

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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



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

OPTION : Aménagement du littoral

**Thème :**

**Conception d'un SIG pour la spatialisation des  
paramètres de pollution dans la Baie de Bou-Ismaïl.**

Présenté par :

- **BELKACEMI Lamia**

Soutenu le 14/09 /2013 devant le jury composé de :

<b>Mr. DRICHE M.</b>	<b>Maitre de conférences B (ENSSMAL)</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>me</sup>. HOUMA BACHARI F.</b>	<b>Professeur (ENSSMAL)</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>Mr. HEMDANE Y.</b>	<b>Maitre de conférences A (ENSSMAL)</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>me</sup> .BENZOUAI S.</b>	<b>Maitre assistante B (ENSSMAL)</b>	<b>Encadreur</b>
<b>M. BELKESSA R.</b>	<b>Professeur (ENSSMAL)</b>	<b>Co-promoteur</b>

**Promotion : 2013**

## REMERCIEMENTS

J'adresse mes plus sincères remerciements à Madame **BENZOUAIS** qui a suivi ce projet depuis son commencement pour sa disponibilité permanente, sa patience et ses conseils judicieux qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire. Qu'elle trouve ici l'expression de mes reconnaissance.

A Monsieur **BELKESSA.R**, qui m'a fait partager ses connaissances, et épaulé dans la réalisation de ce travail. Qu'il soit chaleureusement remercié.

A Monsieur **DRICHE.M**, qui me fait l'honneur de présider cette soutenance. Tous mes remerciements pour le suivi de ce travail, comme pour le précédent, et pour Son enseignement prodigué au cours de nos études. Qu'il trouve ici l'expression de notre profond respect.

J'adressons mes remerciements à Monsieur **HEMDANE.Y** et Madame **HOUMA BACHARI .F**, qui m'a fait l'honneur de prendre connaissance de ce travail et d'en être juré. Trouvez ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Je tiens à remercier mon amis : **Lamia**.

A ma mère qui m'a toujours soutenue et encouragée à aller toujours plus loin dans la quête du savoir. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance et gratitude.

## Sommaire

Introduction générale .....	1
-----------------------------	---

### Chapitre I Généralité sur les SIG

1. Définition des Systèmes d'information géographique.....	2
2. L'information géographique.....	2
2.1. La forme vecteur.....	2
2.2. La forme raster.....	3
3. Localisation géographique.....	4
4. Intégration informatique des données géographiques.....	5
4.1 Base de données.....	5
4.2 Systèmes de gestion de base de données.....	5
4.3 Niveaux de description des données.....	5
5. SIG vecteur et SIG raster.....	6
6. Fonctionnalités d'un SIG.....	7
6.1. Abstraction .....	7
6.2. Acquisition .....	7
6.4. Analyse .....	7
6.5. Affichage .....	8
7. Composantes d'un SIG.....	8
7.1. Matériels.....	8
6.2. Logiciels .....	8
6.3. Données.....	8
6.4. Méthodes.....	8

### Chapitre II Pollution & zone d'étude

I.1. Définition de la pollution .....	9
I.2. Classification des polluants.....	9
I.2.1. Classification des polluants selon la source.....	9
I.2.2. Classification des polluants selon la Nature.....	9

I.3. Paramètres physico-chimiques et indicateurs de pollution .....	9
I.3.1 La température (T).....	10
I.3.2 La salinité (S) .....	10
I.3.3 Le potentiel d'Hydrogène (PH) .....	12
I.3.4 L'oxygène dissous (OD).....	11
II. Présentation général de zone de Bou-Ismaïl .....	12
II.1.Cadre géographique.....	12
II.2. Réseau hydrographique de la baie .....	12
II.3.Pollution de la baie .....	13

### Chapitre III Méthodologie

1. Logiciels.....	17
1.2. MapInfo .....	17
1.3. Vertical Mapper .....	17
1.4. QGIS .....	17
2. Méthodologie.....	18
2.1. Etat des lieux et analyse de l'existant.....	18
2.2. Acquisition des données .....	19
2.2.1 Fond de carte.....	19
2.2.2. Stations mesurées .....	20
2.2.3. Stations estimées.....	21
2.3. Conception et structuration des données.....	21
2.4. Géotraitement.....	22
2.4.1. Calage de la carte.....	22
2.4.2. Digitalisation.....	23
2.4.3. Transformation d'un fichier de points en couche de points.....	24
2.4.4. Changement de référentiel cartographique et re-projection.....	24
2.4.5. Génération des grilles d'interpolation .....	24
2.4.6. Génération de la couche des stations estimées.....	26
2.4.7. Génération des lignes d'iso-valeurs (Iso-contours).....	25

2.5. Production cartographique.....	27
-------------------------------------	----

## Chapitre IV

### Résultats& interprétations

1. L'analyse des cartes de la distribution spatiale des paramètres de Pollution.....	28
1.1.La température.....	28
1.2.La Salinité.....	29
1.3.L'Oxygène dissous.....	31
1.4.Le PH.....	32
2. Analyse spatiotemporelle des indicateurs de pollution dans la Baie de Bou-Ismail	34
2.1. La Température.....	34
2.2. L'Oxygène dissous.....	35
2.3.Le Potentiel d'hydrogène (PH).....	36
2.4. La Salinité.....	37
Conclusion générale.....	39
Références bibliographiques.....	40
Annexes.....	41

## Liste des figures

- Figure I.1 : Objet Point
- Figure I.2 : Objet Ligne
- Figure I.3 : Objet Polyligne
- Figure I.4 : Objet polygone
- Figure I.5 : Extrait d'un MNT
- Figure I.6 : Extrait d'une image satellitaire THR
- Figure I.7 : Extrait d'un Grid
- Figure I.8 : Extrait d'une carte
- Figure I.9 : Couches (Layer) superposées
- Figure I.10 : Composante sémantique, attributaire associées au graphique reliées par un identifiant
  
- Figure I.11 : La superposition des couches des données géographique
- Figure II.1 : Situation géographique et localisation de la baie de Bou Ismail
- Figure II.2 : Les principaux rejets dans la baie de Bou-Ismaïl
- Figure III.1 : Schéma général des étapes de la conception d'un SIG
- Figure III.2 : Données descriptives et données cartographiques
- Figure III.3 : Les composantes de la base de données
- Figure III.4 : Couches de dessin correspondant au réseau hydrographique, trait de côte et le continent
- Figure III.5 : Table des stations et valeurs du paramètre PH
- Figure III.6 : Carte de Bou-Ismaïl scanné géoréférencée
- Figure IV.1: Variation temporelle de la Température dans la Baie deBou-Ismaïl (Mars 2003, Mai 2003, Avril 2012)
- Figure IV.2: Variation temporelle de l'oxygène dissous dans la Baie deBou-Ismaïl (Mars 2003, Mai 2003)
- Figure IV.3: Variation temporelle du PH dans la Baie deBou-Ismaïl (Mars 2003, Mai 2003,Avril 2012)
- Figure IV.4 : Variation temporelle de la salinité dans la Baie deBou-Ismaïl (Mars 2003, Mai 2003,Avril 2012)

## Liste des tableaux

- Tableau II.1 : Les rejets d'eaux usées dans la wilaya de Tipaza  
Tableau IV.1 : Résultats des statistiques descriptives des paramètres de pollution (Mars 2003, Mai 2003, Avril 2012)

## Liste des acronymes

<b>DAO :</b>	Dessin Assisté par Ordinateur
<b>GIPM :</b>	Groupe Interministériel d'Etude du Problème de la Pollution
<b>GPS :</b>	Global Positioning System
<b>IDW :</b>	Inverse Distance Weighting
<b>MCD :</b>	Modèle Conceptuel de Données
<b>MNT :</b>	Modèle Numérique de Terrain
<b>NN :</b>	Natural Neighbor
<b>OD :</b>	Oxygène dissout
<b>pH :</b>	potentiel d'Hydrogène
<b>PSU :</b>	Practical Salinity Unit
<b>QGIS :</b>	Quantum Geographic Information System
<b>SCD :</b>	Schéma Conceptuel des Données
<b>SGBDR<sub>s</sub> :</b>	Système de Gestion de Base de Données Relationnel
<b>SIG :</b>	Système d'Information Géographique
<b>TIN :</b>	Triangulation Irregular Network
<b>THR :</b>	Très haute résolution
<b>UTM :</b>	Universal Transverse Mercator
<b>VM :</b>	Vertical Mapper
<b>WGS :</b>	World Geodetic System

## Liste des abréviations

**°C** : Degré Celsius  
**Km** : Kilomètre  
**L** : Litre  
**mg** : Milligramme  
**S** : Salinité  
**T** : Température  
**PH** : potentiel redox

# Introduction

Les systèmes d'information géographique sont avant tout des outils de gestion et d'aide à la décision, permettent aussi d'établir des liens complexes entre plusieurs types de données géographiques (industrielles, environnementales géologiques, géomorphologiques,...etc.). La restitution sous formes de cartes thématiques, de tableaux et de statistiques de la synthèse des données est l'un des principaux atouts des SIG (**GILLIOT J-M 2009**).

Donc l'objectif majeur des SIG est de représenter cartographiquement et de façon pertinente l'information adéquate pour permettre aux autorités compétentes de prendre les décisions, de définir leur politique d'aménagement et également d'avoir une bonne gestion dans le temps car une base de données pourrait être maintenue de 10 à 50 ans avec une permanente mise à jour (**Hammoum&Bouzida, 2010**).

Les champs d'application des SIG sont très larges tel que les forêts, les zones urbaines, le sol, l'agriculture, l'industrie, les mines, l'environnement, l'aménagement du territoire, les sciences de la mer ...etc.

Dans le cadre de notre projet, nous nous sommes intéressés à une application liée à la gestion du littoral, notamment, la conception d'un SIG pour la spatialisation ou la cartographie des paramètres de pollution dans la Baie de Bou-Ismaïl.

En effet, la pollution marine est un souci croissant, particulièrement dans le littoral qui est le lieu d'interaction entre la côte et la mer, du fait que les oueds situés dans les régions côtières les plus urbanisées sont chargés de polluants, constituent le réceptacle ultime de toute forme de rejets terrigènes puis s'acheminent directement vers la mer en provoquant la pollution marine.

A cet effet ce mémoire s'articule autour de quatre grands chapitres :

Le premier chapitre est consacré aux notions fondamentales sur les SIG.

Le deuxième chapitre est consacré à quelques généralités sur la pollution marine et à la présentation de la zone d'étude.

Le troisième chapitre est consacré à la description de la méthodologie adoptée pour la mise en œuvre du SIG, l'intégration des données spatio-temporelles issues de l'observation du milieu marin et de l'utilisation des outils d'analyse géographique.

Enfin, le dernier chapitre est consacré à la présentation des résultats obtenus et leur interprétation.

## 1. Définition des Systèmes d'information géographique

Un SIG peut être vu dans sa forme la plus simple comme un système de base de données dans lequel la plupart des données sont à référence spatiale. Un ensemble de procédure opère sur ces données afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion. L'utilisation efficace de tels ensembles de données se fait à l'aide de systèmes puissants capables d'acquérir des données à partir de diverses sources, changer des données dans des formats utiles, stocker et manipuler les données pour l'analyse, et ensuite gérer les sorties exigées par un utilisateur.

Toutefois, la définition adoptée par le comité scientifique du colloque intégration de la photogrammétrie et de la télédétection dans les SIG SFPT, Strasbourg 1990 est la suivante :

« Un système d'information géographique est un système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler, d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement contribuant notamment à la gestion de l'espace ».

Par ailleurs, une définition plus récente énonce qu'un SIG est un système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler, d'organiser, de gérer, d'analyser, de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement (Gillot, 2000).

## 2. L'information géographique

L'information géographique ou géospatiale est une modélisation des objets du monde réel tel que les réseaux, les parcelles de terrain, les forêts, les stations de mesure,...etc. Cette modélisation se fait sous l'une des formes vecteur ou raster.

### 2.1. La forme vecteur

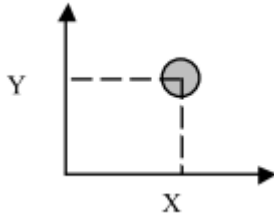
La forme vecteur, dite aussi vectorielle, consiste à représenter les objets du monde réel sous l'une des primitives géométriques : Point, ligne, polyligne, polygone.

-Le point :L'objet points est défini dans le plan par ses coordonnées x et y (Fig. I.1). Il représente des détails comme : un arbre, un lampadaire, une station de mesure,...etc.

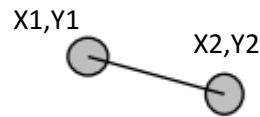
-La ligne :L'objet est un segment de droite défini par les coordonnées du point de départ et celles du point d'arrivée (Fig.I.2) (Gilliot J-M, 2000).

-La polyligne :La polyligne est un ensemble fini de segments de ligne, tel que le point final d'un segment soit le point de départ du segment suivant (Fig.1.3) (Gilliot J-M, 2000).

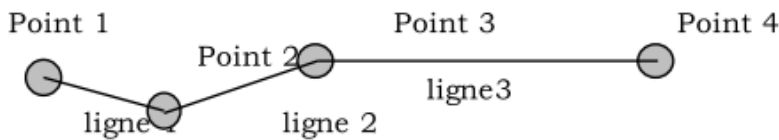
Le polygone : Le polygone est l'espace compris à l'intérieur d'une polyligne fermée (**Gilliot J-M, 2000**). Les points de départ et d'arrivée sont alors confondus. L'objet polygone représente des détails géographiques comme : les parcelles, le bâti, les périmètres d'exploitation,...etc.



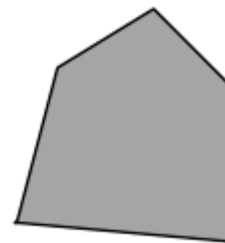
**Figure I.1** : Objet Point (Gilliot, 2000)



**Figure I.2** :Objet Ligne (Gilliot, 2000)



**Figure I.3** : Objet Polyligne (Gilliot, 2000)



**Figure I.4** : objet polygone (Gilliot, 2000)

## 2.2 .La forme raster

La forme raster consiste à partager l'espace géographique en une grille régulière, formant ainsi des cellules de tailles égales. Chaque cellule, appelée aussi pixel, est caractérisée par son numéro de ligne et son numéro de colonne ou par ses coordonnées géographiques ou planes et aussi par une valeur stockée à l'intérieur de la cellule.

Cette valeur peut être une valeur radiométrique dans le cas d'une image satellitaire(**Fig. I.6**), une altitude dans le cas d'un Modèle numérique de terrain (MNT)(**Fig. I.5**) ou un paramètre de pollution dans le cas d'une grille d'interpolation (grille)(**Fig. I.7**)ou un extrait de carte (**Fig. I.8**).

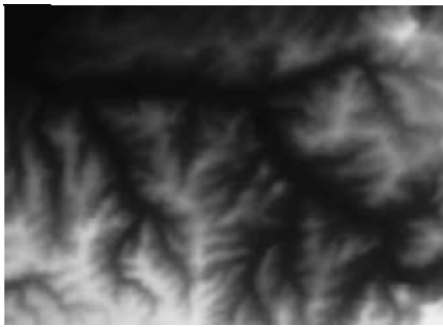


Figure I.5 : Extrait d'un MNT



Figure I.6 : Extrait d'une image satellitaire

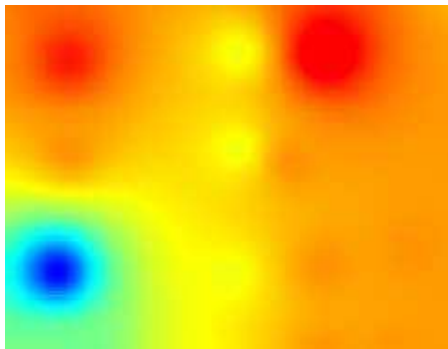


Figure I.7 : Extrait d'un Grid



Figure I.8 : Extrait d'une carte

### 3. Localisation géographique

La localisation géographique des objets du monde réel se fait par rapport à un référentiel géodésique (Datum), local ou global. Un référentiel géodésique est défini par un :

- Ellipsoïde de révolution (local ou global) ;
- Référentiel tridimensionnel (XYZ) ;
- Point fondamental.

Tout référentiel géodésique est associé à une projection qui est une transformation mathématique permettant de représenter les objets réels (3D) sur une surface plane (2D).

En Algérie, deux systèmes géodésiques sont en vigueur, le système local Nord Sahara 1959 sur l'ellipsoïde Clarke 1880, associé à la projection UTM et le système global WGS84 basé sur l'ellipsoïde portant le même nom et associé à la projection UTM (Journal officiel).

## **4. Intégration informatique des données géographiques**

L'intégration informatique des données géographiques dans un SIG nécessite la compréhension des définitions suivantes :

### **4.1 Base de données**

Une base de données informatisée est un ensemble structuré de données enregistrées sur des supports accessibles par l'ordinateur, représentant des informations du monde réel et pouvant être interrogées et mises à jour par une communauté d'utilisateurs. Une donnée géographique est alors stockée dans une base de donnée géographique pour qu'elle puisse être interrogée par un langage approprié et modifiée par un groupe d'utilisateurs géographiquement dispersés.

### **4.2 Systèmes de gestion de base de données**

La gestion et l'accès à une base de données sont assurés par un ensemble de programmes qui constituent le Système de Gestion de Base de Données (SGBD). Ce dernier est basé sur l'un des modèles suivants : hiérarchique, réseau, relationnel ou relationnel objet. L'objectif des SGBD est d'assurer :

- l'indépendance physique des données ;
- l'indépendance logique des données ;
- l'accès aux données (par un langage de manipulation des données –LMD-) ;
- le non redondance des données (définition de contraintes d'intégrité) ;
- et enfin, la cohérence des données.

Les données géographique, dans un SIG sont alors gérées soit par distant de type access, oracle.

### **4.3 Niveaux de description des données**

Il existe trois niveaux de description des données :

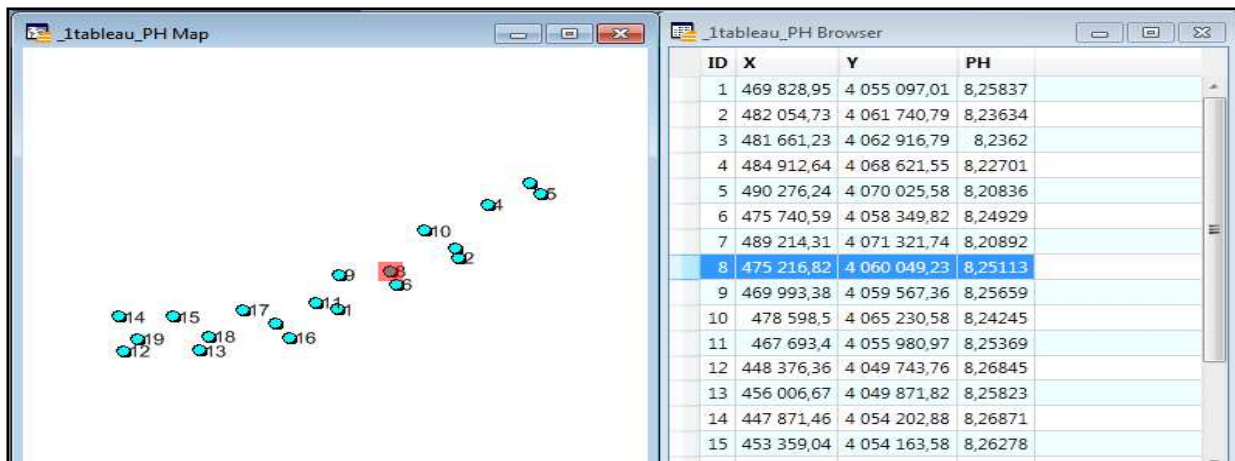
- Le niveau externe correspondant à la perception de l'utilisateur sachant que deux utilisateurs de niveaux différents peuvent avoir deux vues différentes des mêmes données ;
- Le niveau conceptuel qui consiste à structurer les données indépendamment de l'environnement dans lequel elles seront implémentées. Dans le cas des SGBD relationnels, cette structure s'appelle schéma conceptuel des données. Il permet de modéliser la base de données en définissant les objets (classes d'objets), leurs attributs

ainsi que leurs relations. Il est élaboré après modélisation sur la base d'un modèle, dont le plus connu est le modèle « Entité-association ».

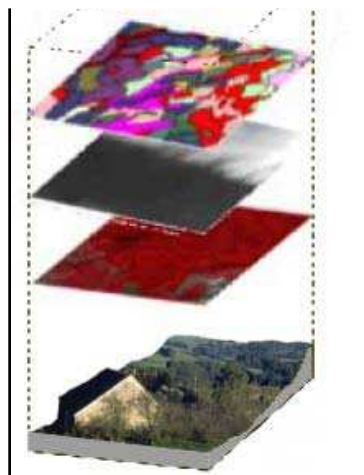
- Niveau interne correspondant à la description physique des données (méthode de stockage et placement des données).

## 5. SIG vecteur et SIG raster :

Les SIG basés sur le mode raster sont appelé SIG Raster et ceux basés sur le mode vecteur, SIG vecteur. Une composante graphique constitue des coordonnées locales ou globales ainsi qu'une composante sémantique, les champs de la table des attributs sont associés au graphique (**Fig. I.9**). Les deux composantes sont reliées par un identifiant unique. Les données géographiques vecteur ou raster sont stockées sous forme de couche (Layer) superposées (**Fig. I.10**).



**Fig. I.9** : Composantes sémantiques, attributaires associés au graphique reliées par un identifiant



**Fig. I.10** : Couches géographiques dans un SIG (Le Pimpec P., et al, 2002)

## **6. Fonctionnalités d'un SIG**

Un SIG doit répondre aux cinq fonctionnalités suivantes :

### **6.1. Abstraction**

Il s'agit de modéliser le monde réel par la construction d'un Schéma Conceptuel des Données (SCD) et de trouver le logiciel pour y implémenter les schémas. Chaque logiciel possède implicitement un Modèle Conceptuel de Donnée (MCD) dont le rôle est d'interpréter et de stocker le SCD. Il semble facile mais est en réalité fortement déconseillé de faire l'inverse (modéliser à partir d'un logiciel), l'important étant le résultat, le logiciel n'étant qu'un outil.

### **6.2. Acquisition**

Il s'agit d'acquérir l'information auprès d'organismes nationaux ou internationaux, producteurs ou revendeurs (INCT, ANC, LEM, etc.). Plusieurs techniques d'acquisition existent (numérisation, levés, restitution photogrammétrique, etc.).

### **6.3. Archivage**

Il s'agit de l'archivage des données afin de pouvoir les retrouver facilement.

### **6.4. Analyse**

L'objectif de la mise en œuvre du SIG est de pouvoir analyser les données géographiques en les interrogeant sur leurs géométries, leurs attributs et leurs topologies. L'intérêt est aussi d'effectuer des géotraitements afin de produire de nouvelles données.

### **6.5. Affichage**

L'affichage des données selon les règles cartographiques permet l'interprétation visuelle du phénomène spatiotemporel étudié.

## **7. Composantes d'un SIG**

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

### **7.1. Matériels**

Le matériel dans un SIG concerne :

- Le matériel d'entrée des données permettant à l'utilisateur la saisie, la collecte et la transformation des données spatiales et thématiques dans un format numérique;
- Le matériel de stockage et de récupération de données permettant l'organisation des données spatiales et attributaires, sous une forme facilitant leur analyse et leur mise à jour.

- Le matériel de sortie de données offrant à l'utilisateur la possibilité d'afficher des graphiques, des cartes et des tableaux représentant le produit obtenu.

## **6.2. Logiciels**

Les logiciels SIG fournissent les outils nécessaires à la réalisation des fonctionnalités d'un SIG. Il existe plusieurs produits sur le marché national, international et aussi sur la toile. Ces logiciels se différencient par leurs coûts et la richesse de leurs outils. Les logiciels SIG commerciaux les plus répandus sont : MapInfo, ArcGis, etc. Quant aux SIG open source les plus connus, nous pouvons citer : QGis, Grass, GVSig ...etc.

## **6.3. Données**

Les données dans un SIG sont des données géographiques issues de cartes scannées, de photographies aériennes, d'images satellitaires, de données terrain, etc.

## **6.4. Méthodes**

Les méthodes concernent les géotraitements à appliquer sur les données géographiques afin de produire des données à valeur ajoutée ou à des fins d'analyse.

Les zones côtières sont le lieu d'activités multiples tel que la navigation, les activités portuaires, la plaisance, la pêche, les économies régionales voire internationales. Les dégâts causés par la pollution marine peuvent affecter la santé des populations locales, diminuer l'attrait pour le tourisme et les loisirs, dégrader les écosystèmes marins, réduire les revenus de la pêche et de l'aquaculture et diminuer la valeur du domaine foncier littoral.

Dans notre cas d'étude, nous avons essayé de cartographier des données de pollution dans la Bai de Bou-Ismaïl à partir de données de différentes années.

### **I.1. Définition de la pollution**

La pollution marine résulte de tous les produits rejetés dans les mers et les océans, en conséquence de l'activité humaine, elle comprend la pollution de l'eau, des biotes et celle des sédiments, plus généralement toutes les atteintes aux écosystèmes marins causées par les rejets de substances nuisibles par leurs natures ou leurs quantités. Plusieurs définitions ont été proposées pour le terme « pollution marine », parmi lesquelles, on note la définition adoptée par la Commission Océanographique Internationale de l'UNESCO comme étant : « l'introduction par l'homme, directement ou indirectement de substances ou d'énergie dans l'environnement marin pouvant entraîner des effets délétères, tels que dommages aux ressources biologiques, dangers pour la santé humaine, entraves aux activités maritimes, y compris la pêche, détérioration des qualités de l'eau de mer pour son utilisation et réduction des possibilités dans le domaine des loisirs » (T. ERRAHMANI, 2008).

### **I.2. Classification des polluants :**

#### **I.2.1. Classification des polluants selon la source**

Les polluants sont classés selon les sources suivantes :

- Pollution urbaine ;
- Pollution domestique ;
- Pollution industrielle.

#### **I.2.2. Classification des polluants selon la Nature**

La nature de la pollution est un autre principal critère utilisé pour classer la pollution du milieu marin (Galaf et Ghannam, 2003). Nous distinguons trois classes:

- Pollution chimique (micropolluants chimiques organiques et inorganiques) ;
- Pollution physique (rejets urbain et industriels) ;
- Pollution mécanique (substances solides) ;

- Pollution thermique (centrales thermique, nucléaire, raffineries...);
- Pollution biologique (bactéries, virus);
- Pollution atomique (énergie atomique).

### **I.3. Paramètres physico-chimiques et indicateurs de pollution**

Les phénomènes de pollution se traduisent généralement par des modifications des paramètres physicochimiques du milieu récepteur. Un des moyens d'étude de la pollution consistera donc à mesurer, par des analyses, ces caractéristiques (au niveau du rejet, du milieu naturel ou du milieu pollué) (Gaujous, 1995). Ces paramètres peuvent être mesurés en continu par des sondes installées dans des stations d'observation de la qualité des eaux (Gaujous, 1995).

#### **I.3.1 La température (T)**

La température est un paramètre important pour la connaissance des masses d'eaux (Aminot et Chaussepied, 1983). Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout celle des gaz dans la dissociation des sels dissous donc sur la conductivité électrique, dans la détermination du pH, pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels (Rodier et al. 2005).

Dans les océans, la température décroît de la surface vers le fond. Elle varie en fonction des autres descripteurs physico-chimiques. Par ailleurs, dans les eaux de surface, sa variation dépend essentiellement des phénomènes climatiques (Aminot et Chaussepied, 1983).

La mesure de la température est indispensable pour le traitement ou l'interprétation d'autres paramètres tels que : la saturation des gaz dissous, la mesure du pH (Aminot et Kérouel, 2004).

#### **I.3.2 La salinité (S)**

La salinité est une propriété de l'eau de mer qui est fondamentale à l'étude du milieu marin, (Aminot et Kérouel, 2004). Elle correspond à la teneur en sels dissous de l'eau de mer, elle peut être mesurée et exprimée de différentes manières suivant que l'on considère l'ensemble des corps ; ou seulement les sels dominants (Rodier et al. 2005).

En méditerranée, elle est voisine de 38 à 39 PSU, mais près des côtes, elle varie entre 36 et 37 PSU (Aminot et Chaussepied, 1983).

En milieux côtiers et estuariens, la salinité est le traceur idéal des mélanges entre l'eau douce et l'eau de mer (Aminot et Kérouel, 2004).

### I.3.3 Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est relatif à la concentration en ion hydrogène ( $H^+$ ) dans un milieu, donc c'est une grandeur utilisée pour caractériser le degré d'acidité ou de basicité de milieu. (Le Pimpec P, et al, 2002).

Cette notion est définie par Sorensen (1909) comme le logarithme décimal de la concentration en ion  $H^+$  ( $pH = -\log [H^+]$ ). L'eau de mer est moins sensible aux variations du pH grâce à l'effet tampon des sels dissous, le pH en surface est proche de 8,1 et descend à 7,7 en eau profonde (Aminot et Chaussepied, 1983).

Le PH de l'eau de mer voisin de 8,2, est fixé par la présence des carbonates,  $CO_2 - HCO_3^- - CO_3^{2-}$ . Sa modification est due aussi à des facteurs physiques (échanges air-mer, la température), et chimiques, des rejets industriels ou des rapports d'eaux continentales à pH acide (Aminot et Chaussepied, 1983).

En milieu fermé ou semis-fermé (estuaires, baies, ports), le pH peut approcher des valeurs voisines de 7 ou atteindre des valeurs plus acides (LEFEBVRE G, 1978).

la mesure du pH renseigne sur la qualité de l'eau : dans les eaux naturelles non soumises aux rejets, le pH dépend de l'origine de ces eaux et de la nature géologique du terrain et peut permettre de localiser une source de pollution (Le Pimpec P, et al, 2002).

### I.3.4 L'oxygène dissous (OD)

L'oxygène dissous se réfère à la molécule de dioxygène  $O_2$  en solution dans l'eau (Aminot et Kérouel, 2004). C'est un paramètre important du milieu qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques (Aminot et Chaussepied, 1983).

Les concentrations de l'oxygène dans l'eau de mer varient selon les profondeurs, la zone, la saison, cela est dû à ses différentes sources (atmosphère ou phénomène biologique).

Dans les eaux de surfaces, ses teneurs sont proches de la saturation, elles sont influencées par les échanges atmosphère – mer (Lefebvre et al, 1993). Ces concentrations augmentent avec l'activité photosynthétique, en revanche, elles sont faibles en profondeur, car l'oxygène est utilisé pour oxyder la matière organique (Aminot et Chaussepied, 1983).

L'oxygène dissous est un paramètre d'une extrême importance pour apprécier l'impact d'une pollution organique. En effet, les bactéries dites aérobies (c'est-à-dire qui se développent en présence d'air) consomment l'oxygène de l'eau pour dégrader la matière organique (Le Pimpec P, et al, 2002).

Il y a une relation proportionnellement réciproque entre la Pollution organique et lteneur en oxygène dissous (milieu réducteur).

Remarque : Une valeur normale d'oxygène n'exclut pas la présence de pollution (Le Pimpec P, et al, 2002).

## II. Présentation général de zone de Bou-Ismaïl :

### II.1.Cadre géographique

La baie de Bou-Ismaïl est située à l'ouest d'Alger entre 2° 20' E et 2° 55' E, d'une superficie de 342 km<sup>2</sup> et ayant un plateau continental de 509 km<sup>2</sup>, est délimitée à l'Ouest par le massif du Chenoua et à l'Est par le massif de La Bouzaréah. L'ouverture de la baie s'oriente selon un axe nord-ouest d'environ 40 km.

La baie de Bou Ismaïl peut être divisée en quatre zones géographiques (figure II.1) :

- La baie d'El Djamila limitée à l'Est par Ras Acrata et à l'Ouest par la Presqu'île de Sidi Fredj. Elle est caractérisée par une côte basse sableuse et de nombreuses formations dunaires.
- Le secteur Sidi Fredj – Oued Mazafran, constitué sur environ 12 km de plage de sables fins.
- Une côte rocheuse, faisant suite au secteur ci-dessus, longue de 30 km dont la limite à l'Ouest est Tipaza.
- La baie du Chenoua où se jette l'oued Nador débute à partir de Tipaza ; elle est bordée dans sa partie Ouest par le massif du Chenoua. Tout le fond de cette baie est occupé par une plage de sables fins.

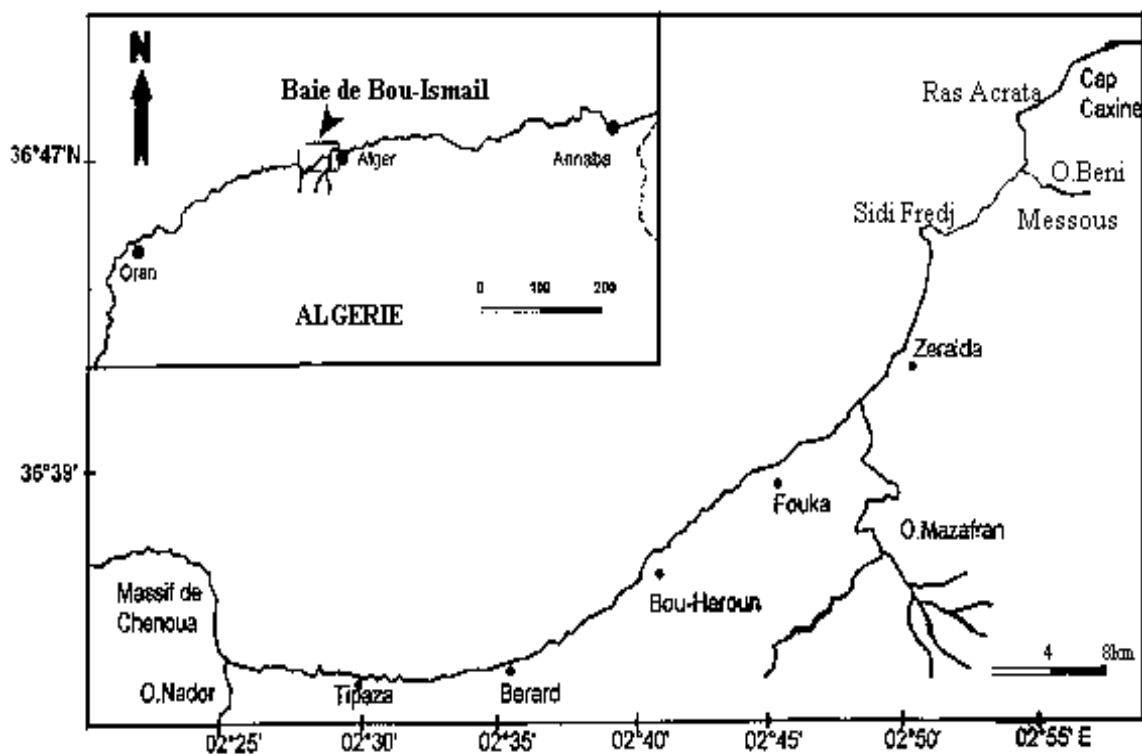


Fig. II.1. Situation géographique et localisation de la Baie de Bou-Ismaïl

## II.2. Réseau hydrographique de la baie

La baie de Bou-Ismaïl est le réceptacle d'oueds à régime irréguliers, les principaux oueds qui se jettent en baie de Bou Ismaïl sont l'oued Nadordans la baie du Chenoua, l'oued Mazafran et l'oued Beni Messous en baie d'El Djamila qui peuvent influencer les données de pollution (Annane et al, 2007 modifié) (Figure II.1).

- L'Oued Mazafran : Possède un bassin versant de 1850 km<sup>2</sup>. 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/km<sup>2</sup>, tandis que le débit volumique à 43.8 millions m<sup>3</sup>/an.Ces apports dépendent étroitement du régime hydrologique de l'oued : long étiage (sixmois), crues hivernale et printanière soudaines, fortes et de courte durée.Il draine une grande àpartir du bassin versant

- L'Oued Nador : présente un bassin versant d'une superficie de 200 à 300 km<sup>2</sup>, il est côtier et est situé dans la partie occidentale de la baie et débouche sur la petite baie de Chenoua, cet Oued regroupe les Oueds Bou Yersen, Bou Haroun et Oued Merad. Son débit est de 0.89 m<sup>3</sup>/s débouchant entre DjbelChenoua et Tipaza.

- L'Oued Beni Messous :Se situe entre El Djamila et Club des Pins auniveau d'une plage appelée « les dunes » qui fait partie de la baie de SidiFredj, cet oued traverse les communes de Beni Messous et Chéraga d'unelongueur de 11.5Km, ses eaux sont essentiellement des eaux uséesdomestiques et industrielles, avec un débit faible par rapport aux autresoueds cités précédemment 0,245m<sup>3</sup>/s.

## II.3.Pollution de la baie

La zone côtière de Bou-Ismaïl constitue le réceptacle de plusieurs types de pollutions:

- Les rejets domestiques exposés aux conséquences de la pollution organique ;

Les rejets d'eaux usées domestique issues des agglomérations et des complexes touristiques sont importants, surtout en période estivale (Fig. II.2).

Ces eaux usées chargées pour l'essentiel de matière organiques, matières en suspension, détergents et des huiles lubrifiantes génèrent des pollutions organiques et chimiques. Cette situation est aggravée par l'absence de traitement d'eaux avant leur aboutissement à la mer ainsi qu'un prétraitement au niveau des entreprises.

- Les rejets de centrales thermiques qui utilisent l'eau de mer pour le refroidissement de leur turbine, ceci à pour conséquence l'altération du milieu marin en modifiant ses caractéristiques physico-chimiques et en provoquant principalement une pollution thermique ;

- Les lessivages des sols des grands périmètres agricoles ceci engendre une pollution par les éléments nutritifs;

- Les déchets solides d'origines industrielle et domestique.

En plus de ces activités, les oueds entraînent vers la mer, les eaux usées de Blida et de la base centrale logistique de Beni mered aux niveau de l'oued Macta Makhlouf qui n'est que la continuité de l'oued Beni Azza ou se déversent les eaux usées de la tanneries du moulin, d'une unité d'électroglace, mobilier métallique, d'une unité de transformation de plastique, d'industrie agro-alimentaire ainsi que les eaux des ateliers de traitement de surface de la base logistique de Beni mered. L'OuedMazafran est un vecteur important de la pollution de cette zone car il draine vers la mer tous les rejets issus des zones urbaines ; industrielles et agricoles se trouvant dans la plaine de la Métidja. A ces sources de pollutions potentielles, il convient d'ajouter les rejets de l'ensemble des unités industrielles de la zone côtière de la baie de Bou-Ismaïl.

A tout ça s'ajoute la pollution issue des ouvrages portuaires existants dans la baie : Port de Pêche de Bou Haroun, Port de Pêche de Khemisti, Port de plaisance et abris de pêche de Tipaza, Abris de pêche d'El-Djemila, Port de plaisance de Sidi Fredj, Port de plaisance de Palm Beach (Figure II.2, tableau II.1).

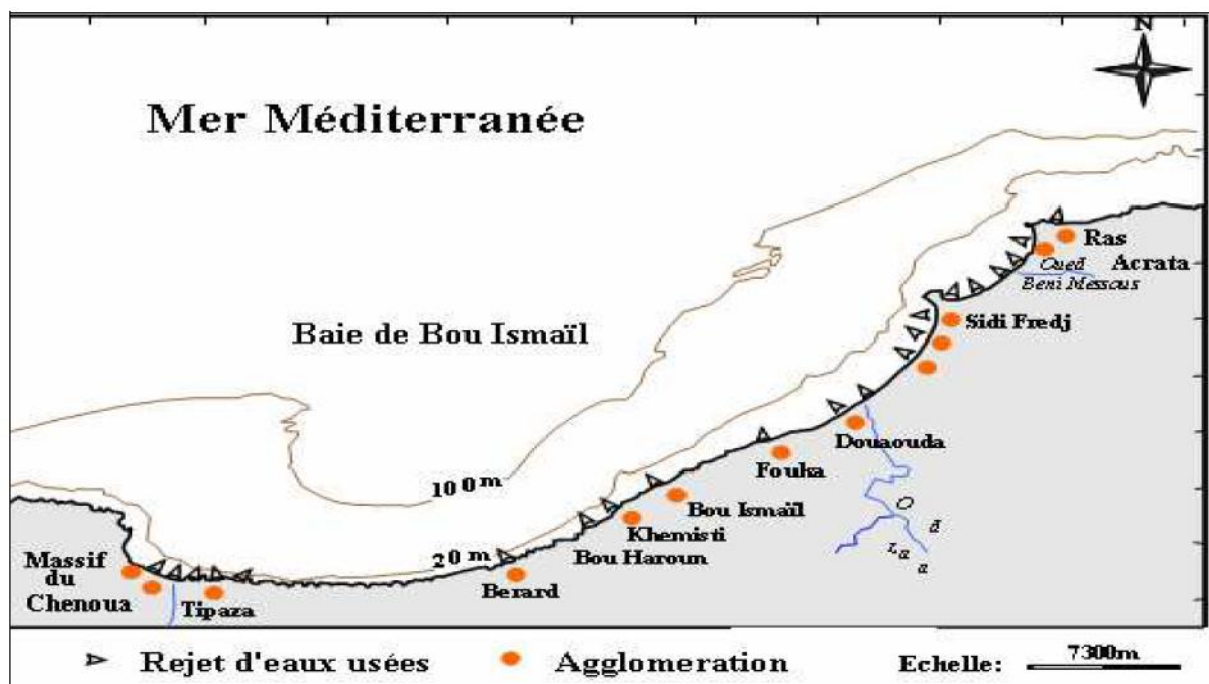


Figure II.2. Les principaux rejets dans la Baie de Bou-Ismaïl (PAC)

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

Communes	Nombre de Rejets	Débit m <sup>3</sup> /j	Lieu de rejet
Bou-Ismaïl	9	4000	Mer
Bou-Haroun	4	320	Mer
Khemisti	6	400	OuedKhemisti et Mer
Fouka	5	3600	Mer
Douaouda	5	1600	OuedMazafran et Mer
Tipaza	8	7140	Mer
Cherchell	8	3600	Mer
SidiGhiles	2	480	Mer
H.Ennous	2	160	Mer
Meselmoun	3	1100	Mer
Gouraya	3	900	Mer
Larhat	3	312	Mer
Damous	3	960	Mer
AinTagourait	6	320	Mer
<b>Total</b>	<b>67</b>	<b>24 92</b>	

L'objectif de notre projet étant de concevoir un Système d'information géographique permettant l'intégration des données spatio-temporelles issues de l'observation du milieu marin en vue de leur spatialisation, ce chapitre sera consacré à la description des logiciels et de la méthodologie adoptés à cet effet.

## 1. Logiciels

La mise en œuvre du SIG s'est faite sur les logiciels SIG MapInfo et Vertical Mapper quant à la spatialisation des paramètres de pollution, elle s'est faite sous QGIS vue la convivialité de son module d'habillage cartographique. Nous donnons, dans ce qui suit, une succincte présentation de ces deux logiciels.

### 1.2. MapInfo

Le logiciel SIG MapInfo, à l'origine bureautique créé dans les années 1980 aux Etats-Unis, offre des outils très performants de cartographie numérique. Il permet d'organiser les données textuelles et géographiques sous forme de tables, de représenter les données géographiques sous différentes formes (points, polygones, lignes, arcs, ellipse,...). Il utilise la notion de couches qui permet d'associer plusieurs vues séparées sur une même page (cartes, tableaux de données et graphiques) pour représenter un document de synthèse. Les données peuvent être acquises par : digitalisation, scannage, importation des données vectorielles (MIF/MID, DXF) et importation des données alphanumériques (Excel, Access, etc.) (Hammoum & Bouzida, 2010). Il nous a servi dans l'acquisition et la structuration des données.

### 1.3. Vertical Mapper

Vertical Mapper est le module géostatistique de MapInfo. Il offre des outils de « Géotraitement » sur les grilles tels que les interpolations par les méthodes suivantes : *Inverse Distance Weighting* (IDW), *Triangulation with smoothing* (TIN), *Natural Neighbor* (NN), *Rectangular* (ou bilibear) et *Kriging* (simple, ordinaire et universel). Nous l'avons utilisé dans la génération des grilles d'interpolation de chaque paramètre pour chaque année et dans l'extraction des valeurs estimées au niveau des stations non mesurées.

### 1.4. QGIS

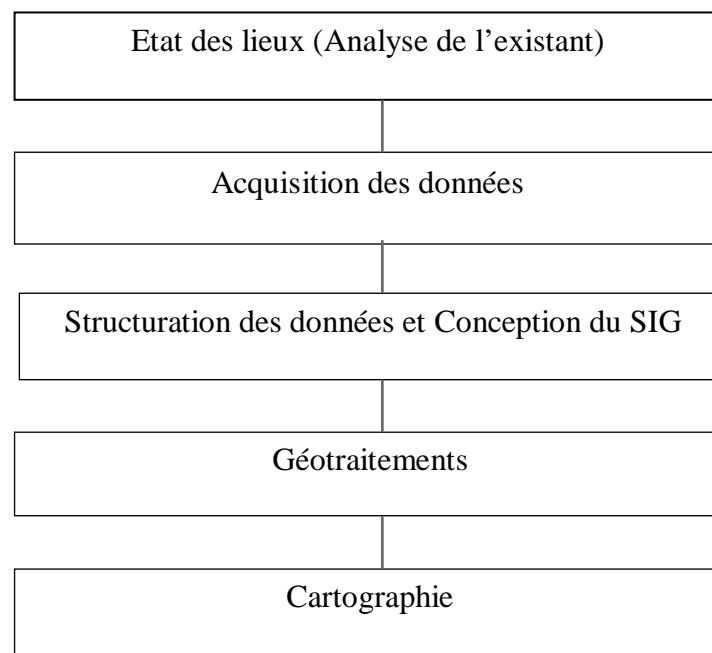
QGIS est un système d'information géographique (SIG) libre et multiplate-forme publié sous licence GPL. Il gère les formats de données matricielles (raster) et vectorielles, ainsi que les bases de données. Il fait partie des projets de la Fondation Open Source Geospatial.

L'un de ses avantages 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.

Il nous a servi dans la génération des lignes d'iso valeurs et des cartes d'estimation des paramètres de pollution.

## 2. Méthodologie

Les principales étapes de la méthodologie adoptée sont résumées dans la figure III.1 :



**Figure III.1** : Méthodologie de mise en œuvre d'un SIG pour la spatialisation des paramètres de pollution

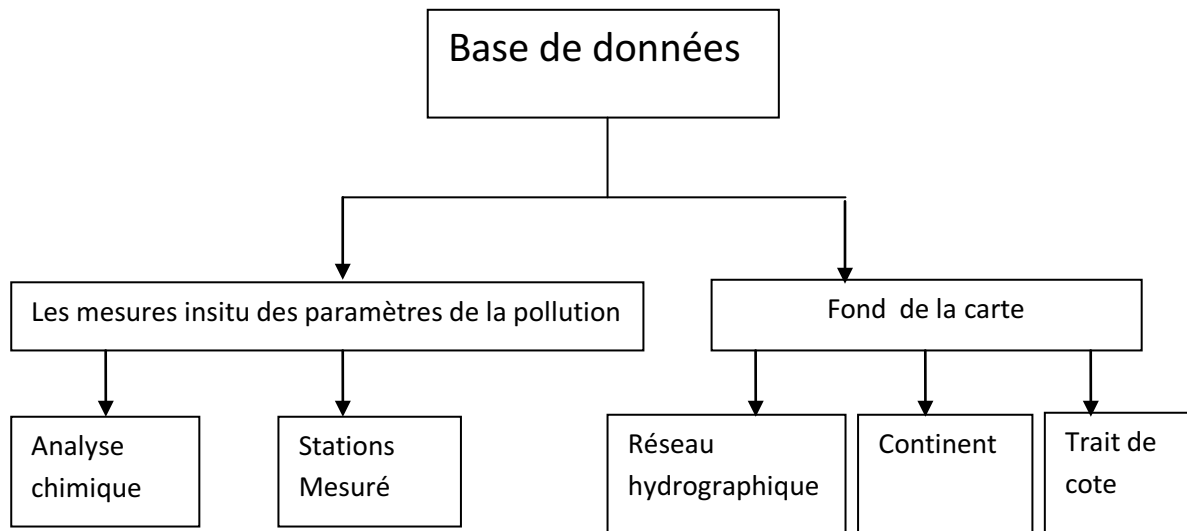
### 2.1. Etat des lieux et analyse de l'existant

Cette étape consiste à faire une recherche bibliographique sur les campagnes de mesure de pollution réalisées dans la baie de Bous-Ismaïl afin de retenir, par la suite, des jeux de données représentatifs sur 04 ou 05 paramètres de pollution. Le choix a été quelque peu difficile car la plupart des campagnes sont locales et ne couvrent pas toute la baie de Bou-Ismaïl. Néanmoins, 02 campagnes de mesure ont été retenues : mars 2003 et Mai 2003. Aussi, pour des raisons de faisabilité, 04 paramètres de pollution ont été étudiés, à savoir, la température, l'oxygène dissous, la salinité et le PH.

## 2.2. Acquisition des données

Afin de situer les stations dans leur contexte géographique, un fond de carte a été acquis à partir d'une carte marine couvrant la zone d'étude.

Par ailleurs, nous avons acquis les stations mesurées et les stations estimées ou calculées, extraites à partir des grilles d'interpolation.

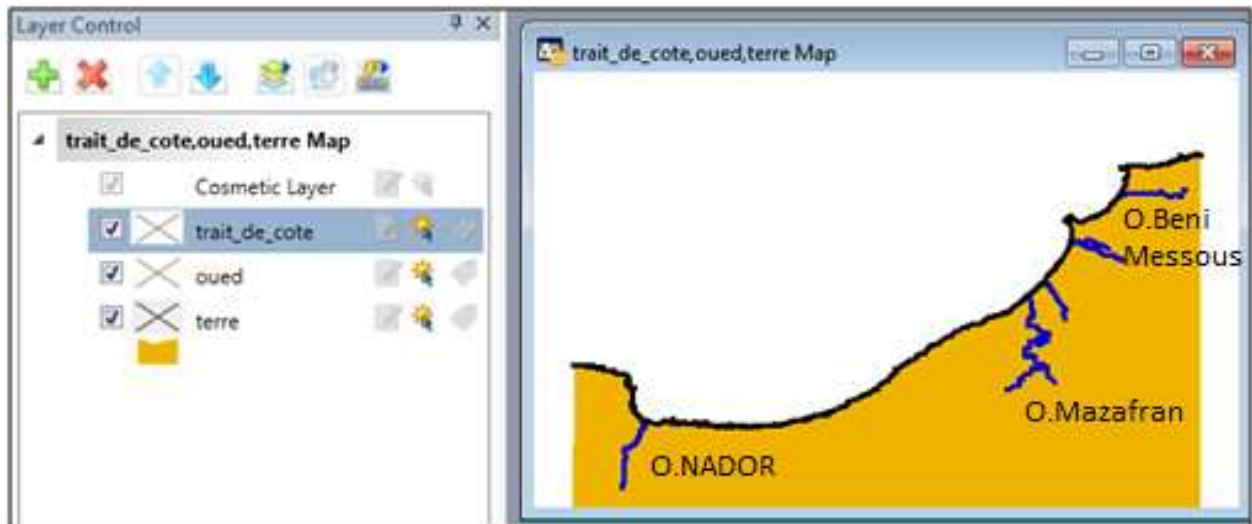


**Figure III.2:** Composantes vectorielles de la base de

### 2.2.1 Fond de carte :

Le fond de carte comprend : le trait de côte, le continent et le réseau hydrographique.

- La table « *trait de côte* » représente le trait de côte de la Baie de Bou-Ismaïl, elle comporte une ligne sur laquelle figure le linéaire côtier.
- La table « *continent* » représente la limite terre de la baie de Bou-Ismaïl.
- La table « *hydrographie* » représente l'ensemble des Oueds qui s'embouchent dans la Baie de Bou-Ismaïl. Les Oueds sont représentés sous forme de polygones (Fig. III.5).



**Figure III .3:** Couches de dessin correspondant au réseau hydrographique, trait de côte et le continent

### 2.2.2. Stations mesurées

L'acquisition des stations mesurées se fait par la récupération des coordonnées géographiques(longitude, latitude) des stations des campagnesretenues (mars et avril 2003) ainsi que les mesures des paramètres de pollution effectuées au niveau de ces stations.

Les données collectées se présentent sous forme de fichiers tableurs en annexe des mémoires de PFE. Ces derniers ont été transformés en fichiers Excel puis en table géographique de points grâce à l'outil d'import disponible dans Mapinfo. Avant la transformation du fichier Excel en table de points, les coordonnées GPS des stations mesurées ont été converties du géographique vers l'UTM zone 31 sur le WGS84 afin de manipuler des coordonnées planes.

Les données intégrées dans le SIG sont alors :

- les données descriptives ou thématiques représentées par les paramètres de pollution mesurés ;
- et les données géographiques représentées par les coordonnées des stations (fig. III.3).

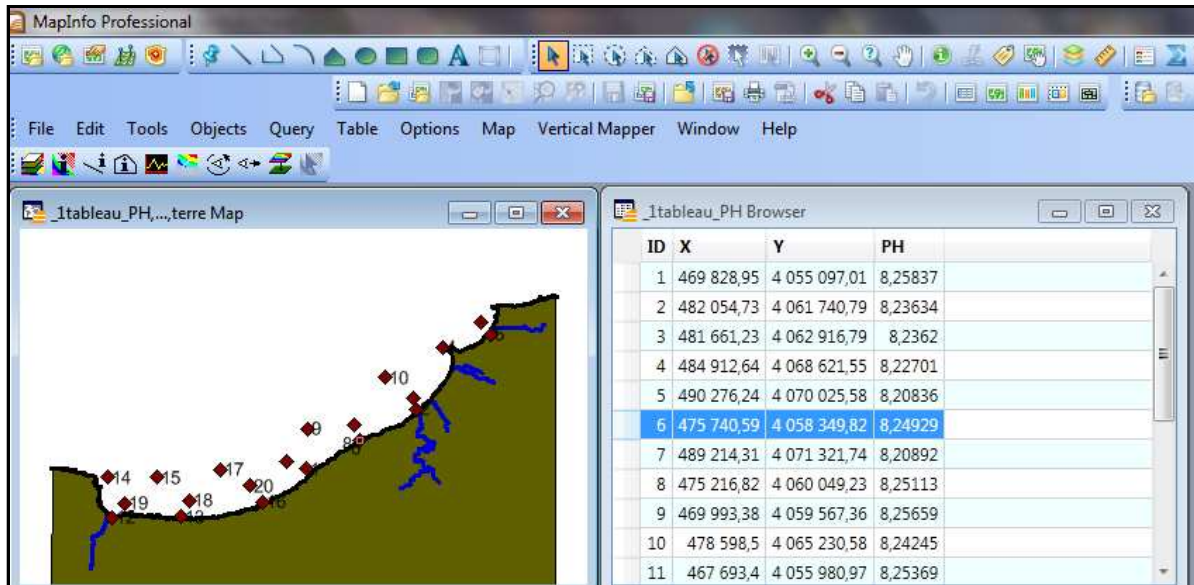


Figure III.4 : Table des stations mesurées

### 2.2.3. Stations estimées

Les stations estimées sont des stations au niveau desquelles les paramètres de pollution sont calculés et non mesurés (Fig. III.6). Le détail sera expliqué dans la phase « Géotraitement ».

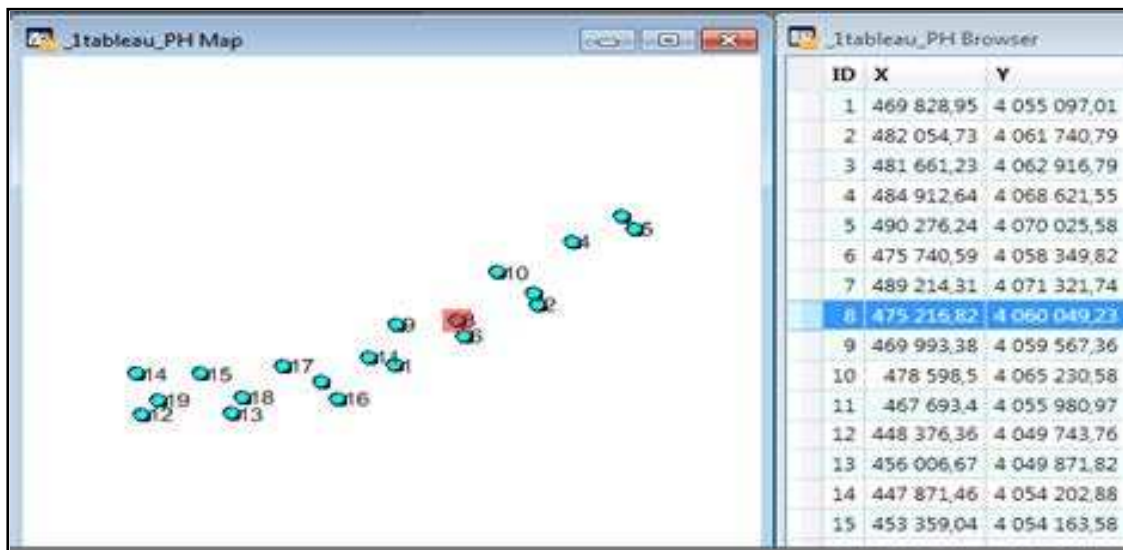


Figure III.5: Table des stations estimées

## 2.3. Conception et structuration des données

La conception du SIG destinée à la cartographie des paramètres de pollution est simple relativement à d'autres problématiques. Elle s'axe principalement autour de la couche des stations mesurées. Cette dernière contient :

- Le numéro de la station ;
- Les coordonnées géographiques ou cartographiques de la station ;
- Les paramètres mesurés (Température, Salinité, PH, Oxygène dissous).

Pour cela, nous avons retenu la structure de table suivante :

Table I.1. La structuration des données

Champs	Désignation	Type
ID	Code unique de la station	Entier
Long	Longitude	Réel
Lat	Latitude	Réel
X	Coordonnée en X	Réel
Y	Coordonnée en Y	Réel
PH	PH	Réel
S	Salinité	Réel
T	Température	Réel
O2	Oxygène dissous	Réel

La diversité des données issues des campagnes de mesure nécessite alors d'établir un catalogue détaillé des données appelé « métadonnées » (ou informations sur la donnée). Ce catalogue permet d'informer sur l'origine, la validité et la qualité de la donnée géographique.

Les différents paramètres mesurés ainsi que le nombre de stations échantillonnées et l'année d'étude sont résumés dans le tableau 1 de l'annexe.

## 2.4. Géotraitements

La mise en œuvre d'un SIG nécessite d'effectuer des géotraitements d'une part afin de rendre les données géographiques exploitables dans un SIG et d'une autre part afin de produire de nouvelles données. Dans ce qui suit, nous présentons les géotraitements réalisés dans le cadre de notre projet.

### 2.4.1. Calage de la carte

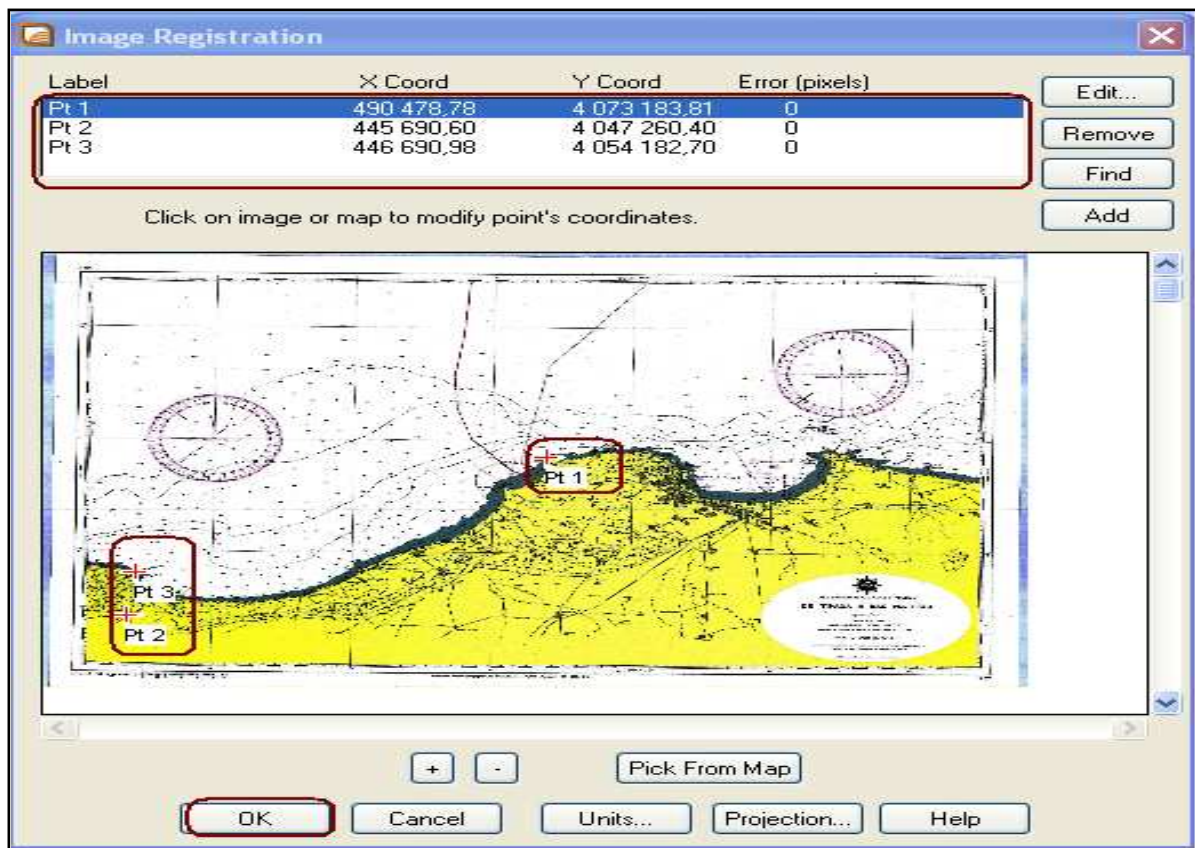
Géoréférencer ou caler une carte consiste à transformer la carte du repère local dans lequel elle est représentée après le scan vers le repère cartographique dans lequel elle est représentée réellement. Le principe consiste donc à (Cours Benzouai, 2013) :

- définir le système de référence dans le quel sera calée la carte (dans notre cas l'UTM zone 31N sur le WGS84) ;
- choisir un certain nombre de points d'appui (au moins 03) ;

- matérialiser le choix en introduisant dans l'algorithme de géoréférencement les coordonnées locales exprimées en numéro de ligne et numéro de colonne de chaque point d'appui;

- faire correspondre en même temps, à chaque point d'appui, ses coordonnées cartographique lues à partir du graticule ou relevées à partir d'une référence (carte géoréférencée, image satellitaire corrigée géométriquement, etc.) (Fig. .III.7).

Les images calées sont généralement au format *.tif* accompagnées d'un fichier *.tfw*. Le traitement a été appliqué sur la carte marine dans le but d'extraire le fond de carte nécessaire dans la mise en œuvre du SIG.



**Figure III.6 :** Carte de Bou-Ismaïl scannée calée

#### 2.4.2. Digitalisation

La digitalisation, appelée aussi vectorisation, consiste à passer d'un format raster (carte scannée, photographie aérienne, image satellitaire) à un format vecteur (point, ligne, polyligne et/ou polygone) par l'utilisation des outils de dessin.

Dans notre cas, nous avons digitalisé, à partir de la carte marine scannée, une couche "Trait de côte" contenant des polylignes, une couche "Continent" contenant un polygone et la couche "Hydrographie" contenant des polylignes aussi.

#### 2.4.3. Transformation d'un fichier de points en couche de points

Cette opération consiste à créer une couche vectorielle de points à partir d'un fichier de coordonnées de points sous format texte, Excel, Access, etc.

Dans le cas de notre étude, la transformation a été réalisée sous MapInfo sur un fichier de points de type Excel (.Xls) ayant les champs suivants:

- Identifiant de la station;
- Coordonnées géographiques (longitude, latitude);
- Les paramètres mesurés.

#### 2.4.4. Changement de référentiel cartographique et re-projection

Cette opération consiste à passer d'un référentiel cartographique à un autre ou d'une projection à une autre. Dans notre cas, les données recueillies étant exprimées en coordonnées angulaires (longitude, latitude) dans le « Géographique WGS84 », nous les avons projeté dans l'UTM 31N afin d'obtenir des coordonnées planes. L'opération a été réalisée sous Mapinfo en enregistrant la table sous un nouveau nom tout en modifiant la projection (UTM WGS84 31N).

#### 2.4.5. Génération des grilles d'interpolation

Il est à noter, en premier lieu, que l'objectif de cette estimation est descriptif. Nous cherchons à cartographier la variation spatiale des indicateurs de pollution. En outre, nous avons voulu étudié la variation spatiotemporelle et ce, grâce aux stations estimées.

La cartographie de la variation spatiale nécessite la création de **Grid** dans lesquels les valeurs des cellules sont estimées par interpolation. Il existe plusieurs méthodes d'interpolation spatiale et le choix de la méthode dépend essentiellement de (Dubois 2000):

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

Dans le présent projet, la méthode d'interpolation utilisée est celle de **la pondération par l'inverse de la distance (IDW)**. Nous avons choisi cette méthode parce qu'elle s'adapte bien aux données à forte variabilité (Pitney Bowes Software INC, 2009). Le principe consiste à calculer les valeurs de la grille à partir des points de données dans un rayon de recherche indiqué. La valeur d'une cellule est pondérée de façon à ce que les cellules les plus proches aient plus d'influence que celles éloignées.

Les méthodes d'interpolation sont utilisées pour la génération de l'information dans l'espace non échantillonné et la restitution par la suite, de la forme spatiale du phénomène à présenter. Néanmoins, dans notre cas, le nombre de stations échantillonnées peut être inférieur au seuil de représentativité. Par conséquent, les résultats seront considérés avec précaution.

L'intérêt d'un tel outil est de permettre la description des variations spatio-temporelles caractérisant les variables en valorisant ainsi l'information collectée à travers une restitution cartographique mettant en évidence les hétérogénéités spatiales, les variations saisonnières et interannuelles des répartitions du phénomène (Ferrandis & al, 2000).

Les grilles (grids) permettent de représenter les données comme une couverture continue. Nous pouvons voir comment les valeurs changent dans l'espace et obtenir une valeur estimée significative à n'importe quelle position de l'espace couvert par l'interpolation. Parmi ces positions, nous citons celles des stations estimées, utiles dans l'analyse diachronique.

L'interpolation se génère à partir de la couche des stations mesurées et le résultat sera une grille.

Dans le cadre de ce travail, deux (02) campagnes  $\times$  quatre (04) indicateurs = huit (08) grilles d'interpolation ont été générées de façon à estimer chaque paramètre pour chaque année.

Au contenu de la base de données SIG, précédemment décrit, s'ajoute les couches raster suivantes :

- Temp-Grid-mars2003 : Grid des températures estimées issue de la campagne du mois de Mars 2003 ;
- Temp-Grid-Mai2003 : Grid des températures estimées issus de la campagne du mois de Mai 2003 ;
- S-Grid-Mars 2003 : Grid des salinités estimées issus de la campagne du mois de Mars 2003 ;
- S-Grid-Mai 2003 : Grid des salinités estimées issus de la campagne du mois de Mai 2003 ;
- O2-Grid-Mars 2003 : Grid des oxygènes estimées issus de la campagne du mois de Mars 2003 ;
- O2-Mai 2003 : Grid des oxygènes estimées issus de la campagne du mois de Mai 2003 ;
- PH-Mars 2003 : Grid des PH estimées issus de la campagne du mois de Mars 2003 ;
- PH-Mai 2003 : Grid des PH estimées issus de la campagne du mois de Mai 2003 ;

#### 2.4.6. Génération de la couche de stations estimées

La couche de stations estimées a été générée à l'étape « Acquisition des données » par simple saisie de points à l'écran de façon à couvrir suffisamment et régulièrement la zone d'étude. Seulement, à l'étape « Acquisition des données », seules les positions cartographiques des stations étaient connues. Les valeurs estimées des indicateurs de pollution seront extraites une à une à partir des grilles générés précédemment.

Cette opération a été réalisée sous Vertical Mapper. Quatre couches s'ajoutent ainsi à la base de données SIG, à savoir :

- St-Estm-T : Couche vectorielle de points de même structure que la couche des stations mesurées (ID, long, lat, T-C1, T-C2) ;
- St-Estm-PH : Couche vectorielle de points de même structure que la couche des stations mesurées (ID, long, lat, PH-C1, PH-C2) ;
- St-Estm-O2: Couche vectorielle de points de même structure que la couche des stations mesurées (ID, long, lat , O2-C1, O2-C2) ;
- St-Estm-S: Couche vectorielle de points de même structure que la couche des stations mesurées (ID, long, lat , S-C1, S-C2) ;

#### 2.4.7. Génération des lignes d'iso-valeurs (Iso-contours)

Une ligne d'iso-valeurs est une ligne le long de laquelle la valeur, qui représente un paramètre de pollution, est constante. La génération des lignes d'iso-valeurs se fait grâce à l'outil d'extraction associé à QGIS. Cette couche vectorielle de lignes est générée, pour chaque paramètre, à partir du grille d'interpolation associé. Ainsi, nous avons obtenu les couches vectorielles suivantes :

- Isocontour-T-Mars2003 : isocontour de la température en Mars 2003 ;
- Isocontour-T-Mai2003 : isocontour de la température en Mai 2003 ;
- Isocontour-S-Mars2003 : isocontour de la salinité en Mars 2003 ;
- Isocontour-S-Mai 2003 : isocontour de la salinité en Mars 2003 ;
- Isocontour-PH-Mars2003 : isocontour de PH en Mars 2003 ;
- Isocontour-PH-Mars2003 : isocontour de PH en Mars 2003 ;
- Isocontour-O2-Mars2003: isocontour de O2 en Mars 2003 ;

- Isocontour-O2-Mai2003 : isocontourde O2en Mars 2003.

## 2.5. Production cartographique

Une mise en page est un document qui permet de créer des cartes bien présentées pour pouvoir ensuite les imprimer ou les exporter. Elle comprend des élémentsgraphiques suivants :

- Le graticule : permet la lecture des coordonnées géographiques de la carte ;
- La légende :contient un descriptif des symboles utilisés dans la carte ;
- La barre d'échelle :indique l'échelle de la carte. Dans notre cas d'étude, l'échelle est 1 :300000 ;
- La flèche du Nord :indique l'orientation géographique de la carte ;
- Le titre :résume le contenu de la carte ;
- Le texte : permet d'introduire des informations sur la carte comme le système de projection, l'auteur, l'année d'édition, etc.
- La bordure de finition :permet d'encadrer les éléments cartographiques pour une présentation soignée.

Nous avons, ainsi, obtenu huit (08) cartes de spatialisation des paramètres de pollution dans la baie de Bousmail lesquelles seront présentées et discutées dans le chapitre suivant.

## 1. L'analyse des cartes de la distribution spatiale des paramètres de Pollution

L'analyse des valeurs de la distribution spatiale des paramètres de pollution montre (fig. IV.1) :

### 1.1. La température

En Mars 2003, les valeurs de la température varient entre 15,5°C et 17,1°C, les plus élevées se trouvent dans la partie ouest et plus nous nous rapprochons du côté est plus les valeurs de température baissent. En revanche, pour ce qui est des mois de Mai 2003, nous avons respectivement les valeurs comprises dans l'intervalle de [17,3°C ; 20,1°C], les plus élevées se trouvent dans la partie Est près de Chenoua, et plus nous nous rapprochons du côté ouest plus les valeurs de température baissent. La distribution de la température est homogène où elle marque son maximum dans les régions Centre et Est de la zone.

Cette répartition pourrait être soumise à des conditions météorologiques ou au mélange avec les eaux légèrement chaudes de la baie dans le côté ouest de Bou-Ismaïl lors de la période Mars 2003 et à l'est lors des périodes Mai 2003.

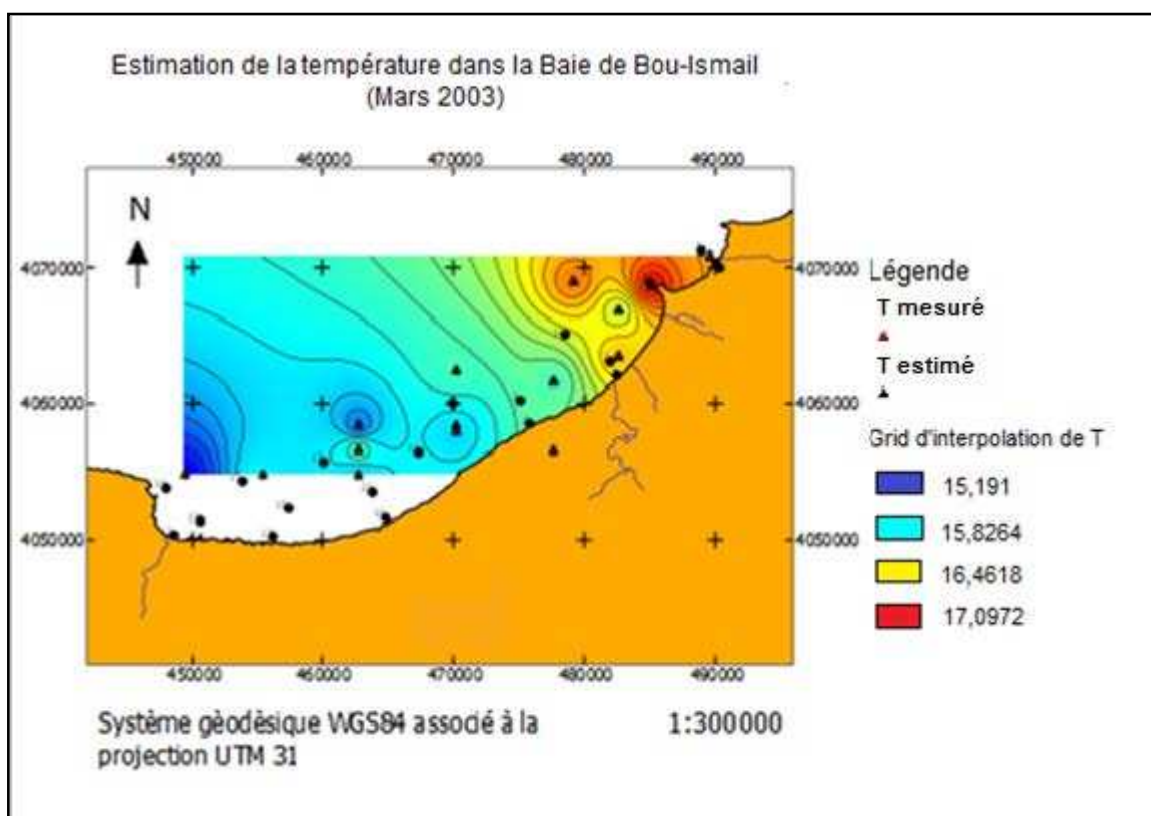
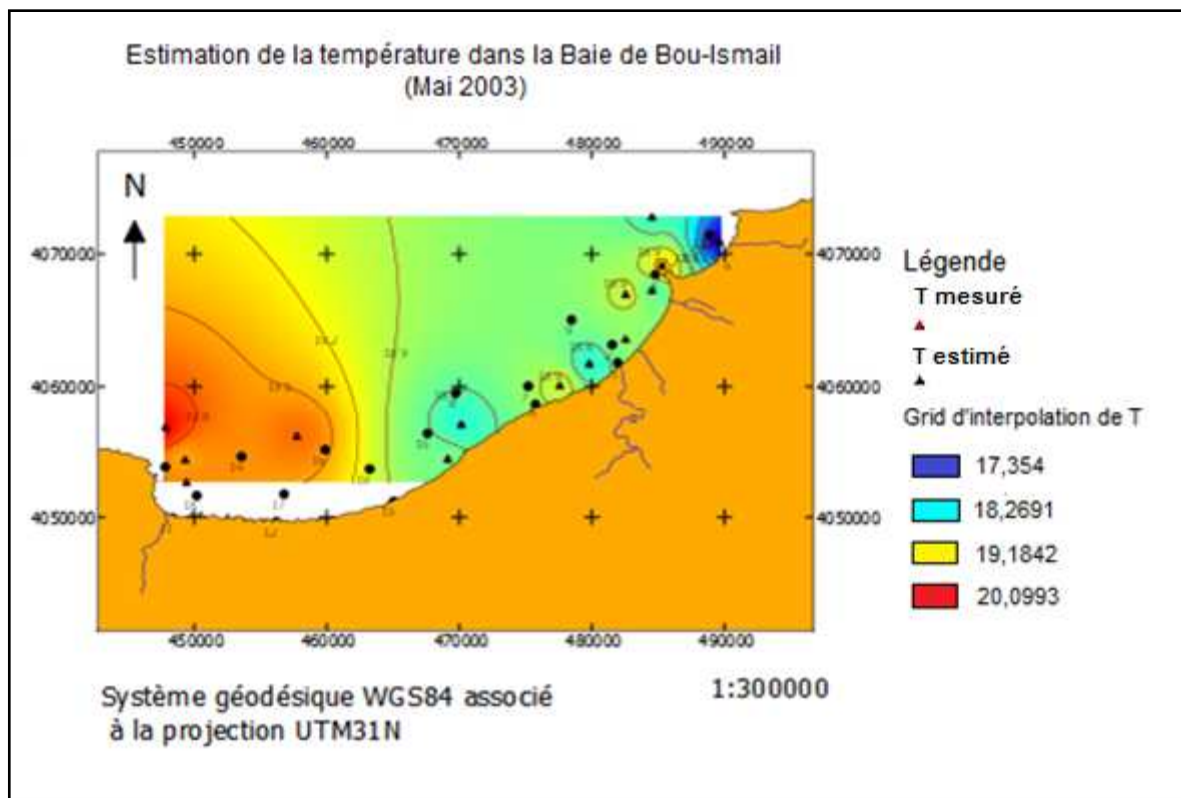


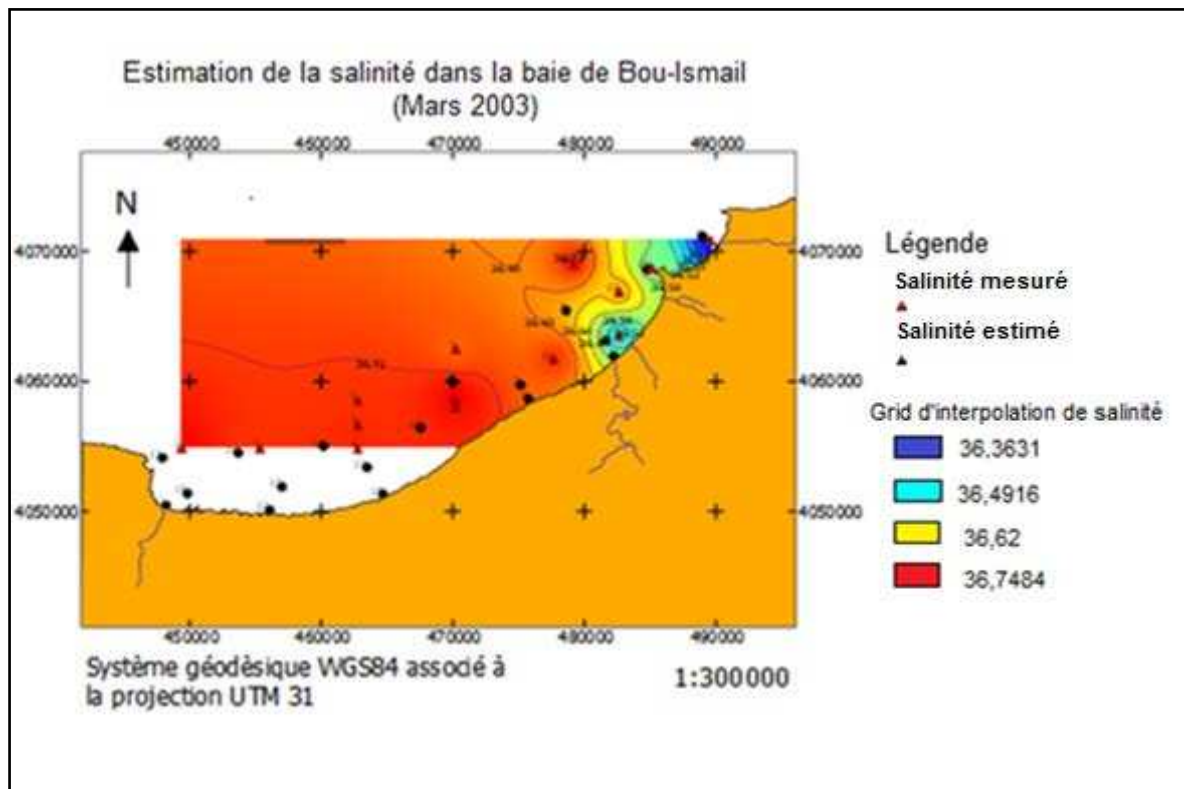
Figure IV.1 : Estimation de la température dans la Baie de Bou-Ismaïl (Mars 2003).



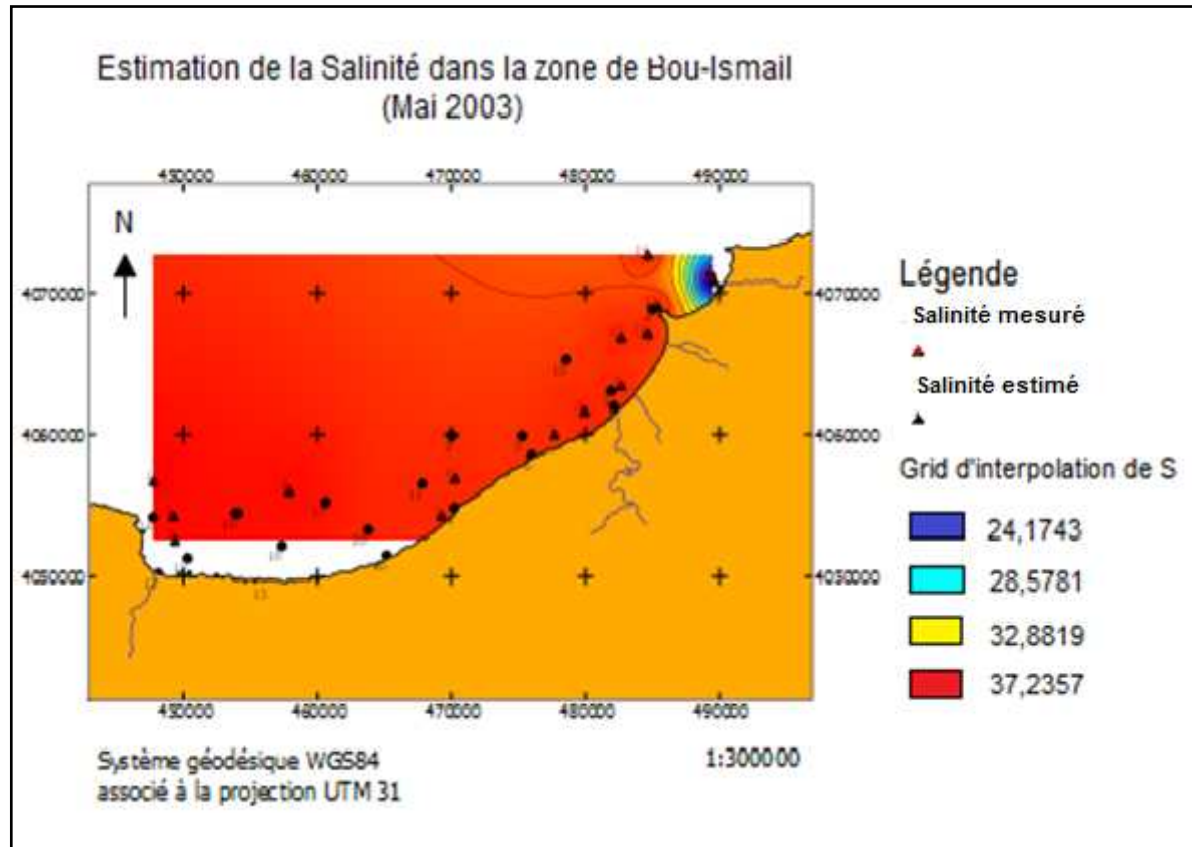
**Figure IV.2 :** Estimation de la température dans la Baie de Bou-Ismaïl (Mai 2003).

## 1.2. La Salinité

En Mars 2003, les valeurs de la salinité varient entre 36,36PSU et 36,82PSU. Nous constatons que les valeurs semblent être très homogènes sur l'ensemble de la côte. Par contre en Mai 2003, les Valeurs de la salinité sont comprises entre 23,73PSU et 37,23PSU. Ces variations semblent être liées au rejet d'Oued Mazafran pour la diminution de la salinité (apport d'eau douce). Les eaux les plus salées seraient liées aux activités de Bou-Ismaïl et Bouharoun.



**Figure IV.2 :** Estimation de la Salinité dans la Baie de Bou-Ismaïl (Mars 2003).

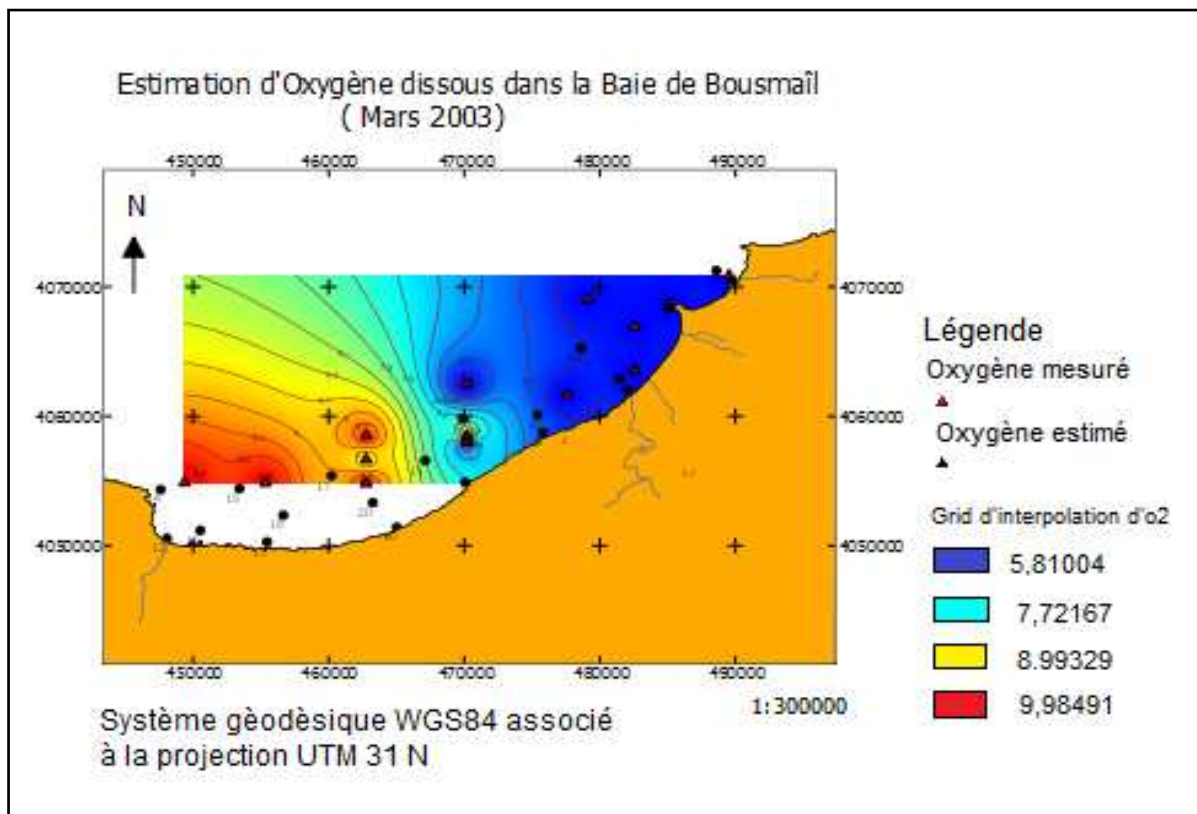


**Figure IV.4 :** Estimation de la salinité dans la Baie de Bou-Ismaïl (Mai 2003).

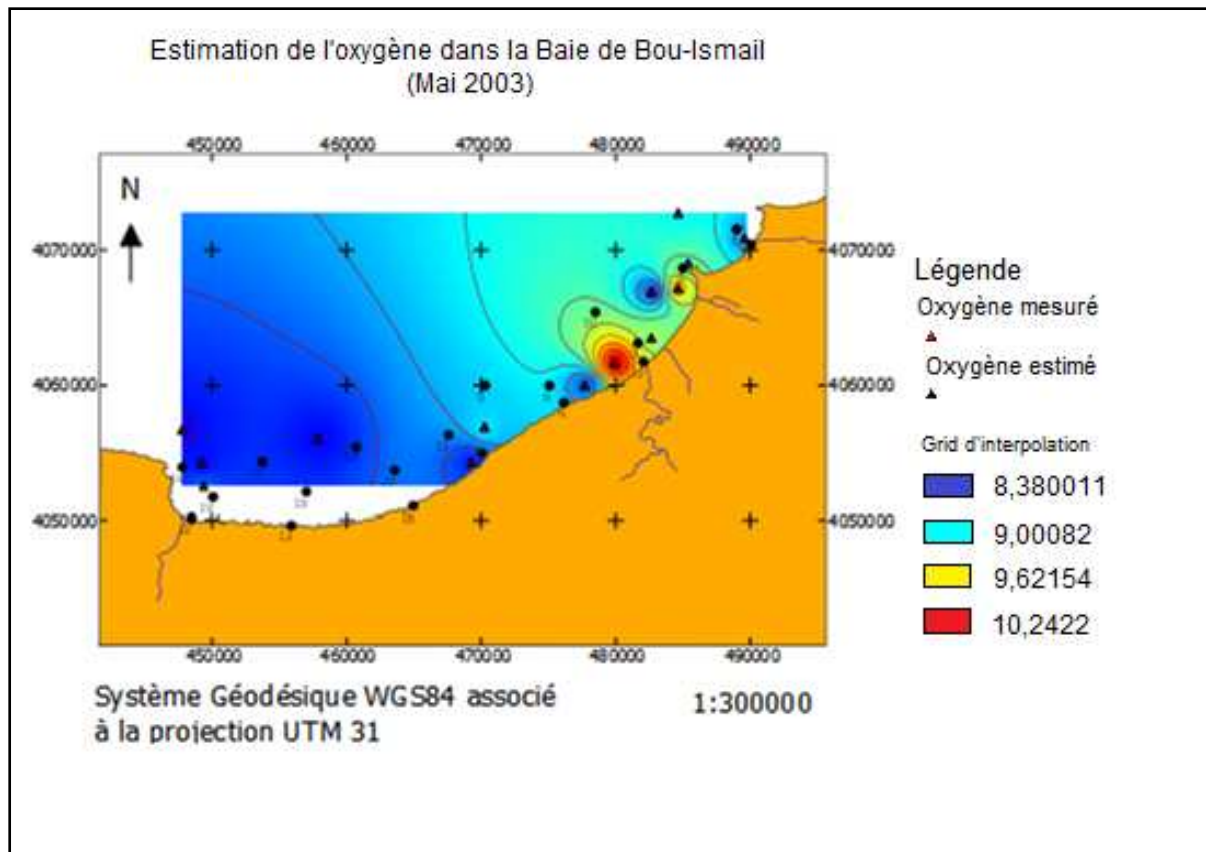
### 1.3. L'Oxygène dissous

En Mars 2003 les teneurs en oxygène dissous varient entre 5,81mg/l et 10 mg/l. La concentration la plus élevée se trouve en face Oued Nador au niveau des stations (15,17). Elle montre un gradient décroissant en allant de côté Est vers le côté Ouest de la zone où présente des teneurs très faibles au niveau des stations (2, 3, 4, 5,7).

En revanche en Mai 2003, les teneurs en oxygène dissous varient entre 8,38mg/l et 10,31mg/l. Les valeurs semblent être très homogènes sauf au niveau du port de Sidi fredj et près de l'ouvrage de protection de Bou-Ismaïl et de Fouka marine. Cette distribution est peut être due à l'activité biologique.



**Figure IV.5** : Estimation d'oxygène dissous dans la Baie de Bou-Ismaïl (Mars 2003).



**Figure IV.6 :** Estimation d'oxygène dans la Baie de Bou-Ismaïl (Mai 2003).

#### 1.4. Le PH

En Mars 2003, les valeurs de PH sont comprises entre 8,22 et 8,27. Les valeurs de PH semblent totalement homogènes dans toute la Baie, alors qu'en Mai 2003 le PH varie entre 8,08 et 9,01.

Ces valeurs sont très comparables à la valeur moyenne du pH de l'eau de mer. La valeur minimale est relevée près de l'embouchure de l'Oued Nador, elle peut être considérée comme faible pour ce site et, ainsi, elle est affectée par les eaux continentales (Eaux pluviales, rejets urbains,...).

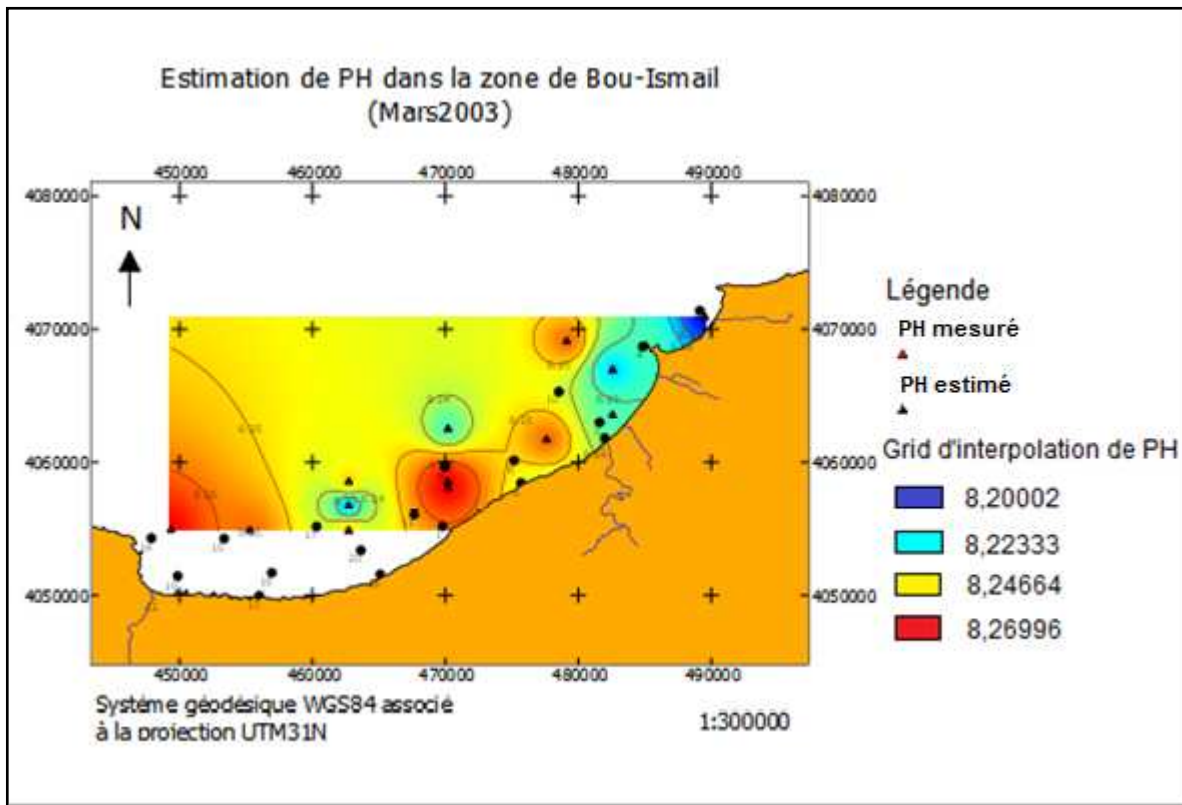


Figure IV.7 : Estimation de pH dans la zone de Bou-Ismaïl (Mars 2003).

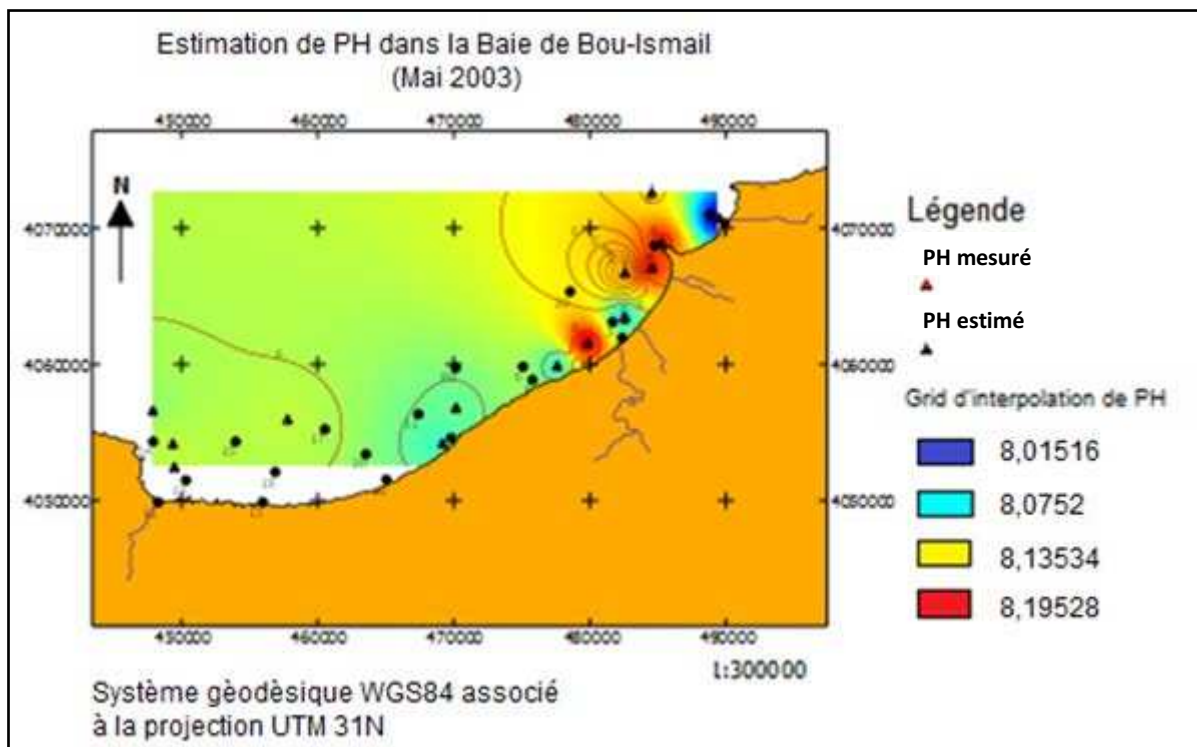


Figure IV.8 : Estimation de pH dans la zone de Bou-Ismaïl (Mars 2003).

## 2. Analyse spatiotemporelle des indicateurs de pollution dans la Baie de Bou-Ismaïl

Les données acquises lors des deux campagnes en mer (baie de Bou-Ismaïl) sont résumées dans le tableau suivant, sous forme de valeurs moyennes, extrêmes et Ecart-type.

**Tableau 13 : Résultats des statistiques descriptives des paramètres de pollution (Mars 2003, Mai 2003).**

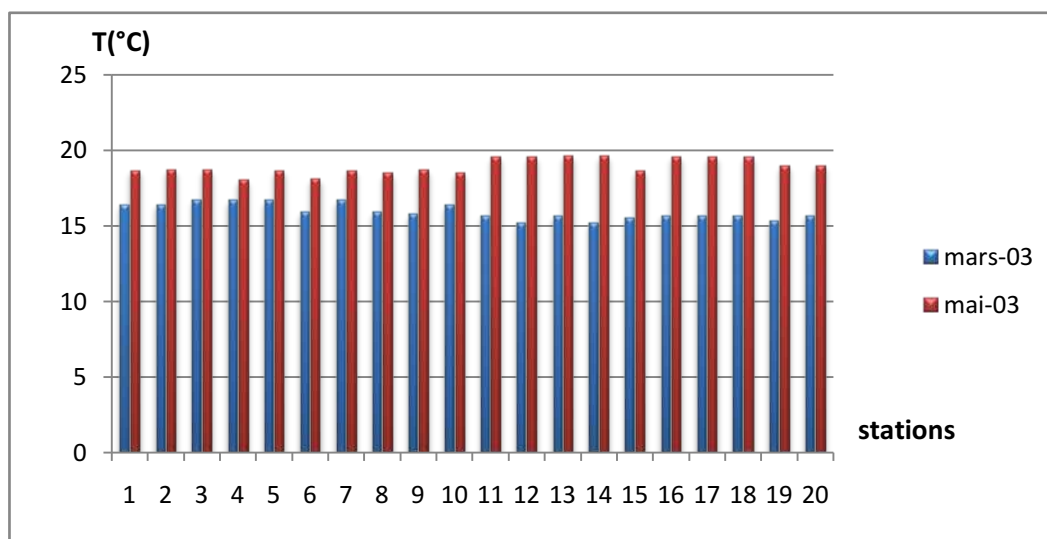
Mars 2003	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
T (°C)	16,13	15,5	17,1	0,61
S (PSU)	36,67	36,36	36,82	0,29
O2 (mg/l)	8,87	5,81	10	1,023
PH	8,24	8,22	8,27	0,127
Mai 2003	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type
T (°C)	18,93	17,3	20,1	0,74
S (PSU)	35,83	23,73	37,23	1,29
O2 (mg/l)	8,90	8,38	10,31	0,66
PH	8,19	8,08	9,01	0,34

### 2.1. La température

Pour l'étude de Mars 2003, les valeurs de Température au niveau de la Baie de Bou-Ismaïl sont comprises entre 15,5°C et 17,1°C et avec une Température moyenne de 16,13°C et un écart-type de 0,61. La valeur maximale est enregistrée à Sidi Fredj (S3) plus chargée alors que la valeur minimale est située au large de Bou-Ismaïl (S9), alors qu'en Mai 2003 nous avons enregistré des valeurs comprises entre 17,3 et 20,1 avec une moyenne de 18,93 et un Ecart-type de 0,74.

Cette différence peut être expliquée par :

- l'influence des facteurs météorologiques et hydrodynamiques que subissent les eaux superficielles dans la période d'échantillonnage ;
- les facteurs météorologiques et hydrodynamiques ;
- le mélange avec les eaux légèrement chaudes de la baie ;
- le mélange avec les eaux d'origine continentale ;
- le contact avec l'atmosphère.



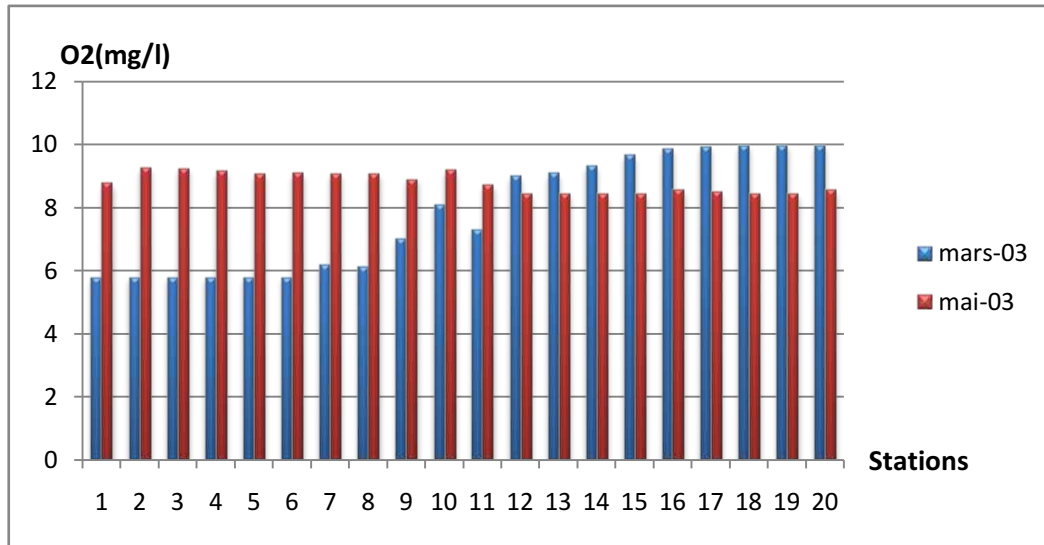
**Figure IV.9:** Histogrammes de variation temporelle de la Température dans la Baie de Bou-Ismail (Mars 2003, Mai 2003)

## 2.2. L'Oxygène dissous

Pour l'étude de Mars 2003, les teneurs en Oxygène dissous dans la Baie de Bou-Ismail sont comprises entre 5,81 mg/l et 10 mg/l et avec une teneur moyenne de 8,87 mg/l et un écart-type de 1,023. La valeur maximale est enregistrée au niveau de Chenoua (S15) ainsi que les stations avoisinantes alors que la seule teneur minimale 5,81 mg/l est située au large de Bou-Ismail (S2, S3), cependant en Mai 2003, les teneurs de l'oxygène dissous dans la baie de Bou-Ismail se situent entre 8,38 mg/l et 10,31 mg/l, avec une valeur moyenne de 8,90 mg/l et un écart-type de 0,66.

La teneur maximale a été enregistrée au niveau de Douaouda marine (S2, S3) ceci serait dû à l'agitation des eaux causées par les vents et l'hydrodynamisme qui caractérise cette région et la teneur minimale a été enregistrée au niveau de Chenoua (S14).

Les variations de la teneur en oxygène dissous peuvent dépendre de la présence de végétaux, matière organique oxydable et germes aérobies ... .



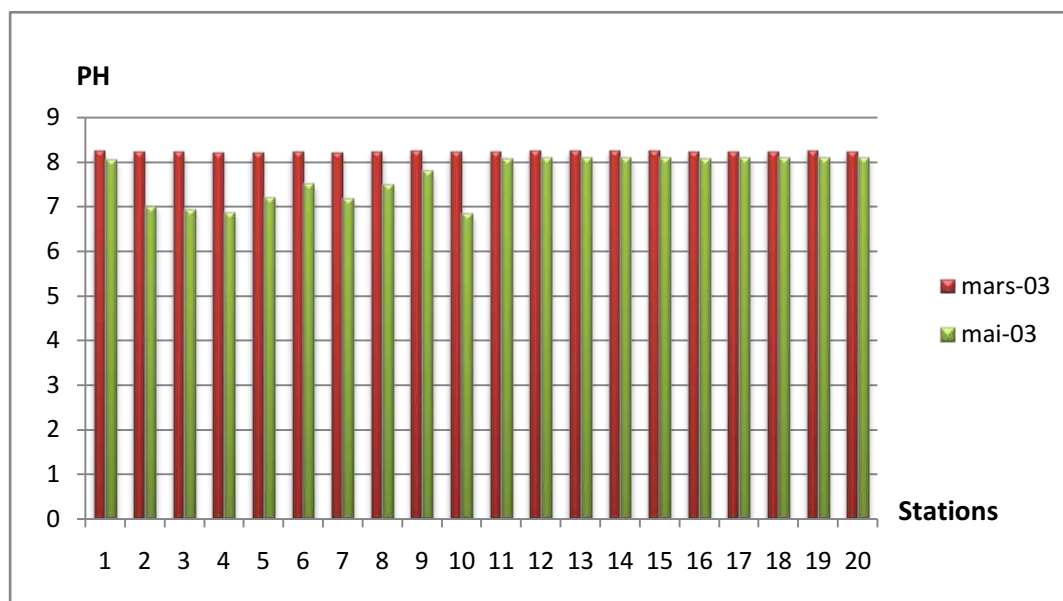
**Figure IV.10:** Variation temporelle de l'oxygène dissous dans la Baie de Bou-Ismaïl (Mars 2003, Mai 2003)

### 2.3. Potentiel d'hydrogène (PH)

Les valeurs du PH sont comprises entre 8,22 et 8,27 avec une moyenne de 8,24 et un écart-type de 0,127. Les valeurs du PH sont pratiquement homogènes dans l'ensemble des stations. La valeur la plus élevée est observée à Chenoua (S14) et à Bou-Ismaïl (S9 et 10), alors que les plus faibles sont enregistrées à Kef-el Hamouche et au large de l'oued Mazafran (S2, S3) valeurs liées au fort hydrodynamisme.

Pour l'étude de Mai 2003, l'intervalle compris entre 8,08 et 9,01 avec une moyenne de 8,19 et un écart-type de 0,34.

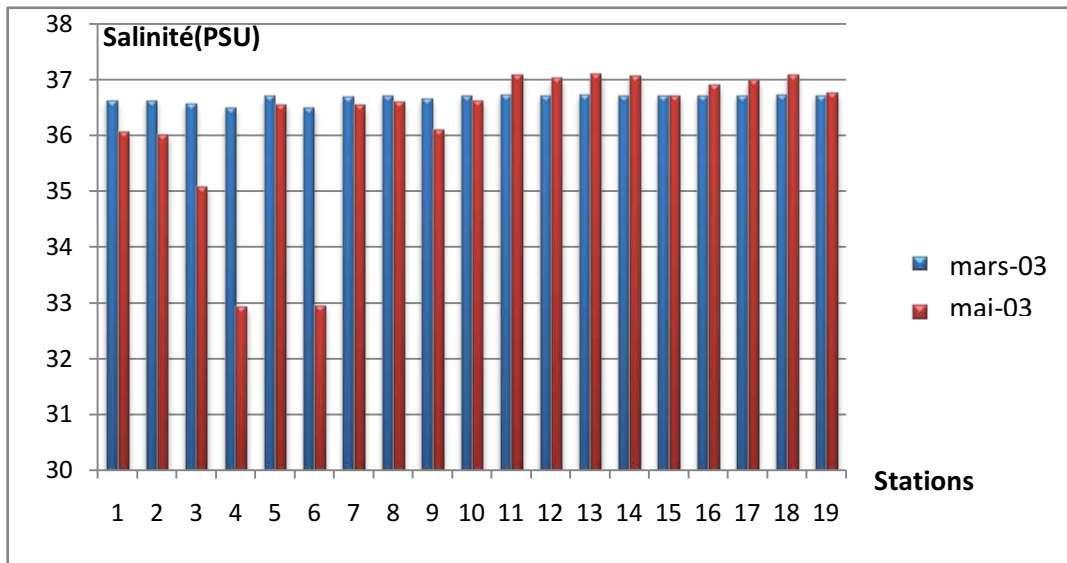
La forte valeur de PH est de 9,01 enregistrée au niveau de l'embouchure de Beni Messous (S7, S5) peut être expliquée par les rejets et le fort débit en eau douce due à la pluie précédent la période d'échantillonnage. La valeur la plus faible a été enregistrée à l'embouchure d'Oued de Mazafran (S2, S3).



**Figure IV.11:** Variation temporelle du PH dans la Baie de Bou-Ismaïl (Mars 2003, Mai 2003)

#### 2.4. La Salinité

Pour l'étude de Mars 2003, les valeurs de salinité dans la Baie de Bou-Ismaïl sont comprises entre 36,36 PSU et 36,82 PSU avec une moyenne de 36,67 PSU et un écart-type de 0,29. La valeur maximale est enregistrée au niveau de Fouka marine alors que la plus faible est située près d'oued de Beni Messous. En revanche en Mai 2003, les valeurs de la salinité varient entre 23,73 PSU et 37,23 PSU avec une moyenne de 35,83 PSU et un écart-type de 1,29. La valeur maximale est enregistrée au niveau de la station de Kef-El-Hamouche qui sensiblement la plus élevée que les autres stations et la minimale est de 23,37 PSU est enregistrée près de oued de Beni Messous. La teneur maximale a été enregistrée au niveau de Douaouda marine ceci serait due à l'agitation des eaux causées par les vents et au fort hydrodynamisme qui caractérise cette région. La teneur minimale a été enregistrée au niveau de Chenoua.



**Figure IV.3:** Variation temporelle de la salinité dans la Baie de Bou-Ismaïl (Mars 2003, Mai 2003)

# **Conclusion**

L'objectif de notre projet est la mise en œuvre d'un SIG pour la cartographie des paramètres de pollution marine dans la baie de Bou-Ismaïl.

Pour atteindre cet objectif, nous avons proposé une méthodologie basée sur les étapes classiques de l'élaboration d'un SIG, à savoir l'étude de l'existant, l'acquisition des données de quelques paramètres physico-chimiques (température, salinité, PH, oxygène dissous) issues de deux campagnes en mer (mars et mai 2003) et la structuration de ces données dans une forme appropriée. Ceci étant fait, nous avons exploité des outils de géotraitement tels que l'interpolation spatiale, la génération de lignes d'iso-valeurs et ce, à des fins d'analyse et de production de nouvelles couches géospatiales utiles à la production cartographique, objet du présent mémoire. Les cartes obtenues ont l'avantage d'être numériques, dynamiques et évolutives.

Par ailleurs, nous avons ramené les valeurs estimées, de chaque indicateur pour chaque année, contenues dans les grids à une même configuration de stations choisies de façon à couvrir régulièrement et suffisamment la zone d'étude permettant ainsi de faire une analyse spatiotemporelle des paramètres de pollution.

En effet, l'analyse diachronique a été rendue facile grâce à la base de données SIG mise en œuvre, les résultats sont vite obtenus et l'interprétation est immédiate.

En perspective, nous recommandons l'utilisation des SIG dans des études qui concernent d'autres thèmes d'applications sur d'autres régions de la côte algérienne.

## Références bibliographiques

**Aminot et Chaussepied, 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin .Ed. CNEXO, Paris. 395p.

**Aminot et Kérouel, 2004.** Hydrologie des écosystèmes marins : Paramètres et analyses. Ed. Ifremer, France. 336p.

**Errahmani, T, 2008.** Etude de la pollution et de la géochimie par les métaux traces et les radioéléments dans les sédiments de la baie d'Alger.

**Galaf et Ghannam, 2003.** Contribution à l'élaboration d'un manuel et d'un site web sur la pollution du milieu marin. *Mémoire de troisième cycle. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II Rabat.* 101p.

**Le Pimpec P, et al, 2002.** Guide pratique de l'agent préleveur : chargé de la police des milieux aquatiques. Ed Maurice Merlin. 159p.

**Le Pimpec P, et al, 2002.** Guide pratique de l'agent préleveur : chargé de la police des milieux aquatiques. Ed Maurice Merlin. 159p.

**Le Pimpec P., et al, 2002,** Guide pratique de l'agent préleveur : chargé de la police des milieux aquatiques. Ed Maurice Merlin. 159p.

**Pitney Bowes Software Inc., 2009,** Vertical Mapper Version 3.7 USER GUIDE (Rodier et al. 2005). L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et l'eau de mer. 8ème Ed. Dunod, Paris. 1383p.

**Ferrandis E, Hernandez P, Gil De Sola L. and Liris D, 2000.** The use of GIS in the research of Mediterranean demersal resources. An itinerary from data to maps. Towards the use of Geographic Information Systems. as a Decision Support Tool for the Management of Mediterranean Fisheries. *Informations et Etudes COPEMED.*

**Gaujous D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aide mémoire .Ed. Technique et Document, Paris. 220 p.

**Gilliot J-M, 2000.** Introduction aux SIG Système et information géographique.

**Hammoum & Bouzida, 2010.** Pratique des systèmes d'information géographique (SIG).

**Journal officiel** n°30, arrêté du 25 février 2003.

**LEFEBVRE G, 1978.** Chimie des hydrocarbures. Ed. TCHNIP, Paris : 284 p.

**Sites :**

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Base\\_de\\_donn%C3%A9es](http://fr.wikipedia.org/wiki/Base_de_donn%C3%A9es)

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Quantum\\_GIS](http://fr.wikipedia.org/wiki/Quantum_GIS)

<http://www.adproxima.fr/glossaire-208-base-donnees.html>

<http://www.adproxima.fr/glossaire-208-base-donnees.html#ixzz2T6woBWx0>

## Mars 2003 (campagne 1)

<b>stations</b>	<b>Emplacement de la station</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
1	Kef-el-hammouch	36°38' 75	2°25' 00
2	Baie de Chenoua	36°37' 75	2°26' 00
3	Tipaza	36°37' 75	2°30' 00
4	Bou-Ismaïl	36°38' 15	2°35' 00
5	Large de Bou-Ismaïl	36°39' 75	2°35' 00
6	Bou-Ismaïl	36°39' 75	2°40' 00
7	Large de fouka marine	36°40' 00	2°40' 00
8	Large de fouka marine	36°42' 25	2°40' 00
9	Douaouda marine	36°38' 75	2°45' 00
10	Douaouda marine	36°41' 60	2°45' 00
11	Embouchure de l'oued Mazafran	36°43' 00	2°48' 20
12	Large de l'oued Mazafran	36°44' 50	2°47' 80
13	Plage ouest (centre thermale)	36°45' 50	2°50' 00
14	Plage Est (Moretti)	36°46' 00	2°46' 00
15	Embouchure de l'oued Béni messous	36°46' 60	2°53' 00

Tableau A1: résultat des paramètres physico chimique de la première campagne

<i>stations</i>	<i>T°C</i>	<i>O<sub>2</sub>(mg /l)</i>	<i>S%(PSU)</i>	<i>PH</i>	<i>MES (mg/l)</i>	<i>MO(g)</i>
<i>1</i>	<i>16</i>	<i>8,49</i>	<i>36,727</i>	<i>8,22</i>	<i>141,6</i>	<i>0,0856</i>
<i>2</i>	<i>15,19</i>	<i>10</i>	<i>36,747</i>	<i>8,27</i>	<i>149,6</i>	<i>0,0879</i>
<i>3</i>	<i>15,8</i>	<i>9,95</i>	<i>36,724</i>	<i>8,26</i>	<i>148,8</i>	<i>0,0831</i>
<i>4</i>	<i>15,7</i>	<i>9,65</i>	<i>36,731</i>	<i>8,25</i>	<i>149,6</i>	<i>0,0848</i>
<i>5</i>	<i>15,5</i>	<i>9,55</i>	<i>36,724</i>	<i>8,25</i>	<i>148</i>	<i>0,0846</i>
<i>6</i>	<i>15,8</i>	<i>8,65</i>	<i>36,755</i>	<i>8,27</i>	<i>134,4</i>	<i>0,0819</i>
<i>7</i>	<i>15,7</i>	<i>5,81</i>	<i>36,735</i>	<i>8,27</i>	<i>136</i>	<i>0,0813</i>
<i>8</i>	<i>16</i>	<i>-</i>	<i>36,7</i>	<i>8,23</i>	<i>149,6</i>	<i>0,0856</i>
<i>9</i>	<i>16,1</i>	<i>-</i>	<i>36,823</i>	<i>8,23</i>	<i>150,4</i>	<i>0,0831</i>
<i>10</i>	<i>16</i>	<i>-</i>	<i>36,72</i>	<i>8,26</i>	<i>157,6</i>	<i>0,0858</i>
<i>11</i>	<i>16,6</i>	<i>-</i>	<i>36,497</i>	<i>8,23</i>	<i>61,6</i>	<i>0,0851</i>
<i>12</i>	<i>16,3</i>	<i>-</i>	<i>36,656</i>	<i>8,22</i>	<i>152</i>	<i>0,0852</i>
<i>13</i>	<i>17,1</i>	<i>-</i>	<i>36,549</i>	<i>8,23</i>	<i>152</i>	<i>0,2896</i>
<i>14</i>	<i>16,8</i>	<i>-</i>	<i>36,727</i>	<i>8,26</i>	<i>216,8</i>	<i>0,0745</i>
<i>15</i>	<i>16,7</i>	<i>-</i>	<i>36,363</i>	<i>8,2</i>	<i>150,4</i>	<i>0,0805</i>

## Mai 2003 (Campagne 2)

Stations	Emplacement de la station	Latitude	longitude
1	Kef-el-hammouch	36°38' 75	2°25' 00
2	Embouchure de l'oued Nador	36°36' 60	2°26' 05
3	Baie de Chenoua	36°37' 55	2°26' 00
4	Large de Tipaza	36°38' 55	2°31' 40
5	Bouharoune	36°38' 00	2°38' 80
6	Bou-Ismaïl	36°39' 25	2°40' 00
7	Douaouda marine	36°41' 06	2°45' 00
8	Douaouda marine	36°42' 00	2°46' 30
9	Embouchure de l'oued Mazafran	36°43' 00	2°48' 20
10	Large de l'oued Mazafran	36°44' 50	2°47' 80
11	Plage ouest	36°44' 60	2°49' 40
12	Embouchure de l'oued Béni messous	36°46' 60	2°53' 00
13	Sidi Fredj (centre thalassothérapie)	36°46' 00	2°49' 70
14	Large de sidi Fredj	36°48' 00	2°49' 40

Tableau A2 : résultat des paramètres physico chimique de la deuxième campagne

Stations	T°C	O <sub>2</sub> (mg/l)	S%(PSU)	PH	MES (mg/l)	MO(g)
1	20,1	8,38	37,236	8,11	36,286	3,9
2	19,6	8,6	37,061	8,12	34	3,6
3	19,5	8,4	37,061	8,12	37,42	4
4	19,7	8,4	37,057	8,12	43,143	4,2
5	18,7	8,47	36,597	8,09	55,143	5,2
6	18,4	8,93	36,581	8,1	66,743	5,6
7	19,2	8,6	36,517	8,09	55,857	5,2
8	18,4	10,31	36,66	8,2	46,428	5,1
9	18,8	9,36	36,652	8,08	42,657	5,3
10	19	8,55	36,656	8,14	58,857	5,2
11	18,6	9,7	36,644	8,19	40,8	4,7
12	17,3	8,76	23,735	8,01	62,457	6,3
13	19,3	9,2	36,628	8,19	49,6	5,8
14	18,5	9	36,573	8,14	61,143	6,3