وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل

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

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

OPTION : AMENAGEMENT DU LITTORAL

Thème :

Etude d'impact sur l'environnement de l'extension de terre-plein du port de Bejaia

Présenté par:

- **FARHET Nour El Houda**
- **KADDOUR Said**

Soutenu le 21/07/2011 devant le jury suivant :

Mr	BELAHRACH.A	Maître assistant (ENSSMAL)	Président
Mr	BELKESSA. R	Maître de conférences /A(ENSSMAL	Examinateur
Mr	BACHOUCHE.S	Chercheur (CNRDPA)	Examinateur
Mme	BACHARI HOUMA. F	Maître de conférences /A(ENSSMAL)	Promotrice
Mr	HABED.H	Cadre technique (LEM)	Co-promoteur

Promotion : (2010-2011)

Dédicace

NOUR EL HOUDA

Je dédie ce mémoire à :

Mon père KHALED qui n'a jamais cessé de m'encourager dans la poursuite de mes études en m'apportant tout son soutien, que Dieu le garde.

Ma mère DOUJA qui par son amour et ses prières et ces encouragement a toujours cru en ma réussite, que Dieu la bénisse et la garde.

Mes sœurs AICHA et RYM ainsi qu'à mon petit frère AISSA merci pour le bonheur que vous m'apportez au quotidien, pour que mon cursus, soit un exemple et que vous en fassiez autant un jour.

A mon binôme Said Kaddour que j'ai eu le plaisir de travaillé avec lui.

Et à Toutes les personnes que je porte dans mon cœur et qui ont sans le savoir participé de manière considérable à ma réussite.

A tous mes amis(es) (BILAL, LAMIA, AMMAR, RAOUF, AMINE GHOUTI, NAWEL, AMINE BENDERRAJI, HICHAM, BACHIR, KAMEL, ZAKI, MOHAMMAD LAAJEL, YACINE,…..).

A ceux que ma plume a oubliés...

Dédicaces

Je dédie ce travail,

À mes très, très chers parents, source d'amour et d'affection ;

À mes très chers frères, Ahmed, Abed el Kader

À mes très chères sœurs, Nacira, Dalila, Zina qui comptent énormément pour moi ;

À tous mes autres proches

À mon binôme Nour El Houda qui m'a soutenu beaucoup, merci

À mes chers amis, Adel, Ammar, Abed El Razzek, Kamel, Mounir, Yacine, Zaki……

À toutes les personnes qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de cette année ;

Ainsi qu'à tous ceux qui me connaissent à l'ENSSMAL et avec qui j'ai passé cinq ans inoubliables et surtout la promotion de l'aménagement 2011.

J'espère que je n'ai oublié personne.

SAID

Remerciements

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

Nous remercions Madame BACHARIHOUMA.F, Maître de conférences (ENSSMAL) pour avoir accepté d'encadrer ce travail**,** pour sa confiance, sa disponibilité, ses encouragements et ses précieux conseils au cours de la réalisation de ce mémoire.

On tient aussi à remercier Monsieur HABED.H, cadre technique au (LEM) pour nous avoir guidés dans notre travail.

Nous tenons à remercier vivement Monsieur BELAHRACH.A, Maître assistant à (ENSSMAL), qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.

Nos remerciements vont aussi à Monsieur BELKESSA.R, Maître de conférences à (ENSSMAL) pour avoir accepté d'examiner notre travail d'une part, et d'autre part pour sa disponibilité, sa grande amabilité et surtout pour ces aides précieuses en dépit de ses nombreuses occupations.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à Monsieur BACHOUCHE. S, chercheur au (CNRDPA), pour ses aides et ses soutien**s** et pour avoir accepté d'examiner ce manuscrit et de participer à ce jury.

Ce travail a été complété grâce notamment à Monsieur BOUDJELLAL.Y, Mademoiselle AMROUCHE.L, Madame REFES.L, Pour nous avoir prodigué des conseils, et pour tous leurs aides, qu'ils trouvent ici toute notre sympathie, remerciements et reconnaissances.

Nos profondes reconnaissances au personnel de la bibliothèque de l’ENSSMAL, du service de la documentation du LEM, ainsi qu’à toutes les personnes qui nous ont aidé**s** du près ou de loin à la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

Nous somme reconnaissant à tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation et à toute personne qui nous a appris une lettre ou une phrase, qu’ils trouvent ici notre reconnaissance et un petit fruit de leurs sueurs.

Sommaire

SOMMAIRE

Introduction 1

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

I .1 Le cadre régional 3
I.1.1. Données géographiques 3
I.1.1.1. Position géographique du port de Bejaia 3
I.1.1.2. Situation géographique 3
I. 1.1.3. Situation du site d'étude 4
I. 1.1.4. Présentation du projet 5
I.1.2. Milieux physiques et naturels 5
I.1.3. Données climatiques 6
I.1.3.1. La pluviométrie 6
I.1.3.2. Les vents 6
I.2. La zone portuaire et sa proximité 8
I.2.1. Géomorphologie côtière et sous marine 9
I.2.2. Données sédimentologiques et bathymétriques 10
I.2.3. Régime Sédimentologique, transit littoral et érosion du littoral 10
I.2.4. Evolution du fond marin 11
I.2.5. Pédologie de la basse Soummam 13
I.2.6. Etude Hydrologique 13
I.2.7. Données océanographiques 13
I.2.7.1. La houle au large 13
I.2.7.2 La houle à la côte 16
I.2.8 Les données hydrodynamiques 16
I.2.8 .1 Les courants 16
I.2.8 .1.1 Les courants généraux 16
I.2.8 .1.2 Les courants côtiers 17
I.2.8 .1.3 Les courants de retour 18

Chapitre II : Matériels et Méthodes

II.1.Travaux en mer 19
II .1.1. Prélèvement des sédiments 19
II.2. Analyses au laboratoire 21
II.2.1. Analyse granulométrique 21
II.2.1.1. Principe de la méthode 21
II.2.1.2. Mode opératoire de l'analyse granulométrique 21
II.2.1.3.Traitement des données 22
a. Les paramètres centraux 22
II.2.2. Analyse des métaux lourds 23
II.2.2.1. Traitement du sédiment pour la détermination des métaux lourds 23
II.2.2.2. Lyophilisation 23

II.2.2.3. Broyage et tamisage 24
II.2.2.4. Homogénéisation 24
II.2.2.5. Extraction des métaux lourds 24
II.2.2.6. Digestion ou minéralisation 25
II.2.2.7. Protocole expérimental 25
II.2.2.8. La Dilution 25
II.2.2.9. Analyse des métaux lourds par spectrophotométrie d'absorption atomique 25
a). Principe de la SAA 26
II.2.2.10. Etalonnage 27
II.2.2.11. Calcul des concentrations des métaux lourds 27
II.2.2.12. Les indices de contamination 28
II.2.3. Les peuplements benthiques 29
II.2.3.1. Prélèvement 29
II.2.3.2. Tamisage, tri et détermination 29
II.2.3.3. Traitement numérique des données 29
1. Richesse du peuplement 29
2. Structure du peuplement 30
II.2.4. Etude microbiologique 31
II.2.4.1. Choix des stations 31
II.2.4.2 Recherche et numération des bactéries dans les sédiments 32
II.2.4.2.1. Numération des coliformes totaux et des coliformes fécaux 33
II.2.4.2.2. Numération des streptocoques fécaux 33

Chapitre III : Résultats et interprétation

III.1. Résultats et interprétation de l'analyse granulométrique 37
III.1.1. Résultats de l'analyse granulométrique : 37
III.1.2. Interprétation des résultats de l'analyse granulométrique : 38
III.1.3. Interprétation de la répartition des médianes (Q50) : 38
III.1.4. Aspect général des courbes granulométriques 38
III.1.5. Résultats et discussion de l'analyse de la fraction pélitique 38
III.1.5.1. Résultats de l'analyse de la fraction pélitique 38
III.1.5.2. Interprétation des résultats de l'analyse de la fraction pélitique : 39
III.2. Résultats et interprétation de l'analyse microbiologique 40
III.2.1.Résultats de l'analyse microbiologique 40
III.2.2. Interprétation des résultats de dénombrement des coliformes et totaux 41
III.2.3. Interprétation des résultats de dénombrement des coliformes fécaux 41
III.2.4. Interprétation des résultats de dénombrement des streptocoques fécaux 42
III.3. Résultats et interprétation de l'analyse benthique : 43
III.3.1.Caractéristiques des peuplements benthiques : 43
III.3.1.1.Richesse spécifique : 43
III.3.2. Interprétation des résultats : 44
III.3.2.1. Abondances et densités : 44

III.3.2.2.La comparaison des résultats obtenus avec la littérature existante des côtes algérienne : 45
III.3.2.3.Indice de diversité : 45
III.3.3. Zonation des peuplements 46
III.3.3.1.La zone polluée (p) 46
III.3.3.2.La zone de transition 2 ou la zone polluée externe : 46
III.4. Résultats et interprétation de l'analyse des métaux lourds : 47
III.4.1. Les résultats d'analyse des concentrations en métaux lourds : 48
III.4.1.1. Teneur en Mercure (Hg) 49
III.4.1.2. Teneur Plomb (Pb) : 49
III.4.1.3. Teneur en Zinc (Zn) : 50

Chapitre IV : Les impacts du projet sur l'environnement

IV.1. Description du projet 51
IV.2. Description des travaux 51
IV.2.1.Tavaux en cours 51
IV.2.2. Travaux projetés 51
A). Elargissement de la route existante 51
b). Déviation du pipe Naftal 51
c). constitution et protection du terre-plein 51
IV.3.Evaluation des impacts du projet sur l'environnement : 52
IV.3.1.Consistance et intérêts du projet : 52
IV.3.2.Evolution topographiques et bathymétriques du site 53
IV.3.3.Identification du processus de sédimentations et d'érosion prévisionnels 53
IV.3.4.Identification des effets sur l'environnement de la phase de travaux : 54
IV.3.5.Impact du projet sur la houle : 54
IV.3.6.Impacts socio-économiques 55
IV.3.7.Impacts sur la qualité des eaux 55
IV.3.8.Impact sur le paysage : 55
IV.3.9.Impact du projet sur la faune et la flore : 56
IV.3.10.Impact du projet sur l'activité de pêche 56
IV.3.11.Impact du projet sur les activités touristiques 56
IV.4.Mesures compensatoires : 56
IV.4.1.Mesures techniques : 56
1.1. Durant l'étude du projet 56
1.2. Durant la période de construction : 57
1.3. Durant la période d'exploitation du projet 57
IV.4.2.Mesures légales : 58
IV.4.3.Mesures socio-économiques : 58

Conclusion 59
Bibliographie

Annexes

Liste des figures

Chapitre I

Figure 1.1. Situation géographique de la zone d'étude (Google Earth ,2011) 4
Figure 1.2. Evolution des paramètres météorologiques durant l'année (2007) 8
Figure 1.3. Bathymétrie de la zone d'étude (LEM ,2011) 9
Figure 1.4.Roses trimestrielles et annuelles des houles au large dans la région Est de l'Algérie (Boutiba et al, 2005) 13

Chapitre II

Figure 2.1. Localisation des stations de prélèvement de benthos dans la région d'étude 19
Figure 2.2. Localisation des stations de prélèvement destinées à l'analyse granulométrique dans la région d'étude 20
Figure 2.3. Localisation des stations de prélèvements destinées aux analyses des métaux lourds dans la région d'étude 20

Figure 2.4. Lyophilisateur (modèle CHRIST Betta 1-8) 24
Figure 2.5. Broyage des sédiments dans un mortier à porcelaine 24
Figure 2.6. SAA model HITACHI 2-5000) 26
Figure 2.7. Localisation des stations de prélèvements destinées à l'analyse microbiologique 32
Figure 2.8. Technique de dénombrement des coliformes dans le sédiment 34
Figure 2.9. Technique de dénombrement des streptocoques dans le sédiment « test présomptif » 35
Figure 2.10. Technique de dénombrement des Streptocoques Fécaux dans le sédiment « Test confirmatif » 36

Chapitre III

Figure 3.1. Valeurs des indices granulométriques (Q25, Q50, Q75) selon les stations 37
Figure 3.2. Taux des pélites dans les stations 39
Figure 3.3. Nombre des coliformes totaux et fécaux selon les stations 41
Figure 3.4. Nombre des streptocoques fécaux selon les stations 42
Figure 3.5. Zonation des peuplements au niveau de la zone d'étude 47
Figure 3.6. Variation des concentrations de mercure dans les différentes stations 48
Figure 3.7. Variation des concentrations de plomb dans les différentes stations 49
Figure 3.8. Variation des concentrations de zinc dans les différentes stations 50

Chapitre VI

Figure 4.1. Plan de masse de l'ouvrage (source LEM 2011) 52

Liste des tableaux :

Chapitre I

Tableau 1.1 .Fréquences et répartition des vents à la station de Bejaia (LEM, 1993) 7

Tableau 1.2. Moyennes mensuelles de la pluviométrie, de la température et de l'humidité de l'année 2007(ONM, 2008) 8

Tableau 1.3. Bilan de l'évolution des surfaces des plages entre Cap Carbon et Cap Aokas (1973 – 2001). 12

Tableau 1.4. Fréquences et directions des houles pour différents états de la mer (LEM, 1993). 14

Tableau 1.5.Statistiques de la houle au large de la baie de Bejaia (LEM, 1993) 15

Tableau 1.6. Caractéristiques de la houle à la côte au niveau de la baie de Bejaia (LEM ,1993) 15

Chapitre II

Tableau 2.1. Classification des grains de sable (Folk et Ward, 1957) 23

Tableau 2.2. Concentration des solutions standards utilisées 28

Tableau 2.3.Concentrations normales des métaux lourds dans les sédiments selon les normes algériennes, françaises et hollandaises (Alzieu et al; 1999) (µg/g) 29

Tableau 2.5.Valeurs de l'indice de contamination (IC) (ABRMC, 1984et Alzieu et al, 1999) 29

Chapitre III

Tableau 3.1.Valeurs des différents indices granulométriques et des quartiles (Q25, Q50, Q75) au niveau de la zone d'étude 37

Tableau 3.2. Taux de pépites dans les stations 39

Tableau 3.3. Concentration des coliformes totaux 40

Tableau 3.4. Concentration des coliformes fécaux 40

Tableau 3.5. Concentration des streptocoques fécaux 42

Tableau 3.6. Résultats des analyses de différentes concentrations en métaux lourds en (mg/kg) 48

Liste des acronymes

A.F.N.O.R : Association Française de Normalisation

B.V.B.L : Bouillon Lactosé au Vert Brillant

D.M : dilution mère

C.F : Coliformes Fécaux

C.O.I : Commission Océanographique Intergouvernemental

C.T : Coliformes totaux

ENSSMAL : Ecole national supérieure des sciences de la mer et l'aménagement du littoral

IC : Indice de contamination

LEM: Laboratoire d'Etudes maritimes

MSSF : Ministère de la santé et des solidarités France

N.P.P : Nombre le plus probable

OMS : Organisation mondial de la santé

O.N.M : Office National de Météorologie

S.A.A : Spectrophotométrie d'absorption atomique

S.F : Streptocoques Fécaux

S.S.M.O: Summary of Synoptic Météorogical Observations

Introduction

Introduction

Un port est une entité spatiale construit pour répondre à deux rôles complémentaires :

- Sur le plan économique un port est un établissement destiné à la réception des navires, en vue d'assurer la continuité des transports entre les voies maritimes et terrestres ou fluviale aux quelles peuvent se griffer les rôles industriels et/ou de transbordement.

- Sur le plan physique, l'enceinte portuaire doit permettre aux navires de stationner à l'abri des houles et des vents, afin d'assurer les conditions optimales permettant la manipulation des cargaisons à l'arrivé ou au départ ; ainsi que les opérations d'avitaillement et de réparation des navires (Chapon, 1975).

Le port de Bejaia est dans ce sens un port à vocation commerciale, composé d'un port pétrolier, une gare maritime pour le transport des voyageurs, un port commerciale, un petit port de pêche (deux appontement) et d'un mini port de plaisance.

Le trafic maritime, sans cesse croissant, engendre des pressions de plus en plus croissantes aussi bien sur les infrastructures et superstructures portuaires.

Durant le mois de janvier 2010, plus de 700 000 tonnes de marchandises ont été déchargées au port de Bejaia. Un chiffre qui dépasse les capacités de cette entreprise portuaire qui reçoit habituellement moins de 500 000 tonnes par mois. Un état de fait qui a provoqué une saturation totale. Une quantité considérable de marchandises demeure bloquée depuis plusieurs jours et les importateurs commencent à s'impatienter.

Des initiatives ont été prises dans le cadre du désengorgement du port, un terrain de sept hectares a été aménagé en 2003 pour le stockage de conteneurs vides, alors que 6 autres hectares sont actuellement en cours d'aménagement.

Ce mémoire a pour objet l'étude d'impact sur l'environnement se rapporte aux travaux de réalisation d'un terre-plein d'une superficie de l'ordre de 6 Ha à l'est de la jetée de fermeture du port de Bejaia. Il s'agit en particulier d'identifier les effets sur l'environnement de la réalisation de cet ouvrage et proposé des mesures compensatoires éventuellement.

Notre travail est divisé en quatre parties :

Le premier chapitre est consacré à la description de la zone d'étude, il consiste en une reconnaissance du site et de son environnement avant la réalisation du projet.

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

Le troisième chapitre est consacré aux différents résultats et interprétations des études sédimentologies, bactériologiques, la pollution par les métaux lourds et la macrofaune benthique.

Le quatrième chapitre est destiné à l'identification des impacts de la réalisation de ce terre-plein sur son environnement, et les mesures proposés pour prévenir, réduire ou atténuer ses impacts négatifs.

Chapitre I
Présentation de la zone d'étude

Présentation de la zone d'étude

Ce présent chapitre, présente le contexte général dans lequel s'insère notre zone d'étude. Il se base sur des données que nous avons collectées et qui nous paraissent avoir un lien avec le développement et le fonctionnement du port. Les différents aspects traités, relatent les caractéristiques essentielles de la zone étudiée : localisation, environnement naturel et activités portuaires.

I .1 Le cadre régional

I.1.1. Données géographiques

La région de Bejaia, se situe dans la partie Est du littoral Algérien comprise entre les parallèles 36°43'de latitude Nord et les méridiens 4°55'de longitude Est, dans la rive Sud de la méditerranée, à environ 250 km de la capitale Alger, avec une superficie de 3261.26 km^2 et un ligner côtier d'environ 100 km longeant la mer ; donnant à cette wilaya une qualité et plusieurs atouts naturels.

La baie de Bejaia, quand à elle, est délimitée à l'ouest par le cap Carbon et à l'est par le Kef ziamma.

I.1.1.1. Position géographique du port de Bejaia

Latitude Nord : 36° 45' 24"
Longitude Est : 05° 05' 50

I.1.1.2. Situation géographique

Le port de Bejaia est un port mixte (port pétrolier, commercial et un quai pêcheur) situé à environ 1,5 Km au sud du Cap Carbon. I1 a été construit en deux étapes:
- entre 1898 et 1922 pour le port commercial et;
- entre 1958 et 1960 pour le port pétrolier.

La situation géographique du port de Bejaia offre des commodités exceptionnelles:
Il se trouve à quelques minutes seulement d'un aéroport international (5 Km).La gare ferroviaire est localisée dans le même site que le port, ce qui offre, entre autres, des facilités en matière de transfert de marchandises de toute nature vers d'autres destinations. Des infrastructures routières relient la ville de Bejaia à l'arrière pays.
Le port de Bejaia présente 2.8 Km de quai avec une capacité de production de 2.800 T/an en matière de pêche et 10.985.920 T/an pour le commerce (LEM, 2003).

.

I. 1.1.3. Situation du site d'étude

Le site d'étude situé à l'est de la jetée de fermeture du port de Bejaia, il est limité au sud par la plage (Sidi Ali Labhar) et englobant l'embouchure de l'oued Soummam (LEM, 2003).

Figure 1.1. Situation géographique de la zone d'étude (Google Earth 2011)

I. 1.1.4. Présentation du projet

Le Groupe Cevital projette l'extension coté mer du terre-plein du complexe agro-industriel sur une superficie de 6 ha environ, cette extension d'environ 240 ml de long, est projeté dans le sens Ouest-est en prolongeant du terre-plein existant (LEM, 2003).

I.1.2. Milieux physiques et naturels

D'un point de vu géologique (Hammoudi, 2009), la ville de Bejaia est construite sur des terrains appartenant principalement à deux systèmes de l'ère secondaire, qui sont successivement le jurassique et le crétacé.

La partie nord, de la région d'étude (djebel Gouraya et cap Carbon), est caractérisée essentiellement par des formations du jurassique (calcaires riche en fer), alors que la partie Sud (cap Bouak jusqu'à l'avant port) est caractérisée essentiellement par des formations du crétacé (marneuses et conglomératiques, également riches en fer).

Le lessivage de ce type de sol, notamment lors des périodes de forte pluviométrie, peut entraîner des quantités non négligeables de fer qui ira en mer.

Les apports solides ont sûrement un impact sur la zone portuaire et sont aussi conditionnés par les caractéristiques et les données hydrologiques. Des travaux antérieurs (LEM, 1993) fournissent des indications intéressantes sur l'hydrologie de la région, dans laquelle est insérée la zone portuaire de Bejaia, plusieurs cours d'eau drainent les bassins versants adjacents, et se déversent directement en mer, parmi lesquels l'oued Soummam, qui est le plus important de la région, avec un bassin versant de plus de 9125km^2 et une longueur de plus de 100km.

Ce bassin versant, se caractérise par une forte discontinuité au point de vue écoulement et ruissèlement; ceci est dû essentiellement à trois facteurs :

- Irrégularité de la pluviométrie.
- Variation des perméabilités et des pentes.
- Diversification du couvert végétal.

L'impact de ces paramètres se fera sentir sur les débits liquides(Ql) et les apports solides(As). Les seules données disponibles datent de la période (1964-1974), enregistrées à la station de Sidi-Aich, (LEM, 1993) qui sont les suivantes :

- Débit liquide moyen : 26 m^3/s.
- Minimum journalier (étiage) : 0,8 à 1 m^3/s.
- Maximum journalier (hivernale) : 2200 m^3/s.

Sur le plan hydrogéologique, les nappes d'eau les plus importantes se localisent dans les plaines côtières alluvionnaires de Bejaia. L'alimentation des nappes se fait par :

- Infiltration des eaux de précipitation sur la plaine.

- Infiltration de l'eau drainée par les bassins versants de la plaine au niveau des piémonts.
- Les apports des oueds traversant la plaine.

I.1.3. Données climatiques

L'analyse a été faite sur la base des mesures des précipitations et des fréquences des vents enregistrés au niveau de la station de Bejaia (36° 04'N-05°04'E « O.N.M ») et de certaines mesures de fréquence de vents enregistrés par le S.S.M.O (summary of synoptic meteorological observation) pour la période allant de 1969 à 1970.

I.1.3.1. La pluviométrie

Les données recueillies sur une durée de18 ans (1969-1986) par la station de Bejaia nous fournissent les valeurs moyennes suivantes :

- Pluviométrie : 798 mm / an
- Evaporation potentielle : 1154 mm / an
- Température : 18,6 °C (source : LEM, 1993).

La région de Bejaia est caractérisée par des averses très importantes. Selon l'O.N.M elle est considérée « ....comme l'une des villes les plus pluvieuses du pays... ». Elle reçoit une moyenne de 800 à 1200 mm d'eau de pluie par an (Direction de l'Hydraulique de Bejaia, 2006).

La répartition des pluies dans le cycle annuel est très inégale. Elle est fortement influencée par le facteur saisonnier, le maximum est atteint entre novembre et mars et culmine à plus de 160 mm (moyenne interannuelle) entre Janvier et Février. Le minimum annuel est relevé entre Mai et Août avec une hauteur de pluie inférieure à 6 mm en moyenne pour ces 4 mois, durant les années plus sèches. (1985-1986), le nombre de jours de pluie est de l'ordre de 100 J / an avec un maximum en hiver (38J / an) et un minimum en été (7J/an).

Les précipitations sont déterminées par l'orientation des axes montagneux vis-à-vis de la mer et des vents humides.

I.1.3.2. Les vents

Il ressort des données recueillies dans la région de Bejaia, que les régions de vent sont influencées par le relief environnant : le Djebel Gouraya et la vallée de la Soummam. En effet les vents de secteur Ouest sont canalisés par la vallée de la Soummam qui leur donne son orientation Sud-ouest-Nord-est : c'est « le vent de la Soummam ».

2.1. Données de S.S.M.O

En se basant sur les données de S.S.M.O. ou (summary of synoptic meteorological observation) qui s'étalent de 1963 à 1970, on détermine les fréquences d'apparition du vent par direction et par vitesse pour chaque trimestre et pour toute l'année, on constate que durant le premier trimestre ce sont les vents de Nord-est et Est qui prédominent (plus de 20% du temps).

2.2. Analyse des données de Bejaia

Durant l'année, deux régimes affectent la côte occidentale du golfe de Bejaia :

- **Régime hivernale** : Octobre- Avril :

Il se caractérise par la nette prédominance des vents de secteur Sud-ouest et Ouest (tableau1.1).

Le mois de Janvier est le plus représentatif de ces vents ; 8% de ces vents ont une vitesse supérieure à 16m/s soit 31noueds.

- **Régime estivale** : Mai à Septembre :

La prédominance des vents Nord- est et Est n'est net que durant les mois de Juillet et Août.

Tableau 1.1. Fréquences et répartition des vents à la station de Bejaia (LEM, 1993)

Direction en (%)	**Régime**	
	Hivernale	Estivale
Sud-ouest	40	21
Ouest	23	9
Nord -est	6	20
Est	7	13
calme	24	37

La direction Nord- ouest n'est pas représentée car sa fréquence est trop faible durant le régime estival ; 2% des vents (tous secteurs confondus) ont une vitesse supérieure à 16m/s

Tableau 1.2 .Moyennes mensuelles de la pluviométrie, de la température et de l'humidité de l'année 2007(ONM, 2008)

Mois	Jan	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Octo	Nov	Dec
T°(c)	12	14	13	16	19	22	25	26	23	20	14	11
Préci-Pitati-ons (mm)	9	20	132	175	12	10	3	7	63	149	175	207
Humi-dité (mm)	74	76	77	83	73	77	78	72	60	80	78	80

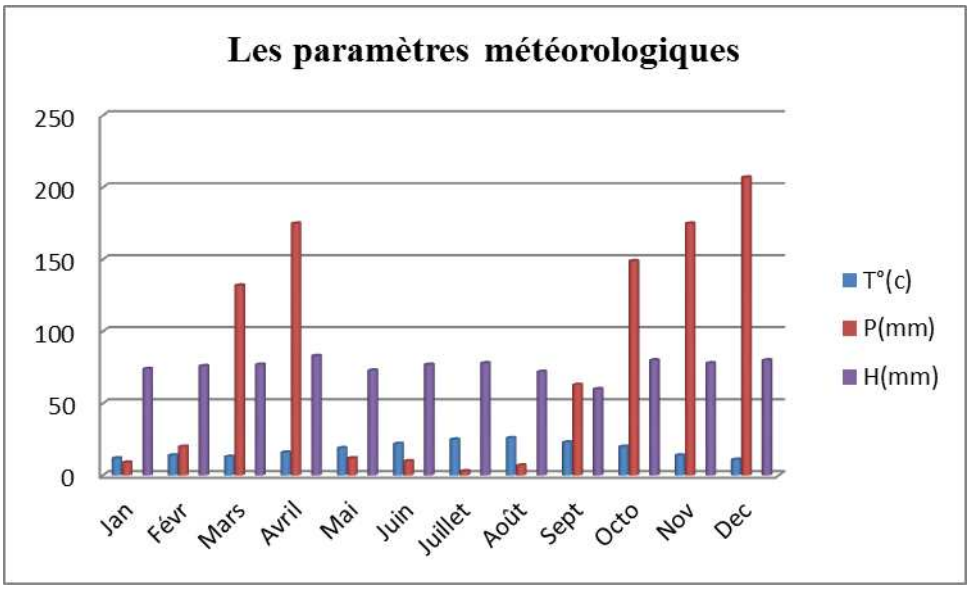


Figure 1.2. Evolution des paramètres météorologiques durant l'année (2007).

L'analyse de ces trois paramètres, nous indique que la saison hivernale est la plus importante en matière de précipitation ; et pendant laquelle le vent de secteur Sud-ouest et Ouest sont dominants (40%), ceci mis en relation avec l'importance des crues et lessivages des bassins versants de l'oued Seghir et Soummam, d'après le graphe on peut dire que les apports solides et liquides en fonction des précipitations sont surtout remarqués durant la période printanière et hivernale.

I.2. La zone portuaire et sa proximité

Les caractères océanologiques dominants dans le golfe de Bejaia et les données spécifiques de sa zone côtière, influencent sûrement l'évolution de la zone portuaire.

I.2.1. Géomorphologie côtière et sous marine

Le golfe de Bejaia correspond à une importante ouverture du littoral sur le large, sous forme concave. Il est bordé à l'Ouest par les falaises jurassiques du cap Bouak et à l'Est par le massif volcanique miocène du cap El Aouana. Par ailleurs, ce golfe se singularise par sa morphologie très particulière (Leclaire, 1972).

- Plateau continental peu étendu, d'une largeur moyenne de 1,5km avec une pente de l'ordre de 1° en moyenne et ressemblant à un talus d'accumulation sédimentaire.
- Glacis continental festonné par d'imposants « criques » (cap Aokas, Béni-segoual) d'où partent des vallées sous marines.
- Littoral sablonneux (dunes) qui ourle le pied des falaises de la Kabylie des Babors.
- Le plateau de la baie de Bejaia, est raviné de 40 à 100 m, de profondeur, par un petit canyon, unique en son genre par ses dimensions et sa localisation. Il entaille légèrement le rebord du plateau et disparait au de là des isobathes de 150 m (Leclaire, 1972).

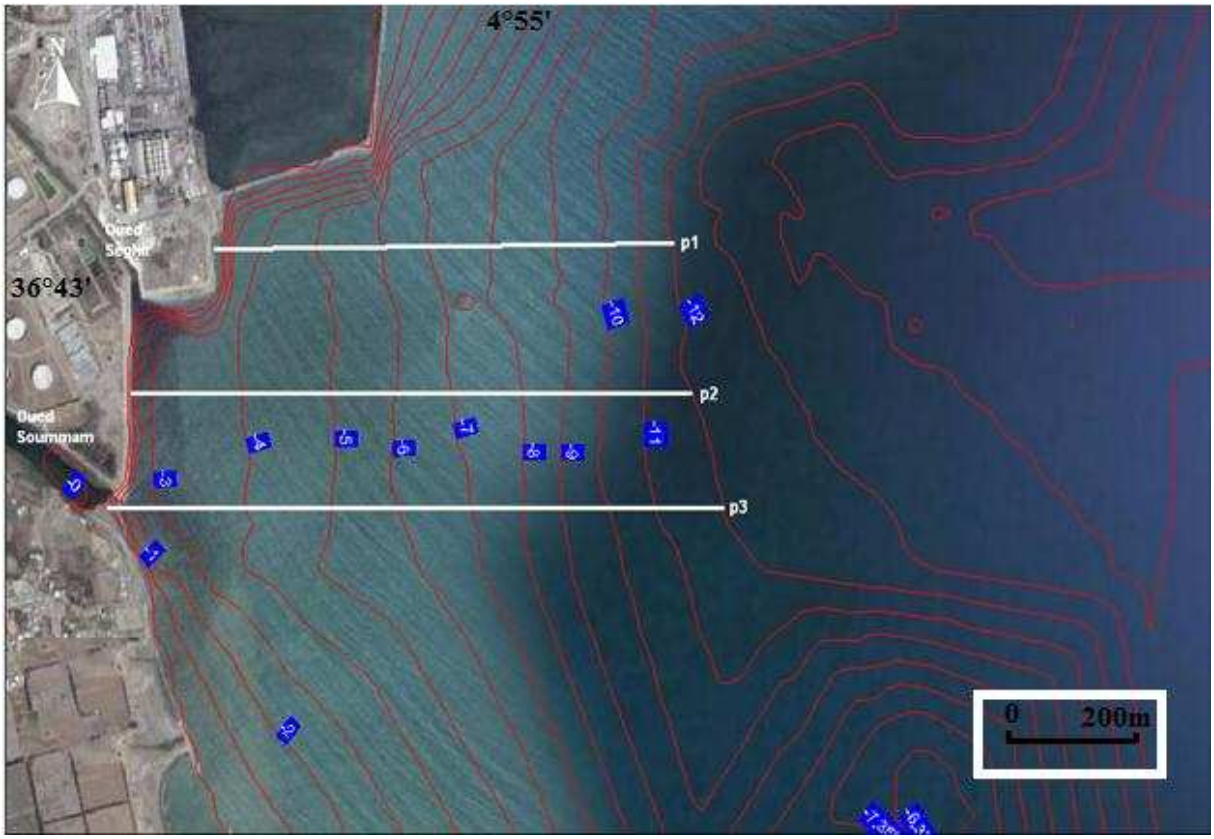


Figure 1.3. Bathymétrie de la zone d'étude (LEM 2011)

Au regard à la figure ci-dessus (Figure 1.3**)**, on peut conclure que la batymétrie spécifique de notre zone est comme suit :

de 0 à 3 m de profondeur les courbes batymétriques montrent que le fond a une pente assez raide semble à celle d'une falaise cela dù à l'action des courants des secteurs Nord et Nord-oest qui tranporent des quantités importantes des sédiments cotiers vers le large et accentuant le phénomene d'érosion.

Au de là de 3 m on remarque que la batymétrie de notre zone montre une pente généralement moyenne avec la présence des dépots résultants des sédiments transportés de la cote.

I.2.2. Données sédimentologiques et bathymétriques

La distribution des sédiments du golfe de Bejaia est fonction de la bathymétrie. En outre, elle est caractérisée par trois principaux types de faciès (Leclaire, 1972);

- Sables et sablons siliceux rencontrés aux faibles profondeurs (0-20 m) et ce à partir de la ville de Bejaia jusqu'à la rive Est de l'oued agrtoun.de plus une extension vers le large (40 m) de ce faciès est observée particulièrement entre les embouchures des oueds Soummam et Djemââ.

- Le faciès à boues silico-argileuses est au niveau de tout le golfe dominant entre 40 et 80 m de profondeur ;

- A partir de 100 m de profondeur et plus, les boues silico-argileuses et argilo-siliceuses est au niveau de tout le golfe dominant entre 40 et 80 m de profondeur ;

- A partir de 100 m de profondeur et plus, les boues silico-argileuses et argilo-siliceuses sont retrouvées.

I.2.3. Régime Sédimentologique, transit littoral et érosion du littoral

Les conclusions des expertises sédimentologiques réalisées dans le cadre du projet intitulé "carte sédimentaire du littoral Algérien" précisent que le schéma probable de la dynamique sédimentaire dans la baie de Bejaia est comme suit :

La répartition des sédiments dans la baie de Bejaia est conditionnée par l'action des houles des secteurs Nord-Ouest, Nord-est ainsi par celle du secteur Nord, (LEM, 2003).

Les houles de l'ouest dominantes en période hivernale, abordent la côte avec une incidence oblique, créant un courant de dérive littoral, assurant le transit des sédiments dans la même direction.

Les houles dominantes de l'est en période estivale, abordent également la côte avec une incidence oblique créant un courant de dérive littoral assurant la dissémination des sédiments dans le même sens.

Les houles du nord par contre, régulières sur toute l'année arrivent à la côte avec une incidence frontale, créant un courant de retour assurant la répartition des sédiments dans le profil, ces houles sont à l'origine de l'érosion de la côte.

La répartition des sédiments est conforme au schéma classique de la distribution des sédiments en mer. Les houles de l'ouest dominantes en période estivale, abordent la côte avec une incidence oblique, créant un courant de dérive littoral assurant le transit des sédiments dans la même direction.

Les houles de l'est dominantes en période hivernale, abordent également la côte avec incidence oblique créant un courant de dérive littoral, assurant la dissémination des sédiments dans le même sens.

Les houles du nord régulières sur toute l'année arrivent à la côte avec une incidence frontale créant un courant de retour assurant la répartition des sédiments dans le profil, ces houles sont à l'origine de l'érosion de la côte.

Figure 1.4. Schéma probable de la dynamique sédimentaire dans la baie de Bejaia (Google Earth, 2011).

I.2.4. Evolution du fond marin

L'érosion marine est importante au niveau de la partie Est de la côte, elle s'observe essentiellement au niveau de la plage de Bejaia, de la piste de l'aéroport et de l'unité de Naftal marqué par un recul moyen évalué à 25m entre 1994 et 1997 d'où la protection de ces sites qui s'avéré d'une grande urgence, quant à la partie situé entre la digue de fermeture et la rive gauche de l'oued Soummam, la plage à complètement reculée (LEM ,2003).

La comparaison des profils réalisés à partir d'une carte marine datée de 1928 et un relevé bathymétrique du (LEM, 1993) couvrant la zone concernée par l'étude révèle un recul important du trait de côte estimé à 100 m.

Les taux nets d'évolution de la position de la ligne de rivage le long de la côte ouest du golfe de Bejaia (Boutiba, &al 2005), qui s'étend du Cap Carbon à l'Ouest jusqu'au Cap Aokas à l'Est sur un linéaire estimé à environ une trentaine de kilomètres, ont été obtenus à partir des orthophotographies numériques mosaïquées de différentes missions (1973, 1989, 2001) et les données de l'image satélitale quikbird acquis en 2005. Les taux nets des variations de la position de la ligne de rivage ont été calculés à chaque transect en utilisant à la fois la méthode de la régression linéaire et la méthode dite « endpoint pour l'ensemble des lignes de rivages en allant de la plus ancienne vers la plus récente. La base de données obtenue compte environ 930 taux d'érosion séparés et espacés chaque 10 m le long de 30 km de plages sableuses étudiées.
Quatre secteurs de plages sont analysés : la plage de Sidi Ali Lebher, la plage de Boukhlifa, la plage de Tichy et le secteur de la plage d'Aokas. La courbe des tendances évolutives de la ligne de rivage entre 1973 et 2005 signale un recul généralisé des plages dans la partie Ouest de Boukhlifa et dans le secteur de Sidi Ali Lebher avec des taux nettement plus élevés à Sidi Ali Lebher, correspondant à l'embouchure de l'oued Soummam. Les taux varient entre -0,16 m/an et la valeur paroxysmale est de -6,13 m/an. Les ouvrages de protection de la côte (épis en T) réalisés à partir de 2001 n'ont pas aboutit à grand chose car la tendance érosive a continué à marquer les plages de la zone. Au niveau de l'embouchure de l'oued Soummam, le recul était spectaculaire, cela ne pourrait être dû qu'au manque d'apport de matériaux provenant du continent, justifié par les extractions abusives, au niveau de son lit, de sable et de gravier.
Cette étude a montré que la côte sableuse de la partie ouest du golfe de Bejaia a enregistré une érosion presque généralisée et modérée. La tendance générale à l'érosion de cette côte sur une période mi séculaire allant de 1973 à 2005 peut en partie être expliquée par des phénomènes naturels tels que les effets, répétés et cumulés, tempétueux du climat. Les activités humaines non contrôlées ont pu aussi accélérer la cadence de ce recul.

I.2.4.1. Evolution des surfaces des plages entre 1973 et 2001

La cartographie de l'évolution surfacique des plages sableuses de la partie Ouest du golfe de Bejaia, pour une période d'observation de 28 ans allant de 1973 jusqu'à 2001, a permis de calculer les surfaces d'érosion et d'accrétion. Les résultats obtenus pour chaque plage sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 1.3.Bilan de l'évolution des surfaces des plages entre Cap Carbon et Cap Aokas (1973 – 2001), (Boutiba, &al 2005).

Plages	**Erosion (m^2)**	**Accrétion (m^2)**	**Bilan (m^2)**
Aokas	95 635,88	0	-95 635,88
Tichy	184 230,37	28 307	-155 923, 37
Boukhlifa	561 069,31	11 464,55	-549 604,76
Sidi Ali Lebher	182 297,88	0	-182 297,88

I.2.5. Pédologie de la basse Soummam

Dans la plaine de la Soummam se développe des sols peux évolués et hydromorphes, ce sont des sols qui sont souvent réunies par l'apport de matériaux neufs en période de crues, ces types de sols sont responsables d'occupation actuelle des terres (LEM, 2003).

I.2.6. Etude Hydrologique

La Wilaya de Bejaia, reçoit chaque année un volume global moyen de 1465 millions de m^3 d'eau destinées à l'irrigation, à l'alimentation en eau potable et à l'industrie (LEM, 2003).

I.2.7. Données océanographiques

I.2.7.1. La houle au large

Une analyse statistique de ces données de base permet de définir les secteurs de la houle prédominant et leurs amplitudes respectives. L'agitation provenant des secteurs Ouest-est, et la plus fréquente, néanmoins par forte houle le secteur Ouest prédomine.

Les houles de tempête proviennent essentiellement du secteur Ouest.

Pour les secteurs Nord et Nord-est les fréquences d'apparition sont très faibles (LEM, 2003).

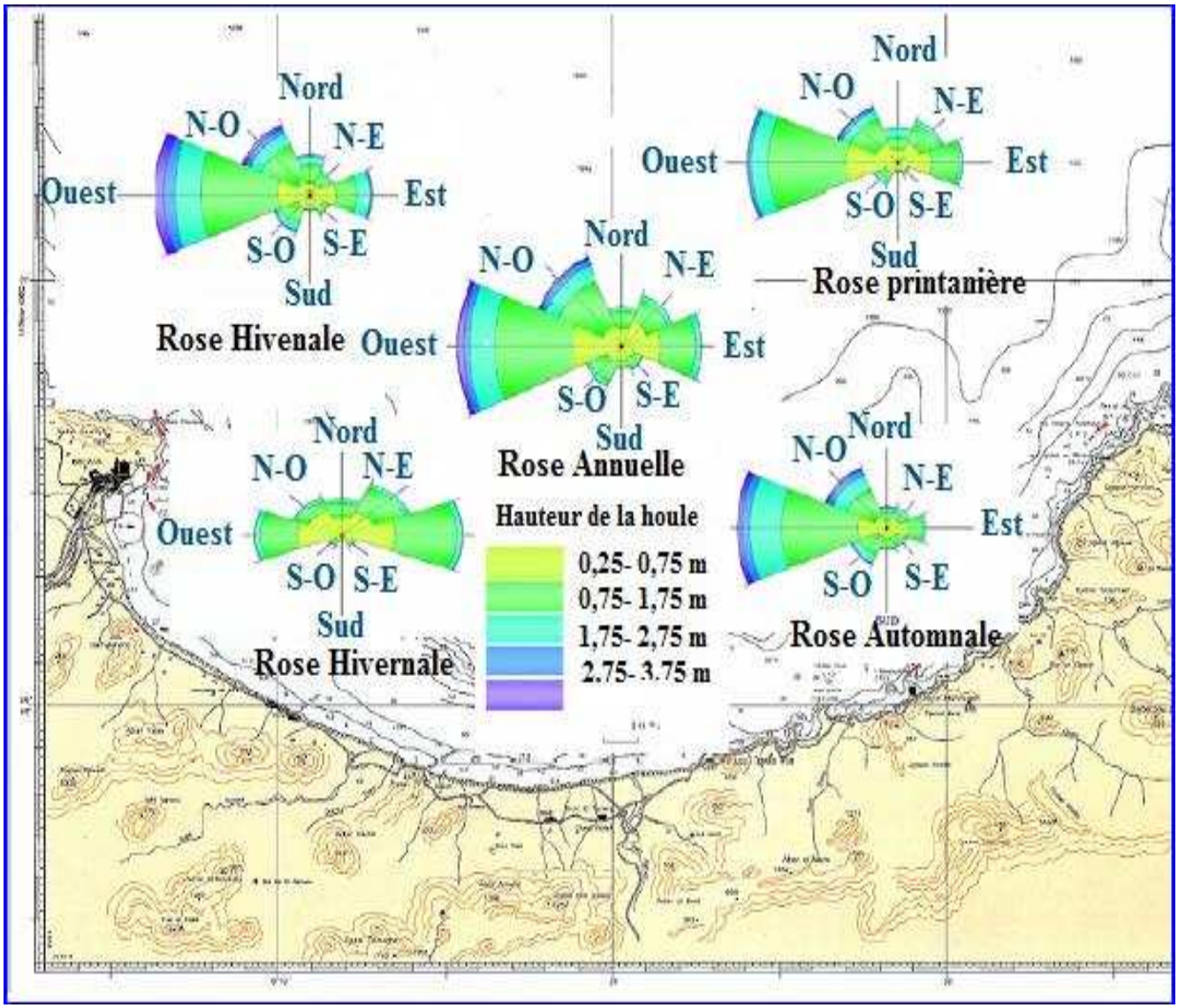


Figure 1.7. Roses trimestrielles et annuelles des houles au large dans la région Est de l'Algérie (LEM, 2003).

Tableau 1.4. Fréquences et directions des houles pour différents états de la mer (LEM, 1993).

Degrés	**Ouest (%)**	**Nord-ouest (%)**	**Nord (%)**	**Nord-est (%)**	**Est (%)**
Calme	2.6	1.9	2.3	2.3	3.2
0°	8	4.2	2.8	4.3	6.6
1°	14.2	6.7	3.3	3.7	6.1
2°	4.4	2.3	0.5	0.4	0.7
3°	1.1	0.8	0	0	0
4	0.6	0.3	0	0	0
Total	30.9	16.2	8.9	10.7	16.6

On constate que la région de Bejaia se caractérise par deux directions privilégiées :

- Ouest-Nord-ouest (300°)
- Nord-Nord-est (20-40°)

En hiver, les houles prédominantes sont de secteur Ouest-Nord-Ouest pour plus de 80% avec une période moyenne de 8 à 9 secondes, des périodes supérieures à 10 s peuvent atteindre 13 s sont relevées lors de grande tempête.

Les houles d'été de direction Nord-nord-est se caractérise par une amplitude de 0,5 m à 1,5 m, 50% de ces houles ont une période de 6 à 9 s et n'atteignent que très rarement 3 m d'amplitude.

L'amplitude moyenne est de 2 à 3 m, des amplitudes maximums peuvent atteindre 4 à 6 m.

Tableau 1.5.Statistiques de la houle au large de la baie de Bejaia (LEM, 1993)

Direction / Houle	**Est**	**Nord-est**	**Nord**	**Nord-ouest**	**Ouest**	**Toute direction**
Biennale	3.51 m	4.00 m	5.64 m	7.03 m	7.92 m	8.41 m
Quinquennale	4.01 m	4.67 m	6.5 m	8.10 m	9.03 m	9.44 m

I.2.7.2 La houle à la côte

L'analyse de la propagation des houles de périodes 6 ,8 et 10 s des secteurs N 360°, N45° et N330° mesurées à une profondeur de -15 m environ, réveille que les houles des différents secteurs considérés arrivent à la cote avec une énergie légèrement atténuée.

Le coefficient de réfraction K varie entre 0 ,63 et 0,96 les houles qui ont donc, le plus d'impact sont celles du secteur Nord-est.

Tableau 1.6. Caractéristiques de la houle à la côte au niveau de la baie de Bejaia (LEM ,1993)

	Temps de retour associé (ans)	360° Nord	45° Nord	330° Nord
Biennale	02	4,56 m	3,49 m	3,84 m
Quinquennale	05	5,43 m	4,09 m	4,41 m

I.2.8 Les données hydrodynamiques

I.2.8 .1 Les courants

I.2.8 .1.1 Les courants généraux

Le régime climatique du bassin méditerranéen, chaud et sec, provoque une évaporation très élevée et constitue le moteur de la circulation thermo haline. La configuration du détroit de Gibraltar, d'une profondeur de 320 m, ne permet que l'entrée d'eaux superficielles à l'intérieur du bassin méditerranéen. Ces eaux, qui pénètrent de l'Atlantique, forment le courant algérien, une veine superficielle bien définie qui s'écoule d'ouest en est le long des côtes du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie. Les instabilités de ce courant, provoquées essentiellement par la topographie, se traduisent par une importante activité à méso échelle, avec formation de méandres et de tourbillons qui influencent toute la circulation dans la Méditerranéenne occidentale.

Une première branche tourne en sens lévogyre entre le bloc Corso-Sarde et la Péninsule Ibérique : c'est le circuit Ibérique qui porte à l'ouest, puis au sud-ouest ; la deuxième tourne également dans le bassin Tyrrhénien et continue par les côtes provençales dans le circuit Liguro-Provençal ; la troisième branche de ce courant, de direction NW-SE se dirige vers la Méditerranée orientale, en traversant le canal de Sicile. Un courant profond d'eaux méditerranéennes d'une salinité élevée et de basse température, sort par le détroit de Gibraltar vers l'océan. La faible profondeur des fonds dans le détroit sicilo-tunisien limite certainement la circulation des courants profonds provenant du bassin oriental.
La veine d'eaux entrant par Gibraltar et entraînée le long des côtes de l'Afrique du Nord se traduit sur le plan biogéographique par la présence d'espèces atlantiques. Ces eaux perdent

leur « atlanticité » à partir du canal de Sicile. La salinité des eaux superficielles (jusqu'à - 50 m) est aussi conforme à son origine atlantique.
La houle est définie par la vitesse du vent, sa durée et la distance sur laquelle celui-ci agit sans trouver d'obstacles (fetch). Le fetch le plus long se présente au niveau du secteur nord-nord-ouest en concordance avec les vents dominants qui sont de secteur nord. Cependant les vents du sud-ouest sont également importants. L'orientation et la vitesse des courants dépendent en principe de celles des vents dominants (Grimes, 2005).

Au niveau de la baie de Bejaia, les courants de (l'atlantique n'affectent pas la frange côtière**)**.Seuls les courants locaux sont à prendre en compte dans l'hydrodynamisme côtier (Un courant de retour qui est induit par les houles d'incidences frontales (nord- est), il assure la dissémination, des sédiments, vers le large.

Des résultats d'études universitaires décrivent un vent de la Soummam qui entraine les eaux superficielles vers le large depuis le débouché de l'oued Soummam.

La combinaison de ces courants entre eux, entraînant les particules en suspension vers le large dans la direction Sud-ouest/Nord-est (LEM 2003).

I.2.8 .1.2 Les courants côtiers

Les phénomènes hydrodynamiques qui régissent les transferts sédimentaires sur la plage sous-marine et dans la zone de ressac sont nombreux et parfois très complexes (LEM, 2003).

La dynamique des sables le long des rivages est fonction de la dérive littorale elle-même liée aux paramètres physiques de la houle.

Au contact des irrégularités du fond les houles donnent lieu à des rouleaux qui en provoquant la mise en suspension des particules favorisant leur déplacement.

Le sens et l'intensité de ce courant sont fonction de l'amplitude et l'incidence de la houle par rapport à la côte mais également la topographie de la plage sous-marine et de la granulométrie des sédiments.

I.2.8 .1.3 Les courants de retour

Le courant de retour correspond à une zone de flot de retour à partir du courant existant à partir du lieu de déferlement de la houle. Ces courants possèdent une vitesse qui dépend de l'énergie de la houle et de la pente de la plage. Ces courants sont responsables de la dispersion d'une partie des sédiments côtiers vers le large (LEM, 2003).

I.2.8 .1.4 Les courants de dérive littorale

Lorsque la houle arrive à la côte avec une incidence oblique, celle-ci donne naissance à un courant de dérive littoral .La vitesse de ce courant est maximale pour un angle d'incidence de 50° à 60°.

La dérive littorale prend naissance au niveau de la zone de déferlement où l'énergie est maximale .Cette énergie permet la mise en suspension et le transit des particules sédimentaires le long de la côte.

Dans le cas général de petites et moyennes amplitudes, les courants ne sont notables que dans la zone de déferlement et n'affectent donc que le triage des sables et des graviers de la frange littorale (-10 m). Ils assurent le transport latéral par dérive littorale et la dispersion.

Par contre, pour les houles de fortes amplitudes, elles pourraient agir en fonction de l'amplitude jusqu' aux fonds de -40m à -60m (LEM, 2003).

A partir de ces données on constate que la bathymétrie de notre zone (courbes bathymétriques proches de la côte) montre que ce fond a une pente assez prononcée et cela induit une énergie sur le littoral côtier d'où l'érosion.

I.2.8.2.La marée

Sur la côte algérienne, la marée est faible, de l'ordre de 20 cm environ, sur la base de différentes hydrographiques, les variations enregistrées sont les suivantes

- Niveau maximum : + 50 cm NGA
- Moyenne haute mer de vives eaux : +10 cm NGA
- Moyenne basse mer : -10 cm NGA
- La plus basse mer (ZH) : - 34 cm NGA

Chapitre II
Matériels et Méthodes

Dans un but de faire un diagnostic sur notre zone d'étude et dans le but d'implanter un quai à conteneurs plusieurs analyses ont été effectuées :
La granulométrie, les métaux lourds et la macrofaune benthique, les coliformes totaux, fécaux et les streptocoques fécaux.

II.1.Travaux en mer

Les travaux en mer ont été réalisés à bord d'un navire océanographique dans le cadre d'une compagne pluridisciplinaire réalisé durant le mois de mars 2011.
Le nombre de stations étudiées est de 33, le chois de ces stations a été fait d'une façon à couvrir l'ensemble de la zone d'étude.

II .1.1. Prélèvement des sédiments

II est réalisé à l'aide d'une benne inoxydable « Van Veen ». Les échantillons désignés pour l'analyse des métaux lourds et la sédimentologie sont transvasés dans des sachets en plastique rincés à l'eau distillée. Les sédiments destinés à l'étude benthique seront gardés dans des flacons en verre en rajoutant du formol dilué à 10% pour la conservation de l'échantillon et ensuite transportés au laboratoire. Les échantillons destinés pour l'analyse bactériologique sont récoltés dans des flacons en verre stériles. La nature des sédiments recueillis est de la vase putréfiée. Une fois étiquetés, ils sont transportés immédiatement au laboratoire dans une glacière.

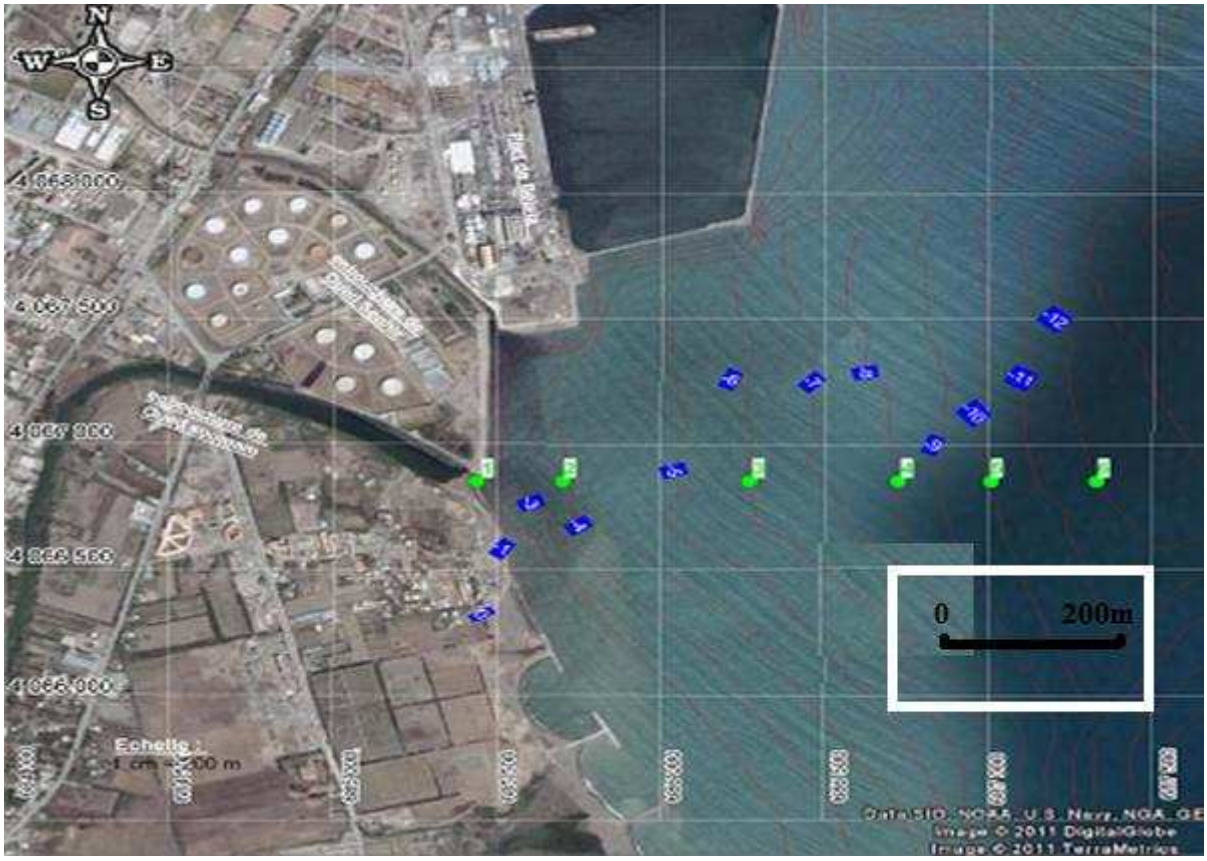


Figure 2.1. Localisation des stations de prélèvement de benthos dans la région d'étude

Figure 2.2. Localisation des stations de prélèvement destinées à l'analyse granulométrique dans la région d'étude

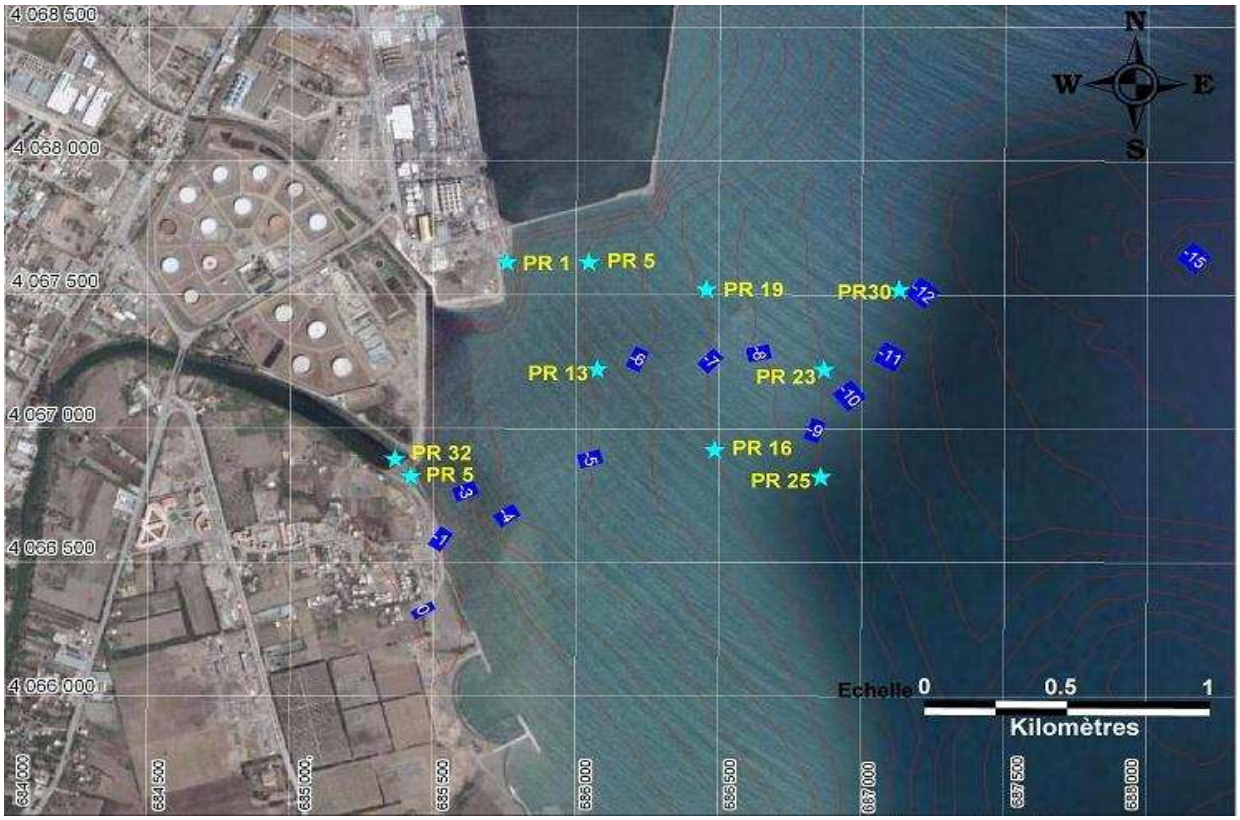


Figure 2.3. Localisation des stations de prélèvements destinées aux analyses des métaux lourds dans la zone d'étude

II.2. Analyses au laboratoire

II.2.1. Analyse granulométrique

D'après Rivière, 1977, la granulométrie consiste à évaluer le pourcentage de la masse totale correspondant à la dimension des particules.

Une fois les échantillons nécessaires aux déroulements des travaux obtenus, ces derniers sont traités et classés au laboratoire, déposés dans des boites de pétries libellées, sur lesquelles, on utilisera pour chaque analyse, la quantité de sédiments nécessaire.

Les travaux se sont déroulés au sein du laboratoire de l'école nationale des sciences de la mer et de l'aménagement.

II.2.1.1. Principe de la méthode

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

Cependant, il existe de très nombreuses normes de tamisage, dans lesquelles les mailles varient selon une progression géométrique décroissante permettant un espacement régulier des abscisses dans l'échelle logarithmique, ainsi qu'une représentation étendue sur un graphique.

Cette analyse granulométrique permet de définir, suivant leurs calibres, diverses classes des sédiments indépendamment de leur nature chimique.

II.2.1.2. Mode opératoire de l'analyse granulométrique

Dans un premier temps, les échantillons mis dans des boites de pétries, sont placés à l'étuve pendant 24 heures ajustée à une température de 105°C.

Une fois le premier séchage achevé, 200 grammes de sédiments ont été prélevés de chaque boite 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 subit un rinçage dans un tamis de 80 µm 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 boites 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 pourrons 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, c'est à dire, avec une raison de $\sqrt[10]{10}$. L'ordre des tamis par ordre de diamètres décroissent par unités de microns, est le suivants : 2000 µm, 1800µm, 1600µm, 1200µm, 1000µm, 800µm, 600µm, 400µm, 315µm, 250µm, 200µm, 180 µm, 160 µm ,125µm ,100µm, 80µm

63 µm, 50µm, 40µm.

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

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

II.2.1.3.Traitement des données

A partir des masses cumulées sont calculés les pourcentages cumulés puis pondérés des courbes cumulatives ont été établies propres à chaque station, sur 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 différents paramètres grâce auxquels nous calculerons les indices granulométriques.

II.2.1.3.1. Les indices granulométriques

a. Les paramètres centraux

a.1. 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 Ward, 1957).

a.2. 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.

Ces deux paramètres nous montrent la part des sédiments grossiers et des sédiments fins dans un échantillon. (Tableau 2.1).

Tableau 2.1. Classification des grains de sable (Folk et Ward, 1957)

Diamètre du grain	Classification
< 1 l0 µm	Sable très fin
110-150 µm	Sable fin
150-250 µm	Sable moyen
250-500 µm	Sable grossier
>500 µm	Sable très grossier

II.2.2. Analyse des métaux lourds

II.2.2.1. Traitement du sédiment pour la détermination des métaux lourds

Le prélèvement de l'échantillon de sédiment à bord de l'embarcation doit s'effectuer en suivant des consignes très strictes pour éviter toute contamination d'échantillon, il est conservé à bord (précongélation) pour subir au laboratoire le traitement suivant :

II.2.2.2. Lyophilisation

Cette opération a été effectuée dans un lyophilisateur de type CHRIST-Betta 1-8 pendant 48 heures sous vide (10^{-1} mbar) et à très basse température (-55 °C).

Ce moyen de déshydratation est préférable à celui de l'évaporation à l'étuve car, dans ce dernier cas, l'élévation de la température peut être une source de pertes en métaux les plus volatils en particulier le mercure (Charlou et Joanny, 1983).

Figure 2.4. Lyophilisateur (modèle CHRIST Betta 1-8)

II.2.2.3. Broyage et tamisage

Les sédiments lyophilisés sont broyés à l'aide d'un mortier en porcelaine jusqu'à l'obtention d'une poudre fine. Cette dernière est récupérée dans des piluliers en verre et stockée dans un endroit sec (dessiccateur en présence de gel de silice).

Figure 2.5. Broyage des sédiments dans un mortier à porcelaine

Le tamisage s'effectue dans un tamis de 63µm.Cette fraction est la plus représentative pour le dosage des métaux lourds où il existe une affinité entre les particules fines et ces métaux. (Charlou et Joanny, 1983). Les sédiments dont la granulométrie est très fine n'ont fait l'objet que d'un tamisage. La fraction inférieure à 40 µm est le siège de la plus part des phénomènes d'adsorption - désorption où le problème de pollution est le plus significatif.

II.2.2.4. Homogénéisation

Pour avoir une meilleure répartition des éléments métalliques, les sédiments sont homogénéisés pendant 15 mn à l'aide d'un agitateur électrique (type Heidolph).

II.2.2.5. Extraction des métaux lourds

Les méthodes d'extraction des métaux lourds dans le sédiment sont multiples et regroupées en deux classes : les méthodes d'extraction totale et les méthodes d'extraction sélectives (Charlou et Joanny, 1983 et Fernandez, 1984). Pour le cas de la présente étude, une troisième méthode d'extraction est utilisée. Cette dernière permet l'extraction du métal totale adsorbé à la surface des grains par une digestion partielle qui s'effectue généralement avec des acides forts concentrés et des oxydants (HNO_3, HCl, $HClO_4$, $KMnO_4$).

II.2.2.6. Digestion ou minéralisation

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

II.2.2.7. Protocole expérimental

Le protocole utilisé est celui adopté par Charlou et Joanny (1983). Pour sa réalisation nous disposons d'une bombe à téflon composée de deux plaques en acier inoxydables, de neuf godets en téflon et d'écrous en acier.

La méthode utilisée est la suivante

- Peser 0,5g de sédiment sec dans chaque godet.
- Ajouter 5ml d'eau régale (1 volume HNO_3+3 volumes HCl).
- Le godet a été placé sur un ballon chauffant à une température medium de 80°c pendant 2h30.

Pour chaque série, on réserve un godet pour témoin blanc à raison de 5ml de HNO_3 pur. Chaque minéralisation est précédée d'une minéralisation à blanc pour décontaminer les godets en Téflon avec 3ml de (HNO_3) durant 24h.

II.2.2.8. La Dilution

Après refroidissement, les échantillons minéralisés dans les godets sont transvasés dans des fioles de 50ml, ajustés avec de l'eau distillée puis stockés dans un réfrigérateur en attendant le dosage par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA).

II.2.2.9. Analyse des métaux lourds par spectrophotométrie d'absorption atomique

C'est la méthode d'analyse des éléments à l'état de traces la plus utilisée et précise dans ce domaine, c'est une technique fiable et relativement peu onéreuse pour l'analyse d'éléments en trace recommandée par Pinta (1971), et Charlou et Joanny (1983).

L'analyse par SAA consiste en la détermination de la concentration d'une substance d'après l'absorption d'une radiation caractéristique de l'élément recherché.

Nous avons utilisé pour nos analyses un spectrophotomètre d'absorption atomique de type « HITACHI Z-5000 ». (Figure 2.6)

Figure 2.6. Spectrophotométrie d'absorption atomique model HITACHI Z-5000

a). Principe de la SAA

Les ions à analyser doivent passer sous forme atomique à l'état fondamental, ils absorbent une partie de radiation émise par une source de radiation 10 et passent à un niveau d'excitation supérieur. Après le passage d'un faisceau lumineux primaire résulte une diminution de l'intensité du faisceau incident I_0 qui devient I. L'intensité est d'autant plus petite que la quantité de métal interposée sur le faisceau est plus importante. La différence entre I et I_0est enregistrée par photomultiplicateur, cette absorption est proportionnelle à la concentration et suit la loi de Béer Lambert :

$$I = I_0 e^{-KIC} \qquad \text{(II .1)}$$

$$A = D_0 = \log I_0 / I = klc \qquad \text{(II .2)}$$

Où:

A:absorbance
Do: densité optique
K: constante coefficient d'extinction molaire
L:longueur de source d'atomisation
C: concentration du métal dosé
I:intensité lumineuse transmise
Io: intensité lumineuse émise.

Les concentrations des métaux étudiés sont déterminées suivant trois méthodes différentes :

• Vapeur froide (hydrures)

Cette technique est utilisée pour la détermination de la teneur en traces du mercure (Hg) par le système MHS10 (mercury hydrure system). C'est la réduction chimique du mercure (Hg) sous forme d'hydrure à l'aide d'une solution réductrice de barohydrate de sodium ($NaBH_4$) préparée à partir de 3g de ($NaBH_4$) et 1 g de (NaOH).

Le mode opératoire est comme suit : dans un flacon en polyéthylène contenant l'échantillon et à l'aide d'un gaz vecteur (Argon) sous une pression de 2,8 bars, on amène le ($NaBH_4$).

L'hydrogène libéré, réduit les ions métalliques en hydrures volatiles dans une cellule en quartz à partir de laquelle l'absorption du métal est mesurée.

• **Flamme air acétylène :** Concernant les métaux essentiels aux concentrations relativement importantes (Zn), nous avons utilisé la méthode de flamme air acétylène. La surface de l'échantillon est exposée au nébuliseur sous l'action d'un gaz. Celui-ci produit un aérosol qui va être dissocié en atomes par une flamme qui absorbe la lumière émise sous forme de radiation de chaque élément constituant la lampe.

• **Four à graphite :** Les éléments métalliques à concentrations relativement faibles sont analysés à l'aide d'un four à graphite (Cd, Pb... etc). C'est un four en graphite de revêtement pyrolytique interne. Le modèle utilisé est de type «HGA 500 » de Perkin Elmer. Le principe repose sur la volatilisation des échantillons par atomisation dans un four suivant trois cycles de montées de température. 10µl de chaque échantillon sont injectés automatiquement dans le four. Après écoulement du temps de montées de température programmée, l'absorption relative est enregistrée.

II.2.2.10. Etalonnage

L'étalonnage doit être réalisé très soigneusement, dans un domaine de concentration où la loi de Béer Lambert est respectée (Tableau 2.2). La mesure de la concentration d'un élément dans l'échantillon est déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage. La gamme d'étalonnage doit autant que possible être comprise autour de valeurs de l'échantillon analysé. Les solutions étalons sont préparées à partir de solution mère qui a une concentration connue en g/l de l'élément à doser. Les standards ne sont préparés qu'au moment de l'analyse.

Tableau 2.2. Concentration des solutions standards utilisées

Métaux	Concentration en µg / ml		
	S1	S2	S3
Hg	5	10	15
Zn	1000	2000	3000

II.2.2.11. Calcul des concentrations des métaux lourds

Pour obtenir les concentrations des métaux lourds étudiés, nous avons établi l'équation droite d'étalonnage par régression linéaire. Cette équation a la forme suivante :

$$D.O = aC + b \qquad \text{(II .3)}$$

Quand cette équation est définie (valeur de a (pente de la droite) et de b (ordonné à l'origine) nous avons calculé la concentration des échantillons à partir de leur absorbance (D.O) dans une seconde étape, nous avons calculé la concentration finale des échantillons selon la relation suivante ;

$$[C]_F = (([c]ech-[c]blanc)/P)*V \qquad (II .4)$$

Avec:

$[C]_F$: concentration finale du métal exprimée en (μg/g)

[C]ech : concentration de l'échantillon donnée par l'équation de la droite d'étalonnage exprimée en (μg/ml)

[C]blanc : concentration du blanc (μg /ml)

V : volume final de la solution d'échantillon (50 ml)

P : poids du sédiment minéralisé en (g)

L'étalonnage de l'appareillage est effectué à partir de solutions standard, préparées au moment de l'analyse pour chaque élément à partir d'une solution mère à lg/l.

II.2.2.12. Les indices de contamination

D'une manière mieux définie, les indices de contaminations (IC) sont calculés en fonction de différentes mesures. (Tableau 2.3).

Les valeurs guides des concentrations en métaux (annexe 1) au niveau européen sont sensiblement homogènes, excepté les normes espagnoles pour quelques métaux.

Tableau 2.3. Concentrations normales des métaux lourds dans les sédiments selon les normes algériennes, françaises et hollandaises (Alzieu et al; 1999) (μg/g).

Métaux / Normes	Hg	Pb	Zn
Algériennes	1.5	2.50	500
Françaises	0.2	22	80
Hollandaises	0.3	85	140

Pour la présente étude, les analyses des métaux lourds ont portés sur la comparaison des concentrations par rapport aux normes algériennes et françaises (Tableau 2.3).

Concernant les normes algériennes, il s'agit en fait d'une synthèse élaborée par la DGE (Direction Générale de l'Environnement).

L'indice de contamination correspond au rapport de la concentration observée sur la concentration considérée comme normale.

Tableau 2.4. Valeurs de l'indice de contamination (IC) (Alzieu et al, 1999).

IC	**Observation**
IC< 3	Concentration normale
3< IC<10	Cas de pollution
10< IC	Zone à risque

II.2.3. Les peuplements benthiques

II.2.3.1. Prélèvement

Les prélèvements ont été effectués avec une benne VanVeen dont la surface de prélèvement est de 1/8 m^2.

Pour tous les prélèvements la notion de « volume minimum » défini par Picard (1965) a été néanmoins respectée ; c'est la plus petite quantité de sédiment qu'il est nécessaire de prélever pour obtenir la quasi-totalité de macro-espèces vivantes normalement dans le biotope ; c'est-à-dire le volume minimum à partir duquel le nombre d'espèces n'augmente sensiblement plus sile volume du prélèvement augmente.

Parker (1975) et Eleftheriou et Mcintyre (2005) notent que la benne Van Veen est plus efficace pour des prélèvements de sédiment mou et envasé, son efficacité est moins importante pour les fonds sableux du fait de la faible pénétration dans le sédiment.

Deux coups de benne ont été réalisés pour chaque prélèvement afin de rendre les résultats aussi comparables que possible entre eux.

II.2.3.2. Tamisage, tri et détermination

L'échantillon récolté est tamisé sur une maille carrée de 1 mm de diagonale (limite dimensionnelle de la macrofaune benthique); les organismes du macrobenthos retenus dans le tamis sont conservés à bord dans du formol dilué à 10% sont stockés dans des bocaux en verre étiquetés jusqu'au tri au laboratoire.

Le tri, la détermination et le dénombrement des individus de chaque espèce recensée se sont basés sur les méthodes de traitement des échantillons et d'analyse des résultats proposés par Gray et al, (1992).

Les listes faunistiques ont été établies pour chaque prélèvement et pour chaque station.

II.2.3.3. Traitement numérique des données

1. Richesse du peuplement

Les résultats recueillis au cours des différents prélèvements ont été traités selon la méthode mise au point par Picard (1965) faisant apparaître :

- l'abondance d'une espèce : nombre d'individus vivants dans chaque prélèvement
- la densité : elle exprime le nombre d'individus par unité de surface ou de volume ;
- la richesse spécifique ; nombre d'espèces identifiées ;
- la dominance d'une espèce : c'est la valeur relative ou fréquence relative

correspondant au pourcentage des individus de chaque espèce par rapport à total des individus vivants de toutes les espèces du prélèvement ou de la station.

2. Structure du peuplement

2.1. Indices de diversité spécifique

Nous avons utilisés les indices de diversité spécifique les plus couramment utilisés dans les études comparatives des peuplements, à savoir les indices de Shannon-Weaver (H') et celui de l'équitablement (ou Evenness E).

Quelques espèces dominantes jouent un rôle majeur dans le fonctionnement de l'écosystème, alors que de nombreuses espèces rares conditionnent la diversité d'un peuplement. Ainsi les dominances élevées de quelques espèces communes donnent une valeur faible de la diversité, tandis que la codominance de quelques espèces donne une valeur élevée (Daget, 1979).

2.2. Indice de Shannon et Weaver (H')

Le choix de cet indice (Shannon et Weaver, 1949) est justifié par son usage général en écologie, par sa facilité de calcul et d'interprétation ; il est souvent utilisé dans les études de structure de peuplements benthiques. Cet indice, dérive de la théorie de l'information, donne une mesure intégrée de la diversité.

$$H' = -\sum ((Ni/N) * \log (Ni/N)) \qquad (II.5)$$

Ou' :

Ni : nombre d'individus d'une espèce donnée, i allant de 1 à S (nombre total d'espèces).

N : nombre total d'individus.

H' est minimal (=0) si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce, H' est également minimal si, dans un peuplement chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté une espèce qui est représentée par tous les autres individus du peuplement. L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces (Frontier, 1983).

S

2.3. Indice de Piélou (équirépartition)

II est appelé aussi indice de régularité ou d'équitablement ou « Evenness » (Piélou. 1966). L'évaluation de la diversité spécifique est généralement complétée par un indice d'équitabilité. C'est une autre expression de la diversité spécifique. Cet indice traduit la répartition plus ou moins équitable des espèces ; il est le plus usité. L'équitabilité est une diversité relative c'est-à-dire un indice de diversité classique ramené à un indice de référence

en fonction de la taille de l'échantillon, c'est donc le rapport entre la diversité mesurée dans un peuplement et la diversité maximale.

$$E = H'_{obs} / H_{max} = H' / \log_2 S \qquad \text{(II .6)}$$

Log_2S : caractérise le plus haut niveau de structure théorique compte tenu de la richesse spécifique (c'est la valeur maximale de la diversité, quand toutes les espèces présentes sont également fréquentes).

S : Nombre d'espèces du prélèvement.

L'équitabilité varie de zéro à 1; elle tend vers zéro quand la quasi-totalité des effectifs Correspond à une seule espèce du peuplement et tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus ; E est donc une valeur du degré de déséquilibre d'un peuplement.

II.2.4. Etude microbiologique

II.2.4.1. Choix des stations

La détermination de la qualité bactériologique des sédiments de notre zone d'étude est conditionnée par le choix du site de prélèvement. Les points de prélèvement ont été choisis initialement en fréquentation maximale par un groupe des techniciens travaillant in situ, par les points des rejets domestiques et les eaux usées de la population de la wilaya de Bejaia, On a déterminé cinq (5) points de prélèvement représentatifs de la qualité des sédiments de notre zone d'étude.

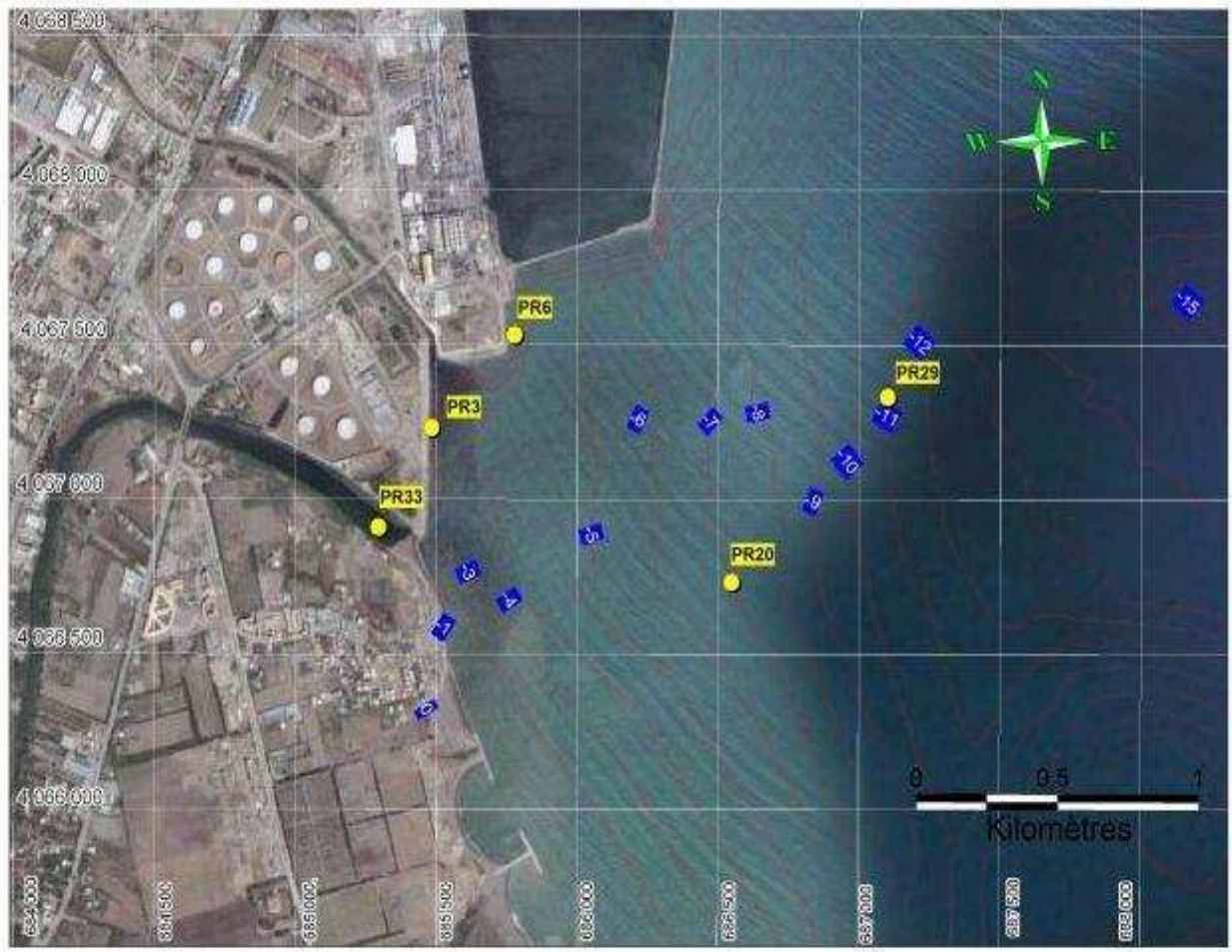


Figure 2.7. Localisation des stations de prélèvements destinées à l'analyse microbiologique**.**

Les germes teste recherchés sont les coliformes totaux, les coliformes fécaux et les streptocoques fécaux. Ces germes sont peu ou pas pathogènes, ils sont révélateur de contamination fécale et entraînent par leur abondance la présomption de contamination plus dangereuse (Figarella et al, 2001).

La méthode de détermination du nombre le plus probable (NPP) par inoculation des tubes en milieu liquide a été utilisé pour la recherche des germes (Joly et Raynaud, 2003).

La détermination du nombre caractéristique (le nombre de tubes positifs) permettra l'établissement du nombre le plus probable à l'aide de la table de Mc Grady (Brisou et Denis, 1980 ; Rodier et al, 1996).

II.2.4.2 Recherche et numération des bactéries dans les sédiments

Dans ce cas la technique utilisée est celle des tubes multiples basée sur l'ensemencement de plusieurs séries de tubes contenant des milieux de culture liquides, puis la détermination du nombre caractéristique (nombre de tubes positifs pour chaque dilution qui permettra l'établissement du nombre le plus probable, par le calcul ou la consultation de la table de Mc Grady **(**Annexe 1).

En effet, prendre 25g de sédiment à analyser et lui rajouter 225 ml d'eau distillée stérile dans un flacon stérile, bien homogénéiser le tout (dilution mère : 10^{-1}), prendre 10 ml à l'aide d'une pipette graduée stérile de DM pour la mettre dans un tube stérile (10^{-1}), de même préparer d'autre dilutions : 10^{-2} et 10^{-3}.

II.2.4.2.1. Numération des coliformes totaux et des coliformes fécaux

Après avoir agité ensemencer à partir de chaque dilution, 1 ml dans chaque tube contenant 10 ml du bouillon lactosé bilié au vert brillant (BLBVB) et une cloche de Durham, l'incubation se fait à 37°C pour les tubes destinés à dénombrer les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux pendant 48 h.

Lecture : Les tubes présentant un trouble avec production de gaz sont considérés comme positifs.

Le résultat est donné en nombre de germes pour 100ml en se référant à la table NPP.

II.2.4.2.2. Numération des streptocoques fécaux

La numération des streptocoques fécaux s'effectue en deux étapes :

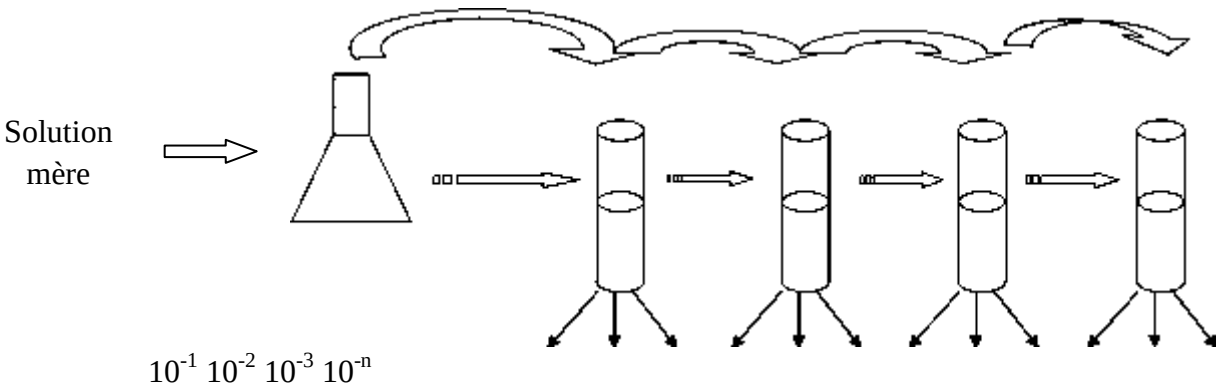
a) Test présomptif

Ensemencer une série de tubes contenant 10ml du milieu Rothe simple concentré, par 1ml de chaque dilution. L'incubation se fait à 37°C pendant 48 h.

Les tubes présentant un trouble accompagné d'un dépôt blanchâtre sont présumés de contenir des streptocoques fécaux, ils seront soumis à un test confirmatif.

b) Test confirmatif

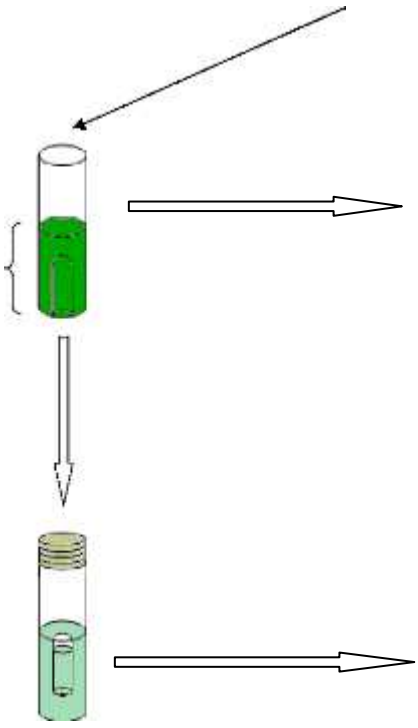
Chaque tube positif est ensemencé sur le bouillon de Eva Litsky, l'incubation s'effectue pendant 48 h à 37°C. Les tubes présentant un trouble accompagné d'un dépôt formant une pastille violette, contiennent des streptocoques fécaux.



Solution mère

Dilution dans 9ml d'eau distillé stérile

1ml



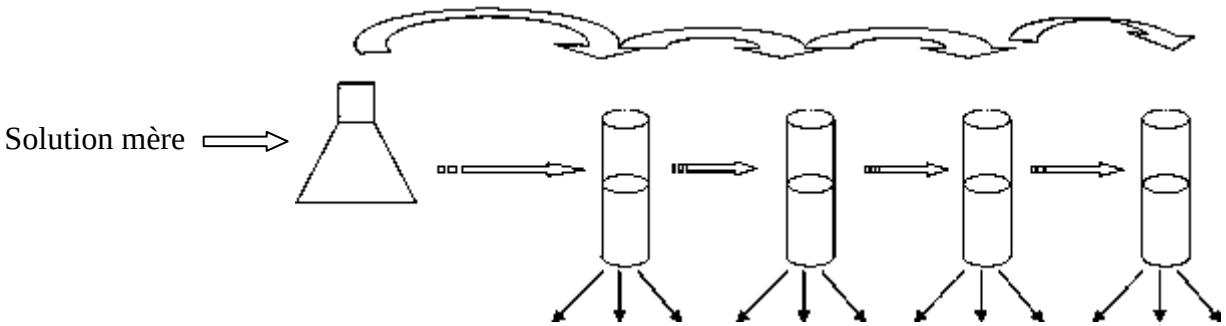
Incubation à 37° pendant 48 h pour les coliformes totaux et à 44° pendant 48 h pour les coliformes fécaux

Trouble + production de gaz (tube positif)

VBL

Trouble + gaz dans la cloche (Réaction positive**)**	(Réaction négative)
Présence de coliformes totaux et coliformes fécaux	

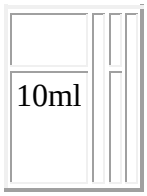
Figure 2.8. Technique de dénombrement des coliformes dans le sédiment.

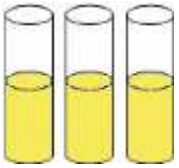


Solution mère

Dilution dans 9ml d'eau distillé stérile

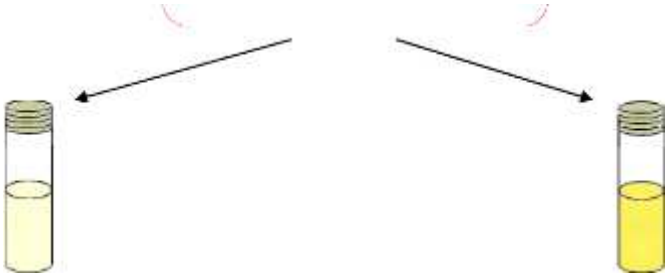
1ml 1ml 1ml 11ml 1ml





Bouillon Rothe simple concentration

Incubation à 37°C pendant 48h



(Réaction positive) **(**Réaction négative)

Présence de Streptocoques

Figure 2.9. Technique de dénombrement des streptocoques dans le sédiment « test présomptif »

20 gouttes à partir du tube positif de Rothe

Bouillon Eva Litsky	10 ml

Incubation à 37°C pendant 48h

Trouble + pastille violette au fond du tube

(**Réaction positive)**	**(Réaction négative)**
Présence des streptocoques fécaux	

Figure 2.10. Technique de dénombrement des streptocoques fécaux dans le sédiment « Test confirmatif ».

Chapitre III
Résultats et interprétation

III.1. Résultats et interprétation de l'analyse granulométrique :

III.1.1. Résultats de l'analyse granulométrique :

Les résultats de l'analyse granulométrique des sédiments prélevés dans 11 stations au niveau de notre zone d'étude sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau 3.1. Valeurs des différents indices granulométriques et des quartiles (Q25, Q50, Q75) au niveau de la zone d'étude.

Station	Q 25 (µm)	Q 50 (µm)	Q 75 (µm)
PR2	1800	1900	2000
PR4	190	270	340
PR8	190	270	410
PR10	98	190	290
PR14	78	92	120
PR17	265	850	1850
PR21	85	120	550
PR22	70	82	90
PR26	86	110	215
PR28	80	88	105
PR31	220	680	1900

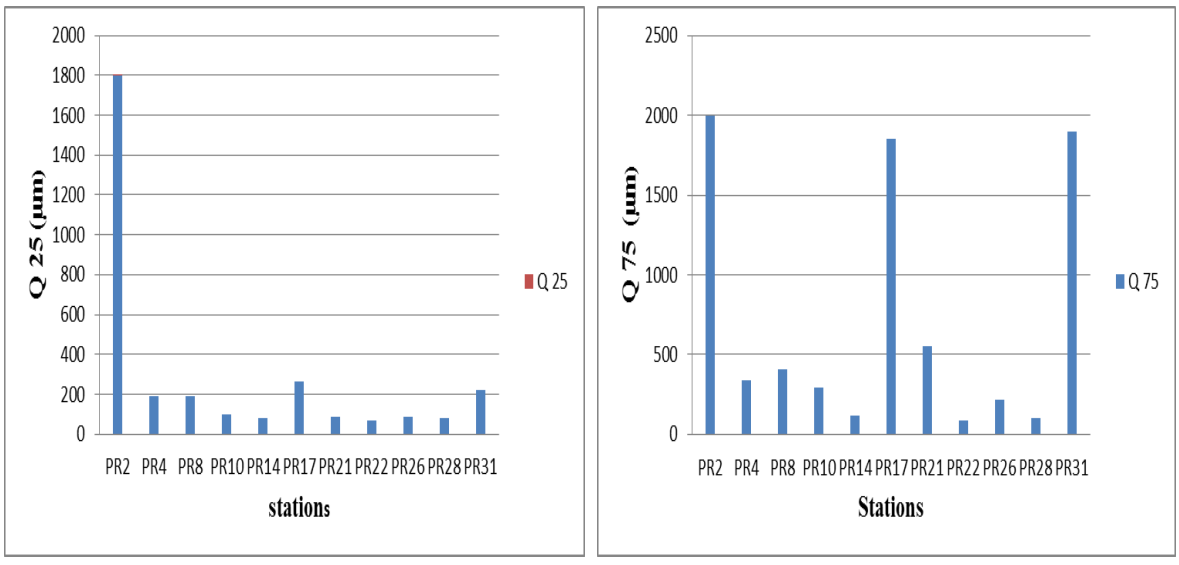


Figure 3.1 : valeurs des indices granulométriques (Q25, Q75) selon les stations

III.1.2. Interprétation des résultats de l'analyse granulométrique :

Le 1er quartile Q25 : les valeurs de Q25 varient entre 70 µm et 265 µm à l'exception de la station PR2 qui a un Q25 qui égale à 1800 µm, d'après la classification de **Folk** et **Ward (1957)** ,on trouve du sable fin , moyen , grossier et très grossier et la moyenne de Q25 est de 136 µm , donc il ya prédominance du sable fin.

Le 3éme quartile Q75 : les valeurs de Q75 varient entre 90 µm (station PR22) et 2000 µm (station PR2), d'après la classification de **Folk (1956),** on trouve du sable fin, moyen, grossier, et du sable très grossier. La moyenne de Q75 est de 715,45 µm, il ya donc prédominance du sable grossier.

III.1.3. Interprétation de la répartition des médianes (Q50) :

D'une façon générale, les sédiments sont relativement hétérogènes et la médiane varie entre 82 µm (station PR22) et 1900 µm (station PR2) , d'après la classification de **Folk** et **Ward (1957)** , on trouve du sable très grossier dans les stations PR2 , PR17 et PR31 , du sable grossier dans les deux (02) stations PR4et PR8 , du sable fin qui domine dans les deux (02) stations PR21 et PR26 ,
Du sable très fin qui caractérise les stations (PR14, PR22, PR28) et du sable moyen qui prédomine dans la station PR10.

Donc on peut diviser l'ensemble de ses stations en deux classes, la 1ére classe englobe les six (06) stations (PR10, PR14, PR21, PR22, PR26, PR28) définir un Q50 qui égale à 113.66 µm, ceci traduit en majorité du sable fin.
La 2éme classe regroupe les stations (PR2, PR4, PR8, PR17, PR31) représente un Q50 moyen qui égale à 794 µm, ceci se traduit en majorité du sable très grossier.

III.1.4. Aspect général des courbes granulométriques

Nous décrirons les traits essentiels des courbes granulométriques cumulatives des échantillons analysés.
Les courbes sont généralement redressées ce qui traduit qu'il y a des sédiments homogènes.
Dans l'ensemble, les courbes sont relativement en pente, ce qui souligne le bon classement des sédiments.
Notons que la majorité des sédiments sont mélangés à des débris de coquilles avec des quantités différentes d'une station à l'autre.

III.1.5. Résultats et discussion de l'analyse de la fraction pélitiques

III.1.5.1. Résultats de l'analyse de la fraction pélitiques

Les résultats de l'analyse de la fraction pélitiques sont mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau 3.2. Taux de pélites dans les stations

Stations	Taux des pélites (%)
PR2	0.47%
PR4	1,93%
PR8	8,86%
PR10	40 ,54%
PR14	37 ,7%
PR17	85,62%
PR21	59,425%
PR22	82,2%
PR26	51,425%
PR28	38 ,98%
PR31	5,87%

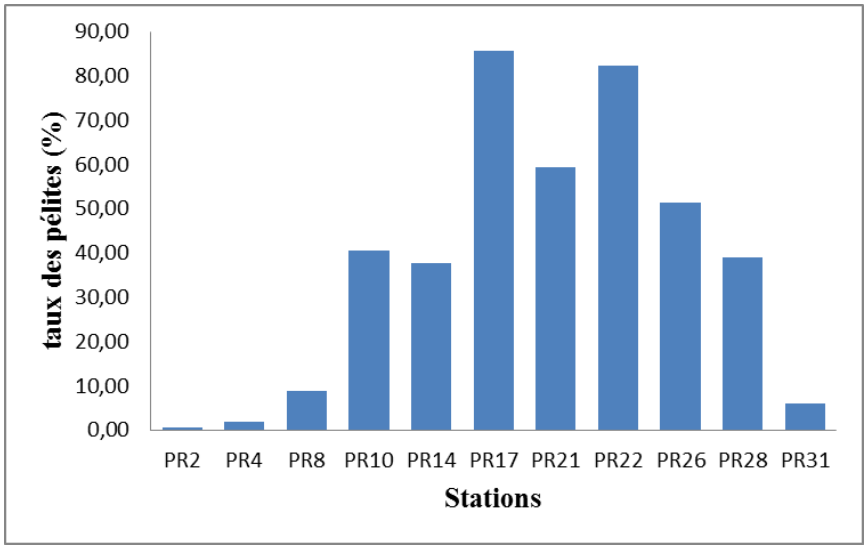


Figure 3.2. taux des pélites dans les stations

III.1.5.2. Interprétation des résultats de l'analyse de la fraction pélitique :

Le pourcentage des pélites s'échelonne entre 0.47% (PR2**)** et 85,62% (PR17**)** comme le montre le tableau ci-dessus**,** au niveau de l'embouchure de oued Seghir on allant vers l'embouchure de oued el Soummam (stations PR2, PR4, PR8 et PR31)**,** nous remarquons que les taux sont assez faibles qui sont respectivement de 0.47%, 1,93%, 8,86% et 5,87%.
Cela est dû aux apports des deux oueds (oued seghir et oued el Soummam), ces apports d'origine continentale peuvent être de sable gossier et des sédiments de grande taille, donc ces particules grossières se décantent dans des faibles profondeurs à réseau de faible gradient de courant et de vagues près de la côte.
On s'éloignant vers le large, on retrouve un échelonnement de 37 ,7% (PR14) à 85,62% (PR17) divisé en deux parties la première est de 37 ,7% (PR14), 38 ,98% (PR28), et la seconde entre 51,425% (PR26) et 85,62% (PR17), Ce taux élevé est dû aux grandes quantités

de particules fines transportées par l'oued el Soummam et oued el seghir, ces particules sont transportées par les courants de retour de la côte vers le large et peuvent à court terme se déposer dans des zones calmes, Si on considère ces fortes teneures qui sont assez faible dans toute la partie comprise entre l'embouchure d'oued el Seghir et celui d'el Soummam, ainsi que cette partie est en érosion permanente et l'existence de rejets des eaux usées et celle des eaux pluviales qui déversent directement dans cette zone, on peut conclure que ces pélites proviendraient en grande partie des eaux pluviales et le phénomène d'érosion .

III.2. Résultats et interprétation de l'analyse microbiologique

III.2.1.Résultats de l'analyse microbiologique

a) Les coliformes

Tableau 3.3. Concentration des coliformes totaux

Stations	**Nombre caractéristique**	**Nombre des coliformes totaux**
Station pr3	331	45000
Station pr6	322	20000
Station pr20	332	110000
Station pr29	331	45000
Station pr33	322	20000

Tableau 3.4. Concentration des coliformes fécaux

Stations	**Nombre caractéristique**	**Nombre des coliformes fécaux**
Station pr3	210	150
Station pr6	322	20000
Station pr20	321	15000
Station pr29	210	150
Station pr33	321	15000

Nous pouvons déduire à travers les deux (2) tableaux ci-dessus, que la population des Coliformes totaux aux stations pr6 et pr33 est représentée presque exclusivement par les Coliformes fécaux. Dans les autres stations on remarque que la concentration des coliformes totaux est beaucoup plus élevée que celle des coliformes fécaux, cela nous permet de déduire l'existence d'autres bactéries.

III.2.2. Interprétation des résultats de dénombrement des coliformes totaux

La charge en coliformes totaux est très élevée dans toutes les stations comme montre le tableau ci-dessus, ce qui reflète la richesse de l'environnement marin en micro-organismes ;

Provient des rejets domestiques et des eaux usées de la population de la wilaya de Bejaia et véhiculés par l'oued Soummam et l'oued Sghir qui déversent directement dans notre zone d'étude.

Ces résultats montrent que les concentrations dépassent largement le nombre impératif fixé par l'**OMS** en 1995 (10000 CT/l00 ml).

III.2.3. Interprétation des résultats de dénombrement des coliformes fécaux :

Les concentrations varient entre 150 CF/ 100ml au niveau des deux stations (pr3, pr29) et 20000 CF/ 100ml, ce dernier qui dépassent la valeur impérative : 2000 CF/100 ml (Ministère de la Santé et des Solidarités France, 2006).

Les concentrations les plus élevées en coliformes fécaux ont été enregistrées dans les stations pr6, pr20 et pr33 avec des valeurs qui sont respectivement : 20000 CF/ 100ml et 15000 CF/ 100ml pour les deux autres stations.

Sur la base de ces données et selon les nonnes de l'**OMS** (1995) et MSSF (2006), on conclue que la concentration en coliformes fécaux au niveau de ces trois stations a dépassé la norme impérative (2000 CF/100ml).

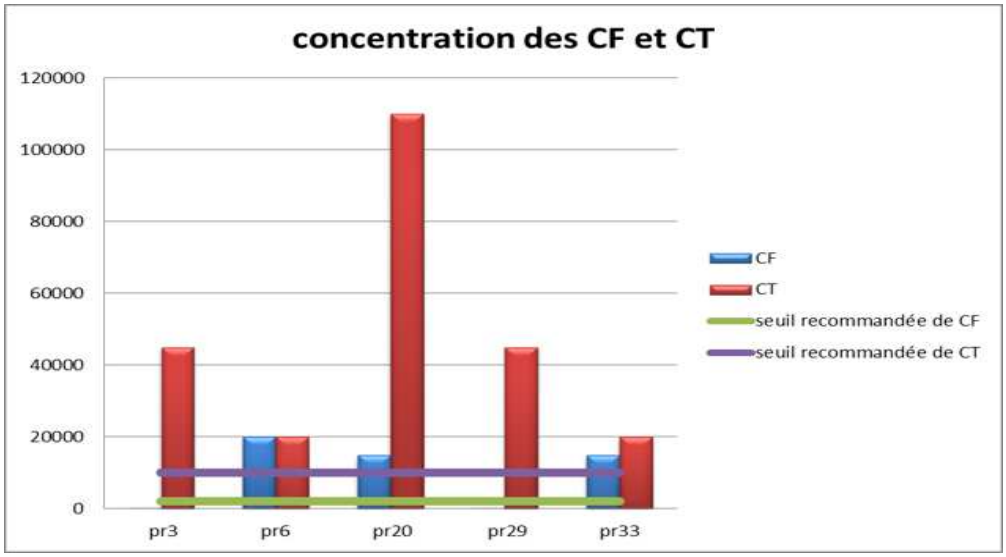


Figure 3.3. Nombre des coliformes totaux et fécaux selon les stations

b) les streptocoques

Tableau 3.5. Concentration des streptocoques fécaux

	Nombre caractéristique	Nombre de streptocoques fécaux
Station pr3	311	7500
Station pr6	200	9
Station pr20	331	45000
Station pr29	310	450
Station pr33	200	9

III.2.4. Interprétation des résultats de dénombrement des streptocoques fécaux :

La contamination des sédiments en streptocoques fécaux pour notre zone d'étude diffère d'une station à l'autre, les concentrations sont largement supérieures à la valeur guide (100SF/100ml) pour l'ensemble des stations (entre 450 SF/100ml et 45000 SF/100ml) à l'exception de deux stations pr6 et pr33 où les taux enregistrés dans l'ordre (9 SF/100ml) sont nettement inférieurs. Les streptocoques fécaux sont témoins d'une contamination fécale et d'un manque d'hygiène, ils résistent dans le milieu marin et cela grâce à leurs caractéristiques physiologiques qui leur confèrent une meilleure adaptation par rapport aux autres germes indicateurs (Alzieu et *al.*, 1999; Gauthier et al, 1991).

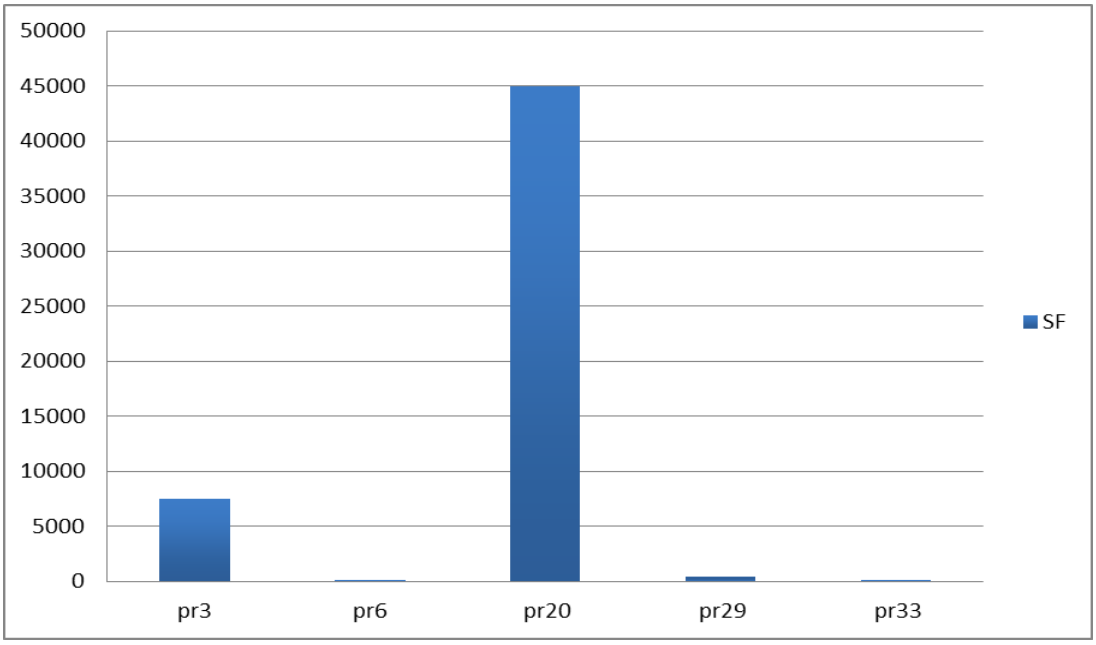


Figure 3.4. Nombre des streptocoques fécaux selon les stations

III.3. Résultats et interprétation de l'analyse benthique :

III.3.1.Caractéristiques des peuplements benthiques :

III.3.1.1.Richesse spécifique :

Un inventaire de 129 espèces a été réalisé au niveau des six (06) stations de prélèvement, dont des mollusques, polychètes et crustacés sont les groupes zoologiques les plus importants. (Annexe 3)

Les principaux ouvrages utilisés pour la détermination des différents groupes zoologiques sont: Tebble (1966) et de Parenzan (1970) pour l'identification des mollusques et Bellan-Santini et *al*, (1968,1982) pour les crustacés. Les polychètes sont les seuls à avoir posés des problèmes systématiques et afin d'éviter des erreurs de détermination dans les différents genres et espèces, nous avons utilisés essentiellement les ouvrages de Fauvel (1923,1927), Bellan (1964) et Fauchald (1977).

- 3 espèces au niveau de la station **(S1)**

- 7 espèces au niveau de la station **(S2)**

- 27 espèces au niveau de la station **(S3)**

- 31espèces au niveau de la station **(S4)**

- 34 espèces au niveau de la station **(S5)**

- 27 espèces au niveau de la station **(S6)**

III.3.2. Interprétation des résultats :

La richesse spécifique enregistrée est comprise entre 3 et 34 espèces par station .Cette disparité dans la distribution spatiale de la richesse spécifique nous fait penser à un déséquilibre du milieu dans cette zone, résultant probablement du rejet des eaux usées non traitées de la Wilaya de Bejaia transportés par oued el Seghir et oued el Soummam ; si c'est le cas, ce déséquilibre devrait être confirmé par l'indice de diversité de Shannon-Weaver et l'indice d'équitabilité.

Au niveau des différentes stations, la contribution des différents groupes zoologiques à la richesse spécifique est la suivante :

Au niveau de la station (S1) : on remarque une équivalence entre les trois groupes (chaque groupe est représenté par une espèce), avec l'abondance de Capitella Capitata représenté par deux individus.

Concernant la deuxième station (S2), on constate que les mollusques viennent toujours en premier par l'apparition de cinq espèces suivie par le groupe des polychètes représenté par deux espèces, en remarquant l'absence totale des crustacés.

Au niveau de la station (S 3) : on remarque la dominance des mollusques par un part de 22 espèces suivie par les polychètes (3 espèces) et en fin les crustacés comptant une seule espèce.

Au niveau des deux stations (S5, S6) : le groupe des mollusques domine suivie par le groupe des polychètes et enfin par le groupe des crustacés, cette état est la même pour la station (S4) mais on constate l'absence quasi-totale des crustacés.

L'analyse de la richesse spécifique met en évidence la dominance par ordre décroissant des mollusques des polychètes et des crustacés, des résultats rejoignent en général les données sur la richesse spécifique de la macrofaune benthique de la côte algérienne relevées par plusieurs auteurs.

III.3.2.1. Abondances et densités :

La densité de la macrofaune benthique enregistrée varie entre 16 et 696 ind. /m^2, alors la densité de cette dernière au niveau des différentes stations est respectivement de :

- 16 ind. /m^2 au niveau de la station (S1)
- 120 ind. /m^2 au niveau de la station (S2)
- 252 ind. /m^2 au niveau de la station (S3)
- 568 ind. /m^2 au niveau de la station (S4)
- 696 ind. /m^2 au niveau de la station (S5)
- 488 ind. /m^2 au niveau de la station (S6)

En considérant la dominance quantitative des groupes zoologiques, on constate que : les mollusques dominent largement par rapport aux polychètes et crustacés, où Corbula gibba, Abra alba, Cardium exigum, Dosinia lupinus, Loripes lacteus pour les mollusques, Notomastus latericeus, Lumbrineris latrelli, Tharyx marioni pour les polychètes et Teredo navalis pour les crustacés.

III.3.2.2.La comparaison des résultats obtenus avec la littérature existante des côtes algérienne

a) Les Mollusques :

La densité enregistrée dans la baie d'El Djamila (LEM ,1993) est de 10 à 110 ind./m^2 , qui est en dessous des valeurs obtenus dans cette présente étude (4 à 572 ind/ m^2), cet écart peut être attribué à la période d'échantillonnage, qui est différente pour ces deux travaux ; par rapport au reste de la côte Algérienne, la baie d'Arzew présent des densités élevées par rapport aux golfes d'Oran, d'Arzew et de Skikda, similaires aux données enregistrées et faible par rapport aux données de la baie d'Alger.

b) Les Crustacés

On remarque pour la baie d'El Djamila que les densités enregistrées en aout 1988 (LEM, 1993) et la présente étude sont largement différentes, elles sont comprises entre 215 et 470

ind. /m^2 en Aout 1988 et 0 à 8 ind. / m^2 pour notre travail; par rapport aux autres travaux réalisés, les plus fortes densités sont enregistrées en baie de Bousmail.

A l'issue de cette comparaison, on note que la répartition de la densité entre les différents groupes zoologiques est dans l'ensemble à l'image de celles d'autres sites étudiés au niveau de la côte Algérienne

Enfin, il faut signaler que les fluctuations enregistrées entre les différents sites de la côte Algérienne peuvent être aussi la conséquence d'autres paramètres propres à chaque site comme les facteurs physicochimiques, la pollution et la structure biocénotique.

III.3.2.3.Indice de diversité

a) L'indice de shannon-weaver

L'indice de Shannon-Weaver calculé pour la macrofaune benthique varie entre 1.48 et 4.21, au niveau de la zone d'étude.

Au niveau des deux stations S1 et S2 on remarque que l'indice de diversité est converge vers les valeurs minimales cela expliqué que la majorité des individus de ces stations appartiennent à une même espèce qui Corbula gibba pour la station S2 et Capitella capitata pour la station S1.Au niveau des autres stations les valeurs de cet indice est converge vers les valeurs maximales cela explique que les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces. La répartition peut être la conséquence des caractéristiques hydrologiques et sédimentaires de la zone.

b) Indice d'équitabilité :

L'indice d'équitabilité calculé au niveau de la zone d'étude varie entre 0,302 et 0,75. La distribution de cette variable présente des valeurs assez homogènes sur l'ensemble de la zone. En raison de conditions de milieu assez particulier (fort hydrodynamisme).

En conclusion pour La zone d'étude on peut retenir que cette zone présente les caractéristiques d'une zone déséquilibré. Les rejets d'eaux usées domestique et industrielles génèrent des perturbations faibles affectent le milieu physique en premier et en second les peuplements macrobenthiques.

III.3.3. Zonation des peuplements

L'hypertrophisation artificielle due aux eaux usées et rejets industriels des eaux et des sédiments marins de la zone situé à l'est du port de Bejaia a des répercussions directes ou/et indirectes sur les espèces macrobenthiques, pouvant être bénéfiques ou néfastes selon la localisation des stations de prélèvement et l'influence des eaux de la baie.

L'étude de l'évolution spatiale des peuplements macrobenthiques des différentes stations a permis de définir la zonation de ces dernières en fonction des perturbations ou des degrés de pollution, ainsi deux zones ont été identifiées (Figure 3.5) : la zone pollué (p) et la zone de transition 2.

III.3.3.1.La zone polluée (p)

Elle présente un nombre d'espèces fluctuant entre 3 et 7. Sur le plan de l'abondance, les effectifs varient considérablement: de 4 à 30 ind. /m^2, cela correspond à une densité moyenne de 68 ind. /m^2, Les espèces indicatrices de pollution forment le stock écologique dominant: dominances comprises entre 75 et 83%. Cette dominance du stock des espèces indicatrices de pollution est due essentiellement à deux espèces: *Corbula gibba* et *Capitella capitata*.

Les principales espèces du peuplement sont *Corbula gibba* et *Capitella capitata*, au sein du peuplement de cette zone, les Mollusques constituent le groupe zoologique dominant grâce à *Corbula gibba*. La forte dominance des espèces principales et la diversité réduite du peuplement sont à l'origine des faibles valeurs de l'indice de Shannon (1,48 à 1,5); pour l'ensemble de la zone polluée, la valeur moyenne de l'indice de Shannon moyen est de 1,49.

III.3.3.2.La zone de transition 2 ou la zone polluée externe :

Elle possède un peuplement qui se distingue par une diversité relativement élevée, très peu variable: 27 à 34 espèces, la densité s'échelonne entre 252 et 696 ind/m^2 soit une densité moyenne de 501 ind /m^2.

Les espèces indicatrices de pollution (*Corbula gibba*, *Capitella capitata* et *Abra alba)* constituent le stock écologique principal : 25,39 à 69,71% de l'effectif total. La dominance moyenne du stock des indicatrices de pollution à l'échelle de la zone est de 50% .

Le courtage des espèces principales du peuplement est essentiellement formé d'indicatrices de pollution : *Corbula gibba, Capitella capitata, Abra alba et Dosinia lupinus,* auxquelles viennent s'ajouter les espèces *Loripes lacteus, Dosinia exolata, Notomastus latericeus.*

Au vu de ces espèces principales, il en découle que les mollusques sont le groupe zoologique dominant, suivi de celui des polychètes. Globalement pour le peuplement de la zone de transition 2, la valeur moyenne de l'indice de Shannon est de 3,69.

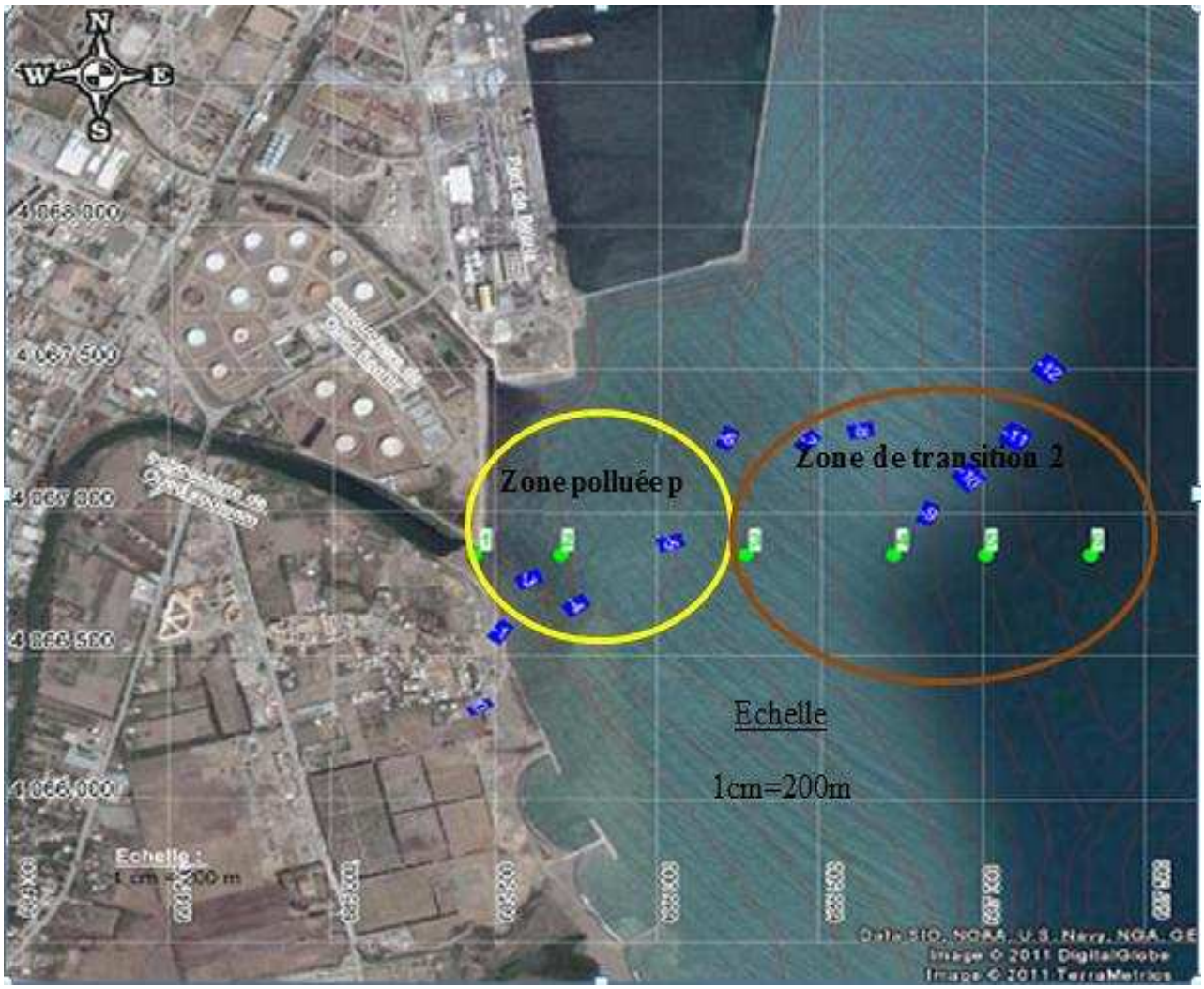


Figure 3.5. Zonation des peuplements au niveau de la zone d'étude

III.4. Résultats et interprétation de l'analyse des métaux lourds :

Les métaux lourds, tels que définis par Nieboer et Richardson, (1980), sont parmi les Constituants normaux de l'environnement marin. Au moins onze des métaux sont connus pour être essentiels pour les organismes marins : Fe, Cu, Zn, Co, Mn, Cr, Mo, V, Se et Ni (Bryan, 1979). Ces métaux fonctionnent toujours en association avec des molécules organiques, habituellement des protéines. Les métaux se trouve habituellement à de faibles concentrations encore sont capables d'exercer de considérables effets biologiques, même à de tels niveaux (Rainbow, 1992). Tous les métaux sont toxiques au-dessus d'un certain seuil biodisponible. Ag, Hg, Cu, Cd, Pb et sont particulièrement toxiques (Bryan, 1979). Les métaux lourds sont considérés comme des polluants graves des écosystèmes aquatiques en raison de leur persistance dans l'environnement, la toxicité et sa capacité à être incorporés dans les chaînes alimentaires (Fôrsmer et Wittman 1983). Les sédiments marins peuvent être un indicateur sensible pour la surveillance des tendances spatiales et temporelles des contaminants dans l'environnement marin (Larsen et Jensen, 1989 Kennish, 2001). L'élucidation de la pollution comparative des milieux aquatiques par les métaux lourds est possible par une analyse de l'eau, les sédiments et les membres du biote indigène, c'est à dire biomonitoring (Phillips et

Rainbow, 1993). La pollution par les métaux de l'environnement marin est moins visible et direct que les autres types de pollution marine, maïs son effet sur les écosystèmes marins et les humains sont intensifs et très étendus. Comme une mesure indirecte de l'abondance et la disponibilité des métaux dans l'environnement marin, l'accumulation des métaux par les sédiments est étudiée.

Dans les sédiments, les métaux lourds sont présents sous différentes formes physiques et chimiques ; ils peuvent être une partie constitutive des particules minérales, adsorbée sur des constituants particuliers, (oxydes et hydroxydes de fer et de manganèses, argiles) ou plus généralement complexes avec la matière organique.

III.4.1. Les résultats d'analyse des concentrations en métaux lourds :

Tableau 3.6. Résultats des analyses de différentes concentrations en métaux lourds en (µg/g)

Stations / **Métaux**	Pr13	Pr25	Pr16	Pr1	Pr23	Pr11	Pr30	Pr19	Pr32	Pr5	**Normes algériennes**	Normes françaises
Mercure (Hg)	0.2	0.1	0.2	0.9	0.1	0.7	0.1	0.2	1.3	1.0	1.5	0.2
Plomb (Pb)	248	150	210	128	249	123	98	75	212	162	250	22
Zinc (Zn)	128	189	128	212	99	234	200	139	252	240	500	80

Les résultats d'analyse des concentrations en métaux lourds dans les dix stations de prélèvement sont indiqués dans le tableau ci-dessus.

III.4.1.1. Teneur en Mercure (Hg)

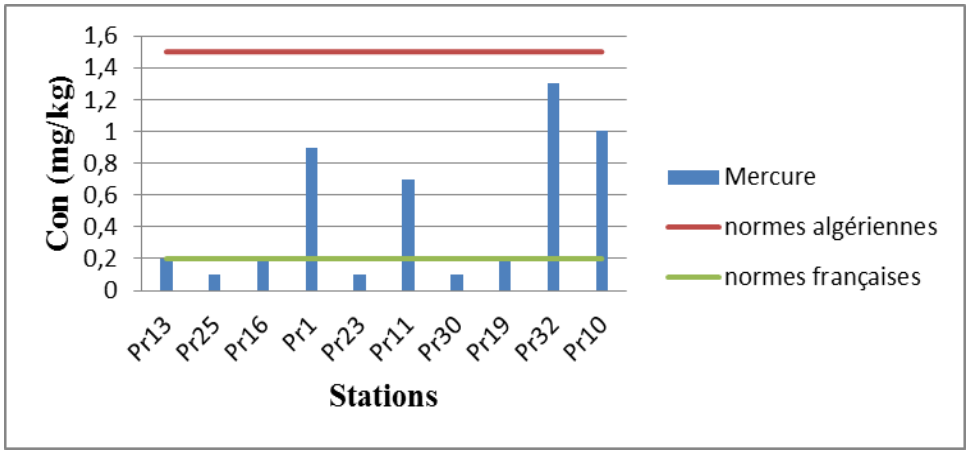


Figure.3.6. Variation des concentrations de mercure dans les différentes stations

Les teneurs en mercure sont comprises entre 0,1 et 1,3 µg/g avec un moyen de 0,58 µg/g. On note un minimum de concentration de mercure au niveau des trois stations (Pr23, Pr25 et Pr30). Ce qui explique l'éloignement de ces stations de fortes activités industrielles et portuaires (kim et al., 2009).Les concentrations maximales sont signalées dans la partie comprise entre le terre-plein existant et l'oued el Soummam, ceci est dû probablement aux activités portuaires et activités industrielles (Kim et al., 2009).La présence de nombreux rejets urbains de la ville de Bejaia, vidange, nettoyage, peinture, soudure des bateaux et navires et leur déballastage sont l'une des sources du mercure. (Boening, 2000). Selon les normes algériennes les teneurs en mercure (Hg) au niveau des stations couvrant notre zone d'étude présentent des valeurs inférieures au seuil recommandé (1.5 µg/g), Les indices de contamination sont largement inférieurs à 3. Au regard de l'ensemble des résultats, il s'avère que les sédiments ne sont pas contaminés.

Selon les normes françaises (0.2 µg/g) les teneurs dans la zone comprise entre l'embouchure d'oued el Soummam et la jetée de fermeture du port de Bejaia dépassent largement la norme recommandée, et les indices de contamination sont comprises entre 3 et 10 (zone polluée), par contre tout le reste des stations ne présentent pas de problème de contamination.

III.4.1.2. Teneur Plomb (Pb) :

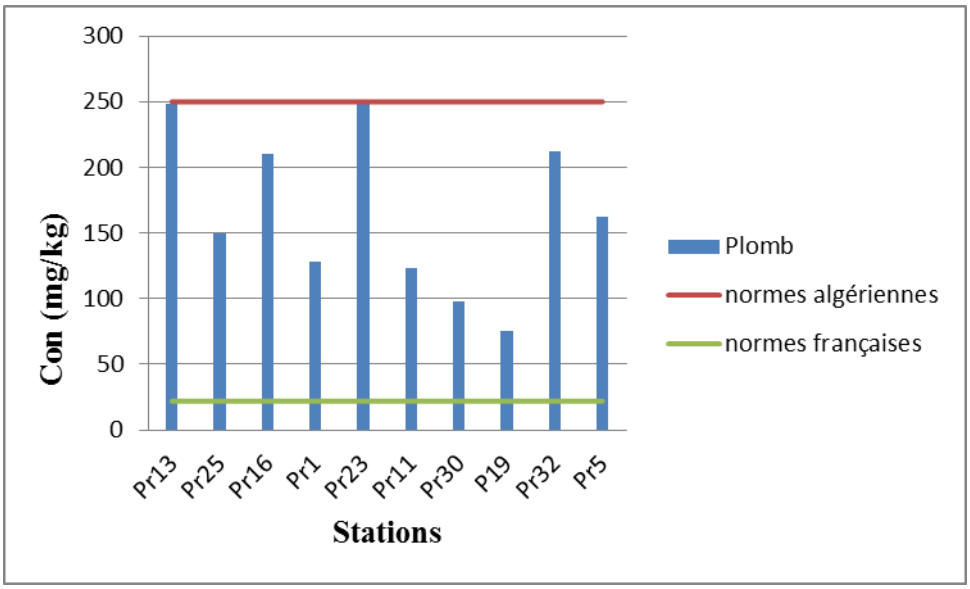


Figure.3.6. Variation des concentrations de plomb dans les différentes stations

La contamination des sédiments avec ce métal est faible, les teneurs en plomb oscillent entre 75 µg/g et 249 µg/g. Selon les normes algériennes ces teneurs sont en dessous de la valeur seuil recommandée (250 µg/g) néanmoins on note qu'au niveau des deux stations (Pr13 et Pr23) des valeurs sensiblement plus élevées par rapport au reste des stations qui peuvent être dû à une contamination très localisée. Les indices de contamination dans toutes les stations sont inférieurs à 3 (IC<3).

Selon les normes françaises les teneurs en plomb dans toute la zone sont largement supérieures aux normes recommandées (22 µg/g).

Les indices de contamination au niveau de la majorité des stations sont comprises entre 3 et 10 (zone pollué et à suivre), hormis les deux stations Pr13et Pr23 où l'indice de contamination est supérieur à 10 (zone à risque).

III.4.1.3. Teneur en Zinc (Zn) :

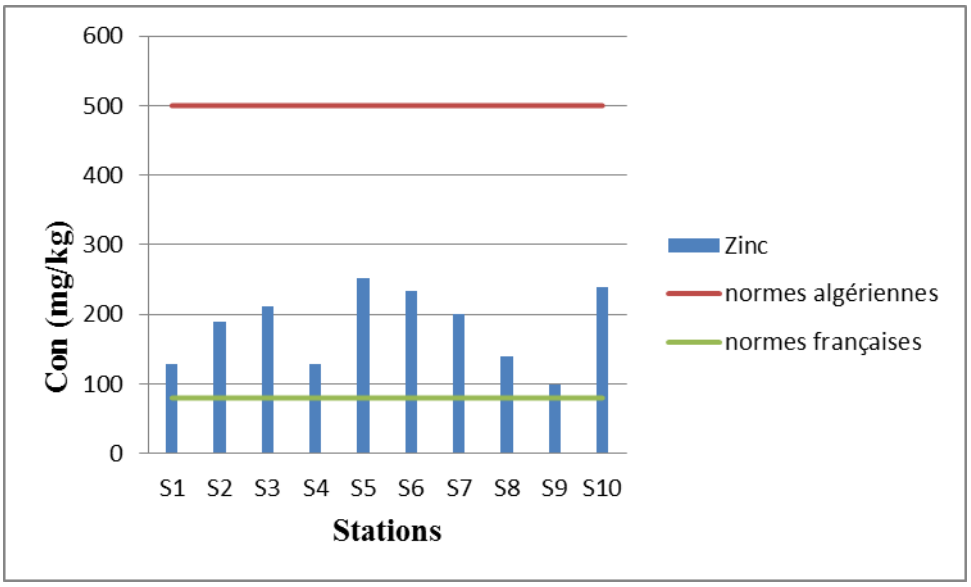


Figure.3.7. Variation des concentrations de zinc dans les différentes stations

Les teneurs en zinc sont comprises entre un minimum de 99 µg/g (stations Pr23) et un maximum de 252 µg/g (station Pr 32) avec une moyenne de 165,5 µg/g.

D'une façon générale le zinc ne présente pas de fortes valeurs dans toute la zone d'étude. les valeurs les plus élevées en zinc sont signalées au niveau de la partie comprise entre la jetée de fermeture du port de Bejaia et l'oued el Soummam en passant par oued el Seghir , qui soumis directement aux déversements urbains et industriels. On s'éloignant vers le large les concentrations en zinc deviennent faibles. Donc les sédiments des stations exposées directement aux rejets urbains et industriels sont plus contaminés à celle qui est à l'écart de ces rejets, comme il a été remarqué par Marchand et Martin, (1985), et Kouadio et Trefy (1987). Selon les normes algériennes et dans toutes les stations les teneurs en zinc présentent des valeurs inferieurs aux normes recommandées. Et les indices de contaminations sont largement inférieurs à 3 et tendent vers le zéro. Ceci traduit une très faible contamination par le zinc. Selon les normes françaises et dans toute la zone d'étude les teneurs en zinc sont supérieurs au seuil recommandé. Dans la grande partie des stations l'indice de contamination est compris entre 1 et 3 sauf au niveau de la station Pr32 où il est supérieur à 3.

Chapitre IV
Les impacts du projet sur l'environnement

IV.1. Description du projet

La zone d'étude se situe à l'est du port de Bejaia. Le terre-plein projeté sera réalisé en deux phases :

La première portera sur une superficie de 3,6 Ha (emprise sur la côte de 120 m pour une profondeur de 300m).Concernant la deuxième phase, le groupe Cevital projette l'extension mer du terre-plein du complexe agro-industriel sur une superficie de 6 Ha environ, cette extension d'environ 240 ml de long, se projeté dans le sens Ouest-est en prolongeant du terre-plein existant (LEM, 2003).

IV.2. Description des travaux

IV.2.1.Tavaux en cours

La surface de terre-plein réalisée à ce jour est estimée à 3Ha. L'avancé maximale vers le large par rapport à l'ancien trait de côte est de l'ordre de 85m. La profondeur d'eau dans la zone de projet varie de -1,6m à 11m.

IV.2.2. Travaux projetés

A). Elargissement de la route existant

La route longeant la future plate-forme aura une largeur de 7m avec des accotements de 1,5m sur un tronçon de 1450m, zone de sécurité.

b). Déviation du pipe Naftal

Il est prévu la déviation de la pipe Naftal d'un diamètre de 6 'et de 1623 m de long.

c). constitution et protection du terre-plein

Le terre-plein sera réalisé à l'aide d'un remblai constitue de tout venant d'oued (TVO) de catégorie (0-300 kg) protégé successivement d'un filtre en TVO de catégorie (300-500 kg) et d'une carapace en enrochements de carrière de catégorie (1 à 3 T).
Ce terre-plein sera décomposé en deux (02) zones principales :

- Une zone de sécurité bordant le terre-plein du côté mer d'une largeur de 75m, couvrant une surface totale d'environ 7,4 Ha
- Une zone à aménager d'une superficie de 16 Ha environ.

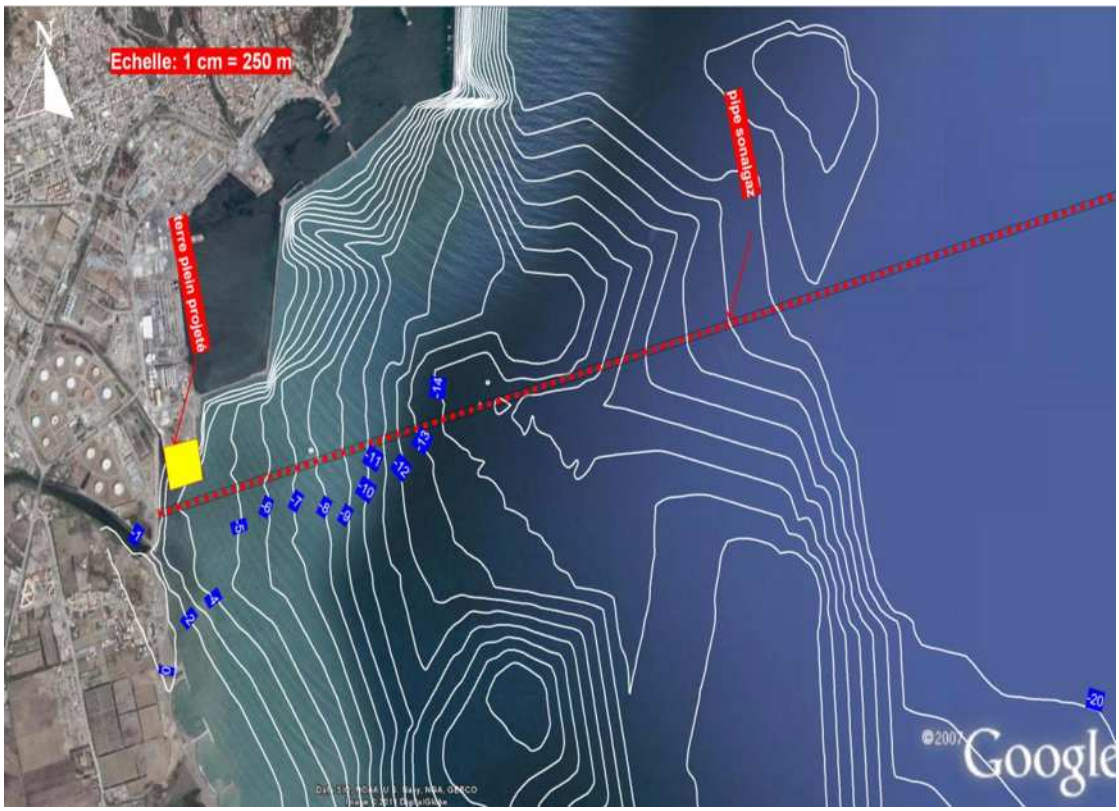


Figure 4.1. Plan de masse de l'ouvrage (source LEM 2011)

IV.3.Evaluation des impacts du projet sur l'environnement

IV.3.1.Consistance et intérêts du projet :

Le projet consiste à la réalisation d'un complexe industriel destiné à la trituration des grains oléagineuses d'une capacité de 1 .800.000 T / an pour la production des huiles de soja, du tournesol et leur dérivés.

La réalisation de ce complexe devrait permettre, d'après Cevital :

La couverture de la totalité des besoins nationaux en huiles brutes avec un excédent d'environ 30 % pour l'exportation.

- La couverture de la totalité des besoins nationaux en tourteaux de soja et de tournesol avec un excédent d'environ 30 % pour l'exportation.
- La relance de la culture des grains oléagineux.
- La création d'un nombre important d'emplois directs et indirects dans l'agriculture et l'industrie.
- Le développement en parallèle d'autres industries liées à la trituration des grains oléagineuses (production de lait de soja, de protéines de soja, améliorant et production d'aliments pour bétail).
- Le désengorgement et le développement du port de Bejaia, en augmentant, à long terme, ses capacités de stockage et de réception.
- L'atténuation de l'action érosive de la mer.

- L'élargissement de la route avec le déplacement du pipe Naftal dans les limites de sécurité
- L'extension du quai 24 et réalisation d'appontements de chargement à l'intérieur du port après dragage.
- Le gain de surface de terre-plein pour les futures installations du complexe, permettant ainsi intégration totale du projet. Sur le plan économique, ce projet procurerait à l'économie nationale un apport en devises évalue à 70 millions de dollars / an. (LEM ,2011).

IV.3.2.Evolution topographiques et bathymétriques du site

- La réalisation du projet se caractérisera par une modification de la topographie et de la Bathymétrie de la zone d'implantation suite aux travaux liés à la réalisation de remblaiement du terre-plein. La bathymétrie naturelle de la zone a été en partie conservée, mais de dragages ont été indispensables pour la mise en place du terre-plein.

- La déviation de l'oued Seghir risquerait de provoquer de débordements et l'inondation de zones avoisinantes telles l'unité de Naftal pour cela une étude plus approfondie sur le régime fluvial d'équilibre est indispensable. Donc l'évolution topographique sera enregistrée au niveau du chenal de l'embouchure de l'oued el Soummam et oued el Seghir.

- La déviation du pipe risque de provoquer des déperditions des polluants.

IV.3.3.Identification du processus de sédimentations et d'érosion prévisionnels

Cette partie de la côte comprise entre la jetée de fermeture et l'oued Soummam est en érosion permanente ainsi les ouvrages de protection de la côte (épis en T) réalisés à partir de 2001 n'ont pas abouti à grand-chose car la tendance érosive continue à marquer les plages de la zone; la réalisation de ce terre-plein nécessitera des investigations plus approfondies permettant d'évaluer le transit sédimentaire après réalisation du projet.

A cela s'ajoute le problème du à l'action de l'homme (prélèvements abusifs du sable et destruction des dunes).

L'aménagement de construction au bord de la mer (la réalisation de ce terre-plein) à une distance inférieure à 100m engendre également une perturbation du transit et une menace spécifique pour ces constructions.

Le positionnement du terre-plein doit avoir des influences sur l'embouchure de l'oued el Seghir ainsi oued el Soummam.

L'analyse de l'évolution du littoral avoisinant durant les dernières décennies, malgré l'épanouissement de l'urbanisation de la zone et divers problèmes de pollution, ainsi que les solutions préconisés à cet effet, laissent présager qu'il n'y aura à priori pas de problèmes particuliers,

IV.3.4.Identification des effets sur l'environnement de la phase de travaux

Sur le milieu marin les travaux de remblaiement provoque une augmentation de la turbidité des eaux aux alentours immédiats du chantier. Le risque d'une dispersion importante de particules fines vers les sites balnéaires est faible ; le dépôt de ces particules se fera préférentiellement au large. Le chantier provoquera également une augmentation de la poussière dans l'air et des gaz d'échappement émanant de la noria de camions reliant le chantier aux carrières d'approvisionnement. Ajoutés à ces impacts, le bruit généré par les engins de chantier est prévisible.

IV.3.5.Impact du projet sur la houle

Il est important de noter que l'ouvrage de protection frontale de la plage de Bejaia (site de Sonatrach) a été dimensionné avec une houle de 3m. L'ouvrage mise en place est de type digue à talus avec une carapace en enrochements naturels de catégorie (3 – 6T), dont le pied est ensouillé pour éviter tout risque d'affouillement.

- L'amplitude maximale de la houle déformée par la présence du terre-plein atteint une valeur de 2,08m et reste en deçà de la valeur de la houle de dimensionnement de l'ouvrage de protection de la plage de Bejaia.

Concernant les impacts de projet d'extension du terre-plein sur les ouvrages environnant et les embouchures des oueds, on peut donc conclure que :

- L'extension du terre-plein tel que projeté n'aura pas impact significatif sur la stabilité du rivage limitrophe. Par contre, il est important de prendre en considération sur ces résultats pour le dimensionnement de la protection de terre-plein projeté et veiller à vérifier la stabilité de cet ouvrage à ses points singuliers, à savoir le point de jonction avec la jetée de fermeture du port de Bejaia et les points correspondants aux coudes et ce en recourant à l'étude de sa stabilité en modèle réduit physique en bassin à houle.

- L'impact du projet sur les écoulements des oueds Seghir et Soummam, nécessite pour son étude le recours à la modélisation numérique dont la phase de calibration exige l'existence des donnés hydrologiques (débits liquides et solides) et océanographiques (courants et houles à la côte) couvrant la même période de temps (observations simultanées) (l'étude de ce cas en modèle réduit physique est inadaptée en raison des contraintes d'échelle de modélisation).
- Concernant l'embouchure de l'oued Soummam, les différentes simulations ont montré que l'extension du terre-plein tel que projeté n'induit pas de modification significative des caractéristiques des houles incidentes.
- La nouvelle configuration de l'oued Seghir (tracé canalisé à la côte) le rapproche de l'embouchure de la Soummam qui peut favoriser l'apparition de zone d'accumulation de sédiments qui générait son écoulement normal. Cette situation risque, en cas de crue de cet oued, de provoquer l'inondation des terrains limitrophes.

Par ailleurs, il est recommandé de prévoir les dispositions constructives nécessaires dans la structure du prolongement de l'oued Seghir pour éviter la déstabilisation du pied de la protection de l'ouvrage côtier de Sonatrach.

IV.3.6.Impacts socio-économiques

L'impact socio-économique est considérable aussi bien durant la phase des travaux que durant la phase d'exploitation.

Les retombées directes sont la satisfaction de la demande locale des produits oléagineux et leurs dérivés ainsi la création de l'emploi à l'exploitation, et des retombées indirectes sur les autres secteurs tel que celui de l'agriculture en s'orientant vers la production des graines oléagineuses, matière première nécessaire à l'activité projetée au niveau du terre-plein. L'apport de devise est considérable, développement de l'économie de la région.

IV.3.7.Impacts sur la qualité des eaux

Un système de filtre (type absorbant ou autre) sera préconisé en vue d'arrêter les produits nocifs émanant du complexe industriel en phase d'exploitation, préservant ainsi la qualité des eaux marines. Cette qualité ne subira pas d'effets négatifs éventuels dus au mauvais fonctionnement des stations de traitement des eaux usées et d'épuration, évacuant les affluant directement en mer, après traitement.

Un schéma d'aménagement du réseau d'assainissement de la région sera élaboré en vue de résoudre les problèmes précités de rejet du complexe industriel à la mer, évitant tout impact sur la sortie des résidents des complexes avoisinant, en plus des impacts précités sur la flore et la faune de la zone.

Les eaux usées de la population de la ville de Bejaia ainsi les rejets du complexe industriel seront traité dans une station d'épuration, ce qui fait que l'impact dépendra du bon fonctionnement de cette installation. Ainsi l'exploitation de ce complexe aura un impact sur les plages avoisinantes et la qualité des eaux de baignade (éviter les rejets solides et les résidus des opérations de carénage).

Il existe la possibilité d'un impact sur les ressources halieutiques et l'activité de pêche de la région concerné.

IV.3.8.Impact sur le paysage

Le nouveau terre-plein est une extension de l'ancien terre-plein, crée en 2003, c'est une continuité sur le plan architectural sur une portion de la mer situe à l'est de jetée de fermeture du port de Bejaia.

La réalisation du projet a légèrement gêne la vue sur la mer.
La déviation de l'embouchure initiale de l'oued el Seghir donnera un autre aspect au paysage.
Cet aménagement a une certaine pollution de l'air et du bruit.

IV.3.9.Impact du projet sur la faune et la flore

La valeur écologique du milieu dépend de la rareté et du statut des différentes espèces observées. On considère qu'un milieu est du point de vue écologique stable par rapport au nombre d'espèces trouvés. Les valeurs de références suivantes nous permettent de situer la richesse écologique de la zone d'étude. Les valeurs de références sont les suivantes :

Entre (1-100 espèces) : très faible à faible ; (101-300 espèces) : moyenne à bonne ; (301-1000 espèces) : haute à très haute valeur

L'analyse benthique montre que la valeur écologique varie entre 3 et 34 espèces au niveau de notre zone d'étude. Ces résultats nous confirment que les valeurs écologiques sont très faibles à faibles dans cette zone. Compte tenu à la situation du projet, le risque environnemental sur la faune marine n'est pas significatif .Par ailleurs, la richesse faunistique et floristique près de débouché de l'oued Seghir est faible compte tenu que ce dernier recueille toutes les eaux usées de la ville.

Par ailleurs la zone du projet n'est pas considérée comme zone de pêche. Donc de ce point de vue l'impact du projet sur la faune et la flore est faible.

IV.3.10.Impact du projet sur l'activité de pêche

Les zones de pêche régulières sont situées loin du secteur de la mise en place du terre-plein. L'impact de la réalisation de ce projet sur les activités de pêche est jugé nul.

IV.3.11.Impact du projet sur les activités touristiques

En somme, l'intensité est jugée de faible intensité et l'étendue ponctuelle. Compte tenu du fait que les effets seront temporaires et malgré la forte valorisation de cet élément, l'impact des travaux sur les activités touristiques est jugé faiblement négatif et limité à la durée des travaux. Donc, il faut éviter la période estivale où l'activité touristique très forte.

IV.4.Mesures compensatoires

D'après les résultats obtenus et les informations collectés on a proposés quelques mesures pour prévenir, réduire ou atténuer les impacts négatifs de ce terre-plein.

IV.4.1.Mesures techniques

1.1. Durant l'étude du projet

- Etudes techniques d'ingénierie et de conception
- Etude sur modèle hydraulique de la stabilité des ouvrages de protection (stabilité du profil retenu, chois d'enrochement et blocs préfabriqués nécessaires)
- Modèle de réflexion, diffraction et réfraction pour préciser l'influence du terre-plein sur les courants.
- étude sur modèle sédimentologique pour examiner l'effet de l'ouvrage sur la stabilité des plages avoisinantes.

1.2. Durant la période de construction

- Contrôle la qualité des matériaux mis en œuvre.
- Réception des installations lutte anti-pollution et de préservation de l'environnement.
- Contrôle de l'organisation du chantier évitant tout impact sur l'environnement.

1.3. Durant la période d'exploitation du projet

Concernant les problèmes sédimentologiques, il est nécessaire de :

- exécuter des levés topographiques et bathymétrique de la zone d'une façon systématique 2 à 3 fois par an, notamment à l'issue des fortes tempêtes , suivre l'évolution du littoral et des plages avoisinantes de la manière précitée.
- Modèle de réflexion, diffraction et réfraction pour examiner l'effet de l'ouvrage sur les courants.
- appliquer des mesures compensatoires : rechargement des plages érodés et à long terme par les produits du dragage.
- redresser les lignes des côtes et stabiliser à long terme les plages et les constructions au bord de la mer en cas d'érosions exceptionnelles, par la mise en place des épis à l'est du terre-plein.
- élaborer des stratégies pour éviter l'agression des fortes tempêtes.
- contrôler, par les pouvoirs publics, l'extraction clandestine du sable des plages.
- préserver les dunes avoisinantes en tant que source d'apport éolien alimentant les plages.
- suivi au niveau des photos aériennes depuis la réalisation, avec des prises de vues suivant une période de 3 à 5ans.

Concernant la qualité des eaux :

- contrôle de la qualité des eaux des plages en période estivale 1 à 2 fois par mois (contrôle bactériologique) durant la période d'exploitation du projet
- contrôler les systèmes d'assainissement de la zone et des émissions émanant des stations de traitement des eaux usées.
- éviter toute contamination par les eaux pollués et les rejets industriels du complexe.

Au niveau de la disserte routière :

- Le promoteur doit aménager des bretelles et des voies d'accès nécessaires, évitant tout impact sur la circulation (point noir).

Au niveau du complexe industriel

- éviter toute pollution causée par l'exploitation du complexe sur les plages avoisinantes (contrôle de la qualité des eaux).
- contrôler les rejets industriels et ceux des résidus des opérations de carénage.
- contrôler le bon fonctionnement du complexe.

IV.4.2.Mesures légales :

- introduction au cahier de charge d'exploitation du complexe ; des mesures de lutte contre la pollution à appliquer par le client, ainsi des sanctions en cas de rejet en mer d'éléments nocifs et polluants.
- conjugaison et coordination des efforts de tous les intervenants sans la gestion du littoral concerné en vue d'assurer la bonne exploitation du projet.

IV.4.3.Mesures socio-économiques :

Développer la cohabitation entre le nouveau complexe et la population existante, tout en conservant la culture et les valeurs traditionnelles de cette population. Par ailleurs, cette culture et ces valeurs traditionnelles devront être un produit important de l'animation industrielle prévue au présent projet.

Conclusion

Conclusion

Le terre-plein consiste en la réalisation d'un complexe industriel destiné à la trituration des graines oléagineuses d'une capacité de 1800 000 T/ an pour la production des huiles de soja et de tournesol et leurs dérivés. Cette production permettra d'après Cevital d'avoir une répercussion positive sur l'économie nationale en générale, le développement de la région et du port en particulier. La zone d'étude se développe sur l'extrémité ouest de la plage de Bejaia qui soumise actuellement aux problèmes d'érosion très importantes.

La plage n'est qu'une configuration d'une terrasse fluviomarine de la basse Soummam et ces affluents caractérisés par une morphologie plane hydromorphe, et marécageuse. La rareté des apports solides charriés par les cours d'eaux, l'occupation du sol parfois mal étudié a conféré à ce tronçon de côte une évolution régressive. Cette zone a connu plusieurs études de protection contre l'avancé spectaculaire de l'eau à savoir la protection de l'unité Naftal, la piste d'Aérodrome de Bejaia et finalement la plage de Bejaia où les terrains agricoles risque d'être engloutis.

L'impact de la réalisation du terre-plein en mer sur l'environnement se résume comme suit :

- Accentuer en partie l'action érosive de la mer,
- La modification de la topographie et de la bathymétrie de la zone d'implantation suite aux travaux liés à la réalisation de remblaiement du terre-plein,

Au cours de la phase des travaux, les impacts temporaires probables se présentent comme suit :

- Augmentation de la turbidité des eaux aux alentours immédiats de chantier.
- Augmentation de la poussière et gaz d'échappement en l'air suite aux multiples manœuvres et navettes des camions et engins de chantier.

Les retombées socio-économiques directes sont la satisfaction de la demande locale en produits oléagineux et leur dérivés ainsi la création de l'emploi à l'exploitation. Les retombées indirectes sur les autres secteurs sont celles du secteur de l'agriculture en s'orientant vers

la production des graines oléagineuses, matière première nécessaire à l'activité projeté au niveau du terre-plein.

Bibliographie

- **A.F.N.O.R., 1994.** Qualité des sols. Recueil des normes françaises. AFNOR. 1994. 250P.

- **Alzieu. C., Abarnou. A., Bassoullet. A., Boutuer. B., 1999.** Dragage et environnement marin : Etats des connaissances. Plousane : EditionIfremer .223p.

- **Bellan G., 1964.** Contribution à l'étude systématique bionomique et écologique des annélides polychètes de la méditerranée. Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume, 49, 33,371p.

- **Bellan -Santini D.,Karaman G., Krapp-Schickel G., Ledoyer M, Myers A.A., Ruffo S., Shiecke U., 1982.** The amphipodes of the Mediterranean. 1-Gammarides (A canthonotozomatidaec to Gammaridae). Ruffo S. ed. Mém.Inst.Océanogr., Monaco, Fr.13-364p.

- **Boening DW., 2000**.Ecological effects, transport, and fate of mercury: a gener review. Chemosphere 40, 1335-1351

- **BOUTIBA.M., DJOUDER.F., SEMAOUNE. A., 2005.** Variations historiques de la ligne de rivage et érosion côtière dans la partie Ouest du golfe de Bejaia entre Cap Carbon et Cap Aokas.

- **Brisou J F et Denis F., 1980.** Techniques de surveillance de l'environnement maritime. Edit. Masson. p206.

- **Bryan, G. W., 1979.**Bioaccumulation of marine pollutants. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, 286,483-505.

- **Chamley .H., 1987.** La sédimentologie. Ed DUOND, Paris, 175p.

- **Charlou .J.L, Joanny .M., 1983.**Dosage du mercure et d'autre Métaux (Pb, Zn, Cu, Cd, Co, Ni, Cr, Mn,) dans les sédiments marins par absorption atomique (285-297) Manuel des Analyses Chimiques en Milieu Marin. (Ed) Centre National pour l'exploitation des Océans, Paris. 395 pps.

- **Chapon. J., 1975.** Travaux maritimes, tomme II : les ouvrages intérieurs des ports maritimes dégagement des accès et plans d'eau des ports, Eyrolles, 346pages.

- **Daget J., 1979.** Les modèles mathématiques en écologie. Masson, Paris, 112p.

- **Dauvin J.C., 1993**. Le benthos; témoin des variations de l'environnement Oceanis, 19,25-53.

- **Eleftheriou A., Mcintyre A D. (2005**). Methods for the Study of Marine Benthos. 3rd ed. Oxford, UK: Blackwell pub., 444 p, ISBN 0-632-05488-3.

- **Entreprise portuaire de Bejaia ; 2007,** rapport annuaire et statistique du port de Bejaia 2006.

- **Entreprise portuaire de Bejaia ; 2008**, rapport annuaire et statistique du port de Bejaia 2007.

- **Entreprise portuaire de Bejaia ; 2009**, rapport annuaire et statistique du port de Bejaia 2008.

- **Fauchald K., 1977**. The polychaete worms. Definitions and keys to the Orders, Families and Genera. Natural History Muséum of Los Angeles County., the Allan Hancock foundation, University of Southern California. Science Series 28.188 p.

- **Fauvel P., 1923.** Polychètes errantes. Faune Fr., 5,488p.

- **Fauvel P., 1927.** Polychètes sédentaires. Faune Fr., 16,494p.

- **Figarella J., Leyral G., Terret M., 2001.** Microbiologie générale et appliquée. Edit. Jacques Lanore.285p.

- **Folk .R.L., Ward .W.C., 1957.** Brazos river bar: a study of significante of grain size parameters. J.Sediment. Petrol. 27: 3-26.
- **Fôrstmer, U., & Wittman, G. T. W., 1983.** Metal pollution in the aquatic environment. Berlin: Springer-Verlag.

- **Frontier.S., 1983.stratégie** d'échantillonnage en écologie. Masson, Paris, 494p

- **Gauthier M J. , Munro P M . , et Breittmayer ., 1991.** Adaptation des entérobactéries pathogènes à l'eau de mer (modèle E .coli). PNUE / OMS, n° 49 : 33-41

- **Gray J.F., Mc Intery A.D. Stirm J., 1992.**Manuel de la méthode de la recherché sur l'environnement aquatique, Evolution biologique de la pollution marine en égard en particulier au benthos.Fao Doc Tech. Pêches, 324,53p.

- **GRIMES.S., 2005.** Projet régional pour le développement d'aires protégées marines et côtières dans la région méditerranéenne (Projet MedMPA), Plan de gestion de l'aire marine du parc national d'El Kala, pp 25-26.

- **Hammoudi. Z., 2009.** Contribution à la stratégie de développement durable d'une zone portuaire .Le port polyvalent de Bejaia. Mémoire d'ingénieur, ENNSMAL, 4,7pages.
- **Joly B., Reynaud A., 2003.** Entérobactéries : systématiques et méthodes d'analyses. Edit. Techniques et Documentation. Paris. 356p.
- **Kennish, M.J., 2001.** Practical Handbook of Marine Science, 3rd Ed., CRC Press. Boca Raton.896p.
- **Laboratoire d'Etudes Maritimes ; Décembre 1993.** Etude de l'établissement de la carte sédimentaire du littoral algérien (1ere tranche) rapport de synthèse (mission 6) baie de Bejaia.
- **Laboratoire d'Etudes Maritimes ; 2003.** L'étude d'impact sur l'environnement de la réalisation d'un terre-plein gagné sur la mer à l'est du port de Bejaia, pp 1-23.
- **Larsen, B., & Jensen, A. (1989).** Evaluation of the sensitivity on sediment monitoring stations in pollution monitoring. Marine Pollution Bulletin, 20, 556-560.

- **Leclaire., 1972.** Sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (pré continent algérien). Mémoire du muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, Nouvelle série C, sciences de la terre. Tome XXIV, fascicule Unique, 64-149.

- **Marchand M., Martin j.L., 1985.** Détermination de la pollution chimique (hydrocarbure, organochloré, métaux) dans la lagune d'Abidjan (côte d'ivoire) par l'étude des sédiments. Océanographie Trop.1:26-39p.

- **Metap., 1993**. Etude de protection contre la pollution des ports et du littoral Algérien, rapport final, 158 pages.

- **Nieboer, E. & Richardson, D. H. S., 1980**. The replacement of the non descript term heavy metals by a biologically and chemically significant classification of metal ions. Environmental pollution, B, 1, 3-26.

- **Parenzan, p., 1970.Carta** d'identità delle conchiglié del mediterraneo Vol. I, Gasteropodi, Ed Biostaras, Taronto ,283 P.

- **Parker R.H.1975.** The study of benthic communities. A Model and review. Elsevier Scientific Publishing Company Amsterdam – Oxford –New York. 291p.

- **Phillips, D. J, H., & Rainbow, P. S., 1993.** Biomonitoring of aquatic trace contaminants. London: Chapman and Hall.

- **Picard J., 1965**. Recherches qualitative sur les biocenoses marines de substrats meubles dragables de la region marseillaise. Rev. Trav. St.Mar.Endoume. 36, 52, 5-160.

- **Pielou E.C., 1966.** The mesurement of diversity in different types of biological collections. J. Theo. Biol.13: 131-144.

- **Pinta, M. 1971.** Spectrophotométrie d'absorption atomique, problèmes généraux : application à l'analyse chimique. Ed Masson (Paris) : 508p.

- **Kim P.G., Park M.E., Sung K.Y., 2009**. Distribution of heavy metals in marine sediments at the ocean waste disposal site in the Yellow Sea, South Korea. Geosciences Journal Vol. 13, No. 1, p. 15. DOI 10. 1 007/s 12303-009-00.

- **Kouadio t., Trefry J.H., 1987.** Sediments trace metals contamination in Ivory Coast, West Africa. Water Air Soil PolIut, 32:145-54.

- **Rainbow, P. S., 1992.** The significance of accumulated heavy metal concentrations in marine organisms. (Paper presented at Mickiewicz AG, edited. Assessment of the distribution, Impacts and bioaccumulation of contaminants in aquatic environments, Proceedings of a bioaccumulation Workshop. Water Board and Australian Marine Science Association Inc., Sydney).

- **Riviére .A., 1977.** Méthode granulométrique, technique et interprétation. Techniques et méthodes de sédimentologie. Edition MASSON (Paris). 170p.

- **Rodier j., Bzin C., Broutin J P., Chmbon P., Champsaur H., et Rodi L., 2005.** L'analyse de l'eau : eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer. DUNOD : 1383p.

- **Saliot A., 1981.**Naturel hydrocarbon in sea water in DUURSMA E.K.et DAWSON R., (Eds). Marine organic chemistry Elsevier, Oceanografic, Series, n°31, pp 327-374.

- **Shannon C.E, Weaver W., 1949**. The mathematical theory of communication. Urbana Illinois, Univ. of Illinois Press, 117p.

- **SSMO :** Summary of Synoptic Meteorological Observation

- **Tebble J., 1966.** British bivalve seashells: a handbook for identification. British Muséum (Nat. Hist).London, 2l2p.

- **Walker, C.H., Hopkin S.P., Sibly R.M., and Peakall D.b., (2001).** Principles of Ecotoxicology 2nd Ed. London: Taylor and Francis. 326p, ISBN 0-7484-0939-4.

Annexes

Caractéristiques des bassins portuaires de Bejaia.

Bassins	**Superficie (hectares)**	**Profondeur (m)**	**Activités**
Avant port	75	10,5 à 13,5	Pétrolière
Vieux port	26	6 à 8	Pèche et commerce
Arrière port	55	10,5 à 12	Commerce

Evolution du trafic commercial au port de Bejaia entre 2001et 2007(EPB, 2008)

Année	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**
marchandise conteneurisé	146	180	212	343	459	530	651
marchandise conventionne	985	1160	1400	1412	1493	2020	2104
vrac liquides	8435	8569	8777	9354	9769	9244	9650
vrac solides	1420	1734	1394	1724	2281	2308	2401
Totale	10986	11643	11783	12833	14002	14102	16822

Valeurs guides proposées pour les métaux lourds (µg/g) par différents pays signataires de la convention d'Oslo. (Alzieu et al, 1999).

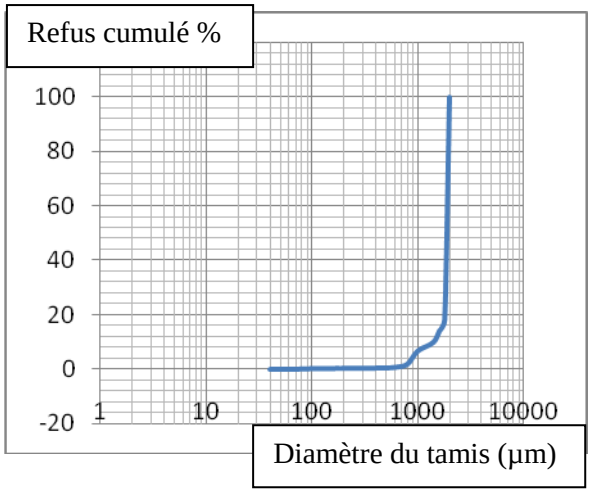
	Allemagne	**Belgique**	**Espagne**	**France**	**Pays bas**
Mercure	1-5	4-7	0 ,6-3	0,2-0,4	0 ,3-1,2
Plomb	100-500	400-600	120-600	20-40	85-110
Zinc	350-1750	350-500	500-3000	140-200	140-365

Annexe 1

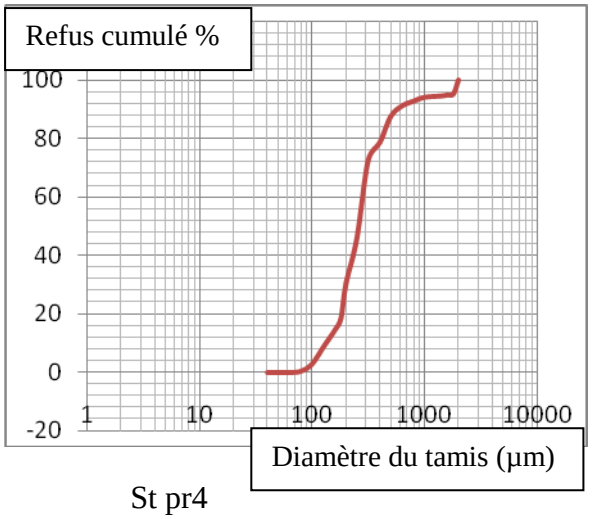
Table de MC Grady du Nombre le plus probable (NPP) dans les cas du système de 3 tubes par dilution (BRISOU et DENIS, 1980) :

Nombre caractéristique	NPP dans 100 ml	Nombre caractéristique	NPP dans 100 ml	Nombre caractéristique	NPP dans 100 ml
000	0.0	201	1.4	302	6.5
001	0.3	202	2.0	310	4.5
010	0.3	210	1.5	311	7.5
011	0.6	211	2.0	312	11.5
020	0.6	212	3.0	313	16.0
100	0.4	220	2.0	320	9.5
101	0.7	221	3.0	321	15.0
102	1.1	222	3.5	322	20.0
110	0.7	223	4.0	323	30.0
111	1.1	230	3.0	330	25.0
120	1.1	231	3.5	331	45.0
121	1.5	232	4.0	332	110.0
130	1.6	300	2.5	333	140.0
200		301	4.0		

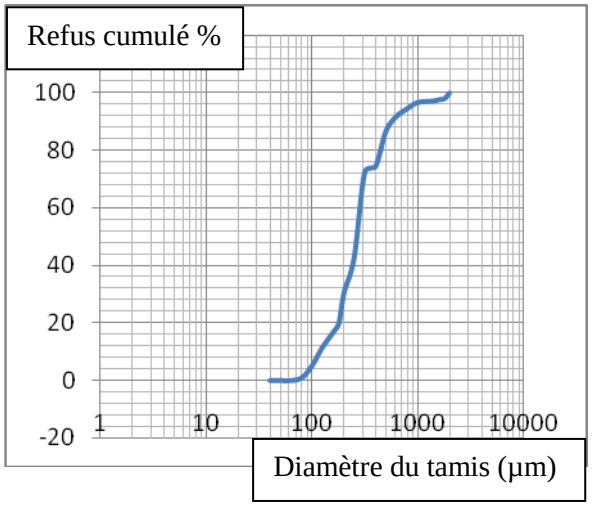
Annexe 2 : les courbes granulométriques des différentes stations



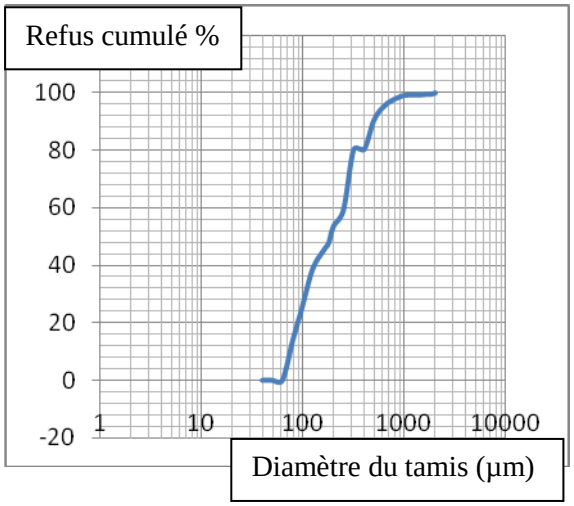
St pr2



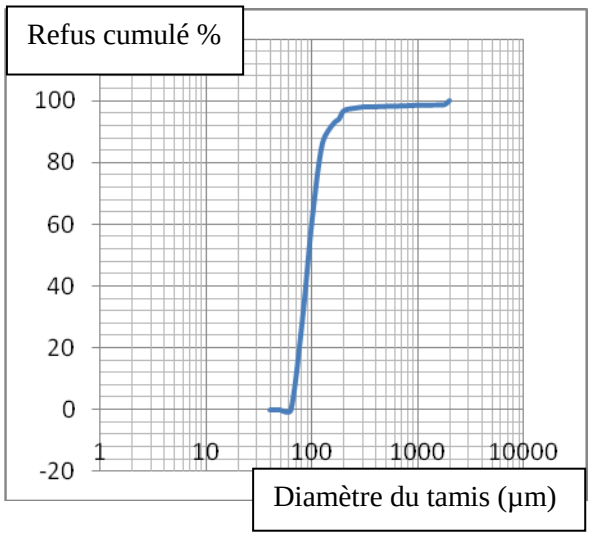
St pr4



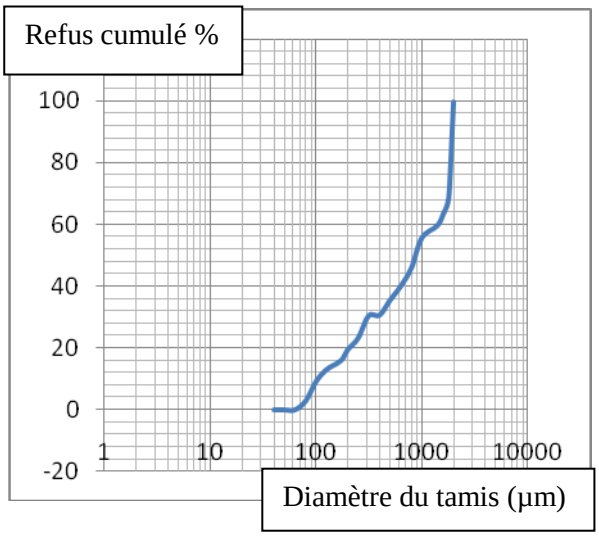
St pr8



St pr10

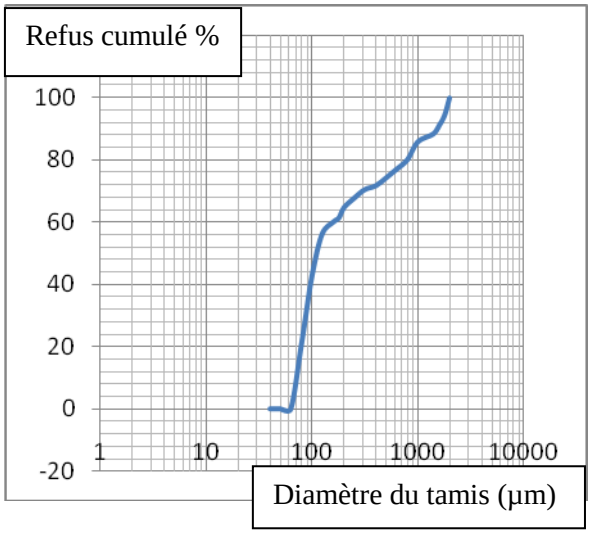


St pr14

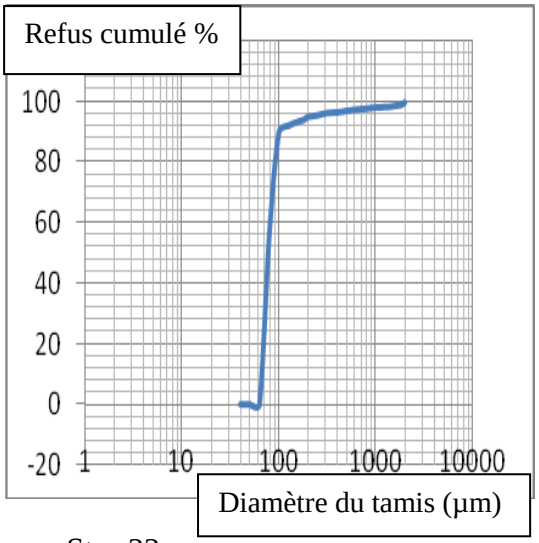


St pr17

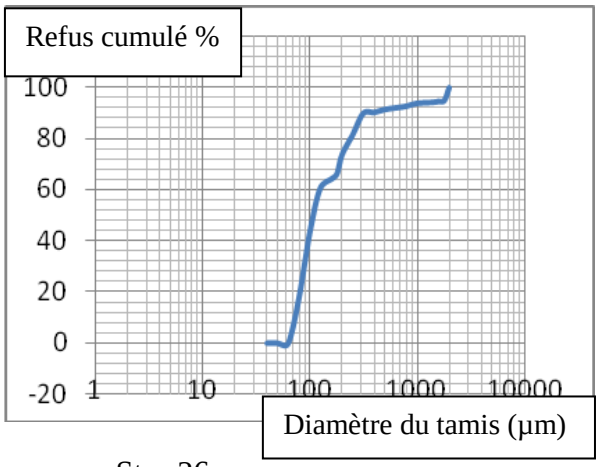
Annexe 2 : les courbes granulométriques des différentes stations



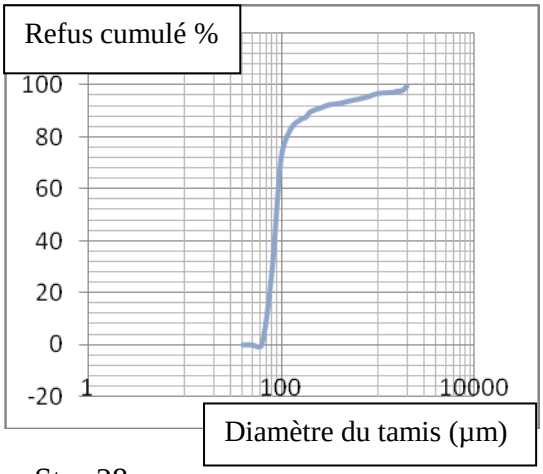
St pr21



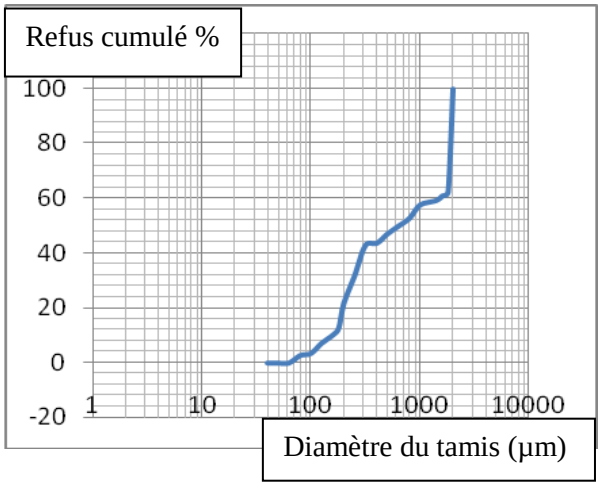
St pr22



St pr26



St pr28



St pr31

Liste faunistique du Golf de Bejaia 2011

Espèce/ stations	1	2	3	4	5	6
Abra alba (M)	0	0	2	14	44	5
Achanthocardia aculeata (M)	0	0	3	0	0	3
Achanthocardia paucicostata (M)	0	0	0	1	0	0
Addisonia excertrica (M)	0	0	0	2	0	0
Aricia faetida (P)	0	0	0	1	0	0
Astarte montagui (M)	0	0	0	2	0	0
Balanus perfosatus (C)	0	0	1	0	0	1
Bittum reticulatum (M)	0	0	2	0	0	0
Calyptrea sinensis (M)	0	1	2	0	0	0
Callista chione (M)	0	0	2	0	2	0
Cancellaria cancellata (M)	0	0	3	1	0	2
Capitella capitata (P)	2	3	1	19	22	33
Carcinus mediterraneus (C)	0	0	1	0	0	0
Cardita acuteata (M)	0	0	1	0	0	0
Cardium edula (M)	0	0	0	0	4	0
Cardium exigum (M)	0	1	3	0	0	9
Cardium nodosum (M)	0	0	1	2	1	0
Cardium papillosum (M)	0	0	0	1	8	0
Chaetozone setosa (P)	0	0	0	1	0	0
Cingula pulcherrima (M)	0	0	0	0	1	1
Corbula gibba (M)	1	22	13	66	21	29
Diplodonta rotundata (M)	0	0	0	0	2	1
Divaricella divaricata (M)	0	0	0	1	0	0
Dosinia elegans (M)	0	0	7	0	3	0
Dosinia exolata (M)	0	1	6	0	4	3
Dosinia lupinus (M)	0	0	1	1	17	5
Eteone picta (P)	0	0	0	1	0	0
Epitonium tenuicosta (M)	0	0	0	0	4	0
Eulalia viridis (P)	0	0	1	0	1	0
Eumetula artica (M)	0	0	0	0	3	0
Fusus rostatus (M)	0	0	1	0	0	0
Gibbula albida (M)	0	0	2	0	1	0
Gibbula divaricata (M)	0	0	1	0	0	0
Gibbula varia (M)	0	0	0	1	0	0
Hexaplex trunculus (M)	0	0	1	0	0	0
Hydrobia ulvea (M)	0	0	0	0	0	1
Kefersteinia cirrata (P)	0	0	0	2	1	0
Leocrates claparedii (P)	0	0	0	0	0	0
Loripes lacteus (M)	0	0	1	1	12	0
Loripes lupinus (M)	0	0	0	0	0	2
Lumbrineris latrelli (P)	0	1	0	0	1	2

Mactra corralina (M)	**0**	**0**	**1**	**0**	**2**	**2**
Mytilus galloprovinvialis (M)	**0**	**0**	**0**	**3**	**2**	**0**
Nassa mamillata (M)	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**
Nassa reticulata (M)	**0**	**0**	**0**	**1**	**2**	**0**
Notomastus latericeus (P)	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**7**
Ostrea edulis (M)	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**
Petalla vulgata(M)	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**
Phyllochaetopterus solitarius /Major socalis (P)	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**2**
Pitaaria rudis (M)	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**
Polydora antennata (P)	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**2**
Rissoa lineata (M)	**0**	**0**	**0**	**2**	**0**	**0**
Rissoina meteoris (M)	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**
Scobicularia plana (M)	**0**	**0**	**0**	**2**	**0**	**1**
Serpula vermicularis (P)	**0**	**0**	**0**	**0**	**2**	**0**
spisula subtruncata (M)	**0**	**0**	**0**	**8**	**2**	**0**
syllis amica (P)	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**1**
Tellina crassa (M)	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**1**
Teredo navalis (C)	**1**	**0**	**0**	**0**	**2**	**1**
Tharyx marioni (P)	**0**	**0**	**2**	**0**	**1**	**1**
Turbonilla obliquata (M)	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**2**
Turris emarginpta (M)	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**
Thyasira sarci (M)	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**3**
Tritia reticulata (M)	**0**	**0**	**1**	**0**	**2**	**0**
Venerupis aurea (M)	**0**	**0**	**2**	**0**	**1**	**0**
Venus lamella (M)	**0**	**0**	**0**	**2**	**1**	**0**
Total (l'abondance)	**4**	**30**	**63**	**142**	**174**	**122**
Densité	**16**	**120**	**252**	**568**	**696**	**488**
Nbr d'espèces (la richesse spécifique)	**3**	**7**	**27**	**31**	**34**	**27**
Indice de Shannon et Weaver (H')	**1,50**	**1,48**	**4,21**	**3,1**	**3,89**	**3,59**
Indice de Piéliou (équirépartition) E	**0,75**	**0,302**	**0,7043**	**0,4336**	**0,52**	**0,518**

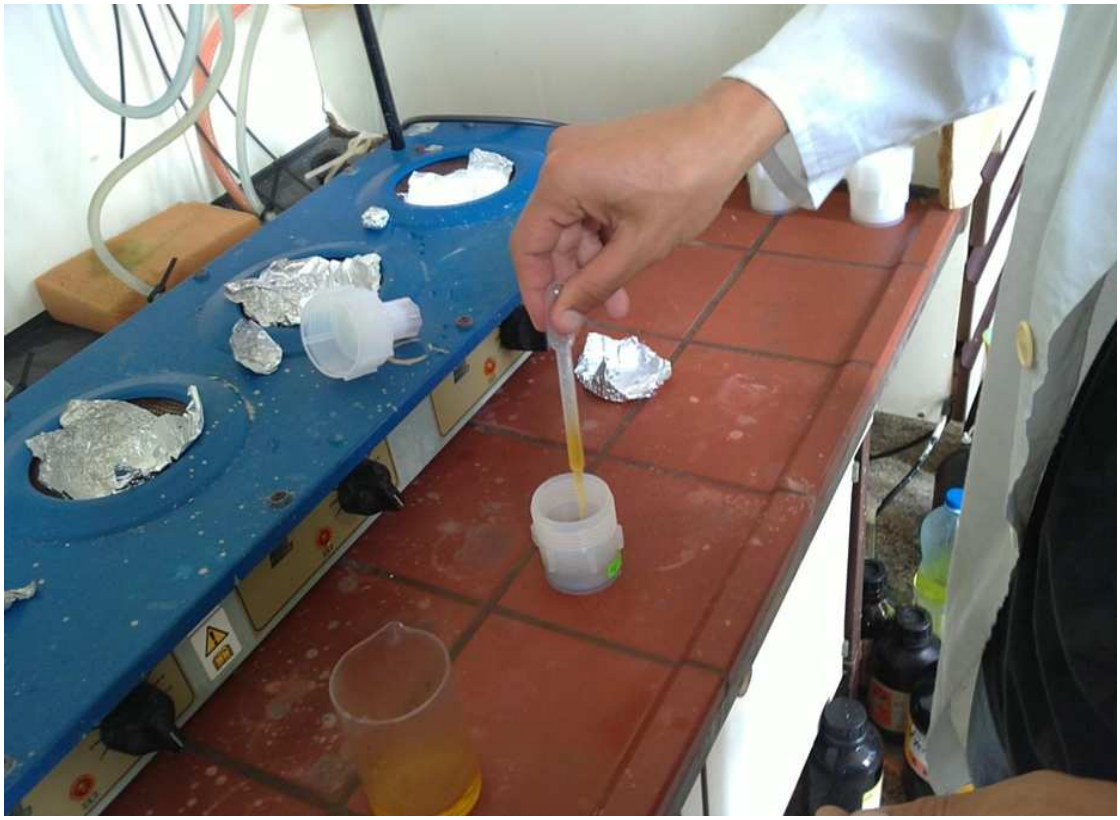
Broyage des sédiments

Les sédiments destinés à la minéralisation

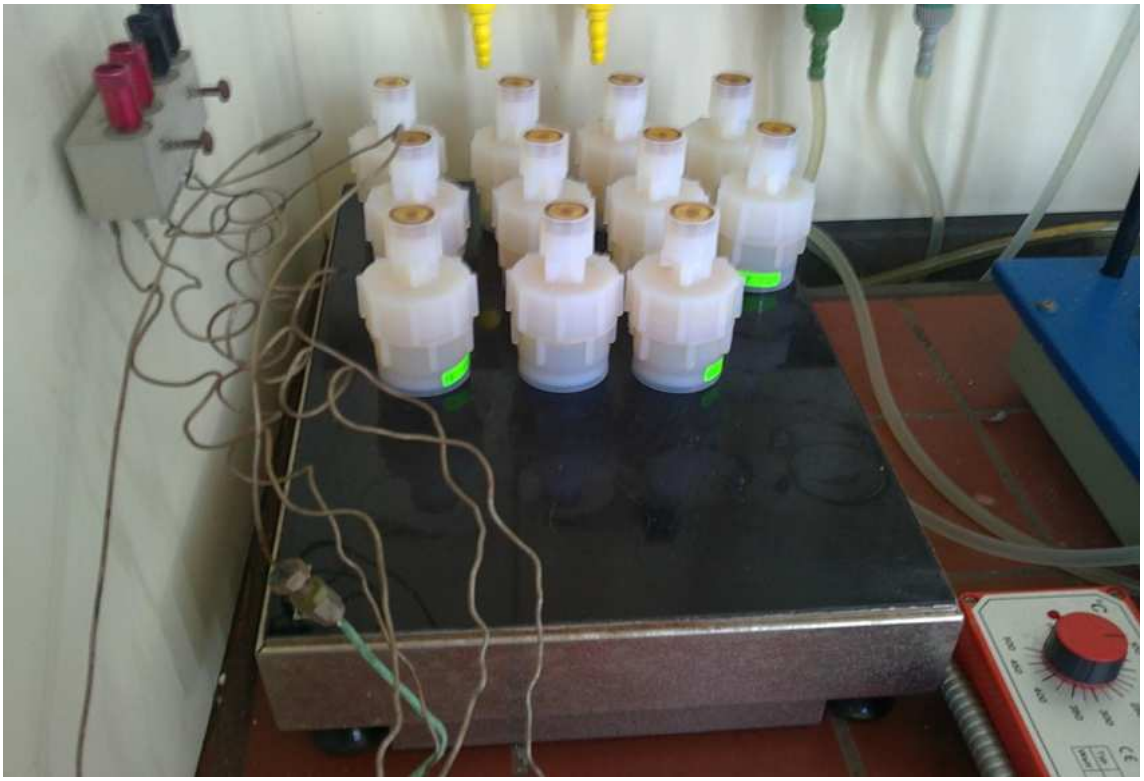
Minéralisation à blanc

Placement des godets sur une plaque chauffante pendant 2h et 30min

Balance électrique



Minéralisation des sédiments



Placement des godets sur la plaque chauffante pendant 2h et 30min

La dilution des échantillons minéralisés

Tube positif (trouble + production de gaz dans la cloche)

tube négatif

Lecture des coliformes totaux

Recherche des streptocoques fécaux dans le sédiment (milieu Roth)

Tube négatif Tube positif

Lecture des streptocoques « test présomptif »

Tube négatif Tube positif

Lecture des coliformes fécaux