

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للعلوم والبحر وتهيئة 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 EN SCIENCES DE LA MER

Spécialité : Aménagement du Littoral

Sujet :

**Analyse géostatistique de quelques paramètres de
pollution côtière dans la baie de Bou-Ismaïl**

Présenté par:

- **BOUAFIA Soufiane.**
- **BOUDIB Mohammed Amin.**

Soutenu le 04/07 /2015 devant le jury suivant :

Mr	GUERFI. M	Maître de conférences A	ENSSMAL	Président
Mme	BENZOUAI. S	Maître assistante A	ENSSMAL	Promoteur
Mr	BELKESSA. R	Professeur	ENSSMAL	Co- promoteur
Mme	BENCHIKOU. L	Maitre assistante A	ENSSMAL	Examinatrice

Promotion : 2015

Remerciements

Au terme de ce travail, nous remercions Dieu le tout puissant pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Nos plus vifs remerciements vont à :

Mr GUERFI M, Docteur à l'ENSSMAL, qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.

Nous remercions Madame BENZOUAI S., Maitre assistante A à l'ENSSMAL d'avoir accepté d'encadrer ce travail, pour sa confiance, sa disponibilité, ses encouragements et ses conseils au cours de la réalisation de ce mémoire.

Mr BELKESSA R., Professeur à l'ENSSMAL pour avoir co-encadré ce travail ; pour sa pertinente contribution, son aide considérable tout au long de ce travail et de notre cursus universitaire.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à Madame BENCHIKOU L., Maître assistante A à l'ENSSMAL pour son aide, son soutien, pour avoir accepté d'examiner ce mémoire et participer à ce jury

Nous exprimons également notre profonde reconnaissance à Monsieur BOULAHID M. pour son aide sans oublier le personnel de la bibliothèque et celui des laboratoires d'analyse de l'ENSSMAL pour leur disponibilité et leur accueil.

Nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidées de près ou de loin dans la réalisation de ce mémoire de fin d'étude et sommes entièrement reconnaissant à tous nos enseignants pour avoir contribué considérablement à notre formation.

Dédicaces

À mes très, très chers parents

À mes chères sœurs, Amina, Nihad, et à mon frère Houssam qui

Comptent énormément pour moi.

À mes meilleurs Amis, Hamza, Said, Achref, Mehdi, Samir. Alaaddine

À mes chers amis d'université, AHMED DY, Sofiane, Nacer, Nassim, Kamal, Khaled, Farid, abd Rahim Mohammed, Naim. 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.

Je dédie ce travail.

Mohammed Amin

Je dédie ce modeste travail :

A ma mère et mon père, qui se sont toujours soucies de mes intérêts.

A toute ma famille.

Et à tous mes amis (es) en particulier khaled, tahar, AHMED DY , 3abir amine, tarek, imade, mohamed, na3ime, nacer, kamel, nassime, nazime, djmou3i, walide, brahime, faride, soumiya, raym, yousra (J'espère que je n'ai oublié personne) Vous êtes les meilleurs ☺

Et spécialement kawther ☺....

Alwali

SOMMAIRE

Liste des acronymes	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	19
Chapitre I : Généralités	
1 Pollution marine.....	22
1.1 Définition.....	22
1.2. Les principaux types de pollutions.....	22
1.2.1. Pollution chimique.....	22
1.2.2. Pollution physique	22
1.2.3 Pollution biologique	23
1.3. Sources de pollution	23
1.3.1. Pollution urbaine	23
1.3.2. Pollution industrielle	23
1.3.3 Pollution agricole	23
1.4. Quelques paramètres physico-chimiques.....	24
1.4.1. Température.....	24
1.4.2. Oxygène dissous (OD).....	24
1.4.3. Potentiel d'Hydrogène (pH).....	24
1.4.4. Salinité.....	25
1.4.5. Conductivité.....	25
1.5. Indicateurs de pollution.....	26
1.5.1. Matières en suspension (MES).....	26
1.5.2. Matière organique particulaire (MOP).....	26
1.5.3. Turbidité.....	27
1.6. Chlorophylle.....	27
1.6.1. Chlorophylle a.....	27
1.6.2. Phéopigments.....	27
Chapitre II : zone d'étude	
1. La baie de Bou Ismail.....	30
1.1. Situation géographique.....	30
1.2. Réseau hydrographique.....	30
1.3. Sédimentologie.....	32
1.4. Bathymétrie.....	32
1.5. Hydrodynamisme.....	33
1.6. Sources potentielles de pollution.....	34
Chapitre III: Matériel et méthodes	
Partie 1 : Matériels du laboratoire.....	38

1.	Travaux effectués en mer.....	38
1.1.	Localisation des stations.....	38
1.2.	Prélèvement d'eau de mer.....	38
1.3.	Echantillonnage et conservation.....	39
1.4.	Mesure des paramètres physico-chimiques	39
1.4.1.	Salinité.....	39
1.4.2.	Potentiel d'hydrogène (PH).....	39
1.4.3.	Température.....	39
1.4.4.	Oxygène dissous et saturation en oxygène (OD).....	39
2.	Travaux effectués au laboratoire.....	40
2.1.	Détermination de la matière en suspension (MES).....	40
2.2.	Détermination de la matière organique (MOP).....	40
2.3.	Détermination de la turbidité.....	42
2.4.	Détermination de la chlorophylle -a par la spectrophotométrie.....	42
Partie 2 : Outil d'étude -Les systèmes d'information géographique (SIG).....		47
1.	Définition d'un système d'information géographique.....	47
2.	Composantes d'un système d'information géographique.....	47
3.	Fonctionnalités des SIG	49
4.	Présentation et choix des logiciels.....	50
4.1.	Quantum GIS.....	50
4.2.	Microsoft Excel.....	50
4.3.	Surfer 11.....	51
5.	Méthodologie.....	51
5.1.	Acquisition des données.....	52
5.2.	Intégration et structuration.....	52
5.3.	Fond de carte.....	53
5.4.	Géo-traitement des données.....	55

Chapitre IV: Résultats et discussions

1.	Variation des paramètres physico-chimiques.....	60
1.1.	Le premier jour de campagne en baie de Bou-Ismaïl.....	60
1.1.1.	Température.....	60
1.1.2.	Salinité	61
1.1.3.	Potentiel d'Hydrogène (pH)	62
1.1.4.	Turbidité (NTU)	64
1.2.	Le deuxième jour de campagne en baie de Bou-Ismaïl	65
1.2.1.	Température.....	65
1.2.2.	Salinité.....	66
1.2.3.	Potentiel d'Hydrogène (pH).....	67
1.2.4.	Turbidité (NTU)	68
1.2.5.	Oxygène dissous (O ₂)	68
2.	Variation des paramètres particulaires	70
2.1.	Le premier jour de campagne en baie de Bou-Ismaïl	70
2.1.1.	Matière en suspension (MES).....	70
2.1.2.	Matière organique particulaire (MOP).....	71
2.1.3.	Chlorophylle-	72
2.2.	Le deuxième jour de campagne en baie de Bou-Ismaïl	73
2.2.1.	Matière en suspension (MES)	73
2.2.2.	Matière organique particulaires (MOP)	74
2.2.3.	Chlorophylle-a.....	75

Conclusion	78
Bibliographie	81
Annexe	86

LISTE DES ABRÉVIATIONS

Liste des abréviations

- **SIG**: Système d'Information Géographique.
- **SGBD** : Système de Gestion de Bases de Données.
- BD** : Base de Données
- **PSU**: Pratical Salinity Unit.
- **MES**: Matières En Suspension.
- **MOP** : Matière Organique Particulaire
- **T**: Température.
- **OD**: Oxygène Dissous.
- **S**: Salinité.
- **SQL**: Structured Query Language.
- **pH**: Potentiel d'Hydrogène.
- **MNT**: Modèle Numérique de Terrain.
- **GPL**: Général Publique Licence.
- **QGis** : Quantum GIS.
- **GPS**: Global Positioning System.
- **WGS84**: World Geodetic System84.
- **CSV**: Comma-Separated Values (**Valeurs séparées par des virgules**).

LISTE DES TABLEAUX

Tableau.1 : Rejets d'eaux usées dans la wilaya de Tipaza (étude d'aménagement du littoral. Wilaya de Tipaza, synthèse-bilan diagnostic 2006)

Tableau .2: Résultats des paramètres physico-chimiques.....

Tableau.3 : Résultats des paramètres particulières.....

LISTE DES FIGURES

<u>Figure 1:</u> Situation géographique de la baie de Bou Ismail.	30
<u>Figure 2:</u> Réseau hydrographique de la baie de Bou Ismail (Annane et al.,2007).	31
<u>Figure 3:</u> Carte sédimentologique de la baie de Bou Ismail. (LEM, 1998)	32
<u>Figure 4:</u> Topographie de la baie de Bou Ismail. (Leclaire, 1972)	33
<u>Figure 5:</u> Circulation des eaux superficielles dans la méditerranée. (Millot et Taupier-Letage, 2005 ; modifié)	34
<u>Figure 6:</u> Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou Ismail. (Al Sid Chikh et al.,2009)	35
<u>Figure 7:</u> Carte de localisation des stations de prélèvement durant la campagne dans la baie de Bou-Ismail	38
<u>Figure 8:</u> Résumé d'un SIG (Gilliot, 2000).	49
<u>Figure 9:</u> Méthodologie de travail	52
<u>Figure 10:</u> Fonds cartographiques après digitalisation et géo-référencement.	54
<u>Figure 11:</u> Grille d'interpolation des paramètres de pollution.	58
<u>Figure 12:</u> Carte d'estimation des paramètres de pollution.....	58
<u>Figure 13:</u> Variation de la température à la surface dans la baie de Bou-Ismail (31/05/2015). 61	
<u>Figure 14:</u> Distribution spatiale de la température à la surface dans la baie de Bou-Ismail (31/05/2015).	61
<u>Figure 15:</u> Variation de la salinité à la surface dans la baie de Bou-Ismail (31/05/2015).	62
<u>Figure 16:</u> Distribution spatiale de la salinité à la surface dans la baie de Bou-Ismail (31/05/2015).	62
<u>Figure 17:</u> Variation du pH à la surface dans la baie de Bou-Ismail (31/05/2015).....	63
<u>Figure 18:</u> Distribution spatiale du PH à la surface dans la baie de Bou-Ismail (31/05/2015).63	
<u>Figure 19:</u> Variation de la turbidité à la surface dans la baie de Bou-Ismail (31/05/2015).	64
<u>Figure 20:</u> Distribution spatiale de la turbidité à la surface dans la baie de Bou-Ismail (31/05/2015).	64
<u>Figure 21:</u> Variation de la température à la surface dans la baie de Bou-Ismail (02/06/2015).65	
<u>Figure 22:</u> Distribution spatiale de la turbidité à la surface dans la baie de Bou-Ismail (02/06/2015).	65
<u>Figure 23:</u> Variation de la salinité à la surface dans la baie de Bou-Ismail (02/06/2015)	66
<u>Figure 24:</u> Distribution spatiale de la salinité à la surface dans la baie de Bou-Ismail (02/06/2015).	66
<u>Figure 25:</u> Variation du PH à la surface dans la baie de Bou-Ismail (02/06/2015).	67
<u>Figure 26:</u> Distribution spatiale de la salinité à la surface dans la baie de Bou-Ismail (02/06/2015).	67
<u>Figure 27:</u> Variation de la turbidité à la surface dans la baie la baie de Bou-Ismail (02/06/2015).	68
<u>Figure 28:</u> Distribution spatiale de la turbidité à la surface dans la baie de Bou-Ismail (02/06/2015).	68
<u>Figure 29:</u> Variation de l'oxygène dissous à la surface dans la baie de Bou-Ismail (02/06/2015).	69
<u>Figure 30:</u> Distribution spatiale de l'oxygène dissous à la surface dans la baie de Bou-Ismail (02/06/2015).	69

<u>Figure 31:</u> Variation de la matière en suspension à la surface dans la baie la baie de Bou-Ismaïl (31/05/2015).	71
<u>Figure 32:</u> Distribution spatiale de la matière en suspension à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (31/05/2015).	71
<u>Figure 33:</u> Variation de la matière organique particulaire à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (31/05/2015).	72
<u>Figure 34:</u> Distribution spatiale de la matière organique particulaire à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (31/05/2015).	72
<u>Figure 35:</u> Variation de la Chlorophylle-a à la surface dans la baie la baie de Bou-Ismaïl (31/05/2015).	73
<u>Figure 36:</u> Distribution spatiale de la Chlorophylle-a à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (31/05/2015).	73
<u>Figure 37:</u> Variation de la matière en suspension à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).	74
<u>Figure 38:</u> Distribution spatiale de la matière en suspension à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).	74
<u>Figure 39:</u> Variation de la matière organique particulaire à la surface dans la baie la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).	75
<u>Figure 40:</u> Distribution spatiale de la matière organique particulaire à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).	75
<u>Figure 41:</u> Variation de la Chlorophylle-a à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).	76
<u>Figure 42:</u> Distribution spatiale de la Chlorophylle-a à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).	76
<u>Figure 43:</u> Bouteille de prélèvement de type <i>NISKIN</i>	86
<u>Figure 44:</u> pH mètre de terrain de type <i>WTW pH 315</i>	86
<u>Figure 45:</u> Oxymètre de terrain de type <i>WTW, Oxi 197i</i>	86
<u>Figure 46 :</u> Conductimètre de type <i>WTW cond 197i</i>	86
<u>Figure 47:</u> Centrifugeuse <i>Sigma</i>	87
<u>Figure 48 :</u> Dispositif de filtration sous vide de marque <i>Millipore®</i>	87
<u>Figure 49:</u> Spectrophotomètre ultraviolet a Double faisceaux de type UV-1800, SHIMADZU.....	87
<u>Figure 50:</u> Four à moufle de carbolite de type <i>cwf 1200</i>	87

INTRODUCTION

Introduction

Depuis l'antiquité, le littoral algérien a été particulièrement convoité. Son ouverture sur la méditerranée en a fait un lieu d'échanges commerciaux et culturels. Son climat et sa position géographique ont favorisé l'implantation des établissements et des activités humaines. Il est caractérisé par une concentration de la population et des activités industrielles, agricoles, touristiques et maritimes. Il apparaît comme le réceptacle de tous les polluants d'origines anthropiques fertilisants et toxiques, entraînent par la suite des modifications considérables de la structure et du fonctionnement des écosystèmes marins, surtout l'herbier *Posidonia oceanica* qui présente un intérêt économique et écologique.

Ce littoral est aussi caractérisé par plusieurs baies. Au départ, nous avons choisi la baie d'Alger comme zone d'étude mais pour des raisons techniques, nous avons travaillé sur la baie de Bou-Ismaïl d'autant plus que cette dernière connaît des interventions humaines intensives de différents types (industriels, agricoles, domestiques). Le nombre de rejet recensé au niveau de cette baie est de 67 (**la wilaya de Tipaza seulement**) (**Wilaya de Tipaza, synthèse-bilan diagnostic 2006**). Avec un débit journalier de 24 892 m³/j et une importante extension touristique surtout en période estivale, des perturbations et des modifications sur le milieu récepteur et des risques pour la santé humaine sont provoqués.

En effet, pour s'enquérir de l'état de ce littoral, les chercheurs procèdent généralement à l'échantillonnage du milieu. Cette technique consiste à effectuer des mesures d'indicateurs ponctuels. Néanmoins, ces mesures discrètes ne permettent pas d'avoir une vision globale de l'état de l'écosystème marin afin de pouvoir l'évaluer et prendre des décisions appropriées.

Pour cela, la solution longterm indiquée est l'interpolation spatiale. A ce titre, il existe plusieurs méthodes, géostatistiques, déterministes, etc. Dans notre projet, nous nous sommes intéressés à l'interpolation par le "kriging universel" et "la pondération par l'inverse de la distance IDW", à l'évaluation des deux méthodes et à l'interprétation des résultats. Nous avons choisi comme application quelques paramètres de la qualité de l'eau.

Par ailleurs, pour une meilleure évaluation, nous avons mis en œuvre un Système d'Information Géographique (SIG) permettant l'intégration des données, des résultats et l'analyse en peu de temps et sur une large couverture spatiale.

Introduction

Notre objectif est de voir l'intérêt de l'analyse géostatistique dans l'estimation de quelques paramètres de la qualité de l'eau surtout en matière de précision et ce, afin d'améliorer notre connaissance du milieu marin.

Ce type d'étude relève un grand intérêt pour les gestionnaires du littoral et offre aux responsables de l'environnement les éléments d'information nécessaires à la prise de décision.

Pour la réalisation de ce travail, nous avons suivi la démarche suivante :

Chapitre I : Nous donnerons des généralités sur les quelques paramètres environnementaux abordés dans cette étude.

Chapitre II : Nous présenterons la zone d'étude dans ses différents cadres : géologique, sédimentologique, hydrique suivis par les sources de dégradation

Chapitre III : Nous nous attacherons à décrire la méthodologie de travail, notamment les protocoles et les méthodes d'analyse aussi bien sur le terrain qu'au laboratoire sans oublier l'objectif même de notre travail, en l'occurrence, les méthodes d'interpolation choisies et les Systèmes d'Information Géographique.

Chapitre IV : Ce dernier chapitre est consacré aux résultats et discussions.

Une conclusion générale de notre travail est enfin donnée.

CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS

1. Pollution marine :

1.1. Définition :

Selon la convention des nations unies sur le droit de la mer de 1982, la pollution est définie comme : « l'introduction directe ou indirecte par l'homme de substances 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 à la faune et la flore marine, risque pour la santé de l'homme, entrave aux activités maritimes y compris la pêche et les autres utilisations 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 » (**Revue maritime trimestrielle, 1861**).

1.2. Principaux types de pollutions:

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**).

1.2.1. Pollution chimique :

Ce type de pollution est due à l'entrée d'un ou de plusieurs éléments dans la composition chimique de l'eau marine (**Kankou, 2004**), ces éléments peuvent être soit des composés minéraux (engrais, métaux toxique..), organiques (hydrocarbures, molécules de synthèses ..) ou des composés organochlorés tels que les amines et les phénols (**Ramade, 2000**).

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

- les paramètres globaux : ils résultent de la juxtaposition des effets de plusieurs substances en même temps, exemple : pH, turbidité, demande chimique en oxygène.
- les paramètres spécifiques : qui caractérisent des composés de même propriété chimique (**Kankou, 2004**).

1.2.2. Pollution physique :

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

C'est une pollution due principalement à la modification de la structure physique du milieu marin à travers des agents physiques d'origine industrielle et domestique selon les types.

1.2.3. Pollution biologique :

La pollution biologique est représentée par les micro-organismes (algues, bactéries, virus, champignons, ...) provenant principalement des eaux usées qui prolifèrent à leur arrivée dans le milieu marin, modifiant et dégradant ainsi l'écosystème déjà en place. Cette pollution a des répercussions sur la qualité sanitaire des produits de la mer (Conchyliculture, pisciculture, etc.) et sur les différentes activités de la mer (tourisme par la qualité des eaux de baignade) (**Bachouche, 2010**).

1.3.Sources de pollution:

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

1.3.1. 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**).

1.3.2. 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.

1.3.3. 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).**

1.4.Quelques paramètres physico-chimiques :

1.4.1. La température :

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

La température fait partie des traceurs océaniques conservatifs, qui sont capables de caractériser et de décrire l'évolution et l'historique d'une masse d'eau ou d'un phénomène océanique.

1.4.2. Oxygène dissous (OD).

L'oxygène dissous (OD) intervient dans la plupart des processus biologiques permettant la vie terrestre et marine, son absence ou simplement en dessous de certaines concentrations de nombreuses espèces vivantes meurent et l'effet des substances toxiques est amplifié lorsque la concentration en oxygène est insuffisante **(Aminot et al ; 2004).** La concentration en oxygène dissous dans l'eau résulte des processus physiques, chimiques, biologiques :

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

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

1.4.3. Potentiel d'hydrogène (pH) :

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

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

pH : Potentiel d'hydrogène

C_H : Concentration des ions H⁺

Le pH de l'eau de mer résulte de sa composition ionique et essentiellement de la présence des carbonates issus de l'échange de dioxyde de carbone (CO₂) entre l'eau et l'atmosphère, ainsi que de la dissolution du calcaire.

Le système des carbonates comprend en solution, le CO₂, l'hydrogénocarbonate (HCO₃⁻): forme majoritaire) et les carbonates (CO₃²⁻), avec une concentration totale d'environ 2 à 2,5 mmole/L dans une eau de mer de salinité 35‰.

Le pH de l'eau de mer en contact de l'atmosphère est de l'ordre de 8 à 8,3 il est affecté par les processus naturels qui déplacent les équilibres du système carbonique, comme la poussée du phytoplancton, consommatrice de CO₂, ou la reminéralisation de la matière organique, productrice de CO₂ (Copin-Montégut ; 1996).

1.4.4. Salinité :

La salinité est comme la température, est un paramètre indispensable en milieu marin, en milieux côtiers et estuaires, la salinité est le traceur conservatif idéal des mélanges entre l'eau douce et l'eau de mer (Aminot et al ; 2004).

La première définition de la salinité et de la chlorinité est en 1902 par Sorensen :

« 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 et toutes la matière organique oxydée».

« La chlorinité est la masse, en gramme, de chlore, équivalent à la quantité totale d'halogènes, dans un kilogramme d'eau de mer ».

En 1969, la chlorinité était convertie en salinité selon l'équation suivante :

$$S(\%) \text{ (PSU)} = 1.800655Cl(\%) + 0,030$$

1.4.5. Conductivité:

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (**Rodier, 2005**). La conductivité de l'eau de mer est très élevée en raison de la forte concentration en sels dissous (**Aminot et Kérouel, 2004**). Elle permet d'évaluer la charge totale en électrolytes d'une eau (**Ramade, 2000**).

La conductivité est également fonction de la température de l'eau. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20 ou 25°C. Mesuré sur le terrain, ce paramètre permet de caractériser l'eau (**Houma-Bachari, 2009**).

La conductivité d'un échantillon peut être déterminée par comparaison avec la conductivité d'une eau de mer standard (eau de mer normale) dont la salinité est de 35‰ (**Rodier, 2005**).

1.5. Indicateurs de pollution

1.5.1. Matières en suspension (MES)

Les matières en suspension dans les eaux de mer sont de dimensions très variables. Elles comportent tous les composés ayant un diamètre supérieur à 0.45µm et elles peuvent être un indice de pollution (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

En plus des substances dissoutes, l'eau de mer contient des matières en suspension de toutes tailles et de toutes formes, minérales ou organiques, vivantes ou détritiques, de nature soit biogéniques, soit éoliens, soit météoriques (**Ivanoff, 1972**).

Donc La teneur de la composition minérale et organique des matières on suspension et très variable selon les cours d'eaux et les terrains traversés, la saison et les rejets présent une teneur élever de matières on suspension empêché la diminution de la pénétration de la lumière et influe donc sur les paramètres proportionnelle à la pollution. Plus la concentration en M.E.S. est élevée plus la pollution est importante.

1.5.2. 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 (**Boulahdid, 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**).

La MOP s'exprime en (mg/l).

1.5.3. La turbidité:

La turbidité minérale se définit comme "l'expression de la propriété optique qui fait que la lumière est dispersée et absorbée plutôt que transmise en ligne droite à travers un échantillon," cette dispersion étant provoquée par l'interaction de la lumière avec les particules en suspension dans l'échantillon. La turbidité varie inversement avec la limpidité, elle croît et décroît selon que la concentration de solides en suspension augmente et diminue (**Houma-Bachari, 2009**).

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

La connaissance de ce facteur a une double importance. Il détermine l'intensité lumineuse pénétrant sous la surface et, permet également une approche de la quantité de particules en suspension.

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

1.6. Chlorophylle:

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 pour celle de la production primaire (**Le Gal et al, 1988**).

Dans les milieux aquatiques, les algues possèdent une diversité de pigments dont les plus importants sont les chlorophylles a, b, c1, c2 et d.

1.6.1. Chlorophylle-a :

La chlorophylle-a est le pigment photosynthétique principal du phytoplancton qui est considéré comme étant un bon indicateur de la santé de l'océan et de son niveau de productivité et de la biomasse phytoplanctonique (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

La concentration de chlorophylle est utilisée pour l'estimation de la production primaire (Eppley et Peterson, 1979).

1.6.2. Les phéopigments :

Dans les milieux strictement marins, les phéopigments (groupes de pigments chlorophylliens) résultent du broutage et de la dégradation de cellules et, par conséquent, ne sont pas physiologiquement actifs. La mesure des phéopigments est utilisée comme critère de l'état physiologique des populations phytoplanctoniques, plus la proportion de phéopigments est élevée par rapport à la chlorophylle a, plus les cellules algales sont vieilles, dégradées ou broutées par le zooplancton.

Les phéopigments sont rarement absents dans les eaux côtières et toujours présentes en eaux estuariennes turbides (Aminot & Kérouel, 2004).

CHAPITRE II :
PRESENTATION DE LA ZONE
D'ETUDE

1. Situation géographique:

La baie de Bou Ismail est limitée à l'Est par la presqu'île de Sidi Fredj ($2^{\circ} 50' E$) dans la wilaya d'Alger et à l'Ouest du mont Chenoua ($2^{\circ} 25' E$) dans la wilaya de Tipaza. Les deux caps limitant cette baie étant Ras Acrata à l'Est et Ras El-Amouche à l'Ouest (figure 1).

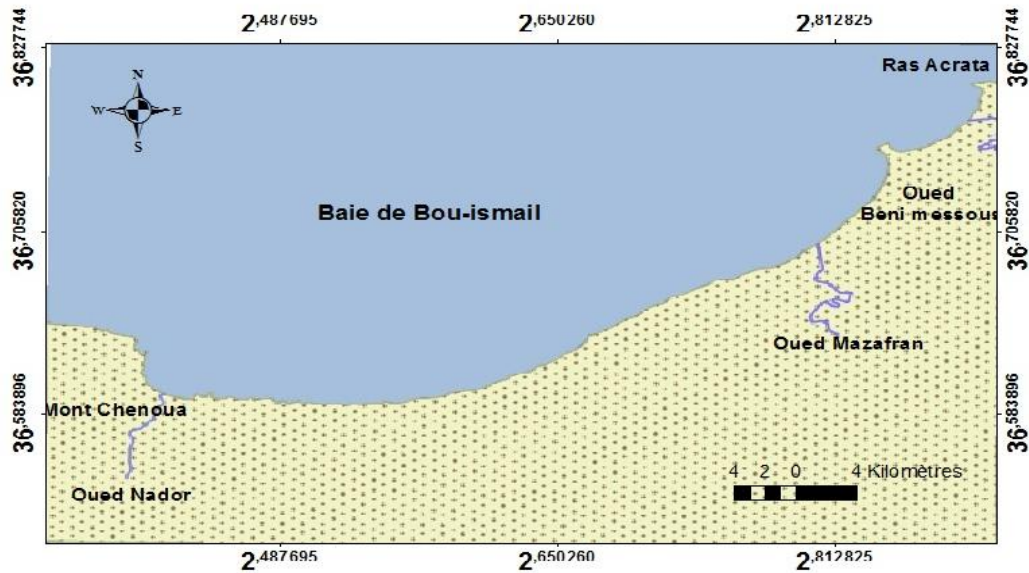


Figure 1: Situation géographique de la baie de Bou Ismail.

2. Réseau hydrographique:

Les principaux oueds qui se jettent en baie de Bou Ismail sont l'oued Nador, dans la baie du Chenoua, l'oued Mazafran et l'oued Beni Messous dans la baie d'El Djamilia (Annane et al., 2007)

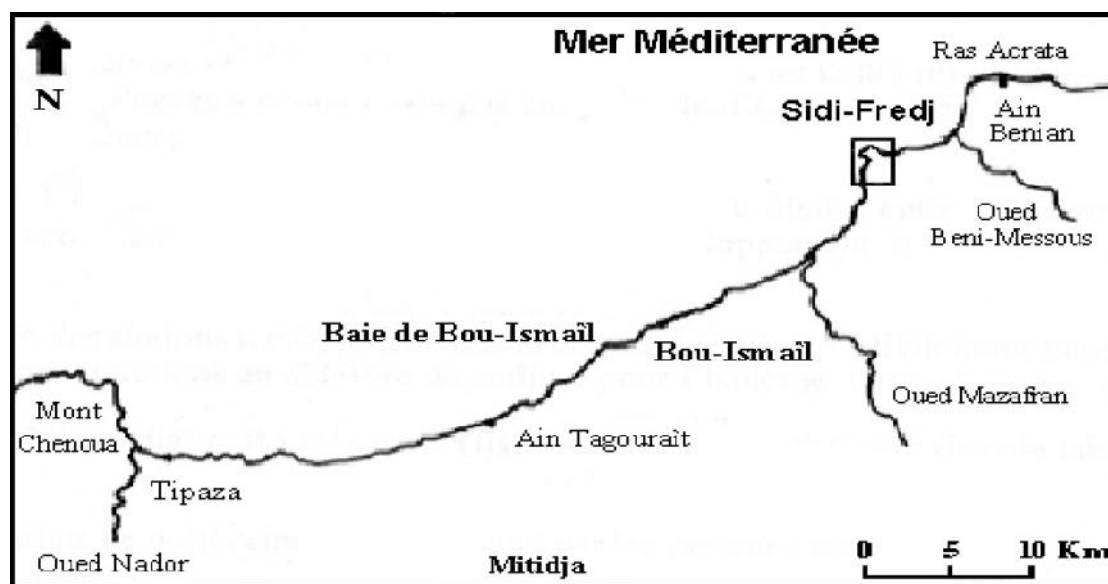


Figure 2: Le réseau hydrographique de la baie de Bou Ismail (Annane et al., 2007).

2.1. L'oued Mazafran

Cet Oued possède un bassin versant de 1850 km², il est formé des oueds Chiffa, Djer et Bouroumi et débouche dans la mer entre Douaouda et Zeralda. Le débit massique est estimé entre 1400 et 1800 t/km², tandis que le débit volumique à 43.8 millions m³/an (Grovel, 1961). Ces apports dépendent étroitement du régime hydrologique de l'oued : long étiage (six mois), crues hivernale et printanière soudaines, fortes et de courte durée.

2.2. L'oued Nador : Constitue la principale source d'apports solide et liquide dans la baie du Chenoua. Il prend naissance à la jonction des oueds Bou Yersen, Bou Haroun, et oued Merad et débouche entre Djbel Chenoua et Tipaza. Le débit liquide de cet oued est de 28 millions m³/an.

2.3. L'oued de Beni Messous : Se situe entre El Djamila et Club des Pins au niveau d'une plage appelée « les dunes » qui fait partie de la baie de Sidi Fredj, cet oued traverse les communes de Beni Messous et Chéraga d'une longueur de 11.5Km, ses eaux sont essentiellement des eaux usées domestiques et industrielles, avec un débit faible par rapport aux autres oueds cités précédemment 0,245m³/s.

3. Sédimentologie

Vers l'embouchure de l'oued Mazafran et jusqu'à une profondeur de 25 m, les sables grossiers caractérisent la baie. Au-delà de ce dépôt fluviomarin et jusqu'à une profondeur de 10 à 15m, les sables moyens réapparaissent qu'au niveau de Khemisti sur une zone étroite qui continue jusqu'à Tipaza (Al Sid Chikh *et al.*, 2009).

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

(Figure 3)

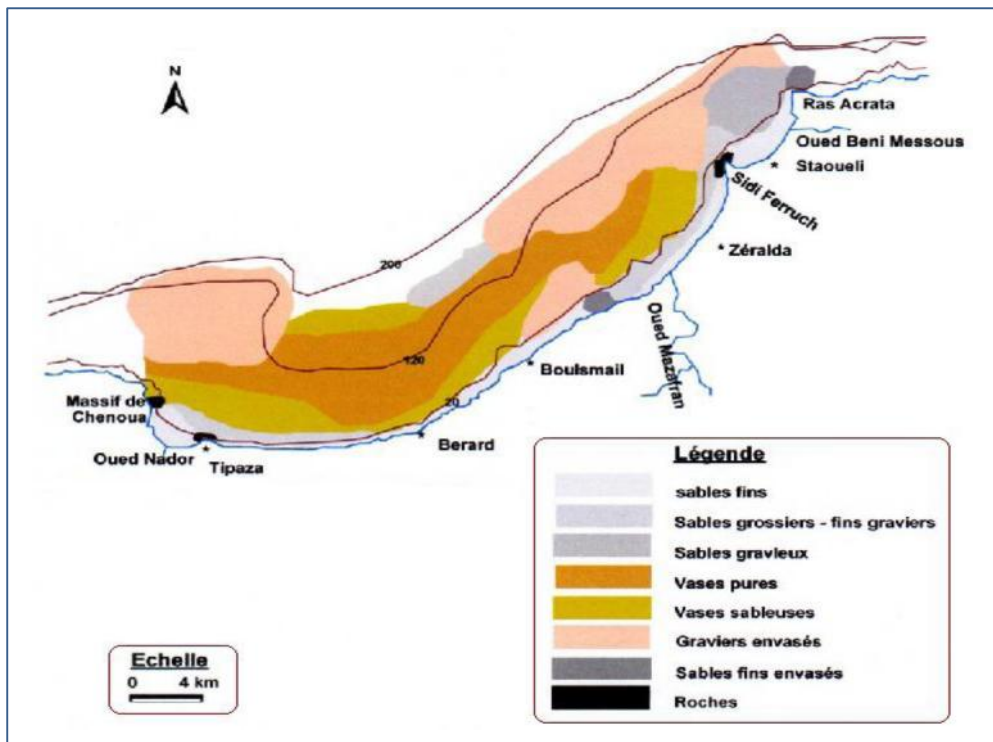


Figure 3: Carte sédimentologique de la baie de Bou Ismail. (LEM, 1998)

Deux régions apparaissent, la région orientale et la région occidentale et chaque région présente sa caractéristique sédimentologique propre (Belkessa, 1999). Les vases pures sont très développées dans la région occidentale et forment ainsi une importante vaseière littorale, tandis que les graviers envasés sont dans la région orientale. De même, le faciès des sables grossiers et des fins graviers et le faciès des sables graveleux ne sont présents que dans la région orientale (LEM, 1998).

4. Bathymétrie :

Le plateau continental, étant très étroit, atteint un maximum de 13 km au niveau du Mont Chenoua et un minimum de 3km entre Sidi Fredj et Alger. Il est caractérisé par une pente de l'ordre de 2 à 3% avec une ligne d'inflexion nette autour de l'isobathe 100 m. Cette pente est perturbée par quelques points rocheux localisés au large du Mazafran et de Bou-Ismaïl.

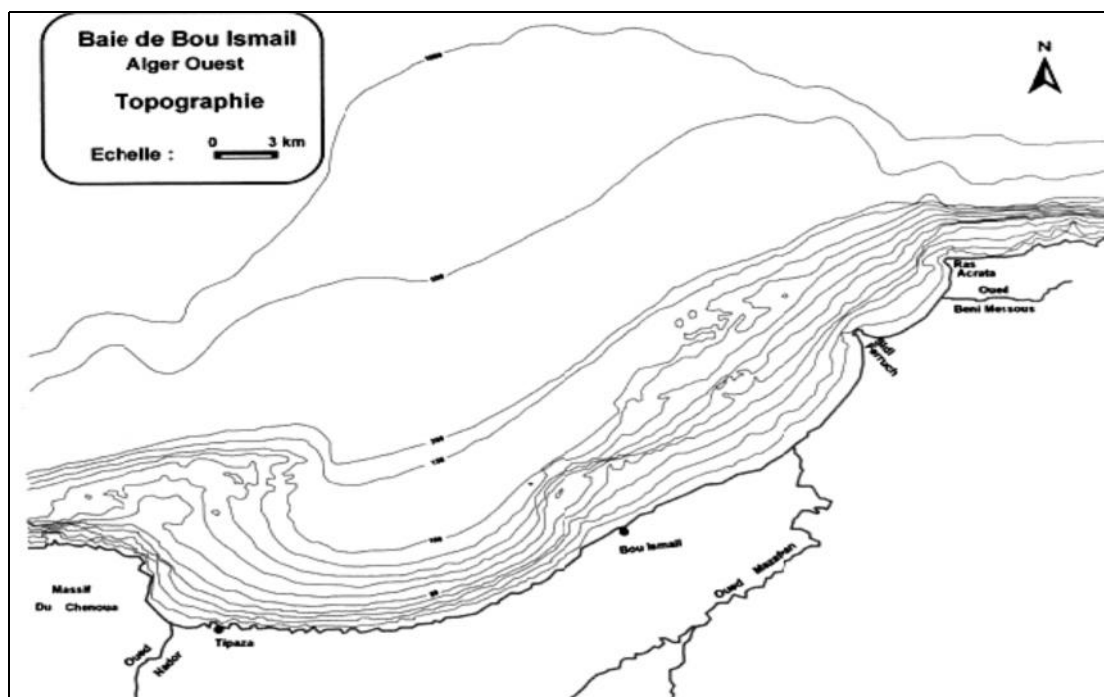


Figure 4: Topographie de la baie de Bou Ismail. (Leclaire, 1972)

4. Hydrodynamisme :

L'origine du courant Algérien, qui vient coller les côtes maghrébines à environ 0° de longitude, provient des eaux atlantiques qui pénètrent à travers le détroit de Gibraltar (Taupier-Letage, 1988). Ce courant, allant d'Ouest en Est, provoque des remontées d'eau importantes à cause de ses tourbillons anticycloniques qui atteignent un diamètre de 100 à 200 km (même plus) avec des courants mobilisant une couche qui peut aller jusqu'à 200 m de profondeur, phénomène qui se produit plusieurs fois par an sur une grande partie du bassin Algérien (Millot et Taupier-Letage, 2005) (figure 4). Les remontées d'eau, ou *upwellings*, provoqués soutiennent une remarquable richesse biologique à cause de la remise en suspension des nutriments du fond (Collignon, 1991).

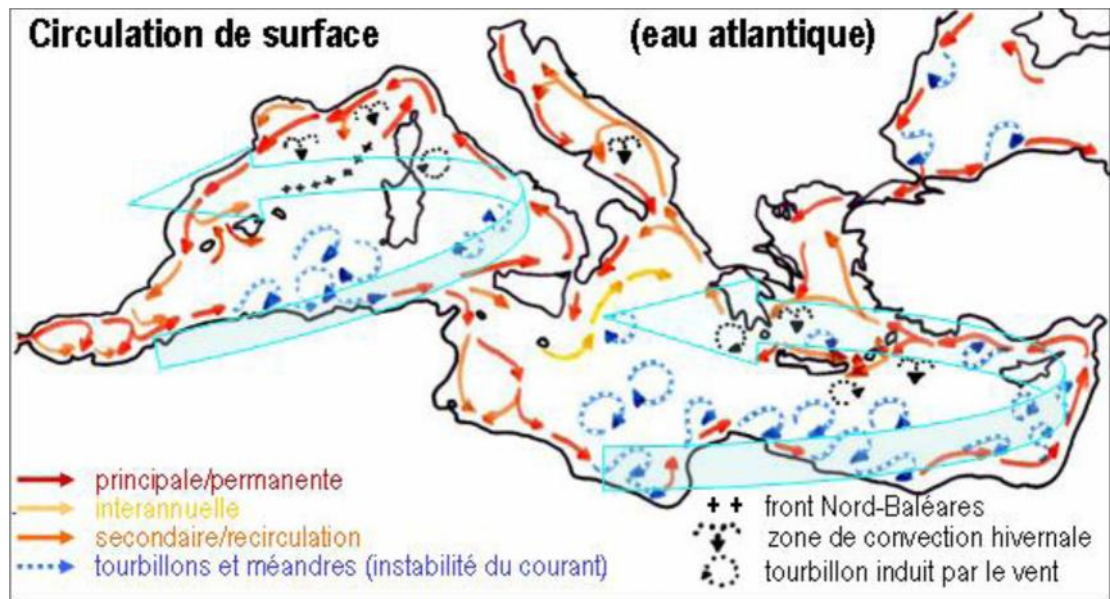


Figure 5: Circulation des eaux superficielles dans la méditerranée. (Millot et Taupier-Letage, 2005 ; modifié)

5. Sources potentielles de pollution

La région de Bou Ismail est une zone à vocation touristique et agricole, sa frange côtière est soumise principalement aux rejets domestiques des villes et des complexes touristiques qui déversent directement en mer, sans aucun traitement au préalable dans la plupart des cas. Ajoutant à cela les rejets des eaux usées véhiculées par les oueds qui traversent les centres urbains, drainant les eaux de ruissellement des terres agricoles, des effluents urbains et industriels tels que les entreprises industrielles de plastique et de caoutchouc (LEM, 1998). De plus, les oueds entraînent vers la mer une partie des eaux usées de Blida et de la base centrale logistique de Beni Mered au niveau de l'oued Macta Makhloof (continuité de l'oued Beni Azza) où déversent les eaux usées de la tannerie du moulin, d'une unité d'électro-glace, une manufacture de mobilier métallique, d'une unité de transformation de plastique, d'industrie agroalimentaire ainsi que les eaux des ateliers de traitement de surface de la base logistique de Beni Mered (figure 5). A cela s'ajoute la pollution due à l'activité agricole et à l'activité de la pêche (Houma-Bachari, 2007).

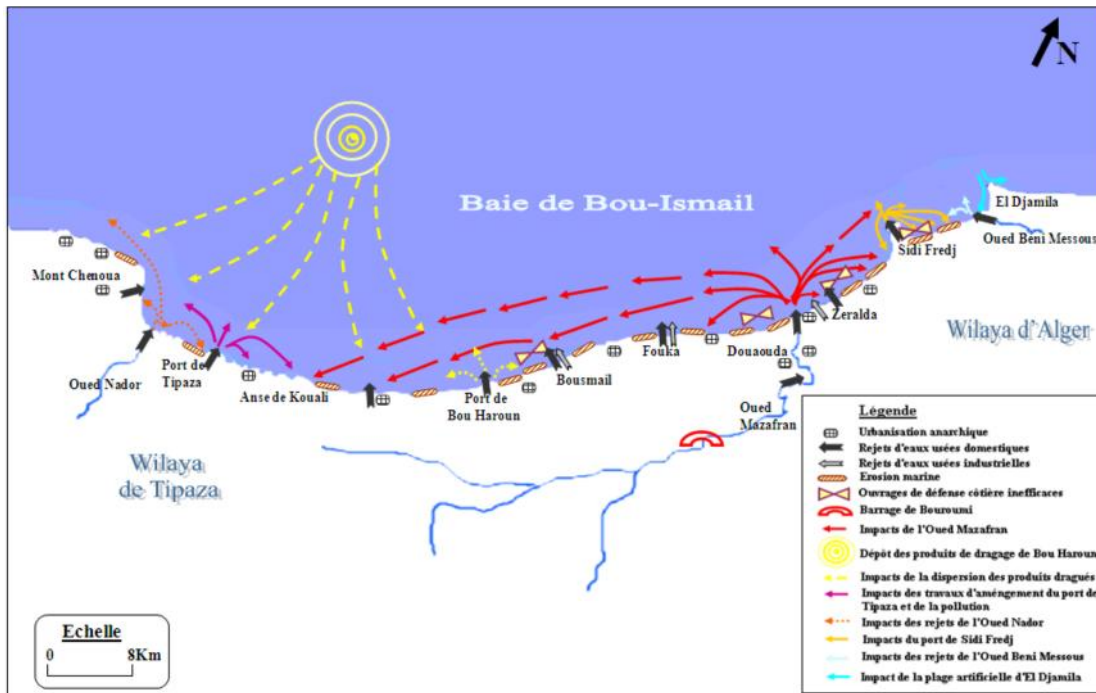


Figure 6: Carte des pressions naturelles et anthropiques dans la baie de Bou Ismail.
(Al Sid Chikh et al.,2009)

La baie de Bou-Ismaïl est caractérisée par une agriculture bien développée et plus fertile utilisant des pesticides polluants, les nappes phréatiques par infiltration au niveau de la vallée de oued Damous, Meselmoun, et oued Bellah. Les rejets domestiques et les rejets des complexes touristiques par ce que la baie fait partie de la zone d'expansion touristique (ZET) qui s'accroissent en période estivale, plus les nombreuses unités industrielles, tous ces rejets sont évacués directement dans le milieu marin sans aucun traitement préalable (**Tableau .1**).

Tableau 1 : Rejets d'eaux usées dans la wilaya de Tipaza (étude d'aménagement du littorale .Wilaya de Tipaza, synthèse-bilan diagnostic 2006)

Communes	Nombre de rejets	Débit m³/j	Lieu de rejet
Bou-Ismaïl	9	4000	Mer
Bou-Haroun	4	320	
Khemisti	6	400	Oued Khemisti et Mer
Fouka	5	3600	Mer
Douaouda	5	1600	Oued Mazafran et Mer
Tipaza	8	7140	Mer
Cherchell	8	3600	
Sidi Ghiles	2	480	
H.Ennous	2	160	
Meselmoun	3	1100	
Gouraya	3	900	
Larhat	3	312	
Damous	3	960	
Ain Tagourait	6	320	
Total	67	24 892	

CHAPITRE III :

MATERIEL ET METHODES

Partie 1 : Matériels du laboratoire

1. Travaux effectués en mer :

1.1. Localisation des stations :

L'objectif de notre travail consiste à effectuer l'analyse géostatistique de quelques paramètres physicochimiques et d'indicateurs de pollution afin de suivre et d'évaluer la qualité des eaux marines dans la baie de Bou-Ismaïl.

Nous avons effectué une campagne océanographique dans notre zone d'étude (Figure .7). Elle s'est étalée sur deux jours, le 31 mai 2015 et le 02 juin 2015, à bord du bateau Baba Aroudj muni d'un GPS (Global Position System) et d'un échosondeur.

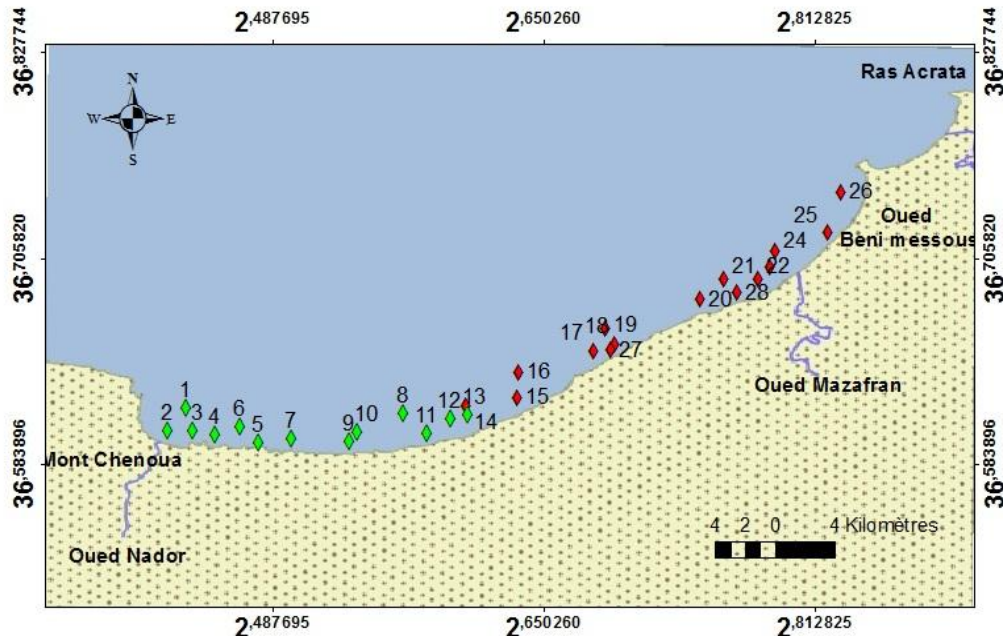


Figure 7 : Localisation des stations de prélèvement dans la baie de Bou-Ismaïl

1.2. Prélèvement d'eau de mer

L'eau de mer a été prélevée à l'aide d'une bouteille de type *NISKIN* 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 de chaque station est assuré par le G.P.S de bord.

1.3. Echantillonnage et conservation :

Une fois la bouteille est à bord, l'eau prélevée est versée dans des flacons en polyéthylène de 2L pour la chlorophylle et de 250 ml pour la matière en suspension. Ces flacons sont désignés par une étiquette qui porte l'origine de l'échantillon. Les flacons destinés à l'analyse de la chlorophylle sont couverts directement par des sacs noirs et conservés ensuite avec les flacons de MES à basse température dans une glacière portative avec « packs » de froid assurant une faible température.

La filtration de la chlorophylle et des MES s'est faite dès le retour au laboratoire.

1.4. Mesure des paramètres physico-chimiques

A chaque station de prélèvement, nous avons effectué in situ l'analyse des paramètres suivants :

1.4.1 Mesure de la salinité

Elle est mesurée *in-situ* à l'aide d'un conductimètre de type *WTW cond 197i* de terrain préalablement calibré, la conductivité est donnée en milli siemens/cm et la salinité en P.S.U (Practical Salinity Unit).

1.4.2 Le potentiel d'hydrogène (pH)

Tout comme pour l'oxygène dissous, le pH a été mesuré in situ, à l'aide d'un pH-mètre de marque : *Wissenschaftlich technische werkstätten* « *WTW* » et de type : pH 315 I/SET, muni d'une électrode en verre à compensation de température. L'étalonnage a été effectué avec trois solutions étalons, préparées au préalable au laboratoire, dont les pH sont de 4, 7 et 9. L'électrode est plongée dans l'eau de mer à analyser qui reste jusqu'à la stabilisation de la valeur du pH affiché. Cette électrode est rincée à l'eau distillée avant chaque mesure.

1.4.3 Mesure de la température

La mesure de la température (° C) a été effectuée in situ par un conductimètre, marque *Wissenschaftlich technische werkstätten* " *WTW* ", (température de 0 à 40° avec ± 0.1 °C de précision et pression de 500 à 1100 mbar).

1.4.4 L'oxygène dissous et saturation en oxygène (OD)

Il est mesuré *in-situ* en mg/l à l'aide d'un oxymètre de terrain de type *WTW, Oxi 197i* 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. La valeur de l'oxygène dissous s'affiche sur un petit écran en mg/l avec une précision de $\pm 0.1 \%$.

2. Travaux effectués au laboratoire

2.1 Détermination de la matière en suspension (MES)

Du fait de son impact sur la transparence de l'eau, la production primaire phytoplanctonique et sur les échanges physico-chimiques, chimiques ou biologiques avec l'eau de mer (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**). Ce paramètre est important à déterminer lors des études des milieux aquatiques.

2.2 Principe

Cette mesure consiste à filtrer l'eau sur une membrane poreuse afin de retenir les particules supérieures à $0.45 \mu\text{m}$ (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**). La différence de poids sec des filtres avant et après filtration permet de connaître la masse sèche totale de matières en suspension dans le volume filtré correspondant. La précision sur la concentration de MES dépendant du volume filtré et la sensibilité de la balance (**Rodier et al., 2005**). La norme française T90-105 AFNOR (1972) recommande l'utilisation des disques filtrants en fibre de verre (GF/F) de 0,45 de porosité pour les eaux côtières et les eaux du large (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**).

2.2.1 Matériel utilisé

Le matériel utilisé comprend :

- un dispositif de filtration (rampe de filtration, pompe sous vide).
- Disques filtrants en fibre de verre (ou filtre GF/F).
- Etuve de type WTB BINDER, à $65 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Balance de précision de type Denver Instrument M- 220 D (au $1/10000 \text{ g}$).
- Eprouvette graduée de 250 ml et des pinces.

2.2.2. Mode opératoire

Il consiste en trois étapes :

a) Préparation des filtres au laboratoire

La préparation des filtres s'est faite de la façon suivante :

- Les filtres GF/F sont mis dans l'eau acidulée (HCl à 1%) pendant une demi-heure, rincés abondamment à l'eau distillée, puis séchés à l'étuve pendant 24 heures à 70 °C ;
- Les filtres sont placés dans une boîte à filtre préalablement étiquetée, et placés dans un dessiccateur pour refroidir ;
- Ensuite, pesés pour avoir le poids initial P1 en mg ;
- Les filtres sont aussitôt remplacés chacun dans sa boîte, à l'abri de la poussière.

b) Filtration de l'eau de mer :

Cette étape consiste à :

- Agiter l'échantillon prélevé avant sa filtration ;
- Mesurer le volume à filtrer (VF= 250 ml) ;
- Placer un filtre et le centrer dans le dispositif de filtration ;
- Verser l'échantillon sur le filtre et appliquer le vide et filtrer progressivement tout le volume mesuré ;
- Arrêter l'aspiration dès que le filtre est à sec ;
- Remettre chaque filtre dans sa boîte numérotée ;
- Mettre les boîtes à sécher dans l'étuve.

c) Séchage et pesée des filtres

Le séchage et la pesée des filtres consiste à :

- Mettre les boîtes contenant les filtres, sans le couvercle, dans une étuve exempte de poussières à 70°C pendant 2 h (STRICKLAND & PARSONS, 1972, et le protocole d'analyse AFNOR, 1972 ; APHA, 1980, in **Aminot et Chausse-Pied, 1983**) ;
- Laisser refroidir dans un dessiccateur et n'en sortir les filtres que juste avant la pesée ;
- Peser chaque filtre P2 mg.

2.2.3. Calculs et expression des résultats:

Le calcul de la concentration en MES s'est fait avec la formule suivante:

$$[\text{MES}] \text{ (mg/l)} = [(\text{P2} - \text{P1}) / \text{Vf}] * 1000]$$

Où :

P1 est le poids du filtre avant filtration;

P2 est le poids du filtre séché après 24 heures;

VF est le volume filtré de l'échantillon

2.3. Détermination de la matière organique (MOP):

Le milieu marin contient naturellement des composés organiques provenant essentiellement des organismes vivants et de leur produit d'élimination et de dégradation. La matière organique particulaire et la matière inorganique particulaire constituent la concentration des eaux en matières en suspension. Ainsi étant un pourcentage important de la concentration de MES des eaux marines, la détermination de la MOP définit le niveau de pollution organique favorisant un accroissement de la production primaire (**Rodier et al, 2005**).

2.3.1. Principe

Cette mesure consiste à calciner les filtres déjà utilisés pour la mesure de la concentration des matières en suspension. La teneur en matière inorganique particulaire est obtenue par la différence de poids des filtres avec les creusés avant et après calcination. Ainsi, la soustraction de la concentration de la matière inorganique particulaire de celle de la matière en suspension permet de connaître la masse de matière organique particulaire. La MOP est majoritairement d'origine phytoplanctonique (**Rodier et al, 2005**).

2.3.2. Matériel utilisé

- Four à moufle de CARBOLITE de type CWF 1200
- Creusés en porcelaine et bras métallique
- Balance de précision de type Denver Instrument M- 220 D (au 1/10000 g).

2.3.3. Mode opératoire

Les filtres issus de la mesure de la concentration en MES, sont conservés afin de déterminer la charge des eaux en MOP dans un dessiccateur et ce, dans le but d'éviter qu'ils absorbent l'humidité de l'air. A cet effet, le mode opératoire est le suivant :

- Numéroter les creusés après les avoir nettoyés de toute poussière ;
- Peser les creusés vides pour avoir le poids P3 ;

- Plier chaque filtre en 4 à l'aide de deux pinces et le mettre dans un creusé ;
- Peser ensuite le creusé avec le filtre pour avoir le poids P4 ;
- Placer les creusés dans le four à moufle et programmer la température à 520°C ;
- Patienter que la température du four atteigne 520°C et commencer à compter 2 heures ;
- Une fois les deux heures écoulées, programmer une deuxième fois la descente progressive de la température jusqu'à ce qu'elle atteigne 100°C ;
- Retirer les creusés à l'aide du bras métallique et les mettre dans un dessiccateur ;
- Une fois refroidis, peser les filtres calcinés pour la dernière fois afin d'obtenir le poids P5.

2.3.4. Calculs et expression des résultats

Le calcul de la concentration en MOP s'est fait grâce à la relation suivante:

$$[\text{MOP}] \text{ (mg/l)} = (\text{P4} - \text{P3}) - (\text{P5} - \text{P3})$$

Où:

P3 : est le poids du creusé vide ;

P4 : est le poids du creusé avec le filtre avant calcination

P5 : est le poids du creusé avec le filtre après calcination.

2.4. Détermination de la turbidité

2.4.1. Matériel de mesure

Le matériel utilisé est le suivant :

- Turbidimètre;
- Cuve de mesure (les cuves de mesure sont généralement spécifiques à chaque appareil).

Il est conseillé de nettoyer régulièrement l'intérieur et l'extérieur de la cuve de mesure avec du papier ou du tissu.

2.4.2. Lecture des résultats

La valeur de Turbidité s'affiche sur un petit écran en NTU.

2.5. Détermination de la chlorophylle-*a* par la spectrophotométrie

2.5.1. Principe

Les mesures de concentration 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 elle 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**).

Dans notre cas, nous avons utilisé la méthode monochromatique de *LORENZEN* (1967). Après filtration d'un certain volume d'eau de mer, pour concentrer le matériel particulaire, le filtre est immergé dans un solvant qui assure l'extraction des pigments ; puis on mesure l'absorbance de l'extrait à une ou plusieurs longueurs d'onde avant et après acidification si l'on recherche également les formes dégradées (**Aminot et Chausse-pied, 1983**).

2.5.2. Matériel et appareillages

Le matériel utilisé est le suivant :

- Dispositif de filtration et des filtres GF/F 0,7 µm de porosité;
- Tubes de dosage de 10ml;
- Centrifugeuse *Sigma*;
- Spectrophotomètre ultraviolet à double faisceaux de type UV-1800, SHIMADZU;
- Matériels courants de laboratoire.

2.5.3. Réactifs

Les réactifs utilisés sont les suivants :

- Suspension carbonate de magnésium MgCO₃ à 1%;
- Solvant d'extraction : l'acétone 90%.

2.5.4. Mode opératoire

a) Filtration et conservation

Dès le retour au laboratoire, nous avons :

- filtré chaque échantillon;
- ajouté quelques gouttes de carbonate de magnésium MgCO_3 pour le conserver plus longtemps;
- plié en quatre et enrobé dans du papier aluminium préalablement étiqueté.
- puis congelé pour une analyse ultérieure.

b) Extraction des pigments

Afin d'extraire les pigments de chlorophylle-a, nous avons :

- enveloppé les tubes à centrifuger dans une feuille d'aluminium;
- introduit les filtres à centrifuger dans un tube et ajouté 10 ml d'acétone à 90%;
- déchiqueté le filtre à l'aide d'une baguette ou d'un tube de verre, bouché et agité pour disperser les fibres.
- laissé l'extraction se poursuivre 24h au réfrigérateur dans l'acétone.
- laissé refroidir à température ambiante.
- centrifuger 1 min, pour faire tomber les fibres de verres.
- centrifuger à nouveau 5 à 10 min à 3000-4000 tr/min (les tubes doivent rester bouchés pour éviter l'évaporation).

c) Mesure d'absorbance : Méthode de *LORENZEN*

Cette méthode consiste à :

- transférer le surnageant de centrifugation dans la cuve spectrophotomètre ;
- mesurer les absorbances brutes des extraits non acidifiés aux longueurs d'onde de 665 et 750 nm soit $A_{bna\ 665}$ et $A_{bna\ 750}$;
- acidifier par addition de 10 μl d'HCl 0.3 mol/l par millilitre d'extrait (soit une goutte) directement dans la cuve et attendre 2 à 3 min ;
- mesurer les absorbances brutes des extraits acidifiés à 665 et 750 nm soit $A_{ba\ 665}$ et $A_{ba\ 750}$.

2.5.5. Calcul et expression des résultats

Les absorbances brutes à 665 nm et les blanc de turbidité à 750 nm doivent être corrigées en soustrayant les blanc de cuves, puis on obtient les absorbances nettes en soustrayant les absorbances corrigées mesurées à 750 nm des absorbances corrigées mesurées a 665 nm.

- Avant acidification

$$A_{na\ 665} = (Ab_{na\ 665} - bc_{665}) - (Ab_{na\ 750} - bc_{750})$$

- Après acidification

$$A_{a\ 665} = (Ab_{a\ 665} - bc_{665}) - (Ab_{a\ 750} - bc_{750})$$

Et donc

$$[\text{Chlorophylle a}](\text{mg}/\text{m}^3) = [26.7(A_{na\ 665} - A_{a\ 665}) * v] / (V * l)]$$

Où:

- V : Volume d'eau filtrée (*litres*).

- v : Volume de solvant d'extraction (*millilitres*).

- l : Longueur du trajet optique de la cuve de mesure (*centimètres*).

Partie 2 : Outil d'étude -Les systèmes d'information géographique (SIG).

1. Définition d'un système d'information géographique (SIG):

La définition américaine émanant du comité fédéral de coordination inter-agences pour la cartographie numérique (FICCDC, 1988) est la suivante : un système d'information Géographique est :

« un système informatique de matériels, de logiciels, et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à références spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion ».

Bordin, 2002, le définit comme un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré d'une façon qui permet d'extraire commodément des synthèses utiles à la décision.

un SIG est un « système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler, organiser, de gérer, d'analyser, de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement » (**Gilliot, 2000**).

2. Composantes d'un Système d'Information Géographique

Un système d'information géographique est constitué par les composantes suivantes:

2.1. Matériels

Le matériel d'un SIG est constitué du matériel informatique sur lequel opère le S I G, ce matériel est considéré à la fois comme :

- Un matériel d'entrée de données par la saisie, la collecte, et la transformation des données spatiales et thématiques, en format numérique.
- Un matériel de stockage et de récupération des données par l'organisation de données spatiales dans une forme permettant à l'utilisateur de les retrouver rapidement pour les analyser.
- L'ordinateur qui permet la manipulation et l'analyse des données.
- Le matériel de sortie de données qui permet à l'utilisateur de générer l'affichage des graphiques, des cartes, et des tableaux représentant le produit obtenu.

2.2. Logiciels

Les logiciels SIG fournissent les fonctions et outils nécessaires au stockage, à l'analyse et à l'affichage de l'information.

2.3. Données et base de données

Les données constituent le cœur même du SIG par la création d'une base de données (BD). Cette dernière renferme à la fois les données cartographiques et les éléments cartographiques (Borda, 2003).

2.4. Les utilisateurs :

La technologie des SIG est d'un intérêt limité sans les personnes qui contrôlent le système et qui développent des projets pour les utiliser. La population des utilisateurs de SIG s'étend des techniciens spécialisés qui conçoivent et améliorent le système à ceux qui utilisent les SIG comme outil dans leurs travaux quotidiens

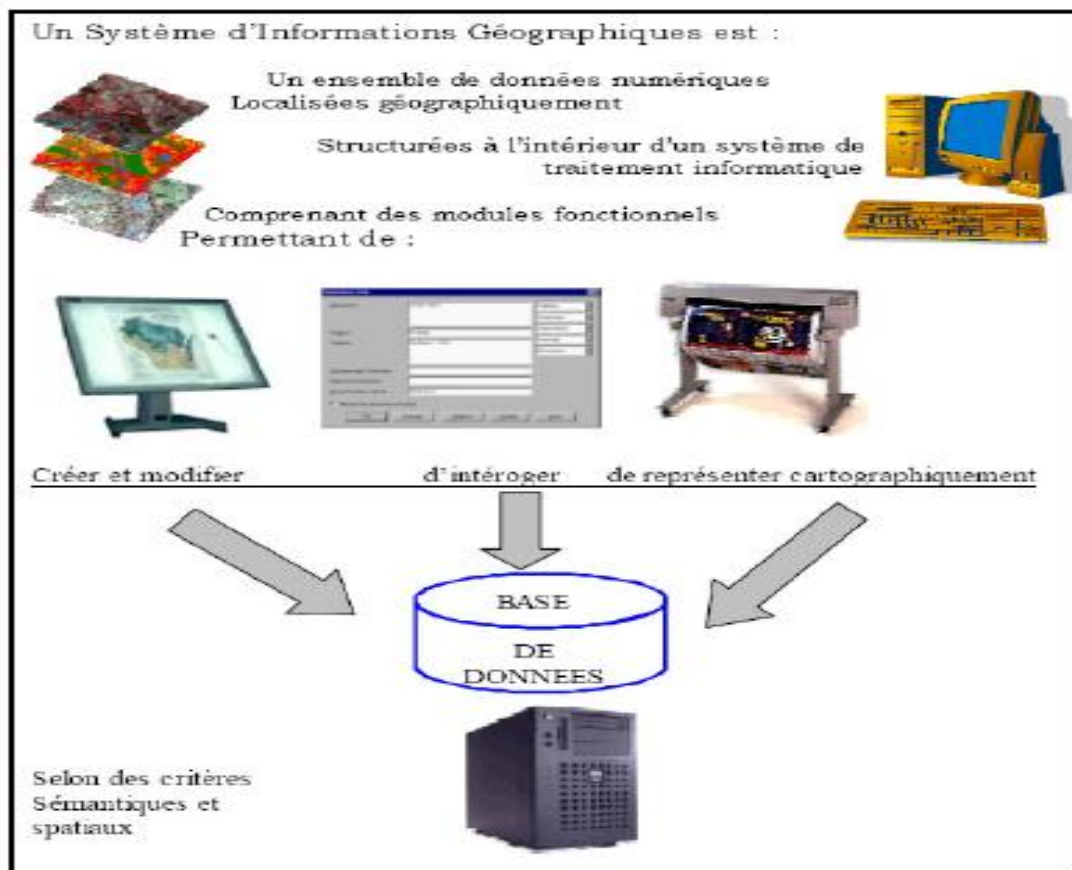
Les utilisateurs de SIG doivent développer les trois attributs suivants :

- Expertise substantive dans l'application dans lequel SIG doit être utilisé
- la connaissance de la technologie de SIG.
- Une connaissance des principales géographiques et cartographiques, au moins en forme rudimentaire.

2.5. Méthode

La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

Pour la démarche suivie, nous avons trois étapes ont été suivies pour réaliser ce SIG : l'acquisition des données, leurs intégrations et structurations, leurs visualisations.



Figureur 8 : Résumé d'un SIG (Gilliot, 2000).

3. Fonctionnalités des SIG (Les 5 A) :

Les SIG sont utilisés, d'une part pour traiter ensemble plusieurs aspects d'un même espace, abordés antérieurement à l'aide de sources incompatibles et, d'autre part pour expliciter les relations et les organisations spatiales quels que soient les objets impliqués. Les cinq fonctions d'un SIG sont les suivantes :

- L'abstraction : Modélisation de la base de données en définissant les objets, leurs attributs et leurs relations.
- L'acquisition : Alimentation du SIG en données, il faut d'une part définir la forme des objets géographiques et d'autre part leurs attributs et relations.
- L'archivage : structuration et stockage de l'information géographique sous forme numérique
- L'analyse : Elle consiste à déduire un ensemble de données à partir des données existantes (opération de topographie, analyse spatiale, calculs statistiques,... etc.).

- L'affichage : Représentation de l'information sous des formes variées (tableaux, graphiques, cartes).

4. Présentation et choix des logiciels

4.1. Quantum GIS :

Notre choix s'est porté sur le logiciel open source (GPL) quantum GIS version 2.8 et ce pour sa gratuité, sa disponibilité, sa portabilité et la richesse de ses outils de géotraitement.

Quantum GIS est un SIG libre au téléchargement, multiplateforme, il gère les formes raster et Vecteur, ainsi que les bases de données. Il permet d'effectuer des activités diverses, Notamment le géoréférencement, la digitalisation, l'analyse spatiale, l'analyse thématiques...etc. Aussi, il permet à l'utilisateur d'ouvrir des fichiers EXCEL, ACCESS et travailler sur des données ORACLE, d'une manière transparente.

QGIS est caractérisé par :

- sa gratuité, ce qui nous permet de l'utiliser en toute liberté
- sa communauté internationale d'utilisateurs et de développeurs qui ne cesse d'élargir L'éventail de ses fonctionnalités et d'allonger la liste des dépôts (extensions) ;
- son interopérabilité (accepte plusieurs formats d'échange Arcinfo, Mapinfo, Grass, GRASS GIS, GEOTIFF, TIFF, JPG, etc.) ;
- son module post GIS permettant le stockage des données géographique dans un serveur spatial distant.

Toutefois, l'un des avantages majeurs est la possibilité d'utiliser Quantum GIS comme interface graphique du SIG GRASS, utilisant toute la puissance d'analyse de ce logiciel en un environnement de travail plus convivial. Les fonctionnalités GRASS sont optionnelles, et passent par un module d'extension (*plugin*). Par ailleurs, Quantum GIS dispose, par défaut, d'une dizaine de modules.

4.2. Microsoft Excel :

Les mesures issues des campagnes en mer sont généralement présentées sous forme de tableau. De ce fait, nous avons utilisé le logiciel Excel afin de les éditer avant de les exporter dans le format texte d'Excel (CSV), nécessaire à leur intégration dans QGIS. Ce logiciel offre aussi les possibilités de réaliser des opérations de sélection, de filtrage automatique, de tri par ordre croissant ou décroissant, et la présentation graphique des données (Histogrammes, Courbes, Nuages de points,...etc.).

4.3. Surfer 11 :

Surfer 11 est un logiciel de tracés de contours et de surface en 2D et 3D de statistique, de géostatistique et d'interpolation spatiale. Il permet de convertir rapidement les données en carte de surface, de contrôler toutes les options graphiques et d'obtenir le résultat voulu.

Le logiciel crée des grilles qui interpolent les données irrégulières des points (x, y, z) afin de les ordonner. C'est à partir de ces grilles que l'on pourra obtenir plusieurs types de cartes : Base Map, Contour Map, 3D surface, Vector et bien d'autres.

5. Méthodologie :

En vue de faire une analyse géostatistique des paramètres mesurés dans le cadre de ce mémoire, nous avons jugé utile d'intégrer l'ensemble de ces données dans un environnement SIG. Pour ce faire, nous avons proposé une méthodologie basée sur les étapes classiques de conception d'un SIG à savoir, l'acquisition des données, le traitement, la réalisation des produits à valeur ajoutée, en l'occurrence les cartes d'estimation des paramètres de pollution et enfin l'interprétation (Fig.9).

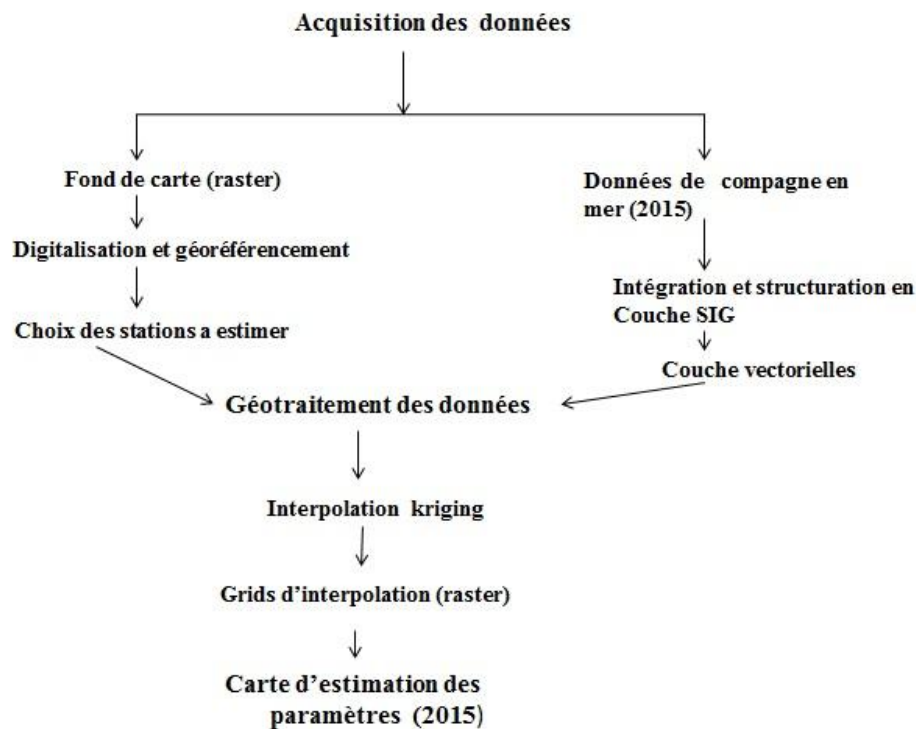


Figure 9 : Méthodologie du travail

5.1. Acquisition des données:

L'acquisition des données s'axe sur :

- L'organisation des coordonnées géographiques des stations, des résultats des mesures et des analyses dans un fichier Excel et leur conversion en une couche vectorielle de points ;
- L'intégration d'un fond de carte afin de mieux localiser le site d'étude. Dans notre cas, nous avons récupéré les limites administratives du fichier « ComGeo » de l'Institut National de Cartographie.

5.2. Organisation des données :

L'entrée des données dans le logiciel Quantum Gis est une étape primordiale. Elle nécessite de faire des choix au niveau du système de représentation cartographique. Dans notre projet, nous avons choisi le système géodésique « Géographique WGS 84 »

vu qu'il est en vigueur en Algérie. Les couches intégrées, à cette étape, dans le SIG concerne le fond cartographique et les stations mesurées.

5.3. Fond de carte :

5.3.1. L'entrée des fonds cartographiques :

L'intégration des données nécessite un fond cartographique de bonne résolution afin de mieux situer les stations de prélèvement et les différents données des zones d'études, et nous avons opter des images satellitaires de Google Earth 2015 dans la Baie de Bou - Ismail qui ont été georéférencées et digitalisées par la suite (Fig .10).

-Le géoréférencement des fonds cartographiques :

Le géoréférencement consiste à déclarer les couches cartographiques dans un système de référence ou système de projection. Un système de projection (représentation plane ou projection) est le procédé mathématique qui permet le passage de l'ellipsoïde à une représentation plane de la terre.

Les logiciels SIG modernes QGIS offre la possibilité de définir et de modifier le système de coordonnées de référence du document en édition (carte). Pour le terrain (travaux d'océanographie) on repère les positions par l'utilisation de GPS (Global Positioning System)

Pour notre cas les fonds cartographiques (les images satellitaires) ont été georéférencées en coordonnées géographiques dans le système géodésique WGS84 par l'utilisation du module de géoréférencement de QGIS. Pour cela, nous avons choisi cinq points d'appui de façon à pouvoir les identifier sur une image satellitaire Google Earth 2015, puis nous avons relevé leurs coordonnées géographiques.

Le géoréférencement consiste par la suite à transformer l'image satellitaire dans un référentiel cartographique global permettant ainsi son intégration dans le SIG.

-La digitalisation :

C'est une méthode manuel, elle s'effectuera à l'aide d'une souris en appuyant directement sur l'écran à travers l'utilisation des outils de dessin (symbole, ligne, polyligne, .. etc.) pour la création des couches de format vecteur à partir du format raster, cela pour modéliser l'information dans des couches, dont le principe consiste à

numériser le fichier par l'utilisation d'une table attributaire qui permet d'intégrer l'information relative et les coordonnées des points.

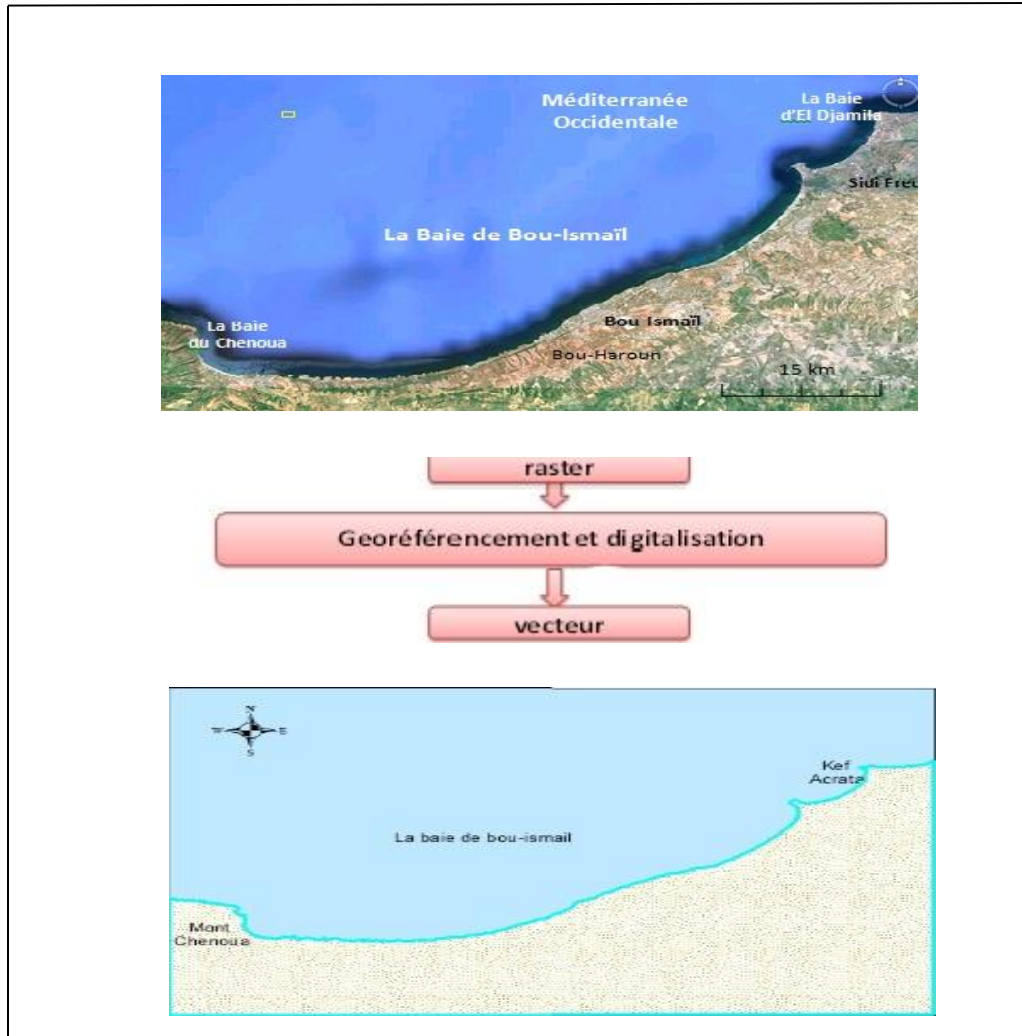


Figure .10 : fonds cartographiques après digitalisation et géoréférencement.

5.3.2. Entrée des données de la campagne en mer :

L'acquisition des données issues des campagnes en mer s'est faite par la conversion des Fichiers Excel récupérés en couches géo spatiales dans le système géodésique adéquat et ce, par l'utilisation de la fonction « Ajouter texte délimité » de QGIS. La couche géo spatiale obtenue a ainsi deux composantes :

- Une composante graphique représentant la localisation géographique des stations de Mesure obtenue à partir des coordonnées géographiques figurant dans le fichier Excel ;
- Une composante sémantique représentant les informations attributaires (paramètres)

Récupérées à partir du fichier Excel.

Cependant, ces couches géo spatiales ont été structurées par la date des campagnes en mer de la façon suivante :

- Num-station: identifiant ; numéro unique, de la station de mesure;
- X: longitude en degré décimal de la station;
- Y : latitude en degré décimal de la station;
- T : température en °C;
- MES : matières en suspension en mg/l.
- PH : potentiel d'hydrogène.
- OD : oxygène dissous en $\mu\text{mol/Kg}$.
- S : salinité en PSU.
- turbidité en NTU.
- chlorophylle a en (mg/m^3)

5.4. Géo-traitement des données:

Il existe plusieurs catégories les traitements et d'analyses réalisables par un SIG de diverses manières, soit selon le type d'objet (point, ligne, surface, volume), selon la structure des données (vectorielle, matricielle), selon la caractéristique modifiée (géométrique, thématique, temporelle ou topologique), selon le niveau de mesure de la variable (univariée, multivariée), selon l'échelle de mesure (quantitative ou qualitative) ou selon leur objectif (descriptif, exploratoire et confirmatif). **Pouliot, (1999)**,

Les données ont été structurées de façon extensible afin de faciliter leur traitement à savoir, la génération des grilles d'interpolation.

5.4.1 Interpolation kriging :

Une grille est constituée de cellules carrées espacées, régulièrement réparties sur un territoire donné. Chaque cellule possède un nœud situé au centre du point, qui représente l'estimation de la valeur d'un seul paramètre mesuré (**Pitney Bowes, 2009**).

Les grilles sont une représentation raster du monde réel. Ainsi, l'espace est divisé en cellules de tailles égales localisées uniquement par trois paramètres : Coordonnées X, Y de la cellule et valeur contenu dans la cellule, il peut être utilisé pour visualiser de manière efficace la tendance de l'information géographique sur un territoire, ils donnent le pouvoir de comparer et questionner mathématiquement les couches et les requêtes d'informations, créer de nouveaux Grids, trier, et analyser des couches.

Il est évidemment impossible de mesurer les valeurs en tous points de l'espace, pour cela l'interpolation est la technique qui permet de donner par estimation des valeurs aux points non échantillonnés. Le processus consiste à estimer les valeurs du Grids en utilisant les valeurs mesurées prises à partir d'un ou de plusieurs couches de point. Beaucoup de méthodes mathématiques peuvent être appliquées à l'interpolation des valeurs de Grid, mais il n'y a aucune solution parfaite. Le choix de la méthode d'interpolation dépend des caractéristiques des données in situ (type, précision et densité) et d'autres facteurs tels que le temps de calcul (**Pitney Bowes, 2009**). Donc Il existe plusieurs méthodes d'interpolation spatiale. Selon **Dubois, (2000)**, le choix d'une méthode dépend :

- De la nature des données ;
- De leur densité ;
- De leur variabilité,
- Des objectifs poursuivis (description, quantification),

La méthode d'interpolation utilisée dans ce travail est celle dite kriging, puisqu'elle se prête bien aux données environnementales (mesures chimiques) (**Pitney Bowes, 2009**).

Le kriging est une procédure géostatistique avancée qui génère une surface estimée à partir d'un ensemble dispersé de points avec des valeurs z . Contrairement à d'autres méthodes d'interpolation, une étude minutieuse du comportement spatial du phénomène représenté par les valeurs z doit être effectuée avant de sélectionner la meilleure méthode d'estimation pour la génération de la surface en sortie.

Les fonctionnalités de l'Application kriging sont :

- Ñ Traitement géostatistique.
- Ñ Traitement sur un ensemble ou une sélection du jeu des données.
- Ñ Résultats en GRID géoréférencés.
- Enregistrement des résultats : sous forme graphique (carte).

5.4.2. Génération de la grille d'interpolation (Grid) :

Sur logiciel surfer en allant dans : **Grid** => **Data** et parcourir le fichier Excel puis cliquer sur **ok**.

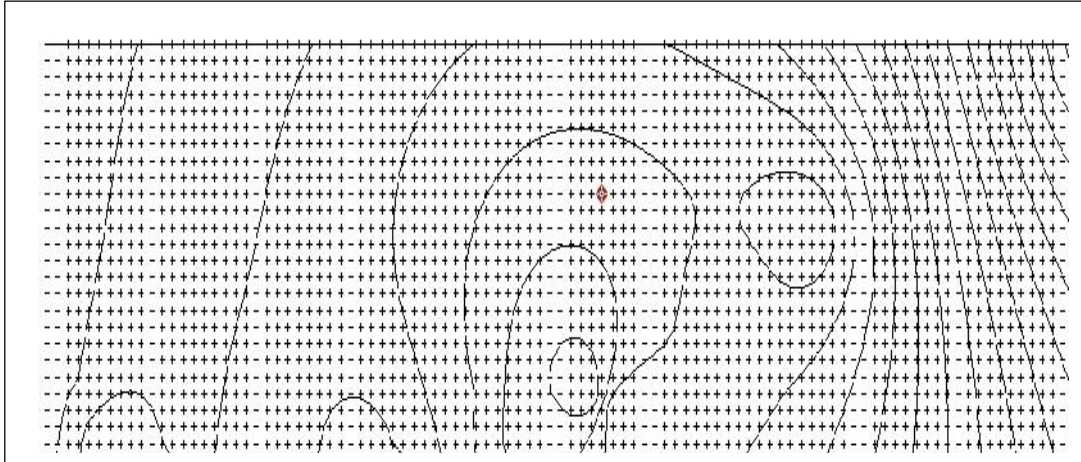


Figure 11 : grille d'interpolation des paramètres de pollution.

5.4.3. Cartographie des paramètres de pollution :

Une fois la grille est créée, aller dans « **Toolbar Options** ».

Pour l'obtention des cartes des isobathes en 2D cliquer sur **Map** => **New** => **Contour Map** et parcourir la grille obtenue en 2 D.

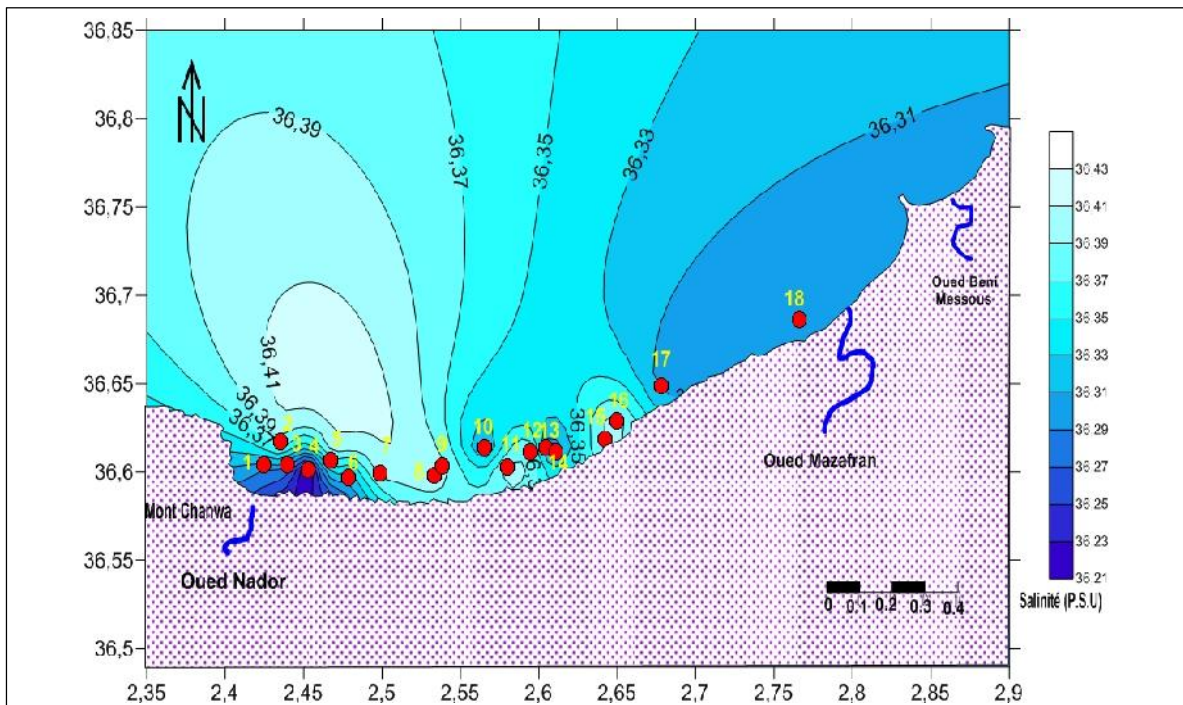


Figure 12 : Carte d'estimation des paramètres de pollution

CHAPITRE IV :
RÉSULTATS
ET DISCUSSIONS

1. Variation des paramètres physico-chimiques

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

Tableau .1 : résultats des paramètres physico-chimiques

1 ^{er} jour de la campagne (31/05/2015)					2 ^{ème} jour de la campagne (02/06/2015)				
	T (° C)	S(PSU)	pH	Turbidité (NTU)	T (° C)	S(PSU)	pH	OD (mg/l)	Turbidité (NTU)
MAX	20.4	35.2	8.31	5.32	21.2	36.4	8.42	3.8	0.77
MIN	19	34.8	8.23	0.43	19.7	36.2	8.06	1.9	0.28
E-T	0.53	0.12	0.03	1.22	0.31	0.06	0.08	0.56	0.45
MOY	19.64	35.1	8.28	0.96	20.6	36.34	8.32	2.8	0.53

Avec : MAX : Maximum, MIN : Minimum, E-T : Ecart-type, MOY : Moyenne.

1.1. Le premier jour de campagne en baie de Bou-Ismaïl

1.1.1. Température

La variation thermique est un paramètre qui détermine la distribution des niches écologiques dans le milieu marin. Sa variation dépend de la température atmosphérique et du mélange des masses d'eau

Les températures des eaux de surface, varient globalement entre 19 et 20.6°C au niveau des stations 20 et 15 respectivement. La moyenne est de 19,64°C et un écart-type de 0,53. Les faibles valeurs sont enregistrées au niveau de la côte qui augmente un peu plus au large. D'une manière générale, les températures enregistrées restent normales et témoignent le niveau thermique de la saison d'échantillonnage.

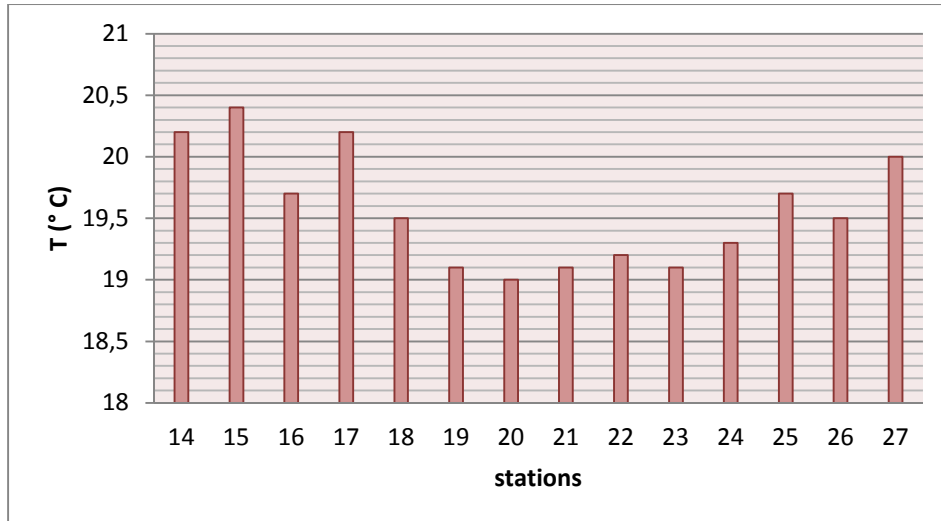


Figure 13 : Variation de la température à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (31/05/2015).

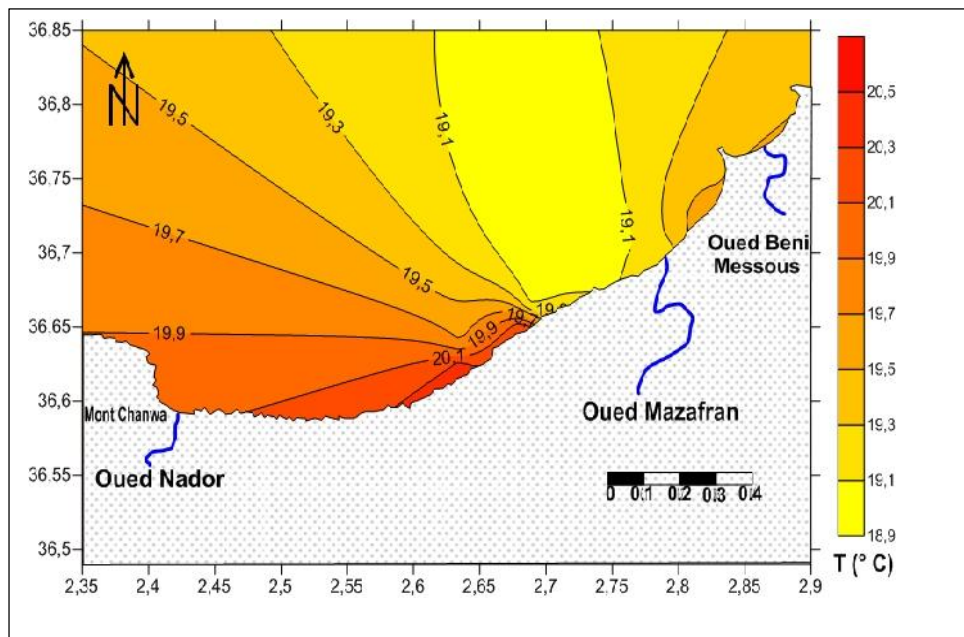


Figure 14 : Distribution spatiale de la température à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (31/05/2015).

1.1.2. Salinité

Les valeurs de salinité sont comprises entre un maximum de 35.2 PSU au niveau des stations (17-18-21-23-24-25) et un minimum de 34.8 dans la station 14, avec un écart-type de 0,23 et une moyenne de 35.1 PSU.

En méditerranée, la salinité est comprise entre 37.8 et 39.3 PSU. On constate que les valeurs de la salinité sont relativement faibles, à cause des embouchures des oueds qui déversent de l'eau douce.

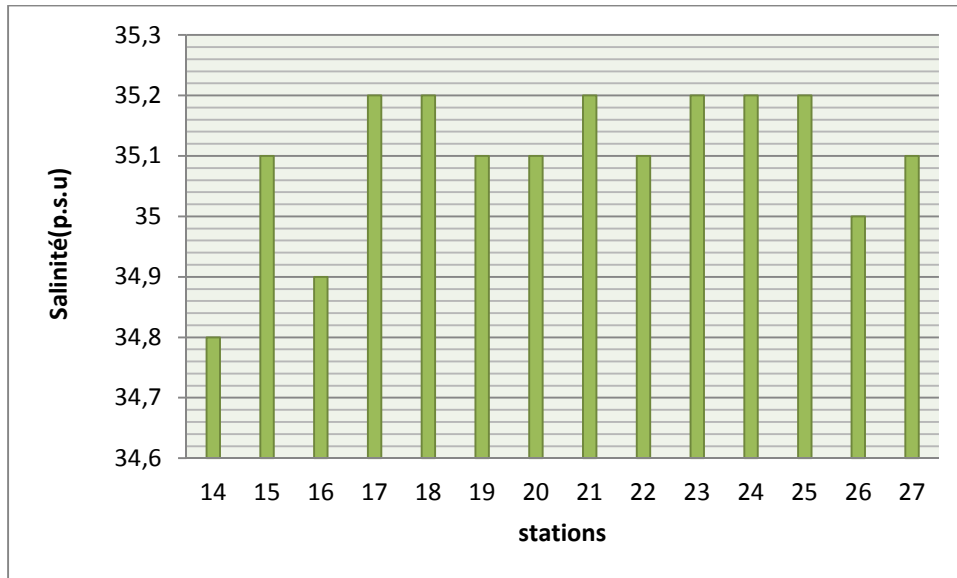


Figure 15 : Variation de la salinité à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (31/05/2015).

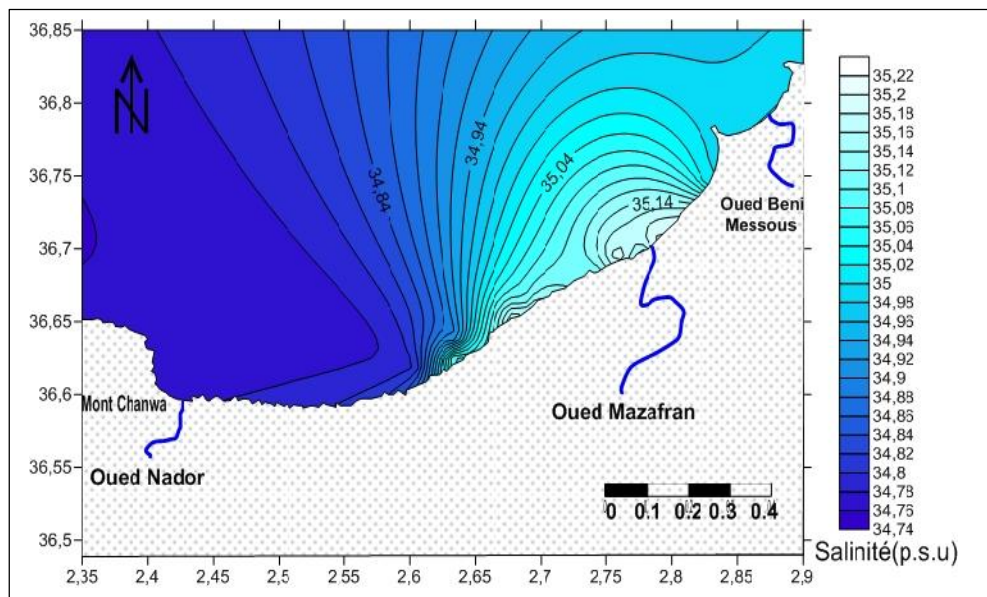


Figure 16. : Distribution spatiale de la salinité à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (31/05/2015).

1.1.3. Potentiel d'Hydrogène (pH) :

Au niveau des eaux superficielles de la baie, les valeurs élevées du pH sont observées au niveau des stations (14, 16, 19, 27) au niveau des régions du déversement d'eau

douce comme Oued Mazafran, la station de Bou-Ismaïl qui est tout près d'un déversement des eaux usées. La valeur minimale est localisée au niveau des stations (22, 55). La moyenne est de 8,28 et un écart-type de 0,03.

Le pH de l'eau de mer, voisin de 8,2, indique que les zones sont conformes aux normes algériennes 2006, limitées entre 6 à 8,5.

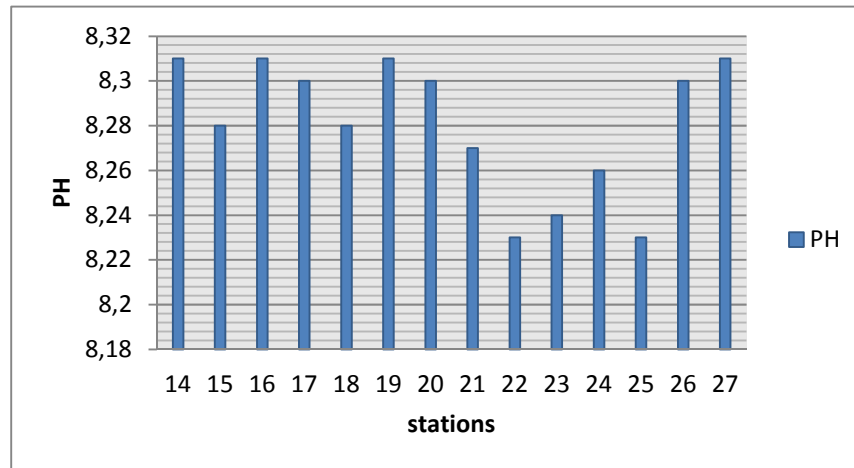


Figure 17 : Variation du pH à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (31/05/2015).

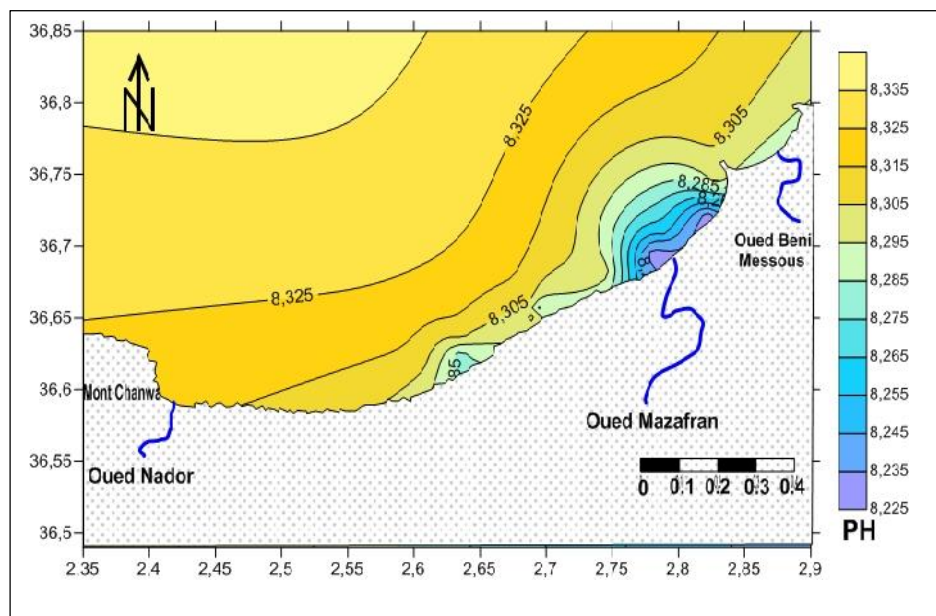


Figure 18 : Distribution spatiale du PH à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (31/05/2015).

1.1.4. Turbidité(NTU)

La valeur moyenne de la turbidité mesurée dans la baie de Bou-Ismaïl à la surface de l'eau a été de 0.96 NTU avec un écart-type de 1.22, un minimum de 0.43 NTU au niveau de station 24 et un maximum de 5.32 NTU au niveau de station 27.

Les eaux les plus turbides se trouvent en face au rivage de Bou-Ismaïl.

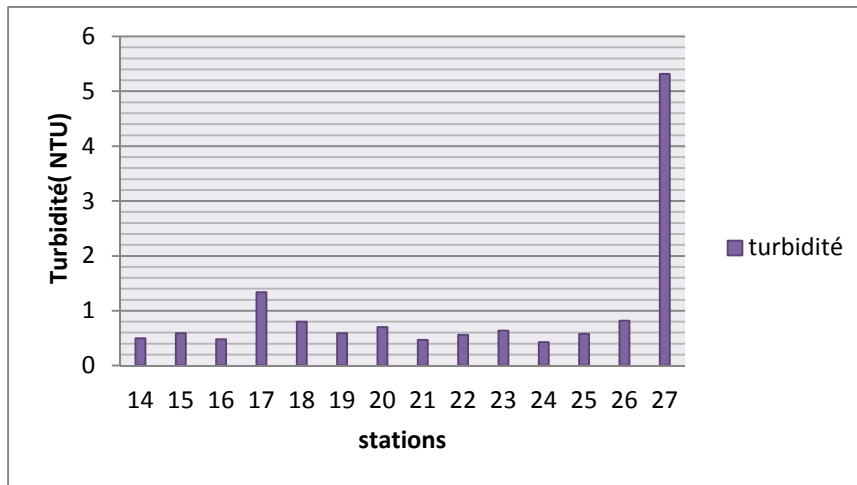


Figure 19 : Variation de la turbidité à la surface dans la baie la baie de Bou-Ismaïl (31/05/2015).

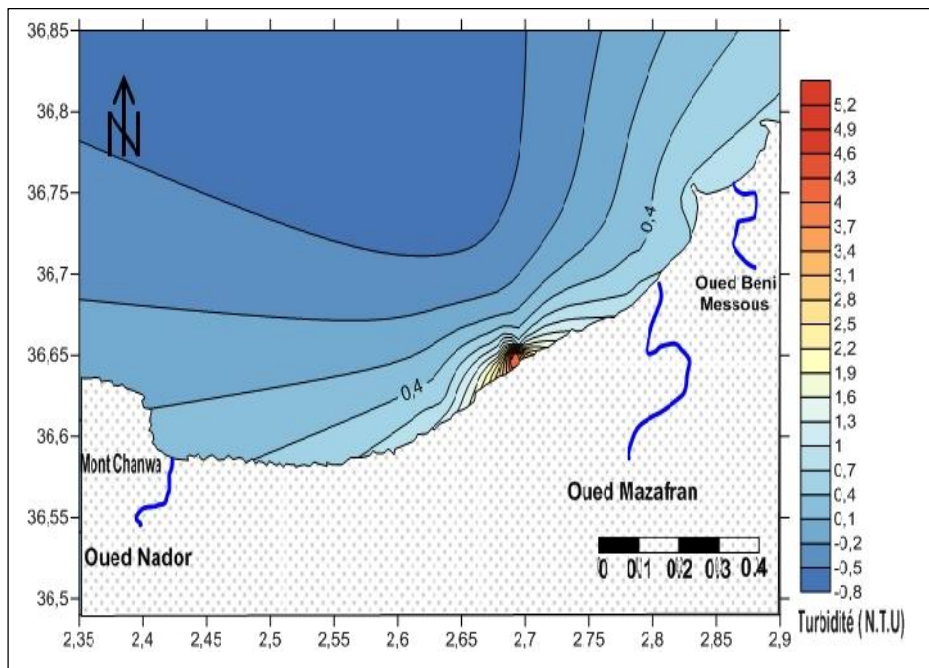


Figure 20 : Distribution spatiale de la turbidité à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (31/05/2015).

1.2. Le deuxième jour de campagne en baie de Bou-Ismaïl :

1.2.1. Température :

Les températures des eaux de surface, varient globalement entre 19.7 et 21.2°C au niveau des stations 28 et 13 respectivement. la moyenne est de 20,6 °C et un écart-type de 0,31. Les faibles valeurs sont enregistrées au niveau de la côte qui augmentent un peu plus au large. D'une manière générale, les températures enregistrées restent normales et témoignent le niveau thermique de la saison d'échantillonnage.

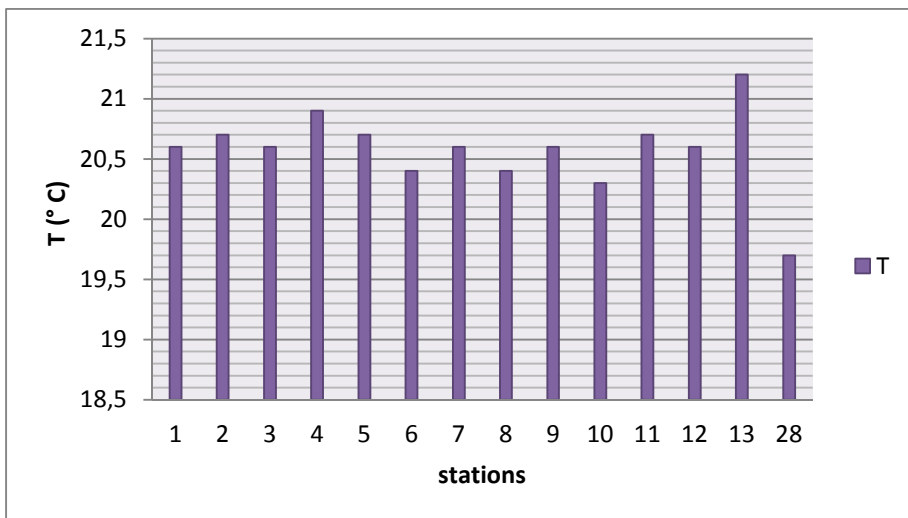


Figure 21 : Variation de la température à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).

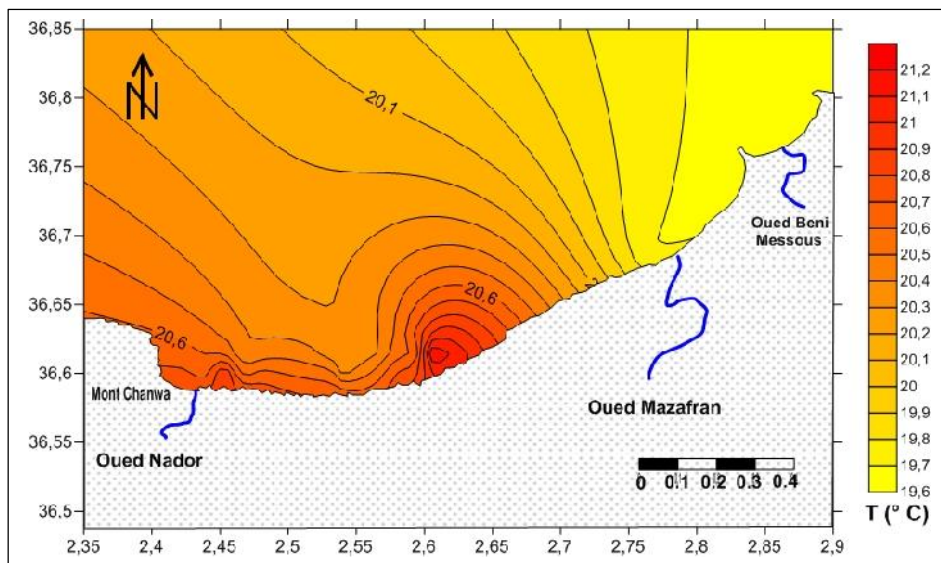


Figure 22 : Distribution spatiale de la température à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).

1.2.2. Salinité

Les valeurs de salinité sont comprises entre un maximum de 36.4 PSU au niveau des stations (1-6-7-6-9-10-11-12) et un minimum de 36.2 PSU dans la station ST(4), avec un écart-type de 0,23 et une moyenne de 35.1 PSU.

En méditerranée, la salinité est comprise entre 37.8 et 39.3 PSU. Nous constatons que les valeurs de la salinité sont relativement faibles, à cause des embouchures des oueds qui déversent de l'eau douce.

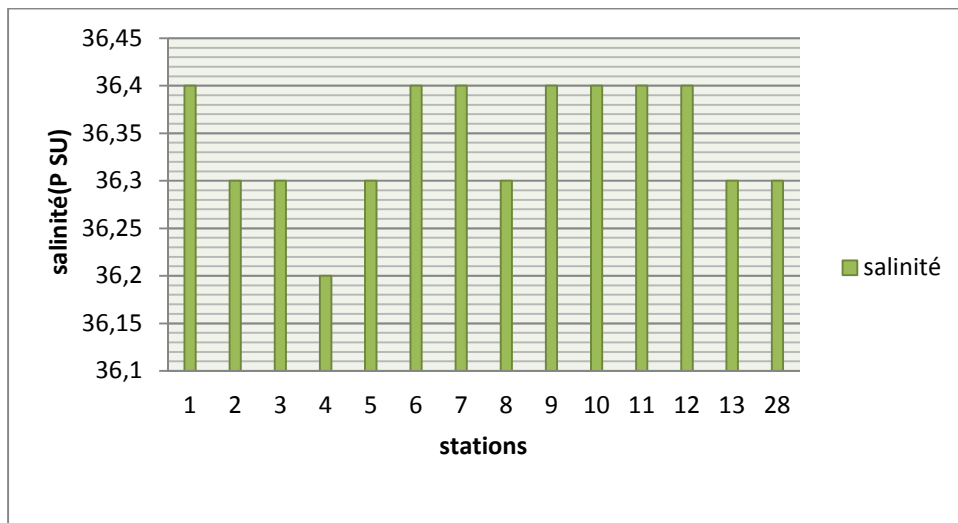


Figure 23 : Variation de la salinité à la surface dans la baie de Bou-Ismail (02/06/2015)

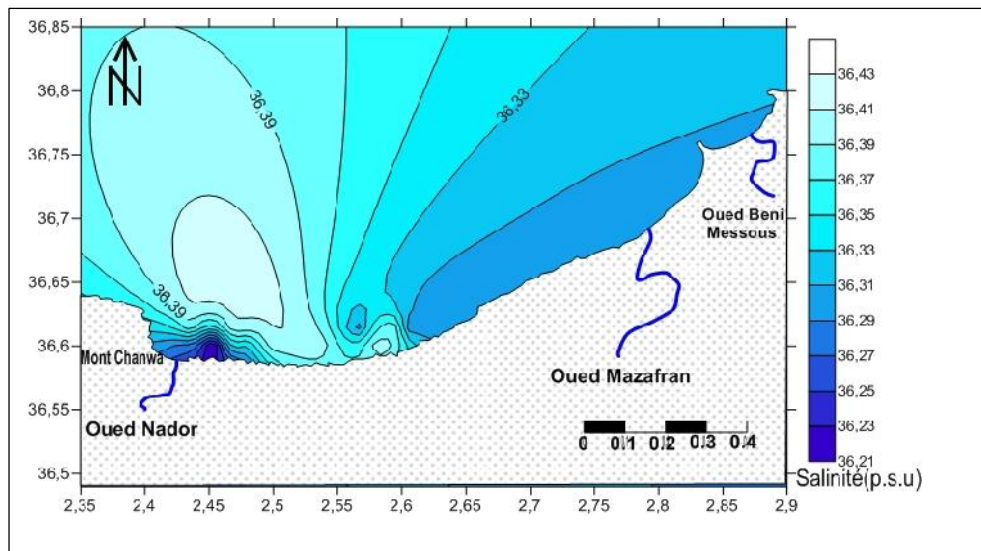


Figure 24 : Distribution spatiale de la salinité à la surface dans la baie de Bou-Ismail (02/06/2015).

1.2.3. Potentiel d'Hydrogène (pH)

Les valeurs de pH sont comprises entre une valeur maximale 8,42 au niveau de station 13 et une valeur minimale 8,06 au niveau de station ST 28 avec une moyenne de 8,32 et un écart type de 0,08.

Les faibles valeurs du PH allant du large vers la côte, avec les valeurs les plus élevées sont clairement localisées près des côtes ce qui s'explique par les rejets des eaux usées et dépend également de la quantité de la matière organique présente au niveau de ces stations et de sa dégradation.

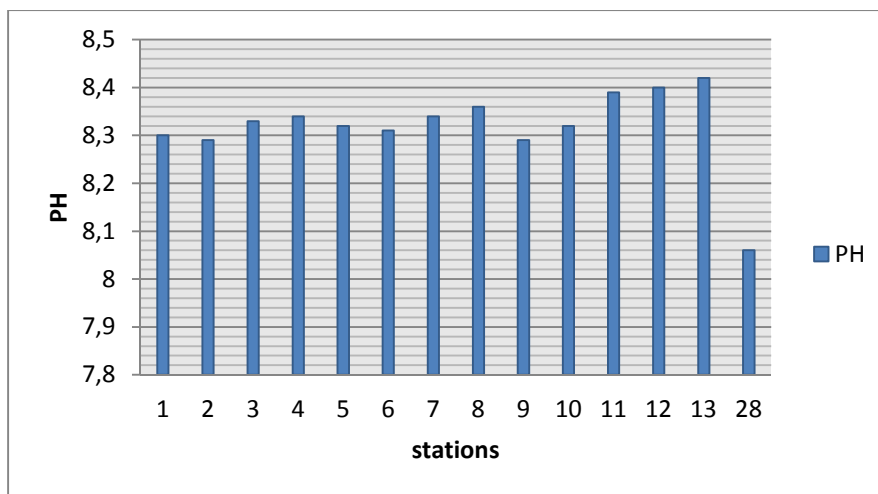


Figure 25 : Variation du PH à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).

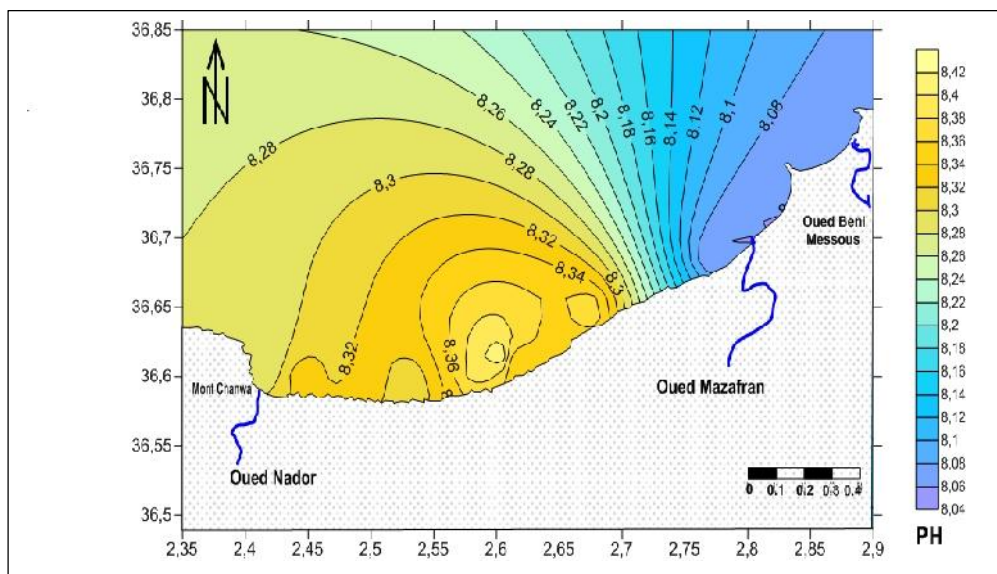


Figure 26 : Distribution spatiale de la salinité à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).

1.2.4. Turbidité (NTU) :

La valeur moyenne de la turbidité mesurée dans la baie de Bou-Ismaïl à la surface de l'eau a été de 0.35 NTU avec un écart-type de 0.45, un minimum de 0.28 NTU au niveau de la station 3 et un maximum de 0.77 NTU au niveau de station 7.

Les eaux les plus turbides se trouvent en face du rivage de Bou-Ismaïl.

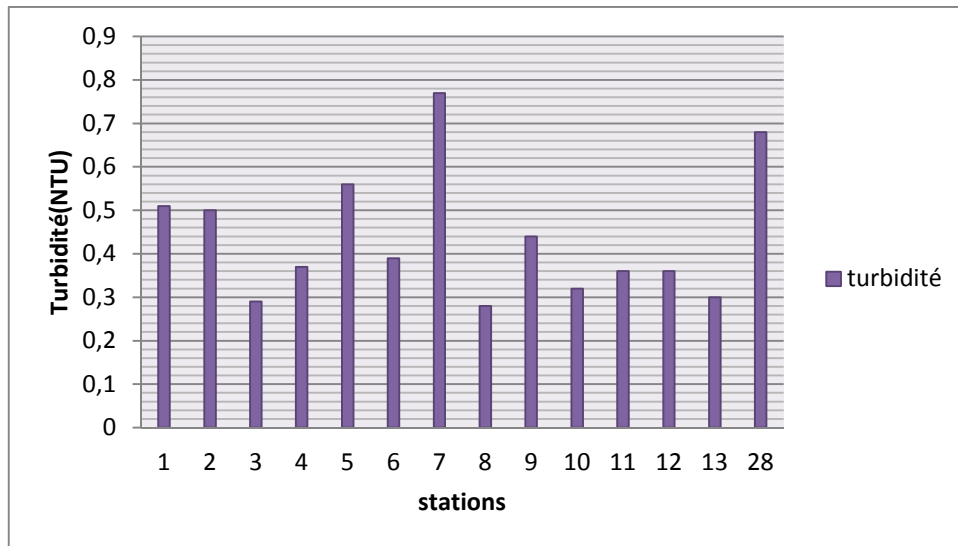


Figure 27 : Variation de la turbidité à la surface dans la baie la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).

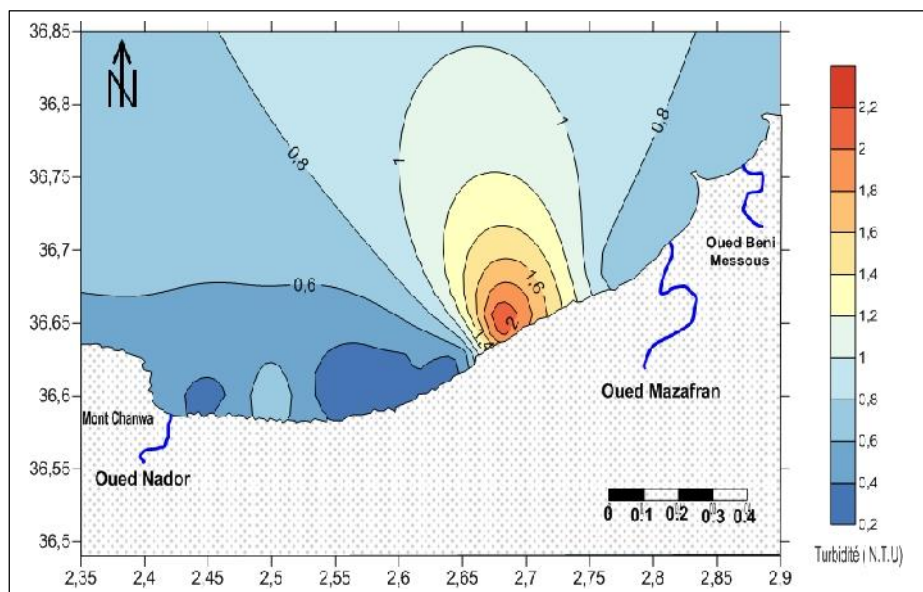


Figure 28: Distribution spatiale de la turbidité à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).

1.2.5. L'oxygène dissous (O₂) :

Concernant l'oxygène dissous au niveau de la baie de Bou-Ismaïl, les résultats révèlent des fluctuations assez importantes. Ses valeurs varient entre 2.1 et 3.8 mg/l au niveau des stations 15 et 13, avec une moyenne de 2.8 mg/l et un écart-type de 0.53.

Ces variations dues à la variabilité des facteurs intervenant dans son cycle (photosynthèse, échange air-mer, mélange des masses d'eaux ...). Ainsi, la période d'échantillonnage a été caractérisée par un brassage important des masses d'eaux.

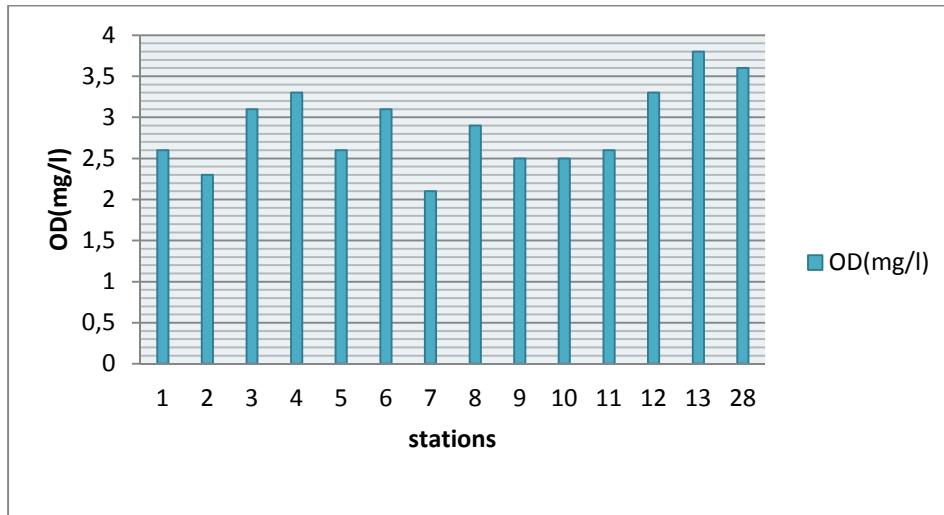


Figure 29: Variation de l'oxygène dissous à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).

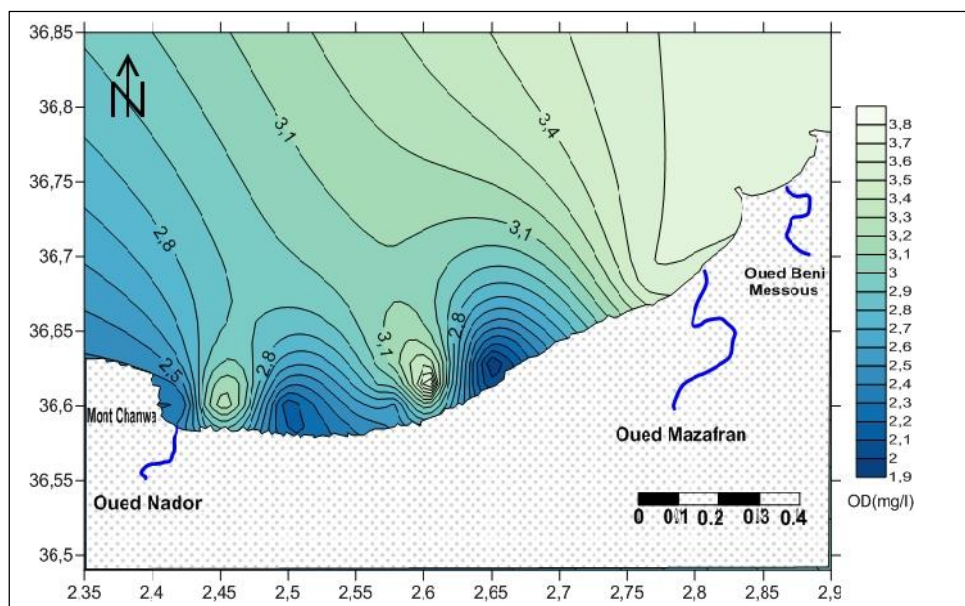


Figure 30: Distribution spatiale de l'oxygène dissous à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).

2. Variation des paramètres particuliers

Les résultats obtenus des paramètres particuliers, sont présentés dans le tableau

Ci-dessous avec les valeurs moyennes et extrêmes.

Tableau .2 : résultats des paramètres particuliers

	1 ^{er} jour de la campagne (31/05/2015)			2 ^{ème} jour de la campagne (02/06/2015)		
	MES (mg/l)	MO (mg/l)	Chl (µg/l)	MES (mg/l)	MO (mg/l)	Chl (µg/l)
MAX	84.4	0.008	1.99	128.8	0.025	2.43
MIN	46.4	0.0012	0.45	37.6	0.0079	0.66
E-T	11.48	0.002	0.40	37.1	0.0055	0.39
MOY	65.88	0.0035	1.27	81.15	0.013	1.46

Avec : MAX : Maximum, MIN : Minimum, E-T : Ecart-type, MOY : Moyenne.

2.1. Le premier jour de campagne en baie de Bou-Ismaïl :

2.1.1. Matière en suspension (MES) :

La distribution de la matière en suspension dans l'eau de mer dépend essentiellement de l'état de la mer, des courants et de l'agitation.

Les valeurs de la matière en suspension sont comprises entre 84.4 et 46.4 mg/l au niveau des stations 27 et 25 avec une moyenne de 65.88 mg/l et un écart-type de 11.88.

La plus forte teneur est enregistrée au niveau de station 27. Cette valeur est due aux rejets qui se déversent dans cette zone, rejet domestique de la ville et le rejet Tonic (les colorants, cellulose).

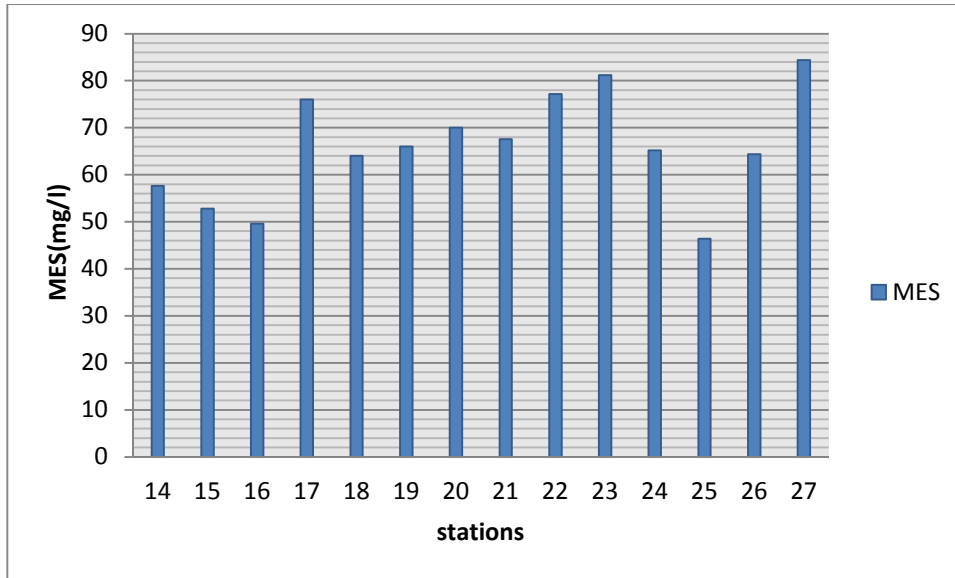


Figure 31: Variation de la matière en suspension à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (31/05/2015).

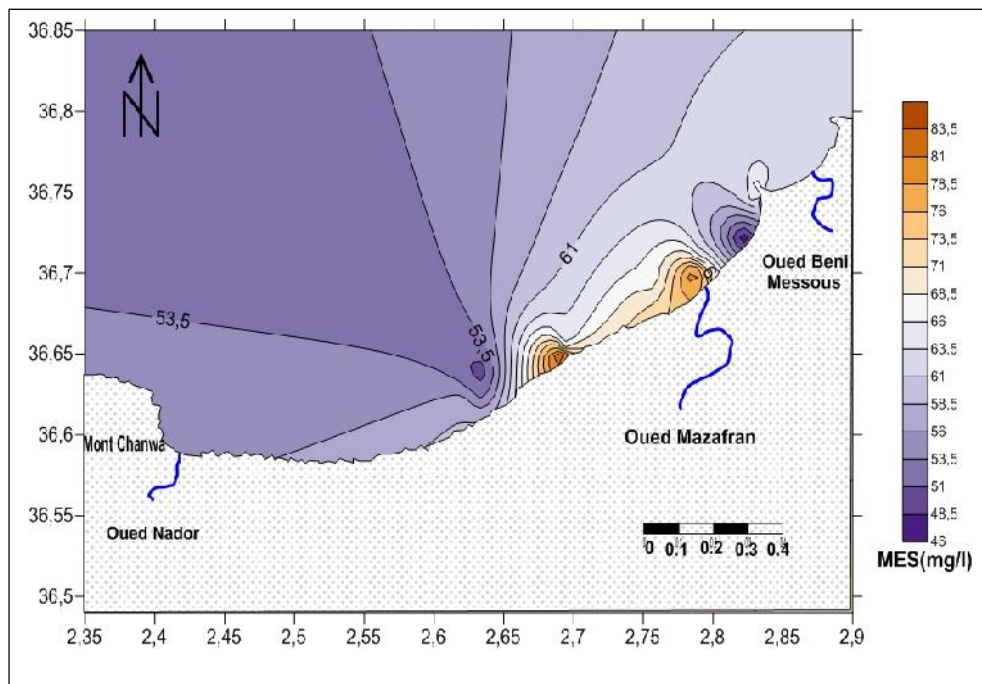


Figure 32: Distribution spatiale la matière en suspension à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (31/05/2015).

2.1.2. Matière organique particulaire (MOP)

La matière organique particulaire varie entre un minimum de 0.0012 mg/l et un maximum de 0.008 mg/l au niveau des stations 20 et 14 avec une moyenne de 0.0035 mg/l et un écart-type de 0.002.

Le taux le plus élevé est enregistré au niveau de 14, avec une faible oxygénation qui confirme la source allochtone : lessivage des sols, rejets domestiques, industriels ou agricoles.

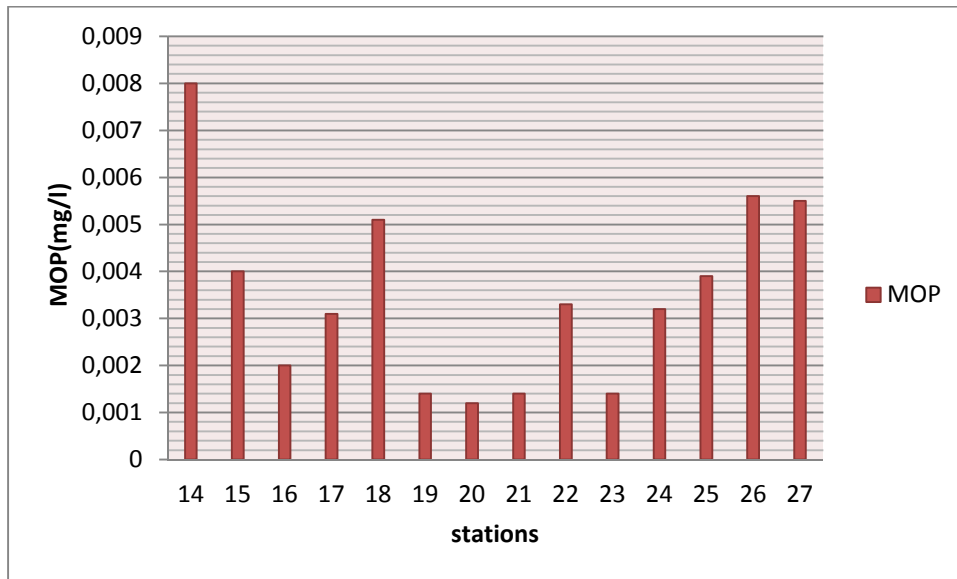


Figure 33: Variation de la matière organique particulaire à la surface dans la baie de Bou-Ismail (31/05/2015).

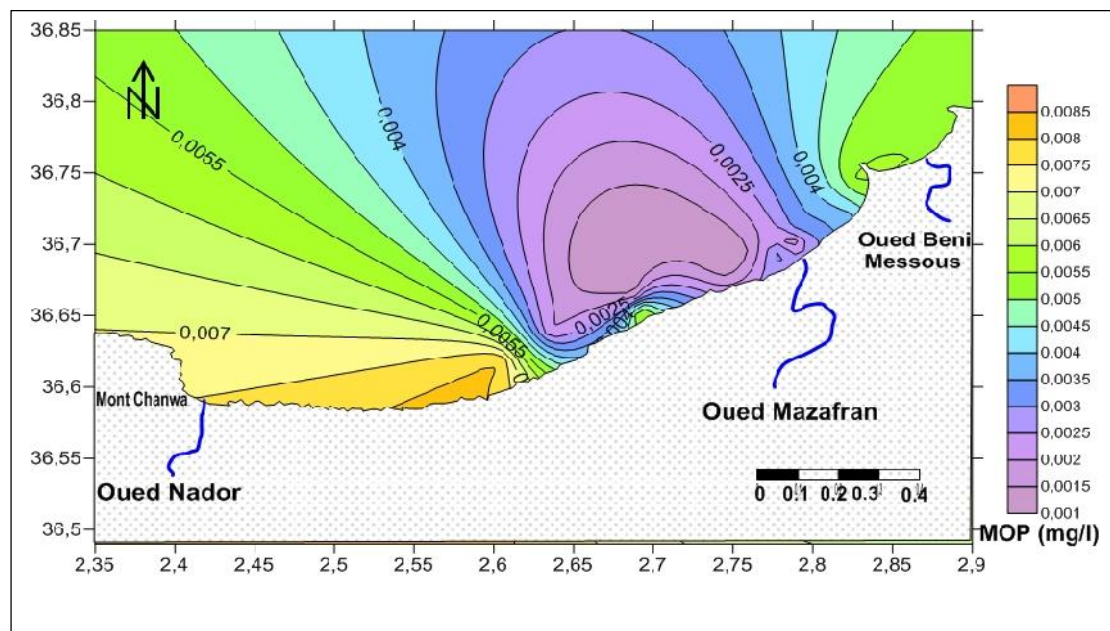


Figure 34 : Distribution spatiale la matière organique particulaire à la surface dans la baie de Bou-Ismail (31/05/2015).

2.1.3. Chlorophylle-a :

Dans la baie de Bou-Ismaïl, Les charges en chlorophylle varient d'un maximum de 1.99 mg/m³ dans la station 18 à un minimum de l'ordre de 0,45 mg/m³ obtenu dans la station 25. Ces faibles teneurs suggèrent à une consommation rapide par les zooplanctons.

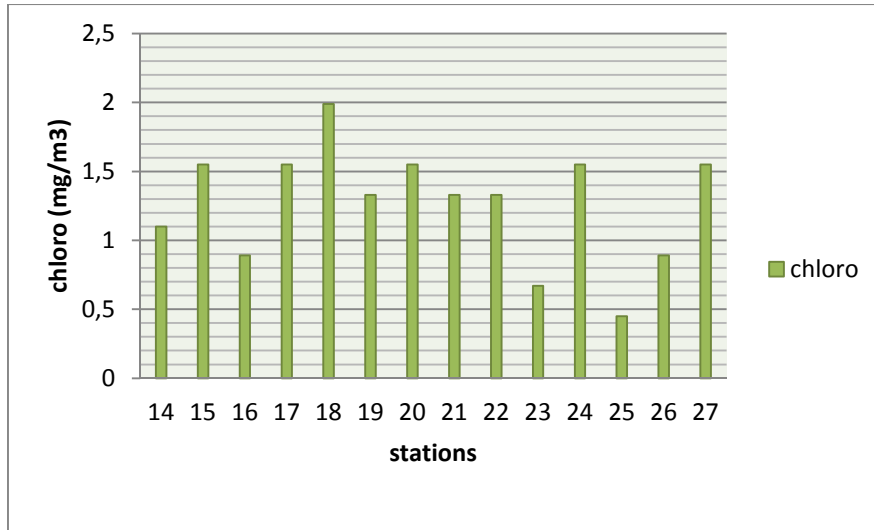


Figure 35 : Variation de la Chlorophylle-a à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (31/05/2015).

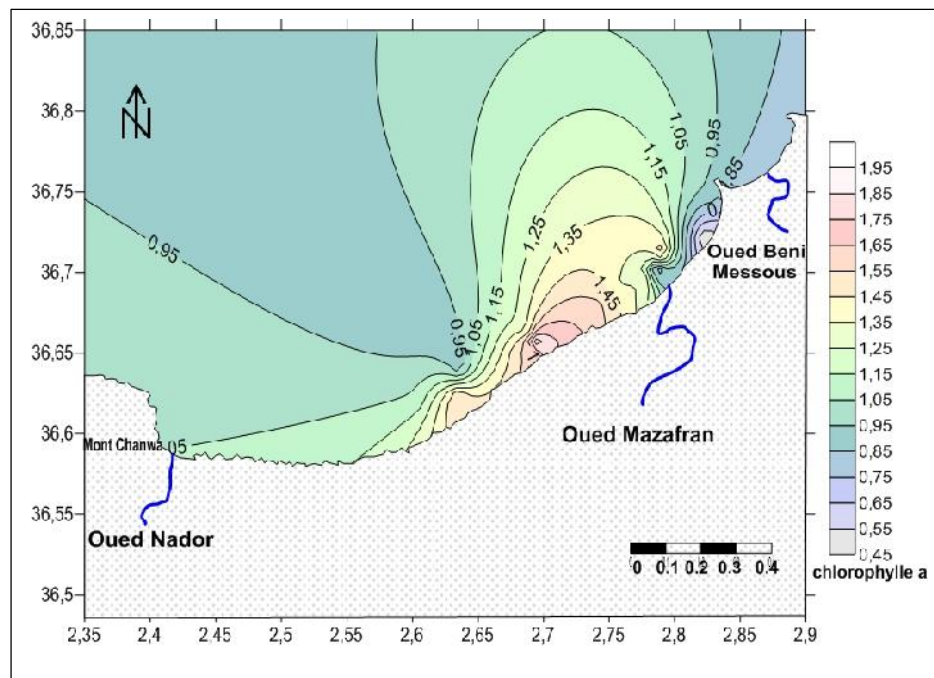


Figure 36 : Distribution spatiale Chlorophylle-a à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (La première campagne).

2.2. Le deuxième jour de campagne en baie de Bou-Ismaïl :

2.2.1. Matière en suspension (MES) :

Les valeurs de la matière en suspension sont comprises entre 128.8 et 37.6 mg/l au niveau des stations 7 et 13, avec une moyenne de 81.15 mg/l et un écart-type de 37,1.

La plus forte teneur est enregistrée au niveau de station 7 .cette valeur est due aux rejets qui se déversent dans cette zone.

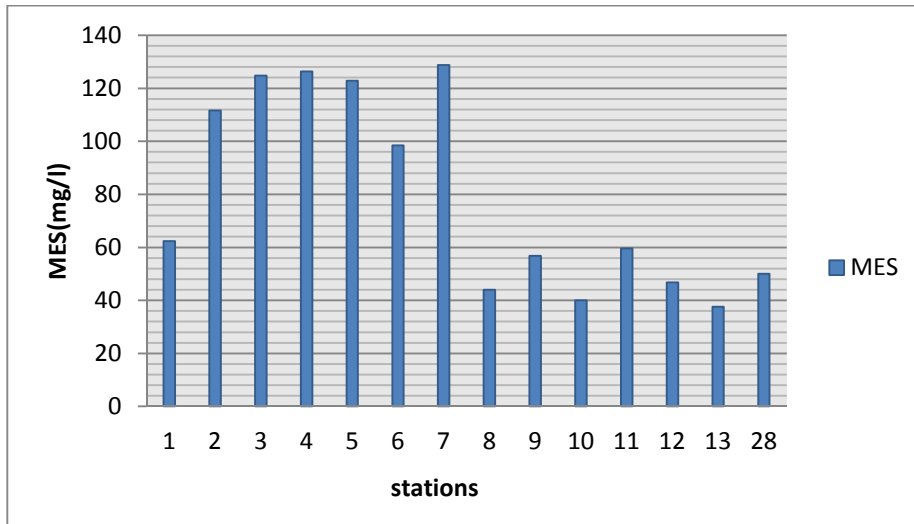


Figure 37: Variation de la matière en suspension à la surface dans la baie la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).

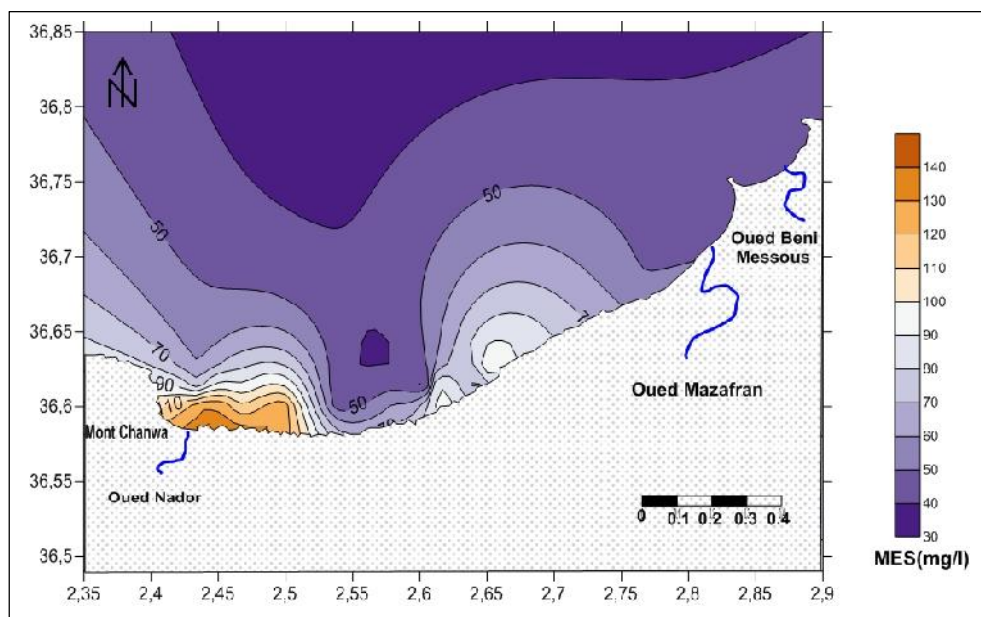


Figure 38 : Distribution spatiale de la matière en suspension à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).

2.2.2. Matière organique particulaire (MOP)

La matière organique particulaire varie entre un minimum de 0.0079 mg/l et un maximum de 0.025 mg/l au niveau des stations 13 et 3, avec une moyenne de 0.013 mg/l et un écart-type de 0.0055.

Le taux le plus élevé est enregistré au niveau de 3, avec une faible oxygénation qui confirme la source allochtone : lessivage des sols, rejets domestiques, industriels ou agricoles.

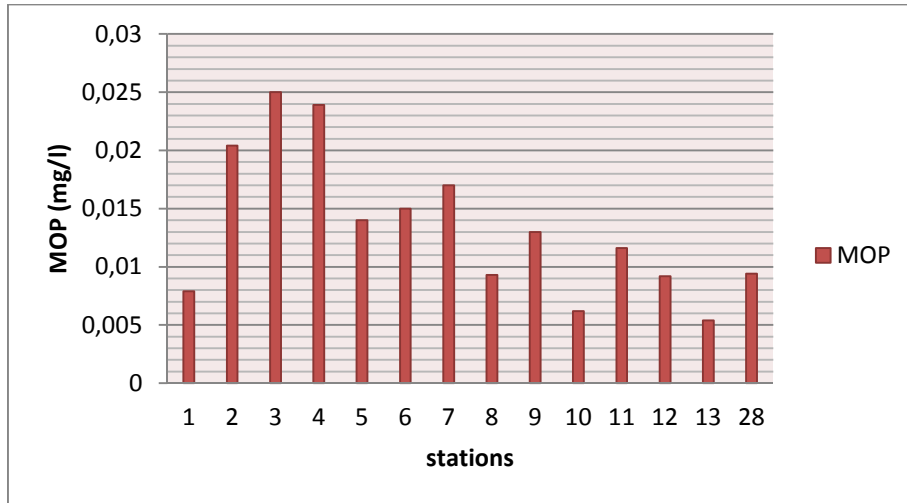


Figure 39 : Variation de la matière organique particulaire à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).

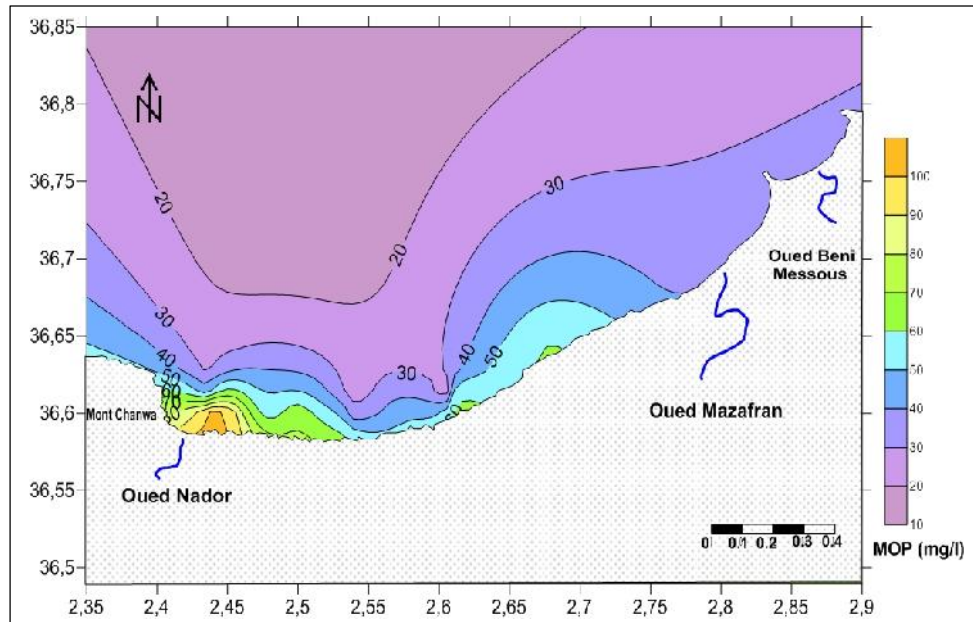


Figure 40: Distribution spatiale de la matière organique particulaire à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).

2.2.3. Chlorophylle-a :

Dans la baie de Bou-Ismaïl, Les charges en chlorophylle varient d'un maximum de 2.43 mg/m³ dans la station 9 à un minimum de l'ordre de 0.66 mg/m³ obtenu dans la station 28

Ces faibles teneurs suggèrent à une consommation rapide par les zooplanctons.

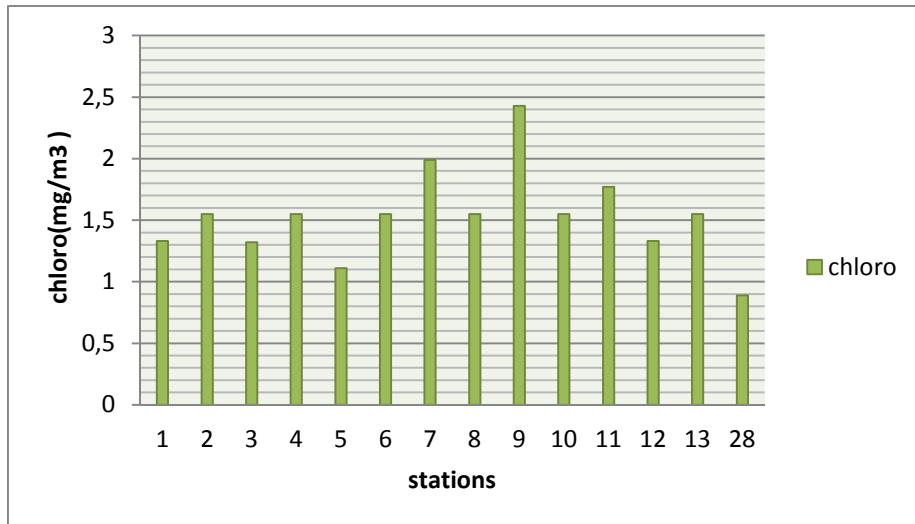


Figure 41 : Variation de la Chlorophylle-a à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).

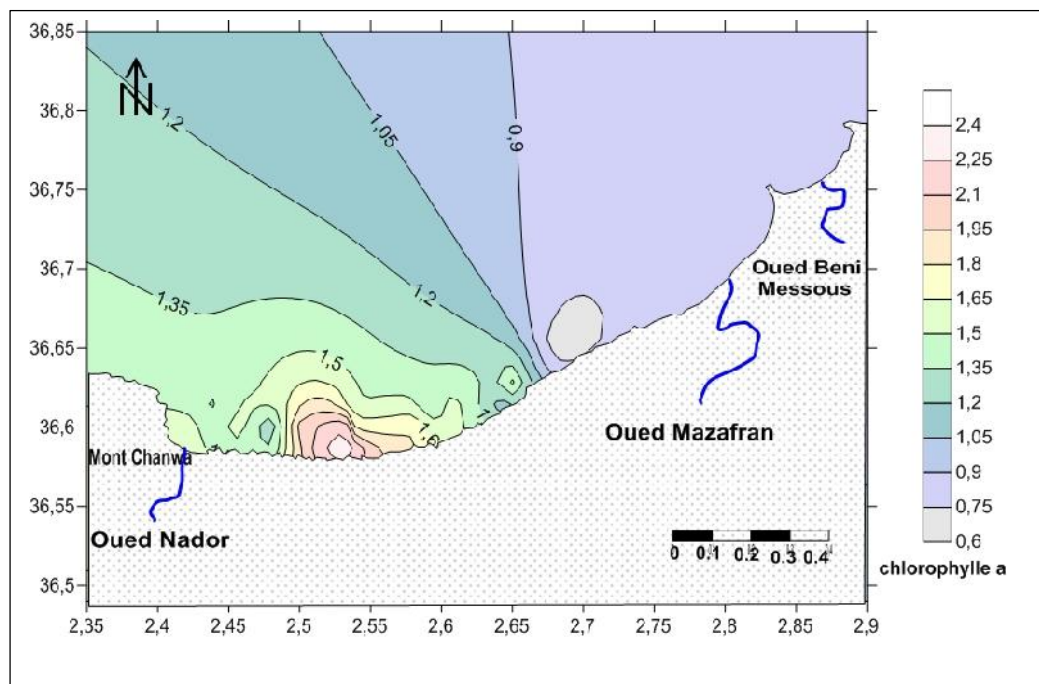


Figure 42 : Distribution spatiale Chlorophylle-a à la surface dans la baie de Bou-Ismaïl (02/06/2015).

CONCLUSION

Conclusion générale

Les données recueillies au cours de notre étude, nous a permis d'apprécier la qualité du littoral de la baie de Bou-Ismaïl dans les différents échelons de pollution :

- 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 en période chaude, le pH n'est pas conforme aux normes, il est modifié par les rejets industriels ou les apports d'eau continentale à pH basique. La salinité est faible par rapport à celle de la méditerranée, ceci est expliqué par les apports continentaux des différents oueds qui se déversent dans la baie. Les teneurs en oxygène dissous sont variables selon l'activité photosynthétique, la présence ou l'absence de matière organique dégradabile et aussi le renouvellement de l'eau dans les différentes stations.
- Les divers rejets qui se déversent dans la baie sans aucun traitement préalable conduisent à une pollution considérable par la matière en suspension et la matière organique. On est dans le cas la troisième et la quatrième catégorie de qualité des eaux concernant la matière en suspension. La matière organique provoque une pollution d'ordre quatre qui nécessite un traitement spécifique et onéreux avant l'utilisation des eaux pour toutes les stations étudiées.

Concernant les paramètres indicateurs de pollution nous observerons :

78 biodégradabilité nous a permis de dire que la matière organique est biodégradable par l'activité bactérienne pour la régénération des éléments nutritifs.

- Les fortes teneurs de turbidité au niveau du Bou-Ismaïl est influencé par l'activité photosynthétique ainsi que le taux de l'oxygène dissous. Il y a un déficit en oxygène dissous dans ces deux zones car il est consommé par la dégradation de la matière organique, chimiquement.

Il y'a quelques années, la mise en œuvre d'un System d'Information Géographique (SIG) paraissait réservée aux spécialistes, aujourd'hui les progrès informatiques et la disponibilité des logiciels ainsi que des données

géo-spatiales, ont conduit à la généralisation de l'utilisation de cet outil dans toutes les spécialités notamment les sciences de la mer. La mise en place d'un SIG, quelque soient la problématique et l'étendue de la zone, reste un investissement humain financier et dans le temps.

En effet, la mise en œuvre d'un SIG nous a permis d'intégrer les couches géographiques nécessaires à la cartographie des paramètres de pollution, quel que soit leurs formes et leurs sources, dans un même environnement et dans une structure facile, évolutive, extensible et dynamique. Cette organisation en projet SIG nous a offert la possibilité d'aboutir à des

Conclusion générale

produit à valeur ajoutée tel que les grilles (grids) d'interpolation des températures, de la salinité, du pH de l'oxygène dissous et des MES pour chaque campagne en mer.

Ces grilles nous ont permis de faire une interprétation spatiotemporelle de chaque paramètre sur toute l'étendue de la zone. Aussi, ils ont permis d'obtenir des produits à valeur ajoutée qui sont la couche vectorielle des estimations des paramètres de pollution au niveau des stations virtuelles et les courbes d'isovaleurs des paramètres physicochimique permettant une interprétation presque immédiate de l'évolution spatiale de ces derniers dans la zone d'étude.

L'interprétation des paramètres de pollution estimés conforte celle obtenue à partir des mesures issues des campagnes en mer,

Néanmoins, nous recommandons à nos camarades, futurs élèves ingénieurs de stocker les mesures issues des campagnes en mer dans des tableaux, en indiquant la position et les mesures de chaque station, et ce, afin de faciliter leurs intégration dans un SIG.

Aussi, nous recommandons fortement que la répartition des stations soit notamment au niveau des embouchures d'oueds pour une meilleure estimation des paramètres de pollution dans toute la zone.

Bibliographie

A

Aminot,A et chaussepied,M. (1983). Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest, France : Centre National pour l'Exploitation des Océans. 395 p.

Aminot ,A et Kerouel ,R. (2004). Hydrologie des écosystèmes marins : Paramètres et analyses. France : Ifremer, 336 p.

Annane,G. Kemila, A .Ladjima,F . (2007). Impact et inventaire des Ouvrages côtiers sur le milieu marin dans la baie de Bou-Ismaïl. Mémoire d'ingénieur .ENSSMAL. 84 p.

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 .Rabat. Maroc.

B

Bachouche,S. (2010). Etude des paramètres, granulométriques, biologiques et de pollution dans les sédiments et l'eau en vue d'une opération de dragage. Ports d'Alger et de Bouharoun. Mémoire de magister. ENSSMAL.

Belkessa, R. (1999). Causes et conséquences de l'érosion marine sur la côte Algérienne. Revue symbiose. Alger. Algérie

Benfdhila, M. (2004). Système d'information Géographique. Centre d'Information, de Formation, de Documentation et d'Etudes en Technologies des Communications .Tunisie, 43 p.

Boulahdid, M. (1987). Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer .étude du mélange des masses d'eaux et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan. Thèse de Doctorat. Université de Paris VII. 241 p.

Borda, L. (2003). Apport des systèmes d'information géographique (SIG) pour la surveillance et l'évaluation de la qualité des eaux côtières. Une contribution à la gestion intégrée de la zone côtière Colombienne. Thèse de Doctorat en science technique. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). 213 p.

Bordin, P. (2002). SIG concepts, outils et données. France: Lavoisier. 259 p.

Bibliographie

C

Cabane, F. (2007). Lexique d'écologie, d'environnement et d'aménagement du littoral : Ifremer. 278 p.

Copin-Montégut, G. (1996). Chimie de l'eau de mer. Collection «synthèse». France: Institut Océanographique. 319 p.

Collignon, J. (1991). Ecologie et biologie marines : introduction à l'halieutique. France : Masson. 298 p.

D

Dubois, G. (2000). Intégration de Systèmes d'Information Géographique (SIG) et de méthodes géostatistiques. Applications à la cartographie de pollutions radioactives dans l'environnement. Thèse de doctorat. Université de Lausanne. Facultés des sciences. Lausanne. 258 p.

H

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

Houma- Bachari, F. (2007). Caractérisation des polluants de la côte Oranaise et Algéroise par analyse physico-chimique et corrélation avec les données satellites. Thèse de doctorat, USTHB, Alger, Algérie, 225 p.

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.

I

Ivanoff, A. (1972). Paramètres physico-chimiques des eaux de mer. France : Librairie Vuibert. 208 p.

G

Gilliot, JM. (2000). Introduction aux SIG. Introduction & information spatiale. DAA AGER Département.

Bibliographie

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 : Hachette. 159 p.

L

Lacaze, J-C . (1996). L'eutrophisation des eaux marines et continentales : Causes, manifestations, moyens et lutte : Suisse : Ellipses, 191 p.

Lacaze, J-C. (1996). L'eutrophisation des eaux marines et continentales: causes, Manifestations, conséquences et moyens de lutte. France : ellipses. p 191.

La revue maritime. (1861). Revue trimestrielle. Convention des Nations unies sur le droit de la mer dite de Montego bay (1982). Publiée par L'Institut Français de la Mer. 151 p.

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

Ramade, F. (2000). Dictionnaire encyclopédique des pollutions : Ediscience international. 292 p.

Ramade, F. (1998). Dictionnaire encyclopédique des sciences de l'eau : France : Ediscience international. 487 p.

LEM. (1998). Etude de délimitation d'une zone d'extraction de sable en baie d'Alger. Laboratoire d'Etudes Maritime .Alger .Algérie.

M

Millot, C. et Taupier-Letage, I. (2005). Circulation in the Mediterranean Sea. Hdb Env Chem Vol. 5, Part K (2005). 129 p.

T

Taupier-Letage, I. (1988). Biodynamique du bassin Algérien. Estimation de la réponse biologique à certaines structures hydrodynamiques de moyenne échelle par

Bibliographie

télédétection (AVHRR. et CZCS.) et mesures in situ. Thèse de doctorat. Université d'Aix-Marseille II. Marseille. France : Hachette. 120 p.

P

Pitney Bowes. (2009). Vertical Mapper user guide version 3.7.

R

Raimbault, P. et al. (2004). Dosage rapide de la chlorophylle a et des phéopigments a par fluorimétrie après extraction au méthanol. Comparaison avec la méthode classique d'extraction a l'acétone. 240 p.

Ramade, F. (2000). Dictionnaire encyclopédique des pollutions. France: Ediscience International. 690 p.

Rodier, J. (1996). L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer). Paris : Dunod.

Rodier,J et AL. (2005). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer. Paris: Dunod, 1384 p.

ANNEXES

Appareillages utilisés



Figure 43: Bouteille de prélèvement de type *NISKIN*



Figure 44: pH mètre de terrain de type *WTW pH 315i*



Figure 45: Oxymètre de terrain de type *WTW, Oxi 197i*



Figure 46 : Conductimètre de type *WTW cond 197i*



Figure 47: Centrifugeuse
Sigma



Figure 48 : Dispositif de
filtration sous vide de marque
Millipore®



Figure 49: Spectrophotomètre
ultraviolet a Double faisceaux de
type UV-1800, SHIMADZU



Figure 50: four à moufle de
carbolite de type cwf 1200