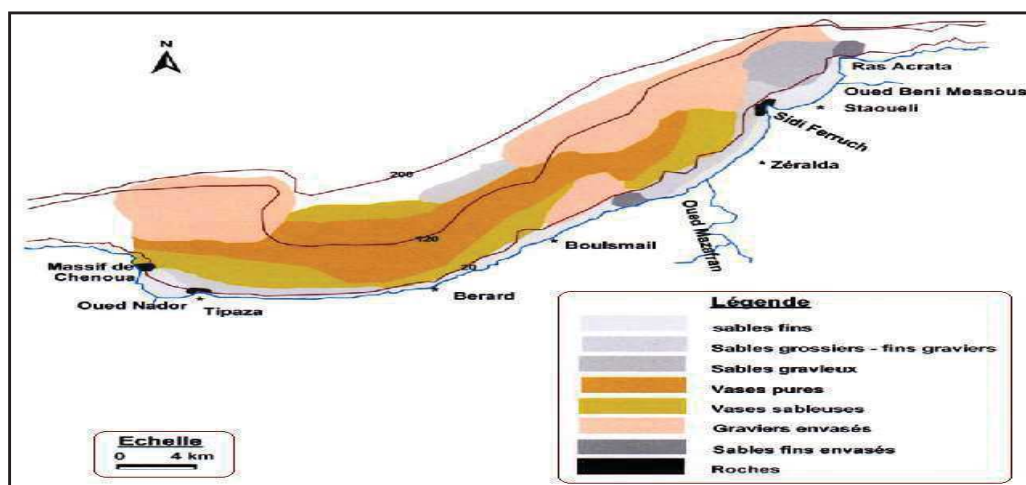


Figure 2 : Carte sédimentologique de la baie de Bou Ismail. (LEM, 1998)

Deux régions apparaissent, la région orientale et la région occidentale et chaque région présente sa caractéristique sédimentologique propre. Les vases pures sont très développées dans la région occidentale et forment ainsi une importante vasière littorale, tandis que les graviers envasés sont dans la région orientale. De même, le faciès des sables grossiers et des fins graviers et le faciès des sables graveleux ne sont présents que dans la région orientale (LEM, 1998).

4. Bathymétrie

La courbe bathymétrique 200m est généralement considérée comme la limite de la marge continentale algérienne et le domaine des plaines abyssales, sa largeur moyenne est de 24km, elle atteint 55km au maximum dans la baie de Bou Ismail. Le plateau continental, étant très étroit, atteint un maximum de 13 km au niveau du mont Chenoua et un minimum de 3km entre Sidi Fredj et Alger. Il est caractérisé par une pente de l'ordre de 2 à 3% avec une ligne

Chapitre II : zone d'étude

d'inflexion nette autour de l'isobathe 100m. Cette pente est perturbée par quelques pointements rocheux localisés au large du Mazafran et de Bou Ismail (**Houma-Bachari, 2009**) (figure 3) (annexe 2).

5. Climatologie

Le Nord de l'Algérie tire la clémence de ses hivers et la douceur de ses étés de sa position privilégiée. A un climat méditerranéen, il se situe à une latitude à cheval entre les régions tempérées et celles désertiques, et se caractérise par la présence de la chaîne montagneuse de l'atlas tellien sur son flanc sud et de la mer méditerranée au Nord dont les eaux restent plus aux moins chaudes toute l'année. L'atlas tellien protège la région du littoral des remontées d'air sec et chaud du Sahara. L'air saharien arrive parfois à traverser ces montagnes pour s'étendre vers le littoral, ce qui engendre les canicules les plus sévères, des canicules que la proximité de la mer dissipe difficilement par le phénomène de la brise. 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**).

De sa part, la baie de Bou Ismail est caractérisée par un climat subhumide et une périodicité des vents. La période hivernale se caractérise par une baisse de la température à environ 16° C et une précipitation moyenne de 89,49 mm, alors que la période estivale se caractérise d'une température moyenne de 29 °C avec des précipitations très faibles et pourcentage d'humidité toujours à 60 %.

Deux groupes dominants sont distingués en la période des vents :

- Vents de secteur Ouest, de 2 m/s en moyenne, et dominant de Novembre en Avril.
- Vents de secteur Est de plus de 2 m/s en moyenne, dominant de Mai en Octobre.

6. Hydrodynamisme

L'origine du courant Algérien, qui vient coller les côtes maghrébines à environ 0° de longitude, provient des eaux atlantiques qui pénètrent à travers le détroit de Gibraltar (**Taupier-Letage, 1988**). Ce courant, allant d'Ouest en Est, provoque des remontées d'eau

Chapitre II : zone d'étude

importantes à cause de ses tourbillons anticycloniques qui atteignent un diamètre de 100 à 200 km (même plus) avec des courants mobilisant une couche qui peut aller jusqu'à 200 m de profondeur, phénomène qui se produit plusieurs fois par an sur une grande partie du bassin Algérien (**Millot et Taupier-Letage, 2005**) (figure 4) (annexe 2). Les remontées d'eau, ou *upwellings*, provoqués soutiennent une remarquable richesse biologique à cause de la remise en suspension des nutriments du fond (**Collignon, 1991**). Par ailleurs et d'après Maurin (**1968 in Bouaziz 1992**), la baie de Bou Ismail est un espace favorable à la pêche jusqu'à une profondeur de 1000 m et elle est, d'ailleurs, intensément exploitée.

7. Sources potentielles de pollution

La région de Bou Ismail est une zone à vocation touristique et agricole, sa frange côtière est soumise principalement aux rejets domestiques des villes et des complexes touristiques qui déversent directement en mer, sans aucun traitement au préalable dans la plupart des cas. Ajoutant à cela les rejets des eaux usées véhiculées par les oueds qui traversent les centres urbains, drainant les eaux de ruissellement des terres agricoles, des effluents urbains et industries dont les entreprises industrielles de plastique et de caoutchouc (**LEM, 1998**). De plus, les oueds entraînent vers la mer une partie des eaux usées de Blida et de la base centrale logistique de Beni Mered au niveau de l'oued Macta Makhoulf (continuité de l'oued Beni Azza) où déversent les eaux usées de la tannerie du moulin, d'une unité d'électro-glace, une manufacture de mobilier métallique, d'une unité de transformation de plastique, d'industrie agroalimentaire ainsi que les eaux des ateliers de traitement de surface de la base logistique de Beni Mered. A cela s'ajoute la pollution due à l'activité agricole et à l'activité de la pêche (**Houma-Bachari, 2007**).

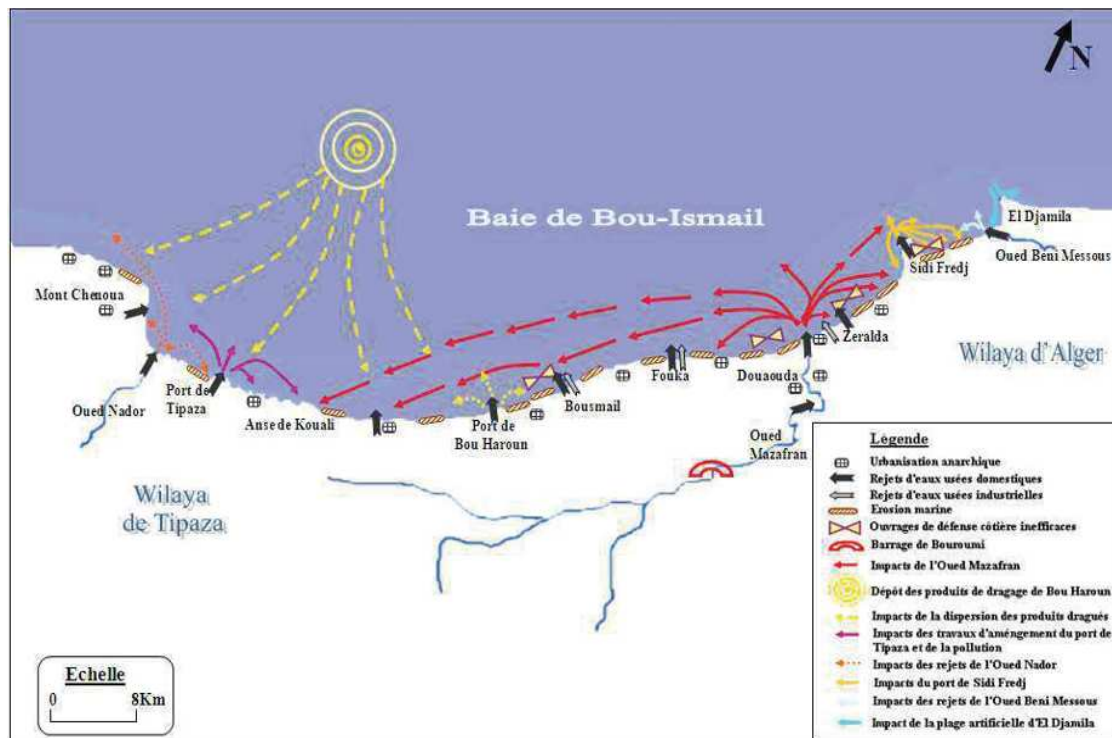


Figure 3 : Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou Ismaïl. (Al Sid Chikh *et al.*, 2009)

II. La baie d'El Djamila

On considère que la baie d'El Djamila fait partie intégrante de la baie de Bou Ismaïl à raison de sa petite étendue, de son orientation, des conditions météorologiques qui y règnent et des courants marins qui la parcourent, tous ces paramètres ne constituent en fait qu'une continuité de ce qui se passe dans la baie de Bou Ismaïl. De ce fait et dans ce qui suit, on ne notera que quelques points distinctifs de la baie d'El Djamila.

1. Situation géographique

La Baie d'El Djamila couvre une superficie de 350 km² avec une ouverture de 40 km, elle est orientée du Sud-Ouest au Nord- Est, soit 2° 54 Est et 36° 48 Nord à 2° 24 Est et 36° 38 Nord (Benzohra, 1993).

Chapitre II : zone d'étude



Figure 4 : Situation géographique de la baie d'El Djamilia. (S.H.F.M., 2000 ; modifiée)

2. Réseau hydrographique

Un seul cours d'eau déverse dans cette baie, l'oued **Beni Messous** (figure 6), se situant à 18 km à l'Ouest d'Alger, il déverse les apports de Bouzaréah, Beni Messous et Chéraga. L'oued a un débit liquide de $0.245 \text{ m}^3/\text{s}$.

3. Sédimentologie

La dynamique sédimentaire est la résultante d'actions hydrodynamiques (ou fluides) et solides, réagissant l'un sur l'autre (**Broman et al., 1988**). Son équilibre est très sensible à tout changement pouvant entraver son processus. On note la dominance du sable grossier surtout au voisinage du port d'El Djamilia, ces sédiments sont bien classés (Al Sid Chikh et al., 2009).

Au niveau de la côte à l'est du port d'El Djamilia, le dynamisme est important, provoqué par l'intensité des houles de l'Ouest, Nord-Ouest et Ouest-Nord-Ouest, Ces houles ont contribué au démantèlement de la falaise du Ras Acrata et du platier rocheux et elles sont d'incidence frontale sur le site, engendrant un courant de retour qui prend les sédiments de la côte et les dispersent au large. Ainsi les sédiments les plus fins se déposent au large. Ces houles provoquent ainsi bien l'érosion de la côte située à l'Ouest du port d'El Djamilia (Zéralda, Sidi Fredj, Moretti, Staouéli, etc...) que le charriage des apports de l'Oued Mazafran. L'incidence oblique des houles du secteur Ouest engendre une dérive littorale qui entraîne les matériaux sableux vers l'Est dans le domaine infralittoral. La dérive littorale

Chapitre II : zone d'étude

s'écoulant de l'Ouest présente un impact très important en charriant les sédiments vers l'Est (Al Sid Chikh *et al.*, 2009)

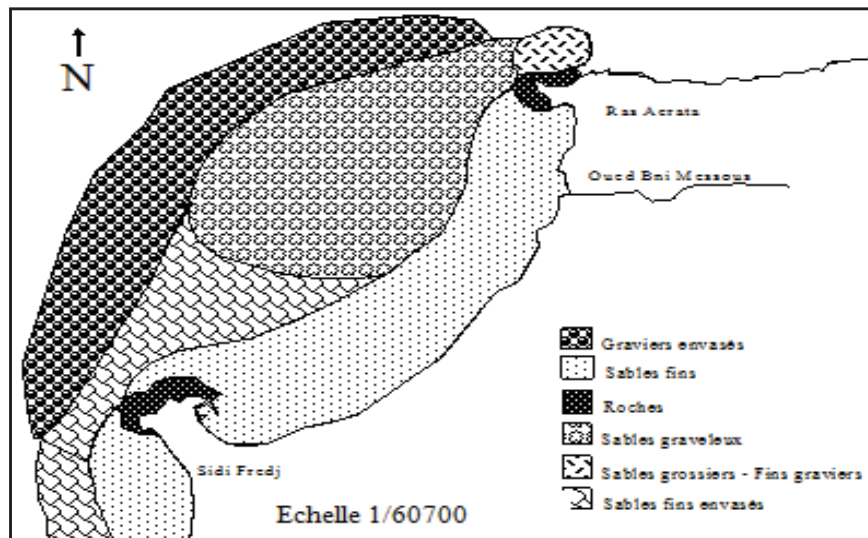


Figure 5 : Répartition sédimentologique de la baie d'El Djamila.
(Houma-Bachari, 2009)

4. Bathymétrie

Les isobathes du centre de la baie sont pratiquement parallèles à la côte, avec une faible pente. Au niveau de Ras Acrata à l'Est et Sidi Fredj à l'Ouest, un resserrement des isobathes qui se traduit par une pente moins douce qu'au centre de la baie, ceci étant normal vu que les deux zones sont rocheuses et accidentées. A l'Ouest de la baie, au niveau de la plage Moretti, on a une large zone régulière à pente très douce entre les isobathes 5 m et 15 m (Houma-Bachari, 2009).

5. Vents dominants

Selon le rapport du Laboratoire des Etudes Maritimes (LEM, 1998), les vents sont générateurs de vagues et de courants, leur impact croît avec leur vitesse. Lorsque l'action du vent est continue, elle génère de la houle. Les résultats des observations effectuées par l'US Naval Weather Service Command au large des côtes d'Alger, notent l'existence de deux périodes distinctes :

Chapitre II : zone d'étude

- **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.

6. Hydrodynamisme

On note des périodes distinctes (**Houma-Bachari, 2009**) :

- **En hiver :** les houles les plus importantes et les fréquences observées viennent de l'Ouest avec les plus grandes amplitudes entre 2 et 2,5 m. Les houles maximales peuvent atteindre les 4 à 6 m.
- **En été :** les directions les plus observées sont d'origine Est, ainsi que des houles de Nord-est avec une fréquence moins importante et des amplitudes généralement plus faibles, de 0,5 à 1m.

7. Sources potentielles de pollution

La principale source de pollution dans la baie d'El Djamilia est l'oued Beni Messous. Les deux ports (El Djamilia et Sidi Fredj) qui la délimite à l'Est et à l'Ouest contribuent aussi à sa pollution (**Al Sid Chikh et al., 2009**) (figure 5).

Chapitre III

Matériels et méthodes

Chapitre III : Matériels et méthodes

I. Travail in situ

1. Prélèvement d'eau

Les prélèvements d'échantillons d'eau de mer, ont été effectués au niveau de la plage ouest de Sidi Fredj. Pour éviter toutes contaminations, il est très important que certaines conditions soient prises en considération. En effet, les flacons dessinés à l'échantillonnage de l'eau de mer prélevée, sont préalablement :

- lavés à l'eau chaude rincés à l'eau distillée ensuite à l'eau acidulée préparée à base d'acide chlorhydrique à 5% (2 fois) rincés une dernière fois à l'eau bi-distillé.

Les flacons seront numérotés. Ainsi que le type de flaconnage selon le paramètre recherché. Les paramètres physico-chimiques, tel que l'oxygène dissous et la température de l'eau de surface ont été mesurés « in situ ».

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

2. Méthode de prélèvement

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

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

➤ La température

Dans les océans, la température décroît de la surface vers le fond. Elle varie en fonction d'autres paramètres physico-chimiques tels que la pression. Dans les eaux de surface, sa variation dépend essentiellement des phénomènes climatiques (Aminot et Kerouel, 2004).

Chapitre III : Matériels et méthodes

Les mesures de la température s'est faite in situ, à l'aide de l'oxymètre, conductimètre et pH-mètre). La valeur de la température est la moyenne des trois valeurs enregistrées sur ces appareils.

➤ La Salinité

La salinité a été mesurée avec un conductimètre de terrain (Cond 197) d'une précision de $\pm 0,5\%$ mesure.

Avant la série de mesures nous avons étalonné l'appareil avec une solution standard de 19,376psu de chlorinite (salinité : 35,003psu, d'après l'équation : $S \text{ psu} = 1,80655 \text{ Cl psu}$). Le conductimètre a affiché une salinité égale à 35psu.

La sonde de conductimètre est plongée dans l'échantillon et la valeur indiquée sur l'afficheur est notée, sans oublier de soustraire ou rajouter la valeur issue du calibrage avec les eaux standards.

Après chaque mesure, la sonde est rincée avec de l'eau distillée pour éviter toute contamination des échantillons.

➤ Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH du milieu a été mesuré par un pH-mètre de terrain de type (PH 315i il). Avant de mesurer ce paramètre nous avons étalonné l'appareil par des solutions tampons.

Après calibrage, on procède à la mesure du pH pour chaque échantillon d'eau de mer prélevée. L'électrode en verre est rincée à l'eau, essuyée et plongée dans la bouteille de prélèvement.

➤ Oxygène dissous (OD)

Afin d'évaluer les teneurs en oxygène dissous, des mesures sont effectuées, in situ, à l'aide d'un oxymètre WTWOxi197i muni d'une sonde électrolytique que l'on plonge dans la bouteille de prélèvement, ensuite les valeurs de l'oxygène dissous et la température s'affichent par une unité de

mg/l et °C. L'appareil est étalonné à la pression atmosphérique.

Pour la mesure de l'oxygène dissous, nous avons utilisé un oxymètre de terrain de type (Oxi 197).

Chapitre III : Matériels et méthodes

Il est muni d'une sonde électrolytique que l'on plonge dans l'échantillon et qui nous permet de mesurer, in situ, la teneur en oxygène dissous en mg/l, ainsi que la température en °C avec une précision de $\pm 0,5\%$ en lecture.

II. L'analyse au laboratoire

1 La matière en suspension (MES)

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

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

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

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

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

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

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

P1 : le poids du filtre avant filtration (mg)

P2 : le poids du filtre après filtration (mg)

V : volume d'eau filtré en (l)

Chapitre III : Matériels et méthodes

2 Matière organique particulaire (MOP) et matière inorganique particulaire (MIP)

▪ Protocole de dosage

Principe Après pesage, les filtres des MES sont placés dans des creusets. Ces derniers sont placés dans le four à moufle fabriqué par GmbH and Co.KG modèle MIHM.VOGT type KM.N. à 450°C pendant 2h.

Deux mesures sont alors obtenues : la première est le poids du creuset vide et la seconde est celle du creuset avec filtre après calcination.

Protocole :

- Placer chaque filtre dans un creuset. Ce dernier est placé dans le four à 450°C pendant 2h.
- Retirer les creusets puis les laisser refroidir dans le dessiccateur.
- Peser les creusets avec les filtres à l'intérieure, on obtient P3 en (mg).|
- Retirer les filtres des creusets, puis les peser vide. le nouveau poids obtenu sera P4 en (mg).
- Le poids du filtre PS après calcination est obtenu à partir de l'expression : $P3 - P4 - P5$ en (mg).
- La matière organique particulaire (MOP) se déduira par l'expression : $P2 - P5$ en (mg).
- L'expression : $MES - MOP$, nous donnera alors la MIP.

3 La chlorophylle a et les pheopigments A

Protocole de dosage

- La quantité de chlorophylle a est mesurée par la méthode spectrophotométrique monochromatique de LORENZEN, 1972 selon (Aminot et Kerouel, 2004).
- La filtration est réalisée sur un filtre de Whatman GF/F de 0,45 μm , et la dépression est créée par une pompe Type N022.AN.lfc.
- L'extraction se fait par addition de 10 ml d'acétone à 90% (90/10 acétone /eau), après passage des filtres dans un bac à ultra-son (VWR LUSL 300 TH) et cela pendant 5 minutes à 30°C, on mesure l'absorbance dans une cuve de 1 cm de trajet optique à l'aide d'un spectrophotomètre de marque CECIL type CE 1021 séries 10000, à des longueurs d'onde de 665 nm et 750 nm , cela dans un premier temps sans acidification, puis en deuxième temps avec acidification (Acide chlorhydrique à 0,3 mol/l) pour obtenir la mesure des

Chapitre III : Matériels et méthodes

phéopigments a.

Deux autres mesures d'absorbances ont été réalisées. L'une est celle du blanc de cuve qui a été obtenue par la mesure de l'absorbance de la paroi de la cuve de l'eau distillée et la seconde mesure est celle du blanc de filtre (acétone à 90% avec filtre avant et après acidification).

Remarque : De l'étape de filtration jusqu'au passage au spectrophotomètre les tubes à essai ont toujours été gardés à l'obscurité.

L'expression des résultats :

Chlorophylle a ($\mu\text{g/l}$) = $27,7 \cdot (A_{665 \text{ na}} - A_{665 \text{ a}}) \cdot v/V \cdot I$

Phéopigments a ($\mu\text{g/l}$) = $27,7 \cdot (1,7 A_{665 \text{ a}} - A_{665 \text{ na}}) \cdot v/V \cdot I$

Avec:

V: volume d'eau filtrée en (litre), v : volume d'acétone en (millilitre).

I : longueur du chemin optique de la cuve de mesure, (1cm).

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

$A_{665 \text{ a}} = A_{665 \text{ a}} - A_{750 \text{ a}}$ Avec:

$A_{665 \text{ na}}$: absorbance à 665 nm avant acidification.

$A_{665 \text{ a}}$: absorbance à 665 nm après acidification.

$A_{750 \text{ na}}$: absorbance à 750 nm avant acidification.

$A_{750 \text{ a}}$: absorbance à 750 nm après acidification.

4 Analyse des sels nutritifs

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

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

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

4.1. Dosage des sels nutritifs

L'analyse des sels nutritifs est faite par la méthode de colorimétrie à flux continu sur chaîne automatisée SKALAR (Auto-analyzer SAN PLUS) (troisième génération), selon les protocoles décrits par le constructeur SKALAR Le fonctionnement de l'appareil repose sur un Principe dynamique, celui de l'analyse liquide en flux continu : une veine liquide propulsée en continu par une pompe péristaltique dans un circuit analytique spécifique à

Chapitre III : Matériels et méthodes

chaque paramètre Les réactions chimiques s'effectuent dans cette veine en progression. L'analyse des échantillons est réalisée par séquence, ce qui permet une grande cadence de travail. Cette chaîne de mesure automatisée est totalement pilotée par un microordinateur doté, d'un logiciel spécifique. A la fin de l'analyse, ce dernier fournit un fichier numérique contenant les résultats accompagnés de toutes les informations relatives à l'analyse.

4.2. Principe de dosage des sels nutritifs

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

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

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

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

l : la longueur du milieu traversé exprimé en cm

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

A : absorbance de la solution.

D.O : densité optique de la solution

4.3 Analyse automatique des sels nutritifs

➤ Dosage des nitrites

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

Chapitre III : Matériels et méthodes

➤ Dosage des nitrates

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

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

➤ Dosage des orthophosphates

En présence d'antimoine oxytartrate de potassium à une température de 40°C (bain-marie),

Les ions orthophosphates réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe antimoine phosphomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique (Murphy et Riley., 1962). Cette forme réduite de coloration bleue a un maximum d'absorption à 880 nm.

➤ Dosage du silicium dissous

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

5. Étalonnage

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

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

Chapitre IV

Résultats et interprétation

Chapitre IV : résultats et interprétation

IV.1. Variation et distribution spatiale des paramètres physico-chimiques dans littoral Ouest de Sidi Fredj

Les données acquises dans littoral Ouest de Sidi Fredj sont résumées ci-dessous, sous forme de valeurs moyennes et extrêmes.

Tableau 1: Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physicochimiques dans les eaux du littoral Ouest de Sidi Fredj.

Paramètre	Température					Salinité				
	(°C)					(PSU)				
Date	2007	2008	2009	2011	années	2007	2008	2009	2011	années
Maximum	21,42	25,93	17,70	18,32	25,93	36,50	37,20	37,00	36,52	37,20
Minimum	15,14	14,95	12,30	17,33	12,30	35,77	36,15	35,50	35,99	35,50
Moyenne	18,84	19,90	14,76	17,83	18,53	36,24	36,63	36,35	36,26	36,45
Ecart type	2,85	3,54	2,47	0,70	3,46	0,33	0,30	0,72	0,37	0,43
Paramètre	pH					Oxygène dissous (mg/l)				
Date	2007	2008	2009	2011	années	2007	2008	2009	2011	années
Minimum	8,25	8,50	8,30	8,13	7,52	7,82	8,80	6,00	8,50	8,80
Maximum	7,52	7,69	7,79	8,13	8,50	5,27	3,03	5,15	8,50	3,03
Moyenne	7,96	8,12	8,10	8,13	8,09	6,61	5,16	5,51	8,50	5,66
Ecart type	0,32	0,19	0,23	/	0,22	1,05	1,76	0,42	/	1,62

IV.1.1. La température

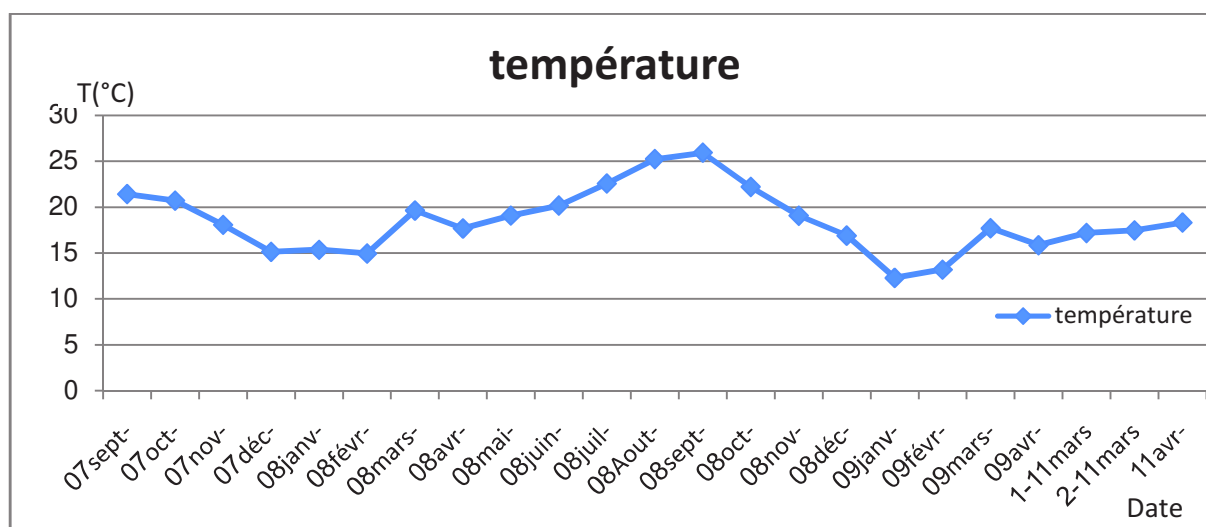


Figure 8 : Variation de la température (°C) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvement.

Chapitre IV : résultats et interprétation

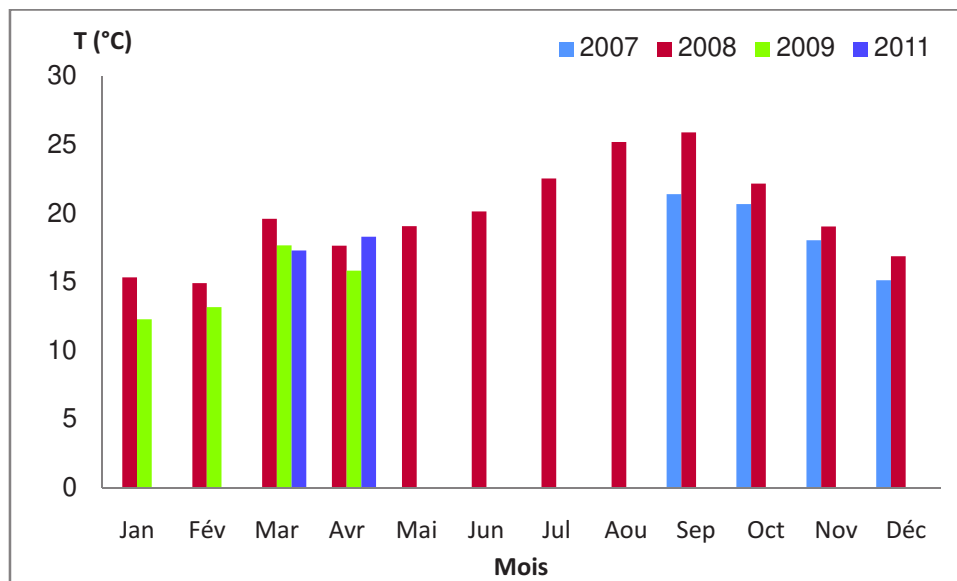


Figure .8.1 : histogramme de Variation de la température (°C) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj pendant les années (2007,2008, 2009, et 2011) en fonction des mois de l'année (saisons).

D'une manière générale, les températures enregistrées restent normales et témoignent du niveau thermique de la saison d'échantillonnage (figure 8), stabilité thermique (homogénéité des eaux).avec une moyenne de 18,53 durant les quatre années (2007, 2008, 2009,2011) et un écart type de 3,46.

- Pour Automne année 2007 : on à enregistré des températures comprise entre 21 et 15°C progressivement durant la saison ce sont des températures saisonnières en moyenne.
- Année 2008 les températures enregistrés durant toute l'année (figure 8.1) sont remarquablement élevée même en hiver et varie entre 15 et 26°C avec une moyenne de 19,90 °C, ce qui peut être due à une pollution élevé de la baie durant cette année.
- Hiver Année 2009 les températures varie de 12 à 18°C la température reste saisonnière moyennement dans les normes.
- Printemps 2011 les températures enregistrés sont élevée varie de 17 à 18 °C

IV.1.2. La Salinité

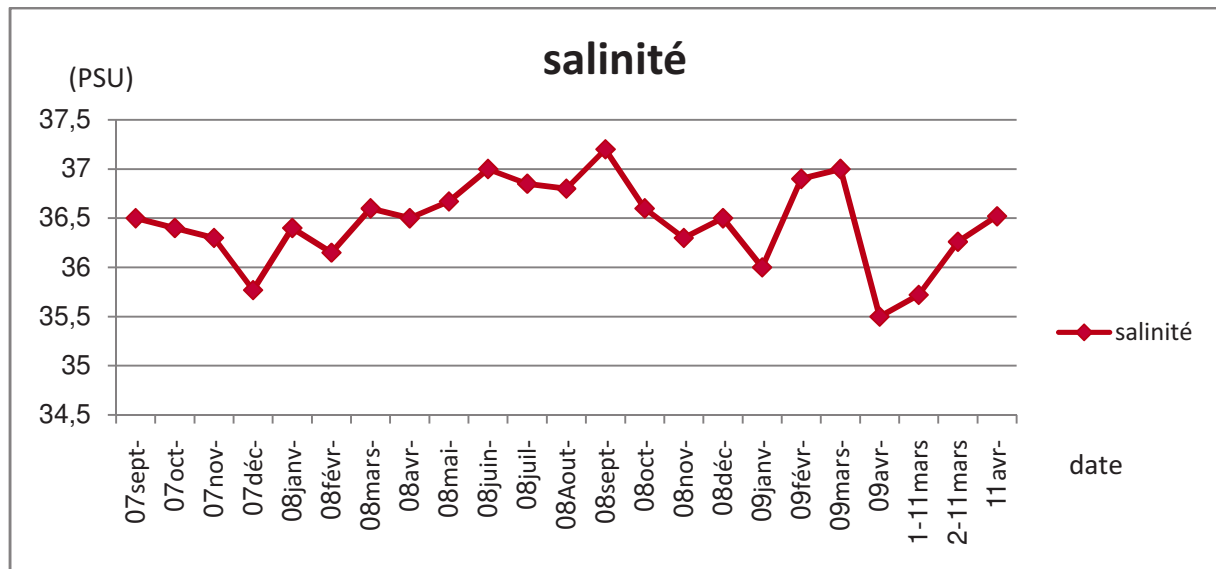


Figure 9 : Variation de la Salinité au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)

Les valeurs de la salinité varient entre 35,50 et 37,20 mg/l avec une moyenne de 36,45 psu et un écart type de 0,43.

- Automne 2007 : la salinité baisse progressivement du mois de septembre jusqu'au mois de décembre.
- Année 2008 : les valeurs restent en moyenne élevées durant cette année avec un maximum au mois de septembre avec un écart type de 0,30.
- Hiver 2009 : la salinité est élevée durant cette saison et varie de 37 à 35,5 mg/l avec une moyenne de 36,35 PSU.
- Printemps 2011 : les valeurs sont moyennes et varient entre 36,52 mg/l et 35,99 mg/l.

La courbe de salinité est superposable avec celle de la température ceci montre que la salinité augmente avec la température.

Chapitre IV : résultats et interprétation

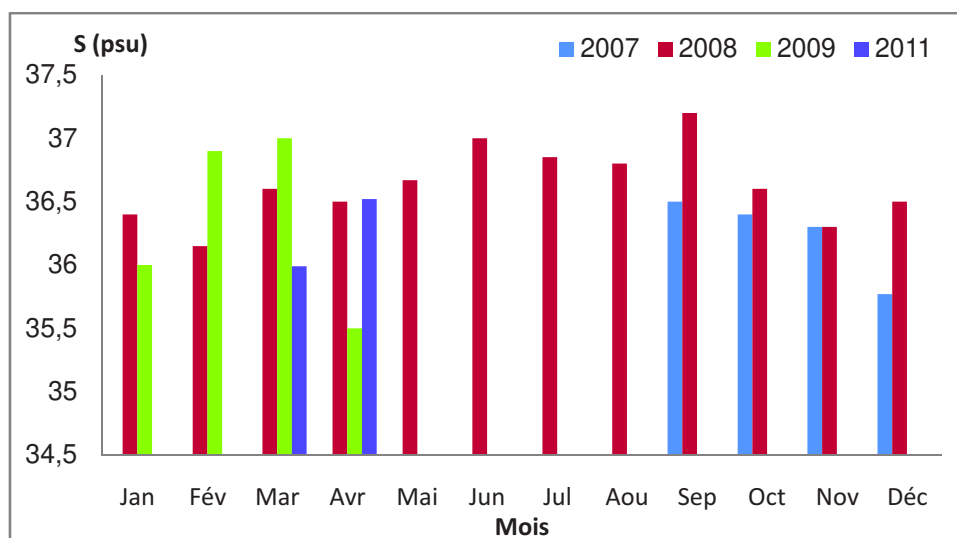


Figure 9. 1 : histogramme de Variation de la salinité (PSU) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj pendant les années (2007,2008, 2009, et 2011) en fonction des mois de l'année (saisons).

IV.1. 3. Potentiel d'hydrogène

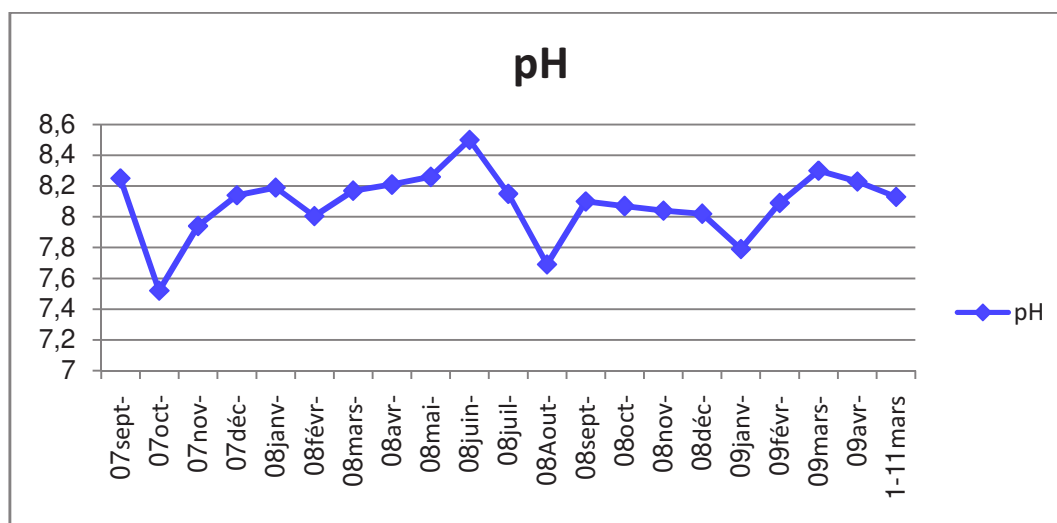


Figure10 : Variation du pH au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)

Les valeurs du potentiel d'hydrogène sont comprises entre une valeur minimale de 7,52 et l maximale de 8,50 avec une moyenne 8.09 et un écart type de 0,22.

Le Ph d'eau de mer reste dans une étroite fourchette, de l'ordre de 8 à 8,3. Il est affecté par les processus naturels qui déplacent les équilibres du système carbonique, comme la poussée

Chapitre IV : résultats et interprétation

du phytoplancton, consommatrice de CO₂, ou la reminéralisations de la matière organique productrice de CO₂. (Aminot, Kérouel ; 2004).

- Automne 2007 : une remarquable baisse du moi de septembre 8,2 à 7,5 au moi d'octobre,
- Année 2008 : une fluctuation des valeurs est enregistrée avec une moyenne de 8,12 et un écart type de 0,19, un minimum de 7,69 en été (moi d'aout)
- Hiver 2009 : les valeurs reste dans les normes avec une moyenne de 8,01
- Printemps 2011 : le pH est de 8,13 valeurs normales du pH.

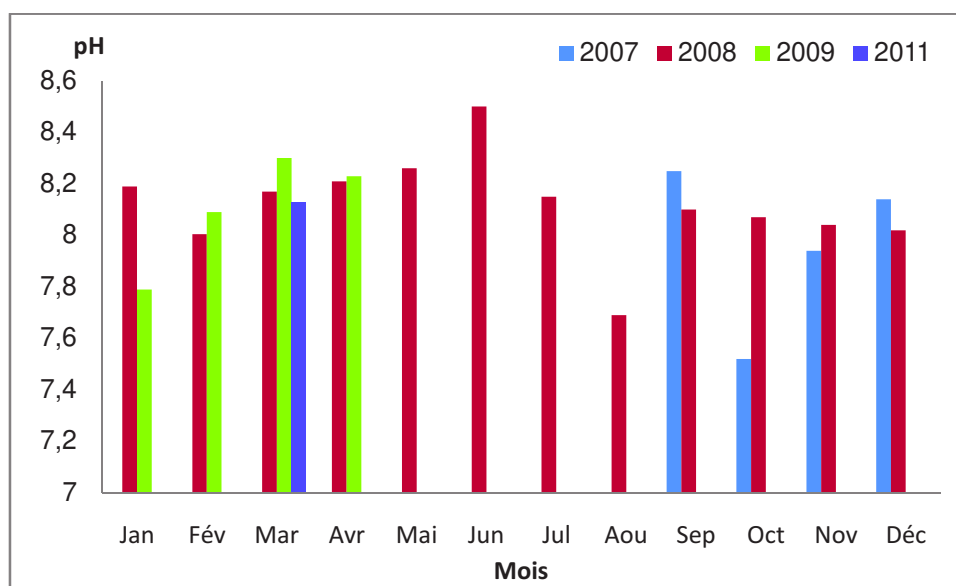
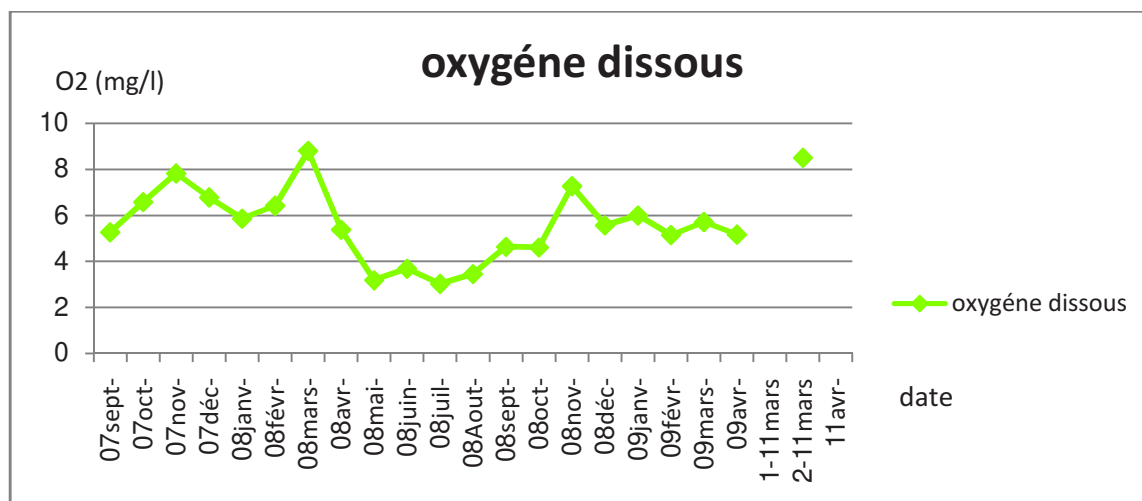


Figure10.1 : histogramme de Variation du pH au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj pendant les années (2007,2008, 2009, et 2011) en fonction des mois de l'année (saisons).

IV.1.4. Oxygène dissous (mg/l) et son pourcentage de saturation (%)



Chapitre IV : résultats et interprétation

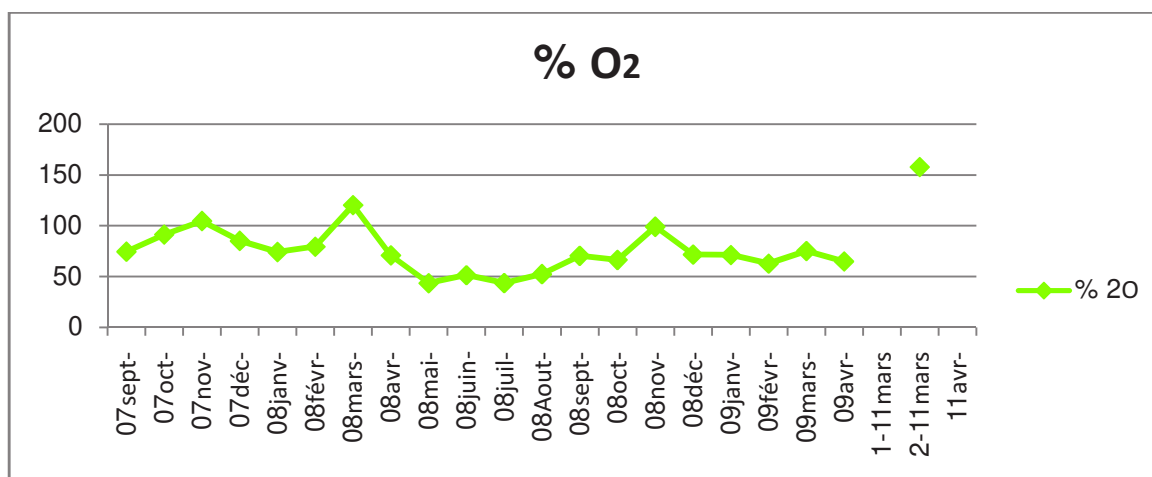


Figure 11 : Variation de l'oxygène dissous et % d'oxygène au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007, 2008, 2009 et 2011)

- Automne 2007 les valeurs de l'oxygène dissous augmente durant la saison avec un maximum de 7,82 mg/l en novembre avec un taux de 100%
- Année 2008 un maximum est atteint au printemps avec une valeur de 8,8 mg /l et 120%, les valeurs diminuent au printemps et début d'été avec un minimum au mois de juillet 3,03 mg/l ;
- Hiver 2009 les valeurs se stabilisent entre 6 et 5 mg/l avec un écart type de 0,42.
- Printemps 2011 une valeur de 8,5 mg/l avec un pourcentage de 157%

Les résultats révèlent des fluctuations assez importantes. Ces variations sont dues à la variabilité des facteurs intervenant dans son cycle (photosynthèse, échange air-mer, mélange des masses d'eaux ...).

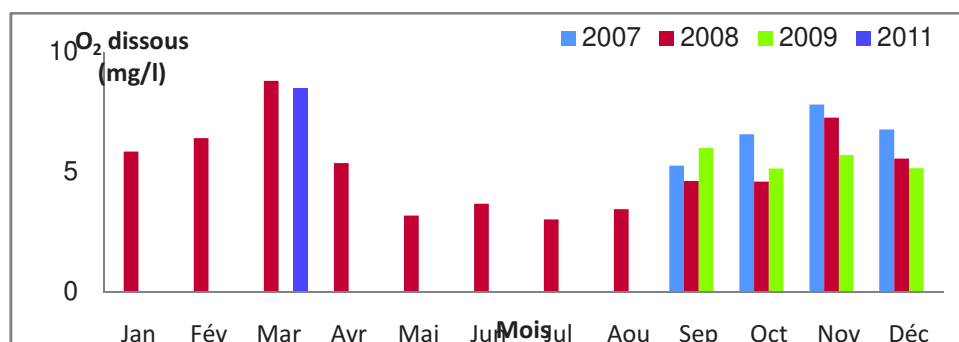


Figure 11.1 : histogramme de Variation du pH au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj pendant les années (2007, 2008, 2009, et 2011) en fonction des mois de l'année (saisons).

Chapitre IV : résultats et interprétation

IV.2. Variations et distributions spatiale des Paramètres indicateurs de la pollution

Tableau 2. Valeurs minimales, moyennes, extrêmes et l'écart type des paramètres indicateurs de la pollution des eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.

Paramètre	MES (mg/l)					MIP (mg/l)				
Date	2007	2008	2009	2011	années	2007	2008	2009	2011	années
Maximum	71,80	480,00	40,00	50,75	480,00	19,67	32,00	28,00	22,97	32,00
Minimum	16,70	4,80	4,00	22,73	4,00	6,60	3,60	4,00	10,72	3,60
Moyenne	50,54	93,54	17,33	36,74	67,83	15,11	14,25	13,33	16,85	14,54
Ecart type	23,87	134,53	19,73	19,81	103,09	5,90	8,37	12,86	8,66	8,04
Paramètre	MOP (mg /l)					MIP/MOP				
Date	2007	2008	2009	2011	années	2007	2008	2009	2011	années
Maximum	53,40	448,00	12,00	27,78	448,00	0,65	3,00	2,33	0,04	3,00
Minimum	10,10	1,20	12,00	11,33	1,20	0,35	0,07	2,33	0,04	0,04
Moyenne	35,44	72,85	12,00	19,56	59,17	0,48	0,69	2,33	0,04	0,70
Ecart type	18,26	123,52	/	11,63	101,63	0,13	0,85	/	/	0,82
Chlorophylle a (µg/l)										
2007	2008	2009	2011	années						
14,13	39,89	79,78	0,86	79,78						
3,32	2,22	79,78	0,86	0,86						
9,81	14,94	79,78	0,86	17,10						
4,99	15,43	/	/	21,81						
Phéopigments (µg/l)										
2007	2008	2009	2011	années						
217,97	208,30	25,15	/	217,97						
9,09	2,33	25,15	/	2,33						
65,60	34,38	25,15	/	44,02						
101,67	76,74	/	/	79,32						

Chapitre IV : résultats et interprétation

IV.2.1. Matière en suspension (MES)

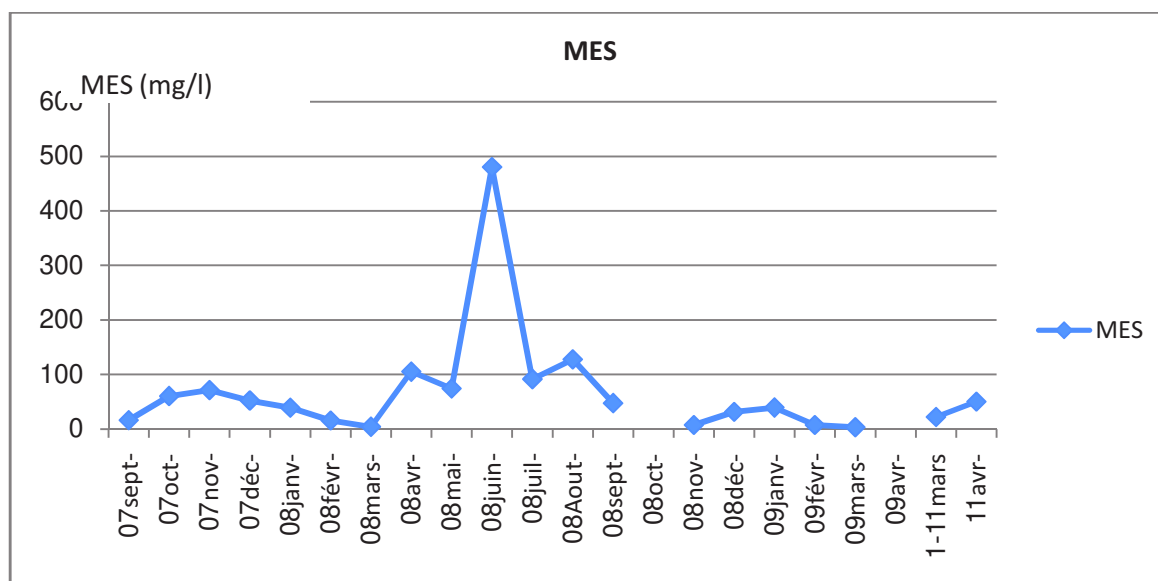


Figure 12 : Variation de la matière en suspension (MES) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)

- Automne 2007 les valeurs de la matière en suspension en moyenne 50,54 (mg/l), avec un écart type de 23,87 et un minimum de 16,70 au moi de septembre.
- Année 2008 un maximum de 480 mg/l est enregistré en début d'été et un minimum de 4,80 en moi de mars.
- HIVER 2009 un maximum de 40mg/l en moi de janvier ensuite une diminution significatif en février et mars
- Printemps 2011 la moyenne est de 36,76 mg/l

Les valeurs les plus élevée sont enregistré pendant l'année 2008.

Les concentrations en MES enregistrées sont très supérieures à la norme qui est de l'ordre de 0.5 à 5 mg/l en milieu côtier selon **Aminot et Chaussepied, 1983** les variations de la concentration en MES dépendent des conditions climatiques, de l'intensité de l'hydrodynamisme, diamètre des particules, de l'influence des apports marins et continentaux, et du cycle de développement du plancton.

Ces fortes teneurs empêchent la pénétration de la lumière, compromettre le développement des œufs, réduire le stock de nourriture disponible et augmentent le colmatage des branchies, provoquant aussi leur asphyxie, (**Rodier et al, 1996**).

Chapitre IV : résultats et interprétation

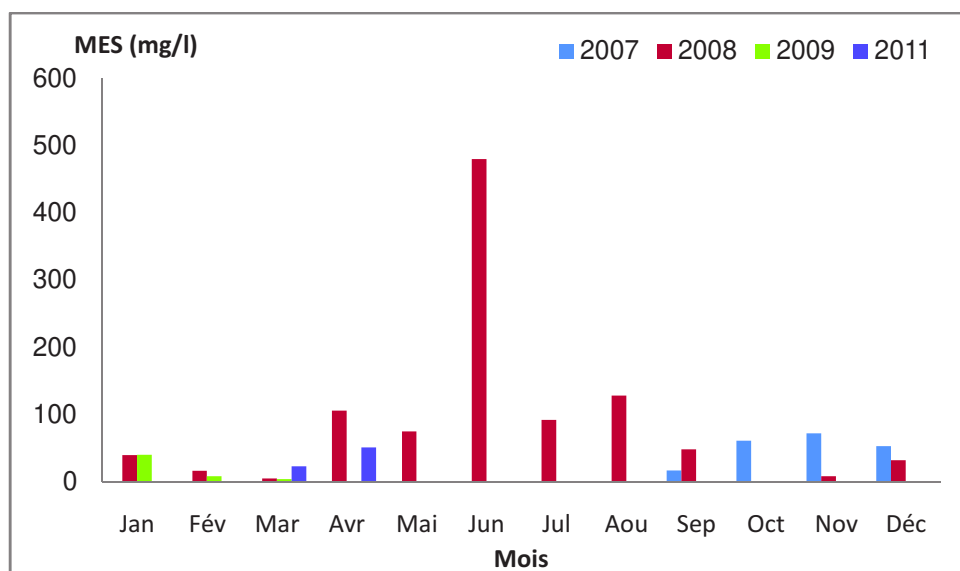


Figure 12.1 : histogramme de Variation la MES au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj pendant les années (2007, 2008, 2009, et 2011) en fonction des mois de l'année (saisons).

IV.2.2. Matière organique particulaire (MOP) (mg/l)

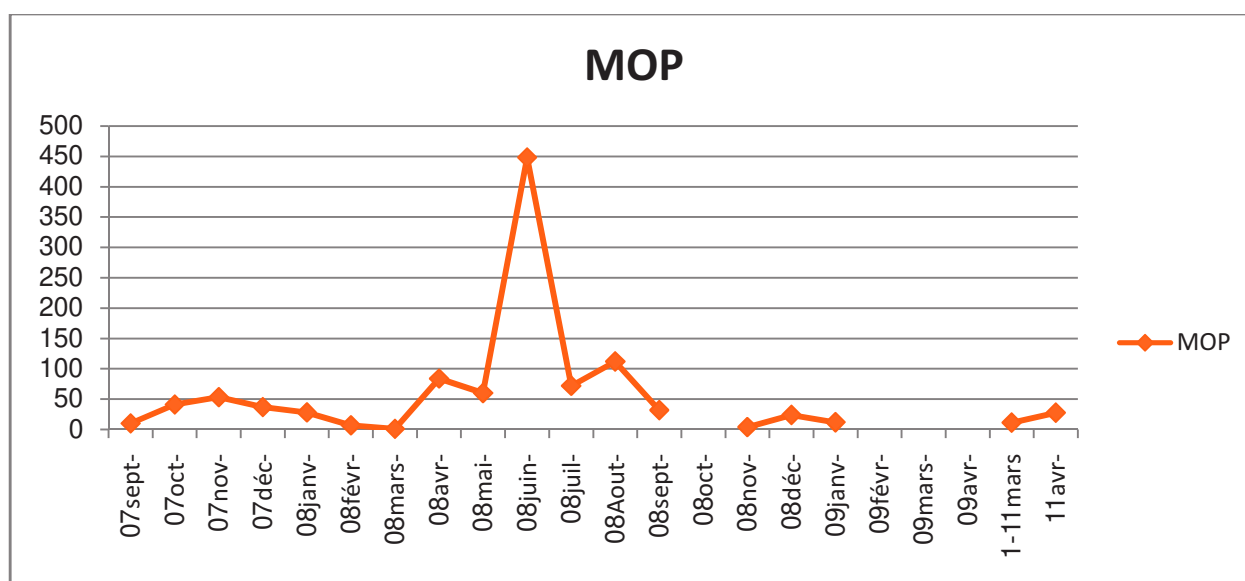


Figure 13 : Variation de la matière organique particulaire (MOP) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007, 2008, 2009 et 2011)

Chapitre IV : résultats et interprétation

- Automne 2007 les valeurs en moyenne de 35,44 mg/l et un maximum de 53,40 en moi de novembre
- Année 2008 une élévation importante en été avec un maximum de 448 mg/l alors que les valeurs en automne et printemps se rapproche alors qu'en hiver elles sont basse avec un minimum de 1,20mg/l au moi de mars.
- hiver 2009 la moyenne est de 12 mg/l
- printemps 2011 le maximum est de 27,78 et une moyenne de 19,56 mg/l.

Les fluctuations des MOP sont similaire au cycle des MES, dont les valeurs maximales sont enregistrées pendant l'année 2008 en été (figure 13.1) ;

Ces fortes concentrations peuvent être expliquées par le cycle du développement phytoplanctonique et aussi à la remise en suspension des particules organiques sédimentées qui n'ont pas le temps suffisant pour s'oxyder.

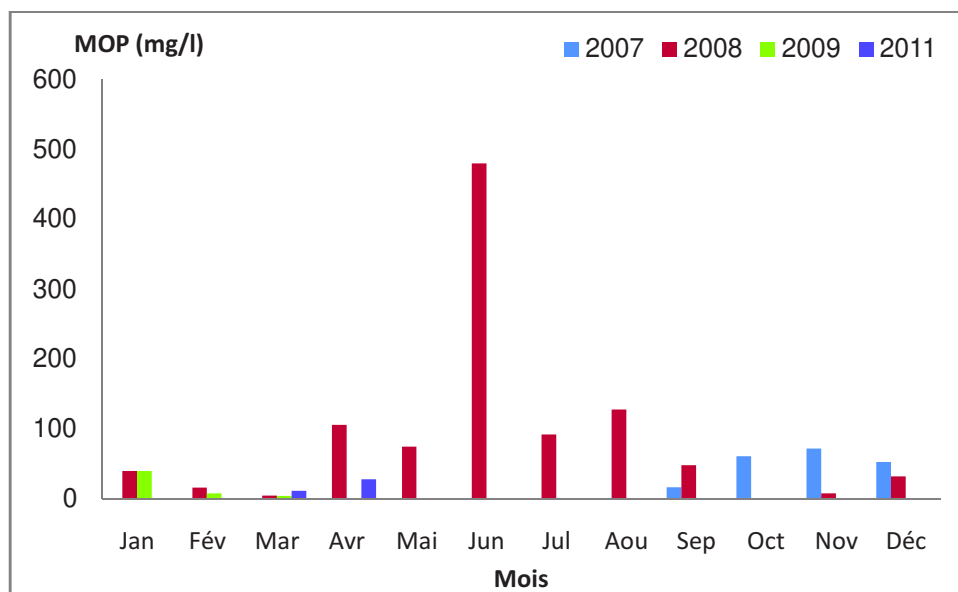


Figure13.1 : histogramme de Variation la MOP au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj pendant les année (2007,2008, 2009, et 2011) en fonction des mois de l'année (saisons).

Chapitre IV : résultats et interprétation

IV.2.3. Matière inorganique particulaire (MIP) (mg/l)

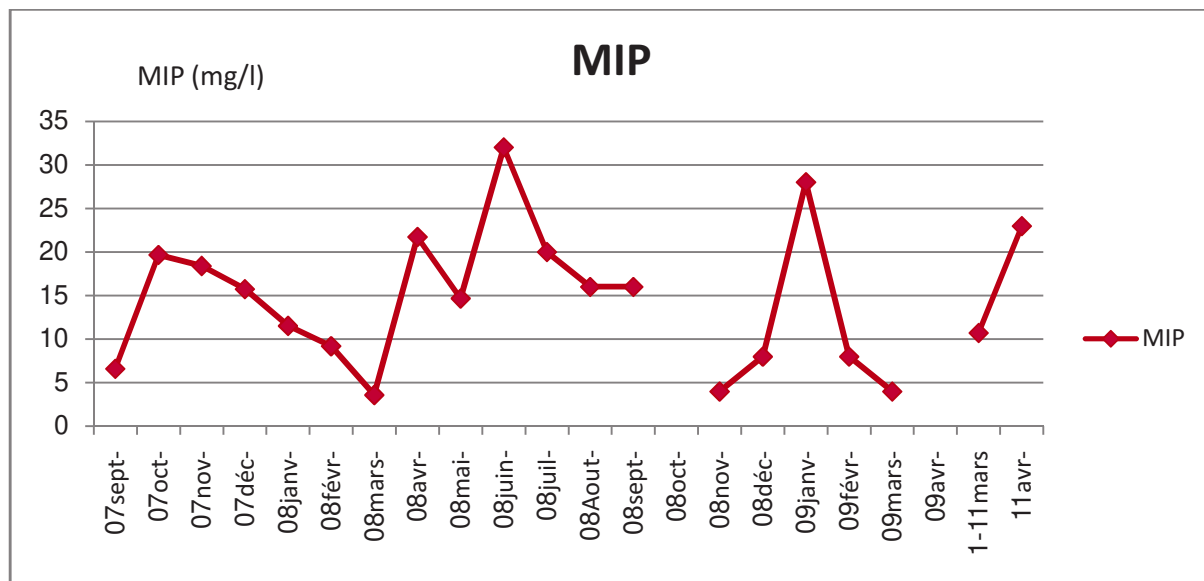


Figure.14 : Variation de la matière organique particulaire (MOP) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)

- automne 2007 un minimum de 6,60 mg/l toujours en moi de septembre avec une moyenne de 15,11mg/l.
- année 2008 les valeurs diminuent en début d'année jusqu'à 3,60 mg/l en moi de mars ; ensuite augmentent significativement en moi d'avril avec une valeur de 21,73 mg/l et un Maximum atteint en moi de juin de 32 mg/l ensuite une baisse pendant l'automne.
- hiver 2009 les valeurs sont augmentées et atteignent un maximum de 28 mg/l et qui diminue un minimum de 4 mg/l en mars.
- Printemps 2011 la moyenne est de 16,85 mg/l.

La MIP représente des faibles valeurs par rapport à celles de la MOP. Les valeurs minimales sont enregistrées majoritairement en hiver, ces minima correspondent aux minima enregistrés en MES.

Les valeurs maximales enregistrées sont expliquées par l'oxydation de la MOP par l'oxygène qui provient de la photosynthèse et le brassage des masses d'eau. Aussi peuvent être dues à la faible bathymétrie de point de prélèvement qui permet une remise en suspension rapide des particules par le facteur hydrodynamisme.

Chapitre IV : résultats et interprétation

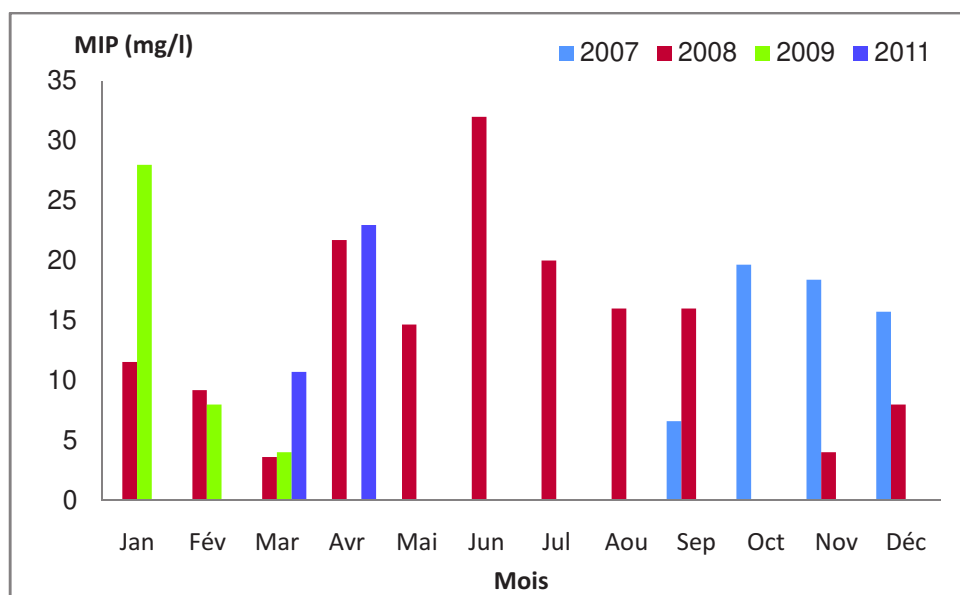


Figure 14.1 : histogramme de Variation la MIP au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj pendant les années (2007, 2008, 2009, et 2011) en fonction des mois de l'année (saisons).

IV.2.4. Le rapport MIP/MOP

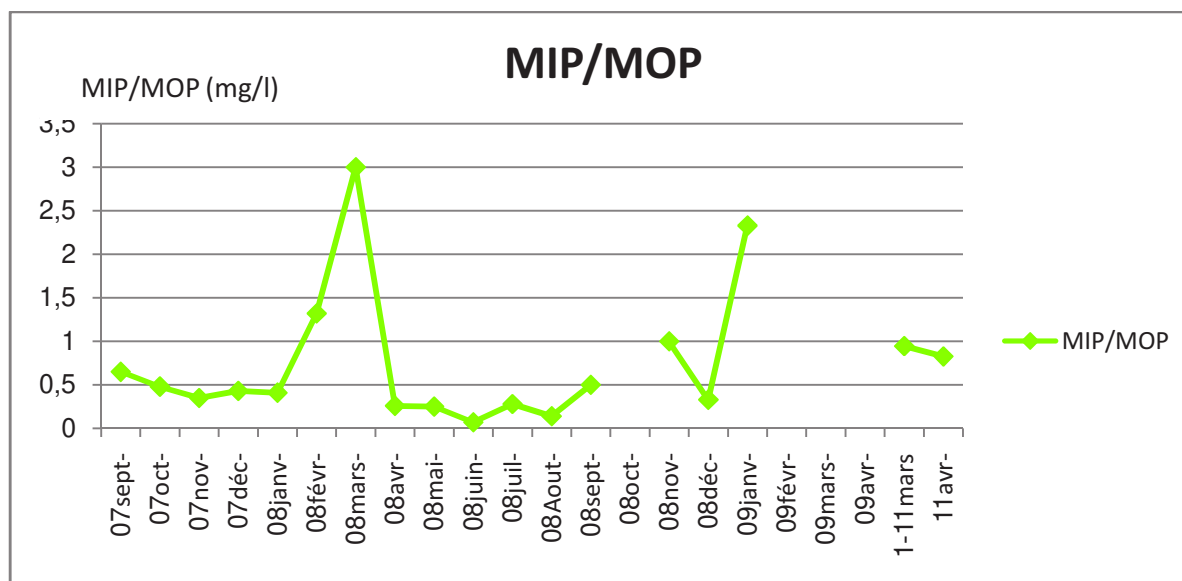


Figure 15 : Variation du rapport (MIP/MOP) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007, 2008, 2009 et 2011)

Chapitre IV : résultats et interprétation

Le rapport MIP/MOP varie entre 0,04 et 3 avec une moyenne de 0.70 au et un écart type de 0,82.

Les valeurs inférieures à 1 sont enregistrées au printemps, été, et automne de toutes les années étudiées. Dans ce cas la présence de la matière organique particulaire est plus importante de celle de MIP.

Les valeurs supérieures à 1 sont enregistrées en hiver.

Ce rapport permet de donner un indice sur la qualité trophique des eaux du milieu, où les valeurs inférieures ou proches à 1 représentent des eaux de bonne qualité trophique et les valeurs supérieures à 1 sont la conséquence d'une augmentation de la fraction minérale par rapport à la fraction organique, qui indique une baisse de la qualité trophique des eaux.

IV.2.5. Chlorophylle a et Phéopigments

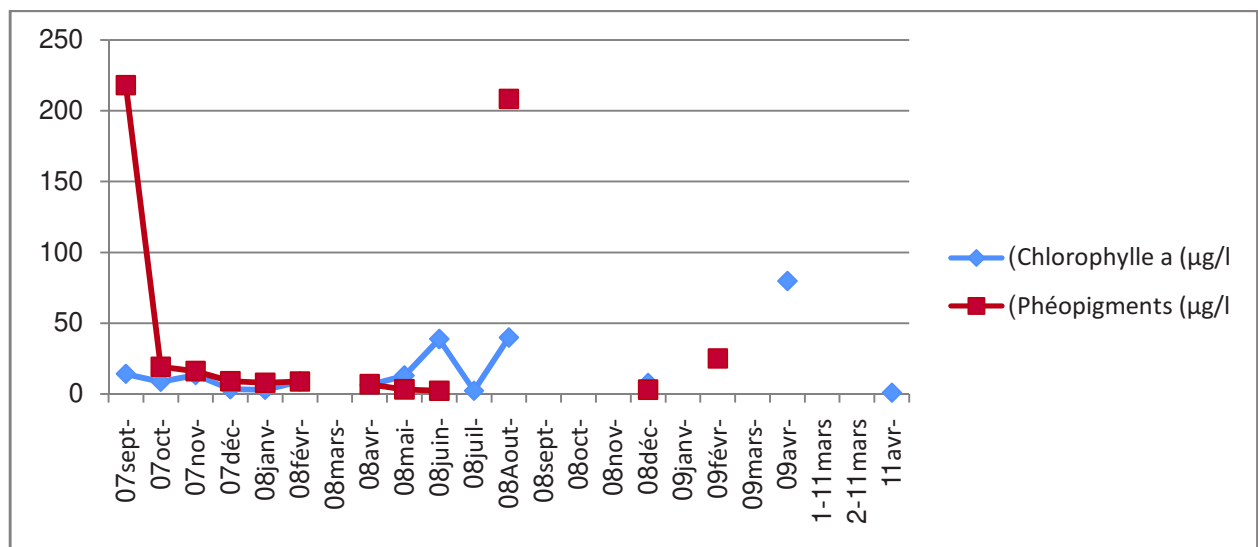


Figure 16 : Variation de la Chlorophylle a et phéopigments au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)

- Automne 2007 une valeur maximum de phéopigments égale à 217,97 en moi de septembre qui chute en octobre jusqu'à 19,16 µg/l alors que la chlorophylle a atteint un maximum en cette saison de 14,13µg/l.
- Année 2008 le maximum de chlorophylle a en moi de mai et juin a une valeur de 39,89 µg/l alors que les phéopigments restent en baisse entre 2 et 3 µg/l, en juillet la chlorophylle a diminue pour augmenter en aout et les phéopigments atteints un maximum de 208,30, les valeurs diminue en automne.

Chapitre IV : résultats et interprétation

- Hiver 2009 la moyenne des phéopigments est de 25,15 $\mu\text{g/l}$ et celle de la chlorophylle a augmente 79,79 $\mu\text{g/l}$.
- Printemps 2011 les valeurs sont à leurs minimums 0,86 $\mu\text{g/l}$ pour la chlorophylle a, alors que pour les phéopigments les valeurs n'ont pas été enregistré.

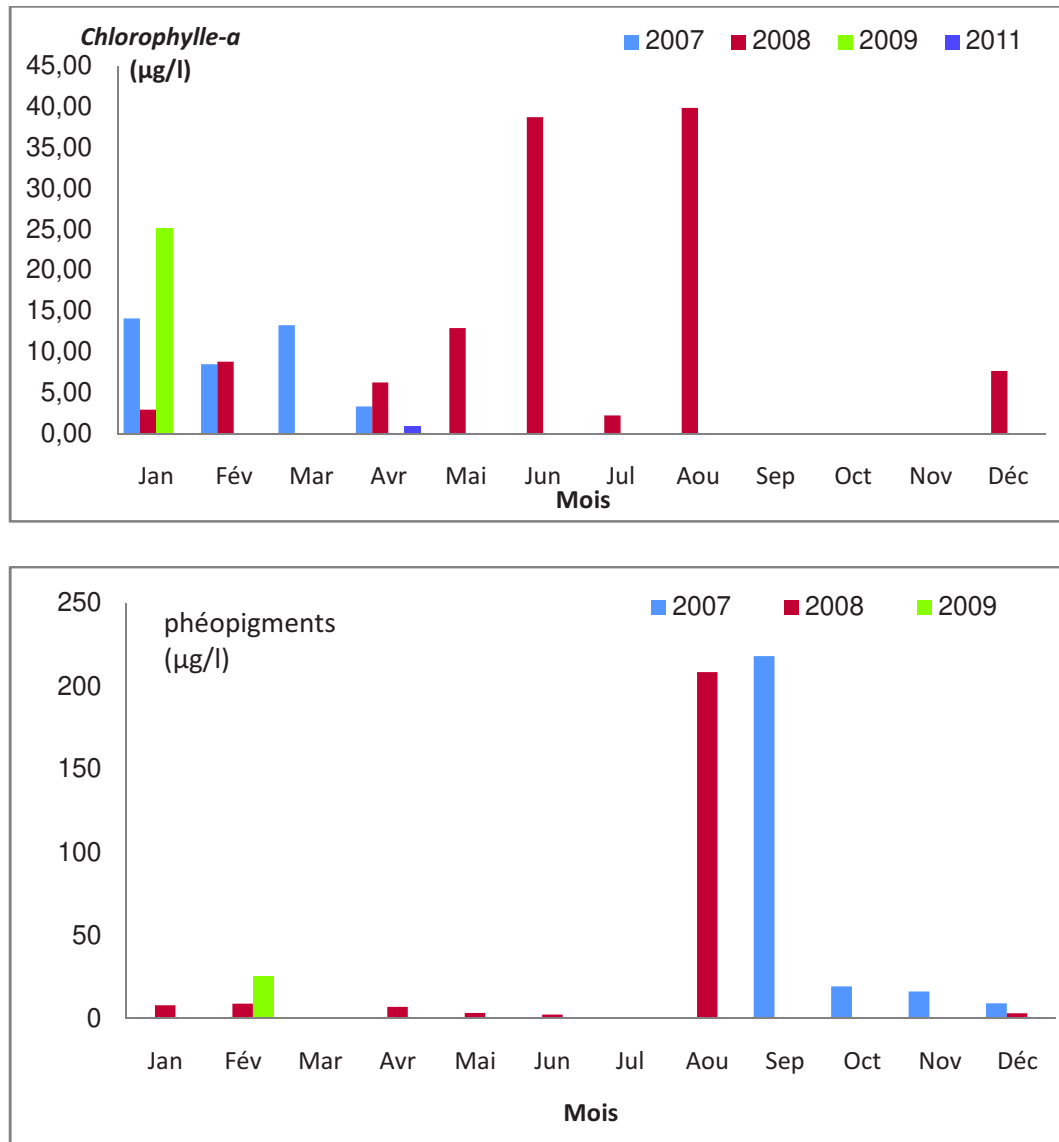


Figure 16.1 Variation de la *Chlorophylle a* et *phéopigments* au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)

Selon **Rodier, 1996**, les pigments chlorophylliens sont très sensibles à la lumière donc les variations peuvent être dues à l'ensoleillement.

Nous avons enregistré en été des fortes valeurs elles peuvent être dues à une forte activité photosynthétique.

Chapitre IV : résultats et interprétation

Cette variation de la *chlorophylle-a* est sous l'influence de plusieurs facteurs météorologiques, hydrologiques et biologiques. La *chlorophylle-a* est considérée comme un bon estimateur de la biomasse phytoplanctonique.

L'apport important des sels minéraux nutritifs du bassin versant en période de pluie, qui enrichisse fortement le milieu explique les fortes concentrations. Nous pouvons aussi dire que les égouts, les rejets urbains expliquent les fortes poussées de la *chlorophylle-a*.

Les fortes poussées chlorophylliennes enregistrées en été sont dues à un apport minéral essentiellement lié à une minéralisation rapide de matière organique produite au printemps ou bien aux déjections des estivants sur les plages.

IV.3. Variations et distributions spatiale des sels nutritifs

Tableau 3. Valeurs minimales, moyennes, extrêmes et l'écart type des sels nutritifs des eaux de surface de littoral Ouest de Sidi Fredj.

Paramètre	[N-NH4+] µmol/l					[NO2-] mesurée µmol/l				
	2007	2008	2009	2011	années	2007	2008	2009	2011	années
Maximum	0,09	5,89	3,10	2,37	5,89	0,22	0,52	0,56	0,13	0,56
Minimum	0,01	0,07	1,87	1,48	0,01	0,14	0,05	0,56	0,08	0,05
Moyenne	0,05	2,11	2,41	1,93	1,78	0,18	0,30	0,56	0,11	0,26
Ecart type	0,04	1,79	0,63	0,63	1,54	0,03	0,16	/	0,04	0,16
Paramètre	[NO3-] µmol/l					[P-PO4-] µmol/l				
	2007	2008	2009	2011	années	2007	2008	2009	2011	années
Maximum	0,76	23,71	5,20	2,59	23,71	3,32	14,63	/	0,32	14,63
Minimum	0,44	0,06	0,16	1,93	0,06	2,23	0,68	/	0,22	0,22
Moyenne	0,60	3,18	2,32	2,26	2,63	2,70	8,61	/	0,27	5,92
Ecart type	0,22	6,83	2,10	0,47	5,23	0,46	4,37	/	0,07	4,81
Paramètre	[Si-SiO4-] µmol/l									
	2007	2008	2009	2011	années					
Maximum	170,48	67,03	16,18	6,20	170,48					
Minimum	4,87	1,62	0,78	1,99	0,78					
Moyenne	87,68	12,51	8,81	4,10	18,95					
Ecart type	117,10	17,67	7,72	2,98	39,42					

IV.3.1. Variation des nitrates

Les nitrates sont issus de l'oxydation de l'ammoniac. Ce sont des composés peu toxiques pour les animaux aquatiques. Sur un circuit fermé, ils proviennent de l'oxydation bactérienne des nitrites et finissent par se concentrer, (Geoffroy, 2008).

Les nitrates participent au phénomène d'eutrophisation, en faible concentration de l'oxygène, les nitrates peuvent jouer un rôle de donneurs d'oxygène, (Rodier, 2005).

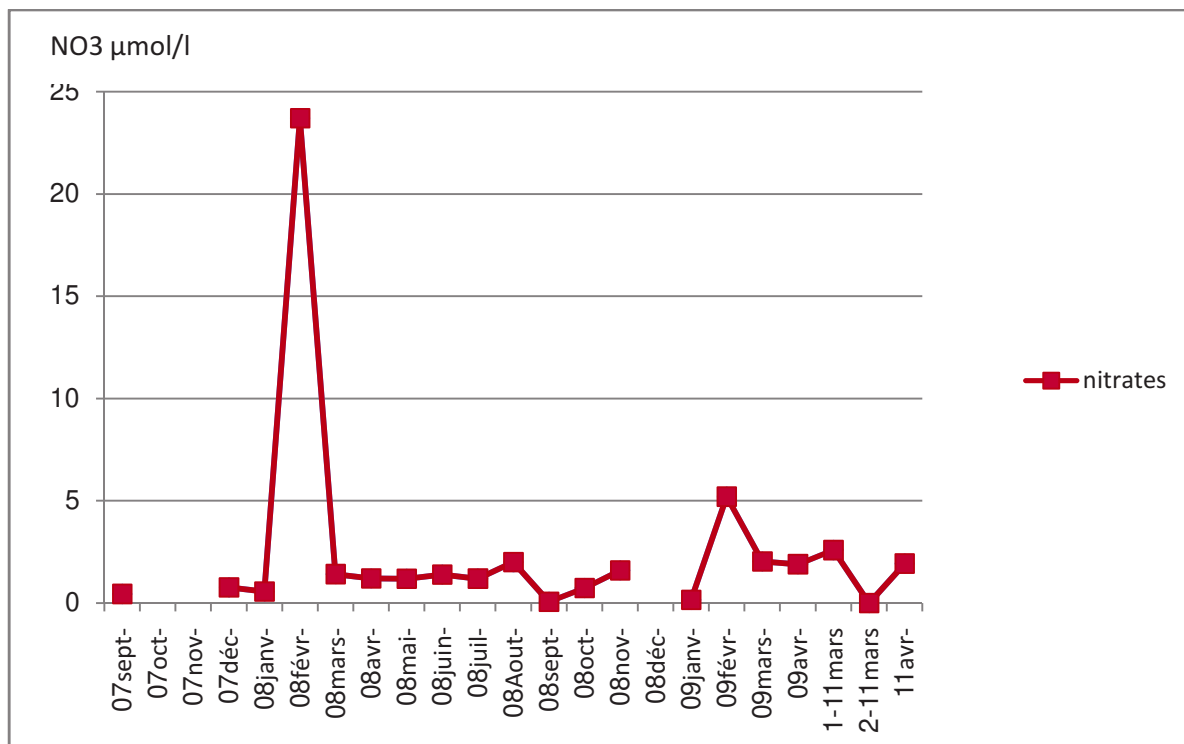


Figure 17 : Variation des nitrates (NO₃) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)

- Automne 2007 les valeurs des nitrates sont minimales et varie de 0,44 à 0,76 µmol/l ;
- Année 2008 la moyenne est de 3,18 avec un maximum de 23,71 µmol/l en février ensuite la concentration chute au moi de mars à 1,41 et ce stabilise au alentour de cette valeur.
- Hiver 2009 un minimum est enregistré de 0,16 en moi de janvier et un maximum de 5,20 en moi de février.
- Printemps 2011 la moyenne est de 2,26µmol/l avec un écart type de 0,47.

Chapitre IV : résultats et interprétation

En surface, les concentrations sont faibles presque au niveau de toute la zone. Ceci peut être expliqué par le résultat du mélange des eaux et l'importance de l'activité photosynthétique. Les fortes valeurs de l'oxygène dissous aux mêmes endroits peuvent supporter cette hypothèse.

Supérieures à 3 $\mu\text{mol/l}$ qui peuvent provenir de l'extérieur par des rejets urbains suite à la dégradation et l'oxydation de la matière organique.

En février 2008 une forte concentration de nitrate est enregistré ce qui peut être expliqué par une forte pollution marine.

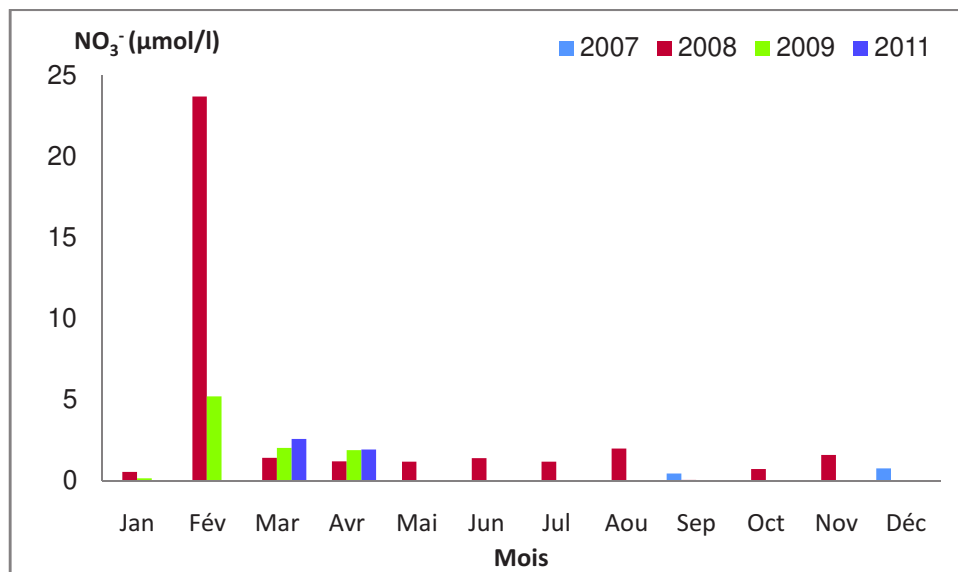


Figure 17.1 : Variation des nitrates (NO_3^-) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)

IV.3.2. Variation des nitrites

Les nitrites proviennent de l'oxydation de l'ammonium par les bactéries nitrifiantes mais aussi de la réduction des nitrates. Ils sont très dangereux pour les espèces et leur toxicité en partie influencée par le **pH** et la dureté totale. En effet si le pH ou la dureté totale décroissent, la toxicité des nitrites tend à augmenter (**Geoffroy, 2008**). Les concentrations en nitrites connaissent des variations saisonnières, qui varient en hiver entre 0.5 et 1 $\mu\text{mol/l}$ et atteignent des valeurs très faibles en été (< à 0.01 $\mu\text{mol/l}$) suite au développement du phytoplancton. (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

Chapitre IV : résultats et interprétation

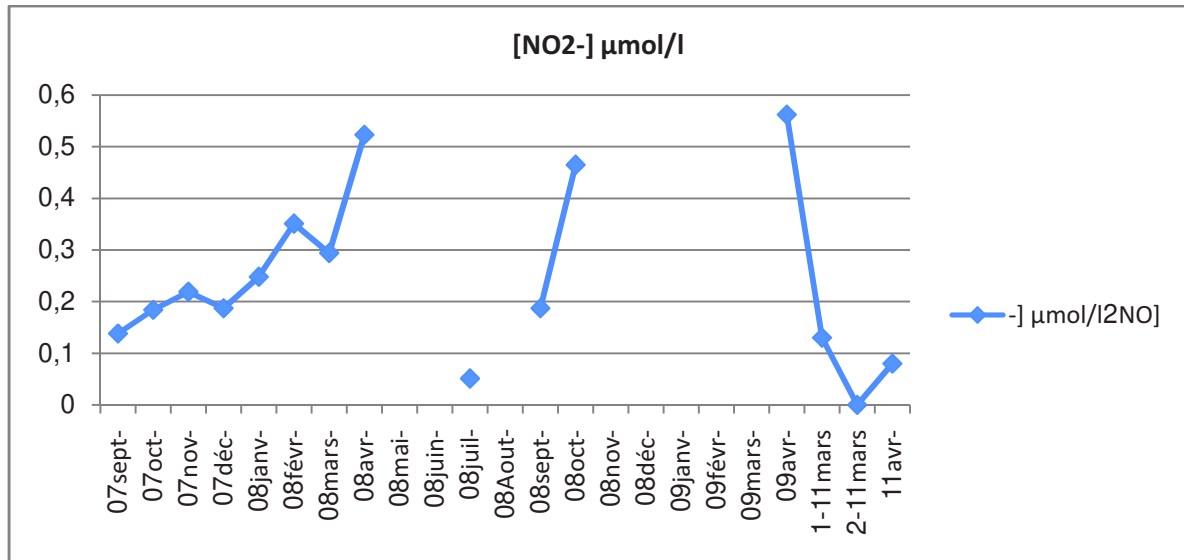


Figure 18 : Variation des nitrites (NO_2^-) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)

- Automne 2007 la moyenne de variation des nitrites est $0,18 \mu\text{mol/l}$ avec un écart type de $0,03\mu\text{mol/l}$ les valeurs sont inférieure à $0,5$ ce qui indique une faible concentration et qui va avec les valeurs du pH lors de cette période (7,52 et 8,25).
- Année 2008 en début d'année les nitrites tend à augmenté jusqu'à une valeur maximum en avril de $0,52 \mu\text{mol/l}$ ensuite cette valeur chute en moi de juillet à un minimum de $0,05 \mu\text{mol/l}$, en été elle ne dépasse pas $0,051 \mu\text{mol/l}$ pour quelle s'élève encore en octobre à $0,46\mu\text{mol/l}$.
- Hiver 2009 une seule valeur est enregistrée en moi d'avril de $0,56\mu\text{mol/l}$.
- Printemps 2011 la moyenne est de $0,11$ avec un écart type de $0,04\mu\text{mol/l}$.

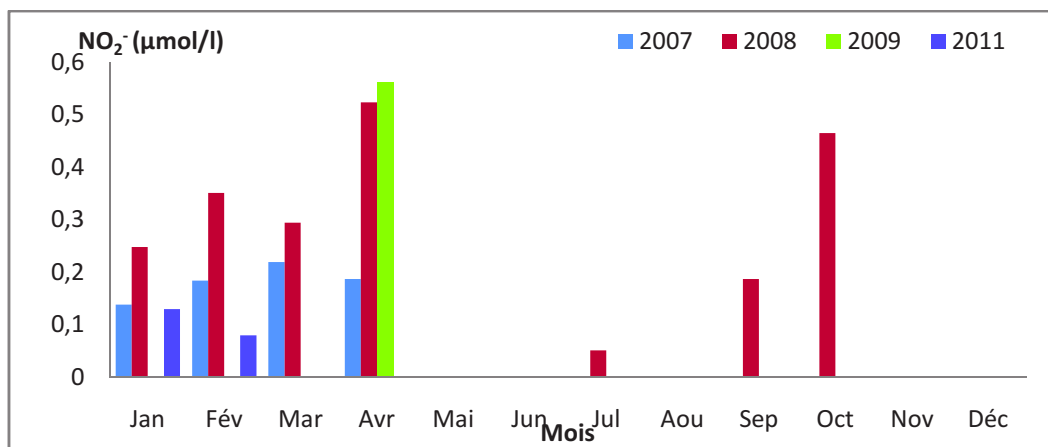


Figure 18.1 : Variation des nitrites (NO_2^-) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)

Chapitre IV : résultats et interprétation

Les valeurs basses de nitrites peuvent être dues au fait que cette forme d'azote est transitoire entre la nitrosation et la nitratisation. En présence d'oxygène dissous, les nitrites s'oxydent en nitrates, de même que dans le système en état d'oligotrophie, les nitrites sont consommés par le phytoplancton.

Toutefois, il faut noter qu'en plus d'être un élément nutritif en milieu marin, les nitrites à fortes concentrations altèrent le système respiratoire des poissons (les branchies), d'où leur qualification d'élément nocif et mortel.

IV.3.3. Variation de l'ammonium

L'ammoniac est le principal produit rejeté par les poissons. L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine : la matière végétale des cours d'eau, la matière organique animale ou humaine (l'homme élimine 15 à 30g d'urée par jour), les rejets industriels, les engrais, etc. sa présence est à rapprocher des autres éléments azotés identifiés dans l'eau : nitrites et nitrates. (Rodier, 2005).

L'ammoniac existe sous deux formes dans l'eau, une forme non ionisée NH_3 toxique et NH_4^+ (ammonium) moins toxique. (GEOFFROY, 2008).

En générale, l'ammoniac se transforme assez rapidement en nitrites et nitrates par oxydation. (RODIER, 2005).

Une eau bien oxygénée ne contient que des traces de l'azote ammoniacal et de nitrites. (Aminot et Chaussepied. 1983).

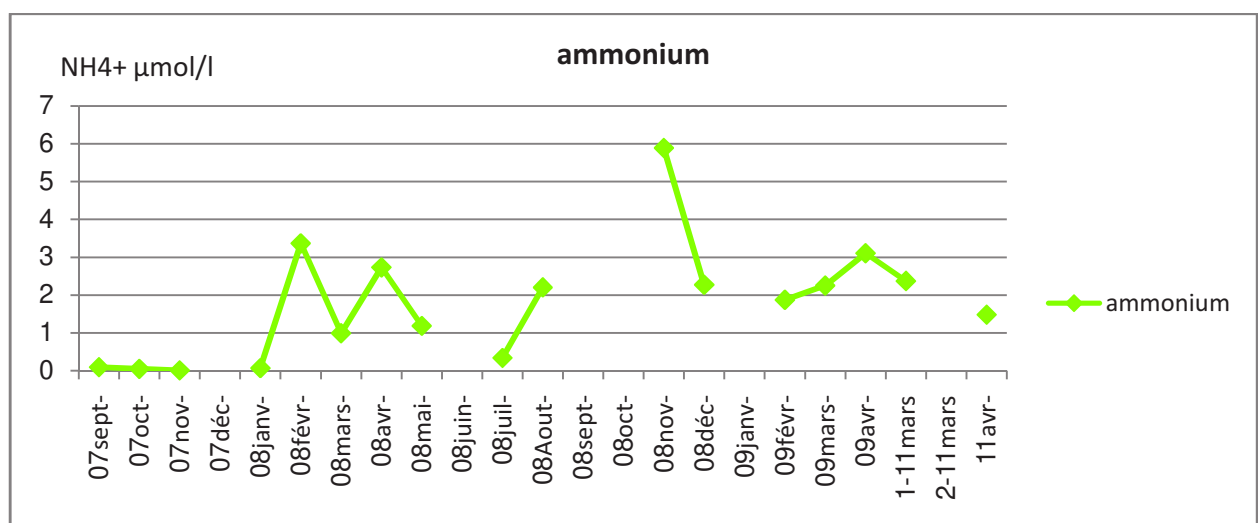


Figure 19: Variation de l'ammonium (NH_4^+) au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011).

Chapitre IV : résultats et interprétation

- Automne 2007 Les valeurs de l'ammonium sont comprises entre 0,01 et 0,09 $\mu\text{mol/l}$, avec moyenne de 0,05 $\mu\text{mol/l}$ et un écart type 0.04.
- Année 2008 le maximum atteint de 5,88 $\mu\text{mol/l}$ en moi de novembre et un minimum de 0,07 $\mu\text{mol/l}$ en janvier.
- Hiver 2009 le minimum est à 1,87 en moi de février et le maximum 3,10 $\mu\text{mol/l}$ en moi d'avril ;
- Printemps 2011 les valeurs varie de 1,48 à 2,37 $\mu\text{mol/l}$.

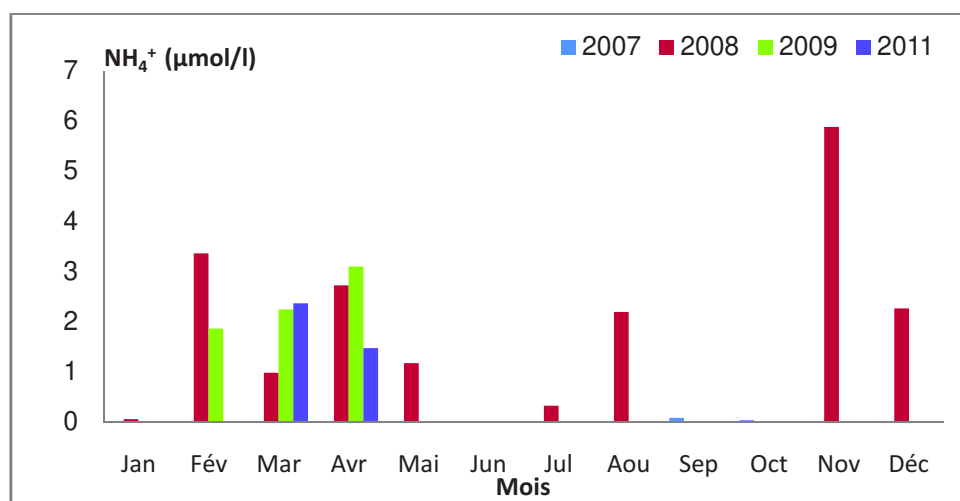


Figure 19.1 : Variation de l'ammonium (NH_4^+) au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)

La distribution horizontale de l'ammonium montre un gradient de croissance pendant l'année 2008 (figure 19.1).

En effet, l'ammonium est une forme transitoire entre l'ammonification et la nitrosation. En présence de l'oxygène dissous, cet ammonium s'oxyde en nitrite dans la zone euphotique.

Chapitre IV : résultats et interprétation

IV.3.4. Variation des phosphates

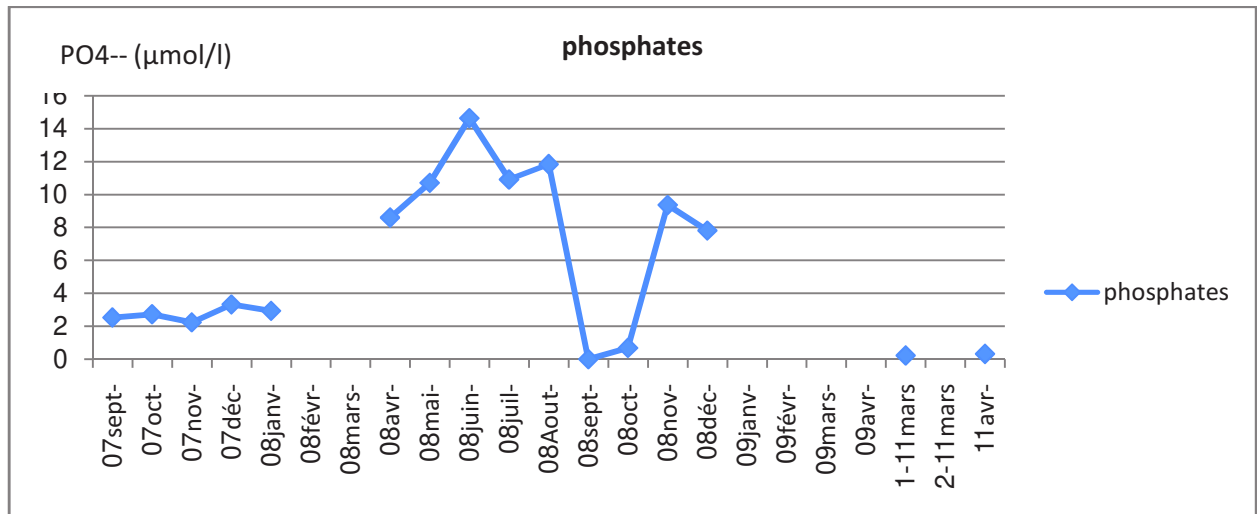


Figure 20: Variation des phosphates au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)

- Année 2007 la moyenne des phosphates est de 2,70μmol/l avec un écart type de 0,46 les valeurs sont stable durant cette période.
- Année 2008 la moyenne des phosphates est de 8,61μmol/l avec un écart type de 4,37 μmol/l, un maximum de 14.63 μmol/l, et un minimum de 0,68μmol/l.
- Hiver 2009 pas de valeurs mesurée pour cette année;
- Printemps 2011 la moyenne est de 0,27 μmol/l avec un écart type de 0,07 ;

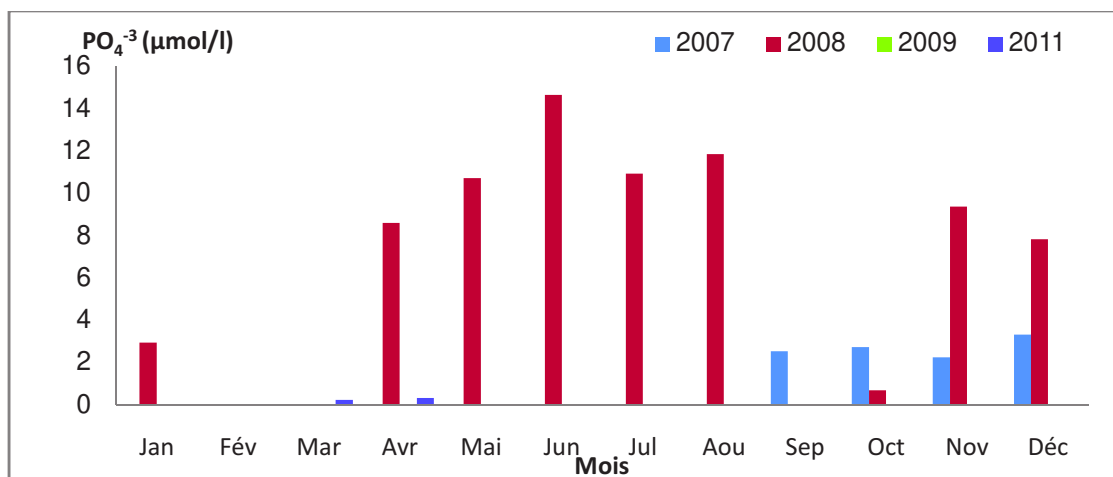


Figure 20.1 : Variation des orthophosphates au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)

Chapitre IV : résultats et interprétation

Selon l'histogramme (figure 20.1) les valeurs des orthophosphates les plus élevée sont enregistré en 2008 ceci va avec les autres paramètres indicateurs de pollution qui sont également à leur maxima pendant cette année.

IV.3.5. Variation des Silicates

Selon **Bougis, 1974** les fortes teneurs peuvent être dues à la dissolution des roches, dans les régions côtières, en plus de la remontée des eaux de fond riches en matières nutritives, intervient aussi l'apport des eaux continentales.

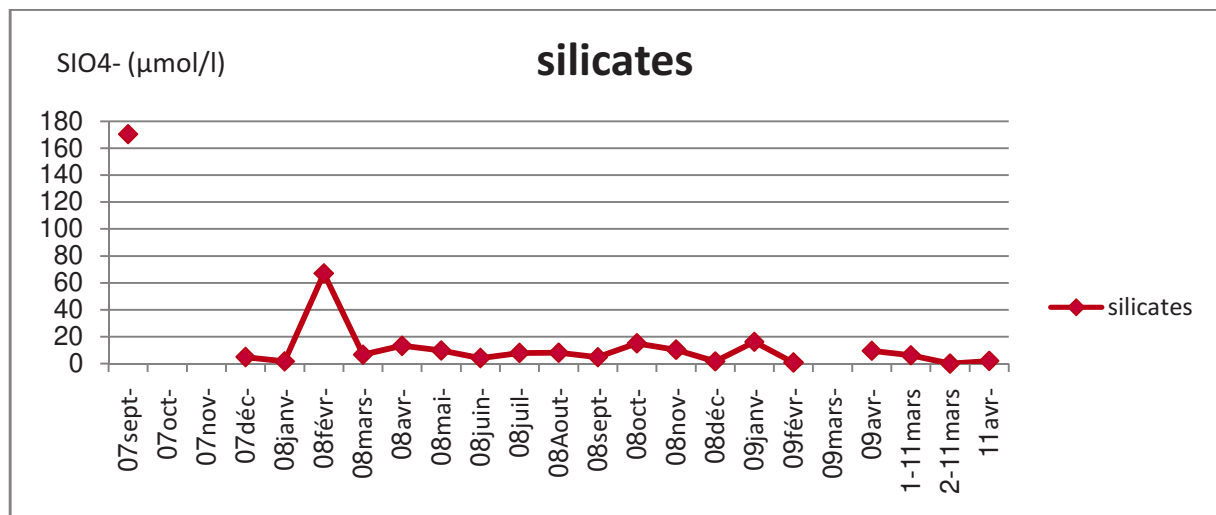


Figure 21: Variation des silicates au niveau de littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)

- Automne 2007 un maximum de 170,48 µmol/l en moi de septembre ensuite la concentration diminuer en décembre à une valeur de 4,87 µmol/l ;
- Année 2008 le maximum est atteint en moi de février à une valeur de 67,03 µmol/l ensuite elle se stabilise pendant le reste de l'année à une moyenne de 12,51 µmol/l.
- Hiver 2009 la moyenne est de 8,81 µmol/l avec un écart type de 7,72.
- Printemps 2011 le maximum est de 6,20 µmol/l avec une moyenne de 4,10.

Chapitre IV : résultats et interprétation

Cette richesse en silice dissoute en septembre 2007 (figure 21,1), peut être en relation avec les apports côtiers (ou l'interaction des eaux avec la côte) et/ou encore avec la dissolution des tests siliciques et la diffusion à partir des sédiments marins.

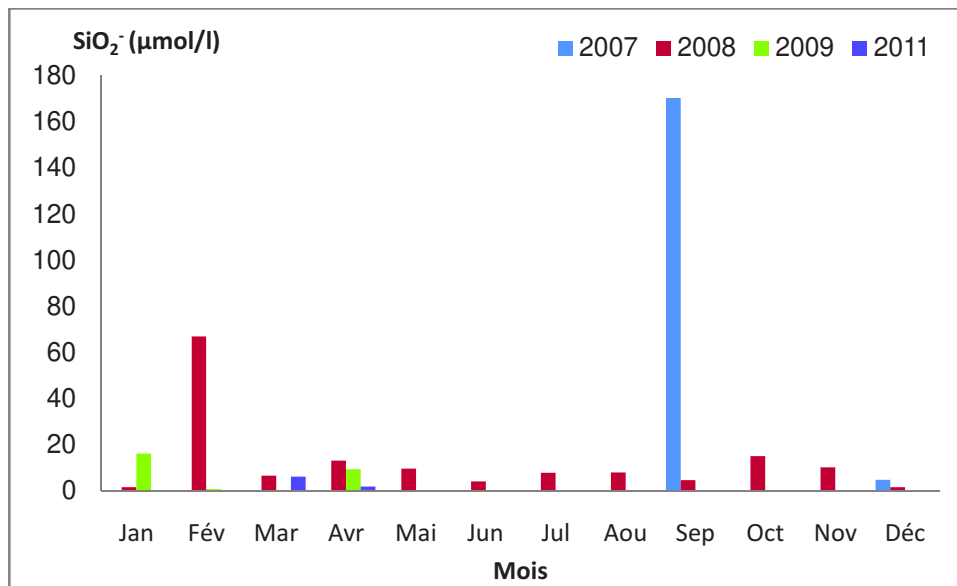


Figure 21.1 : Variation des silicates au niveau du littoral Ouest de Sidi Fredj en fonction des différentes dates de prélèvements durant les années (2007,2008, 2009 et 2011)

Conclusion

L'étude que nous avons effectuée au niveau de la cote ouest algéroise, nous a permis, dans un premier temps, de maîtriser les techniques utilisées pour le dosage des différents paramètres physicochimique et indicateurs de pollution de l'eau de mer, et dans un deuxième temps d'avoir une idée générale de la pollution marine dans la baie et l'impact des rejets sur celle-ci.

La cote ouest algéroise est un milieu ouvert au large, caractérisée par des vents dominants de secteur Ouest et Nord Ouest en période hivernale et de secteur Est et Nord Est en période estivale, et par un réseau hydrologique influencé par le oued béni messous qui pris naissance dans le massif de Bouzeréah et qui ramène des apports continentaux, ainsi l'Oued de Mazafran qui fourni un apport sédimentaire et trophique, et des apports nutritifs importantes.

En conclusion les valeurs de l'oxygène dissous décroît lorsque les MES et MOP augmentent et cela est expliquer par l'oxydation de la matière organique dans le milieu

Les fortes valeurs des MES ne permet pas la pénétration de la lumière ce qui diminue la photosynthèse, et donc une diminution de l'oxygène dissous.

Les faibles valeurs du pH enregistré sont expliquées par l'acidification des eaux, la respiration favorise l'acidification par l'émission des CO_2 . On constate que les valeurs de l'année 2008 sont hétérogènes.

Bibliographie

1. Aminot A ; Chausspied M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Ed CNEXO, Brest (France). p395.
2. Aminot A ; Keroual R ; 2004. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Edt Ifremer. p336.
3. Benschneider K. et Robinson R. J., 1952. A new spectrophotometric method. FAO Fisheries Technical Paper: p 137-238.
4. Boulahdid M., 1987. Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Étude du mélange des masses d'eaux et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan. Thèse de Doctorat, université de Paris VII. p266.
5. Braïk. D., 1989 : Étude de la dynamique sédimentaire devant Bou-Ismaïl. Etude des Paramètres physiques et chimiques. Approche bio sédimentaire. Mémoire Ingénieur d'état en aménagement I.S.M.A.L, p92.
6. Broman D., Colmsjô A., Ganning B., NÅF C., and Zebuhr Y., 1988. A multi-sediment -trapstudy on the temporal and spatial variability of polycyclic aromatic hydrocarbons and lead in anthropogenic influenced archipelago. Environ.Sci.Technol., Vol.22, N°10, pp.1219-1228.
7. Copin et Montegut G., 1996. Chimie de l'eau de mer."Collection synthèse". P:290-292.
8. Dekker A.G., 1995. Remote sensing for water quality research and development. EARSeL.p.470.
9. Equinoxe n° spécial., 1990 : Le magazine des ressources vivantes de la mer « environnement littoral ». P : 32-54.
10. Galaf F, Ghannam S., (2003). Contribution à l'élaboration d'un manuelet d'un site Web sur la pollution du milieu marin. Th. Doct. InstitutAgronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat. p.202.

11. Gaujous D., 1995. La pollution des milieux aquatiques, aide mémoire, technique et documentation, 2^{ème} Eds. p220.
12. GYADER Damien., 2012. modelisation des activités humaine en mer cotière,these,CNRS ? laboratoire Geomer.université de Bretagne.
13. GALAF
14. Houma F., Abdellaoui A., Bachari N.E.I., and Belkessa R., 2009(b).Contribution of Multispectral Satellite Imagery to the Bathymetric Analysis of Coastal sea bottom. Application to Algiers bay, Algeria. *Journal Physical Chemical News, Maroc* (in press).
15. Jaques G & Treguer P., 1986. Ecosystèmes pélagiques marin. Collection d'écologie. Ed Masson, Paris. p243.
16. L.E.M., 1998. Etude de délimitation d'une zone d'extraction de sable en baie d'Alger. p22.
17. Lacaze J C., 1980. La pollution pétrolière en milieu marin. Ed Masson, Paris, p117.
18. Leclaire L., 1972. La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin algéro-baléares (précontinent algérien). *Mém. Mus. Natn. His. Nat ; Paris, C, 24,* p391.
19. Jaques G & Treguer P., 1986. Écosystèmes pélagiques marin. Collection d'écologie. Ed Masson, Paris. p243.
20. Levitus S., 1993. Distribution of nitrate, phosphate and silicate in the world océans.*Programme Océanographique, Vol 31, 245-273 P.*
21. Levy E.M ., 1977. Evidence for recovery of water off east coast of Nova Scotia from the effects of major oil spill, water. *Air and Soil pollution, 1,* pp. 144-148.
22. Millot C.,1989. La circulation générale en Méditerranée occidentale : aperçu de nos Multispectral Satellite Imagery to the Bathymetric Analysis of Coastal sea

bottom. Application to Algiers bay, Algeria. Journal Physical Chemical News, Maroc (in press).

- 23. Murphy J. et Riley J. P., 1962. A modified single method for determination of phosphates in natural waters. Anal. Chim. Acta, 27: 31-36.**
- 24. Rodier J., 1997. L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eau de mer). 8^{ème} Edition. Dunod, Paris, p1383.**
- 25. Sellali B., 1996. La pollution par les hydrocarbures pétroliers en méditerranée Sud-Occidentale « contamination de l'eau et des sédiments superficiels des régions littorales centre et ouest de l'Algérie. Thèse de magistère. ISMAL. Alger, p18.**
- 26. Wood E. P. K., Amstrong F. A. J. et Richard F. A., 1967. Determination of nitrate in seawater by cadmium-cooper reduction to nitrite. J. Mar. Biol. Assc. U.K., 47: 23-31.**

Annexe 1

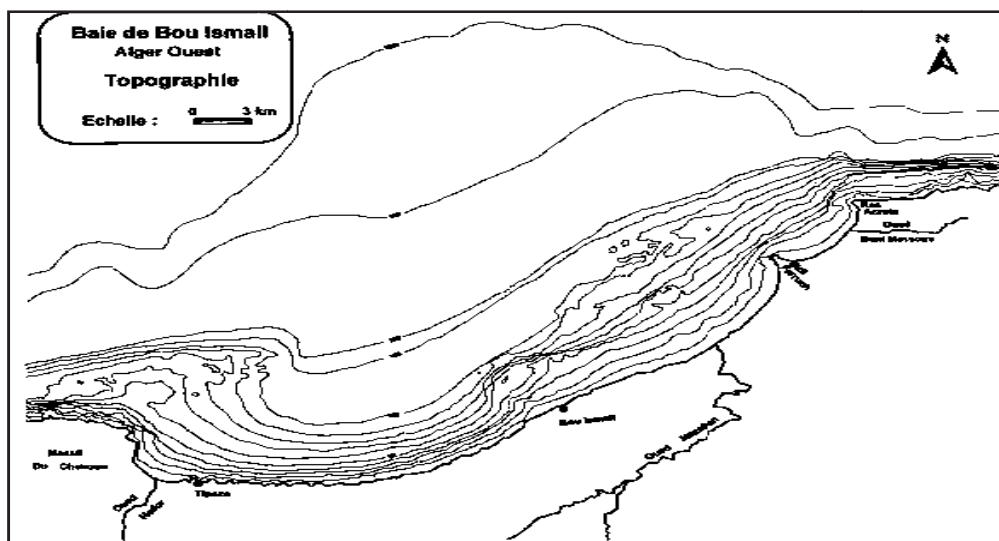


Figure 3 : Topographie de la baie de Bou Ismail. (Leclaire,1972)

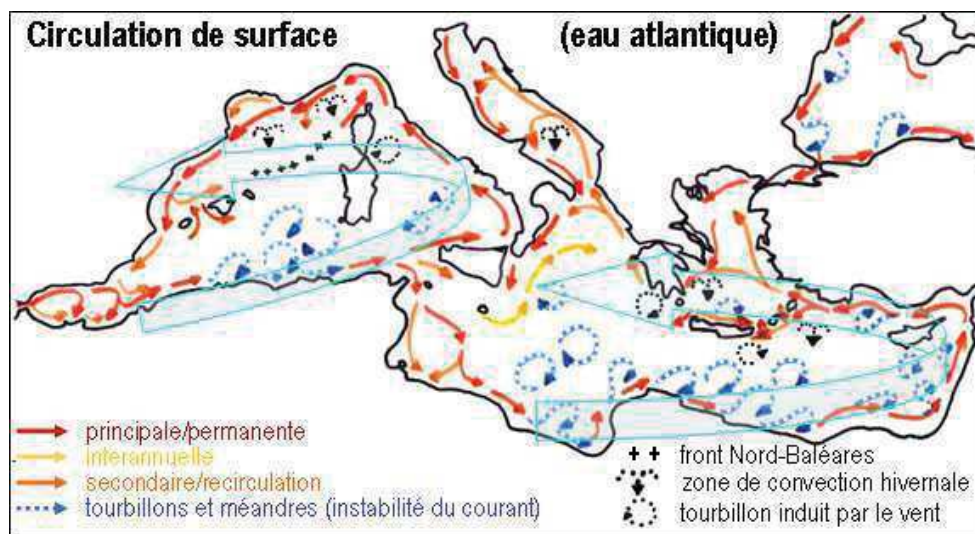


Figure 1 : Circulation des eaux superficielles dans la méditerranée. (Millot et Taupier-Letage, 2005 ; modifié)

ANNEXE 2

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des stations de prélèvement dans la baie d'El Djamila.

Station	Longitude	latitude
D1	2,888333 E	36,800278 N
D2	2,891111 E	36,796667 N
D3	2,883056 E	36,800556 N
D4	2,891389 E	36,792222 N
D5	2,887222 E	36,788889 N
D6	2,883611 E	36,790000 N
D7	2,881111 E	36,789167 N
D8	2,884444 E	36,788056 N
D9	2,890833 E	36,784722 N
D10	2,882222 E	36,783333 N
D11	2,878333 E	36,782222 N
D12	2,879444 E	36,777222 N
D13	2,866944 E	36,770000 N
D14	2,869167 E	36,766944 N
D15	2,854444 E	36,761944 N

Tableau 2: Coordonnées géographiques des stations de prélèvement dans la baie d'Alger.

Station	Longitude	Latitude
B1	3,078167 E	36,784500 N
B2	3,075000 E	36,775333 N
B3	3,113500 E	36,784333 N
B4	3,107667 E	36,770167 N
B5	3,101833 E	36,759167 N
B6	3,133000 E	36,783000 N
B7	3,129000 E	36,768167 N
B8	3,126667 E	36,762500 N
B9	3,156833 E	36,765000 N
B10	3,170667 E	36,769500 N

ANNEXE 1



Figure 9: Valises multiparamètres et mesures à bord.



Figure 11 : L'appareil d'analyse des sels nutritifs Skalar® San Plus Analyser.

a) Matériel utilisé (*MES*)

- Dispositif de filtration de marque *Millipore*®.
- Disques filtrants en fibre de verre (filtres *Whatman*® GF/F).
- Four à moufle de marque *Wisetherm*®.
- Etuve de type *WTB BINDER*®.
- Balance de précision de marque *Shimadzu*® modèle *AUW220D*.
- Eprouvette graduée de 250 ml et des pinces.

a) *Préparation des réactifs Ammonium (NH_4^+)*

• *Solution tampon*

Produits chimiques exigés :

- Tartrate de potassium et de sodium ($C_4H_4O_6KNa \cdot 4H_2O$), 33 g.
- Citrate de sodium ($C_6H_5O_7Na_3 \cdot H_2O$), 24 g.
- Acide sulfurique à 1N (H_2SO_4), quelques ml.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.
- Brij 35 à 30 %, 2 ml.

Préparation :

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

Note : La solution est stable pendant 1 semaine. Elle se conserve à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

• *Solution de phénol*

Produits chimiques exigés :

- Phénol (C_6H_5OH), 6g.
- Hydroxyde de sodium ($NaOH$), 40 g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.

Préparation :

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

Note : La solution est stable pendant 1 semaine.

• *Solution d'hypochlorite de sodium*

Produits chimiques exigés :

- Solution d'hypochlorite de sodium ($NaClO$) à 13 % de chlore actif, 200 ml.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.

Préparation :

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

• ***Solution de nitroprussiate de sodium***

Produits chimiques exigés :

- Nitroprussiate de sodium ($Na_2[Fe(CN)_5NO] \cdot 2H_2O$), 0,5 g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.

Préparation :

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

Note : Conserver dans une bouteille à couleur sombre. La solution est stable pendant 1 semaine. A conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

a. Préparation des solutions étalons

• ***Solution mère à 100 ppm N***

Produits chimiques exigés :

- Chlorure d'ammonium (NH_4Cl), 0,3819 g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.

Préparation :

Dissoudre le chlorure d'ammonium dans ~ 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

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

• ***Solution fille à 10 ppm N***

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm N dans l'eau distillée en ajustant un volume de 100 ml.

Note : Préparer la solution fille chaque semaine et les standards chaque jour.

a) Préparation des réactifs Nitrate et Nitrite (NO_3^- et NO_2^-)

• ***Solution tampon***

Produits chimiques exigés :

- Chlorure d'ammonium (NH_4Cl), 50 g.

- Solution d'ammonium (NH_4OH) à 25 %, ± 1 ml.
- Hydroxyde de sodium ($NaOH$), 5 g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.
- Bridj 35 à 30 %, 3 ml.

Préparation :

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

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

• **Réactif colorant**

Produits chimiques exigés :

- Acide o-phosphorique (H_3PO_4) à 85 %, 50 ml.
- Sulfanilamide ($C_6H_8N_2O_2S$), 10 g.
- α -naphthyléthylène diamine dihydrochloride ($C_{12}H_{16}Cl_2N_2$), 0,5g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.

Préparation :

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

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

a. Préparation des solutions étalons

• **Solution mère à 100 ppm N**

Produits chimiques exigés :

- Nitrate de sodium ($NaNO_3$), 0,6068 g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.

Préparation :

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

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

• **Solution fille à 10 ppm N**

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm N dans l'eau distillée en ajustant un volume de 100 ml.

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

Préparation des réactifs Orthophosphate (PO_4^{3-})

• **Solution de molybdate d'ammonium**

Produits chimiques exigés :

- Tartrate de potassium et d'antimoine ($K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 5H_2O$), 230 mg.
- Acide sulfurique (H_2SO_4) à 97 %, 69,4 ml.
- Molybdate d'ammonium ($(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$), 6g.
- Eau distillée, q.s.p. 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. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : Ne pas employer de cuillères en métal pour le molybdate d'ammonium. La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

• **Solution d'acide ascorbique**

Produits chimiques exigés :

- Acide ascorbique ($C_6H_6O_6$), 6g.
- Acétone (C_3H_6O), 60 ml.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.
- FFD6, 2 ml.

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

a. Préparation des solutions étalons

• Solution mère à 100 ppm P

Produits chimiques exigés :

- Dihydrogène o-phosphate de potassium (KH_2PO_4), 0,4394 g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.

Préparation :

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

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

• Solution fille de 10 ppm P

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm P dans l'eau distillée en ajustant un volume de 100 ml.

Note : Préparer la solution fille chaque semaine et les standards chaque jour.

Silicate (SiO_2)

• Solution d'acide sulfurique

Produits chimiques exigés :

- Acide sulfurique (H_2SO_4) à 97 %, 10 ml.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.
- FFD6, 2 ml.

Préparation :

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

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

• Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés :

- Molybdate d'ammonium ($(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$), 20g.
- Eau distillée, q.s.p. 1000 ml.
- FFD6, 2 ml.