

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR 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 : AMENAGEMENT DU LITTORAL

Thème :

**Suivi des paramètres de pollution des eaux littorales de la Baie
de Bou-Ismaïl et impact des aménagements côtiers**

Présenté par:

**BOUHOUALI Sarah
GUERRA Yakoub**

Soutenu le 29/09/2016 devant le jury suivant :

Mme. MEHDID S.	M.C.A - ENSSMAL	Présidente
Mme. AL SID CHIKH S.	M.A.B - ENSSMAL	Promotrice
Mr. BELKESSA R.	Professeur-ENSSMAL	Co-Promoteur
Mr. OTMANI H.	M.A.B - ENSSMAL	Examinateur
Mr. BOUGHRIRA A.	M.A.B - ENSSMAL	Examinateur

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR 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 : AMENAGEMENT DU LITTORAL**

Thème :

**Suivi des paramètres de pollution des eaux littorales de la Baie
de Bou-Ismaïl et impact des aménagements côtiers**

Présenté par:

**BOUHOUALI Sarah
GUERRA Yakoub**

Soutenu le 29/09/2016 devant le jury suivant :

Mme. MEHDID S.	M.C.A - ENSSMAL	Présidente
Mme. AL SID CHIKH S.	M.A.B - ENSSMAL	Promotrice
Mr. BELKESSA R.	Professeur-ENSSMAL	Co-Promoteur
Mr. OTMANI H.	M.A.B - ENSSMAL	Examineur
Mr. BOUGHRIRA A.	M.A.B - ENSSMAL	Examineur

2015/2016

Remerciements

On adresse nos plus vifs remerciements à Madame MEHDID.S pour avoir accepté de juger ce travail. On tient également à remercier Messieurs, OTMANI.H et BOUGHRIRA.A pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce travail en acceptant de l'examiner. On souhaite témoigner toute nos gratitude à nos professeurs, Mme. AL SID CHIKH.S et Monsieur le Pr. BELKESSA.R pour avoir suivi l'avancement de ce travail.

Enfin, on témoigne également nos reconnaissances à nos parents (Arezki et Nassira, Ahmed et Khadidja), nos frères (Mohamed, Nassar, Khaled et Zino), et sœurs (Mina, Zineb, Nassira, Siham et Ikram) et nos amis qui ont été toujours présents pour nous et qui nous ont soutenus tout au long de ces années (Ghania et Amine).

Et pour finir, je voudrais remercier du fond du cœur « Yakoub » qui m'a toujours soutenu moralement, qui était très patient et compréhensive pendant les moments de stress (Sarah).

Sarah & Yakoub

Sommaire :

Remerciements	I
Liste des figures	II
Liste des tableaux	III
Liste des abréviations	IV

Introduction	(17)
--------------------	------

1^{ère} partie : Synthèse bibliographique

Chapitre 1 : Généralités

I. Présentation de la zone d'étude (20)

I.1. Situation géographique	(20)
-----------------------------------	------

I.2. Réseau hydrographique	(20)
----------------------------------	------

I.3. Bathymétrie	(21)
------------------------	------

I.4. Sédimentologie	(21)
---------------------------	------

I.5. Facteurs hydrodynamiques	(22)
-------------------------------------	------

I.5.1. Houle	(22)
--------------------	------

I.5.2. Courants généraux	(23)
--------------------------------	------

I.6. Morphologie côtière	(23)
--------------------------------	------

I.7. Géologie régionale	(24)
-------------------------------	------

II. La pollution marine (25)

II.1. Définition de la pollution marine	(25)
---	------

II.2. Les principaux types de pollution	(25)
---	------

II.2.1. Pollution chimique	(25)
----------------------------------	------

II.2.2. Pollution microbiologique	(25)
---	------

II.2.3. Pollution physique.....	(25)
---------------------------------	------

II.3. Sources de pollution	(25)
----------------------------------	------

II.3.1. Pollution urbaine	(26)
---------------------------------	------

II.3.2. Pollution industrielle	(26)
--------------------------------------	------

II.3.3. Pollution agricole	(26)
----------------------------------	------

II.4. Les paramètres physico-chimiques	(26)
--	------

II.4.1. La température	(26)
II.4.2. Le potentiel d'Hydrogène	(26)
II.4.3. L'Oxygène dissous	(27)
II.4.4. La salinité	(27)
II.5. Les paramètres indicateurs de pollution	(27)
II.5.1. Matières en suspension (MES) et turbidité	(27)
II.5.2. Matière organique (MO)	(27)
II.5.3. Les sels nutritifs	(28)
II.5.3.1. Les différentes formes des sels nutritifs	(28)
II.5.3.2. Origines des sels nutritifs	(28)
II.6. La pollution microbiologique	(28)
○ Les coliformes totaux	(29)
○ Les coliformes fécaux	(29)
○ Les streptocoques fécaux	(29)
II.7. La pollution par les hydrocarbures	(29)
II.7.1. Sources des hydrocarbures	(30)
II.8. Principales sources de pollution dans la baie de Bou-Ismaïl.....	(31)

2^{ème} partie : Etude expérimentale

Chapitre 2 : Matériel et méthodes

I. Campagnes de prélèvement	(33)
I.1. Choix et localisation des stations	(33)
I.2. Le matériel utilisé sur le terrain	(33)
I.3. Prélèvement et échantillonnage	(34)
I.3.1. Prélèvement d'eau de mer	(34)
I.3.2. Prélèvement d'eau de mer pour le dosage des hydrocarbures	(34)
I.3.3. Prélèvement des sédiments	(34)
I.4. Paramètres in-situ	(34)

II. Paramètres mesurés au laboratoire..... (35)

II.1. Matières en suspension (MES)	(35)
➤ Principe de la méthode	(35)
➤ Mode opératoire	(35)
II.2. Matière organique dans l'eau de mer (MO)	(36)
➤ Principe de la méthode	(36)
➤ Mode opératoire	(36)
II.3. Dosage des sels nutritifs	(36)
➤ Principe de dosage des sels nutritifs	(37)
➤ Analyse automatique des sels nutritifs	(37)
II.4. Analyse granulométrique	(38)
➤ Principe de la méthode	(38)
➤ Mode opératoire	(38)
a- Traitement des échantillons	(38)
b- Elimination de la fraction péltique	(38)
c- Tamisage	(39)
d- Présentation des résultats	(39)
e- Calcul des indices granulométrique	(39)
II.5. Analyse bactériologique	(40)
➤ Principe de la méthode de filtration sur membrane	(41)
➤ Mode opératoire.....	(41)
II.6. Analyse des hydrocarbures dans l'eau de mer	(41)
II.6.1. Extraction	(41)
II.6.2. Concentration	(42)
II.6.3. Purification et fractionnement.....	(42)
II.6.4. Analyse quantitative des hydrocarbures aromatiques polycycliques.....	(43)
a) Principe de la SFUV	(43)
b) Appareillage	(43)
c) Conditions opératoires	(43)

d) Etalonnage et préparation des standards	(43)
e) Mode de calcul des concentrations	(44)

Chapitre 3 : Résultats et Discussion

I. Variation des paramètres mesurés in-situ	(46)
I.1. La température	(46)
I.2. Le potentiel d'Hydrogène	(48)
I.3. L'Oxygène dissous	(50)
I.4. La salinité	(52)
II. Variation des paramètres mesurés au laboratoire	(54)
II.1. Les matières en suspension (MES)	(54)
II.2. La matière organique dans l'eau de mer (MO)	(56)
II.3. Variation des sels nutritifs	(58)
II.3.1. Variation des nitrites NO_2^-	(59)
II.3.2. Variation des nitrates NO_3^-	(61)
II.3.3. Variation des silicates SiO_2^-	(63)
II.3.4. Variations des Orthophosphates PO_4^{3-}	(65)
II.4. Résultats et interprétation de l'analyse granulométrique	(67)
II.4.1. La fraction péltique	(67)
II.4.2. La fraction grossière	(68)
II.4.2.1. Indice granulométrique	(68)
a. Le quartile inférieur (Q25)	(69)
b. La médiane (Q50)	(70)
c. Le quartile supérieur (Q75)	(71)
d. indice de classement (So)	(72)
e. Indice d'asymétrie (SK)	(72)
II.5. Résultats de l'analyse bactériologique	(73)

a) Les coliformes totaux	(73)
b) Les coliformes fécaux	(73)
c) Les streptocoques fécaux	(74)
II.6. Résultats d'analyse des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	(75)

Chapitre 4 : La pollution et les ouvrages côtiers de la Baie de Bou-Ismaïl

I. Les aménagements côtiers recensés : définitions (77)

I.1. Les épis	(77)
I.2. Les brise-lames	(78)
I.3. Les ports	(78)
I.4. Les fronts de mer et plages artificielles	(80)

II. Les aménagements côtiers recensés : illustration par secteur d'étude.(81)

II.1. El Djamila	(81)
II.2. Béni Messous	(82)
II.3. Sidi Fredj	(83)
II.4. Zéralda	(85)
II.5 Bou-Ismaïl	(86)
II.6 Khemisti	(87)
II.7 Bou Haroun	(88)
II.8 Tipaza	(89)
II.9 Chenoua	(89)

III. Explication du lien entre la pollution et le type d'aménagement..... (90)

Conclusion	(93)
Bibliographie	(95)
Annexes	(100)

Liste des figures

Figure (1) : Situation géographique de la baie de Bou-Ismaïl	(20)
Figure (2) : Bathymétrie de la baie de Bou-Ismaïl	(21)
Figure (3) : Carte sédimentaire de la baie de Bou-Ismaïl	(22)
Figure (4) : Morphologie côtière de la baie de Bou-Ismaïl	(23)
Figure (5) : Coupe stratigraphique synthétique du tyrrhénien dans la baie de Bou-Ismaïl	(24)
Figure (6) : Exemples de pollution par des rejets urbains au niveau de la baie de Bou-Ismaïl	(31)
Figure (7) : Positionnement des stations de prélèvement des eaux et des sédiments superficiels dans la baie de Bou-Ismaïl.....	(33)
Figure (8) : L'Auto Analyser San Plus « SKALAR »	(36)
Figure (9) : Droite d'étalonnage pour le dosage des HPA par SFUV	(44)
Figure (10) : Variations de la température (°C) dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl	(46)
Figure (11) : Distribution de la température dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016)	(47)
Figure (12) : Distribution de la température dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016)	(47)
Figure (13) : Variations du pH dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl.....	(48)
Figure (14) : Distribution du pH dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016)	(49)
Figure (15) : Distribution du pH dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016)	(49)
Figure (16): Variations de l'oxygène dissous (mg/l) dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl	(50)
Figure (17) : Distribution de l'oxygène dissous dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016)	(51)
Figure (18) : Distribution de l'oxygène dissous dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016)	(51)
Figure (19) : Variations de la salinité (PSU) dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl	(52)

Liste des figures

- Figure (20) :** Distribution de la salinité dans les eaux de surface du littoral de la Baie de Bou-Ismaïl (février 2016) (53)
- Figure (21) :** Distribution de la salinité dans les eaux de surface du littoral de la Baie de Bou-Ismaïl (mai 2016) (53)
- Figure (22) :** Variations de la matière en suspension dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl (54)
- Figure (23) :** Distribution des MES dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016) (55)
- Figure (24) :** Distribution des MES dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016) (55)
- Figure (25) :** Variations de la matière organique dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl (56)
- Figure (26) :** Distribution des matières organiques dans les eaux de surfaces du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016) (57)
- Figure (27):** Distribution des matières organiques dans les eaux de surfaces du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016) (57)
- Figure (28):** Variations des nitrites ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface de la baie Bou-Ismaïl (59)
- Figure (29) :** Distribution des nitrites ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface du littoral de la baie Bou-Ismaïl (février 2016) (60)
- Figure (30) :** Distribution des nitrites ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface du littoral de la baie Bou-Ismaïl (mai 2016) (60)
- Figure (31) :** Variations des nitrates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl (61)
- Figure (32):** Distribution des nitrates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface du littoral de la baie Bou-Ismaïl (février 2016) (62)
- Figure (33):** Distribution des nitrates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface du littoral de la baie Bou-Ismaïl (mai 2016) (62)
- Figure (34):** Variations des silicates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl (63)
- Figure (35) :** Distribution des silicates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface du littoral de la baie Bou-Ismaïl (février 2016) (64)
- Figure (36):** Distribution des silicates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface du littoral de la baie Bou-Ismaïl (mai 2016) (64)

Liste des figures

Figure (37) : Variations des orthophosphates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl	(65)
Figure (38): Distribution des Orthophosphates dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016)	(66)
Figure (39): Distribution des Orthophosphates dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016)	(66)
Figure (40) : Variation des taux de pélite (%) dans les sédiments du trait de côte de la baie de Bou-Ismaïl	(67)
Figure (41) : Distribution de la fraction pélitique dans les sédiments du trait de côte de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016)	(68)
Figure (42) : Distribution de la fraction pélitique dans les sédiments du trait de côte de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016)	(68)
Figure (43): Distribution du quartile inférieur sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016)	(69)
Figure (44): Distribution du quartile inférieur sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016)	(69)
Figure (45): Distribution de la médiane dans le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016)	(70)
Figure (46): Distribution de la médiane dans le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016)	(70)
Figure (47): Distribution du quartile supérieur dans le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016)	(71)
Figure (48) : Distribution du quartile supérieur dans le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016)	(71)
Figure (49): Répartition de l'indice de classement (S_o)	(72)
Figure (50): Répartition de l'indice d'asymétrie (S_K)	(72)
Figure (51) : Concentrations des coliformes totaux dans les eaux de la surface de la baie de Bou-Ismaïl (2 ^{ème} campagne)	(73)
Figure (52) : Concentration des coliformes fécaux dans les eaux de la baie de Bou-Ismaïl (2 ^{ème} campagne)	(74)
Figure (53) : Concentration des streptocoques fécaux dans les eaux de la baie de Bou-Ismaïl (2 ^{ème} campagne)	(74)

Liste des figures

Figure (54) : Concentrations des HPA dans les eaux côtières d'Azur et de Beni Messous dans la baie de Bou-Ismaïl.....	(75)
Figure (55) : L'impact d'un épi sur le littoral	(77)
Figure (56) : Fonctionnement des brise-lames	(78)
Figure (57) : Les infrastructures littorales de la baie de Bou-Ismaïl.....	(81)
Figure (58) : Port d'El Djamila (Schéma général).....	(81)
Figure (59) : Plage artificielle (vue en plan de la plage artificielle)	(82)
Figure (60) : Embouchure de l'oued Béni Messous	(83)
Figure (61) : Ouvrages de la plage Est de Sidi Fredj	(83)
Figure (62) : Les ouvrages côtiers de la partie Ouest de Sidi Fredj	(84)
Figure (63) : Port de Sidi Fredj	(84)
Figure (64) : Complexe touristique plage Est	(84)
Figure (65) : Construction d'un parc de jeux gonflables sur la dune de la plage Est.....	(85)
Figure (66) : Forte érosion à la plage Ouest	(85)
Figure (67) : Rejet de la station de dessalement	(86)
Figure (68) : Travaux pour construction de nouveaux épis au niveau d'Azur	(86)
Figure (69) : Ouvrage de protection du Front de mer Ouest de Bou-Ismaïl	(87)
Figure (70) : Ouvrages de protection de Bou-Ismaïl (front de mer)	(87)
Figure (71) : Schéma général du port de Khemisti	(88)
Figure (72) : Port de Bou Haroun (Schéma général).....	(88)
Figure (73) : Port de Tipaza (Schéma général)	(89)
Figure (74) : Complexe touristique de Chenoua	(90)
Figure (75) : Embouchure de l'oued Nador	(90)

Liste des tableaux

Tableau (1) : Débit des rejets d'eaux usées dans la baie de Bou-Ismaïl	(31)
Tableau (2) : Classification des grains de sable	(40)
Tableau (3) : Concentrations des standards d'étalonnage (Chrysène).....	(43)
Tableau (4) : Tableau comparatif des températures obtenues dans les quatre dernières années.....	(48)
Tableau (5) : Tableau comparatif des pH obtenus dans les quatre dernières années	(50)
Tableau (6) : Tableau comparatif des taux d'oxygène obtenus dans les trois dernières années.....	(52)
Tableau (7) : Tableau comparatif des valeurs de salinité obtenues dans les quatre dernières années	(54)
Tableau (8): Tableau comparatif des concentrations en MES obtenues dans les quatre dernières années.....	(56)
Tableau (9): Tableau comparatif des concentrations en MO obtenues dans les études antérieures.....	(58)
Tableau (10): Valeurs extrêmes et moyennes et l'écart type des sels nutritifs des eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl (1 ^{ère} campagne)	(58)
Tableau (11): Valeurs extrêmes et moyennes et l'écart type des sels nutritifs des eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl (2 ^{ème} campagne)	(58)
Tableau (12) : Tableau comparatif des sels nutritifs obtenus dans les années précédentes.....	(67)
Tableau (13) : Concentrations des échantillons étudiés en hydrocarbures	(75)
Tableau (14) : Tableau comparatif des concentrations obtenues dans les quatre dernières années.....	(75)

Liste des abréviations

ANRH : Agence Nationale des **R**essources **H**ydrauliques.

CF : Coliformes **F**écaux.

CNEXO : Centre National pour l'Exploitation des **O**céans.

COI : Commission **O**céanographique **I**ntergouvernementale.

CT : Coliformes **T**otaux.

D.O : **D**ensité **O**ptique.

DTP : **D**irection de **T**ravaux **P**ublique.

GESAMP: **G**roup of **E**xperts on the **S**cientific **A**spect of **M**arine **P**ollution.

HAP: **H**ydrocarbures **A**romatiques **P**olycycliques.

LEM : **L**aboratoire d'**E**tudes **M**aritimes.

MES : **M**atière **E**n **S**uspension.

MO : **M**atière **O**rganique.

pH : **P**otentiel d'**H**ydrogène.

PSU : **P**ractical **S**alinity **U**nit.

SFUV : **S**pectrofluorimétrie **u**ltrat-violet.

U.A : **U**nité **A**rbitraire.

UNEP: **U**nited **N**ations **E**nvironment **P**rogram.

Introduction

Introduction

Les zones côtières représentent un enjeu considérable en termes de développement socioéconomique et cela depuis l'avènement de l'ère industrielle, ce sont des espaces fragiles et très vulnérables.

La pollution est le danger le plus prononcé qui pèse sur le milieu marin, englobant la pollution de l'eau, mais aussi celle des sédiments marins, et plus généralement toutes les atteintes aux écosystèmes marins causées par des rejets de substances nuisibles par leur impacts, quelles que soient leur nature ou quantité.

La pollution marine résulte de la présence dans la mer de quantités excessives de produits toxiques qui sont des altéragènes biologiques, physiques ou chimiques rejetés dans l'environnement par les activités humaines.

Selon le PNUE (Programme des Nations unies pour l'environnement, 2010), 80 % environ des pollutions marines sont d'origine terrestre et anthropique (produites par les activités humaines).

Cette pollution arrive dans le milieu marin via le ruissellement et les cours d'eau, ou est apportée par les vents et les pluies, ou provient de produits et objets volontairement ou accidentellement rejetés à la mer. Cela fait des dégâts au niveau de la faune et la flore marine, mais aussi aux niveaux des plages.

La mer méditerranée est soumise à un problème grave de pollution du a l'accroissement des apports anthropogéniques côtiers de ses pays riverains en voie d'industrialisation, la civilisation moderne et l'activité de l'Homme sont indéniablement les causes principales de la contamination de l'hydrosphère (**Salomon, 2003**).

Le littoral algérien connaît des agressions polluantes qui contribuent à dégrader toujours un peu plus son fragile écosystème qui sert de réceptacle aux nombreuses ordures et aux très nombreux rejets d'hydrocarbures, résultats d'opérations intempestives de dégazage d'entreprises par des navires croisant au large des côtes algériennes.

Par ailleurs, les différents aménagements qui ont été fait au niveau des plages et la surexploitation non surveillée de la ressource de sable, ont rendu très vulnérable l'espace côtier.

La baie de Bou-Ismaïl en Algérie en est un exemple très intéressant, témoignant d'un niveau de pollution et de vulnérabilité assez avancé. Afin de préserver son environnement, il est nécessaire de surveiller et d'estimer le taux d'évolution et de dégradation de ses côtes.

Dans cet objectif, nous avons réalisés des prélèvements et des analyses de l'eau de mer et des sédiments, et ce pour deux saisons différentes. La mesure d'un bon nombre de paramètres avait pour objectif principal d'évaluer l'influence des apports continentaux sur le milieu marin, observer la contamination chimique et biologique, vérifier les indicateurs de pollution marine en lien avec les infrastructures littorales repérées le long des côtes de la baie de Bou-Ismaïl.

La présente étude est divisée en 4 parties :

Le premier chapitre est consacré aux généralités, (la présentation de la zone d'étude et la pollution marine).

Le deuxième chapitre traite les moyens et matériels utilisés en mer et au laboratoire, ainsi que les méthodes appliquées pour les différentes analyses.

Le troisième chapitre est consacré aux résultats et interprétations des analyses bactériologiques, des paramètres physico-chimiques, sédimentologiques et de la pollution par les hydrocarbures poly-aromatiques.

Le quatrième chapitre est destiné à la recherche du lien entre la pollution et les ouvrages côtiers de la baie de Bou-Ismaïl.

Généralités

I. Présentation de la zone d'étude

I.1 Situation géographique

Notre zone d'étude correspond à la baie de Bou-Ismaïl (ex : Golfe de Castiglione) située à l'Ouest d'Alger, elle s'étend du promontoire de Ras-Acrata à l'Est ($2^{\circ} 55'E$) jusqu'au cap du Mont Chenoua à l'Ouest ($2^{\circ} 25'E$) (Figure 1) avec une superficie de 350 Km^2 et une ouverture de l'ordre de 47 Km orientée du Sud- Ouest au Nord- Est.

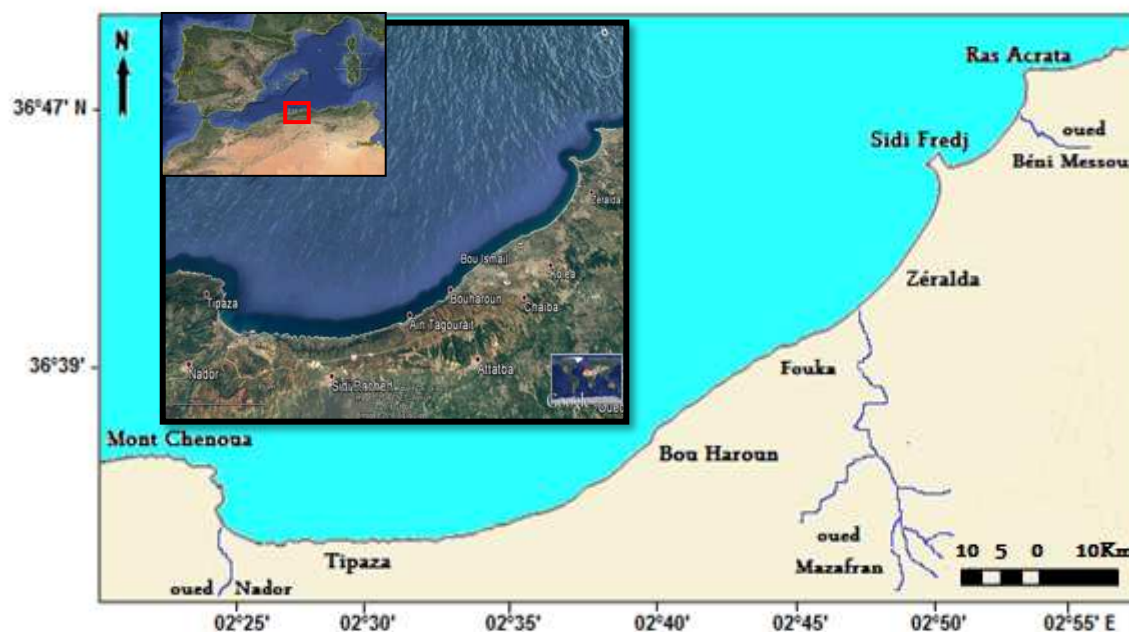


Figure (1): Situation géographique de la baie de Bou-Ismaïl (Google Earth, 2016).

I.2 Réseau hydrographique

Les trois principaux Oueds qui se jettent dans la baie de Bou-Ismaïl (Figure 1) sont :

L'oued Mazafran : C'est le plus important des oueds qui débouchent dans la baie. Se situe à l'Ouest de Sidi Fredj. Son débit est estimé à environ $7,566 \text{ m}^3/\text{s}$ ($43.8 \text{ millions m}^3/\text{an}$), pendant la période de Décembre à Avril. Il possède un bassin versant de 1850 km^2 (Benzohra, 1993).

L'oued Nador : Situé dans la partie occidentale de la baie entre Tipaza et le Mont Chenoua, son étendue est de 300 Km^2 avec un débit de $0.89 \text{ m}^3/\text{s}$ ($28 \text{ millions m}^3/\text{an}$), il regroupe les oueds Bou Yersen, Bou Haroun et oued Merad qui jouent un rôle important dans les apports en eaux usées et sédiments (Benzohra, 1993).

L'oued de Beni-Messous : La baie d'El Djamila est alimentée par l'oued Béni Messous, il prene source dans le massif de Bouzaréah, traverse la commune de Beni Messous et Chéraga au Nord. Son débit est faible par rapport au débit des autres oueds et estimé à $0.245 \text{ m}^3/\text{s}$ ($7.7 \text{ millions m}^3/\text{an}$) (A.N.R.H, 2003).

I.3 Bathymétrie

Le plateau continental de la baie de Bou-Ismaïl est d'une manière générale, très étroit (**Leclaire, 1972**), atteint un maximum de 13Km 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 pointements rocheux localisés au large du Mazafran et de Bou-Ismaïl (Figure 2).

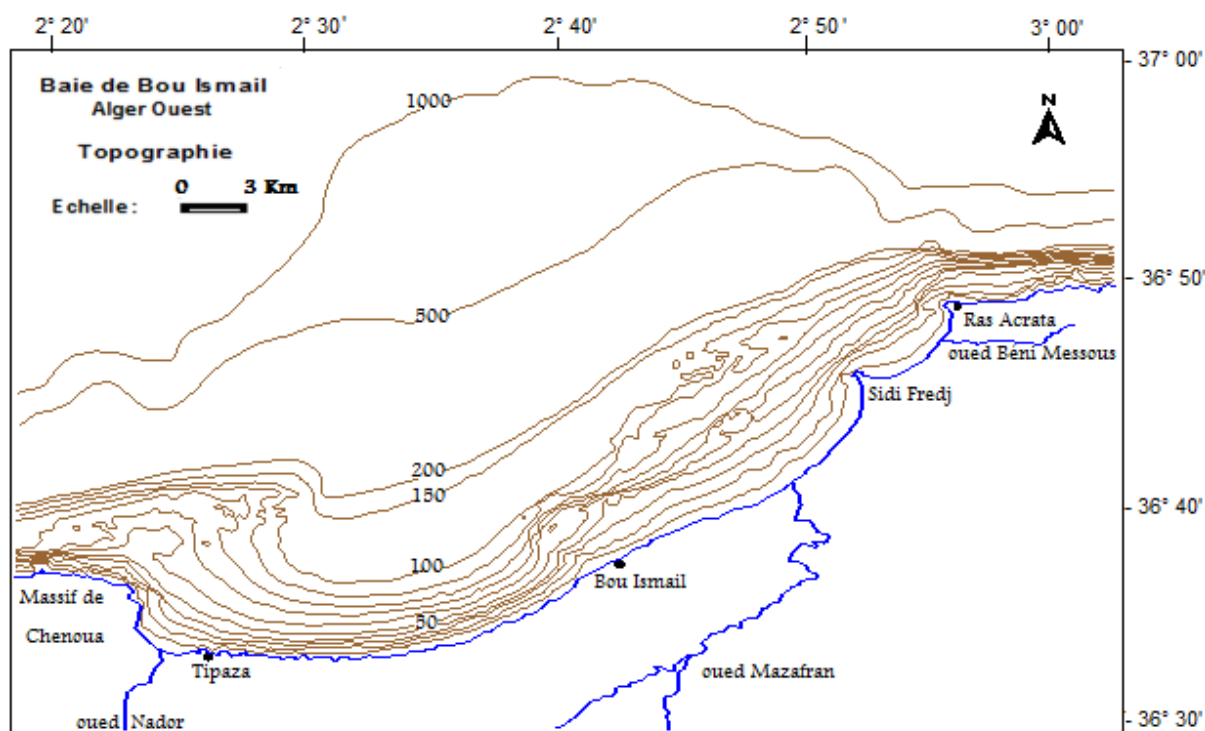


Figure (2) : Bathymétrie de la baie de Bou-Ismaïl (**Leclaire, 1972**).

I.4 Sédimentologie

Vers l'embouchure de oued Mazafran et jusqu'à une profondeur de 25m, les sables grossiers caractérisent la baie. Au-delà de ce dépôt fluviomarín et jusqu'à une profondeur de 10 à 15m, les sables moyens réapparaissent qu'au niveau de Khemisti sur une zone étroite qui continue jusqu'à Tipaza (**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 15m à 25m tout le long de la baie (**LEM, 1999**) (Figure 3).

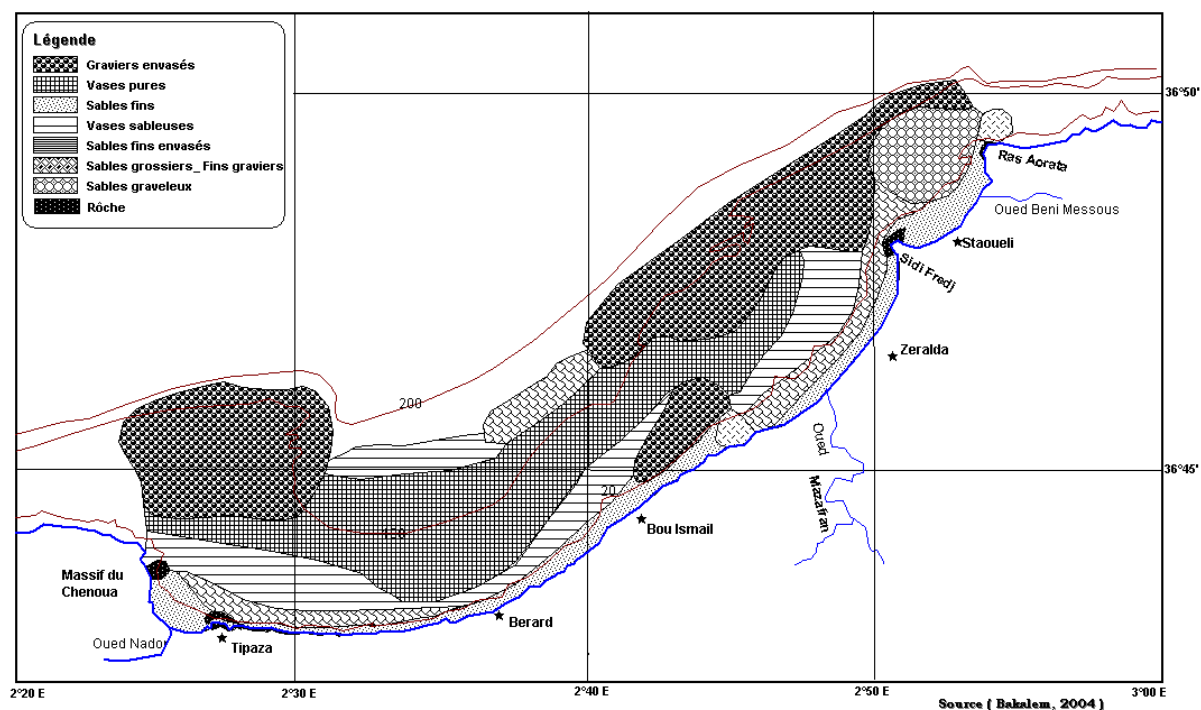


Figure (3): Carte sédimentaire de la baie de Bou-Ismaïl (PAC, 2004).

I.5 Facteurs hydrodynamiques

La connaissance des actions hydrodynamiques marines est fondamentale pour l'étude de l'évolution des formes côtières, elle doit être à la base de toute opération d'aménagement littoral.

I.5.1 Houle

Etant le facteur le plus important dans la dynamique sédimentaire des petits fonds, sa direction de propagation est liée à celle du vent et de la profondeur, tant que la profondeur est plus grande que la longueur d'onde de la houle.

- **Les houles hivernales** : de direction Ouest et Nord-Ouest. Elles engendrent des courants de retour dès leurs arrivées perpendiculairement à la côte, ces courants entraînent le transport d'un sédiment fin (Kadari-Meziane, 1994).
- **Les houles estivales** : sont de direction Nord-Est, et entraînent une dérive littorale de l'Est vers le Sud- Ouest, dès leurs arrivées tangentiellement à la côte avec transfert des sédiments qui engraisent le rivage (Braik, 1989).

La dynamique sédimentaire dans la baie de Bou-Ismaïl est régie essentiellement par:

- La dérive littorale due aux houles du Nord Ouest.
- La dérive littorale due aux houles du Nord Est.

I.5.2 courants généraux

Les courants induits par la houle au large ou à la côte, sont à peu près les seuls à agir de façon active sur la sédimentation actuelle. La circulation d'un courant le long des côtes africaines est appelée « courant algérien ». Il est défini comme une veine d'eau de surface près du méridien 0°, avec les caractéristiques suivantes : une largeur de l'ordre 50 Km, une profondeur maximum de l'ordre de 150 m et une vitesse maximale supérieure à 50 cm/s. (Benzohra, 1993).

I.6 Morphologie côtière

La baie de Bou-Ismaïl est caractérisée par une morphologie côtière diversifiée composée des côtes rocheuses (entre Tipaza et Bou Haroun), de falaises (la plus importante est celle de Mont Chenoua à l'Ouest de la commune du chef lieu de Tipaza), de plages (16 plages avec une granulométrie constituée de sable fin, moyen et de galets) et de dunes (sur la continuité des plages) (Grimes, 2003) (Figure 4).

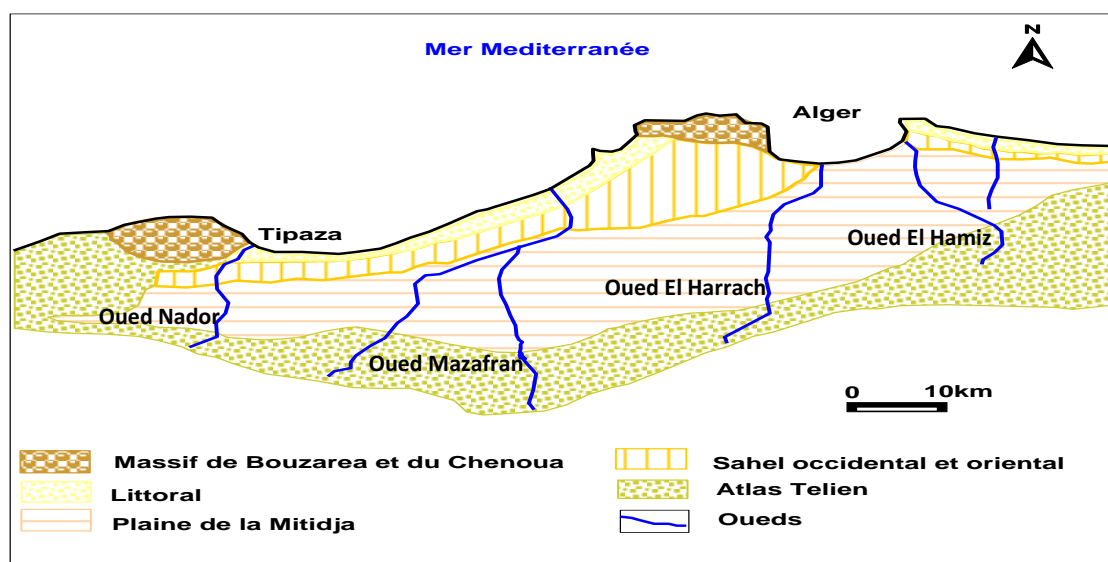


Figure (4) : Morphologie côtière de la baie de Bou-Ismaïl (LEM 1999).

I.7 Géologie régionale

La série lithologique synthétique établit par **Betrouni, 1983**, correspond de haut en bas à la Figure 5 :

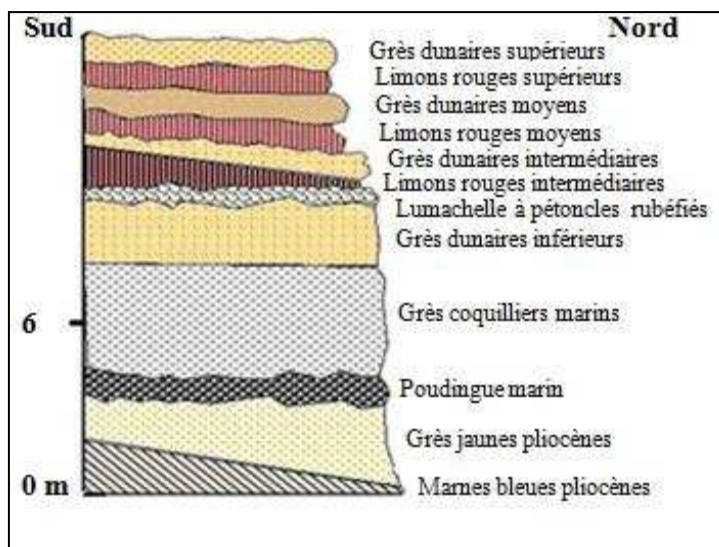


Figure (5): Coupe stratigraphique synthétique du tyrrhénien dans la baie de Bou-Ismaïl (Betrouni, 1983).

Nous sommes donc en présence d'un littoral dont les couches ne résistent pas souvent à l'impact des houles.

II. La pollution marine

II.1 Définition de la pollution marine :

Plusieurs définitions ont été proposées pour le terme « pollution marine », la définition de la pollution marine donnée par l'ensemble de la communauté scientifique internationale (GESAMP), comme étant *« l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, de substances ou d'énergie dans le milieu marin (y compris les estuaires) occasionnant des effets néfastes tels que des nuisances envers les ressources biologiques, des risques pour la santé de l'homme, des entraves aux activités maritimes (y compris la pêche), une altération de la qualité de l'eau de mer du point de vue de son utilisation et une dégradation des valeurs d'agrément »*.

II.2 Les principaux types de pollution :

A partir de la nature prédominante de la pollution, on distingue trois catégories :

II.2.1 Pollution chimique

Ce type de pollution est engendré par des rejets de produits chimiques d'origine industrielle et domestique, cette pollution est due à l'entrée d'un ou plusieurs éléments indésirables dans la composition chimique de l'eau marine (**Kankou, 2004**). Ces éléments peuvent être soit des composés minéraux (engrais, métaux toxiques...), organiques (hydrocarbures, molécules de synthèses...) ou des composés organochlorés tels que les amines et les phénols (**Ramade, 2000**).

II.2.2 Pollution microbiologique

La pollution microbiologique est une forme de pollution organique, parmi ses agents causals :

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

II.2.3 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 électriques et les nappes pétrolières et les radiations ionisantes (**Lacaze, 1996**).

II.3 Sources de pollution :

Selon l'origine de la pollution, on distingue trois catégories :

II.3.1 Pollution urbaine

Ce type de pollution est dû essentiellement aux rejets domestiques (eaux domestiques, eaux collectives de lavage, huiles de vidange, médicaments périmés, matières fécales...etc.), ils sont caractérisés par de très fortes teneurs en matière organique, germes fécaux (diversifiés), sels minéraux, détergents...etc.

II.3.2 Pollution industrielle

La pollution industrielle constitue la principale source de pollution des eaux. Toutes les industries (usines) utilisent l'eau (en quantité différente) principalement celles installées au niveau du rivage à la fois pour se débarrasser des déchets directement et pour refroidir leurs machines (industrie alimentaire, industrie agricole, industrie chimique et pétrochimique...).

II.3.3 Pollution agricole

Elle résulte de l'utilisation de divers produits phytosanitaires, issus du lessivage des terres agricoles (phénomène d'eutrophisation), des résidus des élevages intensifs des animaux et des eaux d'abattoirs qui engendrent des pollutions chroniques et diffuses (**Leroy, 1999**).

II.4 Les paramètres physico-chimiques :

II.4.1 La température (°C)

La température est un paramètre important pour la connaissance des masses d'eaux. Le principe d'application physico-chimique est la détermination de la valeur de saturation des gaz dissous et en particulier de l'oxygène (**Aminot, Chaussepied, 1983**). Elle joue un rôle dans la dissociation des sels dissous, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels, etc (**Rodier, 2005**).

Une élévation de la température peut perturber fortement le milieu (pollution thermique). Elle joue un rôle primordial dans les phénomènes de stratification des lacs et des mers (thermocline) grâce à son influence sur la densité (**Gaujaus, 1995**).

II.4.2 Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est relatif à la concentration en ions hydrogène (H^+) dans un milieu, il caractérise l'acidité ou la basicité de milieu, c'est un paramètre chimique qui résulte principalement de la présence de carbonates issus de l'échange de CO_2 à l'interface air-mer, la respiration et la photosynthèse ainsi que la dissolution de calcaire.

$$pH = - \log H^+$$

Dans l'eau de mer en dehors de toute pollution, le pH est voisin de 8,2. En milieu côtier et estuarien, certains rejets industriels ou apports d'eaux continentales sont la cause de variation du pH qui s'avère dans ce cas un indice de pollution (**Aminot et Chaussepied, 1983**).

II.4.3 L'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un paramètre important du milieu marin, il gouverne la majorité des processus biologiques et chimiques des écosystèmes aquatiques (**Rodier, 1992**).

Les teneurs de l'oxygène dans l'eau dépendent de trois facteurs (**Gaujous, 1995**):

- **Les facteurs physiques** : Température, échange à l'interface air-mer, diffusion et mélange au sein des écosystèmes aquatiques.
- **Les facteurs chimiques** : Phénomène de photo oxydation et les réactions chimiques d'oxydoréductions.
- **Les facteurs biologiques**: la photosynthèse et la respiration.

L'analyse de l'oxygène dissous est le test clé pour le contrôle d'une eau polluée ou non, mais à condition qu'il n'y est aucune source d'erreur ou d'interférence (**Aminot, Chaussepied, 1983**).

II.4.4 La salinité

La salinité représente la teneur en sels dissous de l'eau de mer, c'est une propriété fondamentale pour l'étude du milieu marin, par son influence sur la densité de l'eau de mer, elle permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eaux d'origines différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte ou dans les estuaires (**Aminot, Chaussepied, 1983**).

II.5 Les paramètres indicateurs de pollution :

II.5.1 Matières en suspension (MES) et turbidité

Les matières en suspension (MES) constituent l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. Elles peuvent être composées de particules de sable, de terre et de sédiment arrachées par l'érosion, de divers débris apportés par les eaux usées ou les eaux pluviales très riches en MES, d'êtres vivants planctoniques (notamment les algues). Elles correspondent à la concentration en éléments non dissous d'un échantillon.

L'abondance des matières en suspension dans l'eau favorise la réduction de la luminosité et abaisse la production biologique du fait, en particulier, d'une chute de l'oxygène dissous consécutive à une réduction des phénomènes de photosynthèse.

II.5.2 Matière organique (MO)

La matière organique est issue selon son origine externe, des déchets domestique, fumées des usines par la pluie et ruissellement ; ou d'origine interne de la décomposition de la matière organique planctonique et benthique. Sa distribution se fait principalement suivant un gradient qui évolue de façon décroissante depuis les environnements littoraux vers un environnement profond.

II.5.3 Les sels nutritifs

Les sels nutritifs sont des descripteurs hydrologiques indispensables à l'étude ou à la caractérisation d'un écosystème marin (Aminot, Kerouel, 2007).

II.5.3.1 Les différentes formes des sels nutritifs

- **L'azote**

L'azote peut se présenter dans les eaux aussi bien sous forme minérale qu'organique. Il existe sous trois formes essentielles selon le degré d'oxydation : nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-) ammonium (NH_4^+), ainsi que l'urée des acides aminé.

- **Les phosphates**

Le phosphore est un élément nutritif qui se trouve généralement en mer sous forme organique et inorganique, dissous et particulaire. Les orthophosphates sont la forme la plus abondante PO_4^{3-} (10 %) et HPO_4^- (90%) et (1%) de H_2PO_4 (Aminot, Chaussepied, 1983). Les teneurs en orthophosphates sont normalement assez faibles en surface (0 à 1 $\mu\text{mol/l}$), elles augmentent avec la profondeur. C'est un agent d'eutrophisation gênant dans le milieu naturel (Bontoux, 1993).

- **Le silicium**

Le silicium est un élément nutritif car il entre dans la composition des squelettes de certaines espèces phytoplanctoniques (diatomées, radiolaires...). A pH moyen de l'eau de mer (≈ 8.2), le silicium dissous se trouve à 95 % sous les formes d'acide orthosilicium, $\text{Si}(\text{OH})_4$ (Aminot, Chaussepied, 1983).

II.5.3.2 Origines des sels nutritifs

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

- **Sources externes** : Elle regroupe tous les apports continentaux déversant en mer, qu'ils soient par voie éolienne ou par voie fluviale.
- **Sources internes** : Elle représente l'origine la plus importante (97%), elle est assurée par la régénération des sels nutritifs à partir de la matière organique issue de la photosynthèse effectuée par les organismes autotrophes dans la couche euphotique (Levitus, 1993). Ainsi les excréments des microorganismes marins libèrent une certaine forme de sels nutritifs.

II.6 La pollution microbiologique

Les indicateurs de pollution fécale pris en compte dans cette partie sont les coliformes (dits coliformes totaux (CT)), les coliformes fécaux (CF) et les streptocoques fécaux (SF).

- **Les coliformes totaux (CT)**

Les coliformes sont de la famille d'Enterobacteriaceae. Ils correspondent à des organismes en bâtonnets, non sporogènes, Gram négatifs, oxydase négatifs, facultativement anaérobies, capable de croître en présence des sels biliaires au d'autre agents de surface possédant des activités inhibitrices de croissance similaires, et capable de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide et d'aldéhyde en 48h, à des températures de 35 à 37°C (Rodier, 2005).

- **Les coliformes fécaux (CF)**

Ils ont la même propriété que les coliformes, mais à la température de 44°C. Fermentent le lactose avec production de gaz et produisent aussi de l'indole à partir d'une peptone riche en tryptophane ou du tryptophane à 44°C (Delarras, Trébaol, 2003).

- **Les streptocoques fécaux (SF)**

Les streptocoques fécaux (ou entérocoques) sont des coques Gram+ (positifs), sphérique allongés, formant des chaînettes ou des paires, non sporulées, ils sont considérés comme des anaérobies tolérant l'oxygène (Béraud, 2001). Sont des témoins de contamination fécale sensible, spécifique et assez résistant (y compris en milieu salé).

II.7 Pollution par les hydrocarbures

Les hydrocarbures sont des composés chimiques formés essentiellement du carbone et d'hydrogène (d'où leur nom). Ils sont essentiellement utilisés comme carburants, combustibles et bases pour la fabrication des huiles lubrifiantes. Ils constituent aussi la matière première des synthèses pétrochimiques (Lefebvre, 1978). Les hydrocarbures sont classés comme suit :

a) Hydrocarbures aliphatiques

Les hydrocarbures aliphatiques sont constitués de molécules à chaîne ouverte linéaire (n-alcanes), ramifiée (iso-alcanes), ou cyclique (naphtènes) à 5 ou 6 atomes de carbone (cyclopentane ou cyclohexane) avec des combinaisons polycycliques.

- **Les alcanes (ou paraffines)**

Les alcanes sont des hydrocarbures légers, aliphatiques, saturés, à chaîne droite (n-alcanes) ou ramifiée. Ils possèdent deux caractéristiques importantes (Marchand, 1983) :

- Toxicité moindre par rapport aux autres hydrocarbures.
- Biodégradabilité rapide, en particulier des n-alcanes.

Ces alcanes représentent environ 30% du poids des pétroles bruts (Fattal, 2008).

- **Les cyclanes (naphènes ou cyclo-paraffines)**

Il s'agit des cyclanes dont les chaînes hydrocarbonées sont fermées. Ils sont des hydrocarbures saturés, dont chaque cycle est constitué au minimum de trois atomes de carbone, qui en plus peuvent être ramifiés (**Lefebvre, 1978**).

Les hydrocarbures naphéniques représentent en moyenne 40 à 50% des composés des pétroles bruts (**Marchand, Kantin, 1995**). Ils sont en générale peu toxique, mais plus rémanents que les alcanes et moins que les composés aromatiques dans le milieu (**Sellali, 1996**).

b) Hydrocarbures aromatiques

Les hydrocarbures aromatiques sont constitués d'un noyau aromatique (dérivés du benzène) ou de plusieurs noyaux aromatiques (hydrocarbures polyaromatiques). Certains composés contiennent du soufre (dérivés du thiophène et du dibenzothiophène). D'une manière générale, les hydrocarbures aromatiques sont la cause essentielle de l'impact écotoxicologique des pollutions pétrolières sur les écosystèmes aquatiques.

Certains composés à plusieurs noyaux aromatiques tels que le benzo(a)pyrène sont doués d'une grande stabilité et sont reconnus comme mutagènes, cancérigènes et se bio-accumulent fortement (**Fattal, 2008**).

C) Les résines et asphaltènes

Les résines et asphaltènes représentent des molécules hétérocycliques (N, S, O) à haut poids moléculaire. Dans cette fraction se retrouvent également des métaux tels que le nickel et le vanadium. Les effets sur la faune et la flore aquatiques sont mal connus et l'évaluation de tels polymères échappe presque totalement à l'analyse chimique.

II.7.1 Sources des hydrocarbures

Les hydrocarbures pétroliers qui arrivent dans l'environnement marin peuvent avoir quatre origines majeures: les sources géochimiques, l'extraction de pétrole, le transport maritime et la consommation. La part des sources géochimiques dues à des fuites naturelles qui apparaissent au fond des océans s'élève à 47 %. Les 53 % restant se répartissent ainsi: 38 % proviennent des rejets suite à la consommation (exemple: rejets d'industries basées à terre et des grandes agglomérations urbaines), 12 % sont dus au transport et 3 % à la production pétrolière offshore (**National Research Council, 2002**). Il faut enfin signaler qu'une quantité non négligeable d'hydrocarbures peut provenir de l'activité de nombreux microorganismes et des plantes (origine biogéniques) (**Albro, 1976**).

II.8 Principales sources de pollution dans la baie de Bou-Ismaïl

La baie de Bou-Ismaïl est une zone à vocation touristique caractérisée par une agriculture bien développée et plus fertile, sa frange côtière est soumise principalement aux rejets domestiques des villes et des complexes touristiques (tableau 1) surtout en période estivale (Figure 6). Ainsi les rejets d'eaux usées véhiculées par les oueds qui traversent les centres urbains, drainant les eaux de ruissellement des terres agricoles, des effluents urbains et industriels.

Tableau (1) : Débit des rejets d'eaux usées dans la baie de Bou-Ismaïl (Ministère de l'Aménagement de territoire et de l'Environnement, 2006 in Zerrouki, 2014).

Commune	Nombre de rejets	Débit (m ³ /j)	Lieu de rejet
Bou-Ismaïl	9	4000	Mer
Bou-Haroun	4	320	Mer
Khemisti	6	400	Oued Khemisti et mer
Fouka	5	3600	Mer
Douaouda	5	1600	Oued Mazafran et mer
Tipaza	8	7140	Mer



Anse de Kouali



Bou Ismaïl (front de mer)

Figure (6) : Exemples de pollution par des rejets urbains au niveau de la baie de Bou-Ismaïl.

Matériel et méthodes

I. Campagnes de prélèvement

I.1 Choix et localisation des stations

Dans le cadre de l'évaluation du degré de pollution dans la baie de Bou-Ismaïl nous avons réalisé plusieurs prélèvements dans différentes stations localisés près du trait de côte. Les analyses ont concerné les paramètres physico-chimiques et quelques indicateurs de pollution.

Les prélèvements ont été effectués à travers deux missions en mer, lors de ces deux missions, nous avons essayé de couvrir le long du littoral de la baie (Figure 7). Le nombre de stations étudiées est de 15, leurs coordonnées géographiques sont données en annexe I, tableau 1).

1^{ère} campagne : (24/02/2016 et le 28/02/2016) ;

2^{ème} campagne : (25/05/2016 et le 28/05/2016).

15 échantillons ont été prélevés pour l'étude de la pollution de l'eau et des sédiments (Annexe I, tableau 2).

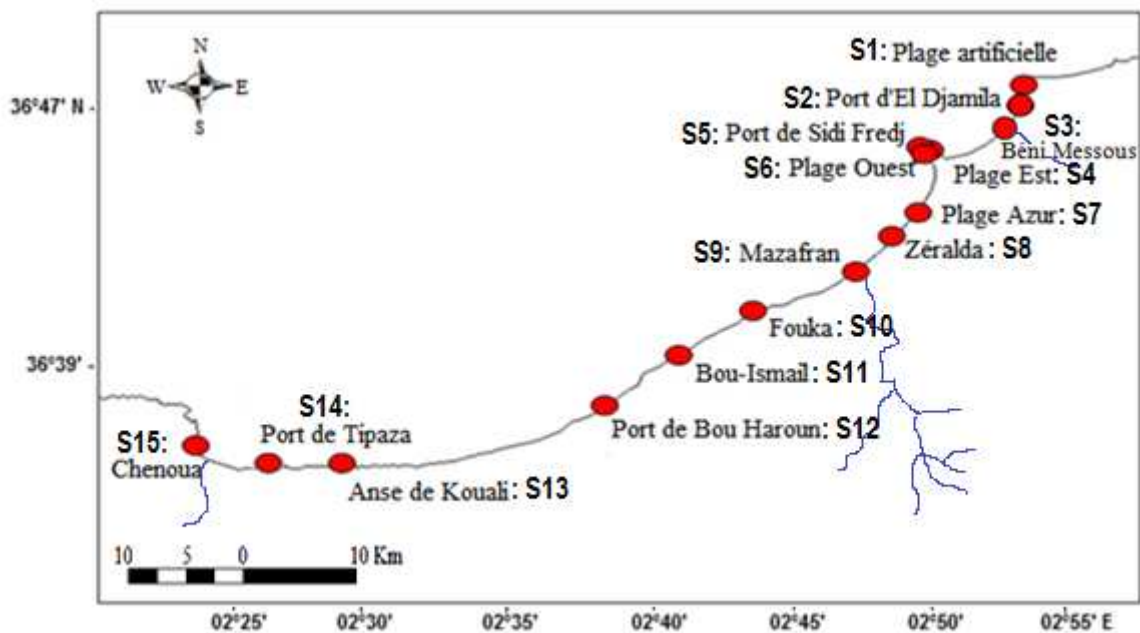


Figure (7): Positionnement des stations de prélèvement des eaux et des sédiments superficiels dans la baie de Bou-Ismaïl.

I.2 Le matériel utilisé sur terrain

Pour pouvoir récolter toutes les données nécessaires sur la zone d'étude, un ensemble de matériels est utilisé : (Annexe II.1)

- ✓ Une benne de type « Van Veen » ;
- ✓ Valise multi-paramètres « Hanna HI9829 » ;
- ✓ Glacière pour la conservation et le transport des échantillons ;
- ✓ Flacons en verre stériles et en plastique (250 ml à 500) ;

- ✓ Sachets en plastique pour les échantillons des sédiments ;
- ✓ Bouteilles en verre brun de 2,5 L préalablement conditionnées.

I.3 Prélèvement et échantillonnage

Après avoir fixé les stations des prélèvements:

I.3.1 Prélèvement d'eau de mer

Les échantillons d'eau de mer ont été prélevés à la main au moyen de flacons en verre stérilisée de 250 ml pour l'analyse bactériologique et de flacons en plastique pour autre manipulation, à une profondeur de 15 à 30 cm sous la surface. Les flacons sont étiquetés et placés directement dans une glacière (04°C) afin de les conserver et les transporter au laboratoire pour l'analyse.

I.3.2 Prélèvement d'eau de mer pour le dosage des hydrocarbures

Les prélèvements d'eaux à la surface sont réalisés grâce à un dispositif d'échantillonnage constitué d'une bouteille en verre brun d'une capacité de 2,5 litres préalablement conditionnée. Pour chaque échantillon une première extraction est effectuée «in-situ», par addition de 50ml d'hexane avec une agitation manuelle pendant 5 à 10 minutes. Puis la bouteille est fermée avec un bouchon en plastique isolé avec une feuille d'aluminium pour éviter tout contact avec la matière plastique du bouchon. L'échantillon prélevé est conservée au frais et à l'abri de la lumière dans une glacière portative à 4°C.

I.3.3 Prélèvement des sédiments

Il est réalisé à l'aide d'une benne inoxydable «Van Veen» dans les ports et manuellement dans les plages et embouchures. La benne est descendue dans l'eau ouverte, elle se ferme dès qu'elle capture les sédiments au moment de son contact avec le fond. Les sédiments récoltés sont directement mis dans des sachets de congélation (en plastique) et étiquetés respectivement pour chaque station et mis aussitôt dans la glacière afin de les transporter pour l'analyse au laboratoire.

I.4 Paramètres in-situ

La mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau a été effectuée in-situ à environ 30 cm de la surface de l'eau, pour chaque station de prélèvement il s'agit du pH, température, salinité et l'oxygène dissous. Pour cela on a utilisé l'appareil «*Hanna HI9829*», c'est un multi-paramètre portable étanche qui surveille jusqu'à 14 paramètres différents de la qualité de l'eau. La sonde transmet des lectures numériques avec des options pour enregistrer des données tout en étant déconnecté du compteur.

II. Paramètres mesurés au laboratoire

II.1 Matières en suspension (MES)

➤ Principe de la méthode

La détermination des MES se fera par filtration sur filtre en fibres de verre (filtre Wattman de porosité 0,45 µm) qui repose sur le principe de la double pesée : un volume d'eau est filtré sur une membrane (préalablement pesée à vide) et les résidus sur cette dernière (après passage à l'étuve à 70°C pendant 2 heures) sont pesés. Le rapport de la différence de masse sur le volume d'eau filtré donne la concentration des MES en milligramme/litre.

➤ Mode opératoire (le matériel utilisé est mentionné dans l'annexe III.1)

Préparation des filtres

- Les filtres sont mis dans l'eau acidulée (HCL à 1%) pendant une demi-heure, puis rincés abondamment à l'eau distillée, ensuite séchés à l'étuve pendant 24 heures à 70 °C
- Placer chaque filtre dans une boîte à filtre préalablement étiquetée et placer dans un dessiccateur pour refroidir ;
- Peser le filtre : P1 (mg) ;
- Replacer aussitôt chaque filtre dans sa boîte à l'abri de la poussière.

Filtration de l'eau de mer

- Agiter l'échantillon prélevé avant sa filtration ;
- Mesurer le volume à filtrer ;
- Placer un filtre et le centrer dans le dispositif de filtration ;
- Verser l'échantillon sur le filtre ;
- Arrêter l'aspiration dès que le filtre est à sec et verser alors 5 à 10 ml d'eau distillée ;
- Remettre chaque filtre dans sa boîte ;
- Mettre les boîtes à sécher immédiatement.

Séchage et pesée des filtres

- Mettre les boîtes contenant les filtres sans le couvercle dans l'étuve à 70°C pendant 2h ;
- Laisser refroidir dans un dessiccateur ;
- Peser chaque filtre pour avoir P2 ;

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

$$\text{MES (mg/l)} = \frac{P_2 - P_1}{V} \dots\dots (1)$$

P₁ : le poids du filtre avant filtration (mg).

P₂ : le poids du filtre après la filtration (mg).

V : volume d'eau de mer filtrée en litres.

II.2 Matière organique dans l'eau de mer (MO)

➤ Principe de la méthode

La méthode de mesure de la matière organique consiste à préparer les filtres de 0.45 µm de diamètre de pores de la même façon que pour les filtres de la matière en suspension (Conditionnement des filtres puis filtration de l'eau de mer et séchage à l'étuve à 70°C pendant deux heures). Les filtres sont alors pesés avec précision dans des creusets en porcelaine (P₁). Ensuite les creusets avec filtres sont passés au four à moufle à 450°C pendant 2 heures. Les creusets et filtres sont à nouveau pesés (P₂). La différence de ces deux poids obtenus P₁ et P₂ nous donne le poids de la matière organique brûlée.

➤ Mode opératoire (le matériel utilisé est mentionné dans l'annexe III.2)

- Mettre les filtres contenant les matières en suspension dans des creusés numérotés.
- Peser les creusets contenant les filtres (P₁).
- Placer les creusés au four à 450°C pendant deux heures.
- Laisser refroidir.
- Peser les creusés avec les filtres (P₂).

Le calcul de MO se fait comme suit :

$$\text{MO (mg)} = \text{P}_1 - \text{P}_2 \dots\dots\dots (2)$$

P₁: Poids du creuset et du filtre avant séchage.

P₂: Poids du creuset et du filtre après séchage.

II.3 Dosage des sels nutritifs

L'analyse des sels nutritifs est faite par la méthode de colorimétrie à flux continu sur chaîne automatisée SKALAR (Auto-Analyzer SAN PLUS) (troisième génération), selon les protocoles décrits par le constructeur SKALAR.

Le fonctionnement de l'appareil de dosage repose sur :

- Un principe dynamique simple : une veine liquide propulsée par une pompe péristaltique dans un circuit analytique spécifique à chaque paramètre analysé.
- Les réactions chimiques qui s'effectuent dans la veine liquide.

La chaîne automatisée SKALAR est pilotée par un microordinateur pour fournir un fichier numérique contenant les résultats relatifs à l'analyse.



Figure (8): L'Auto Analyser San Plus « SKALAR ».

➤ Principe de dosage des sels nutritifs

La méthode utilisée pour le dosage des sels nutritifs (ammonium, nitrites, nitrates, orthophosphates et silicates) est basée sur une réaction de coloration. En effet, ces sels réagissent dans certaines conditions (température, pH, présence de catalyseurs,...) avec des réactifs spécifiques pour donner une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'onde (λ).

L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration qui est elle-même d'autant plus importante que la solution est concentrée en sel dosé.

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

$$A = D.O = \log (I_0/I) = \epsilon.I.C \dots\dots (3)$$

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

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

I : la longueur du milieu traversé exprimé en cm.

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

➤ Analyse automatique des sels nutritifs

Dosage des nitrites : Les nitrites (NO_2^-) forment un diazoïque par action avec la sulfanilamide en milieu acide $\text{pH} < 2$. Ce composé formera ensuite en présence de N-naphtylethylénediamine un composé azoïque de couleur rose absorbant la lumière à 540 nm (**Benschneider, Robinson, 1952, Skalar, 1998**).

Dosage des nitrates : La méthode est basée sur la réduction des nitrates (NO_3^-) en nitrites (NO_2^-) par le passage de l'échantillon à travers une colonne réductrice de cadmium traité au cuivre (**Wood, 1967**). Les nitrites (en réalité $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ réduits) seront ensuite dosés par colorimétrie selon la méthode précédemment décrite. Il suffira alors d'en déduire la concentration des nitrites déterminés directement (sans passage de l'échantillon sur la colonne réductrice) pour trouver les concentrations des nitrates (**Rodier et al, 1996**).

Dosage des orthophosphates : En présence d'antimoine oxytartrate de potassium à une température de 40° C (bain-marie), les ions orthophosphates (PO_4^{3-}) réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe antimoine phosphomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique (**Murphy, Riley, 1962**). Cette forme réduite de coloration bleue a un maximum d'absorption à 880 nm.

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

Étalonnage : Cette opération nécessite la préparation d'une solution mère puis une solution fille pour chaque élément à analyser (Annexe III.3.1).

Les droites d'étalonnage sont établies automatiquement par le logiciel en utilisant les concentrations connues des solutions étalons et leurs hauteurs de pic correspondantes (Annexe III.3.2).

II.4 Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique est l'étude de la taille des grains et de leur répartition dans un échantillon donné, elle permet d'étudier la répartition des sédiments et d'après Rivière (1977), la granulométrie consiste à évaluer le pourcentage de la masse totale correspondant à la dimension des particules.

➤ Principe de la méthode

Ce procédé consiste à passer l'échantillon par une série de Tamis de maille décroissante et de récolter ensuite le poids partiel de chaque quantité dans le Tamis (refus).

➤ Mode opératoire (matériel utilisé dans l'annexe III.4)

a-Traitement des échantillons :

Au laboratoire chaque échantillon est mis dans une boîte de Pétri étiquetée, et passé à l'étuve à 105°C pendant 24h. Après ce premier séchage, on prélève 150g de sédiment de chaque échantillon, comme poids initial (P_1).

b- Elimination de la fraction pélitique :

Pour éliminer la fraction pélitique, les échantillons ont été passés sous un courant d'eau dans un tamis de 40 μm afin de soustraire des fractions fines. Les échantillons sont remis dans les boîtes de Pétri, et de nouveau passés à l'étuve pendant 24h à 105°C, puis sont pesés une deuxième fois secs (P_2).

La détermination des teneurs en pélites s'effectue à partir de la différence entre P_1 et P_2 :

$$P(g) = P_1 - P_2 \dots\dots (4)$$

Le pourcentage des pélites dans le sédiment et calculer par la formule suivante :

$$P(\%) = (P_1 - P_2 / P_1) * 100 \dots\dots (5)$$

c- Tamisage :

Les échantillons secs sont tamisés mécaniquement dans une tamiseuse composée d'une colonne de tamis dont l'écartement des mailles est décroissant du haut au bas.

Les diamètres des mailles des tamis en μm utilisés dans l'ordre sont les suivants : 2000 μm , 1600 μm , 1400 μm , 800 μm , 630 μm , 500 μm , 400 μm , 315 μm , 250 μm , 200 μm , 160 μm , 100 μm , 80 μm , 63 μm , 50 μm , 40 μm .

Chaque tamisage dure 10 minutes, le refus de chaque tamis est pesé et le pourcentage pondéral est calculé pour chaque classe granulométrique.

d- Présentation des résultats :

Les résultats de ces analyses ont été présentés sous forme de courbe cumulative :

- ✓ En abscisse logarithmique, le diamètre des particules.
- ✓ En ordonnée, la portion pondérale des particules.

Ces courbes cumulatives nous permettent de comparer les échantillons et de calculer les indices granulométriques. A partir des courbes cumulatives découlent les paramètres caractérisant chaque sédiment.

e- Calcul des indices granulométriques :

Paramètres de position:

- **Indice de taille (médiane) : Q50**

Afin d'avoir la taille moyenne du sédiment qui représente la taille ou 50% de la masse du sédiment lui est inférieure, et 50% supérieure, elle est déduite à partir de la courbe cumulative (**Rivière, 1977**). Cette taille est le résultat du croisement entre la courbe cumulative et la valeur 50% en ordonnée.

Le grain moyen est l'expression de la force d'un courant (eau, vent), capable d'avoir mis en mouvement l'essentiel d'un sédiment donné (**Chamley, 1987**).

- **Les quartiles :**

Le quartile inférieur : Q25 correspond au diamètre de grain représentant 25% en poids du sédiment.

Le quartile supérieur : Q75 correspond au diamètre du grain représentant 75% en poids du sédiment.

Ces deux paramètres nous montrent la part des sédiments grossiers et des sédiments fins dans un échantillon (Tableau 2).

Tableau (2) : Classification des grains de sable (Folk, Ward, 1957).

Diamètre du grain	Classification
<110 µm	Sable fin
110 – 150 µm	Sable fin
150 – 250 µm	Sable moyen
250 – 500 µm	Sable grossier
>500 µm	Sable grossier

Les paramètres de distributions:

- **Indice de classement Storting de Trask ou indice de tri: S0**

Exprimé par l'équation :

$$S_0 = \sqrt{Q_{75}/Q_{25}} \dots\dots (6)$$

Cet indice indique la dispersion des tailles des sédiments par rapport à la moyenne, **Trask (1930)** a proposé les limites suivantes :

- So<2.5:** Sédiment très bien classé.
- 2.5<So<3.5:**Sédiment assez bien classé.
- 3.5<So<4.5:**sédiment normalement classé.
- 4.5<So :** Sédiment mal classé.

- **Indice d'asymétrie Skewnes: SK**

Exprimé par la formule:

$$SK = \frac{Q_{25}.Q_{75}}{(D_{50})^2} \dots\dots (7)$$

L'asymétrie informe la prédominance ou non de la fraction pélitique ou grossière par rapport à la moyenne de l'échantillon, dont ces limites sont :

- SK<1 :** asymétrie du côté fin ;
- SK=1 :** asymétrie de la courbe par rapport au grain moyen ;
- SK>1 :** asymétrie du côté grossier.

II.5 Analyse bactériologique

La méthode utilisée pour la détermination des indicateurs de pollution fécale est celle de la filtration sur membrane.

➤ **Principe de la méthode de filtration sur membrane**

Le principe de la méthode repose sur 4 étapes qui sont la filtration, la culture (milieu d'ensemencement), l'incubation et le dénombrement des colonies (Annexe III.5).

- La filtration d'un volume donné d'échantillon (100 ml) sur une membrane de cellulose stérile de 0.45µm de porosité.
- Le dépôt de la membrane sur un milieu gélosé sélectif ;
- L'incubation aux températures et temps convenables ;
- Le dénombrement des UFC dans le volume de référence choisi.

➤ **Mode opératoire**

La réalisation de la technique de filtration sur membrane a été faite comme suit :

1. Lavage et stérilisation de l'équipement de filtration avec de l'alcool puis par flambage ;
2. Mise en place de la pompe à vide ;
3. Prendre une membrane filtrante stérile près du support du filtre ;
4. Placer l'entonnoir sur le support et le fixer fermement ;
5. Verser dans chaque entonnoir un volume de 100 ml d'échantillon bien homogénéisé ;
6. Faire le vide jusqu'à filtration totale de l'échantillon ;
7. Retirer l'entonnoir et déposer la membrane filtrante à l'aide d'une pince stérile sur la gélose appropriée ;
8. déposer la membrane en la déroulant pour tenir un contact étroit avec la gélose ;
9. inscrire sur la boîte de Pétrie le numéro de l'échantillon ;
10. placer les boîtes de Pétrie en position inverse et les incuber à température optimale de croissance du germe recherché ;
11. stériliser le dispositif avec de l'alcool et par Flambage à l'aide du bec benzène après chaque échantillon filtré afin d'éviter toute contamination possible.

II.6 Analyse des hydrocarbures dans l'eau de mer (matériel utilisé dans l'annexe III.6)

II.6.1 Extraction

La procédure d'extraction est celle décrite par **Roussel (1983)**. C'est une extraction liquide-liquide réalisé avec l'Hexane (C'est un solvant organique plus léger que l'eau, au moment de l'agitation il permet la dispersion du solvant dans l'eau de mer et la formation d'une phase organique non miscible à la phase, piégeant ainsi les hydrocarbures présents dans l'eau.) dans une ampoule à décanter de 2L.

Matériel et méthodes

Transvaser l'échantillon et son premier solvant d'extraction dans l'ampoule à décanter (2L) et ajouter 50ml d'Hexane, agiter manuellement pendant 20 minutes pour faciliter le contact entre le solvant d'extraction et les hydrocarbures sans oublier d'ouvrir le bouchon de temps à autre afin de baisser la pression, laisser décanter pendant 15 minutes, à l'aide d'une éprouvette graduée, récupérer la phase aqueuse qui se situe au dessous à cause de sa densité qui est plus élevée que celle de la phase organique (phase supérieure), noter le volume d'eau extrait, recueillir la phase organique à l'aide d'un ballon, ajouter 2g de sulfate de sodium Na_2SO_4 à l'extrait afin d'éliminer les traces d'eaux, Puis fermer le avec un bouchon en verre et conserver l'échantillon à 4°C.

II.6.2 Concentration

La concentration de l'extrait d'eau de mer est réalisée dans le but d'éliminer le solvant d'extraction à l'aide d'un évaporateur rotatif (LABOROTA 4000-efficient Heidolph). Pour éviter l'évaporation des hydrocarbures aromatiques à point d'ébullition bas, on concentre nos échantillons jusqu'à un volume de 10 ml. Pour minimiser cette perte, on maintient le bain marie à une température de 40°C et la pression d'aspiration est maintenue à 1,5 bars. Il subit ensuite une deuxième concentration sous jet d'azote jusqu'à un volume de 2 ml.

II.6.3 Purification et fractionnement

Dans cette étape, on utilise une burette de 50ml de contenance, de 0,1ml de diamètre interne et munie d'un robinet en téflon, elle est remplie selon la méthode humide successivement par :

- La laine de verre ;
- 15ml de l'Hexane, puis en le laisse couler (pour le conditionnement de la burette) ;
- 5g du gel de silice mélangé avec l'Hexane puis laisser décanter en récupérant l'Hexane sans laisser la colonne séchée ;
- 5g d'alumine mélangé avec l'Hexane puis laisser décanter en récupérant l'Hexane sans laisser la colonne séchée ;
- Ajouter 0,5g de Na_2SO_4 en tête de la colonne pour l'absorption des gouttelettes d'eau s'ils existent encore.

a) La fraction aliphatique

- Verser l'échantillon après leur agitation avec un agitateur mécanique ;
- Ajouter 20 ml d'Hexane puis récupérer la fraction **1** qui présente la fraction aliphatique dans un tube à essai conditionné au paravent ;
- Fermer le avec le téflon puis conserver au frais.

b) La fraction aromatique

- Ajouter 20 ml de mélange binaire du solvant Hexane-dichlorométhane dans des proportions égales (70/30) ;
- Récupérer la fraction **2** qui représente les aromatiques ;
- Conserver au frais.

Matériel et méthodes

II.4 Analyse quantitative des hydrocarbures aromatique polycycliques

La Spectrofluorimétrie ultra violet (SFUV), est une technique de mesure quantitative des hydrocarbures aromatiques appliquée par Levy (1977) et préconisée par le COI (1982,1984).

Cette méthode fournit un excellent indice de pollution pétrolière du fait des très faibles teneurs en hydrocarbures biogènes dans le milieu marin.

a) Principe de la SFUV

La SFUV mesure l'émission de fluorescence des molécules soumises à un rayonnement d'excitation ultraviolet et l'intensité de fluorescence est proportionnelle à la concentration des HAP.

b) Appareillage

Le Spectrofluorimétrie utilisée lors d'analyse est de marque « HITACHI » modèle 650-10S, équipé d'une lampe Xénon qui représente la source des rayonnements UV.

c) Conditions opératoires

Pour les experts de la COI (1982), l'excitation est la plus forte à 310 nm pour les mélanges d'HAP présents dans les pétroles et dérivés. L'émission de fluorescence est alors intense vers 360 nm.

Excitation : 310 nm ; fente d'excitation 2 nm.

Emission : 360 nm, fente d'émission 5nm.

d) Etalonnage et préparation des standards

Les experts de la COI préconisent l'utilisation du Chrysène comme étalon de référence. La solution mère d'une concentration de 100mg/L est obtenue par la solubilisation dans une fiole de 10ml, 1 mg de Chrysène complété jusqu'à 10ml d'hexane.

Les solutions standards sont obtenues par dilution à partir de la solution mère. Les concentrations des différents standards sont reprises dans le tableau suivant (tableau 3) :

Tableau (3): Concentrations des standards d'étalonnage (Chrysène).

Code standard	ST1	ST2	ST3	ST4	ST5	ST6
Concentration en µg/ml	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.00

La droite d'étalonnage obtenue est la suivante (figure 9).

Matériel et méthodes

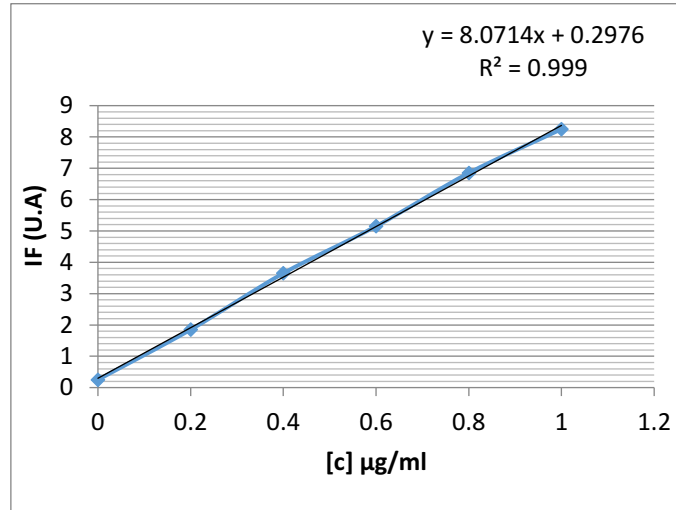


Figure (9) : Droite d'étalonnage pour le dosage des HAP par SFUV

e) Mode de calcul des concentrations

Les concentrations d'HAP dans les extraits sont déterminées à partir de la droite d'étalonnage.

Le calcul des concentrations des hydrocarbures en équivalent Chrysene se fait selon la formule suivante :

$$Y = AX + B \dots\dots (8)$$

Y= intensité de fluorescence (UA : Unité Arbitraire).

X= concentration des HAP dans l'extrait en µg/mL.

B= ordonnée à l'origine.

A= pente de la droite.

Les concentrations hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les extraits d'hexane sont déterminées à partir de la formule suivante :

$$[C]_{\text{finale}} = C_e \times V_p / V_f \dots\dots (9)$$

[C]finale : concentration massique finale des HAP dans l'échantillon d'eau de mer en µg/L.

Vp : volume finale de l'extrait de la fraction 2 en mL.

Vf : volume de l'échantillon en L.

Ce : concentration massique de l'extrait en µg/mL.

Résultats et discussion

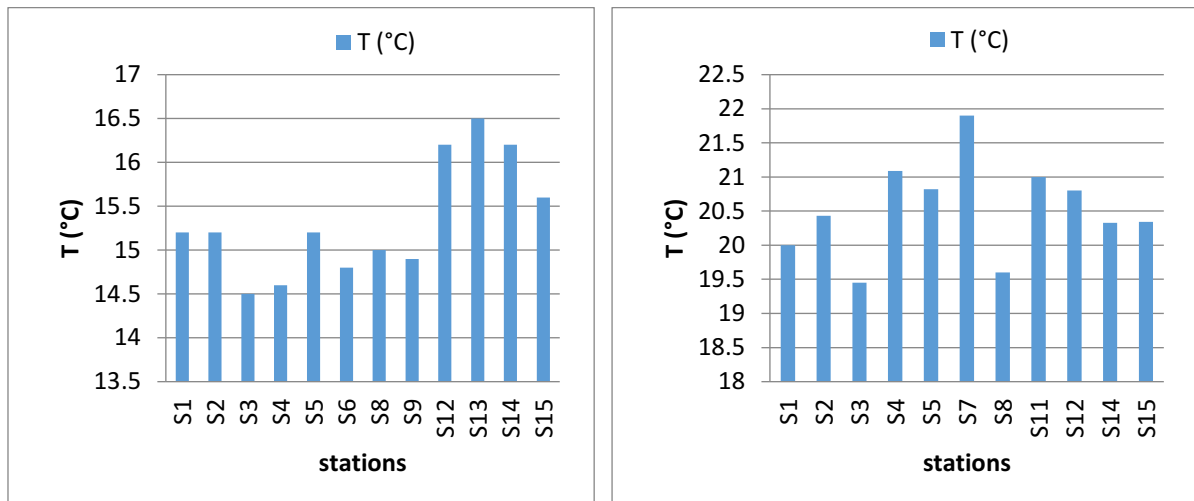
I. Variation des paramètres mesurés in-situ

Les valeurs observées des paramètres physico-chimiques au niveau des stations étudiées dans la baie de Bou-Ismaïl sont représentées dans l'annexe II.2.

I.1 La température

La température des eaux de surface de la baie est très variable entre les deux campagnes dont on remarque que les températures les plus élevées sont situées dans la 2^{ème} campagne (période chaude). Dans la 1^{ère} campagne les températures les plus importantes sont enregistrées au niveau de la station 13 (Anse de Kouali) avec 16,5°C puis les stations 12 et 14 (Port de Bou Haroun et Port de Tipaza) avec 16,2°C et pour la 2^{ème} campagne les températures maximales sont enregistrées au niveau de la station 7 (Azur) avec 21.90°C suivie par la station 4 (Plage Est de Sidi Fredj) avec 21.09°C (figure10).

D'une manière générale, les températures enregistrées restent normales et témoignent du niveau thermique de la saison d'échantillonnage.



1^{ère} campagne (février 2016)

2^{ème} campagne (mai 2016)

Figure(10): Variations de la température (°C) dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl.

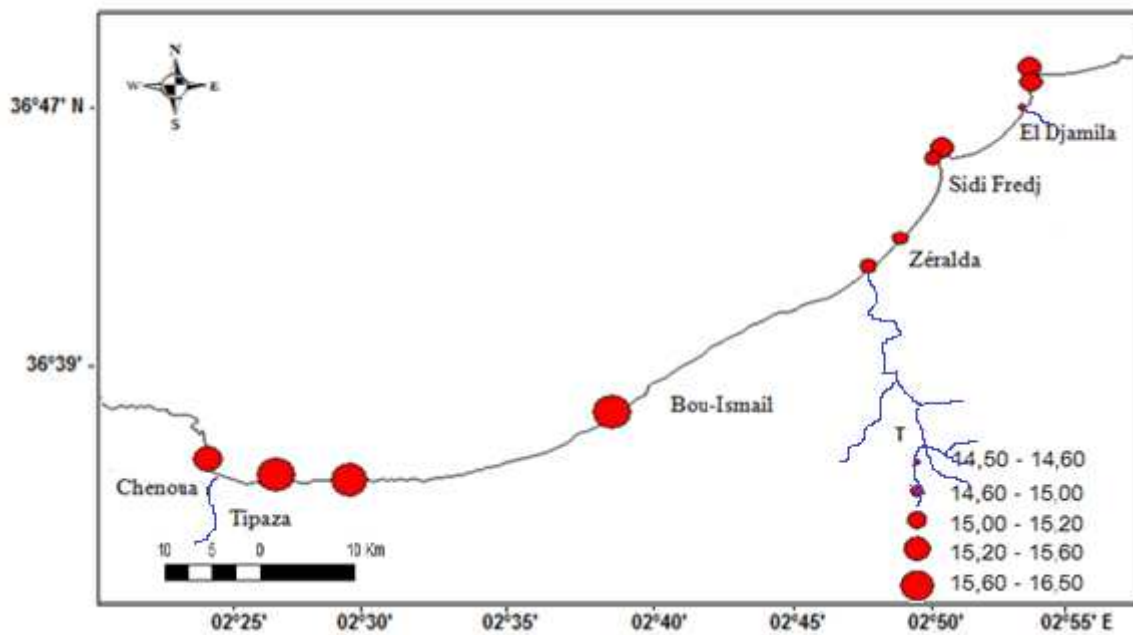
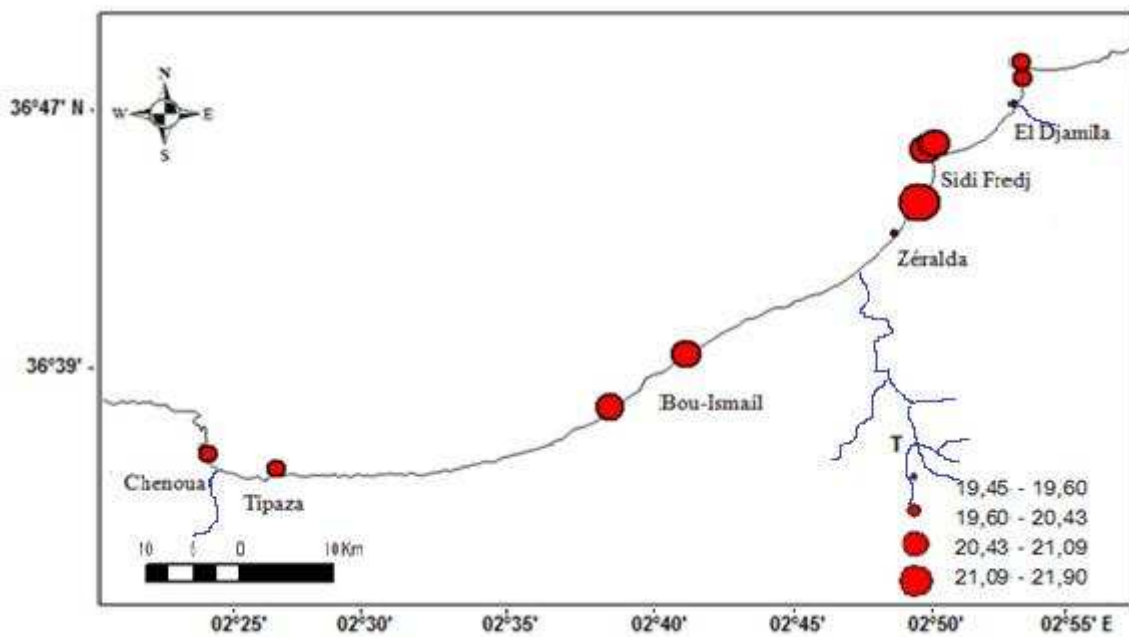


Figure (11): Distribution de la température dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016).



Figure(12) : Distribution de la température dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016).

Tableau (4) : Tableau comparatif des températures obtenues dans les quatre dernières années.

	2015	2014	2013	2012
T (°C)	19,5 - 23,1 (LASFER.B- LAOUICHI.A) Mai	22,84 – 25,01 (SAADI.R -SAFIR.F) Juin	18 – 20,15 (BENHALIMA. M- BAH.A.M) Mai	18,3 – 20,2 (BOUDJELLABA. D- DEHANE.D) Avril
	18,65 - 21,13 (REZGUI.H) Mai	15,5 – 17,1 (DJEBARA.Y- TALBI.Y) Novembre	17,5-20,4 (HAOUAS.K et RARRBO.A) Mai	

En comparaison avec les études faites durant les années précédentes, on remarque que les températures étaient proches de celles trouvées dans les études antérieures, qui diffèrent peuvent être expliquées par le fait que les mesures ont été prises dans des périodes différentes.

I.2 Le potentiel d’Hydrogène (pH)

Les valeurs du pH enregistrées dans la 1^{ère} campagne (période froide) sont plus élevés et variables par rapport à celles enregistrées dans la 2^{ème} campagne (période chaude).

La valeur maximale dans la 1^{ère} campagne est observée dans la station 8 (Zéralda) qui représente la valeur minimale pour la 2^{ème} campagne (figure 13).

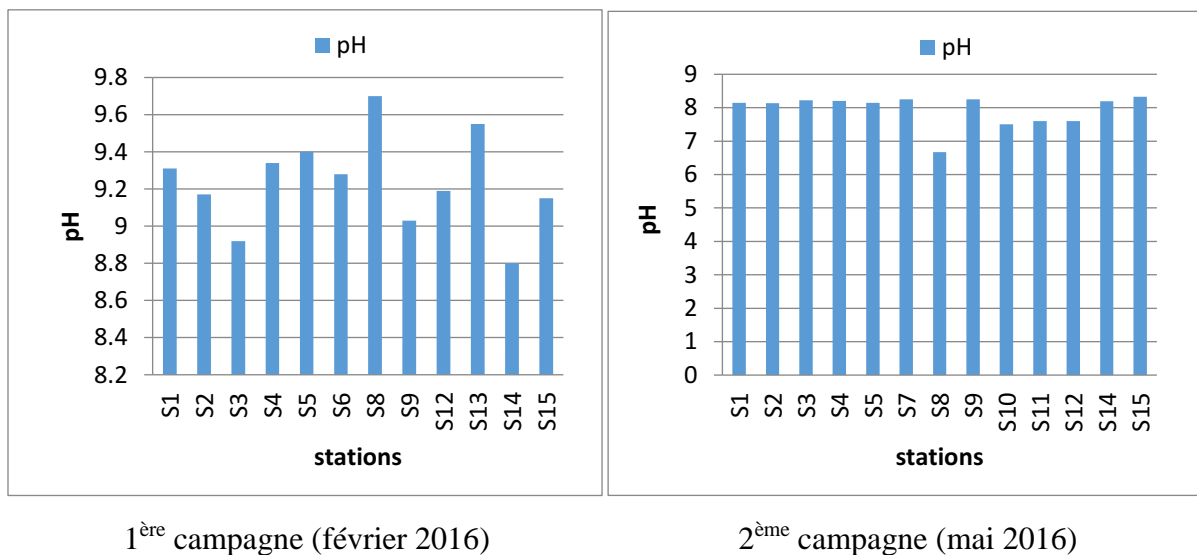


Figure (13) : Variations du pH dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl.

Le pH de l’eau de mer de la baie dans la 2^{ème} campagne est voisin de 8.2, indique que les zones sont conformes aux normes algériennes 2006, limitées entre 6,5 à 8,5. Les valeurs du pH se situent dans la bonne gamme d’activité des micro-organismes et favorisent aisément un traitement biologique, la variation entre les stations est faible.

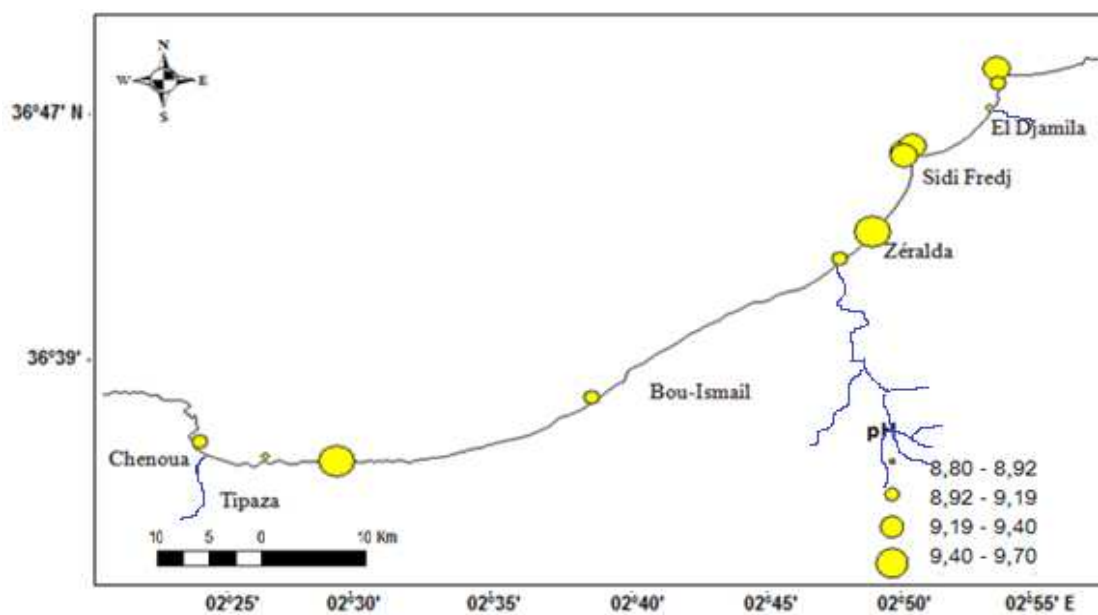


Figure (14): Distribution du pH dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016).

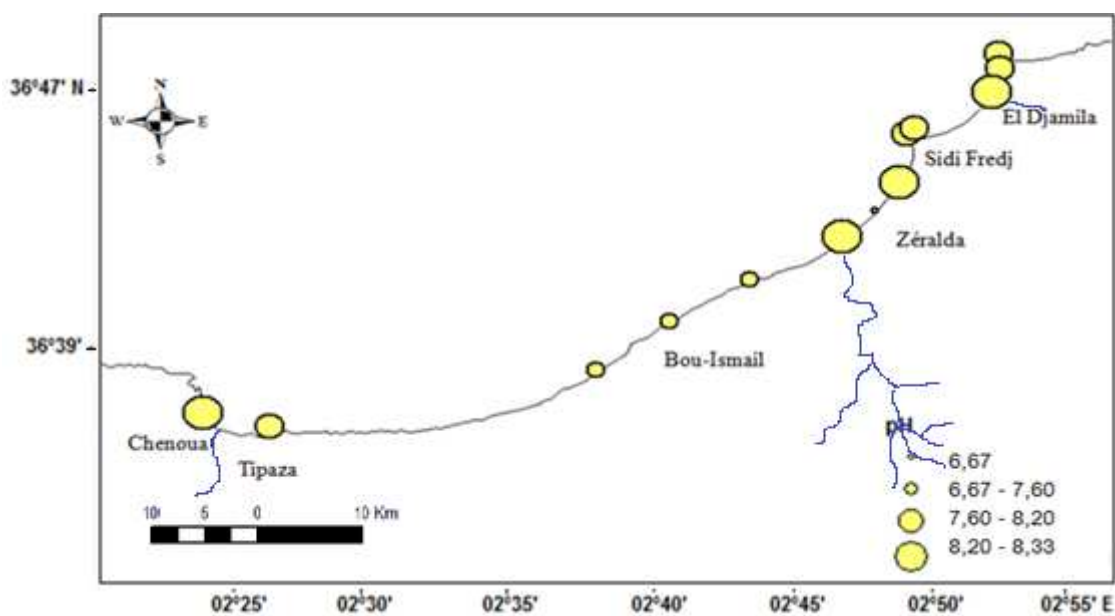


Figure (15) : Distribution du pH dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016).

Résultats et discussion

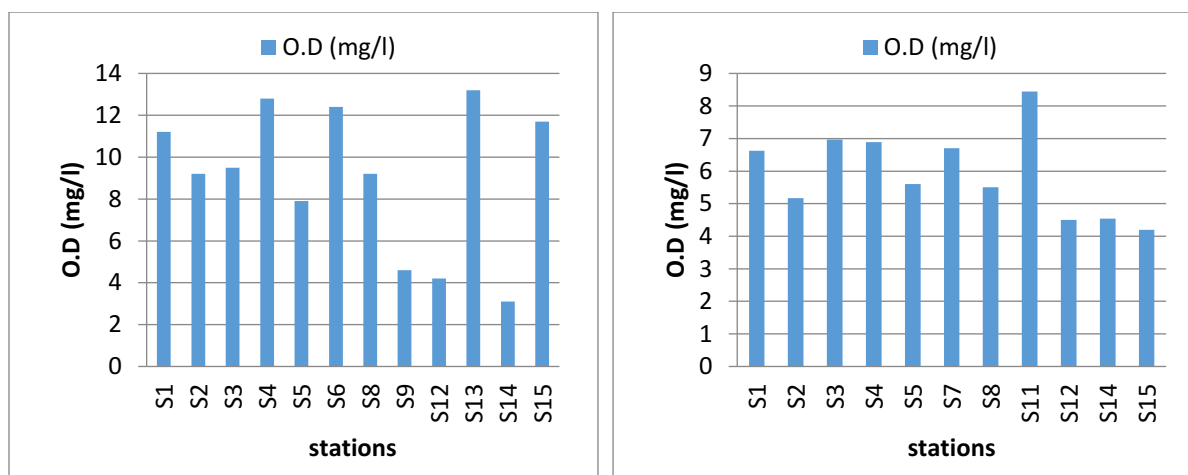
Tableau (5) : Tableau comparatif des pH obtenus dans les quatre dernières années.

	2015	2014	2013	2012
pH	7,74 - 8,25 (LASFER.B- LAOUICHA) Mai	7,47 – 8,12 (SAADIR - SAFIR.F) Juin	8,03 – 8,24 (BENHALIMA. M- BAHA.M) Mai	7,92 – 8,32 (BOUDJELLABA .D-DEHANE.D) Avril
	8,11 – 9,21 (REZGUI.H) Mai	8,2 – 8,27 (DJEBARA.Y- TALBI.Y) Novembre	8,05-8,22 (HAOUAS.K et RARRBO.A) Mai	

La variation du pH est due probablement aux apports d'eaux continentales et aux rejets Industriels, il est affecté par les processus naturels (renouvellement des eaux) qui déplacent les équilibres du système Carbonique, la poussée du phytoplancton, consommatrice de CO₂, ou la reminéralisations de la matière organique, productrice de CO₂ (Copin-Montégut, 1996).

I.3 L'Oxygène dissous

Les teneurs d'oxygène dissous dans la 1^{ère} campagne sont plus importantes que celle de la 2^{ème} campagne dont les plus élevées sont enregistrées aux niveaux des plages, (stations 13, 4, 6, 15 et 1) et les plus basses sont enregistrées aux niveaux des ports (stations 14 et 12) (figure 16).



1^{ère} campagne (février 2016)

2^{ème} campagne (mai 2016)

Figure (16): Variations de l'oxygène dissous (mg/l) dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl.

Les plus fortes teneurs en oxygène dissous peuvent être expliquées par la présence d'algues effectuant le phénomène de photosynthèse qui conduisent à la production de l'oxygène, les eaux sont en contact permanent avec celles de la baie ce qui permet leur renouvellement continu.

Résultats et discussion

Les teneurs minimales indiquent une intense consommation d'oxygène par le processus de reminéralisations de la matière organique en provenance des eaux usées, des entretiens des bateaux ainsi que la morphologie sableuse du fond.

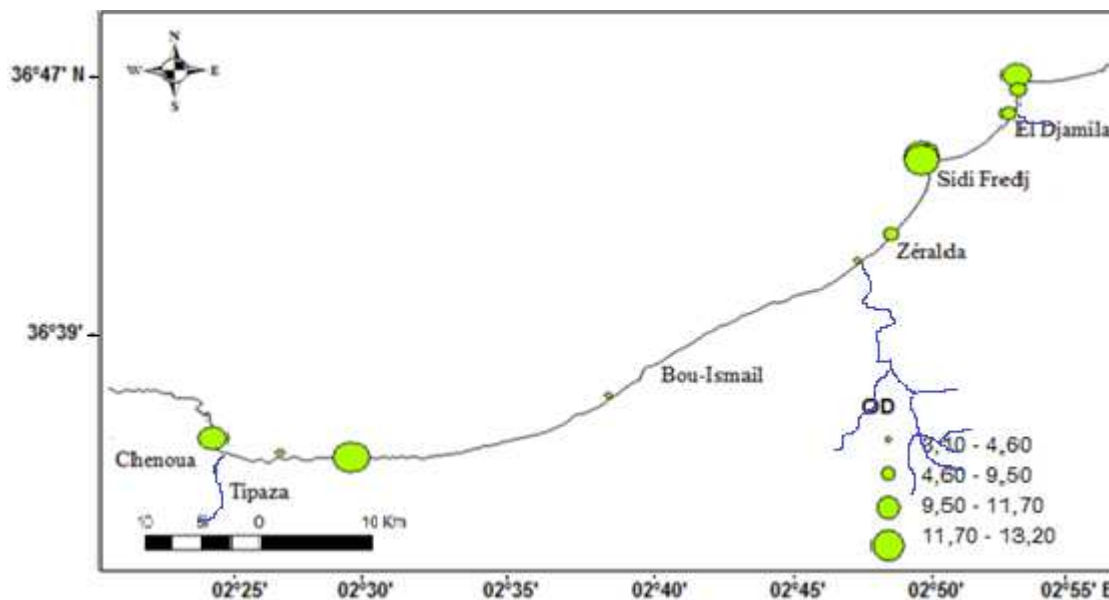


Figure (17) : Distribution de l'oxygène dissous dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016).

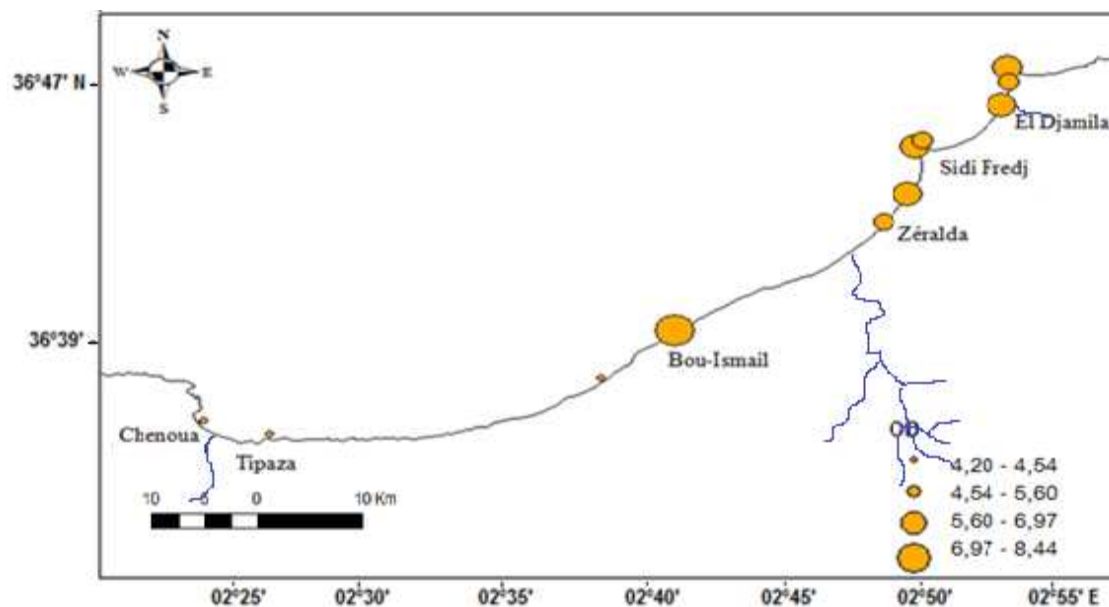


Figure (18) : Distribution de l'oxygène dissous dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016).

Résultats et discussion

Tableau (6) : Tableau comparatif des taux d'oxygène obtenus dans les trois dernières années.

	2015	2014	2013
OD (mg/l)	3,01 - 8,6 (LASFER.B - LAOUICHI.A) Mai	3,12 – 3,69 (SAADIR - SAFIR.F) Juin	3,1 – 4,3 (BENHALIMA.M - BAHA.M) Mai
	4,85 – 7,84 (REZGUI.H) Mai	4 – 10 (DJEBARA.Y- TALBI.Y) Novembre	4,9-10,2 (HAOUAS.K - RARRBO.A) Mai

D'après le tableau ci-dessus, nous trouvons que nos teneurs d'oxygènes dissous sont plus élevées que celles enregistrées dans les études précédentes. Cette élévation peut être justifiée par : la différence des périodes de mesures ainsi qu'au mouvement hydrodynamique.

I.4 La salinité

La salinité des eaux de surface dans la 1^{ère} campagne est plus importante que dans la 2^{ème} campagne. Les valeurs de salinité les plus faibles dans la 1^{ère} campagne sont enregistrées au niveau des stations 3 et 9 respectivement, embouchures de l'oued Béni Messous et Mazafran (figure 19).

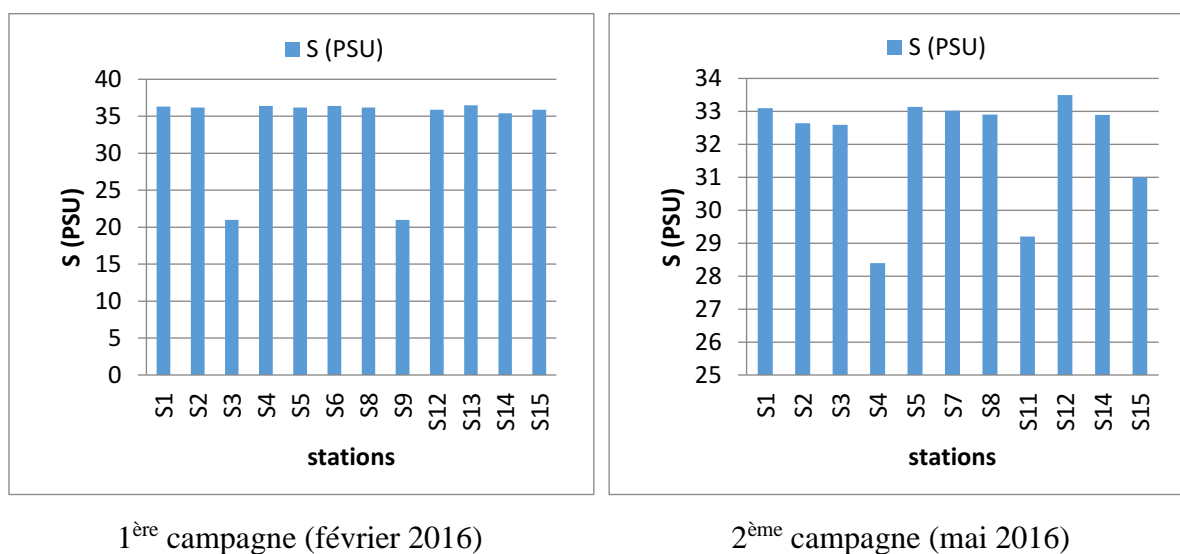


Figure (19) : Variations de la salinité (PSU) dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl.

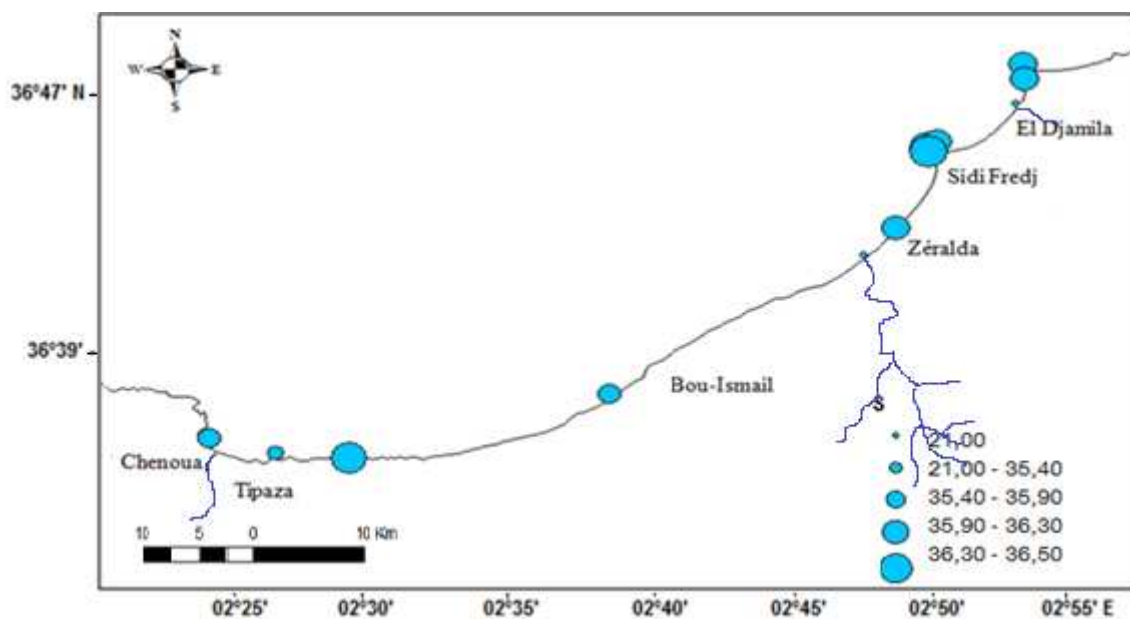


Figure (20) : Distribution de la salinité dans les eaux de surface du littoral de la Baie de Bou-Ismaïl (février 2016).

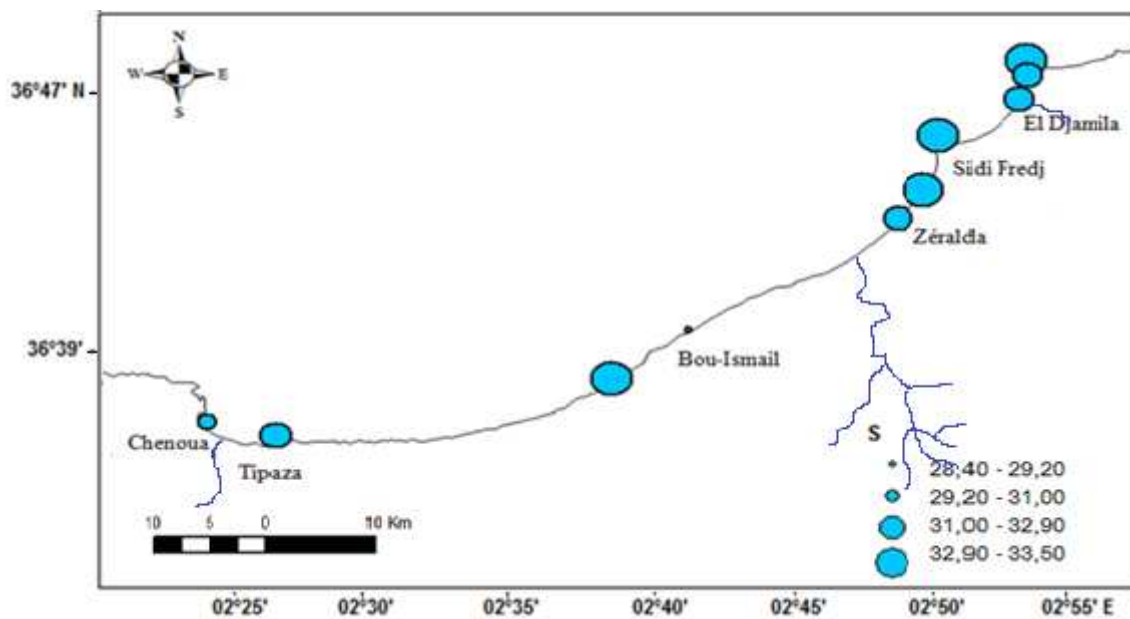


Figure (21) : Distribution de la salinité dans les eaux de surface du littoral de la Baie de Bou-Ismaïl (mai 2016).

Tableau (7) : Tableau comparatif des valeurs de salinité obtenues dans les quatre dernières années.

	2015	2014	2013	2012
S % (PSU)	21,6 - 36,5 (LASFER.B - LAOUICHI.A) Mai	36,85 – 37,34 (SAADI.R- SAFIR.F) Juin	30,6 – 35,6 (BENHALIMA.M - BAHA.M) Mai	34,4 – 36,6 (BOUDJELLABA. D-DEHANE.D) Avril
	33,52-36,83 (SENOUCL.K) Mai	36,36 – 36,82 (DJEBARA.Y- TALBI.Y) Novembre	29,1-38,8 (HAOUAS.K - RARRBO.A) Mai	

En comparant nos résultats (de la 1^{ère} campagne) avec ceux obtenus dans plusieurs études des quatre dernières années, on remarque que nos valeurs de salinité sont plus proches de celles obtenues en 2015 et sont par contre plus faibles que celles trouvées dans les trois années d’avant.

II. Variation des paramètres mesurés au laboratoire

II.1 Les matières en suspension (MES)

Les valeurs des MES obtenues au niveau des stations étudiées dans la baie de Bou-Ismaïl sont représentées dans l’annexe IV.1.

Les concentrations en MES dans la 1^{ère} campagne sont plus élevées par rapport à celles de la 2^{ème} campagne. La valeur maximale est enregistrée au niveau de la station 15 (Chenoua) pour les deux campagnes (figure 22).

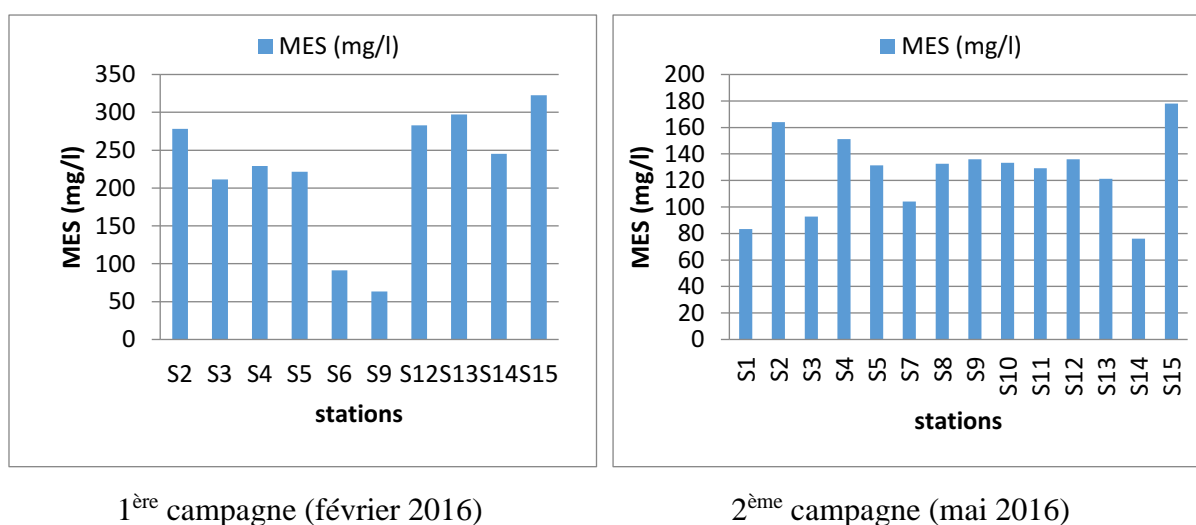


Figure (22): Variations des matières en suspension dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl.

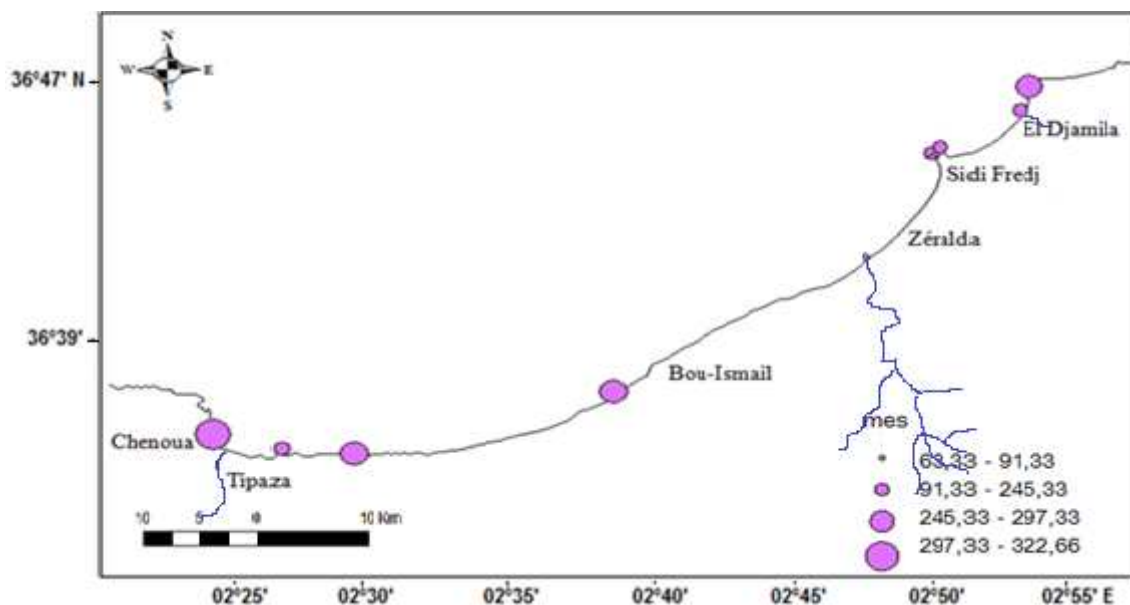


Figure (23): Distribution des MES dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016).

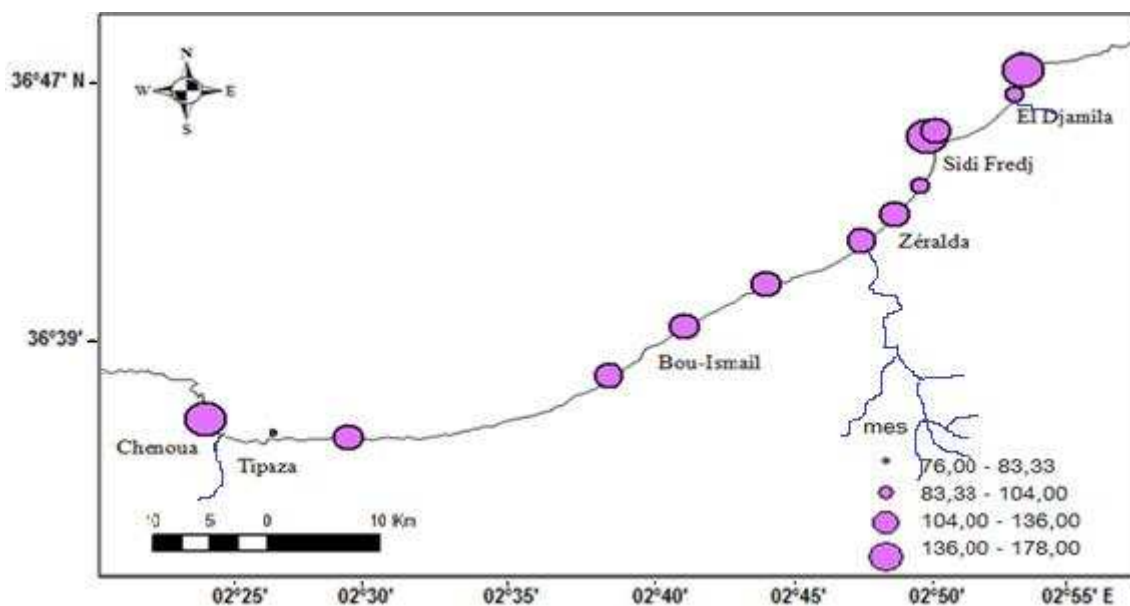


Figure (24): Distribution des MES dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016).

Les teneurs en MES les plus marquées sont dues à la période de prélèvement (froide) où il y'avait agitation des eaux ainsi qu'au courant qui empêche la sédimentation des MES. Il est bien connu aussi que les eaux usées représentent la source la plus importante des MES en milieu marin.

Tableau (8): Tableau comparatif des concentrations en MES obtenues dans les quatre dernières années.

	2015	2014	2013	2012
MES (mg/l)	37,6 – 59,48 (LASFER.B - LAOUICHLA) Mai	61,6 – 216,8 (DJEBARA.Y - TALBI.Y) Novembre	16,52 – 121,2 (BENHALIMA. M - BAHAM) Mai	87,5-804,23 (BOUDJEMAL.N - BOUGHELLA.M) Mai

II.2 La matière organique dans l’eau de mer (MO)

Les valeurs des MO obtenues sont représentées dans l’annexe IV.2.

La quantité de matière organique dans la 1^{ère} campagne est maximale au niveau de la station 3 (Embouchure de Béni Messous) qui se trouve près des rejets qui favorisent la décomposition de la matière d’origine animale ou végétale sous l’influence des micro-organismes (figure 25).

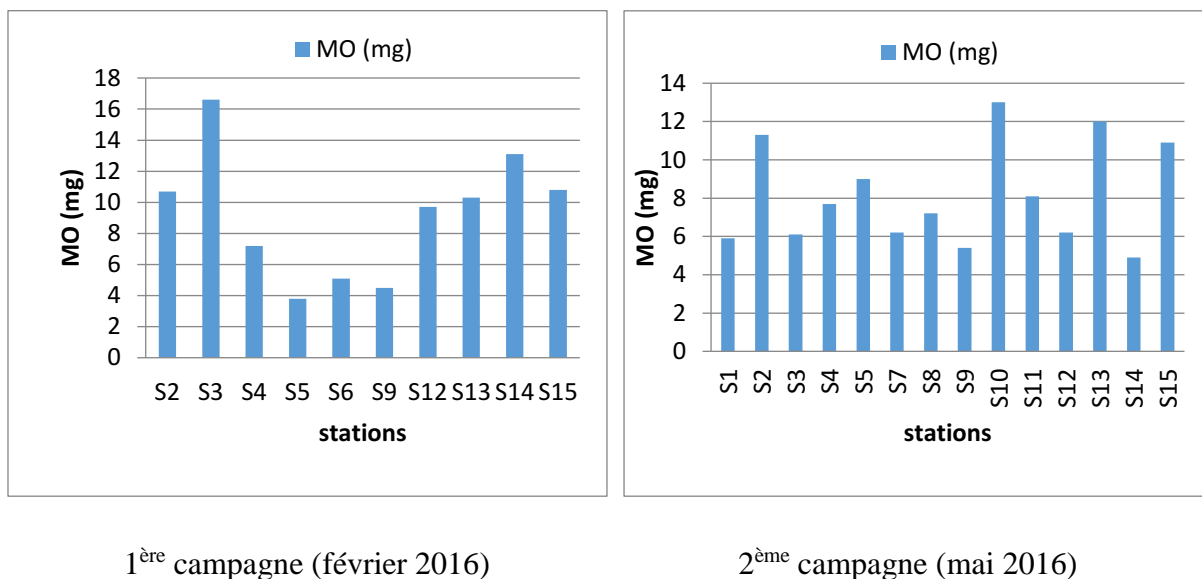


Figure (25): Variations de la matière organique dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl.

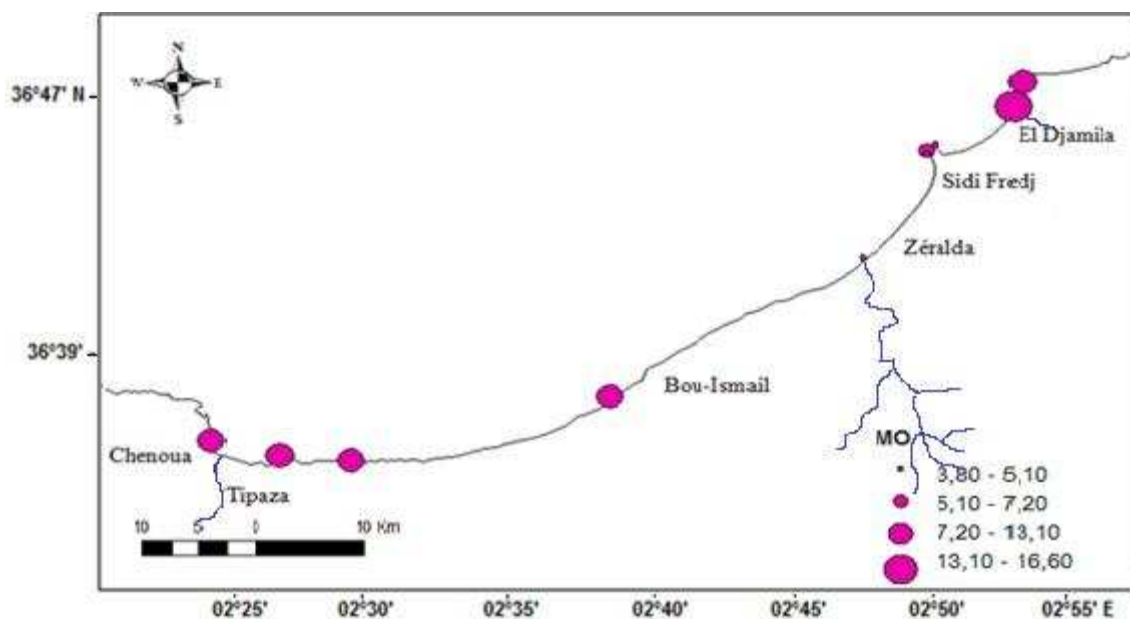


Figure (26): Distribution des matières organiques dans les eaux de surfaces du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016).

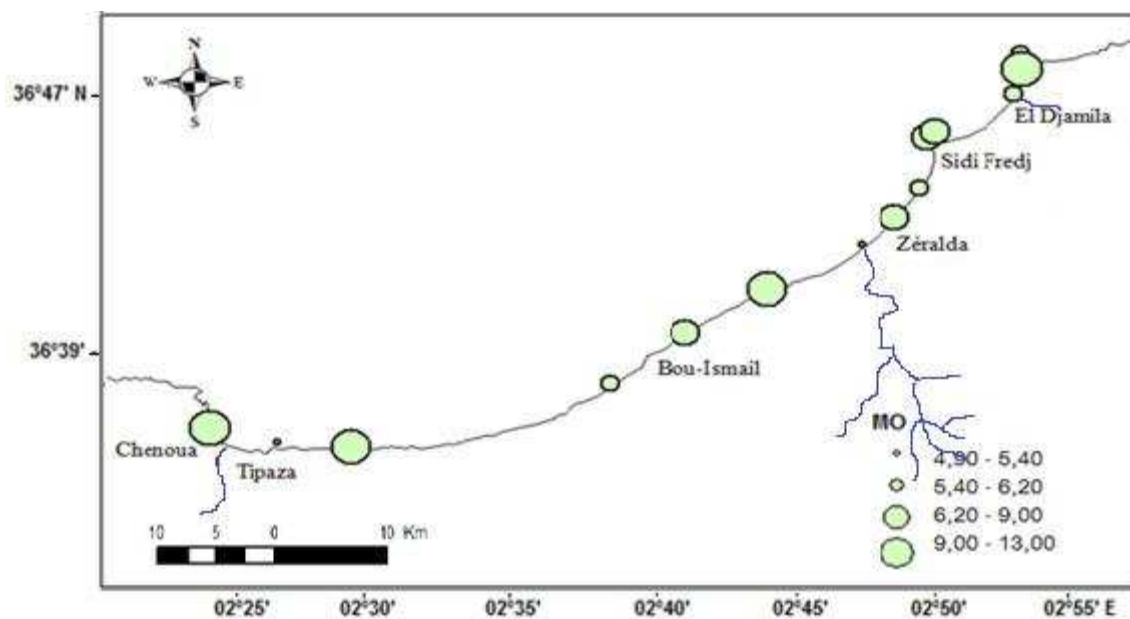


Figure (27): Distribution des matières organiques dans les eaux de surfaces du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016).

La forte concentration en MO peut être expliquée par la remise en suspension des particules organiques sédimentées qui n'ont pas suffisamment de temps pour s'oxyder à cause de la faible profondeur. Ainsi les déchets générés par l'activité humaine.

Résultats et discussion

Tableau (9): Tableau comparatif des concentrations en MO obtenues dans les études antérieures.

	2015	2014	2012
MO (mg)	5,22 – 52,82 (LASFER.B - LAOUICHLA) Mai	0,11 – 0,20 (SAADIR - SAFIR.F) Juin	2,55 - 40 (BOUDJEMAL.N - BOUGHELLA.M) Mai
		0,074 – 0,289 (DJEBARA.Y - TALBI.Y) Novembre	

II.3 Variation des sels nutritifs

Les résultats obtenus des sels nutritifs dans les stations étudiées sont représentés dans l'annexe IV.3.

Les tableaux ci-dessous nous montrent les concentrations minimales et maximales des sels nutritifs dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl dans les deux campagnes:

Tableau (10): Valeurs extrêmes et moyennes et l'écart type des sels nutritifs des eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl (1^{ère} campagne).

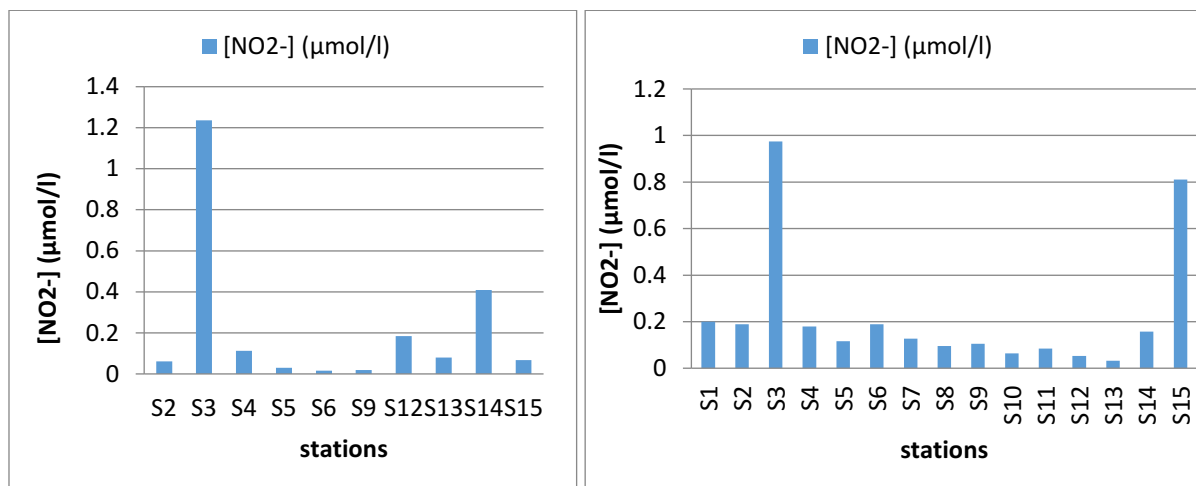
	[NO ₂ ⁻] (µmol/l)	[NO ₃ ⁻] (µmol/l)	[PO ₄ ³⁻] (µmol/l)	[SiO ₂ ⁻] (µmol/l)
Minimum	0,0161	0,05416	0,0568	0,6505
Maximum	1,2361	1,46604	1,8187	9,3709
Moyenne	0,2827	0,2215	0,5249	3,4374
Ecart type	0,4398	0,3751	0,6740	3,0797

Tableau (11): Valeurs extrêmes et moyennes et l'écart type des sels nutritifs des eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl (2^{ème} campagne).

	[NO ₂ ⁻] (µmol/l)	[NO ₃ ⁻] (µmol/l)	[PO ₄ ³⁻] (µmol/l)	[SiO ₂ ⁻] (µmol/l)
Minimum	0,0494	0,0316	0,0646	1,0703
Maximum	1,1424	0,9744	3,5321	16,4656
Moyenne	0,2795	0,2250	0,6604	3,3474
Ecart type	0,3094	0,2778	0,9930	4,6568

II.3.1. Variation des nitrites NO_2^-

Les concentrations maximales en nitrite sont situées au niveau de la station 3 (embouchure de Béni Messous) pour les deux campagnes (figure 28).



1^{ère} campagne (février 2016)

2^{ème} campagne (mai 2016)

Figure (28): Variations des nitrites ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface de la baie Bou-Ismail.

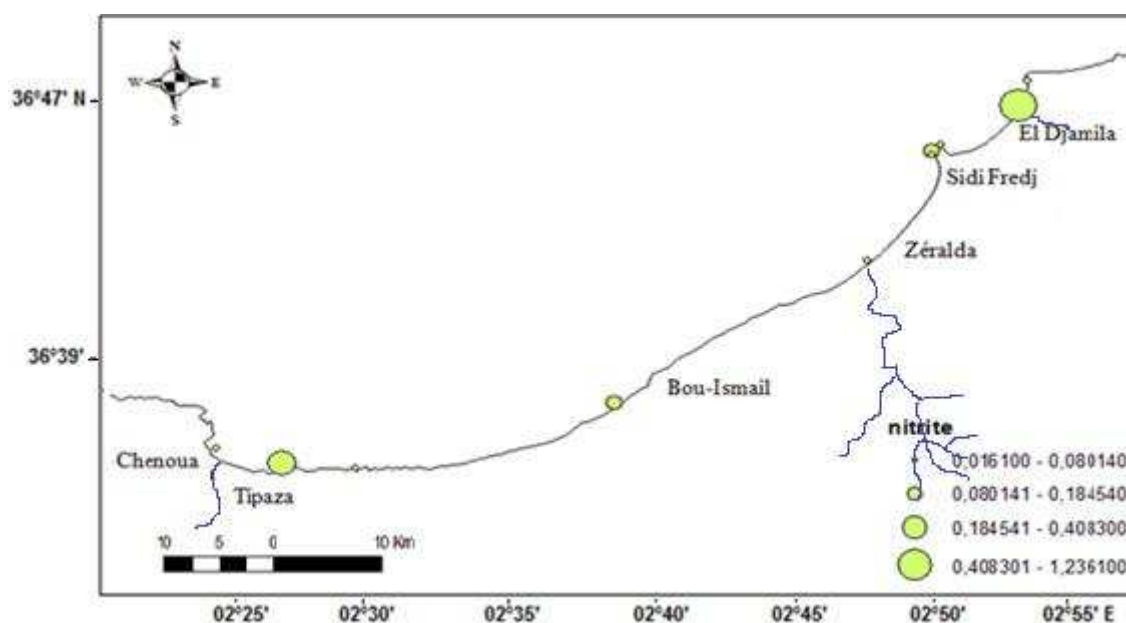


Figure (29) : Distribution des nitrites ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface du littoral de la baie Bou-Ismaïl (février 2016).

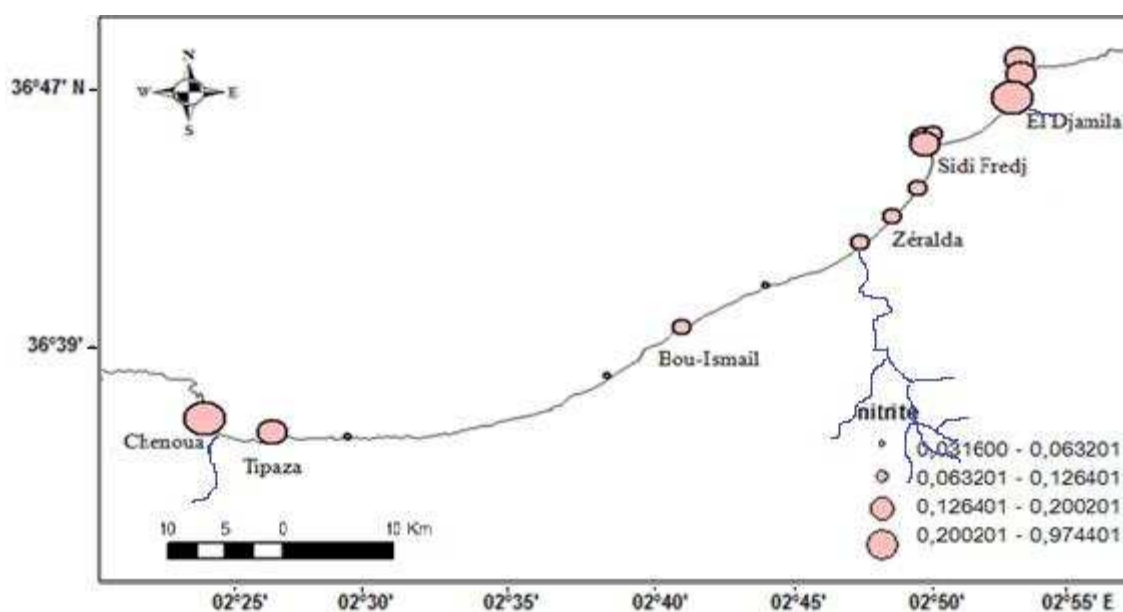
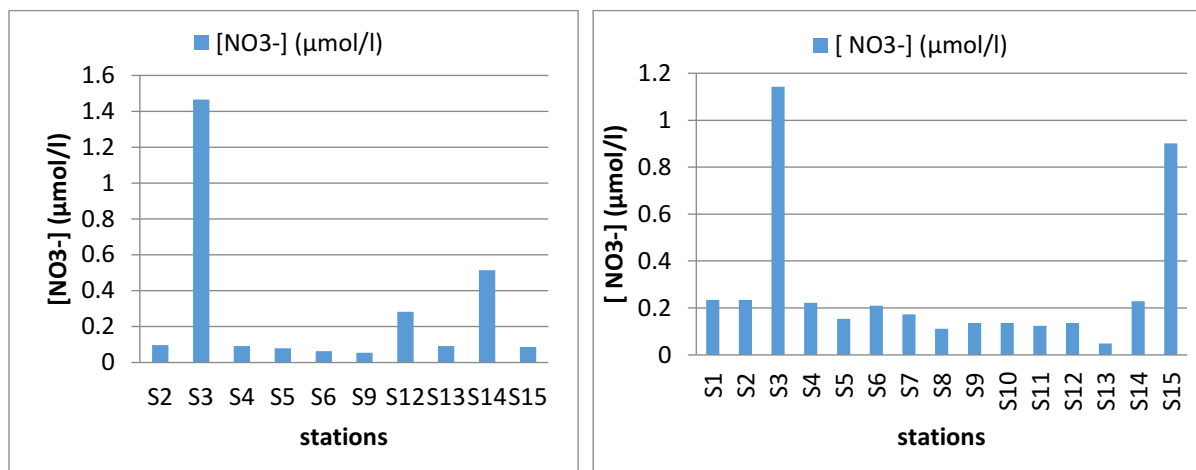


Figure (30) : Distribution des nitrites ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface du littoral de la baie Bou-Ismaïl (mai 2016).

Les teneurs sont relativement élevées en nitrites (S3) et sont attribuées soit à l'apport de substance organique ou non organique par l'égout, soit à la formation des nitrites à partir de la dégradation de la matière organique issue de la charge polluante des eaux usées.

II.3.2. Variation des nitrates NO_3^-

Comme pour les nitrites, Les valeurs des nitrates les plus importantes sont enregistrées au niveau de la station 3 (embouchure de Béni Messous) pour les deux campagnes (figure 31).



1^{ère} campagne (février 2016)

2^{ème} campagne (mai 2016)

Figure (31) : Variations des nitrates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismail.

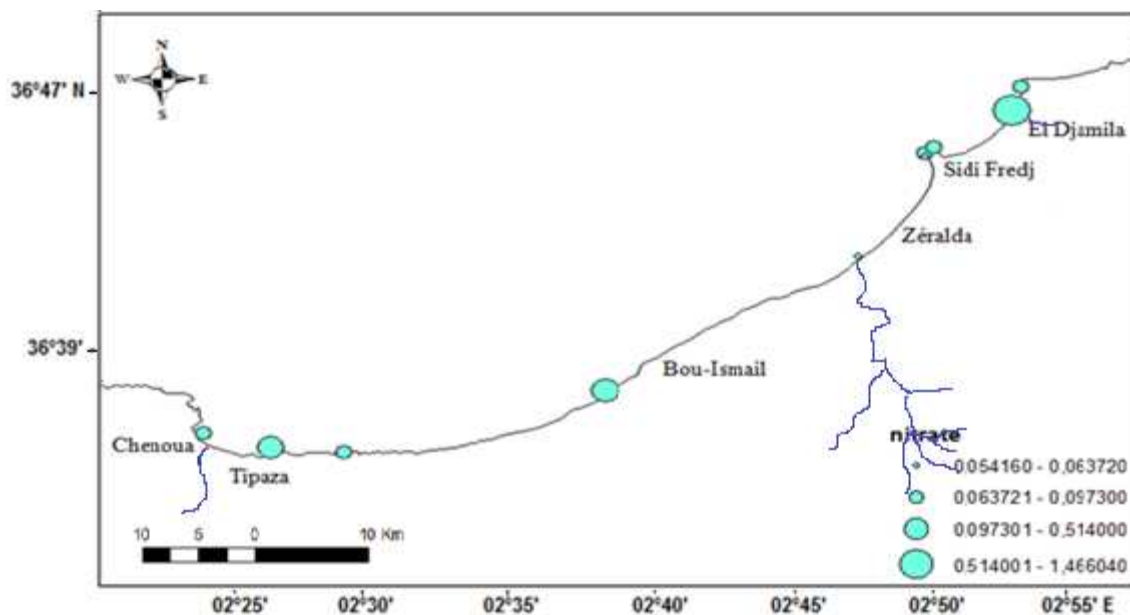


Figure (32): Distribution des nitrates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface du littoral de la baie Bou-Ismaïl (février 2016).

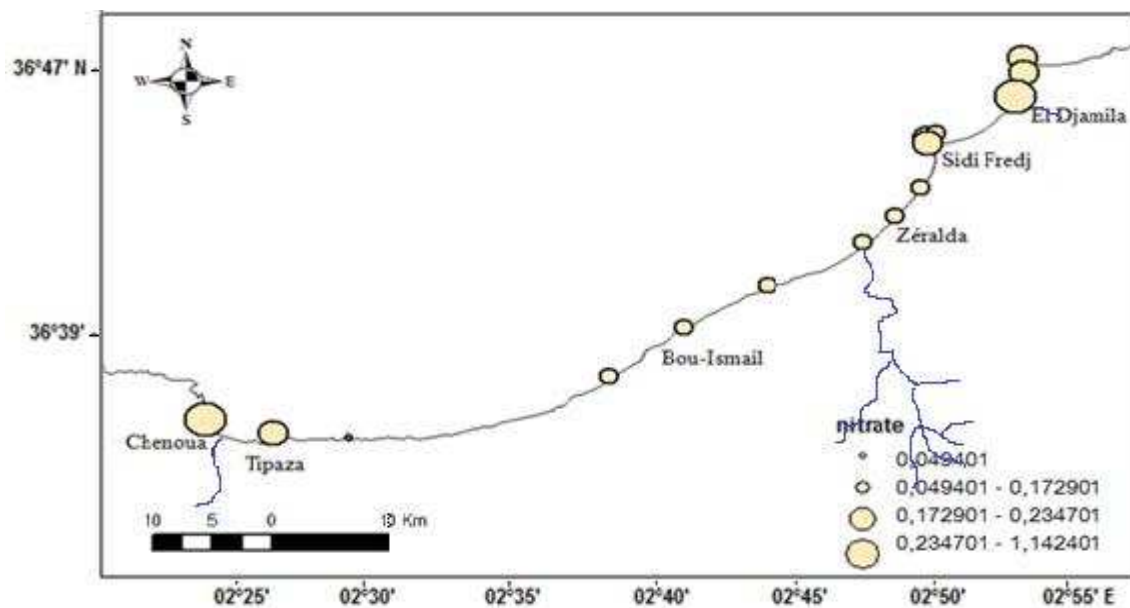


Figure (33): Distribution des nitrates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface du littoral de la baie Bou-Ismaïl (mai 2016).

II.3.3. Variation des silicates SiO_2^-

Les teneurs des silicates dans la 2^{ème} campagne sont plus importantes que celles enregistrées dans la 1^{ère} campagne. Dans la 1^{ère} campagne les concentrations en silicate dissoute les plus élevées sont enregistrées dans les trois stations 14 (Port de Tipaza), 9 et 3 (embouchure de Mazafran et Béni Messous), et dans la 2^{ème} campagne les fortes teneurs se situent au niveau de la station 15 (Chenoua) et la station 12 (port de Bou-Haroun) (figure 34).

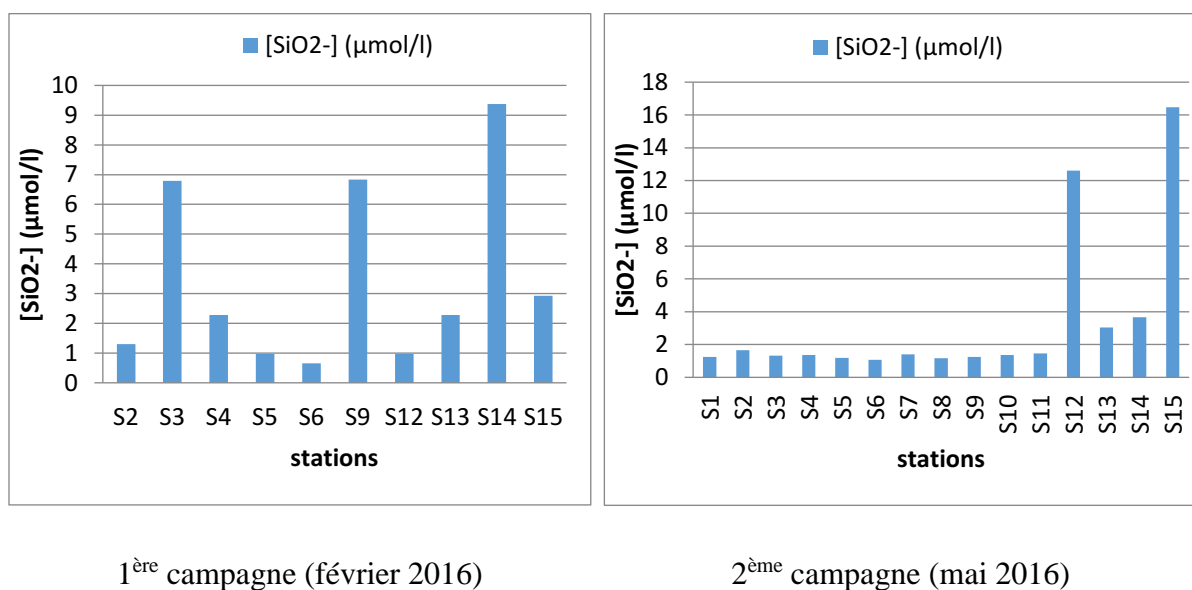


Figure (34): Variations des silicates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismail.

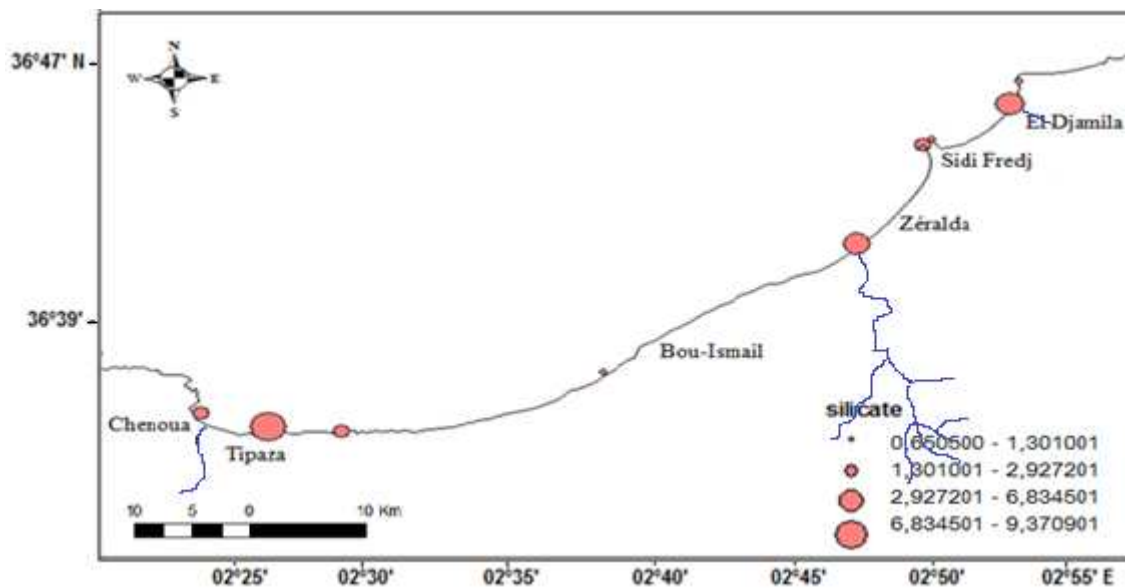


Figure (35) : Distribution des silicates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface du littoral de la baie Bou-Ismaïl (février 2016).

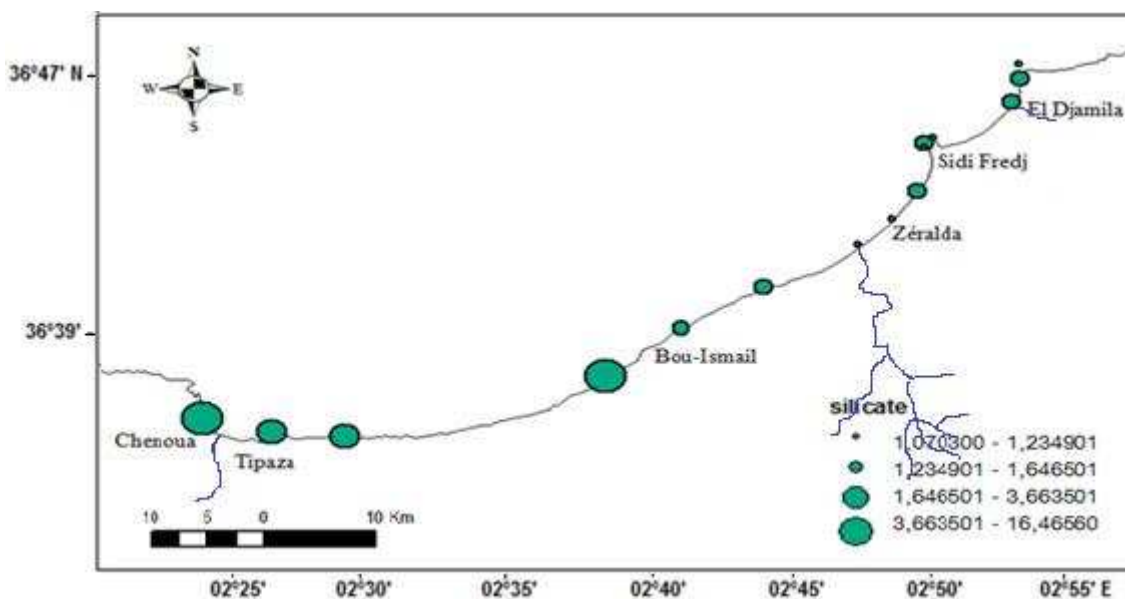


Figure (36): Distribution des silicates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface du littoral de la baie Bou-Ismaïl (mai 2016).

Cela a une relation avec les apports côtiers et celui des rejets qui se trouve à l'intérieur des port et les embouchures des oueds et/ou encore avec la dissolution des tests siliciques et la diffusion à partir des sédiments marins.

II.3.4. Variations des Orthophosphates PO_4^{3-}

Les concentrations en orthophosphates dans la 2^{ème} campagne sont plus importantes que celles de la 1^{ère} campagne. Dans la 1^{ère} campagne les teneurs maximales sont enregistrées dans les embouchures des oueds (station 9 : Mazafran et station 3 : Béni Messous), et dans la 2^{ème} campagne la valeur maximale est aussi située au niveau de la station 3 (embouchure de oued Béni Messous) (figure 37).

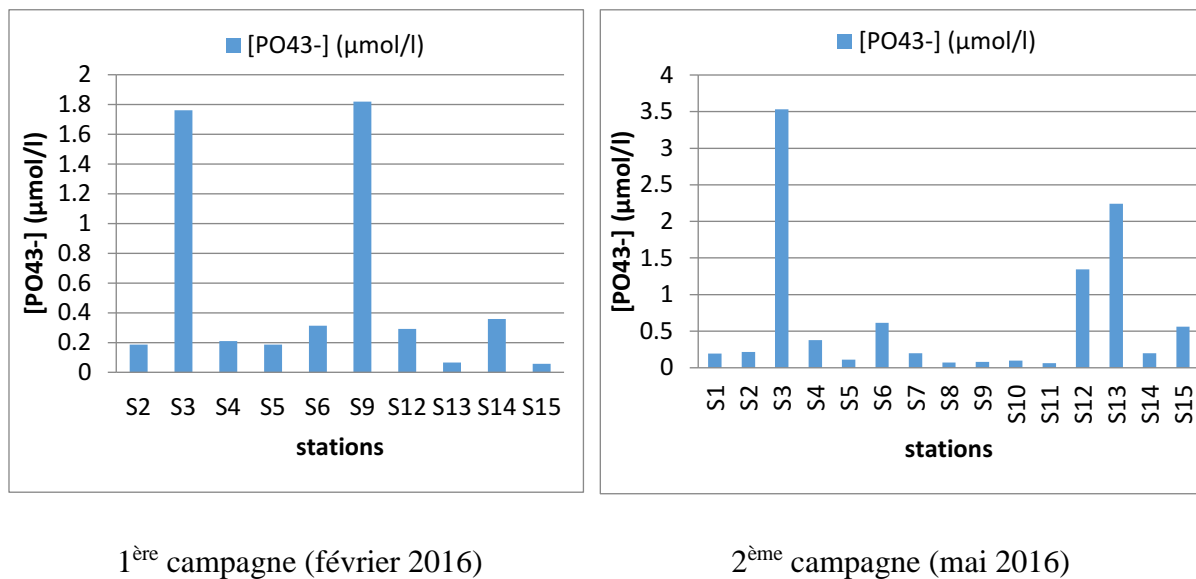


Figure (37) : Variations des orthophosphates ($\mu\text{mol/l}$) dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl.

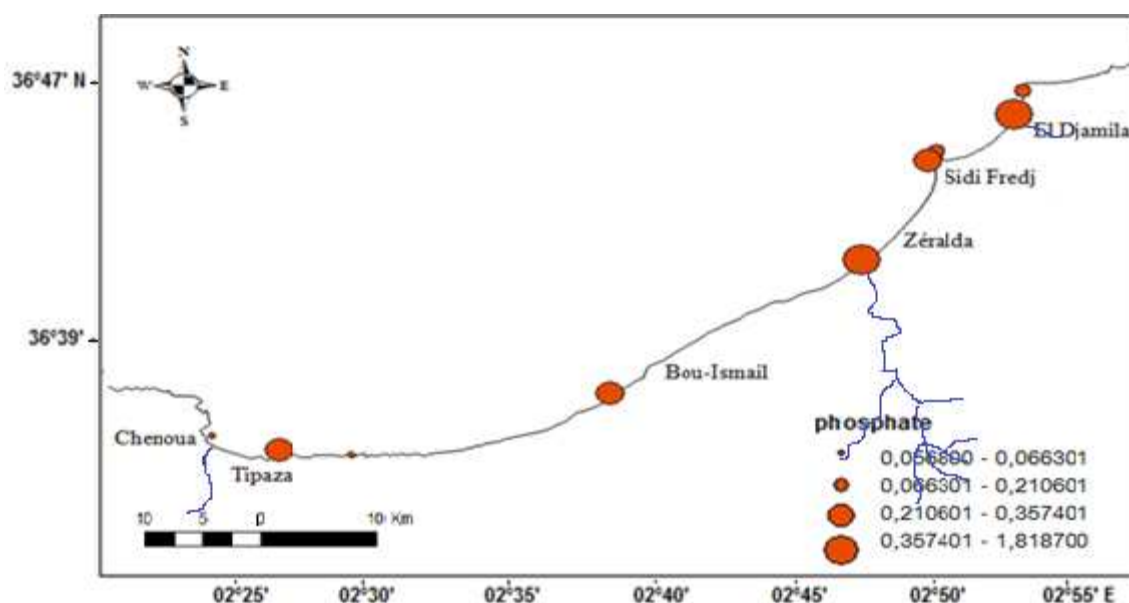


Figure (38): Distribution des Orthophosphates dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016).

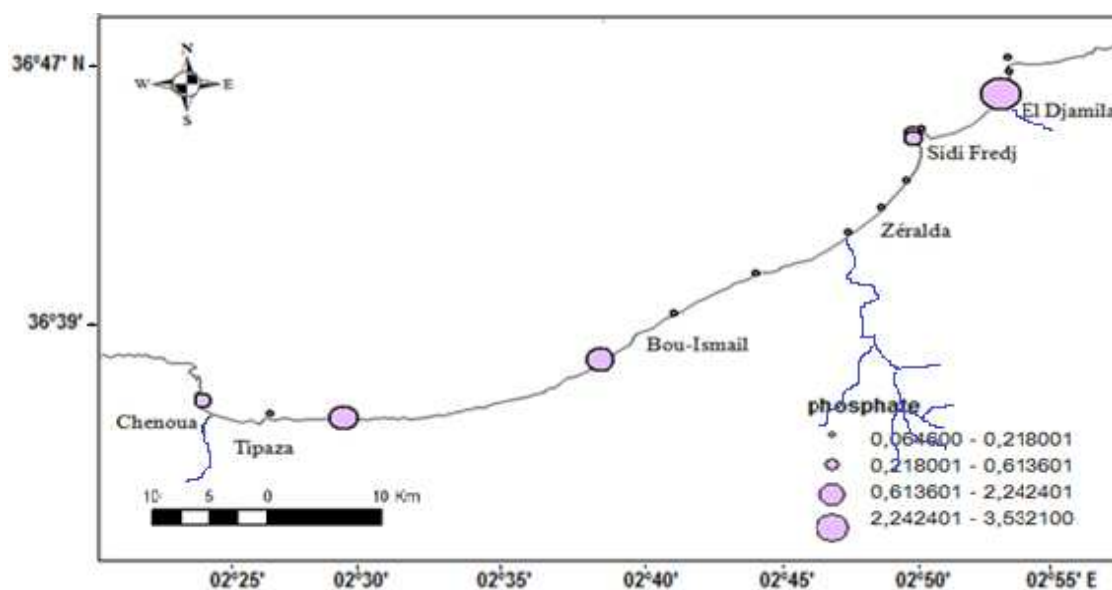


Figure (39): Distribution des Orthophosphates dans les eaux de surface du littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016).

Les concentrations les plus élevées (S9, S3, S13 et S12) sont dues aux apports continentaux et les rejets industriels (industrie agro-alimentaire, laveries, travaux d'entretien des bateaux..) et domestiques.

Les faibles concentrations peuvent être expliquées par la consommation d'orthophosphates par le phytoplancton et/ou probablement ils sont retenus directement dans le sédiment.

Tableau (12) : Tableau comparatif des sels nutritifs obtenus dans les années précédentes.

paramètres		2015	2013	2012
Sels nutritifs	Nitrites (µmol/l)	0,0240 – 0,9305 (LASFER.B-LAOUICHI.A)		0,0079-0,9323 (BOUDJEMAL.N - BOUGHELLA.M)
	Nitrates (µmol/l)	0,0253 – 2,5531 (LASFER.B-LAOUICHI.A)	2,06 – 4,61 (BENHALIMA.M - BAHA.M)	0,0224-0,9019 (BOUDJEMAL.N - BOUGHELLA.M)
	Phosphates (µmol/l)	0,0422 - 3,8660 (LASFER.B-LAOUICHI.A)	0,97 – 5,08 (BENHALIMA.M - BAHA.M)	0,0568-0,6733 (BOUDJEMAL.N - BOUGHELLA.M)
	Silicates (µmol/l)	0,8190 – 91,3979 (LASFER.B-LAOUICHI.A)	3,18 – 9,73 (BENHALIMA.M - BAHA.M)	0,3308-52,801 (BOUDJEMAL.N - BOUGHELLA.M)

II.4 Résultats et interprétation de l'analyse granulométrique

II.4.1 La fraction pélitique

Les résultats de la fraction fine obtenus dans notre zone d'étude sont mentionnés dans l'annexe IV.5.

Les pourcentages des pélites sont plus élevés dans la 1^{ère} campagne que dans la 2^{ème} campagne, la valeur maximale dans la 1^{ère} campagne se situe à la station 14 (Port de Tipaza) due peut être au faible gradient de courant à l'intérieur des bassins donc la stagnation des eaux, et dans la 2^{ème} campagne se situe dans la station 15 (Chenoua), tant dit que les taux les plus faibles (S3, S9, S11et S13) sont dus à un gradient élevé du courant (figure 40). On constate alors que la présence ou l'absence des pélites est conditionné à la puissance du courant.

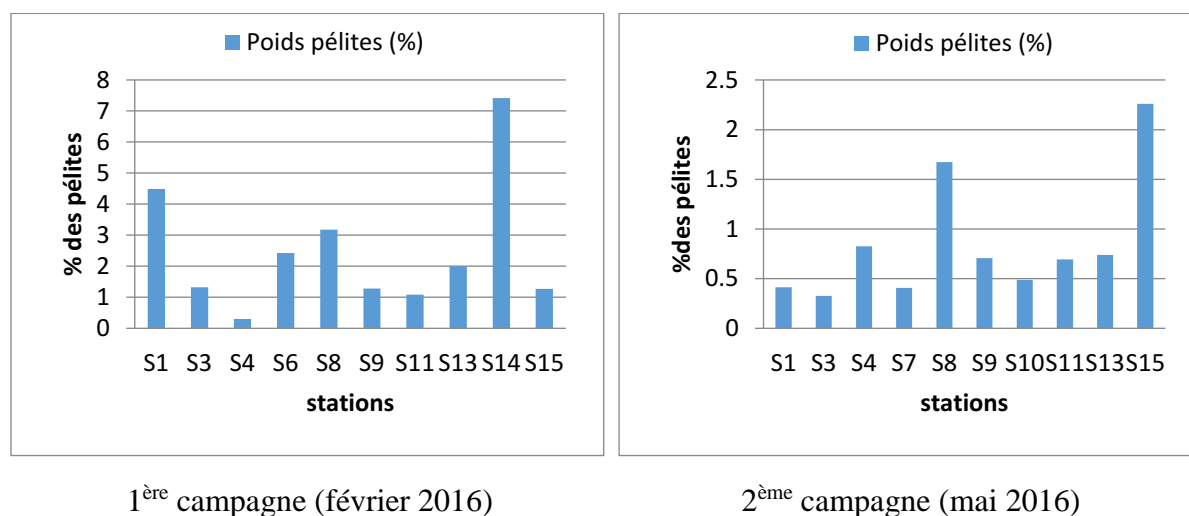


Figure (40) : Variation des taux de pélitite (%) dans les sédiments du trait de côte de la baie de Bou-Ismaïl.

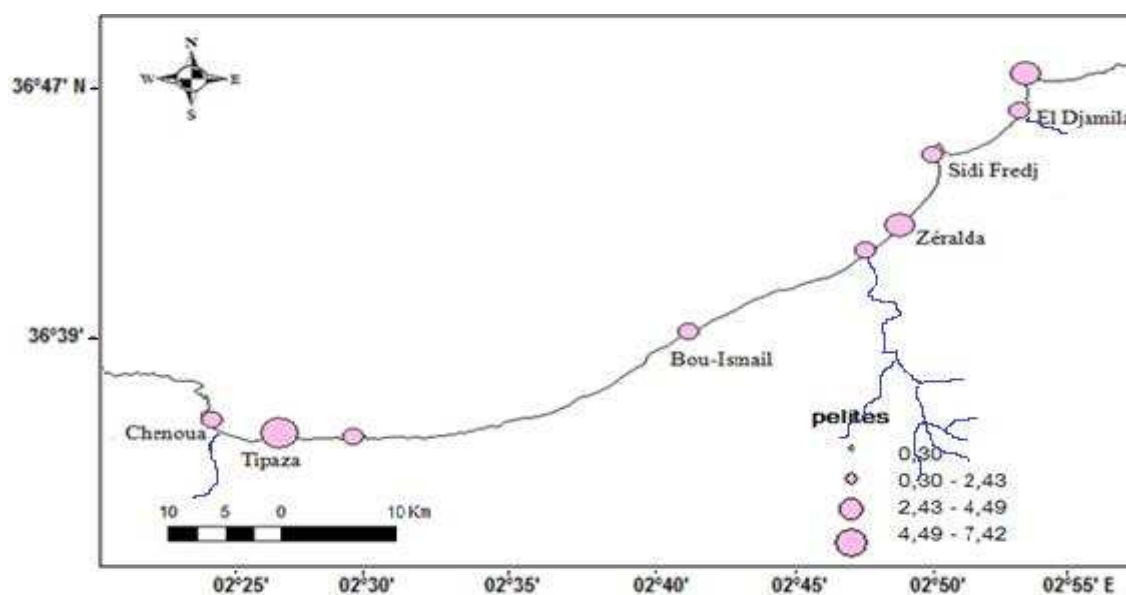


Figure (41) : Distribution de la fraction pélitique dans les sédiments du trait de côte de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016).

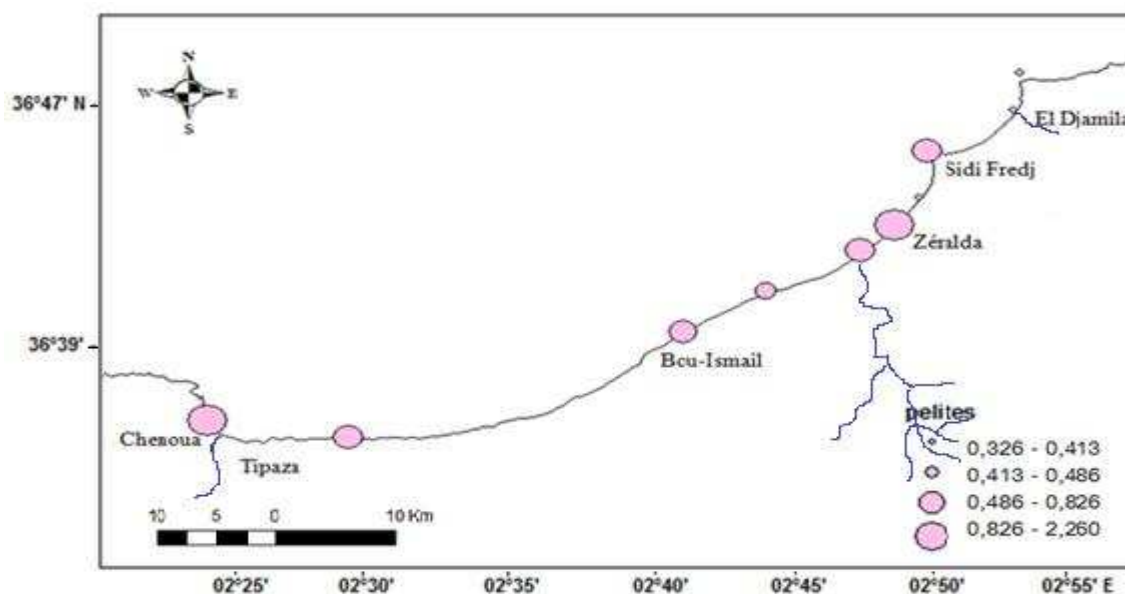


Figure (42) : Distribution de la fraction pélitique dans les sédiments du trait de côte de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016).

II.4.2 La fraction grossière

Les résultats de la fraction grossière sont mentionnés dans l'annexe IV.6 (tableaux des refus 15 et 16, avec leurs courbes cumulatives et histogrammes a et b).

II.4.2.1 Indice granulométrique

Les résultats des indices granulométriques obtenus des différentes stations sont représentés dans l'annexe IV.6 (tableaux 17 et 18).

a. Le quartile inférieur (Q25)

Les valeurs de Q25 dans la 1^{ère} campagne varient de 164 μm à 1254 μm dont la valeur maximale se situe à la station 13 (l'anse de Kouali) et la valeur minimale est située au niveau de la station 4 (plage Est de Sidi Fredj) (figure 43).

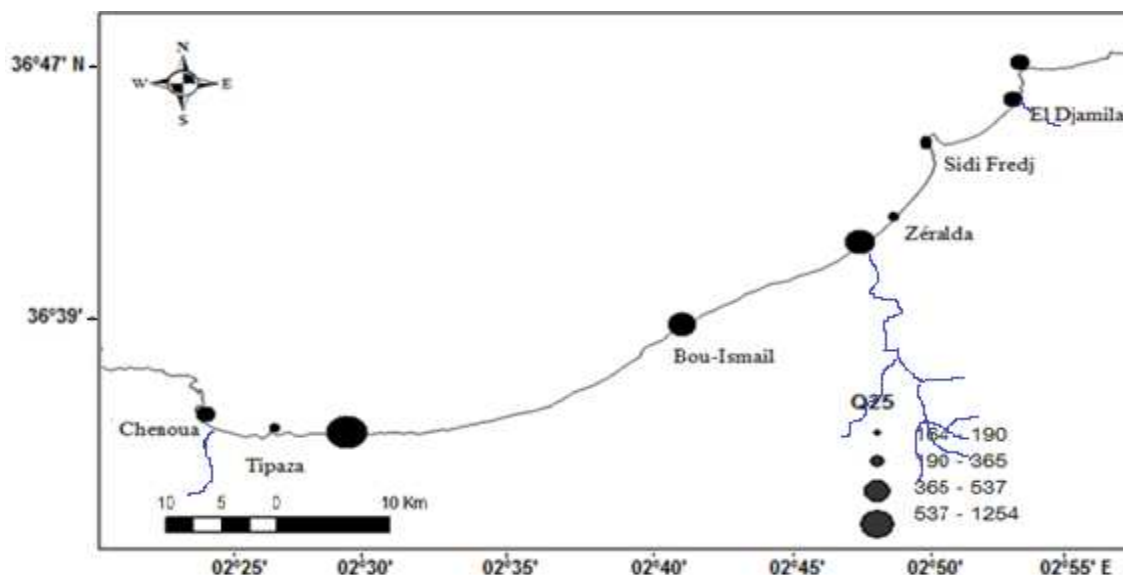


Figure (43): Distribution du quartile inférieur sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016)

Dans la 2^{ème} campagne le Q25 maximum se situe à la station 9 (Mazafran) avec 1751 μm et le minimum comme pour la 1^{ère} campagne se situe à la station 4 (plage Est de Sidi Fredj) avec 141 μm (figure 44).

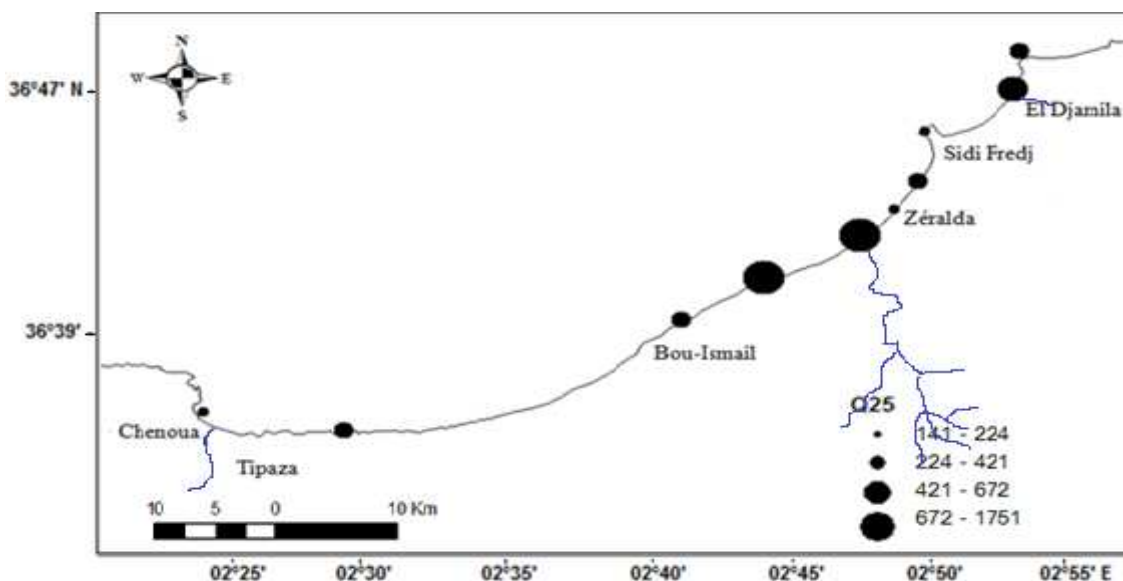


Figure (44) : Distribution du quartile inférieur sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016).

b. La médiane (Q50)

Dans la 1^{ère} campagne la distribution du Q50 varie de 172 μm à 1688 μm , les valeurs minimale et maximale se situent comme pour Q25 (1^{ère} campagne) respectivement dans les stations 4 (plage Est de Sidi Fredj) et 13 (anse de Kouali) (figure 45)

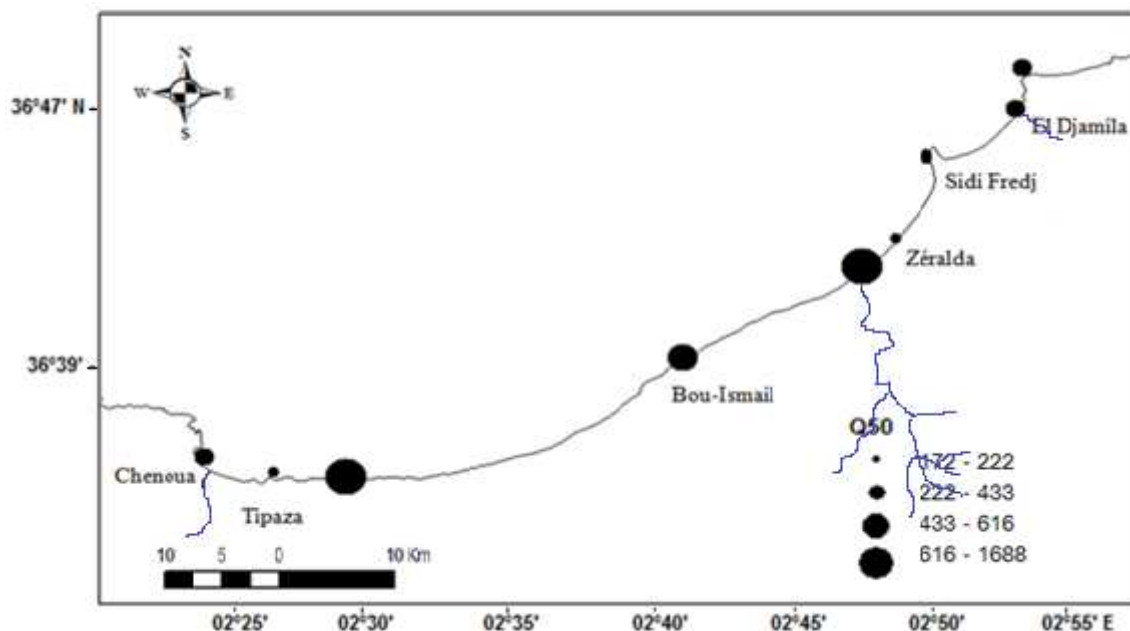


Figure (45): Distribution de la médiane dans le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016)

Dans la 2^{ème} campagne la médiane varie entre 152 μm et 1881 μm , comme pour le Q25 les valeurs maximale et minimale se situent au niveau des stations 9 (Mazafran) et 4 (plage Est de Sidi Fredj) (figure 46).

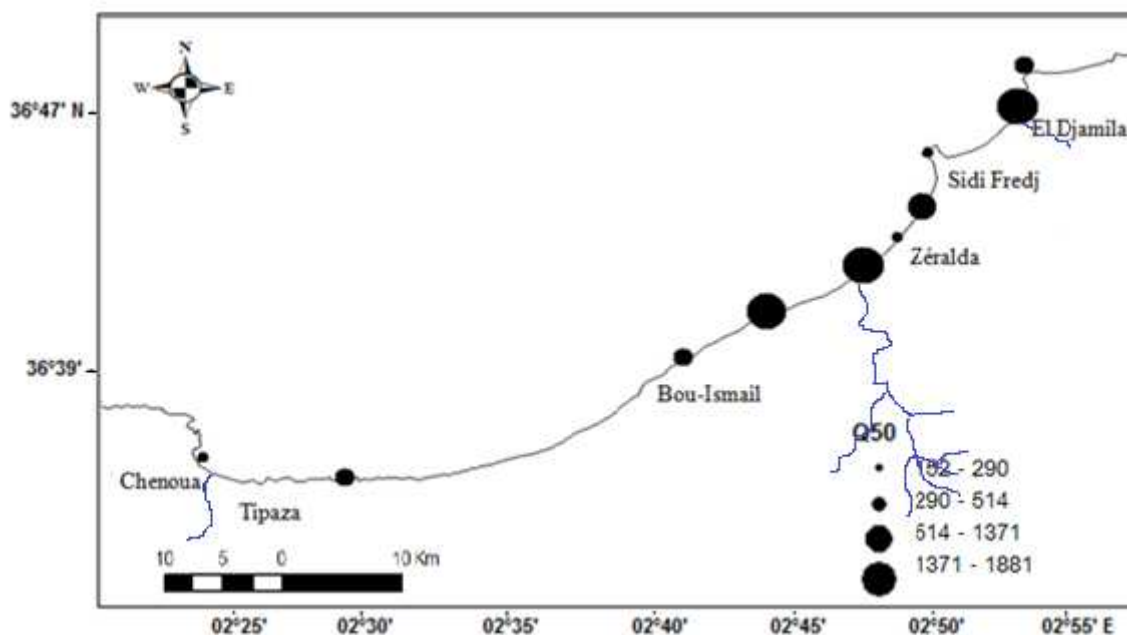


Figure (46): Distribution de la médiane dans le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016).

c. Le quartile supérieur (Q75)

La distribution du Q75 dans la 1^{ère} campagne varie de 196 μm à 1919 μm , la valeur maximale est au niveau de la station 9 (Mazafran) et la minime est au niveau de la station 4 (plage Est de Sidi Fredj) (figure 47).

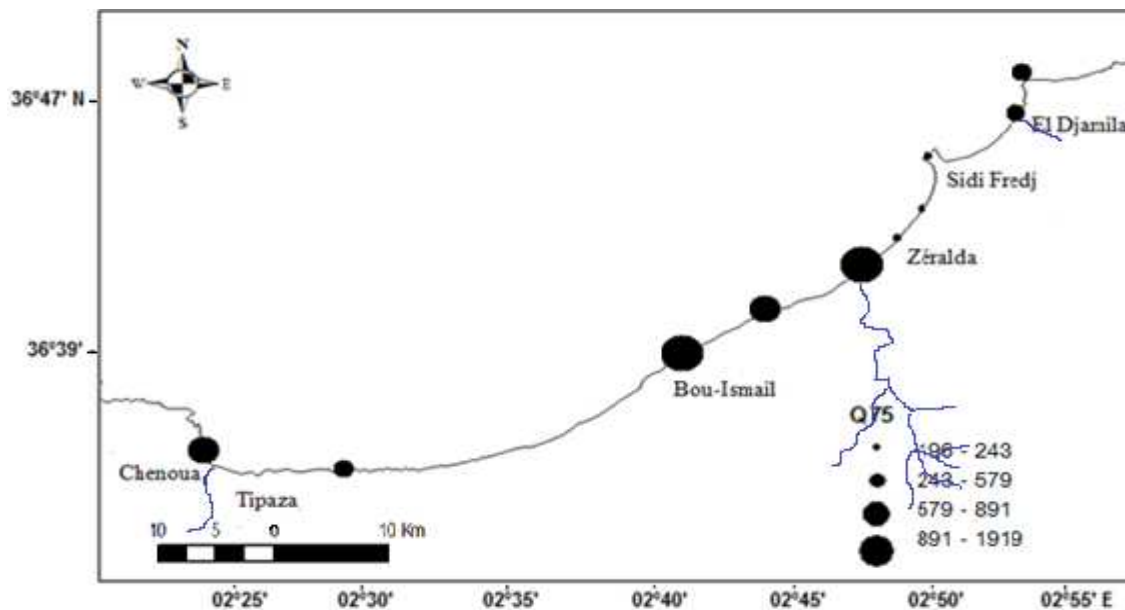


Figure (47): Distribution du quartile supérieur dans le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (février 2016).

Dans la 2^{ème} campagne le Q75 maximum se situe au niveau de la station 10 (Fouka) avec 1979 μm suivi de la station 9 (Mazafran) avec 1973 μm et le minimum est situé à la station 4 (plage Est de Sidi Fredj) avec 179 μm (figure 48).

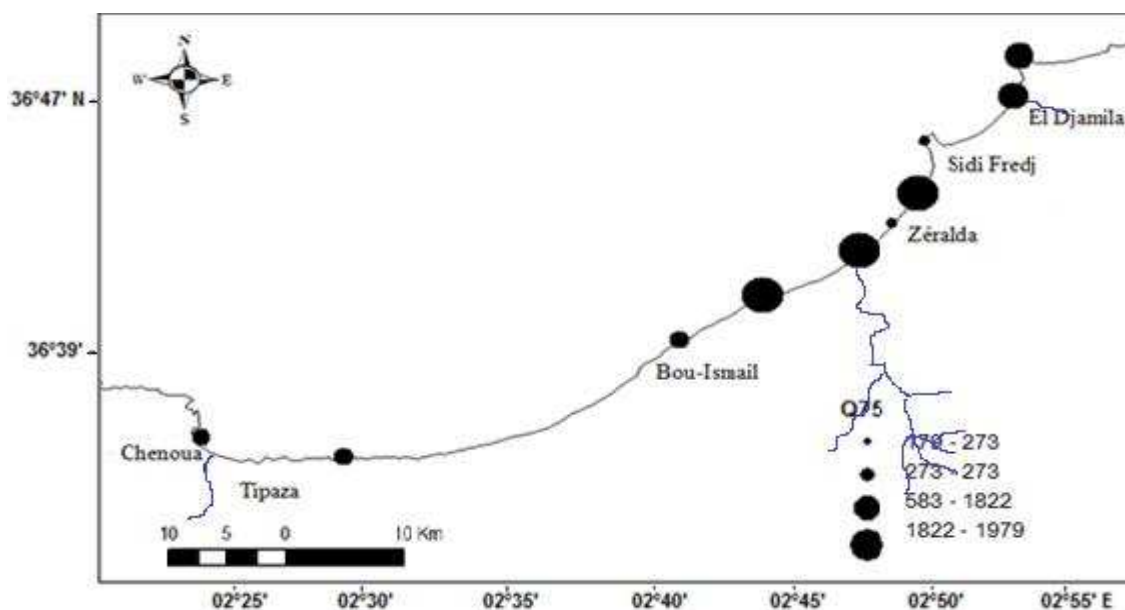


Figure (48) : Distribution du quartile supérieur dans le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2016).

d. indice de classement (So)

Dans la première campagne les indices de classement des différentes stations étudiées sont inférieurs à 2,5 donc, selon les limites de Trask les sédiments sont très bien classés.

Dans la deuxième campagne les indices de classement sont inférieurs à 2,5 donc les sédiments sont très bien classés sauf celui de la station 7 (plage Azur) qui est supérieur à 2,5 (2,5396) donc le sédiment de cette zone est assez bien classé selon Trask (figure 49).

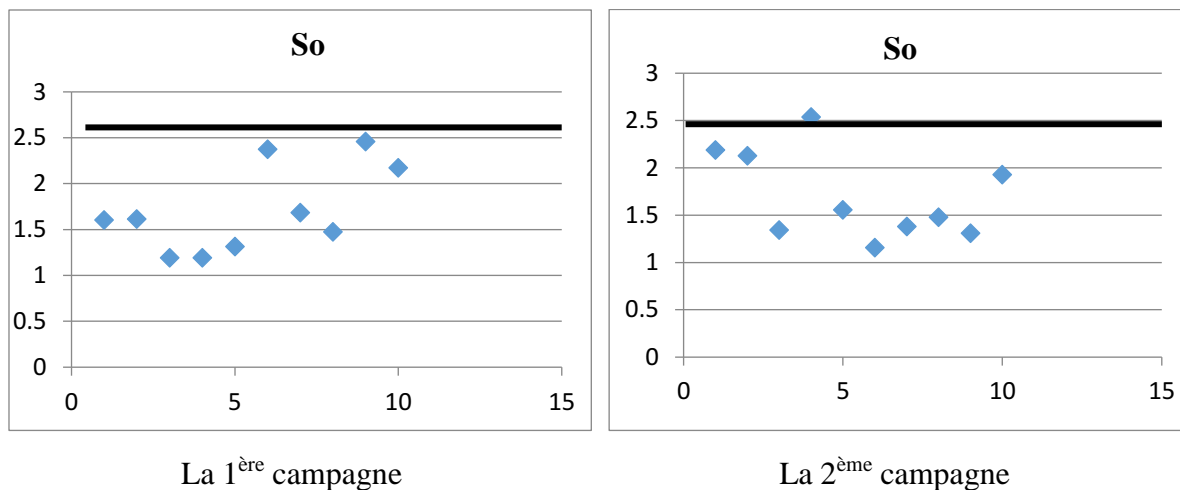


Figure (49): Répartition de l'indice de classement (So).

e. Indice d'asymétrie (SK)

Les valeurs de l'indice d'asymétrie (Skewenes) varient de 0,7392 à 1,5769 dans la première campagne, un tri maximum vers les fins (S1, S3, S4, S6, S11, S14 et S15 dont $SK < 1$) sauf les échantillons des stations 8, 9 et 13 qui ont un tri maximum vers le grossier.

Dans la deuxième campagne, SK des stations étudiées varie entre 0,6585 et 1,7852, les échantillons des stations 11, 13, 15, 8 et 1 ont un tri maximum vers le grossier et le reste S3, S4, S7, S9 et S10 ont un tri maximum vers le fin (figure 50).

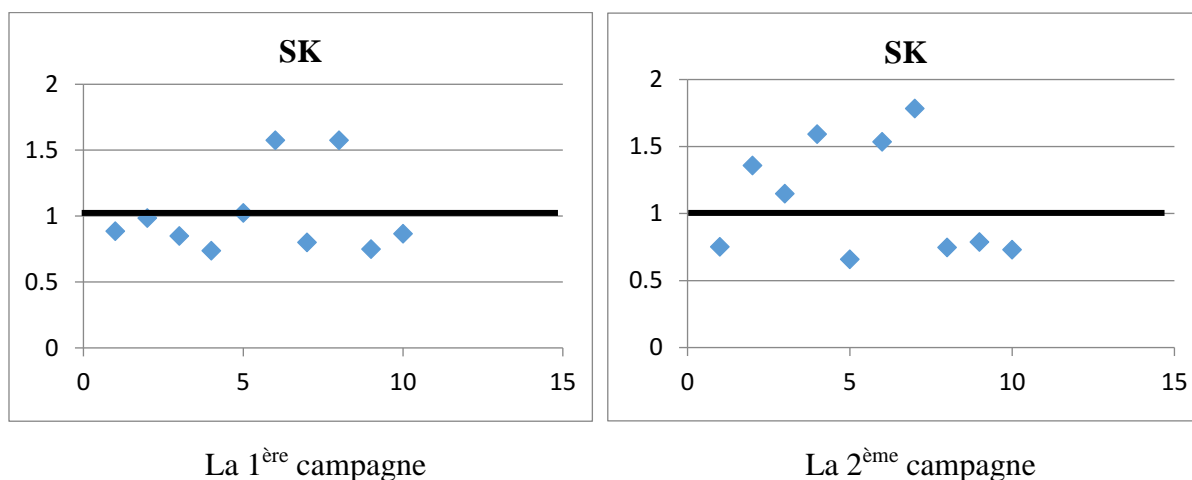


Figure (50): Répartition de l'indice d'asymétrie (SK).

II.5 Résultats de l'analyse bactériologique

Les résultats de recherche et de dénombrement des indicateurs de la pollution fécale dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl sont représentés dans l'annexe IV.6.

a) Les coliformes totaux

La charge en coliformes totaux n'a pas pu être comptabilisée dans la majorité des stations (3, 4, 7, 8, 9, 10 et 15) dont les boîtesensemencées ont présenté des colonies indénombrables, les valeurs ne sont, donc, pas représentées au niveau de l'histogramme (figure 51), cela apparaît très logique vu la présence de deux points de rejets à leur proximité. Dans le reste des stations les valeurs varient entre 78CF/100ml au niveau de la station 12 et 192CF/100ml pour la station 11.

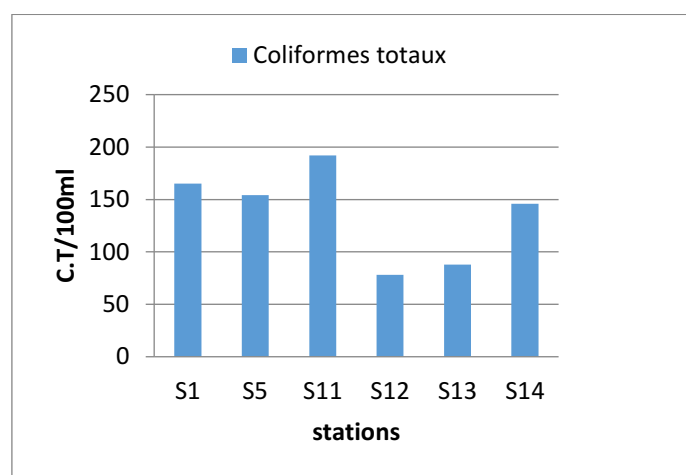


Figure (51) : Concentrations des coliformes totaux dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl (2^{ème} campagne).

b) Les coliformes fécaux

Les valeurs varient entre 0CF/100 ml au niveau de la station 13 et 165CF/100 ml pour la station 1. Les concentrations les plus élevées en coliformes fécaux ont été enregistrées au niveau des stations 3, 4, 7, 8, 9, 10 et 15 dont les boîtesensemencées ont présenté des colonies indénombrables, les valeurs ne sont, donc, pas représentées au niveau de l'histogramme (figure 52), cela est dû à l'apport important des contaminants fécaux par les rejets domestiques.

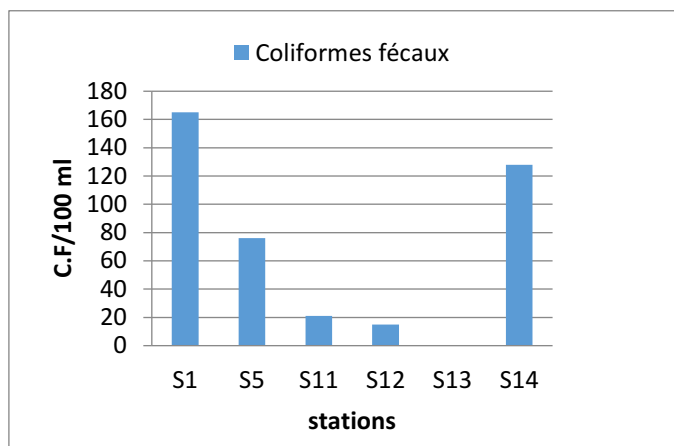


Figure (52) : Concentration des coliformes fécaux dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl (2^{ème} campagne).

c) Les streptocoques fécaux

Les valeurs des Streptocoques fécaux varient de 0CF/100 ml au niveau de la station 13 et 32CF/100 ml pour la station 11. Les concentrations les plus élevées ont été enregistrées au niveau des stations 3, 8 et 15 dont les boitesensemencées ont présenté des colonies indénombrables (figure 53).

Les streptocoques fécaux sont témoins d'une contamination fécale et d'un manque d'hygiène, ils résistent dans le milieu marin et cela grâce à leurs caractéristiques physiologiques qui leur confèrent une meilleure adaptation par rapport aux autres germes indicateurs (Alzieu et al., 1999, 2003).

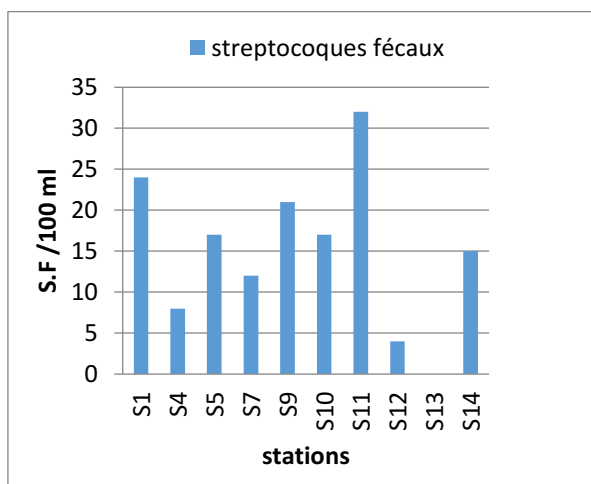


Figure (53) : Concentration des streptocoques fécaux dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl (2^{ème} campagne).

II.6 Résultats d’analyse des hydrocarbures poly-aromatiques (HAP)

L’analyse de l’eau de mer de surface de la baie de Bou-Ismaïl dans les deux stations (3 et 7) par la SFUV présente des concentrations en HAP de 0,64µg/ml et 0,12 µg/ml respectivement (tableau 13).

Tableau (13) : Concentrations des échantillons étudiés en hydrocarbures

échantillon	IF (U,A)	[c] µg/ml	α	[c]éch µg/ml
S3 (embouchure Béni Messous)	1,35	0,14	0,1037037	0,6416982
S7 (plage azur)	6,15	0,7	0,1138211	0,1196386

On remarque que la concentration en HAP dans la station 3 est beaucoup plus élevée que celle obtenue dans la station 7 (figure 54), cela pourrait être due d’une part à des HAP d’origine biogène; d’autre part, des vents à l’époque des prélèvements, à travers les processus fluviaux et éoliens (UNEP/IOC/IAEA, 1992) et aussi l’importante influence des sources anthropiques et apports potentiels (résidus).

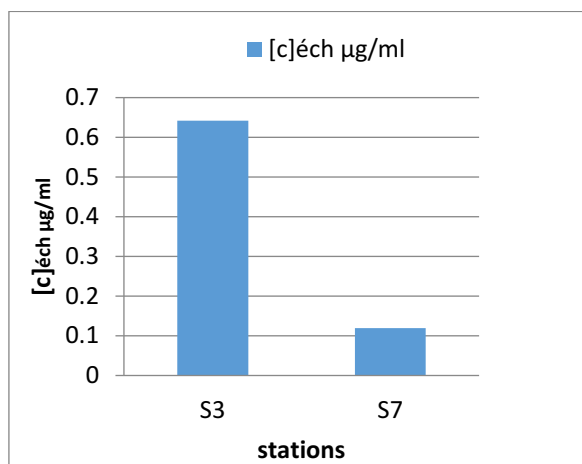


Figure (54) : Concentrations des HAP dans les eaux côtières d’Azur et de Beni Messous dans la baie de Bou-Ismaïl.

Tableau (14) : Tableau comparatif des concentrations obtenues dans les quatre dernières années.

	2015	2014	2013	2012
HAP (µg/l) dans l’eau de mer	0,416 – 0,932 (REZGUI.H) Mai	0,496 – 1,219 (SAADIR-SAFIR.F) Juin 0,278 – 1,001 (DJEBARA.Y-TALBI.Y) Novembre	1,58 – 5,64 (IDDIR.S)	0,66 – 5,09 (BOUDJELLABA.D – DEHANE.D) Mai

La pollution et les ouvrages côtiers de la baie de Bou-Ismaïl

I. Les aménagements côtiers recensés : définitions

Il s'agit principalement d'épis, de brise-lames, de ports, et de fronts de mer.

I.1 Les épis

Les épis sont des ouvrages de défense transversaux enracinés au trait de côte. Ils constituent des obstacles, pour la dérive littorale qui se trouve freinée, généralement perpendiculaire au rivage, parfois oblique dont l'incidence des houles dominantes est forte (Paskoff, 1993). Ils ont pour rôle de piéger des sédiments en transit sédimentaire, réduire les pertes de sédiments, élargir la plage du côté protégé et protéger la côte contre l'érosion en retenant les sédiments.

➤ Impact

- Avantages

L'épi bloque le transit du sable, engraisse la plage et met ainsi le trait de côte en arrière qui est ainsi plus souvent éloigné du déferlement des vagues.

- Inconvénients

Les épis ont cependant des effets induits : en bloquant les sables à l'amont de l'ouvrage, ils provoquent inévitablement une érosion à l'aval, d'autant que l'épi provoque une diffraction de la houle et aggrave alors l'impact des vagues en arrière.

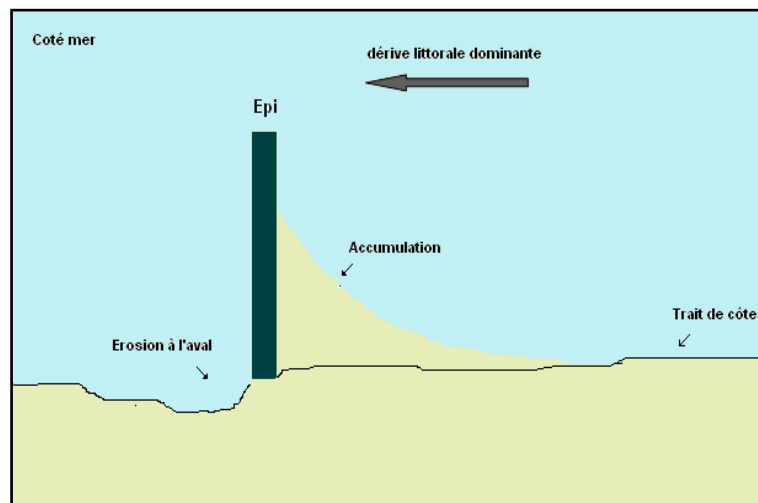


Figure (55): L'impact d'un épi sur le littoral.

I.2 Les brise-lames

Les brise-lames sont des ouvrages longitudinaux mis en place sur les petits fonds, donc en avant côte, et disposés plus ou moins parallèlement à son tracé (**Paskoff, 1993**). Leur rôle est de casser les vagues avant qu'elles n'atteignent l'estran qui ne subit plus l'impact direct du déferlement lors des tempêtes, en permettant à la plage de s'allonger tout en empêchant les sables de se diriger vers le large et limiter l'érosion.

➤ Impact

- Avantages

Les brise-lames présentent l'avantage de casser l'énergie de la mer en avant de la ligne de rivage et la formation des tombolos.

- Inconvénients

L'inconvénient des brise-lames est qu'ils accroissent la sédimentation dans la zone amont qu'ils créent, et provoquent dans le secteur immédiatement adjacent à l'aval, dans le sens de la dérive littorale dominante, un déficit en matériaux qui induit ou accentue des phénomènes d'érosion (**Paskoff, 1993**).

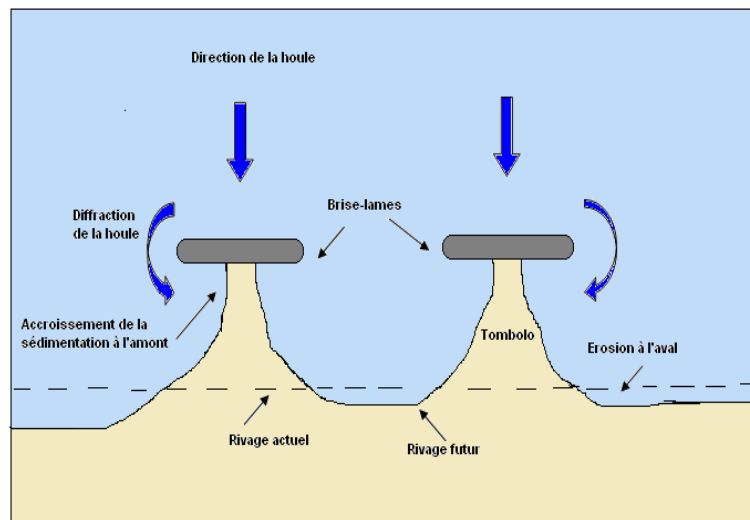


Figure (56): Fonctionnement des brise-lames.

I.3 Les ports

Un port est un lieu aménagé sur le littoral maritime, destiné à accueillir et abriter des bateaux et navires.

Un port sera protégé par une ou plusieurs digues ou môles. Il pourra être composé de plusieurs darses, bassins, de cales sèches ou flottantes. Le port lui-même est aménagé avec des jetées, des quais et doit être relié à d'autres moyens de transport (routier, ferroviaire...).

Un port peut remplir plusieurs fonctions :

a. Sur le plan économique

Au point de vue économique, un port est un établissement destiné à la réception des navires en vue d'assurer la continuité des transports entre les voies terrestres et maritimes.

b. Sur le plan physique

Le port doit permettre aux navires de stationner à l'abri de la houle et du vent pour :

- Effectuer leur opération du transit (chargement, déchargement, embarquement, débarquement.) ;
- Effectuer leur avitaillement (eau, combustibles) ;
- Assurer leur entretien et leur réparation ;
- Etre construits ou démolis.

➤ **Impact**

- Avantages

L'installation portuaire peut influencer positivement sur le plan socioéconomiques par :

- Le développement du tourisme et la mise en valeur de la région (hôtels, restaurants).
- Evolution de l'urbanisation du site.
- L'exploitation halieutique et les activités de pêche de la région (port de Bou Haroun et de Tipaza).
- Développement des activités de plaisance et de loisir (port de Sidi Fredj).

- Inconvénients

Les infrastructures portuaires et les équipements accompagnateurs du port vont opérer un grand changement au niveau du site qui se traduit par :

- La perturbation de la dynamique littorale, comme il empêche de maintenir en place d'autres activités économiques.
- Suppression des petites plages aux profits des terre-pleins.
- La dégradation de certains biotopes par l'augmentation de la fréquentation humaine (période estivale).
- Disparition des peuplements animaux et végétaux sur le site d'implantation.
- La pollution des eaux par la diffusion des polluants à l'extérieur du port, entraînant une perturbation des peuplements marins.
- Pollution chimique due à la navigation et à l'entretien des embarcations.
- Modification du paysage et dénaturalisation du site.

I.4 Les fronts de mer et plages artificielles

I.4.1 Les fronts de mer

Les aménagements de front de mer (routes littorales, boulevards front de mer, parkings, promenades, postes de secours...) sont des structures généralement rigides et placées le long des côtes permettent de protéger des infrastructures comme les villes, les routes, les autoroutes, les voies ferrées et les installations industrielles, contre les assauts de la mer.

- Inconvénients

Ces ouvrages côtiers ont des effets néfastes lorsqu'ils sont implantés trop près du rivage, ils peuvent augmenter la réflexion des ondes incidentes. Par conséquent, ces structures sont soumises à un phénomène d'érosion complexe et, si ce problème n'est pas traité de manière adéquate, la structure sera déstabilisée et cela aura un impact sur le transit littoral.

I.4.2 Plages artificielles

Le rechargement de l'estran par un apport artificiel de sables permet de reconstituer une plage en régression ou même de créer une nouvelle plage.

L'engraissement artificiel est réalisé par le déversement de sédiments, en quantités importantes, provenant de carrières de prélèvement situées en mer ou sur terre. Il permet de stabiliser ou d'agrandir une plage en compensant le déficit des apports naturels.

Les plages artificielles peuvent être classées en trois grandes catégories :

- **Les plages semi-artificielles** : Ce sont des plages naturelles modifiées par la création d'ouvrages destinés à augmenter les dépôts de sédiments en certains endroits.
- **Les plages artificielles à éléments meubles naturels** : Ce sont des plages créées de toute pièce avec des sédiments naturels provenant de sablières ou d'autres plages et maintenus en place par des ouvrages.
- **Les plages artificielles à éléments meubles artificiels** : Ce sont des plages créées de toute pièce avec des sédiments obtenus par concassage de roches de dureté moyenne et maintenus en place par des ouvrages.

- Avantage

-Plages disponibles pour les activités touristiques et économiques.

-La plage étant, par définition, le meilleur ouvrage pour protéger le littoral contre l'érosion.

- Inconvénients

-Coûts d'investissement et d'entretien importants

-Renouveler périodiquement les rechargements

-Nécessité d'une bonne connaissance du fonctionnement hydro-sédimentaire du site, aussi bien en termes de transit moyen que de transit de pointe (tempête).

II. Les aménagements côtiers recensés : illustration par secteur d'étude

La baie de Bou-Ismaïl renferme 5 ports de pêche et de plaisance (port de Tipaza, port de Bou Haroun, port de Khemisti, port de Sidi Fredj et le port d'El Djamilia) en plus le port présidentiel de Zéralda, des ouvrages de défense contre la mer à Bou-Ismaïl (front de mer), Azur, Palm Beach et à Sidi Fredj, des complexes touristiques (à Sidi Fredj, Zéralda et Chenoua) ainsi des stations de dessalement (station d'Azur, Fouka, Bou Ismaïl...) et d'épuration (Béni Messous, staouéli, zéralda, Chenoua...) (figure 57).



Figure (57) : Les infrastructures littorales de la baie de Bou-Ismaïl.

II.1 El Djamilia

Dans la zone d'El Djamilia on trouve comme infrastructure littorale le port d'El Djamilia (ex-La Madrague) avec l'ouvrage de protection et la plage artificielle.

Le port d'El Djamilia est un port de pêche et de plaisance qui date de la période coloniale (figure 58).

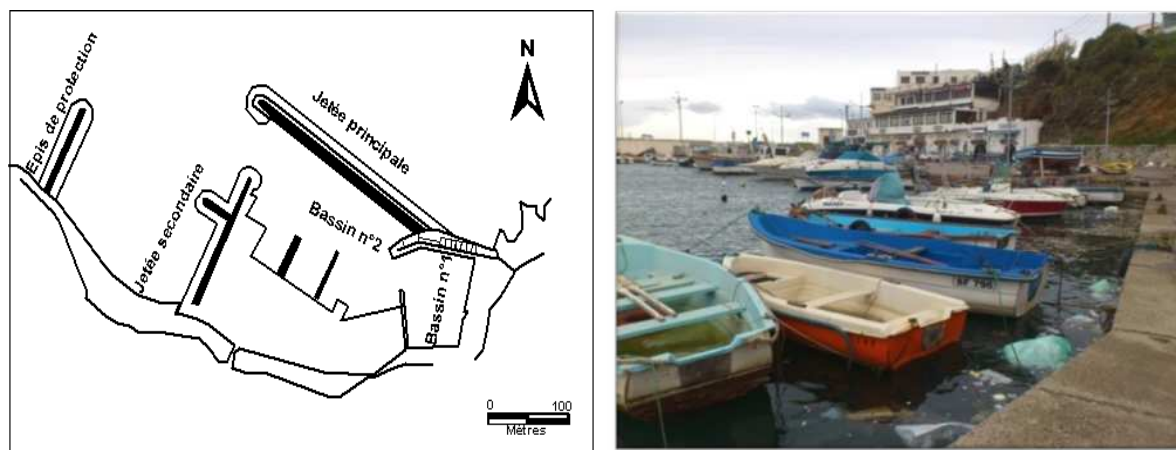


Figure (58) : Port d'El Djamilia (à gauche schéma général Alliouan, Ramdani, 2006).

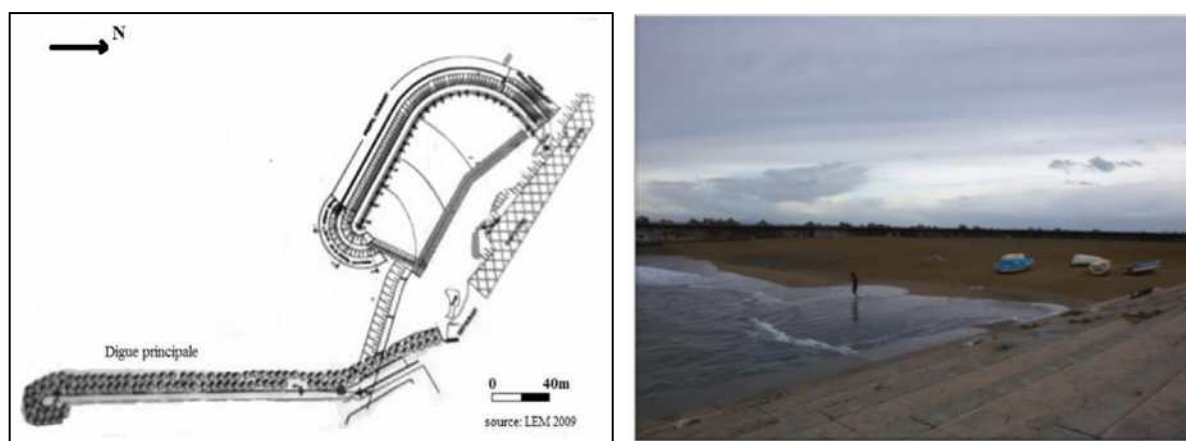


Figure (59) : Plage artificielle (à gauche vue en plan de la plage artificielle **LEM, 2009**).

Le port d'El Djamila connaît un ensablement dû aux apports en sédiments remaniés par les houles du secteur Ouest, créant des courants de houles coulant parallèlement à la côte, les sédiments se dirigent de l'Ouest vers l'Est, ces courants constituent le sens du transport dominant dans cette zone inversement à ce sens un courant littoral plus faible engendré par les houles du secteur Nord-ouest et Nord Nord-Ouest, entraîne une faible quantité du sédiment vers l'Ouest cela a engendré une forte érosion a presque fait disparaître toute la plage située au voisinage du port qui est par la suite alimentée et rechargée par des matériaux constitué de sable éolien ramené de la zone de Zemmouri et d'autres matériaux tels que les gravillons de carrière formant alors la plage artificielle protégée par l'épi de protection.

On peut dire que l'infrastructure portuaire dans le site d'El Djamila a engendré un impact sur le paramètre sédimentologique et hydrodynamique qui par la suite influe sur les paramètres physico-chimiques.

II.2 L'oued Beni Messous

Traverse la commune de Chéraga au Nord, Bouzeréah au niveau d'une agglomération appelé « la Tribu » au Nord-Est, Ain Benian à l'Ouest et débouche au niveau d'une plage appelé «El Bahdja » d'une distance de 11.5Km, il regroupe l'oued Defla et l'oued Bainem.

L'Oued de Beni Messous reçoit un grand nombre d'affluents définit un bassin versant d'une superficie d'environ 33Km², son embouchure est à environ 2Km à l'Ouest du port d'El Djamila, il est rarement à sec, lors de fortes précipitations où il a une capacité de ravinement peu importante. Les apports terrigènes sont essentiellement issus de l'Oued de Beni Messous. Néanmoins les exploitations d'agrégats au niveau de cet oued déstabilisent le régime d'alimentation (**Alliouane, 2006**).



Figure (60) : Embouchure de l’oued Béni Messous.

II.3 Sidi Fredj

La partie Est de la presqu’île de Sidi Fredj est caractérisée par la présence d’une station balnéaire importante éloignée de 24 Km à l’ouest d’Alger dans la commune de Staouali constituée du port de plaisance (construit en 1974) qui s’intègre dans le complexe touristique et protégée par une série d’ouvrage de protection (figure 61)

Les ouvrages de protection réalisés par le LEM en 1984, consistent à deux plages alvéolaires fermées par des épis en forme «T» (B, C) et «L» (A), composés par des ouvrages longitudinaux (brises lames) et des ouvrages transversaux (épis).

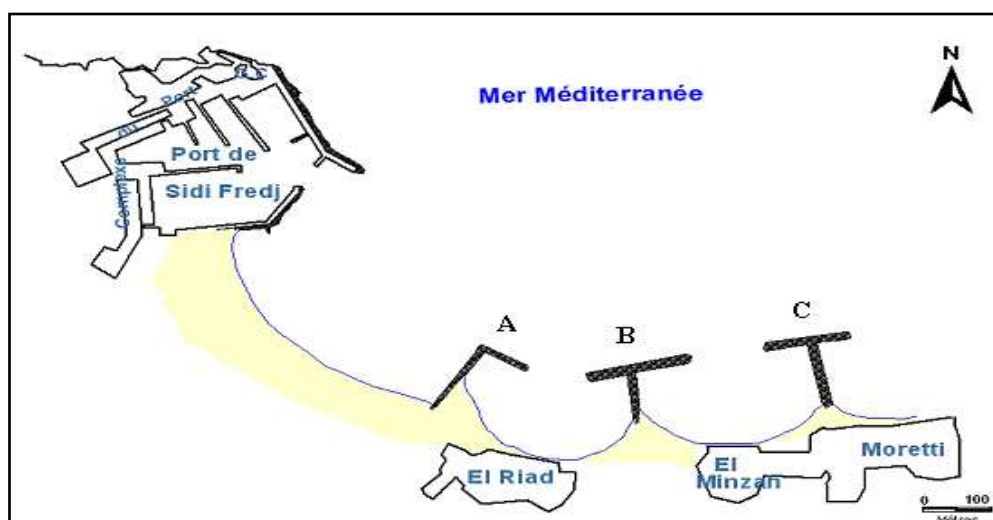


Figure (61) : Ouvrages de la plage Est de Sidi Fredj (ANNANE, KEMILA, LADJIMI, 2007).

La partie Ouest de Sidi Fredj est caractérisée par la présence de la Jetée militaire en forme de L, qui a permis à la plage militaire de s’engraisser à son pied et aussi a provoquée l’amincissement de la plage située à l’Est et la présence d’épi Sud de la plage de thalassothérapie qui se trouve ainsi coincée avec des sédiments piégés entre le complexe de la thalassothérapie et l’épi (figure 63), ce dernier a provoqué un piégeage du sédiment induisant un dépôt de sable à l’amont et une érosion à l’aval notant aussi les injections de sable pour agrandir la largeur de cette plage (ANNANE, KEMIL, LADJIMI, 2007).

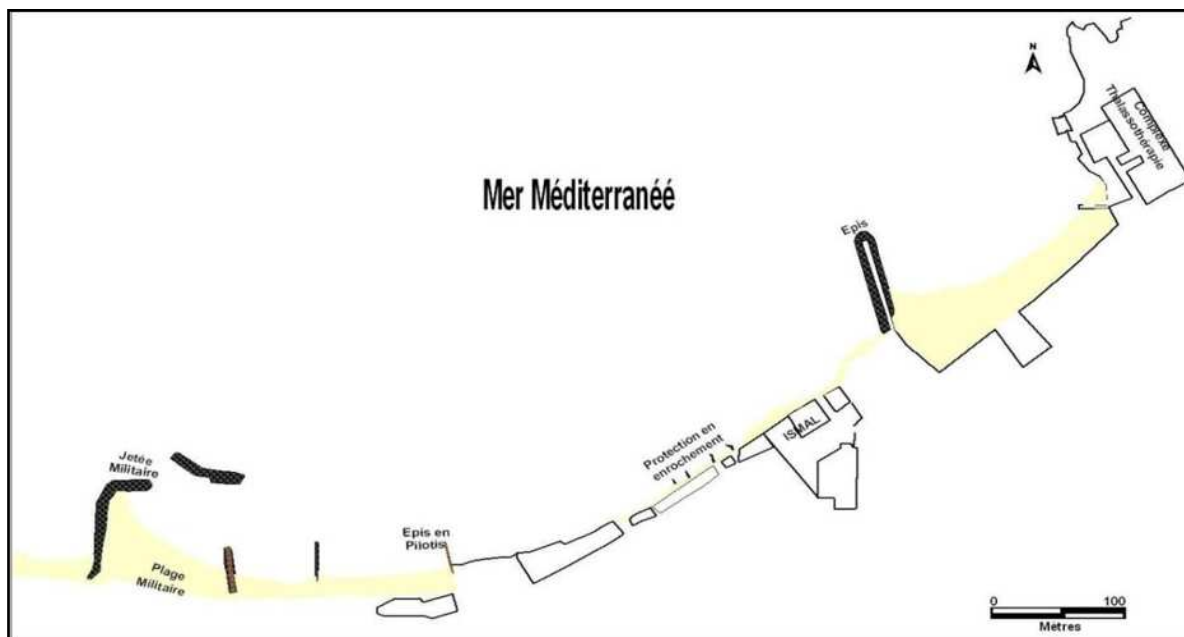


Figure (62) : Les ouvrages côtiers de la partie Ouest de Sidi Fredj (ANNANE, KEMILA, LADJIMI, 2007).

✓ **Impact du port de Sidi Fredj sur le littoral**

C'est le port qui a le rôle majeur dans le cycle d'érosion dans la région de Sidi Fredj. Il a en effet, entraîné des modifications du régime des houles, des courants (paramètres physico-chimiques) et des transits du sédiment (la modification de conditions sédimentologiques de la zone), à proximité du site. Ceci c'est traduit par un déséquilibre dynamique de la côte, et la modification du littoral meuble, en bloquant une partie du transit littoral des sédiments, entraînant une accumulation dans la zone au vent, et une érosion dans la zone sous le vent, ainsi la modification de la qualité des eaux en dehors du port, par la diffusion des polluants et par la dégradation de certains biotopes par l'augmentation de la fréquentation humaine. Le port de Sidi Fredj est apparaît comme un système fermé. Il reçoit des eaux usées domestiques véhiculées par l'égout qui se jette directement dans le bassin 1, ces rejets non épurés engendrent une pollution bactérienne (ANNANE, KEMILA, LADJIMI, 2007).



Figure (63) : Port de Sidi Fredj.



Figure (64) : Complexe touristique plage Est.



Figure (65): Construction d'un parc de jeux gonflables sur la dune de la plage Est.



Figure (66): Forte érosion à la plage Ouest.

II.4 Zéralda

A Zéralda, le phénomène de l'érosion est bien visible surtout sur la côte du complexe touristique qui s'étend sur environ 1.5km d'Est en Ouest dont plusieurs murs de soutènement sont effondrés. Le problème majeur qui provoque cette érosion est lié aux houles frontales provenant du secteur Nord-Ouest, alors s'il s'agit de protéger la zone contre ces houles, une batterie de trois brise-lames et un épi à l'extrême Est ont été implantées.

La zone est complètement dénaturisée. Les trois brise-lames du fait de leur fonctionnement réduisent l'agitation de l'eau et gênent sa circulation et son renouvellement et favorise le dépôt des sédiments en les piégeant mais l'érosion reste toujours importante.

- Station de dessalement

La station de dessalement (figure 68) déverse directement dans l'eau de mer des substances a priori non-nocives (sels, nutriments...) peuvent constituer des pollutions, dès lors que les quantités introduites dans le milieu marin dépassent la capacité d'absorption cela a un effet sur les conditions physico-chimiques et peut être à l'origine de phénomènes d'eutrophisation, qui se traduisent par exemple par l'apparition d'algues vertes ou de microalgues (phytoplancton) dont quelques espèces sécrètent des toxines.



Figure (67): Rejet de la station de dessalement d'Azur.



Figure (68) : Travaux pour construction de nouveaux épis au niveau d'Azur.

II.5 Front de mer de Bou-Ismail

La zone Est du front de mer connaît une forte érosion, elle est protégée par un mur de soutènement d'une hauteur de 4m, sur un linéaire de 1200m. Ce même mur est protégé par une dalle en béton d'une largeur de 5m. Et pour renforcer la dalle en béton, une autre protection en matériaux de carrière est rajoutée.

Le rivage de la zone Ouest du front est protégé par quatre épis en forme (T), il s'agit d'une combinaison (épi, brise lame), A, B, C, D, dont le dernier a la particularité d'être en appontement sur 85ml accessible, constitué d'une jetée flottante, permettant le passage du transit sédimentaire. Un autre épi (E), à l'extrême Est, droit et perpendiculaire à la côte, se prolonge sur une distance de 60ml (Figure 69).

L'installation de ces ouvrages constitués d'épis et brise-lames sur la côte dénature le site et, en plus retiennent les eaux usées rejetées en mer, en les empêchant d'aller au large. L'augmentation du taux de pollution des eaux côtières affecte directement et dégrade la densité de l'herbier de Posidonies ce qui implique la diminution de la quantité du sédiment piégé et l'accentuation de l'effet de la houle sur la côte.

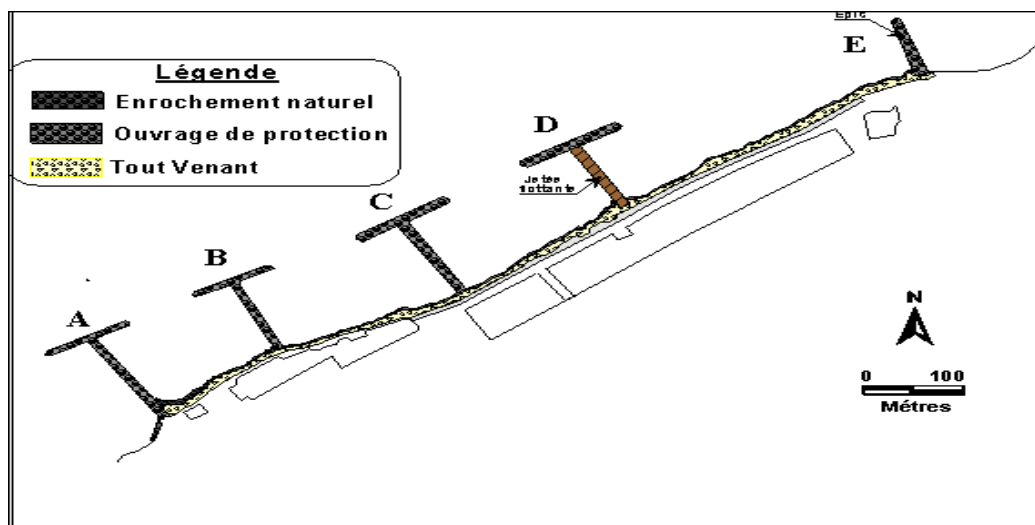


Figure (69) : Ouvrage de protection du Front de mer Ouest de Bou-Ismaïl (DTP de Tipaza, 2007, modifié).



Figure (70) : Ouvrages de protection de Bou-Ismaïl (front de mer).

II.6 Khemisti

Dans la zone de Khemisti on trouve le port de pêche de Khemisti ou encore nommé Chiffalo (Chiffalo était un village de pêcheur italien) (figure 71).

Le port de Khemisti est mal situé, vu son emplacement (centre de la baie de Bou-Ismaïl), ce qu'il le rend exposé directement aux houles du secteur Nord-Ouest.

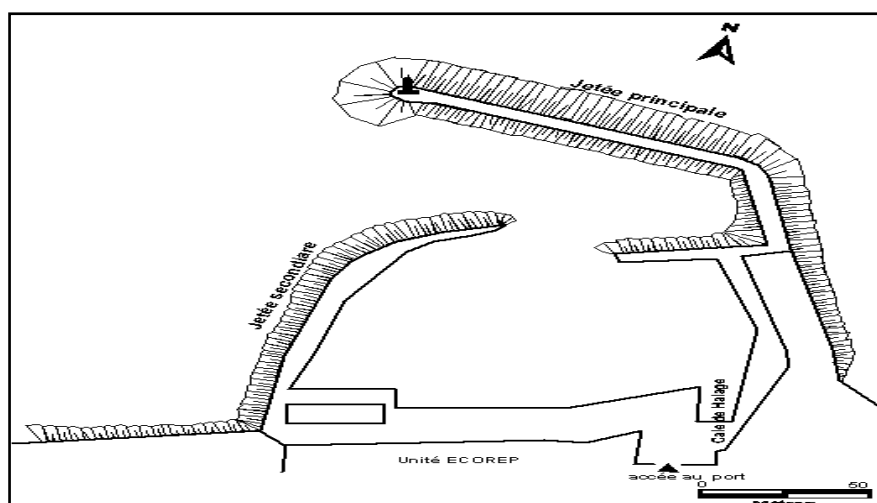


Figure (71) : Schéma général du port de Khemisti (DTP, 2007).

La passe d'entrée est étroite (26m), elle est orientée au sens des houles Nord-Ouest marquée par une forte agitation de la houle durant le mauvais temps. La profondeur au niveau de la passe d'entrée est très faible, elle peut atteindre 0.5m. Cette faible profondeur est due à l'ensablement. Les jetées sont très hautes, traduisant les fortes énergies dans la région.

II.7 Bou Haroun

La commune de Bou Haroun est dotée d'un port de pêche, le port de Bou Haroun qui est situé à 45 km à l'Ouest d'Alger au centre de la baie de Bou-Ismaïl, orienté Nord-Est Sud-Ouest (figure 72).

En 1947 ce port était constitué d'un plan d'eau d'environ 2,8ha, limité par deux jetées convergentes et bordé à sa partie Sud par une plage sableuse.

En 1976 le port a connu une extension par un allongement de la jetée Ouest, infléchi vers le Nord-Est dans le but d'assurer un abri suffisant des plans d'eau, pour éviter une action directe des houles sur le fond du port, ainsi que la création d'un deuxième bassin à l'Est.

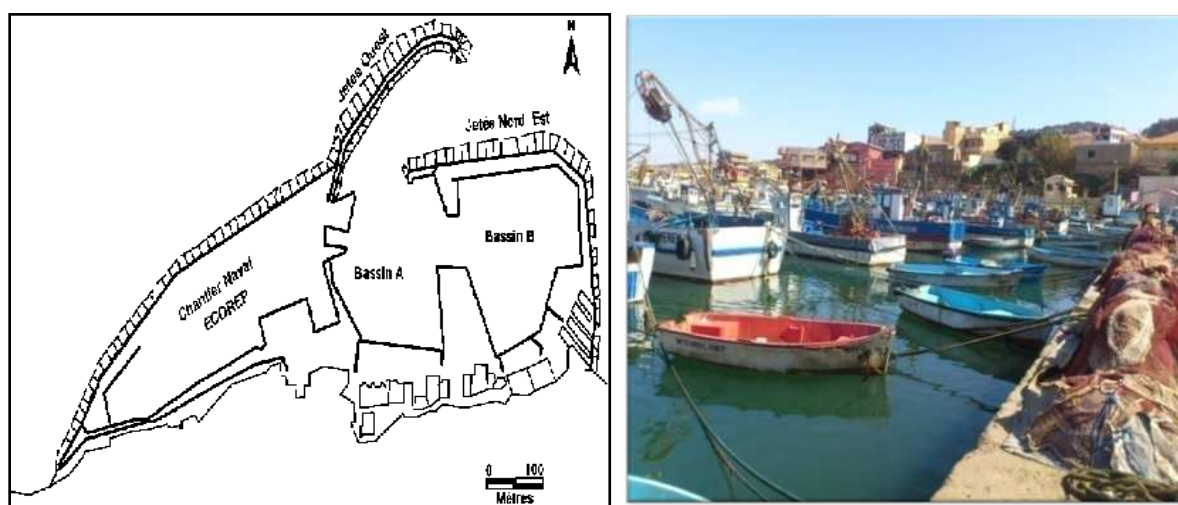


Figure (72) : Port de Bou Haroun (à gauche schéma général DTP, 2007).

Au côté Est le port constitue un obstacle atténuant l'énergie des houles ce qui rend cette zone bien protégée, contrairement au côté Ouest exposé à l'attaque directe des houles dominantes du secteur Nord-Ouest.

Le port connaît un ensablement par des eaux fluviales durant la période des pluies, et eaux usées, ce qui fait diminuer la profondeur du plan d'eau des 2 bassins (difficulté de la circulation et de déplacement) et celle de la passe d'entrée.

Dans le port, la qualité des eaux des bassins du port est infectée par une pollution microbiologique, des eaux usées, des embarcations alitées, une pollution chimique due à la navigation et l'entretien des bateaux (peinture, hydrocarbures), et des macrodéchets flottants.

II.8 Tipaza

La zone de Tipaza dispose d'un port, ce port de par son orientation vers le Nord est exposé aux houles du Nord et du Nord-Est (figure 73), les houles venant de cette dernière direction sont atténuées quelques peu par la présence d'un îlot.



Figure (73) : Port de Tipaza (à gauche schéma général DTP, 2007).

La passe d'entrée du bassin 1 est très ouverte, ceci provoque une grande agitation à l'intérieur du bassin et diminution de la profondeur dans les deux bassins. Le quai Sud est très haut et on note la présence de substratum rocheux qui ne permet pas l'accostage et la présence des rejets d'eaux usées.

II.9 Chenoua

Chenoua contient le complexe touristique de matares, dans cette zone deverse l'oued Nador ainsi les rejets domestiques du complexe touristique (figure 74 et 75). Elle est caractérisée par le massif rocheux.



Figure (74): Complexe touristique.



Figure (75) : Embouchure de l'oued Nador.

III. Explication du lien entre la pollution et le type d'aménagement

Au niveau de la baie de Bou Ismaïl qui s'étend sur un linéaire côtier de 40km, il y a cinq ports et un nombre considérable d'ouvrages de protection implantés dans différents sites tels que ; le front de mer de Bou Ismaïl, la plage de Zéralda, Sidi Fredj et El Djamila. Ce qui donne une moyenne de deux ouvrages tous les deux kilomètres, un taux très élevé par rapport aux autres régions du pays.

✓ Selon les résultats obtenus, on peut confirmer le lien entre l'ouvrage côtier et la pollution :

- La plage de Zéralda présente une valeur de pH très élevée, cette valeur est due probablement aux apports d'eaux continentales, aux rejets (les complexes touristiques), les déversements massifs de la station de dessalement.

- La plage d'Anse de Kouali présente une forte concentration en oxygène dissous et une granulométrie grossière par rapport aux restes des stations vue qu'elle n'est soumise à aucun aménagement.

- La plage de Chenoua présente une concentration importante en MES et il est bien connu que les eaux usées représentent la source la plus importante des MES en milieu marin (le complexe touristique).

- Le Port de Tipaza représente une teneur très faible en oxygène dissous et une teneur élevée en silicate cela est dû aux apports côtiers et celui des rejets qui se trouve à l'intérieur des ports due peut être au faible gradient de courant à l'intérieur des bassins donc la stagnation des eaux

- L'Embouchure de l'oued Béni Messous présente les teneurs les plus marquées en sels nutritifs, salinité, Matières organiques et en CT/CF cela est dû aux apports continentaux et rejets industriels qui favorisent la décomposition de la matière d'origine animale ou végétale.

- La plage Est de Sidi Fredj présente une granulométrie fine et une teneur importante en CT/CF à cause du faible hydrodynamisme atténué par les ouvrages de protection et la présence du port de Sidi Fredj ainsi que les rejets des complexes touristiques.

Le nombre élevé des ouvrages côtiers a un impact négatif sur le littoral, c'est l'exemple, du port de Khemisti, dès sa construction, a accentué le phénomène d'érosion sur le côté Ouest, vu son implantation au milieu de la baie de Bou-Ismaïl il subit une forte attaque des houles du secteur Nord, Nord-Ouest.

Le port de Sidi Fredj, lui aussi a déclenché un phénomène d'engraissement à l'abri de sa jetée Sud, et une forte érosion dans le secteur de Moretti, ou encore les ouvrages de protection de Zéralda, qui ont dénaturisé le site et ont détérioré complètement le paysage.

En effet la présence d'ouvrages maritimes a une influence négative sur l'environnement : en plus la contribution de "pollution visuelle", ces ouvrages ne font que déplacer les problèmes d'érosion de quelques centaines de mètres, bloquent la dérive littorale et induisent ainsi un déficit d'apport en sédiments en aval de l'ouvrage et donc une érosion locale (ANNANE, KEMILA, LADJIMI, 2007).

Conclusion

Conclusion

Le littoral algérien connaît une forte pression due aux activités humaines, cette pression cause des dommages considérables aux écosystèmes et aux paysages côtiers. L'occupation anarchique des espaces littoraux et la surexploitation de ses ressources sont également à l'origine des problèmes de l'érosion et de la dégradation des milieux marins.

Les effets des activités humaines sont aujourd'hui visibles dans la quasi-totalité des eaux marines côtière qui est souvent complexe et sensible à la pollution, en raison de la lenteur du renouvellement des eaux qui sont souvent peu profondes.

La baie de Bou-Ismaïl qui s'étend sur un linéaire côtier d'environ quarante kilomètres, est actuellement dénaturisée, trop artificialisée et marquée par l'implantation d'un nombre considérable d'infrastructures portuaires et de complexes touristiques, ainsi qu'une extraction abusive du sable, ceci a perturbé l'équilibre sédimentaire lequel a aggravé le phénomène d'érosion sur toutes les plages de la baie (Zéralda, Bou Ismaïl et Sidi Fredj).

Le présent travail avait pour objectif de vérifier la qualité physico-chimique des eaux côtières de Bou-Ismaïl, la progression de la pollution marine et le lien entre les ouvrages côtiers et la pollution de la baie :

Nos résultats révèlent des valeurs normales de température car elle est influencée par celle de l'air, les valeurs du pH et salinité sont élevées, elles sont affectées par les apports d'eau continentale. Les teneurs en oxygène dissous sont variables selon l'activité photosynthétique, la présence ou l'absence de matière organique dégradable et aussi le renouvellement de l'eau.

Une pollution considérable par les matières en suspension, la matière organique et les germes fécaux est observée dans la zone d'étude provienne par la remise en suspension des particules sédimentées et les rejets domestiques.

La distribution des sels nutritifs est principalement gérée par l'activité anthropique fertilisante telle que les rejets domestiques et agricoles. Donc on peut dire qu'il y a une pollution par les sels nutritifs.

On peut conclure aussi que la majorité des ouvrages implantés le long des côtes de la baie de Bou-Ismaïl, influe négativement sur le milieu côtier, soit en déclenchant des phénomènes d'érosion (en modifiant les facteurs hydrodynamiques et le sens des transits sédimentaires), soit en détériorant les écosystèmes locaux (pollution biologique) et en dégradant ainsi les paysages, et que la baie de Bou-Ismaïl subit un taux de pollution assez élevé.

Enfin pour lutter contre la dégradation des mers, des dispositions urgentes doivent être mises en œuvre : limiter à la source les apports fertilisants et toxiques, dans le cadre d'action internationale, développer les réseaux de surveillance en milieu marin pour déceler, dès l'origine, l'altération des équilibres naturels, intensifier les recherches afin de prévoir les effets des diverses pollutions. La surveillance marine reste une partie importante de la protection de l'environnement et devrait être couplée avec des programmes de recherche appropriés (LACAZE, 1996).

Bibliographie

Bibliographie

- ALBRO, P.W. (1976).** Chemistry and biochemistry of natural walls. Amsterdam : Elsevier, p. 419-445.
- ALLIOUANE, A., RAMDANI, L. (2006).** Aménagement des ports de pêche de Zemmouri et d'El Djamila. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ISMAL, 59 p.
- AL SID CHIKH, S., BELKESSA, R., HOUMA, F. et al. (2009).** Diagnostic du littoral Ouest algérois pour une gestion intégrée. The 5th International Symposium on Sandy beaches, Rabat, Morocco 19-23 October 2009.
- ALZIEU, C., ABARNOU, A., BASSOULLET, A. et al. (1999).** Dragage et environnement marin : Etats des connaissances. Plousane : Ifremer, 223 p.
- ALZIEU, C., ANDRAL, C., BASSOULLET, P. et al. (2003).** Bioévaluation de la qualité environnemental des sédiments portuaires et des zones d'immersion. Plousane : Ifremer, 247 p.
- AMINOT, A., CHAUSSEPIED, M. (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest : Centre national pour l'exploitation des océans CNEXO, 395 p.
- AMINOT, A., KEROUEL, R. (2007).** Dosage automatique des sels nutriments dans les eaux marines : méthode en flux continu, méthode d'analyse en milieu marin. Brest : Ifremer, 188 p.
- ANNANE, G., KEMILA, A., LADJIMI, F. (2007).** Inventaire et impacts des ouvrages côtiers sur le milieu marin dans la baie de Bou Ismail Algéroise : Mémoire d'ingénieur. Sciences de la mer. Aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, 51 p.
- BENSCHNEIDER, K., ROBINSON, R.J. (1952).** A new spectrophotometric method. Rome: FAO, p. 137-238.
- BENZOHRA, M. (1993).** Les structures hydrodynamiques le long des côtes Algériennes. Workshop sur la circulation des eaux et pollution des côtes méditerranéennes du Maghreb, 9-11 novembre 1992. Centre d'Océanologie de Marseille INOC, p. 33-44.
- BERAUD, J. (2001).** Le technicien d'analyses biologique guide théorique et pratique. Londres : Tec et Doc, 2083 p.
- BETROUNI, M. (1983).** Le pléistocène supérieur du littoral ouest algérois. Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle. Sciences de Luminy. Marseille : Université d'Aix-Marseille II, 2002 p.
- BONTAUX, J. (1994).** Introduction à l'étude des eaux résiduaires industrielle. 2^e éd. Paris : Tec et Doc, 225 p.
- BRAIK, D. (1985).** Étude de la dynamique sédimentaire devant Bou Ismail : sédimentologie, morphologie, problèmes d'érosion du littoral et aménagement. Thèse de magister. Sciences de la terre. Alger : USTHB, 174 p.
- CHAMLEY, H. (1987).** La sédimentologie. Paris : Dunod, 175 p.

Bibliographie

C.O.I (1982). La détermination des hydrocarbures pétroliers dans les sédiments. Manuels et guides, 11, Commission Océanographique intergouvernementale de l'Unesco, 31 p.

C.O.I (1984). Manuel sur la surveillance continue du pétrole et des hydrocarbures pétroliers dissous ou dispersés dans l'eau de mer et sur les plages. Procédures applicables à la composante pétrolière du système de surveillance de la pollution marine de la C.O.I. (MRRRPOLMON-P). Manuels et guides. N.°13, Commission océanographique intergouvernementale de l'Unesco, 35 p.

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

DELARRAS, C., TREBAOL, B. (2003). Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Paris : Tec et Doc, 269 p.

FATTAL, P. (2008). Pollution des côtes par les hydrocarbures. France : Presses universitaires de rennes, 395 p.

FOLK, R.L., WARD, W.C. (1957). Brazos river bar: a study of significance of grain size parameters. J. Sediment. Petrol. N.° 27, p. 3-26.

GAUJOUS, D. (1995). La pollution des milieux aquatiques, aide mémoire. Paris : Tec et Doc, p. 217-220.

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

KADARI-MEZIANE, Y. (1994). Contribution à l'étude de l'impact de la pollution sur la distribution spatio-temporelle des peuplements phytobenthiques dans la baie de Bou-Ismaïl (Algérie). Thèse de magister. Biologie. Alger : ENS, 226 p.

KANKOU, M. (2004). Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie – étude en laboratoire du comportement de deux pesticides. France : Université de Limoges, 159 p.

LACAZE, J.C. (1996). La pollution des mers. France : Flammarion, 128 p.

LECLAIRE, L. (1972). La sédimentologie holocène sur le versant méridional du bassin Algéro – Balear (Précontinent algérien). Mémoire du muséum national d'histoires naturelles, nouvelle série. Tome XXIV. France : éd du muséum, 319 p.

LEFEBVRE, G. (1978). Chimie des hydrocarbures. Paris : Technip, 284 p.

LEM (1999). Etude de délimitation d'une zone d'extraction de sable en baie d'Alger. Alger : L.E.M.

LEM (2009). Avant projet : Etude de confortement du front de mer de Ain Benian. Alger : L.E.M.

Bibliographie

- LEROY, J.B. (1999).** La pollution des eaux. France : le point des connaissances actuelles, 126 p.
- LEVITUS, S. (1993).** Distribution of nitrate, phosphate and silicate in the world oceans. Programme Océanographique, Vol. 31, p. 245-273.
- LEVY, E.M. (1977).** Evidence for recovery of water off the East coast of Nova Scotia from the effects of a major oil spill, Water. Air and Soil Pollution. N.°1, p. 144-148.
- Marchand, M. (1983).** Estimation des hydrocarbures dans l'eau et les organismes marins par spectrofluorimétrie UV. Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Brest : CNEXO, p. 329-336.
- Marchand, M., Kantin, R. (1995).** Contaminants chimiques en milieux aquatiques : aspects généraux : nature, origine, effets et analyses. N.°2 Vol. 21. Paris : Institut Océanographique, 430 p.
- MURPHY, J., RILEY, J.P. (1962).** A modified single method for determination of phosphates in natural waters. Anal. Chim. Acta. N.°27, p. 31-36.
- National Research Council (U.S) (2002).** Oil in the sea: inputs, fates and effects. Washington DC : National Academy of Science, 265 p.
- Programme d'Aménagement Côtier Algérois (PAC) (2004).** *Protection des sites sensibles naturels marins du secteur Cap Djinet au Mont Chenoa. Bilan et diagnostic, partie I* caractéristiques physiques, Projet PAC/ MATE-PAM/CAR ASP, 64 p.
- PASKOFF, R. (1993).** Côtes en danger. Paris : Masson, 250 p.
- RAMADE, F. (2000).** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. France : Ediscience International, p. 428-690.
- RIVIERE, A. (1977).** Méthode granulométrique, technique et interprétation. Techniques et méthodes de sédimentologie. Paris : Masson, 170 p.
- RODIER, J. (1992).** Analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux naturelles, eau de mer. 7^eéd. Paris : Dunod, p. 385-401.
- RODIER, J., Bazin, C., Broutin, J.P. et al. (1996).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^eéd. France : Dunod, 1384 p.
- RODIER, J. (2005).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 8^eéd. Paris : Dunod, 1383 p.
- ROUSSEL, J.C. (1983).** Dosage des hydrocarbures dans l'eau et les sédiments marins par spectrométrie infrarouge. Manuel des analyses chimique en milieu marins. Paris : CNEXO, p. 321-328.

Bibliographie

SALOMON, J.N. (2003). Danger pollutions!. Collection « Scieteren ». France : Presse Universitaire de Bordeaux, 170 p.

SELLALI, B. (1996). Pollution par les hydrocarbures pétroliers en Méditerranée Sud-Occidentale : contamination de l'eau et du sédiment superficiels des régions littorales centre et ouest de l'Algérie. Thèse de magister. Océanographie. Alger : ISMAL, 118 p.

TRASK, P.D. (1930). Economic geology. Vol. 25, p. 581-599.

UNEP/IOC/IAEA (1992). Determination of petroleum hydrocarbons in sediments. Reference Methods for Marine Pollution Studies. N°20, 76 p.

WOOD, E.P.K., AMSTRONG, F.A.J., RICHARD, F.A. (1967). Determination of nitrate in seawater by cadmium-cooper reduction to nitrite. J. Mar. Biol. Assc. U.K. N.° 47, p. 23-31.

ZERROUKI, M. (2014). Etude de l'Acidification et de l'Oxygénation de la côte Algéroise. Thèse de magister. Géo-risque et aménagement du littoral. Alger : ENSSMAL, 117 p.

Annexes

Annexe I : Coordonnées géographiques et type de prélèvement effectué

Tableau (1) : Les Coordonnées géographiques des stations étudiées :

stations	Coordonnées géographiques	
	Latitude	Longitude
1. Plage artificielle d'El Djamila	2°53'43.26''E	36°48'10.97''N
2. Port d'El Djamila	2°53'50.75''E	36°48'09.28''N
3. Embouchure Est de Béni Messous	2°53'49.94''E	36°47'14.76''N
4. Plage Est Sidi Fredj	2°50'53.21''E	36°45'43.20''N
5. Port de Sidi Fredj	2°50'55.36''E	36°45'50.57''N
6. Plage Ouest Sidi Fredj	2°50'30.56''E	36°45'34.58''N
7. Plage Azur	2°50'32.25''E	36°44'17.27''N
8. Plage de Zéralda coté Ouest	2°49'33.14''E	36°43'04.16''N
9. Embouchure de Mazafran	2°47'58.30''E	36°41'46.02''N
10. Plage Fouka	2°44'38.60''E	36°40'26.82''N
11. Bou-Ismaïl (front de mer)	2°41'36.29''E	36°39'10.80''N
12. Port de Bou Haroun	2°39'24.10''E	36°37'35.87''N
13. Anse de Kouali	2°29'40.23''E	36°35'24.14''N
14. Port de Tipaza	2°27'03.13''E	36°35'35.85''N
15. Plage Chenoua	2°24'37.72''E	36°36'12.95''N

Tableau (2) : Type de prélèvement effectué dans les stations étudiées :

stations	(1 ^{ère} campagne)		(2 ^{ème} campagne)	
	Prélèvement d'eau	Prélèvement de sédiment	Prélèvement d'eau	Prélèvement de sédiment
1. Plage artificielle d'El Djamila	-	+	+	+
2. Port d'El Djamila	+	-	+	-
3. Embouchure Est de Béni Messous	+	+	+	+
4. Plage Est Sidi Fredj	+	+	+	+
5. Port de Sidi Fredj	+	-	+	-
6. Plage Ouest Sidi Fredj	+	+	-	-
7. Plage Azur	-	-	+	+
8. Plage Zéralda	-	+	+	+
9. Embouchure de Mazafran	+	+	+	+
10. Plage Fouka	-	-	+	+
11. Bou-Ismaïl	-	+	+	+
12. Port de Bou Haroun	+	-	+	-
13. Anse de Kouali	+	+	+	+
14. Port de Tipaza	+	+	+	-
15. Plage Chenoua	+	+	+	+

Remarque : certains prélèvements de sédiment ont été annulés car ils comportaient un taux élevé de boue. Quant aux restes des prélèvements (eaux de mer et sédiment) qui n'ont pas été réalisés sont dus aux mauvais temps qui y régnés lors des sorties.

Annexe II : Matériel et paramètres obtenus sur le terrain

II.1 Le matériel utilisé sur terrain :



1. Benne « Van Veen »

2. Valise multi-paramètres « Hanna »

3. Glacière



(a)



(b)



5. Flacons en verre stériles



6. Sachets en plastique

4. Flacons en plastique, (a) pour les sels nutritifs et (b) pour les MES

II.2 Paramètres obtenus sur le terrain

Tableau (3) : les paramètres physico-chimiques mesurés in situ dans les stations étudiées :

stations	Paramètres physico-chimiques (1 ^{ère} campagne)				Paramètres physico-chimiques (2 ^{ème} campagne)			
	T (°C)	S (PSU)	O.D (mg/l)	pH	T (°C)	S (PSU)	O.D (mg/l)	pH
1. Plage artificielle d'El Djamila	15,2	36,3	11,2	9,31	20	33,10	6,62	8,15
2. Port d'El Djamila	15,2	36,2	9,2	9,17	20,43	32,64	5,17	8,14
3. Embouchure Est de Béni Messous	14,5	21	9,5	8,92	19,45	32,59	6,97	8,22
4. Plage Est Sidi Fredj	14,6	36,4	12,8	9,34	21,09	28,40	6,89	8,20
5. Port de Sidi Fredj	15,2	36,2	7,9	9,4	20,82	33,14	5,60	8,15
6. Plage Ouest Sidi Fredj	14,8	36,4	12,4	9,28				
7. Plage Azur					21,90	33,02	6,70	8,25
8. Plage de Zéralda coté Ouest	15	36,2	9,2	9,7	19,6	32,9	5,5	6,67
9. Embouchure de Mazafran	14,9	21	4,6	9,03				8,25
10. plage Fouka								7,50
11. Bou-Ismaïl					21	29,2	8,44	7,60
12. Port de Bou Haroun	16,2	35,9	4,2	9,19	20,8	33,5	4,50	7,60
13. Anse de Kouali	16,5	36,5	13,2	9,55				
14. Port de Tipaza	16,2	35,4	3,1	8,80	20,33	32,89	4,54	8,19
15. plage Chenoua	15,6	35,9	11,7	9,15	20,34	31	4,20	8,33
Minimum	14,5	21	4,2	8,80	19,45	28,40	4,20	6,67
Maximum	16,5	36,5	13,2	9,7	21,90	33,5	8,44	8,33

Annexe III : Matériel et procédé des analyses au laboratoire

III.1 Le matériel utilisé dans la mesure des MES

1. Un dispositif de filtration (rampe de filtration) muni d'une pompe à vide ;
2. Des membranes filtrantes (filtres Whatman Ø= 0.45µm)
3. Une balance de précision (1/100000g) ;
4. Des boîtes de conditionnement (portes filtres) ;
5. Une éprouvette graduée de 250 ml et une pince ;
6. Une étuve ;
7. Un dessiccateur (contenant le gel de silice activé).



1. Dispositif de filtration (rampe de filtration) muni d'une pompe à vide



6. Étuve



7. Dessiccateur

III.2 Le matériel utilisé dans la mesure de la matière organique

1. Une balance de précision (1/10000 mg) ;
2. Des creusets en porcelaine ;
3. Four à moufle.



1. Balance de précision (1/10000 mg) 2. Creusets en porcelaine 3. Four à moufle

III.3 Dosage des sels nutritifs

III.3.1 Etalonnage

- Dosage des nitrites + nitrates

I. Réactifs

I.1 Solution tampon Produits chimiques exigés :

Chlorure d'ammonium NH_4Cl	50 g.
Solution d'ammonium NH_4OH (25 %)	± 1 ml.
Hydroxyde de sodium NaOH	5 g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.
Bridj 35 (30 %).....	3 ml.

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

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

I.2 Réactif colorant Produits chimiques exigés :

Produits chimiques exigés :

Acide o-phosphorique H_3PO_4 (85 %).....50 ml.

Sulfanilamide $C_6H_8N_2O_2S$10 g.

α - Naphtyléthylène diamine dihydrochloride $C_{12}H_{16}Cl_2N_2$0,5 g.

Eau distillée H_2O850 ml.

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

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

I.3 Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée H_2O (régénérée chaque semaine).

II. Préparation des solutions étalons

II.1 Solution mère de 100 ppm N (*)

Produits chimiques exigés :

Nitrate de sodium $NaNO_3$0,6068 g.

Eau distillée H_2O1000 ml.

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

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

II.2 Solution fille de 10 ppm N

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm N dans 100 ml d'eau distillée.

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

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{moles/l}$ de $N-NO_3^-$ ou de $N-NO_2^-$ puis en $\mu\text{moles/l}$ de NO_3^- ou de NO_2^- .

III. Préparation de la colonne réductrice

III.1 Solution d'acide chlorhydrique (4N)

Produits chimiques exigés :

Acide chlorhydrique HCl (32 %)...400 ml.

Eau distillée H₂O...600 ml.

Préparation : Diluer l'acide chlorhydrique dans 600 ml d'eau distillée.

III.2 Cadmium

Produits chimiques exigés :

Granules de cadmium taille 0,3-1,0 mm (tamisé)...2,5 g.

Procédure de remplissage :

1. Les granules de cadmium sont mélangées avec \pm 30 ml de la solution d'acide chlorhydrique (4N).
2. Agiter pendant 1 minute.
3. Ajouter environ 50 ml de solution de sulfate de cuivre et agiter pendant 5 minutes.
4. Laver la saleté entre les granules avec l'eau distillée.
5. Sécher les granules de cadmium.
6. Ajouter, à l'aide d'un entonnoir, les granules dans une colonne sèche, en secouant de temps en temps pour empaqueter la colonne des deux côtés.
7. Remplir jusqu'à \pm 5 mm du sommet.
8. Placer un petit morceau de tube en polyéthylène, dans la colonne pour éviter que les granules ne sortent de la colonne.
9. Remplir la colonne, à l'aide d'une seringue contenant la solution tampon (réactif 1-1 préparé précédemment).
10. Placer la colonne dans le système.

Note : Eviter que l'air rentre dans la colonne. Les granules de cadmium activés peuvent être stockés sec, dans une bouteille bien fermée.

- **Dosage des orthophosphates**

I. Réactifs

I.1 Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés :

Tartrate de potassium et d'antimoine $K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 5H_2O$...230 mg.

Acide sulfurique H₂SO₄ (97 %)...69,4 ml.

Molybdate d'ammonium $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$...6 g.

Eau distillée H₂O...1000 ml.

FFD6...2 ml.

Préparation : Dissoudre le tartrate de potassium et d'antimoine dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajouter soigneusement l'acide sulfurique en mélangeant constamment. Ajouter le molybdate d'ammonium et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : Ne pas employer de cuillères en métal pour le molybdate d'ammonium. La sensibilité peut être augmentée de 50 % en employant 35 ml d'acide sulfurique concentré au lieu de 69,4 ml. Avec 35 ml l'interférence des silicates est 10 % pour 300 ppb Si et 10 % pour 10 ppb P. Le Ph final doit être inférieur à 1. La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

I.2 Solution d'acide ascorbique

Produits chimiques exigés :

Acide ascorbique $C_6H_8O_6$	6g.
Acétone $C_3H_6O_8$	60 ml.
Eau distillée H_2O	1000 ml.
FFD6.....	2 ml.

Préparation : Dissoudre l'acide ascorbique dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajouter l'acétone. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 5 jours. Conserver à 4° C quand la solution n'est pas utilisée.

I.3 Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H_2O (régénérée chaque semaine).

II. Préparation des solutions étalons

II.1 Solution mère de 100 ppm P (*)

Produits chimiques exigés :

Dihydrogène o-phosphate de potassium KH_2PO_4	0,4394 g.
Eau distillée H_2O	1000 ml.

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

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

II.2 Solution fille de 10 ppm P

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm P dans 100 ml d'eau distillée.

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

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{moles/l}$ de PO_4^- .

- **Dosage des silicates**

I. Réactifs

I.1 Solution d'acide sulfurique

Produits chimiques exigés :

Acide sulfurique H_2SO_4 (97 %).....10 ml.

Eau distillée H_2O1000 ml.

FFD6.....2 ml.

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

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

I.2 Solution de molybdate d'ammonium

Produits chimiques exigés :

Molybdate d'ammonium $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$20g.

Eau distillée H_2O1000 ml.

FFD6.....2 ml.

Préparation : Dissoudre le molybdate d'ammonium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le FFD6 et mélanger.

Note : Conserver dans une bouteille de polyéthylène. La solution est stable pendant 1 jour. Ne pas utiliser de cuillères en métal pour le molybdate d'ammonium.

I.3 Solution d'acide oxalique

Produits chimiques exigés :

Acide oxalique $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$44g.

Eau distillée H_2O1000 ml.

Préparation : Dissoudre l'acide oxalique dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

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

I.4 Liquide de rinçage

Eau fraîchement distillée H_2O .

Note : Changer l'eau quotidiennement. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

II. Préparation des solutions étalons

II.1 Solution mère de 100 ppm Si (*)

Produits chimiques exigés :

Métasilicate de sodium $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$1,0119 g.

Eau distillée H_2O1000 ml.

Préparation : Dissoudre le metasilicate de sodium dans \pm 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note : La solution est stable pendant 1 mois. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

II.2 Solution fille de 10 ppm Si

Diluer 10 ml de la solution mère à 100 ppm Si dans 100 ml d'eau distillée.

Note : Préparer la solution fille à 10 ppm Si chaque semaine et les standards chaque jour. Conserver dans une bouteille en polyéthylène.

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{mol/l}$ de SiO_4^- .

III.3.2 Les droites d'étalonnage

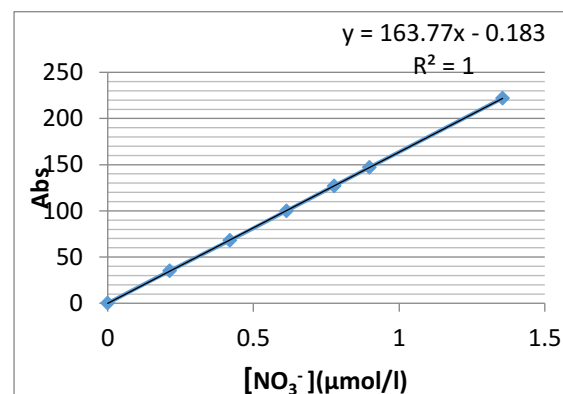
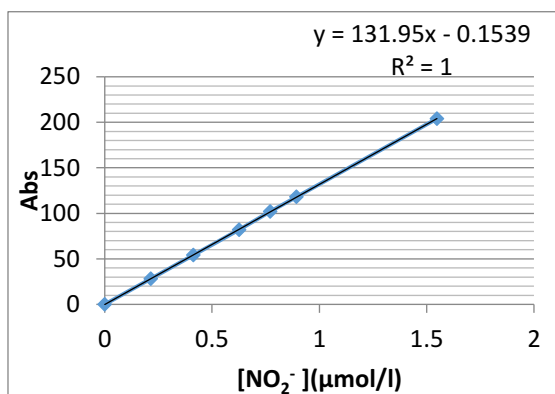
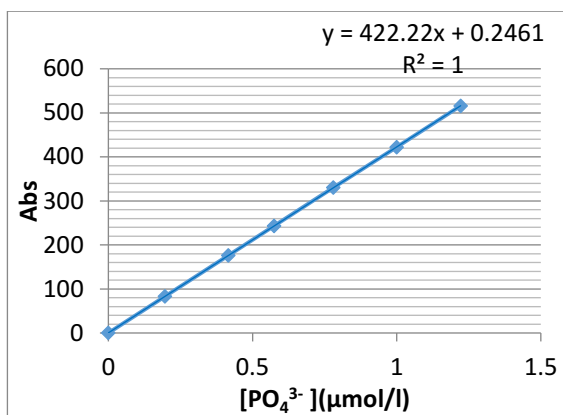
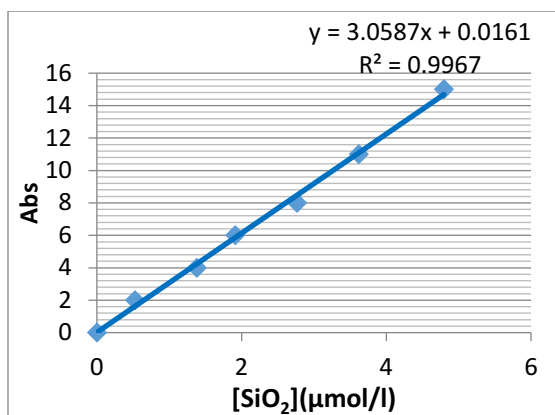
Tableau (4): Les solutions standards de chaque sel et leurs hauteurs de pic (1^{ère} campagne) :

Identity1	NO3 $\mu\text{mol/l}$	Ht NO3	NO2 $\mu\text{mol/l}$	Ht NO2	PO4 $\mu\text{mol/l}$	Ht PO4	SIO2 $\mu\text{mol/l}$	Ht SIO2
Wash	0,0000	0	0	0	0,0000	0	0	0
ST ₁	0,2126	35	0,2137	28	0,1962	83	0,5285	2
ST ₂	0,4192	68	0,4122	54	0,4160	176	1,3823	4
ST ₃	0,6135	100	0,6258	82	0,5743	243	1,9108	6
ST ₄	0,7772	127	0,7711	102	0,7799	330	2,7646	8
ST ₅	0,8980	147	0,8936	118	0,9997	422	3,6184	11
ST ₆	1,3554	222	1,5480	204	1,2219	516	4,7974	15

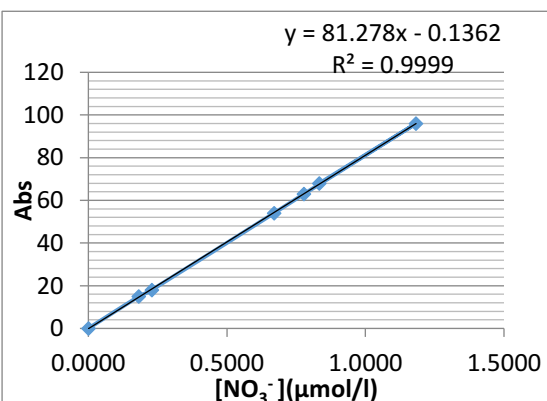
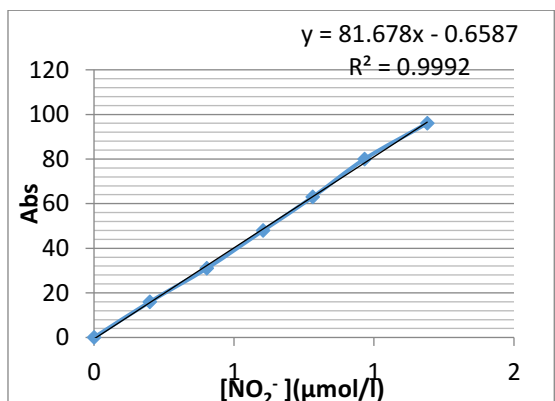
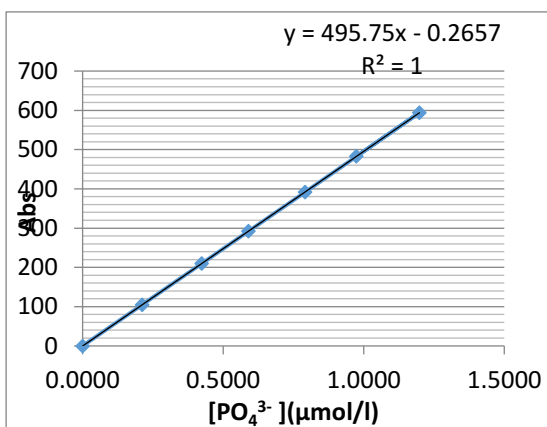
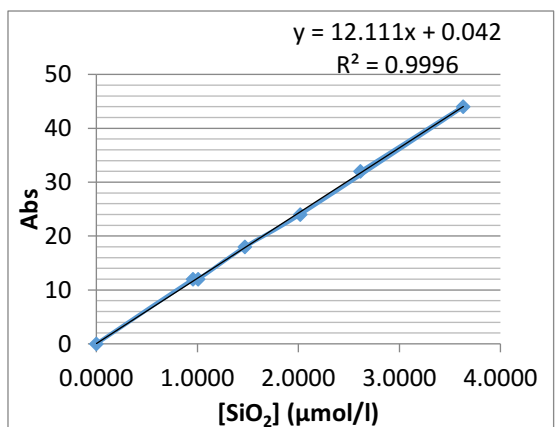
Tableau (5): Les solutions standards de chaque sel et leurs hauteurs de pic (2^{ème} campagne) :

Identity 1	NO3 $\mu\text{mol/l}$	Ht NO2	NO2 $\mu\text{mol/l}$	Ht NO2	PO4 $\mu\text{mol/l}$	Ht PO4	SIO2 $\mu\text{mol/l}$	Ht SIO2
Wash	0,0000	0	0	0	0,0000	0	0,0000	0
ST1	0,1822	15	0,1999	16	0,2122	105	0,9571	12
ST2	0,2285	18	0,4033	31	0,4244	210	1,0085	12
ST3	0,6700	54	0,6044	48	0,5901	292	1,4716	18
ST4	0,7781	63	0,7816	63	0,7922	392	2,0170	24
ST5	1,1826	96	0,9664	80	1,1981	594	3,6327	44
ST6	0,8337	68	1,1900	96	0,9744	483	2,6139	32

a) Les droites d'étalonnage des sels nutritifs (1^{ère} campagne) :



b) Les droites d'étalonnage des sels nutritifs (2^{ème} campagne) :



III.4 Le matériel utilisé dans l'analyse granulométrique



1. Boîtes de Pétri



2. Etuve



3. Balance





4. Colonne de tamis et pinceau







5. Tamiseuse électrique

III.5 Procédé d'analyses bactériologique

Tableau (6) : Récapitulatif de la méthode de filtration sur membrane pour la recherche des coliformes totaux, fécaux et streptocoques fécaux :

Germe recherché	Sélectivité du milieu d'ensemencement	Aspect du milieu avant utilisation	Volume filtré	T° et durée d'incubation	Aspect du milieu après
Coliformes (Totaux et Fécaux)	Le Tergitol (est un agent tensioactif inhibiteur de nombreux Gram+).	 milieu vert	100 ml	35°C pendant 24 heures.	 - Colonie rose rouge : réduction du TTC. - Colonie jaune : absence de réduction du TTC.
				44°C pendant 24 heures.	

Streptocoques fécaux	Teste présumptif : Le Slanetz contient un inhibiteur des Gram (-) qui sélectionne les streptocoques : l'Azide de sodium.	 milieu jaune	100 ml	37°C pendant 24 heures	 Les Entérocoques donnent des colonies rouges
	Teste confirmatif : BEA c'est un milieu sélectif des streptocoques peu exigeants, il contient des inhibiteurs. BEA (gélose Bile-Esculine-AZide)			37°C Pendant 2 heures	 Colonies présentant une couleur noire à brun, esculine +

III.6 Le matériel utilisé pour l'analyse des hydrocarbures

1. Bouteilles en verre brun de 2,5L, avec bouchon en plastique.
2. Piluliers en verre avec bouchons.
3. Eprouvette de 50ml.
4. Ampoules à décanter en verre de 2l, avec bouchons en verre.
5. Ballon en verre de 250ml, avec ses bouchons en verre.
6. Eprouvette gradué de 1l.
7. Burette de 50ml.
8. Béchers.
9. Spatule en métal inoxydable.
10. Tubes à essai.
11. Rotavaport.
12. Jet d'azote.



11. L'appareil Rotavaport



12. Jet d'azote

Annexe IV : Résultats obtenus

IV.1 Matières en suspension

Tableau (7) : Concentrations des matières en suspension mesurées en fonction des stations étudiées dans la 1^{ère} campagne :

Stations	Poids filtre vide (g) : P1	Poids après séchage (g) : P2	MES (mg/l)
S2	0,2526	0,2943	278
S3	0,2504	0,2821	211,33
S4	0,2518	0,2862	229,33
S5	0,2472	0,2804	221,33
S6	0,2531	0,2968	91,33
S9	0,2508	0,2603	63,33
S12	0,2511	0,2935	282,66
S13	0,2482	0,2928	297,33
S14	0,2494	0,2862	245,33
S15	0,2514	0,2998	322,66
Minimum			63,33
Maximum			322,66

Tableau (8) : Concentrations des matières en suspension mesurées en fonction des stations étudiées dans la 2^{ème} campagne :

Stations	Poids filtre vide (g) : P1	Poids après séchage (g) : P2	MES (mg/l)
S1	0,0997	0,1122	83,33
S2	0,1006	0,1252	164
S3	0,1007	0,1146	92,66
S4	0,1004	0,1231	151,33
S5	0,1001	0,1198	131,33
S7	0,1021	0,1177	104
S8	0,1015	0,1214	132,66
S9	0,1001	0,1205	136
S10	0,1003	0,1203	133,33
S11	0,0992	0,1186	129,33
S12	0,1003	0,1207	136
S13	0,1008	0,1190	121,33
S14	0,0989	0,1103	76
S15	0,1002	0,1269	178
Minimum			76
Maximum			178

IV.2 Matières organique

Tableau (9) : Valeurs des matières organiques mesurées dans la 1^{ère} campagne :

Stations	Poids creusé vide (g)	Pois creusé + filtre (g)	Après séchage (g)	MO (mg)
S2	37,0466	37,3406	37,3299	10,7
S3	37,3515	37,6377	37,6211	16,6
S4	35,6597	35,9494	35,9422	7,2
S5	35,8049	36,0815	36,0777	3,8
S6	38,4509	38,7486	38,7435	5,1
S9	35,3303	35,5909	35,5864	4,5
S12	36,4252	36,7184	36,7087	9,7
S13	33,6851	33,9777	33,9674	10,3
S14	47,3643	47,6476	47,6345	13,1
S15	38,5034	38,7989	38,7881	10,8
Minimum				3,8
Maximum				16,6

Tableau (10) : Valeurs des matières organiques mesurées dans la 2^{ème} campagne :

Stations	Poids creusé vide (g)	Pois creusé + filtre (g)	Après séchage (g)	MO (mg)
S1	43,1971	43,3119	43,3060	5,9
S2	63,1212	63,2516	63,2403	11,3
S3	37,0442	37,1610	37,1549	6,1
S4	33,6861	33,8101	33,8024	7,7
S5	38,5056	38,6252	38,6162	9
S7	35,8020	35,9202	35,9140	6,2
S8	34,6836	34,8073	34,8001	7,2
S9	35,6612	35,7839	35,7785	5,4
S10	64,2014	64,3242	64,3112	13
S11	36,4132	36,5435	36,5354	8,1
S12	59,9526	60,0732	60,0670	6,2
S13	38,4546	38,5776	38,5656	12
S14	37,3539	37,4670	37,4621	4,9
S15	61,9291	62,0599	62,0490	10,9
Minimum				4,9
Maximum				13

IV.3 Sels nutritifs

Tableau (11) : concentrations en sels nutritifs dans les stations étudiées (1^{ère} campagne) :

Stations	[NO ₃ ⁻] (µmol/l)	[NO ₂ ⁻] (µmol/l)	[PO ₄ ³⁻] (µmol/l)	[SiO ₂ ⁻] (µmol/l)
S2	0,0973	0,06151	0,1870	1,3010
S3	1,46604	1,2361	1,7619	6,7860
S4	0,09179	0,11224	0,2106	2,2767
S5	0,07940	0,0306	0,1870	0,9757
S6	0,06372	0,0161	0,3124	0,6505
S9	0,05416	0,0184	1,8187	6,8345
S12	0,2836	0,18454	0,2911	0,9757
S13	0,0918	0,08014	0,0663	2,2767
S14	0,5140	0,40830	0,3574	9,3709
S15	0,0857	0,06740	0,0568	2,9272
Minimum	0,05416	0,0161	0,0568	0,6505
Maximum	1,4660	1,2361	1,8187	9,3709

Tableau (12) : concentrations en sels nutritifs dans les stations étudiées (2^{ème} campagne) :

Stations	[NO ₃ ⁻] (µmol/l)	[NO ₂ ⁻] (µmol/l)	[PO ₄ ³⁻] (µmol/l)	[SiO ₂ ⁻] (µmol/l)
S1	0,2346	0,2002	0,1958	1,2349
S2	0,2347	0,1896	0,2180	1,6465
S3	1,1424	0,9744	3,5321	1,3172
S4	0,2223	0,1791	0,3794	1,3584
S5	0,1544	0,1159	0,1100	1,1937
S6	0,2100	0,1896	0,6136	1,0703
S7	0,1729	0,1264	0,1998	1,3996
S8	0,1112	0,0948	0,0697	1,1703
S9	0,1359	0,1053	0,0787	1,2349
S10	0,1359	0,0632	0,0969	1,3572
S11	0,1235	0,0843	0,0646	1,4572
S12	0,1358	0,0527	1,3432	12,5962
S13	0,0494	0,0316	2,2424	3,0461
S14	0,2284	0,1580	0,1998	3,6635
S15	0,9016	0,8112	0,5631	16,4656
Minimum	0,0494	0,0316	0,0646	1,0703
Maximum	1,1424	0,9744	3,5321	16,4656

IV.4 Les pélites

Tableau (13) : Poids et pourcentage de la fraction pélitique en fonctions des stations étudiées (1^{ère} campagne) :

Stations	Poids sec (g)	Poids pélites (g)	Poids pélites (%)
S1	143,26	6,74	4,493
S3	148,01	1,99	1,326
S4	149,55	0,45	0,3
S6	146,35	3,65	2,433
S8	145,22	4,78	3,186
S9	148,08	1,92	1,28
S11	148,38	1,62	1,08
S13	147	3	2
S14	138,87	11,13	7,42
S15	148,09	1,91	1,273
Minimum		0,45	0,3
Maximum		11,13	7,42

Tableau (14) : Poids et pourcentage de la fraction pélitique en fonctions des stations étudiées (2^{ème} campagne) :

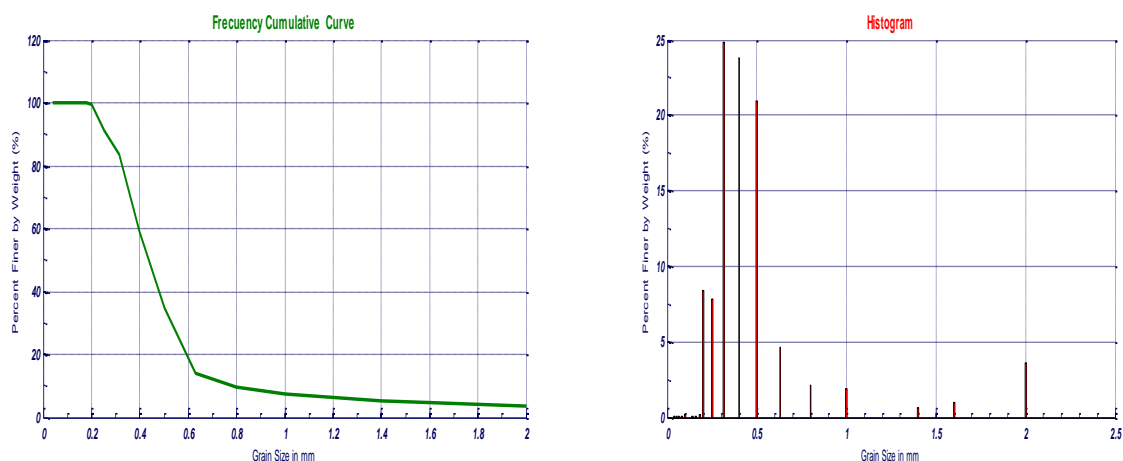
Stations	Poids sec (g)	Poids pélites (g)	Poids pélites (%)
S1	149,38	0,62	0,413
S3	149,51	0,49	0,326
S4	148,76	1,24	0,826
S7	149,39	0,61	0,406
S8	147,49	2,51	1,673
S9	148,94	1,06	0,706
S10	149,27	0,73	0,486
S11	148,96	1,04	0,693
S13	148,89	1,11	0,74
S15	146,61	3,39	2,26
Minimum		0,49	0,326
Maximum		3,39	2,26

IV.5 Granulométrie

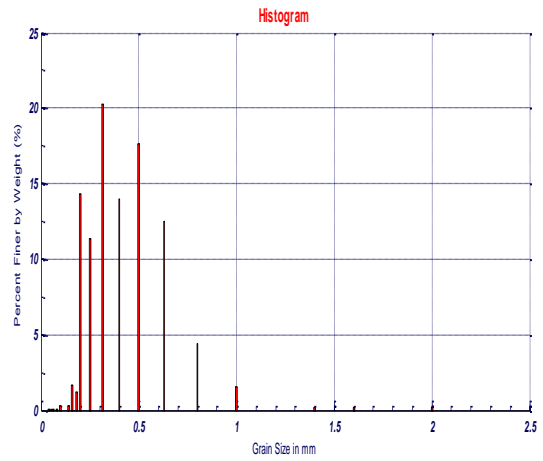
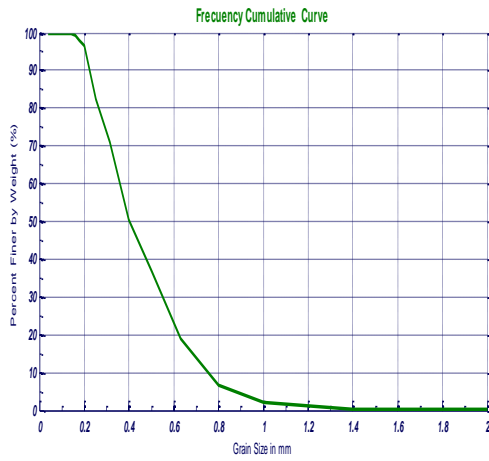
Tableau (15) : Poids des refus enregistrés de chaque station étudiée en fonction des diamètres des tamis (1^{ère} campagne) :

Station ϕ μm	S1	S3	S4	S6	S8	S9	S11	S13	S14	S15
2000	5,31	0,18	0	0	0	39,65	11,27	66,38	6,53	3,14
1600	1,41	0,21	0	0,04	0,02	20,75	2,76	18,3	4,55	4,91
1400	0,97	0,25	0	0,01	0	12,07	1,87	10,44	3,79	4,41
1000	2,83	2,31	0,07	0,05	0,01	18,26	6,52	23,59	1,05	17,09
800	3,16	6,56	0,07	0,15	0,04	6,28	9,53	11,64	3,94	13,79
630	6,7	18,49	0,08	0,19	0,11	4,43	26,14	7,33	3,74	11,18
500	28,62	25,09	0,24	0,44	0,6	4,71	51,81	5,24	5,52	12,16
400	31,9	20,64	0,5	0,91	2,3	5,94	25,13	2	5,7	9,23
315	36,27	29,88	1,9	4,61	13,03	8,87	10,44	0,9	12,24	16,38
250	11,45	16,86	2,56	8,27	19,91	7,27	1,46	0,27	9,11	13,69
200	12,22	20,2	25,63	32,55	75,11	12,4	0,8	0,24	23,03	28,25
180	0,27	1,84	19	27,67	11,01	2,47	0,09	0,04	6,33	3,45
160	0,01	2,38	59,02	52,85	10,23	3,53	0,11	0,09	15,79	6,17
140	0,01	0,41	26,32	13,98	7,39	0,73	0,07	0,04	10,81	1,69
100	0,19	0,34	10,4	0,52	3,78	0,43	0,03	0,11	15,97	1,17
80	0,03	0,05	0,14	0,07	1,55	0,02	0,01	0,03	3,82	0,07
63	0,01	0,03	0,02	0,01	0,05	0,01	0,01	0,03	2,24	0,03
50	0	0,02	0,01	0,02	0	0	0	0,02	0,97	0,01
40	0	0	0	0,01	0	0	0	0,02	0,78	0,02
<40	0	0	0	0	0	0	0	0	0,61	0

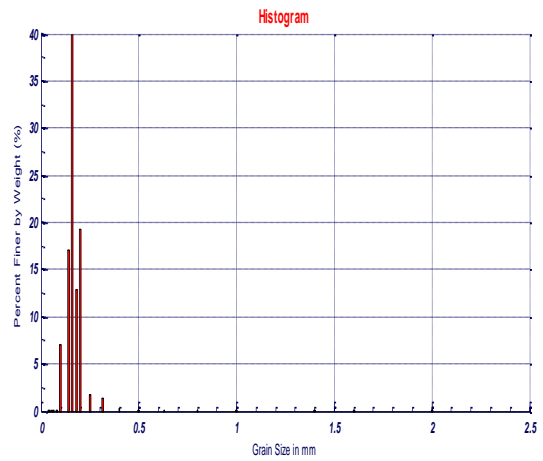
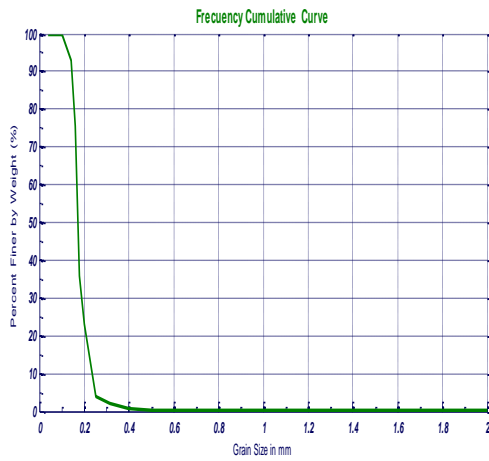
a) Les courbes cumulatives et histogrammes des stations étudiées dans la 1^{ère} campagne :



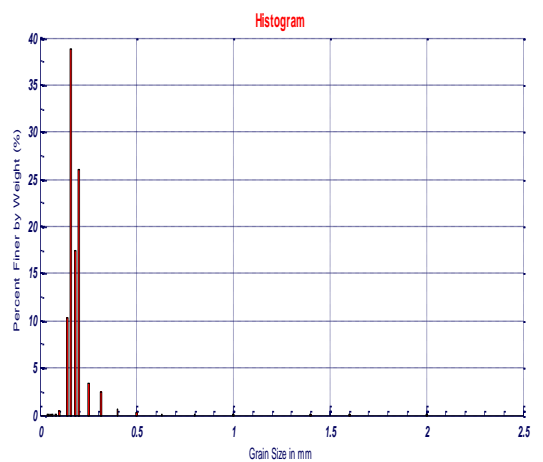
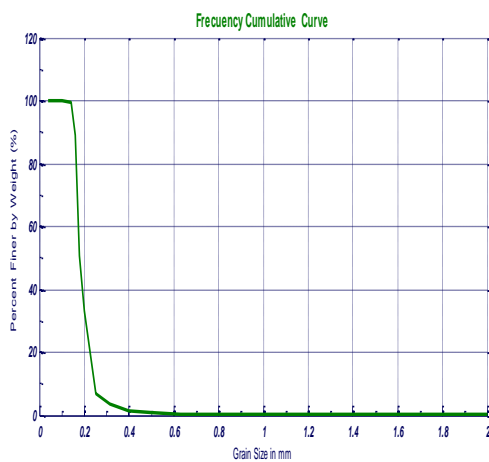
S1 : Plage artificielle d'El Djamila



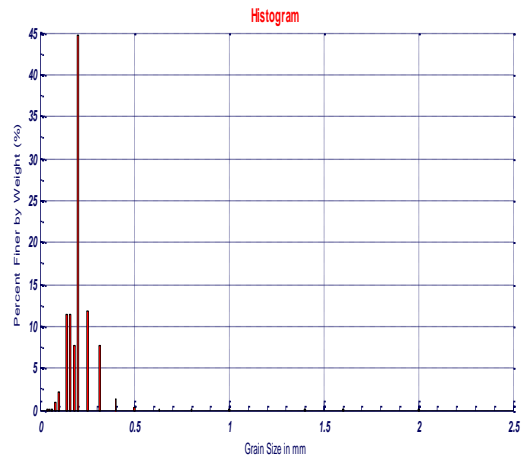
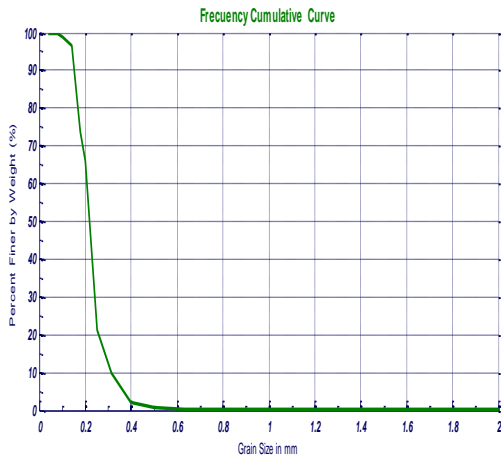
S3 : Embouchure Est d'oued Béni Messous



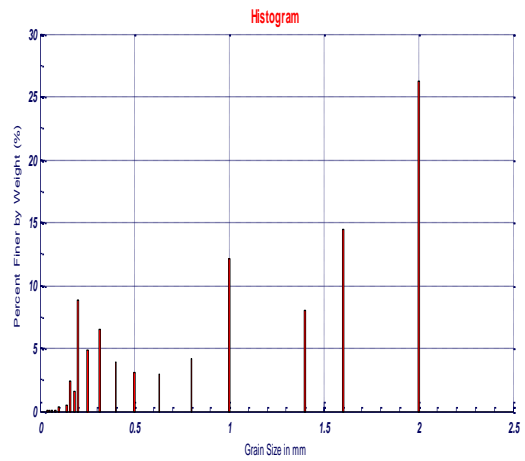
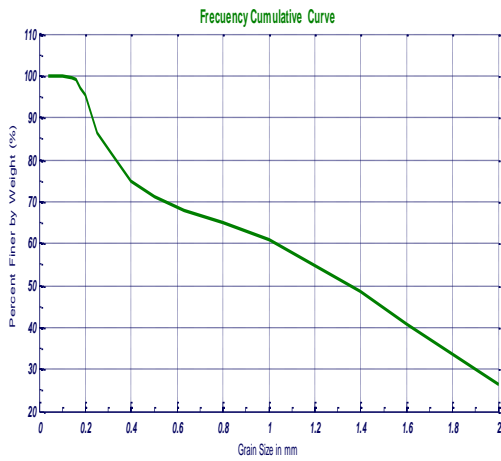
S4 : Plage Est de Sidi Fredj



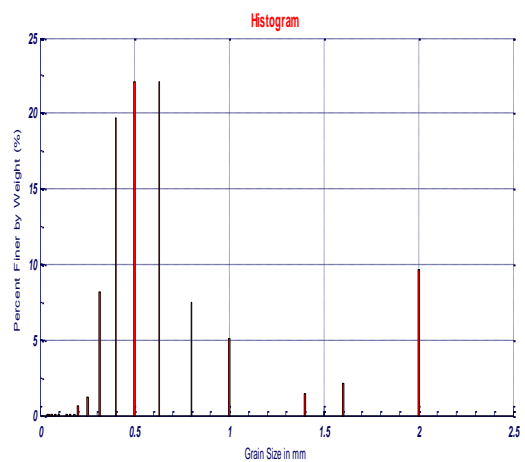
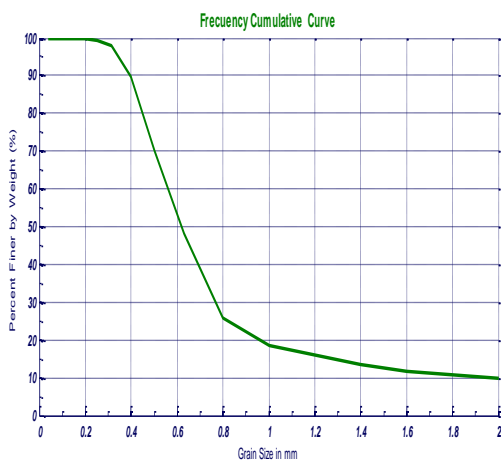
S6 : Plage Ouest de Sidi Fredj



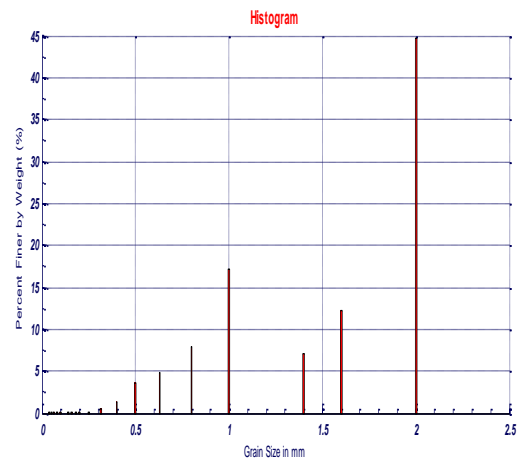
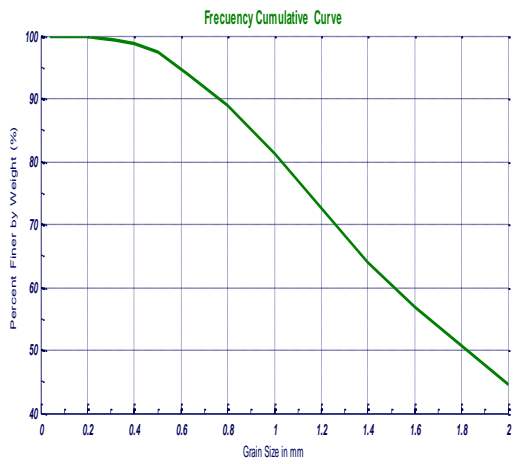
S8 : Plage de Zéralda coté Ouest



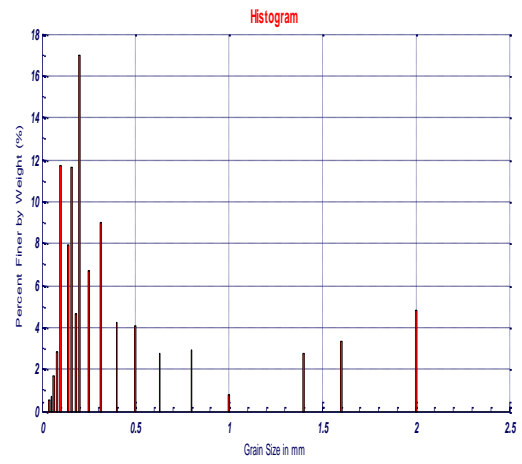
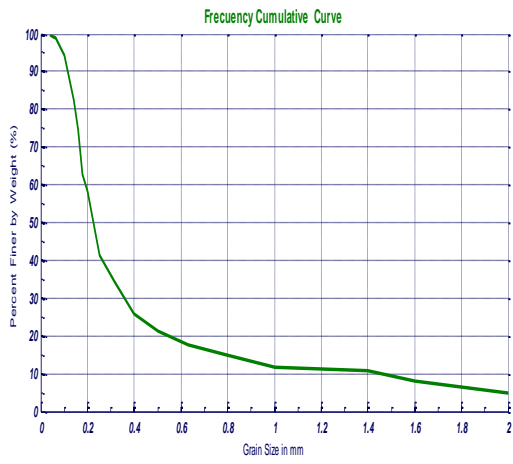
S9 : Embouchure d'oued Mazafran



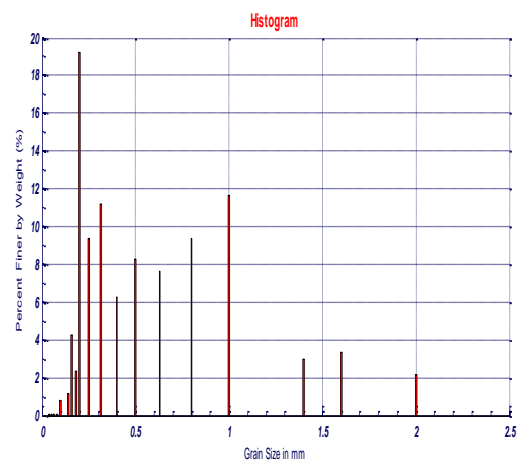
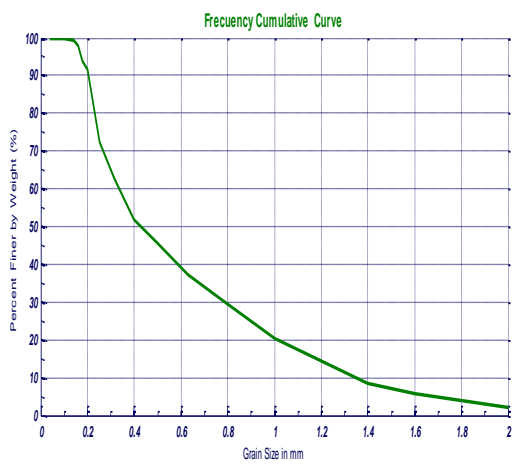
S11 : Plage Bou-Ismail



S13 : Anse de Kouali



S14 : Port de Tipaza

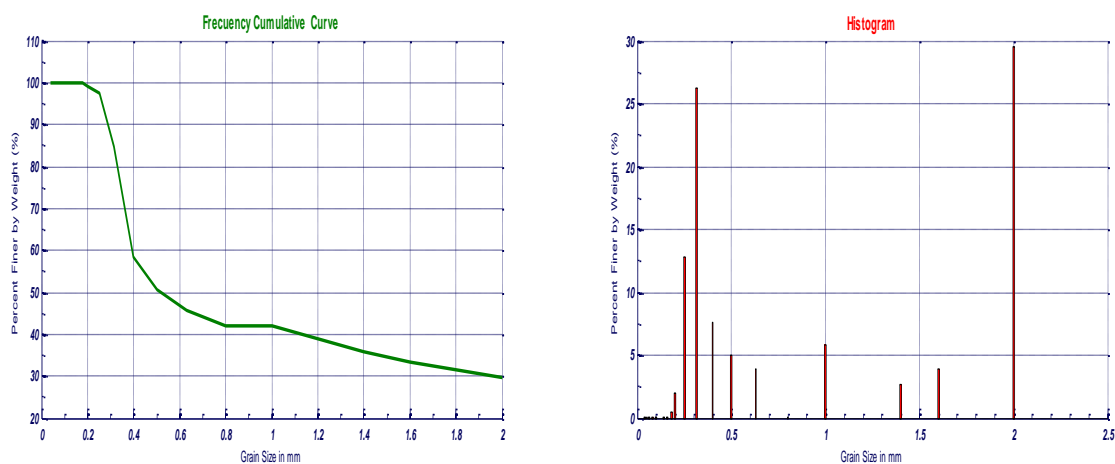


S15 : Plage Chenoua

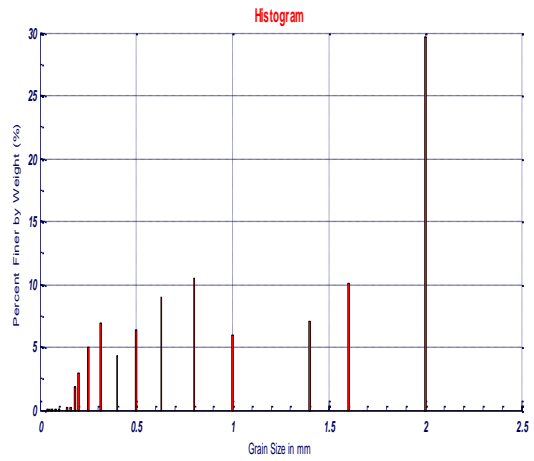
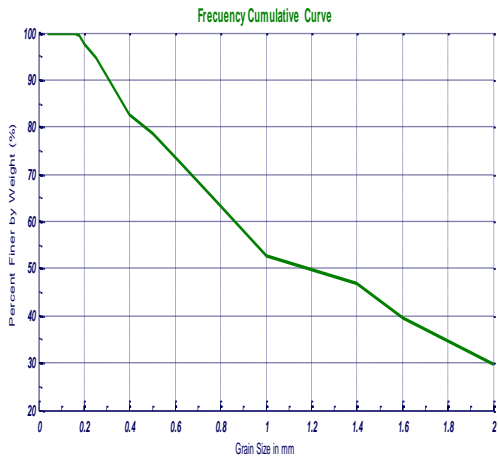
Tableau (16) : Poids des refus enregistrés de chaque station étudiée en fonction des diamètres des tamis (2^{ème} campagne) :

Station ϕ μm	S1	S3	S4	S7	S8	S9	S10	S11	S13	S15
2000	43,63	43,20	0,22	67,75	0,20	114,54	87,76	6,28	0,68	2,57
1600	5,70	14,72	0,02	3,36	1,00	12,47	14,34	0,91	0,35	2,42
1400	3,87	10,27	0,24	2,68	0,96	8,73	1,86	1,11	0,42	2,52
1000	8,56	8,68	0,02	6,69	1,27	5,15	9,44	0,97	0,51	2,64
800	0,01	15,24	0,05	0,06	2,72	4,22	13,36	3,19	2,71	6,58
630	5,84	13,10	0,08	5,74	4,43	1,23	4,97	15,57	9,77	8,78
500	7,30	9,20	0,09	7,30	4,42	0,20	1,07	31,55	28,89	8,48
400	11,22	6,21	0,18	6,60	3,60	0,04	0,35	52,65	33,21	7,95
315	38,73	10,02	0,97	11,64	8,86	0,02	0,28	30,83	60,01	20,93
250	18,84	7,28	2,92	9,20	16,18	0,03	0,15	1,55	8,31	24,53
200	2,95	4,33	6,75	11,03	29,59	0,03	0,13	0,43	0,98	27,17
180	0,78	2,78	23,93	12,23	44,74	0,04	0,10	0,30	0,31	20,68
160	0,10	0,36	16,90	2,08	8,98	0,01	0,05	0,07	0,16	1,85
140	0,12	0,34	51,84	1,88	12,79	0,01	0,04	0,12	0,01	3,86
100	0,02	0,06	21,49	0,25	2,28	0,00	0,03	0,05	0,00	0,90
80	0,01	0,04	19,60	0,09	1,11	0,00	0,01	0,09	0,00	0,59
63	0,01	0,00	0,57	0,00	0,05	0,00	0,01	0,02	0,00	0,03
50	0,00	0,00	0,08	0,00	1,11	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
40	0,00	0,00	0,01	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

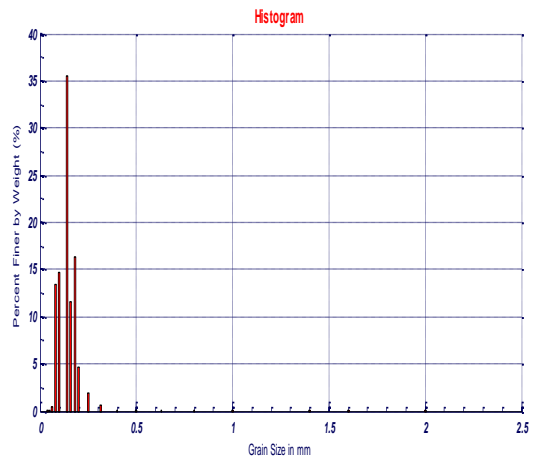
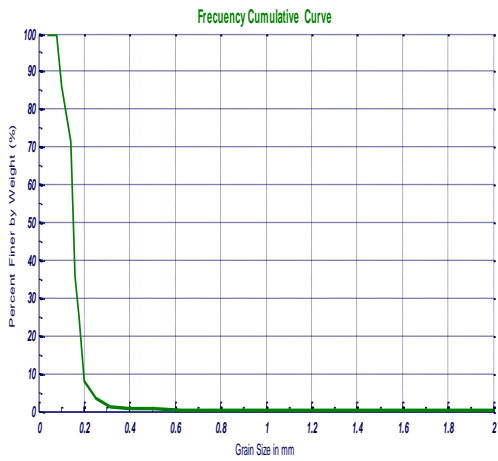
b) Les courbes cumulatives et histogramme des stations étudiées dans la 2^{ème} campagne :



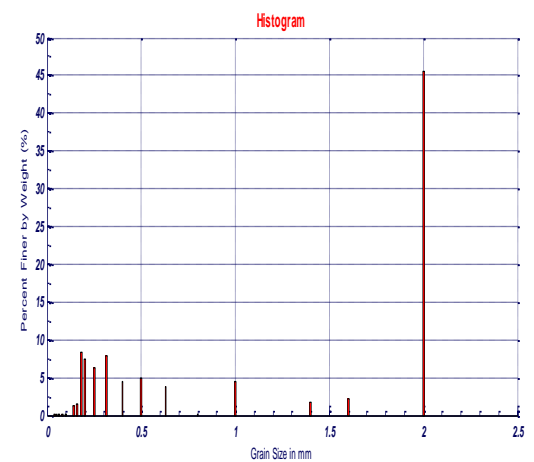
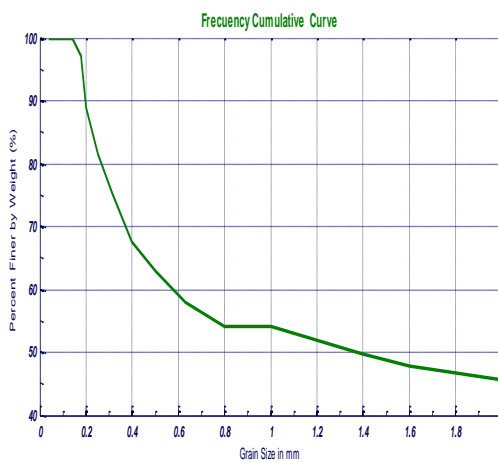
S1 : Plage artificielle d'El Djamila



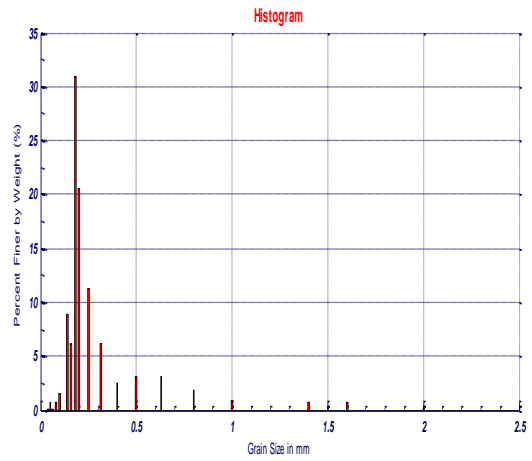
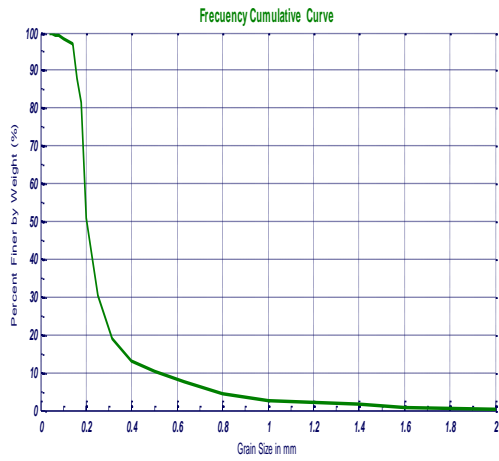
S3 : Embouchure Est d'oued Béni Messous



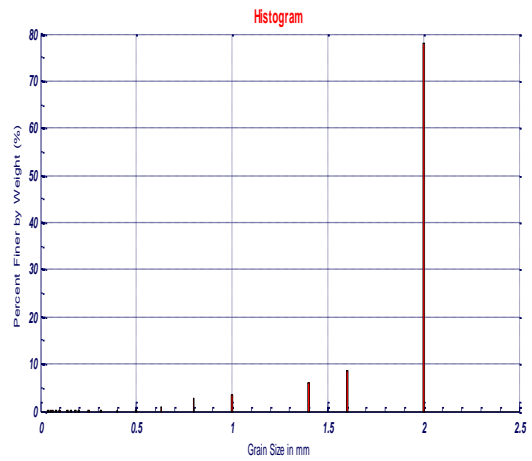
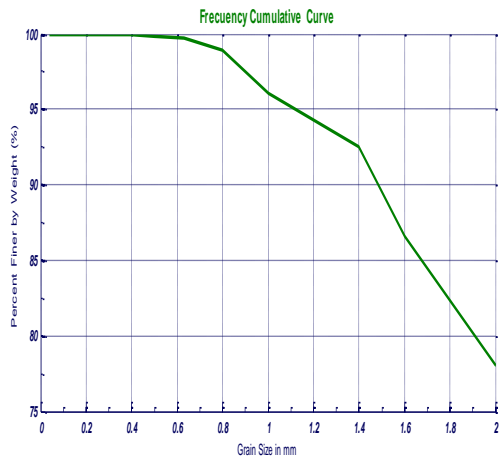
S4 : Plage Est de Sidi Fredj



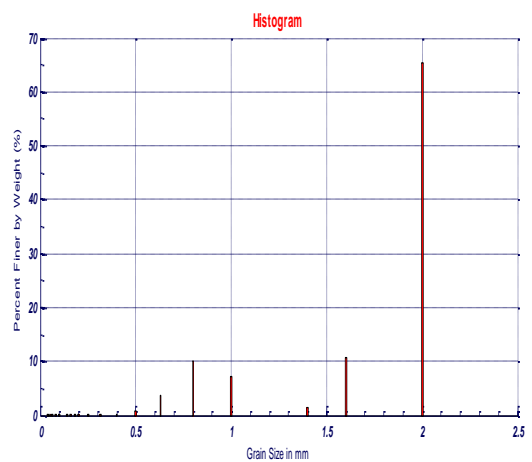
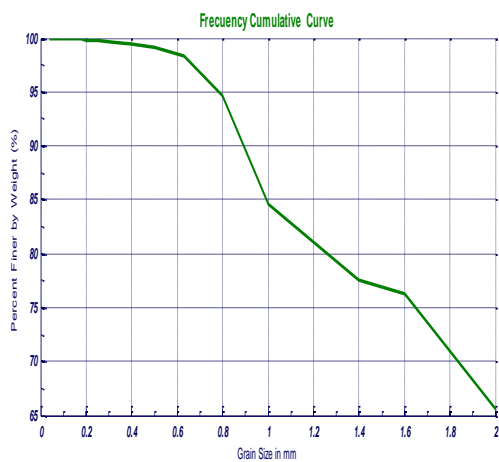
S7 : Plage Azur



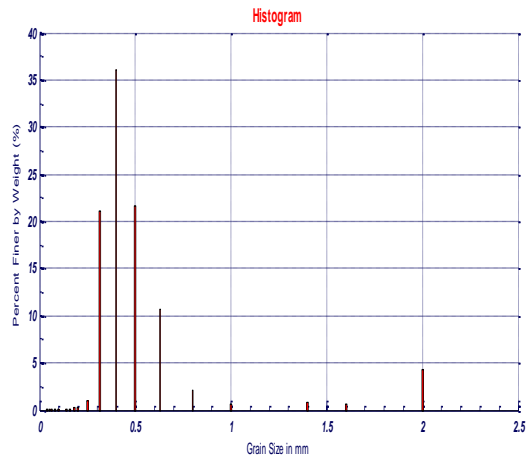
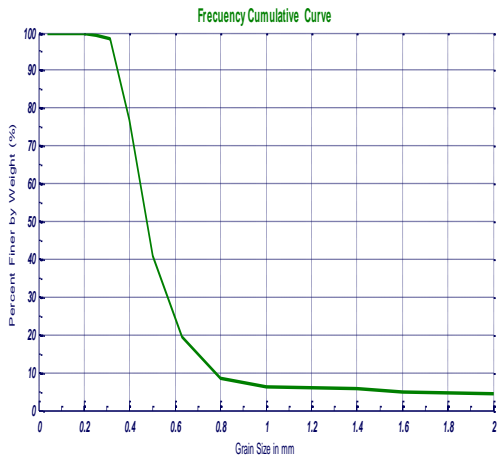
S8 : Plage de Zéralda coté Ouest



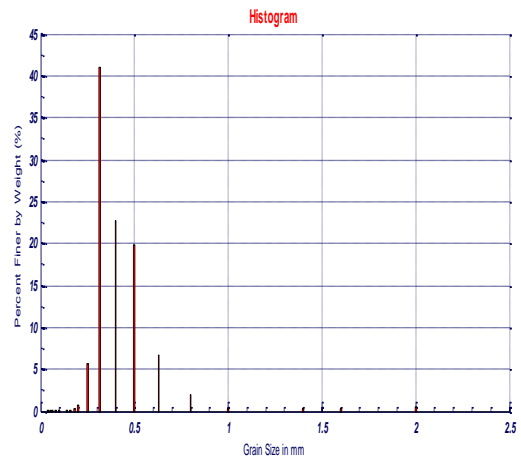
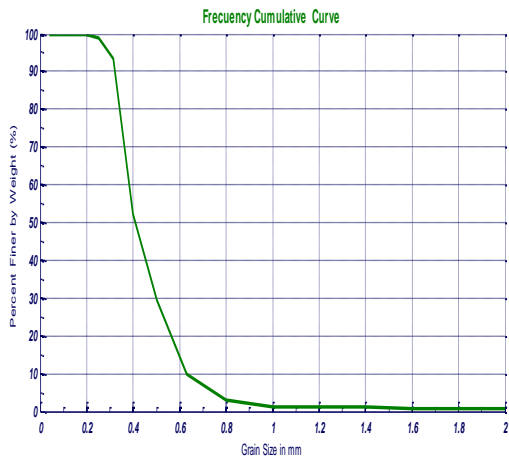
S9 : Embouchure d'oued Mazafran



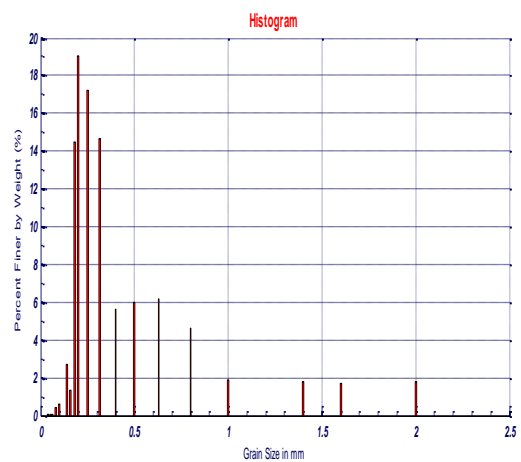
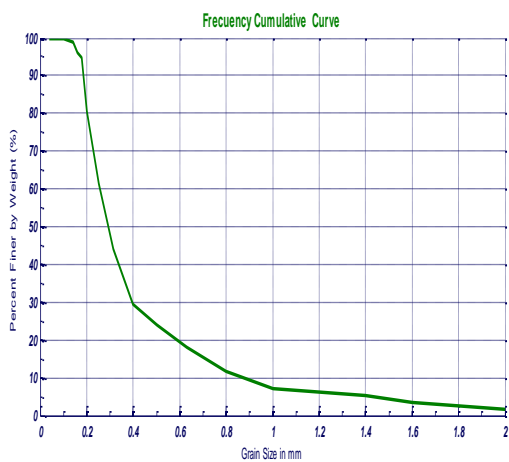
S10 : Plage Fouka



S11 : Plage Bou-Ismail



S13 : Anse de Kouali



S15 : Plage Chenoua

Tableau (17) : Les indices granulométriques des différentes stations étudiées dans la baie de Bou-Ismaïl (1^{ère} campagne) :

station	Q25	Q50	Q75	So	SK	mode
S1	365	433	542	1,6037	0,88625	315
S3	319	403	579	1,6156	0,98605	315
S4	164	172	196	1,1908	0,84918	160
S6	171	180	209	1,1924	0,73921	160
S8	190	218	243	1,3158	1,0252	200
S9	537	1363	1919	2,3738	1,5761	2000
S11	500	616	1825	1,6837	0,80122	500
S13	1254	1688	813	1,475	1,5769	2000
S14	167	222	410	2,4583	0,75005	200
S15	261	422	891	2,1726	0,8666	200
Minimum	164	172	196	1,1908	0,73921	160
Maximum	1254	1688	1919	2,4583	1,5769	2000

Tableau (18) : Les indices granulométriques des différentes stations étudiées dans la baie de Bou-Ismaïl (2^{ème} campagne) :

station	Q25	Q50	Q75	So	SK	mode
S1	355	514	1786	2,1881	0,753	2000
S3	672	1714	1822	2,1284	1,3584	2000
S4	141	152	179	1,3423	1,1484	140
S7	367	1371	1919	2,5396	1,5931	2000
S8	189	201	273	1,5576	0,6585	180
S9	1751	1881	1973	1,1592	1,5348	2000
S10	1683	1872	1979	1,38	1,7852	2000
S11	421	470	583	1,4791	0,74744	400
S13	368	407	523	1,3117	0,78707	315
S15	224	290	477	1,9292	0,73055	200
Minimum	141	152	179	1,1592	0,6585	140
Maximum	1751	1881	1979	2,5396	1,7852	2000

IV.6 Bactériologie

Tableau (19) : Résultats de recherche et de dénombrement des germes indicateurs de la pollution dans les eaux de surface de la baie de Bou-Ismaïl :

Stations	Coliformes totaux	Coliformes fécaux	Entérocoques totaux	Entérocoques fécaux
S1	165	165	46	24
S3	ind	ind	ind	ind
S4	ind	ind	11	8
S5	154	76	42	17
S7	ind	ind	234	12
S8	ind	ind	ind	ind
S9	ind	ind	37	21
S10	ind	ind	34	17
S11	192	21	55	32
S12	78	15	6	4
S13	88	0	0	0
S14	146	128	22	15
S15	ind	ind	ind	ind

ind = Indénombrable = supérieur à 300

IV.7 Hydrocarbures aromatiques polycycliques

Tableau (20) : Concentration des standards :

	IF (U,A)	[c] µg/ml
S0	0,25	0
S1	1,85	0,2
S2	3,65	0,4
S3	5,15	0,6
S4	6,95	0,8
S5	8	1

Résumé :

Dans le but d'évaluer le niveau de la pollution de l'environnement marin côtier, et plus précisément celui de la baie de Bou-Ismaïl, des échantillons d'eaux de mer et de sédiments ont été prélevés le long de ses côtes pour deux saisons différentes afin de déterminer le taux de contamination chimique et biologique (la concentration des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), sels nutritifs, paramètres physicochimiques et indicateurs de pollution fécale), suivre la contribution des apports naturels anthropiques et activités portuaires dans l'augmentation du niveau de pollution dans le milieu et vérifier les indicateurs de pollution marine en lien avec les infrastructures côtières repérées le long du littoral de la baie de Bou-Ismaïl.

Mots clés : Baie de Bou-Ismaïl, pollution marine, paramètres physico-chimiques, hydrocarbures aromatiques polycycliques, aménagements côtiers.

Abstract :

In order to assess the level of pollution of the coastal marine environment, specifically the Bay of Bou-Ismaïl, samples of water and sea sediments were collected along his ribs for two different seasons to determine the rate of chemical and biological contamination (the concentration of polycyclic aromatic hydrocarbons, nutrients, physicochemical parameters and faecal pollution indicators), follow the contribution of anthropogenic natural inputs and port activities in the increase level of pollution in the environment and check marine pollution indicators related to coastal infrastructure spotted along the coast of the Bay of Bou-Ismaïl.

Keywords : Bay of Bou-Ismaïl, marine pollution, physicochemical parameters, polycyclic aromatic hydrocarbons, coastal development.

ملخص:

من اجل تقييم مستوى تلوث البيئة البحرية الساحلية, وتحديدًا في خليج بوسماعيل, تم جمع عينات من مياه البحر و الرواسب على طول الخط الساحلي وذلك خلال موسمين مختلفين لمعرفة نسبة التلوث الكيميائي و البيولوجي (تركيز الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات, المغذائيات, الدلائل الفيزيوكيميائية و مؤشرات التلوث), متابعة مساهمة المداخلات الطبيعية البشرية وأنشطة الموانئ في زيادة مستوى التلوث البيئي و رصد تغيرات مؤشرات التلوث البحري الناجمة من إنشاء البنيات التحتية الساحلية على طول ساحل خليج بوسماعيل.

مفردات البحث : خليج بوسماعيل, التلوث البحري, الدلائل الفيزيوكيميائية, الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات, التطورات الساحلية.