

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEINGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل
Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



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

Spécialité : AMENAGEMENT DU LITTORAL

Sujet :

**Contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et de
pollution dans l'eau et dans le sédiment « Impact des
infrastructures » dans la Baie de Bou-Ismaïl**

Présenté par:

**LASFER Brahim
LAOUICHI Ahmed**

Soutenu devant le jury suivant :

M.REFES Wahid	MC. A - ENSSMAL	Président
Mme.AL SID CHIKH Safa	Doctorante-ENSSMAL	Promotrice
M.BELKESSA Rabah	Professeur-ENSSMAL	Co-Promoteur
Mme. BENTCHICOU Latifa	M A. A - ENSSMAL	Examinatrice
Mme. KOROGHLI Akila	Doctorante-ENSSMAL	Examinatrice

2014/2015

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Allah le tout puissant pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté, pour réaliser ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer toutes nos reconnaissances à ceux qui, à divers titres, ont collaboré à la réalisation de ce travail. Nous les devons à de nombreuses personnes que nous avons le plaisir et l'honneur de citer ci-après.

Madame Al Sid Chikh Safa pour avoir dirigé ce travail et avoir accordé un intérêt tout au long de son élaboration.

Monsieur BELKESSA Rabah pour avoir dirigé ce travail et on le remercie pour ses encouragements et pour le temps précieux qu'il nous a accordé.

M.REFES Wahid d'avoir accepté de présider le jury de cette soutenance.

Mme MBENTCHIKOU Latifa de nous avoir honoré de sa présence, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Mme. KOROGHLI Akila d'avoir accepté examiner notre travail.

Enfin nos vifs remerciements, à toutes les personnes qui nous ont aidé du près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

LAOUICHI Ahmed

LASFER Brahim

Table des matières

Introduction :	10
I. Chapitre I Généralités	12
I.1. Les paramètres physico-chimiques de l'eau	12
I.1.1. La température(T 0C)	12
I.1.2. La salinité (S‰)	12
I.1.3. Le potentiel hydrogène (pH)	12
I.1.4. L'oxygéné dissous (O2).....	13
I.2. La pollution.....	13
I.2.1. Définition de la pollution marine	13
I.2.2. Sources de pollution	13
I.2.2.1. Pollution d'origine urbaine	13
I.2.2.2. Pollution d'origine industrielle.....	14
I.2.2.3. Pollution agricole	14
I.2.3. Les paramètres indicateurs de pollution	14
I.2.3.1. La matière en suspension et turbidité	14
I.2.3.2. L'oxygène dissous	14
I.2.3.3. La matière organique	15
I.2.3.4. Sels nutritifs	15
I.2.3.4.1. Différentes formes des sels nutritifs	15
Chapitre II : Description de zone d'étude	19
II.1. Situation géographique de la baie de Bou Ismail	19
II.2. Sédimentologie.....	20
II.2.1. Réseau hydrographique.....	21
II.2.2. Facteurs hydrodynamiques.....	22
II.3. Sources potentielles de pollution dans la Baie de Bou Ismail.....	22
Chapitre III Matériels et méthodes	25
III.1. Travaux effectués en mer.....	25
III.1.1. Choix et la localisation des stations.....	25
III.1.2. Travaux effectués in situ.....	27
III.1.2.1. Prélèvement d'eau de mer	27
III.1.2.2. Echantillonnage et conservation.....	27
III.1.2.3. Prélèvement des sédiments.....	27
III.1.2.4. Mesure des paramètres physico-chimiques.....	27
III.2. Travaux effectués aux laboratoires.....	29
III.2.1. La matière en suspension (MES).....	29
III.2.2. La matière organique (MO)	30

III.2.3.	Les Sels nutritifs	30
III.2.3.1.	Principe de dosage des sels nutritifs	32
III.2.3.2.	Analyse automatique des sels nutritifs	32
III.2.3.2.1.	Dosage des nitrites	32
III.2.3.2.2.	Dosage des nitrates	32
III.2.3.2.3.	Dosage des orthophosphates.....	32
III.2.3.2.4.	Dosage du silicium dissous	32
III.2.4.	L'analyse granulométrique	33
III.2.4.1.	Définition	33
III.2.4.2.	Le principe	34
III.2.4.3.	Matériel utilisé dans le traitement des échantillons	34
III.2.4.4.	Méthode d'analyse au laboratoire.....	34
III.2.4.5.	Traitement des données.....	35
III.2.5.	Analyse calcimétrique	36
III.2.5.1.	Définition	36
III.2.5.2.	principe de manipulation.....	36
III.2.5.3.	Mode opératoire.....	37
Chapitre IV : Résultats et discussions.....		40
IV.1.	1. Variations des paramètres physico-chimiques.....	40
IV.1.1.	Température.....	40
IV.1.2.	Salinité	41
IV.1.3.	L'oxygène dissous	42
IV.1.4.	Le potentiel Hydrogène.....	43
IV.2.	Distribution des paramètres particulières	44
IV.2.1.	La matière en suspension(MES).....	44
IV.2.2.	La matière organique	45
IV.3.	Variation des sels nutritifs.....	46
IV.3.1.	Nitrates (NO_3^-)	46
IV.3.2.	Nitrites (NO_2^-).....	47
IV.3.3.	Ammonium (NH_4^+).....	48
IV.3.4.	Orthophosphate (PO_4^-)	49
IV.3.5.	Silicate (SiO_2^-)	50
IV.4.	Comparaison des Teneurs en sels nutritifs obtenues dans la baie de Bou-Ismaïl avec des données antérieures	51
IV.5.	Interprétation des résultats de l'analyse granulométrique	51
IV.5.1.	La calcimétrie	51
IV.5.2.	La fraction péltique.....	53

IV.5.3.	Fraction grossière.....	54
IV.5.3.6.	Les indices granulométriques	58
Chapitre V : Impact des infrastructures littorales sur les paramètres physico-chimiques et de pollution au niveau de la baie de la Bou-Ismaïl :		60
IV.1.	La zone de Chenoua	61
IV.2.	La zone de Tipaza.....	62
IV.3.	La zone de Bouharoun et de Bou-Ismaïl :.....	62
IV.4.	La zone de Fouka et Zeralda	63
IV.5.	La zone de Sidi Fredj.....	64
IV.6.	La zone d'El-Djamila	65
Conclusion		65
Bibliographie :		70
Annexes		73

Liste des figures

Liste des figures :

Figure1 : Situation de la baie de Bou Ismail	19
Figure2: Les principaux rejets dans la baie de Bou-Ismaïl (Grimes ; 2004).	23
Figure 3 : Situation des stations de prélèvement de la baie de Bou Ismail	25
Figure 4 : Valise multiparamétrique WTW Multi 340i SET	28
Figure 5 : L'Auto Analyser San Plus (SKALAR®,1996) (www.skalar.fr/pr_san.htm)	31
Figure 6 : courbe d'étalonnage des silicates.....	33
Figure 7 : courbe d'étalonnage des orthophosphates	33
Figure 8 : courbe d'étalonnage des nitrites.....	33
Figure 9 : courbe d'étalonnage des nitrates.....	33
Figure 10 : Calcimètre de Bernard	37
Figure 11 : Variation de la température de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)	40
Figure 12 : Distribution de la température sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015).....	40
Figure 13 : Variation de la salinité de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015).....	41
Figure 14 : Distribution de la salinité sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015).....	41
Figure 15 : Variation de l'oxygène dissous de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)	42
Figure 16 : Distribution de l'oxygène dissous sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl	42
Figure 17 : Variation de pH de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)	43
Figure 18 : Distribution du pH sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015).....	43
Figure 19 : Variation de la matière en suspension de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015).....	44
Figure 20 : Distribution de la matière en suspension sur le littoral de la Baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)	44
Figure 21 : Variation de la matière organique de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015).....	45
Figure 22 : Distribution de la matière organique sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015).....	45
Figure 23 : Variation de la concentration de nitrate de la baie de Bou-Ismaïl.....	46
Figure 24 : Distribution de Nitrates sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl	46
Figure 25 : Variation de la concentration de nitrite de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)	47
Figure 26 : Distribution de Nitrites sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015).....	47
Figure 27 : Variation de la concentration de l'ammonium de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015).....	48
Figure 28 : Distribution de l'ammonium sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)	48
Figure 29 : Variation de la concentration d'orthophosphate de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)	49
Figure 30 : Distribution des orthophosphates sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)	49
Figure 31 : Variation de la concentration de silicate de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)	50
Figure 32 : Distribution des silicates sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)	50
Figure 33 : Variation des carbonates au niveau de la baie de Bou- Ismaïl. (mai 2015).....	52
Figure 34 : Distribution des carbonates sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015).....	52
Figure 35 : Variation de la fraction péritique au niveau de la baie de Bou- Ismaïl. (mai 2015)	53
Figure 36 : Distribution de la fraction péritique dans le littoral de la baie de Bou-Ismaïl	53
Figure 37 : Histogramme unimodal	54
Figure 38 : Courbe unimodale	54
Figure 39 : <i>Histogramme Bimodal</i>	54
Figure 40 : Courbe bimodale	54
Figure 41 : Histogramme plurimodale.....	55
Figure 42 : Courbe plurimodale.....	55
Figure 43 : Distribution du quartile inférieur sur le littoral dans la baie de Bou-Ismaïl.....	55
Figure 44 : Distribution de La Médiane dans le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)	56
Figure 45 : Distribution du quartile supérieur dans le littoral de la baie de Bou-Ismaïl	57
Figure 46 : Fréquence d'apparition modale	57
Figure 47 : Relation entre l'indice de classement et la médiane	58
Figure 48 : Relation entre l'indice d'asymétrie et la médiane	58

Liste des tableaux

Liste des tableaux :

Tableau 1 : Localisation géographique des stations des prélèvements	26
Tableau 2 : Classement des sédiments selon l'indice de Trask S0.	36
Tableau 3 : Classement des sédiments selon l'indice de Skewnes (SK	36
Tableau 4 : Comparaison des teneurs en sels nutritifs avec celles obtenues antérieurement sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl.	51
Tableau 5 : Les résultats des paramètres mesurés in situ au niveau de la baie de Bou-Ismaïl	74
Tableau 6 : Résultats des paramètres particuliers mesurés au laboratoire.	75

Liste des abréviations

Liste des abréviations :

pH : Le potentiel hydrogène

O₂ : L'oxygène dissous

T °C : La température en degré Celsius

NH₄⁺, NH₃ : Ammonium, ammoniac (azote ammoniacal).

N₀₂:Nitrite (azote nitreux).

N₀₃:Nitrate (azote nitrique).

PO₄³⁻ :Orthophosphate, phosphate.

ANRH : Agence National des Ressources Hydriques

LEM : Laboratoire d'Etudes Maritimes

MES : La Matière en Suspension

MO : La Matière Organique

Q₂₅ : Le premier quartile

Q₇₅ : Le troisième quartile

D₅₀ : La Médiane

S₀ : Indice de classement de Trask ou indice de tri

SK : Indice d'asymétrie ou indice de Skewnes

AFNOR : Association Française de Normalisation

Introduction

Introduction :

Les zones côtières sont des espaces fragiles et très sollicités. Ils sont exposés à des énormes risques: la pression démographique, associée à une expansion rapide de l'industrie et du tourisme et à une exploitation intensive des ressources marines.

Ces zones correspondent également à un espace d'intenses activités économiques (activités domestiques, industrielles, agricoles, etc.) et constitue de ce fait le réceptacle de quantités considérables de substances d'origine naturelle ou anthropique, dont un nombre important possède des propriétés nocives et toxiques.

La région algéroise est certainement l'une des zones où l'altération de la qualité des eaux marines côtières est la plus perceptible. De 75 à 80% des pollutions marines sont d'origine terrestre, notamment agricole parmi lesquelles environ 30% sont apportées par l'atmosphère. **(Bachari, 2009)**

L'eau de mer stricto sensu possède un ensemble de caractéristique physico-chimiques relativement stables telles que la composition globale des sels (la salinité), la température, l'oxygène dissous, le pH. Toutefois, le mélange avec les eaux continentales modifie significativement ces caractéristiques. Elles en deviennent des marqueurs importants de l'influence continentale, qui peut être sensible à plusieurs dizaines de kilomètres de la côte. La mesure de ces caractéristiques est donc indispensable à la compréhension des différents phénomènes. **(Michel, 1997)**

Notre travail est basé sur la contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et de pollution dans l'eau et dans le sédiment on s'intéressant de façons général Impact des infrastructures sur ces paramètres.

Le travail est organisé comme suit :

Dans le premier chapitre généralités, nous parlerons en général de la pollution marine, les paramètres physico-chimiques comme étant des indicateurs de la pollution, et les différents nutriments minéraux dissous présents dans l'eau de mer.

- le deuxième chapitre expose une description générale de la zone d'étude
- dans le troisième chapitre, le matériel utilisé pour l'analyse du paramètre physicochimique ainsi que les méthodologies au laboratoire pour l'analyse des sels nutritifs et l'analyse sédimentologie.
- le quatrième chapitre est consacré au traitement des données acquises, discussion et un essai d'interprétation. Ce traitement et cette analyse sont basés sur l'utilisation du logiciel Arcgis.10.
- Le cinquième chapitre est consacré au l'impact des infrastructures littoral de la baie de Bou Ismail sur
- Enfin, une conclusion générale clôture ce travail.

Chapitre I

Généralités

I. Chapitre I Généralités

Les paramètres analysés durant notre étude sont les suivants :

I.1. Les paramètres physico-chimiques de l'eau

I.2. La température (T °C)

La température est un paramètre important pour la connaissance des masses d'eaux. En physique, sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et donc des courants ; elle permet de plus l'étude du mélange des masses d'eaux. La principale application physico-chimique est la détermination de la valeur de saturation des gaz dissous et en particulier de l'oxygène. La température joue un rôle important dans les cycles biologiques qui ont des répercussions sur la pêche (reproduction, préférendum thermique). (Aminot, et al., 2004).

La mesure de la température est indispensable pour l'interprétation ou le traitement d'autres paramètres. (Aminot, et al., 2004).

La température est, avec la salinité, un des descripteurs de base pour la connaissance du milieu. La température influe sur l'activité biologique dont dépend la production totale, et sur la répartition des espèces (preferendums thermiques), donc, par exemple, sur la pêche.

I.3. La salinité (S‰)

La grandeur « salinité » représente la proportion de sels minéraux dissous dans l'eau de mer. Mais cette grandeur n'est pas accessible directement par une méthode de mesure. Aussi plusieurs définitions et relations ont été établies afin de s'en approcher au mieux.

La mesure de la salinité est importante dans l'étude du milieu marin. Par son influence sur la densité de l'eau de mer, elle permet de connaître la circulation océanique, d'identifier les masses d'eaux d'origines différentes et de suivre leurs mélanges au large comme à la côte. (Aminot, et al., 1983).

I.4. Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH est relatif à la concentration en ions hydrogène (H⁺) dans un milieu, donc à l'acidité de ce milieu. Il est défini comme le cologarithme décimal de la concentration en ions (H⁺) (Aminot, et al., 2004).

$$\text{pH} = -\log H$$

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

I.5. L'oxygéné dissous (O₂)

L'oxygène moléculaire dissous est un paramètre important du milieu qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatique.

La concentration en oxygène dissous est la résultante des facteurs physiques, chimiques et biologiques suivant :

- Les échanges à l'interface air-océan.
- La diffusion et mélanges au sein de la masse d'eau.
- L'utilisation dans les phénomènes de photo-oxydation.
- L'utilisation dans les réactions d'oxydation chimique.
- L'utilisation par les organismes aquatiques pour la respiration ; et
- La production in situ par la photosynthèse.

Souvent aussi important que la concentration, le pourcentage d'oxygène par rapport à la saturation est un élément nécessaire à l'étude d'un système aquatique. La dissolution de l'oxygène dans l'eau est en effet régie par des lois physiques et dépend de la pression atmosphérique, de la pression de vapeur saturante, de la température de l'eau et de la salinité.

Pour une valeur donnée de chacun de ces paramètres, la solubilité maximale de l'oxygène dans l'eau est appelée saturation. (**Aminot, et al., 1983**).

I.6. La pollution

I.7. Définition de la pollution marine

La pollution marine résulte de tous les produits rejetés dans les mers et les océans, en conséquence de l'activité humaine. Elle comprend la pollution de l'eau, des biotes et celle des sédiments, plus généralement toutes les atteintes aux écosystèmes marins causées par les rejets de substances nuisibles par leurs natures ou leurs quantités. (**Kankou, 2004**)

I.8. Sources de pollution

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

I.9. Pollution d'origine urbaine

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

La production de déchet domestique (résidus alimentaire et produits d'excrétion) est une conséquence inévitable de l'existence même de l'homme.

Un rejet urbain constitue donc pour le milieu une source d'ammonium c'est-à-dire la forme d'azote minéral préférée des algues. (**Jean-Claude, 1996**).

I.9.1. Pollution d'origine industrielle

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

I.9.2. Pollution agricole

L'agriculture est devenue une cause importante de pollution des eaux par suite de l'usage systématique des engrais chimiques, des pesticides et des produits phytosanitaires (**Ramade, et al., 2000**). Ces substances sont lessivées et transportées à la mer par les oueds (**Kankou, 2004**).

Les pollutions agricoles présentent la particularité d'être diffuses : les engrais et pesticides étant répandus sur de vastes surfaces (**Ramade, et al., 2000**).

Les engrais agricoles artificiels azotés et phosphorés sont majoritairement constitués de nitrate de potassium et l'ammonium ainsi que de phosphate de potassium. (**Jean-Claude, 1996**).

I.9.3. Les paramètres indicateurs de pollution

I.9.3.1. La matière en suspension et turbidité

Dans une eau normalement claire, la présence de grandes quantités de matières en suspension suffit à indiquer la présence d'une source de pollution. Ces matières en suspension peuvent être inorganique (sable, poudres, argiles, minéraux dives), ou vivantes (plancton, bactérie, champignons). Ces matières en suspension quelles que soient leur origine et leur nature, provoquent une certaine turbidité de l'eau de mer.

Cette turbidité, liée à la quantité de matière en suspension, joue un rôle considérable dans la pénétration de la lumière dans mer, donc sur la production végétale, source de toute vie dans le milieu océanique si l'on nous autorise à « négliger » les sources hydrothermales profondes. (**Gerard, et al., 1974**).

I.9.3.2. L'oxygène dissous

L'oxygène dissous est un paramètre utilisée pour mesurer la qualité du milieu marin. Sa concentration est liée aux paramètres physique-chimiques et à l'activité biologique et elle est très importante pour la vie dans le milieu aquatique. Les teneurs en oxygène dissous dans l'eau de mer sont influencées par les facteurs physique (température salinité), mécaniques (vent, brassage) et biologique (photosynthèse, respiration, dégradation de la matière organique). (**Boukhata, et al., 2013**).

I.9.3.3. La matière organique

On considère que les composés organiques sont des corps qui contiennent du carbone. La présence d'un seul atome de carbone entraîne une exception à cette définition et les corps correspondant ne sont pas considérés comme composés organiques. La littérature chimique décrit, actuellement, quelques millions de composés organiques. **(Gerard, et al., 1974)**

L'introduction de matières organique biodégradables dans un cours d'eau va provoquer à l'aval du point de rejet, une modification du milieu naturel.

Cette modification se traduira notamment par une baisse de l'oxygène dissous liée à la dégradation de la matière organique, suivie si les conditions le permettent par un retour progressif à la normale.

Ce phénomène est décrit sous le nom **d'autoépuration**. **(Gaujous, 1995)**

I.9.3.4. Sels nutritifs

Les nutriments: l'azote, le phosphore, et le silicium sont indispensables à la nutrition des organismes, et sont appelés « éléments nutritifs ». Les deux premiers représentent respectivement que 6 % et 1 % de la biomasse. **(Aminot , et al., 2004)**

Ils sont aussi des descripteurs hydrologiques indispensables à l'étude ou la caractérisation d'un écosystème marin.

Les nutriments peuvent être comme la lumière des facteurs limitant de la croissance algale, lorsque il y a une forte consommation, ils peuvent aussi représenter des nuisances indirectes telles que l'eutrophisation en l'anoxie du milieu qui est engendrée par une perturbation du cycle des éléments nutritifs, à cause d'apports excessifs extérieurs au milieu (apports fluviaux, rejets urbains). **(Aminot , et al., 2004)**.

L'une des questions cruciales que l'on peut alors se poser concernant l'azote et le phosphore est la suivante : comment des éléments aussi essentiels à la vie, en d'autres mots aussi naturels peuvent-ils être à l'origine de nuisance pour l'environnement et être ainsi assimilés à des polluants ?

En réalité, dans les conditions naturelles, les sels nutritifs ne sont pas des polluants, car ils n'ont aucun effet néfaste direct sur la vie aquatique. Ce n'est qu'en cas d'excès importants que certains composés azotés particuliers (nitrite, ammoniac) peuvent présenter une toxicité pour les formes supérieures de vie aquatique telles que les poissons. **(Jean-Claude, 1996)**.

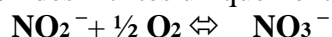
I.9.4. Différentes formes des sels nutritifs

a. Azote

Prélevé de l'atmosphère, il constitue un élément essentiel des structures vivantes. Selon son degré d'oxydation, il existe sous trois formes : nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-) ammonium (NH_4^+), et de composés organiques tels que l'urée ou les acides aminés. Ce sont les formes d'azote utilisables par le phytoplancton **(Copin-Montégut, 1996)**.

b. Nitrates (NO₃⁻)

Notés NO₃⁻ (on parle aussi de l'azote nitrique). C'est une forme chimique stable, il entre dans le cycle de l'azote comme support principal de la croissance du phytoplancton, Leur concentration varie entre 0 µmole/l à la surface et à plus de 45 µmole/l dans les eaux profondes. Mais dans les estuaires, lorsque la salinité décroît par l'effet des apports terrigènes, leur concentration peut atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre (**Aminot, et al., 1983**). Les nitrates résultent de l'oxydation des nitrites uniquement.



Cette réaction d'oxydation est exothermique ($\Delta H = -18$ kcal). Cette oxydation est opérée par des bactéries (Nitrobacter), et on parle de nitratisation.

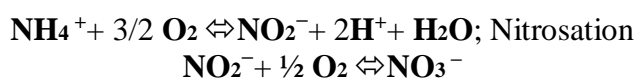
c. Nitrites (NO₂⁻)

Dans le cycle de l'azote, les nitrites, au même titre que l'ammonium, sont considérés comme étant des ions en état transitoire, ce qui explique leurs faibles concentrations rencontrées en milieu marin qui sont de l'ordre de zéro à quelques micromoles par litres d'azote nitreux.

Ces concentrations connaissent des variations saisonnières. En hiver, elles varient entre 0.5 et 1 µmol/l puis, suite au développement du phytoplancton, chutent en été et peuvent atteindre des valeurs très faibles, moins de 0.01 µmole/l (**Aminot, et al., 1983**).

Les nitrites proviennent des deux réactions suivantes :

L'oxydation de l'ammonium par la réaction de nitrosation qui est exothermique opérée par des bactéries (Nitrosomonas) :



La réduction des nitrates dans les milieux anoxiques ou pauvres en oxygène dissous, opérée par les bactéries anaérobiques.

d. Azote ammoniacal (NH₄⁺)

L'azote ammoniacal provient des excréments animales et de la décomposition bactérienne des composés organiques azotés. Dans les eaux marines, l'azote ammoniacal se trouve à des concentrations inférieures au µmole/l. En effet, il est présent sous deux formes en solution, l'ammoniac (NH₃) et l'ammonium (NH₄⁺) dont des proportions relatives dépendant du pH, de la température et de la salinité du milieu (**Aminot, et al., 1983**).

L'ammonium résulte aussi de la réduction des nitrites en ammonium qui se fait par un mécanisme bactérien en milieu anaérobie selon la réaction suivante :

**e. Les composés phosphorés (PO₄⁻³)**

Dans l'eau de mer, le phosphore existe sous forme organique et inorganique, dissous et particulaire, les orthophosphates représentent la forme la plus abondante, HPO₄⁻² (90%) et PO₄⁻³ (10%) et 1% de H₂PO₄⁻ (**Aminot, et al., 1983**). Ces différentes formes sont issues de la dissociation de l'acide orthophosphorique selon les équilibres suivants :



f. La silice dissoute (SiO_2^-)

L'élément nutritif silicium entre dans la composition des squelettes de certaines espèces Phyto-planctoniques (Diatomées, Radiolaires...) (**Aminot, et al., 1983**).

A pH moyen de l'eau de mer (~8.2), les formes majoritaires dissoutes dans l'eau de mer étant à 95% sous les formes d'acide orthosilicique, Si(OH)_4 , 5% Si(OH)_3^- (**Aminot, et al., 2004**).

Chapitre II

Description de zone d'étude

Chapitre II : Description de zone d'étude

II.1. Situation géographique de la baie de Bou Ismail

La baie de Bou-Ismaïl occupe la partie ouest du littoral Algérois du Ras Acras jusqu'au Mont Chenoua ; elle est bordée par la mer Méditerranéenne au nord et par la plaine de Mitidja au sud, le massif de la Bouzaréah à l'est et le massif de Chenoua à l'ouest.

Elle s'étend de 2°25' à l'Ouest et à 2° 55' à l'Est. Elle est orientée du Sud-ouest à Nord-est avec une ouverture d'environ 40 km, elle couvre une surface de l'ordre de 342 km².

La baie de Bou Ismaïl peut être divisée en quatre zones géographiques :

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

Les deux premières zones constituent le secteur ouest et les deux dernières le secteur Est.

Le plateau continental est très étroit à proximité des massifs : 4 km en face du massif du Chenoua, moins de 2 km au droit du massif de Bouzaréah. La marge continentale 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.



Figure1 : Situation de la baie de Bou Ismail

II.2. Sédimentologie

L'analyse des sédiments de la baie de Bou Ismail a permis de mettre en évidence la grande diversité sur le plan sédimentaire des fonds de cette baie, neuf faciès identifiés

La baie de Bou Ismail se caractérise par une distribution classique des sédiments de la côte vers le large : sables fins, sédiment de transition, vases pures, par la présence d'un fond particulier : la gravelle de Castiglione, et également par l'existence importante d'herbier à phanérogames marins. (Grimes, 2004)

Vers l'embouchure de l'Oued Mazafran et jusqu'à une profondeur de 2,5m, on retrouve les sables grossiers. Au-delà de ce dépôt fluvio-marin et jusqu'à une profondeur de 10m à 15m, on retrouve les sables moyens, qui ne réapparaissent qu'au niveau de Khemisti sur une zone étroite continue jusqu'à Tipaza.

Une bande de sable fin apparaît au large de Sidi Fredj et à Palm Beach à moins de 2m de profondeur et tapisse le fond de 15m à 25m tout le long de la baie. Parallèlement à ce faciès, on retrouve les sables fins vaseux qui longent la côte entre 25m à 40m de profondeur.

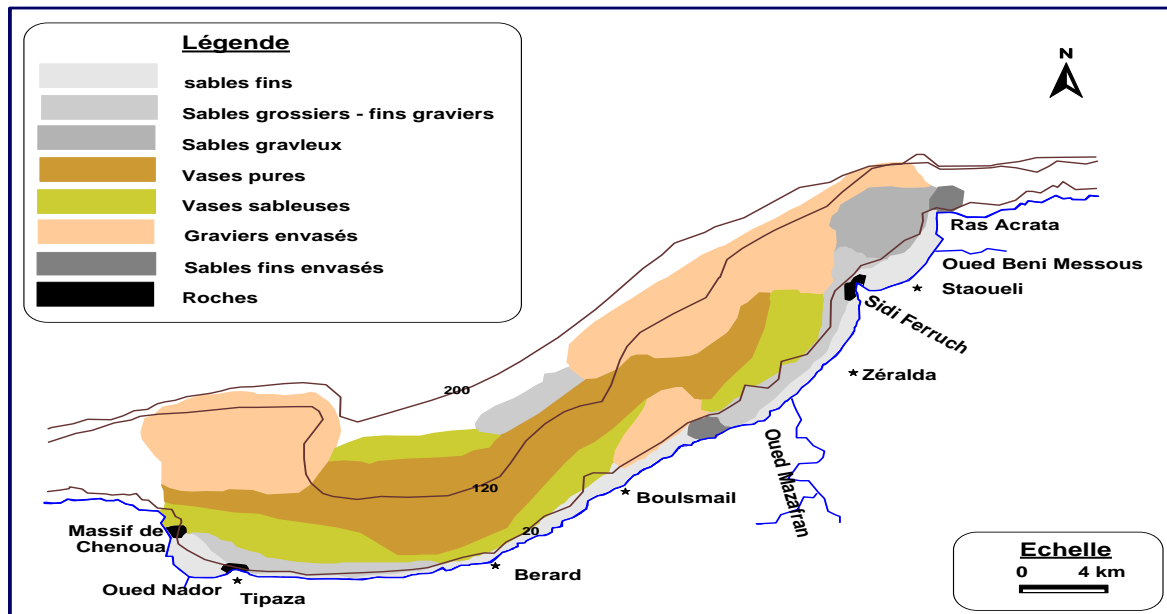


Figure 2 : Sédimentologie de la baie de Bou Ismail (L.E.M. 1998).

Hydrodynamique

II.2.1. Réseau hydrographique

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

Dans la baie de Bou-Ismaïl, les deux oueds principaux issus de l'Atlas (Mazafran et Nador) traversent la plaine de Mitidja et franchissent l'obstacle du Sahel par des cluses. Par contre d'autres petits cours d'eau qui naissent dans le flanc Nord du Sahel se déversent directement dans la mer avec des débits faibles, sauf en périodes de fortes pluies.

- **L'oued Mazafran** : c'est le plus important des oueds qui débouchent dans la baie. (**Braik, 1989**).

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 Zéralda.

- **L'oued Nador** : Présente un bassin versant d'une superficie de 200 et 300 Km² (**Braik, 1989**). Il regroupe les oueds Bou Yersen, Bou Haroun, et oued Merad. Son débit est de 0.89 m³/s débouchant entre Djebel Chenoua et Tipaza.
- **L'oued de Béni Messous** : Il est situé entre El Djamila et club des Pins, traversant les communes de Béni Messous et de Chéraga au Nord avant de déboucher au niveau d'une plage appelée « les dunes » qui fait partie de la baie d'El Djamila. Son débit est faible par rapport aux débits des autres oueds débouchant dans la baie, il est estimé à 0,245 m³/s. (**A.N.R.H, 2003**).

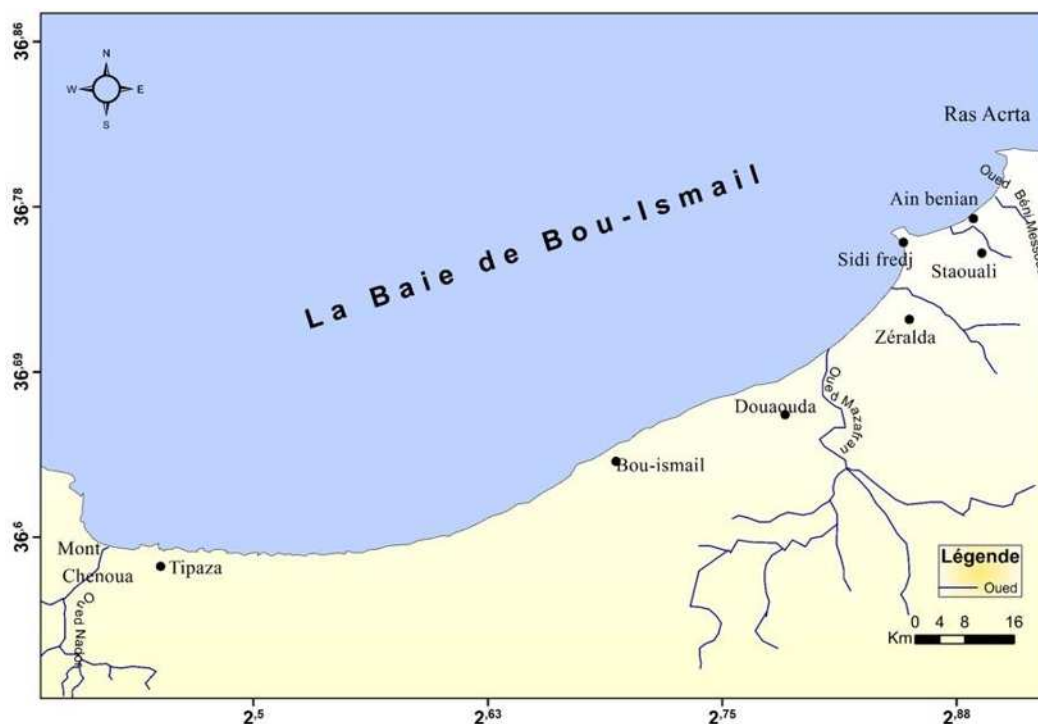


Figure 3 : Les cours d'eau dans la baie de Bou Ismaïl

II.2.2. Facteurs hydrodynamiques

- **Houles**

- a. Les houles hivernales**

Elles viennent de l'Ouest (vent dominant), avec des amplitudes de 2 à 2,5 m. les amplitudes maximales sont de l'ordre de 4 à 6 m. ces houles arrivent perpendiculairement à la côte et engendre des courants de retour distribuant ainsi des sédiments côtiers vers le large (**Al sid chikh, et al., 2008**).

- b. Les houles estivales**

L'agitation est moins importante et les houles les plus fréquentes sont, celle de secteur Est à Nord-est (vent dominant), avec des amplitudes généralement plus faibles de 0,5 à 1 m (**Braik 1987**) et seulement 6% ont une amplitude supérieure à 1 m. L'orientation de ces houles est tangentielle par rapport à la côte (**Al sid chikh, et al., 2008**).

- **Les courants généraux**

La baie de Bou-Ismaïl est soumise aux effets des courants atlantiques, qui comme l'indique provient de l'océan de l'Atlantique par le détroit de Gibraltar ; celui-ci se déplace vers l'Est sous l'influence des forces de Coriolis et du régime des vents dominants, ayant une largeur de 50 km, une hauteur de 150 m et une vitesse de 50 cm/s (**Al sid chikh, et al., 2008**).

- **Les courants de dérive littorale**

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

Ce courant parallèle au rivage, qui se manifeste dans la zone de déferlement des vagues, joue un rôle essentiel dans le déplacement des sédiments le long de la côte et dans

L'alimentation des plages en sable et en galets.

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

II.3. Sources potentielles de pollution dans la Baie de Bou Ismaïl

La baie de Bou Ismaïl est considérée comme une zone touristique soumise aux rejets d'eaux usées domestiques. L'activité industrielle n'est pas très développée et se limite à de petites industries : textiles, cuirs et peaux, papeteries, plastiques, caoutchouc et verres (**Sellali, 1996**) et (**Anayat, et al., 2010**). En plus de ces activités industrielles, les Oueds se déversant dans la baie de Bou Ismaïl peuvent être considérés comme source de pollution.

La fertilisation des sols est assurée par des produits phytopharmaceutiques tels que les organochlorés, et les engrais à base de nitrate, de phosphate et de potassium. Par le biais du ruissellement, tous ces produits contaminent les Oueds et rejoignent les eaux des agglomérations côtières qui sont déversées directement en mer par un réseau d'égouts.

Les eaux usées des villes de l'arrière-pays sont drainées vers la mer par l'intermédiaire des Oueds traversant la région. La pollution métallique dans cette région n'est pas inquiétante (Boudjellal & al ; 1993, in Grimes 2004).

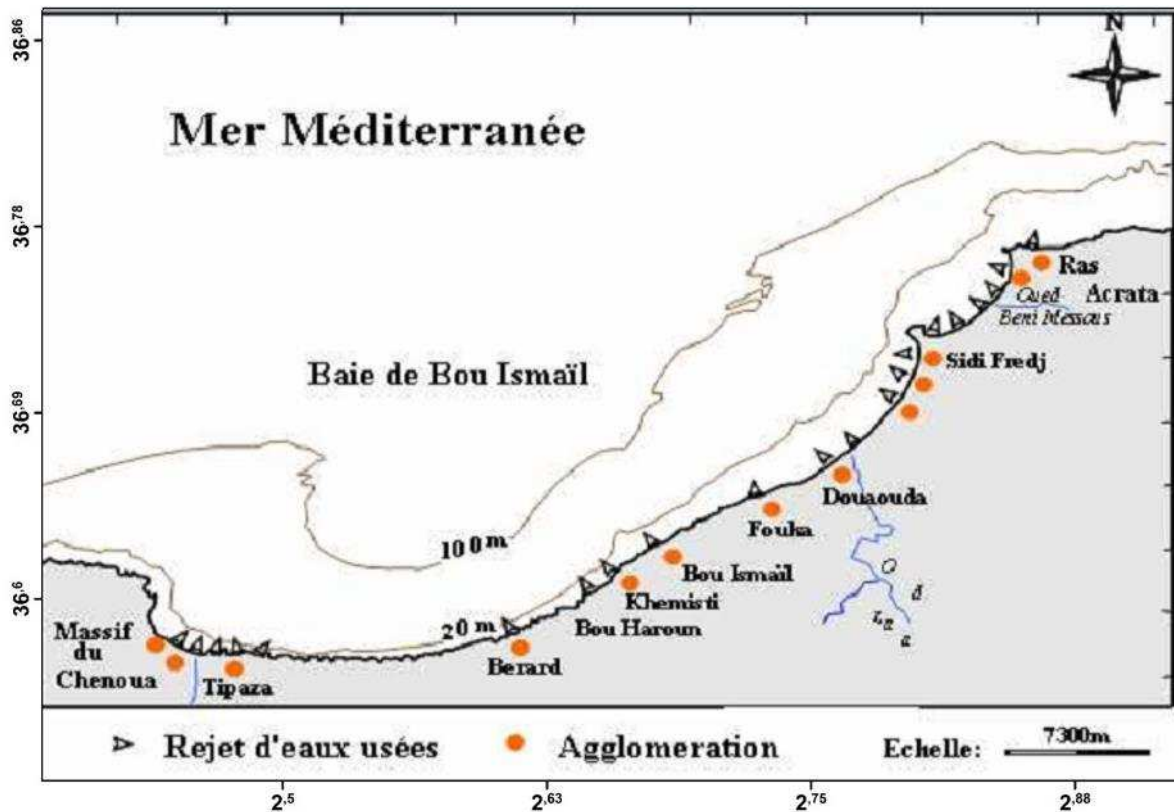


Figure4: Les principaux rejets dans la baie de Bou-Ismaïl (Grimes ; 2004).

Chapitre III

Matériels et méthodes

Chapitre III Matériels et méthodes

III.1. Travaux effectués en mer

III.1.1. Choix et la localisation des stations

L'objectif de notre travail consiste à contribuer à l'étude des paramètres physico-chimique et de pollution dans l'eau et dans le sédiment (impact des infrastructures) sur le littoral de la Baie de Bou-Ismaïl par l'analyse des paramètres physicochimiques, MES, MO, les sels nutritifs ainsi que les paramètres sédimentologiques.

Nous avons effectué deux sorties sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl ; on se basant sur la localisation des infrastructures littorales tel que les ports, les ouvrages de protection, les embouchures des oueds, stations de dessalement et les plages les plus convoitées.

« **figure 5** ».

Les deux ont été organisées successivement le 04/05/2015 et le 16/05/2015. Lors des sorties, la mesure des paramètres physico-chimiques (pH, température, salinité, et oxygène dissous) a été réalisée in situ à l'aide d'une valise multiparamétrique de type « **WTW Multi 340i SET** » « **figure 6** ».



Figure 5 : Situation des stations de prélèvement dans la baie de Bou Ismaïl.

Tableau 1 : Localisation géographique des stations de prélèvement

Zones	Stations	Nature des Prélèvement	Correspondant
Plage Matares	Ouest de la Plage	Eau + sédiment	As1
	Centre de la plage	Eau + sédiment	As2
	Est de la plage	Eau + sédiment	As3
Oued Nador	Embouchure de l'Oued	Eau + sédiment	As4
Tipaza	Port de Tipaza	Eau.	Bs1
	Est du port(Tipaza)	Eau + sédiment	Bs2
Anc de Kouali	Centre de la plage	Eau + sédiment	Cs1
Bouharoune	L'intérieur du port	Eau	Ds1
Bou-Ismaïl(front de mer)	Ouest des épis	Eau + sédiment	Es1
	Centre des épis	Eau + sédiment	Es2
	Est des épis	Eau + sédiment	Es3
Fouka Marine	Fouka plage	Eau + sédiment	Fs1
	Station de dessalement(Ouest)	Eau	Fs2
	Station de dessalement(Est)	Eau	Fs3
Douaouda	Devant l'épi	Eau + sédiment	Gs1
	Plage Hawass	Eau + sédiment	GS2
	Plage Colonel Abass	Eau + sédiment	Gs3
Oued Mazafran	Embouchure de l'Oued	Eau + sédiment	Gs4
Zeralda	Ouest des brise-lames	Eau + sédiment	Hs1
	Centre des brise-lames	Eau + sédiment	Hs2
	Est des brise-lames	Eau + sédiment	Hs3
Palm Beach	Ouest de la plage	Eau + sédiment	hs4
	Est de la plage	Eau + sédiment	Hs5
Scheraton	Ouest de plage	Eau + sédiment	Hrs1
	Est de plage	Eau + sédiment	Hrs2
El Djamila	Plage artificielle	Eau + sédiment	Js1, Js2
	Port d'El-Djamila	Eau	Js3
	Est du port	Eau + sédiment	Js4
Oued Beni Messous	Embouchure de l'Oued	Eau + sédiment	Js5
Sidi- Fredj	Plage de l'hôtel Riadh	Eau + sédiment	Is1
	Est du port	Eau + sédiment	Is2
	Port	Eau	Is3
	Plage Thalasso	Eau + sédiment	It1

III.1.2. Travaux effectués in situ

III.1.2.1. Prélèvement d'eau de mer

Le prélèvement a été fait à la main, l'eau de mer est prélevée au niveau de la côte dans des flacons en polyéthylène à chaque station. Les flacons sont directement conservés dans une glacière destinés à l'analyse des paramètres suivants :

- Matière en suspension (MES), La Matière organique et les Sels Nutritifs.

III.1.2.2. Echantillonnage et conservation

- L'eau prélevée avec des flacons en polyéthylène de 200 ml pour les sels nutritifs, et des flacons de 0.5L pour la matière en suspension.
- Ces flacons sont désignés par une étiquette qui porte l'origine de l'échantillon.
- Les flacons des sels nutritifs et du MES sont conservés à basse température dans une glacière portative avec « packs » de froid assurant une température faible.

III.1.2.3. Prélèvement des sédiments

Le prélèvement des sédiments a été réalisé manuellement à l'aide d'une spatule en acier.

III.1.2.4. Mesure des paramètres physico-chimiques

En tout premier lieu, il s'agit de la température et de la salinité qui sont les deux descripteurs de base des masses d'eaux. Ils dépendent quasi exclusivement des processus physiques.



Figure 6 : Valise multiparamétrique WTW Multi 340i SET

a. Température

Toutes les sondes de notre appareil (conductimètre, oxymètre, pH-mètre) donnent la température. Nous avons noté qu'il n'y a pas de différence entre les résultats de différentes sondes. Nous avons noté que les données de la sonde pH mètre **Sen TIX 41**.

b. Salinité

La salinité a été mesurée par un conductimètre de marque **WTWTetra Con 325**, Les résultats sont exprimés en PSU (unité pratique de salinité)

c. Le potentiel hydrogène

Le pH de l'eau a été mesuré par la sonde de pH de Type **Sen TIX 41**, rincée à chaque fois à l'eau distillée et légèrement essuyée puis immédiatement plongée dans l'eau.

L'étalonnage de l'appareil est effectué par l'ingénieur de laboratoire avec des solutions étalons à pH connu pH4 et pH7.

d. Oxygène dissous

Durant cette étude, on a utilisé la sonde **Cell OX 325**. La valeur est affichée en mg/l (avec deux valeurs après la virgule) et en % ; Nous avons noté les valeurs en mg/l.

III.2. Travaux effectués aux laboratoires

III.2.1. La matière en suspension (MES)

Cette méthode se base sur le passage d'un échantillon d'eau de volume V à travers un filtre à membrane ; poreux de 0,45 µm le poids de matière retenue par le filtre, noté **P** est déterminé par pesée différentielle (avant et après filtration). La concentration des matières en suspension (MES) ne sera donc que le rapport de ce poids sur le volume d'eau analysé.

A. Principe

Pour chaque échantillon, nous avons filtré un volume représentatif d'eau (0.5L) à travers un filtre GF/C de porosité 0,45µm. Chaque filtre est placé sur port filtre étiqueté par la correspondance de chaque station (ex : As1, Es2), on a séché les filtre à 70°C pendant 24h et pesé avant et après filtration. La différence de poids entre les deux pesées nous donne la quantité des MES en mg/l.

B. Appareillage

- Un dispositif de filtration sous vide. **Figure 15 « annexe 6 »**
- Des membranes filtrantes GF/C (Ø= 0,45µm).
- Boite à filtre.
- Une balance de précision 10⁻⁴ g.
- Un dessiccateur
- Une étuve.

C. Mode opératoire

- Conditionnement des filtres dans un acide de 0.1N
- Rincer les filtres à l'eau distillée.
- Sécher à l'étuve à 80°C pendant 2h.
- Laisser refroidir au dessiccateur.
- Peser les filtres (P1).
- placer chaque filtre dans sa boite à l'abri de la poussière.
- Placer les filtres et les centrer dans le dispositif de filtration.
- Homogénéiser l'échantillon et verser doucement par l'éprouvette un 0.5L sur le centre du filtre.
- Mettre les boites contenant les filtres sans le couvrir à l'étuve à 70°C pendant 2h.
- Laisser refroidir les filtres au dessiccateur.
- Peser les filtres (P2).

D. Calcul de la concentration de la matière en suspension

La concentration de MES est donnée par l'expression :

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

Avec :

P1 : Poids du filtre avant filtration (mg).

P2 : Poids du filtre après filtration (mg).

V : Volume filtré (L).

III.2.2. La matière organique (MO)

Dans l'océan, outre les apports éoliens, la MO est majoritairement d'origine phytoplanctonique. Dans les milieux estuariens, la part d'origine terrigène apportée par le fleuve prédomine fréquemment lorsque le débit est élevé.

Toutefois, en période d'étiage, la MO peut provenir de fortes poussées de phytoplancton d'eau douce apportées par le fleuve et se dégradant dans l'estuaire. En zone côtière et dans les panaches fluviaux, des situations intermédiaires se rencontrent avec des dominantes terrigènes surtout en hiver, et des développements intenses de phytoplancton au printemps et en été dans les zones riches en nutriments.

a. Matériel utilisé

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

b. Protocole de dosage

Les filtres utilisés pour la détermination de la matière en suspension dans l'eau de mer sont mis dans des creusets, et pesés avec précision, on obtient (P_3).

Après les avoir passés au four à moufle à 450°C pendant deux heures, (les creusets+ les filtres), sont à nouveau pesés, on obtient (P_4). La différence de ces deux poids (P_3 , P_4) nous donne le poids de la matière organique brûlée.

$$\text{MO (mg)} = P_3 - P_4$$

Avec :

P_3 : Poids du creuset et du filtre avant passage au four.

P_4 : Poids du creuset et du filtre après passage au four.

III.2.3. Les Sels nutritifs

Ce sont des éléments chimiques indispensables à la synthèse autotrophe de la matière organique. Le terme est souvent réservé aux éléments dont la concentration constitue parfois un facteur limitant, ces éléments sont : Azote, Phosphate, Silicium. (Lacaze, 1996).

L'analyse des sels nutritifs est faite par la méthode de colorimétrie à flux continu sur chaîne automatisée Skalar (Auto-analyzer San Plus) (troisième génération), selon les protocoles décrits par le constructeur Skalar (**figure 7**). Le fonctionnement de l'appareil repose sur un principe dynamique simple, celui de l'analyse liquide en flux continu : une veine liquide propulsée en continu par une pompe péristaltique dans un circuit analytique spécifique à chaque paramètre analysé.

Les réactions chimiques s'effectuent dans cette veine en progression. L'analyse des échantillons est réalisée par séquence, ce qui permet une grande cadence de travail. Cette chaîne de mesure automatisée est totalement pilotée par un microordinateur doté d'un logiciel spécifique.

A la fin de l'analyse, ce dernier fournit un fichier numérique contenant les résultats accompagnés de toutes les informations relatives à l'analyse.



Figure 7 : L'Auto Analyser San Plus (SKALAR®, 1996) (www.skalar.fr/pr_san.htm)

III.2.3.1. Principe de dosage des sels nutritifs

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

III.2.3.2. Analyse automatique des sels nutritifs

III.2.3.2.1. Dosage des nitrites

Les nitrites (NO_2^-) forment un diazoïque par action avec la sulfanilamide en milieu acide $\text{pH} < 2$. Ce composé formera ensuite en présence de N-naphtylethyléthyldiamine un composé azoïque de couleur rose absorbant la lumière à 540 nm (**Aminot , et al., 2004**)

III.2.3.2.2. Dosage des nitrates

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

III.2.3.2.3. Dosage des orthophosphates

En présence d'antimoine oxytartrate de potassium à une température de 40° C (bain-marie), les ions orthophosphates (PO_4^{3-}) réagissent avec le molybdate d'ammonium pour former un complexe antimoine phosphomolybdique qui sera réduit par l'acide ascorbique. (**Aminot , et al., 2004**) Cette forme réduite de coloration bleue a un maximum d'absorption à 880 nm.

III.2.3.2.4. Dosage du silicium dissous

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

Etalonnage

Cette opération nécessite la préparation d'une solution mère puis une solution fille pour chaque élément à analyser (**voir annexe 2**).

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

Tableau 7 « annexe 2 »

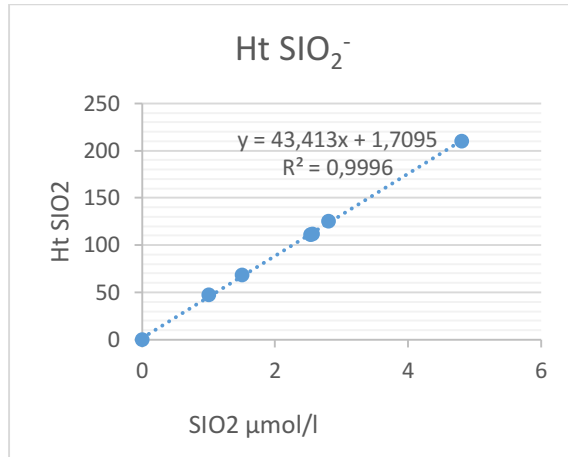


Figure 8 : courbe d'étalonnage des silicates

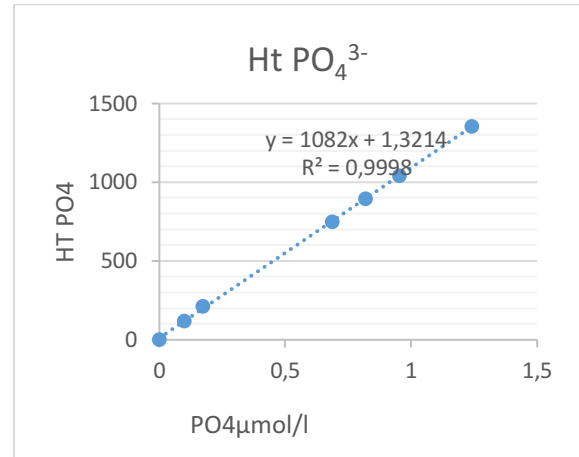


Figure 9 : courbe d'étalonnage des orthophosphates

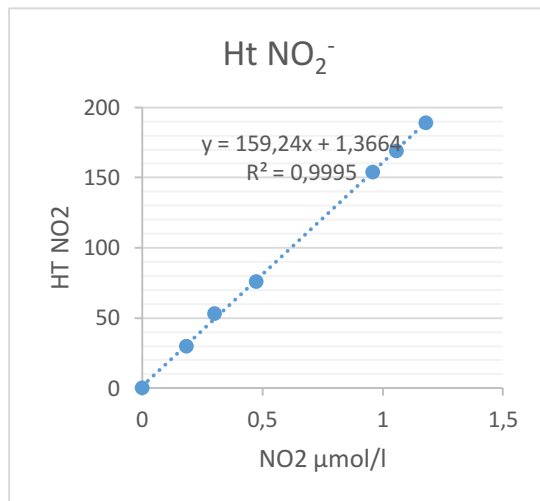


Figure 10 : courbe d'étalonnage des nitrites.

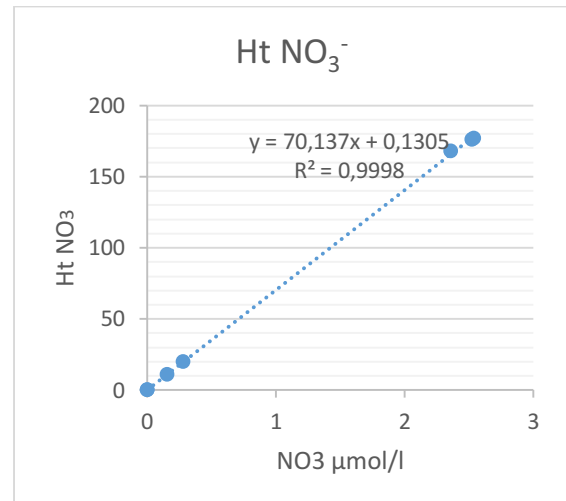


Figure 11 : courbe d'étalonnage des nitrates

III.2.4. L'analyse granulométrique

III.2.4.1. Définition

L'analyse granulométrique est l'opération consistant à étudier la répartition des différents grains d'un échantillon, en fonction de leurs caractéristiques.

La granulométrie est un procédé d'analyse qui permet d'étudier la répartition des sédiments et le pourcentage des grains constituant le sable de la plage.

III.2.4.2. Le principe

Ce procédé consiste à passer l'échantillon par une série de tamis de mailles décroissante et de récolter en suite le poids partiel de chaque quantité dans le tamis.

Cependant, il existe de très nombreux tamis dans lesquels les mailles varient selon une progression géométrique décroissante permettant un espacement régulier des abscisses dans une échelle logarithmique, ainsi qu'une représentation étendue sur un graphique.

III.2.4.3. Matériel utilisé dans le traitement des échantillons

- Colonne de tamis (800 à 40 μ m).
- Tamiseuse électrique. « annexe5 »
- Balance électrique.
- Etuve.
- Boîtes à pétries.

III.2.4.4. Méthode d'analyse au laboratoire

Dans un premier temps, les échantillons mis dans des boîtes de pétries, sont placés à l'étuve pendant 24 heures ajustée à une température de 105°C. Une fois le premier séchage achevé, 150g de sédiments ont été prélevés de chaque boîte de pétri, cette valeur représentera le poids initial de l'analyse granulométrique pour chaque station.

Afin d'éliminer les fractions pélitiques, la quantité de sédiments a subi un rinçage dans un tamis de 40 μ m de diamètre, sous un filet d'eau, 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.

Nous pourrions procéder aux opérations de tamisage, pour ce, on a utilisé une série de tamis dont l'écartement des tailles se fait selon les normes Afnor. L'ordre des tamis par ordre de diamètres décroît par unités de microns, est le suivant : 800 μ m, 630 μ m, 500 μ m, 400 μ m, 315 μ m, 250 μ m, 200 μ m, 180 μ m, 160 μ m, 140 μ m, 100 μ m, 80 μ m, 63 μ m, 50 μ m.

Le tamisage s'est effectué mécaniquement sur une table vibrante, durant dix minutes, en divisant la série des tamis en deux colonnes de tamis, la capacité de la tamiseuse étant limitée à un nombre limité de tamis (7 tamis).

Le refus de chaque tamis est pesé, avec une précision du centième de gramme, à la fin de chaque tamisage.

III.2.4.5. 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 du 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.

a. Les paramètres centraux

- **La médiane**

C'est l'indice absolu (**Rivière, 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 al., 1957**)

- **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 % en poids du sédiment.

b. Les indices granulométriques

- **Indice de classement de Trask ou indice de tri (S0)**

Appelé également indice de Trask (Sorting de Trask) et noté S_0 , il représente la dispersion des tailles de part et d'autre de la médiane. Exprimé par la formule suivante :

$$S_0 = (Q75/Q25)^{1/2}$$

Tableau 2 : Classement des sédiments selon l'indice de Trask S_0 .

Indice	Signification
$S_0 < 1$	Sédiment très bien classé
$1 < S_0 \leq 2,5$	Sédiment bien classé
$2,5 < S_0 \leq 3$	Sédiment normalement classé
$3 < S_0 \leq 4$	Sédiment mal classé

- **Indice d'asymétrie ou indice de Skewnes (SK)**

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

$$SK = (Q25*Q75)/(Q50)^2$$

Tableau 3 : Classement des sédiments selon l'indice de Skewnes (SK)

Indice	Signification
$Sk < 1$	le classement est maximum vers les fins
$Sk = 1$	la symétrie est parfaite
$Sk > 1$	le classement est maximum vers les grossiers.

III.2.5. Analyse calcimétrique

III.2.5.1. Définition

La calcimétrie consiste à mesurer de la proportion de carbonates de Calcium (pourcentage CaCO_3 présents dans le sédiment). Elle donne des indications sur la productivité de surface et éventuellement des apports de carbonates détritiques. Elle permet de connaître la part des sédiments biogènes, ou débris de coquilles, et donc de suivre les migrations des sédiments nés dans des régions riches en faune et/ou en flore fabriquant du calcaire.

III.2.5.2. principe de manipulation

La calcimétrie est la mesure du pourcentage de CaCO_3 dans une roche, un sédiment, un sol... L'appareil de mesure le plus fréquemment utilisé est le calcimètre de Bernard « Figure12 ».

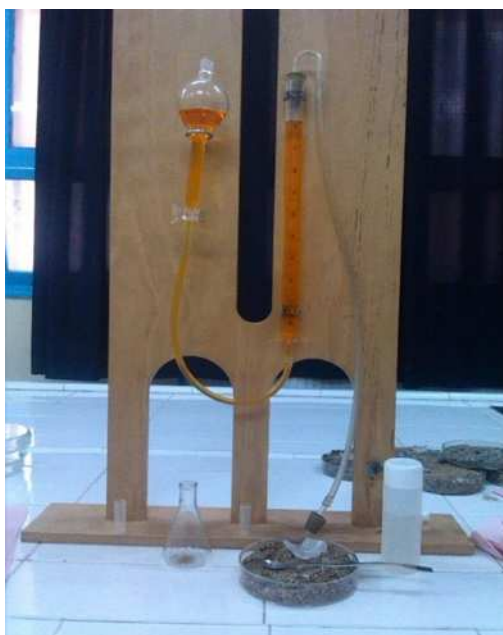


Figure 12 : Calcimètre de Bernard

Le dosage des carbonates de calcium est basé sur l'attaque par l'acide chlorhydrique (HCl) dilué d'un échantillon d'une masse donnée à pression et température standard. On mesure le volume de CO_2 dans un tube manométrique après attaque de l'échantillon à l'acide chlorhydrique (HCl) suivant la réaction suivante :



On utilise l'eau saturée en sel pour éviter la perte de CO_2 à partir de sa réaction avec H_2O selon la réaction suivante :



But de la manipulation :

Calculer le pourcentage de CaCO_3 dans les échantillons étudiés se fait en comparaison avec un échantillon témoin de carbonate pur (100 % CaCO_3)

III.2.5.3. Mode opératoire

- On prépare une solution saturée de NaCl.
- Tarer la balance puis peser 0.25g de l'échantillon broyé.
- On remplit au même niveau le niveau de la solution saturé en NaCl du tube gradué et de l'ampoule du calcimètre et on note la division correspond au V_1 sur le tube gradué.
- On introduit 0.25 g de carbonate pur ou 0.25 g de l'échantillon à étudier dans l'erenmeyer.
- On remplit un petit tube avec de l'acide chlorhydrique (HCl) et on l'introduit dans l'erenmeyer avec une pince et avec précaution pour ne pas le verser.
- On bouche l'erenmeyer avec le bouchon relié au tube gradué de calcimètre de Bernard.
- On renverse l'acide contenu dans le tube sur l'échantillon.
- On agite de temps en temps l'erenmeyer pour activer la réaction.

- A la fin de l'effervescence, on note que la division correspond au V_2 sur le tube gradué.
- Le volume de CO_2 dégagé est la différence des volumes $V_2 - V_1$.

Calculs :

- Pour l'échantillon témoin (carbonate pur) le volume de CO_2 dégagée est :

$$V_{\text{témoin}} = V_2 - V_1 = 76.5 - 7.5 = 69 \text{ ml de } \text{CO}_2 \text{ dégagé.}$$

- Pour l'échantillon Gs2 :
Le taux de carbonate est calculé :

$$\text{On a } V_{\text{échantillonGs1}} = V_2 - V_1 = 26.5 - 7.5 = 19 \text{ ml de } \text{CO}_2 \text{ dégagé.}$$

Et le volume $V_{\text{témoin}} = 69 \text{ ml de } \text{CO}_2 \text{ dégagé.}$

Et on sait que le carbonate pur contient 100 % de CaCO_3

Donc $V_{\text{témoin}} = 69 \text{ ml de } \text{CO}_2 \text{ dégagé} \rightarrow 100\% \text{ de } \text{CaCO}_3$

$V_{\text{echGs1}} = 19 \text{ ml de } \text{CO}_2 \text{ dégagé} \rightarrow X\% \text{ de } \text{CaCO}_3$

Donc le pourcentage de CaCO_3 dans la station Gs1 est **27.53%**

Chapitre IV

Résultats et discussions

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV.1. 1. Variations des paramètres physico-chimiques

Les résultats obtenus des paramètres physico-chimiques de la cote de la Baie de Bou Ismail, sont résumés dans le tableau sur l'**annexe 1** et leurs représentations graphiques sont résumées ci-dessous :

IV.1.1. Température

La température des eaux de la cote de la baie, varie globalement entre 19,5 et 23,1°C au niveau des stations (Fs1-Is3) et Es1 respectivement. la moyenne est de 20,44°C et un écart-type de 0,8.

On remarque que la température des eaux de surface de la baie est élevée surtout au niveau de station Es1, cette élévation est accentuée par la présence des rejets urbains, qui est aussi en relation avec la saison d'échantillonnage (printemps).

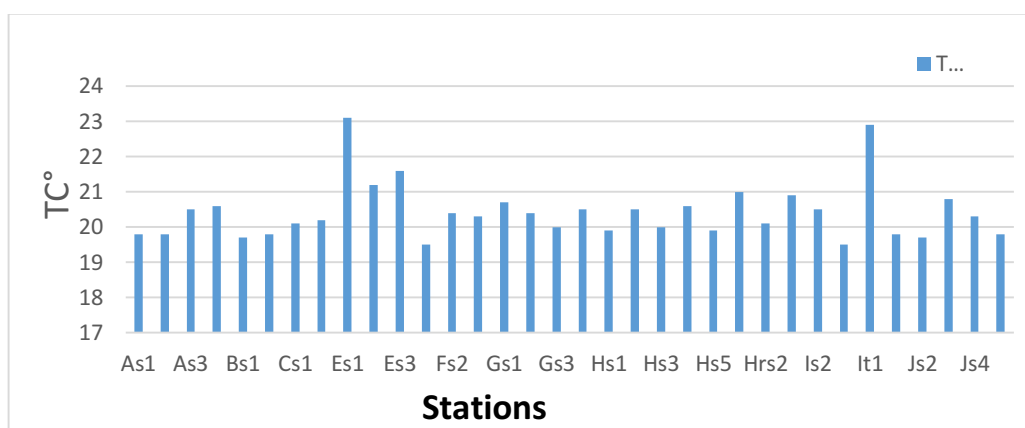


Figure 13 : Variation de la température de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)

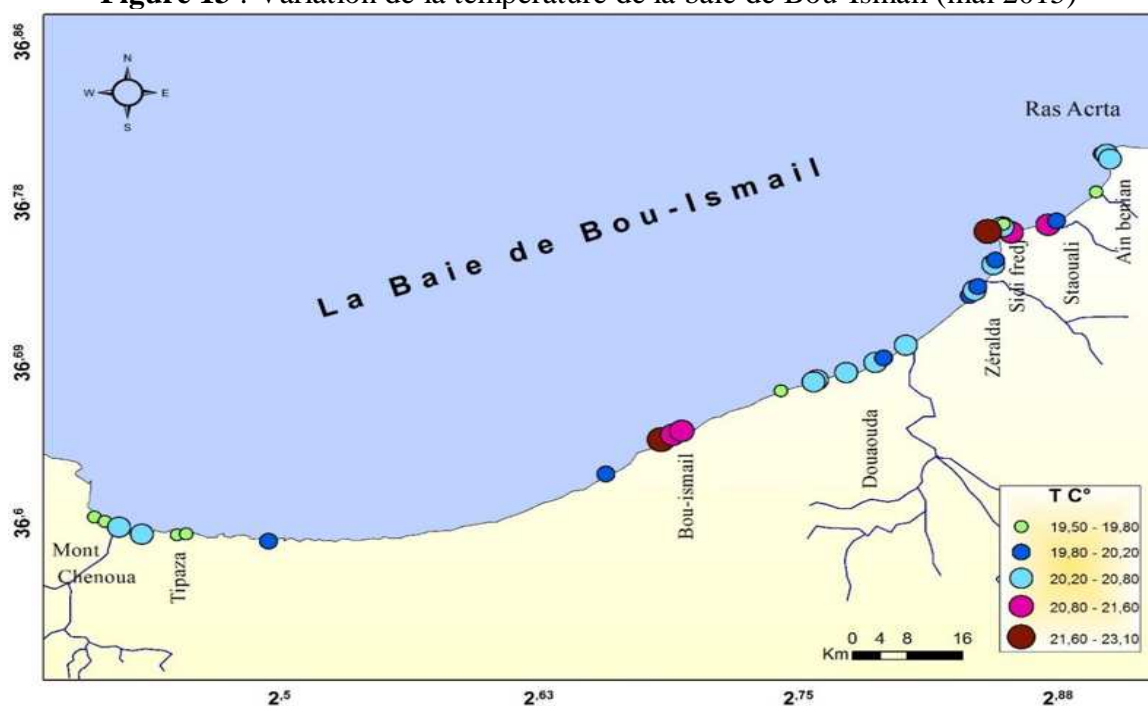


Figure 14 : Distribution de la température sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)

IV.1.2. Salinité

La salinité des eaux de la côte de la baie, est comprise entre un maximum de 36,5 psu au niveau de la station (It1) et un minimum de 21,6 dans la station (Js5), avec une moyenne de 33,97 psu et un écart-type de 3,82.

On a observé que les faibles valeurs de la salinité sont enregistrées devant l'embouchure d'oued El Nador et Mazafron, et les valeurs les plus élevées sont enregistrées surtout devant la station de dessalement.

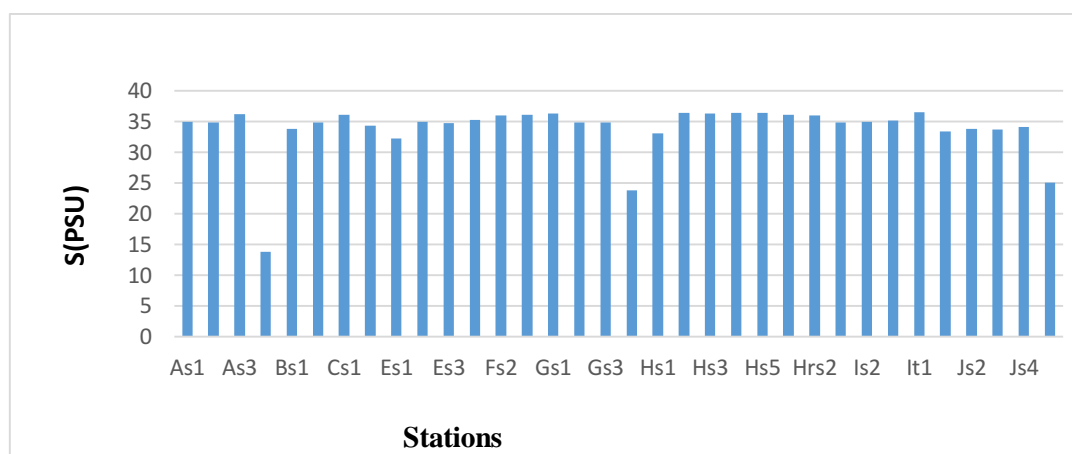


Figure 15 : Variation de la salinité de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)

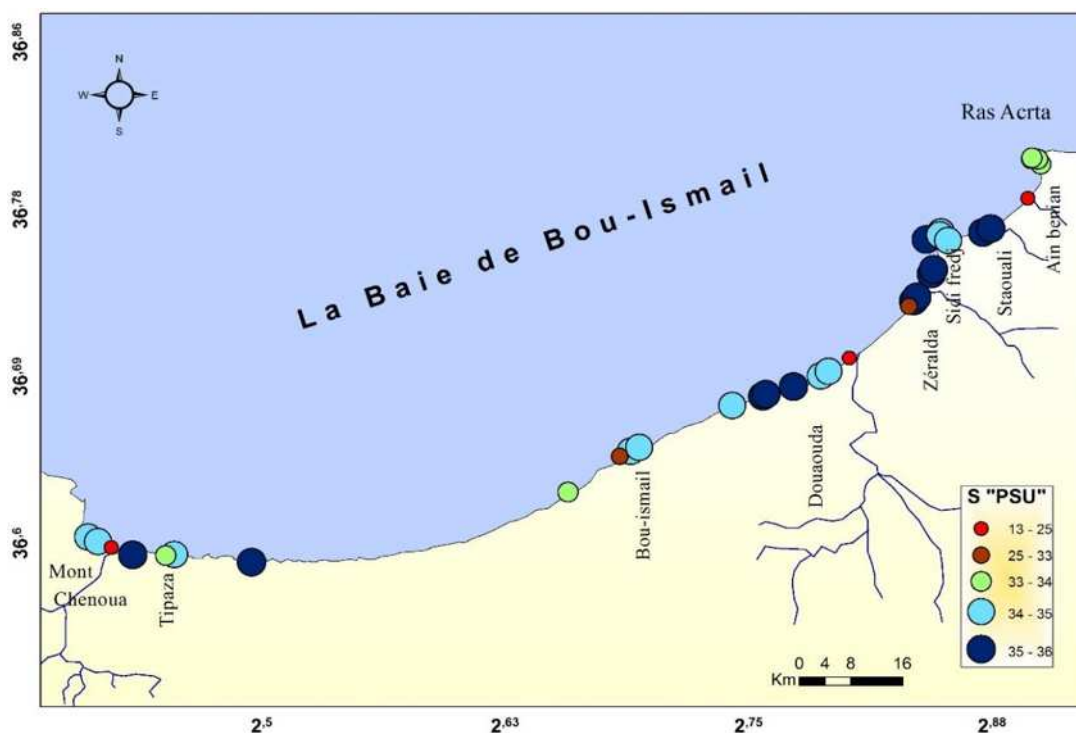


Figure 16 : Distribution de la salinité sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)

IV.1.2.1. L'oxygène dissous

Les résultats obtenus des teneurs en oxygène dissous de la Baie sont variés dans l'intervalle 3,01 mg/l au niveau de la station (Gs4), et 8,6 mg/l au niveau de la station (Hrs1), avec une moyenne de 6,27 mg/l et un écart-type de 1,54 mg/l.

Ces variations d'oxygène dissous sont dues à la variabilité des facteurs intervenant dans son cycle (photosynthèse, échange air-mer, mélange des masses d'eaux, la production primaire...).

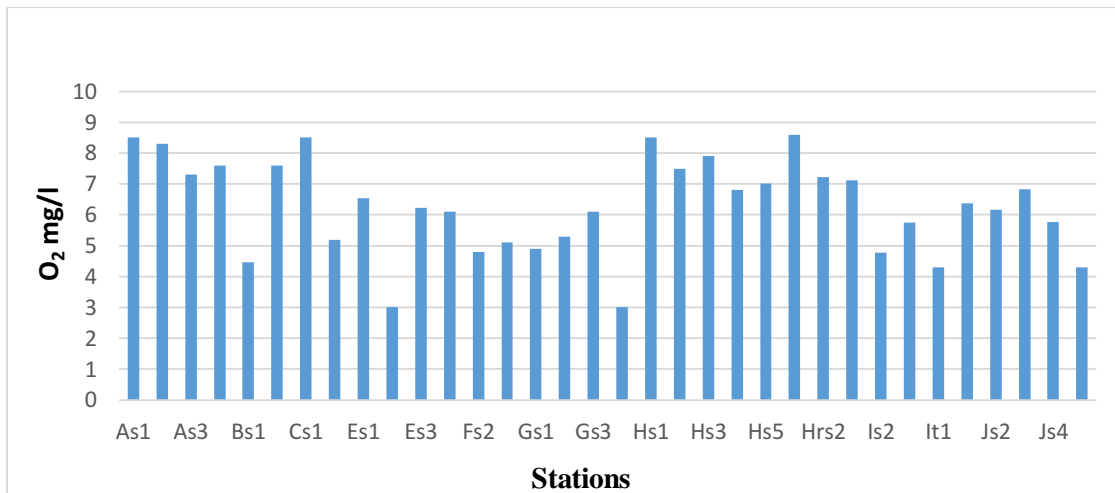


Figure 17 : Variation de l'oxygène dissous de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)



Figure 18 : Distribution de l'oxygène dissous sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl

IV.1.3. Le potentiel Hydrogène

Les valeurs de pH de la Baie varient entre un maximum de 8,25 aux niveaux des stations (It1-Gs1-Fs2), et un minimum de 7,74 aux niveaux de la station (Gs4), avec une moyenne de 8,11 et un écart-type de 0,14.

On observe que les résultats de pH de la cote, sont pratiquement homogènes, sauf ou il y a le déversement d'eau douce comme les oueds, les résultats est faible.

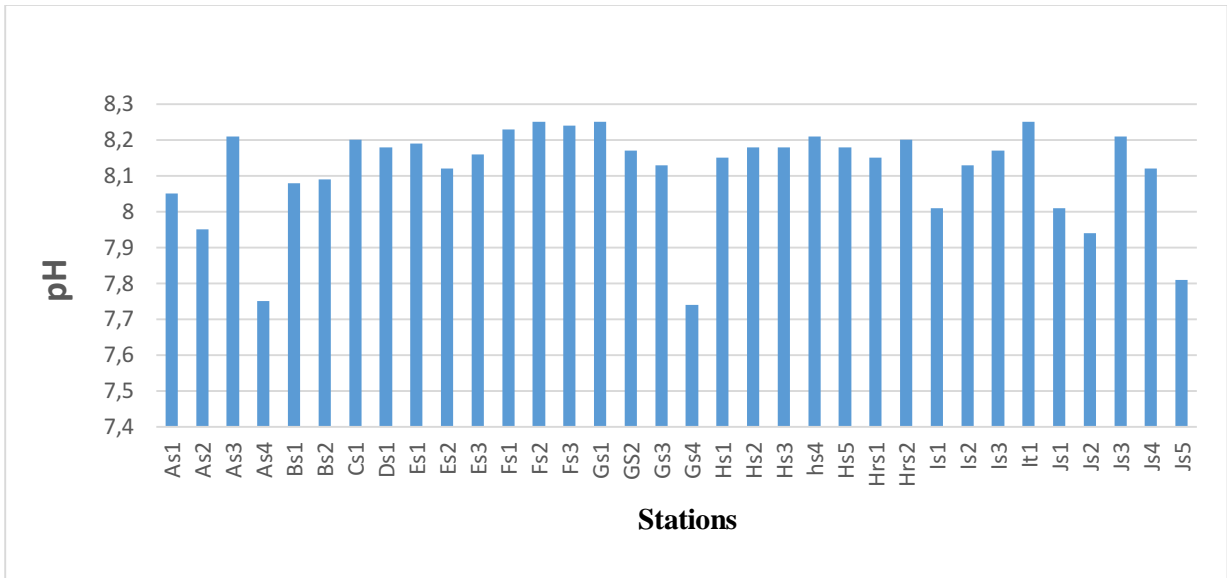


Figure 19 : Variation de pH de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)

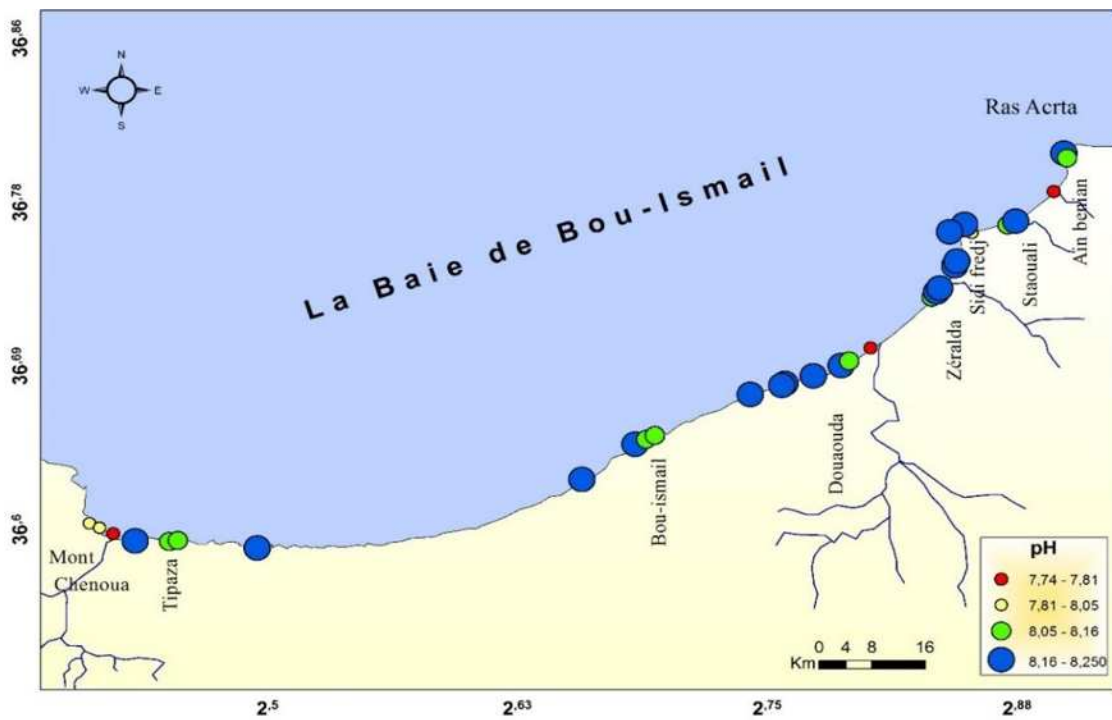


Figure 20 : Distribution du pH sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)

IV.2. Distribution des paramètres particuliers

Les résultats obtenus des paramètres particuliers de la cote de la Baie de Bou Ismail, sont résumés dans le tableau sur l'annexe 1 et leurs représentations graphiques sont résumées ci-dessous

IV.2.1. La matière en suspension(MES)

Les matières en suspension de la Baie ont des valeurs comprises entre un maximum de 92,4 mg/l au niveau de la station (Fs3), et un minimum de 37,6 mg/l de la station (C), avec une moyenne de 59,48 mg/l, et un écart-type de 13,89 mg/l.

Les fortes teneurs des matières en suspension reviennent au déversement des eaux usées et pour certaines stations à l'agitation de la mer, ce qui a causé la remise en suspension des particules.

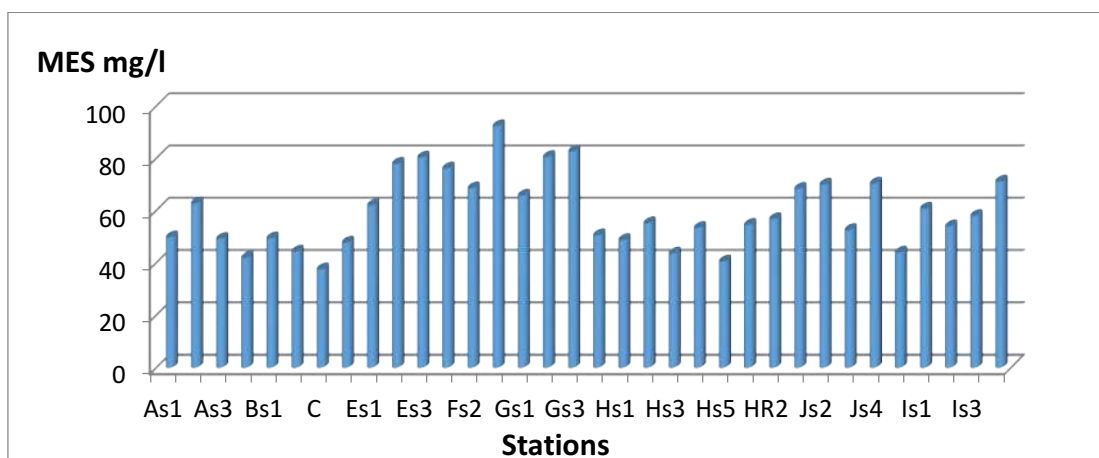


Figure 21 : Variation de la matière en suspension de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)

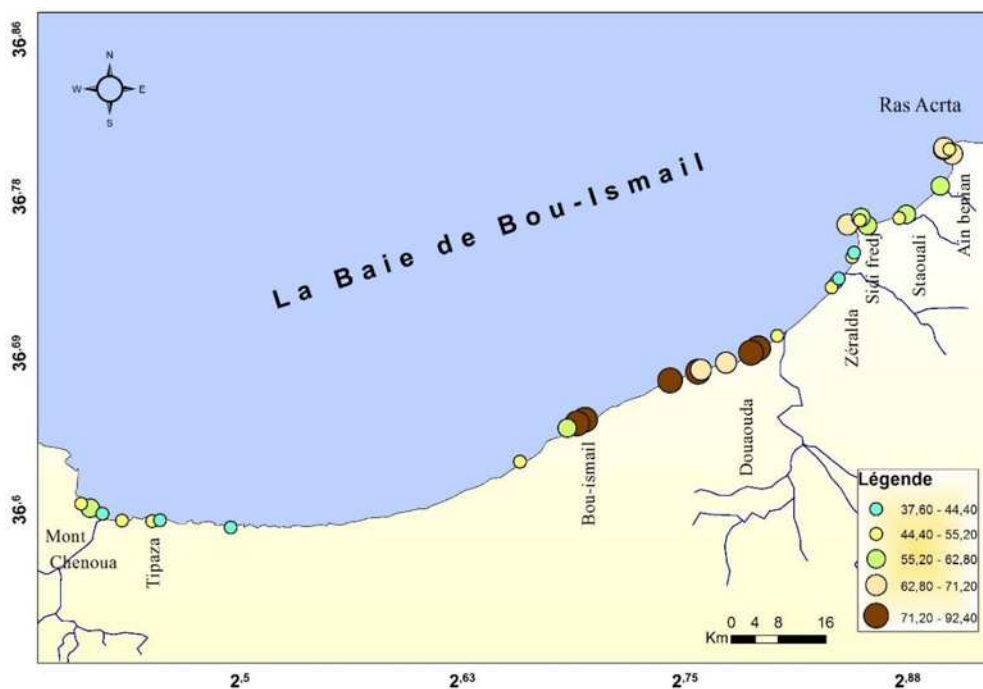


Figure 22 : Distribution de la matière en suspension sur le littoral de la Baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)

IV.2.2. La matière organique

Les variations du pourcentage de matière organique suivent celles de MES, dont on a enregistré des fortes valeurs. Un intervalle de 5,22-52,82% pour les stations (As1) et (Es2), avec une moyenne de 22,70% et un écart-type de 11,46.

Les fluctuations de la matière organique particulaire sont similaires au cycle des matières en suspension, dont les valeurs maximales sont enregistrées au niveau de la côte surtout pour la station (Es2) face à un rejet d'eaux usées, qui favorise la décomposition de matières d'origine animale ou végétale sous l'influence des micro-organismes.

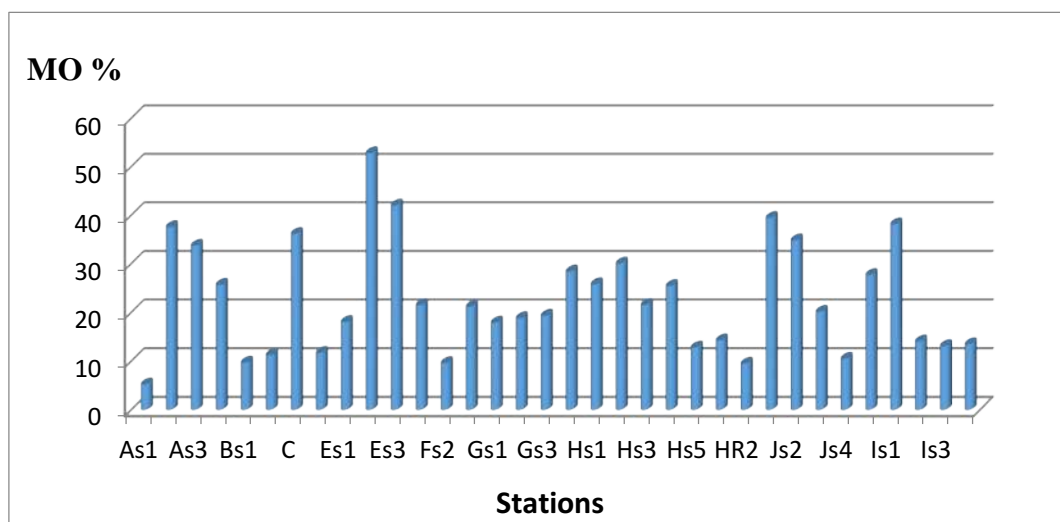


Figure 23 : Variation de la matière organique de la baie de Bou-ismail (mai 2015)

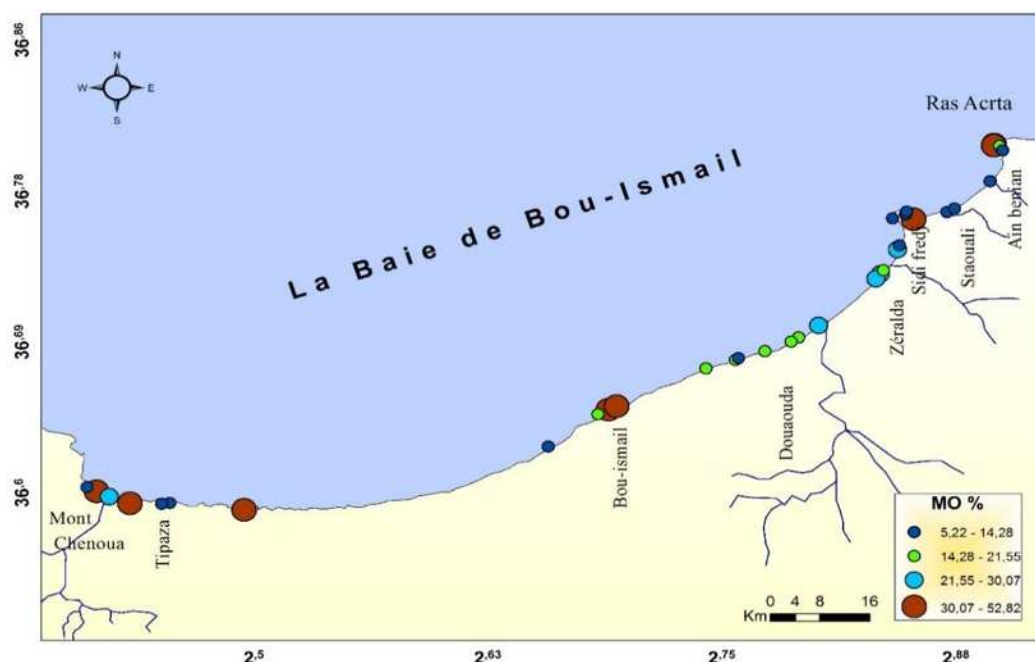


Figure 24 : Distribution de la matière organique sur le littoral de de la baie de Bou-ismail (mai 2015)

IV.3. Variation des sels nutritifs

Les résultats obtenus des sels nutritifs de la cote de la Baie de Bou Ismail, sont résumés dans le tableau sur l'annexe 1 et leurs représentations graphiques sont résumées ci-dessous

IV.3.1. Nitrates (NO₃⁻)

Les valeurs de concentration en nitrates enregistrées au niveau de littoral de la Baie, sont comprises entre 0,02µmol/l à la station (As1) et 2,55µmol/l à la station (As4), avec une moyenne de 0,42µmol/l et écart-type de 0,60µmol/l.

Les concentrations sont vraiment faibles, caractéristiques de la période d'échantillonnage qui suit la période de bloom phytoplanctonique et les faibles apports continentaux (printemps et été).

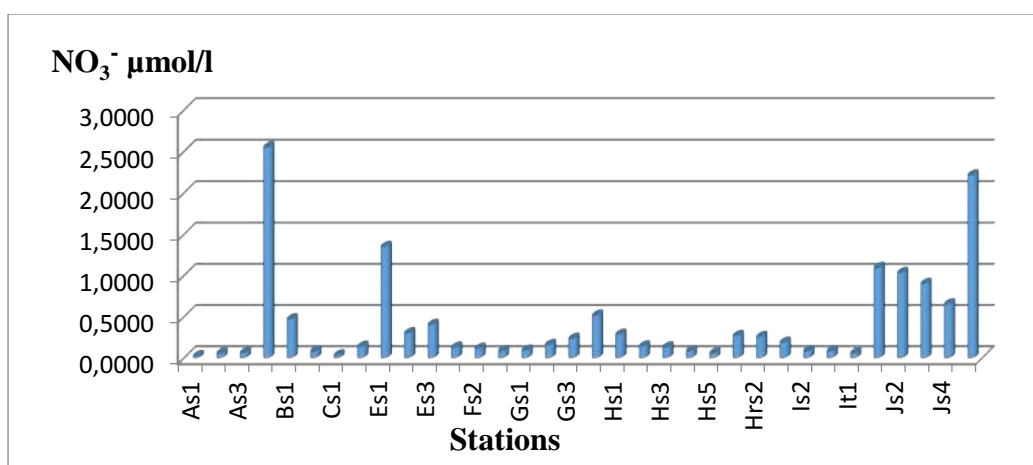


Figure 25 : Variation de la concentration de nitrate de la baie de Bou-Ismail



Figure 26 : Distribution de Nitrates sur le littoral de la baie de Bou-Ismail

IV.3.2. Nitrites (NO₂⁻)

Les concentrations moyennes de nitrites varient entre 0,02µmol/l (station As1) et 0,93µmol/l (station Es1), avec une moyenne de 0,21µmol/l et un écart-type de 0,24µmol/l.

On observe que les résultats de nitrites sont pratiquement élevés devant les apports continentaux, (Es1 ; Js1 ; Js2 ; Js3), et les résultats faibles sont observées au niveau de la station de dessalement (Fs2 ; Fs3) et la plage de Matares (As1 ; As2).

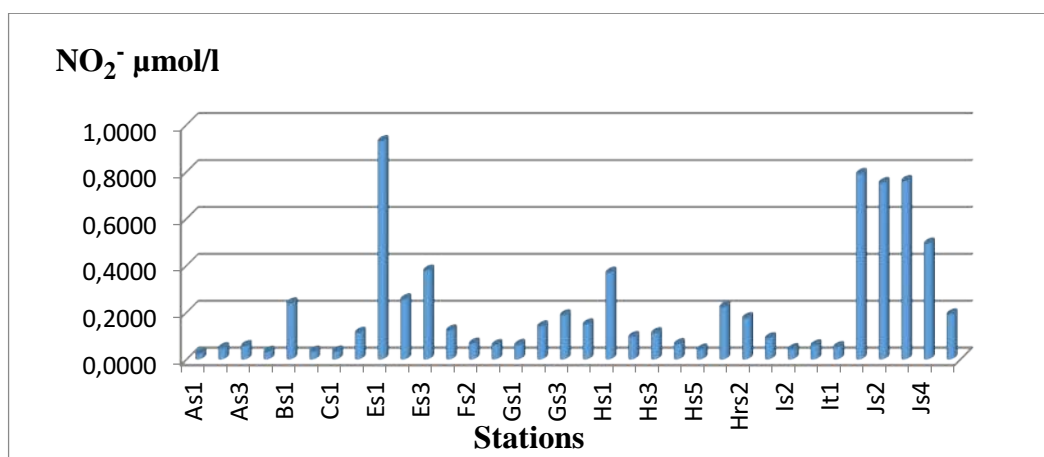


Figure 27 : Variation de la concentration de nitrite de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)



Figure 28 : Distribution de Nitrites sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015).

IV.3.3. Ammonium (NH₄⁺)

Sur la cote, les concentrations en ammonium sont entre un maximum de 26,95 μmol/l au niveau de station (Hs3) et un minimum de 0,12 μmol/l à la station (Gs2), avec une moyenne de 5,64 μmol/l et un écart-type de 7,41 μmol/l.

On remarque que les valeurs de concentration sont élevées dans certaines stations, ce qui est dû à la présence des rejets domestiques et industriels (Hs3) (Cs1).

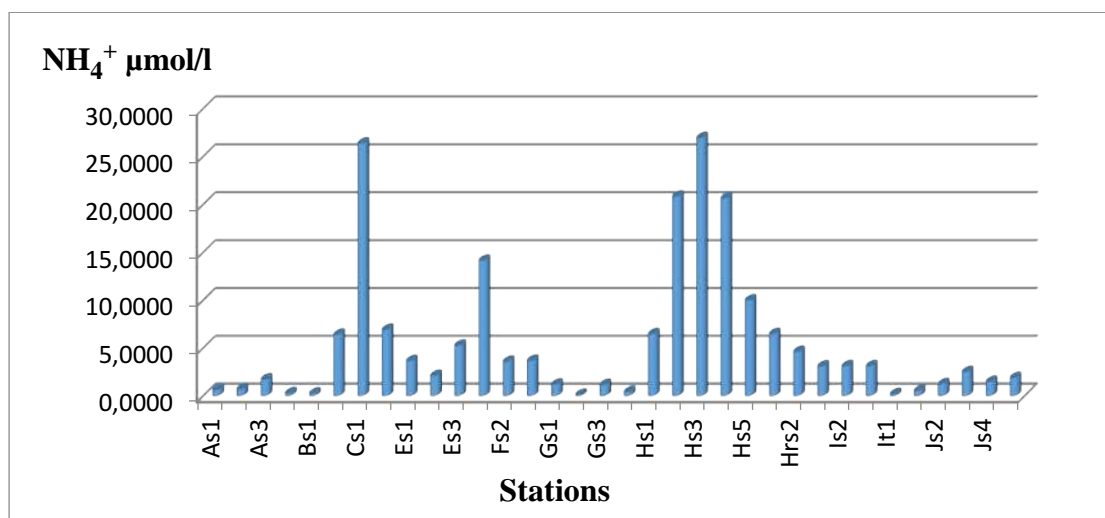


Figure 29 : Variation de la concentration de l’ammonium de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)

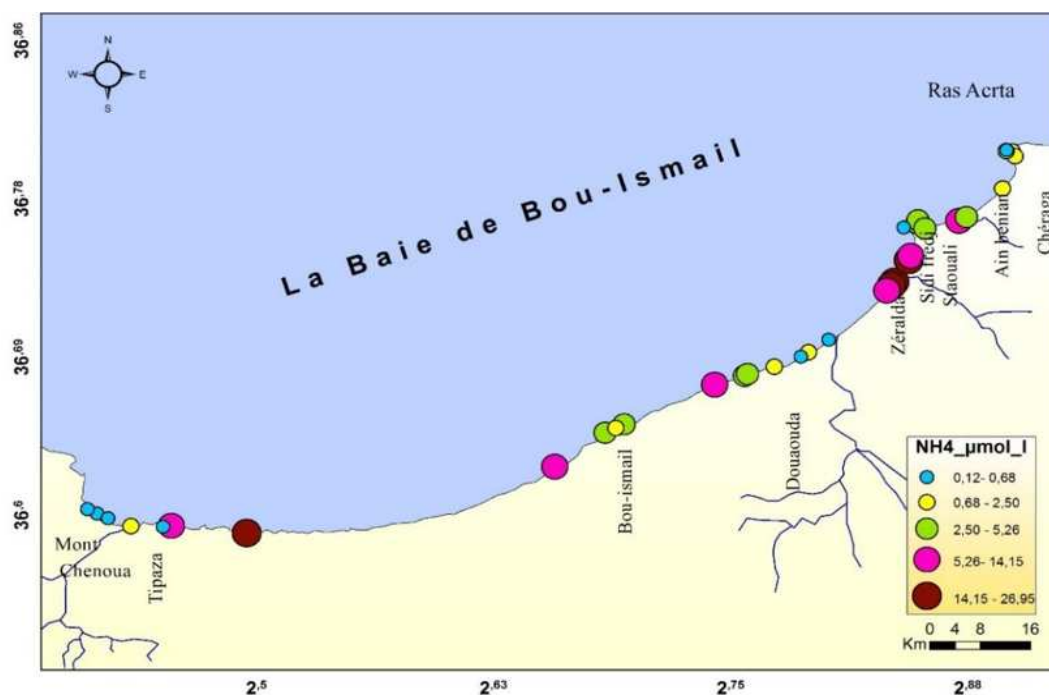


Figure 30 : Distribution de l’ammonium sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)

IV.3.4. Orthophosphate (PO_4^-)

Les teneurs en orthophosphates marquent un maximum de $3,86 \mu\text{mol/l}$ au niveau de la station (Gs4) et un minimum de $0,04 \mu\text{mol/l}$ dans la station (Js3), avec une moyenne de $0,28 \mu\text{mol/l}$ et un écart-Type de $0,67$.

La différence entre les valeurs des phosphates obtenues lors de l'analyse revient à la localisation des stations et tous les facteurs qui peuvent influencer la zone comme les apports continentaux, les rejets industriels (industrie agro-alimentaire, laveries, ...) et domestiques, lessivage des terres cultivées renfermant des engrais phosphatés ou traités par des pesticides.

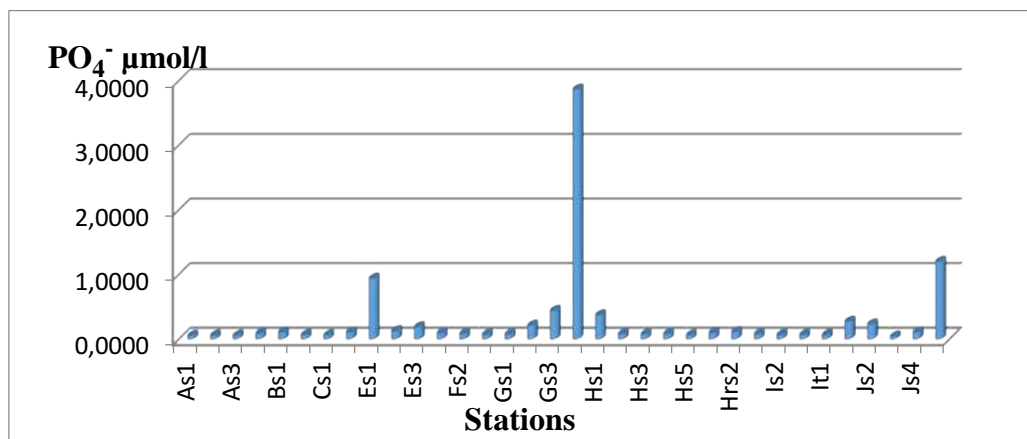


Figure 31 : Variation de la concentration d'orthophosphate de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)



Figure 32 : Distribution des orthophosphates sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)

IV.3.5. Silicate (SiO_2^-)

Les concentrations des silicates enregistrées varient entre $0,81 \mu\text{mol/l}$ et $91,39 \mu\text{mol/L}$, avec un maximum mesuré au niveau de la station (Gs4) et un minimum dans la station (As2), pour une moyenne de $8.29 \mu\text{mol/l}$ et un écart-type de 19.63.

On observe que les valeurs de concentration sont pratiquement élevées ce qui est du à la présence des apports continentaux.

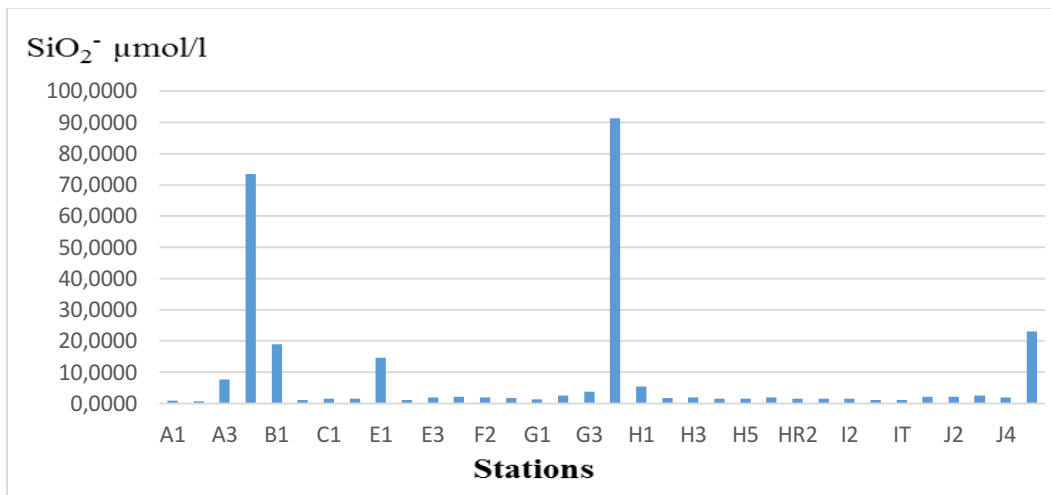


Figure 33 : Variation de la concentration de silicate de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)



Figure 34 : Distribution des silicates sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)

IV.4. Comparaison des Teneurs en sels nutritifs obtenues dans la baie de Bou-Ismaïl avec des données antérieures

Le tableau suivant, nous montre les différentes teneurs en sels nutritifs dans la baie de Bou-Ismaïl obtenues au cours de notre campagne et des campagnes antérieures.

On remarque que les valeurs des concentrations des nitrates et des nitrites ont augmenté légèrement pendant les trois années (2010 ; 2012 ; 2015), concernant celles d'ammoniums et des silicates, elles ont diminué de 2010 vers 2012 et augmenté vers 2015 et inversement pour le phosphates.

Tableau 4 : Comparaison des teneurs en sels nutritifs avec celles obtenues antérieurement sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl.

Années Concentrations	La présente étude (2015)			(Anayat, et al., 2010)			(Khechni, 2012)		
	min	max	moy	Min	max	moy	Min	max	Moy
Nitrates	0,0253	2,553	0,423	0,002	0,131	0,056	0,113	0,361	0,077
Nitrites	0,024	0,93	0,213	0,011	0,446	0,082	0,008	0,277	0,092
Ammonium	0,125	26,95	5,64	3,440	22,360	7,11	3,552	12,347	4,949
Phosphates	0,042	3,866	0,286	0,000	0,081	0,022	0,136	2,717	0,426
Silicates	0,819	131,397	9,472	0,460	8,150	2,87	0,891	4,364	1,627

IV.5. Interprétation des résultats de l'analyse granulométrique

IV.5.1. La calcimétrie

Les taux de carbonates des échantillons varient de 12.53 et 54.81%.

Le taux maximal a été enregistré au niveau de plage de Front de mer Bou-Ismaïl et la partie Est de port de Tipaza par conséquent le taux minimal a été observée au niveau de Bouharoun, avec un moyen de 26.32%.

Ceci s'explique par le fait que la plage du Front de mer Bou-Ismaïl est riche en débris de coquilles et en fragments calcaires que les vagues déposent, par conséquent la diminution de la teneur en carbonates au niveau de Bouharoun et la plage Artificielle, s'explique par leur faible apport via les vagues étant donné que c'est une zone à faible hydrodynamisme.

Il est en effet généralement admis pour les sédiments que les taux élevés de carbonates reflètent des conditions caractérisées par des températures chaudes et une forte productivité primaire. A l'inverse, de faibles pourcentages traduisent des périodes où le matériel terrigène plus abondant dilue le signal de productivité.

Le taux maximum s'explique par la présence de pollution qui entraîne la mort des mollusques ou par la concentration des débris de coquilles dans cette zone.

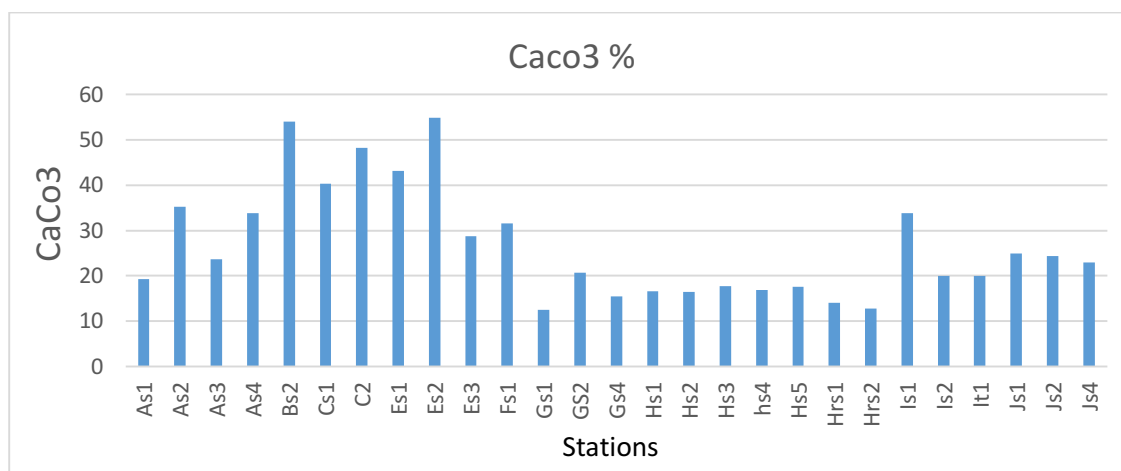


Figure 35 : Variation des carbonates au niveau de la baie de Bou- Ismail. (mai 2015)

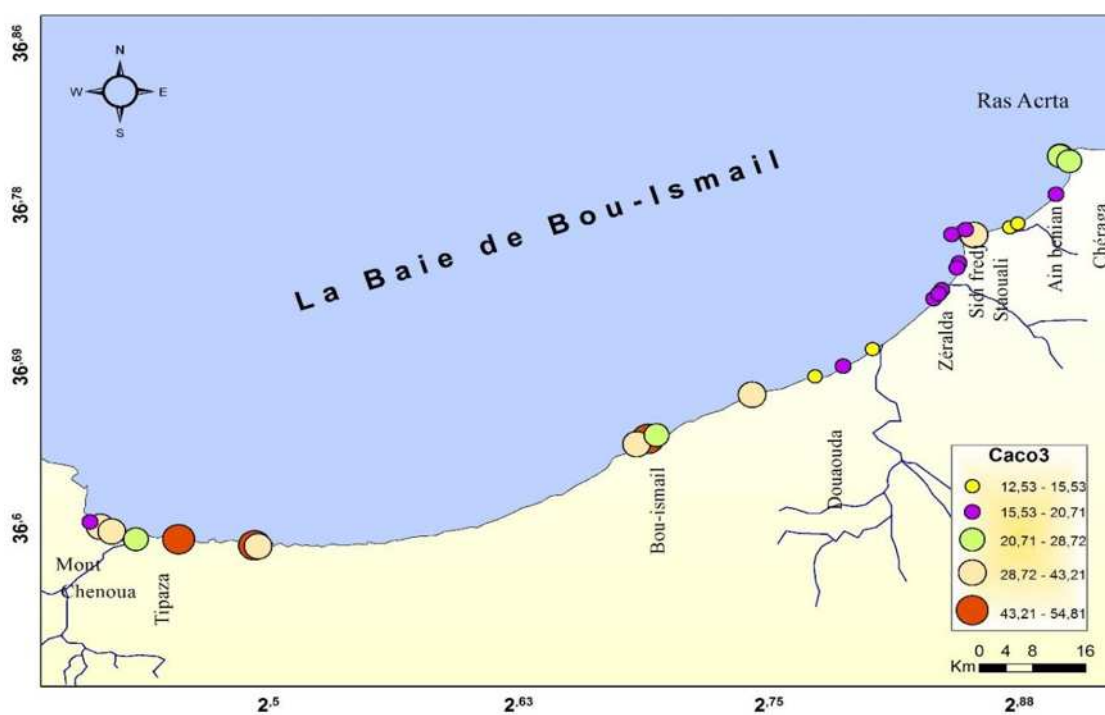


Figure 36 : Distribution des carbonates sur le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)

IV.5.2. La fraction pélitique

L'étude de la fraction fine consiste, d'abord à évaluer pour chaque échantillon le pourcentage de cette fraction à 50 μ m. ensuite on a établi une carte des pélités qui montre la répartition de cette fraction au niveau de littoral de la Baie de Bou-Ismaïl.

Le pourcentage des pélités s'échelonne entre 0.12% (Is1) à l'Est du port de Sidi Fredj ; et 1.56% (Bs2) à l'Est du port de Tipaza, avec une moyenne de 0.6 % et un écart-type de 0.33 ; nous remarquons que les taux des pélités sont assez faibles.

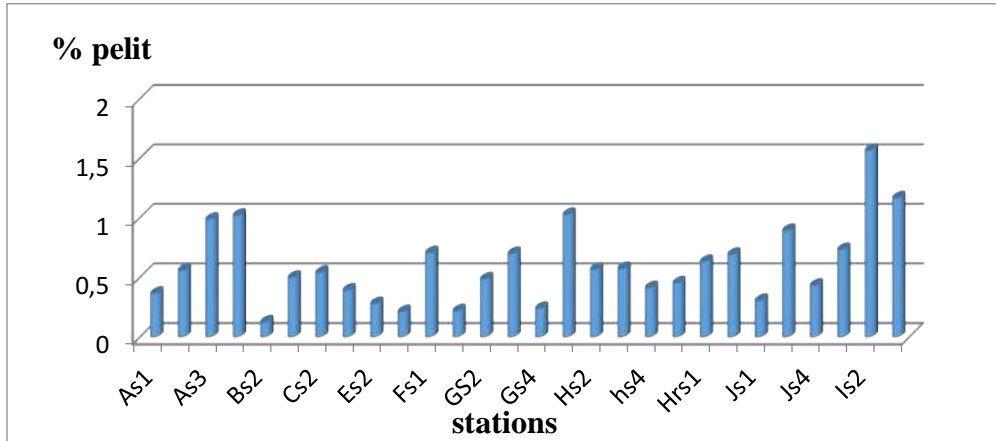


Figure 37 : Variation de la fraction pélitique au niveau de la baie de Bou- Ismaïl. (mai 2015)



Figure 38 : Distribution de la fraction pélitique dans le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)

IV.5.3. Fraction grossière

IV.5.3.1. Aspect général des courbes cumulatives

a. Courbes unimodales

Les courbes unimodales indiquent la présence d'un seul stock sédimentaire exposé par un seul mode granulométrique représentatif du sédiment.

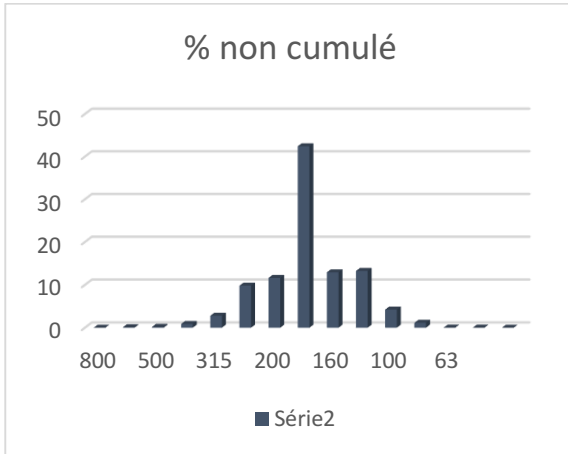


Figure 39 : Histogramme unimodal

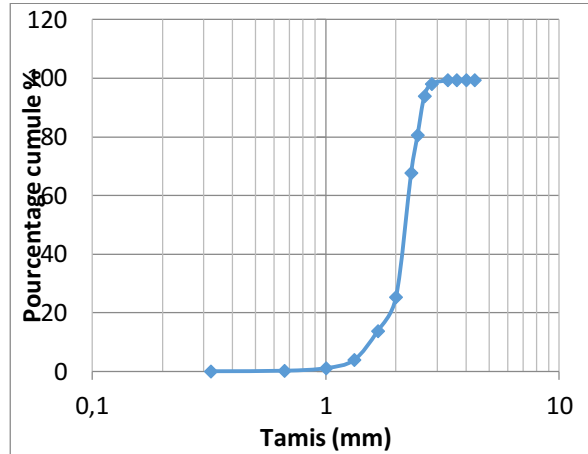


Figure 40 : Courbe unimodale

D'une vue globale, les courbes cumulatives des 27 stations étudiées ont une allure progressive, en effet ces courbes sont relativement semblables, ce qu'explique probablement par une même énergie des houles.

b. Courbes bimodales

Les courbes bimodales indiquent la présence de deux stocks sédimentaires exprimés par deux modes granulométriques représentatifs du sédiment.

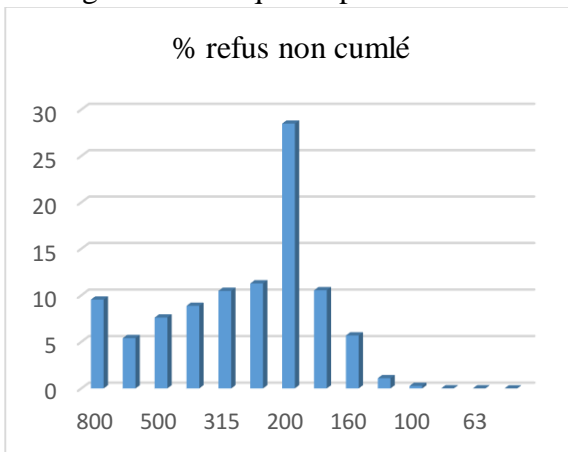


Figure 41 : Histogramme Bimodal

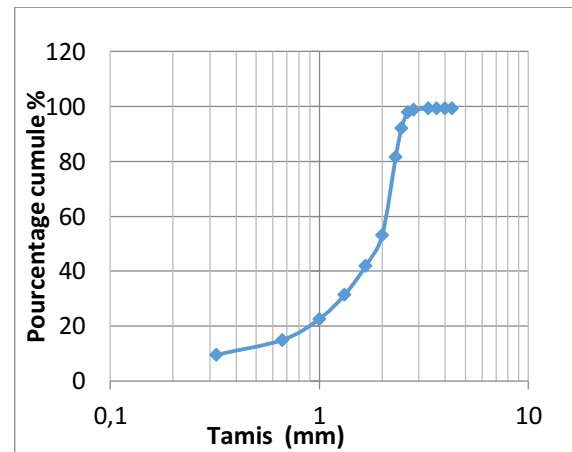


Figure 42 : Courbe bimodale

C. Courbes plurimodales

Elles rendent compte de la présence de plusieurs stocks sédimentaires au sein d'une même population dynamique. Elles sont surtout représentatives du sédiment grossier.

Cette hétérogénéité serait due à la nature des sédiments grossiers.

Ces courbes sont marquées par la présence de plusieurs modes granulométriques représentatifs du sédiment.

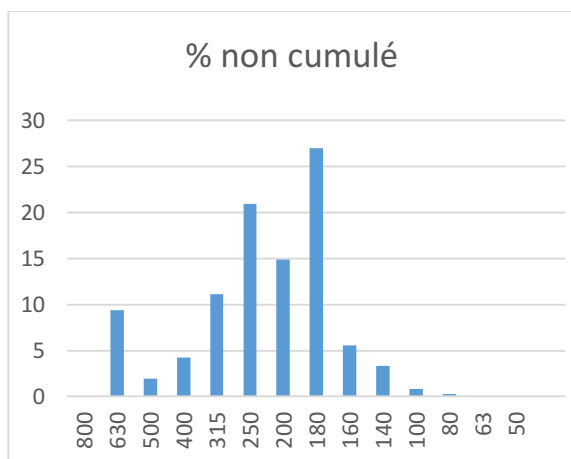


Figure 43 : Histogramme plurimodale

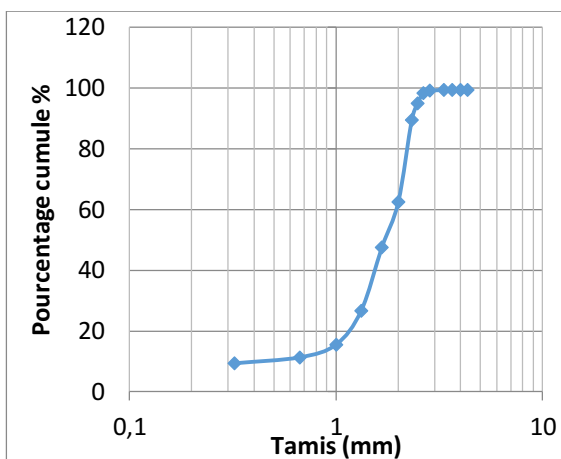


Figure 44 : Courbe plurimodale

IV.5.3.2. Le quartile inférieur (Q25)

Les valeurs de Q25 varient de 180 à 662 μm , à la plage de Douaouda et frond de mer (Bou-Ismaïl), on trouve la valeur de 662 et 661 μm , par contre la valeur de 180 μm est observée au niveau de plage Ouest de Sidi-Fredj. Ce qui traduit une zone calme pour Sidi-Fredj et une zone exposée pour Bou-Ismaïl

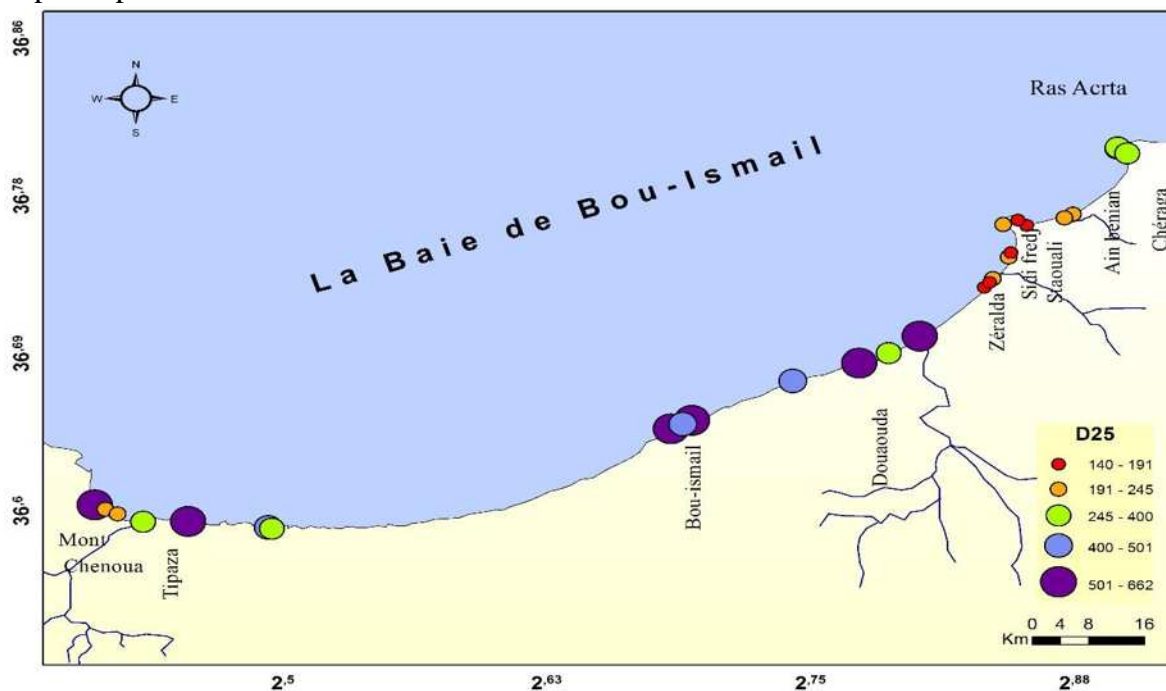


Figure 45 : Distribution du quartile inférieur sur le littoral dans la baie de Bou-Ismaïl

(mai 2015)

IV.5.3.3. La Médiane (D50)

La distribution des médianes varie de 165 à 774 μm , la valeur minimale est enregistrée au niveau de la plage Ouest de Sidi-Fredj et la valeur maximale est observée à l'Est du Port de Tipaza,

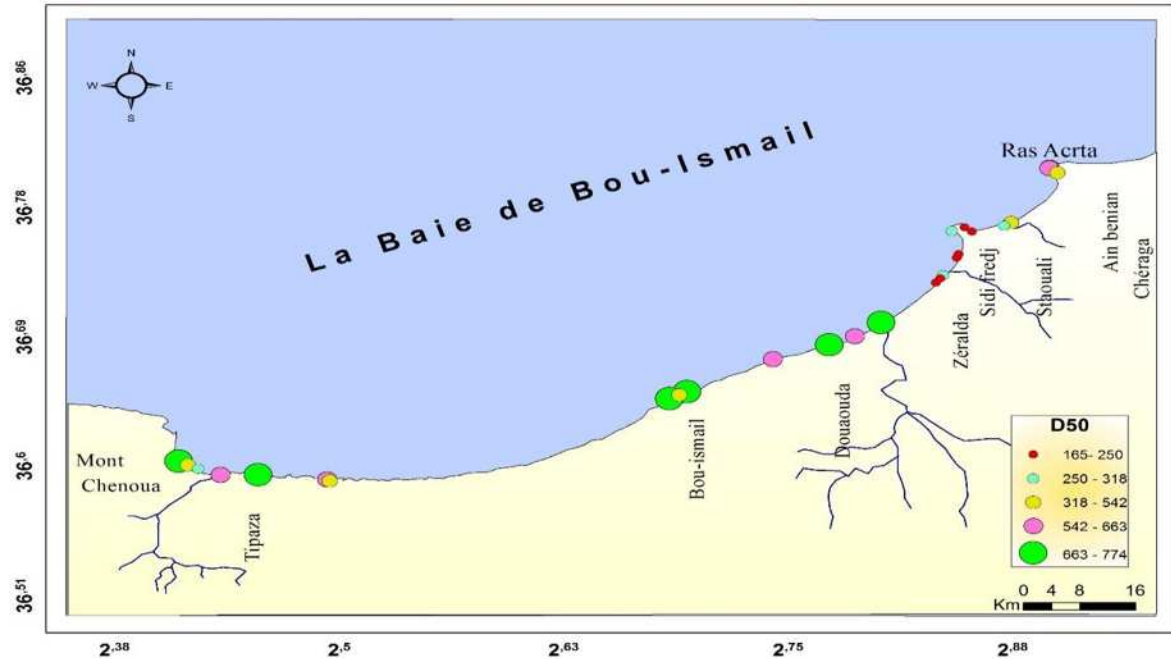


Figure 46 : Distribution de La Médiane dans le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)

IV.5.3.4. Le quartile supérieur (Q75)

Correspond au diamètre de grain représentant 75% du poids de sédiment.

Les valeurs du Q75 varient entre 795 et 194 μm , à l'Est du port de Tipaza on trouve la valeur de 795 μm , en revanche la valeur de 194 μm (Is2) est observée au niveau de la plage Ouest de Sidi-Fredj



Figure 47 : Distribution du quartile supérieur dans le littoral de la baie de Bou-Ismaïl (mai 2015)

IV.5.3.5. Analyse modale

Les échantillons de notre zone sont caractérisés par la présence d'un seul trait (faciès) granulométrique des sables grossier (13 stations sur 27 ont un mode de 800um), correspondant à un seul mode granulométrique.

Le mode 800 μm est plus largement représenté dans notre zone d'étude, il se concentre beaucoup plus à l'Ouest de la zone.

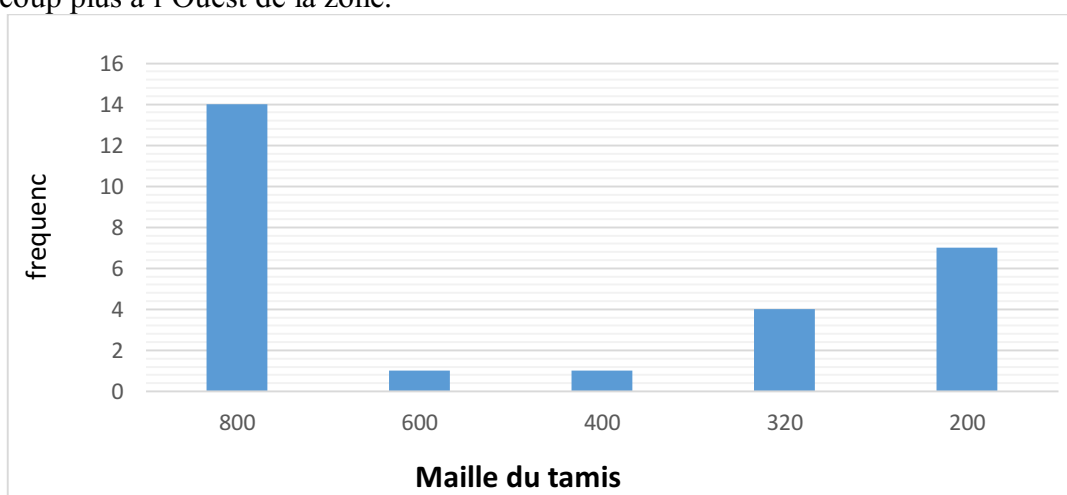


Figure 48 : Fréquence d'apparition modale

IV.5.3.6. Les indices granulométriques

a. Indice de classement de Trask ou indice de tri S_0 .

Dans notre zone les valeurs de S_0 varient entre 1.07 et 1.87, ces résultats traduisent un sédiment bien classé.

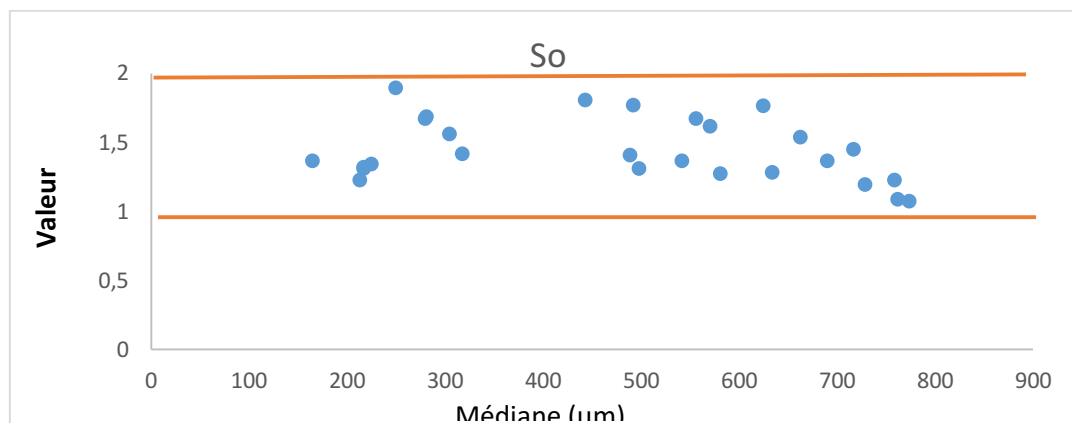


Figure 49 : Relation entre l'indice de classement et la médiane

b. Indice d'asymétrie ou indice de Skewnes (SK)

Les valeurs de l'indice d'asymétrie Sk des échantillons de notre zone varient entre 0.50. 1.69 ; ce qui traduit un tri maximum vers les grossiers sauf : les échantillons de Sidi-Fredj ont un tri maximum vers le fin.

Les valeurs de l'indice d'asymétrie des échantillons prélevés varient autour de 1, une moitié avec des valeurs inférieures à 1 et l'autre moitié supérieure à 1. Donc cela traduit un tri maximum vers les fines dans certaines zones et dans d'autres zones le tri est maximum vers les grossiers.

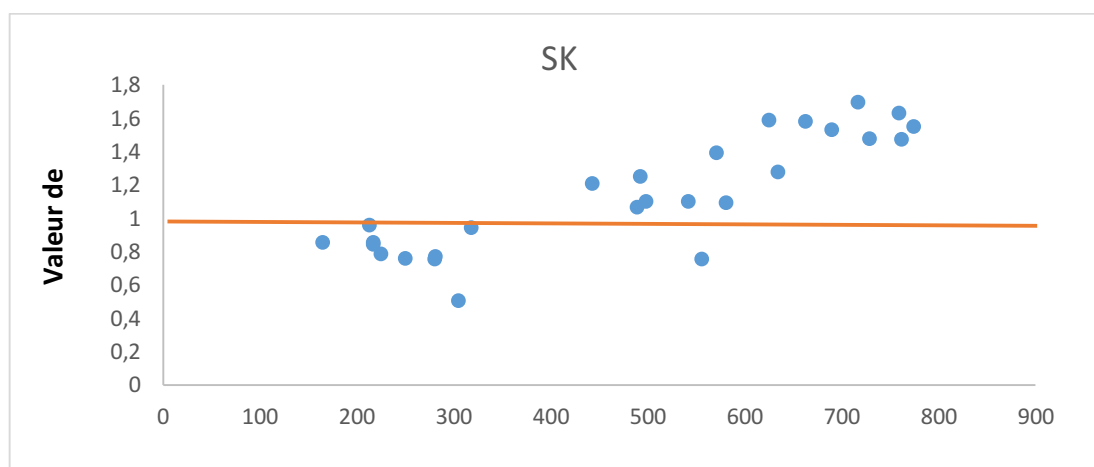


Figure 50 : Relation entre l'indice d'asymétrie et la médiane

Chapitre V

**Impact des infrastructures
littorales**

Chapitre V Impact des infrastructures littorales sur les paramètres physico-chimiques et de pollution au niveau de la baie de la Bou-Ismaïl :

Au niveau du milieu marin, les infrastructures littorales ont beaucoup d'influence sur les paramètres physico-chimique et de pollution, la baie de Bou-Ismaïl est l'une des grandes baies de la côte Algérienne, elle se distingue par sa vocation touristique, forte occupation de la zone côtière, activités industrielles (**tableau5**) et les infrastructures littorales (**figure 49**)

Tableau 5 : Les activités polluantes les plus importantes dans la baie de Bou Ismaïl

(Ministère de l'Aménagement de Territoire et de l'Environnement, 2006) (**Zerrouki, 2014**)

Dénomination de l'unité	Nature de l'activité	Nature de la pollution générée
SARL RESITECK	Production de peinture bâtiments	Apports importants de métaux lourds, huiles et lubrifiants
ALUFER	Métallurgie	Chutes d'Aluminium et poussières de Fer
SARL PROCHIMAL	Fabrication des produits d'entretiens	Eaux usées chargées d'éléments chimique, rejets de savons
PLASTRAM	Transformation plastique	Eaux de nettoyage
PFIZER	Fabrication produits vétérinaires	Eaux usées chargées d'éléments Chimiques
TONIC EMBALLAGE	Fabrication de boîte, gobelet	Rejet d'eaux usées domestiques, chutes de cartons, papiers, colorants, matières plastiques
TERRA CERAMIQUE	Production céramique et poteries	Lessivages d'argiles vers la mer

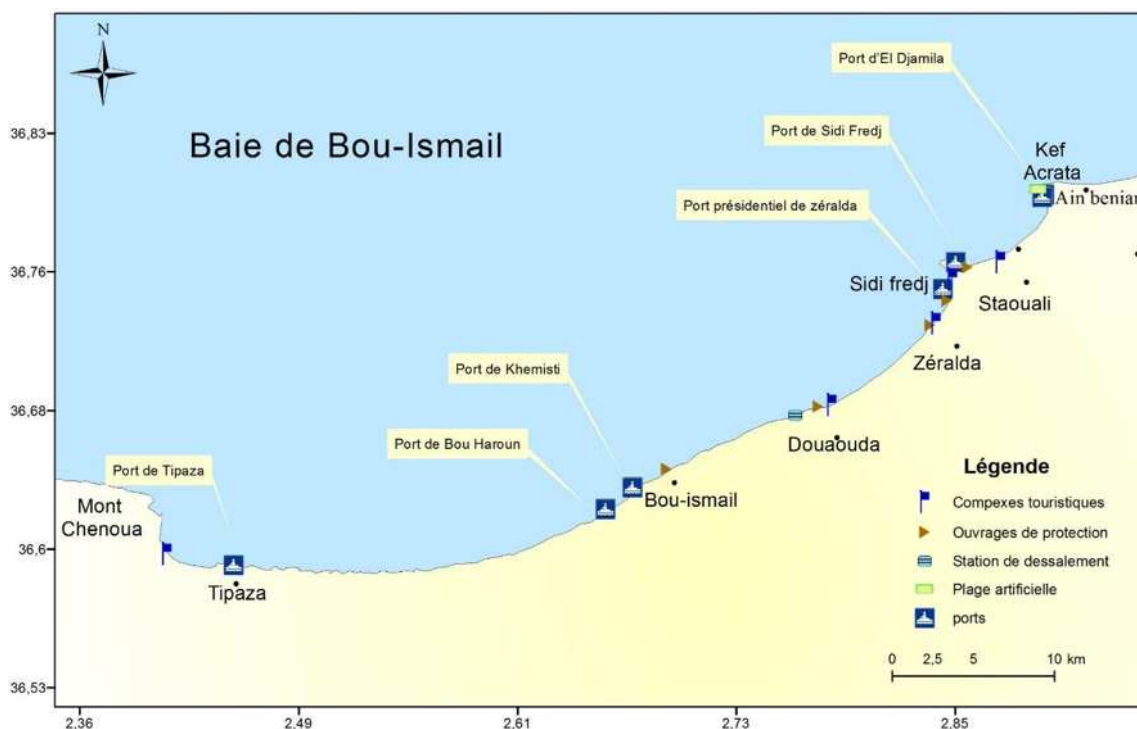


Figure 51 : Les infrastructures littorales de la baie de Bou-Ismaïl

Pour la baie de Bou Ismail, la frange côtière est soumise principalement aux rejets domestiques des villes et des complexes touristiques (**tableau6**) qui se déversent directement dans le milieu naturel sans aucun traitement au préalable dans la plupart des cas s'accroissant en période estivale. Ajoutant à cela les rejets d'eaux usées véhiculées par les oueds qui traversent les centres urbains et qui se déversent en mer, drainant les eaux de ruissellement des terres agricoles, des effluents urbains et industriels (**L.E.M., 1998**).

Tableau 6 : Débit des rejets d'eaux usées dans la baie de Bou Ismail (Ministère de l'Aménagement de Territoire et de l'Environnement, 2006) (**Zerrouki, 2014**)

Communes	Nombre de rejets	Débit (m3 .j-1)	Lieu de rejet
Bou-Ismaïl	9	4000	Mer
Bou-Haroun	4	320	Mer
Khemisti	6	400	Oued Khemisti et Mer
Fouka	5	3600	Mer
Douaouda	5	1600	Oued Mazafran et Mer
Tipaza	8	7140	Mer

IV.1. La zone de Chenoua

Cette zone contient le complexe touristique de Materes ainsi que l'embouchure de l'Oued Nador.

Dans notre étude nous avons constaté que les valeurs de la salinité et de pH sont relativement faibles, pour les sels nutritifs (nitrates et silicates) les valeurs sont assez importantes, cela peut correspondre à l'exutoire de l'oued Nador ainsi qu'aux rejets domestiques du complexe touristique.



Figure 52 : Oued Nador



Figure 53 : complexe de Materess

IV.2. La zone de Tipaza

La zone de Tipaza dispose d'un port qui présente une source de pollution par les rejets des eaux usées de la ville, outre le diversement de produits hydrocarbures issus de l'entretien des embarcations.

L'étude des paramètres physico-chimiques et de pollution, révèle des valeurs de salinité relativement faibles, des valeurs de sels nutritifs (silicates) assez importantes, ainsi que les teneurs de calcaires sont assez important, ce fait peut être expliqué par la proximité de l'embouchure d'oued Nador, et le déversement des eaux usées dans le port.



Figure 54 : Port de Tipaza



Figure 55 : Un jet d'eau usée

IV.3. La zone de Bouharoun et de Bou-Ismaïl :

Cette zone englobe plusieurs infrastructures littorales : port de Bouharoun, port de Khemisti, ouvrages de protection de Bou-Ismaïl ; urbanisation et industrialisation (Bouharoun, Khemisti et Bou-Ismaïl)

La qualité des eaux dans ces ports est infectée par des eaux usées, des embarcations alitées, une pollution chimique due à la navigation et à l'entretien des bateaux (peinture, hydrocarbures), et des macro-déchets flottants

Ces infrastructures peuvent engendrer un impact sur les paramètres physico-chimiques et de pollution, ainsi les paramètres sédimentologiques tel que la teneur de calcaire. Ce qui est confirmé par les résultats trouvés.

Des valeurs de température sont assez importantes ainsi que les valeurs de la matière organique et matière en suspension qui sont remarquablement élevées.

L'étude sédimentologique relève que les valeurs de calcaire sont assez importantes.

Donc on peut dire qu'il y a un impact très important des infrastructures sur les paramètres physico-chimiques et sédimentologiques.



Figure 56 : Port de Bouharoun



Figure 57 : Les ouvrages de protection de Bou-Ismaïl

IV.4. La zone de Fouka et Zeralda

Cette zone est caractérisée par un abri de pêche au niveau de Fouka marine, une station de dessalement au niveau de Douaouda et un épi, de nombreux ouvrages de protection au niveau du complexe touristique et Palm Beach (Zeralda), par le déversement intense des eaux usées, ainsi que la présence des apports de l'oued Mazafran et un barrage.

On remarque la formation des tombolos au niveau des brise-lames, ces derniers constituent un plan d'eau calme ce qui favorise le dépôt des sédiments en les piégeant.

L'étude portée sur cette zone montre que les valeurs de la salinité sont très faibles.

Concernant les sels nutritifs les valeurs de l'ammonium et de silicate sont assez importantes.

Ces résultats peuvent être dus à l'intensité des rejets des eaux usées ainsi que l'absence de régénération des eaux de mer au niveau de ces infrastructures.

Concernant les valeurs de la matière en suspension et la matière organique, nous avons constaté que les valeurs sont trop élevées, cette élévation peut correspondre à l'impact des travaux menés sur la zone (Palm Beach).

La présence de ces ouvrages de protection montre qu'il y a un déficit de sédiment qui peut-être dû au piégeage des sédiments par le barrage de Zeralda .



Figure 58 : Les travaux au niveau de Palm Beach

IV.5. La zone de Sidi Fredj

La zone de Sidi Fredj est caractérisée par un port de plaisance qui s'intègre dans le complexe touristique, et une série d'ouvrages de protection.

Les infrastructures portuaires et les équipements accompagnateurs du port ont un impact sur cette zone, telles que la perturbation de la dynamique littorale, la pollution des eaux par la diffusion des polluants à l'extérieur du port ainsi qu'une pollution chimique dû à la navigation.

L'analyse granulométrique des sédiments de cette zone a montré que la majeure partie présente des sédiments de taille moyenne à fine dans les endroits à faible hydrodynamisme (exemple : entre les épis et plage Thalasso) ce qui favorise l'accumulation des carbonates.

Dans cette étude nous avons constaté que les valeurs de la température sont assez importantes, ainsi que les valeurs de l'ammonium.

Ces paramètres peuvent être influencés par la présence du port, complexe touristique, l'intensité des rejets des eaux usées et la proximité de l'embouchure d'oued Beni Messous.



Figure 59 : Port de Sidi Fredj

IV.6. La zone d'El-Djamila

La zone d'El-Djamila est caractérisée par la présence d'un port de pêche et de plaisance et une plage artificielle avec un ouvrage de protection, et la présence des apports de l'oued Beni Messous.

Ces infrastructures peuvent engendrer un impact sur le milieu marin en matière de paramètres physico-chimiques et de pollution, ainsi les paramètres sédimentologiques. Ce qui est confirmé par les résultats trouvés.

Les valeurs de la matière en suspension et la matière organique sont assez importantes. Les concentrations de sels nutritifs sont assez importantes.

Outre, les résultats de la granulométrie montrent que les infrastructures littorales ont une influence sur l'hydrodynamisme marin.



Figure 60 : Plage Artificielle



Figure 61 : Port d'El_Djamila

Conclusion

L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité des eaux et des sédiments du littoral de la Baie de Bou-Ismaïl en se basant sur les paramètres physiques, chimiques, sédimentologiques.

Au terme de ce travail qui porte sur la contribution à l'étude des paramètres physico-chimiques et de pollution dans l'eau et dans le sédiment, nous sommes arrivés à certaines conclusions ;

Durant cette étude nous avons trouvé des valeurs faibles de salinité et de pH au niveau des embouchures des oueds à cause de la dilution de l'eau de mer par l'eau douce de ces derniers.

Les teneurs en oxygène dissous sont variables selon l'activité photosynthétique, la présence ou l'absence de matière organique dégradable et aussi le renouvellement de l'eau.

La distribution des sels nutritifs dans le littoral de la baie de Bou-Ismaïl est principalement influencée par l'activité anthropique.

Selon leurs concentrations obtenues, on peut dire que dans la zone d'étude, il existe une source de pollution par les sels nutritifs (Nitrates, Nitrites, Ammonium, Phosphates et Silicates) au niveau de l'embouchure des oueds et au niveau des rejets urbains.

L'étude sédimentologique montre qu'il y a une distribution assez classique des sédiments moyens bien classés, avec des taux de carbonates plus ou moins importants.

Donc on peut dire qu'il y a un impact très important des infrastructures littorales de la baie de Bou-Ismaïl sur les paramètres physico-chimiques et sédimentologiques.

D'une manière générale, on peut dire que le littoral de la baie de Bou-Ismaïl est soumis à l'influence directe de plusieurs milieux différents. Elle subit l'influence par les villes qui déversent sans traitement les eaux usées et le lessivage des terres agricoles chargé par les éléments azotés, phosphatés et silicates. Il faudrait considérer aussi une influence par les activités portuaires.

Pour mieux améliorer la compréhension de la distribution de la pollution dans la baie de Bou-Ismaïl il est recommandé de :

- Réaliser un suivi de la qualité des eaux côtières
- D'effectuer une étude de la courantologie au niveau de la baie de Bou-Ismaïl pour comprendre la dynamique des eaux et par conséquent la dynamique des polluants.
- Renforcer les analyses effectuées au niveau de la station de dessalement et les rejets industriels et des rejets d'oued Nador, Mazafran, Beni Messous.

La baie de Bou-Ismaïl est en face de risque de pollution. Cette zone nécessite une gestion basée sur la surveillance, le suivi et le contrôle de tous les facteurs influençant la pollution dans cette région.

Conclusion

Références bibliographiques

Bibliographie :

- Al sid chikh, S. et Lainsier, k. 2008.** Baie de bou-Ismaïl et Baie d'El Djamila : paramètres océanographiques, gestion littoral et imagerie bathymétrique. *Mémoire d'ingénieur*. Alger : ISMAL, 2008., pp. 4-7.
- Alain, A et Roger, K. 2004.** Hydrologie des écosystème marins paramètres et analyses. direction de l'environnement. France : IFREMER.
- Aminot, A et Chaussepied, M. 1983.** manuel des analyses chimiques en milieu marin. centre national pour l'exploitaion des oceans.337 p.
- Aminot, A. , Guillaud j-f et kerouel l . 1994 :** La baie de Seine : hydrologie nutriments et chlorophylle. Paris: Ifremer, 148 p.
- Anayat, M et Moudache, A. 2010.** La pollution tellurique dans les eaux et sédiments superficiels de la baie de Bou-Ismaïl. ENSSMAL : Mémoire de fin d'étude :Ingénieur.
- ANRH. 2003.**Agence Nationale des Ressources Hydrauliques. Alger : ANRH.
- AZZI, A et FAHEM, Z. 2007 :** Evaluation de la pollution par les sels nutritifs dans les principaux rejets du littoral algérois, Diplôme d'étude universitaire appliqué option pollution, ISMAL. 36 p.
- Bachari, H. 2009.** Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire. Université du val de marne paris xii. France :[s.n.].
- BAKALEM , Ali. 2008.** Contribution a l'étude des peuplements benthiques du plateau continental algérien. *Thèse de doctorat es-sciences de la nature* : [s.n.] 583p.
- Boukhata, M et Ourti, L. 2013.** Contribution à l'étude des paramètres physico-chimique dans la partie Est de la baie de Bou-ismaïl. ENSSMAL : *Mémoire de fin d'étude*.
- BOUGHRIRA, Abdelhak. 2012.** Modelisation spatiotemporelle des paramètre de la pollution organique dans la baie de Bou-Ismaïl.
- Braik, D. 1989.** l'etude de la dynamique sédimentaire devant Bou-ismaïl-sédimentologie-probleme d'erosion du littoral -amenagement. *Thèse de Magistere en geologier*.USTHB.
- Chamley, H. 1987.** La sédimentologie. Paris : Dunod, 175p.
- Copin-Montégut. 1996.** Chimie de l'eau de mer. France : Institut Océanographique de Paris.
- DAGORNE , A. 1973.** Sédimentologie et bionomie benthiques en baie de Bou_Ismaïl.
- Folk, R.I et Ward, W.C. 1957.** study of significant of grain size, brazil : [s.n.] 27p.
- Gaujous, D. 1995.** La pollution des milieux aquatique.

Gerard, B et Jean, P. 1974. La pollution des mers. 3e édition mise à jour:1994,juin. presses universitaires de france : [s.n.], 126p.

Glangeaud. 1958. Cartographie et évolution de l'état actuel du biseau salé de la baie d'Alger et son impact sur l'AE. Alger : [s.n.], 149p.

Grimes, s. 2004. Biodiversité marine et littorale Algérienne. Edition DIWAN Alger :[s.n.] pp. 20-29 .

Jean-Claude, Lacaz. 1996. L'eutrophisation des eaux marines et continentales. rue Bague Paris : Ellipses.

Inal, A. 2011. Les métaux traces dans les sédiments de la baie de Bou-Ismaïl. Surveillance de la pollution et étude des processus géochimiques. *Mémoire de Magister en Sciences de la Mer*, Option: Gestion et Surveillance de l'Environnement Marin et Littoral, ENSSMAL.

Kankou. 2004. Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie. france : Thèse de Docteur de l'Université de Limoges, 159p.

Khechni, A. 2012. Les paramètres physico-chimiques et les sels nutritifs dans la baie de Bou-Ismaïl. *Memoire de fin d'etude :Master*. ENSSMAL : [s.n.] 26p.

KINA, H et BAHAL, N ; 2009 : Caractérisation physico- chimique et des sels nutritifs de la baie d'El Djamil, Mémoire d'ingénieur en science de la mer option : environnement, ENSSMAL. 59 p.

Lacaze, J. 1996. Eutrophisation des eaux marines et continentales. Ellipses marketing.191p.

Leclaire, L. 1972. La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (Pré continent algérien). Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, nouvelle série, C, Sciences de la terre. Tome XXIV, 29p.

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

Michel, J. 1997. Surveillance de l'environnement littoral et côtier. Direction de l'environnement et aménagement littoral. Vol. France.

Ramade, F. 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollutions. france : science International, 251p.

Rivière. 1977. Méthode granulométrique Technique et interprétation. Paris : [s.n.] 170p.

Rodier, J. Bazin, C et Chambon, P. 1996. Analyse de l'eau: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8ème édition ., Paris : Dunod.

Sellali, B. 1996. La pollution par les hydrocarbures pétroliers en Méditerranée du sud occidentale : Niveau de pollution de l'eau et du sédiment superficiel des régions littorales centre et ouest de l'Algérie. *Thèse de magistère*. Océanologie; ISMAL. : [s.n.]118p.

Zerrouki, Mohamed. 2014. Etude de l'Acidification et de l'Oxygénation de la côte Algéroise.: *Memoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme*; OPTION : Géo-Risque et aménagement du littoral; ENSSMAL.

Annexes

Annexe 1

Tableau 7 : Les résultats des paramètres mesurés in situ au niveau de la baie de Bou-Ismaïl

station	T(C°)	S(PSU)	O ₂ mg/l	pH
As1	19,8	35	8,5	8,05
As2	19,8	34,9	8,3	7,95
As3	20,5	36,2	7,3	8,21
As4	20,6	21,8	7,6	7,75
Bs1	19,7	33,8	4,47	8,08
Bs2	19,8	34,9	7,6	8,09
Cs1	20,1	36,1	8,5	8,2
Ds1	20,2	34,3	5,2	8,18
Es1	23,1	32,3	6,54	8,19
Es2	21,2	35	3,02	8,12
Es3	21,6	34,8	6,23	8,16
Fs1	19,5	35,3	6,1	8,23
Fs2	20,4	36	4,8	8,25
Fs3	20,3	36,1	5,1	8,24
Gs1	20,7	36,3	4,9	8,25
GS2	20,4	34,9	5,3	8,17
Gs3	20	34,9	6,1	8,13
Gs4	20,5	23,8	3,01	7,74
Hs1	19,9	33,1	8,5	8,15
Hs2	20,5	36,4	7,5	8,18
Hs3	20	36,3	7,9	8,18
hs4	20,6	36,4	6,8	8,21
Hs5	19,9	36,4	7,01	8,18
Hrs1	21	36,1	8,6	8,15
Hrs2	20,1	36	7,23	8,2
Js1	19,8	33,4	6,38	8,01
Js2	19,7	33,8	6,17	7,94
Js3	20,8	33,7	6,82	8,21
Js4	20,3	34,1	5,77	8,12
Js5	20,5	21,6	4,3	7,75
Is1	20,9	34,9	7,11	8,01
Is2	20,5	35	4,78	8,13
Is3	19,5	35,2	5,74	8,17
It1	22,9	36,5	4,3	8,25
minimum	19,5	21,6	3,01	7,74
maximum	23,1	36,5	8,6	8,25
Moyenne	20,44412	33,97941	6,278824	8,112647
Ecart-type	0,80986	3,821612	1,543141	0,140504

Tableau 8: Résultats des paramètres particuliers mesurés au laboratoire.

station	MO %	MES mg/L
As1	5,22	49,8
As2	37,58	62,8
As3	33,74	49,2
As4	25,71	42
Bs1	9,71	49,4
Bs2	11,26	44,4
C	36,17	37,6
Ds1	11,71	47,8
Es1	18,06	62
Es2	52,82	78
Es3	42,03	80,4
Fs1	21,52	76,2
Fs2	9,621	68,6
Fs3	21,21	92,4
Gs1	17,93	65,8
Gs2	18,86	80,6
Gs3	19,37	82,6
Gs4	28,46	50,6
Hs1	25,82	48,8
Hs2	30,07	55,2
Hs3	21,56	43,6
Hs4	25,47	53,4
Hs5	12,81	40,6
HR1	14,28	54,6
HR2	9,51	56,8
Js1	39,47	68,4
Js2	34,86	70
Js3	20,15	52,6
Js4	10,51	70,4
Js5	27,73	44
Is1	38,16	60,8
Is2	14,07	54
Is3	13,10	58
It	13,48	71,2
minimum	5,22	37,6
maximum	52,82	92,4
moyenne	22,71	59,48
écart-type	11,46	13,89



Pompe de filtration



Dessiccateur



Four à moufle



Etuve

Annexe 2

I. Dosage des nitrites + nitrates:

Réactifs

- **Solution tampon**

Produits chimiques exigés :

Chlorure d'ammonium NH ₄ Cl.....	50 g.
Solution d'ammonium NH ₄ OH (25 %).....	±1 ml.
Hydroxyde de sodium NaOH.....	5 g.
Eau distillée H ₂ O.....	1000 ml.
Bridj 35 (30 %).....	3 ml.

Préparation

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

Note :

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

Réactif colorant

Produits chimiques exigés :

Acide o-phosphorique H ₃ PO ₄ (85 %).....	150 ml.
Sulfanilamide C ₆ H ₈ N ₂ O ₂ S.....	10 g.
α- Naphthyléthylène diamine dihydrochloride C ₁₂ H ₁₆ Cl ₂ N ₂	0,5 g.
Eau distillée H ₂ O.....	850 ml.

Préparation

Diluer l'acide o-phosphorique dans ±700 ml d'eau distillée. Ajouter le sulfanilamide et le α- Naphthyléthylène diamine dihydrochloride et dissoudre. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

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

Liquide de rinçage :

Eau fraîchement distillée H₂O (régénérée chaque semaine).

- **Préparation des solutions étalons Solution mère de 100 ppm N (*)**

Produits chimiques exigés :

Nitrate de sodium NaNO ₃	0,6068 g.
Eau distillée H ₂ O.....	1000 ml.

Préparation

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

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

Solution fille de 10 ppm N

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

Note :

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

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en $\mu\text{moles/l}$ de N-NO₃⁻ ou de N-NO₂⁻ puis en $\mu\text{moles/l}$ de NO₃⁻ ou de NO₂⁻.

Préparation de la colonne réductrice

- **Solution d'acide chlorhydrique (4N)**

Produits chimiques exigés :

Acide chlorhydrique HCl (32 %). 400 ml.

Eau distillée H₂O. 600 ml.

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

Solution de sulfate de cuivre :

Sulfate de cuivre (CuSO₄.5H₂O) 20 g

Eau distillée H₂O. 1000 ml

Préparation :

Dissoudre le sulfate de cuivre dans ± 800 ml d'eau distillée . Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger

- **Cadmium**

Produits chimiques exigés :

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

Procédure de remplissage :

- 1- Les granules de cadmium sont mélangées avec ± 30 ml de la solution d'acide chlorhydrique (4N).
- 2- Agiter pendant 1 minute.
- 3- Ajouter environ 50 ml de solution de sulfate de cuivre et agiter pendant 5 minutes.
- 4- Laver la saleté entre les granules avec l'eau distillée.
- 5- Sécher les granules de cadmium.
- 6- Ajouter, à l'aide d'un entonnoir, les granules dans une colonne sèche, en secouant de temps en temps pour empaqueter la colonne des deux côtés.
- 7- Remplir jusqu'à ± 5 mm du sommet.

- 8- Placer un petit morceau de tube en polyéthylène, dans la colonne pour éviter que les granules ne sortent de la colonne.
- 9- Remplir la colonne, à l'aide d'une seringue contenant la solution tampon (réactif 1 -1 préparé précédemment).
- 10- Placer la colonne dans le système.

Note :

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

II. Dosage des orthophosphates

Réactifs

- **Solution de molybdate d'ammonium**

Produits chimiques exigés :

Tartrate de potassium et d'antimoine $K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 5H_2O$230 mg.
 Acide sulfurique H_2SO_4 (97 %).....69,4 ml.
 Molybdate d'ammonium $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$6g.
 Eau distillée H_2O1000 ml.
 FFD6.....2 ml.

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

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

- **Solution d'acide ascorbique**

Produits chimiques exigés :

Acide ascorbique $C_6H_8O_6$6g.
 Acétone C_3H_6O60 ml.
 Eau distillée H_2O1000 ml.
 FFD6.....2 ml.

Préparation :

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

Note :

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

- **Liquide de rinçage :**

Eau fraîchement distillée H₂O (régénérée chaque semaine).

Préparation des solutions étalons

- **Solution mère de 100 ppm P (*)**

Produits chimiques exigés :

Dihydrogène o-phosphate de potassium KH₂PO₄.....0,4394 g.

Eau distillée H₂O.....1000 ml.

Préparation :

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

Note :

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

- **Solution fille de 10 ppm P**

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

Note :

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

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en µmoles/l de PO₄⁻.

III. Dosage des silicates

Réactifs

- **Solution d'acide sulfurique**

Produits chimiques exigés :

Acide sulfurique H₂SO₄ (97 %).....10 ml.

Eau distillée H₂O.....1000 ml.

FFD6.....2 ml.

Préparation

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

Note :

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

- **Solution de molybdate d'ammonium**

Produits chimiques exigés :

Molybdate d'ammonium (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O.....20g.

Eau distillée H₂O.....1000 ml.

FFD6.....2 ml.

Préparation

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

Note :

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

- **Solution d'acide oxalique**

Produits chimiques exigés :

Acide oxalique $C_2H_2O_4 \cdot 2H_2O$44g.

Eau distillée H_2O1000 ml.

Préparation

Dissoudre l'acide oxalique dans \pm 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée et mélanger.

Note :

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

- **Solution d'acide ascorbique**

Acide ascorbique $C_6H_8O_6$40g

Eau distillée H_2O 1000 ml

Préparation

Dissoudre l'acide ascorbique dans \pm 800 ml d'eau distillée ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger

Note

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

- **Liquide de rinçage**

Eau fraîchement distillée H_2O .

Note :

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

Préparation des solutions étalons

- **Solution mère de 100 ppm Si (*)**

Produits chimiques exigés :

Métasilicate de sodium $Na_2SiO_3 \cdot 9H_2O$1,0119 g.

Eau distillée H₂O.....1000 ml.

Préparation :

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

Note :

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

- **Solution fille de 10 ppm Si**

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

Note :

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

(*) : Les concentrations des solutions étalons sont transformées en µmoles/l de SiO₄⁻

IV. Dosage de l'ammonium

Réactif

- **Solution tampon**

Produit chimique exigés :

Tartrate de potassium et de sodium C₄H₄O₆KNa.4H₂O.....33 g

Citrate de sodium C₆H₅O₇Na₃.2H₂O.....24 g

Acide sulfurique H₂SO₄(1N)x ml

Eau distillée H₂O1000 ml

Brij 35 (30%)2 ml

Préparation

Dissoudre le Tartrate de potassium et de sodium dans ± 800 ml d'eau distillée . Ajouter le Citrate de sodium et dissoudre . Ajuster le pH à 5 avec la solution d'acide sulfurique .

Ajuster à 1 litre avec l'eau distillée puis ajouter le Brij 35 et mélanger

Note

la solution est stable pendant 1 semaine . conserver à 4°C quand la solution n'est pas utiliser

- **Solution de phénol**

Produit chimie exigés

Phénol C₆H₅OH.....83 g

Hydroxyde de sodium NaOH.....40 g

Eau distillée H₂O1000 ml

Préparation

Dissoudre le phénol dans ± 50 ml d'eau distillée. Ajouter l'hydroxyde de sodium. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger.

Note

la solution est stable pendant 1 semaine

- **Solution d'hypochlorite de sodium**

Produit chimie exigés

solution d'hypochlorite de sodium NaClO (13% de chlore actif)200 ml

Eau distillée H_2O 800 ml

Préparation

diluer la solution d'hypochlorite de sodium dans ± 700 ml 'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger

- **Solution de nitroprussiate de sodium**

Produit chimique exigés

Nitroprussiate de sodium $\text{Na}_2[\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.5 g

Eau distillée 1000 ml

Préparation

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

Note

Conserver dans une bouteille à couleur sombre

La solution est stable pendant 1 semaine

Conserver à 4°C quand la solution n'est pas utilisée

- **liquide de rinçage**

Eau fraîchement distillée

- **solution d'acide sulfurique (5 N)**

Produits chimiques exigés

L'acide sulfurique H_2SO_4 (97%)139 ml

Eau distillée H_2O861 ml

Préparation

Diluer soigneusement l'acide sulfurique dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger

- **Préparation des solutions étalons**

- **Solution mère de 100 ppm N (*)**

- **Produits chimiques exigés**

- Chlorure d'ammonium NH₄CL.....0.3819 g

- Eau distillée H₂O1000 ml

- **Préparation**

- dissoudre le chlorure d'ammonium dans ± 800 ml d'eau distillée. Ajuster à 1 litre avec de l'eau distillée et mélanger

- **Note**

- la solution est stable pendant 1 mois. Conserver à 4 °C quand la solution n'est pas utilisée

- **solution fille de 10 ppm N**

- Diluer 10 ml de la solution mere à 100 ppm N dans 100 ml d'eau distillée

- **Note**

- Préparer la solution fille à 10 ppm si chaque semaine et les standards chaque jours

- (*) : les concentration des solutions étalons sont transformées en µmoles/l de NH₄⁺

Tableau 7 : Gamme d'étalonnage

Identityl	NO ₃ µmol/l	Ht NO ₃	NO ₂ µmol/l	Ht NO ₂	PO ₄ µmol/l	Ht PO ₄	SIO ₂ µmol/l	Ht SIO ₂
Wash	0	0	0	0	0	0	0	0
ST1	0,0018	0	0,1850	30	0,1004	118	1,0090	47
ST2	0,15	11	0,3025	53	0,1730	210	1,5064	68
ST3	0,28	20	0,4737	76	0,6864	749	2,8041	125
ST4	2,36	168	0,9584	154	0,8196	894	2,5611	112
ST5	2,52	176	1,0559	169	0,9537	1040	2,5325	111
ST6	2,54	177	1,1784	189	1,2408	1354	4,8135	210

Tableau8 : Résultats des sels nutritifs dans le littoral de la baie de Bou-ismail.

Identity1	NO3 µmol/l	NH4 µmol/l	PO4 µmol/l	SIO2 µmol/l	NO2 µmol/l
A1	0,0253	0,6334	0,0532	0,9771	0,0240
A2	0,0569	0,6887	0,0578	0,8190	0,0480
A3	0,0642	1,7313	0,0578	7,7742	0,0573
A4	2,5531	0,2848	0,0871	73,6022	0,0327
B1	0,4733	0,2583	0,1063	19,0360	0,2391
B2	0,0813	6,4078	0,0660	1,0950	0,0334
C1	0,0346	26,3720	0,0623	1,4667	0,0338
D1	0,1403	6,9296	0,1073	1,6114	0,1136
E1	1,3519	3,6583	0,9397	14,6203	0,9305
E2	0,3034	2,1033	0,1283	1,2197	0,2558
E3	0,4054	5,2642	0,1898	1,8940	0,3786
F1	0,1293	14,1526	0,0926	2,1144	0,1233
F2	0,1159	3,5817	0,0843	1,9563	0,0672
F3	0,0863	3,6891	0,0724	1,7227	0,0614
G1	0,0929	1,1946	0,0761	1,4133	0,0619
G2	0,1620	0,1254	0,2136	2,6174	0,1408
G3	0,2372	1,1564	0,4419	3,8214	0,1884
G4	0,5178	0,4145	3,8660	91,3979	0,1496
H1	0,2876	6,4663	0,3750	5,4729	0,3699
H2	0,1443	20,8293	0,0816	1,6826	0,0956
H3	0,1322	26,9534	0,0761	1,9029	0,1117
H4	0,0826	20,6465	0,0825	1,4422	0,0651
H5	0,0580	10,0034	0,0623	1,5112	0,0420
HR1	0,2707	6,4790	0,0981	1,9586	0,2230
HR2	0,2585	4,6169	0,1146	1,5735	0,1764
I1	0,1903	3,0981	0,0798	1,6425	0,0905
I2	0,0845	3,1152	0,0688	1,4845	0,0439
I3	0,0848	3,1141	0,0697	1,1751	0,0600
IT	0,0602	0,2041	0,0678	1,1685	0,0526
J1	1,0970	0,5378	0,2741	2,0699	0,7910
J2	1,0349	1,2435	0,2338	2,2145	0,7522
J3	0,9042	2,5093	0,0422	2,5105	0,7605
J4	0,6548	1,4826	0,1082	1,9742	0,4941
j5	1,2150	1,8920	1,2012	23,1201	0,1923
MAX	2,5531	26,9534	3,8660	91,3979	0,9305
MIN	0,0253	0,1254	0,0422	0,8190	0,0240
MOY	0,3939	5,6423	0,2864	8,2960	0,2135
ECAR	0,53107501	7,41851577	0,67870165	19,6356689	0,24751033

Annexe 3 :

Analyse granulométrique :

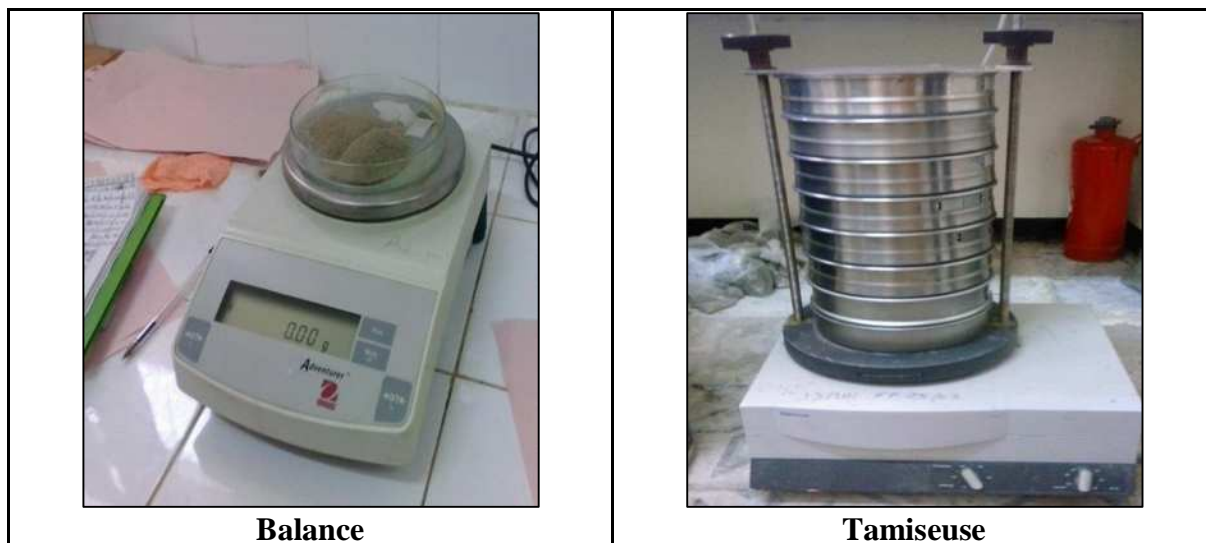


Tableau9 : Les indices granulométriques des différentes stations de la Baie de Bou-Ismaïl

station	Q25	D50	Q75	So	SK	mode
As1	560	690	760	1,37	1,531	0,8
As2	240	492	751	1,772	1,249	0,8
As3	305	571	722	1,62	1,392	0,8
As4	240	318	399	1,419	0,943	0,32
Bs1	661	774	795	1,074	1,549	0,8
Cs1	381	489	621	1,409	1,065	0,4
C2	465	581	690	1,277	1,094	0,32
Es1	641	729	782	1,196	1,477	0,8
Es2	421	542	688	1,369	1,101	0,8
Es3	661	762	792	1,089	1,475	0,8
Fs1	501	634	729	1,286	1,279	0,8
Gs1	662	759	792	1,227	1,633	0,8
GS2	302	625	751	1,765	1,587	0,8
Gs4	562	717	780	1,451	1,695	0,8
Hs1	191	217	248	1,314	0,855	0,2
Hs2	185	217	251	1,323	0,843	0,2
Hs3	235	305	410	1,563	0,507	0,2
Hs4	210	225	277	1,343	0,787	0,2
Hs5	180	213	234	1,23	0,959	0,2
Hrs1	220	281	470	1,686	0,77	0,2
Hrs2	245	443	666	1,81	1,208	0,8
Js1	185	250	590	1,897	0,76	0,8

Js2	140	165	194	1,367	0,857	0,6
Js4	220	280	476	1,676	0,756	0,2
Js5	385	717	581	1,25	0,762	0,32
Is1	400	556	762	1,542	1,581	0,8
Is2	365	498	670	1,676	0,756	0,32
It1	385	663	581	1,312	1,102	0,32

Tableau : le teneur de calcite dans le sédiment et la fraction politique

station	CaCo3	% petit
As1	19,3	0,36
As2	35,24	0,56
As3	23,65	0,98
As4	33,79	1,02
Bs2	54,08	0,12
Cs1	40,31	0,5
C2	48,28	0,54
Es1	43,21	0,39
Es2	54,81	0,28
Es3	28,72	0,21
Fs1	31,62	0,70
Gs1	12,53	0,22
GS2	20,71	0,48
Gs4	15,53	0,7
Hs1	16,6	0,24
Hs2	16,5	1,02
Hs3	17,78	0,56
hs4	16,88	0,57
Hs5	17,6	0,41
Hrs1	14,05	0,45
Hrs2	12,78	0,63
Is1	33,79	0,69
Is2	20,02	0,30
It1	20,02	0,89
Js1	24,98	0,43
Js2	24,37	0,73
Js4	22,92	1,56
js5	17	1,16
max	54,81	1,56
min	12,53	0,12
moy	26,32393	0,6
Ecartyp	12,33979	0,33

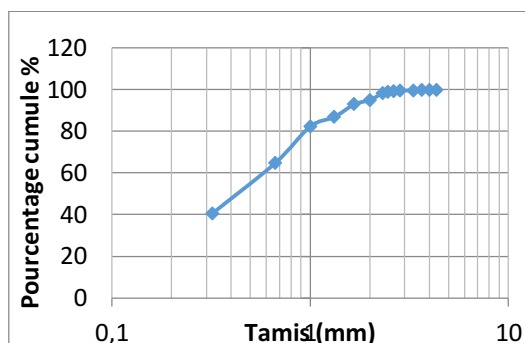
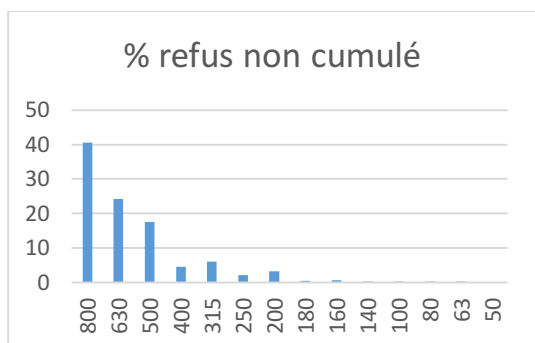
Tableau : poids des refus des sédiments

	As1	As2	As3	As4	Bs2	C1	C2	Es1	Es2	Es3	Fs1	Gs1	Gs2	Gs4
800	60,9	60,27	35,02	1,92	90,85	21	32,52	84,6	33,63	119,63	53,18	122,95	52,96	90,1
630	36,2	6,65	27,64	3,33	48,39	14,18	25,54	33,6	20,7	20,31	22,69	8,97	20,53	15,28
500	26,24	7,27	23,02	10,21	2,33	35,86	44,13	20,31	31,32	8,03	37,87	5,7	16,03	12,93
400	6,89	7,07	12,25	21,48	3,21	37,64	35,45	4,04	34,11	0,96	24,09	2,57	10,9	8,46
315	9,12	14,06	11,38	39,01	2,17	25,48	9,67	2,86	22,56	0,19	6,14	2,1	10,05	6,62
250	3,18	12,02	18,26	30,11	1,02	9,21	0,89	0,66	5,57	0,02	1,48	1,18	6,72	4,11
200	4,89	27,25	19,12	35,67	0,11	5,29	0,59	1,69	1,64	0,03	1,63	3	16,4	7,58
180	0,68	5,2	0,81	3,54	0,12	0,26	0,06	0,47	0,1	0,02	0,43	0,97	5,83	1
160	0,8	6,81	0,93	2,52	0,02	0,24	0,08	0,69	0,11	0,08	0,61	1,4	6,23	2,02
140	0,35	1,77	0,28	0,76	0,01	0,09	0,04	0,35	0,07	0,04	0,38	0,56	2,28	0,79
100	0,19	0,84	0,15	0,35	0	0,05	0,06	0,26	0,03	0,02	0,22	0,28	1,15	0,35
80	0,02	0,05	0,04	0,03	0	0,01	0,03	0,05	0,02	0,03	0,03	0,02	0,05	0,04
63	0,01	0,02	0,03	0,02	0	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
50	0	0,01	0,02	0,01	0	0	0,01	0,01	0	0	0,01	0,01	0,01	0,01

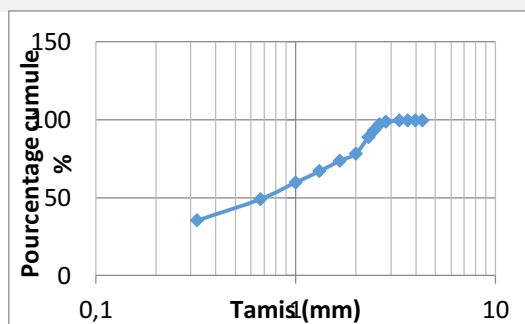
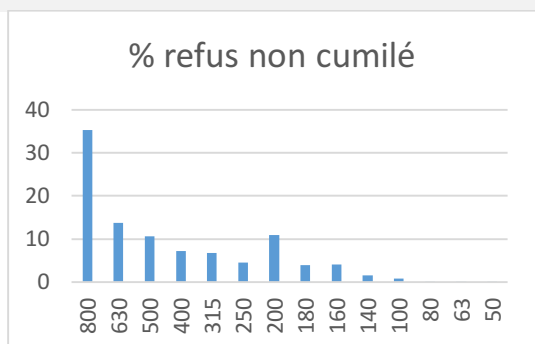
	Hs1	Hs2	Hs3	Hs4	Hs5	HR1	HR2	ls1	ls2	lt	Js1	Js2	Js4	Js5
800	1,64	0,15	14,05	0,11	0,1	14,3	26,65	25,25	1,2	11,93	75,17	35,01	4,83	5,23
630	0,91	0,26	2,95	0,49	0,25	8,1	19,25	8,07	0,61	10,75	9,54	13,53	16,11	48,23
500	1,53	1,31	6,32	2,39	1,13	11,41	22,7	10,64	1,1	11,9	19,2	39,86	53,44	35,21
400	2,79	4,17	16,63	6,9	1,87	13,29	13,23	6,79	2,07	11,26	6,96	15,53	16,14	25,21
315	11,16	14,7	31,42	17,42	5,73	19,7	21,15	14,85	4,94	19,43	20,83	40,63	53,85	19,32
250	17,82	17,43	22,33	21,03	14,29	16,9	9,55	8,96	4,81	19,01	3,83	1,45	3,64	5,32
200	64,85	63,61	40,43	64,85	73,15	42,72	15,39	23,98	18,89	45,07	6,65	0,48	1,24	3,25
180	19,28	19,37	8,34	17,89	22,12	11,8	4,58	16,56	14,96	9,3	1,87	0,05	0,06	2,32
160	20,55	19,86	4,97	13,72	22,54	8,52	8,14	15,5	35,9	7,61	2,36	0,05	0,05	3,25
140	5,95	6,32	1,25	3,43	5,49	1,64	5,25	12,73	30,24	1,24	1,63	0,03	0,03	1,35
100	1,81	1,72	0,4	0,98	1,32	0,41	2,83	5,42	30,47	0,35	1,28	0,02	0,02	0,36
80	0,04	0,03	0,02	0,04	0,04	0,02	0,08	0,07	2,01	0,01	0,13	0,01	0,01	0,21
63	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,23	0	0,04	0	0,01	0,1
50	0,01	0	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0,01	0,08	0	0,02	0	0	0

Courbes granulométriques des différentes stations de littoral de la Baie de Bou-Ismaïl :

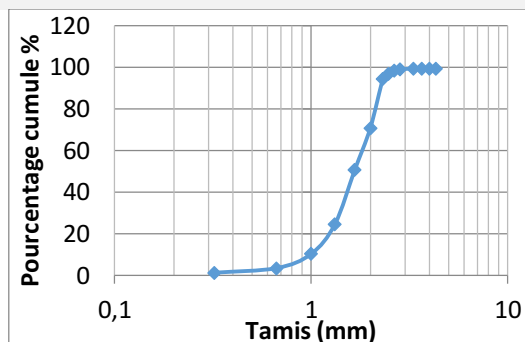
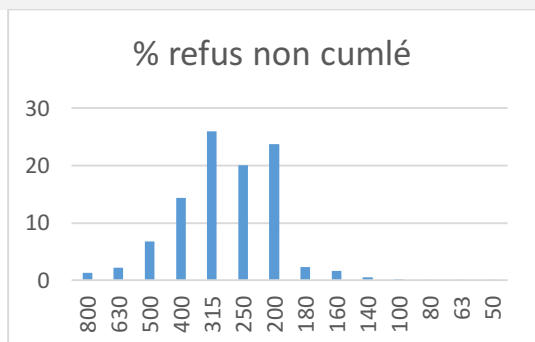
Courbes cumulative



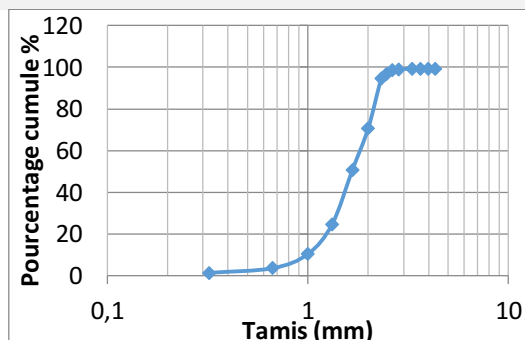
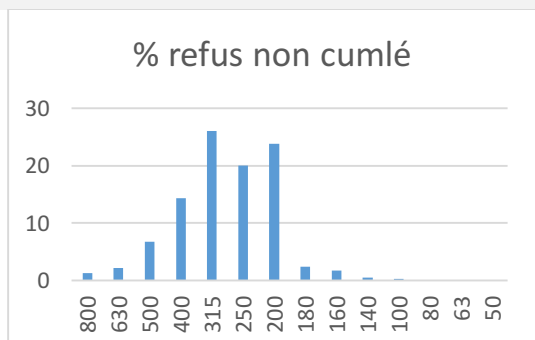
As1 : Ouest de la Plage Mataress



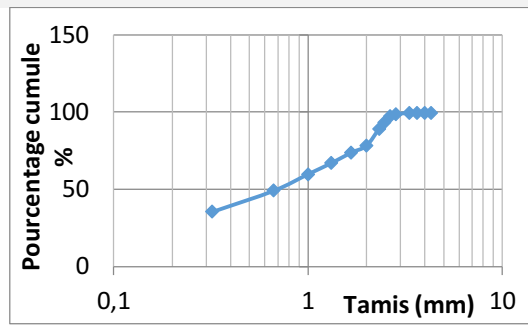
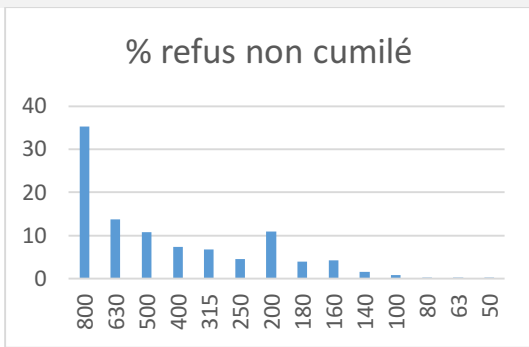
As2 : centre de la Plage Mataress



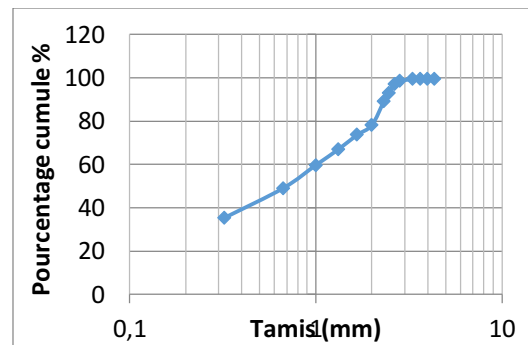
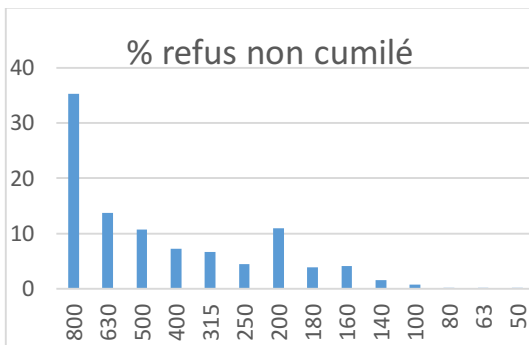
As3 : Est de la Plage Mataress



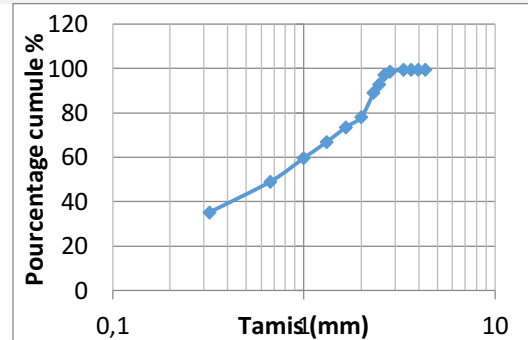
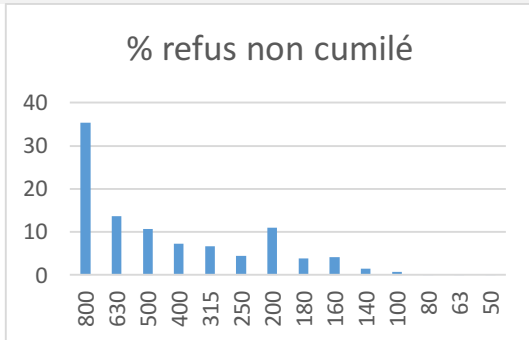
As4 : Devant l'embouchure d'Oued Nador



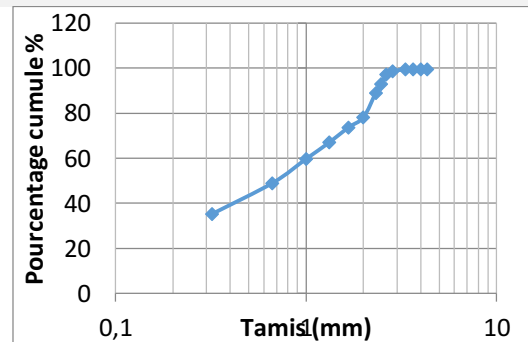
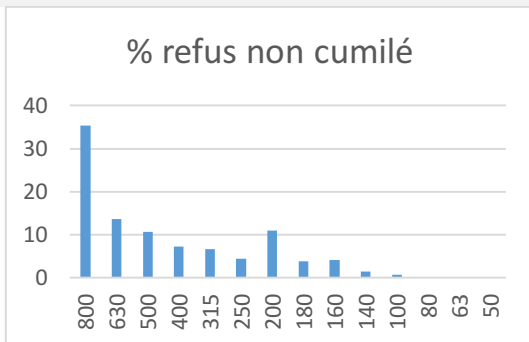
Cs1 : Ance de Kouali



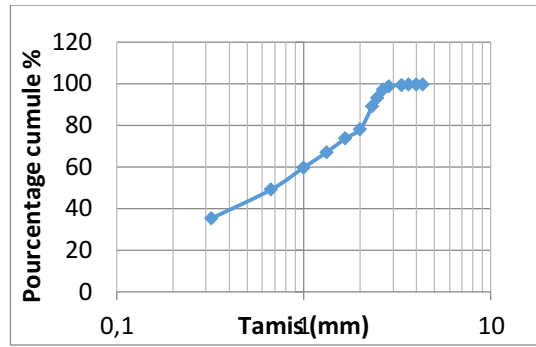
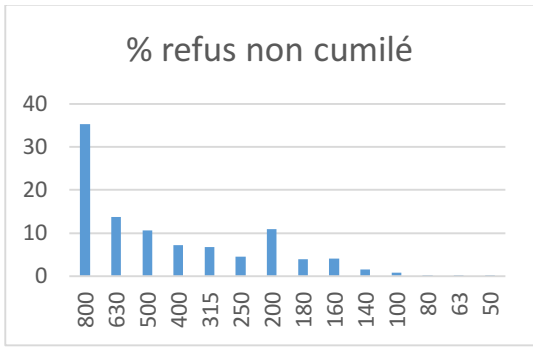
Es1 : Bou-Ismaïl Ouest de front de mer



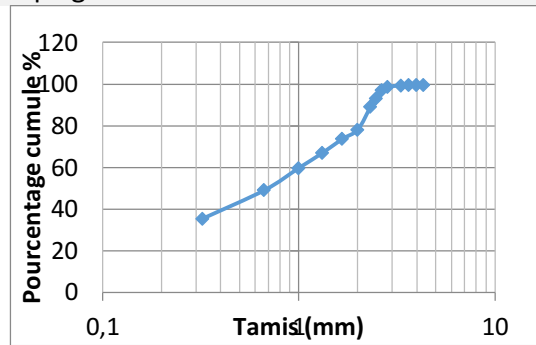
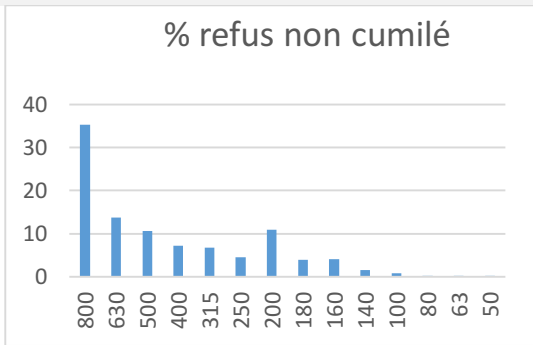
Es2 : Bou-Ismaïl centre de front de mer



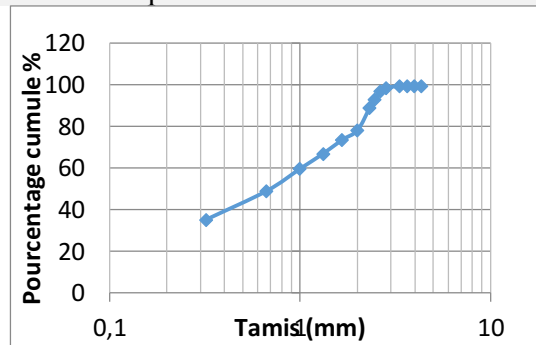
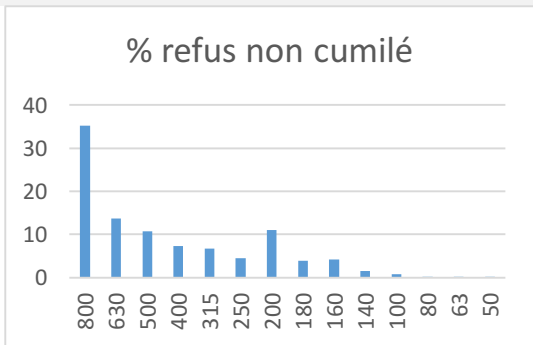
Es3 : Bou-Ismaïl Est de front de mer



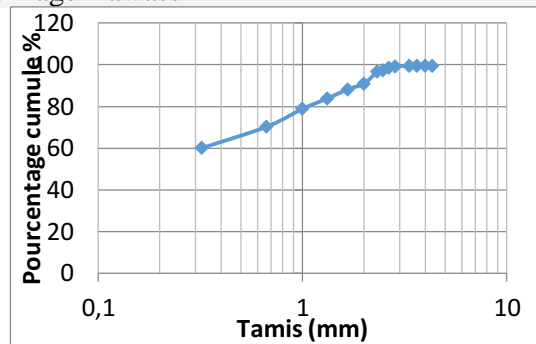
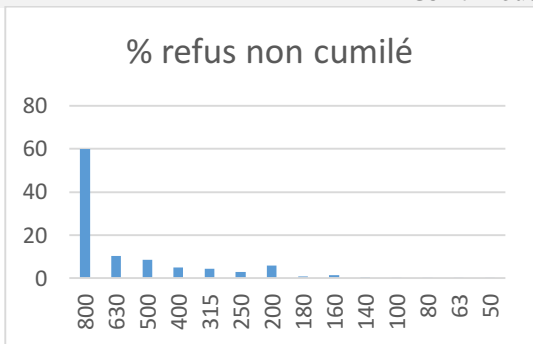
Fs1 : Fouka plage



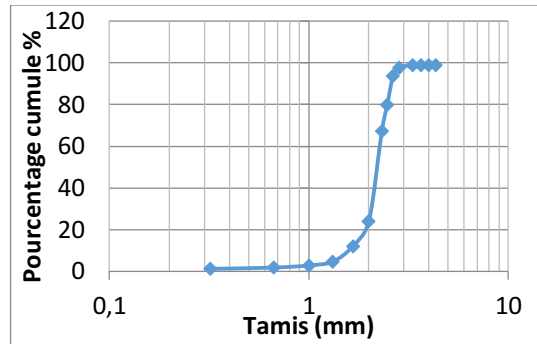
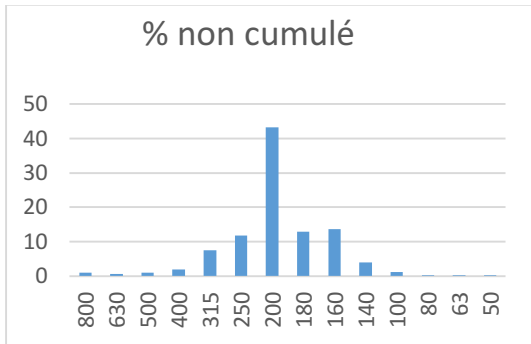
Gs1 : Douaouda Devant l'épi



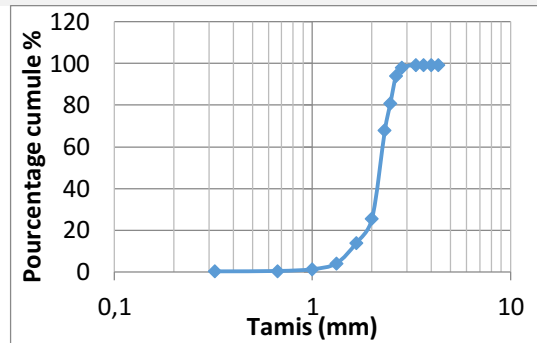
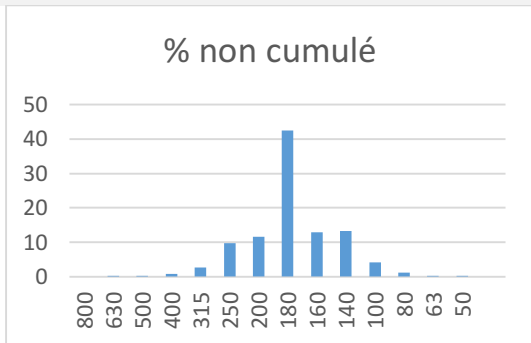
Gs2 : Douaouda Plage Hawass



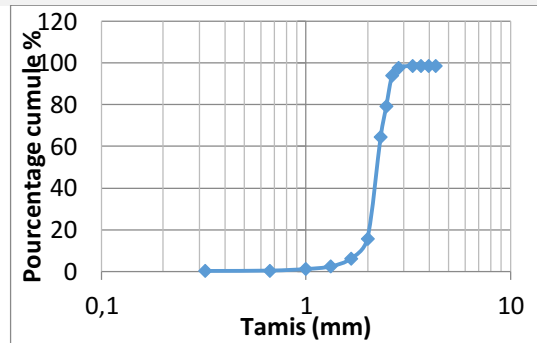
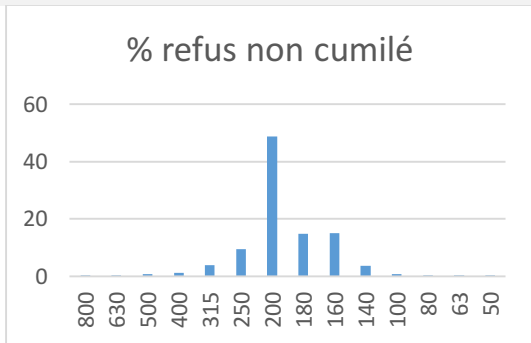
Gs4 : Embouchure de l'Oued



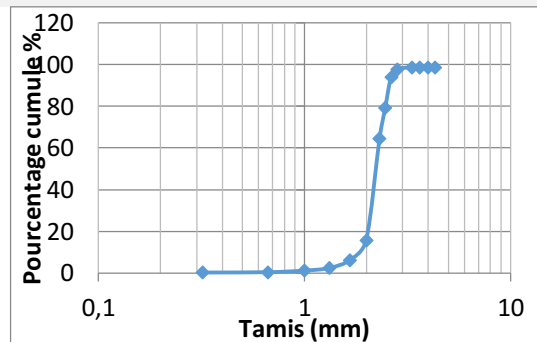
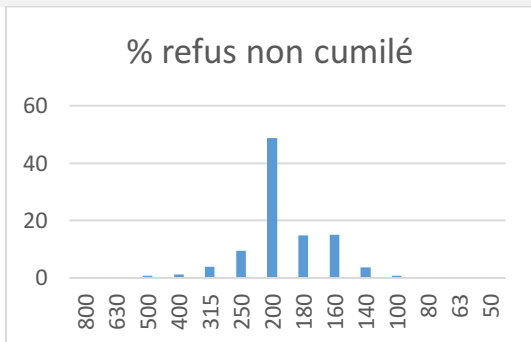
Hs1 : Zeralda Ouest des brise-lames



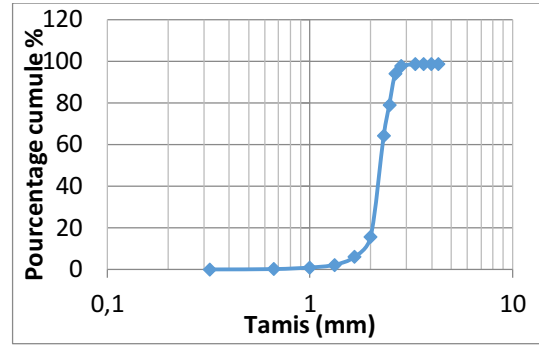
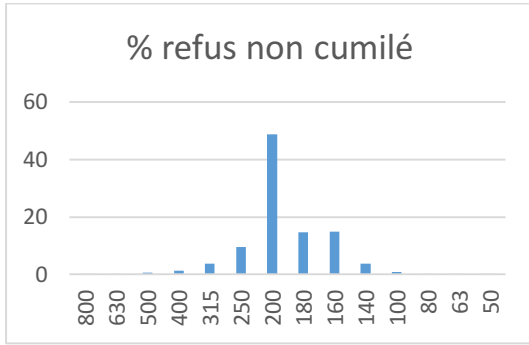
Hs2 : Zeralda Centre des brise-lames



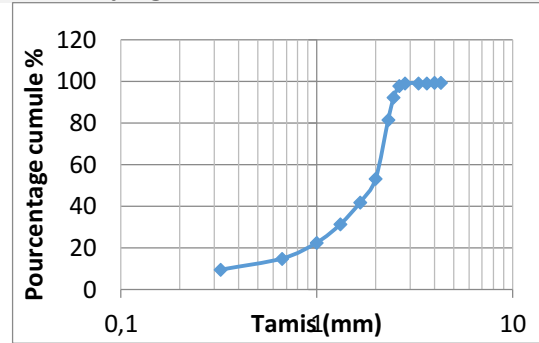
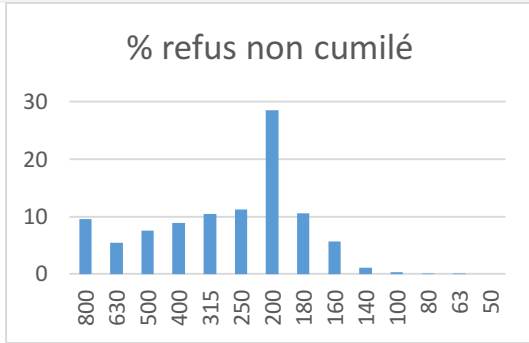
Hs3 : Zeralda Est des brise-lames



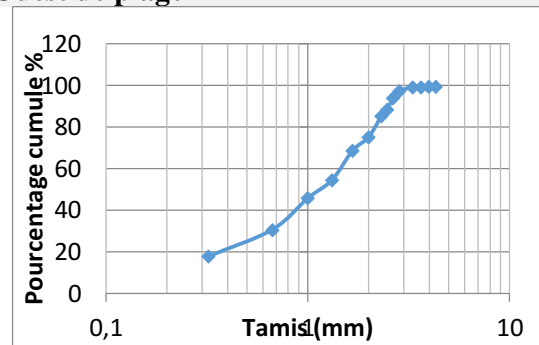
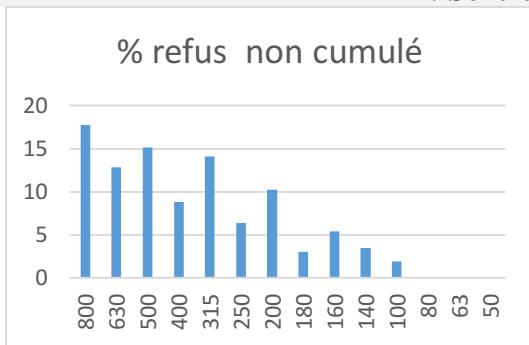
Hs4 : Palm Beach Ouest de la plage



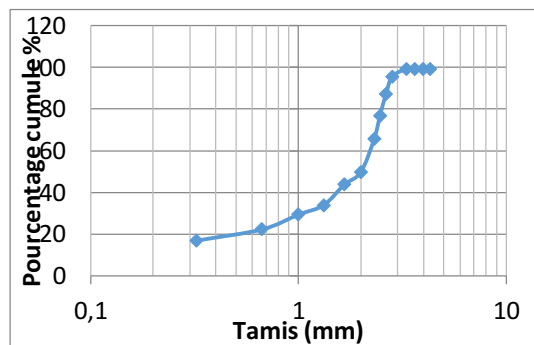
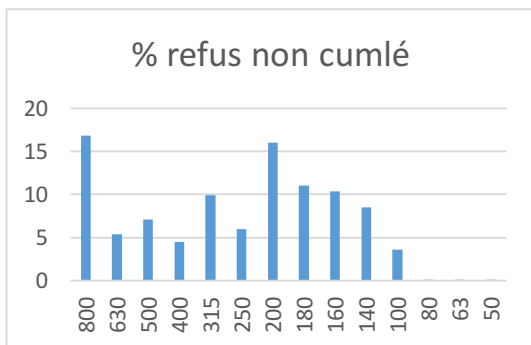
Hs5 : Palm Beach Est de la plage



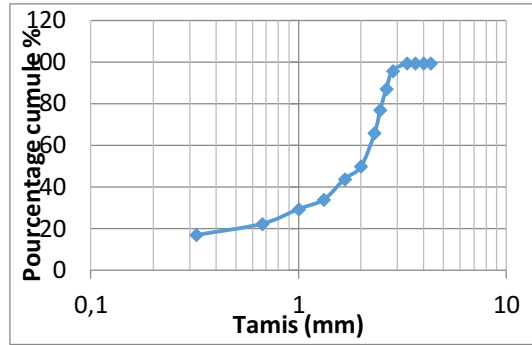
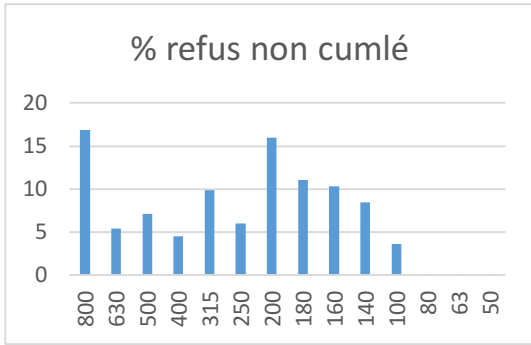
Hr1 : Scheraton Ouest de la plage



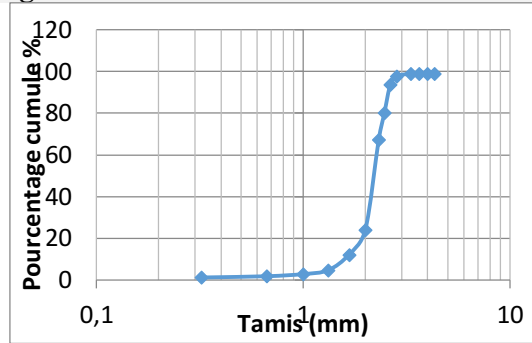
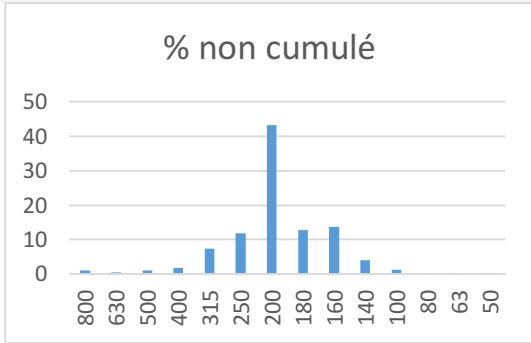
Hr2 : Scheraton Ouest de la plage



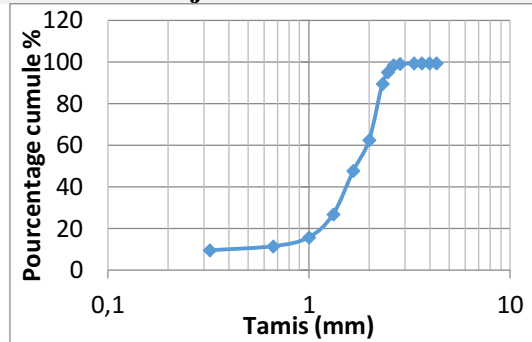
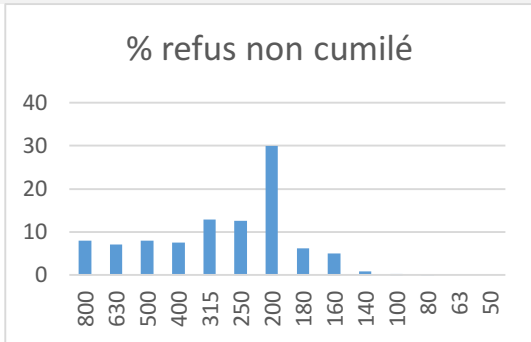
Is1 : Sidi- Fredj Plage d'hôtel Réadhe



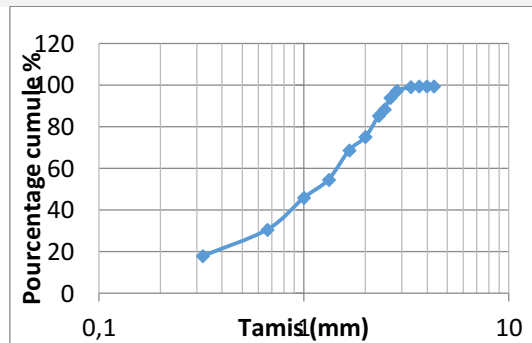
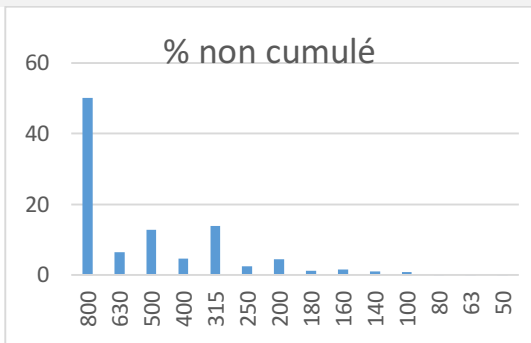
Is1 : Sidi- Fredj Plage d'hôtel Réadhe



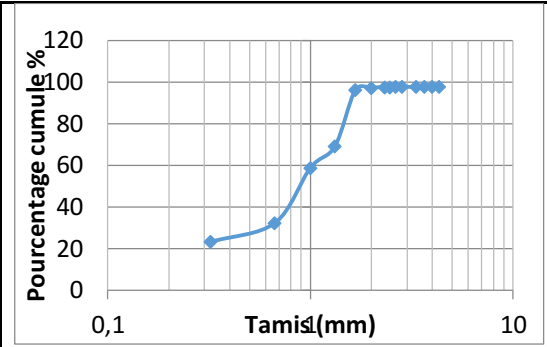
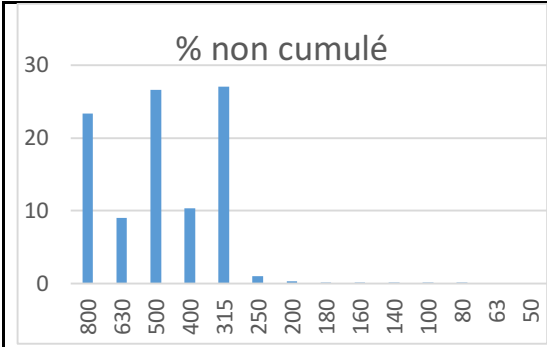
Is2 : Est de port de Sidi Fredj



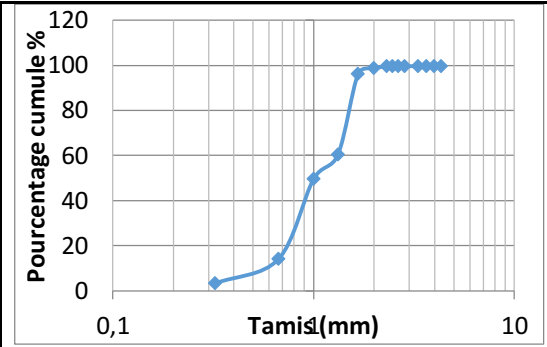
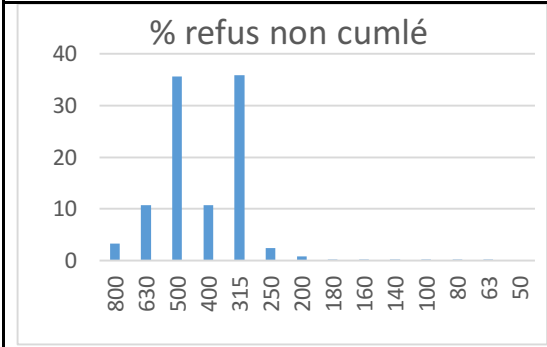
It : Plage thalasso



Js1 : El_Djamila stations Plage artificielle



Js2 : El_Djamila stations Plage artificielle



Js4 : El_Djamila stations Plage artificielle