

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



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

OPTION : AMENAGEMENT DU LITTORAL

Thème :

Evaluation des paramètres du littoral de la baie de Bou -
Ismail : détermination de la pollution marine par les
métaux lourds

Présenté par:

Haouas Karima

Rarrbo Amina

Soutenu le 21 /09 /13 devant le jury suivant :

- Mme BENTCHIKOU. L Maître assistante A (ENSSMAL) Présidente
- Mr BELKESSA.R Professeur (ENSSMAL) Examineur
- Mme BENZAOUH Maître assistante B (ENSSMAL) Examinatrice
- Mme HOUMA-BACHAR I. F Professeur (ENSSMAL) Promotrice

Promotion : 2012/2013

REMERCIEMENT

Au terme de ce modeste travail, nous tenons tout d'abord à remercier Allah le tout puissant, de nous avoir accordées le courage, la patience et surtout la santé pour réaliser et mener au terme notre travail

*Nous tenons également à remercier infiniment notre promotrice **Mme HOUMA- BACHARI .F** de nous avoir encadrées, ainsi que les conseils, les orientations et temps qu'elle nous a consacré afin de réaliser ce travail, qu'elle trouve ici le témoignage de notre profonde reconnaissance*

*Nous tenons aussi à remercier vivement **Mme BENCHIKOU.L** d'avoir accepté de présider ce jury .Nos remerciements vont aussi à **Mme BENZAOUAI.H** et **Mr BELKESSA .R**, pour avoir accepté d'examiner notre travail*

Nous profonde remerciement s'adresse aussi à l'équipe de bateaux de l'ENSSMAL pour leurs aides et la plus belle journée qu'on a passée.

Enfin nous remercier toutes les personnes qui nous ont aidées de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Merci

Dédicaces

« Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents, pour leur amour, leur confiance, leur soutien moral et surtout pour leurs sacrifices pour me permettre d'atteindre cette étape de ma vie.

A mes très chères sœurs.

A ma grande famille,

A tous les amis et proches et à tous personne ayant contribué à ce travail de près ou de loin. »

RARRBO AMINA

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à **mes très chers parents**, je les remercie infiniment pour leurs soutiens morale et financier durant tout ma vie en générale et mon cursus universitaire en particulier et que dieu les protège.*

*A **mes très chers frères Hicham, Abd el basset, Ayoub**: Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous. Je vous dédie ce travail avec tous mes voeux de bonheur, de santé et de réussite.*

*A **mes très chères sœurs Siham, Salha, Fayrouz, rachida, Farida, et son époux Ibrahim et leurs petit prince Mohamed Amin***

Vous avez toujours été présents pour les bons conseils. Votre affection et votre soutien m'ont été d'un grand secours.

Veillez trouver dans ce modeste travail ma reconnaissance pour tous vos efforts.

*A mes cousins **Mohamed, Habib, Abd k***

A tous mes oncles et tentes sans exception et toutes leur familles qui ont toujours suivis mon parcours, mes grands pères, mes grandes mères et tous mes cousins et cousines de la famille

*A mon très cher copain **AMIN** : Que dieu réunisse nos chemins pour un long commun serein et que ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle*

*A mes très chères copines **Sonia Amina, Sara, Lamia, Hania, Katia***

A mes camarades et amis de l'ENSSMAL.

En dernier je tien a rendre hommage à l'ensemble de mes enseignants que se soit a l'université, au lycée, au CEM et au primaire,

KARIMA-CHAHRAZED

Liste des acronymes

A.I.E.A (I.A.E.A) : Agence Internationale de l'Energie Atomique.

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

ANS : Absorbance Non Spécifique

C.O.I : Commission Océanographique Intergouvernementale

DBO : Demande Biochimique en Oxygène

D.O : Densité Optique

ECOREP : Entreprise de Construit et de Réparation Navale

ENSSMAL: Ecole National Supérieur des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

FH : Facteur Hydrodynamique

GESAMP : Group of Experts on the Scientific Aspect of Marine Pollution.

GPS : Système Globale de Positionnement

L.E.M : Laboratoire d'Etudes Maritimes

IC : Indice de contamination

PSU : Pratical Salinity Unit

OD : Oxygène Dissous

OMS : Organisation Mondial de la Santé

ONM : Office National de Météorologique

S.S.M.O : Sommary of Synoptique Meteorological Observation

SAA : Spectrophotométrie d'Absorption Atomique

LISTE DES FIGURES

FigI.1 :	Représentation schématique du cycle biogéochimique des éléments traces dans des environnements marins adapté de (Butcher et al, 1992)	08
Fig II.1 :	Situation géographique de la baie de Bou-Ismaïl	12
Fig II.2:	Topographie de la baie de Bou-Ismaïl (Leclaire, 1972)	13
Fig II.3:	Sédimentologie de la baie de Bou Ismaïl (PAC, 2004)	15
FigII.4 :	Transit sédimentaire dans la baie de Bou-Ismaïl (LEM, 2005)	18
Fig II.5 :	Situation géographique de la baie d'El-Djamila	19
Fig II.6 :	Topographie de la baie d'El Djamila (Leclaire 1972)	20
Fig II.7 :	Schéma probable de l'hydrodynamisme dans la baie d'El Djamila (Assassi et Otmani, 2010)	21
Fig II.8 :	Répartition sédimentologique de la baie d'El Djamila (in Bachari, 2009)	22
FigII.9:	Roses récapitulatives saisonnières et annuelle des fréquences d'apparition du vent au large (L'US Naval Weather service, de 1963 à1970)	23
FigIII.1:	Localisation des stations du prélèvement dans la baie D'El-Djamila	25
FigIII.2:	Localisation des stations du prélèvement dans le port d'El-Djamila	26
FigIII.3:	système global de positionnement (GPS)	26
FigIII.4:	Oxymètre de terrain de marque «Oxi197/WTW »	27
FigIII.5:	Un conductimètre marque WTW type «Cond197i /Set»	27
FigIII.6:	PH-mètre	28
FigIII.7:	Benne « Van Veen »	29
FigIII.8:	Localisation des stations de prélèvement destinées aux analyses granulométriques au niveau de la baie d'El-Djamila	30
FigIII.9:	Localisation des stations de prélèvement destinées aux analyses granulométriques au niveau du port d'El-Djamila	30
Fig III.10:	Localisation des stations de prélèvement destinées aux analyses granulométriques au niveau de la baie de Bou-Ismaïl et de la baie d'El-Djamila	31
Fig III.11:	Balance	33
Fig III.12:	Tamiseuse	33
FigIII.13:	Etuve	33
Fig III.14:	Modalité d'analyse granulométrique	33

Fig III.15:	Localisation des stations du prélèvement destinées aux analyses des métaux lourds au tour de Sidi Fredj	36
Fig III.16:	Lyophilisateur	37
Fig III.17:	Minéralisation (godets en téflons)	39
Fig IV.1	Variation de l'oxygène dissous au niveau de la baie et du port d'El-Djamila	46
Fig I V.2	Variation de la salinité au niveau de baie et du port d'El-Djamila	46
Fig IV.3	Variation de pH au niveau de la baie et du port d'El-Djamila	47
Fig IV.4	Variation de température au niveau de la baie et du port d'El-Djamila	48
Fig IV.5	Variation de conductivité au niveau de la baie et du port d'El-Djamila	49
Fig IV.6	Variation des pelites dans la baie d'El-Djamila	49
Fig IV.7	La répartition spatiale des pélites dans la baie d'El-Djamila	50
Fig IV.8	Variation des pelites dans le port d'El-Djamila	51
Fig IV.9	La répartition spatiale des pélites dans le port d'El-Djamila.	51
Fig IV.11	Répartition de 1 ^{er} quartile Q25 dans la baie d'El-Djamila	53
Fig IV.12	Répartition de 3 ^{eme} quartile Q75 dans la baie d'El-Djamila	53
Fig IV.13	Répartition de la médiane Q50 dans la baie d'El-Djamila	54
Fig IV.15	La répartition spatiale de la médiane (Q50) sur le linéaire côtier de la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila	56
Fig IV.16	La répartition spatiale de la médiane (Q25) sur le linéaire côtier de la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila	57
Fig IV.17	Carte de la répartition spatiale de la médiane (Q75) sur le linéaire côtier de la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila	57
Fig IV.18	La répartition spatiale des pélites sur le linéaire côtier de la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila	59
Fig IV.19	Localisation des stations du prélèvement destinées aux analyses de métaux lourds dans la baie de Bou-Ismaïl	60
Fig IV.20	Variation du plomb dans la baie de Bou-Ismaïl	61
Fig IV.21	Distribution spatiale du plomb dans la baie de Bou-Ismaïl	62
Fig IV.22	Variation du cadmium dans la baie de Bou-Ismaïl	62
Fig IV.23	La répartition spatiale du cadmium dans la baie de Bou-Ismaïl	63
Fig IV.24	Variation du chrome dans la baie de Bou-Ismaïl	63
Fig IV.25	La répartition spatiale du chrome dans la baie de Bou-Ismaïl	64
Fig IV.26	Variation du zinc dans la baie de Bou-Ismaïl	64

FigIV.27	La répartition spatiale du zinc dans la baie de Bou-Ismaïl	65
Fig IV.28	Variation du cuivre dans la baie de Bou-Ismaïl	65
FigI V.29	La répartition spatiale du cuivre dans la baie de Bou-Ismaïl	66
FigI V.30	Variation du manganèse dans la baie de Bou-Ismaïl	66
FigI V.31	la répartition spatiale du manganèse dans la baie de Bou-Ismaïl	67

LISTE DES TABLEAUX

Tab II.1:	Fréquence mensuelle (1 mois = 100%) par direction de houle, au large de Bou-Ismaïl	17
Tab III.5:	Diamètres des grains et appellations correspondants à la norme française	31
Tab III.6:	Classification des grains de sable (Folk et Ward, 1957)	34
Tab III.7:	Valeurs du S_0 représentant les types de classement	35
Tab III.8 :	Normes de pollution par les métaux lourds (Résultats exprimés en $\mu\text{g/g}$)	44
Tab IV.1:	Valeurs statistiques des paramètres physicochimiques dans la baie d'El-Djamila	45
Tab IV.2 :	Valeurs statistiques des paramètres physicochimiques dans le port d'El-Djamila	45
Tab IV.3:	Variation de la fraction pélitique dans la baie d'El-Djamila	50
Tab IV.6:	Valeurs des différents indices granulométriques et des quartiles (Q25, Q50, Q75) au niveau de la baie D'el Djamila	52
Tab IV.7:	les valeurs de l'indice d'asymétrie et de classement et facteur hydrodynamique dans les stations d'études dans les stations d'études	54
Tab IV.9 :	Récapitulatif des valeurs des différents quartiles tirés des courbes cumulatives et des indices granulométriques	55
Tab IV.10	Taux de pélites pour chaque station	59
Tab IV.11	Classification des sédiments selon le taux de pélites	60
Tab IV.12	Variation des métaux lourds dans la baie de Bou-Ismaïl	61

Introduction

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

1. Les facteurs hydrodynamiques	01
1.1 Le vent.....	01
1.2 Les houles.....	01
1.3 Les courants.....	01
1.4 Les marées.....	02
2. La sédimentologie	02
2.1 Granulométrie des sédiments.....	02
3. Les paramètres physicochimiques	03
3.1 La température.....	03
3.2 L'oxygène dissous(O ₂).....	03
3.3 Le potentiel d'hydrogène (pH).....	04
3.4 La salinité(S).....	05
3.5 Conductivité électrique	05
4. Les métaux lourds	05
4.1 Définition	05
4.2 Origine des métaux lourds.....	06
4.3 Classification des métaux lourds.....	06
4.3.1 Les métaux lourds essentiels ou oligo-éléments.....	06
4.3.2 Les métaux lourds non essentiels ou toxiques.....	07
4.4 Cycle biogéochimique des métaux lourds.....	07
4.5 Principaux métaux lourds étudiés.....	08
4.5.1 Mercure (Hg).....	08
4.5.2 Cadmium (Cd).....	09
4.5.3 Plomb (Pb).....	10
4.5.4 Chrome (Cr).....	10
4.5.5 Zinc (Zn).....	10
4.5.6 Manganèse (Mn).....	11

CHAPITRE II : ZONE D'ETUDE

1 baie de Bou Ismail	12
1.1. Situation géographique.....	12
1.2 Topographie de la baie.....	12
1.3 Sédimentologie.....	14
1.4 Hydrologie de la baie de Bou-Ismaïl.....	15
1.5 L'hydrodynamique marine.....	16
1.5.1. Le vent.....	16
1.5.2 La houle.....	17
2 La Baie d'El Djamila	18
2.1 Situation géographique.....	18
2.2 Port d'El-Djamila.....	19
2.3 La topographie sous-marine	19
2.4 La géomorphologie.....	20
2.5 La sédimentologie.....	20
2.6 Situation hydrographique.....	22
2.7 Hydrodynamique.....	23
2.6.1 Le vent.....	23
2.6.2 Les houles.....	24

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

1. Compagne en mer	25
1.1 Le choix et localisation des stations.....	25
1.2 Mesures in situ.....	27
1.2.1 L'oxygène dissous(O ₂).....	27
1.2.2 La salinité(S) et conductivité.....	27
1.2.3 Le potentiel d'hydrogène (pH).....	27
1.2.4 Température (T).....	28
1.3 Prélèvement des sédiments.....	28
2 Travaux effectués au laboratoire	29
2.1 Conservation des sédiments.....	29
2.2 Analyse granulométrique.....	29
2.2.1 Principe de la méthode.....	31
2.2.2 Mode opératoire de l'analyse granulométrique.....	32
2.2.3 Traitement des données.....	34
2.2.4 Les indices granulométriques.....	34

a. Le mode.....	34
b. La médiane	34
c. Les quartiles.....	34
d. Facteur hydrodynamique.....	35
e. Indice de Classement.....	35
f. Le coefficient d'asymétrie (SK ;Skewness de Trask).....	36
2.3 Analyse des métaux lourds.....	36
1 Nettoyage des instruments.....	36
2 Traitement des sédiments.....	37
A. Lyophilisation.....	37
B. Broyage.....	37
C. Homogénéisation.....	38
3 Extraction des métaux traces.....	38
4 Digestion ou minéralisation.....	38
A -Minéralisation à blanc.....	38
B-Minéralisation des échantillons.....	38
5 La Dilution	39
6 Méthode d'analyse.....	39
6.1 Principe de la Spectrométrie d'Absorption Atomique.....	40
6.2 La loi de Beer-Lambert.....	40
6.3 Appareillage.....	41
6.3.1 Source de radiation.....	41
6.3.2 Dispositif de transformation de l'échantillon en atomes libres.....	41
A- Système Flamme (Brûleur)	41
B-Système Electrothermique (Four graphite).....	42
6.3.3 Un ensemble de mesure du degré d'absorption de la radiation	42
A –Monochromateur.....	42
B – Détecteur.....	42
6.4 Etalonnage.....	42
6.5 Calcul des concentrations des métaux.....	43
6.6 Les indices de contamination.....	43

CHAPITRE IV : RESULTATS ET INTERPRITATIONS

1. Les paramètres physicochimiques.....	45
1.1 L'Oxygène dissous.....	45

1.2 La salinité.....	46
1.3 Le potentiel d'hydrogène.....	47
1.4 La température.....	48
1.5 La conductivité.....	49
2. Résultat de l'étude granulométrique	49
2.1 La fraction pelitique.....	49
2.2 La fraction grossière.....	52
A. Les quartiles.....	52
B. Les indices granulométriques.....	54
3. Les résultats de l'analyse granulométrique dans la baie de Bou-Ismaïl.....	55
3.1 Calcul des indices granulométriques.....	56
A. Le quartile Q_{50} ou indice de taille (médiane).....	56
B. Le quartile inférieur : Q_{25}	56
C. Le quartile supérieur : Q_{75}	57
D. Indice de classement de Trask ou indice de tri.....	58
E. Indice d'asymétrie ou indice de Skewness(Sk).....	58
3.2 Les pélites	58
4 Concentration en métaux lourds dans les sédiments superficiels.....	60
4.1 Le plomb (Pb)	61
4.2 Le cadmium(Cd)	62
4.3 Le chrome (Cr).....	63
4.4 Le zinc(Zn).....	64
4.5 Le cuivre Cu.....	65
4.6 Le manganèse (Mn).....	66
Conclusion.....	

INTRODUCTION

Le littoral est un lieu de rencontre, où s'expriment avec la plus grande diversité des écosystèmes façonnés par l'action des houles, du vent et des embruns (Paskoff .R ; 2001).

L'aménagement et la protection du littoral c'est d'abord la compréhension des différents processus et contraintes dynamiques qui régulent aussi bien la côte que l'avant-côte tels que l'interaction des vagues, houle, marée, courants, surcotes et décotes, mouvements sédimentaires, etc. Ces contraintes interagissent dans une zone (avant-côte) où les forçages dus au vent, à la marée, à la densité de stratification, au gradient de la pression interne et à la force de Coriolis sont importants (Hemdane, 2006) où les effets de friction sur le fond sont plus importants qu'au large (Swift et al, 1986 ; Hemdane, 2006). Ces éléments jouent un grand rôle dans les processus des transports sédimentaires.

Le trait de côte n'est régulier ni dans sa forme, ni dans sa structure. Les différents types de côtes peuvent ainsi être séparés en deux catégories : les côtes d'érosion telles que les falaises qui peuvent être rocheuses mais pas exclusivement, et les côtes d'accumulation, fruit de la sédimentation (plages, dunes) ou de l'activité d'organismes vivants (récifs coralliens). Si les premières ne peuvent que reculer, pour cause des phénomènes d'érosion, les secondes peuvent aussi avancer par phénomènes d'accumulation ou d'accrétion. (Maëlle Allain; 2009)

Ces évolutions sont affectées par les volumes de sédiments disponibles, par les facteurs hydrodynamiques et climatiques, et par le niveau de la mer. La houle, la marée et les courants associés sont prédominants dans cette dynamique. La connaissance de ces phénomènes permet de définir l'hydrodynamique littorale et les modalités de transport des sédiments qui rentreront dans les processus d'érosion. (Maëlle Allain; 2009)

Notre étude est consacrée à la détermination spatiotemporelle des paramètres hydrodynamiques pour la gestion et surveillance des cotes Algéroises.

Et pour la réalisation de ce modeste travail on a adopté les démarches suivantes :

Le premier chapitre sera consacré à la définition des facteurs hydrodynamiques et aperçu générale sur la sédimentologie, les paramètres physico-chimiques et les métaux lourds.

Dans le deuxième chapitre, nous dressons un aperçu général sur la baie de Bou-Ismaïl et baie d'El-Djamila (situation géographique, aspect hydro climatologique, la sédimentologie...).

Le troisième chapitre traite des moyens matériels utilisés en mer et au laboratoire, et des méthodes appliquées pour les différentes analyses.

INTRODUCTION

Le quatrième chapitre est consacré aux différents résultats et interprétations des études des paramètres physico-chimiques in-situ, sédimentologiques, de la pollution par les métaux lourds.

1. Les facteurs hydrodynamiques :

On regroupe sous le nom de facteur hydrodynamique tous les facteurs liés aux mouvements de l'eau, tels que les vagues, les courants et les marées. Les facteurs hydrodynamiques sont des agents érosifs très efficaces et jouent un rôle déterminant dans la répartition et plus précisément dans l'étagement des organismes benthiques.

Donc les facteurs hydrodynamiques sont très importants du fait de rôle d'abri que le port doit jouer et de la protection des ouvrages contre les actions marines. Les caractéristiques des vents, de la houle et des courants doivent être connues avec autant de détails que possible. Le transit littoral a aussi son importance, pour prévenir les problèmes d'envasement des bassins et le remplissage des chenaux de navigation. (in Larid; 1992).

1.1 Le vent :

Le vent est un paramètre anémométrique très important pour une étude hydrodynamique. C'est un générateur de vagues et de courants. Leur impact augmente avec leur vitesse. Lorsque l'action des vents est continue, elle génère des houles.

1.2 Les houles :

Ce sont des oscillations marines de haute fréquence du niveau de la mer qui dépendent directement des vents et qui jouent un rôle important dans la dynamique côtière et sous-marine et l'équilibre côtier. C'est un mouvement de la mer qui dépend exclusivement des vents car ils sont générateurs de vagues et de courants superficiels (Guilcher; 1972). L'énergie déployée par la houle remanie et déplace les sédiments, d'où son rôle morphologique. (Moulin et al ; 1978).

La houle frappe les ouvrages fixes comme les digues et les appontements. Pour calculer leurs structures afin de leur donner une résistance adéquate contre les actions marines, les données de houle sur courte, moyenne, et longue période sont nécessaires. (in Larid ; 1992).

1.3 Les courants

Les courants jouent un rôle très important dans le transport sédimentaire et participent dans l'évolution de la morphologie côtière. Par conséquent, ils peuvent donner naissance aussi bien à des accrétions (ensablement) qu'à des déficits sédimentaires.

1.4 Les marées :

Les marées sont des variations du niveau des mers provoquées par l'attraction de la lune et du soleil. Les marées ont une amplitude maximale quand la lune et le soleil ajoutent leur action au moment de la pleine et de la nouvelle lune ("marées de vives eaux"). Elles sont minimales quand les actions des deux astres se contrarient ("marées de mortes eaux"). L'action de la lune est dominante, l'attraction du soleil ne représente que 45% de celle de la lune: les marées suivent le cycle lunaire, soit 29 jours environ, pendant lequel il y a deux périodes de vives eaux et deux de mortes eaux. L'amplitude des marées, ou marnage, varie selon les lieux et les masses d'eaux mises en mouvements. Le marnage est faible en haute mer, il augmente sur les côtes surtout par phénomène de résonance; il est faible dans les mers, fort dans les océans plus vastes. Les côtes sont dites microtidales quand le marnage est inférieur à 2m (cas de la Méditerranée), mésotidales pour des valeurs comprises entre 2 et 4 mètres, macrotidales pour des valeurs supérieures. Le marnage dépasse 10 mètres en baie de Somme, il atteint 12 mètres dans la baie du Mont Saint Michel. Les marées déterminent des courants côtiers alternatifs qui se propagent sur la plate-forme dans un sens quand la marée monte (courant de flot) et dans le sens opposé quand elle descend (courant de jusant). En général, la vitesse du courant dépend du marnage, de la profondeur et de la forme des côtes.

2 La sédimentologie :

La sédimentologie est la géologie de dépôt sédimentaire traite de la pellicule de sédiments qui recouvre le fond des mers et la surface des continents dans les bassins justement dits sédimentaires et dans ce qui est devenu les chaînes de montagnes. La sédimentologie permet donc de reconstituer au cours du temps l'évolution des milieux, des climats, du cadre de l'histoire de la terre et de l'évolution biologique dont elle a été le théâtre. (Hervé Chamley;2000).

2.1 Granulométrie des sédiments :

Elle définit la répartition et le pourcentage des grains constituant un sol, elle permet aussi de les classés. La granulométrie consiste à évaluer le pourcentage de la masse totale correspondant à la dimension des particules. Une fois les échantillons nécessaires au déroulement des travaux obtenues, ces derniers sont traités et classés au laboratoire,

déposés dans des boîtes de Pétri libellées, sur lesquelles, on utilisera pour chaque analyse, la quantité de sédiment nécessaire. (Riviere ; 1977)

Cette répartition obtenue à partir l'analyse granulométrique qui est réalisée :

- Par tamisage dans une série de tamis normalisés pour les particules de dimension supérieures à 80µm.
- Par un essai de sédimentation pour les particules de dimension inférieures à 80µm.

3 Les paramètres physico-chimiques :

3.1 Température (T) :

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants (Rodier ; 1997). D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond. Par sa contribution à la détermination de la densité des eaux (Gaujous ; 1995), sa mesure est nécessaire à la détermination de la stratification verticale, la valeur de saturation des gaz dissous (en particulier l'oxygène) et la circulation océanique (Aminot & Kérouel; 2004).

La température joue un rôle important dans les cycles biologiques par son influence sur ses activités dont dépend la production totale et sur la répartition des espèces (preferendums thermiques). Dans les océans, la température décroît de la surface vers le fond. Elle varie en fonction des autres descripteurs physico-chimiques, telle que la pression.

Dans les eaux de surface, sa variation dépend essentiellement des phénomènes climatiques (Aminot et Chausse-Pied, 1983). La mesure de la température est indispensable pour le traitement ou l'interprétation d'autres paramètres tel que : la saturation des gaz dissous et la mesure du pH. (Aminot et Kérouel, 2004).

3.2 Oxygène dissous (OD) :

L'oxygène moléculaire dissous est un paramètre important du milieu qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques. La concentration en oxygène dissous est la résultante des facteurs physiques (température, échange air-mer et la salinité),

chimiques (oxydation chimique) et biologiques (photosynthèse, respiration et régénération). (Rodier, 2005)

La teneur en oxygène dissous peut subir des variations importantes. Elle dépend de la température et de la salinité de l'eau, de la pression et de la température de l'air. Le déficit en oxygène est évalué par la teneur en matière oxydable (Burns & Saliot, 1986). Dans les eaux de surface l'oxygène joue un rôle fondamental dans le maintien de la vie aquatique et dans les phénomènes d'auto-épuración. Par exemple, quand la température augmente, la solubilité de l'oxygène diminue et les bactéries plus nombreuses consomment plus d'oxygène, d'où la diminution de la teneur en oxygène dissous. La mesure de la température en degré Celsius (C°) et l'oxygène dissous en mg/l, à été effectué in situ par la méthode électrochimique.

La concentration de l'oxygène de l'eau est sous influence des processus biologiques. Ces derniers permettent soit, sa saturation dans les zones eutrophes (accroissement important du phytoplancton), une eau très aérée est généralement sursaturée en oxygène ou la sous-saturation de l'eau dans les zones riches en matières carbonées dégradables par des micro-organismes (oxydation de la matière organique, nitrification de l'azote ammoniacal) (Aminot & ChaussePied, 1983). Dans le cas de leur absence, sa concentration dans l'eau de mer en contact de l'air n'est qu'en fonction de la pression atmosphérique, la température et de la salinité de l'eau, on parle de la concentration d'équilibre ou saturation (Rodier, 1997; Aminot & Kérouel, 2004).

3.3 Potentiel d'hydrogène (pH) :

C'est un paramètre chimique caractérisant l'acidité ou la basicité d'un milieu. Il résulte de la composition ionique de l'eau, et essentiellement de la présence des carbonates issus de l'échange de dioxyde de carbone (CO₂) à l'interface air-mer, ainsi que de la dissolution du calcaire (Aminot & Kérouel, 2004). En théorie, le pH est défini comme le cologarithme décimal de l'activité de l'ion H⁺. Le pH dépend de la teneur en dioxyde de carbone; c'est à dire une modification de CO₂. (Respiration, photosynthèse, échange air-océan) entraînera donc une modification du pH. (Ramade, 2000).

En plus des processus physiques, chimiques, biologiques, l'accumulation de matières organiques d'origine continentale et la contamination par des rejets urbains ou industriels contribuent à la modification du pH naturel. En l'absence d'influences externes, le pH est le

reflet des équilibres entre les espèces chimiques majeures du milieu, mais il est également l'indicateur de certaines pollutions directes ou indirectes (Aminot & Kérouel, 2004).

En moyenne, le pH de l'eau de mer, voisin de 8,2 donc il tend vers un milieu basique.

3.4 Salinité S (Practical Salinity Unit) :

La salinité est importante dans le 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.

La salinité est une propriété de l'eau de mer qui est fondamentale à l'étude du milieu marin, (Aminot & Kérouel, 2004), il forme avec la température deux descripteurs de base des masses d'eaux (bon traceur du mélange des eaux) (Aminot & Chausse-Pied, 1983).

Elle correspond à la teneur en sels dissous de l'eau de mer peut être mesurée et exprimée de différentes manières suivant que l'on considère l'ensemble des corps ; ou seulement les sels dominants (Rodier, 1996). Les mesures de salinité ont été réalisées par la méthode conductimétrique grâce à un salinomètre à induction (portable) de type Beckman industrial.

3.5 Conductivité électrique (C) :

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

La conductivité est également fonction de la température de l'eau. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20 ou 25°C. Mesuré sur le terrain, ce paramètre permet de caractériser l'eau. La conductivité d'un échantillon peut être déterminée par comparaison avec la conductivité d'une eau de mer standard (eau de mer normale) dont la salinité est de 35 % (Rodier, 2005).

4 Les métaux lourds :

4.1 Définition :

Les métaux lourds, tels que définis par Nieboer et Richardson, (1980), sont parmi les constituants normaux de l'environnement marin. Ce sont des éléments à poids atomique

élevés ayant la propriété de libérer un anion ou un cation simple et la particularité de posséder un éclat spécial dit métallique. Appelé aussi métaux traces, ils correspondent à l'ensemble des métaux et métalloïdes hormis des alcalins et alcalino-terreux.

On peut les trouver dans le milieu marin sous différentes formes (état dissous, sous forme ionique, complexé ou adsorbé sur le matériel particulaire organique ou inorganique).

4.2 Origine des métaux lourds :

Tous ces éléments sont d'origine naturelle ; aucun n'a été fabriqué par l'homme. Dans la roche, on les trouve essentiellement sous forme d'oxyde de sulfures ou de carbonates. Sous l'effet de l'érosion et à cause de éruptions volcaniques, qui libèrent chaque année des dizaines de milliers de tonnes de métaux lourds (environ 1000 T de cadmium, 20 000 de cuivre, 4000 de plomb et 1000 de mercure), de tels sels quittent leurs roches mère et sont transportés par l'eau vers les sols et, surtout, les sédiments des lacs et des rivières. Il existe ainsi une contamination parfaitement naturelle de l'environnement. (F.Denhez ; 2007).

Depuis le néolithique toutefois, l'homme libère des quantités de métaux lourds infiniment supérieure à celles émises par les processus naturels, en favorisant leurs dispersion (source anthropique) par leur multiple utilisation, depuis les additifs de plomb dans les carburants jusqu'aux sels d'argent de l'industrie photographique, au nickel ou au cadmium des batteries d'accumulateurs, au zinc des gouttières ou au chrome des aciers inoxydables, au cuivre de l'industrie électrique ou à l'arsenic des produits phytosanitaires. Les sources de contamination le sont par conséquent aussi. Durant toutes les phases d'élaboration, d'utilisation et/ou de recyclage de ces produits, des métaux sont rejetés dans l'environnement, soit directement dans les eaux continentales ou marines, soit dans l'atmosphère transportés par les vents, associés aux aérosols avant de se déposer par voie sèche ou humide à la surface de la terre ou de l'océan. L'écosystème terrestre ne pouvant pas recycler rapidement de tels volumes, il s'accumule un surplus de métaux lourds : la pollution apparaît.

4.3 Classification des métaux lourds :

Ils peuvent être classés en deux groupes

4.3.1 Les métaux lourds essentiels ou oligo-éléments :

Ce sont des métaux traces importants pour la vie. Ils ont un rôle important dans les réactions biochimiques de la matière vivante mais peuvent devenir toxiques dès qu'ils dépassent un

certain seuil. Ils sont toujours présents dans l'eau avec des teneurs très faibles. leur présence est généralement indispensable pour les organismes vivants. On les trouve associés à des protéines comme l'hémoglobine pour le fer ou l'hémocyanine pour le cuivre (Asso, 1970).

Ces sont le fer (Fe), le chrome (Cr), le cobalt (Co), le cuivre (Cu), l'étain (Sn), le manganèse (Mn), le molybdène (Mb), le nickel (Ni), le Sélénium (Se), le vanadium (V) et le zinc (Zn).

4.3.2 Les métaux lourds non essentiels ou toxiques :

Ce sont des métaux qui sont dépourvus d'intérêt pour l'organisme car ne présentant aucune activité biologique définit donc ce sont tous les métaux qui n'entrent dans aucun cycle biologique dans l'organisme. Néanmoins, ils peuvent représenter un réel danger à des concentrations plus ou moins élevées. Les plus dangereux et toxique étant l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le plomb (Pb), le mercure (Hg) et l'argent (Ag).

4.4 Cycle biogéochimique des métaux lourds

Le cycle peut être divisé en deux étapes :

La première étape :

Étant la pénétration des polluants dans l'environnement marin par différents pôles (atmosphère, rivières, actions volcaniques et sismique, rejets urbains et eaux résiduelles sans oublier les rejets industriels) due aux différentes origines des métaux traces.

Une fois dans l'environnement marin, ces métaux traversent la colonne d'eau sous différentes formes (dissoute ou particulaire), ce qui favorise leurs assimilations par les organismes marins. Une partie de ces métaux atteignent le fond et s'y accumulent suivant les processus suivants :

- **Précipitation** : Au cours de leur transit dans l'atmosphère, la plupart des métaux lourds retombent directement en milieu marin par le biais des précipitations ou par retombées sèches (C'est la chute par gravitation des polluants métalliques en solution jusqu'au fond) .
- **Adsorption** : C'est la fixation des polluantes molécules ou ions métalliques à la surface de particule de l'environnement marin (organismes marins, sédiments).

- **Absorption** : C'est la pénétration des polluants métalliques dans un organisme marin. Cela peut s'opérer soit par « effet de bain » (pénétration par la peau ou les branchies) ou par la chaîne trophique (Amiard, 1988).
- **Sédimentation** : C'est la superposition des ions métalliques sur le fond marin formant des couches sédiments. Elle est fonction de la profondeur et de la nature du sédiment.

La deuxième étape

Est à l'inverse de la première à savoir une remise en suspension de ces polluants par désorption et qui rejoignent l'atmosphère par évaporation ou grâce aux échanges à l'interface air – mer. On estime que 25 à 75 % des métaux retenus par les sédiments sont remobilisés pour cette étape (O.M.S., 1979).

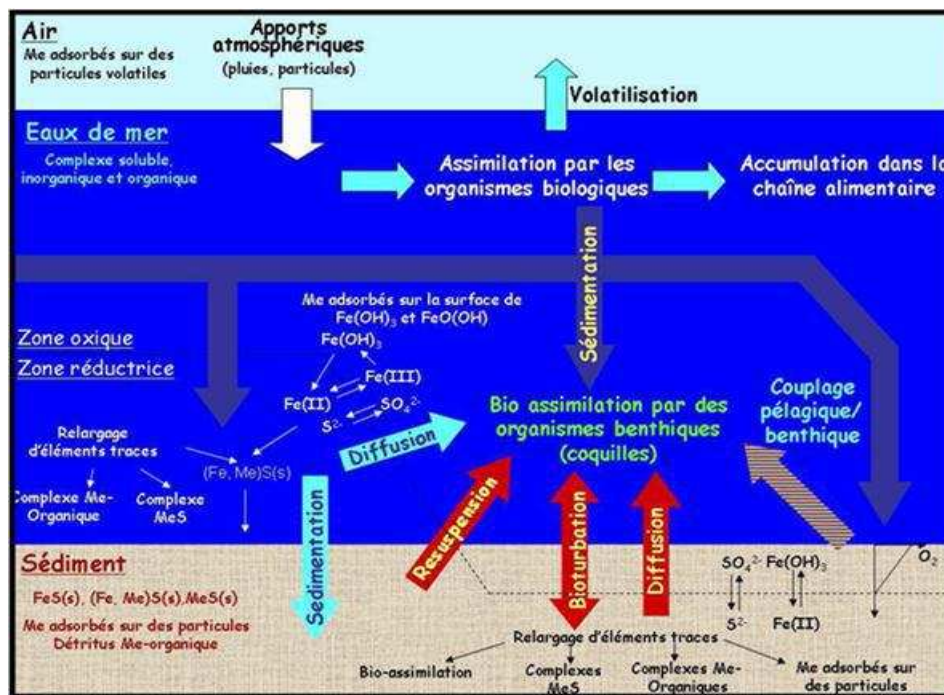


Figure I.1 : Représentation schématique du cycle biogéochimique des éléments traces dans des environnements marins (adapté de (Butcher et al, 1992)).

4.5 Principaux métaux lourds étudiés

4.5.1 Mercure (Hg):

Le seul métal liquide à température ordinaire, il peut exister sous trois formes différentes dans la nature : le mercure élémentaire (Hg^0), les cations mercurieux (Hg^+) et le cation mercurique

(Hg^{++}). Dans le milieu aquatique il peut être sous forme dissoute ou particulaire avec la dominance de la forme particulaire

Le pouvoir adsorbant du mercure sur les particules en suspension est responsable de la prédominance du mercure sous la forme particulaire. En plus, le mercure possède la propriété de former des composés covalents avec le carbone, principalement du méthylmercure (CH_3Hg^+) et du diméthylmercure ([Marchand et Kantin, 1997](#))

Les teneurs de référence en mercure dans les eaux de surface océanique se situent entre 0.1 et 0.2 ng/l, avec un maximum de concentration au voisinage de la thermocline, qui résulte vraisemblablement de la décomposition de la matière organique. ([Gill et Fitzgerald, 1987](#)).

Dans les sédiments marins non contaminés, les teneurs en mercure sont de 20 et 60 ng/g. ([Cossa et al, 1997](#)). Dans les organismes marins, les teneurs de mercure total sont très variables, les concentrations les plus fortes se rencontrent au bout de la chaîne alimentaire, dans le thon et les mammifères marins ; ce qui démontre le caractère bioaccumulation de cet élément.

4.5.2 Cadmium (Cd):

Le cadmium ne possède qu'une seule forme ionique : le cation divalent Cd^{++} , dans les milieux aquatiques, il peut exister sous forme dissoute, colloïdale et particulaire, en eau douce l'ion Cd^{++} constitue l'espèce dominante alors qu'en milieu marin, les chlorocomplexes (CdCl^+ , CdCl_2) prédominent ([Marchand et Kantin, 1997](#)).

Dans le milieu marin, au large les teneurs en cadmium sont généralement dans la gamme de 1ng/l à 20 ng/l. Les teneurs les plus élevées (>20 ng/l) se rencontrent dans les eaux riches en sels nutritifs, aux latitudes élevées de l'hémisphère nord et dans les zones d'upwellings. Alors que la quantité moyenne dans les sédiments océaniques est évaluée à 0.2 $\mu\text{g/g}$, les sédiments côtiers affichent des concentrations très variables suivant le type de sédiment et les apports anthropiques ([Cossa. et Lassus, 1989](#)).

Les concentrations du cadmium dans les organismes marins varient d'une famille à l'autre, les planctons présentent une concentration de 0.3 à 24 $\mu\text{g/g}$, dans les poissons elle varie entre 0.03 et 2.6 $\mu\text{g/g}$. ([Cossa. et Lassus, 1989](#)).

Le cadmium à l'état élémentaire n'est pas toxique pour les organismes vivants, mais le devient après ionisation en Cd^{+2} .

4.5.3 Plomb (Pb) :

Le plomb peut se présenter sous de nombreuses espèces chimiques, soit minérales comme le plomb élémentaire (Pb⁰), soit sous forme ionisée cationique, l'espèce la plus courante étant le cation divalent (Pb⁺⁺). Dans le milieu marin les formes chimiques les plus courantes du plomb ont : PbCO₃, PbCl⁺ et PbCl₂ et en eau douce : PbOH⁺ et Pb⁺⁺.

Le plomb présente également une forte affinité pour les matières en suspension, surtout en eau douce, en eau de mer à peine 10% du plomb se trouve sous forme particulaire, il est essentiellement sous forme de complexes organiques labiles (Marchand et Kantin, 1997).

Dans les poissons, les teneurs moyennes sont, la plupart du temps inférieures à 0.1 µg/g. Pour les crustacés ou les mollusques, les teneurs sont en moyenne de 5 à 10 fois plus élevées.

4.5.4 Chrome (Cr):

Le chrome est abondamment rejeté par l'industrie, aussi bien dans l'atmosphère que dans les eaux continentales, le réceptacle final de ces deux voies est constitué par le milieu marin (Chiffouleau, 1994).

La grande partie du chrome parvenant à l'océan, provient des fleuves, essentiellement particulaire et insoluble (Chester et Murphy, 1990).

Les teneurs en chrome dans les sédiments marins, sont de l'ordre de 60 à 100 µg/g, sont similaires à celle de la croûte terrestre, ce qui reflète le caractère lithogénique de cet élément. Le chrome est peu concentré par les organismes vivants, les teneurs sont en générale de l'ordre de µg/g dans le plancton comme chez les invertébrés et les poissons (Chiffouleau, 1994).

4.5.5 Zinc (Zn):

Le zinc est un métal moyennement réactif, il peut former des complexes avec les composés organiques et non organiques, il est aussi adsorbé sur le matériel biogénique et la matière en suspension. Dans les sédiments, le zinc peut exister sous différentes formes,

- Associé aux oxydes de fer et du manganèse (39-40%) ;
- Associés au carbonate (21-24%) ;
- Associés à la matière organique.

Le phénomène d'adsorption et de précipitation du zinc est favorisé lors d'une forte présence d'argile et d'oxydes de fer et de manganèse. Dans les couches sédimentaires profondes, caractérisés par des conditions anaérobies, il y a formation de sulfure de zinc (ZnS).

4.5.6 Manganèse (Mn):

Les états d'oxydations les plus communs sont +2, +3, +4, +6 et +7, bien que tous les états entre +1 et +7 soient observés. Le manganèse présente des changements de forme (soluble, particulaire et colloïdale), il est plus concentré dans la fraction colloïdale, ce qui implique qu'il a une sédimentation plus lente (Dojlido et Best, 1993).

Dans les couches oxydées du sédiment, le manganèse se trouve essentiellement sous forme de particules d'oxyde (MnO_2). Dans les couches anoxiques, le MnO_2 devient instable et se réduit en Mn^{+2} . (Dojlido et Best, 1993).

1 baie de Bou Ismail :

1.1 Situation géographique

La Baie de Bou Ismail, anciennement appelée Castiglione, est l'une des plus importantes baies de la côte algérienne car elle abrite plusieurs ports d'importance économique notamment le port de Bou Haroun.

La baie de Bou-Ismaïl se situe dans la partie centrale du littoral algérien à l'Ouest d'Alger dans la wilaya de Tipaza, qui est limitée à l'est par le promontoire de Ras-Acrata et à l'ouest par le cap du Mont Chenoua. (Figure II .1)

Il a une superficie de 509 Km². Dans ce vaste domaine maritime, se trouve incluse la baie d'El Djamila .La baie couvre une superficie de 350 Km² avec une ouverture de 40 Km orientée du Sud- Ouest au Nord- Est , soit 2° 54 Est et 36° 48 Nord à 2° 24 Est et 36° 38 Nord. (Bachari- Houma, F, 2009)

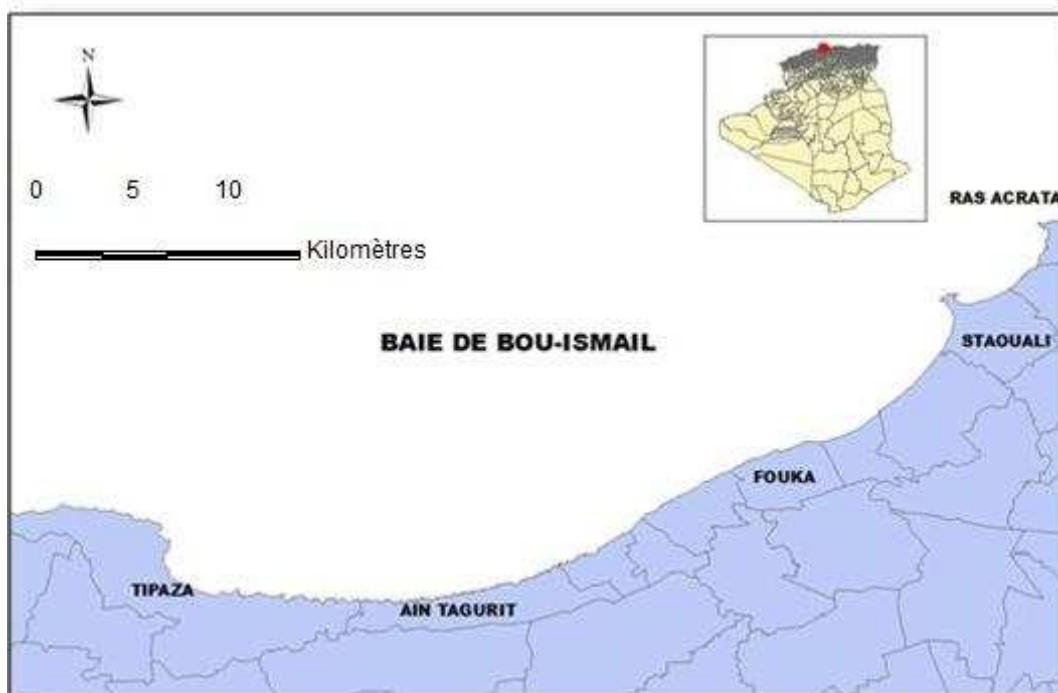


Figure II.1: Situation géographique de la baie de Bou-Ismaïl

1.2 Topographie de la baie de Bou-Ismaïl

Le plateau continental est, d'une manière générale, très étroit (Leclaire, 1972). La limite la plus extrême du plateau continental au niveau du mont Chenoua atteint 13 Km. Ainsi la

Le plateau continental est très étroit à proximité des massifs : 4 km pour le Chenoua, moins de 2 km pour la Bouzaréah. La marge continentale réduite devant chacun des deux massifs s'élargit au sein de la baie avec une extension maximale de 55 km. Le plateau continental a une largeur de 11 km au droit de l'embouchure du Mazafran. La marge continentale en face du massif de Bouzaréah est très réduite, et une pente régulière et forte (15° à 16°) mène aux plaines abyssales distantes de 8 km de la côte. Le plateau continental est en pente régulière et faible (environ 1%), sa déclivité augmente après la première rupture de pente (- 120 m) marquant la limite de ce plateau, au delà la décroissance est également régulière mais avec une pente plus forte (plus de 1%). Une nouvelle ligne d'inflexion à -400 m apparaît ; elle marque le début du talus continental en pente forte (10 %) menant aux plaines abyssales (- 2500 m) (Leclaire, 1972).

1.3 Sédimentologie

L'analyse des sédiments de la baie de Bou-Ismaïl a permis de mettre en évidence la grande diversité sur le plan sédimentaire des fonds de cette baie, neuf faciès identifiés : les sables fins, les sables fins envasés, les vases sableuses, les sables graveleux, les graviers envasés, les sables grossiers et fins graviers, les vases pures, le faciès rocheux (Figure II.3), (Grimes, 2003).

L'importance et la répartition de ces faciès n'est pas identique en tout point de la baie ; ainsi deux régions apparaissent : la région Est ou orientale et la région Ouest ou occidentale. Chaque région présente des caractéristiques sédimentologiques propres, fait déjà signalée par Dagorne (1973). Les vases pures et les graviers envasés sont les faciès dominants de la baie de Bou-Ismaïl. Les vases sont très développées dans la région Ouest et forment ainsi une importante vasière littorale, tandis que les graviers envasés le sont dans la région Est. Le faciès des sables grossiers et des fins graviers, le faciès des sables graveleux n'est présent que dans la région orientale; les sables graveleux se limitent au secteur oriental.

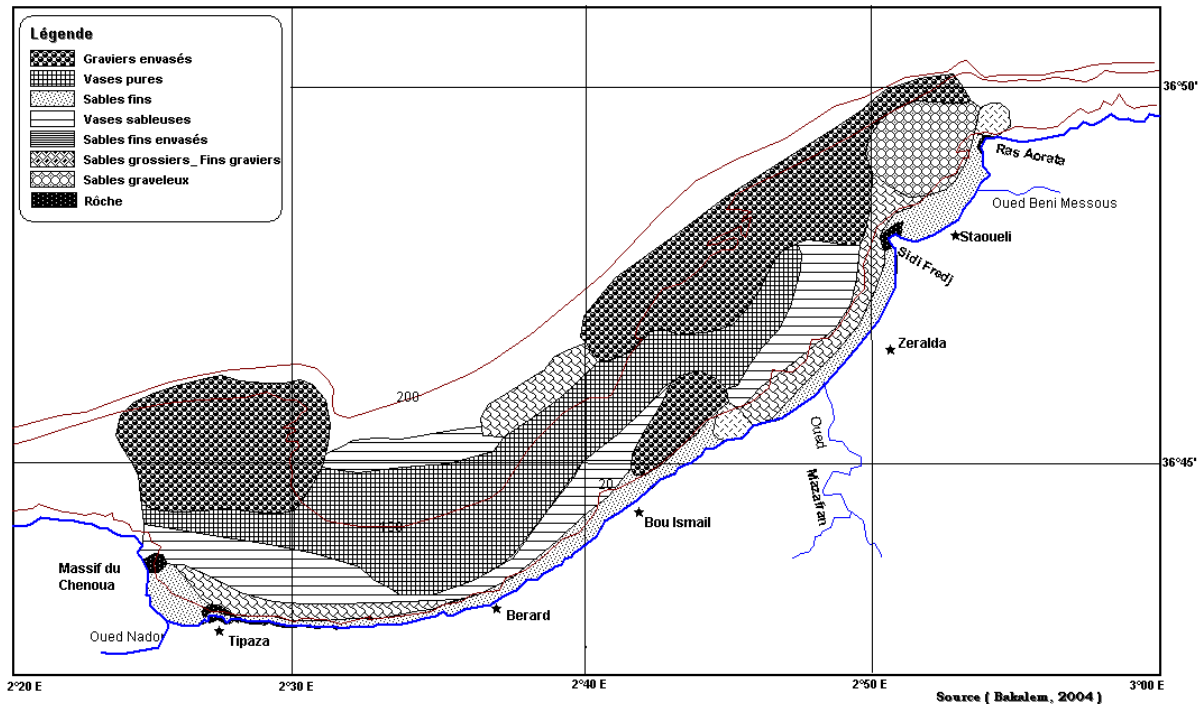


Figure II.3: Sédimentologie de la baie de Bou Ismail (PAC, 2004).

1.4 Hydrologie de la baie de Bou-Ismaïl

La baie de Bou-Ismaïl est le réceptacle d'oueds à régime irréguliers :

- **Oued Mazafran :**

Est considéré comme étant le plus important des oueds qui débouchent dans la baie. Formé de réunion des oueds Chiffa, Djer et Bouroumi. Le régime hydrographique de cet oued est marqué par un long étiage de juin à début décembre avec des débits représentant 17.38% du débit liquide annuel. Entre décembre et avril, ces débits sont de 82.61%, débouchant au niveau d'une plage sablonneuse entre Douaouda et Zeralda. (A.N.R.H, 2003)

- **Oued Nador :**

Présente un bassin versant d'une superficie de 300 Km², il regroupe les oueds Bou Yersen, Bouharoun, et oued Merad. Son débit est de 0.89 m³ / s débouchant entre Djbel Chenoua et Tipaza. (A.N.R.H, 2003).

- **Oued de Beni-Messous :**

Est situé entre El Djamila et club des Pins, traversant la commune de Beni Messous et Chéraga au Nord et débouche au niveau d'une plage appelée « les dunes » qui font partie de la baie d'El Djamila. Son débit est faible par rapport aux débits des oueds précédemment cité et estimé à 0.245 m³/s (A.N.R.H, 2003).

1.5 L'hydrodynamique marine

Les données hydrodynamiques sont très importantes du fait du rôle d'abri que le port doit jouer et de la protection des ouvrages contre les actions marines.

Les caractéristiques des vents, de la houle et des courants doivent être connues avec autant de détail que possible. (in Larid, 1992)

Certains mouvements de la mer notamment les houles dépendent exclusivement des vents car ils sont générateurs de vagues et de courants superficiels (Guilcher, 1972). L'énergie déployée par la houle remanie et déplace les sédiments, d'où son rôle morphologique. (Moulin et al. 1978).

1.5.1 Le vent

En baie de Bou-Ismaïl, le vent d'Est souffle du mois de juin au mois de septembre. Il peut être violent, sa force peut atteindre entre 15 et 20 m/s durant 3 à 4 jours consécutifs (Lacomb, 1965). Les vents les plus violents soufflent de décembre à mars et proviennent de l'Ouest. (Asso, 1982)

L'analyse globale des observations de cinq années (1956 – 1960) au niveau de la station météorologique de Bou-Ismaïl est donnée dans le **tableau II.1**, et montre la prédominance des vents de secteur Nord-Nord-Ouest et Nord -Est à Est.

• La station météo de cap Caxine :

L'exploitation statistique des données de vent sur dix ans (1974 – 1984) montre une prédominance des vents de secteur Nord Est à Nord Nord Est et Ouest.

• Observation des vents au large (l'US. Naval. Weather service command) :

Les résultats de l'observation des vents effectuée au large des côtes algériennes montrent que pendant l'hiver (octobre – mars), les vents du secteur Ouest et Nord Ouest sont dominants. Les vents du secteur Est et Nord Est dominant au cours de l'été.

Tableau II.1: Fréquence mensuelle (1 mois = 100%) par direction de houle, au large de Bou-Ismaïl

Direction mois	N	N-E	E	S-E	S	S-W	W	N-W
Janvier	8.1	12.9	18.2	5	6.5	13.2	28.8	7.3
Février	8.8	10.3	16.6	4	6.1	16.9	35.6	5.8
Mars	11.3	12.6	15.8	3.6	4.5	12.3	30.5	9.2
Avril	11.5	15.4	16	2	4.4	13.7	26.7	10.2
Mai	8.2	26.3	31.9	3	3.3	7.2	13.9	6.2
Juin	9.2	29.1	29.8	1.8	1.4	8.2	16.4	4.2
Juillet	5.9	32.5	35.1	1.4	1	5.9	16.3	2
Août	8.8	27.7	37.3	1.9	1.1	5	13.4	4.9
Septembre	6.7	26.4	40.5	2.2	2.3	4.6	14.8	2.5
Octobre	7.8	14.1	20.3	3.2	4.2	14.8	28.8	6.8
Novembre	5.5	5.8	10	5.1	8	15.9	40.4	9.4
Décembre	10.2	6.2	9.4	4.6	7.5	15	37.1	10
Moyenne	8.5	18.27	23.4	3.15	4.19	11.05	25.22	6.54

Source : Laboratoire des études maritimes (L.E.M, 2005)

1.5.2 La houle

La houle est le facteur le plus important dans la dynamique sédimentaire des petits fonds. La direction de propagation de la houle est liée à celle du vent et longueur d'onde de la houle (Bonafille, 1976). Les données de la houle au large ont été prises de l'US.naval.weather service commande intitulé « Sommary of Synoptique Meteorological Observation » SSMO couvrent le secteur qui se situe entre les longitudes E 2° à 5° et entre les altitudes N 36° à 38° et s'étalent sur la période de 1963 à 1970. Le port de Bouharoun appartient aux secteurs centres de houles présentés par la SSMO.

- Description de la houle :

- Les houles de direction Ouest et celles Nord Est et Est sont les plus fréquemment observées. (Figure II.5)
- Durant l'année, les fréquences correspondent aux directions Est et Ouest sont sensiblement identiques avec toutefois une légère prédominance du secteur Ouest.
- En été, les houles d'Est prédominent, alors qu'en hiver les secteurs Ouest sont privilégiés.
- La direction Nord a une répartition assez régulière au cours de l'année

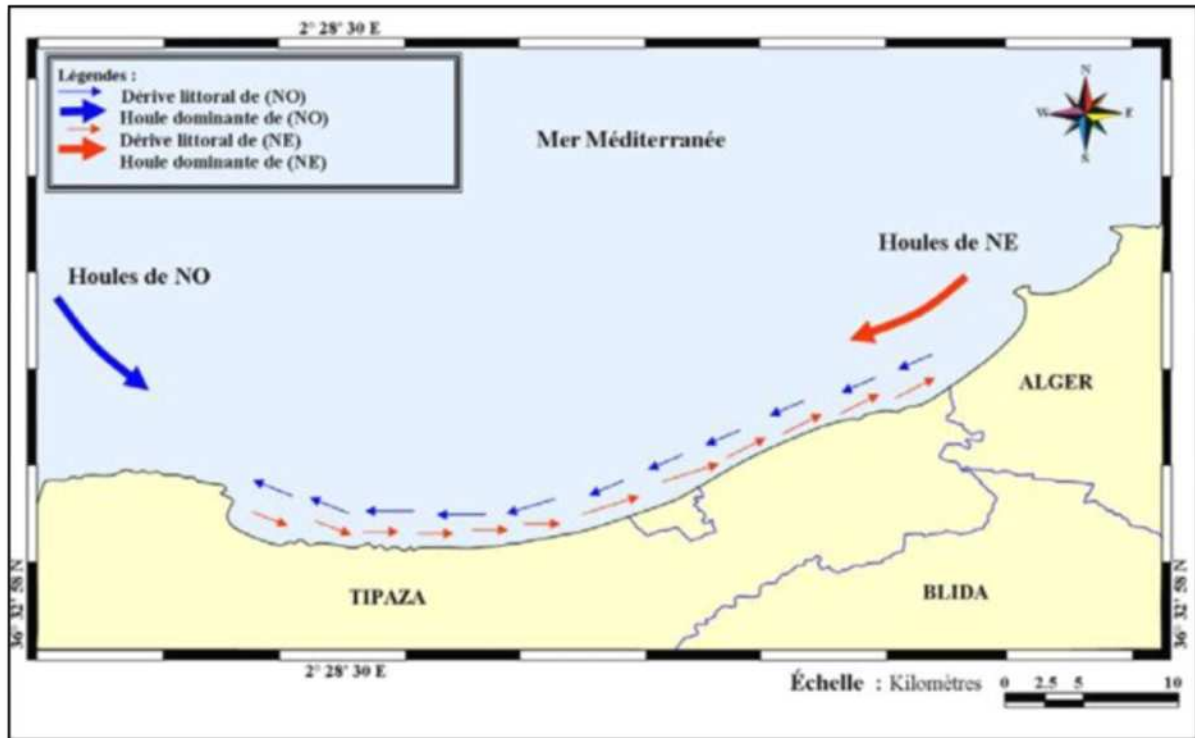


Figure II.4 : Transit sédimentaire dans la baie de Bou-Ismaïl (LEM, 2005)

2 Baie d'El Djamila :

2.1 Situation géographique :

C'est une baie relativement fermée limitée par la presqu'île de Sidi Fredj à l'ouest et par le Ras Acrata à l'est, son rivage est orienté SW-NE (Bakir, 1989).

La baie El Djamila se situe à une trentaine de kilomètre à l'Ouest d'Alger et ayant presque 6Km de côte. Elle représente le quart oriental de la baie de Bou-Ismaïl. Ses coordonnées géographiques sont :

2°53'42.792 "Est et 36°48'5.796" ; Rass Acrata.

2°50'54.744"Est et 36°45'43.092" ; Port de Sidi Fredj

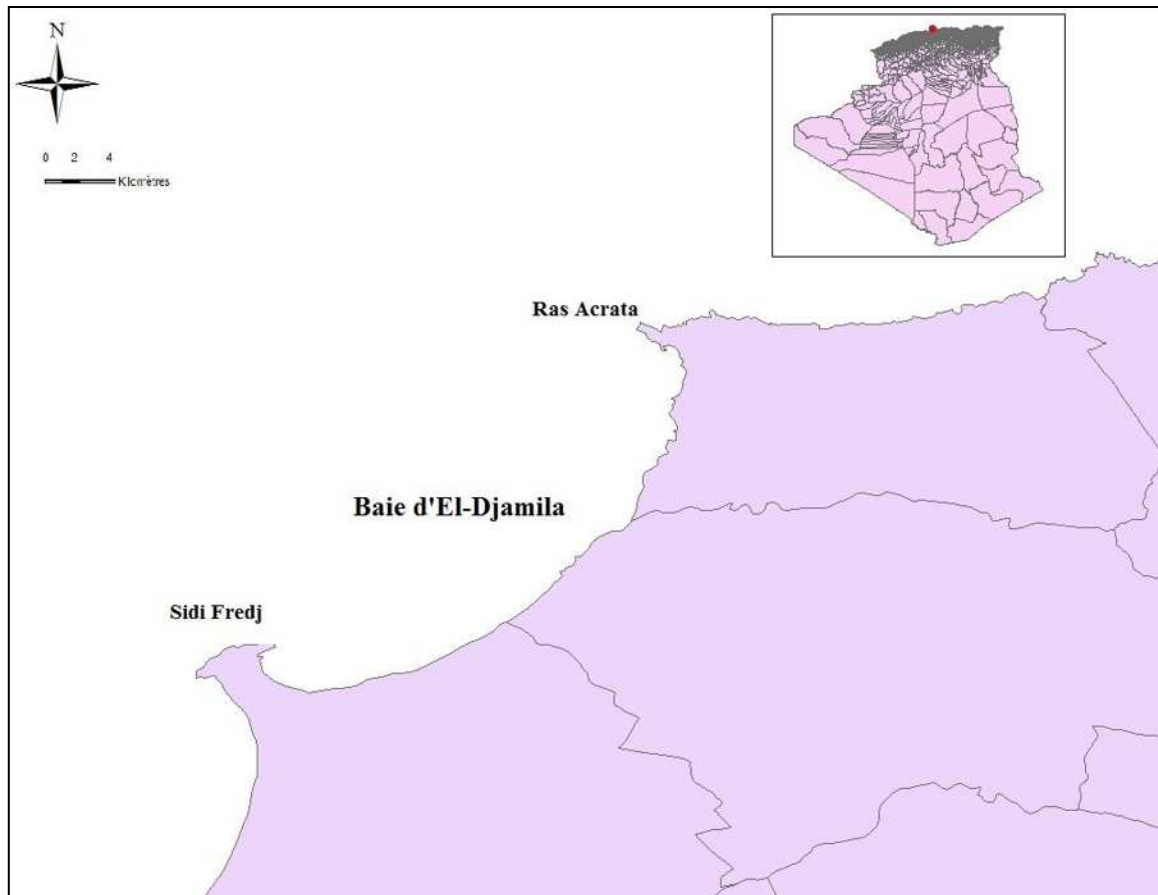


Figure II.5 : Situation géographique de la baie d'El-Djamila.

2.2 Port d'El-Djamila

Le port d'El Djamila (ex la Madrague) est implanté à 18Km à l'Ouest d'Alger, dans le coté Est de la baie d'El Djamila, avec une orientation NNE SSW, elle appartient administrativement à la commune d'Ain Benian dans la wilaya d'Alger.

2.3 La topographie sous marine :

La baie d'El Djamila se caractérise par une topographie sous marine à pente douce régulière d'Ouest en Est.

La topographie est généralement uniforme, mais on distingue la présence de deux fosses dans la partie Est de la baie entre les profondeurs 15 à 19m et 18 à 22m.

La présence des petits hauts fonds reflète l'existence des dunes hydrauliques entre 14 et 15 m de profondeur (Anayat, 2010).

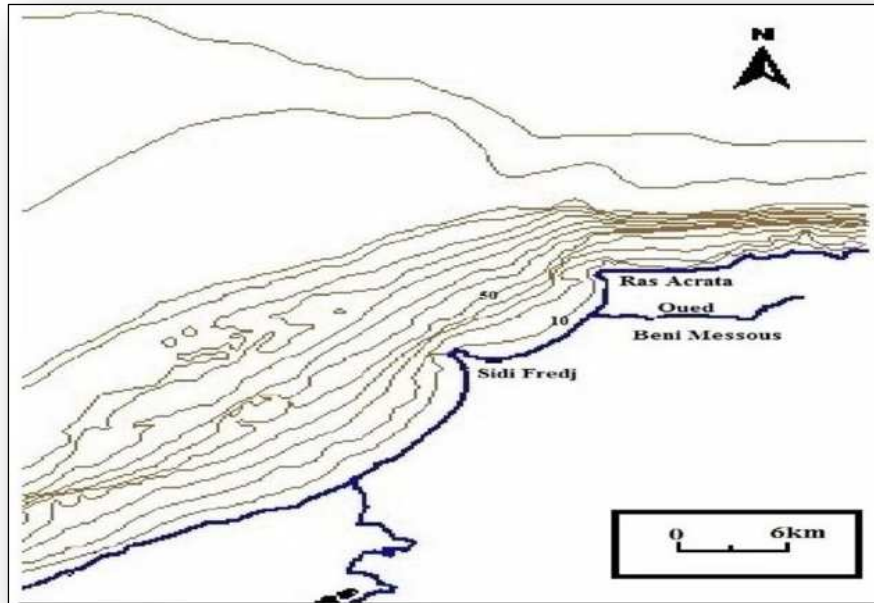


Figure II.6 : Topographie de la baie d'El Djamila (Leclaire; 1972).

2.4 La géomorphologie :

D'après la carte géologique élaborée par Ayme (1960), la baie d'El Djamila est caractérisée par des dunes actuelles. Les alluvions récentes, des sables argileux et des graviers actuels qui bordent toutes la côte.

A l'arrière, des dunes fossiles (consolidées), des dépôts lacustres, des travertins et des dunes lapidifiées caractérisent le pléistocène. À l'Est, Rass Acrata présente un cap en gneiss par des plages développées et constituées par un sédiment sableux de granulométrie variable. Le platier rocheux qui borde la baie d'El Djamila réapparaît vers l'Est après le franchissement de l'Oued Béni Messous et se relie au cap de Rass Acrata.

Les affleurements rocheux côtiers sont constitués de grès de plage pliocène tandis que ceux du large sont métamorphiques (Aidoud, 2009).

2.5 La sédimentologie :

A partir de l'étude sédimentologique qui a été effectuée par le LEM 1995, la dynamique sédimentaire dans la région d'El Djamila (Figure II.9) est animée essentiellement par :

- La dérive littorale due aux houles de l'Ouest qui ramène les sédiments vers l'Est.
- Le courant de retour provoqué par les houles Ouest-Nord-Ouest d'incidence frontale.

- Les houles Ouest-Nord-Ouest qui engendrent un courant de retour et qui vont reprendre les sédiments déposés latéralement et les déposer vers le large
- Les houles de direction Ouest-Nord-Ouest sont les houles qui ont le plus d'impact sur le site.

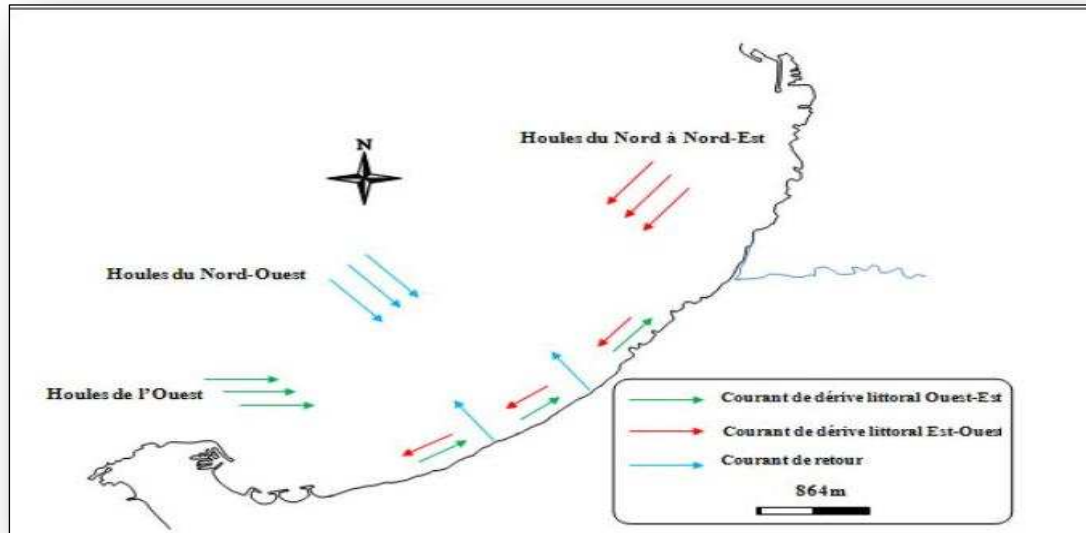


Figure II.7 : Schéma probable de l'hydrodynamisme dans la baie d'El-Djamila (Assassi et Otmani, 2010).

On note la dominance du sable grossier surtout au voisinage du port. Ces sédiments sont bien classés au niveau de la cote et à l'Est du port. La dynamique est importante provoquée par l'intensité des houles de l'Ouest, Nord-Ouest et Ouest-Nord-Ouest.

Dans le port, la plus part des sédiments est du sable très fin ou de la vase (Bellahsene ; 2005)

En conséquence, nous avons un risque sérieux d'ensablement par les dépôts sédimentaires au niveau de la passe d'entrée orientée vers l'Ouest.

Suite aux déferlements à la côte, la mobilisation des sédiments devient de plus en plus importante que se soit par charriage ou par remise en suspension des matériaux. Dont la granulométrie tend vers le sable graveleux.

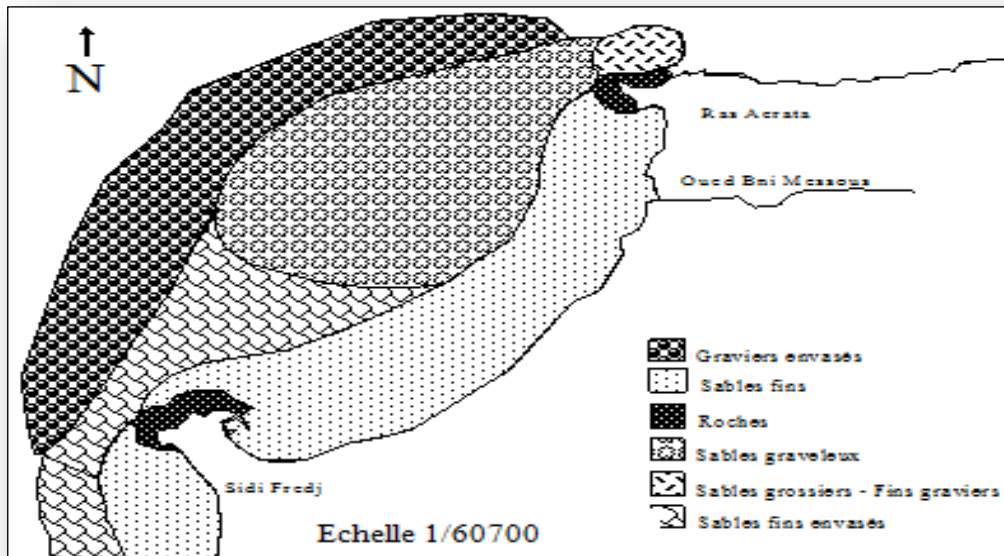


Figure II.8: Répartition sédimentologique de la baie d'El Djamila (in Bachari-Houma, 2009).

2.6 Situation hydrographique :

La baie d'El Djamila est alimentée par l'oued Béni Messous et oued Boukara, ils prennent source dans le massif de Bouzaréah. Cependant c'est l'Oued Béni Messous qui a les effets les plus ressentis sur la zone.

□ Oued Béni Messous :

Situé à 15Km entre El Djamila et Club des Pins, il 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 « les Dunes » 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)

2.7 Hydrodynamique

L'hydrodynamique est importante dans cette zone, la présence de certains affleurements rocheux d'une part et la forme caractéristique de la baie fait que l'hydrodynamisme s'accroît au niveau de cap de Sidi Fredj et le massif de Chenoua où le plateau continental est étroit. Ceci entraîne un transfert permanent de sédiments vers la partie Est de la baie. (Aidoud et Mimouni, 2009).

2.7.1 Le vent

Le vent est un paramètre anémométrique très important pour une étude hydrodynamique. Dans la baie d'El Djamilia la répartition des vents est parfaitement liée au régime annuel des houles.

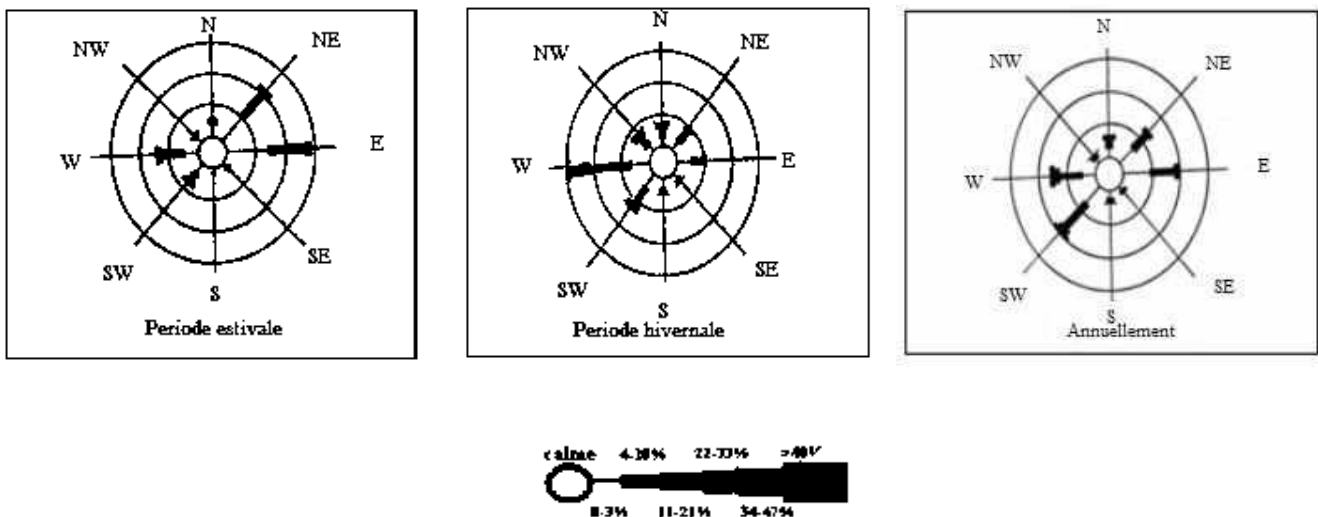


Figure II.9 : Roses récapitulatives saisonnières et annuelle des fréquences d'apparition du vent au large (L'US Naval Weather service, de 1963 à 1970)

D'après les résultats d'observations effectuées par l'US. Naval Weather service command (S.S.M.O) année 1963-1970 au large des côtes algériennes, on note l'existence de deux périodes distinctes ;

- **Une période hivernale :** (octobre-mars) avec des vents dominants de secteur Ouest avec une fréquence allant de 60 à 80%.
- **Une période estivale :** (Avril-septembre) les vents dominants sont de secteur Est et Nord Est, avec des fréquences de 45% à 75% pour le secteur Nord Est. (LEM, 1998).

2.7.2 Les houles

Puisque la côte algérienne est caractérisée par de faibles profondeurs, les courants marins sont relativement faibles. Les données recueillies à partir d'observations enregistrées au large des côtes algériennes par le [KMNI](#) (Institut Météorologique Royal Néerlandais) montrant que :

- Plus de 73% du temps, les courants ont une vitesse inférieure à 0.5 nœud (0.25 m/s)
- Plus de 90% du temps, ces courants ont une vitesse inférieure à 1 nœud (0.5 m/s)
- Dans seulement 1% du temps, des courants d'une vitesse plus grande que 2 nœuds (1 m/s) ont été observés.

En hiver : les houles les plus importantes et les fréquences observées viennent de l'Ouest avec les plus grandes amplitudes entre 2 et 2.5 m. Les houles maximales peuvent atteindre les 4 à 6 mètres.

En été : les directions les plus observées sont d'origine Est, ainsi que les houles Nord Est avec une fréquence moins importante et des amplitudes généralement plus faibles, de 0.5 à 1m. Le secteur Nord a une répartition assez régulière durant l'année.

L'objectif principale de ce chapitre est le suivie et l'évaluation de qualité physicochimique des eaux marines de la baie d'El-Djamila et la recherche de la répartition des sédiments dans la baie de Bou-Ismaïl et par conséquent leur modalité de mise en place, a partir des mesures des paramètre physicochimique et des analyses des métaux lourds et granulométriques au niveau des différents stations de baie de Bou-Ismaïl et la baie d'El-Djamila

1. Compagne en mer

1.1. Choix et localisation des stations

- **Sortie au niveau de la baie d'El-Djamila**

Le dimanche 5 Mai 2013 dans des conditions météorologiques favorable (une mer calme, la direction de vents était faible), et à bord d'une embarcation nous avons fait une sortie en mer dans la baie El-Djamila. Dans cette zone nous avons effectué des prélèvements au niveau de neuf stations différentes. (Figure III.1)

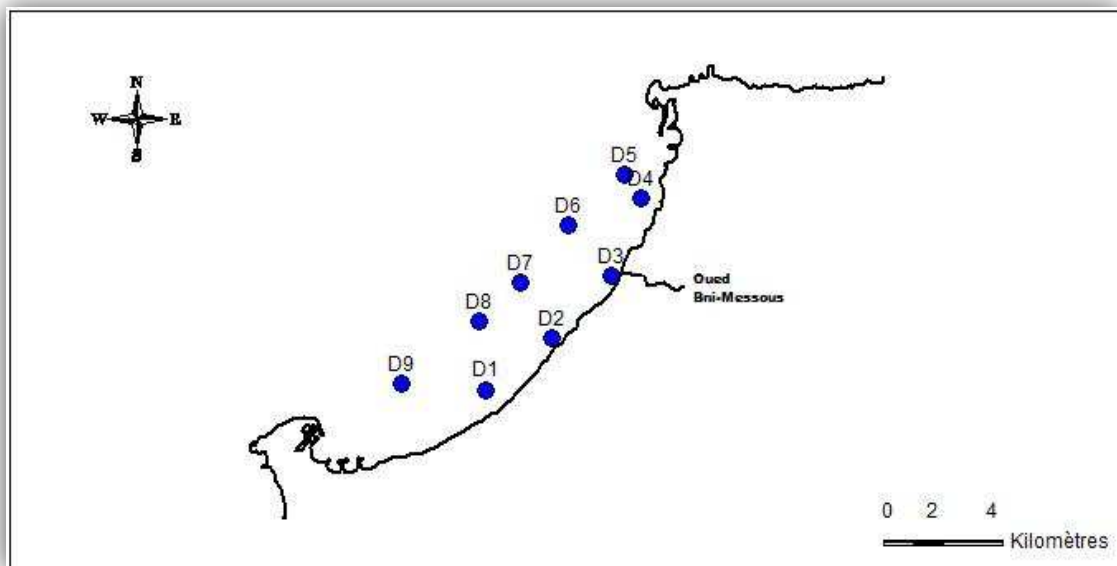


Figure III.1 : Localisation des stations du prélèvement dans la baie El-Djamila.

- **Sortie au niveau du port d'El-Djamila**

Le 06 Mai 2013 dans les mêmes conditions météorologiques et à bord d'une même embarcation nous avons fait deuxième sortie au niveau de dix stations du port d'El-Djamila. Figure (III.2)

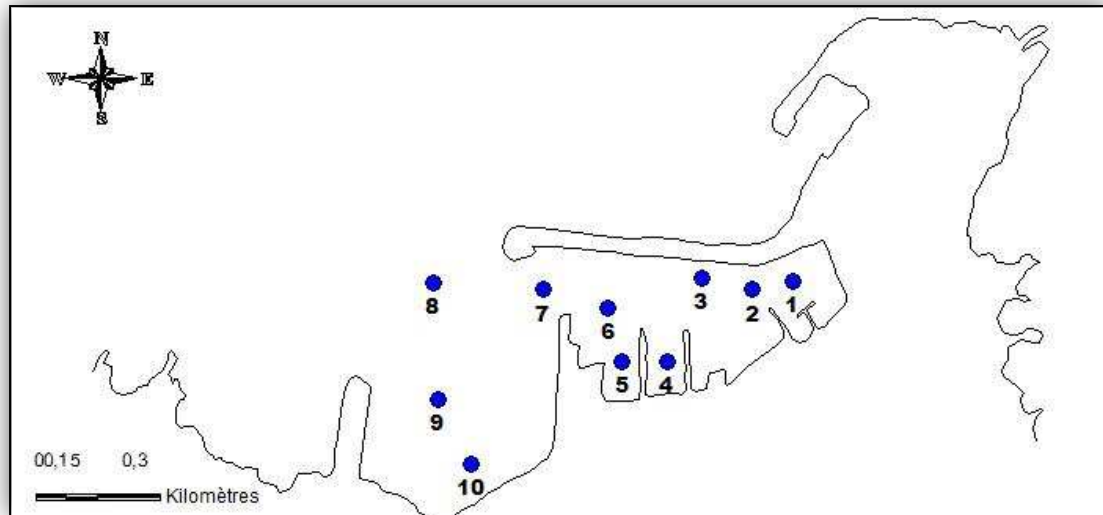


Figure III.2 : Localisation des stations du prélèvement dans le port d’El-Djamila.

Au niveau de chaque station, un prélèvement de sédiment a été effectué pour l’analyse granulométrique. Les mesures de la température, la salinité et de l’oxygène dissous, le potentiel hydrogène, et la conductivité ont été faites sur l’embarcation à la surface de chaque station.

- **Sortie au niveau de la baie de Bou-Ismaïl et la baie d’El-Djamila**

Les prélèvements ont été effectués au niveau de la baie d’El Djamila et la baie de Bou-Ismaïl dans des conditions de mer agitée, ciel clair et vents assez forts de direction Nord Ouest. Différents stations ont été désignées pour le prélèvement des sédiments tout au long du trait de côte de la baie de Bou-Ismaïl et la baie d’El Djamila.

Les coordonnées géographiques des stations sont fournies par le Système Globale de Positionnement (GPS), et sont résumées dans les tableaux (III.1, III.2, III.3, III.4) (Voire les annexes)



Figure III.3 : Système Globale de Positionnement GPS

1.2. Mesures in situ

1.2.1 L'oxygène dissous(O₂)

La mesure de l'oxygène dissous a été effectuée *in situ* par Oxymètre de terrain « type Oxi197/WTW ». La valeur s'affiche en mg/l avec une précision de ± 0.1 %.



Figure III .4 : Oxymètre de terrain de marque «Oxi197/WTW »

1.2.2 La salinité(S) et conductivité

La mesure de la salinité et de conductivité a été réalisée *in situ* à l'aide d'un Conductimètre terrain. Le résultat de salinité est exprimé par (psu).unité de conductivité est ms/cm.



Figure III.5 : Un conductimètre marque WTW type «Cond 197i».

1.2.3 Le potentiel d'hydrogène (pH)

Nous avons utilisé le PH mètre de terrain de marque « WTW type pH 315 i/Set», muni d'une électrode en verre.



Figure III.6 :PH-mètre de terrain

1.2.4 Température (T)

La mesure de la température a été effectuée in situ, en (°C) par tous ces appareils de mesures : conductimètre, oxymétrie et pH-mètre.

Nous avons résumé les mesures des paramètres physicochimiques des stations dans le tableau III.1 et tableau III.2. (Voire les annexes)

1.3 Prélèvement des sédiments

Les moyens les plus adaptés pour un prélèvement de sédiment sont ceux pour lesquels l'intégrité de l'échantillon est respectée.

Dans notre travail, le prélèvement des sédiments est réalisé à l'aide d'une benne inoxydable de type « Van Veen ». Nous mettons la benne dans l'eau ouverte, elle se ferme juste après qu'elle touche le sol. Nous récupérons la benne et le contenu (sédiments).

Pour l'analyse granulométrique et métaux lourds, On prélève à l'aide d'une spatule inoxydable minutieusement une quantité de sédiment (en évitant le contact avec les rebords des moyens d'échantillonnage utilisés) et celle-ci est conditionnée dans des sacs plastiques stérilisés. Une fois étiquetés les sacs, ils sont transportés immédiatement au laboratoire dans une glacière

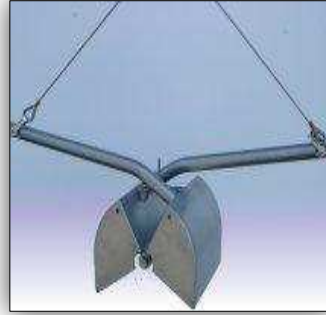


Figure III.7 : Benne « Van Veen »

2 Travaux effectués au laboratoire

2.1 Conservation des sédiments

Les échantillons de sédiments marins, dans l'attente d'être traités au laboratoire, sont maintenus congelés à -18°C . La congélation permet de conserver pour l'essentiel les propriétés chimiques des échantillons, d'éviter une contamination avec le milieu ambiant et les pertes d'éléments volatils tel que le mercure (Charlou et Joanny, 1983). Les échantillons destinés à la granulométrie ne doivent pas être congelés mais conservés au réfrigérateur (4°C)

2.2 Analyse granulométrique :

L'analyse granulométrique est l'étude statistique du calibre des grains, elle permet la construction de notions relatives au transport et au dépôt des sédiments sur le fond, elle permet aussi de les classer selon leurs tailles.

Analyse granulométrique a été effectuée sur trois échantillons de sédiments superficielles prélevés en mer de la baie d'El-Djamila (Figure III.8), et sur dix échantillons de sédiments du port d'El-Djamila (Figure III.9), et nous avons complété notre étude avec des échantillons réalisés lors d'une précédente étude. (Figure III.10)

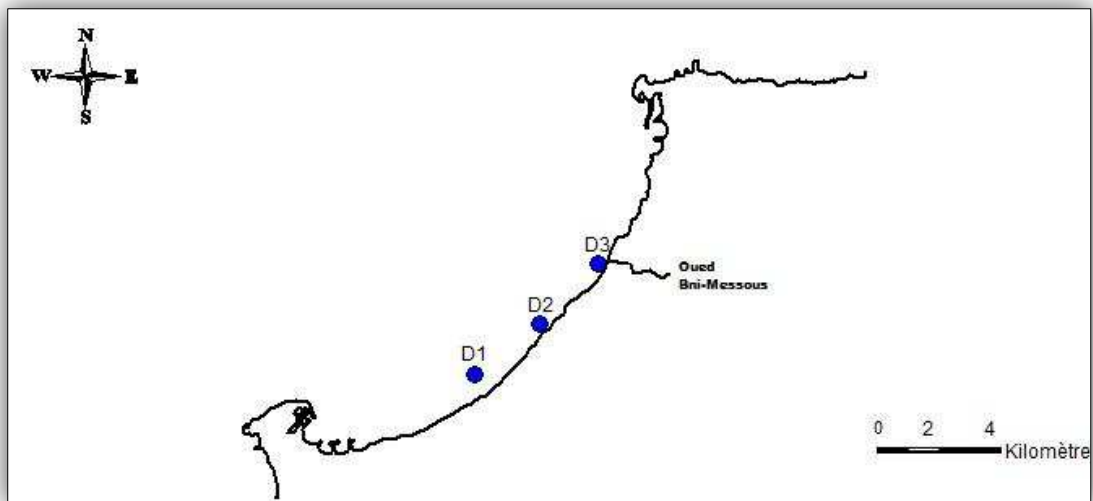


Figure III.8 : Localisation des stations de prélèvement destinées aux analyses granulométriques au niveau de la baie d’El-Djamila.

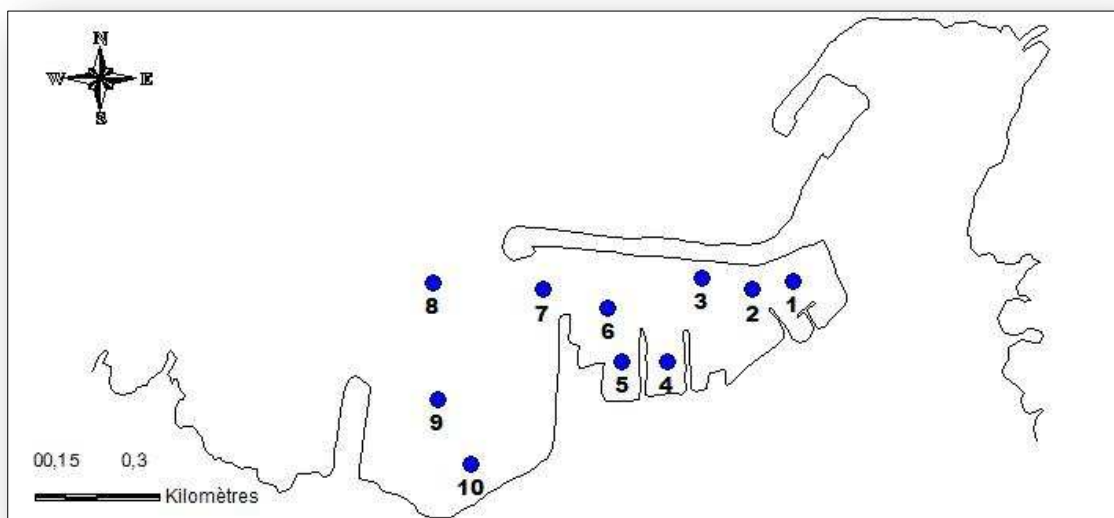


Figure III.9 : Localisation des stations de prélèvement destinées aux analyses granulométriques au niveau du port d’El-Djamila.

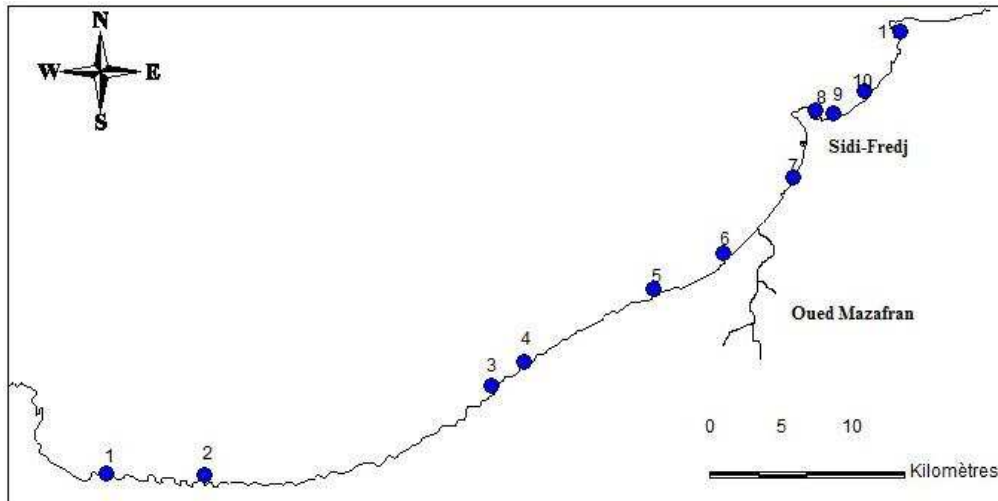


Figure III.10 : Localisation des stations de prélèvement destinées aux analyses granulométriques au niveau de la baie de Bou-Ismaïl et de la baie d'El-Djamila.

2.2.1 Principe de la méthode

«Les tailles des particules sédimentaires sont extrêmement diverses, bien que de forme très diverses, les particules sont soumises à l'analyse granulométrique » (Vatan, 1967).

La granulométrie permet de séparer des différentes fractions sédimentaires du sable ; elle consiste à passer l'échantillon par une série de tamis de mailles décroissantes et de récolter ensuite le poids partiel de chaque quantité dans le tamis. La granularité est exprimée par une courbe granulométrique qui donne la répartition de la dimension moyenne des grains, exprimée sous forme de pourcentage du poids total du matériau.

Cette analyse granulométrique permet de définir, suivant leurs calibres, diverses classes de sédiments indépendamment de leur nature chimique. Le tableau III. 5 ci-dessous correspond aux diamètres des grains selon la norme française.

Tableau III. 5. Diamètres des grains et appellations correspondants à la norme française.

Diamètre Maximum	Appellation	Diamètre minimum
200 mm	Cailloux	20 mm
20 mm	Graviers	2 mm
2 mm	Gros sables	0.2 mm
0.2 mm	Sables fins	20 µm
20 µm	Limons	2 µm
2 µm	Argiles	< 2 µm

2.2.2 Mode opératoire de l'analyse granulométrique

Les échantillons sont mis dans des boîtes de Pétries et placés dans une étuve pendant 24 heures ajustée à une température de 105°C.

Nous avons d'abord éliminé les fractions pélitiques de chaque échantillon. Une fois séché ; chaque échantillon est pesé (poids initial) et passé sous un courant d'eau dans un tamis de 80µm de diamètre aidé par une agitation manuelle du tamis.

Une deuxième fois, après l'élimination des fractions pélitiques, les échantillons, remis dans des boîtes de pétries subiront un autre séchage à l'étuve pendant 24 heures, également sous une température de 105°C.

Après ce deuxième séchage, chaque échantillon est pesé, la différence par rapport au poids initial représente la quantité des fractions pélitiques donc la quantité des pélites dans chaque échantillon est exprimée par la formule suivante :

$$P(g) = P_1 - P_2 \quad \text{(III.1)}$$

Où :

P : poids des pélites.

P₁ : le poids initial sec a été mis dans des boîtes de pétri (g).

P₂ : le poids final après rinçage et séchage (g).

Le pourcentage des pélites dans le sédiment est calculé par la formule suivante :

$$\% \text{Pélites} = (P_1 - P_2 / P_1) * 100 \quad \text{(III.2)}$$

Après soustraire les fractions pélitiques ; une quantité de sédiment de 200g pour chaque station est tamisée par une tamiseuse de type **AFNOR** dont le diamètre en micron des tamis est dans l'ordre décroissant : 40000µm, 3150µm, 2500µm, 2000µm, 1600µm, 1250µm, 1000µm, 800µm, 630µm, 500µm, 400µm, 315µm, 250µm, 200µm, 160µm, 125µm, 100µm, 80µm, 63µm, 50µm, 40µm.

Chaque tamisage s'est effectué mécaniquement sur une table vibrante, durant dix minutes, A la fin de chaque tamisage, le refus de chaque tamis est pesé avec une précision du centième de gramme.



Figure III.11: Balance



Figure III.12 : Tamiseuse



Figure III.13 : Etuve

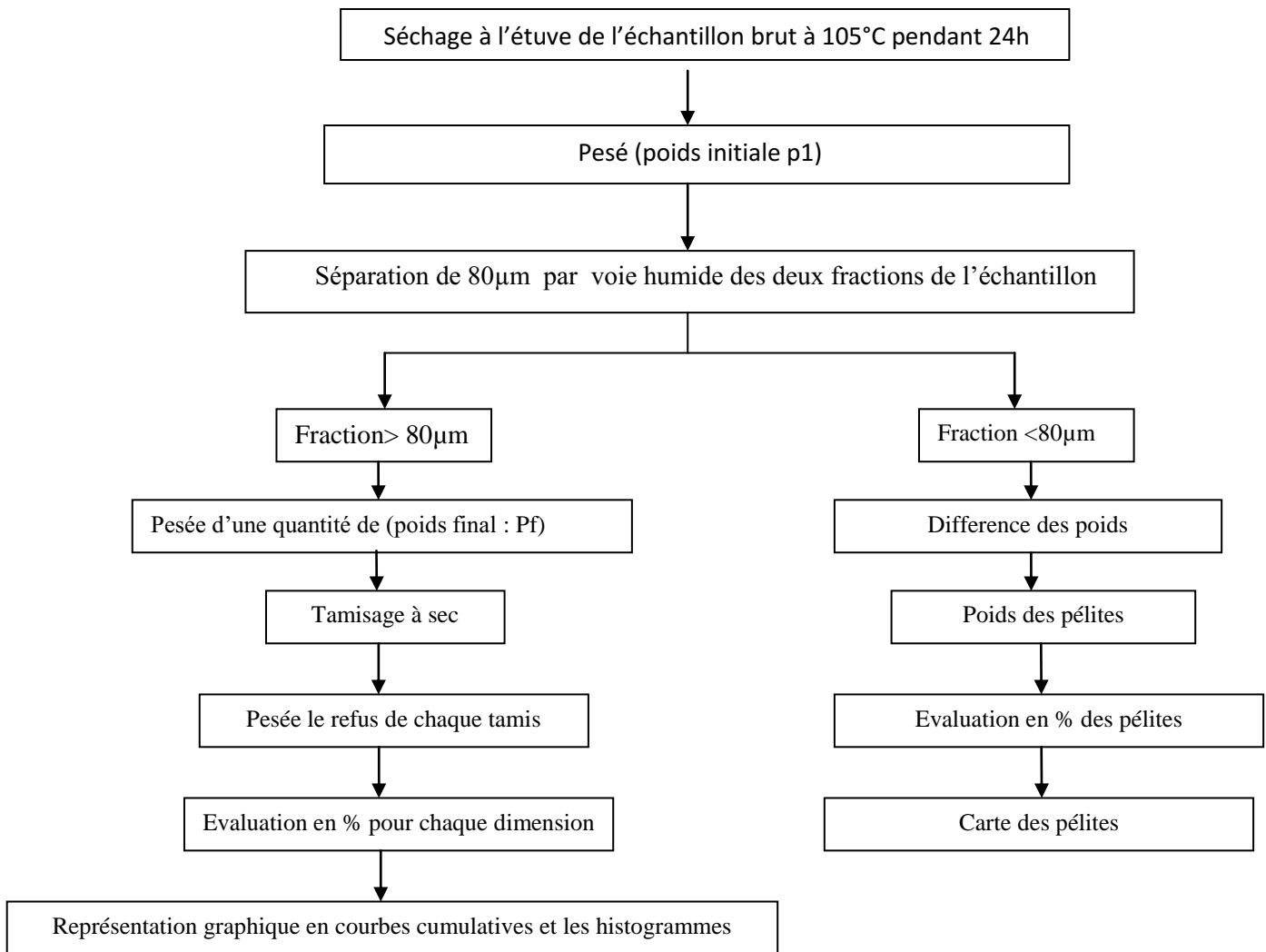


Figure III.14: Modalité d'analyse granulométrique

2.2.3 Traitement des données

A partir des masses cumulées sont calculés les pourcentages cumulés puis pondérés. Des courbes cumulatives ont été établies propres à chaque station, sur de papier semi logarithmique.

- En abscisse logarithmique : les diamètres des particules du sédiment.
- En ordonnée : le pourcentage pondéral des refus cumulés inférieur à une taille donnée.

Cela nous permettra de comparer les échantillons et de déterminer graphiquement les différents paramètres grâce auxquels nous calculerons les indices granulométriques.

2.2.4 Les indices granulométriques

a. Le mode

La représentation graphique en courbe cumulative et histogramme de fréquence des résultats granulométrique, permet de mettre en évidence dans un même échantillon la dominance d'une ou plusieurs fractions qu'on appelle couramment des modes (Riviere, 1977).

b. La médiane

C'est l'indice absolu (Riviere, 1977), correspond au diamètre du grain moyen dont l'ordonnée est à 50% du poids total du sédiment, elle est déduite à partir de la courbe cumulative.

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). La médiane ne peut être utilisée avec des sédiments à distribution bimodale (Folk et Ward, 1957).

c. Les quartiles

Le 1er quartile (Q₂₅) : Correspond au diamètre du grain représentant 25% en poids du sédiment.

Le 3ème quartile (Q₇₅) : Correspond au diamètre du grain représentant 75 % du sédiment.

Ces deux paramètres nous montrent la part des sédiments grossiers et des sédiments fins dans un échantillon. (Tableau III.6)

Tableau III.6 : Classification des grains de sable (Folk et Ward, 1957)

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

d. Facteur hydrodynamique (Weydert, 1971) :

$$FH = [(\varphi_{95} - \varphi_5) \setminus 2,44 (\varphi_{75} - \varphi_{25})] - [(\varphi_{75} - \varphi_{25}) \setminus 2] \tag{III.3}$$

FH : facteur hydrodynamique, φ_{95} , φ_{75} , φ_{25} et φ_5 : les fractiles en φ des fractions 95, 75, 25, 5%.

Les limites du facteur hydrodynamique selon (Folk et Ward, 1957)

- $FH > 2$: hydrodynamisme très fort.
- $2 > FH > 1$: hydrodynamisme fort.
- $1 > FH > 0,5$: hydrodynamisme moyen.
- $0,5 > FH > 0$: hydrodynamisme faible.
- $0 > FH > -1$: hydrodynamisme très faible.

Selon (Weydert, 1971) :

- $FH > 0$, transfert sédimentaire actif sous l'effet d'une action hydrodynamique moyenne ou forte ;
- $FH = 0$, limite l'action des courants, ceux-ci est faible vis à vis des particules constituants le sédiment ;
- $FH < 0$, action hydrodynamique pratiquement nulle en temps normal (sauf tempête), les sédiments sont fixés et ne sont déplacés dans leur totalité.

e. Indice de Classement

Cet indice S_0 permet d'apprécier le degré de classement de sédiment (Trask, 1932).

$$S_0 = (Q_{75}/Q_{25})^{1/2} \tag{III.4}$$

Pour le classement les valeurs adoptées sont mentionné dans le [tableau III.6](#)

Tableau III.7 : Valeurs du S_0 représentant les types de classement

S₀	Classement
<1	Très bien classé
1 - 2,5	Bien classé
2,5 - 3	Normalement classé
3 - 4	Mal classé

f. Le coefficient d'asymétrie (SK ;Skewness de Trask) :

Il caractérise le degré de symétrie de la courbe par rapport à la médiane. Il est défini par la relation suivante :

$$SK = (Q_{25} * Q_{75}) / (Q_{50})^2 \quad (III.5)$$

- Si $SK < 1$, Le classement est maximum vers les fines ;
- Si $SK = 1$, la symétrie est parfaite ;
- Si $SK > 1$, le classement est maximum vers les grossiers.

2.3 Analyse des métaux lourds

Pour l'analyse des métaux lourds nous avons utilisés des échantillons réalisés lors d'une précédente étude.

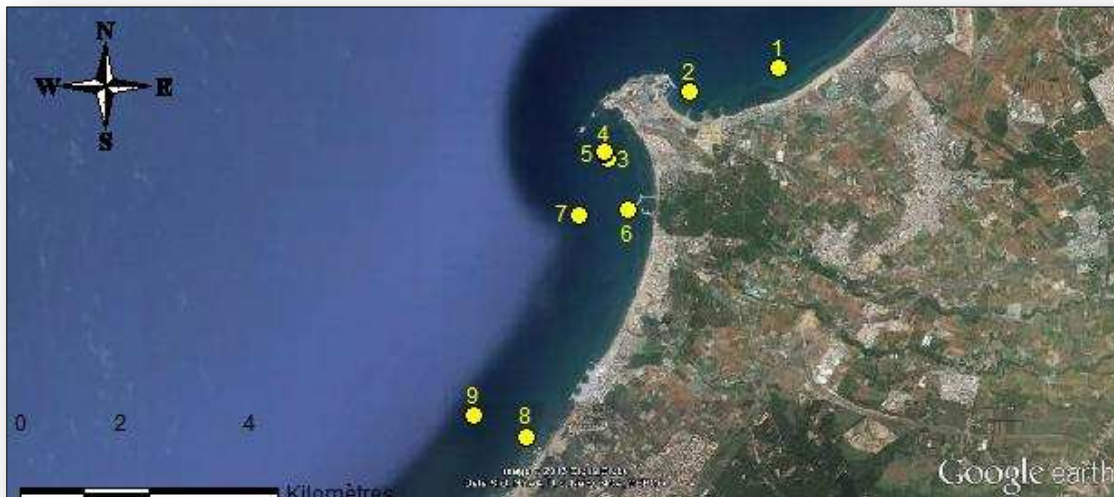


Figure III.15: Localisation des stations du prélèvement destinées aux analyses des métaux lourds autour de Sidi Fredj.

1. Nettoyage des instruments

Le nettoyage des instruments est une étape indispensable pour éviter toute source de contamination des échantillons. Donc ils sont minutieusement nettoyés et conditionnés selon les recommandations préconisées dans la littérature scientifique (Charlou et Joanny (1983), UNEP/IAEA 1985a, 1985b, 1985c et 1986 et IAEA., 1997).

- ✓ Lavage aux détergents commerciaux
- ✓ Rinçage à l'eau de robinet

- ✓ Rinçage à l'eau bidistillée
- ✓ Rinçage à l'eau acidulée (HCl 10%)
- ✓ Rinçage à l'eau bidistillée puis séchage à l'étuve à 70°C

Ces opérations doivent être effectuées impérativement avant chaque utilisation du matériel

2. Traitement des sédiments

A- Lyophilisation

Le principe de lyophilisation est la déshydratation des échantillons par sublimation qui s'effectue par la libération de l'eau de l'échantillon en passant de la phase solide à la phase vapeur sans passer par la phase liquide. Cette méthode évite la perte des métaux les plus volatils en particulier le mercure, (Charlou et Joanny, 1983).

Les sédiments congelés ont été placés dans un lyophilisateur pendant 72 heures, à une température de -55°C et à une pression de 0,1 mbar.



Figure III.16: Lyophilisateur des sédiments

B- Broyage

Les échantillons de sédiments lyophilisés sont broyés à l'aide d'un mortier en porcelaine jusqu'à l'obtention d'une poudre fine.

C- Homogénéisation

Pour une répartition uniforme des éléments métalliques au sein des particules sédimentaires et de prélever ainsi une quantité de sédiment représentative de l'échantillon, l'homogénéisation se fait avant minéralisation par agitation manuelle.

3. Extraction des métaux traces

Les méthodes d'extraction des métaux lourds dans le sédiment sont multiples et regroupées en deux classes : les méthodes d'extraction totale et les méthodes d'extraction sélectives (Added, 1981 ; Charlou et Joanny, 1983; Fernandez, 1984, De Groot et al, 1982).

4. Digestion ou minéralisation

La minéralisation des métaux lourds permet de libérer les différents métaux adsorbés à la surface des particules sédimentaires par extraction et mise en solution pour faciliter le dosage par absorption atomique.

La méthode utilisée dans les analyses des métaux lourds présentés dans ce mémoire est la méthode d'extraction du métal total contenu dans l'échantillon

Pour ce la les échantillons de sédiment sont minéralisés dans des tubes en téflon fermés à l'aide d'une combinaison d'acide fluorhydrique (HF) et d'eau régale pour décomposer l'échantillon.

A -Minéralisation à blanc

Avant d'utiliser les godets en téflon, on procède à une minéralisation à blanc. On met dans chaque godet 4ml d'eau régale (1volume d'acide nitrique (HNO_3) concentré à 68 % + 3 volume d'acide chlorhydrique (HCl) concentré à 37%. Puis on ferme hermétiquement les godets et on chauffe sur une plaque chauffante à 125 ° C pendant 2h30mn.

On laisse refroidir les échantillons avant d'ouvrir la soupape de sécurité doucement, puis on ouvre les godets et on rince à l'eau bidistillée et on sèche dans l'étuve.

B-Minéralisation des échantillons

La minéralisation des métaux lourds a lieu sous hotte aspirante dans un godet en téflon. On pèse 0.5 g de sédiment lyophilisé. On y ajoute 8 ml d'eau régale (**2ml** HNO_3 et **6ml** HCl) puis on ferme hermétiquement les godets. On laisse les échantillons à température ambiante une nuit, afin d'éviter un début de réaction trop brusque (minéralisation à froid) puis on les met sur plaque chauffante à 120°C pendant 2h30min.



Figure III.17: Minéralisation (godets en téflons).

5. La Dilution

On laisse refroidir les échantillons avant d'ouvrir la soupape de sécurité doucement, puis on ouvre les godets et on transfère les échantillons dans les tubes en polypropylène de 50 ml. On rince les godets avec l'eau distillée au moins 3 fois en récupérant les rinçages des godets et on ajuste jusqu'au trait de jauge de 50 ml avec l'eau distillée. Avec cette série des échantillons nous intégrons un blanc (8 ml d'eau régale) puis stockés dans un réfrigérateur en attendant le dosage par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA).

6. Méthode d'analyse :

Choix et principe de la méthode d'analyse :

Ils existent plusieurs méthodes permettant l'analyse des métaux traces dans différentes matrices de milieu marin et qui se résument en :

- ✓ La fluorescence X.
- ✓ L'activation neutronique.
- ✓ La polarographie.
- ✓ La Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA).

La méthode utilisée dans les analyses des métaux lourds présentés dans ce mémoire est la méthode Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA)

La SAA est la méthode la plus couramment utilisée dans les travaux de recherche en environnement et la plus avantageuse (spécifique, sélective, reproductible et rapide d'exécution). La spectrophotométrie d'absorption atomique est une technique d'analyse quantitative, fondée sur le phénomène d'absorption de radiations lumineuses par des atomes libres. Elle est largement appliquée (Forstner et Salomons, 1980), simple et très documentée

(AIEA, 2001), bien adaptée (Boust, 1981) et recommandée pour l'analyse des métaux lourds (Asso, 1982).

Les éléments métalliques adsorbés sur les sédiments marins superficiels sont analysés par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique, selon les protocoles expérimentaux décrits par Charlou et Joanny (1983) et U.N.E.P/I.A.E.A (1985 a et b ,1986 a et b).

Le principe, la description de la technique d'analyse et les éléments constitutifs du spectrophotomètre utilisé sont inspirés de Pinta (1979), Perkin_Elmer (1982) et Audigiè et al. (1985 a et b).

6.1 Principe de la Spectrométrie d'Absorption Atomique

C'est le passage de la forme ionique (métal en solution) à la forme atomique qui se produit par une source thermique (source d'atomisation) dans un niveau énergétique fondamentale (état initial). Ces atomes ainsi formés absorbent une partie de radiation émise par une source de radiation I_0 et passent à un niveau d'excitation supérieur. . Après le passage d'un faisceau lumineux primaire résulte une diminution de l'intensité du faisceau incident I_0 qui devient I . L'intensité est d' autant plus petite que la quantité de métal interposée sur le faisceau est plus importante. L'absorbance correspond à la différence entre l'intensité incidente (I_0) et l'intensité transmise (I) cette différence ($I_0 - I$) est enregistrée par un photomultiplicateur qui lui transforme cette intensité lumineuse en un signal électrique quantifiable.

6.2 La loi de Beer-Lambert :

L'intensité de l'absorption dépend directement du nombre de particules absorbant la lumière selon la loi de Beer-Lambert. D'après cette dernière, la densité optique d'une solution d'une substance absorbante dans un solvant transparent est proportionnelle à l'épaisseur de la solution traversée et à la concentration des substances absorbante de la solution (Audigié et al, 1985a)

$$I = I_0 \cdot \text{Expo}(-k/c) \quad (\text{III.6})$$

La lecture s'effectue en absorbance (**A**) ou en densité optique (**DO**) :

$$A = \text{DO} = \log I_0/I = klc \quad (\text{III.7})$$

Où :

I : Intensité de l'énergie lumineuse transmise (émergente).

I_0 : Intensité de l'énergie lumineuse émise (incidente).

K : Coefficient d'absorption atomique (constante).

l : Longueur du trajet optique (constante).

C: Concentration du métal dosé.

Les concentrations des métaux sont déterminées suivant trois méthodes différentes :

1. **Analyse par flamme air – acétylène** : elle concerne l'analyse des métaux à hautes ou fortes concentrations (métaux essentiels) : zinc, cuivre, manganèse, fer....
2. **Analyse par four à graphite** : (un four cylindrique en graphite pour atomiser l'échantillon) Cette méthode est utilisée pour détecté les métaux toxiques à faible concentration : ex. plomb et cadmium
3. **Analyse par la méthode des hydrures** : Elle se base sur la réduction chimique de métal recherché sous formes d'hydrures en utilisant une solution réductrice de borohydrure de sodium (NaBH_4). On l'utilise pour le dosage de mercure (dite méthode vapeur froide : (flamme éteint) et l'arsenic (flamme allumée).

6.3 Appareillage

L'appareil employé pour le dosage des éléments métalliques est un spectrophotomètre HITACHI, modèle Z-5000, type correction de l'absorbance non spécifique (ANS) par utilisation de l'effet Zeeman, cet appareil est principalement constitué de :

1. Source de radiation.
2. Dispositif de transformation de l'échantillon en atomes libres.
3. Un ensemble de mesure du degré d'absorption de la radiation

6.3.1 Source de radiation

La lampe à cathode creuse est constituée d'une cathode composée de l'élément à analyser lui même que l'on veut doser et qui fournit donc, lors de son excitation électrique, un spectre d'émission spécifique de l'élément à doser.

6.3.2 Dispositif de transformation de l'échantillon en atomes libres

A- Système Flamme (Brûleur)

Les échantillons doivent être en solution. Il y a d'abord nébulisation (dispersion en un fin brouillard du liquide à analyser) à l'aide d'un nébuliseur pneumatique puis atomisation (dissociation en atomes du composé chimique introduit) à l'aide d'une flamme obtenue par combustion grâce aux combustibles soit l'Air - Acétylène ou le Protoxyde d'azote – Acétylène.

B- Système Electrothermique (Four graphite)

Un volume connu de la solution (quelques microlitres) à analyser est introduit via un capillaire dans un tube en graphite (Four) par injection automatique du robot et maintenu dans une atmosphère inerte. Le tube est porté ensuite à de très hautes températures (2000 - 2800°C), selon un programme de chauffage thermique comportant les étapes suivantes:

Séchage, minéralisation, atomisation et nettoyage

L'absorption atomique électrothermique est 100 à 1000 fois plus sensible que la flamme. Elle est utilisée notamment pour la détermination de concentration très faible (traces).

6.3.3 Un ensemble de mesure du degré d'absorption de la radiation**A -Monochromateur**

Le monochromateur a un pouvoir de résolution important. Il sélectionne la raie la plus intense du spectre de l'élément à analyser.

B – Détecteur Le détecteur et le photomultiplicateur convertissent la lumière en signal électrique.

6.4 Etalonnage:

L'étalonnage doit être réalisé très soigneusement, pour chaque métal on prépare une série d'étalon à partir de solution mère qui a une concentration connue de l'élément à doser. Les standards ne sont préparés qu'au moment de l'analyse.

Les absorbances de ces solutions standards sont mesurées, ce qui permet de tracer la courbe d'étalonnage (absorbance = f (concentrations), pour les faibles concentrations, c'est-à-dire pour les faibles absorbances, la courbe est quasi linéaire, donc de la forme :

$$Y = a X + b \quad \text{(III.8)}$$

Où :

Y : Densité optique (DO)

X : Concentration du métal à analyser

a : Pente de la courbe

b : Ordonnée à l'origine

A l'aide de la droite d'étalonnage, nous pouvons déterminer les concentrations inconnues en métaux des échantillons de sédiments marins à analyser

6.5 Calcul des concentrations des métaux

La concentration du métal dans l'échantillon minéralisé est obtenue à partir de la droite d'étalonnage, nous avons calculé la concentration finale des échantillons selon la relation suivante :

$$C = ((C_c - C_b) \cdot V) / P \quad (\text{III.9})$$

Où :

C : Concentration finale du métal exprimé ($\mu\text{g/g}$).

C_c : concentration de l'échantillon donnée par l'équation de la droite d'étalonnage exprimée en ($\mu\text{g/ml}$)

C_b : Concentration du blanc en ($\mu\text{g/ml}$).

V : Volume de dilution (50 ml).

P : Poids de sédiments minéralisé (g).

6.6. Les indices de contamination :

On se base sur les résultats trouvés pour l'ensemble des métaux dosés dans la matrice sédimentaire ; on évalue approximativement l'état de pollution des sédiments, en nous inspirant des normes établies par des pays et communautés industrialisées (Union Européenne, France, Allemagne, Belgique.....), par le calcul de l'indice de contamination (IC) qui est le rapport entre la teneur en métal observée et celle considérée comme normale, soit :

$$I.C = \frac{\text{Teneur observée dans le sédiment}}{\text{Teneur considérée comme normale}} ; (\text{A. B. R. M. C. ,1988})$$

L'interprétation de l'état de pollution par l'IC est faite comme suit :

- I.C. < 3 : les sédiments correspondants sont considérés comme normaux
- $3 \leq I.C. \leq 10$: l'indice de contamination caractérise des sédiments pollués
- I.C. > 10 : les sédiments correspondants représentent des risques pour les écosystèmes marins.

Pour la présente étude, les analyses des métaux lourds ont portés sur la comparaison des concentrations par rapport aux normes algériennes, françaises et hollandaises (tableau III.8)

Tableau III.8: Normes de pollution par les métaux lourds (Résultats exprimés en $\mu\text{g/g}$)

Normes	Hg	Pb	Cd	Cu	Zn	Cr	Ni	Mn	Fe
Algériennes	1,5	250	2	150	500	250			
Françaises	0,2	22	0,6	26	88	45	45	400	20000
Hollandaises	0,3	85	0,8	36	140	100			

Ce chapitre est consacré essentiellement à l'interprétation des résultats des différentes analyses effectuées sur les échantillons de l'eau pour les analyses physico-chimiques in-situ et de sédiments du port et de la baie d'El-Djamila et la baie de Bou-Ismaïl, ces analyses ont permis d'évaluer les teneurs des sédiments en :

- Granulométrie (fraction fine < 80 µm) ;
- Métaux lourds (Cr, Mn, Zn, Pb, Cu et Cd) ;

1. Les paramètres physicochimiques

Tableau IV.1 : Valeurs statistiques des paramètres physicochimiques dans la baie d'El-Djamila

	T (°C)	S (PSU)	O ₂ (mg /l)	pH	C (mS/cm)
maximum	20,4	38,8	6,6	8,22	54,4
minimum	17,5	29,1	5,8	8,08	44,2
moyenne	18,0666667	35,5222222	6,18888889	8,14777778	53,0333333
Ecart-type	0,88741197	2,75942828	0,20883273	0,04521553	3,31473981

Tableau IV.2 : Valeurs statistiques des paramètres physicochimiques dans le port d'El-Djamila

	T (°C)	S (PSU)	O ₂ (mg/l)	pH	C (mS/cm)
maximum	18,5	35,6	10,2	8,2	54,2
minimum	17,6	34,1	4,9	8,05	52
moyenne	18,02	35,21	6,64	8,131	53,58
Ecart-type	0,30110906	0,45813632	1,73101127	0,05665686	0,73454445

1.1 L Oxygène dissous

L'oxygène dissous est un paramètre vital qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques. L'eau absorbe autant d'oxygène que nécessaire pour que les pressions partielles d'oxygène dans le liquide et dans l'air soient en équilibre. La solubilité de l'oxygène dans l'eau est en fonction de la pression atmosphérique, de la température et de la minéralisation de l'eau. La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie.

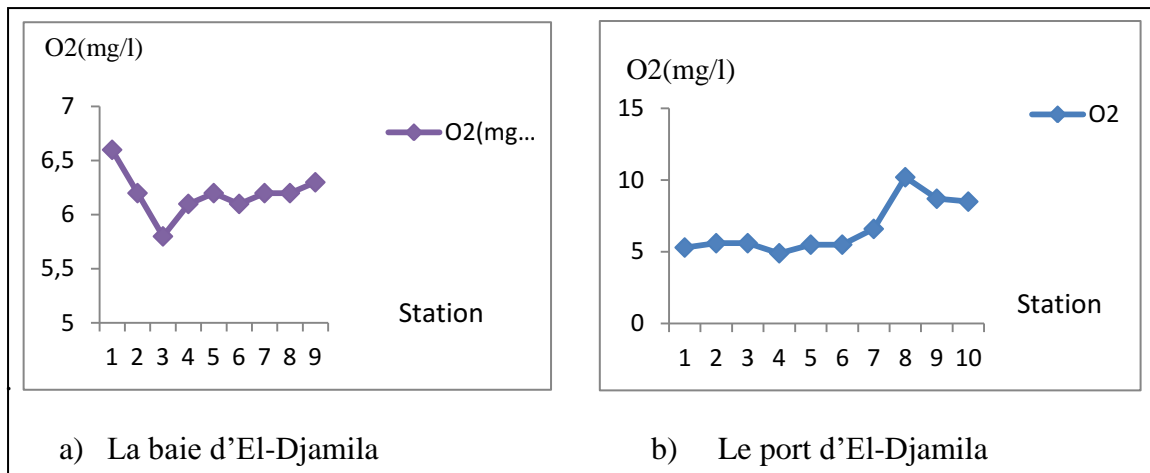


Figure IV.1 : Variation de l’oxygène dissous au niveau de la baie et du port d’El-Djamila

Les teneurs en oxygène des eaux de surface de baie d’El-Djamila varient entre 5,8mg /l (station3) et 6,6mg/l (station1) avec une moyenne de 6,18889mg/l. et un écart type 0,208832. Et pour les eaux de surfaces de port, l’oxygène varie entre 4,9mg/l (Station 4) et 10,2mg/l (Station 8) avec une moyenne de 6,64mg/l et un écart type de 1,731.

La figure IV .1(a) ci-dessus montre que la plus faible teneur est située au niveau de station 3 près de l’oued de Beni-Messous ce déficit en oxygène est peut être provoquée par l’oxydation de la matière organique rejetée par l’oued. Et au niveau de l’autre station de la baie les teneurs en oxygène sont quasiment constante ; et d’après la figure IV.1(b) ; nous remarquons qu’au niveau du port les teneurs les plus élevées ont été enregistrées au niveau des trois stations (8,9 et 10) ceci peut être expliqué par leur richesse en matière végétal.

1.2 La salinité :

Elle représente la proportion des sels minéraux dissous dans l’eau de mer.

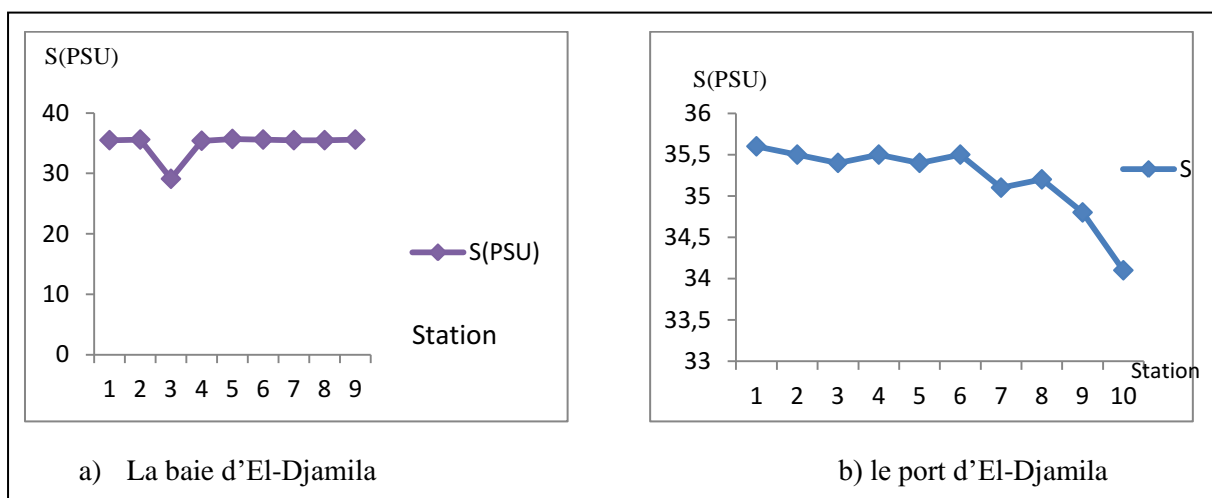


Figure IV.2 : Variation de la salinité au niveau de la baie et du port d’El-Djamila

D'après les résultats nous remarquons que une salinité approximativement constante pour toutes les stations de la baie; sauf pour la station 3 où il ya eu une subitement une baisse.

La variation de la salinité au niveau du port montre des valeurs minimales, fluctuent entre 34,1 PSU (station 10) et 35,6 PSU (station 1) avec une valeur moyenne de 35, 21 PSU.

Selon Taleb (1970), la salinité des eaux de l'océan atlantique est comprise entre 36 et 36.9PSU, et en méditerranée, elle est comprise entre 37.8 et 39.39 PSU.

Nous remarquons alors que dans la baie les valeurs de salinité sont relativement faibles surtout dans station 3 ; les faibles taux de salinité peuvent s'expliquer par la l'apport intensif d'oued Bni-Messous en eau douce.

Nous remarquons que les eaux de port d'El-Djamila sont assez homogènes et très faible en salinité. La basse salinité au niveau du port revient aux apports des eaux de pluies et des eaux usées (urbaines et l'eau provenant de la vidange des bateaux et du déballastage) et à la nature fermée du port et probablement aussi à la faible évaporation des eaux stagnantes du port durant la période d'échantillonnage.

1.3 Le potentiel d'hydrogène

Le pH (potentiel Hydrogène) mesure la concentration en ions H+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

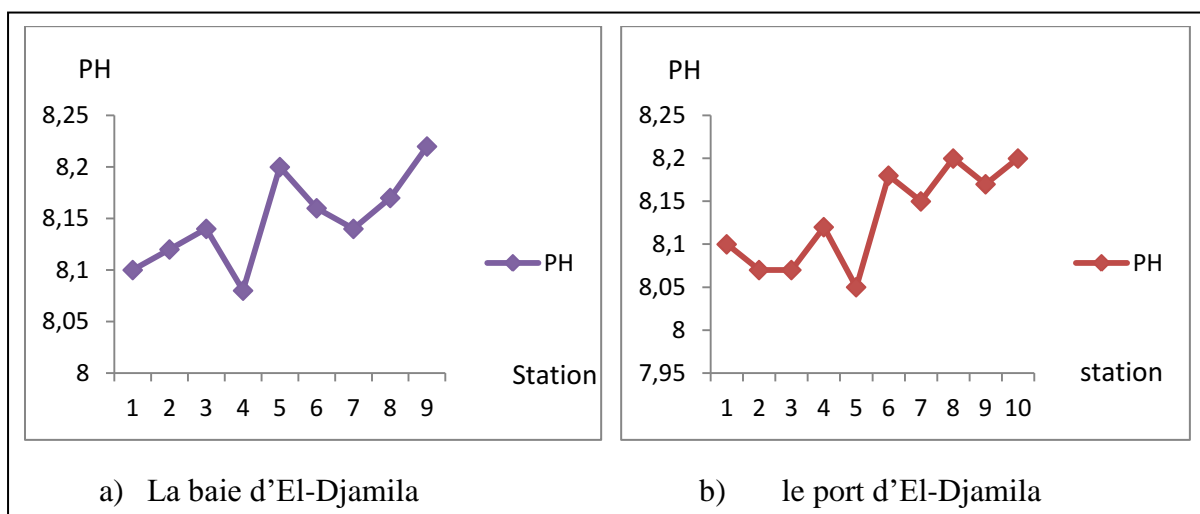


Figure IV.3 : Variation de pH au niveau de la baie et du port d'El-Djamila

Les valeurs de PH de la baie sont comprises entre une valeur maximale 8.22 au niveau de la station(9) et une valeur minimale 8.08 enregistré à la station(4), avec une moyenne 8,147 ; et au niveau du port ils varient peu de 8.05 à 8.2 avec une moyenne de 8,131 et un écart type de 0,0566.

Les valeurs de pH sont relativement homogènes sur l'ensemble des stations au niveau de toutes stations de la baie et du port.

1.4 La température:

La température est un élément fondamental en océanographie ce paramètre important pour l'identification des masses d'eaux est de leur circulation, car elle définit la densité et elle permet de déterminer le taux de saturation des gaz (surtout l'oxygène).

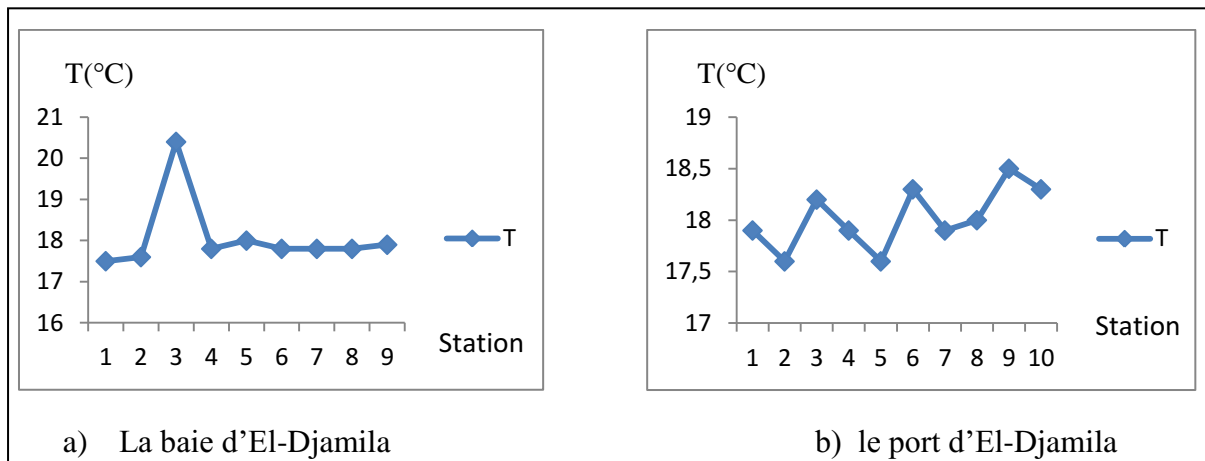


Figure IV.4 : Variation de température au niveau de la baie et du port d'El-Djamila

Les résultats représentés dans les courbes ci-dessous montrent qu'au niveau de la baie d'El-Djamila, les valeurs de température varient peu au niveau des stations, de 17,5° C à 18 °C sauf au niveau de la station 3 où nous avons enregistré une valeur 20,4°C cette valeur pourrait être expliquée par la présence des eaux d'oued Béni-Messous qui sont chaudes que les eaux de mer.

Et au niveau du port, les valeurs température varient de 17,6 à 18,5 °C avec une moyenne de 18,02°C et écart type de 0,301. D'une manière générale, les températures enregistrées restent normales et témoignent du niveau thermique de la saison d'échantillonnage.

1.5 La conductivité

La conductivité varie entre 53,15 et 55,15ms/cm, dont la moyenne et l'écart type sont 54,54ms/cm et 0,73 respectivement.

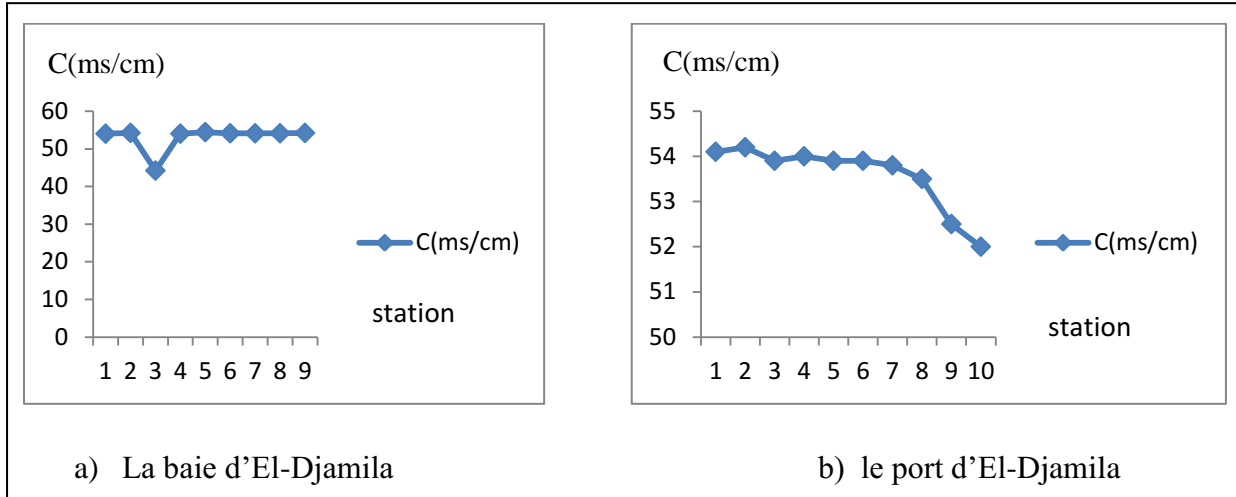


Figure IV.5 : Variation de conductivité au niveau de la baie et du port d’El-Djamila

Plus une eau est salée, mieux elle conduit le courant, La figure ci-dessus montre la correspondance de conductivité avec salinité, nous remarquons donc que l'évolution de la conductivité est proportionnelle à la salinité.

2 Résultat de l'étude granulométrique :

2.1 La fraction pelitique

- La baie d’El-Djamila

Dans la baie d’El-Djamila nous avons six stations (4, 5, 6, 7, 8,9) de type rocheuses, donc nous avons prélevé les sédiments seulement de trois station (1 ; 2 ; 3).

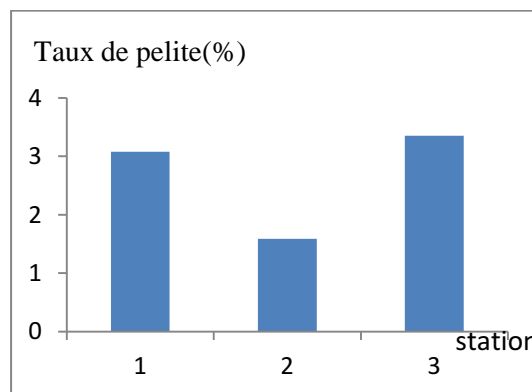
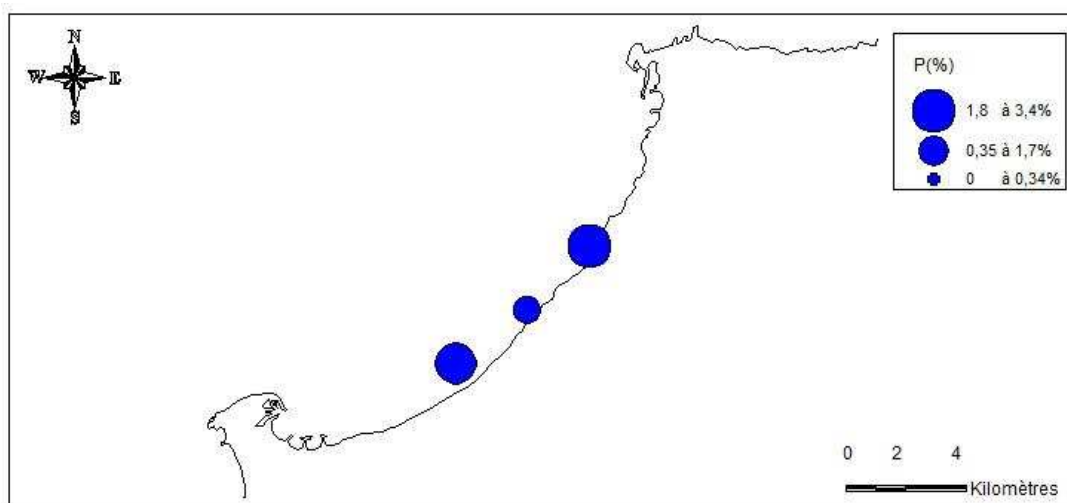


Figure IV.6: Variation des pelites dans la baie d’El-Djamila

Tableau IV.3 : Variation de fraction pélitique dans la baie d'El-Djamila

Station	Le taux de pelites (%)
1	3,07674372
2	1,59031743
3	3,35410765

Les teneurs en pélites des échantillons dans les trois stations (1,2 et3) sont très faibles, elles sont comprises entre 1.5 et 3,35%. Cette faible de teneurs est causé par une forte hydrodynamique à cette zone et peut être dûe au renouvellement des eaux grâce aux houles et aux courants, La carte ci-dessous montre la répartition de la fraction pélitique dans les trois stations de la baie.

**Figure IV.7**: Répartition spatiale des pélites dans la baie d'El-Djamila

- Le port d'El-Djamila

Les résultats d'analyse de la fraction pélitique dans le port d'El-Djamila sont mentionnés dans le tableau IV.4 (Voire les annexes)

Le pourcentage des pélites s'échelonne entre 1.84% (station 8) et 64,52% (station 6) comme le montre la figure IV.8.

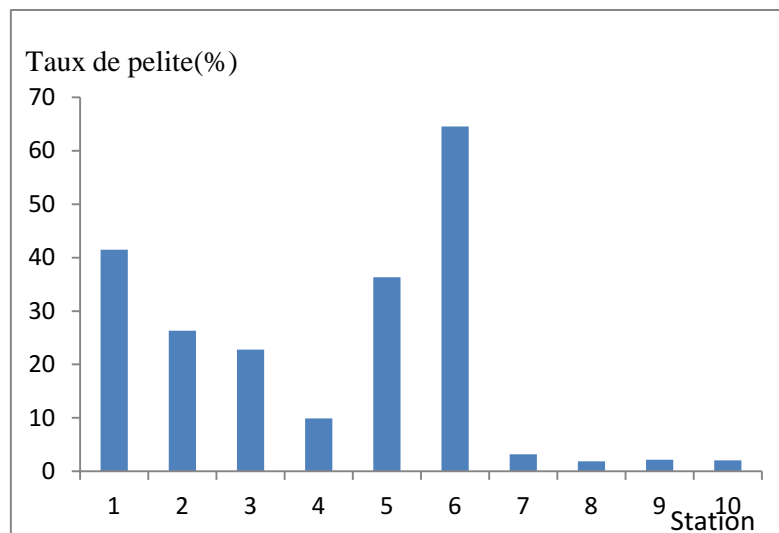


Figure IV.8 : Variation des pelites dans le port d'El-Djamila

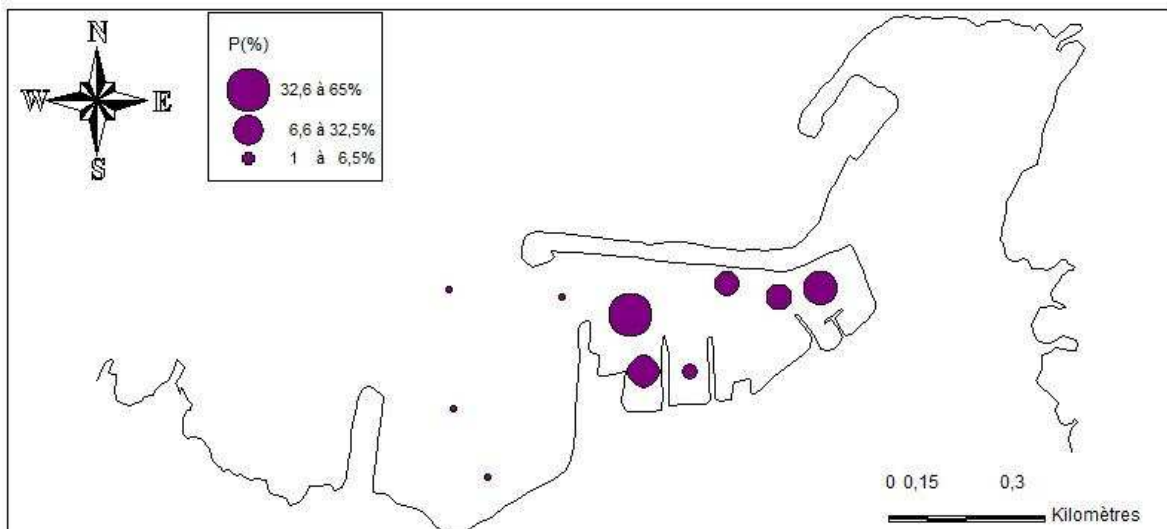


Figure IV.9: La répartition spatiale des pélites dans le port d'El-Djamila

La répartition spatiale des pélites dans le port d'El-Djamila montre qu'au niveau de Stations, (4 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10) les taux sont assez faibles qui sont respectivement de 9,87 ; 3,21% ; 1,84% ; 2,167% ; 2,045%. Cela peut être dû au renouvellement des eaux grâce aux houles et aux courants. Nous remarquons aussi que les pourcentages les plus élevés sont concentrés au niveau des stations (1 ; 2 ; 3 ; 5 ; 6) ; ce taux élevé des pélites est dû au faible gradient de courant à l'intérieur du port.

Si nous considérons l'existence de rejets des eaux usées et celle des eaux pluviales à l'intérieur du port, nous pouvons conclure que ces pélites proviendraient en grande partie des eaux pluviales.

2.2 La fraction grossière

Les résultats de l'analyse granulométrique sont résumés dans le tableau IV.5. (Voire les annexes). Ils sont traduits graphiquement par des courbes cumulatives. (Figure IV.10) (Voire les annexes)

A. Les quartiles

L'examen de ces courbes permet de calculer les indices granulométriques et de déterminer les paramètres qui permettent de caractériser la distribution granulométrique des sédiments prélevés dans les 3 stations dans la baie d'El Djamil, ces paramètres sont mentionnés dans tableau IV.6.

Tableau IV.6 : Valeurs des différents indices granulométriques et des quartiles (Q_{25} , Q_{50} , Q_{75}) au niveau de la baie D'el Djamil.

Stations	Q_{25} (μm)	Q_{50} (μm)	Q_{75} (μm)
1	238	358	650
2	225	281	453
3	150	175	207

a. Le quartile inférieur Q_{25} :

Les valeurs du Q_{25} dans les trois stations varient entre (150 μm et 238 μm) donc le Q_{25} de ces stations dans l'intervalle 150 - 250 μm , et d'après la classification de (Folk, 1956), nous trouvons du sable moyen dans les 3 stations avec une moyenne de **204 μm** donc il y a en majorité du sable moyen.

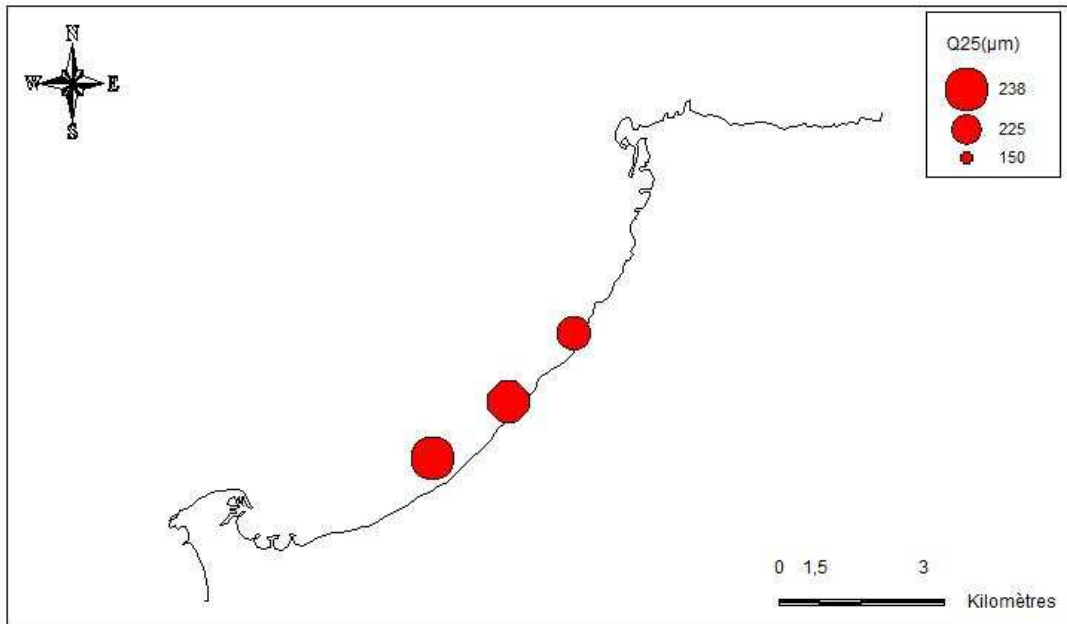


Figure IV.11 : La répartition spatiale du quartile inférieur Q_{25} dans la baie d’El-Djamila

b. Le quartile supérieur Q_{75} :

Les valeurs du Q_{75} varient entre **650μm** (station 1) et **453μm** (station 2) et **207μm** (station 3) donc d’après la classification de (Folk, 1956), nous trouvons le sable très grossier, sable grossier et sable moyen respectivement dans les trois stations, et la moyenne du Q_{75} est de **436μm** ceci traduit en majorité du sable grossier.

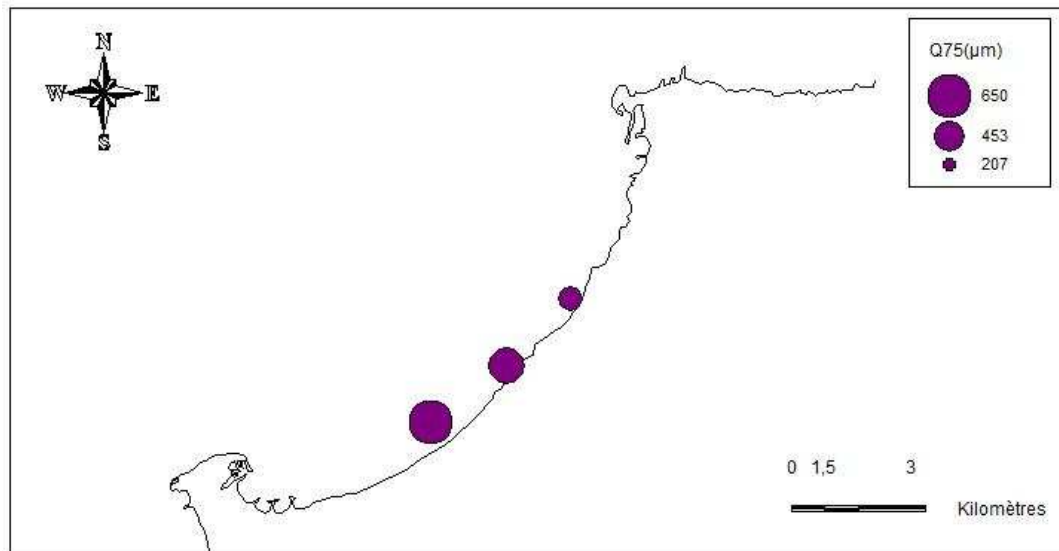


Figure IV.12 : La répartition spatiale de 3^{ème} quartile Q_{75} dans la baie d’El-Djamila.

c. La médiane Q_{50} :

D'une façon générale, les sédiments sont relativement homogènes et d'après la classification de (Folk, 1956), on trouve du sable moyen (station 3) et sable grossier (station 1,2) moyenne du Q_{50} est de $271\mu\text{m}$ donc il y a en majorité du sable grossier.

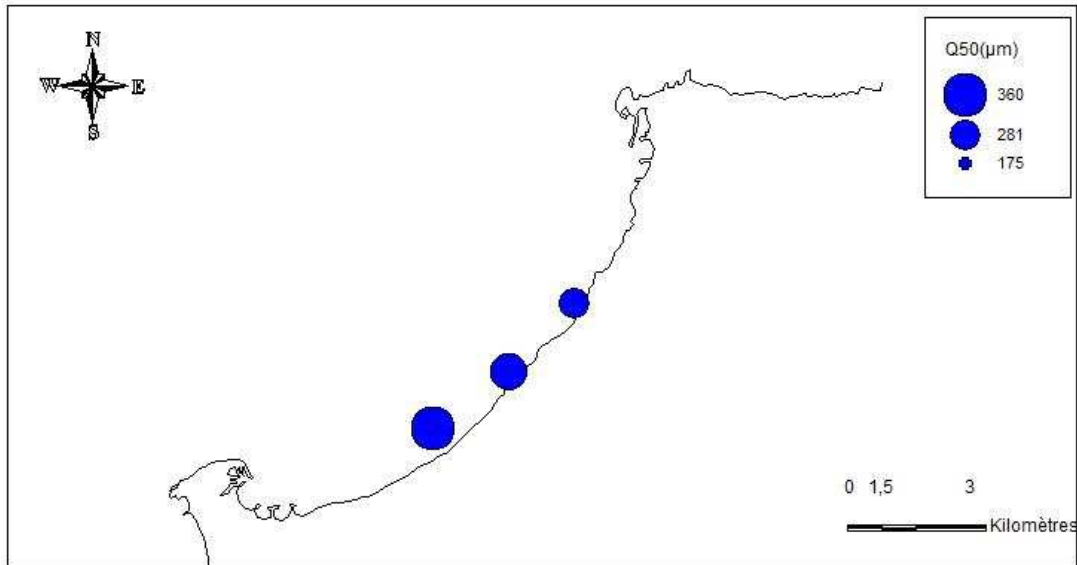


Figure IV.13 : La répartition spatiale de la médiane Q_{50} dans la baie d’El-Djamila

A. Les indices granulométriques

Les résultats des indices granulométriques sont représentés dans le tableau IV.7.

Tableau IV.7 : les valeurs de l'indice d'asymétrie et de classement et facteur hydrodynamique dans les stations d'études.

Stations	l'indice de classement S_o	Indice d'asymétrie SK	Facteur hydrodynamique
1	1,6526017 2	1,20704722	1,55188413
2	1,4189197 8	1,29082712	2,25737552
3	1,1747340 1	1,01387755	1,6548725

a. l'indice de classement S_o :

L'indice de classement S_o indique des valeurs compris entre 1 et 2,5 dans les trois stations, les sédiments sont donc bien classés.

b. Indice d'asymétrie SK :

Les valeurs de l'indice d'asymétrie des sédiments dans les trois stations sont supérieures à 1, ce qui traduit un tri maximum vers les grossiers.

c. Le facteur hydrodynamique

Les résultats des facteurs hydrodynamiques sont mentionnés dans le tableau IV.7.

D'après les résultats nous remarquons que dans nos stations, le facteur hydrodynamique est supérieur à zéro ($FH > 0$), c'est à dire transfert sédimentaire actif sous l'effet d'une action hydrodynamique moyenne ou forte.

3 Les résultats de l'analyse granulométrique dans la baie de Bou-Ismaïl :

Les résultats de l'analyse granulométrique sont résumés dans le tableau IV.8.(Voire l'annexe) Ils sont traduits graphiquement par des courbes cumulatives ((figure IV.14) annexes) réalisées sur papier semi logarithmique à l'aide d'un programme informatique (Excel).En abscisses logarithmique, le diamètre des différentes fractions du sédiment, et en ordonnées, selon une échelle de probabilité, les pourcentages des refus cumulés.

L'examen de ces courbes permet de calculer les indices granulométriques et de déterminer les paramètres qui permettent de caractériser la distribution granulométrique des sédiments.

Tableau IV.9 : Récapitulatif des valeurs des différents quartiles tirés des courbes cumulatives et des indices granulométriques.

Stations	Q25 (μm)	Q50 (μm)	Q75 (μm)	S_0	Sk
01	300	490	1900	2,51	2,37
02	600	850	1900	1,77	1,57
05	1000	1600	1900	1,37	0,74
06	450	800	1200	1,63	0,84
07	190	200	250	1,14	1,18
08	160	180	200	1,25	0,98
09	150	180	300	1,41	1,38
10	290	440	650	1,49	0,97
11	500	900	1800	1,89	1,11

3.1 Calcul des indices granulométriques:

Les valeurs des différents indices granulométriques et des quartiles pour les sédiments des 11 stations sont représentées dans le tableau IV.9.

A. Le quartile Q_{50} ou indice de taille (médiane):

La médiane varie entre $180\mu\text{m}$ (station 08,09) et $1600\mu\text{m}$ (station 05). D'après la classification de folk, 1956, on trouve du sable grossier (2, 5, 6, 11), sable moyen (S01, 10) et du sable fin (7, 8, 9).

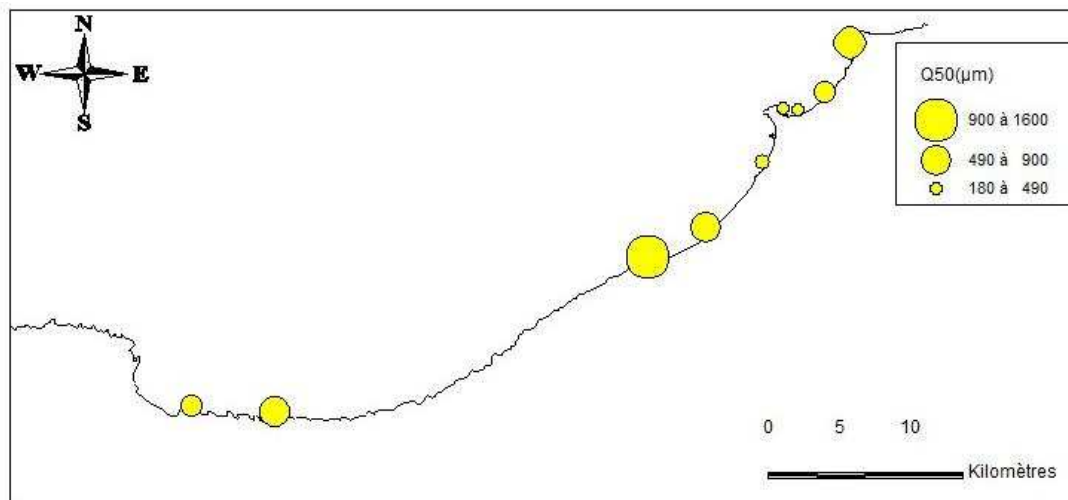


Figure IV.15 : La répartition spatiale de la médiane (Q_{50}) sur le linéaire côtier de la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamilia

Répartition cartographique des médianes granulométriques montre que la fraction grossière est dominante au trait de côte de la baie de Bou-Ismaïl avec des tailles qui varient entre $200\mu\text{m}$ et $1600\mu\text{m}$.

Dans la baie d'El Djamilia, par contre, c'est la fraction fine qui prédomine. Le régime hydrodynamique dû au vent d'Ouest étant faible ainsi que la présence des épis de protection n'engendrent qu'un dépôt des sables fins. Le sable grossier de la plage artificielle d'El Djamilia (S11) n'est pas représentatif étant donné qu'il s'agit d'un sable allochtone.

B. Le quartile inférieur : Q_{25}

Les résultats montrent que les valeurs obtenues au niveau de la baie de Bou-Ismaïl incluses globalement dans l'intervalle de $[190\mu\text{m} - 1000\mu\text{m}]$. Les valeurs enregistrées dans la baie d'EL-Djamilia varient de $150\mu\text{m}$ dans la station 9 jusqu'à une valeur maximale de $500\mu\text{m}$

dans la station 11. D'après la classification de Folk (1956), on trouve du sable moyen au très grossier dans la baie de Bou-Ismaïl; et du sable grossier et fin dans la baie d'El Djamilia

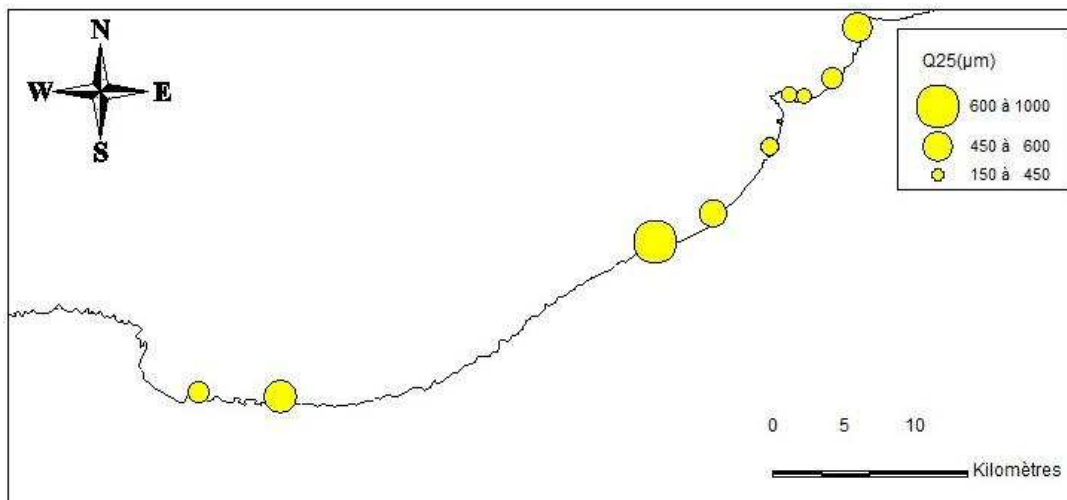


Figure IV.16 : La répartition spatiale du quartile inférieur (Q_{25}) sur le linéaire côtier de la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamilia

La Répartition spatiale des quartiles inférieurs montre que la distribution de la fraction grossière et très grossière au trait de côte de la baie de Bou-Ismaïl, et la répartition de la fraction fine, moyenne et grossière dans la baie d'El-Djamila

C. Le quartile supérieur : Q_{75}

Les valeurs du Q_{75} varient entre 200µm et 1900µm. Les échantillons 01, 02 et 03 où le Q_{75} est égal à 1900µm sont constitués de sables grossiers contenant des débris de coquilles.

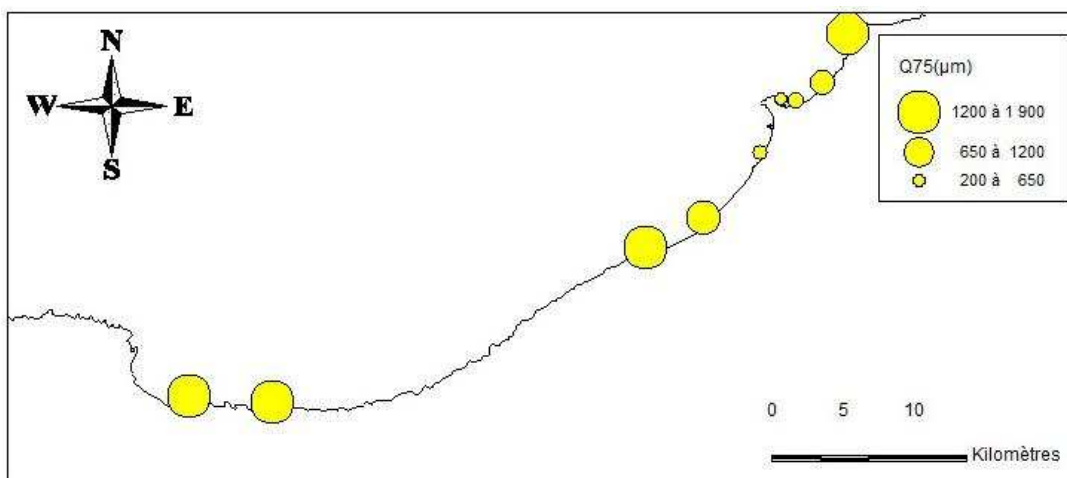


Figure IV.17 : La répartition spatiale du quartile supérieur (Q_{75}) sur le linéaire côtier de la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamilia

D'après la classification de Folk (1956), la baie de Bou-Ismail est enrichie en sables moyens et grossiers alors qu'on trouve du sable moyen, fin et grossier dans la baie d'El Djamila.

D. Indice de classement de Trask ou indice de tri :

Dans notre zone d'étude, les valeurs de S_0 calculées varient entre 1,14 (S 07) et 2,51 (S 01). Elles sont donc comprises entre 1 et 2,5. Ces résultats traduisent un bon classement des sédiments.

E. Indice d'asymétrie ou indice de Skewness(Sk):

Cet indice indique le tri d'un sédiment par rapport à la médiane, il informe sur l'homogénéité et l'évolution du sédiment.

Le calcul de l'indice d'asymétrie nous a permis de définir :

- 55% des échantillons (Stations 01, 02, 07, 09 et 11) ont un $Sk > 1$, ce qui veut dire que les échantillons présentent un tri maximum du côté grossier.
- 45% des échantillons (Stations 05, 06, 08 et 10) ont un $Sk < 1$, ce qui signifie que le classement du sédiment est maximal du côté fin.

Donc, il existe une asymétrie par rapport à la médiane dans toutes les stations.

3.2 Les pélites :

Comme pour les quartiles, les pélites renseignent sur les secteurs brassés ou non par les houles.

Les résultats de l'analyse de la fraction pélitique sont mentionnés dans le tableau IV.10

- **Interprétation des résultats de l'analyse pélitique :**

Les pourcentages des pélites s'échelonnent entre 2,8% (1) et 5,9% (11), ils sont faibles et rapprochés.

Tableau IV.10 : Taux de pélites pour chaque station

Stations	Pf (g)	Taux des pélites(%)
01	99,72	2,8
02	99,71	2,9
05	99,98	0,2
06	99,67	3,3
07	99,66	3,4
08	99,50	5,0
09	99,63	3,7
10	99,41	5,9
11	99,50	5,0

Une carte des pélites a été établie afin de montrer la répartition géographique de la fraction fine au sein de la baie d'El Djamila et la baie de Bou-Ismaïl.

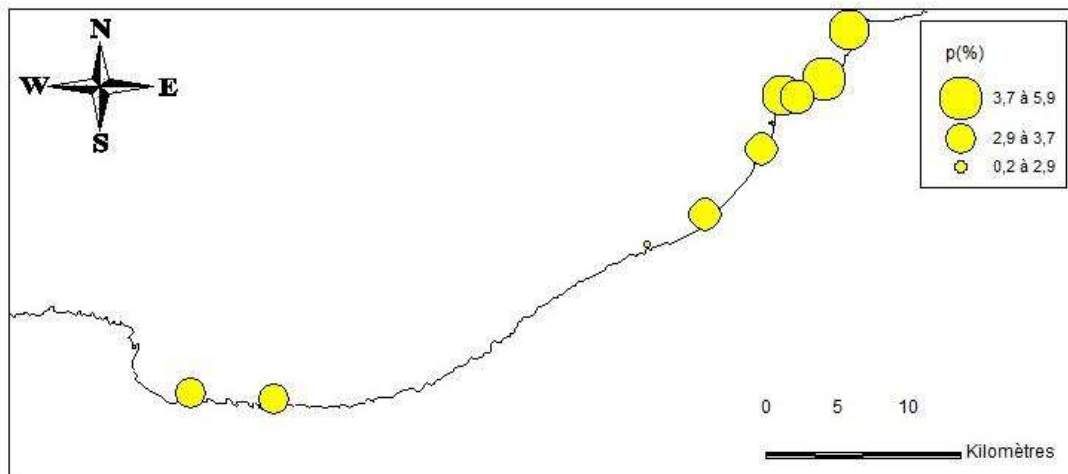


Figure IV.18: La répartition des pélites sur le linéaire côtier de la baie de Bou-Ismaïl et d'El Djamila

La répartition spatiale des pélites dans la baie de Bou-Ismaïl et la baie d'El-Djamila montre que les teneurs des pélites sont plus faibles dans la baie de Bou-Ismaïl (0,2 à 3,4%) par rapport à la baie d'El Djamila (de 3,7 à 5,9%). Ceci est dû au renouvellement des eaux grâce aux houles et aux courants.

La baie d'El Djamila étant plus "fermée" que la baie de Bou-Ismaïl, ses eaux sont beaucoup moins renouvelées ce qui favorise le dépôt de la fraction fine. Comme on peut supposer que les pélites ont subi un transfert vers la partie Est.

Dans l'ensemble, les taux de pélites sont très faibles et ne dépassent pas les 5,9%, c'est ce qui caractérise notre zone étant un secteur à hydrodynamisme important.

Le tableau suivant donne la classification des sédiments suivant le taux de la fraction pélique.

Tableau IV.11 : Classification des sédiments selon le taux de pélites

Type de dépôt	Taux de pélites
Sables peu vaseux	< 5%
Sables vaseux	5 à 25%
Vase sableuse	25 à 75%
Vase	> 75%

D'après cette classification, tous les échantillons sont classés pour des sables peu vaseux à l'exception de la station 10 (Plage de Sheraton) où les sédiments sont classés comme sables vaseux. Ces résultats montrent que les secteurs Ouest sont plus brassés par les houles que les secteurs Est.

4 Concentration en métaux lourds dans les sédiments superficiels:

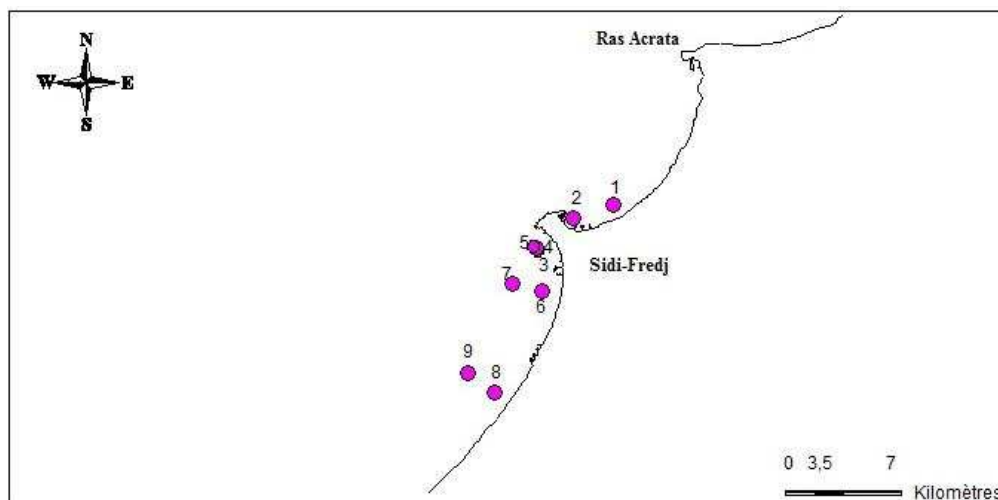


Figure IV.19 : Localisation des stations de prélèvement destinées aux analyses des métaux lourds au niveau de la baie de Bou-Ismaïl

Tableau IV.12 : Variation des métaux lourds dans la baie de Bou-Ismaïl

Stations	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Mn mg/kg	Pb mg/kg	Cd mg/kg	Zn mg/kg
1	35,79	28,49	750,76	17,56	0,53	40,45
2	38,77	18,35	713,58	11,34	0,63	35,11
3	37,42	9,96	726,51	18,26	0,61	60,36
4	36,87	21,13	723,81	21,3	0,58	41,07
5	38,51	19,92	677,98	17,92	0,28	41,07
6	62,62	26,07	738,36	29,44	0,38	51,89
7	46,22	13,04	701,18	27,82	0,47	52,66
8	43,24	26,56	711,8	21,07	0,52	73,26
9	41,75	16,9	708,26	20,26	0,25	61,05
moyenne	42,35	20,05	716,92	20,55	0,47	50,77
maximum	62,62	28,49	750,76	29,44	0,63	73,26
minimum	35,79	9,96	677,98	11,34	0,25	35,11
ecart-type	8,31	6,27	21,27	5,46	0,14	12,49

4.1 Le plomb (Pb) :

Les concentrations de plomb dans le sédiment superficiel de la baie de Bou-ismail appartiennent à l'intervalle [11,34 – 29,44] mg/kg, avec une moyenne de 20,55 mg/kg.

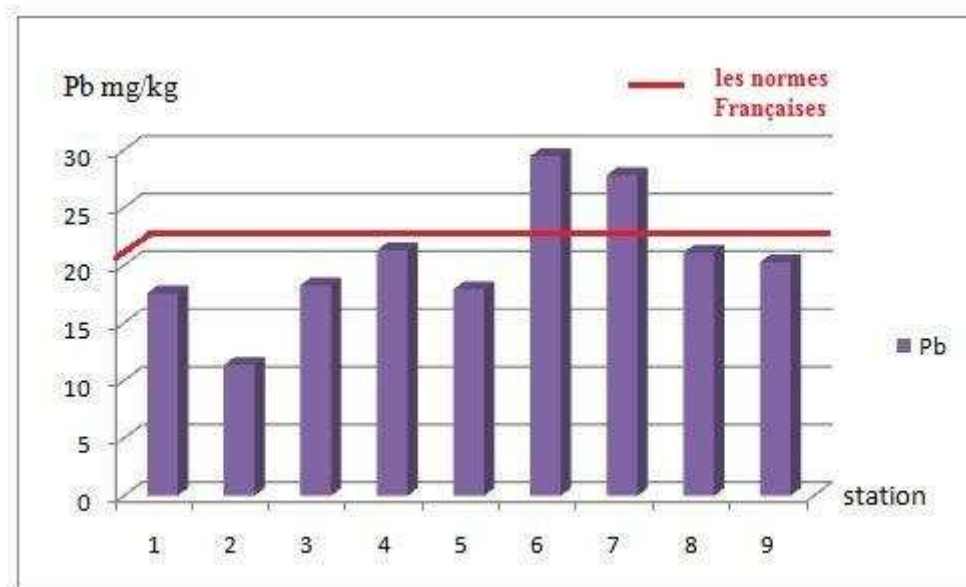


Figure IV.20: Variation du plomb dans la baie de Bou-Ismaïl

La plus faible teneur s'observe au niveau de la station 2 qui correspond à la passe du port de Sidi Fredj, tandis que la teneur la plus élevée s'observe au niveau de la station 6, qui correspond à la plage de Palm Beach près de la côte, cette élévation est probablement due à la

nature du sédiment à laquelle le plomb a une tendance d'adsorption. Les autres stations ont des teneurs plus au moins homogènes.

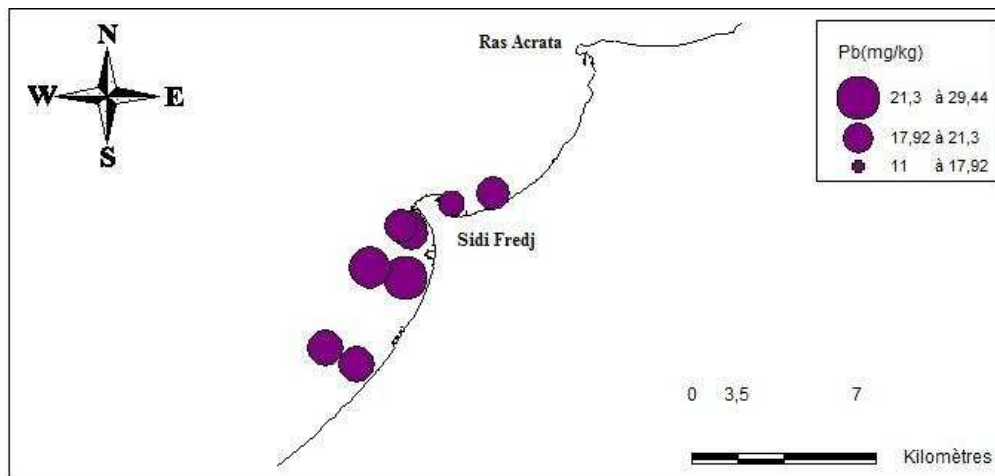


Figure IV.21: Distribution spatiale du plomb dans la baie de Bou-Ismaïl

4.2 Le cadmium :

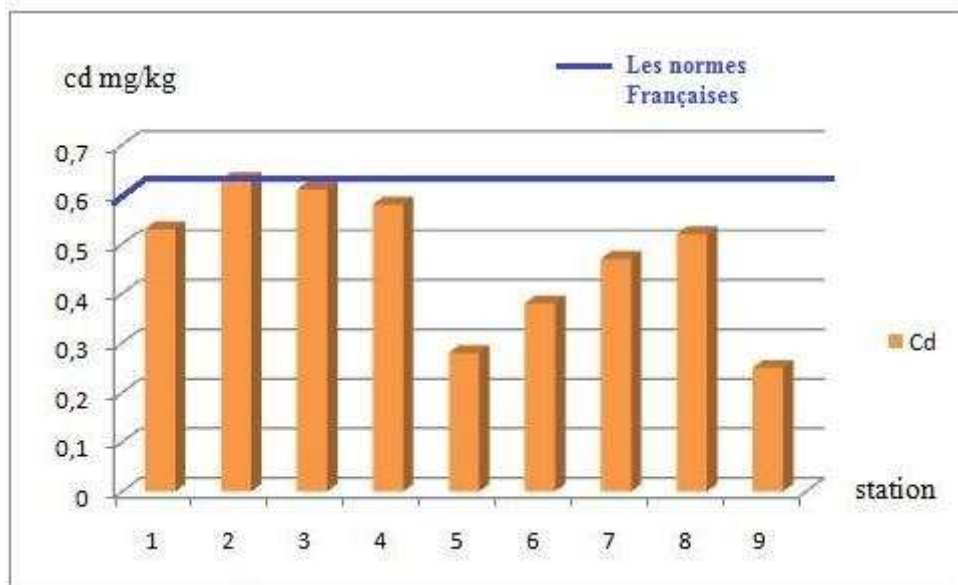


Figure IV.22: Variation du cadmium dans la baie de Bou-Ismaïl

Les teneurs de cadmium dans le sédiment superficiel de la Baie de Bou-ismaïl varient entre 0,25 mg/kg et 0,63 mg/kg, avec une moyenne de 0,47 mg/kg.

La valeur la plus faible est trouvée au niveau de la station 9, qui se trouve en face d'oued Mazafran un peu au large, cependant la valeur la plus élevée est trouvée au niveau de la station 2, qui se trouve à l'entrée du port de Sidi Fredj.

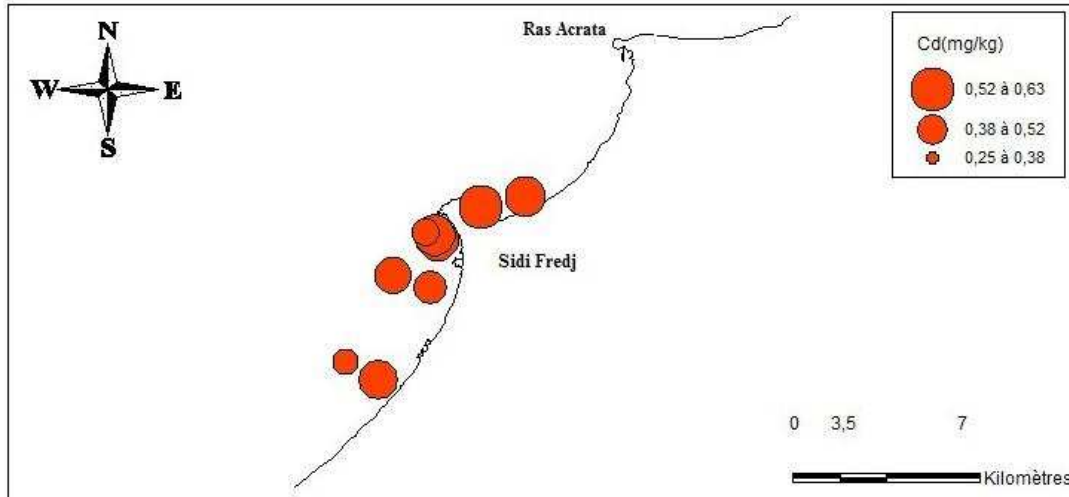


Figure IV.23 : La répartition spatiale du cadmium dans la baie de Bou-Ismaïl

La répartition spatiale du cadmium montre des valeurs un peu élevées aux alentours du port de Sidi Fredj (ST 1, ST2, ST3, ST4), où il y a une intense circulation des navires de plaisance, ces stations semblent être contaminées par ces derniers (dissolution de la peinture), sachant que le cadmium, est utilisé dans la fabrication de certains alliages, de peinture et de matières plastiques (Rodier, 1996).

4.3 Le chrome (Cr) :

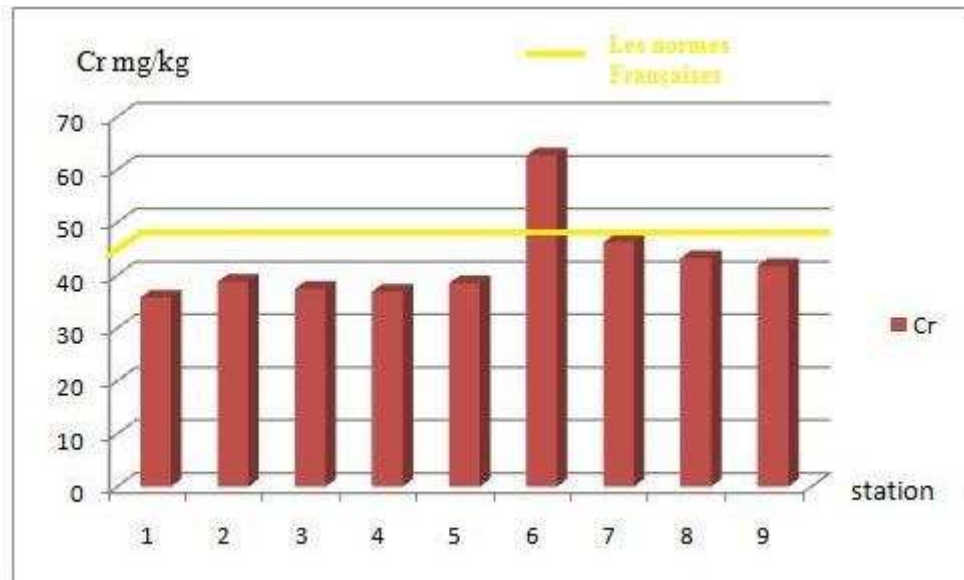


Figure IV.24 : Variation du chrome dans la baie de Bou-Ismaïl

Les teneurs en chrome dans le sédiment superficiel de la baie de Bou-ismaïl appartiennent à l'intervalle [35,79 – 62,62] mg/kg, avec une moyenne de 42,35 mg/kg.

La station 1 montre la valeur la plus faible, qui se trouve à l'ouest de Cheraton, tandis que la valeur la plus élevée est observé au niveau de la station 6, cette station semble être contaminée par un rejet industriel.

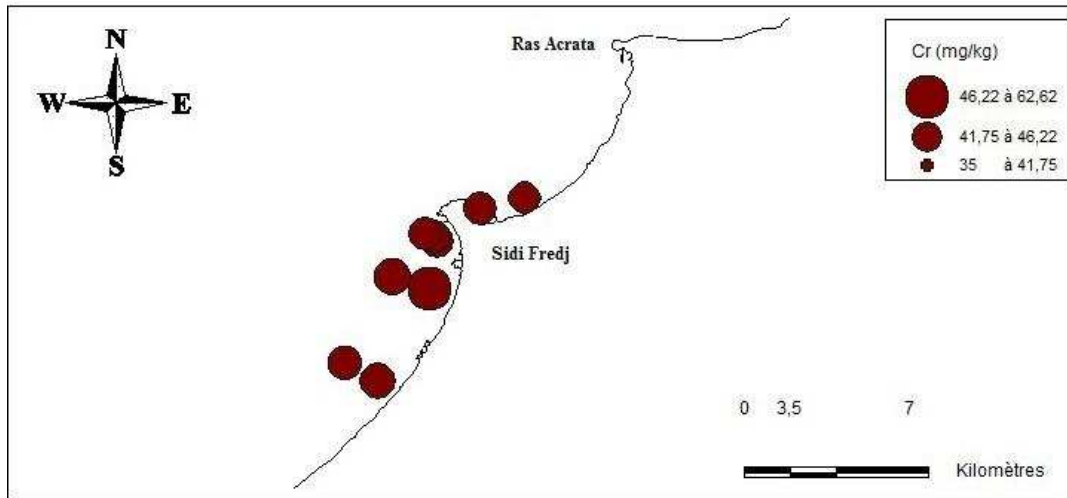


Figure IV.25 : La répartition spatiale du chrome dans la baie de Bou-Ismaïl

4.4 Le zinc :

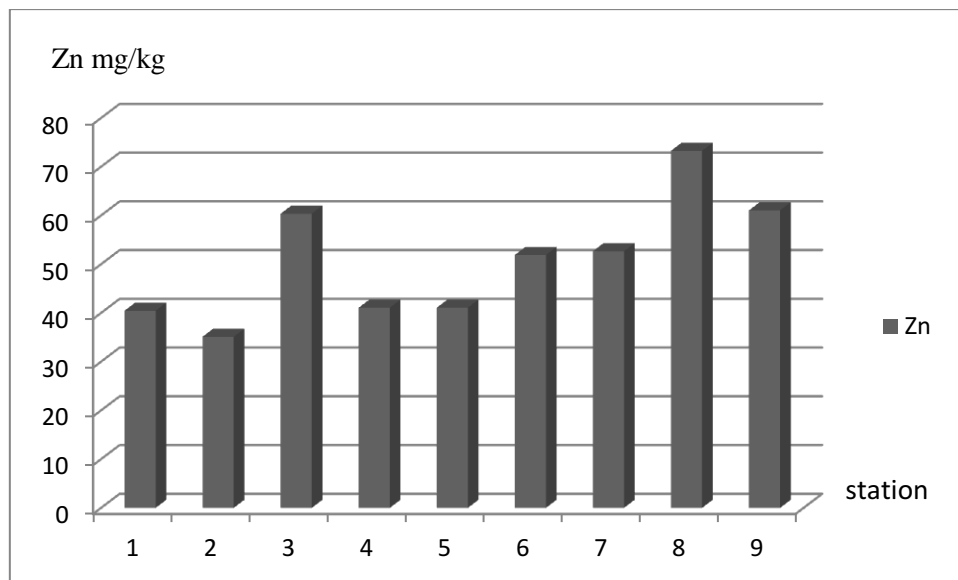


Figure IV.26 : Variation du zinc dans la baie de Bou-Ismaïl

Les concentrations de zinc dans le sédiment superficiel de la baie de Bou-ismaïl, varient entre 35,11 mg/kg et 73,26 mg/kg, avec une moyenne de 50,77 mg/kg.

La teneur la plus faible s'observe au niveau de la station 2, qui correspond à la passe du port de Sidi Fredj, tandis que la teneur la plus élevée est observée au niveau de la station 8, qui se trouve aux alentours d'oued Mazafran près de la côte.

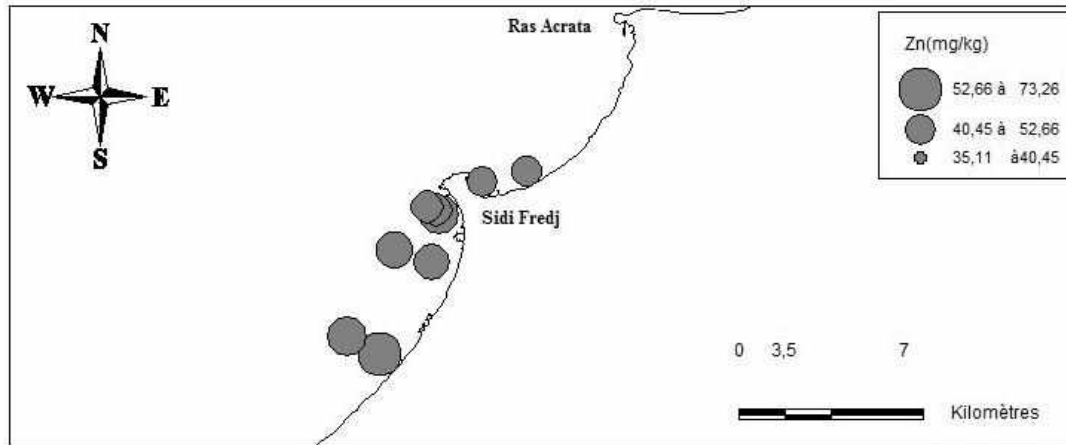


Figure IV.27 : La répartition spatiale du zinc dans la baie de Bou-Ismaïl

La répartition spatiale des concentrations de zinc montre des valeurs élevées dans les stations 3, 8, 9, situées à proximité des rejets d’eau usée et des apports terrigènes ; les autres stations ont des concentrations plus au moins homogène, avec des valeurs un peu faibles pour les stations 1, 2, 6, 7, malgré la proximité du port de Sidi-Fredj.

4.5 Le cuivre :

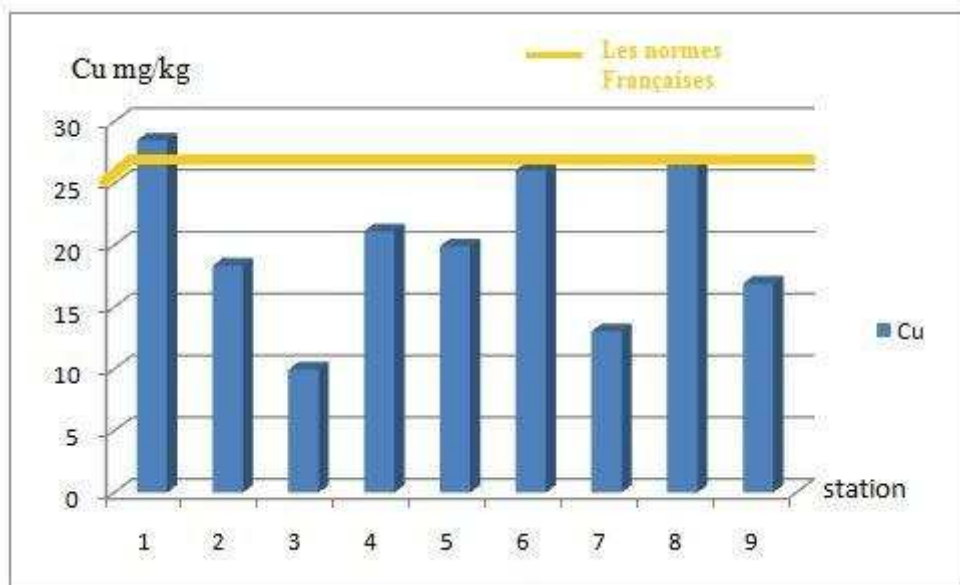


Figure IV.28 : Variation du cuivre dans la baie de Bou-Ismaïl

Les teneurs en cuivre du sédiment superficiel de la baie de Bou-ismail varient dans l’intervalle [9,96 – 28,49] mg/kg, avec une moyenne 20,05 mg/kg.

La station 3 située en face du laboratoire de l’ENSSMAL (Sidi-Fredj), montre la valeur la plus faible, cependant la station 1 située à proximité de l’hôtel cheraton montre la valeur la plus élevée.

Les stations 1, 6, 8, qui se situent près de la côte montrent des valeurs plus élevées que celle des stations 7, 9, qui se situent un peu au large ; dans les sédiments du facies sableux, les fortes teneurs en cuivre ne sont dues qu'à l'exposition directe aux effluents d'origine industriel (peinture antifouling), (Sericono et al, 1982, in Hadouche, 2003).

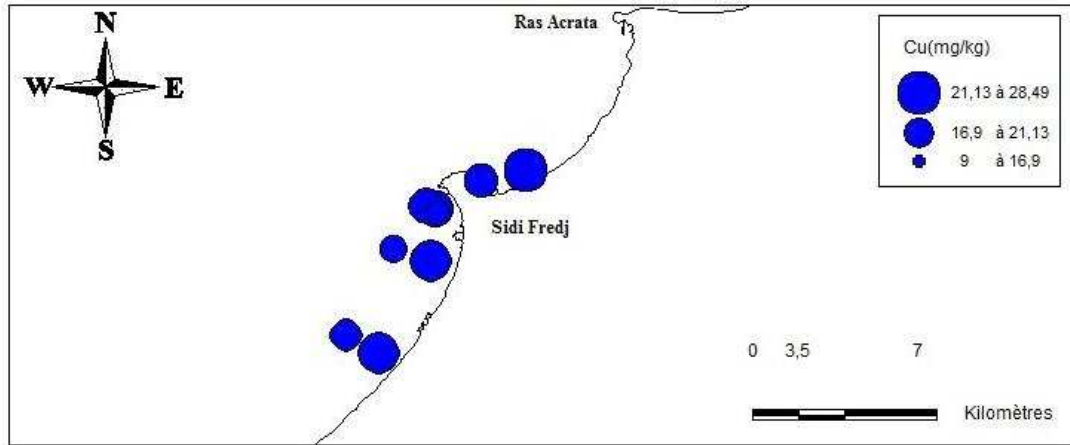


Figure IV.29 : La répartition spatiale du cuivre dans la baie de Bou-Ismaïl

4.6 Le manganèse :

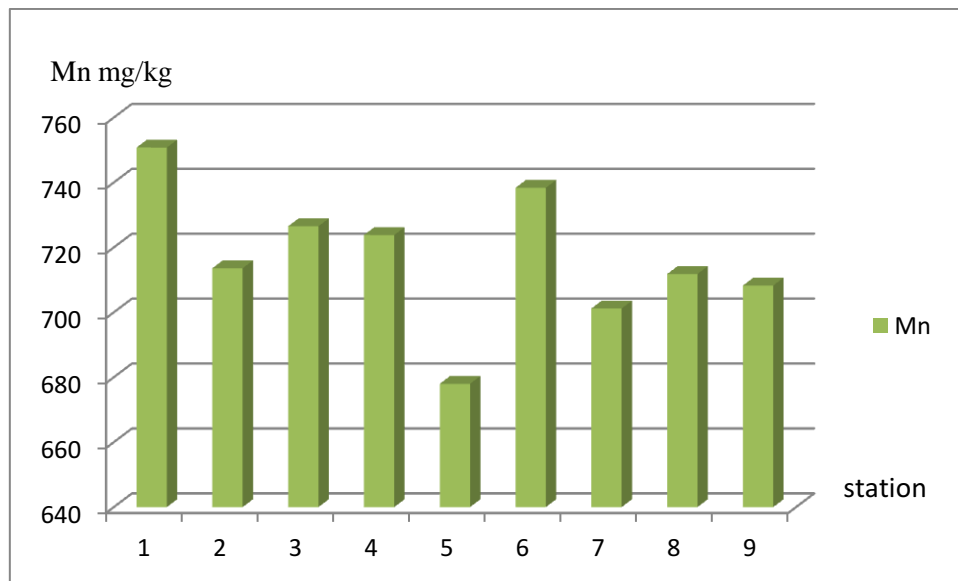


Figure V.30 : Variation du manganèse dans la baie de Bou-Ismaïl

Les teneurs en manganèse du sédiment superficiel de la baie de Bou-Ismaïl sont comprises entre 677,98 mg/kg et 750,76 mg/kg, avec une moyenne de 716,92 mg/kg.

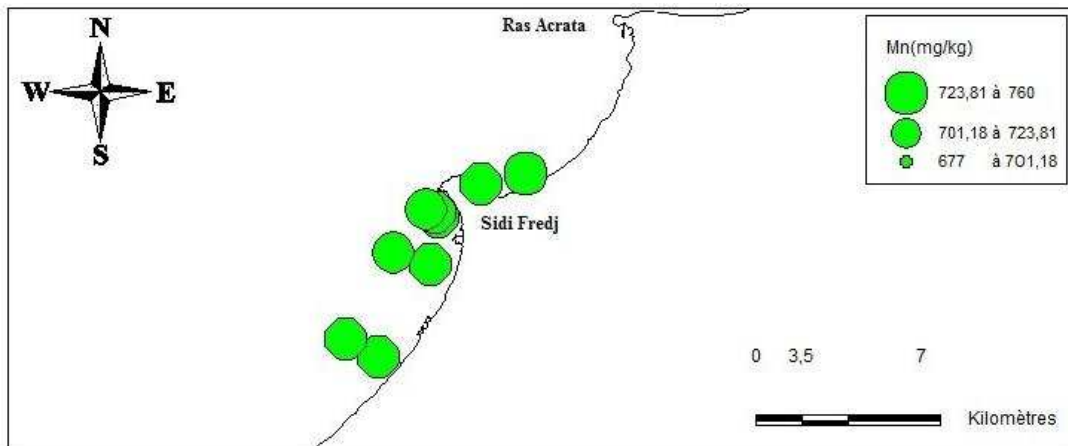


Figure IV.31 : La répartition spatiale du manganèse dans la baie de Bou-Ismaïl

la répartition spatiale du manganèse dans la baie de Bou-Ismaïl montre que la valeur la plus faible est notée à la station 5 (en face du laboratoire de l'ENSSMAL), tandis que la valeur la plus élevée est notée à la station 1 (en face de Cheraton) ; les stations 6 et 1 montrent des valeurs élevées malgré le sédiment est de nature sableuse – le manganèse a généralement une grande affinité pour les argiles et la matière organique (Faguet, 1982 ; in Hadouche, 2003), les autres stations montrent des valeurs plus ou moins homogènes.

CONCLUSION

La présente étude nous a permis de déterminer les caractéristiques sédimentologiques et les concentrations des métaux dans les sédiments superficiels de Bou-Ismaïl et la baie d'el Djamila dans le but d'évaluer les effets des facteurs hydrodynamiques.

Les résultats de l'étude sédimentologique obtenue lors de notre analyse indiquent que :

La fraction pélique à l'extérieur du port d'El-Djamila est assez faible cela est probablement dû au renouvellement des eaux grâce aux houles et aux courants. À l'intérieur les taux de pélite sont élevés cela semble provenir de l'existence des eaux usées et eaux pluviales, et ce taux élevé pourrait être affecté au faible gradient de courant à l'intérieur du bassin.

Dans l'ensemble, les taux de pélites sont très faibles et ne dépassent pas les 5,9%, cela caractérise notre zone comme étant un secteur à hydrodynamisme important.

Après avoir dessiné les courbes et calculé le Q_{25} , Q_{50} , Q_{75} et les ayant classifié selon la classification de (Folk, 1956), nous avons distingué des fractions fine, moyenne et grossière dans les deux baies mais la fraction grossière prédomine majoritairement dans la baie de Bou-Ismaïl plus que dans la baie d'el Djamila. Ces résultats montrent que les secteurs Ouest sont plus brassés par les facteurs hydrodynamiques (les houles) que les secteurs l'Est.

L'étude sédimentologique montrent qu'il ya une distribution assez classique des sédiments bien classés. Cette étude nous a permis de mieux apprécier la dynamique sédimentaire dans la baie de Bou-Ismaïl, qui est semble ici relativement moyenne.

La distribution locale des métaux lourds (Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, Mn) dans les sédiments superficiels de la baie Bou-Ismaïl a montré des concentrations plus au moins élevés,

Ces résultats sont probablement dus à la nature des sédiments, la contamination par les rejets industriels et d'eau usée et des apports terrigène (oued Mazafran).

• **Les références bibliographiques :**

- **A.I.E.A.; 2001:** The performance study for MED POL: determination of trace elements and methylmercury in estuarine sediment sample. 64p
- **A.N.R.H. ; 2003 :** Agence National des Ressources Hydrauliques.
- **AddedA. ; 1981 :** Etude géochimique et sédimentologique de sédiments marins du delta du Rhône .*Thèse de Doctorat 3ème cycle en Géologie Appliquée (géochimie sédimentologique), Université Pierre et Marie Curie, Paris VI.* 263 p
- **Aidoud.D.Mimouni.H ; 2009 :** Ensablement des ports de Sidi Fredj et d'El Djamila et le devenir des produits de dragage. *Mémoire d'ingénieur, ISMAL.* 5 -7-8-9 p.
- **Alliouane A. Ramdani L. ; 2006 :** Aménagement des ports de pêche de Zemmouri et d'ELDjamila. *Mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral.*
- **Amiard J. C., 1988.** Réflexion sur l'estimation des flux d'éléments traces dans les organismes aquatiques en milieu marin. *Edt Aminot A. et Chaussepieds M., Brest,* pp 63-73.
- **Aminot A. et Chausse-Pied M., 1983.** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. *Edition : CNEXO, Brest, France, 395 P.*
- **Aminot A., et Kérouel R., 2004.** Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. *Edition : Ifremer, France, 336 P.*
- **AnayatM. MoudacheA. ; 2010 :** Pollution tellurique dans les eaux et sédiments superficiels de la baie de Bou-Ismaïl. *Mémoire d'ingénieur, ISMAL.* 23 p
- **Assassi et otmani ; 2010 :** Etude de la protection de la zone du club des pins .mémoire d'ingénieur. ENSSMAL 13p.
- **Asso A. ; 1982 :** Contribution à l'étude des polluants métalliques chez la moule *Perna(L)*, dans la région d'Alger. *Mémoire de Magister en Océanologie Biologique, Université d'Aix-Marseille II.* 138 p
- **Asso A., 1970.** Contribution à l'étude de pollution métallique chez la moule *Perna perna (L.)* dans la région d'Alger. Doctorat de 3ème cycle d'océanographie biologique. *Université Aix Marseille II, France,* 183 p.
- **Audigie C. Dupont G. et Zonszain F. ; 1985a. :** Principes des méthodes d'analyse biochimique. *Ed. DOIN, Tome1, 2ème.* 190 p
- **Audigie C. Dupont G. et ZonszainF. ; 1985b. :** Principes des méthodes d'analyse biochimique. *Ed. DOIN, Tome2, 2ème.* 190 p

- **Bakir M. ; 1989** : La dynamique sédimentaire dans la baie d'El Djamila (baie de BOUSMAIL).
- **Belabdi. K et Ounnas A A ,2011** : Étude des courants côtiers observés sur les petits fonds de la plage de Sidi Fredj, application pour la protection de la plage de Sidi Fredj. Mémoire d'ingénieur, ENSSMAL.15p
- **Bellahsene Y. Messaoudi S. ; 2005** : Etude bathymétrique, sédimentologique et pollution par les métaux lourds de la baie d'El Djamila. Mémoire d'ingénieur, ISMAL. 13-26 p
- **Bonnefille R. ; 1976** : Cours d'hydraulique maritime. *Ed. Masson (Paris)*. 161p
- **Boust, D. ; 1981** : Les métaux traces dans l'estuaire de la seine et ses abords. *Thèse de doctorat de 3ème cycle en géologie, université de Caen*. 187 p
- **Burns K.A. and Saliot A, 1986**. Petroleum hydrocarbons in the Mediterranean sea: A mass Balance. *Marine Chemistry, 20, Elsevier Science Publishers B.V*, pp.141-157.
- **Chamley H. ; 1987** : Sédimentologie. Edition DUNOD
- **Chamely H ,2000** : base de sédimentologie 2^{ème} édition DUNOD V p
- **Charlou J. Joanny M. ; 1983** : Dosage du mercure et d'autres métaux (Pb, Zn, Cu, Cd, Co, Ni, Cr, Mn) dans les sédiments marins par absorption atomique in Aminot, A., et Chaussepied, M. (Ed) : Manuel des analyses chimiques en milieu marin. CNEXO, Brest. 285-295 p
- **Chavance .P et Girardin .M., 1986**. Niveau d'exploitation en 1982 et potentialité régionale de la pêche chalutière algérienne. Application d'un modèle de production composite. *FAO. fish. rep. (347)*. 113-134.
- **Chester Murphy K.J.T. ; 1990** : Metals in the marine atmosphere. In: Heavy metals in the marine environment. FURNESS, PS Ed. CRC Press. 256 p
- **Chiffouveau G.F. ; 1994**. Le chrome en milieu marin. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer. Repère OCEAN n°8, Ed IFREMER. 35p
- **Cossa D, Martin JM, Takayanaigi K et Sqnjuan J., 1997**. The distribution and cycling of mercury in the western Mediterranean. *Deep-sea Res, II, n°44*. P: 21-740.
- **Cossa D. Lassus P. ; 1989** : Le cadmium en milieu marin. Biogéochimie et écotoxicologie. Rapport scientifique et technique de l'IFREMER, n°16. 11 p
- **Dagorne A. ; 1973**. Sédimentologie et bionomie benthiques en Baie de Bou-Ismaïl. *Pelagos*. 4 (2). 40- 53 p

- **Danhez.F ; 2007.** Les pollutions invisibles : quelles sont les vraies catastrophes écologiques ? Edition delanchaux et niestlé, Paris. p58-59
- **Dojlido J.R. and Best G.A.; 1993:** Chemistry of water and water pollution.1^{ère} édition. England, Ellis Harwood.
- **Fernandez, J.M.; 1984:** Utilisation de quelques éléments métalliques pour la reconstitution des mécanismes sédimentaires en Méditerranée occidentale : apport du traitement statistique. *Thèse de Doctorat de 3ème cycle en Océanologie, Université de Perpignan.* 233 p
- **Folk R.L., Ward W.C., 1957.** Brazos river bar : a study of significance of grain size parameters. Journal : Sedim. Petrol, 27, 3-26.
- **Forstner U.Salomons W.; 1980:** Trace metal analysis on polluted sediments. Part I: assessment of sources and intensities. *Environmental Technology Letters, vol.I.* 494-505p
- **Gaujous D., 1995.** La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. Edition : Technique et documentation, 217 P.
- **Gill G.A. Fitzgerald W.F.; 1987:** Mercury in surface waters of the open oceans. Global biogeochem cycle n°1 . 199- 212p.
- **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
- **Groot A.J.Zschuppel K.H. etSalomons W.; 1982:** Standardization of methods of analysis for heavy metals in sediments. Hydrobiologia 92. 689-695 p
- **Guilcher ; 1972 :** Précis d'hydrologie marine et continentale. Ed MASSON. Paris.200p.
- **Haddouche I., 2003.** Étude de l'état de pollution de la baie de Bou- Ismail par les sels nutritifs et les métaux lourds en Juillet 2002. Mémoire d'ingénieur d'état, ISMAL : 13-17p.
- **Hemdane Y., 2006.** Dynamique hydrosédimentaires de l'avant-côte d'un environnement macrotidal : exemple du littoral du Nord-Pas-de-Calais. Mer Du Nord. Thèse doctorat. Université du littoral. France. 207 p.
- **Houma Bachari F ,2009 :** Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire .thèse doctorat univ paris 30, 37p.

- **I.A.E.A.; 1997:** Standard operating procedure for trace metals determination. Trainings course for laboratory manager, 23 June / 04 July. *Edt. Sabin Azemard, Maria Coquery* Monaco. 22 p
- **L.E.M. ; 2005 :** **Laboratoire** d'Etude Maritime. Dragage et aménagement du port de Bouharoun. 20p
- **Lacomb .H., 1965.**Cours d'océanographie physique : Théorie de la circulation générale, houles et vagues. Gautier- Villard-Paris
- **Larid ; 1992 :** Cours d'aménagement du littoral I. Alger.I.S.M.A.L.143 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. *Ed. Du muséum* : 319 p.
- **Marchand M Kantin R., 1997.** Contaminants chimiques en milieux aquatiques. OCEANIS, n°4 Vol 23. 597-629 p
- **Maëlle Allain, 2009. ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable** Risques et changement climatique, Les risques, Le changement climatique
- **Moulin J. et Clause R. ; 1978 :** Météo –Vent –Nuage-Tempêtes. Edition maritime d'autre mer. 150 p
- **Nieboer, E., & Richardson, D. H. S. (1980).** The replacement of the nondescript term heavy metals_ by a biologically and chemically significant classification of metal ions. *Environmental Pollution*, B, 1, 3–26.
- **O.M.S., 1979.** Principes et directives applicables au déversement de déchets dans le milieu marin. Plan d'action pour la Méditerranée, *Edt. PNUE/FAO*, 55p.
- **Pskoff.R 2001-** L'élévation du niveau de la mer et les espaces cotiers
- **Perkin–Elmer; 1982:** Analytical methods for Atomic Absorption Spectrometry. *Chap.9.8 p*
- **Pinta M. ; 1979 :** Spectrométrie d'absorption atomique. Application à l'analytique.Masson – O.R.S.T.O.M.Ed., Tome 1, 2ème édition. 262p
- **Ramade F., 2000.** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. *Edition: Ediscience International,France*, 690 p.p428
- **Riviere A. ; 1977 :** Méthode granulométrique .Technique et interprétation. Paris. 170p.
- **Rodier J., 1996.** L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer) 8^{ème} Edition Dunod, Paris.
- **Rodier J., 1997.** L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer)8^{ème} Edition Dunod, Paris

- **Rodier J., 2005.** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer.
Edition :DUNOD, 8ème édition, Paris, 1384 P
- **Swift, D.J.P., Niedoroda, A.W., Vincent, C.E. ET Hopkins, T.S. (1985).** Barrier island evolution, middle Atlantic shelf, USA, part I: shoreface dynamics. *Marine Geology* 63: 331-361.
- **U.N.E.P/I.A.E.A ;1985 b. :** Determination of total copper in marine sediment by flameless atomic absorption spectrometry. (Draft) *Reference methods for marine pollution studies, UNEP, N°33.* 13 p
- **U.N.E.P/I.A.E.A ;1985 a. :** Determination of total chromium in marine sediment by flameless atomic absorption spectrometry. (Draft) *Reference methods for marine pollution studies, UNEP, N°31.* 13 p
- **UNEP/IAEA ;1985a. :** Determination of total chromium in marine sediment by flameless atomic absorption spectrophotometry. (Draft) *Reference Method for Marine pollution Studies, n°31, UNEP.* 13 p
- **UNEP/IAEA ;1985b. :** Determination of total copper in marine sediment by flameless atomic absorption spectrophotometry. (Draft) *Reference Method for Marine pollution Studies, n°33, UNEP.* 13 p
- **UNEP/IAEA ;1986C. :**Determination of total Manganese in marine sediment by flameless atomic absorption spectrophotometry. (Draft) *Reference Method for Marine pollution Studies, n°38, UNEP.* 10 p
- **Vatan A. ; 1967 :** Manuel de sédimentologie. EdtTechnip, France. 397p
- **Weydert. P., 1976:** Définition d'un modèle sédimentaire en milieu récifal : la baie de Tulear (côte SW de Madagascar).*Revue Géographie physique Géologie dynamique,* 18(1), 67-92.
- **www.u-picardie.fr/beauchamp/cours-sed/sed-0.html**

LES ANNEXES

Tableau III.1 : Numérotation et description des stations de prélèvement dans la baie d'El-Djamila avec emplacement géographique

Station	Longitude (N)	Latitude (E)	T (°C)	S(PS U)	pH	O2 (mg/ l)	O2 (%)	P(m)	Con (ms /c m)
1	36°45,91`	02°52,076`	17,5	35,5	8,10	6,6	67%	4	54
2	36°46,347`	02°52,793`	17,6	35,6	8,12	6,2	64%	2,5	54,2
3	36°46,867`	02°53,414`	20,4	29,1	8,14	5,8	63%	3,9	44,2
4	36°47,525`	02°53,744`	17,8	35,4	8,08	6,1	64%	5,3	54
5	36°47,717`	02°53,561`	18	35,7	8,2	6,2	66%	10, 3	54,4
6	36°47,301`	02°52,968`	17,8	35,6	8,16	6,1	64%	15,8	54,1
7	36°46,818`	02°52,447`	17,8	35,5	8,14	6,2	64%	14,7	54,1
8	36°46,491`	02°52,006`	17,8	35,5	8,17	6,2	55%	12,6	54,1
9	36°45,960`	02°51,185`	17,9	35,6	8,22	6,3	65%	8,1	54,2

LES ANNEXES

Tableau III.2 : Numérotation et description des stations de prélèvement dans le port d'El-Djamila avec emplacement géographique

Station	Latitude (N)	Longitude (E)	T (°C)	S(PSU)	pH	O ₂ (mg/l)	O ₂ (%)	P(m)	C (ms /cm)
1	36°48'08,45``	2°53'52,56``	17,9	35,6	8,1	5,3	55%	1,8	54,1
2	36°48'05,86``	2°53'53,66``	17,6	35,5	8,07	5,6	64%	2,1	54,2
3	36°48'04,08``	2°53'52,93``	18,2	35,4	8,07	5,6	58%	5,5	53,9
4	36°48'03,46``	2°53'56,04``	17,9	35,5	8,12	4,9	51%	3,1	54
5	36°48'01,63``	2°53'56,30``	17,6	35,4	8,05	5,5	56%	3,4	53,9
6	36°48'01,63``	2°53'53,22``	18,3	35,5	8,18	5,5	57%	5,3	53,9
7	36°47'58,68``	2°53'52,65``	17,9	35,1	8,15	6,6	67%	3	53,8
8	36°47'54,80``	2°53'53,10``	18	35,2	8,2	10,2	107%	2,8	53,5
9	36°47'54,98``	2°53'57,85``	18,5	34,8	8,17	8,7	92%	2,4	52,5
10	36°47'56,96``	2°53'59,83``	18,3	34,1	8,2	8,5	91%	2,5	52

Tableau III.3: Localisations des stations de prélèvement dans la baie de Bou-Ismaïl (métaux lourds)

STATIONS	Latitude N	Longitude E	Profondeur(m)	Emplacement de la station	Nature du sédiment
1	36° 45, 94'	2° 51, 92'	6	Cheraton large	Sable fin homogène
2	36° 45,78'	2° 51,10'	5,6	Port SF cote	Sable très fin homogène
3	36° 4,30'	2° 50, 32'	/	Thalasso	Sable fin homogène + débris de coquilles
4	36° 45, 34'	2° 50, 30'	/	Thalasso	Sable fin homogène + débris de coquilles
5	36° 45, 35'	2° 50,29'	/	Thalasso	Sable fin homogène
6	36° 44,92'	2° 50, 49'	5	Palm Beach cote	Sable fin homogène
7	36° 44,85'	2° 50,28'	7,5	Palm Beach large	sable fin homogène
8	36° 43,26'	2° 49 ,50'	3,6	Mazafran cote	Sable moyenne homogène
9	36° 43, 30'	2° 49,34'	6,7	Mazafran large	Sable fin homogène

LES ANNEXES

Tableau III.4: Localisations des stations de prélèvement dans la baie de Bou-Ismaïl (granulométrie)

Stations	Emplacement de la station
01	Port de Tipaza
02	Anse de Kouali
03	Bou Haroun
04	Bousmail
05	Fouka marine
06	Douaouda
07	Zeralda
08	Plage Est du port de Sidi-Fredj
09	Sidi-Fredj (entre les deux épis)
10	Plage du Sheraton
11	Port d'El Djamilia

LES ANNEXES

Tableau IV.5 : Résultats granulométriques (pourcentages des tamisat).

Φ des tamis	Station 1	Station 2	Station 3
4000	99,50	99,57	
3150	99,22	99,22	
2500	98,78	98,44	
2000	97,94	97,11	
1600	96,89	95,89	
1250	93,83	93,28	
1000	90,33	91,11	99,94
800	80,28	86,56	99,78
630	74,00	82,28	99,44
500	65,67	77,78	98,72
400	55,11	70,56	97,39
315	44,61	60,56	94,61
250	28,72	41,11	87,67
200	12,11	15,61	73,11
160	1,50	2,11	34,78
125	0,39	0,17	10,00
100	0,11	0,00	3,28
80			1,22

LES ANNEXES

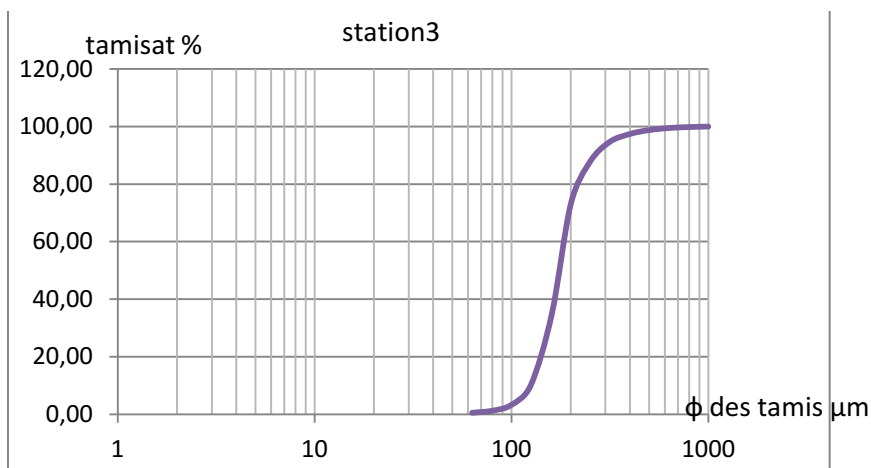
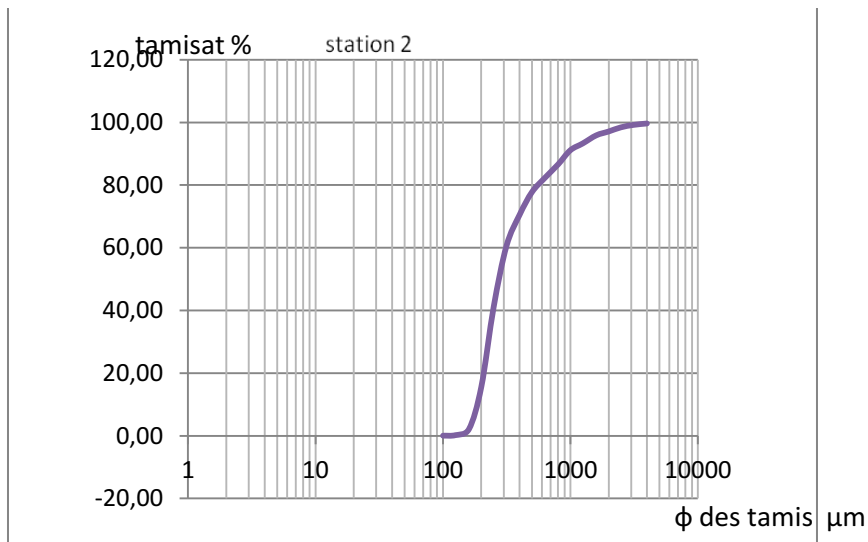
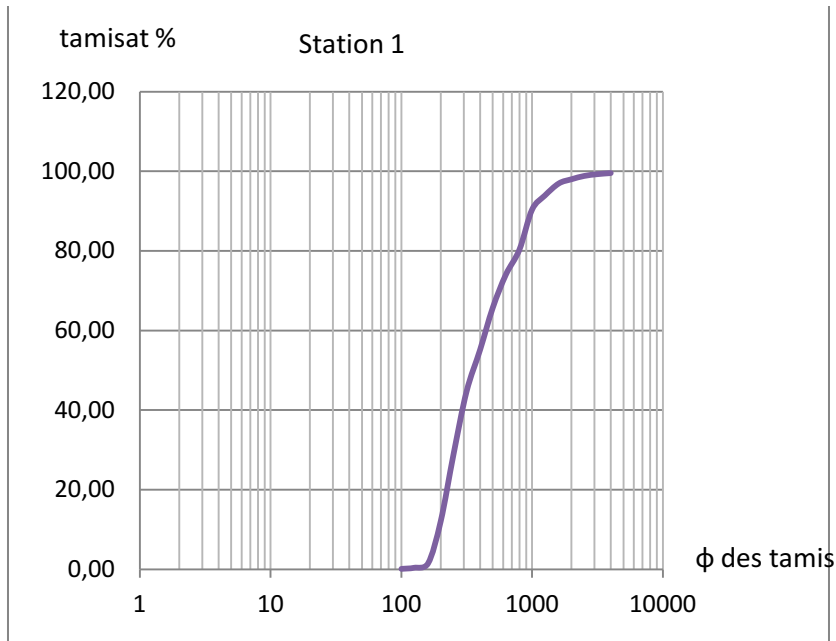
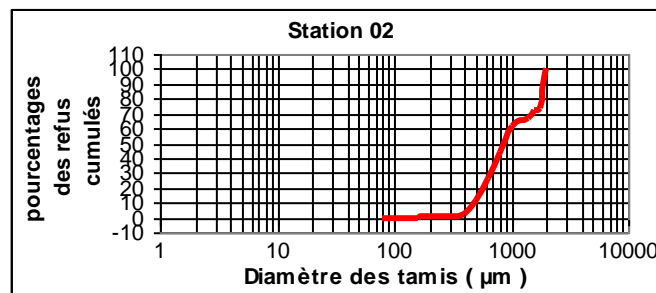
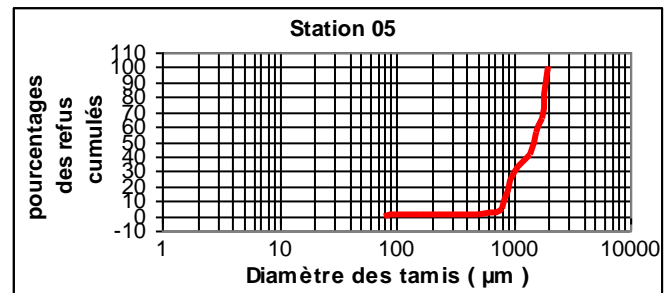
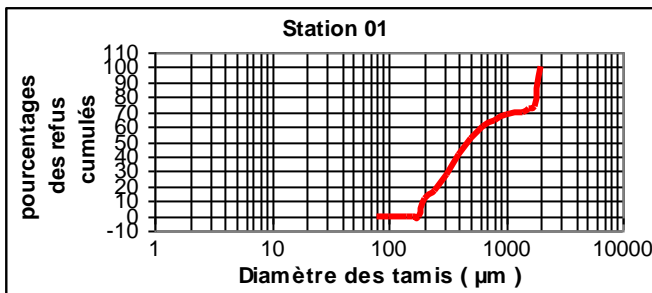


Figure IV.10 : Courbes granulométriques des stations dans la baie d'el Djamila

LES ANNEXES

Tableau IV.8 : Résultats granulométriques (pourcentages des refus cumulés).

Φ des Tamis en μm	Station 01	Station 02	Station 05	Station 06	Station 07	Station 08	Station 09	Station 10	Station 11
80	0	0	0,05	0	0,45	0,05	0,28	0	0
100	0	0	0,26	0,05	1,93	3,82	8,49	0,05	0,06
140	0	0	0,42	0,32	4,46	13,30	21,12	0,28	0,12
160	0	0	0,58	1,22	11,44	40,94	39,43	1,44	0,24
180	0	0,23	0,65	2,10	18,71	58,05	52,34	2,62	0,36
200	11,07	0,30	0,87	8,77	54,75	81,50	67,32	11,04	1,3
250	16,40	0,37	0,87	12,87	79,56	87,08	71,42	20,54	3,39
315	28,00	0,84	0,87	16,68	93,67	92,08	75,10	32,20	8,15
400	40,65	2,77	0,87	20,76	97,87	95,95	78,51	43,83	14,08
500	52,42	11,85	0,95	27,98	99,39	98,17	82,23	59,01	23,29
630	59,79	26,11	1,5	37,55	99,79	100	85,29	73,24	32,26
800	64,47	44,24	5,50	52,31	100	100	88,73	89,78	41,68
1000	68,47	62,04	28,71	72,05	100	100	94,02	96,56	56,10
1400	70,10	66,97	40,70	77,02	100	100	95,68	97,83	61,68
1600	72,38	71,89	56,56	81,64	100	100	97,08	98,75	68,95
1800	73,73	73,91	65,90	84,78	100	100	97,58	99,13	74,74
2000	100	100	100	100	100	100	100	100	100



LES ANNEXES

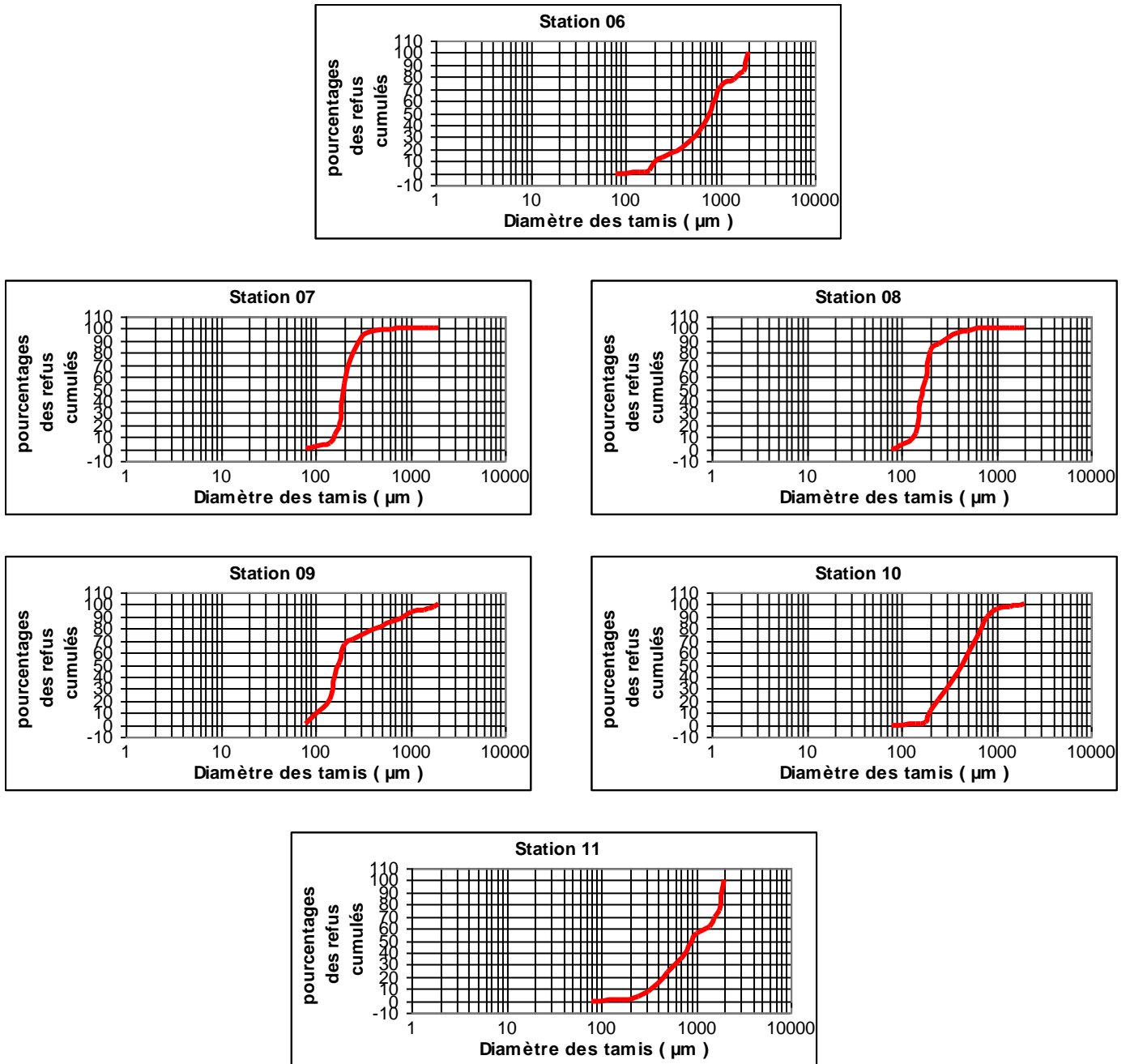


Figure IV.14 : Courbes granulométriques des stations dans la baie de Bou-Ismaïl

LES ANNEXES

Tableau V.4 : Variation de fraction pelitique dans le port d'El-Djamila

Station	Taux de pelite (%)
1	41,45
2	26,29
3	22,78
4	9,89
5	36,30
6	64,52
7	3,21
8	1,84
9	2,17
10	2,05