

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



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

OPTION : ENVIRONNEMENT

Thème :

Les paramètres physico-chimiques et les sels nutritifs dans les eaux
côtières algéroises (les baies d'Alger, de Bou-Ismaïl et de Zemmouri)

Présenté par:

-BENHALIMA Mustapha

-BAHA Mohammed

Soutenu le 06/07 /13 devant le jury suivant :

Mr	BOULAHIDID M.	Président
Mme	BENTCHIKOU L.	Examinatrice
Mr	DRICHE M.	Examinateur
Mr	LOURGUIOUI H.	Promoteur
Mr	INAL A.	Co-promoteur

Promotion: 2012/2013

Remerciements

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

Nous sommes très heureux de pouvoir exprimer notre gratitude à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail. Nos plus vifs remerciements s'adressent à :

*Mr. **BOULAHID M.**, Professeur à l'ENSSMAL, qui nous fait l'honneur de présider ce jury et de nous orienté tout au long de notre stage.*

*Nous remercions Monsieur **LOURGUIOUI.H.**, pour avoir accepté d'encadrer ce travail, pour sa confiance, sa disponibilité, ses encouragements et ses précieux conseils au cours de la réalisation de ce mémoire.*

*Mr **INAL.A.**, attaché de recherche (**CNRDPA**) pour avoir accepté de Co-encadrer ce travail.et pour ses précieux conseils.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à Madame **BENTCHIKOU.L.**, maître assistante(ENSSMAL), Monsieur **DRICHE.M**, Maître de conférences B pour avoir accepté d'examiner ce manuscrit et de participer à ce jury.*

*Nos profondes reconnaissances à Madame **EDDALIA**, Monsieur **YOUCEF**, Monsieur **BOUDJELLAL** et bien sur Madame **OUNADI**, personnels de la bibliothèque de l'ENSSMAL, ainsi que toutes les personnes qui nous a aidé du près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.*

Nous somme reconnaissant à tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation et à toute personne qui nous a appris une lettre ou une phrase, qu'ils trouvent ici notre reconnaissance et un petit fruit de leurs sueurs.

Dédicaces

À mes très, très chers parents

À mes très chers frères, Aziz, Nacéra, Fatima, Abd Ikader et Mohammed qui comptent énormément pour moi

À tous mes autres proches exclusivement ma grand-mère mon oncle Cheref qui est avec moi Aujourd'hui.

À mes chers amis, Morad, Sofian, Chemi, Hamza , à qui je tiens plus particulièrement ; j'espère que je n'ai oublié personne

À toutes les personnes qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de cette année ;

Ainsi qu'à tous ceux qui me connaissent à l'ENSSMAL et avec qui j'ai passé cinq ans inoubliables ;

À vous tous qui m'aimez ;

À mon binôme qui est sérieuse et toujours en bonne humeur;

Je dédie ce travail.

03/07/2013 à 02 :18

Mustapha

Dédicaces

À mes très, très chers parents

À mes chères sœurs, Souhila, Hadjer, Nadia, Nabila, Hayat, et à mon frère Abdelkader qui comptent énormément pour moi

À mes chers amis d'enfance, Brahim, Youcef, Amine, Brahim, younes, Bilal, Walid, Faycel, Ali, Abdelatif

À mes chers amis d'université, Morad, Sofian, Chemi, Hamza, youcef, Saad, Alae, Redhouane et Redha à qui je tiens plus particulièrement ; j'espère que je n'ai oublié personne

À toutes les personnes qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de cette année ;

Ainsi qu'à tous ceux qui me connaissent à l'ENSSMAL et avec qui j'ai passé cinq ans inoubliables ;

À vous tous qui m'aimez ;

À mon binôme et mon troisième promoteur le très sérieux Mustapha.

Je dédie ce travail.

03/07/2013 à 12 :28

Mohammed

Liste des figures

Figure 1.1 : Cycle de l'azote dans l'eau de mer (LE GAL et al, 1988).....	10
Figure 1.2 : Le cycle du phosphore dans l'eau de mer (LE GAL et al, 1988).....	11
Figure 1.3 : Cycle de silicium dans l'océan mondial d'après (Jacques et al., 1995).....	12
Figure 1.4 : Cycle simplifié des éléments nutritifs. Équilibre écologique (Lacaze, 1996).....	13
Figure 1.5 : Les étapes de la dénitrification (Hénault, 1995).....	15
Figure 2.1 : Situation géographique de la baie de Bou-Ismaïl.....	20
Figure 2.2 : Réseau hydrographique de la baie de Bou-Ismaïl.....	21
Figure 2.3 : Transit sédimentaire dans la baie de Bou-Ismaïl (L.E.M., 2005 in Meguellati et Sraoui, 2012).....	23
Figure 2.4 : Sédimentologie de la baie de Bou Ismaïl (Grimes, 2003).....	24
Figure 2.5 : Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou-Ismaïl (Belkessa et al., 2008; Alsid Chikh et al., 2009).....	25
Figure 2.6 : Situation géographique de la baie d'Alger.....	26
Figure 2.7 : Nature de fond de la baie d'Alger (Maouche, 1987).....	27
Figure 2.8 : Principaux rejets d'eaux usées dans la baie d'Alger (LEM, 1998).....	29
Figure 2.9 : Situation géographique de la baie de Zemmouri.....	30
Figure 2.10 : Réseau hydrographique de la baie de Zemmouri.....	31
Figure 2.11 : Nature de la couverture sédimentaire dans la baie de Zemmouri (Leclaire, 1972).....	33
Figure 3.1 : Localisation des stations de la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl.....	35
Figure 3.2 : Localisation des stations au niveau du port de Sidi Fredj.....	35
Figure 3.3 : Localisation des stations au niveau du port d'El Djamila.....	35
Figure 3.4 : Localisation des stations au niveau de la baie d'Alger.....	36
Figure 3.5 : Localisation des stations au niveau de la baie de Zemmouri.....	36
Figure 3.6 : Localisation des stations au niveau des trois baies.....	36
Figure 3.7 : Bouteille de prélèvement d'eau de mer de type <i>NISKIN</i> (annexe 2).	

Figure 3.8 : pH mètre de type <i>WTW pH 315i</i> (annexe 2).	
Figure 3.9 : Oxymètre de de type <i>WTW, Oxi 197i</i> (annexe 2).	
Figure 3.10 : Conductimètre de type <i>WTW cond 197i</i> (annexe 2).	
Figure 3.11 : Système de filtration sous vide de marque <i>Millipore®</i> (annexe 2).	
Figure 3.12 : Balance de marque <i>Denver Instrument®</i> modèle <i>M-220D</i> (annexe 2).	
Figure 3.13 : Centrifugeuse <i>Hettich ZENTRIFUGEN</i> de type <i>EBA 30</i> (annexe 2).	
Figure 3.14 : Spectrophotomètre fluorescence de type <i>HITACHI</i> modèle <i>650-10 S</i> (annexe 2).	
Figure 3.15 : Courbe d'étalonnage de la chlorophylle- <i>a</i>	42.
Figure 3.16 : Flacon en verre borosilicate à bouchon plongeant (annexe 2)	
Figure 3.17 : Titroline de type <i>EASY, SC HOTT instrument</i> (annexe 2).	
Figure 3.18 : Spectrophotomètre de marque <i>HITACHI U-2001</i> (annexe 2).	
Figure 3.19 : Courbe d'étalonnage de l'ammonium.....	48
Figure 3.20 : Courbe d'étalonnage des nitrites.....	50
Figure 3.21 : Courbe d'étalonnage des nitrates.....	51
Figure 3.22 : Courbe d'étalonnage des phosphates.....	53
Figure 3.23 : Courbe d'étalonnage des silicates.....	54
Figure 4.1 : Variation de la température à différentes profondeurs dans la partie Est da la baie de Bou-Ismaïl.....	56
Figure 4.2 : Variation de la salinité à différentes profondeurs dans la partie Est da la baie de Bou-Ismaïl.....	57
Figure 4.3 : Variation de la concentration en oxygène dissous à différentes profondeurs dans la partie Est da la baie de Bou-Ismaïl (Méthode électrochimique).....	58
Figure 4.4 : Variation de la concentration en oxygène dissous en surface dans la partie Est da la baie de Bou-Ismaïl (Méthode chimique).....	59
Figure 4.5 : Variation de la température dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.....	60
Figure 4.6 : Variation de la salinité dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.....	60
Figure 4.7 : Variation de l'oxygène dissous dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.....	61
Figure 4.8 : Variation du pH dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.....	61

Figure 4.9: Variation de la concentration de chlorophylle dans la surface et profondeur de la partie Est da la baie de Bou-Ismaïl.....	62
Figure 4.10: Variation de la concentration de chlorophylle dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.....	63
Figure 4.11: Variation de la teneur en MES dans la surface et profondeur de la partie Est da la baie de Bou-Ismaïl.....	64
Figure 4.12: Variation de la teneur en MES dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.....	65
Figure 4.13: Variation de la concentration de l'ammonium à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.....	66
Figure 4.14: Variation de la concentration des silicates à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.....	66
Figure 4.15: Variation de la concentration des phosphates à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.....	67
Figure 4.16: Variation de la concentration des nitrites à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.....	67
Figure 4.17: Variation de la concentration des nitrates à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.....	68
Figure 4.18: Variation de la concentration de l'ammonium dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.....	69
Figure 4.19: Variation de la concentration des silicates dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.....	69
Figure 4.20: Variation de la concentration des phosphates dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.....	70
Figure 4.21: Variation de la concentration des nitrates dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.....	70
Figure 4.22: Variation de la concentration des sels nutritifs en baie d'Alger.....	71
Figure 4.23: Variation de la concentration de l'ammonium dans la baie de Zemmouri.....	72
Figure 4.24: Variation de la concentration des silicates dans la baie de Zemmouri.....	73
Figure 4.25: Variation de la concentration des phosphates dans la baie de Zemmouri.....	73
Figure 4.26: Variation de la concentration des nitrites dans la baie de Zemmouri.....	74
Figure 4.27: Variation de la concentration des nitrates dans la baie de Zemmouri.....	74

Figure 4.28 : Evolution de la température en surface.....	75
Figure 4.29 : Evolution de la température en profondeur.	75
Figure 4.30 : Evolution de la salinité en surface.....	75
Figure 4.31 : Evolution de la salinité en profondeur.	75
Figure 4.32 : Evolution de la concentration des nitrites en surface.	76
Figure 4.33 : Evolution de la concentration des nitrites en profondeur.	76
Figure 4.34 : Evolution de la concentration des phosphates en surface.	76
Figure 4.35 : Evolution de la concentration des phosphates en profondeur.	76
Figure 4.36 : Evolution de la concentration des silicates en surface.	77
Figure 4.37 : Evolution de la concentration des silicates en profondeur.	77
Figure 4.38 : Evolution de la concentration des nitrates en surface.	77
Figure 4.39 : Evolution de la concentration des nitrates en profondeur.	77
Figure 4.40 : Evolution de la teneur de chlorophylle en surface.	78
Figure 4.41 : Evolution de la teneur de chlorophylle en profondeur.	78
Figure 4.42 : Variation des concentrations en sels nutritifs en 2004 et 2013 au niveau de la station B1.	78
Figure 4.43 : Variation des concentrations en sels nutritifs en 2004 et 2013 au niveau de la station B3.	79
Figure 4.44 : Variation des paramètres physico-chimiques en 2004 et 2013 au niveau de la station B1.	80
Figure 4.45 : Variation des paramètres physico-chimiques en 2004 et 2013 au niveau de la station B3.	81
Figure 4.46 : Carte de distribution de l'ammonium dans les trois baies (Annexe 6).	
Figure 4.47 : Carte de distribution des silicates dans les trois baies (Annexe 6).	
Figure 4.48 : Carte de distribution des phosphates dans les trois baies (Annexe 6).	
Figure 4.49 : Carte de distribution des nitrites dans les trois baies (Annexe 6).	
Figure 4.50 : Carte de distribution des nitrates dans les trois baies (Annexe 6).	
Figure 4.51 : Carte de distribution de l'ammonium de surface dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (Annexe 6).	
Figure 4.52 : Carte de distribution de l'ammonium du fond dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (Annexe 6).	

Figure 4.53 : Carte de distribution des silicates de surface dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (Annexe 6).

Figure 4.54 : Carte de distribution des silicates du fond dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (Annexe 6).

Figure 4.55 : Carte de distribution des phosphates de surface dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (Annexe 6).

Figure 4.56 : Carte de distribution des phosphates du fond dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (Annexe 6).

Figure 4.57 : Carte de distribution des nitrates de surface dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (Annexe 6).

Figure 4.58 : Carte de distribution des nitrates du fond dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (Annexe 6).

Figure 4.59 : Carte de distribution des MES de surface dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (Annexe 6).

Figure 4.60 : Carte de distribution des MES du fond dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (Annexe 6).

Figure 4.61 : Carte de distribution de la chlorophylle de surface dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (Annexe 6).

Figure 4.62: Carte de distribution de chlorophylle du fond dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (Annexe 6).

Figure 4.63 : Carte de distribution de la salinité de surface dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (Annexe 6).

Figure 4.64 : Carte de distribution de la salinité du fond dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (Annexe 6).

Figure 4.65 : Carte de distribution de l'oxygène de surface dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (Annexe 6).

Figure 4.66 : Carte de distribution de l'oxygène du fond dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (Annexe 6).

Figure 4.67 : Carte de distribution de température du fond dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (Annexe 6).

Figure 4.68 : Carte de distribution de température de surface dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl (Annexe 6).

Liste des tableaux

Tableau 1.1 : Classification des polluants (Office International de l'eau, 2005).....	4
Tableau 3.1: Concentration des standards et leur intensité fluorescente.....	42
Tableau 4.1: Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physicochimiques dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl.....	56
Tableau 4.2: Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physicochimiques dans le Port de Sidi Fredj et port d'El Djamila.....	59
Tableau 4.3: Les valeurs moyennes et extrêmes la concentration en chlorophylle dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl.....	62
Tableau 4.4: Les valeurs moyennes et extrêmes de la concentration de chlorophylle dans le port de Sidi Fredj et le port d'El Djamila.....	63
Tableau 4.5: Les valeurs moyennes et extrêmes de la teneur de MES dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl.....	64
Tableau 4.6: Les valeurs moyennes et extrêmes de la teneur de MES dans le port de Sidi Fredj et le port d'El Djamila.....	65
Tableau 4.7: Valeurs extrêmes et moyennes ainsi que l'écart-type des sels nutritifs dans la baie de Bou-Ismaïl.....	65
Tableau 4.8: Valeurs extrêmes et moyennes ainsi que l'écart-type des sels nutritifs dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.....	68
Tableau 4.9: Valeurs des sels nutritifs dans la baie d'Alger.....	71
Tableau 4.10: Valeurs extrêmes et moyennes ainsi que l'écart-type des sels nutritifs dans la baie de Zemmouri.....	72
Tableau 4.11 : Résultats des sels nutritifs ($\mu\text{mol/l}$) au niveau du littoral Algérois (Mai 2004) (annexe 5).	
Tableau 4.12 : Profondeur (Z) et paramètres physico-chimiques (salinité, température, pH et oxygène dissous) des stations du littoral algérois (période du 11 au 21 mai 2004) (annexe 5).	

Sommaire

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

Chapitre 1 : Généralités

I. Pollution marine	3
I.1. Définition	3
I.2. Les principaux types de pollution.....	3
I.2.1.Pollution physique	3
I.2.2. Pollution chimique	3
I.2.3. Pollution biologique.....	4
I.3. Polluant(s)	4
I.3.1. Classification des polluants	4
I.3. Sources de pollution	5
I.3.1. Pollution urbaine	5
I.3.2. Pollution industrielle	5
I.3.3. Pollution agricole	5
II. Descripteurs hydrologiques des milieux marins et paramètres indicateurs de pollution	6
II.1. Descripteurs physico-chimiques des milieux marins	6
II.1.1. Température	6
II.1.2. Salinité	6
II. 1.3. Oxygène dissous	6
II.1.4. Potentiel d'hydrogène (pH)	7
II.2. NUTRIMENTS MINÉRAUX DISSOUS	7
II.2.1. Notion des nutriments	7
II.2.2. Origine des sels nutritifs	8
II.2.3. Les différentes formes des sels nutritifs	8

II.2.3.1. Azote.....	8
II.2.3.1.1. Nitrates (NO_3^-).....	8
II.2.3.1.2. Nitrites (NO_2^-).....	9
II.2.3.1.3. Azote ammoniacal (NH_4^+).....	9
II.2.3.2. Les composées phosphorées (PO_4^{3-}).....	10
II.2.3.3. La silice dissoute (SiO_2^-).....	11
II.2.4. Le cycle biogéochimique des sels nutritifs.....	12
II.2.4.1. La photosynthèse.....	13
II.2.4.2. La minéralisation.....	14
II.2.4.3. L'excrétion.....	14
II.2.4.4. La nitrification.....	14
II.2.4.5. La dénitrification.....	15
II.2.5. Rapport de REDFIELD.....	15
II.2.6. Notion de facteur limitant.....	16
II.2.7. Production primaire.....	16
III.2.7.1. Définition.....	16
II.2.7.2. Chlorophylle.....	16
II.2.7.2.1. Chlorophylle a.....	17
II.2.8. Eutrophisation	17
II.3. Autres paramètres indicateurs de pollution	17
II.3.1. Matières en suspension (MES)	17
II.3.2. Matière organique particulaire (MOP)	18
II.3.3. La turbidité	18
II.3.4. Demande chimique en oxygène (DCO)	19
II.3.5. Demande biochimique en oxygène (DBO_5)	19

Chapitre 2 : Zone d'étude

I. PRESENTATION DES ZONES D'ETUDE	20
I.1. Baie de Bou Ismaïl	20
I.1.1. Situation géographique	20
I.1.2. Réseau hydrographique	21
I.1.3. Courantologie et plans de houle.....	22
I.1.4. Sédimentologie de la baie de Bou Ismaïl	23
I.1.5. Les sources de pollution	24
I.2. Baie d'Alger	26
I.2.1. Situation géographique	26
I.2.2. Sédimentologie de la baie d'Alger.....	27
I.2.3. Réseau hydrographique.....	28
I.2.4. Sources de pollution dans la baie d'Alger.....	28
I.3. Baie de Zemmouri	30
I.3.1. Situation géographique	30
I.3.2. Réseau hydrographique.....	31
I.3.3. Climatologie	32
I.3.4. Sédimentologie.....	32

Chapitre 3 : Matériels & méthodes

I. Travaux effectués en mer	34
I.1. Choix et localisation des stations	34
I.2. Prélèvement d'eau de mer	37
I.3. Echantillonnage et conservation	37

I.4.Mesure des paramètres physico-chimiques	37
I.4.1.Oxygène dissous	37
I.4.2.Salinité	38
I.4.3.Température	38
I.4.4.Le pH	38
II. Travaux effectués au laboratoire.....	38
II.1.Détermination de la matière en suspension MES	38
a. Principe de la méthode	38
b. Appareillage.....	38
c. Mode opératoire	39
d. Calcul et expression des résultats	40
II.2.Dosage de la chlorophylle- <i>a</i>	40
a. Appareillage	41
b. Réactifs.....	31
c. Mode opératoire	41
d. Etalonnage.....	42
e. Calcul des concentrations en chlorophylle- <i>a</i>	43
II.3.Prélèvement et dosage de l'oxygène dissous par la méthode de Winkler.....	43
a. Principe du dosage	43
b. Matériel et appareillage utilisé	44
c. Réactifs chimiques exigées	44
d. Prélèvement et conditionnement	44
e. Conservation et stockage	45
f. Analyse des échantillons	45
g. Préparation des échantillons	46
h. Calcul de la concentration en oxygène	46
II.4.Dosage des sels nutritifs	46

II.4.1.Principe de dosage des sels nutritifs	46
II.4.2. Appareillages	47
II.4.3. L'analyse des sels nutritifs	47
II.4.3.1.Dosage de l'azote ammoniacal N-NH ₄ ⁺	47
a. Principe de la méthode	47
b. Les réactifs exigés	47
c. Etalonnage	48
d. Mode opératoire	48
II.4.3.2.Dosage des nitrites NO ₂ ⁻	49
a. Principe de la méthode	49
b. Les réactifs exigés	49
c. Etalonnage.....	49
d. Mode opératoire	50
II.4.3.3.Dosage des nitrates NO ₃ ⁻	50
a. Principe de la méthode	50
b. Les réactifs exigés	50
c. Etalonnage	51
d. Mode opératoire	51
II.4.3.4.Dosage du phosphore minéral dissous.....	52
a. Principe de la méthode	52
b. Les réactifs exigés	52
c. Etalonnage	53
d. Mode opératoire	53
II.4.3.5.Dosage du silicium dissous réactif	54
a. Principe de la méthode	54
b. Les réactifs exigés	54
c. Etalonnage	54
d. Mode opératoire	55

II.4.4. Calcul et expression des résultats	55
--	----

Chapitre 4 : Résultats et discussion

I. Analyse paramétrique	56
I.1. Paramètres physico-chimiques	56
I.1.1. La partie Est de la baie de Bou-Ismaïl.....	56
I.1.1.1.Température	56
I.1.1.2.Salinité	57
I.1.1.3.Oxygène dissous	58
I.1.2. Port de Sidi Fredj et port d'El Djamila.....	59
I.1.2.1.Température	60
I.1.2.2.Salinité	60
I.1.2.3.Oxygène dissous	60
I.1.2.4. pH.....	61
I.2.Chlorophylle	62
I.2.1.La partie Est de la baie de Bou-Ismaïl	62
I.2.2. Port de Sidi Fredj et port d'El Djamila.....	63
I.3. Matière en suspension	64
I.3.1.La partie Est de la baie de Bou-Ismaïl	64
I.3.2. Port de Sidi Fredj et port d'El Djamila	65
I.4. Variation des sels nutritifs	65
I.4.1.Baie de Bou-Ismaïl	65

a. Ammonium	66
b. Silicates	66
c. Phosphates	67
d. Nitrites	67
e. Nitrates	68
I.4.2. Port de Sidi Fredj et port d'El Djamila	68
a. Ammonium	69
b. Silicates	69
c. Phosphates	70
d. Nitrites	70
e. Nitrates	70
I.4.3. Baie d'Alger	71
I.4.4. Baie de Zemmouri	72
a. Ammonium	72
b. Silicates	73
c. Phosphates	73
d. Nitrites	74
e. Nitrates	74
II. Evolution des paramètres physico-chimiques et les sels nutritifs dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl durant les deux périodes 2012 et 2013	75
II.1. Les paramètres physico-chimiques	75
II.1.1. Température	75
II.1.2. Salinité	75
II.2. Les Sels nutritifs	76
II.2.1. Les nitrites	76
II.2.2. Les phosphates	76
II.2.3. Les silicates	77

II.2.4. Les nitrates	77
II.3. Chlorophylle	78
III. Etude comparative	78
III.1. Sels nutritifs	78
III.2. Paramètres physico-chimiques	80
Conclusion générale	82
Références bibliographiques	
Annexes	



Introduction

INTRODUCTION

Introduction

La méditerranée est une mer soumise à une très forte pression humaine, elle reçoit d'une manière chronique les eaux usées des grandes unités urbaines et industrielles avec une importante charge polluante, Les différents déchets en plastiques provenant des décharges côtières et des navires, peuvent menacer la faune et la flore sauvage du littoral (**Abd Elguerfi, 2003**).

Face à ces menaces de la pollution, l'homme est mobilisé à lutter pour préserver les patrimoines, limiter et étudier leurs effets en mesurant des paramètres physico-chimiques et chimiques utilisés comme traceurs dans l'eau de mer, elles constituent donc un outil très important pour l'étude des phénomènes et processus qui se déroulent au sein de l'océan.

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

La connaissance de la qualité de l'eau et le suivi de degrés de la pollution de l'environnement côtier apparaissent comme une priorité pour la préservation du milieu marin et ses ressources. Cette problématique est l'objet qu'on s'est fixé dans le cadre de ce travail. La présente investigation concerne les eaux du littoral Algérois (baie d'Alger, baie de Bou-Ismaïl et baie de Zemmouri) sujettes aux déversements d'eaux continentales (Oueds).

Notre travail s'est intéressé à l'étude des paramètres physico-chimiques, les différents formes des sels nutritifs et de la chlorophylle dans les trois baies, mais aussi dans les ports adjacents tels que : le port d'El Djamila et le port de Sidi Fredj.

Notre travail est structuré comme suit :

- Dans le premier chapitre, généralités, nous parlerons en général de la pollution marine, les paramètres physico-chimiques comme étant des indicateurs de la pollution, et les différents nutriments minéraux dissous présents dans l'eau de mer, ainsi que de la chlorophylle comme l'un des pigments photosynthétiques de base. Nous parlerons aussi du problème d'eutrophisation en milieu côtier.

INTRODUCTION

- Le deuxième chapitre, zone d'étude, présentera avec détails les trois zones étudiées : baie de Bou-Ismaïl, baie d'Alger, et baie de Zemmouri.
- Le troisième chapitre, matériel et méthodes, décrit la position géographique des différentes stations, ainsi que les protocoles de mesure des paramètres physicochimiques, de la matière en suspension, de la chlorophylle et les différents sels nutritifs.
- Le quatrième chapitre, résultats et discussion, c'est la partie où nous regroupons, et discutons les résultats obtenus, ainsi qu'une évolution de ces résultats au cours du temps avec une comparaison entre nos résultats et ceux de l'année précédente.

En fin, le mémoire est clôturé par une conclusion.



Généralités

I. POLLUTION MARINE

I.1. Définition

Selon la convention des nations unies sur le droit de la mer, la pollution marine est définie comme : « *introduction directe ou indirecte par l'homme de substance ou d'énergie dans le milieu marin y compris les estuaires, lorsque elle a ou peut avoir des effets nuisibles tels que les dommages aux ressources biologiques et à la faune et flore marine, risque pour la santé de l'homme, entrave aux activités maritimes y compris la pêche et les autres utilisation légitimes de la mer, altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et dégradation des valeurs d'agrément* » (GESAMP, 1983).

I.2. Les principaux types de pollution

Les pollutions sont très diverses, une classification basée sur leur nature physico-chimique prédominante et les usages de l'eau qui sont à l'origine des pollutions est établie (Ramade, 2000).

I.2.1. Pollution physique

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

I.2.2. Pollution chimique

Cette forme de pollution est due à l'entrée d'un ou plusieurs éléments indésirables dans la composition chimique de l'eau marine (Kankou, 2004). Ces éléments peuvent être soit des composés minéraux (engrais, métaux toxiques...), organiques (hydrocarbures, molécules de synthèse...) ou des composés organochlorés (Ramade, 2000). Deux types de paramètres permettent d'évaluer l'état de cette pollution, les paramètres globaux qui résultent de la juxtaposition des effets de plusieurs substances en même temps par exemple le pH, la turbidité et demande chimique en oxygène ; et les paramètres spécifiques qui caractérisent des composés de même propriété chimique (Kankou, 2004).

I.2.3. Pollution biologique

Cette forme de pollution est due à la présence des polluants microbiens ; tels que les bactéries et les virus pathogènes, les parasites, les champignons ; qui sont introduites dans les eaux marines par l'intermédiaire des déjections humaines et animales (déversement en mer d'eaux usées d'origine domestique ou agricole) (Lacaze, 1996).

Cette pollution est aussi due à l'invasion des espèces marines, qu'il s'agisse de virus, d'invertébrés, d'algues ou de poissons, qui est un phénomène a profondément perturbé les mers côtières.

I.3. Polluant(s)

On désigne sous ce terme toute substance naturelle ou d'origine strictement anthropogénique que l'homme introduit dans un biotope donné dont elle était absente ou encore dont il modifie et augmente la teneur (dans l'eau, l'air ou les sols selon le biotope) lorsqu'elle y est spontanément présente (Ramade, 2000).

I.3.1. Classification des polluants

Ces substances sont nombreux et d'origine très variée. On peut les différencier en fonction de leur aspect physique, sa composition chimique, sa évolution dans la nature et leur impact sur les espèces vivantes.

Aspect physique	Composition chimique	Evolution dans la nature	Impact sur les espèces vivantes
-matières en suspension	-matières organiques	-matières rapidement biodégradables	-matières toxiques
-matières dissoutes	-matières minérales	-matières difficilement biodégradables	-matières non toxiques
		-matières non biodégradables	

I.4. Sources de pollution

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

I.4.1. Pollution urbaine

Due principalement aux rejets domestiques véhiculés en mer sans traitement (Kankou, 2004), issues des eaux de vannes d'évacuation des toilettes et des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bain. Les déchets présents dans ces eaux sont constitués par des matières organiques dégradables et des matières minérales, Ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension (**Office International de l'Eau, 2005**)

I.4.2. Pollution industrielle

Les principales origines de cette forme de pollution sont les rejets liquides des diverses industries installés le long de la côte (industries alimentaires, industries agricoles, l'industrie chimique, métallurgique, électronique...), et cela par l'utilisation de combustibles fossiles, des molécules minérales et organiques de synthèses (**Ramade, 2000**) ; La pollution de ces eaux peut être organique, minérale et toxique.

Donc les caractéristiques des rejets d'origine industrielle sont bien évidemment directement liées aux types d'industries implantées sur le littoral.

I.4.3. Pollution agricole

L'agriculture est devenue une cause importante de pollution des eaux par suite de l'usage systématique des engrais chimiques et des pesticides et des produits phytosanitaires (**Ramade, 2000**). Ces substances sont transportées à la mer par le lessivage et le vent (**Kankou, 2004**). Les pollutions agricoles présentent la particularité d'être diffuses, les engrais et pesticides étant répandues sur de vastes surfaces (**Ramade, 2000**).

Mais elle est aussi due à l'accumulation des résidus des élevages intensifs des animaux et des eaux d'abattoirs qui engendrent des pollutions chroniques et diffuses (**Leroy, 1999**).

II. Descripteurs hydrologiques des milieux marins et paramètres indicateurs de pollution

II.1. Descripteurs physico-chimiques des milieux marins

II.1.1. Température

La température est un paramètre important pour la connaissance des masses d'eaux (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**). Elle influe sur l'activité biologique dont dépend la production totale, et sur la répartition des espèces (**Aminot et Kerouel, 2004**). La mesure de la température, associée à la salinité, permet de déterminer la densité des masses d'eaux, paramètre nécessaire à la détermination de la stratification verticale et de la circulation océanique ; sa mesure permet aussi de déterminer le taux de saturation des gaz dissous (**Aminot et Chausse-Pied, 1983 ; Aminot et Kerouel, 2004**).

II.1.2. Salinité

La salinité est un descripteur indispensable en milieu marin, elle représente la proportion de sels minéraux dissous dans l'eau de mer, sa mesure permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eaux d'origine différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte ou dans les estuaires (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**).

La première définition résulte de la technique reproductible de **SØRENSEN(1902)**:

« La salinité est la masse, en grammes, des substances solides contenues dans un kilogramme d'eau de mer, quand les ions bromure et iodure sont remplacés par leur équivalent de chlorure, les carbonates convertis en oxydes et toute la matière organique oxydée » (in Aminot et Kerouel, 2004).

II. 1.3. Oxygène dissous

Représente la quantité de l'oxygène présente dans l'eau à l'état dissous (**Ramade, 2000**), c'est l'un des gaz dissous les plus importants que renferme l'eau de mer pour la vie marine, qui gouverne la majorité des processus biologiques, biogéochimiques et chimiques des écosystèmes aquatiques (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**).

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

Facteurs physiques : température, pression atmosphérique, salinité, échange air-mer, diffusion et mélange au sein de la masse d'eau.

Facteurs chimiques : phénomènes de photo-oxydation, réactions d'oxydation chimique.

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

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

II.1.4. Potentiel d'hydrogène (pH)

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

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

Le pH de l'eau de mer, voisin de 8,2, est principalement fixé par la présence des carbonates, CO₂, HCO₃⁻, CO₃²⁻. La modification des concentrations en CO₂ (respiration, photosynthèse, échanges air-océan) ou en CO₃⁻ (précipitation) entrainera donc une modification de pH, sa mesure se fait par la méthode électrochimique avec électrode de verre (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**).

II.2. NUTRIMENTS MINÉRAUX DISSOUS

II.2.1. Notion des nutriments

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

le silicium intervient essentiellement dans la formation des coquilles siliceuses. Ces composés minéraux sont à la base de la production primaire photosynthétique.

II.2.2. Origine des sels nutritifs

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

- **Source interne**

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

- **Source externe**

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

II.2.3. Les différentes formes des sels nutritifs

II.2.3.1. Azote

L'azote présent dans l'eau peut avoir un caractère organique ou minéral. L'azote organique est principalement constitué par des composés tels que des protéines, des polypeptides, des acides aminés, de l'urée. Le plus souvent ces produits ne se retrouvent qu'à de très faibles concentrations. Quant à l'azote minéral qui existe sous différents degrés d'oxydation : nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-) et l'azote ammoniacal ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$), il constitue dans les eaux naturelles la majeure partie de l'azote total (**Rodier *et al*, 2009 ; Aminot et Chausse-Pied, 1983**).

II.2.3.1.1. Nitrates (NO_3^-)

Notés NO_3^- (on parle aussi de l'azote nitrique). C'est une forme chimique stable, il entre dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton ; Leur concentration varie entre 0 $\mu\text{mole/L}$ à la surface et à plus de 45 $\mu\text{mole/L}$ dans les eaux profondes. Mais dans les estuaires, lorsque la salinité décroît par l'effet des apports terrigènes, leur concentration peut atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**). Les nitrates résultent de l'oxydation des nitrites

uniquement. Cette réaction d'oxydation est exothermique ($\Delta G^\circ = -18 \text{ kcal}$). Cette oxydation est opérée par des bactéries (*Nitrobacter*), et on parle de nitratisation.

II.2.3.1.2. Nitrites (NO_2^-)

Notés NO_2^- (on parle aussi de l'azote nitreux). Ils sont souvent en quantité très faible de zéro à quelques micromoles par litre, car c'est une forme chimique très instable (forme intermédiaire entre l'ammonium et les ions nitrates). (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**).

Les nitrites résultent de :

- L'oxydation de l'ammonium : Cette réaction est exothermique ($\Delta G^\circ = -59,4 \text{ Kcal}$). Cette oxydation est opérée par des bactéries (*Nitrosomonas*) et s'appelle la nitrosation.



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



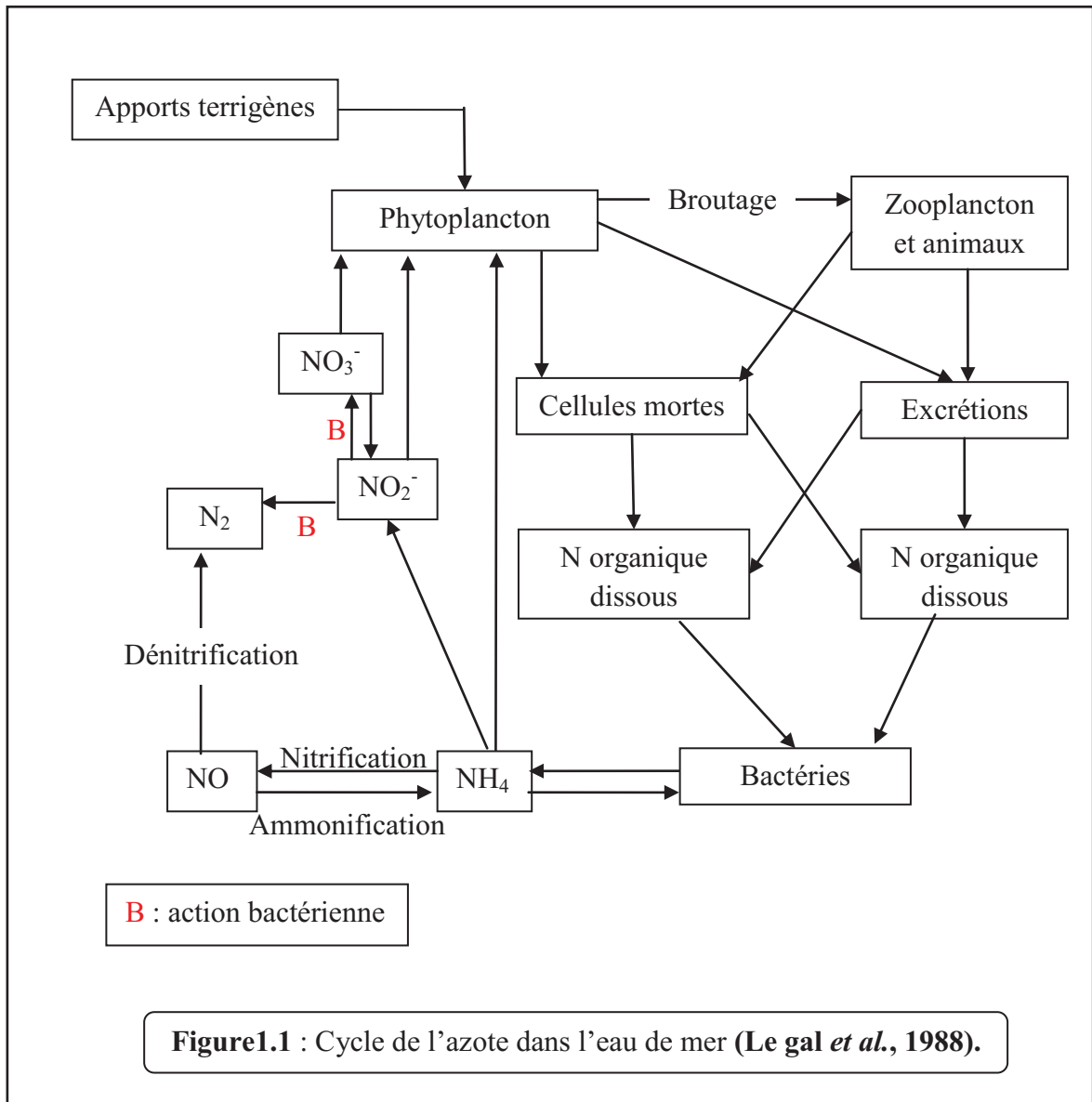
- Les organismes, dans leurs excréments, rejettent aussi des nitrites.

II.2.3.1.3. Azote ammoniacal (NH_4^+)

L'ammonium dans l'eau de mer provient de la décomposition par les bactéries de l'azote organique (ammonification) ou des rejets directs d'animaux (urines, excréments) (Office International de l'Eau, 2005). Il résulte aussi de la réduction des nitrites en ammonium qui se fait par un mécanisme bactérien en milieu anaérobique selon la réaction suivante :



La variation de la concentration de NH_4^+ est en fonction du lieu et de la saison, elle est de l'ordre de $1 \mu\text{mol/l}$ en eaux côtières non polluées et en milieu océanique, et nulle dans les eaux profondes. Mais cette concentration augmente dans les estuaires sous l'influence des rejets urbains et/ou agricoles. (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**).

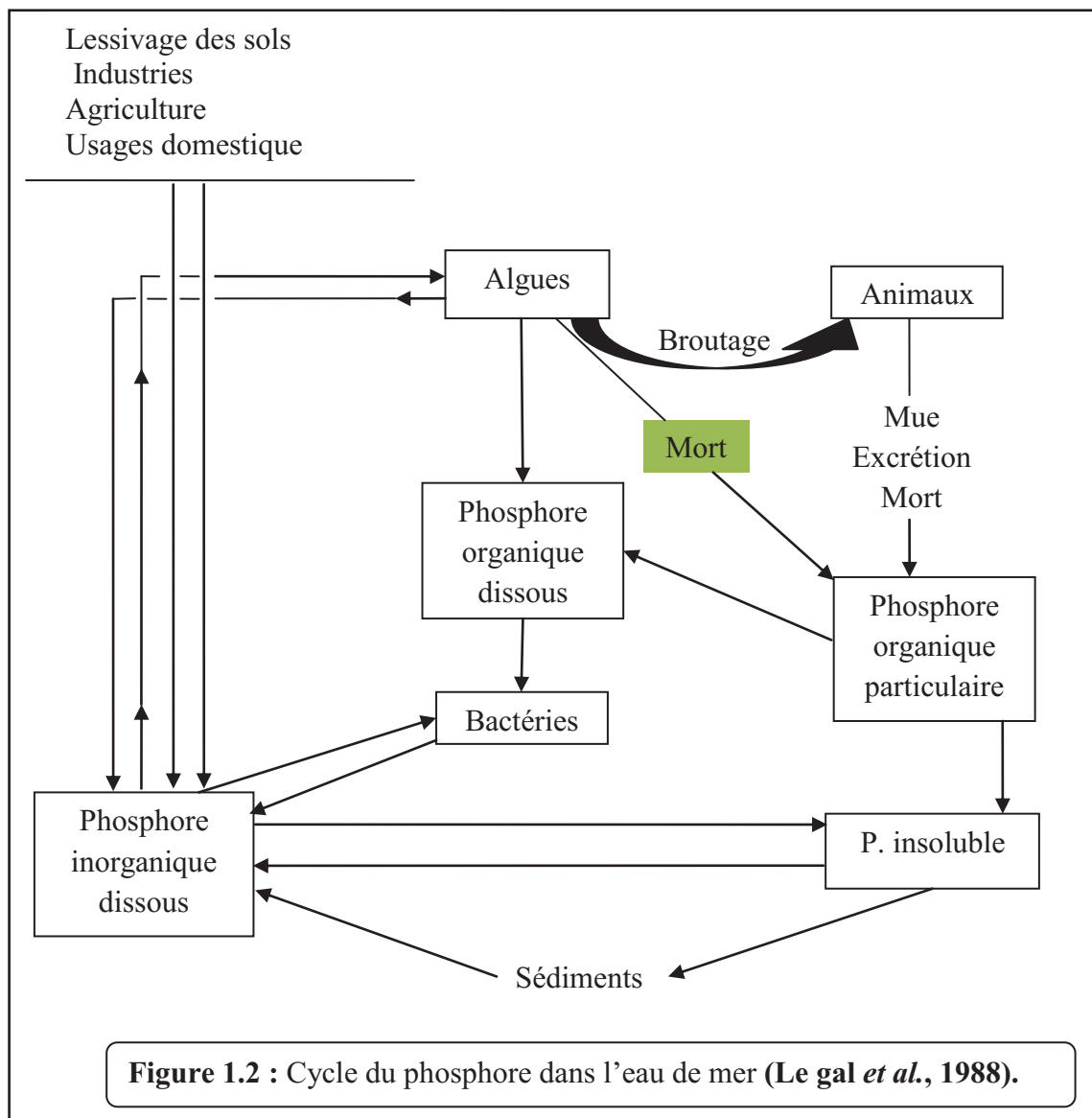


II.2.3.2. Les composées phosphorées (PO_4^{3-})

Le phosphore est un élément nutritif existe dans l'eau de mer sous forme dissoute et particulaire, organique et inorganique dont la forme majoritaire sont les orthophosphates. Dans l'eau de mer, les orthophosphates présents essentiellement sous les deux formes PO_4^{3-} (10%) et HPO_4^{2-} (90) ; H_2PO_4^- représente moins de 1% (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

Les concentrations des orthophosphates sont de l'ordre de 0 à $1\ \mu\text{mol/l}$ dans les eaux de surface océaniques et les eaux côtières non polluées. qui augmentent avec la profondeur, au

dessous de la zone euphotique, ou lorsque l'on se rapproche des estuaires (indice des apports domestiques et agricoles) (Aminot et Chausse-Pied, 1983).



II.2.3.3. La silice dissoute (SiO₂)

Le silicium est présent dans l'eau de mer sous deux formes : dissous et particulaire (Riley & Chester, 1971). Le silicium dissous au pH de l'eau de mer (≈ 8,2) se trouve à 95 % sous la forme d'acide orthosilicique Si(OH)₄, il entre dans la composition des squelettes de certaines espèces phytoplanctoniques (diatomées, radiolaires) (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

Les eaux océaniques de surface sont pauvres en silicium ($< 1\mu\text{mol/l}$), à l'exception des zones côtières et en particulier les estuaires qui sont plus riches en silicium ; tandis que les eaux océaniques profondes ont des concentrations plus élevées qui peuvent atteindre en certaines zones environ $150\mu\text{mol/l}$ (Aminot et Chausse-Pied, 1983).

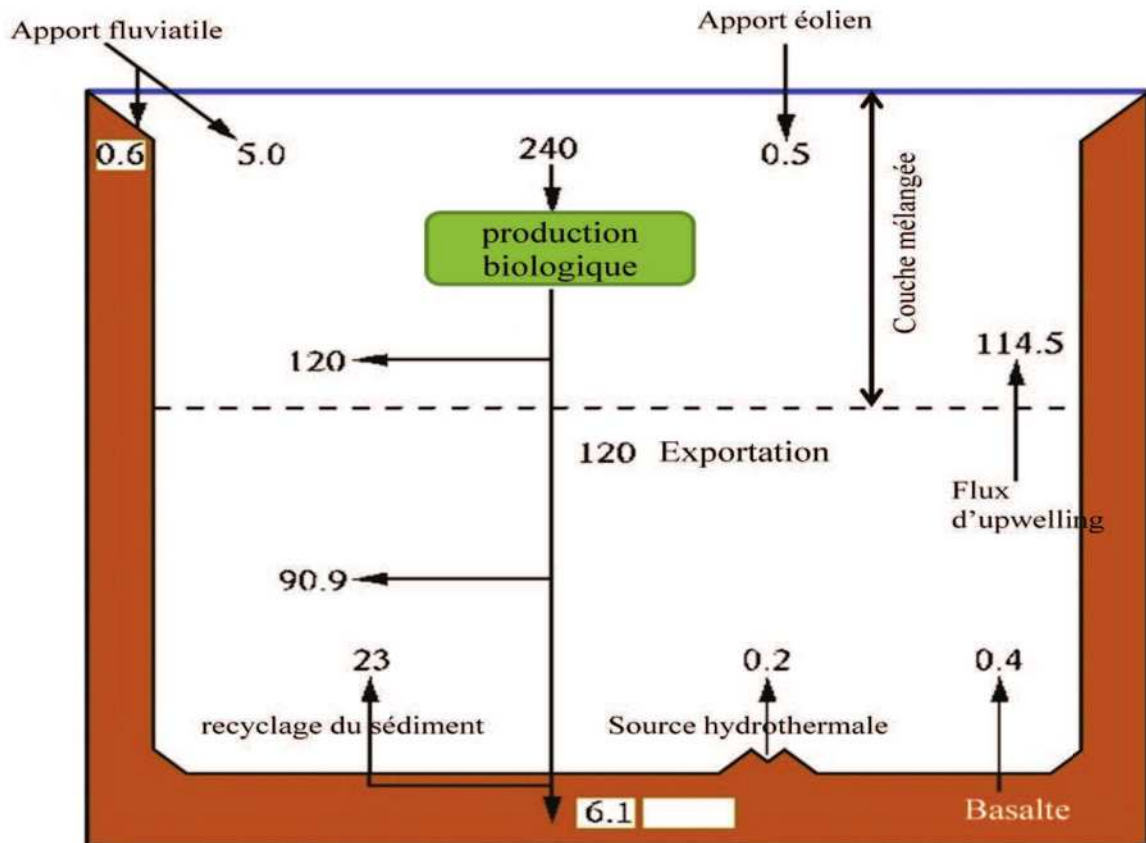


Figure 1.3 : Cycle de silicium dans l'océan mondial d'après (Tréguer et al., 1995). Les flux ont pour unité 10^{12} g Si /an.

II.2.4. Le cycle biogéochimique des sels nutritifs

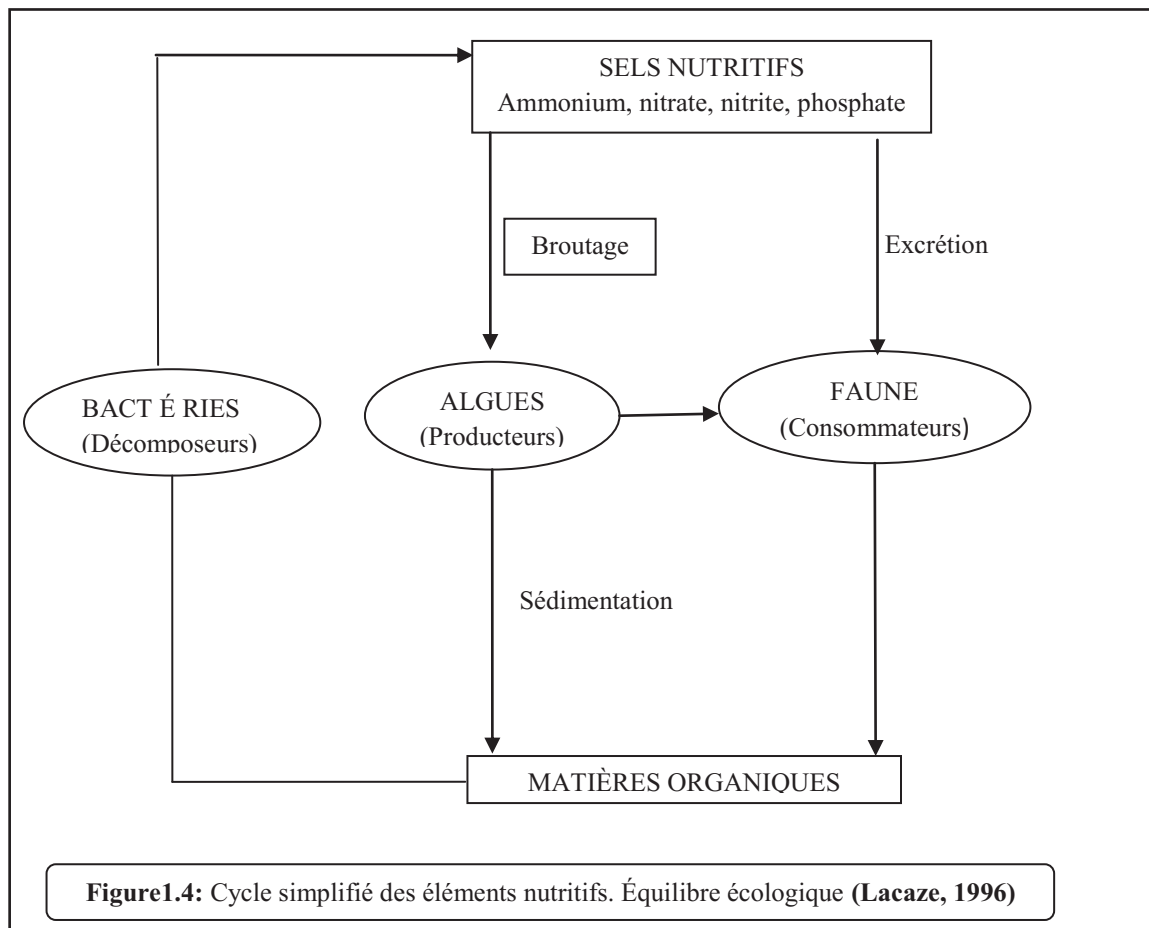
Dans un écosystème naturel, les nutriments sont consommés sous forme minérale dissoute par les producteurs primaires, majoritairement constitués par des algues unicellulaires (le phytoplancton). Intégrés dans la biomasse (assimilés), ils permettent la multiplication du nombre de cellules. Les nutriments passent ainsi sous forme organique particulière.

Les nutriments organiques sont ensuite progressivement régénérés sous leur forme minérale originelle,

- Soit par le biais de leur ingestion puis de leur excrétion par les différents échelons animaux de la chaîne alimentaire,

- Soit, à la mort de la biomasse, par suite de la dégradation directe par les bactéries hétérotrophes. C'est le cycle des éléments nutritifs.

Ce cycle fonctionne grâce à plusieurs processus qui selon les conditions environnementales, peuvent se dérouler plus ou moins simultanément ou se succéder (Aminot et Kerouel, 2004).



II.2.4.1. La photosynthèse

Les végétaux, phanérogames, macroalgues et phytoplancton constituent l'élément de base de la vie marine. Les principaux facteurs nécessaires à leur développement sont l'énergie solaire et les sels minéraux. Les pigments contenus dans ces végétaux permettent, en effet, l'utilisation de l'énergie lumineuse pour assurer l'assimilation du carbone par le processus de photosynthèse qui constitue le principal mécanisme de production primaire de la biomasse dans le milieu marin (Aminot et Kerouel, 2004).



II.2.4.2. La minéralisation

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



II.2.4.3. L'excrétion

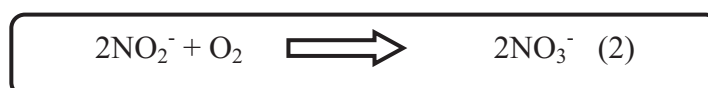
Un retour partiel des éléments nutritifs sous leur forme minérale, notamment :

- Ammonium et phosphate, qui sont excrétés par les microflagellés hétérotrophes, les ciliés et le zooplancton.
- Des composés organiques solubles sont sécrétés par le phytoplancton vivant, les plus connus les acides aminés et les polysaccharides.
- Les organismes zooplanctoniques excrètent en outre du matériel organique particulaire (**Aminot et Kerouel, 2004**).

II.2.4.4. La nitrification

Dans les milieux où l'oxygène est présent, l'ammonium rejeté par la minéralisation est oxydé en nitrite puis nitrate par les bactéries nitrifiantes. La conversion d'ammonium en nitrite (nitritation) est réalisée par les bactéries *Nitrosomonas* et celle de nitrite en nitrate (nitratisation) par les bactéries *Nitrobacter*. (**Aminot et Kerouel, 2004**).

Elle se déroule selon les deux réactions suivantes :



II.2.4.5. La dénitrification

Dans les milieux anoxiques, l'ammonium rejeté par la minéralisation n'est pas oxydé et s'accumule. Dans ces milieux, des bactéries se développent néanmoins en trouvant d'autres sources d'oxygène, dont celui du nitrate lorsqu'il est présent. La dénitrification est un processus hétérotrophe. Différents processus consommant le nitrate sont regroupés sous le terme de dénitrification. Au sens strict, il s'agit de la production finale de diazote (N₂), mais de l'oxyde nitreux est aussi produit (N₂O). Au sens large, on y inclut la réduction du nitrate en ammonium (**Aminot et Kerouel, 2004**).

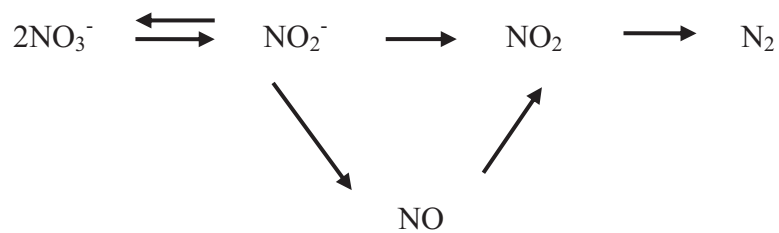


Figure 1.5 : Les étapes de la dénitrification (**Hénault, 1995**)

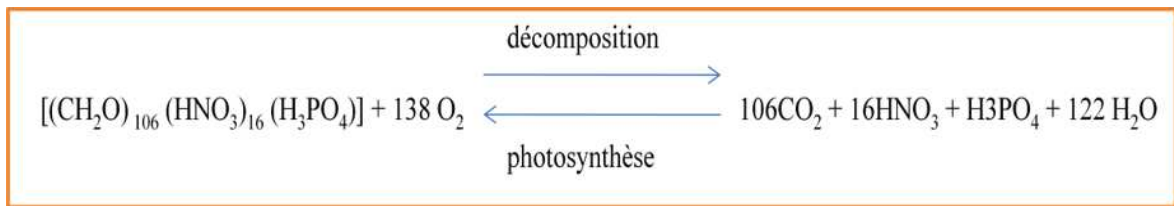
II.2.5. Rapport de REDFIELD

Le carbone, l'oxygène, l'azote et le phosphore représentent les principaux éléments constitutifs de la matière organique vivante.

Ils sont prélevés par les organismes autotrophes dans des proportions requises pour leur croissance. Leurs disponibilités dans le milieu marin est telle qu'ils définissent un rapport élémentaire en relation avec les processus d'assimilation et de régénération « Rapports biogéochimiques de Redfield ». Après plusieurs travaux, **Redfield et al, (1963)** ont donné les rapports suivants par l'analyse de la composition chimique de la matière organique:

$$\Delta P/\Delta N/\Delta C/\Delta O_2 = 1/16/106/- 138$$

Selon les vues de Redfield, la photosynthèse (ou la décomposition) du plancton produit (ou consomme) 138 moles de O₂ par mole de P, selon le bilan réactionnel :



Cela veut dire que 138 moles d'oxygène sont utilisés (ou consommés) pour l'oxydation (ou la régénération) de 106 mole (ou atomes) de carbone, 16 atomes d'azote et 1 atome de phosphore et vice-versa.

II.2.6. Notion de facteur limitant

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

II.2.7. Production primaire

III.2.7.1. Définition

La production représente la quantité de matière organique néoformée durant un certain intervalle de temps pour une surface (ou un volume) déterminée, elle s'exprime en g C. m⁻². an⁻¹ (Jacques et Tréguer, 1986).

Il s'agit d'évaluer la capacité d'un ensemble essentiellement phytoplanctonique à réaliser des opérations de fixation du CO₂ (productivité primaire); l'estimation de la production primaire est basée soit sur la mesure de la production d'oxygène, soit sur la mesure de la fixation du CO₂ (Le Gal *et al.*, 1988).

II.2.7.2. Chlorophylle

Elle est prépondérante dans les chloroplastes et constitue le centre réactionnel des photosystèmes I et II. Elle capture l'énergie lumineuse avec des maxima d'absorption entre 400 et 500nm et entre 600 et 700nm (Vera, 2005).

La chlorophylle est considérée comme l'un des pigments photosynthétiques de base. C'est la raison pour laquelle on l'utilise pour l'estimation de la biomasse phytoplanctonique ainsi que pour celle de la production primaire (**Le Gal *et al.*, 1988**).

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

II.2.7.2.1. Chlorophylle a

La chlorophylle *a* est le principal pigment photosynthétique des plantes. En convertissant l'énergie lumineuse en énergie chimique, elle permet la photosynthèse, c'est-à-dire la fixation de carbone induite par la lumière (la production primaire). Pour cette raison, la chlorophylle *a* est mesurée en tant qu'indicateur de la biomasse des micro-algues, organismes qui sont à la base de la chaîne alimentaire. La chlorophylle *a* est probablement le paramètre biochimique le plus fréquemment mesuré en océanographie (**Jeffrey et Mantoura, 1997**) *in* (**Aminot et Kerouel, 2004**).

II.2.8. Eutrophisation

L'eutrophisation est définie, au sens habituel comme l'enrichissement des eaux en nutriments presque essentiellement le phosphore et l'azote qui vont favoriser la croissance des végétaux pour finalement induire des proliférations algales (eaux colorées), des algues flottantes à la surface des eaux et des macrophytes ou des algues sur les rivages ou sur les fonds. Les proliférations végétales si elles ne sont pas dispersées par les courants ou consommées par les herbivores, s'accumuleront puis se décomposeront sous l'action bactérienne avec consommation d'oxygène néfaste pour la faune ; la poursuite de la dégradation bactérienne en anaérobiose productrice de molécules indésirables (CO₂, SH₂, NH₃, CH₄), voire, toxiques sera dramatique pour l'environnement aquatique (**Lacaze, 1996**).

II.3. Autres paramètres indicateurs de pollution

II.3.1. Matières en suspension (MES)

Représente l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans l'eau de mer. Elles représentent une cause essentielle de turbidité de l'eau. (**Ramade, 2000**). Les matières en suspension dans les eaux de mer sont donc de dimensions très variables. Elles

comportent tous les composés ayant un diamètre supérieur à 0.45 μm et elles peuvent être un indice de pollution. Elles sont transportées au sein de la masse d'eau qu'elle soit douce, marine ou résiduaire. **(Aminot et Chausse-Pied, 1983)**.

La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration ou par centrifugation. La méthode par centrifugation est surtout réservée aux eaux contenant trop de matières colloïdales **(Rodier *et al.*, 2009)**.

II.3.2. Matière organique particulaire (MOP)

Désigne l'ensemble des particules organiques, mortes ou vivantes, en suspension dans les eaux **(Cabane, 2007)**. Les facteurs physiques, biologiques et chimiques contrôlent l'activité biologique des espèces trophiques primaires de l'environnement marin. Les nutriments sont assimilés par le phytoplancton pendant la photosynthèse qui produit la matière organique considérée comme une source d'énergie et de nutriments, elle correspond à la fraction endogène qui est facilement dégradée **(Boulaïdid, 1987)**. Reste la fraction exogène formée par les débris des animaux et des végétaux possédant une certaine résistance à la dégradation bactérienne. Cette fraction est nécessaire au fonctionnement des cycles biogéochimiques par la régénération des sels nutritifs **(Aminot et Kérouel, 2004)**.

Dans les zones riches en matière organique, sa présence fait courir au milieu un risque d'hypoxie, le risque étant plus grand quand cette matière organique est facilement dégradable par les bactéries **(Aminot et Kérouel, 2004)**.

II.3.3. La turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau. Elle est mesurée :

- Soit visuellement par la hauteur d'eau à travers laquelle on ne distingue plus un objet (disque de Secchi, fil de platine) ; elle est alors exprimée en mètre.
- Soit électroniquement (néphélométrie) par comparaison avec une gamme de solution de référence (silice, mastic, formazine) ; elle est alors exprimée en mg/l de silice, de mastic, ... ou en unité (NTU, Nephelometric Turbidity Unit, ou JTU - Jackson ou FTU, Formazine-) **(Gaujous, 1995)**.

La turbidité varie suivant les matières en suspension (MES) de l'eau.

II.3.4. Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO), exprimée en mg d'oxygène dissous par litre, correspond à la quantité d'oxygène nécessaire pour la dégradation par voie chimique et dans des conditions définies de la matière organique ou inorganique contenue dans l'eau (**Grosclaude, 1999**). Elle représente donc, la teneur totale de l'eau en matières oxydables.

Autrement dit, La DCO (demande chimique en oxygène) est la mesure de la quantité d'oxygène apportée par un réactif chimique (oxydant) pour détruire toutes les matières organiques biodégradables et non biodégradables (**Office International de l'Eau, 2005**).

Cette analyse est réalisée selon la Norme NFT 90-101 de février 2001. On mélange à l'eau à analyser une quantité volontairement excessive de réactif oxydant (dichromate de potassium). Pour que la réaction soit rapide et complète, on ajoute de l'acide sulfurique et on chauffe pendant deux heures. La DCO correspond à la différence entre la quantité d'oxydant initiale et celle subsistant après deux heures de réaction (**Office International de l'Eau, 2005**).

II.3.5. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

C'est la quantité d'oxygène consommée dans les conditions de l'essai, c'est-à-dire après l'incubation durant 5j, à 20°C et à l'obscurité, par certaines matières présentes dans l'eau, principalement pour assurer leur dégradation par voie biologique (**Rodier et al, 2005**).

La DBO s'exprime en milligrammes d'oxygène par litre (mg/l). (**Ramade, 2000**).



Zone d'étude

1. PRESENTATION DES ZONES D'ETUDES

1.1. Baie de Bou Ismaïl

1.1.1. Situation géographique

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

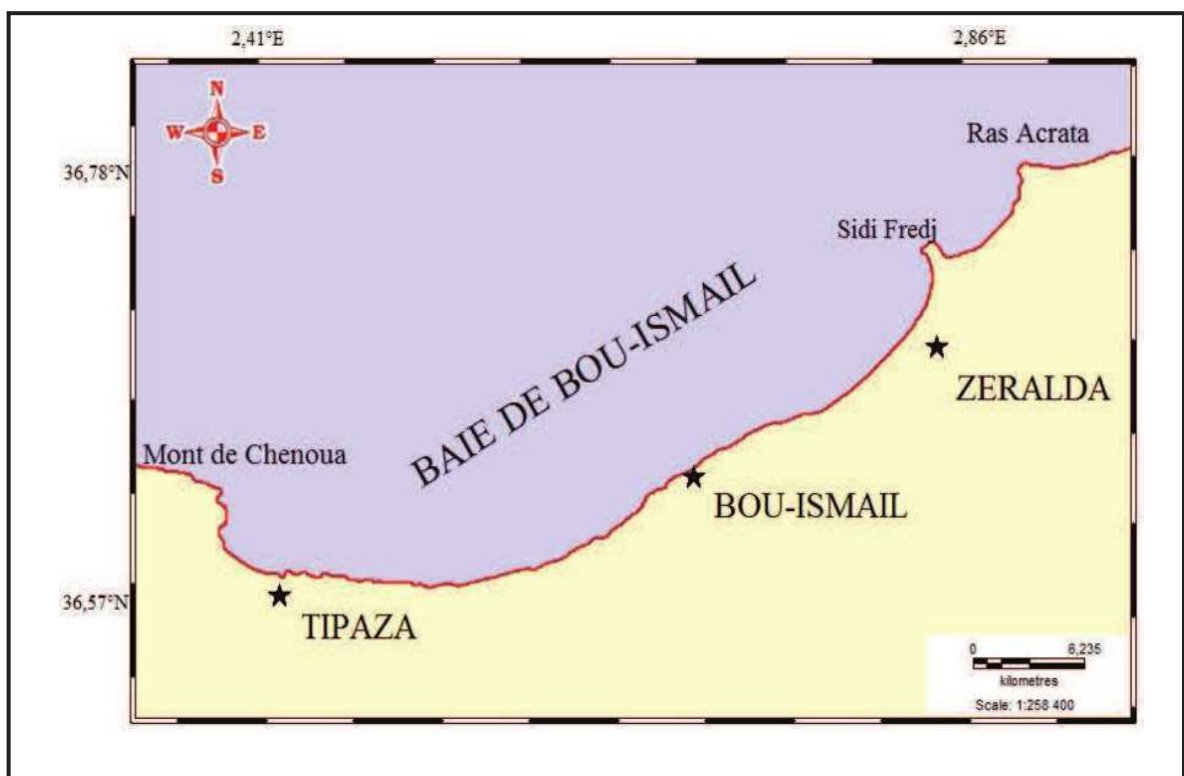


Figure 2.1 : Situation géographique de la baie de Bou-Ismaïl

1.1.2. Réseau hydrographique

Les principaux oueds qui se jettent en baie de Bou Ismaïl sont :

- oued Nador dans la baie du Chenoua,
- oued Mazafran
- et oued Beni Messous en baie d'El Djamilia.

Selon (Braïk, 1989), l'oued Mazafran est considéré comme étant le plus important des oueds qui débouchent dans la baie de Bou-Ismaïl, formé par la réunion des oueds Chiffa, Djer et Bouroumi. Il débouche au niveau d'une plage sablonneuse entre Douaouda et Zéralda. Son débit moyenne est estimé à environ $7,566 \text{ m}^3/\text{s}$ (A.N.R.H, 2003).

- L'oued Nador présente un bassin versant d'une superficie de 200 à 300 km^2 (Braïk, 1989), il est côtier et est situé dans la partie occidentale de la baie et débouche sur la petite baie de Chenoua. Cet oued regroupe les oueds Bou Yersen, Bou Haroun et oued Merad. Son débit est de $0.89 \text{ m}^3/\text{s}$ débouchant entre Djbel Chenoua et Tipaza (A.N.R.H, 2003).

- L'oued Beni Messous est situé entre El Djamila et club des pins, traverse les communes de Beni Messous et Chéraga au Nord, de Bouzaréah au Nord-Est, Dély Brahim à l'Est, Ain Benian à l'Ouest et débouche au niveau d'une plage appelée « les Dunes » qui fait partie de la baie d'El Djamila. Son débit est faible par rapport aux deux autres oueds et est estimé à $0.245 \text{ m}^3/\text{s}$ (A.N.R.H, 2003).

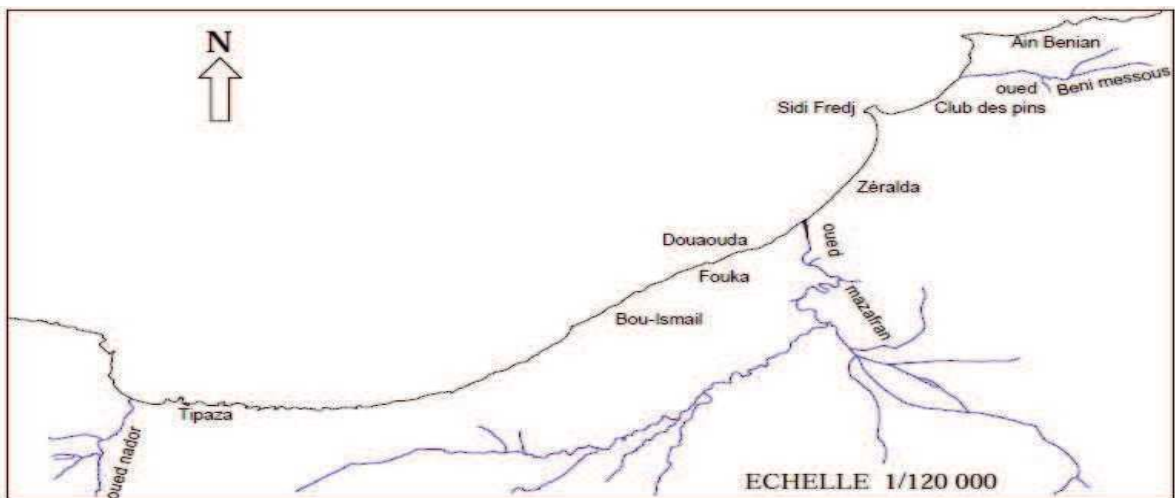


Figure 2.2 : Réseau hydrographique de la baie de Bou-Ismaïl (Hamdouni et Hammamouche, 2008).

I.1.3. Courantologie et plans de houle

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

I.1.3.1. Les courants généraux

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

I.1.3.2. Les courants côtiers : En absence de courant permanent ou de marée suffisamment importante, les courants induits par la houle au large ou à la côte sont à peu près les seuls à agir sur la sédimentation actuelle (Caulet, 1972).

- **Les Courants d'entraînements :** sont provoqués par les mouvements des masses d'eaux dans le sens de propagation des houles, ils sont aussi à l'origine des apports sédimentaires lors de son déploiement à la côte notamment ceux en suspension, donc ils participent d'une façon active dans la sédimentation actuelle.

- **Le courant de retour :** participe activement à l'érosion côtière de la zone d'étude, c'est le courant compensateur sur le fond qui s'effectue en direction du large résultant du retour des masses d'eau déployées par la houle sur la côte. Leur effet est remarquable surtout par mauvais temps généralement en hiver.

I.1.3.3. Plans de houle

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

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

I.1.3.4. Les courants de la dérive littorale

Lorsque la houle arrive à la côte avec une incidence oblique. Elle donne naissance à un courant de dérive littoral, la vitesse de celui-ci est maximale pour un angle d'incidence de 50° à 60° (LEM, 2001).

Ce courant parallèle au rivage, qui se manifeste dans la zone de déferlement des vagues, joue un rôle essentiel dans le déplacement des sédiments le long de la côte et dans l'alimentation des plages en sable et en galets.

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

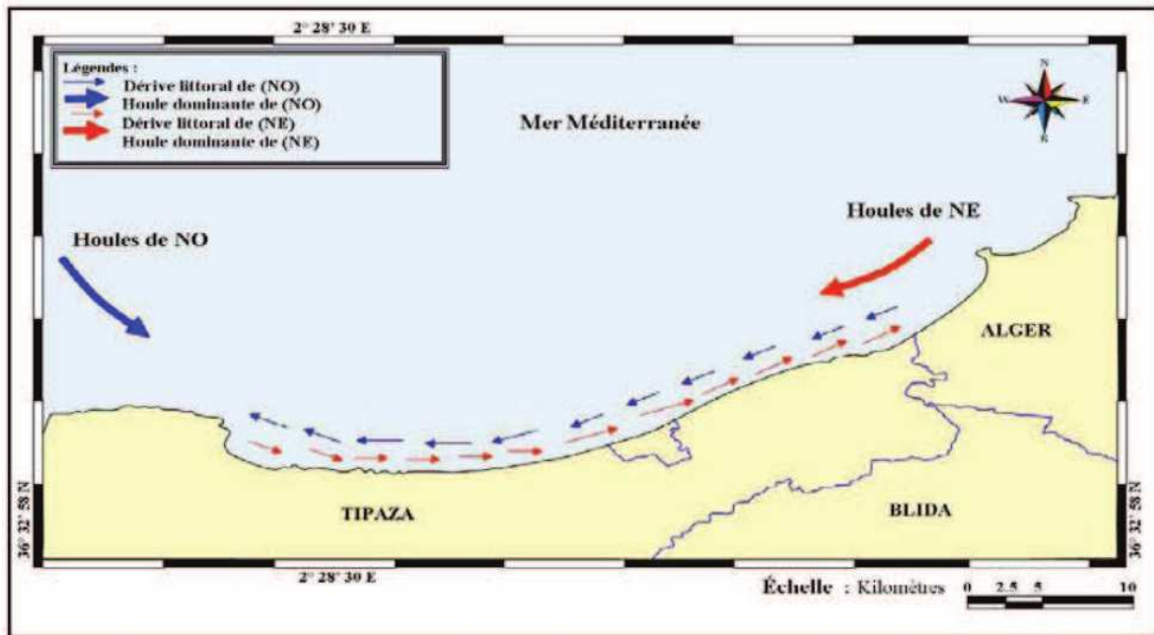


Figure 2.3 : Transit sédimentaire dans la baie de Bou-Ismaïl (L.E.M, 2005 *in* Meguellati et Sraoui, 2012).

I.1.4. Sédimentologie de la baie de Bou Ismaïl

La baie de Bou Ismaïl se caractérise par une texture sédimentologique disparate dont neuf faciès peuvent être identifiés : les sables fins, les sables fins envasés, les vases sableuses, les sables graveleux, les graviers envasés, les sables grossiers et fins graviers, les vases pures, et le faciès rocheux (figure 2.4) (Leclaire, 1972).

Les vases pures et les graviers envasés sont les faciès dominants de la baie de Bou Ismail. Les vases sont très développées dans la région Ouest et forment ainsi une importance vaseuse littorale, tandis que les graviers envasés le sont dans la région Est (Grimes, 2003).

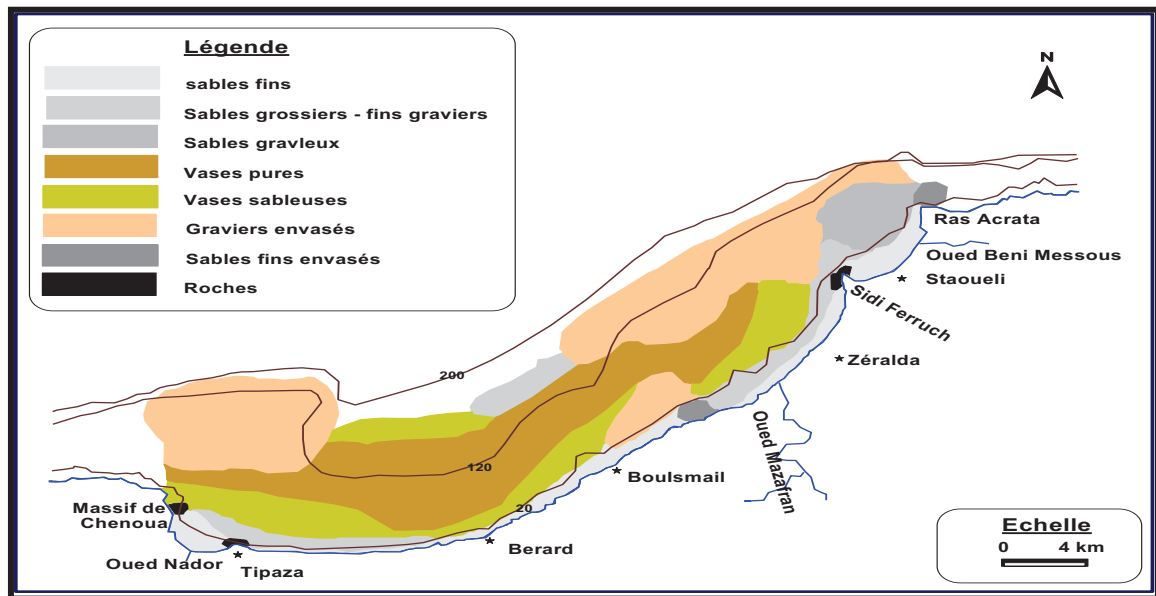


Figure 2.4: Sédimentologie de la baie de Bou Ismail (Grimes, 2003).

I.1.5. Les sources de pollution

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

La pollution en baie de Bou Ismail a depuis longtemps été de type domestique car les eaux usées rejetées dans la baie provenaient principalement des agglomérations et des villes côtières ainsi que des complexes touristiques (surtout en période estivale). Cependant, avec le développement démographique et l'extension de l'urbanisation, de l'agriculture et surtout de l'industrie, ces dernières décennies, la charge polluante a tant augmenté en quantité qu'en qualité (Inal, 2011).

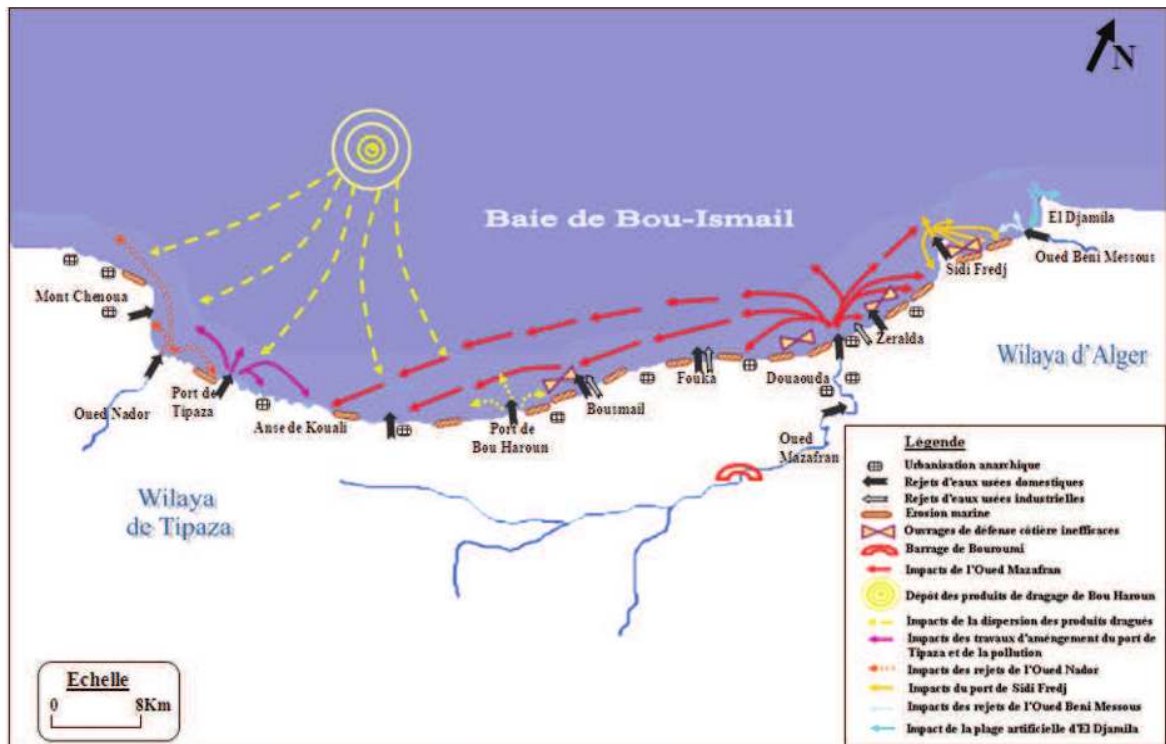


Figure 2.5 : Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou-Ismaïl.

(Belkessa et al., 2008; Alsid Chikh et al., 2009)

1.2. Baie d'Alger

1.2.1. Situation géographique

La baie d'Alger est située dans la partie centrale de la côte Algérienne. Elle s'inscrit en creux dans la plaine de Mitidja de forme semi-circulaire d'une superficie approximative de l'ordre de 180 Km², délimitée par deux caps, la Pointe Pescade (Rais Hamidou) à l'Ouest et le cap Matifou (Bordj El- Bahri) à l'Est. Elle est limitée au Nord par la mer Méditerranée avec une longitude Est 03°.14'.50 à 03°.00'.40 et une latitude Nord 36°.49'.35 à 36°.49'.50 (Bachari, 2009).

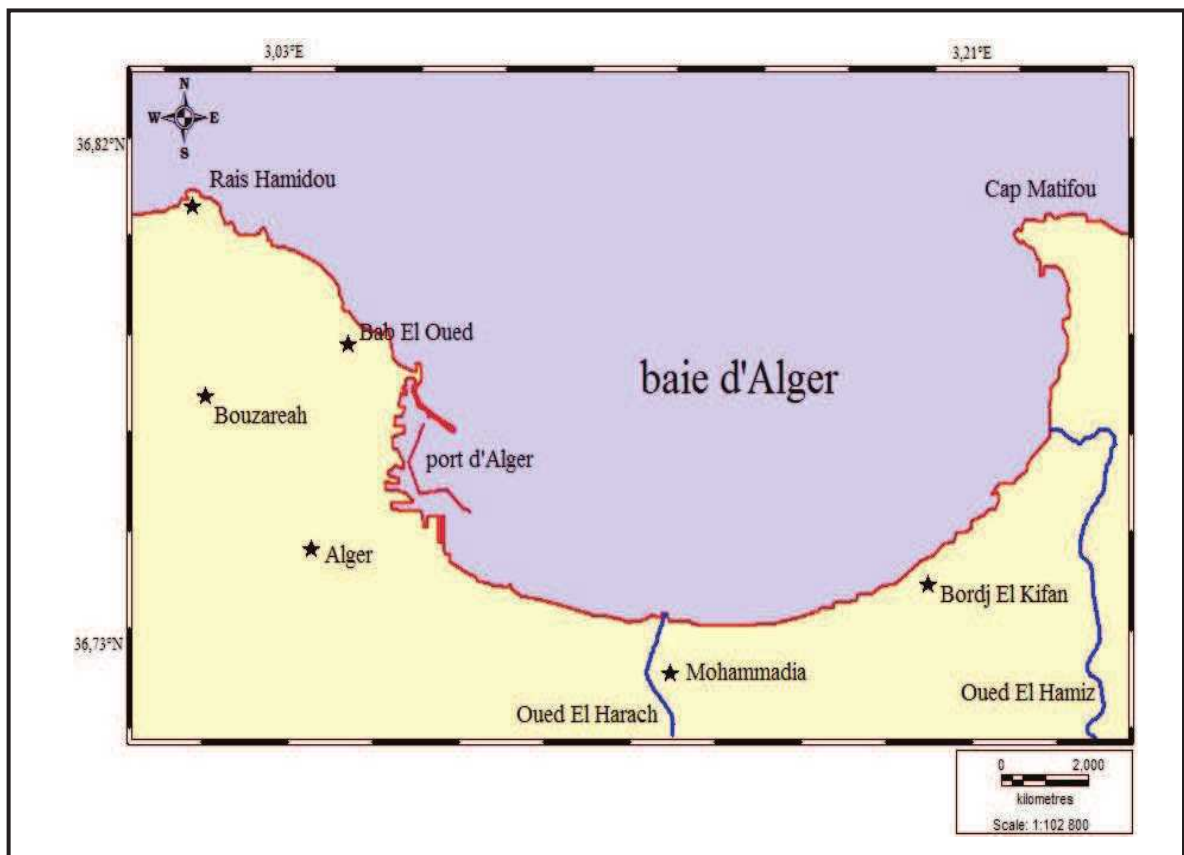


Figure 2.6 : Situation géographique de la baie d'Alger

1.2.2. Sédimentologie de la baie d'Alger

Les travaux de sédimentologie ou sur la nature de fond en baie d'Alger, sont nombreux et détaillés notamment ceux de : **Leclair, (1972)**, **Bakalem, (1979)**, **Maouche, (1987)** qui sont les principaux auteurs ayant abordés l'étude de la couverture sédimentaire de la baie.

Ces différentes études ont mis en évidence:

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

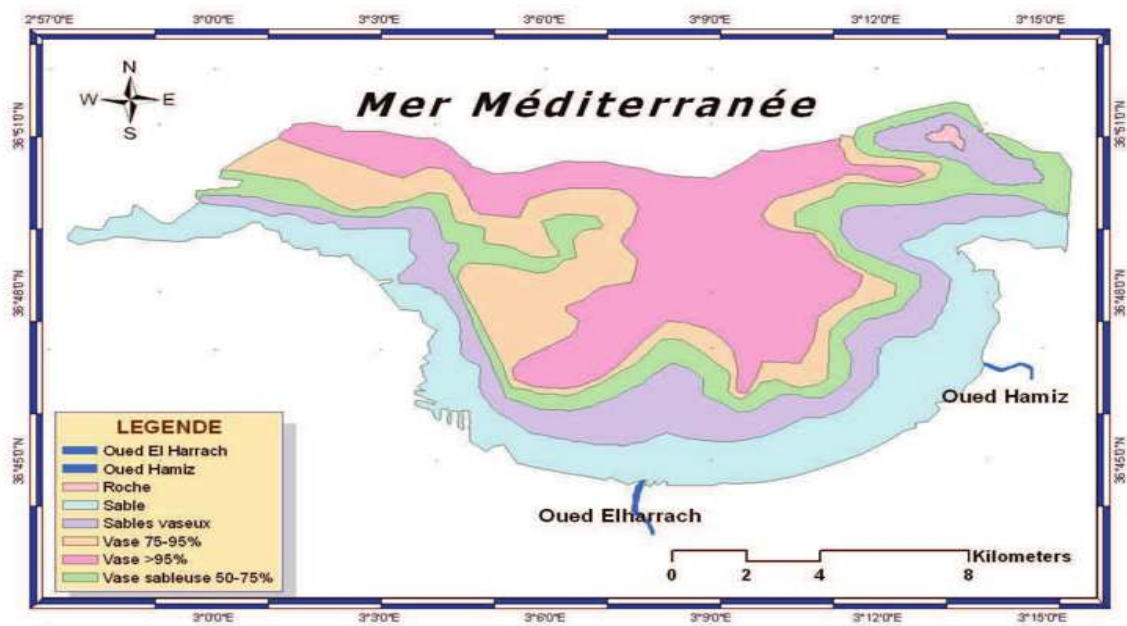


Figure 2.7 : Nature de fond du la baie d'Alger (Maouche, 1987)

I.2.3. Réseau hydrographique

La baie d'Alger est alimentées par oued El Harrach et oued El Hamiz, ces cours d'eau prennent leur source dans l'atlas Blidéen et traversent la plaine de la Mitidja avant de déboucher en mer. Le régime hydrographique de ces oueds se caractérise par un long

étiage de 6 mois et des crues observées surtout en hivers et rarement au printemps (**Madi, 2009**).

➤ **Oued El Harrach**

Son bassin versant couvre une superficie 970 km², il englobe en plus d'oued El Harrach lui-même les oueds Djemââ, Smar à l'Est et Terro à l'Ouest. Il s'écoule du Sud vers le Nord à travers l'atlas Blidéen, la Mitidja et le Sahel où finalement il se jette à la mer. C'est un bassin difficile d'accès caractérisé par de fortes dénivelées, une végétation peu dense et une pluviométrie importante. A ces facteurs d'érosion s'ajoute le caractère torrentiel de l'oued, qui en faveur d'une forte érosion et d'un alluvionnement important. (**LEM, 1999 in Khedimi et Abderrahmani, 2008**). Le bilan des écoulements moyens annuels est de 5.4 m³/s (**Madi, 2009**).

➤ **Oued El Hamiz**

La superficie du bassin versant est de 160 km², son embouchure se situe près du cap Matifou. La présence du barrage El Hamiz en amont réduit considérablement les apports solides venant en mer (**LEM, 1999 in Khedimi et Abderrahmani, 2008**). Ses principaux affluents sont: oued Segia et oued Barek (**Madi, 2009**).

I.2.4. Sources de pollution dans la baie d'Alger

La ville d'Alger est très urbanisée et elle est principalement contaminée par différentes sources de pollution et soumise à plusieurs types de rejets urbains, industriels et pétroliers. La zone côtière algéroise constitue le réceptacle de plusieurs types de pollution. Ces eaux usées sont chargées de matières organiques, matières en suspension, détergents et des huiles lubrifiantes, génèrent des pollutions organiques et chimiques, cette situation est aggravée par la quasi absence de traitement des eaux (**Houma-Bachari et al., 2004 in Kassar, 2011**) (figure 2.8).

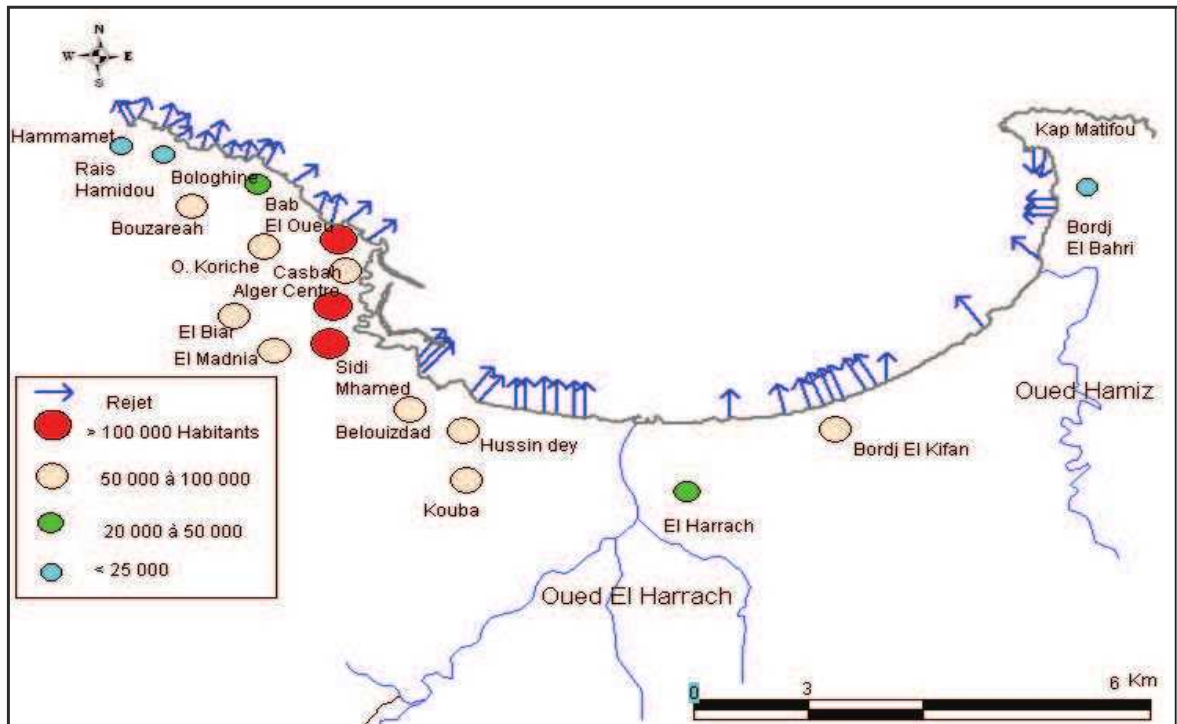


Figure 2.8 : Principaux rejets d'eaux usées dans la baie d'Alger. (LEM, 1998)

Parmi les zones urbanisées et/ou industrialisées, nous pouvons citer entre autres :

- **Hussein Dey** : Zone principalement soumise aux rejets urbains et à l'influence des activités portuaires (Houma-Bachari, 2009 in Kassar, 2011).
- **El Harrach** : Son bassin versant couvre une superficie 970 km², son débit en période de pluie est de 1000 m³/seconde. C'est un bassin difficile d'accès caractérisé par de fortes dénivelées, une végétation peu dense et une pluviométrie importante. A ces facteurs d'érosion s'ajoute le caractère torrentiel de l'oued, qui accentue une forte érosion et un alluvionnement important (LEM, 1998). Le bilan des écoulements moyens annuels est de 5.4 m³/s. Ce dernier reçoit tous les rejets urbains, industriels et agricoles, qui influent sur la qualité physico-chimique et microbiologique du milieu marin de la baie d'Alger, ainsi il provoque la rupture de l'équilibre du milieu naturel (Houma-Bachari, 2009 in Kassar, 2011).
- **Bordj El Kiffan** : Située à une dizaine de kilomètre à l'Est d'Alger, ce secteur connaît un développement industriel et urbain qui l'expose à une pollution assez accentuée selon le sens du courant et par l'influence des oueds El-Harrach et El-Hamiz (Houma-Bachari, 2009 in Kassar, 2011).

- **El Hamiz** : Elle se situe à l'Est de la baie près du cap Matifou. La superficie du bassin versant est de 160 km², son embouchure se situe près du cap Matifou. La présence du barrage El Hamiz en amont réduit considérablement les apports solides venant en mer (LEM, 1998), le débit est régulé par ce barrage. L'activité industrielle y est réduite. Il présente une charge polluante peu importante (Houma-Bachari, 2009 in Kassar, 2011).

1.3. Baie de Zemmouri

1. I.3.1. Situation géographique

La baie de Zemmouri (ex. baie de courbet) se situe à l'Est immédiat de la baie d'Alger. Très largement ouverte vers le Nord, elle s'étale sur une cinquantaine de kilomètre (53,7 km), limitée à l'Ouest par le Cap Matifou 36°49' Nord et 3°15' Est et à l'Est par la Cap Djinet 36°53' Nord et 3°45' Est, on notera l'existence d'un promontoire rocheux d'environ 100 m de long du trait de côte. (Ferrani et Chehaima, 1998).

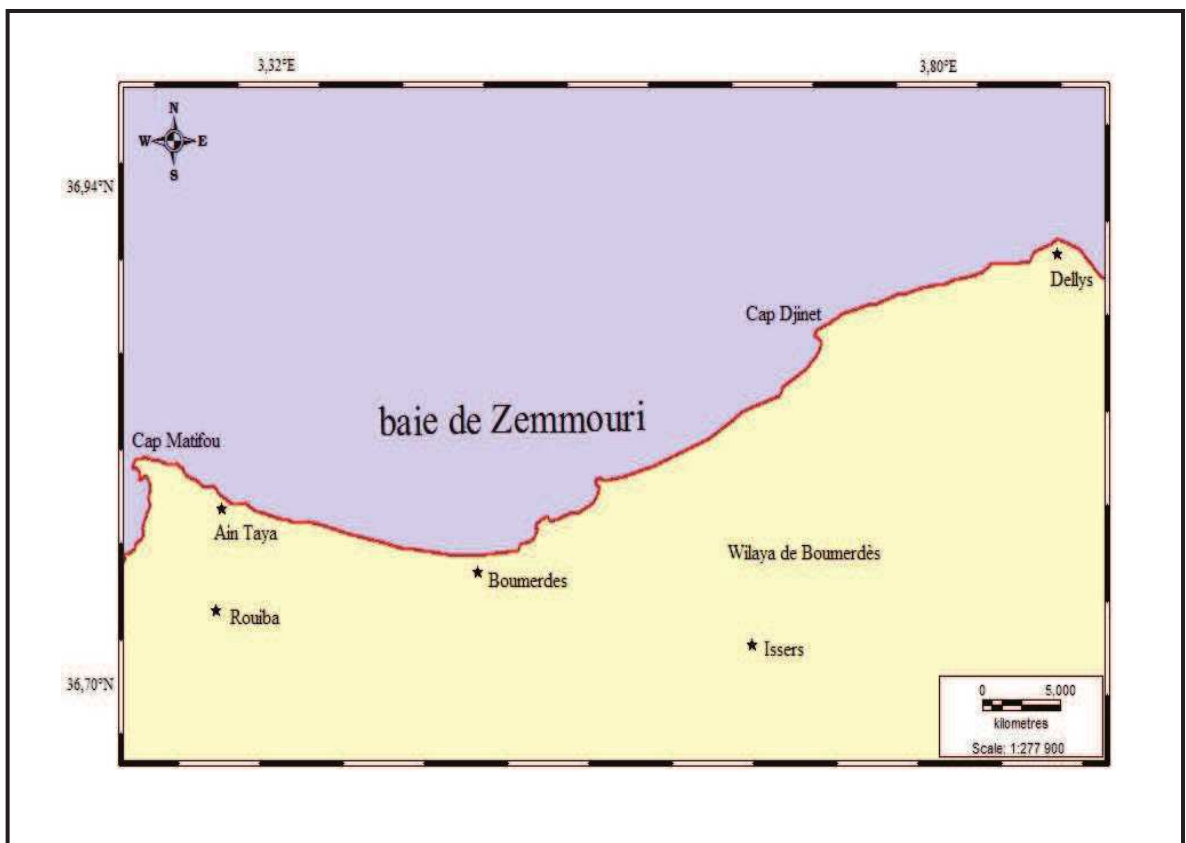


Figure 2.9 : Situation géographique de la baie de Zemmouri

1.3.2. Réseau hydrographique

Au niveau de cette baie se déversent une multitude d'oueds de nature et d'importances variables, ceux-ci entraînent des apports plus ou moins importants le long des côtes de la baie.

Ces apports actuels peuvent provenir de deux systèmes différents :

- **Le système Est :** qui est celui de l'oued Isser, un l'un des plus importants oueds en Algérie, a un grand bassin versant transportant sur une grande distance des matériaux variables (débris solides) : vases, limons, minéraux solides et légers, matières organiques...
- **Le système Ouest :** qui est celui des petits oueds côtiers situées à l'ouest de Zemmouri El Bahri (courbet marine) : o.Boudouaou, o.Regaiia, o.Boumerdes et o.Safsaf, qui ont des débits moins important et de court réduit, mais drainant principalement des régions à faciès cristallins d'où des apports (surtouts pour les deux derniers oueds) de sables à minéraux variés (*in Lokmane, 1993*)

En plus de ces différents matériaux que drainent ces oueds, des apports en déchets urbains et industriels se déversent en mer soit par les égouts qui débouchent directement sur la mer soit par l'intermédiaire des oueds.

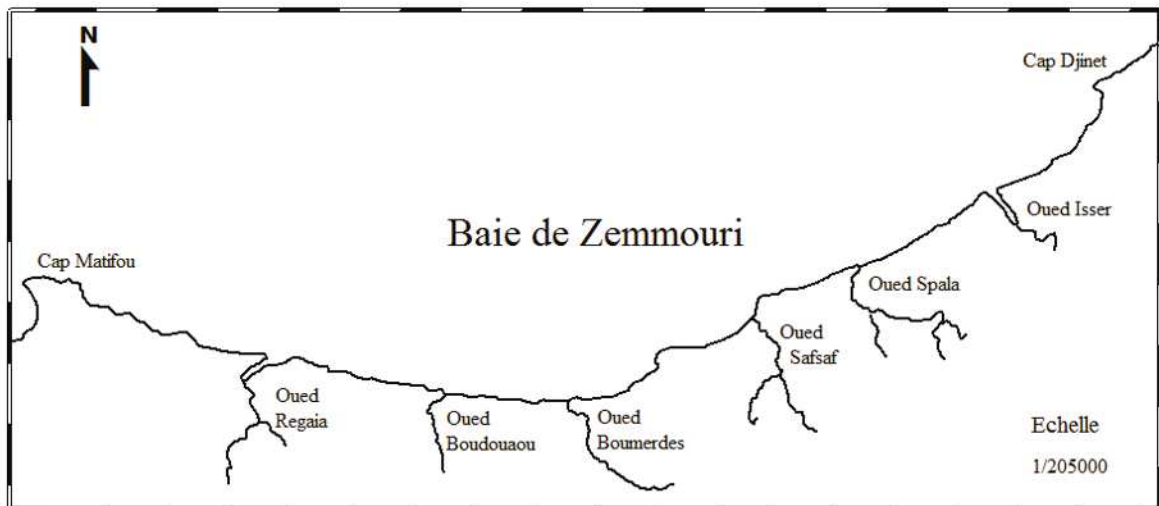


Figure 2.10 : Réseau hydrographique de la baie de Zemmouri.

1.3.3. Climatologie

Le site de Zemmouri est caractérisé par un climat de type méditerranéen, caractérisé par une sécheresse estivale qui est relativement longue. Toutefois il existe toujours un contraste entre la saison froide qui est humide et la saison chaude avec un été sec.

1.3.4.1-La température

La moyenne des minima (m) du mois le plus froid est de 5,9° C enregistré durant le mois de Janvier, la moyenne des maxima (M) du mois le plus chaud enregistré durant le mois d'Aout est de 31,8° C. On constate que les amplitudes thermique (M-m) sont relativement faibles est comprise entre $9,1 < M-m < 11$ (Ferrani et Chehaima, 1998).

1.3.4.2-Les précipitations

Faisant face aux vents humides, Zemmouri est très arrosée durant la saison hivernale, cependant les pluies sont irrégulières et relativement faibles pour le reste des saisons. La pluviométrie majeure annuelle « p » varie de 579 mm (Bordj-El-Bahri) à 816 mm à Thénia (Ferrani et Chehaima, 1998).

1.3.4. Sédimentologie

L'étude sédimentologique permet de répartir uniformément les sédiments superficiels cette étude a été effectuée par **Leclaire (1972)**

D'après les résultats obtenus, le site est constitué de sédiments calcaires, sédiments siliceux et sédiments argileux, leurs répartitions et leurs déplacements obéit à la dynamique sédimentaire et à l'hydrodynamique locale.

1.3.4.1. Sédiment calcaires

Des îles de sanjas à l'île Aguéli, le substratum affleure e plusieurs points et constitue autant de « fond vifs » sur lequel se développent différentes espèces dont leur débris calcaires s'accumulent sur place où à proximité formant des sables et graviers, il en est de même sur la bordure rocheuse du Cap Matifou (Ferrani et Chehaima, 1998).

1.3.4.2. Sédiment siliceux

Aux abords de Cap Matifou jusqu'à Cap Djinet un important système sablonneux se développe occupant les premières profondeurs de plateau (- 20 m de profondeur) quasiment ininterrompu, à l'exception de la partie Est de la baie, entre L'oued Isser et Cap Djinet où ce système diminue pour apparaître à - 10 m de profondeur, au de-là de ce

Le système se sont les boues silico-argileuses qui se déposent composées de sablons siliceux, 30 % d'argiles et 20 % de calcaires (Ferrani et Chehaima, 1998).

1.3.4.3. Sédiment argileux

Les boues argilo-siliceuses recouvrent le rebord et le début de la pente continentale de 40% à 50% d'argiles, cette fraction de sédiment est formée de quelques quartz et de débris végétaux et animaux (Ferrani et Chehaima, 1998).

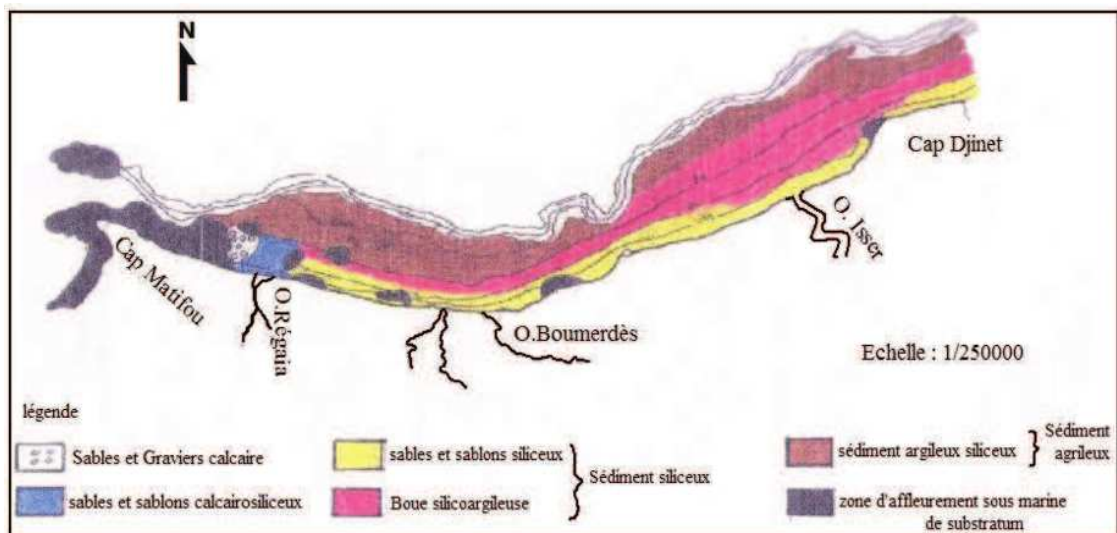


Figure 2.11 : Nature de la couverture sédimentaire dans la baie de Zemmouri (Leclaire, 1972)



*Matériels &
Méthodes*

I. Travaux effectués en mer**I.1. Choix et localisation des stations**

Le but de notre étude est de suivre l'état de la pollution par l'analyse de différents paramètres physico-chimiques et chimiques dans les eaux côtières algéroises (baie de Bou-Ismaïl, baie d'Alger et baie de Zemmouri) lors d'une série de sorties en mer qui ont été programmées du 12 mai au 30 mai 2013. Mais à cause de l'état de mer (conditions météorologiques défavorables) et le manque de moyens à la mer (seule la petite embarcation d'El Awras qui était opérationnelle), on a fait seulement deux sorties. La première s'est déroulée le 13-05-2013 au niveau de port de Sidi Fredj (3 stations) et la deuxième le 20-05-2013 où 5 stations ont été faite (deux stations au niveau de la baie d'El Djamila, une station en face de l'embouchure de l'oued Mazafran et une à proximité des deux îlots de Sidi Fredj, et la dernière station au niveau du port d'El Djamila), au total on a fait 8 stations. Ces stations ont été positionnées à l'aide d'un G.P.S (Global Position System).

La profondeur des stations est indiquée à l'aide d'un échosondeur à écran digital se trouvant à bord du bateau. Chaque station a été échantillonnée à deux niveaux de profondeur, en surface et en profondeur en fonction de la bathymétrie (exception : 2 m au niveau des ports).

Afin de pouvoir compléter notre étude, huit (08) échantillons ont été confiés par le CNRDPA. Ces échantillons ont été prélevés dans notre zone d'étude durant le mois de mars 2013 par les chercheurs du CNRDPA lors d'une mission à bord du navire Grine. Ces stations sont les suivantes : B5 et B6 dans la baie de Bou-Ismaïl, A1 et A2 dans la baie d'Alger et Z1, Z2, Z3, Z4 dans la baie de Zemmouri.

Localisation des stations

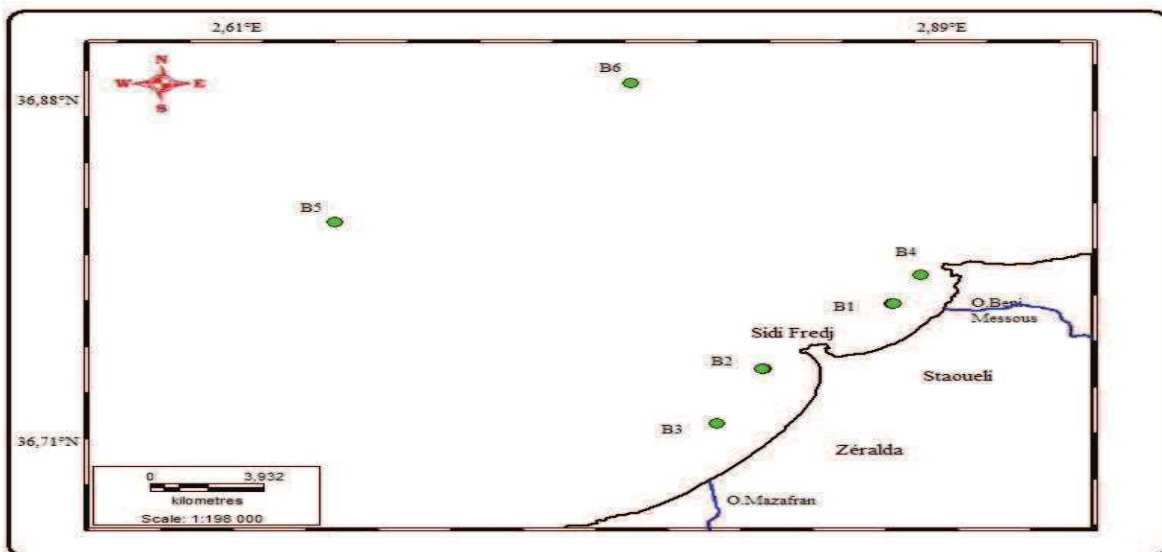


Figure 3.1 : Localisation des stations de la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl.

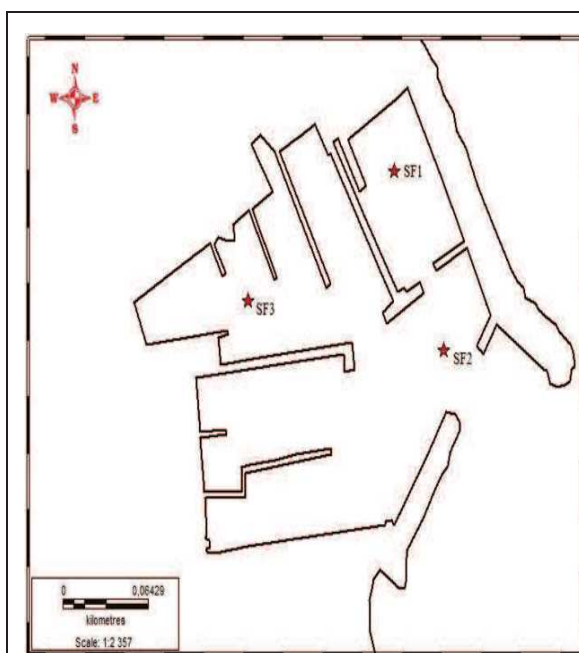


Figure 3.2 : Localisation des stations au niveau du port de Sidi Fredj.

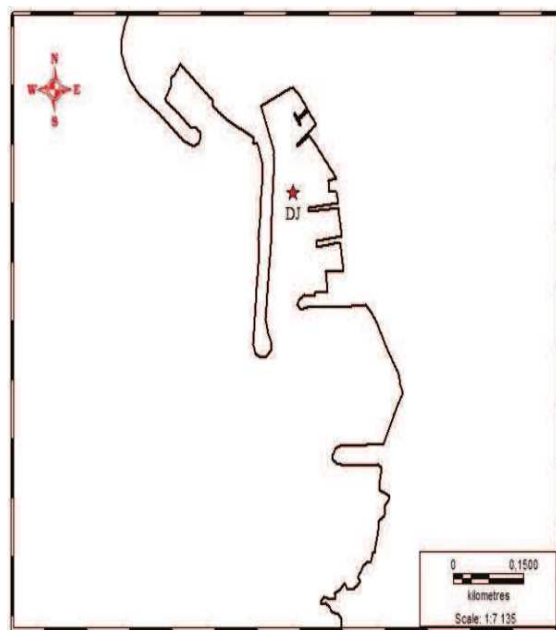


Figure 3.3 : Localisation des stations au niveau du port d'El Djamilia.

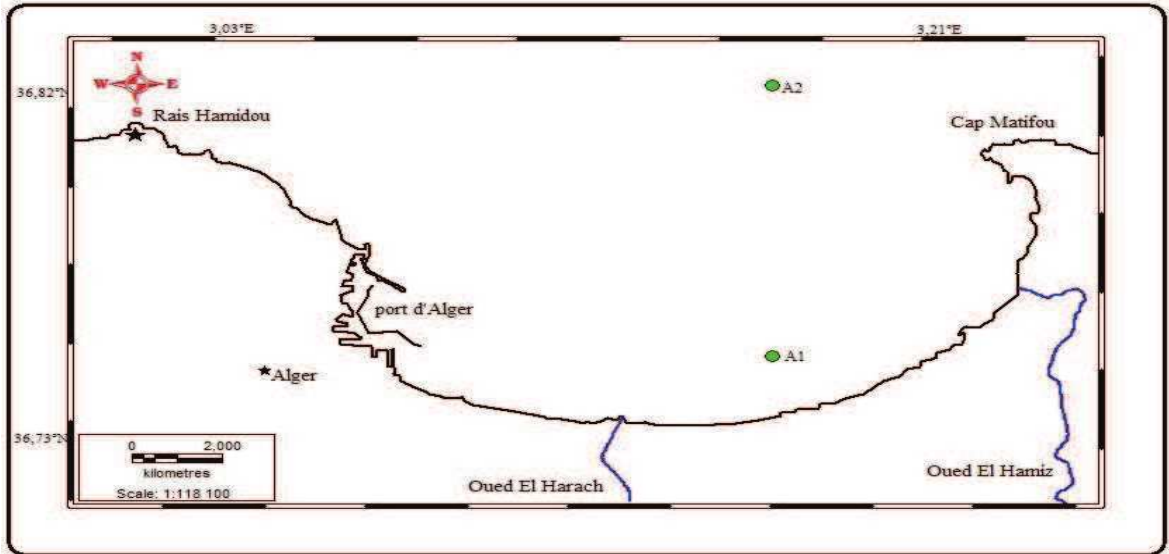


Figure 3.4 : Localisation des stations au niveau de la baie d'Alger.

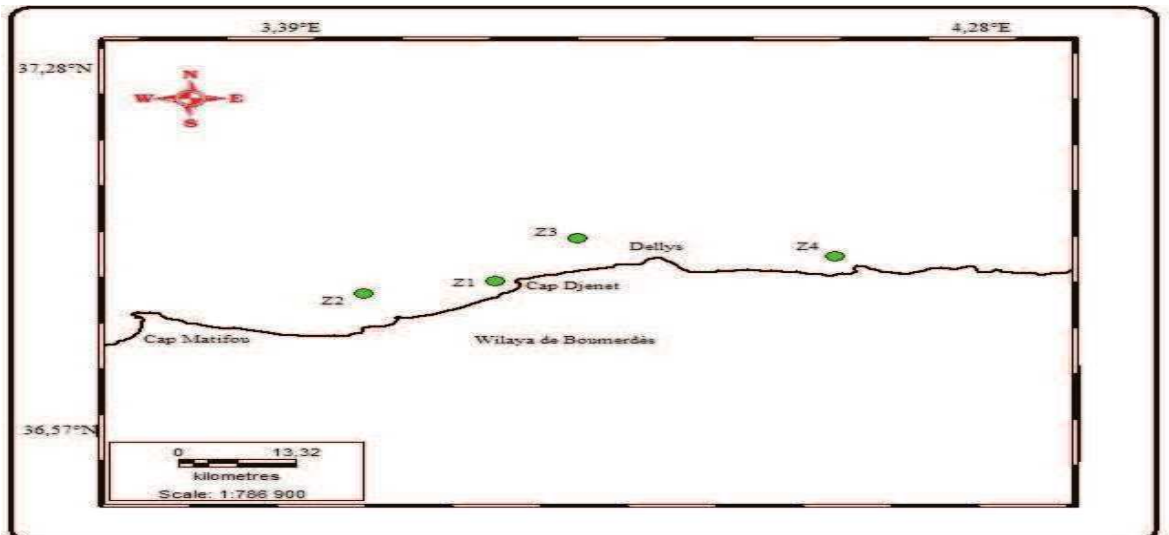


Figure 3.5 : Localisation des stations au niveau de la baie de Zemmouri.

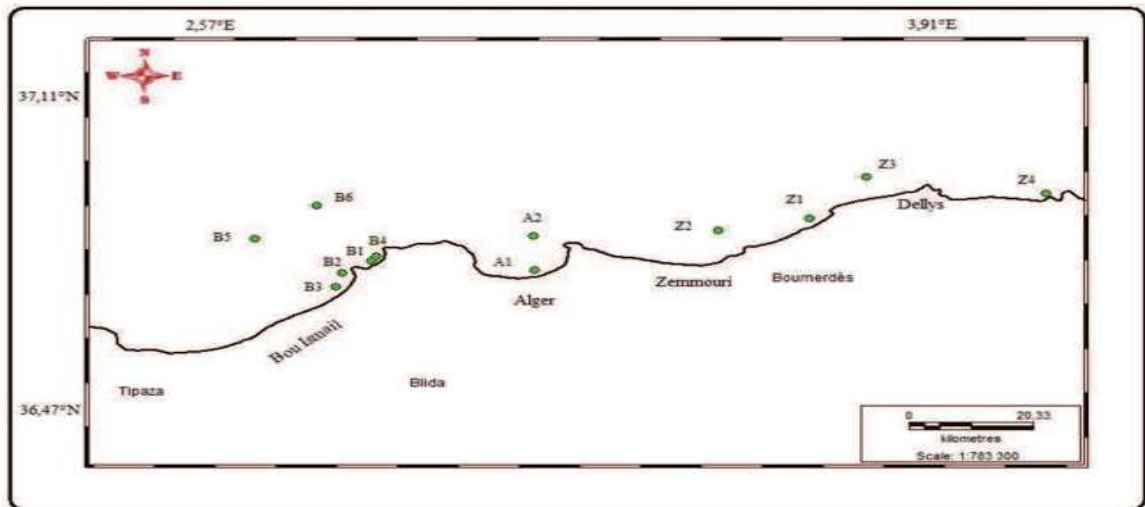


Figure 3.6 : Localisation des stations au niveau des trois baies.

I.2. Prélèvement d'eau de mer

L'eau de mer a été prélevée à l'aide d'une bouteille de type *NISKIN* (Figure 3.7, annexe 2) d'une capacité de 5 litres.

Des précautions particulières de propreté sont prises lors de la manipulation afin d'éviter toute contamination. La bouteille à clapets est ouverte juste avant sa mise à l'eau, et fermée à la profondeur requise, à l'aide d'un messenger qui coulisse le long du câble hydrographique auquel elle est fixée. Le positionnement exact de chaque station est assuré par le G.P.S du bord.

I.3. Echantillonnage et conservation

Une fois la bouteille est à bord, immédiatement après sa remontée, l'échantillon pour l'oxygène dissous est le premier prélèvement à effectuer. L'eau prélevée est versée dans des flacons en verre de 250 ml préalablement étiquetés destinés à l'analyse de l'oxygène dissous par la méthode de *WINKLER*.

Pour les autres échantillonnages effectués, l'eau prélevée est versée dans des flacons en polyéthylène de 250 ml. Ils sont destinés à l'analyse de la chlorophylle, les sels nutritifs et la matière en suspension. Ces flacons sont désignés par une étiquette qui porte l'origine de l'échantillon et la profondeur dans laquelle il a été prélevé.

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

I.4. Mesure des paramètres physico-chimiques

I.4.1. Oxygène dissous

Il est mesuré *in-situ* en mg/l à l'aide d'un oxymètre de terrain de type *WTW, Oxi 197i* (Figure 3.8, annexe2) préalablement calibré. L'électrode de l'appareil est plongée dans la bouteille *NISKIN* et la valeur du paramètre n'est notée après la stabilité de l'afficheur.

I.4.2. Salinité

Elles sont mesurés *in-situ* à l'aide d'un conductimètre de type *WTW cond 197i* (Figure 3.9, annexe2) de terrain préalablement calibré, la conductivité est donnée en millisiemens/cm et la salinité en P.S.U (Practical Salinity Unit).

I.4.3. Température

Elle est mesurée en (° C) *in-situ* à l'aide de l'oxymètre et/ou du conductimètre.

I.4.4. Le pH

Il a été mesuré *in-situ* à l'aide d'un pH mètre de terrain de type *WTW pH 315i* (Figure 3.10, annexe2) préalablement calibré.

II. Travaux effectués au laboratoire

II.1. Détermination de la matière en suspension MES

a. Principe de la méthode

La définition ISO des matières en suspension (**AFNOR, 1999a**) indique qu'il s'agit des « matières éliminées par filtration ou centrifugation dans des conditions définies ».

En Océanographie, on considère comme dissous ce qui passe au travers d'un filtre dont la porosité est d'environ 0,5 µm (**Strickland et Parsons, 1972**).

Cette méthode consiste à retenir sur un filtre (GF/F) toutes les particules de tailles supérieures à 0.45 µm. La teneur en MES est ainsi obtenue par la différence de poids de filtre avant et après filtration (volume d'eau suffisant) et rapportée au volume d'eau filtrée.

Les concentrations en [MES] sont exprimées en mg.l⁻¹.

b. Matériel et appareillage

- Filtres millipores de porosité 0,45 µm de type *WHATMAN®* GF/F.
- Système de filtration sous vide de marque *Millipore®* (Figure 3.11, annexe2).
- Balance de précision de 1/10000 g de marque *Denver Instrument®* modèle *M-220D* (Figure 3.12, annexe2).
- Etuve de type *WTB BINDER®*.
- Dessiccateur.

- Four à moufle de marque *Wisetherm*® CWF 1200.
- Matériels courants de laboratoire.

c. Mode opératoire

Préparation des filtres

- Mettre les filtres au four à moufle à 450° C pendant 2 heures, ce traitement renforce la rigidité et la solidité des membranes.
- Laisser la température du four revenir à 70 ° C avant de retirer les filtres.
- Laisser refroidir au dessiccateur.
- Numéroter les boîtes à filtres de façon indélébile.
- Peser chaque filtre à la balance à la précision de 1/10000 g. soit le poids P_1 .
- Mettre chaque filtre pesé dans sa boîte, à l'abri de la poussière.

Filtration

- Placer un filtre et le centrer dans le dispositif de filtration.
- Placer l'entonnoir de filtration.
- Homogénéiser l'échantillon.
- Mesurer le volume (V en ml) à filtrer par l'éprouvette.
- Verser l'échantillon sur le filtre et appliquer le vide, puis filtrer progressivement tout le volume mesuré.
- Supprimer l'aspiration dès que le filtre est à sec, rincer les parois de l'entonnoir de filtration à l'eau distillée et aspirer à nouveau.
- Retirer l'entonnoir de filtration, et remettre chaque filtre dans sa boîte numérotée.

Séchage et pesée des filtres

- Mettre les boîtes contenant les filtres, sans le couvercle, à l'étuve à 70° C pendant 2 heures.
- Laisser refroidir au dessiccateur et n'en sortir les filtres que juste avant la pesée.
- Peser chaque filtre à la balance à la précision de 1/10000 g. soit P_2 ce poids.

d. Calcul et expression des résultats

La concentration des MES est donnée par l'expression :

$$[\text{MES}] (\text{mg. l}^{-1}) = [(P_2 - P_1)/V]$$

Où :

P_1 : poids du filtre avant filtration (mg).

P_2 : poids du filtre après filtration (mg).

V : volume filtré (l).

II.2. Dosage de la chlorophylle-*a* par la spectrofluorimétrie ultraviolette (S.F.U.V)

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

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

Dans notre cas, la concentration en chlorophylle *a* est déterminée selon la méthode fluorimétrique de **Yenstch et Menzel (1963)** adaptée par **Holm-Hansen et Rieman (1978)** pour l'extraction des pigments à l'aide du méthanol.

a. Matériel et appareillage

- Dispositif de filtration et des filtres GF/F 0,7 μm de porosité.
- Tubes de dosage de 10ml, et des tubes de 10ml pour la préparation des standards.
- Centrifugeuse *Hettich ZENTRIFUGEN* de type *EBA 30* (Figure 3.13, annexe2).
- Spectrophotomètre fluorescence de type *HITACHI* modèle *650-10 S* équipé d'une lampe « Xénon » qui est la source du rayonnement UV et une cuvette en quartz de 1 cm de trajet optique (Figure 3.14, annexe2).
- Matériels courant de laboratoire.

b. Réactifs

- Suspension carbonate de magnésium MgCO_3 à 1%.
- Solvant d'extraction : méthanol à 96%.

c. Mode opératoire**Filtration et conservation**

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

Extraction au méthanol

- Les tubes de 10 ml sont préalablement rincés avec de détergent, de l'eau de robinet et de l'eau distillée, et sécher à l'étuve.
- Allumer l'appareil et la lampe une heure avant les mesures.
- Préparation d'une solution de méthanol à 96% : dans une éprouvette de 100 ml remplir 96,2 ml de méthanol pur et compléter à 100 ml par de l'eau distillée.
- Conditionner les tubes de dosage par le méthanol.
- Mettre les filtres dans les tubes préalablement numérotés et ajouter 5 ml de méthanol à 96%.
- Placer les tubes à l'obscurité dans un réfrigérateur, pour une période d'extraction de 30 minutes.
- Après l'extraction, centrifuger à 3000 tours/min, pendant 2 minutes.
- mesurer l'intensité fluorescente (IF) des échantillons.

➤ La lecture de l'intensité fluorescente se fait aux longueurs d'ondes suivantes :

- Longueur d'émission = 660 nm.
- Longueur d'excitation = 540 nm.

d. Etalonnage

L'étalonnage est réalisé à l'aide d'une série de quatre standards de concentration de : 2 µg/l, 4 µg/l, 6 µg/l, 8 µg/l et 10 µg/l, en plus d'un blanc de méthanol pour tracer une droite d'étalonnage de la chlorophylle *a*.

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

Les volumes à prélever de la solution mère pour la préparation de la gamme des standards sont respectivement : 20 µl, 30 µl, 40 µl et 50 µl à compléter ce volume à 10ml avec du méthanol à 96%.

	IF(UA)	concentration (µg/l)
méthanol	0	0
STD1	1,2	4
STD2	1,6	6
STD3	2	8
STD4	2,4	10

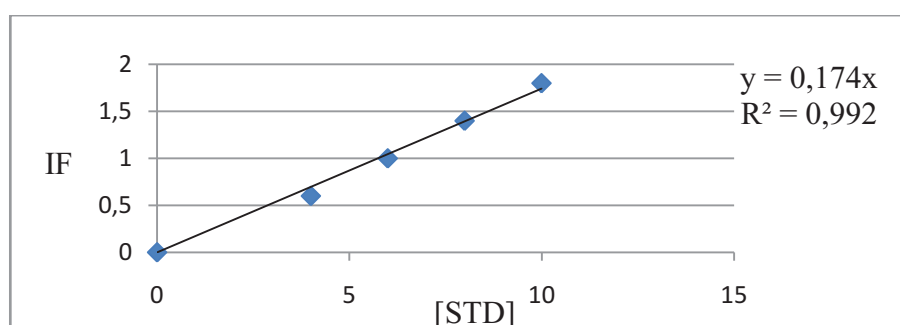


Figure 3.15 : Courbe d'étalonnage de la chlorophylle *a*.

e. Calcul des concentrations en chlorophylle *a*

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

$$\text{CHL } (\mu\text{g/l}) = (\text{F}_0 / \text{K}_0) * (\text{v/V})$$

F_0 : valeur de l'intensité fluorescente fluorescence.

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

v : volume d'extraction.

V : Volume filtré.

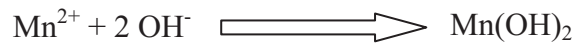
II.2.3. Prélèvement et dosage de l'oxygène dissous par la méthode de Winkler

a. PRINCIPE DU DOSAGE

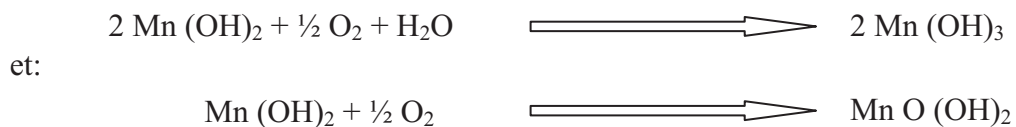
Le principe du dosage est de former un précipité de manganèse (Mn II) et de l'oxyder par l'oxygène dissous (Mn III et Mn IV). En milieu acide et en présence d'iodure, le manganèse est réduit, ce qui libère de l'iode. L'iode est alors titré par le thiosulfate.

Réactions chimiques (Aminot & Chausse-pied, 1983)

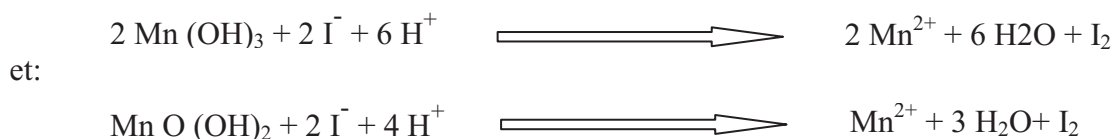
On ajoute à l'eau de mer une solution de manganèse II que l'on précipite par une base forte :



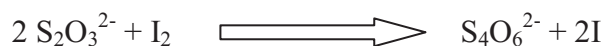
Une réaction en milieu hétérogène entre le précipité ainsi formé et l'oxygène dissous fait passer le métal à des degrés d'oxydation supérieurs (III et IV) :



Lorsque la réaction est terminée le milieu est acidifié (redissolution du précipité) ; la solution contenant des ions iodure (ayant été introduits avec la base forte), il y a formation d'iode avec retour du manganèse au degré d'oxydation II :



L'iode libéré est dosé par le thiosulfate :



Il faut deux moles de thiosulfate pour doser une mole d'iode elle-même libérée par $\frac{1}{2}$ mole d'oxygène. Donc 4 moles de thiosulfate pour une mole d'oxygène.

b. Matériel et appareillage utilisé

- Flacons en verre borosilicate de 250ml environ à bouchon plongeant et collerette (Figure 3.16, annexe 2).
- Deux distributeurs de réactifs ou distributeurs à seringue.
- Micropipettes avec pointes adaptées.
- Titroline de type *EASY, SC HOTT instrument* (Figure 3.17, annexe 2).
- Matériels courant de laboratoire.

c. Réactifs chimiques exigées

- Solution de MnCl_2 (R1).
- Solution basique d'iodure de Na (R2).
- Solution d' H_2SO_4 10N (R3).
- Solution de thiosulfate 0,01 N.
- Solution étalon d'iodate de potassium 0,01 N.

La préparation des réactifs est indiquée en annexe 3.

d. Prélèvement et conditionnement

- L'échantillon pour l'oxygène dissous est le premier prélèvement effectué lorsque la bouteille Niskin arrive sur le pont, immédiatement après sa remontée.
- Rincer le flacon de prélèvement et le bouchon deux fois par l'eau de l'échantillon.
- Placer le tuyau en silicone de la bouteille Niskin au fond du flacon.
- Purger le tuyau souple afin qu'il n'y reste aucune bulle.
- Remplir le flacon en maintenant le tuyau au fond de la bouteille sans provoquer de turbulence, tout en régulant le débit de remplissage qui doit être évolutif avec les différentes phases de remplissage, très doux au début jusqu'à ce que le tuyau soit immergé, puis un peu plus rapide sans turbulence, puis très doux lors de la sortie du tuyau.

- Laisser déborder 1 fois le volume du flacon. Le flacon doit être rempli à ras bord.
- Ajouter immédiatement les réactifs R1 puis R2 (2 ml de chaque réactif) en plaçant l'embout du distributeur de réactif sous la surface de l'échantillon afin de ne pas introduire de bulle d'air.
- Boucher la bouteille sans emprisonner d'air puis mélanger par plusieurs retournements.
- Agiter une seconde fois les flacons, environ 15 mn plus tard ou dès le retour au laboratoire.

e. Conservation et stockage

- Les flacons sont Conservés à l'obscurité en évitant le dessèchement du rodage, en immergeant complètement les flacons dans l'eau.
- Les analyses des échantillons sont effectuées au plus tard, mais il ne faut pas dépasser un délai de 1 mois après le prélèvement.

f. Analyse des échantillons

Détermination du titre de la solution de thiosulfate

- Remplir un flacon de prélèvement par l'eau distillée, en évitant d'emprisonner des bulles d'air.
- Verser le dans un bécher, et mettre un barreau magnétique de dans et placer le tout dans le système de *Titroline*.
- Mettre l'agitateur magnétique à faible vitesse de manière à éviter les projections de goutte sur les parois.
- Ajouter 5 ml d'acide sulfurique + 2 ml de R2 + 2 ml de R1, puis 10 ml d'iodate de potassium de 0,01N. La solution vire au jaune.
- Immerger l'électrode et le distributeur de titrant (thiosulfate).
- Appuyer sur start deux fois pour commencer le titrage.
- Le logiciel calcule et affiche à la fin du titrage le point équivalent. (à refaire ce test trois fois).

Soit V_s , la moyenne des trois volumes de thiosulfate utilisés pour la standardisation, donc Pour un volume de 10 s ml de KIO_3 0,01N et V_s le volume de thiosulfate versé, N_t est égal à :

$$N_t = (10 * 0,01) / V_s$$

Détermination du blanc chimique

- On Remplit 1 flacon de prélèvement par l'eau distillée, évité d'emprisonner des bulles d'air.
- Ajouter 5 ml d'acide sulfurique + 2 ml de R2 + 2 ml de R1 et Ajouter 1 ml de solution de KIO3 0,01 N.
- Titrer immédiatement par le thiosulfate en s'arrêtant exactement au point d'équivalence. Soit **V1** ce volume.
- Ajouter à nouveau 1 ml de KIO3 0,01 N, et titrer. Soit **V2** ce volume.
- La différence (**b = V1 – V2**) donne la valeur du blanc chimique.

g. Préparation des échantillons

- Quand les réactifs ont été ajoutés et que l'oxygène a complètement réagit (précipité dans les 2/3 inférieurs du flacon), on passe à l'analyse des échantillons.
- Ouvrir délicatement le bouchon du flacon d'échantillonnage.
- Ajouter alors juste sous la surface de l'échantillon le réactif 3 (5 ml).
- Reboucher immédiatement en évitant d'emprisonner de l'air et agiter jusqu'à dissolution complète du précipité.
- Procéder le titrage comme il est indiqué dans la partie (détermination du titre du thiosulfate).

h. Calcul de la concentration en oxygène

$$[O_2](mol/l) = \frac{Nt * (Ve) * 8000}{(Ve)}$$

II.4. Dosage des sels nutritifs**II.4.1. Principe de dosage des sels nutritifs**

Le principe de détermination des sels nutritifs (ammonium, nitrites, nitrates, orthophosphates et silicates) est basé sur la formation de complexes spécifiques colorés dont l'absorption est directement proportionnelle à la concentration du sel nutritif à doser.

La quantité de lumière absorbée par la solution, appelée absorbance (A) ou densité optique (D.O.), obéit à la loi de BEER-LAMBERT qui est exprimée par la relation suivante :

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

- I_0 et I sont respectivement les intensités lumineuses incidentes et émergentes du milieu absorbant.
- A : Absorbance ou densité optique (D.O.).
- L : trajet optique (épaisseur du milieu absorbant).
- ϵ : coefficient d'extinction molaire, variant entre la température et longueur d'onde.
- C : concentration du milieu absorbant.

II.4.2. Appareillages

- spectrophotomètre de marque *HITACHI U-2001* (Figure 3.18, annexe2).
- Appareils courants de laboratoire.

II.4.3. L'analyse des sels nutritifs

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

II.4.3.1. Dosage de l'azote ammoniacal $N-NH_4^+$

a. Principe de la méthode

La méthode décrite mesure la totalité de l'azote ammoniacal, soit $N-NH_3 + N-NH_4^+$. Il s'agit de la méthode **Koroleff (1969)**. Dans un premier temps, l'ammoniac forme une monochloramine avec l'hypochlorite en milieu légèrement basique. Cette dernière réagit avec le phénol en présence d'un excès d'hypochlorite pour former le bleu d'indo-phénol absorbe à 630 nm.

b. Les réactifs exigés

- Réactifs 1 : solution de phénol-nitroprussiate.
- Réactifs 2 : solution alcaline d'hypochlorite.
- Solution étalon primaire d'ammonium .
- Solution étalon secondaire d'ammonium.

La préparation des réactifs est décrite en **annexe 4**.

c. Etalonnage

- Introduire dans des fioles jaugées de 100 ml, 1 ml -2 ml -3 ml -4 ml -5 ml -10 ml de la solution étalon secondaire et compléter à 100 ml avec l'eau distillée pour obtenir les concentrations présentées respectivement comme suit : 0,5 $\mu\text{mole/l}$ -1 $\mu\text{mole/l}$ - 1,5 $\mu\text{mole/l}$ -2 $\mu\text{mole/l}$ -2,5 $\mu\text{mole/l}$ -5 $\mu\text{mole/l}$, (à refaire 3 fois).
- Analyser ces solutions selon le mode opératoire de l'azote ammoniacal.
- Après avoir les absorbances, tracer la courbe d'étalonnage.

La courbe d'étalonnage établit (**Figure 3.18**) a pour équation $y = 0,029x$ avec $R^2 = 0,999$.

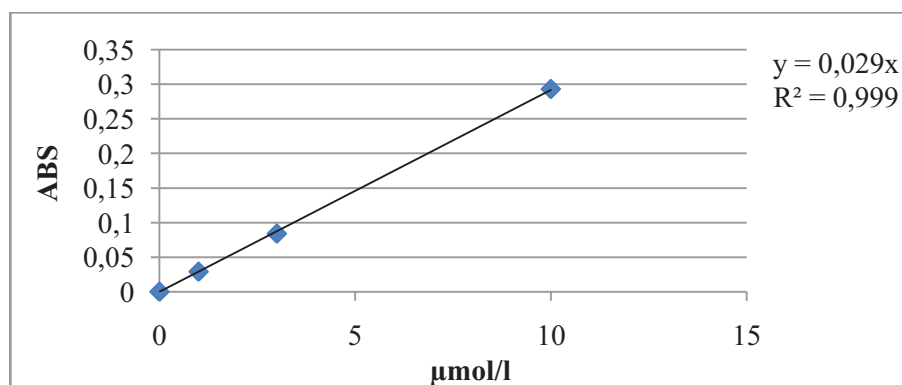


Figure 3.19 : Courbe d'étalonnage de l'ammonium.

d. Mode opératoire

- Prendre 100 ml de l'échantillon dans le flacon de réaction.
- Ajouter 3 ml du réactif 1.
- Boucher et agiter pour mieux homogénéiser.
- Ajouter sans attendre 3 ml de deuxième réactif.
- Boucher et agiter à nouveau.
- Placer immédiatement à l'abri de la lumière pendant 6 heures ou mieux pendant une nuit.
- Mesurer l'absorbance à 630 nm par rapport à l'eau distillée. Soit Atr cette mesure.

II.4.3.2. Dosage des nitrites NO_2^-

a. Principe de la méthode

La méthode décrite, fondée sur la **réaction de Griess**, et appliquée à l'eau de mer par **Bendschneider et Robinson (1952)**. Les ions nitrite forment un diazoïque avec la sulfanilamide en milieu acide ($pH < 2$), puis le diazoïque réagit avec le N-naphtyl-éthylènediamine pour former le colorant rose absorbe à la longueur d'onde de 543 nm.

b. Les réactifs exigés

- Réactif 1 : solution de sulfanilamide.
- Réactif 2 : solution de N-Naphtyl-éthylènediamine.
- Solution étalon primaire de nitrite.
- solution étalon secondaire de nitrite.

La préparation des réactifs est décrite en **annexe 4**.

c. Etalonnage

- Introduire, dans des fioles jaugées de 100 ml, 0,4 ml -0,8 ml -1,2 ml -1,6 ml -2 ml -2,4 ml de l'étalon secondaire et compléter à 100ml avec l'eau distillée, afin d'obtenir la gamme de concentrations : 0,2 $\mu\text{mole/l}$ -0,4 $\mu\text{mole/l}$ -0,6 $\mu\text{mole/l}$ -0,8 $\mu\text{mole/l}$ -1 $\mu\text{mole/l}$ -1,2 $\mu\text{mole/l}$, (à refaire 3 fois).
- Faire l'analyse de ces étalons selon le processus décrit pour les nitrites.
- Mesurer l'absorbance et tracer la courbe d'étalonnage.

La courbe d'étalonnage établit (**Figure 3.19**) a pour équation $y = 0,047x$ avec $R^2 = 0,999$.

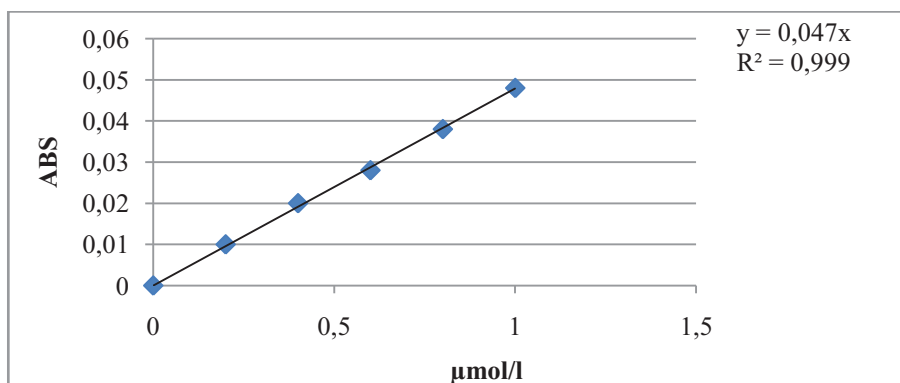


Figure 3.20 : Courbe d'étalonnage des nitrites.

d. Mode opératoire

- Rincer une éprouvette de 50 ml avec l'eau à analyser et y introduire 25 ml de l'échantillon.
- Ajouter 0,25 ml de réactif 1 et mélanger.
- Laisser reposer 2 à 8 minutes.
- Ajouter 0,25 ml du réactif 2 et mélanger à nouveau.
- Attendre 10 min mais ne dépasse pas 2 heures.
- Mesurer l'absorbance à la longueur d'onde de 543 nm, en prenant de l'eau distillée comme référence. Soit A_{tr} cette valeur.

II.4.3.3. Dosage des nitrates NO_3^- **a. Principe de la méthode**

La méthode retenue est celle fondée sur le dosage des ions NO_2^- obtenus par réduction quantitative des ions NO_3^- . On mesure la somme des concentrations des ions NO_3^- et NO_2^- . Par déduction de la concentration en nitrite, déterminée sans réduction, on obtient la concentration en nitrate. La réduction est effectuée par passage de l'échantillon sur une colonne de cadmium traité au cuivre (**Wood et al., 1967**).

b. Les réactifs exigés

- Réactifs 1 : Solution de sulfanilamide.
- Réactif 2 : Solution de N-Naphtyl-Ethylenediamine.
- Solution étalon de nitrite.
- Solution étalon de nitrate.
- Solution concentrée de chlorure d'ammonium.
- Solution diluée de chlorure d'ammonium.
- Solution de sulfate de cuivre.

La préparation des réactifs est décrite en **annexe 4**.

La préparation la colonne réductrice est décrite en **annexe 4**.

c. Etalonnage

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

La courbe d'étalonnage établit (**Figure 3.20**) a pour équation : $y = 0,050x$ avec $R^2 = 0,998$.

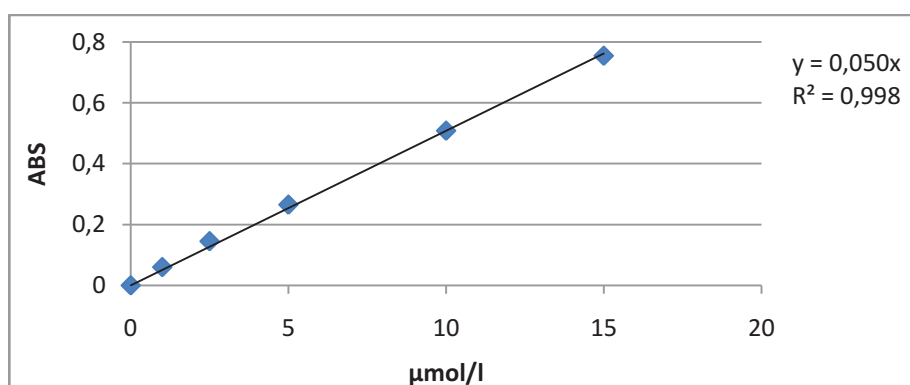


Figure 3.21 : Courbe d'étalonnage des nitrates.

d. Mode opératoire**Analyse de la concentration totale nitrite + nitrate**

- Prendre 100 ml d'échantillon, ajouter 2 ml de la solution concentrée de chlorure d'ammonium et mélanger correctement.
- Verser environ 5 ml de cette solution dans la colonne et les laisser écouler (cette procédure diminue les risques d'interférences entre échantillon successifs).
- Verser le reste de l'échantillon.
- Rejeter les 30 premiers millimètres.

- Rincer une éprouvette graduée de 50 ml avec quelques millimètres de la solution sortant de la colonne et recueillir 50 ml d'effluent.
- Ajouter aussitôt 1 ml de réactifs 1 et mélanger.
- Laisser reposer 2 à 8 min.
- Ajouter 1 ml du 2 réactifs, mélanger.
- Attendre au moins 10 min mais ne dépasse pas 2 heures.
- Mesure l'absorbance en cuve de 1 cm à 543 nm, par rapport à l'eau distillée. Soit A_{tr} cette mesure.

Analyse des ions nitrites

- Prendre 50 ml d'échantillon, ajouter 1 ml de solution concentrée de NH_4Cl et mélanger.
- Poursuivre le dosage comme sur 50 ml d'effluent de la colonne.

II.4.3.4. Dosage du phosphore minéral dissous

a. Principe de la méthode

La méthode de **Murphy et Riley (1962)** reste encore aujourd'hui une des plus rapides et des plus simples pour le dosage des ions orthophosphates en eau de mer.

Les ions phosphates réagissent avec le molybdate d'ammonium, en présence d'antimoine(III), pour former un complexe que l'on réduit par l'acide ascorbique ; cette forme réduite, de coloration bleue, à un maximum d'absorption à 885 nm.

b. Les réactifs exigés

- Solution de molybdate d'ammonium.
- Acide sulfurique 2,5 mol/l.
- Solution d'acide ascorbique.
- Solution d'oxotartrate de potassium et d'antimoine.
- Solution étalon primaire de phosphate.
- Solution étalon secondaire de phosphate.

La préparation des réactifs est décrite en **annexe 4**.

c. Etalonnage

- Introduire, dans des fioles jaugées de 100 ml, 0,4 ml - 0,8 ml - 1,2 ml - 1,6 ml - 2 ml - 2,4 ml de solution étalon secondaire et compléter à 500 ml avec de l'eau distillée, correspondant à ces concentrations suivants : 0,2 $\mu\text{mole/l}$ - 0,4 $\mu\text{mole/l}$ - 0,6 $\mu\text{mole/l}$ - 0,8 $\mu\text{mole/l}$ - 1 $\mu\text{mole/l}$ - 1,2 $\mu\text{mole/l}$ de PO_4^{3-} , (à refaire 3 fois).
- Analyser ces solutions selon les démarches suivies pour l'analyse de phosphore organique.

La courbe d'étalonnage établit (**Figure 3.21**) a pour équation $y = 0,025x$ avec $R^2 = 0,997$.

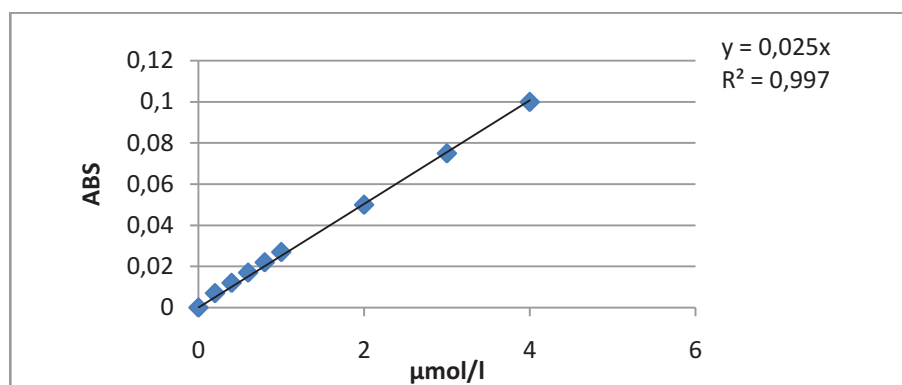


Figure 3.22 : Courbe d'étalonnage des phosphates.

d. Mode opératoire

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

II.4.3.5. Dosage du silicium dissous réactif

a. Principe de la méthode

L'analyse est effectuée selon la méthode de **Mullin et Riley (1955)** adaptée par **Strickland et Parsons (1972)**.

Le dosage colorimétrique est fondé sur la formation du complexe silicomolybdique qui, après coloration donne une coloration bleue intense.

b. Les réactifs exigés

- Réactif 1 : réactif au molybdate.
- Solution de métol-sulfite.
- Solution saturé d'acide oxalique.
- Solution d'acide sulfurique à 50% en volumes.
- Réactif 2 : réducteur.
- Solution étalon de silicium.

La préparation des réactifs est décrite en **annexe 4**.

c. Etalonnage

- Introduire dans des fioles jaugées en plastique de 100 ml, 5 ml -10 ml -15 ml -20 ml -25 ml -30 ml de la solution étalon et compléter à 100 ml avec de l'eau distillée pour obtenir la gamme de concentration : 5 $\mu\text{mol/l}$ -10 $\mu\text{mol/l}$ -15 $\mu\text{mol/l}$ -20 $\mu\text{mol/l}$ -25 $\mu\text{mol/l}$ -30 $\mu\text{mol/l}$.
- Poursuivre les analyses sur chacune de ces solutions selon le processus suivis pour le dosage des silicates.
- Mesurer l'absorbance et tracer la droite d'étalonnage.

La courbe d'étalonnage établit (**Figure 3.22**) a pour équation $y = 0,011x$ avec $R^2 = 0,999$.

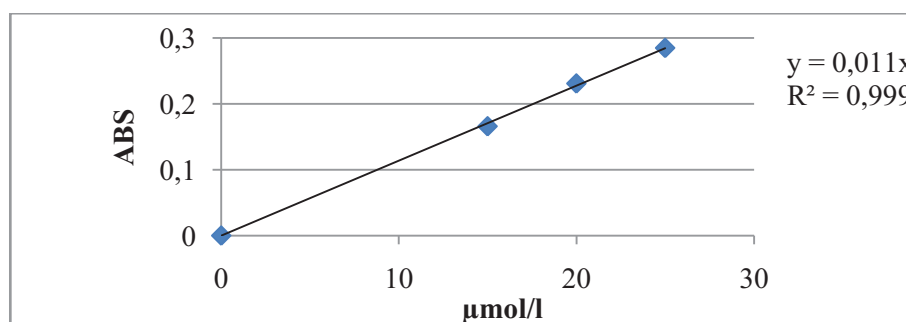


Figure 3.23 : Courbe d'étalonnage des silicates.

d. Mode opératoire

- Introduire, dans une éprouvette en polyéthylène de 50 ml, 10 ml de réactifs 1.
- Ajouter à la pipette 25 ml d'échantillon, boucher et mélanger.
- Attendre au minimum 10 min mais jamais plus de 30 min, et noter ce temps à 1/2 min près afin d'opérer toujours de façon identique pour tous les échantillons et les étalons.
- Ajouter rapidement le réactif 2, fraîchement préparé, pour à 50 ml et mélanger aussitôt.
- Attendre 2 à 3 heures et mesurer l'absorbance A_{tr} en cuve de 1 cm par rapport à l'eau distillée, à 810 nm.

II.4.4. Calcul et expression des résultats**a. Les absorbances**

A_{tr} : Absorbance mesurée pour l'échantillon traité (après correction du blanc des cuves).

bt : Absorbance mesurée pour la turbidité (après correction des blancs des cuves).

br : Absorbance mesurée pour le blanc des réactifs (après correction des blancs des cuves).

A = **A_{tr}** – **bt** – **br** (pour chaque élément nutritifs), reportée sur la courbe d'étalonnage pour en déduire la concentration de l'échantillon.

R : Le rendement de réduction des ions nitrate en nitrite ($R \leq 1$).

r : la fraction des ions nitrites non réduits par la colonne ($r \leq 1$).

P : C'est la pente de courbe d'étalonnage pour chaque élément nutritif.

b. Les concentrations

$$[N-NH_3, 4] (\mu\text{mol/l}) = A/P$$

$$[N-NO_2^-] (\mu\text{mol/l}) = A/P$$

$$[NO_3^-] (\mu\text{mol/l}) = [NO_2^- + NO_3^-] \mu\text{mol/l} * 1/R - [NO_2^-] \mu\text{mol/l} * r/R$$

$$[PO_4^{3-}] (\mu\text{mol/l}) = A/P$$

$$[SiO_2^-] (\mu\text{mol/l}) = A/P$$



*Résultats &
Discussion*

I. Analyse paramétrique

I.1. Paramètres physico-chimiques

Les résultats obtenus des paramètres physico-chimiques, sont présentés dans le tableau ci-dessous sous forme de valeurs moyennes et extrêmes.

I.1.1. La partie Est de la baie de Bou-Ismaïl

	Température (° C)		Salinité (PSU)		Oxygène (mg/l)		
	surface	fond	surface	fond	winkler	oxymètre	
					surface	surface	fond
Maximum	18,2	18,2	35,6	35,6	7,29	4,3	4,2
Minimum	18	17,9	30,6	35,4	6,99	3,3	3,2
Moyenne	18,07	18,1	34,25	35,48	7,13	4	3,83
Ecart-type	0,09	0,14	2,44	0,09	0,15	0,47	0,43

I.1.1.1. Température (° C)

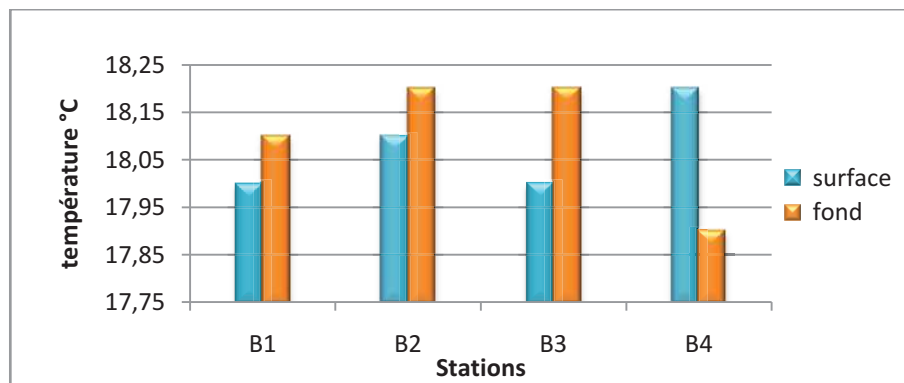


Figure 4.1 : Variation de la température à différentes profondeurs dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl.

Avec une moyenne de 18,07 ° C et un écart-type de 0,10, les valeurs thermiques au niveau de la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl reflètent une situation typiquement printanière. Les valeurs de la température de surface sont proches les unes des autres avec un minimum de 18 ° C au niveau des deux stations B1 et B2 (oued Beni-Messous et les îlots de Sidi Fredj) et un maximum de 18,2 ° C au niveau de la station B4 (extérieur du port d'El Djamil). En profondeur, la valeur moyenne mesurée est de 18,1 ° C et un écart-type de 0,14, avec un minimum de 17,9 ° C observé au niveau de la station B4 (extérieur du port d'El Djamil), et un maximum de l'ordre de 18,2 ° C au niveau des deux stations B2 et B3.

Les valeurs élevées de la température dans les stations B1, B2, B3 dans les eaux profondes par rapport aux eaux de surface peut être expliqué par la situation des ces trois stations, qui sont des stations côtières soumises aux différentes rejets des unités industrielles implanté le long de la côte.

L'écart de la température entre la surface et le fond est de $0,11^{\circ}\text{C}$.

I.1.1.2.Salinité (PSU)

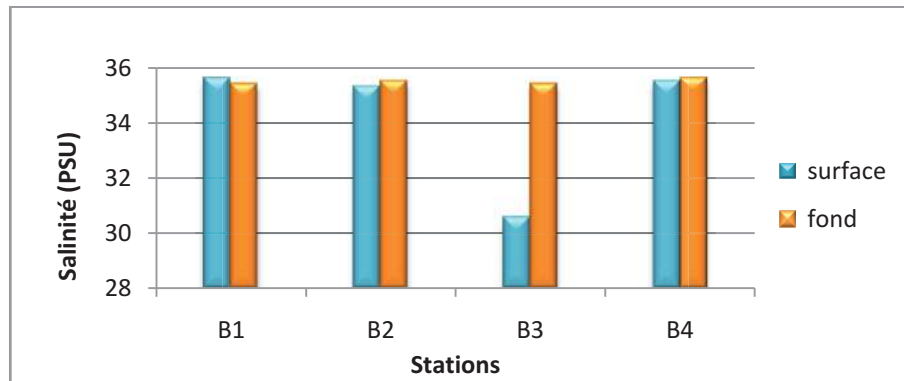


Figure 4.2: Variation de la salinité à différentes profondeurs dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl.

La salinité de surface au niveau de la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl varie dans une large gamme (écart-type de 2,44), avec un minimum de 30,6 PSU au niveau de la station B3 (en face de l'embouchure de l'oued Mazafran) et un maximum de l'ordre de 35,6 PSU au niveau de la station B1, la valeur moyenne est de 34,5 PSU. Donc l'influence des eaux continentales est nettement ressentie, surtout au niveau de l'embouchure de l'oued Mazafran qui provoque la dessalure des eaux de surface, diminuant ainsi la salinité de l'eau de mer pour atteindre une valeur de 30,6 PSU.

Contrairement à la surface, la mesure de la salinité en profondeur au niveau des quatre stations indique des valeurs relativement identiques. Avec un écart-type très faible de l'ordre 0,1 et une moyenne de 35,48 PSU. La salinité du fond varie entre un minimum de 35,4 PSU (B1 et B3) et un maximum de 35,6 PSU au niveau de la station B4

L'écart-type de la salinité entre la surface et le fond est importants est de l'ordre de 1,73.

I.1.1.3. Oxygène dissous

➤ Par la méthode électrochimique

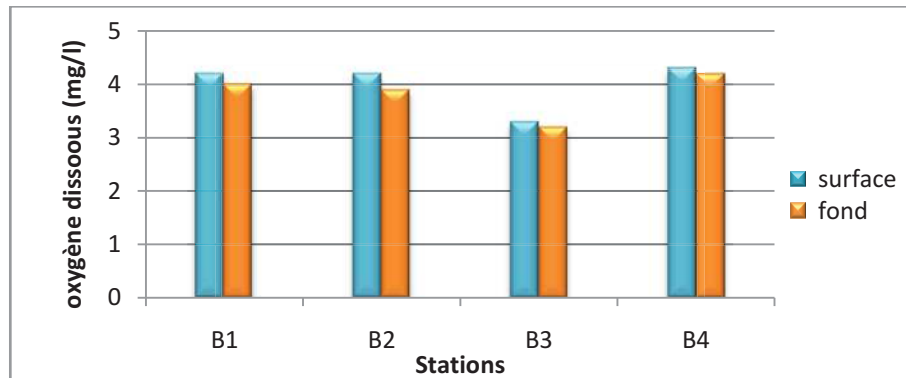


Figure 4.3 : Variation de la concentration en oxygène dissous à différentes profondeurs dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl.

Les teneurs en oxygène dissous des eaux de surface de la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl varient entre un minimum de 3,3 mg/l au niveau de la station B3 (en face de l'embouchure du l'oued mazafran) et un maximum de l'ordre de 4,3 mg/l au niveau de la station B4 avec une moyenne de 4 mg/l et un écart-type de 0,47.

De même les valeurs de l'oxygène dissous des eaux profondes sont proches de celles des eaux de surface avec une légère diminution. On a relevé un minimum de 3,2 mg/l toujours au niveau de la station B3 et un maximum de l'ordre de 4,2 mg/l (station B4), avec une moyenne de 3,83mg/l et un écart-type de 0,43. Ceci s'explique par la dynamique des eaux (turbulence) et la faible profondeur sur lequel on a fait le prélèvement des échantillons (maximum 20 m de profondeur).

L'écart-type de l'oxygène dissous entre la surface et le fond est de l'ordre de 0,43.

➤ Par la méthode chimique (Winkler)

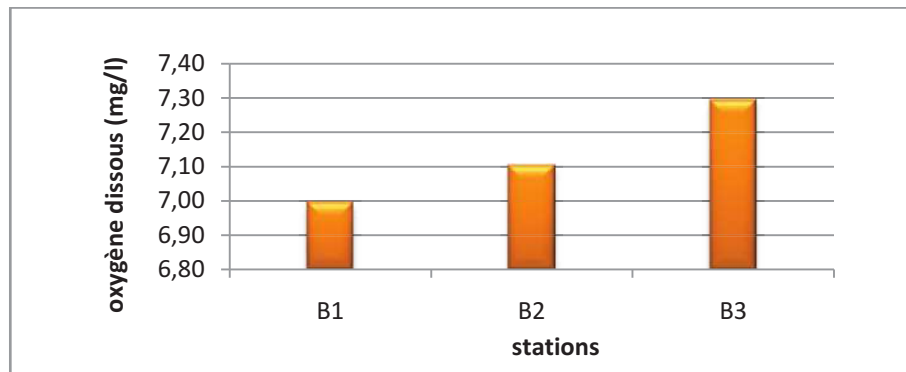


Figure 4.4 : Variation de la concentration en oxygène dissous en surface dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl.

Les teneurs en oxygènes dissous mesurées dans les trois stations par la méthode de Winkler présentent une moyenne de 7,13 mg/l et un écart-type 0,15, avec un maximum de 7,29 mg/l au niveau de la station B3 et un minimum de 6,99 mg/l dans la station B1.

Les mesures faites par la méthode de Winkler sont beaucoup plus importantes que celle mesurées par l’Oxymètre, ceci peut être dû aux problèmes de fonctionnement au niveau de l’oxymètre.

I.1.2. Port de Sidi Fredj et port d’El Djamila

Tableau 4.2: Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physicochimiques dans le port de Sidi Fredj et le port d’El Djamila					
	Température (° C)	Salinité (PSU)	Oxygène dissous (mg/l)		pH
			Oxymètre	Winkler	
maximum	20,15	35,5	3,8	7,33	8,24
minimum	18,6	35,2	3,1	6,09	8,03
moyenne	19,36	35,38	3,33	6,89	8,10
écart-type	0,63	0,13	0,32	0,69	0,10

I.1.2.1. Température (° C)

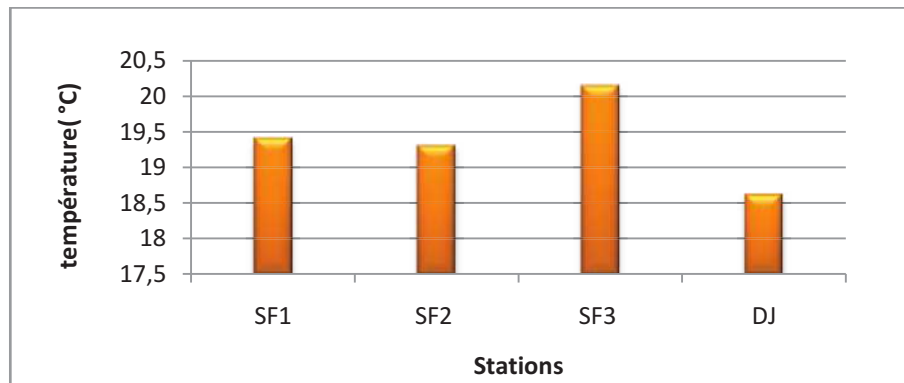


Figure 4.5 : Variation de la température dans le port de Sidi Fredj et celui d’El Djamila.

Les valeurs de la température au niveau des deux ports se situent entre un maximum de 20,15 ° C au niveau du port de Sidi Fredj et un minimum de 18,6 ° C dans le port d’El Djamila avec une moyenne de l’ordre de 19,36 ° C et écart-type de 0,63.

I.1.2.2. Salinité (PSU)

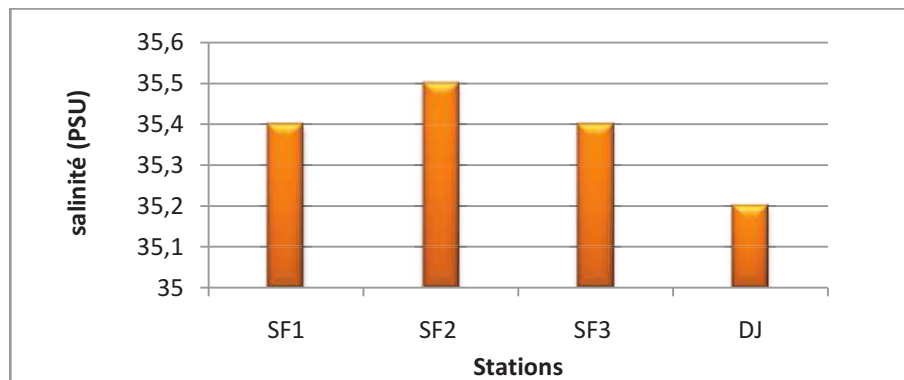


Figure 4.6 : Variation de la salinité dans le port de Sidi Fredj et celui d’El Djamila.

La mesure de la salinité dans les deux ports donne des valeurs comprises entre un maximum de 35,5 PSU dans le port de Sidi Fredj et un minimum de 35,2 PSU au niveau de port d’El Djamila avec une moyenne de 35,38 PSU et un écart-type de 0,13.

I.1.2.3. Oxygène dissous (mg/l) (méthode électrochimique et chimique)

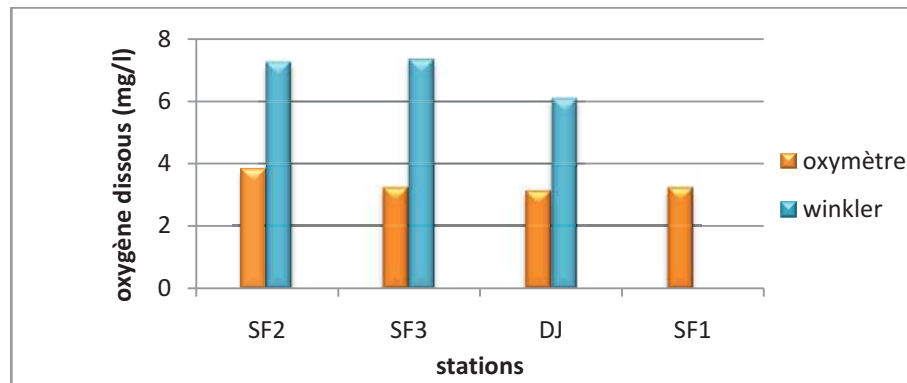


Figure 4.7 : Variation de l'oxygène dissous dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.

La mesure de l'oxygène dissous par la méthode électrochimique donne des résultats qui révèlent une situation homogène avec un écart-type de 0,32 et une moyenne de 3,33 mg/l. Ces valeurs varient d'un maximum de 3,8 mg/l au niveau du port de Sidi Fredj (station SF2) à un minimum de 3,1 mg/l au niveau du port d'El Djamila.

Concernant aux résultats obtenus par la méthode de winkler dans les deux ports les valeurs varient entre un maximum de 7,33 mg/l dans le port de Sidi Fredj (station SF2) et un minimum de 6,09 mg/l au niveau du port d'El Djamila.

I.1.2.4. pH

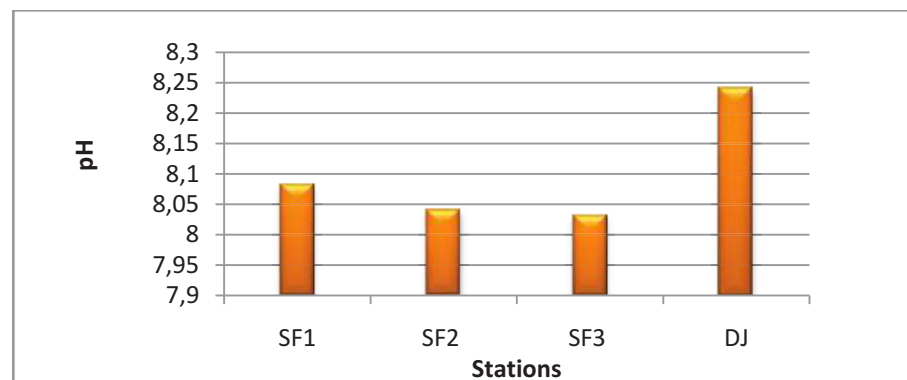


Figure 4.8: Variation du pH dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.

La valeur moyenne du pH mesurée est de 8,10 avec un écart-type de 0,10. Le minimum est observé au niveau du port de Sidi Fredj : il est de l'ordre de 8,03 (station SF3) ; alors que le maximum est enregistré au niveau du port d'El Djamila avec une valeur de 8,24.

I.2.Chlorophylle

Les deux tableaux ci-dessous présentent les résultats obtenus à partir du dosage de la chlorophylle en valeurs extrêmes, moyennes et écart-type dans les zones correspondantes :

I.2.1.La partie Est de la baie de Bou-Ismail :

Tableau 4.3 : les valeurs moyennes et extrêmes de la concentration en chlorophylle dans la partie Est de la baie de Bou-Ismail		
	Chlorophylle ($\mu\text{g/l}$)	
	Surface	Fond
Maximum	0,119	0,087
Minimum	0,044	0,044
Moyenne	0,075	0,058
Ecart-type	0,033	0,021

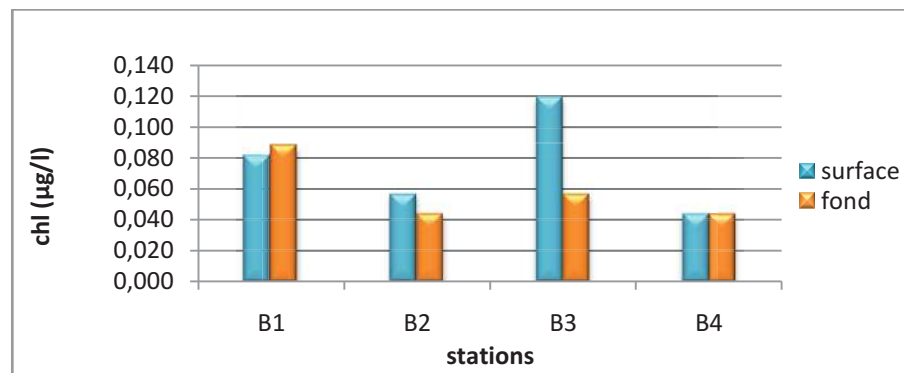


Figure 4.9: Variation de la concentration de chlorophylle dans la surface et profondeur de la partie Est de la baie de Bou-Ismail.

En surface notre analyse indique des teneurs modérées voir faibles dans la partie Est de la baie de Bou-Ismail. Les charges en chlorophylle varient d'un maximum de 0,119 $\mu\text{g/l}$ marqué dans la station B3 (à proximité de rejet de l'oued Mazafran) à un minimum de l'ordre de 0,044 $\mu\text{g/l}$ obtenu dans la station B4 (à l'extérieur de port d'El-Djamila).

Ces faibles teneurs suggèrent à une consommation rapide par les zooplanctons. La moyenne est de 0,075 $\mu\text{g/l}$ et l'écart-type est de l'ordre de 0,033. Ces résultats sont proches à ceux obtenus par (Brinis, 1997) qui trouve une moyenne de 0,067 $\mu\text{g/l}$.

Dans les eaux profondes les valeurs sont légèrement faibles avec une moyenne de 0,058 $\mu\text{g/l}$ et un écart-type de 0,021. La valeur maximale est de 0,087 $\mu\text{g/l}$, elle est enregistrée au niveau de la station B1 (à proximité de rejet de l'oued Beni Messous) tandis que la valeur minimale est de l'ordre de 0,044 $\mu\text{g/l}$ obtenue dans les deux stations B2 et B4 (entre les îlots de Sidi Fredj et à l'extérieur du port d'El-Djamila respectivement).

I.2.2. Port de Sidi Fredj et port d'El Djamila :

Tableau 4.4: Les valeurs moyennes et extrêmes de la concentration en chlorophylle dans le port de Sidi Fredj et le port d'El Djamila	
	Chlorophylle ($\mu\text{g/l}$)
Maximum	0,042
Minimum	0,025
Moyenne	0,034
Ecart-type	0,009

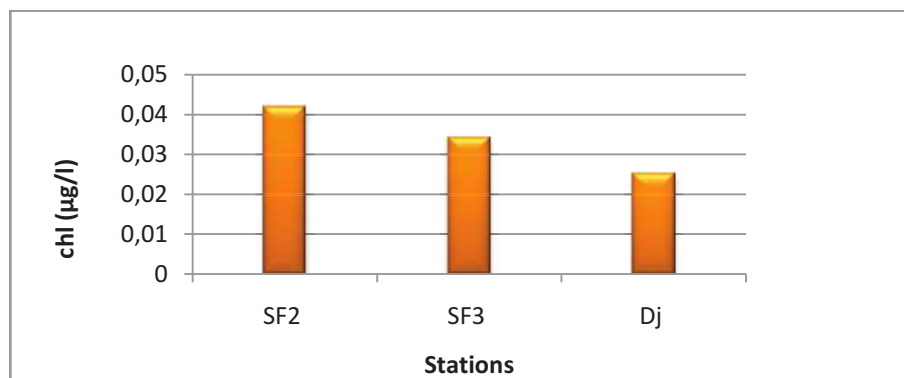


Figure 4.10 : Variation de la concentration de chlorophylle dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.

Les teneurs de chlorophylle obtenues dans les deux ports (Sidi Fredj et El-Djamila) sont très faibles. Elles sont incluses dans un intervalle qui varie de 0,042 $\mu\text{g/l}$ de maximum dans la station SF2 (port Sidi Fredj) à 0,025 $\mu\text{g/l}$ de minimum dans la station Dj (port d'El-Djamila). La moyenne est de l'ordre 0,034 $\mu\text{g/l}$ et l'écart-type est de 0,009.

I.3. Matière en suspension (MES) :

Les résultats obtenus à partir de la mesure de MES dans les zones correspondantes sont données dans les deux tableaux suivants sous forme de valeurs extrêmes, moyennes et écart-type.

I.3.1. La partie Est de la baie de Bou-Ismaïl

Tableau 4.5: Les valeurs moyennes et extrêmes de la teneur de MES dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl		
	MES (mg/l)	
	Surface	Fond
Maximum	48,48	45,35
Minimum	16,52	40,22
Moyenne	39,92	42,32
Ecart-type	15,63	2,28

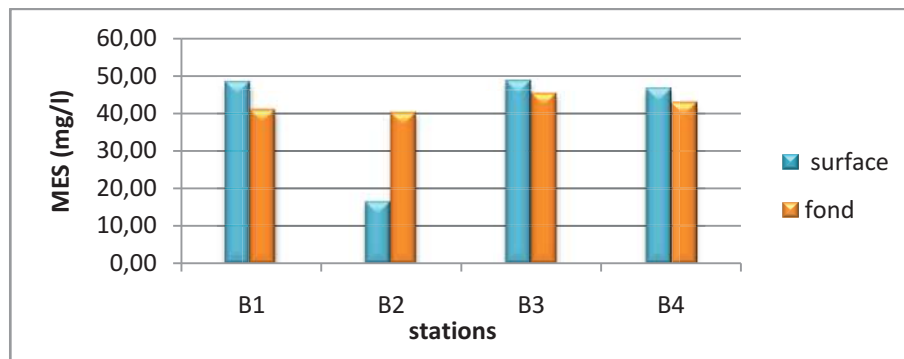


Figure 4.11: Variation de la teneur en MES en surface et profondeur dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl.

Pour les MES, les résultats enregistrés dans les eaux de surface de la zone Est de la baie de Bou-Ismaïl varient entre un maximum de 48,48 mg/l dans la station B3 (à proximité de l'oued Mazafran), à un minimum de 16,52 mg/l observé dans la station B2 (entre les deux îlots de Sidi Fredj).

De multiples sources peuvent contribuer à cet enrichissement marqué dans la station B3, il s'agit essentiellement d'effluents urbains mais également d'érosion côtière. La moyenne marquée en surface est de l'ordre de 39,92 mg/l et l'écart-type est de 15,63.

Dans les eaux profondes, la zone présente une moyenne de 42,32 mg/l et un écart-type de 2,28. La gamme de variation est comprise entre 45,35 mg/l comme valeur maximale obtenue dans la station B3 (à proximité de l'oued Mazafran), qui due probablement à

l'apport fluvial de cet oued ; et une valeur minimale de l'ordre de 40,22 mg/l marquée dans la station B2 (entre les deux îlots de Sidi Fredj).

I.3.2. Port de Sidi Fredj et port d'El Djamila :

Tableau 4.6: Les valeurs moyennes et extrêmes de la teneur de MES dans le port de Sidi Fredj et le port d'El Djamila

	MES (mg/l)
Maximum	121,20
Minimum	34,61
Moyenne	84,77
Ecart-type	44,90

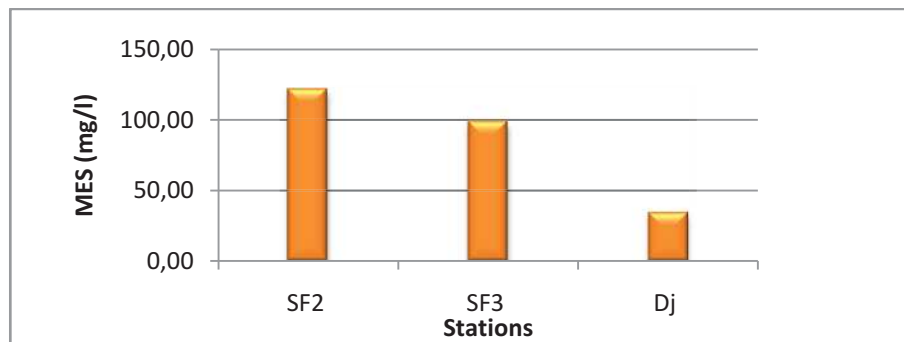


Figure 4.12: Variation de la teneur en MES dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.

Les valeurs de la matière en suspension dans les deux ports sont comprises entre 121,20 mg/l et 34,61 mg/l avec une valeur moyenne de 84,77 mg/l et un écart type de 44,90.

La plus forte teneur est enregistrée au niveau de la station SF2 (port de Sidi Fredj). Cette valeur est peut être due aux rejets qui se déversent dans cette zone; tandis que la faible valeur est marquée dans la station Dj (port d'El-Djamila).

I.4. Variation des sels nutritifs

I.4.1. Baie de Bou-Ismaïl

Tableau 4.7: Valeurs extrêmes et moyennes ainsi que l'écart-type des sels nutritifs dans la baie de Bou-Ismaïl.

	Ammonium (µmol/l)		Silicates (µmol/l)		Phosphates (µmol/l)		Nitrites (µmol/l)		Nitrates (µmol/l)	
	surface	fond	Surface	fond	Surface	fond	surface	fond	surface	fond
Maximum	1,68	1,71	7,64	9,91	5,08	5,8	ND	0,12	2,71	3,37
Minimum	1,23	1,33	3,18	3,91	0,97	1,49	ND	ND	2,06	2,40
Moyenne	1,49	1,57	4,92	6,39	2,25	3,27	/	/	2,37	2,74
Ecart-type	0,15	0,16	1,74	2,87	1,52	1,83	/	/	0,26	0,43

a. Ammonium

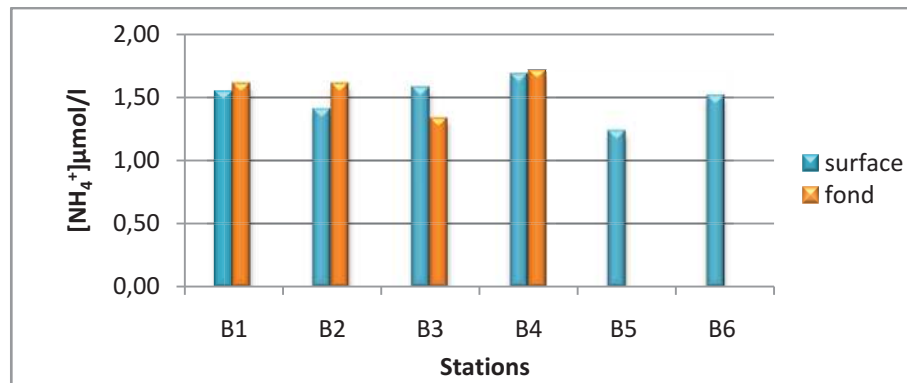


Figure 4.13: Variation de la concentration de l'ammonium à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.

Les valeurs moyennes de l'ammonium mesurées en surface et en profondeur sont respectivement de l'ordre de 1,49 µmol/l et de 1,57 µmol/l avec un écart-type de 0,15 et de 0,16. En surface, La valeur la plus faible est observée au niveau de la station B5 (1,23 µmol/l); alors qu'en profondeur elle est mesurée au niveau de la station B3 (1,33 µmol/l). La station B4 marque les valeurs les plus élevée en surface (1,68 µmol/l) et en profondeur (1,71 µmol/l).

b. Silicates

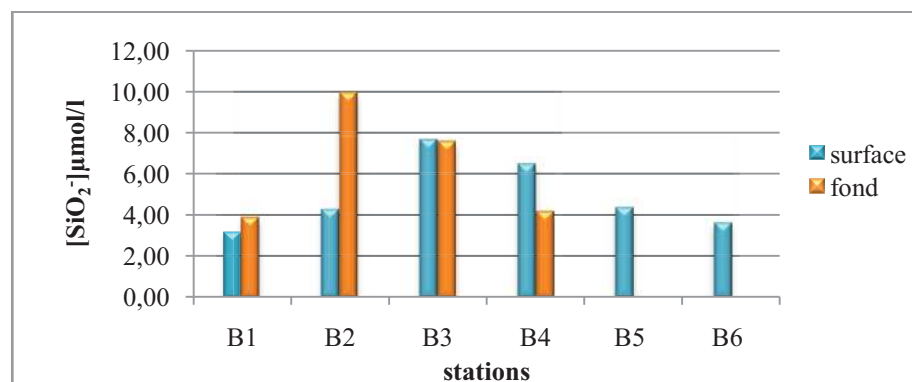


Figure 4.14: Variation de la concentration des silicates à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.

La baie de Bou Ismaïl est caractérisée par des teneurs en silicates très élevées avec des valeurs moyennes mesurées en surface et en profondeur sont respectivement de l'ordre de 4,92 µmol/l et de 6,39 µmol/l avec un écart-type de 1,74 et de 2,87.

En surface, La valeur la plus élevée est observée au niveau de la station B3 (7,64 $\mu\text{mol/l}$) ; alors qu'en profondeur elle est mesurée au niveau de la station B2 (9,91 $\mu\text{mol/l}$). La station B1 marque les valeurs les plus faibles en surface (3,18 $\mu\text{mol/l}$) et en profondeur (3,91 $\mu\text{mol/l}$).

c. Phosphates

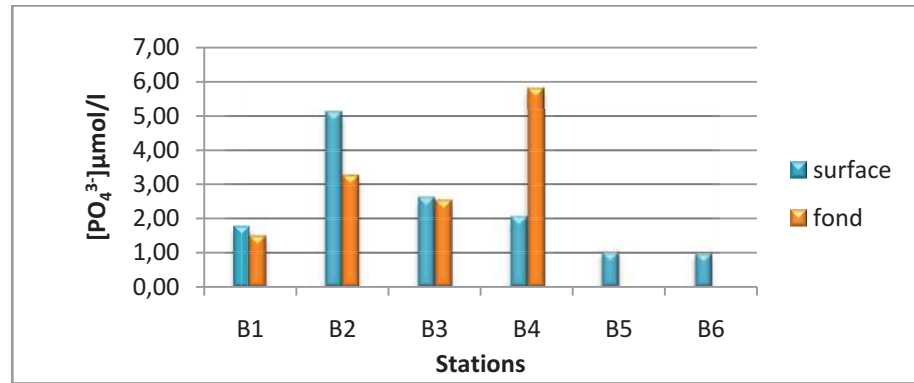


Figure 4.15: Variation de la concentration des phosphates à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.

La concentration des phosphates en surface varie entre un minimum de 0,97 $\mu\text{mol/l}$ (B6) et un maximum de 5,08 $\mu\text{mol/l}$ (B2), avec une valeur moyenne de 2,25 $\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de 1,52. En profondeur, la moyenne est comprise entre 1,49 $\mu\text{mol/l}$ (B1) et 5,80 $\mu\text{mol/l}$ (B4), avec une valeur moyenne de 3,27 $\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de 1,83.

d. Nitrites

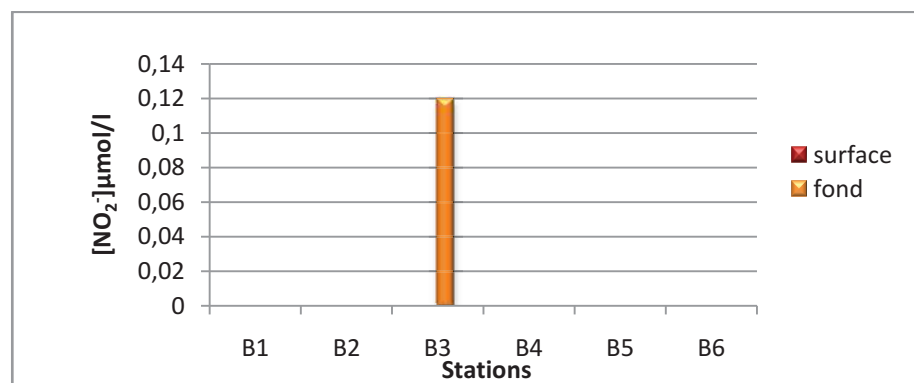


Figure 4.16: Variation de la concentration des nitrites à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.

Concernant les concentrations des ions nitrites dans les différentes stations de la baie de Bou-Ismaïl, elles sont indétectables, exception le fond de la station B3 qui marque une valeur de 0,12 $\mu\text{mol/l}$. Ces valeurs sont logiques car les ions nitrites sont des formes intermédiaires, et leur présence dans le milieu marin en quantité importante est due généralement à la présence d'une source polluante de nitrite.

e. Nitrates

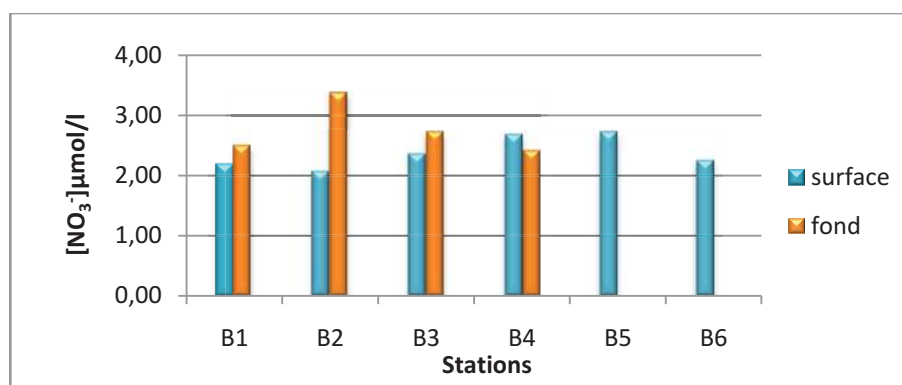


Figure 4.17: Variation de la concentration des nitrates à différentes profondeurs dans la baie de Bou-Ismaïl.

En ce qui concerne les ions nitrates, les valeurs moyennes mesurées en surface et en profondeur sont respectivement de l'ordre de 2,37 $\mu\text{mol/l}$ et de 2,74 $\mu\text{mol/l}$ avec un écart-type de 0,26 et de 0,43.

En surface, La valeur la plus faible est observée au niveau de la station B2 (2,06 $\mu\text{mol/l}$); alors qu'en profondeur elle est mesurée au niveau de la station B4 (2,4 $\mu\text{mol/l}$). La station B5 marque la valeur la plus élevée en surface (2,71 $\mu\text{mol/l}$) et en profondeur la valeur la plus élevée est enregistrée au niveau de la station B2 (3,37 $\mu\text{mol/l}$).

I.4.2. Port de Sidi Fredj et port d'El Djamila

	Ammonium ($\mu\text{mol/l}$)	Silicates ($\mu\text{mol/l}$)	Phosphates ($\mu\text{mol/l}$)	Nitrites ($\mu\text{mol/l}$)	Nitrates ($\mu\text{mol/l}$)
Maximum	3,71	9,73	3,41	ND	4,61
Minimum	2,09	4,55	3,17	ND	2,67
Moyenne	2,61	6,66	3,30	ND	3,71
Ecart-type	0,75	2,33	0,1	ND	0,84

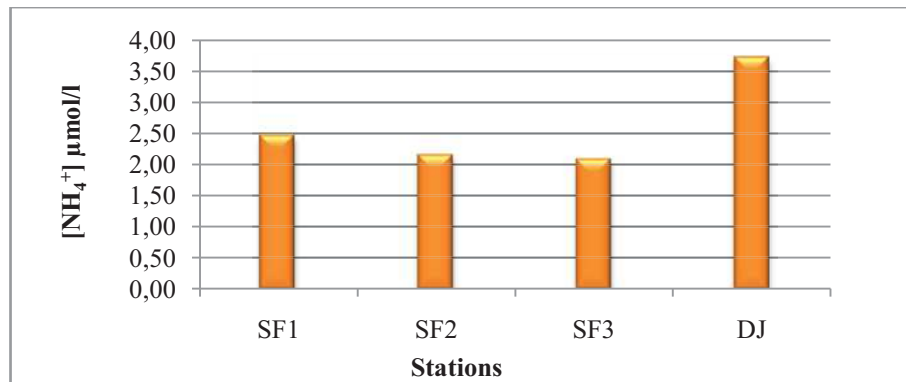
a. Ammonium

Figure 4.18: Variation de la concentration de l'ammonium dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.

La valeur moyenne de l'ammonium est de 2,61 µmol/l avec un écart-type de 0,75. La concentration dans les deux ports varie entre un minimum de 2,09 µmol/l (port de Sidi Fredj au niveau de la station SF3) et un maximum de 3,71 µmol/l (port d'El Djamila).

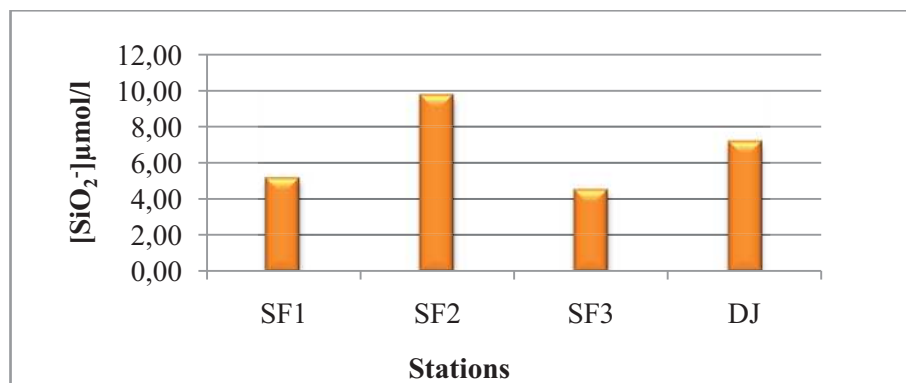
b. Silicates

Figure 4.19: Variation de la concentration des silicates dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.

La concentration des silicates varie entre un minimum de 4,55 µmol/l au niveau du port de Sidi Fredj et en particulier au niveau de la station SF3 et un maximum de 9,73 µmol/l toujours dans le port de Sidi Fredj mais au niveau de la station SF2, avec une valeur moyenne de 6,66 µmol/l et un écart-type de 2,33

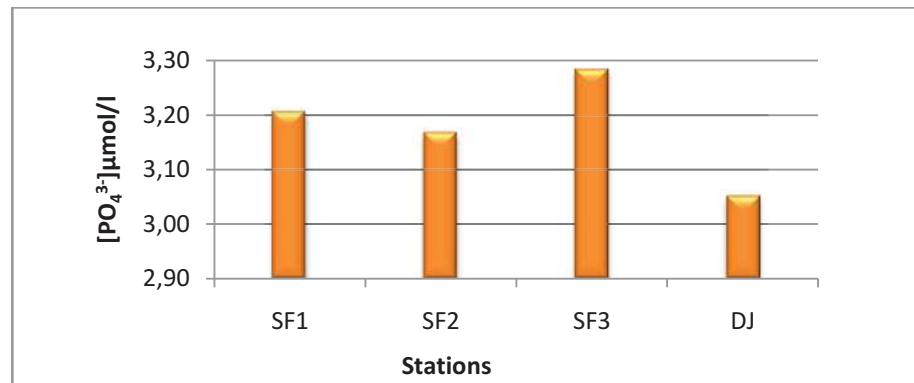
c. Phosphates

Figure 4.20: Variation de la concentration des phosphates dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.

La concentration des phosphates dans les deux ports varie entre un minimum de 3,17 µmol/l observé au niveau du port d'El Djamila et un maximum de 3,41 µmol/l mesuré au niveau du port de Sidi Fredj et en particulier au niveau de la station SF3. Avec une valeur moyenne de 3,30 µmol/l et un écart-type de 0,1.

d. Nitrites

La concentration des ions nitrites au niveau des deux ports est indétectable.

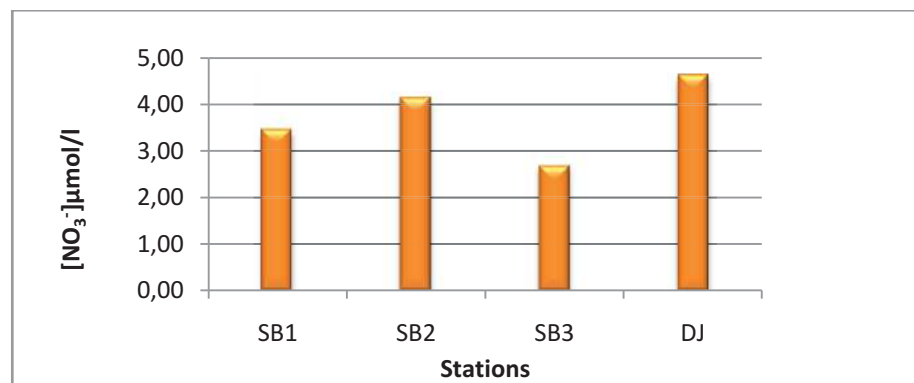
e. Nitrates

Figure 4.21: Variation de la concentration des nitrates dans le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila.

La concentration des nitrates est comprise entre un minimum de 2,67 µmol/l au niveau de la station SF3 (port de Sidi Fredj) et un maximum de 4,61 µmol/l dans le port d'El Djamila, avec une valeur moyenne de 3,71 µmol/l et un écart-type de 0,842.

I.4.3. Baie d'Alger

Tableau 4.9: Valeurs des sels nutritifs dans la baie d'Alger.					
Stations	[SiO ₂] (μmol/l)	[PO ₄ ³⁻] (μmol/l)	[NO ₂ ⁻] (μmol/l)	[NO ₃ ⁻] (μmol/l)	[NH ₄ ⁺] (μmol/l)
A1	2,55	1,29	0,24	3,38	2,33
A2	5,36	0,89	ND	2,71	1,51

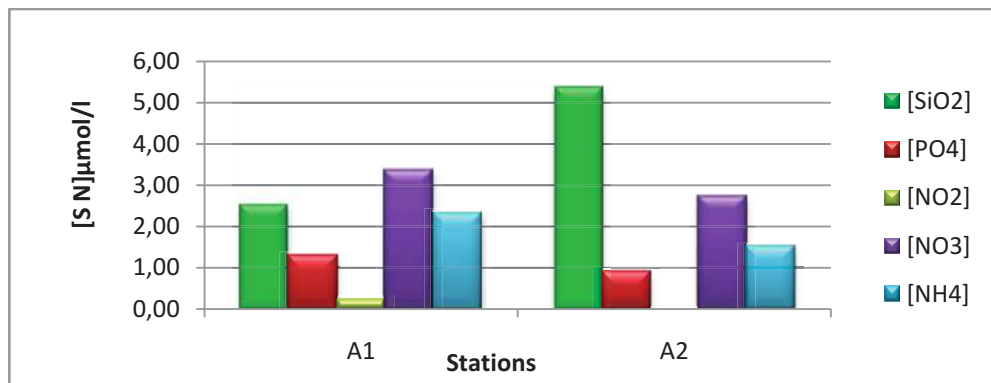


Figure 4.22: Variation de la concentration des sels nutritifs en baie d'Alger

Les résultats obtenus de l'analyse des échantillons de la baie d'Alger, en particuliers près de la zone où déverse oued d'El-Harrach, indiquent des teneurs élevées des sels nutritifs sous forme des silicates, des nitrates, ainsi que d'ammonium, ces teneurs sont égales ou supérieures de 2 μmol/l, d'où on a enregistré deux valeurs extrêmes, l'une de silicates de l'ordre 5,36 μmol/l au niveau de la station A2 (large oued El-Harrach) et une valeur de nitrates de 3,38 μmol/l marquée dans la station A1 (côte oued El-Harrach), Ces fortes teneurs sont dues probablement aux apports d'eaux usées urbaines et industrielles véhiculées par oued El-Harrach dans la baie, causant ainsi l'enrichissement du milieu en ces sels nutritifs.

En revanche, les teneurs mesurées en phosphates et nitrites sont légèrement faibles par rapport aux teneurs obtenues pour les autres sels, elles sont égales ou inférieures à 1 μmol/l. Par ailleurs, on n'a pas pu détecter les nitrites dans la station A2 (large oued El-Harrach).

I.4.4. Baie de Zemmouri

Tableau 4.10 : Valeurs extrêmes et moyennes ainsi que l'écart-type des sels nutritifs dans la baie de Zemmouri					
	Ammonium ($\mu\text{mol/l}$)	Silicates ($\mu\text{mol/l}$)	Phosphates ($\mu\text{mol/l}$)	Nitrites ($\mu\text{mol/l}$)	Nitrates ($\mu\text{mol/l}$)
Maximum	33,93	4,82	4,00	0,28	3,39
Minimum	1,33	3,64	1,69	ND	1,81
Moyenne	9,69	4,18	2,71	0,165	2,53
Ecart-type	16,16	0,498	1,00	0,12	0,65

a. Ammonium

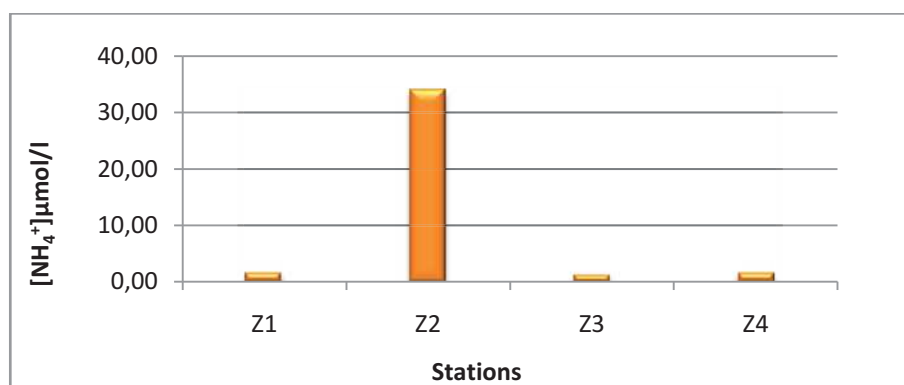


Figure 4.23: Variation de la concentration de l'ammonium dans la baie de Zemmouri.

La baie de Zemmouri est caractérisée par des teneurs en ammonium très élevées en comparaison avec celles obtenues dans les autres zones étudiées, elles varient entre un maximum de 33,93 $\mu\text{mol/l}$ enregistré dans la station Z2 (large Zemmouri) et un minimum de 1,33 $\mu\text{mol/l}$ marqué dans la station Z3 (côte dellys), avec une moyenne de 9,69 $\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de 16,16.

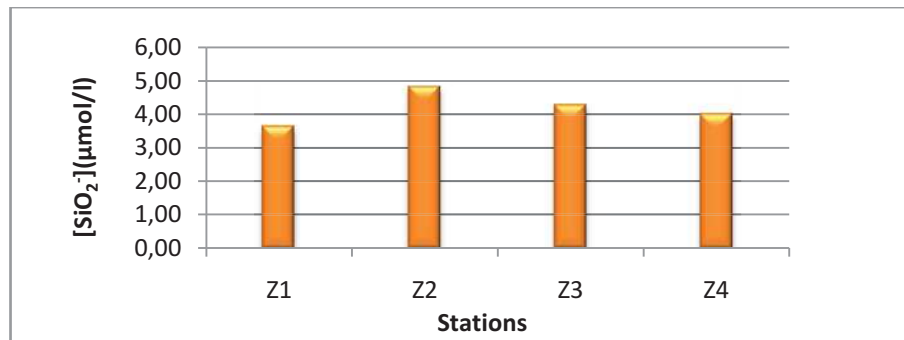
b. Silicates

Figure 4.24: Variation de la concentration des silicates dans la baie de Zemmouri.

L'analyse des silicates dans cette baie montre des résultats homogènes, elles varient entre 4,82 $\mu\text{mol/l}$ de maximum mesuré dans la station Z2 (large Zemmouri) et 3,64 $\mu\text{mol/l}$ de minimum mesurée dans la station Z1 (côte Cap Djinet), avec une valeur moyenne de 4,18 $\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de 0,49.

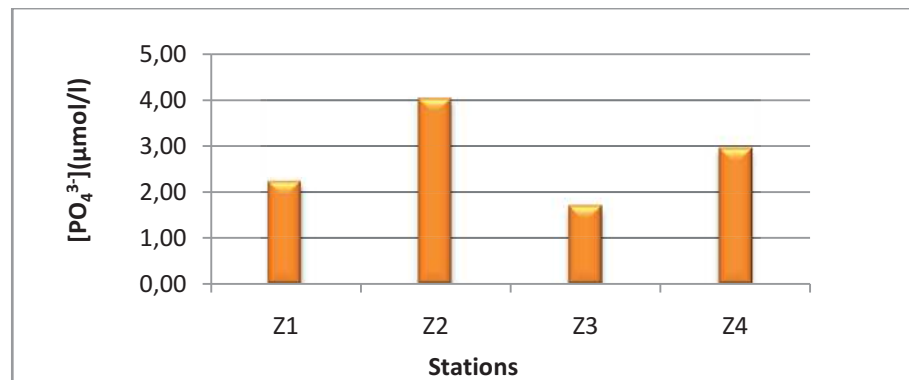
c. Phosphates

Figure 4.25: Variation de la concentration des phosphates dans la baie de Zemmouri.

Concernant les valeurs résultantes de l'analyse des phosphates dans la baie de Zemmouri, elles sont comprises entre 4,00 et 1,69 $\mu\text{mol/l}$ avec une moyenne de 2,71 $\mu\text{mol/l}$ et un écart-type de 1,00. La valeur maximale est enregistrée dans la station Z2 (large Zemmouri) tandis que la valeur minimale est observée dans la station Z3 (près de Dellys).

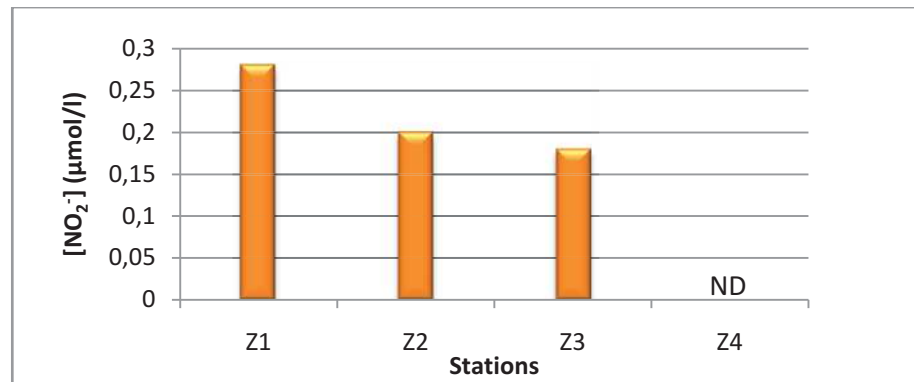
d. Nitrites

Figure 4.26: Variation de la concentration des nitrites dans la baie de Zemmouri.

La valeur moyenne des nitrites est de 0,16 µmol/l avec un écart-type de 0,12. La concentration maximale est de 0,28 µmol/l marqué dans la station Z1 (côte Cap Djinet). Les nitrites sont indétectables dans la station Z4 (au large de Dellys).

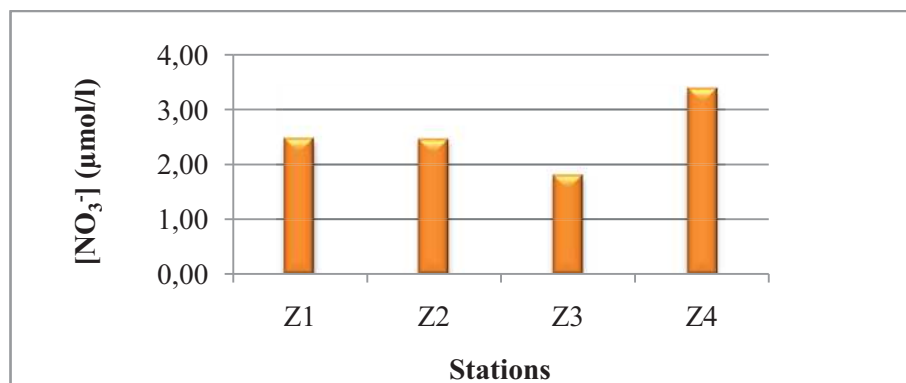
e. Nitrates

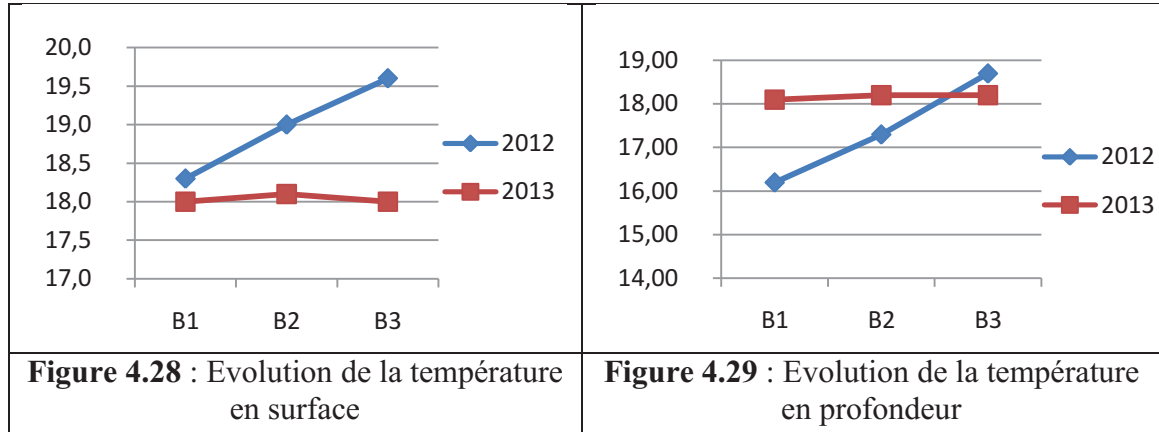
Figure 4.27: Variation de la concentration des nitrates dans la baie de Zemmouri.

La teneur maximale de nitrate au niveau de la baie de Zemmouri est de l'ordre de 3,39 µmol/l qui est relevée au niveau de la station Z4 (large Dellys) par contre la teneur minimale est de 1,81 µmol/l enregistrée dans la station Z3 (côte Dellys). La moyenne obtenue pour ces résultats de nitrates est de l'ordre de 2,53 µmol/l et l'écart-type est égale à 0,65.

II. Evolution des paramètres physico-chimiques et les sels nutritifs dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl durant les deux périodes 2012 et 2013

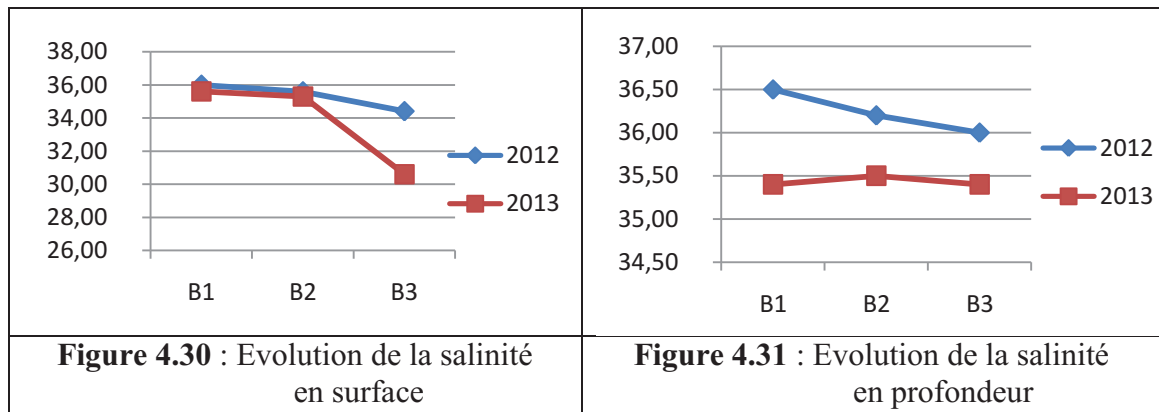
II.1. Les paramètres physico-chimiques

II.1.1. Température



En surface les valeurs mesurées de la température en 2012 (mesures réalisés le 22/04/2012) sont plus faibles par rapport à celles mesurées en 2013 tandis que les valeurs mesurées en profondeur indiquent une légère augmentation entre 2012 et 2013.

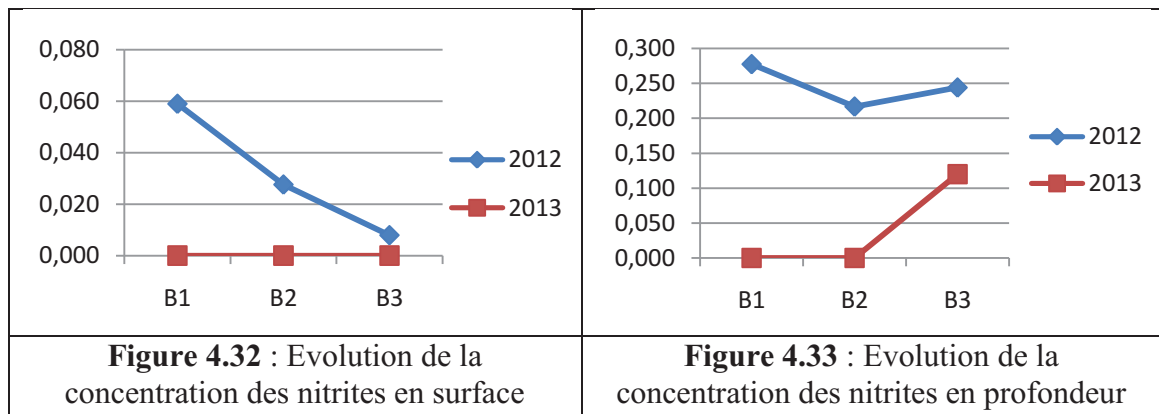
II.1.2. Salinité



En 2013 les valeurs de la salinité marquées à la surface varient moins par rapport à celles obtenues en 2012, à l'exception de la station B3 où la valeur enregistrée montre une diminution importante entre 2012 et 2013. Par contre en profondeur les valeurs obtenues en 2013 sont plus faibles par rapport aux celles de 2012.

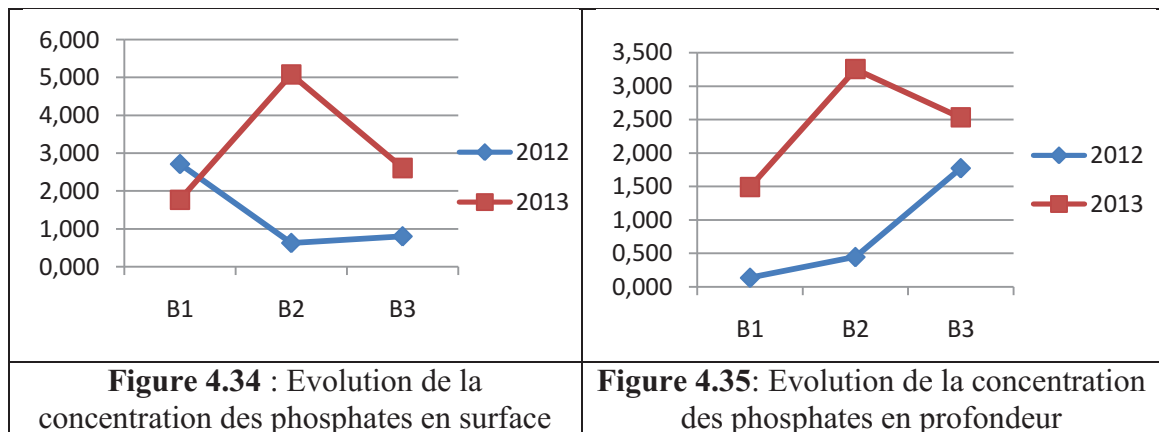
II.2. Les Sels nutritifs

II.2.1. Les nitrites



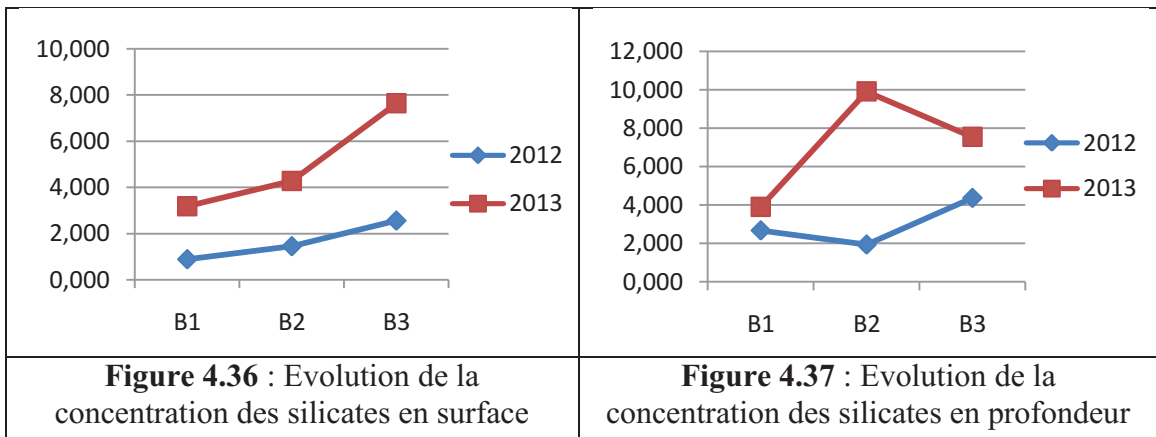
En 2013 les valeurs des nitrites obtenus en surface et en profondeur montrent une diminution importante par rapport aux valeurs obtenues en 2012.

II.2.2. Les phosphates



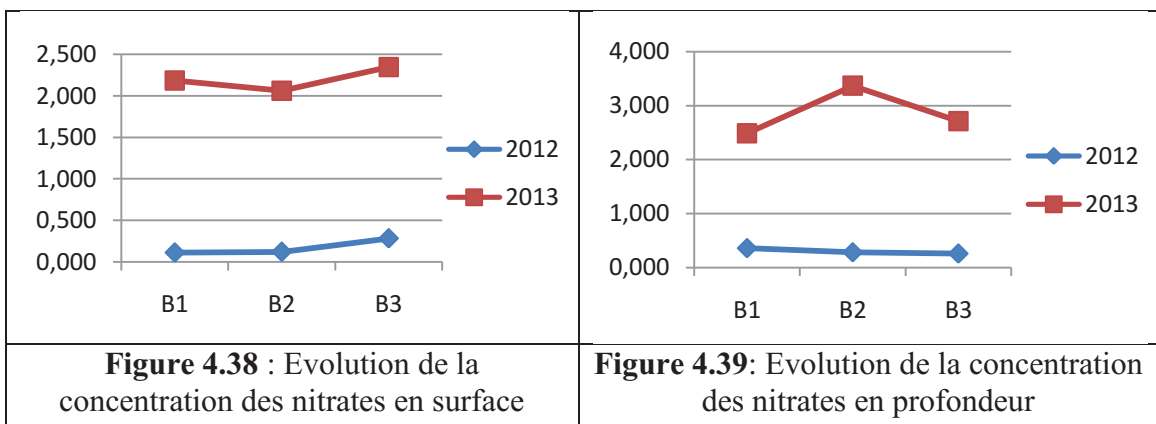
Les valeurs mesurées des phosphates dans les eaux de surface et celles de profondeur augmentent de 2012 à 2013. L'enrichissement des teneurs en phosphates est imputé aux rejets d'eaux usées évacuées dans la région et qui sont riches en détergents phosphorés.

II.2.3. Les silicates



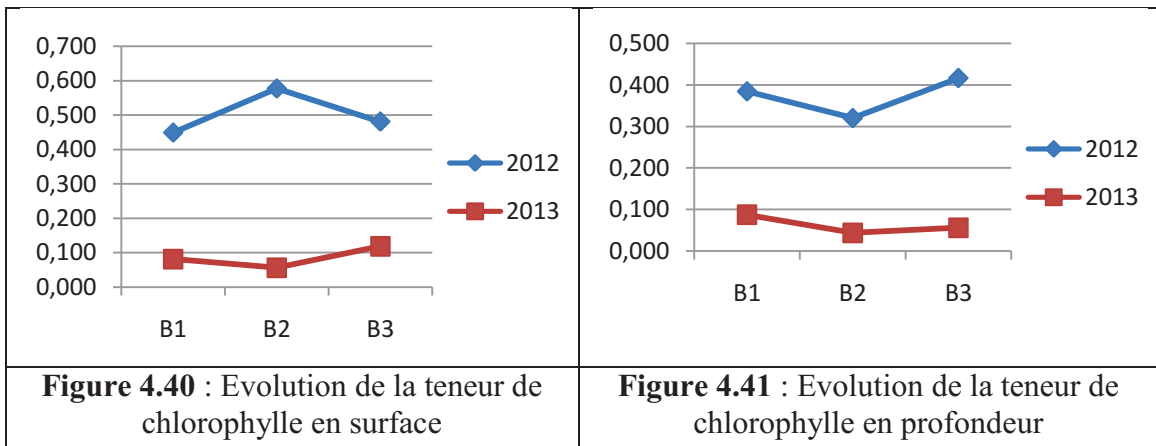
Concernant les silicates les valeurs de surface et de profondeur indiquent une augmentation continue en fonction du temps de 2012 à 2013.

II.2.4. Les nitrates



On enregistre une augmentation considérable des teneurs en nitrates de 2012 à 2013 (en surface et en profondeur).

II.3. Chlorophylle



Les teneurs de la chlorophylle mesurées en surface et en profondeur en 2013 sont plus faibles par rapport à celles relevées en 2012.

III. Etude comparative

La baie de Bou-Ismaïl a fait l'objet de plusieurs études antérieures, notamment en 1997 (Boulaïdid et al., 2007) et en 2004 (Rouibah et al., 2005). De ce fait, un essai de comparaison des sels nutritifs et des paramètres physico-chimiques est réalisé dans quelques stations. (Tableau 4.11, annexe 5), (Tableau 4.12, annexe 5).

III.1. Sels nutritifs

Station B1

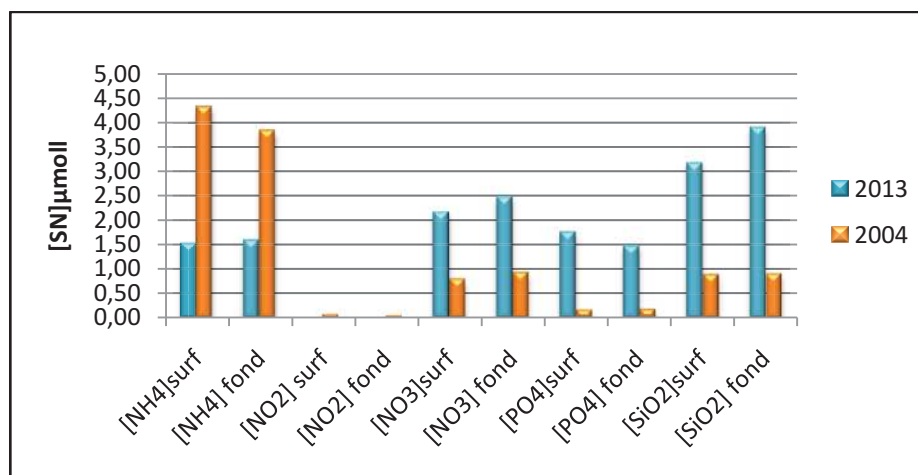


Figure 4.42 : Variation des concentrations en sels nutritifs en 2004 et 2013 au niveau de la station B1.

- ❖ Concernant la station B1 (en face de l'oued Beni-Messsous), en 2004 la concentration en ammonium dans les eaux de surface et celles de fond (4,31 $\mu\text{mol/l}$ et 3,83 $\mu\text{mol/l}$ respectivement) est plus importante que celle enregistré en 2013 (1,54 et 1,61 $\mu\text{mol/l}$ respectivement).
- ❖ Les concentrations des nitrites obtenues dans les deux périodes 2004 et 2013 indiquent une légère différence, avec une diminution dans cette dernière période où les nitrites sont inférieurs au seuil de détection de l'appareil utilisé.
- ❖ En 2013 les teneurs obtenues en surface et en profondeur pour les autres éléments nutritifs (nitrates, phosphates et silicates) sont plus élevés par rapport aux celles mesurées en 2004.

Station B3

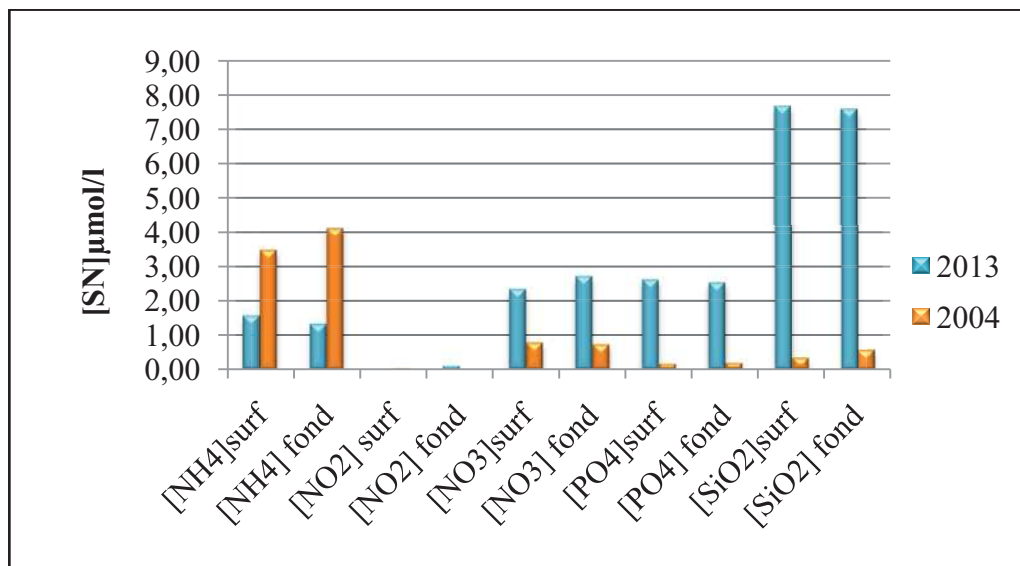


Figure 4.43 : Variation des concentrations en sels nutritifs en 2004 et 2013 au niveau de la station B3.

- ❖ les valeurs les plus élevées de l'ammonium en surface (3,462 $\mu\text{mol/l}$) et en profondeur (4,09 $\mu\text{mol/l}$) sont observées en 2004, tandis que les concentrations les moins élevées sont marquées en 2013 en surface (1,57 $\mu\text{mol/l}$) et en profondeur (1,33 $\mu\text{mol/l}$) de cette station.
- ❖ Il apparait que les concentrations en nitrites relevées en surface et en profondeur au niveau de cette station durant la période 2004 varient moins que celles observées durant la période 2013.

- ❖ Pour les nitrates et les phosphates les concentrations mesurées en surface et en profondeur en 2013 sont plus importantes que celles enregistrées en 2004, d'où on a enregistré pour les nitrates une valeur de 2,35 $\mu\text{mol/l}$ en surface et 2,71 $\mu\text{mol/l}$ en profondeur en 2013 et une valeur de 0,79 $\mu\text{mol/l}$ en surface et 0,73 $\mu\text{mol/l}$ en profondeur en 2004. Pour les phosphates, la valeur observée en surface (2013) est de 2,61 $\mu\text{mol/l}$ et à la profondeur de 13 m elle est de 2,53 $\mu\text{mol/l}$ tandis que en 2004 la valeur marquée dans la surface est de 0,16 $\mu\text{mol/l}$ et en profondeur est de l'ordre de 0,19 $\mu\text{mol/l}$.
- ❖ Les concentrations obtenues pour les silicates dans les eaux superficielles et profondes durant les deux périodes 2004 et 2013 présentent une grande différence, avec une valeur marquée en surface de 7,64 $\mu\text{mol/l}$ en 2013 alors qu'en 2004 elle était de 0,354 $\mu\text{mol/l}$.

On constate à travers cette étude comparative entre la période de 2004 et 2013 que les eaux au niveau des deux stations (B1 et B3) deviennent plus enrichies en sels minéraux notamment pour les nitrates, phosphates et silicates.

III.2. Paramètres physico-chimiques

Station B1

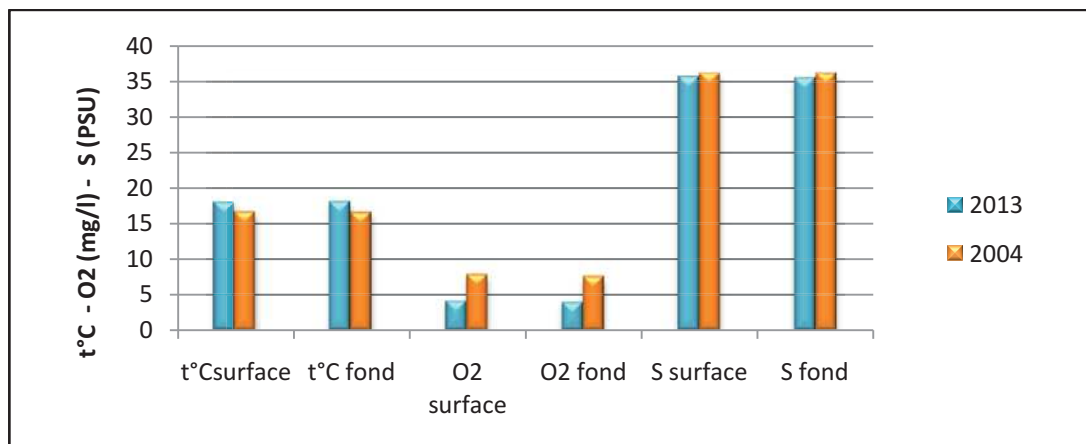


Figure 4.44 : Variation des paramètres physico-chimiques en 2004 et 2013 au niveau de la station B1.

- ❖ Les résultats obtenus de la température et la salinité dans les eaux de surface et celle de fond durant les deux périodes sont approximativement les mêmes : en surface (2013 : 18° C et 35,6 PSU; 2004 : 16,7° C et 36,153 PSU) et en profondeur (2013 : 18,1° C et 35,4 PSU; 2004 : 16,6 ° C et 36,176 PSU).

- ❖ Par comparaison des valeurs de l'oxygène dissous enregistrées dans la période 2013 en surface et en profondeur et celles obtenues en 2004. Ces dernières sont plus élevées avec 7,9 mg/l marqué en surface (2004) contre 4,2 mg/l obtenu en 2013 et 7,6 mg/l enregistré en profondeur en 2004 et 4 mg/l seulement en 2013.

Station B3

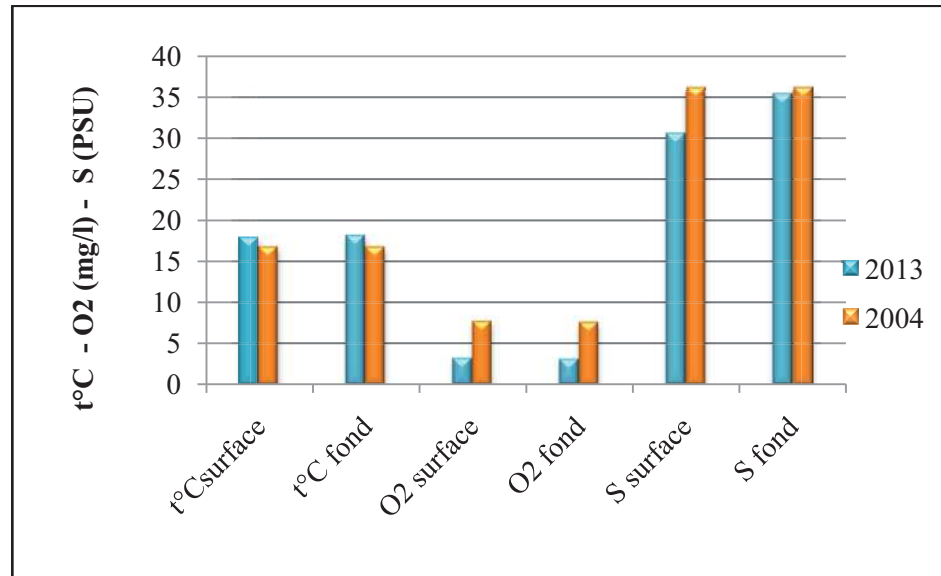


Figure 4.45 : Variation des paramètres physico-chimiques en 2004 et 2013 au niveau de la station B3.

- ❖ En surface les résultats de la mesure de température en 2013 et celles de 2004 sont approximativement les mêmes tandis que les résultats de mesure de l'oxygène dissous et de la salinité en 2013 sont légèrement faibles par rapport aux celles de 2004.
- ❖ En profondeur les valeurs obtenues pour la température et la salinité en 2013 varient moins par rapport aux valeurs de 2004 par contre les concentrations de l'oxygène dissous marquées en 2004 sont plus importantes aux celles de 2013.



Conclusion

Conclusion

L'étude menée à travers ce mémoire a utilisé une approche fondée conjointement sur la mesure des paramètres physiques et les dosages chimiques. Elle est tentée dans le but de faire un suivi sur l'évolution de l'état de la pollution par les sels nutritifs, et donc d'apprécier globalement la qualité des eaux du milieu marin côtier.

Des mesures de paramètres on été effectuées immédiatement à bord, alors que d'autres nécessitant des équipements analytiques plus performants se sont vu déferés et réalisées aux laboratoires. Cette expérience a permis d'avancer un travail de terrain et d'équipe et de maîtriser l'utilisation des matériaux et des techniques de mesures.

- L'analyse paramétrique ne montre pas qu'il y a une pollution par rapport à la température car elle est influencée par la température de l'air. La salinité est faible par rapport à celle de la méditerranée, ceci peut être expliqué par les apports continentaux des différents oueds qui se déversent dans la baie. Concernant le dosage de l'oxygène dissous par la méthode de Winkler et son mesure par l'oxymètre nous a permis de vérifier la fiabilité de nous oxymètre.
- La concentration des sels nutritifs est principalement gérée par l'activité anthropique fertilisante (domestique et agricole) et les eaux des oueds. Où On a relevé des taux assez important de certains sels nutritifs. Donc il existe certainement une pollution par les sels nutritifs notamment silicates, phosphates et nitrates.
- L'étude comparative entre la période de 2004 et 2013 nous a permis de constater et de confirmer que les eaux au niveau des deux stations (B1 et B3) deviennent plus enrichies en sels minéraux notamment pour les nitrates, phosphates et silicates.
- Concernant l'étude évolutive entre les deux périodes 2004 et 2013 dans la partie Est de la Baie de Bou-Ismaïl. L'analyse paramétrique ne montre pas une grande différence, tandis que les concentrations enregistrées pour les sels nutritifs augmentent d'une manière significative surtout toujours pour les nitrates, silicates et phosphates, ces fortes teneurs en sels nutritifs peuvent être expliquées par la période de notre sortie qui a été faite après une période de crue très importantes. De ce faite des études ultérieures permettront probablement de desseller et cerner la nature et l'origine de cet enrichissement en sels nutritifs notamment (nitrates, silicates et phosphates).



Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

A

Abd elguerfi A., 2003. Bilan des expertises sur (Menaces pesant sur la diversité biologique). MAT-GEF/PNUD-Projet. ALG 97/G31 : 256p.

AFNOR, 1999 : Qualité de l'eau. Dosage des matières en suspension. Méthode par filtration sur filtre en fibre de verre. Norme NF EN 872. Qualité de l'eau, 2, 113-122.

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

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

Aminot A. et Kerouel R., 2004 : Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. Edition : Ifremer, France, 336 P.

Amrouche et Khechina, 2012. Suivi des paramètres physico-chimiques et sels nutritifs dans les eaux littorales Algérois. Mémoire d'ingénieur, ENSSMAL, Algérie, 85P.

A.N.R.H : Agence National des Ressources Hydrauliques

Vera A., 2005 : Stratégies de développement du copépode calanoïde mixodiaptomus laciniatus dans un lac de montagne : approche par les biomarqueurs lipidiques et pigmentaires. Thèse de Doctorat, université Blaise Pascal, 341p.

B

Bachouche S., 2010 : Les ports d'Alger et de Bouharoun : Etude des paramètres granulométrique, biologique et de pollution dans les sédiments et l'eau en vue d'une opération de dragage. Thèse de magister en pollution marine et écotoxicologie. 127 P.

Bakalem A., 1979 : Contribution à l'étude des peuplements benthiques de la baie d'Alger. Thèse de 3ème cycle. Université de Brest, 228p.

Belkessa R., Houma F., Ciortan R., et Mezouar K., 2008 : Protection Works Of The Sea Coast In Algéria, Copedec VII, Dubai, UAE, Paper No: S-26.

Benzohra M., 1993. Les structures hydrodynamiques le long des côtes Algériennes. Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes du Maghreb, 9-11 novembre 1992, INOC : 33-44

Braïk D., 1989 : Etude de la dynamique sédimentaire devant Bou-Ismaïl. Etude des Paramètres physiques et chimiques. Approche biosédimentaire. Mémoire Ingénieur d'état en aménagement I.S.M.A.L, 92p.

BIBLIOGRAPHIE

Boulahtid M., 1987 : Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Etude du mélange des masses d'eaux et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan. Thèse de Doctorat, Université de Paris VI, France, 266 P.

C

Cabane F., 2007 : Lexique d'écologie, d'environnement et d'aménagement du littoral. *Ifremer* : 278 P.

Caulet J., 1972 : Les sédiments organogènes du précontinent algérien. Mémoire Museum National Histoire Naturelle, Paris. Série C, 25, 289p.

Copin-Montegut G., 1996 : Chimie de l'eau de mer. Collection «synthèse». Edition : Institut Océanographique de Paris, France, 319 P.

D

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

F

Ferrani A., et Chehaima.,L-T., 1998 : Contribution à l'élaboration des données de base de la baie de Zemmouri et l'étude du site de Palm Beach (Baie de Bou-Ismaïl), mémoire d'ingénieur, ISMAL, Algérie, 127P

G

Gaujous D., 1995 : La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Edition : Technique et documentation, 217 P.

Grimes S., 2003 : Plan d'action national pour protection des sites sensibles naturels marins du secteur Cap Djinet au Mont Chenoua. Contrat PNUE/PAM/CASP/MATE, Alger, 64.

Grosclaude G., 1999 : L'eau : usage et polluants. Edition INRA, 210 P.

H

Houma Bachari F., 2009 : Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire. Thèse de doctorat, UNIVERSITE DU VAL DE MARNE, PARIS XII, France, 272 P.

Hammoudi H., et Hammaouche F., 2008 : Etude de la qualité granulométrique et organique des sédiments pour l'installation d'une ferme aquacole (la baie de Bou-Ismaïl), mémoire D.E.U.A, ISMAL, Algérie, 58P.

BIBLIOGRAPHIE

Haddouche. I., 2003 : Etude de l'état de pollution de la aie de Bou-Ismaïl par les sels nutritifs et les métaux lourds en Juillet 2002. *Mémoire Ingénieur d'état en aménagement .I.S.M.A.L, 88P.*

I

Inal A., 2011 : Les métaux traces dans les sédiments de la baie de Bou-Ismaïl : surveillance de la pollution et étude de processus géochimique, Thèse de magistère, ENSSMAL, Algérie, 94P.

J

Jacques G., et Treguer P., 1986 : Ecosystème pélagique marin. Collection d'écologie, Edition: Masson, Paris, France, 243 P.

K

Kankou M., 2004 : Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie – étude en laboratoire du comportement de deux pesticides. Docteur de l'Université de Limoges, France, 159 P.

Kassar A., 2011 : Suivi de la chlorophylle et du phytoplancton dans les zones côtières algéroises : Apport des mesures satellitaires à leur modélisation. Thèse de magister en gestion et surveillance de l'environnement marin et littoral. 242 P.

Khedimi F. et Abderrahmani K., 2008 : Baie d'Alger : Etude de quelques paramètres de gestion du littoral et apport de la télédétection. Mémoire d'ingénieur, ISMAL, Algérie, 76 P.

L

Lacaze J-C., 1996 : La pollution des mers. Edition: DOMINOS Flammarion, France, 128 P.

Lacaze J-C ., 1996 : L'eutrophisation des eaux marines et continentales : causes, manifestations, conséquences et moyens de lutte. Edition : ellipses/édition marketing S.A., paris, France. 15^{eme} édition. 191P.

Leclaire.L ; 1972 : La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro -Baléares (précontinent algériens). Mémoire du Muséum National d'Histoire Naturelle. Nouvelle série C. Science de la Terre, Tome XXIV.391p

LE GAL Y., 1988 : Biochimie marine. Edition: Masson, Paris, France, 285P. préface Pr.F.Gros.

BIBLIOGRAPHIE

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

Leroy J-B., 1999 : La pollution des eaux. Edition : le point des connaissances actuelles, France, 126 P.

Lokmane.D., 1993 : caractéristique physico-chimiques des eaux de la baie de Zemmouri, mémoire DEUA, option, chimie marine, ISMAL, ALGER

M

Madi F., 2009 : Apport du système d'information géographique (SIG) pour la modélisation de la couleur des eaux marines. (Cas : la baie d'Alger). *Mémoire d'ingénieur, ENSSMAL, Algérie, 111P.*

Maouche S., 1987 : Mécanismes hydrosédimentaires en baie d'Alger (Algérie) : approche sédimentologique, géochimique et traitement statistique. Thèse de 3ème cycle, Univ. Perpignan, 214p

Meguellati et Sraoui, 2012 : Les métaux traces dans le sédiment et les biotes du milieu marin dans la baie d'Alger et de la baie Bou-Ismaïl, mémoire d'ingénieur, ENSSMAL, Algérie, 93P.

Mennad M., 2008 : Approche des systèmes d'information géographique(SIG) pour l'analyse spatio-temporelle de la pollution marine des eaux côtières. Application à la baie d'Alger. *Thèse de magister en océanographie biologique et environnement marin, U.S.T.H.B. 110 P.*

Millot. C, Taupier-Letage. I et Benzohra. M., 1990: The Algerian eddies. Earth Sciena Reviews, 27, 203 – 219.

O

Office International de l'eau, 2005.

R

Raimbault P., Neveux J., Lantoine F., 2004 : Dosage rapide de la chlorophylle a et des phaeopigments a par fluorimétrie après extraction au méthanol. Comparaison avec la méthode classique d'extraction à l'acétone. Oceanis, 30(2) : 189-205

Ramade F., 2000 : Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Edition: Ediscience International, France, 690 P.

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

Rodier J. et al, 2009. L'analyse de l'eau, 9^{ème} édition Dunod, Paris, 1579 P.

BIBLIOGRAPHIE

Rodier J., Bazin C., Broutin J.-P., Chambon P., Champsaur H et Rodi L., 2005. L'analyse de l'eau : eaux naturelle, eaux résiduaires et l'eau de mer. *8ème Ed. Dunod, paris.* 1383p.

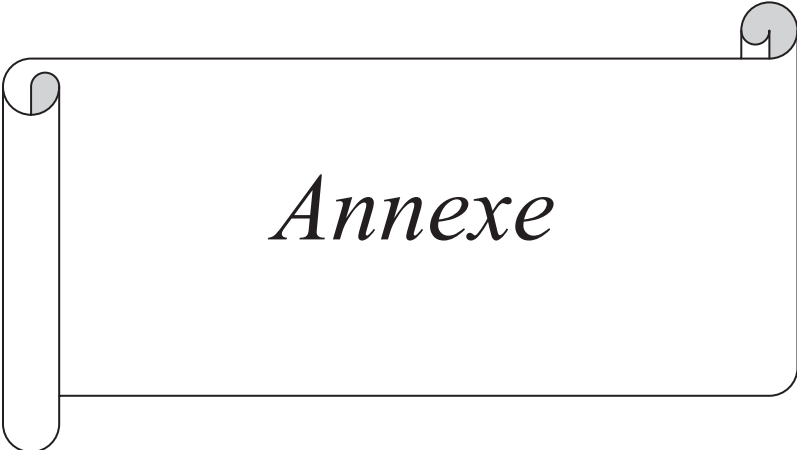
Rouibah M., Boulahdid M., Boudejellal B., Eddalia N., Ounadi F.,2005: Etude de la pollution du littoral algérois et du lac de reghaia, CONTRAT ISMAL-APPL. Algérie, 74p.

S

Strickland J.D.H., Pearsons T.R., 1972: A practical handbook of sea water analysis. Bull. Fish. Res.Board Can., 167, 311p.

T

Tréguer, P., D.M., Nelson, A.J., van Bennekom, D.J., DeMaster, A., Leynaert, B., Quéguiner, 1995. The silica balance in the world ocean: a re-estimate. Science 268:375-379.



Annexe

ANNEXE

Annexe 1

Tableau : Localisation et caractéristiques des stations de prélèvement lors des deux sorties (Première sortie)

Station	coordonnées	Prof (m)	T°C	S(PSU)	O ₂ (mg/l)	pH	Observations
SB ₁	36°35',865''N	1,5	19,4	35,4	3,2	8,08	Eau légèrement trouble
	2°50'908''E						
SB ₂	36°45'817''N	1,5	19,3	35,5	3,8	8,04	Eau légèrement trouble
	2°50'938''E						
SB ₃	36°45'813''N	1,5	20,15	35,4	3,2	8,03	Eau légèrement trouble
	2°50'820''E						

ANNEXE

Tableau : Localisation et caractéristiques des stations de prélèvement lors des deux sorties (Deuxième sortie)

Station	coordonnées	Prof (m)	Etat de la mer	Météo	Direction des vents	Date	Heure	Observations
B ₃	36°42',668''N	13	calme à peu agitée	nuageux et un peu ensoleillé	Nord-Est	20-05-2013	12:30	sable fin, bonne visibilité
	2°48'095''E	5					12:45	
B ₂	36°48'0470''N	20	calme à peu agitée	nuageux et un peu ensoleillé	Nord-Est	20-05-2013	13:00	Zone rocheuse, deux ilots, bonne visibilité
	2°53'890''E	10					13:15	
DJ	36°48'040''N	2	calme à peu agitée	nuageux et un peu ensoleillé	Nord-Est	20-05-2013	13:58	Eau trouble, travaux de dragage, mauvaise visibilité, 100 bateaux
	2°53'890''E	5 (sédiment)						
B ₄	36°48'013''N	14	calme à peu agitée	nuageux et un peu ensoleillé	Nord-Est	20-05-2013	14:23	Bonne Visibilité
	02°53'501''E	5					14:35	
B ₁	36°47'455''N	17	calme à peu agitée	nuageux et un peu ensoleillé	Nord-Est	20-05-2013	14:47	Bonne visibilité
	02°52'971''E	10					15 :00	

ANNEXE

Annexe

Annexe 2 : Appareillages utilisés



Figure 3.7: bouteille de prélèvement d'eau de mer de type *NISKIN*



Figure 3.8 : oxymètre de de type *WTW, Oxi 197i*



Figure 3.9 : conductimètre de type *WTW cond 197i*



Figure 3.10 : pH mètre de type *WTW pH 315i*



Figure 3.12 : Balance de marque *Denver Instrument®* modèle *M-220D*



Figure 3.11 : Système de filtration sous vide de marque *Millipore®*.

Annexe



Figure 3.13 : Centrifugeuse *Hettich ZENTRIFUGEN* de type *EBA 30*



Figure 3.14 : Spectrophotomètre fluorescence de type *HITACHI* modèle *650-10 S*



Figure 3.16 : Flacon en verre borosilicate à bouchon plongeant



Figure 3.17 : Titroline de type *EASY, SC HOTT instrument.*



Figure 3.18 : Spectrophotomètre de marque *HITACHI U-2001.*

Annexe

Annexe 3 : Préparation des réactifs pour le dosage de l'oxygène dissous

A) Réactif 1 (R1) : Solution de MnCl₂

Produits chimiques exigés

- MnCl₂.4H₂O.....600 g.
- eau distillée.....1000ml.

Préparation

- Dissoudre 600 g de MnCl₂.4H₂O dans 600 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre.
Stocker dans une bouteille en verre ou en plastique.

Cette solution se conserve indéfiniment à température ambiante

B) Réactif 2 (R2) : Solution basique d'iodure de NaI

Produits chimiques exigés

- Soude NaOH.....320 g.
- Iodure de sodium.....600 g.
- eau distillée.....1000ml.

Préparation

- Dissoudre 600 g de NaI dans environ 300ml d'eau distillée.
- Dissoudre 320 g de NaOH dans 400 ml d'eau distillée.
- Mélanger ces 2 solutions en versant rapidement la solution de NaOH dans la solution de NaI et ajuster à 1 litre. Etant donné la forte concentration de ces réactifs, ils ne deviennent en général clairs, qu'après cette opération.

Cette solution se conserve en principe indéfiniment à température ambiante, mais la renouveler dès qu'elle prend une teinte brunâtre

C) Réactif 3 (R3) : Solution d'acide sulfurique 10N

Produits chimiques exigés

- Acide sulfurique H₂SO₄..... 280 ml.
- eau distillée.....1000ml.

Annexe

Préparation

- Ajouter lentement 280 ml d' H_2SO_4 concentrée à 700 ml d'eau distillée. Refroidir et ajuster à 1 litre. Transférer dans un flacon bien hermétique.

Cette solution se conserve indéfiniment à température ambiante

D) Solution de thiosulfate 0,01 N

Produits chimiques exigés

- $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$2,48 g.
- eau distillée.....1000ml.

Préparation

- Dissoudre 2,48 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dans de l'eau distillée et ajuster à 1 litre.

Conserver à température ambiante. Cette solution est instable, il est préférable de la préparer tous les 15 jours, même si elle est titrée avant chaque utilisation par la solution d'iodate de potassium.

E) Solution étalon d'iodate de potassium

Produits chimiques exigés

- Iodate de potassium KIO_30,3567 g.
- eau distillée.....1000ml.

Réparation

- Sécher à 105°C pendant 1 heure du KIO_3 de pureté analytique (99,9% pur).
- Laisser refroidir au dessiccateur puis peser exactement 0,3567 g en milieu anhydre pour obtenir une solution 0.01N.
- Dissoudre dans l'eau déionisée et ajuster à 1 litre. Attention : la dissolution ne s'effectue que lentement

Cette solution est stable indéfiniment à condition de la conserver à l'abri de la lumière et d'éviter toute évaporation et variation thermique.

Annexe

Annexe 4 : Préparation des réactifs pour l'analyse des sels nutritifs

1- Ammonium

A) Réactifs 1 : Solution de phénol-nitroprussiate

Produits chimiques exigés

- Phénol.....35g.
- Nitroprussiate de sodium ($\text{Na}_2 \text{Fe}(\text{CN})_5 \text{NO}, 2 \text{H}_2\text{O}$).....0,4g.
- Eau distillée.....1000ml.

Préparation

- Dissoudre 35g de phénol et 400mg de nitroprussiate de sodium ($\text{Na}_2 \text{Fe}(\text{CN})_5 \text{NO}, 2 \text{H}_2\text{O}$) dans l'eau distillée et compléter à 1000 L.

Ce réactif doit être conservé au réfrigérateur et à l'abri de la lumière ; il n'est stable que quelques semaines et doit être renouvelé s'il prend une teinte verdâtre.

B) Réactifs 2 : Solution alcaline d'hypochlorite

Produits chimiques exigés

- citrate trisodique ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7, 2 \text{H}_2\text{O}$)280 g.
- soude.....22g.
- hypochlorite de sodium.....40ml
- Eau distillée.....1000ml.

Préparation

- Dissoudre 280 g de citrate trisodique ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7, 2\text{H}_2\text{O}$) et 22 g de soude dans environ 800 ml d'eau distillée.
- Ajouter un volume de solution d'hypochlorite de sodium correspond à 1,4 g de chlore, soit : 44 ml d'une solution à 10 degrés chlorométriques ou 40 ml d'une solution normale.
- Compléter à 1000 ml.

Ce réactif se conserve au froid pendant 1 à 2 mois.

Annexe

C) Solution étalon primaire d'ammonium

Produits chimiques exigés

- Sulfate d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$0.661g.
- Eau distillée.....1000ml.

Préparation

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

Cette solution est indéfiniment stable au réfrigérateur.

D) Solution étalon secondaire d'ammonium.

- Diluer 20 fois la solution étalon primaire avec de l'eau distillée. Ajouter du chloroforme à raison de 1 ml/l, 1 ml contient 0,5 $\mu\text{mol/l}$ de N- NH_4^+ .

Cette solution est stable pendant une semaine au réfrigérateur, mais il est préférable de la préparer juste avant l'usage.

2- Azote nitreux NO_2^- (nitrite)

A) Réactifs1 : Solution de sulfanilamide.

Produits chimiques exigés

- Acide chlorhydrique.....50ml.
- Sulfanilamide.....5g.
- Eau distillée.....500ml.

Préparation

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

Cette solution est stable indéfiniment.

Annexe

B) Réactifs 2 : Solution de N-Naphtyl-Ethylenediamine.

Produits chimiques exigés

- dichlorhydrate de N-(1-naphtyl)-éthylènediamine 0,5g.
- Eau distillée.....500ml.

Préparation

- Dans 500ml d'eau distillée, dissoudre 0,5g de dichlorhydrate de N-(1-naphtyl)éthylènediamine.

La conserver au froid et à l'abri de la lumière, et la renouveler dès qu'il s'y développe une coloration brune.

C) Solution étalon primaire de nitrite.

Produits chimiques exigés

- Nitrite de sodium anhydre NaNO_2 0,345 g.
- Eau distillée.....1000ml.
- Chloroforme.....1ml.

Préparation

- Sécher à 110°C pendant plusieurs heures du nitrite de sodium anhydre NaNO_2 .
- Dissoudre 0,345 g dans de l'eau distillée, compléter à 1 000ml et ajouter 1ml de chloroforme. Transformer la solution dans un flacon en verre brun.
- 1ml contient $5\mu\text{mol}$ de NO_2^-

Conservée au froid et à l'abri de la lumière, cette solution est stable pendant 1 à 2 mois.

D) Solution étalon secondaire de nitrite

- Pour obtenir la solution secondaire, diluer 100 fois la solution étalon primaire.1ml contient $0,05\mu\text{mol}$ de N-NO_2^-

Cette solution doit être préparée extemporanément. Elle ne conserve que quelques heures.

Annexe

3- Azote nitrique NO₃⁻.

A) Réactifs 1 : Solution de sulfanilamide.

- Le même réactif pour l'analyse des ions nitrites.

B) Réactif 2 : Solution de N-Naphtyl-Ethylenediamine.

- Même réactif que pour l'analyse des ions nitrite.

C) Solution étalon de nitrite.

- Même solution que pour l'analyse des ions nitrite.

D) Solution étalon de nitrate

Produits chimiques exigés

- Nitrate de potassium anhydre.....0,506g.
- chloroforme.....1ml.
- Eau distillée.....1000ml.

Préparation

- Dissoudre 0,506 g de nitrate de potassium anhydre dans 1Ld'eau distillée, ajouter 1ml de chloroforme : 1ml contient 5 µmol de N-NO₃

La solution est stable plusieurs mois si elle est conservé au froid et à l'abri de la lumière.

E) Solution concentrée de chlorure d'ammonium.

Produits chimiques exigés

- chlorure d'ammonium NH₄CL.....250 g.
- Eau distillée.....1000ml.

Préparation

Préparer une solution à 250 g de chlorure d'ammonium NH₄CL par litre de l'eau distillée.

F) Solution diluée de chlorure d'ammonium.

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

Annexe

G) Solution de sulfate de cuivre.

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

Préparation

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

3.1 Colonne réductrice.

Préparation du cadmium.

- Tamiser du cadmium en grains pour en garder la fraction comprise entre 0,5 et 2mm.
- Laver environ 50 g de grains à l'acide chlorhydrique 2 mol/l puis rincer à l'eau distillée.
- Laver rapidement par l'acide nitrique 0,3 mol/l puis rincer à l'eau distillée.
- laver à nouveau par l'acide chlorhydrique 2mol/l pour chasser les ions NO_3^- rincé abondamment à l'eau distillée.
- Traiter le cadmium par 100 à 150 ml de solution de sulfate de cuivre : dans un erlenmeyer agiter le cadmium avec cette solution et laisser en contact pendant plusieurs minutes ; la solution se décolore.
- Laver ensuite abondamment à l'eau distillée, par débordement de l'erlenmeyer pour ne jamais mettre en contact de cadmium traité avec l'air, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus fines particules en suspension.
- Laver ensuite abondamment à l'eau distillée, par débordement de l'erlenmeyer pour ne jamais mettre en contact de cadmium traité avec l'air, jusqu'à ce qu'il n'y ait plus fines particules en suspension.

Remplissage et traitement de la colonne.

- Mettre au bas de la colonne de la laine de verre, pour retenir le cadmium
- Remplir complètement la colonne avec la solution diluée de chlorure d'ammonium.

Annexe

- Remplir d'eau l'erlenmeyer contenant le cadmium et lui adapter un bouchon muni d'un tube de verre (l'eau doit remplir le tube).
- Retourner l'erlenmeyer sur la colonne sans y faire entrer d'air et faire tomber le cadmium petit à petit jusqu'à une hauteur de 15 à 25 cm tout en tapotant la colonne pour obtenir un tassement régulier.
- Laver abondamment la colonne avec la solution diluée de chlorure d'ammonium.
- Laisser la colonne en milieu NH₄CL dilué pendant 24 à 48 heures en renouvelant plusieurs fois la solution.
- Avant la première utilisation, passer sur la colonne 3 à 4 L d'eau de mer dopée en nitrate à environ 50 µmole/l afin de stabiliser le rendement.

Utilisation et entretien de la colonne.

- La colonne ne doit jamais venir à sec.
- Après chaque série d'analyse, rincer la colonne avec la solution diluée de NH₄CL.
- Avant de commencer l'analyse, passer sur la colonne 100ml d'eau de mer dopée en nitrate à 100-150µmol/l et additionnée de NH₄CL (2ml de la solution concentrée pour 100ml d'eau).

Contrôle du rendement réduction

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

- Mettre dans une fiole jaugée 2 ml de solution étalon de nitrate et en complétant à 500 ml avec de l'eau distillée pour avoir une concentration de 20µmol/l.
- Analyser cette solution selon le protocole suivis pour le dosage des nitrates+ nitrites.
- Mesurer l'absorbance, reporter cette valeur à la droite d'étalonnage pour en déduire la concentration en nitrite obtenue après passage sur la colonne.
- Calculer le rendement de réduction (Soit $R \leq 1$).

Annexe

4- phosphore minéral dissous.

A) Solution de Molybdate d'Ammonium

Produits chimiques exigés

- paramolybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7 \text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$15 g.
- Eau distillée.....500ml.

Préparation

- Dissoudre 15 g de paramolybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7 \text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, de préférence en poudre fine, dans 500ml d'eau distillée.

En flacon de plastique et à l'abri de la lumière, cette solution est stable indéfiniment.

B) Acide Sulfurique 2,5 mol/l

Produits chimiques exigés

- Acide sulfurique.....140ml.
- Eau distillée.....900ml.

Préparation

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

C) Solution d'Acide Ascorbique

Produits chimiques exigés

- Acide Ascorbique $(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6)$54 g.
- Eau distillée.....500ml.

Préparation

- Dissoudre 54 g d'acide Ascorbique $(\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6)$ dans 500 ml d'eau distillée.

En flacon de plastique, cette solution se conserve plusieurs mois au congélateur.

Annexe

D) Solution d'Oxytartrate de Potassium et d'Antimoine

Produits chimiques exigés

- Oxytartrate de potassium et d'antimoine (III), K (SbO) C₄H₄O₆.....0,34g.
- Eau distillée.....250ml.

Préparation

- Dissoudre 0,34 g d'Oxytartrate de potassium et d'antimoine (III), K (SbO) C₄H₄O₆, dans 250ml d'eau distillé

Cette solution se conserve plusieurs mois au réfrigérateur.

E) Solution étalon primaire de phosphate

Produits chimiques exigés

- dihydrogénophosphate de potassium anhydre (KH₂ PO₄)..... 0,6805 g.
- chloroforme.....1 ml.
- Eau distillée.....1000ml.

Préparation

- Sécher à 100°C au dessiccateur, sur H₂SO₄ concentré, du dihydrogénophosphate de potassium anhydre (KH₂ PO₄).
- Dissoudre 0,6805g dans 1 l d'eau distillée et ajouter 1 ml de chloroforme, 1ml contient 5µmol de PO₄³⁻.

Cette solution est stable plusieurs mois au réfrigérateur.

F) Solution étalon secondaire de phosphate

- Diluer 100 fois la solution étalon primaire : 10 ml complétés à 1000 ml avec de l'eau distillée. Mettre dans un flacon brun avec 1 ml de chloroforme.1ml contient 0,05µmol de PO₄³⁻.

Cette solution se conserve au réfrigérateur quelques semaines.

5- Silicium dissous

A) Réactif 1 : réactif au molybdate

Produits chimiques exigés

- Paramolybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}, 4\text{H}_2\text{O}$4g.
- Acide chlorhydrique concentré (d = 1,18).....12ml.
- Eau distillée.....500ml.

Préparation

- Dissoudre 4g de Paramolybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}, 4\text{H}_2\text{O}$ en poudre fine dans environ 300ml d'eau distillée.
- Ajouter 12ml d'acide chlorhydrique concentré (d = 1,18), mélanger et compléter à 500ml avec de l'eau distillée.

Cette solution, conservée en flacon de polyéthylène et à l'abri de la lumière, reste stable plusieurs mois, malgré le dépôt qui se forme à la longue sur les parois.

B) Solution de Métol-sulfite

Produits chimiques exigés

- Sulfite de sodium anhydre Na_2SO_36g.
- Métol(sulfate de p-méthylaminophénol, $\text{C}_{14}\text{H}_2\text{ON}_2\text{O}_6\text{S}$).....10g.
- Eau distillée.....500ml.

Préparation

- Dissoudre dans 500ml d'eau distillée 6 g de sulfite de sodium anhydre Na_2SO_3 .
- Ajouter 10 g de métol (sulfate de p-méthylaminophénol, $\text{C}_{14}\text{H}_2\text{ON}_2\text{O}_6\text{S}$). la dissolution peut être lente.
- Filtrer la solution sur papier filtre ordinaire et conserver dans une bouteille en polyéthylène bien hermétique.

Annexe

Cette solution se détériore rapidement et doit être renouvelé toutes les deux à trois semaines ou si elle prend une couleur sombre.

C) Solution saturé d'acide oxalique

Produits chimiques exigés

- Acide oxalique ($C_2H_2O_4, 2H_2O$).....50g.
- Eau distillée.....500ml.

Préparation

- Agiter 50 g d'acide oxalique ($C_2H_2O_4, 2H_2O$) avec 500ml d'eau distillée. Laisser décanter et prendre le surnageant.

Cette solution est stable indéfiniment.

D) Solution d'acide sulfurique à 50% en volumes

Produits chimiques exigés

- Acide sulfurique concentré ($d=1,84$).....250ml.
- Eau distillée.....250ml.

Préparation

- Ajouter, avec précaution et en mélangeant au fur et à mesure, 250ml d'acide sulfurique concentré ($d=1,84$) à 250ml d'eau distillée.

E) Réactif 2 : réducteur

Ce réactif réducteur est obtenu en mélangeant successivement les réactifs ci-dessus dans l'ordre et les proportions suivants :

- 100ml de solution de métol-sulfite.
- 60ml de solution d'acide oxalique.
- 60ml d'acide sulfurique à 50%.
- Compléter avec de l'eau distillée pour obtenir 300ml de solution.

Cette solution doit être préparée juste avant utilisation et ne conserve pas.

Annexe

F) Solution étalon de silicium : à base d'hexafluorosilicate

Produits chimiques exigés

- l'hexafluorosilicate de sodium.....0,9403g
- eau distillée1000ml

Préparation

- Sécher l'hexafluorosilicate à 105°C pendant 1h.

Pour 1 l de solution

- Peser 0,9403g d'hexafluorosilicate de sodium « pour analyse »
- Transférer le produit dans un bécher en plastique avec environ 300 ml d'eau distillée et écraser les agrégats pour accélérer la dissolution puis laisser sous agitation magnétique. La dissolution complète peut prendre jusqu'à 30 min selon la taille des agrégats.
- Transférer en fiole jaugée en plastique de 1000 ml en rinçant plusieurs fois le bécher et ajuster au trait de jauge : 1ml contient 5 μ mol de Si.

Cette solution est considérée comme stable indéfiniment si l'on évite l'évaporation.

Annexe

Annexe 5

Tableau 4.11 : Résultats des sels nutritifs ($\mu\text{mol/l}$) au niveau du littoral Algérois (Mai 2004).

Stations	coordonnées	Ammonium		Nitrite		Nitrate		Phosphate		Silicate	
		surf	fond	surf	fond	surf	fond	surf	fond	surf	fond
2 (B3)	36° 42' 210"	3,462	4,090	0,025	0,002	0,790	0,734	0,168	0,195	0,354	0,577
	2° 48' 305"										
5 (B1)	36° 47' 054"	4,310	3,839	0,093	0,065	0,812	0,953	0,183	0,197	0,904	0,921
	2° 53' 148"										

Tableau 4.12 : Profondeur (Z) et paramètres physico-chimiques (salinité, température, pH et oxygène dissous) des stations du littoral algérois (période du 11 au 21 mai 2004).

stations	coordonnées	t°C		pH		O2 (mg/l)		S (psu)	
		S	F	S	F	S	F	S	F
2	36° 42' 210"	16,80	16,80	7,83	7,83	7,80	7,70	36,113	36,149
	2° 48' 305"								
5	36° 47' 054"	16,70	16,60	7,88	7,88	7,90	7,60	36,153	36,176
	2° 53' 148"								

Annexe

Annexe 6

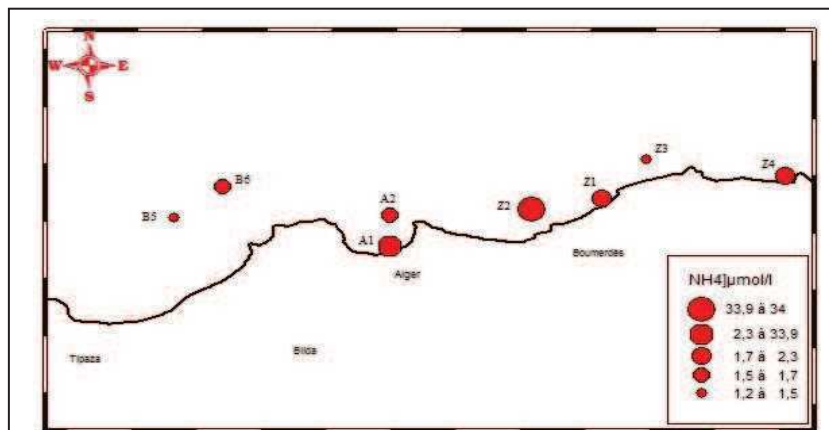


Figure 4.47 : Carte de distribution des ammonium dans les trois baies

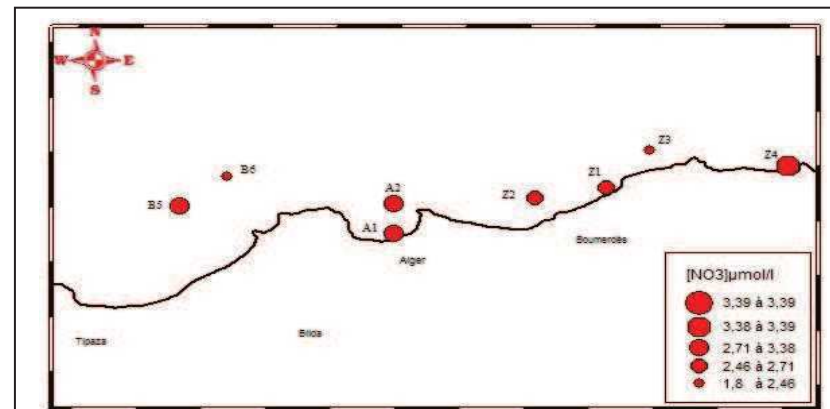


Figure 4.47 : Carte de distribution des nitrates dans les trois baies.

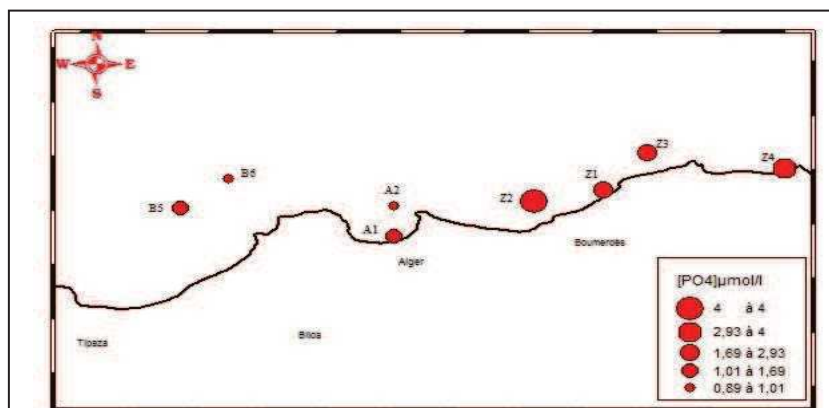


Figure 4.48 : Carte de distribution des phosphates dans les trois baies.

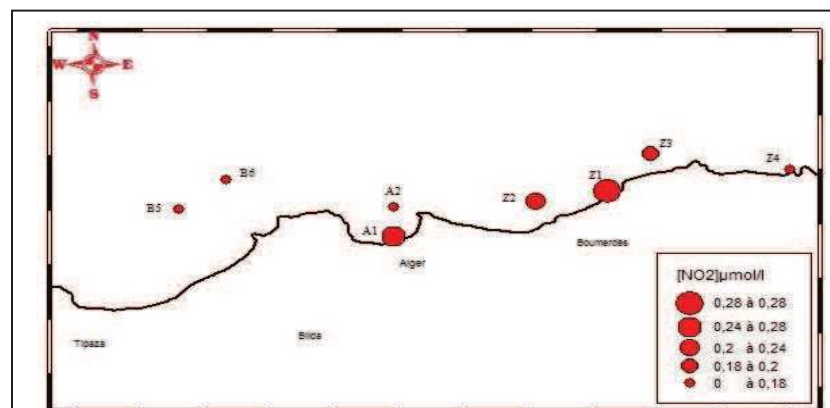


Figure 4.49 : Carte de distribution des nitrites dans les trois baies.

Annexe

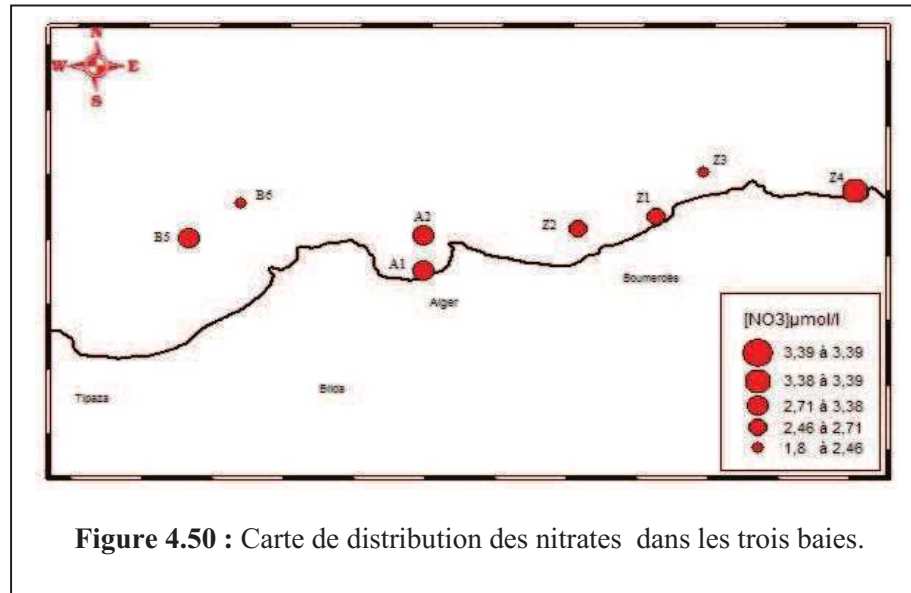
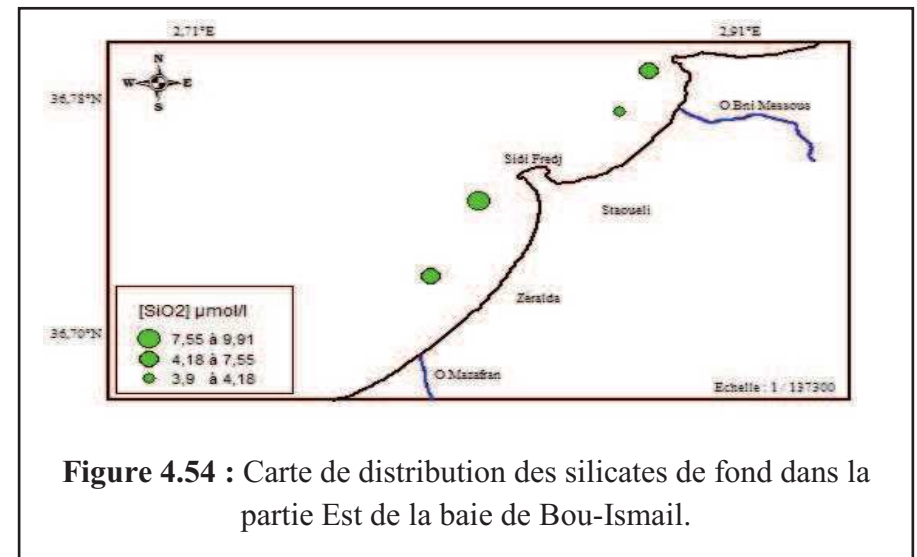
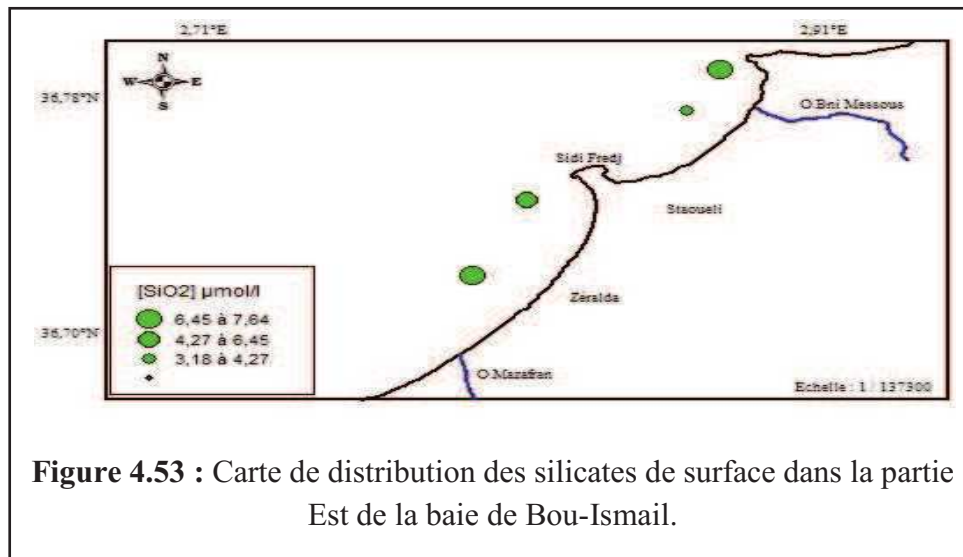
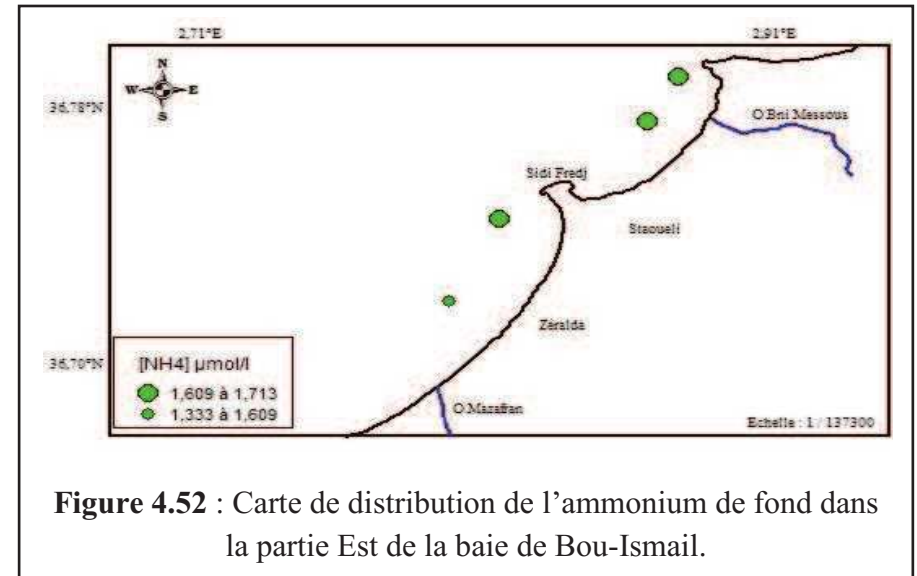
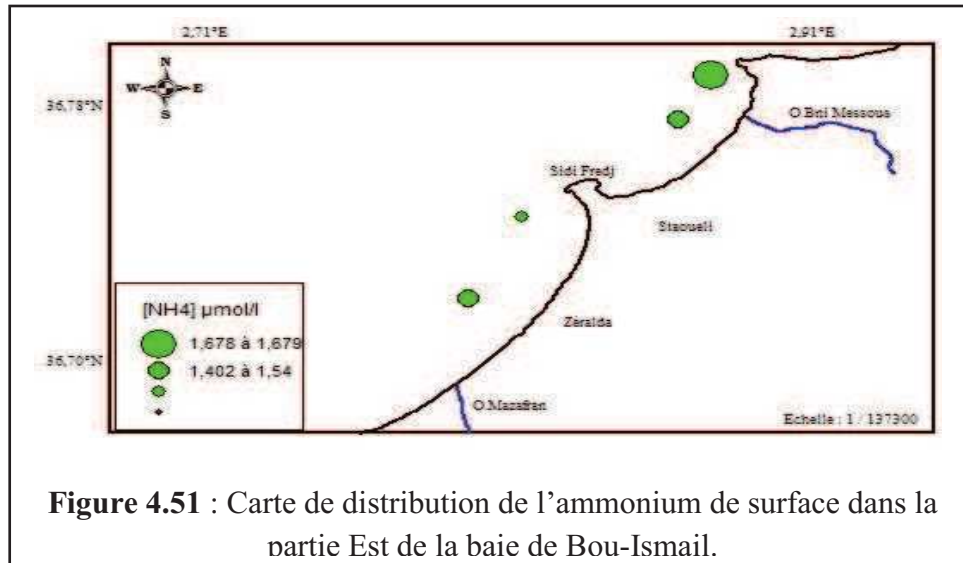
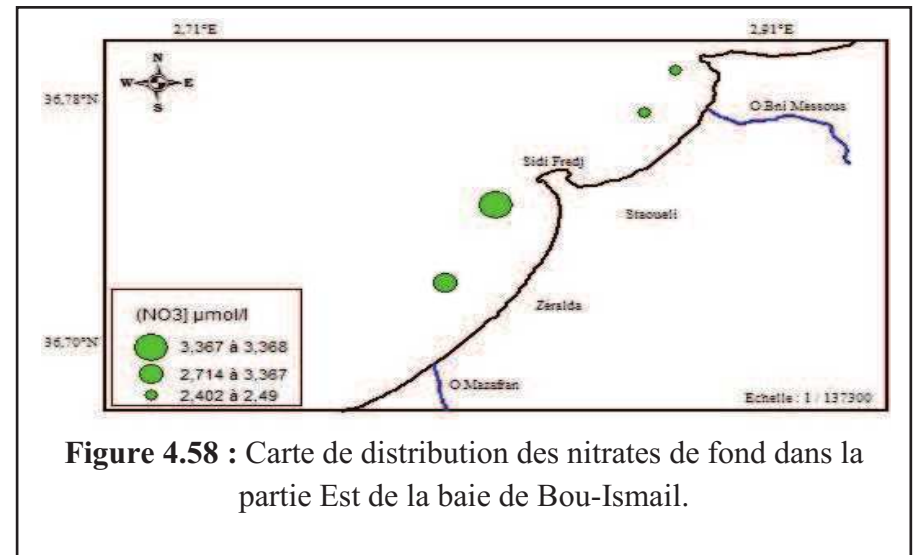
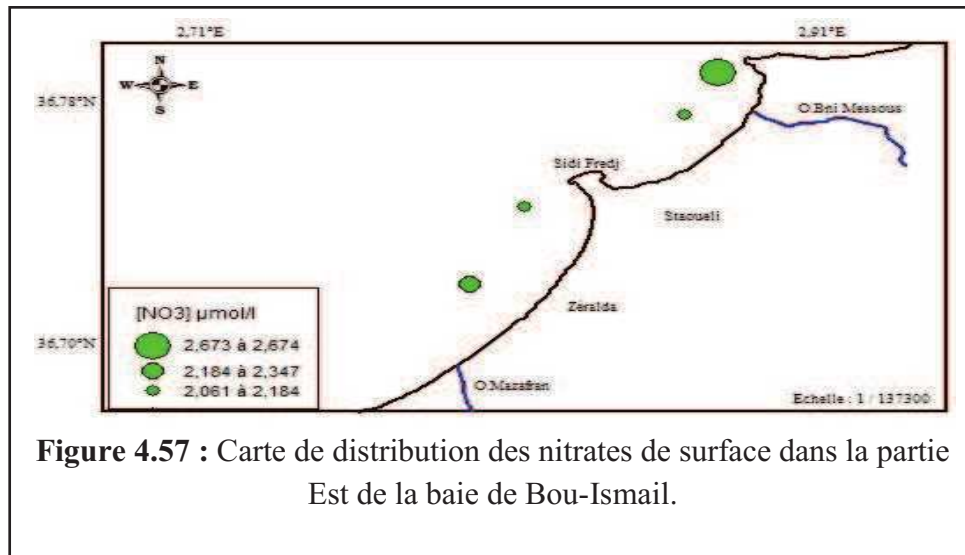
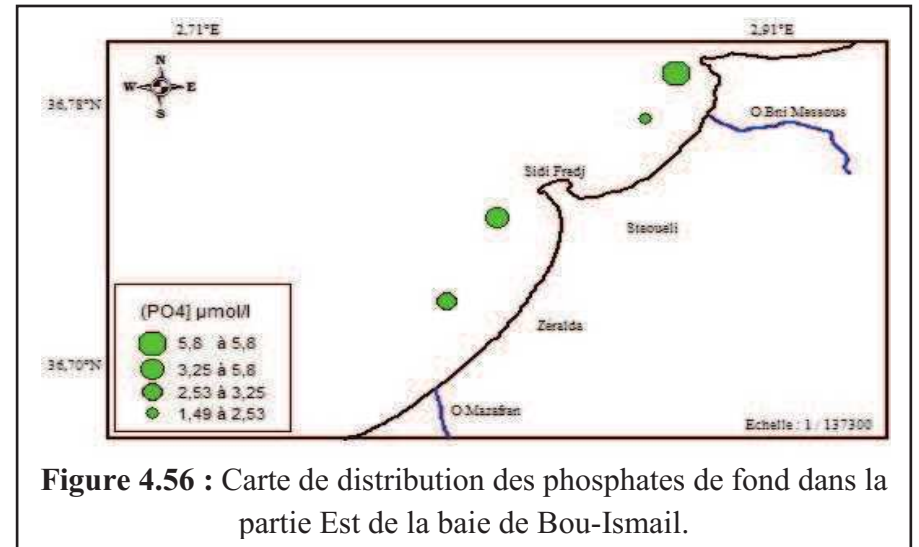
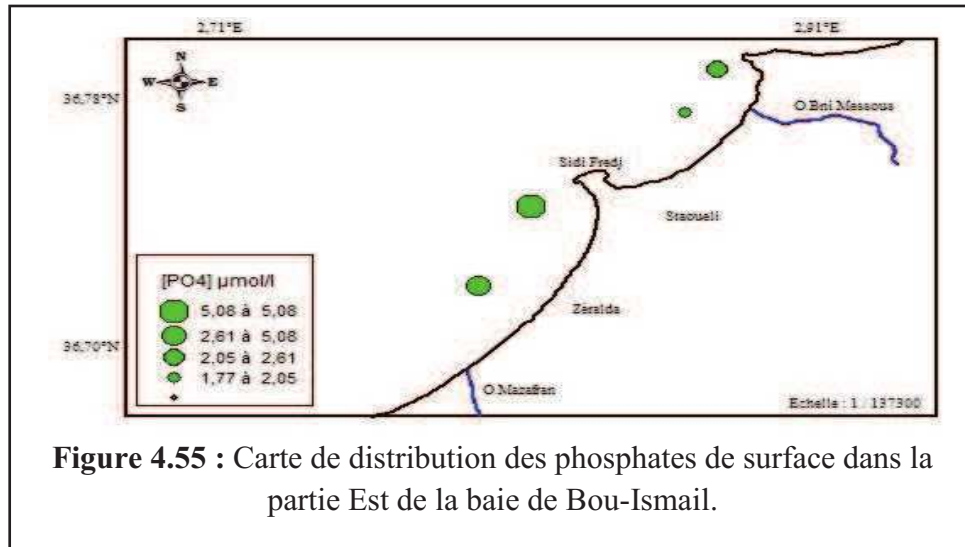


Figure 4.50 : Carte de distribution des nitrates dans les trois baies.

Annexe



Annexe



Annexe

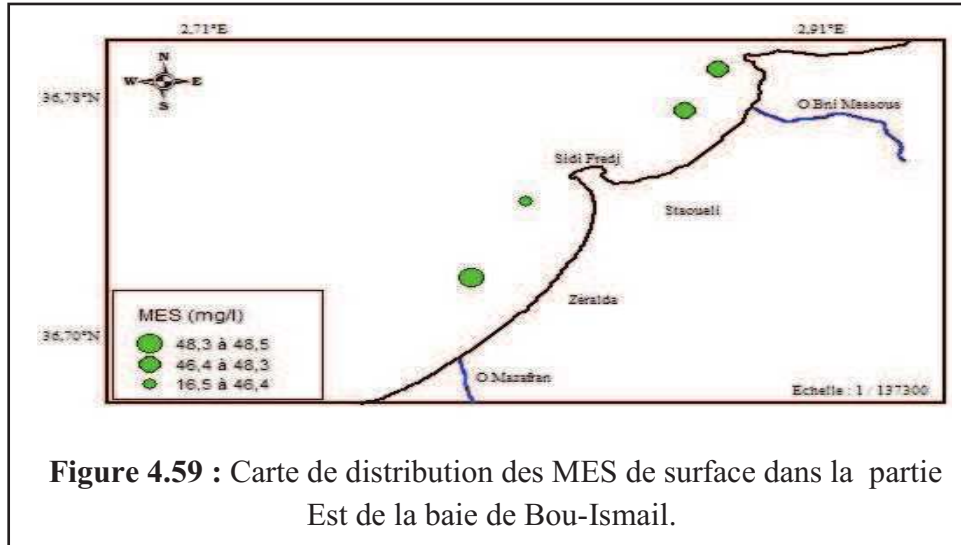


Figure 4.59 : Carte de distribution des MES de surface dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl.

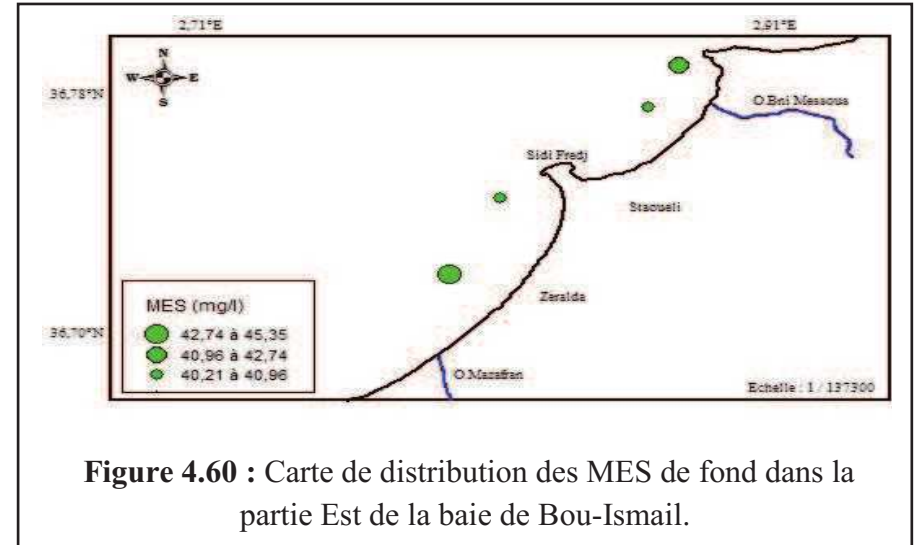


Figure 4.60 : Carte de distribution des MES de fond dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl.

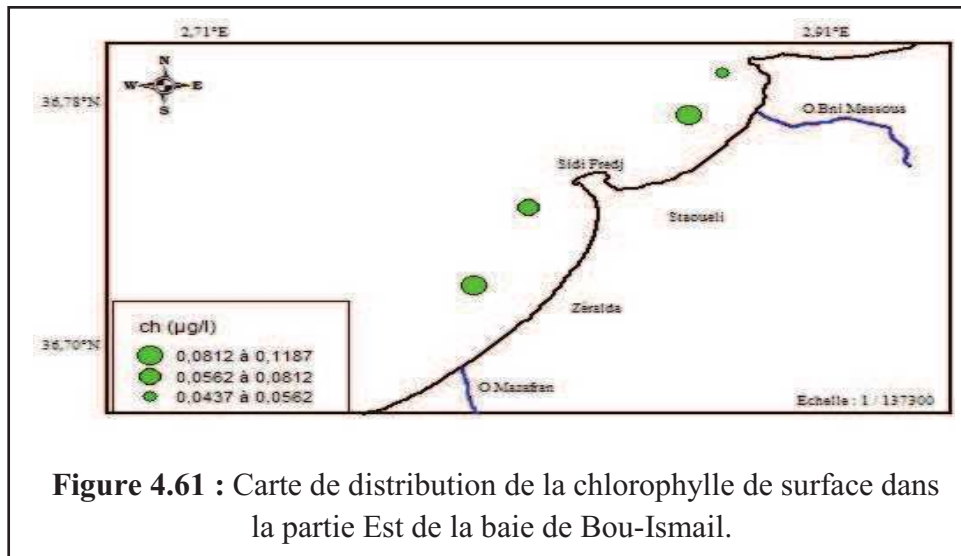


Figure 4.61 : Carte de distribution de la chlorophylle de surface dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl.

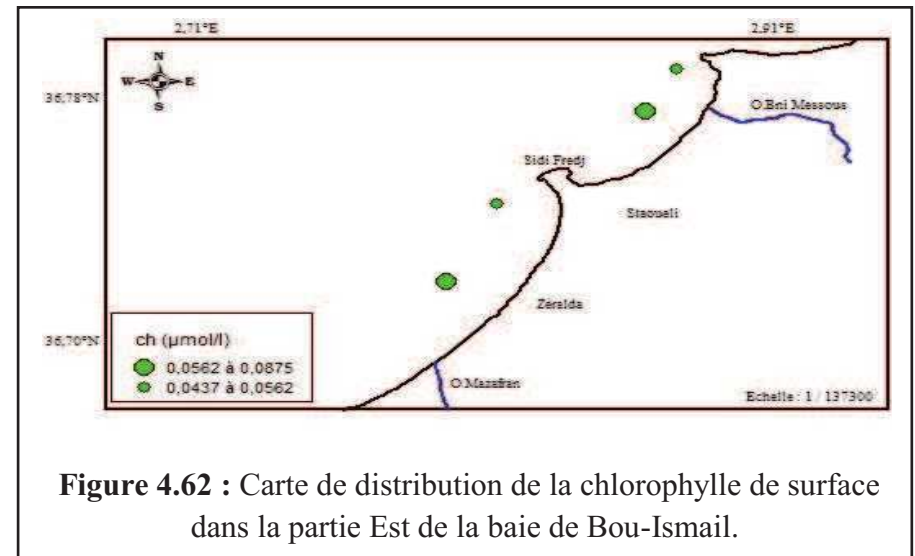


Figure 4.62 : Carte de distribution de la chlorophylle de surface dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl.

Annexe

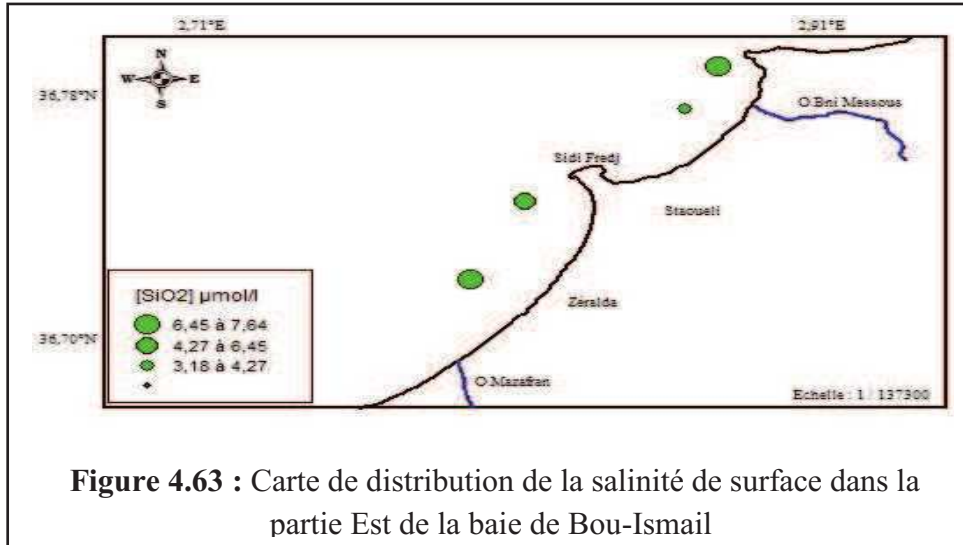


Figure 4.63 : Carte de distribution de la salinité de surface dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl

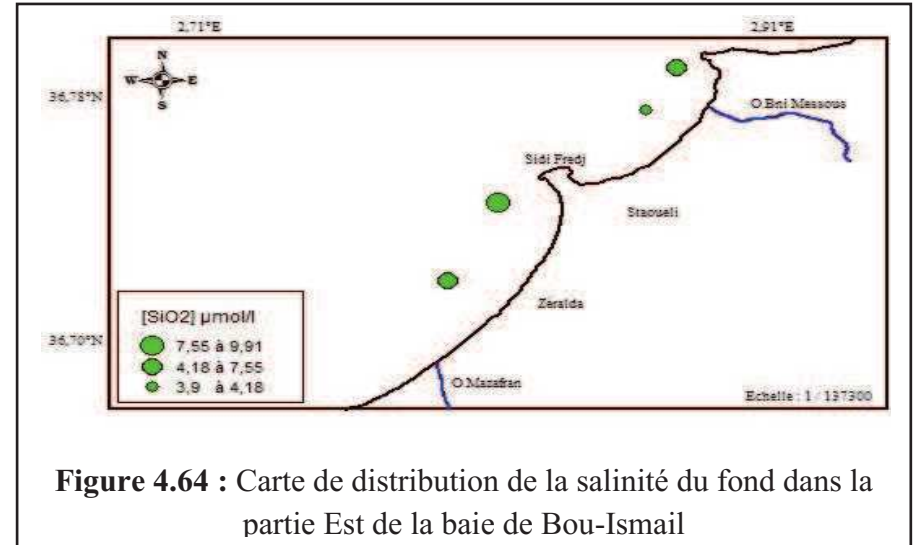


Figure 4.64 : Carte de distribution de la salinité du fond dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl

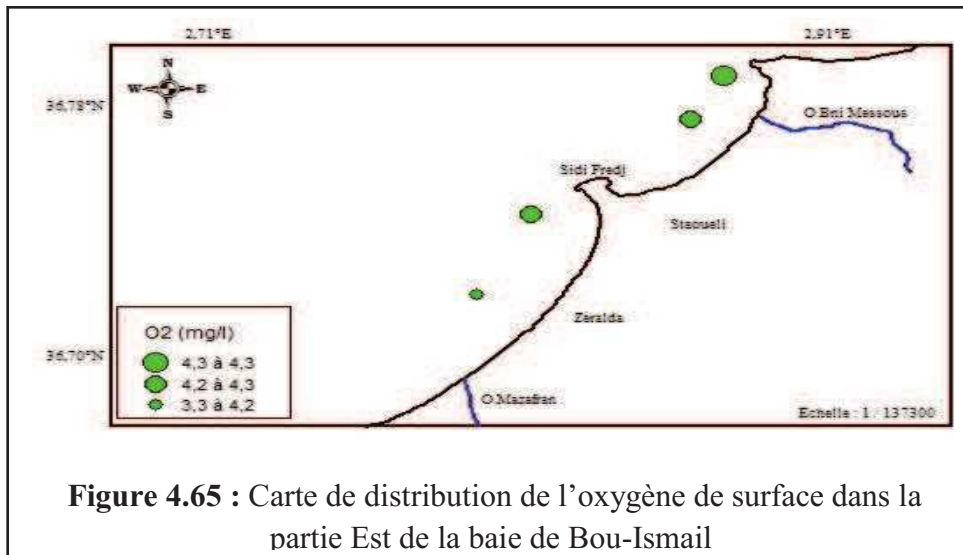


Figure 4.65 : Carte de distribution de l'oxygène de surface dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl

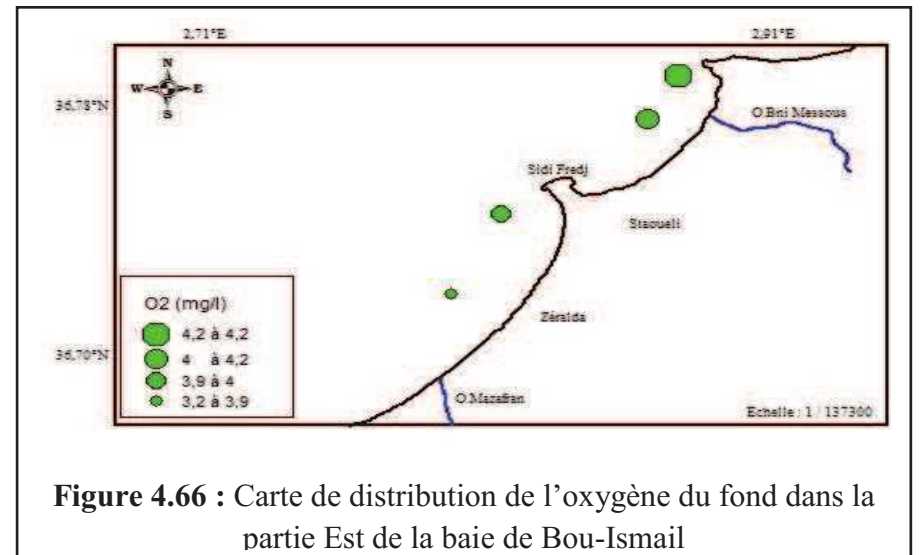


Figure 4.66 : Carte de distribution de l'oxygène du fond dans la partie Est de la baie de Bou-Ismaïl

Annexe

