

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



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

**OPTION : AMENAGEMENT DU LITTORAL**

**Thème :**

Impact des matériaux de dragage du port  
d'El-Aouana sur L'écosystème littoral

Présenté par:

**-Bougherira Fares**

**-Kibeche Alaeddine**

Soutenu le 16/07 /11 devant le jury suivant :

Mr	Refes.W	Maître assistant	(ENSSMAL)	Président
Mr	Bachouche. S	Chercheur	(CNRDPA)	Examineur
Mr	Belkessa. R	Maître de conférences	(ENSSMAL)	Examineur
Mme	Houma-Bachari.F	Maître de conférences	(ENSSMAL)	Promotrice

**Promotion : 2010/2011**

---

## DÉDICACE

---

*Je dédie ce modeste travail*

*A mon père et ma chère mère pour tous ce qu'ils ont  
faits pour moi durant mes études*

*A mes frères Imad, Mohamed, Jamel, Takidine,*

*A mes oncles et mes tantes*

*Ainsi qu'à mes cousins et mes cousines*

*A tous mes chers amis(es) en particulier Fares, Lamine,  
Achraf, Khalid, Zaki, Sid Ali, Badis, Saïd*

*Mes professeurs de l'ENSSMAL*

*A mes amis (es) et à toutes les personnes qui m'ont  
connu...*

*Alaeddine*

---

---

## DÉDICACE

---

*Je dédie ce modeste travail*

*A mon père et ma chère mère pour tous ce qu'ils ont  
faits pour moi durant mes études*

*A mes frères Azeddine, Ammar, Redouane, Aïssame,  
Adnan, Jalloul*

*A mes oncles et mes tantes*

*Ainsi qu'à mes cousins et mes cousines*

*A tous mes chers amis(es) en particulier Nabil, Halim,  
Samî, Khalid, Alaeddine, Zakî, Aziz, Badîs,*

*Mes professeurs de l'ENSSMAL*

*A mes amis (es) et à toutes les personnes qui m'ont  
connu...*

*Fares*

---



# 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 Monsieur **Refes.W**, maître assistant (ENSSMAL), qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.*

*Nous remercions Madame **Bachari-Houma.F**, maître de conférences 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.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à monsieur **Bachouche. S**, chercheur (CNRDPA), Mr. **Belkessa.R**, Maître de conférences (ENSSMAL), pour leurs aides et leurs soutiens et pour avoir accepté d'examiner ce manuscrit et de participer à ce jury.*

*Nos profondes reconnaissances aux messieurs : Bachouche Samir, Belkessa Rabah, au personnel de la bibliothèque de l'ENSSMAL, du service de la documentation du LEM, ainsi qu'à toutes les personnes qui nous ont aidés 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.*

# Liste des acronymes

<b>A.F.N.O.R :</b>	Association Française de Normalisation.
<b>B.V.B.L :</b>	Bouillon Lactosé au Vert Brillant.
<b>C.F :</b>	Coliformes Fécaux.
<b>C.O.I :</b>	Commission Océanographique Intergouvernemental
<b>C.T :</b>	Coliformes Totaux.
<b>ENSSMAL :</b>	Ecole national supérieur des sciences de la mer et l'aménagement de littoral
<b>GIZC :</b>	Gestion Intégrée de la Zone Côtière
<b>G.P.S :</b>	Global positioning system.
<b>HPA :</b>	Hydrocarbure aromatique polycyclique
<b>IC :</b>	Indice de contamination
<b>LEM:</b>	Laboratoire d'étude maritime.
<b>N.P.P :</b>	Nombre le plus probable.
<b>O.N.M :</b>	Office National de Météorologie.
<b>P.N.U.E :</b>	Programme des Nations Unies pour l'environnement.
<b>S.F :</b>	Streptocoque Fécaux.
<b>S.S.M.O:</b>	Summary of Synoptic Météorogical Observations.
<b>SFUV</b>	Spectrofluorimétrie ultra-violet
<b>S.W.A.N :</b>	Simulating Waves Nearshore
<b>UTM :</b>	Universel transverse de marcatore
<b>WHO :</b>	Word Heath organisation

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1 .1 :</b> Nombre et type d'embarcations .....	8
<b>Tableau 1 .2 :</b> Régime saisonnière annuel des précipitations dans la région de Jijel.	14
<b>Tableau 1 .3 :</b> Moyenne annuelle de la fréquence du vent (%) à Jijel .....	15
<b>Tableau 1 .4 :</b> Fréquence d'apparition des vents par direction ( $V>1\text{m/s}$ ).....	15
<b>Tableau 1 .5 :</b> Fréquence mensuelles de la houle au large par direction.....	16
<b>Tableau 1 .6 :</b> Estimation des ressources halieutiques .....	21
<b>Tableau 2 .1 :</b> Coordonnées des points de prélèvements .....	22
<b>Tableau 2 .2 :</b> Concentration des standards ( $\mu\text{g/ml}$ ).....	29
<b>Tableau 2 .3 :</b> Classification des grains de sable (Folk et Ward, 1957).....	34
<b>Tableau 2 .4 :</b> Concentration des solutions standards utilisées .....	37
<b>Tableau 2 .5 :</b> Concentrations normales des métaux lourds dans les sédiments selon les normes Algériennes, françaises et hollandaises .....	38
<b>Tableau 2 .6 :</b> Valeurs de l'indice de contamination (IC) (ABRMC, 1984 et Alzieu <i>et al</i> , 1999).....	39
<b>Tableau 3 .1 :</b> Taux de matière organique dans les cinq stations en pourcentage.....	46
<b>Tableau 3 .2 :</b> Taux des pélites dans les 5 stations de prélèvements en pourcentage..	47
<b>Tableau 3 .3 :</b> Valeurs des différents indices granulométriques et des quartiles (Q25, Q50, Q75). Au niveau du port et au site d'immersion .....	49
<b>Tableau 3 .4 :</b> Résultats des analyses de différentes concentrations en métaux lourds en ( $\text{mg/kg}$ ) .....	51
<b>Tableau 3 .5 :</b> Variation de teneurs en hydrocarbure dans les 5 stations de prélèvement	58
<b>Tableau 3 .6 :</b> Concentration en coliformes fécaux et totaux dans les 3 stations de prélèvements.....	62
<b>Tableau 3 .7 :</b> Concentration des streptocoques fécaux dans les trois stations .....	64
<b>Tableau 4 .1 :</b> L'aptitude de l'équipement préconisé le dragage par rapport à la nature du sol .....	71

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.1</b> Situation du nouveau port de pêche et de plaisance D'El-Aouana .....	6
<b>Figure 1.2</b> Plan de masse du port de pêche et de Plaisance d'EL-Aouana.....	7
<b>Figure 1.3</b> Plan de situation de la zone d'étude .....	9
<b>Figure 1.4</b> Subdivision de la côte d'intérêt les sédiments mobiles sont indiqués par flèches (LEM, 2011) .....	10
<b>Figure 1.5</b> Caractéristiques géologiques de la région d'étude (carte géologique).....	12
<b>Figure 1.6</b> transit littoral dans la baie d'El-Aouana.....	19
<b>Figure 2.1</b> Localisation des stations de prélèvements d'échantillons de sédiments au niveau du port.....	23
<b>Figure 2.2</b> Localisation du site d'immersion au port d'El- Aouana .....	23
<b>Figure 2.3</b> Un extracteur .....	25
<b>Figure 2.4</b> Rota-vapeur.....	26
<b>Figure 2.5</b> Purification et fractionnement.....	27
<b>Figure 2.6</b> Spectrophotomètre de Fluorescence HITACHI, Modèle 650 S, équipé d'une lampe « Xénon ».....	29
<b>Figure 2.7</b> Droites d'étalonnage des standards en équivalents chrysene .....	31
<b>Figure 2.8</b> Lyophilisateur (modèle CHRIST Betta 1-8).....	34
<b>Figure 2.9</b> Mortier en porcelaine .....	35
<b>Figure 2.10</b> Tamis 1 mm diamètre.....	40
<b>Figure 2.11</b> Dénombrement des indicateurs de contamination fécale par la méthode des NPP Dans les sédiments .....	45
<b>Figure 3.1</b> Variation spatiale de la Matière organique dans le port et dans le site d'immersion .....	47
<b>Figure 3.2</b> Répartition des pélites dans le port et dans le site d'immersion.....	48
<b>Figure 3.3</b> Répartition de la médiane(Q50) dans les deux sites.....	50
<b>Figure 3.4</b> Variation de concentration de mercure dans les deux sites.....	52
<b>Figure 3.5</b> IC par le mercure dans les deux sites selon : les normes algériennes et françaises .....	52
<b>Figure 3.6</b> Variation de concentration en plomb dans les 5 stations .....	53
<b>Figure 3.7</b> IC par le plomb dans les deux sites selon : les normes algériennes et françaises .....	53
<b>Figure 3.8</b> Variation de concentration en zinc dans les 5 stations.....	54
<b>Figure 3.9</b> IC par le zinc dans les deux sites selon : les normes algériennes et françaises	55
<b>Figure 3.10</b> Variation de concentration en cadmium dans les 5 stations.....	56
<b>Figure 3.11</b> IC par le cadmium dans les deux sites selon : les normes algériennes et françaises .....	56
<b>Figure 3.12</b> Variation de concentration en cuivre dans les 5 stations .....	57

<b>Figure 3.13</b> IC par le cuivre dans les deux sites selon : les normes algériennes et françaises .....	57
<b>Figure 3.14</b> Variations des teneurs en hydrocarbures dans les deux sites .....	59
<b>Figure 3.15</b> Variation de concentration en CF et CT dans les trois stations de prélèvements .....	63
<b>Figure 3.16</b> variation en concentration en SF dans les trois stations.....	64
<b>Figure 4.1</b> Limites de la zone à draguer au niveau de la passe d'entrée du port .....	65
<b>Figure 4.2</b> Limites de la zone à draguer au niveau de bassin et la souille.....	66
<b>Figure 4.3</b> Dragage à benne (Alzieu et al.,1999).....	67
<b>Figure 4.4</b> Présentation du parcours de la drague du lieu de dragage vers la zone d'immersion .....	68
<b>Figure 4.5</b> Déroulement de l'opération de dragage et le matériel préconisé .....	69
<b>Figure 4.6</b> Comportement des sédiments au cours d'un rejet de dragage (Truitt, 1988).	69

---

# SOMMAIRE

---

# SOMMAIRE

Introduction générale .....	3
-----------------------------	---

## CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

Introduction .....	3
I.1 L'étude d'impact .....	3
I.1.1 Analyse de l'état initial.....	5
I.1.2 Evaluation des impacts .....	5
I.1.3 Série des mesures compensatoires .....	5
I.2 Problématique de dragage.....	5
I.2.1 Le devenir des sédiments dragués .....	6
I.2.2 L'immersion des produits de dragage.....	6
I.2.3 Contamination chimique des sédiments .....	7
I.3 Le port d'El-Aouana .....	8
I.3.1 Situation géographique du port d'El-Aouana .....	8
I.3.2 Caractéristique techniques du port d'El-Aouana .....	9
I.5.3 Concept du projet .....	9
I.4 Présentation de la zone d'étude .....	10
I.4.1 Situation géographique .....	10
I.4.2 Milieu physique .....	11
I.4.3 Cadre géologique .....	13
I.4.4 Apport sédimentaire.....	15
I.4.5 Couverture sédimentaire au large d'El-Aouana.....	15
I.4.6 Données géotechniques .....	16
I.4.7 Données climatiques .....	16
I.4.7.1 Précipitation .....	16
I.4.7.2 Température .....	17
I.4.8 Facteurs hydrodynamiques .....	17
I.4.8.1 Le vent .....	17
I.4.8.2 La houle .....	18

I.4.8.3 La marée .....	19
I.4.8.4 Les courants .....	19
I.4.9 Régime sédimentologique.....	20
I.4.10 Pollution et source de nuisance.....	21
I.4.11 Milieu biologique.....	22
I.4.11.1 Faune aquatique .....	22
I.4.11.2 Réserve écologique .....	22
I.4.11.3 Pêche commerciale .....	22

## **CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES UTILISÉES**

Introduction .....	24
II.1 Consistance des travaux .....	24
II.2 Prélèvement des sédiments.....	26
II.3 Analyses au laboratoire .....	26
II.3.1 Détermination du taux de la matière organique dans le sédiment.....	26
II.3.2 Analyse des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) .....	26
II.3.2.1 Protocole d'analyse des hydrocarbures polyaromatiques.....	26
II.3.2.2 Méthode d'analyse des hydrocarbures polyaromatiques.....	29
II.3.3 Analyse granulométrique .....	34
II.3.3.1 Mode opératoire de l'analyse granulométrique .....	34
II.3.3.2 Traitement des données .....	35
II.3.3.2.1 Les indices granulométriques .....	35
II.3.3.2.1.1 Les paramètres centraux .....	35
II.3.4 Analyse des métaux lourds .....	36
II.3.4.1 Nettoyage des instruments.....	36
II.3.4.2 Lyophilisation.....	36
II.3.4.3 Broyage et tamisage .....	37
II.3.4.4 Homogénéisation.....	37
II.3.4.5 Extraction des métaux lourds .....	37
II.3.4.6 Digestion ou minéralisation.....	37
II.3.4.7 Protocole expérimental.....	37

II.3.4.8 Analyse des métaux lourds par spectrophotométrie d'absorption atomique.....	38
II.3.4.8.1 Principe de la spectrométrie d'absorption atomique.....	38
II.3.4.8.2 La loi de Beer-Lambert .....	39
II.3.4.8.3 Etalonnage .....	39
II.3.4.9 Calcul des concentrations des métaux lourds.....	40
II.3.4.10 Les indices de contamination .....	40
II.3.5 Les peuplements macro benthiques.....	41
II.3.5.1 Étude de la faune benthique .....	41
II.3.5.2 Prélèvement .....	42
II.3.5.3 Méthode d'analyse.....	42
II.3.5.3.1 Tamisage, tri et détermination.....	42
II.3.5.3.2 Traitements des données écologiques .....	43
II.3.5.4 Structure du peuplement.....	43
II.3.5.4.1 Indices de diversité spécifique.....	43
II.3.5.4.2 Indice de Shannon et Weaver .....	43
II.3.5.4.3 Indice d'équitabilité.....	44
II.3.6 Analyse microbiologique .....	44
II.3.6.1 Recherche et numération des bactéries dans les sédiments.....	45
II.3.6.1.1 Numération des coliformes totaux et des coliformes fécaux.....	45
II.3.6.1.2. Numération des streptocoques fécaux.....	46
a) Test présomptif .....	46
b) Test confirmatif .....	46

### **CHAPITRE III : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS**

Introduction.....	48
III.1 Teneurs en matières organiques .....	48
III.2 Fraction pélimitique .....	49
III.2.1 Résultats de la fraction pélimitique .....	49
III.2.2 Interprétation des résultats de l'analyse de la fraction pélimitiques .....	50
III.3 Résultat et interprétation de l'analyse granulométrique.....	51
III.3.1 Résultat de l'analyse granulométrique .....	51

III.3.2	Interprétation des résultats de l'analyse granulométrique .....	51
III.3.2.1	Le 1 <sup>er</sup> quartile Q25 .....	51
III.3.2.2	Le 3 <sup>ème</sup> quartile Q75 .....	51
III.3.2.3	Interprétation de la carte de répartition des médianes (Q50) .....	51
III.4	Métaux lourds .....	52
III.4.1	Les résultats d'analyse des concentrations en métaux lourds .....	53
III.4.1.1	Teneur en Mercure (Hg).....	54
III.4.1.2	Teneur en plomb (Pb).....	55
III.4.1.3	Teneurs en Zinc (Zn).....	56
III.4.1.4	Teneur en cadmium (Cd) .....	58
III.4.1.5	Teneur en cuivre (Cu) .....	59
III.5	Hydrocarbures Aromatique Polycyclique (HAP) .....	60
III.5.1	Les résultats de HAP .....	60
III.5.2	Interprétation des résultats .....	60
III.6	Résultats et interprétation de l'analyse benthique.....	61
III.6.1	Caractéristiques des peuplements benthique.....	61
III.6.1.1	Richesse spécifique .....	61
III.6.2	Interprétation des résultats .....	62
III.6.2.1	Abondances et densités .....	62
III.6.2.2	Indice de diversité .....	63
III.6.2.2.1	L'indice de Shannon-Weaver.....	63
III.6.2.2.2	Indice d'équitabilité .....	64
III.7	Résultats et interprétation de l'analyse microbiologique .....	64
III.7.1	Résultats d'analyse des coliformes .....	64
III.7.1.1	Interprétation des résultats .....	64
III.7.2	Résultats d'analyse des streptocoques fécaux.....	65
III.7.2.1	Interprétation des résultats de dénombrement des streptocoques fécaux .....	66

## **CHAPITRE IV : DRAGAGE ET ÉTUDE D'IMPACT**

Introduction.....	67
IV.1 Le dragage.....	67
IV.1.1 Les poches de dragage dans le futur port d'El-Aouana .....	67

IV.1.2 Nature des matériaux à draguer .....	68
IV.1.3 Nature des matériaux dans la zone d'immersion .....	68
IV.1.4 Matériel utilise pour l'opération de dragage et de déroctage.....	68
IV.1.4.1 Capacité et cadence de l'opération .....	69
IV.1.4.2 Chargement et déchargement.....	69
IV.1.4.3 Transport lors de l'opération de chargement et de déchargement .....	70
IV.1.4.4 Mise en dépôt des produits de dragage au point d'immersion.....	70
IV.2 Identification et analyse des impacts .....	72
IV.2.1 Méthodologie d'évaluation des impacts sur les milieux naturels et humains.....	72
IV.2.1.1 Composantes du projet.....	72
IV.2.1.2 Évaluation de l'aspect technique de l'opération de dragage.....	72
IV.2.1.3 Évaluation environnementale .....	73
IV.2.1.4 Mesures d'atténuations et impacts résiduels.....	73
IV.2.2 Description des impacts .....	73
IV.2.2.1 Pendant l'opération de dragage et de transport.....	73
IV.2.2.1.1 Aptitude de l'engin par rapport à la nature des sédiments.....	73
IV.2.2.1.2 Évaluation environnementale.....	74
1. Évaluation de la qualité des eaux de mer .....	74
2. Hydrodynamisme et bathymétries .....	74
3. Qualité chimique des sédiments.....	74
IV.2.2.1.3 Évaluation de l'état du milieu à partir des indicateurs	
biologiques avant le rejet .....	76
1. Faune ichtyenne .....	76
2. Activité de pêche.....	76
3. Activités économiques .....	77
4. Activités touristiques.....	77
IV.2.2.2 Pendant le transport des matériaux .....	77
IV.2.2.2.1 Qualité de l'eau et sédimentologie.....	77
IV.2.2.2.2 Activité touristiques .....	77
IV.2.2.3 Pendant le rejet en zone d'immersion.....	78
IV.2.2.3.1 Qualité de l'eau et de sédimentologie.....	78
1. Zones sensibles .....	79
2. Faunes benthiques .....	79
3. Activité de la pêche.....	80

4. Sécurité publique.....	80
IV.2.2.4 Mesures compensatoires des impacts négatifs.....	80

**Conclusion générale** .....

**Bibliographie**

**Annexe**

---

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

---

# INTRODUCTION GENERAL

---

## Introduction :

Les zones côtières sont le lieu d'activités multiples parmi les quelles la navigation tient une place importante. Les ports de commerce, de plaisance et de pêche jouent un rôle vital pour l'économie régionale, nationale et dans certains cas international. Les structures portuaires et leurs industries associées sont le plus souvent établies dans des zones où la profondeur d'eau est relativement faible, et où il est alors indispensable de réaliser des dragages pour permettre aux bateaux d'accéder aux quais. Ces dragages sont effectués au moment de la construction du port mais également de façon périodique pour enlever les sédiments qui se sont accumulés dans les chenaux et les darses. (Alzieu et al. 1999).

La problématique environnementale et les différents impacts potentiels des activités de dragage sont liés à l'excavation des sédiments, au transport de ces derniers ainsi qu'à leur dépôt. L'option retenue souvent aussi bien en Algérie qu'ailleurs dans le monde reste l'immersion. Les conséquences sur le milieu marin sont importantes (Bachouche et al, 2009).

La répercussion peut affecter la faune et la flore marine, la qualité de l'eau, la luminosité et les paramètres physico-chimiques de l'eau de mer. Les effets secondaires possibles d'une dégradation de la faune aquatique, sont les risques sanitaires liés à la consommation du poisson. La pêche doit être intégrée au maximum dans l'étude des constructions portuaires et leur dragage. Le lieu de l'immersion doit faire donc l'objet d'une étude pour connaître les caractéristiques environnementales et de les comparer à celles qui proviennent du port.

Les études se rapportant aux dragages et leurs impacts sur l'environnement sont très récentes. Elles ont suivi les textes règlementant les aspects de pollution marine qui ont apparus en 1976 en France et 1983 en Algérie. L'ENSSMAL (Ecole National Supérieure des Science de la Mer et l'Aménagement de Littoral), avec son activité multidisciplinaire dans le domaine marin et le L.E.M (Laboratoire des Etudes Maritimes) sont les principaux acteurs qui activent dans le domaine de l'environnement marin en Algérie.

Le but de ce travail est de connaître la qualité des matériaux dragués (granulométrie, concentration en polluants et richesse benthique) dans le futur port d'El-Aouana dans une première étape et l'identification des impacts de ces matériaux sur l'écosystème marin dans une seconde étape.

## **INTRODUCTION GENERAL**

---

Ce mémoire est organisé comme suit :

Après une introduction générale, on présente dans un premier chapitre une approche systémique de l'étude d'impact et une présentation générale de la zone d'étude. Le deuxième chapitre traite le matériel et les méthodes utilisées pour les différentes analyses effectuées, suivi d'un troisième chapitre réservé aux différents résultats et interprétations des études bactériologiques, faune benthique, de la pollution par les métaux lourds, des hydrocarbures polyaromatiques pour terminer enfin avec une conclusion générale. Le quatrième chapitre est destiné à l'étude de l'opération de dragage et l'impact de ses produits sur l'écosystème marin du futur port d'El-Aouana ainsi que pour les mesures compensatoires et les approches d'atténuation proposées.

---

# CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

---

# Chapitre I : Généralités

---

## Introduction

Ce chapitre se divise en quatre parties. On donne un bref aperçu sur l'étude d'impact pour l'environnement suivi d'une présentation de la problématique de dragage. On s'intéresse, par la suite, à la situation géographique du port d'El-Aouana et ses caractéristiques techniques afin de terminer par la présentation détaillée de la zone d'étude.

## I.1 L'étude d'impact

L'étude d'impact pour l'environnement est un document scientifique et une procédure juridique d'évaluation des effets dus à certaines activités de l'homme sur l'environnement, elle est une politique et un dispositif de gestion dans le cadre de projet et de prise de décision. Elle constitue un instrument privilégié pour la conception et la pratique d'un aménagement authentique soucieux de recherche, une harmonie entre les besoins sociaux et ceux du milieu naturel et de ses ressources. C'est un outil important pour la gestion intégrée des zones littorales et côtières.

L'étude d'impact pour l'environnement analyse et interprète, sur la base de connaissance et de données scientifiques, les résultats (négatifs et aussi positifs) d'une action humaine sur le milieu naturel, ou plus au moins modifié (artificialisé). Elle prend en compte les multiples aspects et se fonde donc nécessairement sur une approche multidisciplinaire. (Guigo et al, 1991).

Pour structurer une étude d'impact sur l'environnement nous avons besoin de circonscrite et d'élaborer deux grande ensembles de données d'information.

- La reconnaissance aussi détaillée que possible du projet ou de l'opération à réaliser : qualification, consistance et nature des travaux, type d'intervention et choix technologique, conditions de réalisation, fonctionnement et maintenance, ...etc.
- La reconnaissance du milieu, du site ou du contexte, où le projet en question se réalisera : les aspects physiques, humains, chimiques et biologiques.

L'étude d'impact sur l'environnement comprend principalement 3 phases :

- Une analyse de l'état initial ;
- Une évaluation des impacts ;
- Une série des mesures compensatoires.

# Chapitre I : Généralités

---

## I.1.1 Analyse de l'état initial

Elle consiste en une reconnaissance du site et de son environnement en général, avant l'exécution ou la réalisation de l'opération retenue (milieu naturel, physique et humain).

## I.1.2 Étude et évaluation des impacts

On s'interroge sur les conséquences éventuelles et les modifications négatives et positives, que la réalisation du projet est susceptible de provoquer. La recherche et l'analyse de ces effets induits peuvent mettre en évidence des impacts directs et indirects, que peuvent aussi se manifester à différents échelles spatiotemporelles.

## I.1.3 Série des mesures compensatoires

Elles se traduisent par des dispositifs concrets (techniques, réglementaires,...) ou d'ordre organisationnel, afin d'éliminer ou de réduire les impacts négatifs. (Guigo et al, .1991).

## I.2 Problématique de dragage

Les opérations de dragage sont des pratiques indispensables à la navigation et aux activités portuaires. Elles donnent essentiellement lieu à l'immersion en milieu marin des produits dragués, dans des zones spécialement désignées.

L'impact des dragages et des immersions dans l'environnement marin est une préoccupation constante des autorités publics portuaires et des pouvoirs publics. Les campagnes d'évaluation, conduites régulièrement depuis 1986 montrent que l'immersion de certains produits de dragage pose un réel problème du fait de leur contamination significative par des métaux lourds et des polluants organiques, même si seul un nombre limité de site est concerné.

L'impossibilité de traiter ce sédiment contaminé à un cout supportable, conduit à privilégier des stratégies de prévention : contrôle accru sur la zone de dépôt et leur environnement. (Alzieu et al., 1999).

Les aménagements des nouvelles aires portuaires occasionnent souvent le déplacement d'importants volumes de matériaux divers : roche, sable, terre, argile, gravier ou vase. Dans ce cas les sédiments ne sont généralement pas contaminés.

## Chapitre I : Généralités

---

Ces nouveaux travaux peuvent engendrer des modifications physiques des sites ayant un impact sur leurs fonctions : biologique et écologique : disparition des vasières...

Les caractéristiques hydrodynamiques sont également modifiées, ce qui provoque des perturbations sur la dynamique sédimentaire (érosion/dépôt). Avant leur réalisation, ces travaux sont l'objet d'études d'impact.

Le dragage constitue une activité vitale pour l'exploitation des ports. En Algérie, il n'existe pas des statistiques des quantités à excaver annuellement car les dragages ne suivent pas un planning établi. On peut seulement dire que près de 10 millions de m<sup>3</sup> de sédiment doivent être enlevés pour l'ensemble des ports et seront pour la plupart immergés. (Belkessa, 2005).

On distingue trois types de dragage qui diffèrent selon la nature des sédiments à dégrader et le type de travaux à réaliser : entretien, approfondissement, aménagement de nouvelles aires portuaires.

Les dragages d'entretien sont des opérations répétitives, visant à extraire les sédiments déposés qui gênent la navigation : ils sont quasi-permanents dans les ports d'estuaire, et périodiques sur les ports ouverts à la mer. Les dragages d'approfondissement sont entrepris lorsqu'il devient nécessaire d'adapter le seuil de navigation à la taille des navires.

Ces travaux nécessitent de déplacer d'importants volumes de sédiments et demandent des moyens de dragages importantes.

Les sédiments non contaminés ne posent pas des problèmes particuliers quant à leurs effets sur l'environnement et sont dans certains cas utilisés pour l'engraissement de plages en cours d'érosion ou en construction. En revanche, le largage et le rejet des matériaux contaminés posent un certain nombre de questions concernant leurs effets sur la qualité physico-chimique des eaux et le devenir des substances toxiques pour les organismes vivants. (Belkessa et al, 2004).

En 1977, Clarck caractérisait le dragage comme la menace la plus sérieuse pour les écosystèmes littoraux. Les opérations de dragage posent un problème environnemental car elles favorisent la dispersion des contaminants. En effet, la solution la plus communément employée pour se débarrasser des sédiments dragués était le largage en mer.

### I.2.1 Le devenir des sédiments dragués

Bien que très largement pratiquée, l'immersion n'est pas obligatoirement la destination finale de tous les matériaux dragués. En effet selon leurs caractéristiques physico-chimiques et leur niveau de contamination, les déblais peuvent être valorisés, déposés ou confinés à terre et en mer, ou être soumis à des traitements spécifiques de dépollution (Oscar, 1988).

D'une façon générale, l'élaboration des opérations de dragage devrait en outre être menée dans le cadre d'une démarche de Gestion Intégrée des Zones Côtières (GIZC) qui permettrait d'organiser le partage des usages de l'espace par une approche commune et globale d'aménagement et de préservation du littoral sur terre, comme sur mer (Belkessaet Houma, 2009).

### I.2.2 L'immersion des produits de dragage

C'est l'opération la plus utilisée en Algérie car elle est la moins onéreuse qui tient compte au préalable d'une étude granulométrique, hydrologique, chimique et biologique du site d'émersion, qui est choisi selon les critères physiques suivants :

- L'éloignement de la côte,
- Profondeur suffisantes importantes pour que les sédiments ne soient pas requis par les courants (profondeur 100 m et plus),
- Le site d'immersion doit être en dehors des zones d'intérêt écologique et halieutique malgré les préoccupations prises au moment des travaux, toute opération d'immersion de déblais par clapage (déchargement brutal à partir de la surface) ou par déversement au moyen d'une conduite à un impact dont l'importance variera selon la vitesse de dispersion de ces matériaux et selon les résidus de substances chimiques ou des micro-organismes (bactérie, kystes de phytoplanctons toxiques, ...) qu'il contiendrait encore.

Concernant leur immersion deux options totalement opposées pourront être envisagées et discutées : le choix du confinement des rejets en choisissant une zone de moindre courant ou le choix d'une dispersion maximale et rapide, ce dernier choix, le plus fréquent, peut conduire à deux variantes également opposées, soit le clapage en un point fixe et unique soumis à des conditions hydrodynamiques favorisant la dispersion, soit le clapage en marche dans un périmètre établi, le clapage favorise lui-même une certaine dispersion. (Alzieu et al., 2003).

## Chapitre I : Généralités

---

Le choix final de la zone d'immersion est donc une étape importante du dragage, même si elle se situe hors du champ de vision des usagers du port. Ce choix découlera de la connaissance physique, chimique et biologique tant du fond marin que de la colonne d'eau, ainsi que de la connaissance des usagers des zones concernées. La description de l'état initial dans l'étude d'impact propre au zone d'immersion devra, par exemple recenser les zones d'importance halieutique (nourricerie, zone de pêche), les zones d'intérêt environnementales, les sites de culture marine proche (concession conchylicoles, piscicoles, ...), les zones de baignades, les zones de prise d'eau (viviers, thalassothérapie, ...).

### I.2.3 Contamination chimique des sédiments

Les sédiments côtiers et estuariers renferment de nombreuses substances dont certaines présentent un caractère toxique affirmé : métaux lourds, hydrocarbures polycycliques aromatiques, organochlorés, pesticides. Leurs dragages et rejet en mer posent le problème de la mobilité des éléments et substances toxiques et de leurs effets sur les organismes vivants. Les processus qui interviennent dans le largage ou l'immobilisation des contaminants associées aux sédiments sont régulés dans une large mesure par les propriétés physico-chimiques de l'environnement du site de dépôt, mais aussi liés à l'activité microbologique dans les sédiments dragués. (Alzieu et al., 1999).

La plupart des matériaux dragués dans le port et les chenaux d'accès sont riches en sédiments fins, ont une teneur en matière organique élevée, contiennent une quantité appréciable de sulfures et sont souvent anoxiques. Ces conditions favorisent l'immobilisation effective de nombreux contaminants, tant que le matériau de dragage n'est pas soumis à l'action des vagues et des courants susceptibles de le remettre en suspension. Les sédiments grossiers, qui sont généralement pauvres en matière organique, ont une faible capacité d'immobilisation des métaux et des contaminants organiques. Ces matériaux peuvent être largués au moment du mélange avec la masse d'eau. En conséquence, les sédiments grossiers contaminés, pauvres en matière organique, présentent un potentiel important de largage des contaminants quel que soit le mode de dépôt choisi (dans notre thème en mer). Les sédiments qui tendent à devenir acides après drainage et oxydation à long terme. Une attention particulière est apportée aux contaminants ci-après en raison de leurs propriétés intrinsèques : toxicité, persistance, bioaccumulation, importance des apports en milieu côtier. (Alzieu.C et al., 1999).

## Chapitre I : Généralités

Donc, avant toute opération de dragage. Des études au laboratoire réalisées pour déterminer le taux de chaque paramètre dans les deux sites (le port et le site d'immersion). Dans notre travail sur le futur port d'El-Aouana, les différents paramètres qui ont été analysés sont les suivants :

- La matière organique ;
- La granulométrie ;
- La faune benthique ;
- Les métaux lourds ;
- Les hydrocarburespolyaromatiques ;
- La microbiologie.

L'identification de chaque paramètre permet d'évaluer l'ampleur des répercussions environnementales direct et indirect au cours de cette opération de dragage.

### I.3 Leport d'El-Aouana

#### I.3.1 La situation géographique du port d'EL-Aouana

Le site du nouveau port de pêche et de plaisance se localise dans la région d'El-Aouana, qui se situe à une quinzaine de kilomètre à l'Ouest de la wilaya. Selon les coordonnées géographiques du site :

$$X_1 : 5^{\circ}35'38'', Y_1 : 36^{\circ}46'43'' \quad X_2 : 5^{\circ}36'45'', Y_2 : 36^{\circ}46'43''$$



Figure 1.1. Situation du nouveau port de pêche et de plaisance D'El-Aouana (Google Earth)

## Chapitre I : Généralités

### I.3.2 Caractéristiques techniques du port d'EL-Aouana

Le plan d'eau est protégé par deux digues, dont les longueurs sont respectivement de 366 m, et 310 m, pour les digues d'Ouest et d'Est.

Dans cette conception :

- Jetée Ouest : 366 m
- Jetée Est : 310 m
- Epis : (Ouest : 15m, Est :25)
- La longueur d'appontement accostable est : 636m
- La longueur de quai accostable est : 450.00 m
- Le plan d'eau est d'une superficie de : 5.00 ha
- La superficie des terre-pleins est de : 2.26 ha

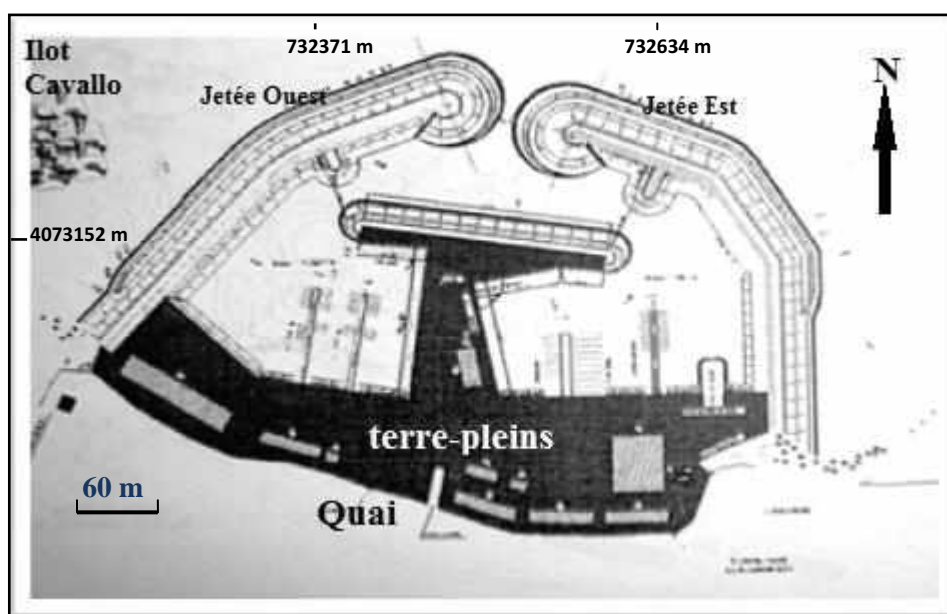


Figure 1.2. Plan de masse du port de pêche et de plaisance d'EL-Aouana(LEM,2011)

### I.3.3 Concept du projet

Ce projet s'intègre dans le cadre d'un programme national de réalisation d'infrastructure maritime visant à donner un nouvel essor aux activités de pêche et de plaisance sur le littoral national.

## Chapitre I : Généralités

---

Le volet socio-économique du projet est d'une importance capitale, ce projet permet de :

- Etendre l'exploitation des ressources halieutiques dans la wilaya de Jijel,
- Fixer la pollution constituée essentiellement de pêcheurs sur place,
- Améliorer les conditions de vie de la population locale,
- Offrir des opportunités de création d'emploi,
- Améliorer les conditions de pêche artisanale et développer la pratique de la pêche hauturière,
- Et enfin, développer le tourisme qui commence à prendre de l'ampleur dans la région.

**Tableau 1.1.** Nombre et type d'embarcations(L.E.M, 2011)

Type d'embarcation	Nombre actuel	Nombre projeté
Chalutiers	0	05
Sardiniers	0	15
Petits métiers	20	50
Plaisance	50	135
Voiliers	0	05
<b>Total</b>	<b>70</b>	<b>210</b>

### I.4 Présentation de la zone d'étude

#### I.4.1 Situation géographique

La région d'El-Aouana se situe à 15 km à l'ouest de la wilaya de Jijel, Elle constitue une continuité d'une longue côte ondulée qui débute par la région de oued zhour et Beni belaid à l'Est de Jijel, cette zone est connue par son importance biologique et écologique par la présence du parc national de Taza et les grottes merveilleuses.

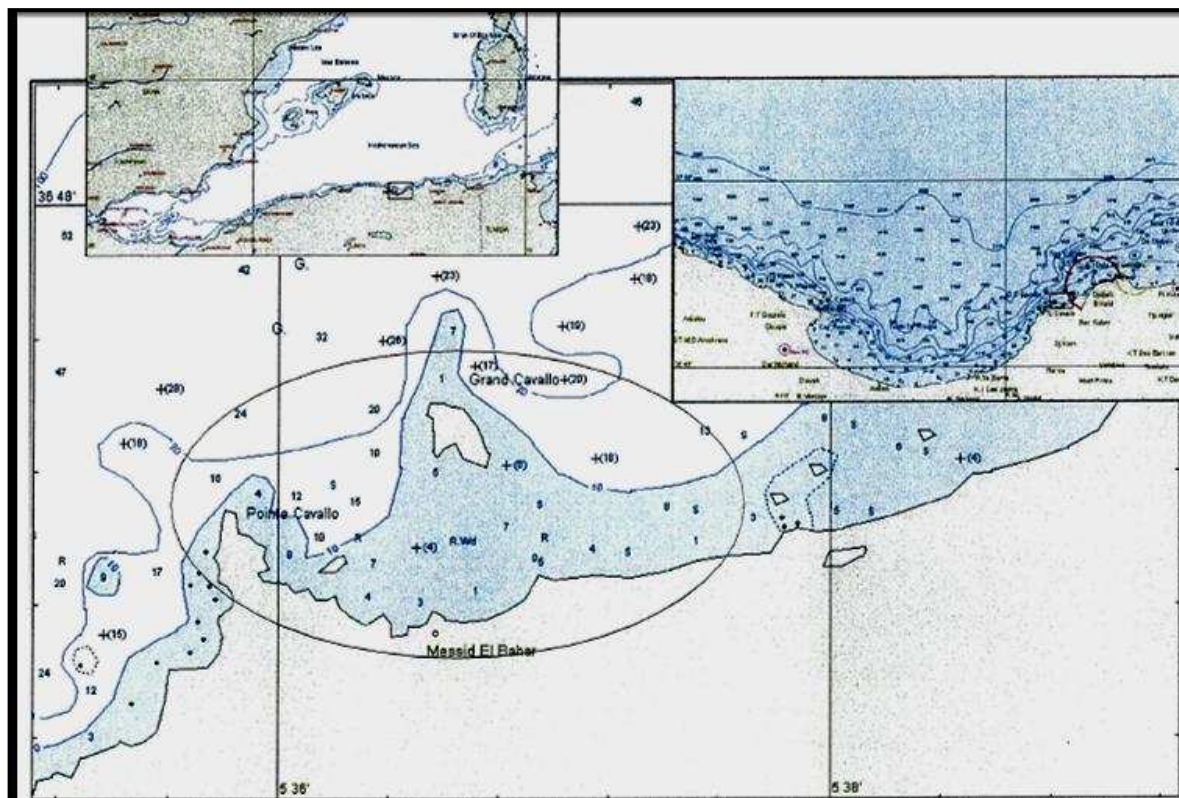


Figure 1.3. Plan de situation de la zone d'étude (L.E.M, 2011).

### I.4.2. Milieu physique

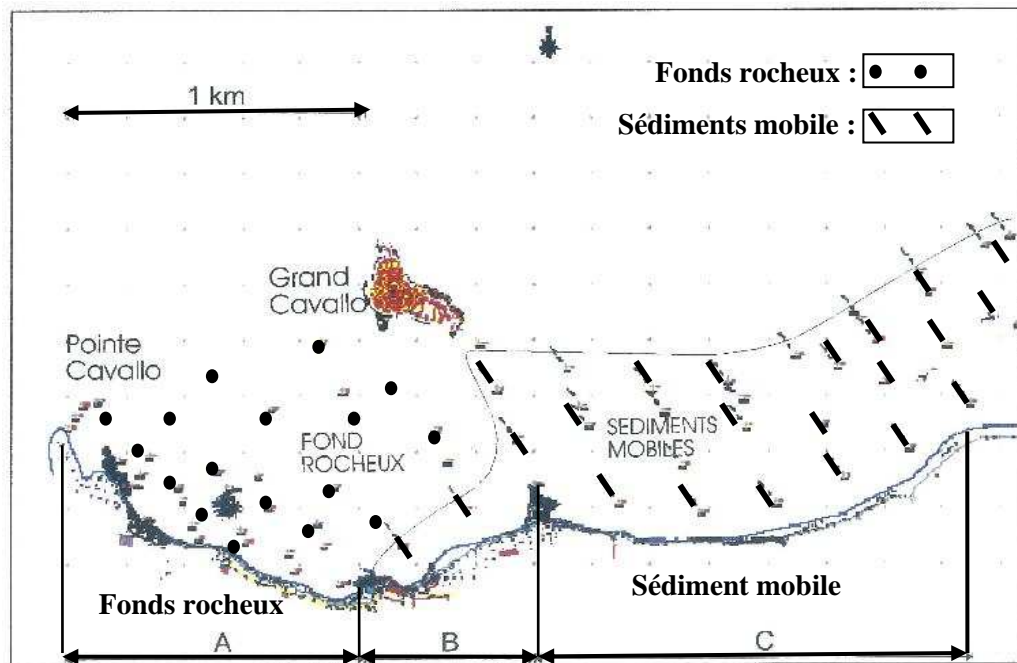
Cette région se singularise par une façade versant maritime au relief montagneux avec des terrains accidentés à pentes très déclives, l'altitude tombe de 1500 à 150 m sur de courtes distances.

Le rivage, se caractérise par une plaine étroite allongée parallèlement à la mer avec un relief légèrement ondulé, allant d'El-Aouana jusqu'à l'Oued Zhour à l'Est de la ville de Jijel.

La zone d'intérêt du projet se caractérise par la présence d'une saillie rocheuse dominante, dénommé point Cavallo où Ras Talous à l'Ouest, et la présence de deux îlots rocheux en face de la côte. Le plus grand des deux îlots grand Cavallo, se trouve à une distance de près de 800 m de la côte. Le petit îlot se trouve dans la partie Ouest de la zone d'intérêt, il est seulement à une centaine de mètres de la côte.

La variation de la côte est remarquable, compte tenu de la section de côte considérée qui est d'environ 2 km. Cette constatation concerne l'orientation de la côte ainsi que sa nature.

Dans la figure qui suit, la côte est subdivisée en trois tronçons, intitulés : A, B et C.



**Figure 1.4 :** Subdivision de la côte d'intérêt, les sédiments mobiles sont indiqués par flèches. (LEM,2011)

- **Tronçon A**

Le tronçon A est orienté selon sa perpendiculaire en direction  $22^\circ$  (N-N-E). La côte directement visible est constituée de cailloux et lambeaux de roche arrondis sans indication de présence de sédiments mobiles. D'après les résultats de la campagne de reconnaissances, le fond marin est rocheux. L'identification d'une plage en cailloux démontre, que l'impact de la houle peut être très fort dans cette zone.

- **Tronçon B**

Sur ce tronçon, la côte est caractérisée par la présence d'une plage sableuse à l'exception d'une petite section du côté Ouest. L'orientation de la perpendiculaire à la grande houle de la côte N-O à N-N-O.

Sur quelques 150 m du côté Ouest, une coupure de la côte d'environ 50 m est observée, et l'absence de sédiments mobiles est remarquable. Par contre, plus à l'Est, la plage est entièrement sableuse. Le front d'avancement du sable était bien distinct lors de la visite sur place. La configuration avec un front de sédiments mobiles démontre que la côte est dynamique.

- **Tronçon C**

Sur ce tronçon qui débute à partir d'un saillant rocheux, la côte prend la forme d'une baie courbée, l'orientation de la perpendiculaire est N-N-E du côté Ouest de la baie et N-N-O du côté Est. Il ressort de la campagne de reconnaissances que la plage et le fond marin sont entièrement recouverts de sédiments obèles en sable.

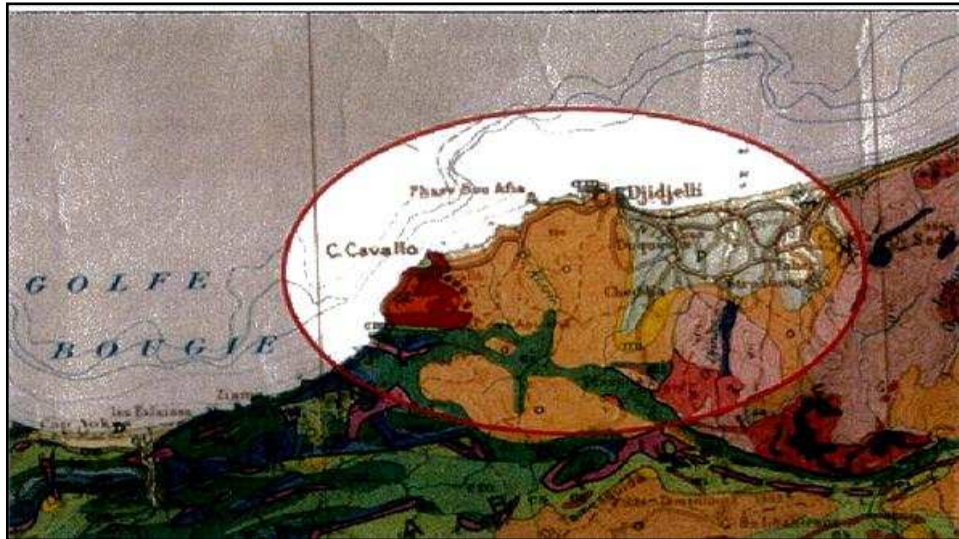
### I.4.3 Cadre géologique

Cette région fait partie d'une bande structurale et géologique caractérisant la région Nord de l'Algérie. C'est un édifice constitué d'un socle métamorphique qui occupe la partie Nord, une chaîne calcaire et un domaine de flysch dans le sens Nord-Sud.

Sur le plan lithologique, on distingue dans la région de Jijel :

- Un ensemble magmatique ;
- Un ensemble sédimentaire ;
- Un ensemble métamorphique.

- 1- **Ensemble magmatique** : Cet ensemble est très présent dans la région d'étude. Il est le résultat des activités volcaniques de l'ère tertiaire. Ces roches sont composées de granites, granodiorites, diorites, gabbros et dolérites.
- 2- **Ensemble sédimentaires** : Au sommet, on trouve le numidien classique argilo-gréseux. Au dessous, l'oligocène est marneux et présente en général une épaisseur d'environ 300 m. les argiles se débitent en plaquettes noires, barres gréseuses compactes et épaisses, argilites calcaireuses et des bancs calcaires à grains fins et tendres en série argilo-marneuses à intercalations tentaculaires variées, en marnes ou en grés calcaireux prismatiques de teinte grise.



**Figure 1.5.** Caractéristiques géologiques de la région d'étude (carte géologique).

[Echelle : 1/500 000 cm](Leclaire, 1972)

**3- Ensemble métamorphique :** dans ces roches métamorphiques s'intercalent des quartzites, des cipolins et des para amphibolites. L'ensemble est traversé par des granitoïdes en amande interstratifiée, il consiste en :

- Gneiss : qui affleurent dans des vastes surfaces de la région de Jijel avec une grande épaisseur. Ils constituent le substratum normal des micaschistes, dont ils sont séparés par des gneiss œillets. Les gneiss sont constitués de quartz, de feldspaths et de lits sombres micacés (micas noirs).
- Les micaschistes : qui sont toujours au voisinage immédiat des gneiss œillets, ils sont très brillants et très riches en biotite et présentent des gros grenats.
- Les gneiss œillet : sont des roches foliées avec des yeux clairs qui sont constituées de minéraux : quartz, feldspaths, albites.

Les lits sombres contiennent des micas noirs ; la taille des yeux dépasse généralement les 2 cm. Dans ces gneiss s'intercalent des sédiments métamorphisés (quartzites à quartz et tourmaline).

- Les cipolins : on les retrouve généralement avec les gneiss fins. Ce sont des roches calcaires métamorphiques à minces veines de serpentine favorisant un débit en fines pelures ; ils sont de couleurs blanches.
- Les granitoïdes : sont des roches en amande interstratifiée. Il s'agit de roche grenus pégnatique à quartz, feldspath et plagioclase.

### I.4.4 Apport sédimentaire

L'Ouedkissir est l'Oued principal. Il contribue avec un rapport d'environ de 25000 à 50000 m<sup>3</sup>/an.(L.E.M, 2011)

La dégradation spécifique est :8181.81 t/km<sup>2</sup>. Elle peut être exprimée en termes d'épaisseur sur l'ensemble du bassin versant, elle représente une épaisseur de 4.091 mm sur l'ensemble de la surface du bassin versant. (L.E.M, 2011)

Les oueds :bourchayed et borayah, timizart ont des apports inférieurs a ceux enregistrés pour : kissir, néanmoins ils seront influent vu leurs proximités du site.

### I.4.5 Couverture sédimentaire au large d'El-Aouana

La couverture sédimentaire du fond dans la région est d'origine détritique et devient calcaire et pelliculaire au niveau d'un secteur de haut fond qui sépare le golfe de bougie de la baie de Jijel.

## Les principaux types des sédiments

### 1. Sédiments calcaires

- **Les sables et graviers** : ils représentent un recouvrement discontinu de nombreux fonds (substratum a l'affleurement), patinés par des algues calcaires encroutantes délimitant des placages de sédiments calcaires meubles dans les quels on trouve des algues d'abondants débris de bryozoaires de lamellibranches de gastéropodes plus ou moins encroutés.
- **Les vases calcaéo-siliceuses** : elles couvrent une surface relativement importante. Les sables a bryozoaires ; vases calcaréoargileuses et siliceuses a foraminifères et bryozoaire à algues calcaires sont les trois faciès qui caractérisent la région.

### 2. Sédiments siliceux

Ces sédiments caractérisent la sédimentation de la région et représente 63 à 64 % du regroupement sédimentaire du plateau continental et de ses rebords. Elles forment un vaste bourrelet littoral meuble ourlé par deux grandes plages.

Les sédiments siliceux pélitiques quand à eux représentent plus de 50% des boues et vases du plateau continental (Leclaire. 1972).

## Chapitre I : Généralités

---

Les sables fins occupent tout le fond du golfe de la côte jusqu'à la profondeur -30 à 40m, ces sables sont suivis successivement des sables envasés et des vases sableuses.

Les vases pures forment une large bande de cap Carbon à la pointe de Cavallo et couvrent ainsi une grande partie des fonds du golf.

Les sables à bryozoaires, vase calcaréoargileuses et siliceuses à foraminifères et bryozoaires à algues calcaires sont les faciès qui caractérisent la région d'étude (Leclaire., 1972).

### I.4.6 Données géotechniques

Les investigations géotechniques réalisées sur le site dans le cadre de la réalisation du port de pêche et de plaisance à El-Aouana, ont permis de constater que le terrain en place est formé essentiellement :

- d'une argile schisteuse reposant sur des marnes du côté Ouest,
- de grès reposant sur des marnes du côté EST.

Les sols en profondeur (marnes) : présentent une bonne résistance, mise en évidence par les essais de compression simple : résistance à la compression « RC » variant de 45.5 à 70 kg/cm<sup>2</sup> et une cohésion variant de 23 à 35 kg/cm<sup>2</sup>.

### I.4.7 Données Climatiques

#### I.4.7.1 Précipitation

La région reçoit des précipitations abondantes. On note que le nombre de jours pluvieux par an est de 111 jours et cette précipitation correspond à 1200 mm/an.

**Tableau 1.2 :** Régime saisonnière annuel des précipitations dans la région de Jijel (L.E.M, 2011)

Hiver	Printemps	Eté	Automne
40	18	5	37

## Chapitre I : Généralités

---

### I.4.7.2 Température

Les températures maximales et minimales moyennes enregistrées dans les régions de ZiamaMansouriah et El-Aouana sont respectivement 30.2°C et 8.3°C. Les valeurs extrêmes enregistrées étant respectivement 42°C et 2°C.

### I.4.8 Les facteurs hydrodynamiques

#### I.4.8.1 Le vent

Les résultats statistiques des données de vent permettent de constater :

Durant Le premier et le quatrième trimestre, les vents de l'Ouest sont dominants (plus de 25% du temps) et qu'une grande partie de ces vents ont une vitesse supérieure à 8m/s.

Durant le deuxième et troisième trimestre ce sont les vents de Nord-Est et Est qui prédominent (plus de 20% du temps). Les vents pouvant atteindre le site sont les vents de Nord-Est et Nord-Ouest.

D'après les données de M.SELTZER réalisées durant la période comprise entre 1913 et 1938, les moyennes annuelles de la fréquence du vent par direction sont portées sur le tableau suivant :

**Tableau 1.3 :** Moyenne annuelle de la fréquence du vent (%) à Jijel (L.E.M, 2011)

Station	N	NE	E	W	NW
Jijel	13.00	8.00	6.50	16.00	36.00

**Tableau 1.4.** Fréquence d'apparition des vents par direction ( $V > 1m/s$ ). (L.E.M, 2011)

Direction	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Fréquence	15	10	7	2	5	3	16	42

- Les vents observés sont faibles à modérés sur toute l'année.
- Les vents du secteur Nord-Ouest dominant largement pendant toute l'année.
- La fréquence de vents provenant du secteur Est et Nord-Est ne dépasse pas 25% au cours du mois, de mai à septembre.

## Chapitre I : Généralités

---

### I.4.8.2 La houle

L'analyse statistique des données de houle au large de Jijel a permis de définir les secteurs de houle prédominants et leurs amplitudes respectives.

**Tableau 1.5.** Fréquence mensuelle de la houle au large par direction. (L.E.M, 2011)

Mois	Nord	Nord-est	Est	Ouest	Nord-Ouest
Janvier	11.50	7.20	16.40	30.80	14.00
Février	8.40	6.00	12.40	39.60	14.50
Mars	8.50	5.50	12.90	35.50	20.40
Avril	8.40	8.80	15.20	39.40	18.60
Mai	8.60	15.90	17.30	31.70	13.10
Juin	10.10	15.30	19.50	30.10	14.60
Juillet	12.30	19.80	22.50	20.10	17.10
Aout	12.40	19.90	24.90	18.50	16.90
Septembre	12.00	14.20	29.20	17.70	15.80
Octobre	8.20	11.00	19.00	30.40	11.10
Novembre	4.20	3.60	7.90	40.10	19.60
Décembre	6.70	4.50	6.00	38.60	19.20
Annuelle	9.10	11.00	16.85	31.00	17.10

(Source: Summary of Synoptic Setéorologique Observation SSMO)

On remarque que les fréquences d'apparition de la houle au large sont comme suit :

- les houles d'Ouest, d'Est et de Nord-Ouest sont les plus fréquemment observées,
- les fréquences d'observations sur l'année des houles d'Ouest sont prédominantes,
- les fréquences d'apparition sont plus faibles pour le secteur Nord et Nord-Est.

La hauteur significative (HS) de la houle au niveau du site d'étude est de l'ordre de :

- HS = 2.7 m de Nord-Ouest est franchissent pendant 1.1% du temps, et la hauteur HS = 1.7 m pendant 3.4% du temps.

Donc le régime de houle dans la région de Jijel se caractérise :

- les houles du secteur Ouest sont les plus fréquemment observées et montrent une répartition régulière dans l'année,
- les houles du secteur Est et Nord–Ouest présentent sensiblement les mêmes fréquences d'apparition avec légère prédominance des houles de secteur Nord –Ouest,
- les houles de secteur Nord et Nord-Est les moins fréquemment observées.

### I.4.8.3 La marée

Sur la côte d'Algérie, la marée est généralement faible. La hauteur de la marée astronomique se limite à 0.2/0.3m pendant les basses pressions atmosphériques, le niveau de la mer s'élève de l'ordre de 1 cm par mbar de basse pression.(L.E.M, 2011)

### I.4.8.4 Les courants

L'impact du courant de houle est en général dominant lorsqu'il s'agit du transit littoral. Pour le site actuel il faut quand même distinguer entre deux mécanismes différents de courant de houle. Ces deux mécanismes sont superposés dans la zone d'intérêt.

Le premier mécanisme est caractérisé par un courant littoral dans la zone de déferlement au cas d'un angle entre la houle et la côte.

Pour la houle dominante de direction N-O, Le déferlement produit un courant de l'Ouest à l'Est sur les tronçons A et C. Sur le tronçon B, Le déferlement de la houle est presque perpendiculaire à la côte, et aucun courant n'en résulte, pour la houle d'été de N-E, plus faible mais non négligeable, un courant de houle se produit en direction inverse de l'Est à l'Ouest sur les tronçons B et C.

Le second mécanisme peut produire un courant de houle qui est lié à la présence de grand Cavallo. L'action réciproque de la houle et de l'îlot joue un rôle pour la montée de la mer ainsi pour le régime des courants du a l'effet protecteur de l'îlot, la montée de la mer reste plus faible derrière l'îlot même. Il en résulte une décote relative de l'eau dans la zone abritée par rapport aux zones non abritées.

La décote entraine un courant de circulation dans la zone derrière l'îlot qui est un phénomène bien connu des brise-lames détachées.(LEM,2011).

### I.4.9 Régime sédimentologique

Le régime général du transit littoral dans la zone d'intérêt est surtout influencé par deux facteurs :

- le régime de houle sur le site,
- la disponibilité de sédiments mobiles.

La houle de direction N-O donne lieu à une grande capacité de transport littoral d'Ouest en Est. Le volume de sédiment réellement transité et cependant limité par un déficit de sédiments mobiles et aussi par les orientations différentes des premiers tronçons de la côte à l'Est de la pointe de Cavallo.

La forme saillante de la pointe Cavallo en mer, le caractère de la côte rocheuse à l'Ouest du pointe Cavallo et le déficit en sédiments mobiles sur le tronçon A, sont des indicateurs d'un blocage absolu au niveau du pointe Cavallo pour le transit littoral. Il s'en suit que le transit réel vers l'Est sur le tronçon A est minime, même si la capacité de transport est assurée par un courant de houle.

Un sédiment transité sur le tronçon A pendant une période de vent / houle des directions Nord à Nord-Est sera renvoyé en direction Est dès l'arrivée de la houle du Nord-Ouest.

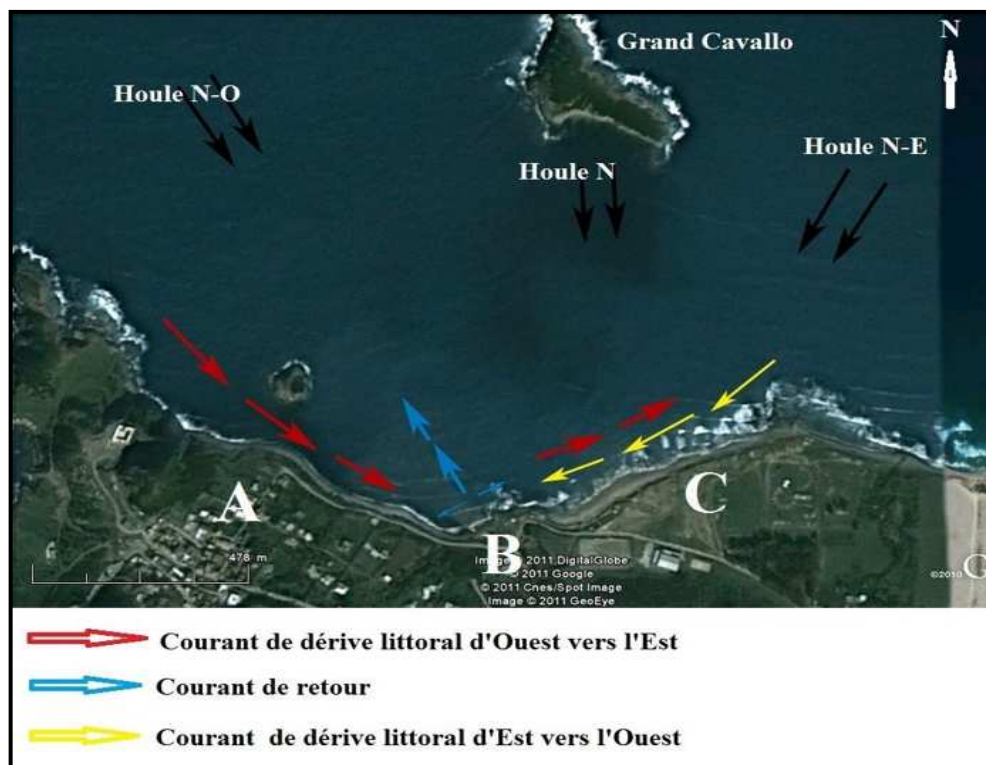
Sur le tronçon B par contre la côte est orientée presque perpendiculairement à la direction d'arrivée de la houle prédominante. Un équilibre semble exister entre le transit sédimentaire en direction Est d'un côté et le transit inverse en direction Ouest d'un autre côté. Même si ce dernier est généré par une houle sensiblement plus faible.

Puisque la houle de Nord-Est arrive plus fréquemment en été, un déplacement saisonnier du front d'avancement des sédiments mobiles est aussi très probable, l'étendue des sédiments mobiles sur le tronçon B est limitée à quelque centaines de mètres à compter du rivage. Au delà de la zone côtière l'effet de la houle du Nord-Ouest est toujours dominant et le fond marin reste dénudé.

Le grand Cavallo est observé en direction Sud-Est de l'îlot à ce niveau, les sédiments mobiles tapissent le fond entre l'îlot et la côte. Ce phénomène se rapporte à la présence du courant de circulation dans la zone. Ce courant entraîne une dérive des sédiments à l'abri de l'îlot.

## Chapitre I : Généralités

Sur le tronçon C le fond marin est recouvert par des sédiments mobiles. Le transit principal de sédiment est toujours d'Ouest vers l'Est. La présence des oueds assure une alimentation de sédiments du côté terre pendant des périodes de forte pluie. En été les sédiments se déplacent également vers l'Ouest, même en tronçon B et une partie est retenue sur l'abri du grand îlot.



**Figure I.6 :** Transit littoral dans la baie d'El-Aouana

### I.4.10 Pollution et source de nuisance

Les sources de pollution au niveau du site sont très limitées du fait d'une faible densité de population, et de l'absence d'activités industrielles pouvant perturber les milieux naturels.

Les eaux usées émanant des habitations mitoyennes du site sont acheminées vers une station de relevage SRI situé au centre D'El-Aouana, ainsi toutes les eaux usées sont collectées vers le rejet principal qui se trouve à l'embouchure de l'oued bourchaid.

Le volume journalier est estimé à 748m<sup>3</sup>/j pour El-Aouana centre et 129m<sup>3</sup>/j pour marigha. Ce volume a tendance à augmenter pendant la saison estivale lors de l'arrivée des vacanciers.

## Chapitre I : Généralités

---

Les divers polluants n'étant apportés qu'en faibles quantités sont plus ou moins facilement introduits dans les cycles biogéochimiques et biodégradés ne causant que peu ou pas de nuisance dans l'écosystème dans lequel se crée un équilibre assez stable.

### I.4.11 Milieu biologique

#### I.4.11.1 Faune et flore aquatique

Selon une étude sur la biodiversité marine et littoral de la côte algérienne réalisée par un groupe de chercheurs pour le compte de Sonatrach en 2004, le golf de Jijel se caractérise par une forte diversité des crustacés et en particulier des amphipodes et une diversité élevée pour les mollusques qui atteint un développement maximal à Jijel. Cette situation montre que la région de Jijel est loin d'être sujette à quelque pollution ou perturbation de son écosystème.

Cette région et particulièrement la zone d'El-Aouana se singularisent par la présence d'espèces floristiques aquatiques très vulnérables. Ces espèces se caractérisent par une reproduction extrêmement difficile à titre indicatif (*PosidoniaOcéanica*, *EpinephelusMarginatus*, *ZosteraNoltii*, *NemalionHelminthoides*, *Lithophyllum Sp*, *CystiseiraSp* ....etc).

#### I.4.11.2 Réserve écologique

L'aire marine du parc national de TAZA s'étend sur une superficie de 3807 ha. Il se situe à l'Ouest de la ville de Jijel dans le massif forestier de Guerrouche selon les coordonnées géographiques 36°40.70'N et 5°28.90'E, ce site est limité entre la pointe de ZIAMA et RAS El AFIA (banc des kabyles).

A l'ouest d'El-Aouana se situent les grottes merveilleuses des marais humides, ce parc est une zone forestière où le chêne est l'essence principale.

#### I.4.11.3 Pêche commerciale

Selon les services de la pêche de la wilaya de Jijel les ressources halieutiques sont estimées à 5000 t/an et la quantité que l'on peut pêcher à 2600 t/an ; elle se répartit selon le tableau ci-dessous :

**Tableau 1.6 :** Estimation des ressources halieutiques. (L.E.M, 2011)

<b>Catégorie</b>	<b>Stock pêchable (T/an)</b>
Poisson blanc	500
Poisson bleu	2000
Crustacés	100
<b>Total</b>	<b>2600</b>

**Production actuelle :** Selon les services de la pêche de la wilaya de Jijel, la production annuelle moyenne de ces cinq dernières années était de 140 tonnes.

---

## **CHAPITRE II :** **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

---

### Introduction

Dans ce chapitre nous avons analysé les paramètres suivants :

- La matière organique particulaire (MO) dans le sédiment ;
- les coliformes totaux et fécaux, les Streptocoques fécaux ;
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) ;
- la granulométrie, les métaux lourds et la macrofaune benthique.

### II.1 Consistance des travaux

Pour permettre la caractérisation physicochimique des sédiments à draguer ainsi que ceux qui couvrent le site d'immersion, cinq (05) stations de prélèvement d'échantillons ont été choisies et réparties comme suit :

- Au niveau du futur port : trois stations de prélèvement ont été échantillonnées au niveau du sédiment superficiel et profond (P1, P2, P3),
- Au niveau de la zone d'immersion : deux stations échantillonnées au niveau du sédiment superficiel uniquement (S1, S2),
- Pour l'étude des peuplements benthiques, deux échantillons ont été prélevés au niveau de la zone d'immersion et trois au niveau de l'enceinte du port. Ces derniers sont prélevés à l'aide d'une benne Van Veen et conditionnées dans des bocaux remplis de formol à 10%.

**Tableau 2.1.** Coordonnées des points de prélèvements(UTM).

N° de la station	Coordonnées des stations (UTM)
P1	x : 732546 y : 4073152
P2	x : 732371 y : 4073068
P3	x : 732634 y : 4073036
S1	x : 732425 y : 4077256
S2	x : 732024 y : 4077269

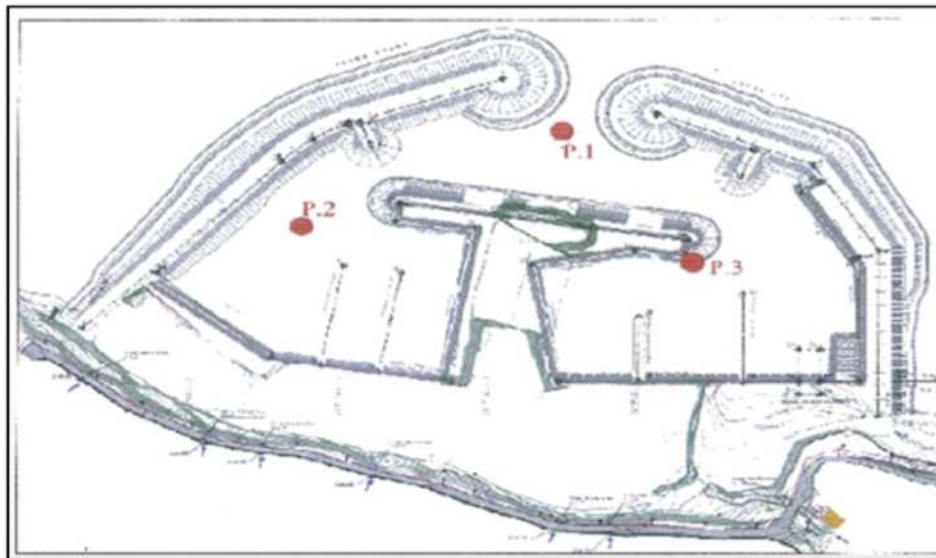


Figure 2.1. Localisation des stations de prélèvements d'échantillons de sédiments au niveau du port (L.E.M)

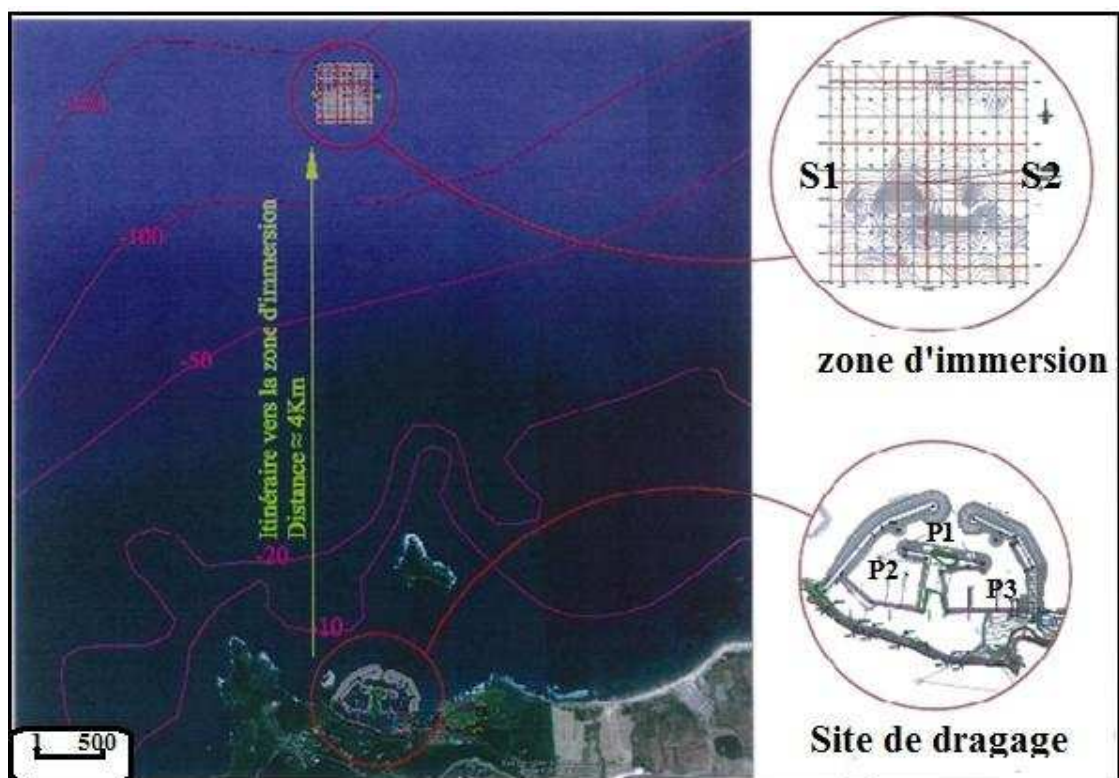


Figure 2.2. Localisation du site d'immersion au port d'El- Aouana

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

---

### II.2. Prélèvement des sédiments

Il est réalisé 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 dans l'eau distillée.

Les sédiments destinés à l'étude benthique seront gardés dans des flacons en verre en rajoutant du formol 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.

Les prélèvements sur site ont été réalisés durant la période du 22 au 27 février 2011.

### II.3 Analyses au laboratoire

#### II.3.1. Détermination du taux de la matière organique dans le sédiment

L'une des méthodes d'évaluation de la teneur de la matière organique dans le sédiment, est la perte au feu (Rodier, 1996).

- Décongélation du sédiment.
- Mettre le sédiment dans des creusets à l'étuve 70°C pendant 24 heures (séchage).
- Pesée des échantillons avec une balance de précision, on obtient alors le poids (P1).
- Mise des échantillons au four moufle 600°C pendant 2 heures.
- On effectue une deuxième pesée (P2) qui est le poids du sédiment calciné.
- La différence du poids entre P1 et P2 représente le poids de la matière organique contenue dans le sédiment.

#### II.3.2 Analyse des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les hydrocarbures désignent les pétroles bruts (Kennish., 2001 ; Walker et al, 2001), les carburants (essences, kérosènes, fuels domestiques, fuels lourds, etc.) et les produits de base de la synthèse organique industrielle. Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), qui résultent de la combustion incomplète des produits pétroliers, sont les plus préoccupants pour les milieux aquatiques, (Kennish, 2001 ; Saliot, 1981).

##### II.3.2.1 Protocole d'analyse des hydrocarbures polyaromatiques

###### 1. Lyophilisation

Passage de l'eau sous forme solide (état de cristaux) directement sous forme gazeuse. Appelée sublimation, cette étape permet de dessécher ou de déshydrater l'échantillon à froid. La température est stabilisée à -40°C avec une pression sous cloche de 10<sup>-1</sup>atm pendant 48 heures.

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

---

### 2. Broyage

Le sédiment est broyé en poudre fine dans un mortier en porcelaine préalablement conditionné. Cette étape est permet de libérer les polluants incrustés dans les particules du sédiment.

### 3. Homogénéisation

L'objectif est de répartir uniformément tous les polluants au niveau des particules sédimentaires. Cette opération est réalisée avec un agitateur vibrant.

### 4. Extraction

Un dispositif appelé batterie d'extraction ou Soxhlet est indispensable pour l'extraction des hydrocarbures (Fig.2.3). Cette opération permet d'extraire, par lessivage, tous les hydrocarbures contenus dans le sédiment avec un mélange de solvants. Celui-ci se compose d'hexane et de dichlorométhane dans les proportions 50:50. Le volume de solvant consommé est de 150ml. Des grains "boiling ships" sont introduits avec les solvants pour obtenir une température homogène comprise entre 65 et 72°C dans toute la phase organique. 5g de sédiment broyé sont déposés dans une cartouche en cellulose Wattman (préalablement nettoyée lors d'une extraction à blanc avec de l'hexane pendant 4 heures.



Figure .2.3 Un extracteur

### 5. Concentration de L'extrait

On place le ballon contenant le solvant et l'extrait (HAP) dans un rota-vapeur à 40°C (pour éviter la dissolution du solvant) à une vitesse de rotation idéal, pour concentrer l'extrait et récupérer le solvant.



**Figure.2.4** Rota-vapeur

### 6. Elimination des composés soufrés/ traitement au mercure

Les sédiments marins contiennent une part importante de soufre, particulièrement ceux riche en matière organique. Le soufre résulte en particulier, de l'oxydation de la matière organique des milieux anaérobies (putréfaction). Cet élément interfère dans les analyses de spectrofluorimétrie U.V. Afin d'optimiser les résultats et d'éliminer les contraintes de cet élément, un traitement au mercure préconisé par le protocole utilisé, est appliqué à tous les échantillons de sédiment. Le diagramme suivant résume les étapes de traitement au mercure :

Échantillon dans un tube à essai

Addition de quelques grammes de mercure

Agitation dans un agitateur vibrant pendant 3 minutes

Récupération de l'échantillon

L'échantillon est concentré puis récupéré dans un tube à essai conditionné. Quelques grammes de mercures y sont ajoutés. Une agitation de 3 minutes avec un agitateur vibrant est effectuée. Lorsque le soufre a été piégé par le mercure, ce dernier noirci. L'opération est répétée autant de fois que nécessaire et cela jusqu'à ce que le mercure garde sa couleur d'origine (gris argenté).

### 7. Purification et fractionnement

Cette opération est identique à celle décrite pour l'eau de mer. Deux lits successifs de gel de -silice et d'alumine (70-230 mesh) permettent d'obtenir la fraction aromatique après élution avec 25 ml d'un mélange d'hexane/dichlorométhane (70 :30)



**Figure2.5** Purification et fractionnement

#### II.3.2.2 Méthode d'analyse des hydrocarbures polyaromatiques

C'est une technique analytique plus performante que la spectrophotométrie infrarouge. Elle nécessite des radiations électromagnétiques comprises entre 200 et 400 nm dont l'énergie est élevée. Cette méthode fournit, en outre, un excellent indice de pollution pétrolière du fait des très faibles teneurs en hydrocarbures biogènes dans le milieu marin. La fluorescence est un phénomène qui se produit en deux phases : (C.O.I, 1984 ; Marchand, 1983).

- **L'excitation**

L'excitation d'une molécule par une radiation électromagnétique ultraviolette est un phénomène rapide qui se traduit par le transfert d'un électron d'une orbitale liante vers une orbitale antiliante. La molécule passe ainsi de son état électronique fondamental vers un état excité. L'ensemble des transitions électroniques constitue le spectre d'excitation. La radiation ultraviolette de même que la lumière visible possède suffisamment d'énergie pour transférer des électrons vers des orbitales antiliantes créant ainsi un état électronique excité.

- **L'émission**

Le retour à l'état électronique de moindre énergie ou désexcitation est relativement stable. Il fait intervenir un grand nombre de transitions produisant chacune l'émission d'une radiation dans toutes les directions. L'ensemble des transitions constitue le spectre d'émission du rayonnement de fluorescence.

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

---

L'intensité de la fluorescence est proportionnelle à la concentration de l'échantillon. Cette technique s'applique en particulier aux molécules possédant des liaisons doubles conjuguées tels que les hydrocarbures aromatiques et polyaromatiques.

La spectrofluorimétrie est une technique d'analyse appliquée et préconisée par le C.O. I pour la surveillance de la pollution des hydrocarbures en mer. Elle a été adoptée du fait de sa sensibilité, sa rapidité, sa globalité au niveau des hydrocarbures polyaromatiques. Elle ne permet pas le dosage des hydrocarbures totaux au sens strict dans l'échantillon d'eau de mer. Les teneurs mesurées ne représentent pas réellement les concentrations absolues d'hydrocarbures, mais la réponse de fluorescence fournit un excellent indice de pollution pétrolière, du fait de très faibles teneurs des hydrocarbures aromatiques biogènes dans le milieu marin. La limite de détection de cette méthode est de l'ordre de 0.1 µg/l pour l'eau de mer. (Marchand, 1983).

Selon la C.O. I (1982), la détection limite doit être inférieure 0,1 µg/l de chrysène. Lorsque cette limite est franchie, l'environnement n'est plus adéquat aux analyses.

La méthode adoptée pour l'analyse des hydrocarbures polyaromatiques est la spectrofluorimétrie ultra-violet (SFUV), sensible essentiellement aux hydrocarbures aromatiques. Elle est préconisée par le (C.O. I, 1982,1984) et (Marchand, 1983).

### a) Principe de la spectrofluorimétrie ultra-violet (SFUV)

Cette méthode permet de mesurer la fluorescence émise par des molécules soumises à des rayonnements ultra-violets. Elle est très utilisée par le dosage direct des substances comportant un noyau aromatique ou un hétérocycle (Audigie et al, 1983).

Une réponse de fluorescence représente ainsi un bon indice de pollution pétrolière du fait que les hydrocarbures aromatiques biogènes sont très faiblement représentés dans le milieu marin (Bodennec et al, 1983).

### b) Appareillage

Les hydrocarbures polyaromatiques sont analysés avec un spectrofluorimétrie, équipé d'une lampe à xénon avec des fentes de 1.5 nm à 20 nm et un balayage allant de 220 à 830 nm (Figure 2.6). L'appareil contient des cellules en quartz de 1 centimètre de trajet optique, polies sur les quatre faces. Un volume minimal de 0,5ml d'échantillon est suffisant à l'analyse.



**Figure 2.6.** Spectrophotomètre de Fluorescence

### c) Etalonnage de l'appareil

A l'heure actuelle, on ne dispose pas de substance de référence totalement satisfaisante pour le dosage spectroscopie par fluorescence. C'est pourquoi il est recommandé aux laboratoires d'utiliser le chrysène comme principale substance de référence (C.O.I, 1982 ; Marchand, 1983).

### d) Préparation des standards

La standardisation de l'appareil nécessite un hydrocarbure de comparaison ou étalon de référence. Celui préconisé est le chrysène ou 1,2 benzophenanthrène ( $C_{18}H_{12}$ ). La gamme étalon se compose de 2 mg de chrysène dissous dans 10 ml d'hexane soit de 10 mg/50 ml ou bien 200  $\mu\text{g/ml}$  (Tableau 2.2). Cette préparation est la solution mère ou solution initiale. Un volume de 1 ml est prélevé de cette dernière et dilué dans 25 ml afin d'obtenir une solution intermédiaire de 8  $\mu\text{g/ml}$ .

A partir de cette seconde solution, des dilutions sont réalisées pour aboutir aux cinq solutions filles ou gamme étalon. Les fioles contenant les solutions standards sont placées dans un bac à ultrasons pendant deux minutes dans le but de faire dissoudre le Chrysène dans de l'hexane (Figure 2.7).

**Tableau.2.2.** Concentration des standards ( $\mu\text{g/ml}$ )

Standard	S1	S2	S3	S4	S5
[C] $\mu\text{g/ml}$	0.2	0.4	0.6	0.8	1

### e) Limite de détection

La limite de détection est la résultante des mesures effectuées sur les blancs échantillons, elle est repoussée à 0.1 $\mu$ g/l pour l'eau de mer. [Marchand, \(1983\)](#). En pratique, différents facteurs peuvent influencer la détection limite, parmi lesquels, la sensibilité des appareillages et la qualité du traitement des échantillons. Cette donnée indique d'éventuelles contaminations survenues en pratique. L'augmentation du seuil de détection révélerait l'importance des contaminations. La propreté des instruments et de l'environnement sont primordiales pour l'obtention d'une décelabilité minimale de détection. L'utilisation des blancs de procédure permet de contrôler les étapes de traitement et d'écartier la contamination des échantillons.

### f) Mesure des intensités de fluorescence

Les lectures sont faites selon les conditions opératoires suivantes :

- Longueur d'onde d'excitation : 310 nm,
- Longueur d'onde d'émission : 360 nm ; 380 nm ; 410 nm,
- Les fentes d'excitation : 2 nm,
- Les fentes d'émission : 5 nm.

### g) Analyse spectrale

Les conditions d'analyse pour l'obtention des spectres synchronisés des échantillons sont les suivants :

- Longueur d'onde d'excitation : 220 nm,
- Longueur d'onde d'émission : 243 nm,
- Les fentes d'excitation et d'émission sont respectivement fixées à 2.5 nm et 10 nm.

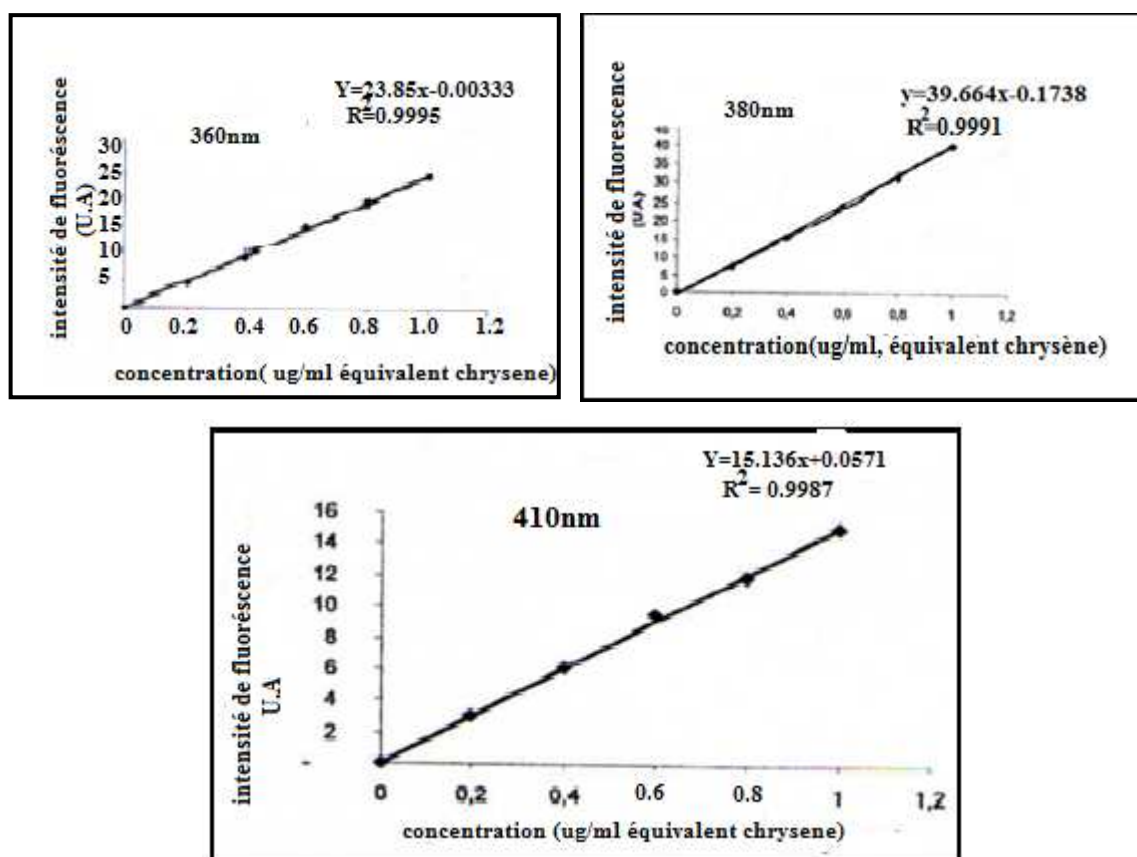


Figure 2.7. Droites d'étalonnage des standards en équivalents chrysène.

### h) Mode de calcul des concentrations

Le calcul des concentrations des hydrocarbures en équivalent chrysène se fait d'abord la détermination de la cotangente ( $\alpha$ ) selon la formule suivante :

$$\alpha = ([C]_S / U.A) \quad (2.1)$$

Où :

$[C]_S$  : Concentration des standards ( $\mu\text{g/ml}$ )

U.A : Unité arbitraire (intensité fluorescente)

$\alpha$  : Cotangente.

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

$$[C]_{\text{écha}} (\mu\text{g/ml}) = (U.A_{\text{écha}} - U.A_{\text{hx}}) \alpha \quad (2.2)$$

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

---

$[C]_{\text{écha}}$  : Concentration calculée des hydrocarbures dans l'échantillon ( $\mu\text{g/ml}$ )

$U. A_{\text{éch}}$  : Unité arbitraire de l'échantillon

$U. Ahx$  : Unité arbitraire de l'hexane

$\bar{\alpha}$  : Moyenne des cotangentes calculées.

Les concentrations finales des hydrocarbures polycycliques aromatiques des échantillons dans le sédiment marin sont calculées avec la formule suivante :

$$[C]_{\text{finale}} = ([C]_{\text{écha}} - [C]_{\text{blanc}}) * V / (Ps) \quad (2.3)$$

$[C]_{\text{finale}}$  : Concentration finale des hydrocarbures en ( $\mu\text{g/g}$ ) par rapport au (Ps) du sédiment

$[C]_{\text{écha}}$  : Concentration d'échantillon calculée auparavant ( $\mu\text{g/ml}$ )

$[C]_{\text{blanc}}$  : Concentration du blanc ( $\mu\text{g/ml}$ )

V : Volume d'hexane d'extraction de la fraction

Ps : Poids sec en (g)

### II.3.3 Analyse granulométrique

D'après [Riviere, 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 boîtes 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 du littoral situé à Dély-Ibrahim.

#### II.3.3.1 Mode opératoire de l'analyse granulométrique

Dans un premier temps, les échantillons mis dans des boîtes de pétries, sont placés à l'étuve pendant 24 heures ajustées à une température de  $105^{\circ}\text{C}$ . Une fois le premier séchage est achevé, 200 grammes de sédiments ont été prélevés de chaque boîte de pétri, cette valeur représentera le poids initial de l'analyse granulométrique pour chaque station.

Afin d'éliminer les fractions péloïdiques, la quantité de sédiments a subi un rinçage dans un tamis de  $40\mu\text{m}$  de diamètre, sous un filet d'eau, aidé par une agitation manuelle du tamis. Une deuxième fois, après l'élimination des fractions péloïdiques, les échantillons, remis dans des boîtes de pétries subiront un autre séchage à l'étuve pendant 24 heures, également sous une température de  $105^{\circ}\text{C}$ .

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

---

Après ce deuxième séchage, chaque échantillon est pesé, la différence par rapport au poids initial représente la quantité des fractions péloïtiques. Nous pourrions procéder aux opérations de tamisage, pour cela, nous avons 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 décroît par unités de microns, est-le suivant : 2000 $\mu\text{m}$ , 1800 $\mu\text{m}$ , 1600 $\mu\text{m}$ , 1400 $\mu\text{m}$ , 1000 $\mu\text{m}$ , 800 $\mu\text{m}$ , 630 $\mu\text{m}$ , 500 $\mu\text{m}$ , 400 $\mu\text{m}$ , 315 $\mu\text{m}$ , 250 $\mu\text{m}$ , 200 $\mu\text{m}$ , 180 $\mu\text{m}$ , 150 $\mu\text{m}$ , 100 $\mu\text{m}$ , 80 $\mu\text{m}$ , 63 $\mu\text{m}$ , 50 $\mu\text{m}$ , 40 $\mu\text{m}$ .

Le tamisage s'est effectué mécaniquement sur une table vibrante, durant dix minutes, divisée en trois 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.3.3.2 Traitement des données

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

- En abscisse logarithmique les diamètres des particules du sédiment.
- En ordonnée le pourcentage pondéral des refus cumulés inférieur à une taille donnée, cela nous permettra de comparer les échantillons et de déterminer graphiquement les différents paramètres grâce auxquels nous calculerons les indices granulométriques.

#### II.3.3.2.1 Les indices granulométriques

##### II.3.3.2.1.1 Les paramètres centraux

###### a. La médiane :

C'est l'indice absolu (Riviere, 1977), correspond au diamètre du grain moyen dont l'ordonnée est à 50 % du poids total du sédiment, elle est déduite à partir de la courbe cumulative. Le grain moyen est l'expression de la force d'un courant (eau, vent), capable d'avoir mis-en mouvement l'essentiel d'un sédiment donné (Chamley, 1987). La médiane ne peut être utilisée avec des sédiments à distribution bimodale (Folk et Ward, 1957).

###### b. Les quartiles :

Le 1er quartile (Q25) : correspond au diamètre du grain représentant 25% en poids du sédiment. (Tableau II.3)

Le 3<sup>ème</sup> quartile (Q75) : correspond au diamètre du grain représentant 75 % en poids du sédiment.

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

---

Ces deux paramètres nous montrent la part des sédiments grossiers et des sédiments fins dans un échantillon. (Tableau 2.3).

**Tableau 2.3.** Classification des grains de sable (Folk et Ward, 1957)

Diamètre du grain	Classification
< 110 $\mu\text{m}$	Sable très fin
110 – 150 $\mu\text{m}$	Sable fin
150 – 250 $\mu\text{m}$	Sable moyen
250 – 500 $\mu\text{m}$	Sable grossier
> 500 $\mu\text{m}$	Sable très grossier

### II.3.4 Analyse des métaux lourds

#### II.3.4.1 Nettoyage des instruments

C'est une étape indispensable pour éviter toute source de contamination des échantillons. Le matériel à utiliser est soumis à des optimales de propretés. Pour cela, la vaisselle est lavée avec des détergents commerciaux, rincée à l'eau bidistillée. Un second nettoyage est effectué avec une eau acidulée à 10% à base d'acide nitrique 68%.

#### II.3.4.2 Lyophilisation

C'est la déshydratation par sublimation des échantillons à  $-40^{\circ}\text{C}$  et sous vides (10 bar) pendant 48 h par un lyophilisateur (modèle CHRIST Betta 1-8).



**Figure 2.8 :** Lyophilisateur (modèle CHRIST Betta 1-8)

### II.3.4.3 Broyage et tamisage

Les sédiments lyophilisés sont broyés à l'aide d'un mortier en porcelaine jusqu'à l'obtention d'une poudre fine. (Figure 2.6).



**Figure 2.9.** Mortier en porcelaine

Cette dernière est récupérée dans des piluliers en verre et stockée dans un dessiccateur en présence de gel de silice.

### II.3.4.4 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.3.4.5 Extraction des métaux lourds

Il existe plusieurs méthodes pour l'extraction des métaux lourds citées par plusieurs auteurs ([Charlou et Joanny, 1983](#)).

La méthode utilisée dans les analyses des métaux lourds présentée dans ce mémoire est la méthode d'extraction du métal total contenu dans l'échantillon ([Charlou et Joanny, 1983](#)).

### II.3.4.6 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.3.4.7 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 inoxydable, de Six godets en Téflon et d'écrous en acier.

#### II.3.4.7.1 Minéralisation des échantillons

- nettoyer les godets avec 3ml de l'acide nitrique (65%) pendant 3 heures a 120°C ;
- Rincer avec de l'eau distillée et les remettre a l'étuve jusqu'à séchage ;
- 0.5g de sédiment sec dans chaque godet ;

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

---

- Ajouter 4.5 ml de HCL et 1.5ml d'acide nitrique et remettre les godets sur la plaque chauffante pendant 3 heures ;

On laisse refroidir les échantillons avant d'ouvrir la soupape de sécurité doucement, puis on ouvre les godets et on transfère les échantillons dans les tubes en polypropylène de 50 ml. Il faut rincer les godets avec l'eau distillée au moins 3 fois en récupérant les rinçages des godets et on les remue pour compléter la dissolution. On ajuste jusqu'au trait de jauge de 50 ml avec l'eau bidistillée.

On réserve un godet pour témoin blanc contient 4.5ml de HCL et 1.5ml de l'acide nitrique.

### II.3.4.8 Analyse des métaux lourds par spectrophotométrie d'absorption atomique

La spectrophotométrie d'absorption atomique est une technique d'analyse largement appliquée (Forstner et Salomons, 1980), bien adaptée (Boust, 1981). Cette méthode est principalement utilisée pour déterminer les niveaux de concentration en métaux lourds dans l'environnement.

Les éléments métalliques adsorbés sur les sédiments marins superficiels sont analysés par Spectrophotométrie d'Absorption Atomique, selon les protocoles expérimentaux décrits par Charlou et Joanny (1983). Le principe, la description de la technique d'analyse et les éléments constitutifs du spectrophotomètre utilisé Sont inspirés de Pinta (1971), Perkin\_Elmer (1982) et Audigiè et al. (1985).

#### II.3.4.8.1 Principe de la Spectrométrie d'Absorption Atomique

Le principe de Boltzmann qui montre que le nombre  $N_1$  d'atomes excités est relié à la température  $T$  et au nombre d'atomes  $N_0$  à l'état fondamental par l'expression :

$$N_1 = N_0 \exp(-\Delta E / KT) \quad (2.4)$$

Où :

$N_1/N_0$  : La proportion d'atomes excités qui est fonction de la température,

$\Delta E$  : Représente la différence d'énergie entre deux étapes.

$T$  : Température (K).

$K$  : Constante de Boltzmann

Donc, c'est le passage de la forme ionique (métal en solution) à la forme atomique qui se produit par une source thermique (source d'atomisation). Les atomes ainsi formées passent d'un niveau énergétique fondamental (état initial) à un niveau plus élevé (état excité) sous

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

---

l'effet d'un faisceau de lumière monochromatique (source de radiation), de longueur d'onde ( $\lambda$ ) spécifique de l'élément à doser et d'intensité incidente  $I_0$ .

### II.3.4.8.2 La loi de Beer-Lambert

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

$$I_1 = I_0 \exp(-KLC) \quad (2.5)$$

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

$$A = DO = \log(I_0/I) = k.L.C \quad (2.6)$$

Où :

$I$  ; Intensité de l'énergie lumineuse transmise.

$I_0$  : Intensité de l'énergie lumineuse émise.

$k$  : Coefficient d'extinction molaire (constante).

$L$  : Longueur du trajet optique.

$C$  : Concentration de l'élément absorbant.

### II.3.4.8.3 Etalonnage

L'étalonnage doit être réalisé très soigneusement, dans un domaine de concentration où la loi de Beer Lambert est respectée (Tableau 2.4). 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 à analyser. 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 2.4.** Concentration des solutions standards utilisées (ug/ml)

Métaux	S1	S2	S3
Hg	5	10	15
Zn	1000	2000	3000
Cu	500	1000	1500

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

### II.3.4.9. Calcul des concentrations des métaux lourds

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

$$D.O = aC + B \quad (2.7)$$

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 :

$$[C]_F = (([C]_{\text{écha}} - [C]_{\text{blanc}})/P) * V \quad (2.8)$$

Où :

$[C]_F$  : Concentration finale du métal exprimée en (mg/kg)

$[C]_{\text{écha}}$  : Concentration de l'échantillon donnée par l'équation de la droite d'étalonnage exprimée en ( $\mu\text{g/ml}$ )

$[C]_{\text{blanc}}$  : Concentration du blanc ( $\mu\text{g/ml}$ )

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 1 g/l.

### II.3.4.10. Les Indices de contamination :

D'une manière mieux définie, les indices de contaminations (IC) sont calculés en fonction des différentes mesures pour cerner le devenir des produits de dragage (Tableau 2.6).

**Tableau 2.5.** Concentrations normales des métaux lourds dans les sédiments selon les normes Algériennes, françaises et hollandaises. (Alzieu et al. 1999)(mg/kg).

Métaux \ Normes	Hg	Pb	Cd	Cu	Zn
Algérienne	1.5	250	2	150	500
Française	0.2	22	0.6	26	80
Hollandaise	0.3	85	0.8	36	140

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

---

Pour la présente étude, les analyses des métaux lourds ont porté sur la comparaison des concentrations par rapport aux normes algériennes, françaises et hollandaises. 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.

$$C = \frac{\text{Concentration observé}}{\text{Concentration normale}} \quad (2.9)$$

**Tableau 2.6.** Valeurs de l'indice de contamination (IC) (ABRMC, 1984 et Alzieu *et al*, 1999)

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

### II.3.5 Les peuplements macrobenthiques

#### II.3.5.1 Etude de la faune benthique

L'évaluation de la toxicité des sédiments qui s'accumulent dans les ports et leurs effets lors de leur rejet en mer est très difficile. Des analyses chimiques sont le plus souvent utilisées. Des indices biotiques ont été définis permettant d'estimer l'impact de la quantité de matière organique sur la répartition des différents groupes écologiques.

La faune marine, plus particulièrement les communautés benthiques, permet une évaluation des dommages occasionnés au milieu marin côtier.

Les macros invertébrés benthiques, spécialement endobenthiques, animaux qui par leur mode de vie intègrent les divers paramètres en présence et rendent bien compte des caractéristiques et qualités du milieu. (L.E.M, 2011).

### II.3.5.2. Prélèvement

Les prélèvements ont été effectués avec une benne Van Veen. 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 des macro-espèces vivants normalement dans le biotope ; c'est-à-dire le volume minimum à partir duquel le nombre d'espèces n'augmente sensiblement plus si le volume du prélèvement augmente. Deux coups de benne ont été réalisés pour chaque prélèvement afin de rendre les résultats. Aussi comparables que possible entre eux.

### II.3.5.3 Méthode d'analyse

#### II.3.5.3.1 Tamisage, tri et détermination

Les cinq échantillons prélevés sont tamisés sur une maille de 1mm (figure 2.10) qui correspond au limite dimensionnelle de la macrofaune benthique ; les refus macro benthiques retenus dans le tamis sont stockés dans des bocaux en verre qui contiennent du formole dilué a 10% étiquetées et transmises au laboratoire pour les analyser.

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



**Figure 2.10.** Tamis (1 mm de diamètre)

### II.3.5.3.2. Traitements des données écologiques :

Le traitement des différents résultats est effectué selon la méthode mise en 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 présents dans la station
- **La dominance d'une espèce** : c'est la valeur relative ou fréquence relative correspondant au pourcentage des individus de chaque espèce par rapport à la totalité des individus vivants de toutes les espèces du prélèvement ou de la station.

### II.3.5.4 Structure du peuplement

#### II.3.5.4.1 Indices de diversité spécifique

Nous avons utilisé 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'équitabilité (ou Evenness E).

#### II.3.5.4.2. Indice de Shannon et Weaver (H')

L'indice de diversité de (Shannon-Weaver, 1949) est une quantité d'information apporté par un échantillon sur la structure du peuplement d'où provient cet échantillon et sur la façon dont les individus y sont répartis entre les diverses espèces (Daget, 1976). L'indice de Shannon et weaver tient compte de la richesse spécifique et la dominance ( $D_i$ ) de chaque espèce.

$$H' = - \sum \left( \left( \frac{n_i}{N} \right) * \log_2 \left( \frac{n_i}{N} \right) \right) \quad (2.10)$$

$n_i$  : 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 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).

### II.3.5.4.3 Indice d'équitabilité : (indice de Pielou 1966)

L'indice d'équitabilité 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.

$$E = \frac{H'_{\text{obse}}}{H_{\text{max}}} = \frac{H'}{\log_2(S)} \quad (2.11)$$

$\log_2(S)$  : 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.

L'indice d'équitabilité finalement explique le degré de déséquilibre d'un peuplement benthique.

### II.3.6 Analyse microbiologique

La très grande majorité des études sur les dragages s'est intéressée à l'aspect chimique de la pollution mais très peu ont abordé l'aspect bactériologique.

Cependant, les ports reçoivent des eaux usées d'origines urbaines et agricoles. Ces rejets, plus ou moins bien épurés, contiennent un grand nombre de bactéries dont certaines, d'origine fécale, sont pathogènes pour l'homme et peuvent lui être transmis au cours de baignades ou lors de la consommation de coquillage.

La texture du sédiment c'est-à-dire. La présence de sable, vase ou argile, la teneur en matière organique, la température la prédation par les protozoaires et la compétition de flore ont une influence sur la quantité et la qualité de la contamination microbienne du sédiment (Auer et Niehaus, 1993 ; Davies et al.,1995; Høi et al., 1998).

Ces facteurs déterminants le nombre, la composition spécifique et l'activité métabolique des bactéries (Nealson, 1997), le sédiment est un habitat où la granulométrie et la nature de matériel minéral jouent un rôle important dan la pénétration et la circulation des liquides, des gaz, des solutés organiques ou inorganiques et sur la nature des microorganismes qui vivent dans les pores entre les particules.

## Chapitre II : Matériel et Méthodes

---

L'oxygène est, entre autres, un facteur déterminant dans la structure écologique des sédiments : en effet, la plupart de temps, les sédiments sont anoxiques en dessous d'une fine couche superficielle oxydée. Dans les sédiments sous-jacent, différents modes de respiration sont utilisés et déterminants une « succession écologique » : bactérie aérobie, bactérie fermentative bactérie dénitrifiante bactérie sulfato-réductrice et bactéries méthanogènes.

Dans un sédiment sableux, environ 30% du volume est occupé par des pores de gros diamètres tandis que, dans les argiles, les interstices de petit diamètre peuvent représenter jusqu'à 50% de volume.

Ces pores sont remplis de liquides ou de gaz qui permettent la croissance de la flore bactérienne et conditionnent les échanges entre les éléments provenant de la colonne d'eau et les sédiments. Que ce soit dans le milieu marin ou en eau douce, les sédiments constitués par les particules les plus fines contiennent les plus grands nombres de bactéries car ils offrent une grande surface de colonisation par rapport à leur masse (Schallenberg et Kalff, 1993).

### II.3.6.1 Recherche et numération des bactéries dans les sédiments (Figure 2.11)

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 : tableau 2.4).

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'autres dilutions :  $10^{-2}$  et  $10^{-3}$ .

**Les stations qui ont fait objet d'une analyse microbiologique sont :**

- P2, P3 au niveau de site de dragage
- S1 au site d'immersion

#### II.3.6.1.1 Numération des coliformes totaux et des coliformes fécaux

Après avoir agité, ensemercer 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.

## **Chapitre II : Matériel et Méthodes**

---

**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.3.6.1.2. Numération des streptocoques fécaux**

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

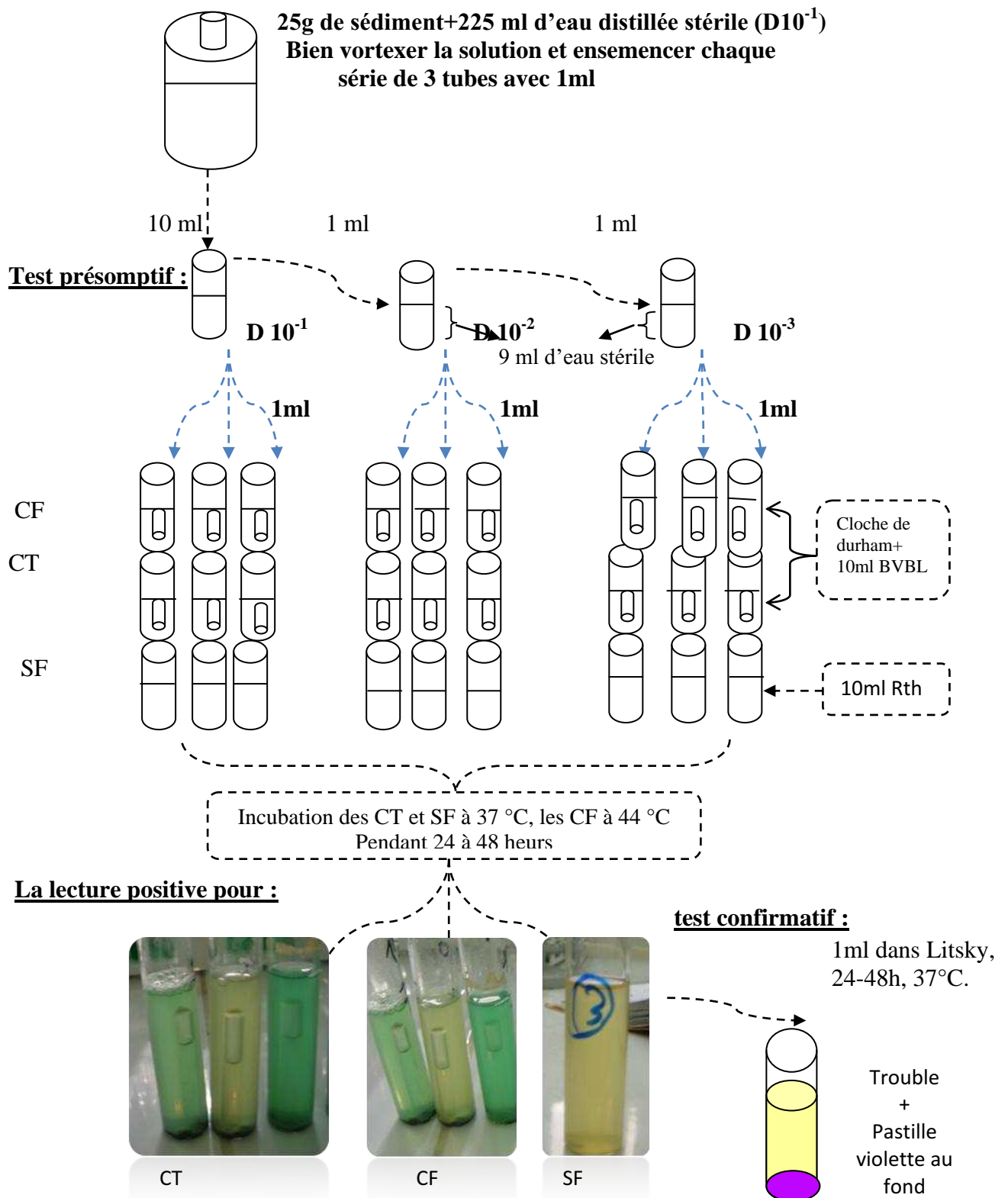
#### **a) Test présomptif**

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.



**Figure 2.11.** Dénombrement des indicateurs de contamination fécale par la méthode des NPP dans les sédiments.

---

**CHAPITRE III :**  
**RÉSULTATS**  
**ET INTERPRÉTATIONS**

---

## Chapitre III : Résultats et Interprétations

---

### Introduction

Ce chapitre est consacré essentiellement à l'interprétation des résultats des différentes analyses effectuées sur les échantillons de sédiments à draguer au niveau du futur port d'EL-Aouana et au site d'immersion. Ces analyses ont pour principal but la réalisation d'un état initial de leur qualité chimique afin d'apprécier l'impact de leur devenir sur le milieu récepteur.

Ces analyses ont permis d'évaluer les teneurs des sédiments en :

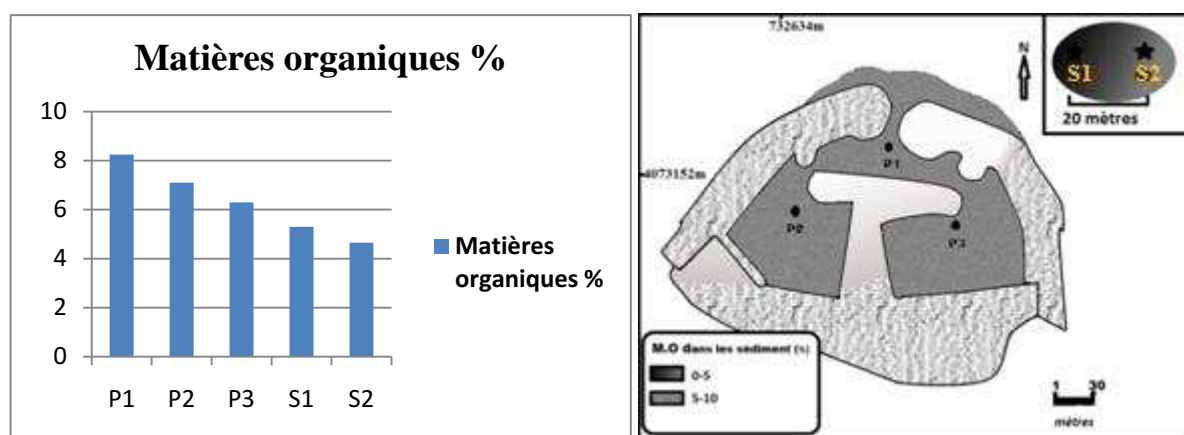
- Matières organique ;
- Granulométrie (fraction fine)  $<63\mu\text{m}$  ;
- Métaux lourds (Cu, Zn, Pb, Hg et Cd) ;
- Hydrocarbures aromatique polycyclique ;
- Benthos ;
- Microbiologie.

### III.1 .Teneur en Matières organiques

Les résultats des taux de la matière organique sont portés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 3.1.** Taux de matière organique dans les cinq stations en pourcentage

Station	Matières organiques (%)
P1	8.25
P2	7.10
P3	6.30
S1	5.30
S2	4.65



**Figure 3.1.** Variation du taux de la Matière organique dans le port et dans le site d'immersion.

Les teneurs en matières organiques dans les sédiments de la zone à draguer varient entre 6.30 à 8.25%, et la moyenne est de 7.21%. Au niveau de la zone d'immersion, les taux de la matière organique varient entre 4.65 à 5.30% et la moyenne est de 4.97%.

Ces teneurs sont élevées et montrent la richesse de la zone en matière organique, Ce qui explique l'importance écologique et biologique de la région.

L'étude benthique qui est développée dans la partie des résultats de benthos a pour objet de confirmer cette richesse en matière organique. Cette étude consiste en une étude qualitative et quantitative qui repose sur la notion de bio-indicateur (Bakalem, 2009; Bakalem et al, 2008; Parenzan, 1974; Rezbani, 2003; Table, 1966) et qui consiste à l'identification de nombreuses espèces communes au milieu portuaire, caractéristiques de la perturbation du milieu.

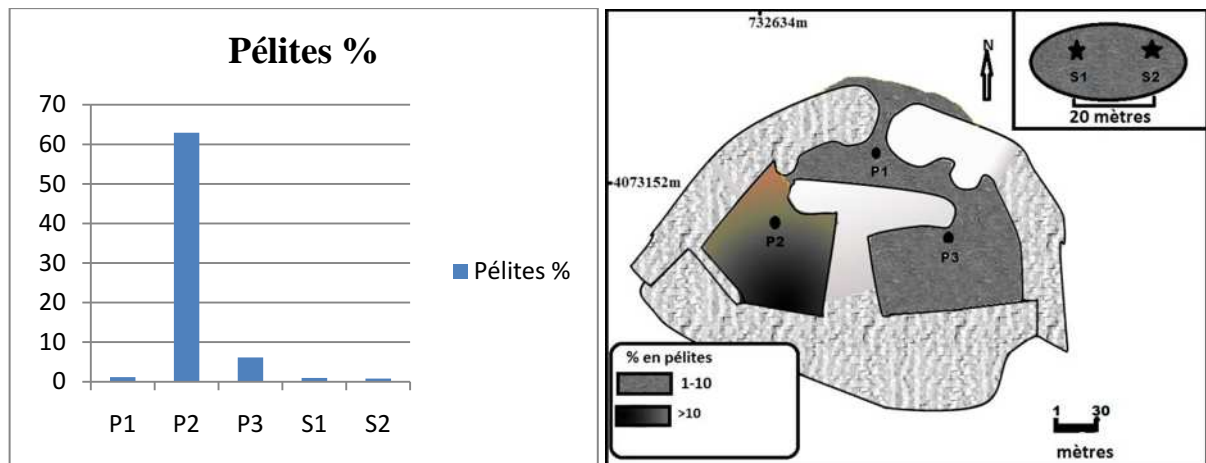
### III.2 Fraction pélitique

#### III.2.1 Résultats de la fraction pélitique

Les résultats de l'analyse de la fraction pélitique dans le port de pêche et de plaisance d'El-Aouana sont mentionnés dans le tableau 3.2.

**Tableau 3.2.** Taux des pélites dans les 5 stations de prélèvements en pourcentage :

Station	Taux de pélites(%)
P1	1.16
P2	62.92
P3	6.12
S1	0.94
S2	0.79



**Figure 3.2.** Répartition des pélites dans le port et dans le site d'immersion

### III.2.2 Interprétation des résultats de l'analyse de la fraction pélitiques

Les teneurs moyennes en matières pélitiques sur les deux sites varient entre 0.79 et 1.16 % à l'exception faite pour le sédiment (P2) où la matière fine est de l'ordre de 63%.

Au niveau de la passe d'entrée et au site d'immersion respectivement les stations (P1, S1, S2), nous remarquons que les taux sont assez faibles de l'ordre(1.16%, 0.94%, 0.79%).

Cela est dû au renouvellement des eaux grâce aux houles et courants.

A l'intérieur du port, et précisément dans la station P2 on note une valeur très élevée de 62.92%. Ce taux est dû au faible gradient de courant à l'intérieur du port.

Les fortes crues de l'oued de kissir et celle de l'oued de bourchaid transportent une grande quantité des particules fines qui peuvent se déposer à court terme dans les zones calmes à l'intérieure du port d'El-Aouana.

Si on considère ces fortes teneurs qui sont presque nulles à l'extérieur du port (site d'immersion) et à la passe d'entrée (station P1) et l'existence de rejets des eaux usées et celle des eaux pluviales à l'intérieure du port, on peut conclure que ces pélites proviendraient en grande partie des eaux pluviales.

## Chapitre III : Résultats et Interprétations

---

### III.3 Résultat et interprétation de l'analyse granulométrique

#### III.3.1 Résultat de l'analyse granulométrique

Les résultats de l'analyse granulométrique des sédiments prélevés dans les 5 stations sont indiqués dans le tableau ci dessous.

**Tableau 3.3.** Valeurs des différents indices granulométriques et des quartiles (Q25, Q50, Q75). Au niveau du port et au site d'immersion :

STATION	Q25 ( $\mu\text{m}$ )	Q50 ( $\mu\text{m}$ )	Q75 ( $\mu\text{m}$ )
P1	840	1400	1900
P2	185	328	1500
P3	193	266	435
S1	690	805	920
S2	700	950	1250

#### III.3.2 Interprétation des résultats de l'analyse granulométrique

##### III.3.2.1 Le 1<sup>er</sup> quartile Q25 :

Les valeurs du Q25 varient entre (185 $\mu\text{m}$ ,193 $\mu\text{m}$ ) dans les stations (P2, P3) et entre (840 $\mu\text{m}$ ,690 $\mu\text{m}$ ,700 $\mu\text{m}$ ) respectivement dans les stations (P1, S1 et S2), d'après la classification de [Folk et Ward \(1957\)](#), on trouve du sable moyen pour (P2 et P3) et du sable très grossier pour (P1, S1 et S2), la moyenne de Q25 dans les stations destinés pour le dragage est de 406 $\mu\text{m}$ , dans le site d'immersion la moyenne est de 695 $\mu\text{m}$ , donc il y a une prédominance du sable grossier dans les deux sites.

##### III.3.2.2 Le 3<sup>ème</sup> quartile Q75 :

Les valeurs du Q75 sont de (920 $\mu\text{m}$ , 1250 $\mu\text{m}$ ) dans les stations (S1,S2) respectivement dans le site d'immersion, et de (1900 $\mu\text{m}$ ,1500 $\mu\text{m}$ ,435 $\mu\text{m}$ ) dans les stations (P1, P2, P3) dans le site de dragage, d'après la classification de [Folk et Ward \(1957\)](#) on trouve du sable grossier, sable très grossier, et la moyenne de Q75 dans les deux sites de dragage et d'immersion est supérieur à 1 mm donc on note la prédominance de sable très grossier dans les deux site .

##### III.3.2.3 Interprétation de la carte de répartition des médianes (Q50) :

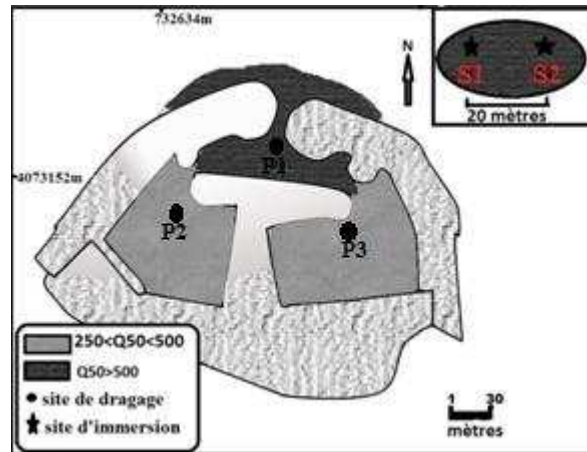
Au niveau du site de dragage, Les valeurs du Q50 est de (328 $\mu\text{m}$ , 266 $\mu\text{m}$ ) dans les stations (P2, P3), hormis la station P1 qui correspond à la passe d'entrée du port où le Q50 est de 1400 $\mu\text{m}$ .

Au niveau du site d'immersion les valeurs de Q50 varient autour de 900 $\mu\text{m}$ , donc la dominance du sable très grossier. Les sédiments sont peu hétérogènes à l'intérieur du port

## Chapitre III : Résultats et Interprétations

correspond aux stations (P1, P2, P3), la moyenne de Q50 est de 664 $\mu$ m donc il y a prédominance du sable très grossier.

Au site d'immersion où les sédiments sont homogènes, la moyenne de Q50 et de 877 $\mu$ m, donc prédominance du sable très grossier.



**Figure 3.3.** Répartition de la médiane (Q50) dans les deux sites

### Aspect général des courbes granulométriques

Nous décrivons les traits essentiels des courbes granulométriques cumulatives des échantillons analysés.

Les courbes sont des pentes presque identiques sauf la station P2 ce qui traduit qu'il y a une homogénéité. Ce qui souligne le bon classement des sédiments dans les deux sites.

### III.4. 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 trouvent 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](#)).

## Chapitre III : Résultats et Interprétations

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 incorporé dans les chaînes alimentaires (Fôrsmér 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, mais 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.

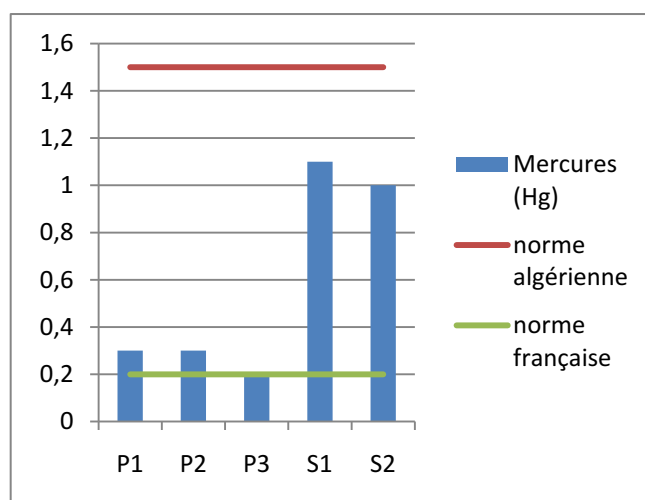
### III.4.1 Les résultats d'analyse des concentrations en métaux lourds :

Les résultats d'analyse des concentrations en métaux lourds dans les deux sites de prélèvement sont indiqués dans le tableau suivant :

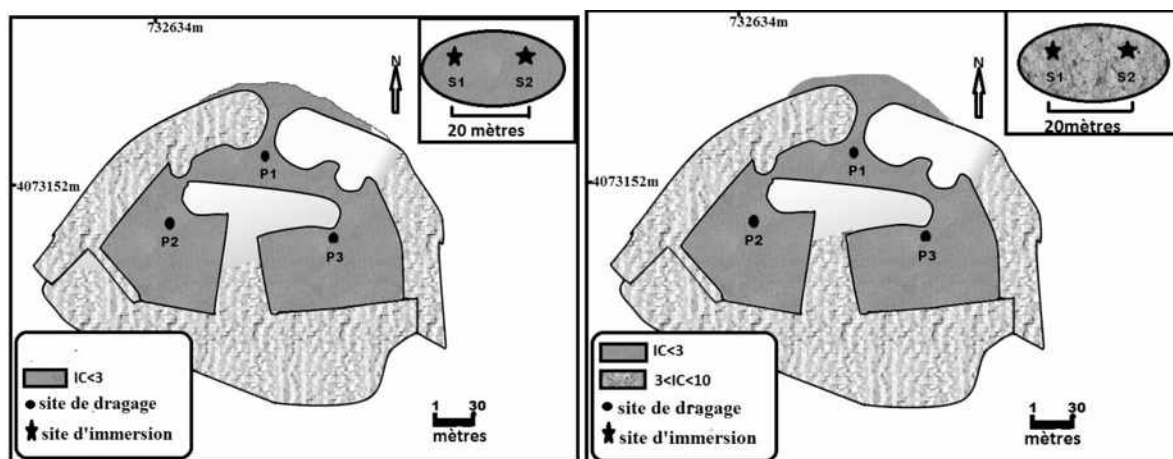
**Tableau 3.4.** Résultats des analyses de différentes concentrations en métaux lourds en (mg/kg)

Caractéristique des sédiments	P1	P2	P3	S1	S2	Normes algériennes	Normes françaises
<b>Mercurés (Hg)</b>	0.3	0.3	0.2	1.1	1.0	1.5	0.2
<b>Cadmium (Cd)</b>	1.1	1.2	0.9	1.0	0.8	2	0.6
<b>Plomb (Pb)</b>	287	177	139	313	274	250	22
<b>Zinc (Zn)</b>	381	292	313	257	268	500	80
<b>Cuivre (Cu)</b>	223	186	265	284	312	150	26

### III.3.1.1. Teneur en Mercure (Hg)



**Figure 3.4.** Variation de concentration de mercure dans les deux sites (mg/kg)



**Figure 3.5.** IC par le mercure dans les deux sites selon : les normes algériennes et françaises (de gauche vers la droite)

Les teneurs en mercure sont comprises entre (0.2 mg/kg, 0.3 mg/kg) à l'intérieur du port, la moyenne est de 0.26 mg/kg, et entre (1.0 mg/kg, 1.1 mg/kg) au niveau du site d'immersion avec une moyenne de 1.05 mg/kg. On note un minimum de concentration de mercure à l'intérieur du port (0.2mg/kg) ce qui explique presque l'inexistence de fort activités industrielles et portuaires (Alzieu et al., 1999 ; kim et al., 2009 ; Ringot.,1982), ces faibles teneurs en mercure sont probablement du à la présence des rejets urbaines de la ville d'El-Aouana (nettoyage, peinture, soudure,..). Le maximum de teneur en mercure est remarqué dans le site d'immersion (1.1 mg/kg), du probablement au déballastage des bateaux qui sont l'une des sources importantes de mercure. (Boening., 2000).

## Chapitre III : Résultats et Interprétations

Selon les normes algériennes les teneurs en mercure (Hg) au niveau des stations couvrant les zones de dragage (P1, P2, P3) présentent des valeurs inférieures par rapport au seuil recommandé (1.5 mg/kg). Dans le site d'immersion on note des teneurs détectables par rapport au seuil recommandé, les indices de contamination sont largement inférieures à 3. Au regard de l'ensemble des résultats, il s'avère que les sédiments ne sont pas contaminés.

Selon la norme française (0.2 mg/kg) les teneurs en mercure dans le site de dragage dépassent le seuil recommandé et les indices de contamination sont inférieures à 3. Dans le site d'immersion les teneurs en mercure dépassent largement la norme recommandée, et les indices de contamination de ce site  $3 < IC < 10$  (zone polluée).

### III.4.1.2 Teneur en plomb (Pb)

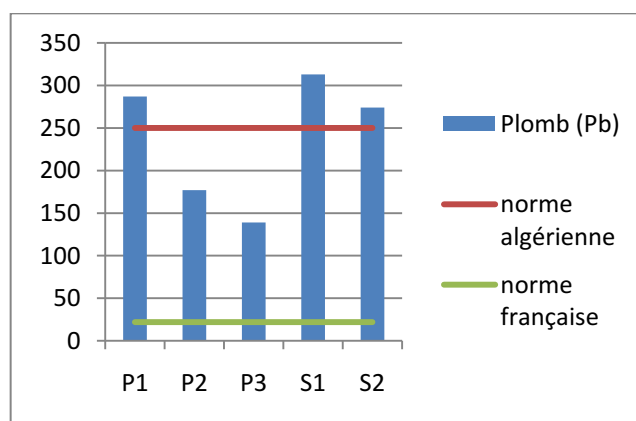


Figure 3.6. Variation de concentration en plomb dans les deux sites (mg/kg)

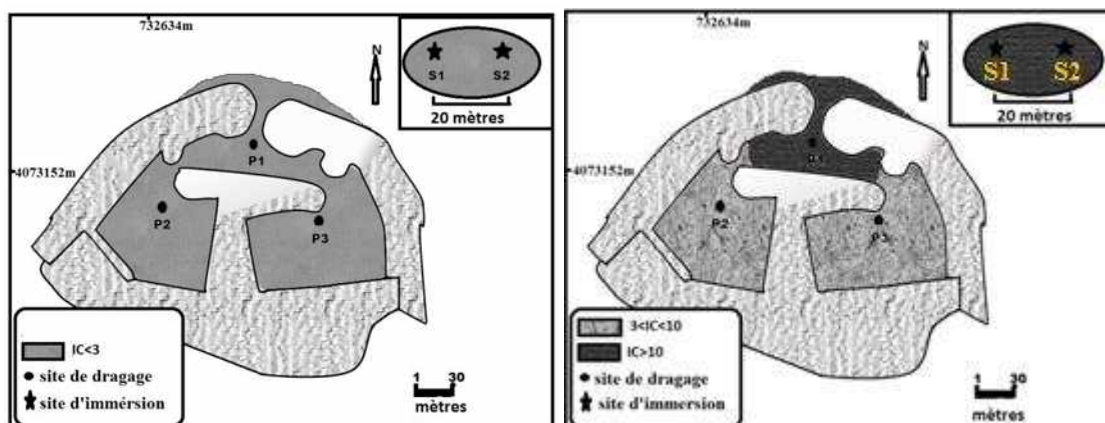


Figure 3.7. IC par le plomb dans les deux sites selon : les normes algériennes et françaises (de gauche vers la droite)

## Chapitre III : Résultats et Interprétations

La contamination des sédiments avec ce métal est faible, les teneurs en plomb oscillent entre (139 mg/kg, 177 mg/kg) dans les stations (P3, P2). Selon les normes algériennes, ces teneurs sont en dessous de la valeur recommandée (250 mg/kg) néanmoins on note qu'au niveau de l'échantillon P1 exactement à la passe d'entrée une valeur sensiblement plus élevée par rapport au seuil (287 mg/kg) qui peut être dû à une contamination très localisée.

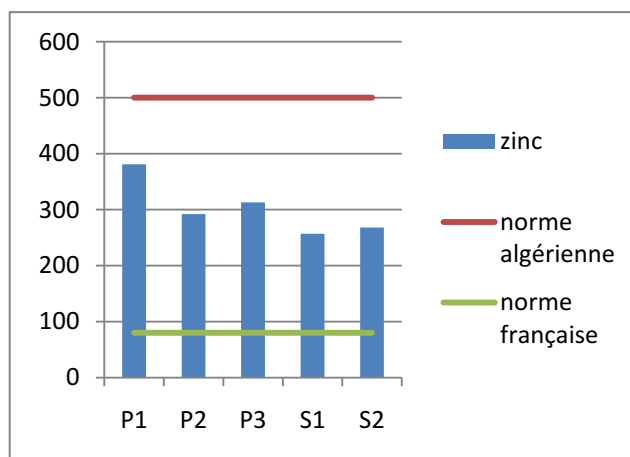
Quant à la zone d'immersion, la teneur en plomb des sédiments y est très détectable sur les deux stations échantillonnées (274 mg/kg et 313mg/kg) par rapport à la valeur recommandée. Selon les normes algériennes Les indices de contamination dans les deux sites sont inférieurs à 3 (IC<3).

Selon les normes françaises les teneurs en plomb dans les deux sites sont largement supérieures aux normes recommandées (22 mg/kg).

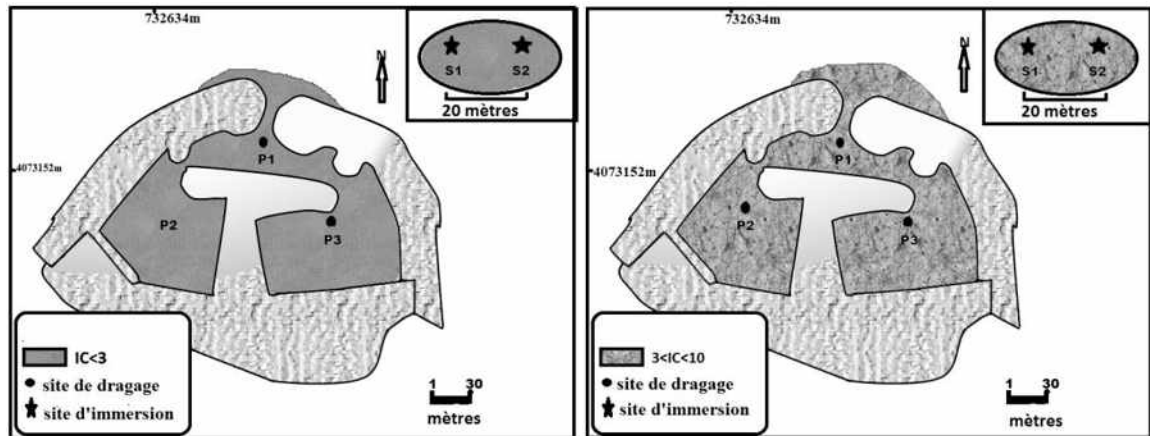
Les indices de contamination au niveau du site de dragage précisément dans les stations (P2, P3) variée entre 3 et 10, ( $3 < IC < 10$  : zone pollué et à suivre), hormis la station P1 où l'indice de contamination est supérieur à 10, ( $IC > 10$  : zone a risque).

Au niveau du site d'immersion, les indices de contamination sont largement supérieures à 10 (zone à risque).

### III.4.1.3. Teneurs en Zinc (Zn) :



**Figure 3.8.** Variation de concentration en zinc dans les deux sites (mg/kg)



**Figure 3.9.** IC par le zinc dans les deux sites selon : les normes algériennes et françaises (de gauche vers la droite)

Les teneurs en Zinc varient entre 292 mg/kg et 381 mg/kg dans le site de dragage avec une valeur maximale de 381 mg/kg à la station P1 (la passe d'entrée) et la moyenne est de 328 mg/kg. Au niveau du site d'immersion, les teneurs varient entre 257 mg/kg et 268 mg/kg et la moyenne est de 262 mg/kg. D'une façon générale le zinc ne présente pas de forte valeur dans les deux sites.

Les valeurs maximales du zinc sont situées près des quais et darses, dans les stations (P1, P2, P3) qui sont soumis directement aux déversements urbain et industrielle qui ne sont pas forte provenant de la ville d'El-Aouana. Les concentrations à l'extérieur du port et au niveau du site d'immersion resteront faibles. Donc les sédiments des stations exposées directement au rejet urbain et industriel sont plus contaminés à ceux qui sont 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 les deux sites, les teneurs en zinc présentent des valeurs inférieures aux normes recommandées. Et les indices de contaminations sont largement inférieures à 3.

Selon les normes françaises et dans les deux sites les teneurs en zinc sont supérieures au seuil recommandé et les indice de contamination sont comprises entre  $3 < IC < 10$ .

## Chapitre III : Résultats et Interprétations

### III.4.1.4. Teneur en cadmium (Cd) :

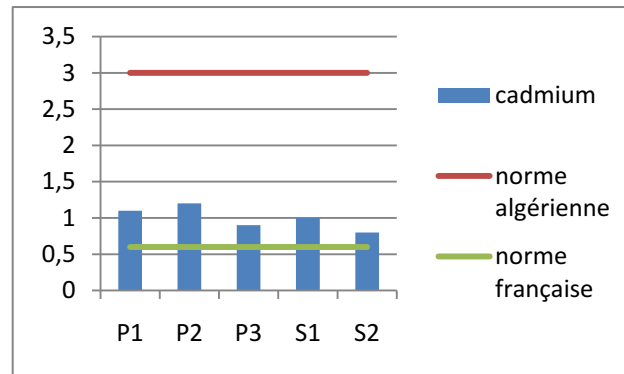


Figure 3.10. Variation de concentration en cadmium dans les deux sites (mg/kg)

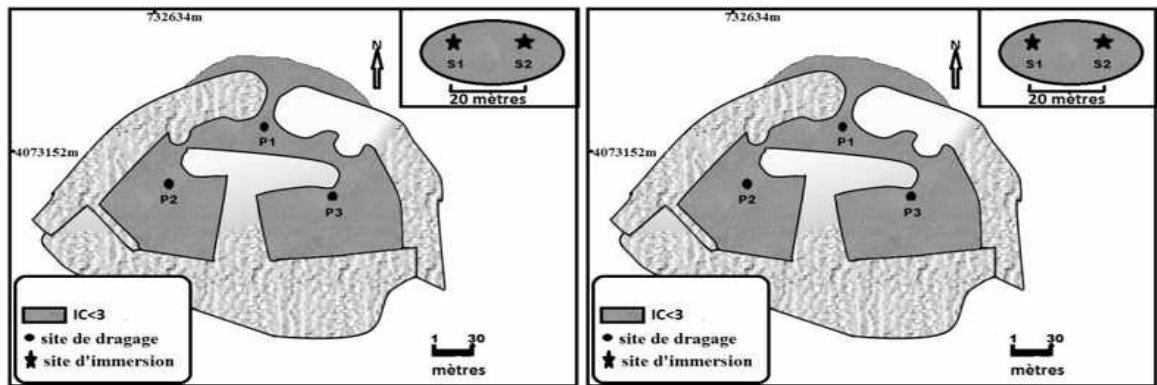


Figure 3.11. IC par le cadmium dans les deux sites selon : les normes algériennes et françaises (de gauche vers la droite)

Les concentrations en cadmium sont faibles et varient entre (0.8 mg/kg, 1.0 mg/kg) dans les sites d'immersion avec une moyenne de 0.9 mg/kg, dans le site de dragage les teneurs en cadmium sont de (1.0 mg/kg, 1.2 mg/kg, 0.9 mg/kg) respectivement des stations (P1, P2, P3), et la moyenne est de 1.03 mg/kg.

Ses teneurs en cadmium qui sont faible sont probablement dues au cadmium qui est adsorbé sur les particules en suspension qui proviennent des cours d'eau (Alzieu et al.1999).

Selon les normes algériennes, dans les deux sites les teneurs de cadmium ne dépassent pas le seuil recommandé, et les indices de contamination sont largement inférieurs à 3. Selon les normes françaises les indices de contaminations sont aussi inférieures à 3.

### III.4.1.5 Teneur en cuivre (Cu)

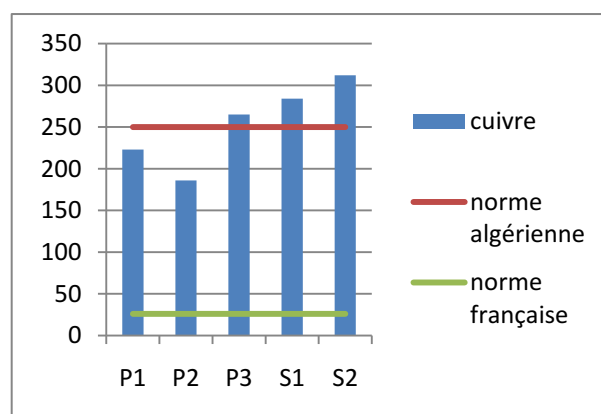


Figure 3.12. Variation de concentration en cuivre dans les deux sites (mg/kg)

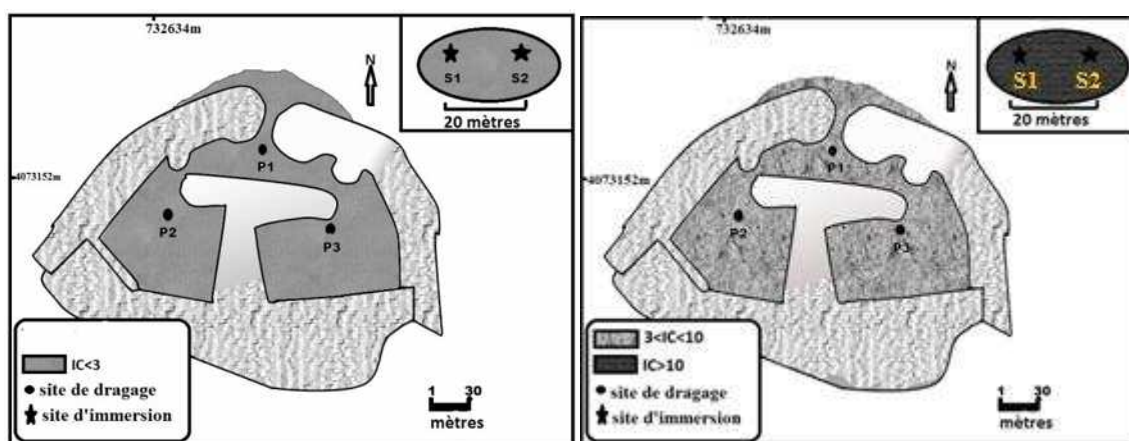


Figure 3.13. IC par le cuivre dans les deux sites selon : les normes algériennes et françaises (de gauche vers la droite)

Les teneurs en cuivre sont élevées et varient entre (223 mg/kg, 186 mg/kg, 265 mg/kg) respectivement aux stations (P1, P2, P3) dans le site de dragage, la moyenne est de 225.5 mg/kg, au niveau du site d'immersion les teneurs varient entre (284 mg/kg, 312 mg/kg), et la moyenne est de 298 mg/kg .

Ces fortes teneurs en cuivre sont probablement arrivées au milieu marin par voie atmosphérique et par les oueds et les cours d'eaux principalement l'oued de Kissir (Moore et Ramamoorthy, 1984), aussi lors de l'utilisation de l'oxyde  $\text{Cu}_2\text{O}$  comme matière active des peintures antisalissures aux cours des travaux de construction du port.

## Chapitre III : Résultats et Interprétations

Selon la norme algérienne les teneurs en cuivre dépassent la norme recommandée soit dans le site de dragage ou dans le site d'immersion et les indices de contamination sont inférieurs à 3.

Selon la norme française les teneurs en cuivre sont largement supérieures à la norme recommandée, dans les deux sites, et les indices de contamination sont  $3 < IC < 10$  dans le site de dragage (zone polluée à suivre lors de l'opération de dragage), et  $IC > 10$  dans le site d'immersion (zone à risque).

### III.5. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont des composés des substances dont la structure chimique est constituée de plusieurs noyaux aromatiques ayant en commun plus d'un atome de carbone.

Les HAP constituent une large classe de contamination qui se différencient entre eux par le nombre des noyaux aromatiques (deux pour naphthalène à sept pour le coronène), leur position dans la structure moléculaire ainsi que par la nature et la position des substituants. (Alzieu.1999 et al.). Il est admis également que la combustion incomplète des produits pétroliers donne naissance à des quantités importantes d'hydrocarbures polycycliques. (kennish, 2001 ;Lacaze, 1996).

#### III.5.1 Les résultats de HAP

Les résultats d'analyse des hydrocarbures sont portés dans le tableau suivant :

**Tableau 3.5.** Variation de teneurs en hydrocarbure dans les deux sites (mg/kg)

Station	P1	P2	P3	S1	S2	Norme algérienne
Teneurs en hydrocarbure (mg/kg)	182	114	145	93	82	300

#### III.5.2 Interprétation des résultats

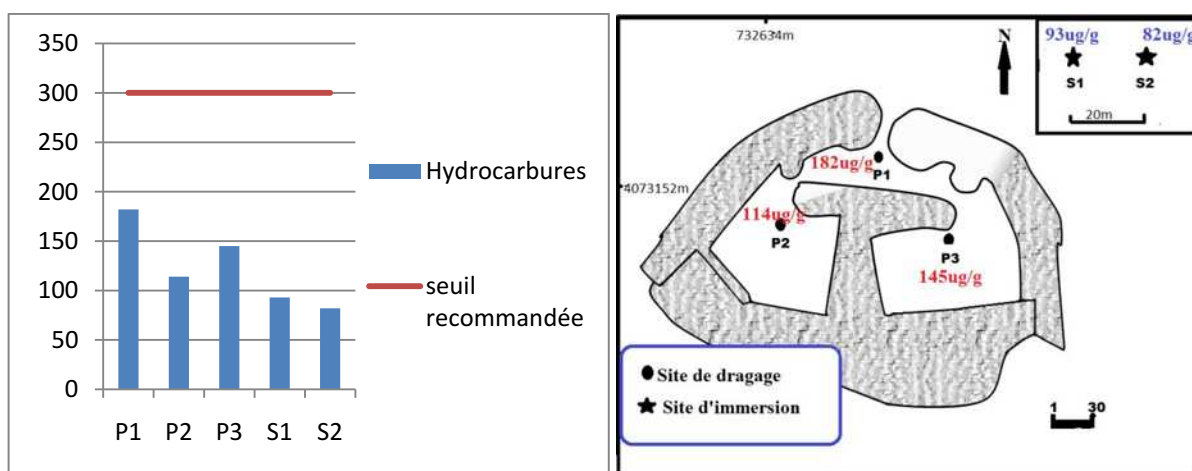
Les teneurs en HAP sont faibles et ne dépassent pas les normes recommandées. En effet, au niveau de la zone d'étude, Les valeurs oscillent entre (114 mg/kg, 182 mg/kg) dans le site de dragage et de (82 mg/kg et 93 mg/kg) au niveau de la zone d'immersion.

## Chapitre III : Résultats et Interprétations

Parmi les sources des Hydrocarbures les rejets pétroliers contribuent de 73.9% des ressources en hydrocarbures. (Neff, 1979)

Ces teneurs en Hydrocarbures sont importantes dans le site de dragage qu'au niveau du site d'immersion. Ces valeurs enregistrées sont dues probablement aux fuites des produits pétroliers au cours des travaux de construction du port et aussi à la réparation des machines en cas d'une panne pendant les périodes des travaux sur le site.

Les rejets urbains de la population d'El-Aouana et les apports des Oueds de Bourchayed et de Kissir peuvent être une source des hydrocarbures dans la zone.



**Figure 3.14.** Variations de concentration en hydrocarbures dans les deux sites (mg/kg).

### III.6. Résultats et interprétation de l'analyse benthique

#### III.6.1 Caractéristiques des peuplements benthiques

##### III.6.1.1 Richesse spécifique

Un inventaire de 290 espèces a été réalisé au niveau des 5 stations de prélèvements, dont les mollusques et les crustacés sont les groupes zoologiques les plus importants. (Annexe 3.2)

L'analyse des échantillons a indiqué la présence respective de :

- 134 espèces au niveau de la zone d'immersion distribué comme ceci :
- 93 espèces au niveau de la station (S1)
- 51 espèces au niveau de la station (S2)

## Chapitre III : Résultats et Interprétations

---

Dans la zone à draguer le nombre d'espèces trouvés est de 146 espèces réparties comme suit :

- 47 espèces repérées au niveau du prélèvement (P1)
- 45 espèces repérées au niveau du prélèvement (P2)
- 54 espèces repérées au niveau du prélèvement (P3)

### III.6.2 Interprétation de résultats

La richesse spécifique enregistrée est comprise entre 1 et 47 espèces et plus dans certaines stations. 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 ; 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 : le groupe des mollusques est dominant et suivie par le groupe des crustacés et enfin par le groupe des polychètes.

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

#### III.6.2.1 Abondances et densités

La densité de la macrofaune benthique enregistrée varie entre 540 et 1432 ind. /m<sup>2</sup>, dans le site d'immersion, alors que la densité de la macrobenthique au niveau de la zone à draguer est respectivement de :

- 580 ind./m<sup>2</sup> au niveau du prélèvement (P1)
- 432 ind./m<sup>2</sup> au niveau du prélèvement (P2)
- 644 ind./m<sup>2</sup> au niveau du prélèvement (P3)

En considérant la dominance quantitative des groupes zoologiques, on constate que : les mollusques et les crustacés dominent largement, où les *Alvania cimex*, *Abra alba*, *Lima Lima*, *Nassa donovani* pour les Mollusque et pour les Crustacés *Caner pagurus* sont les espèces « leaders ».

## Chapitre III : Résultats et Interprétations

---

La comparaison des résultats obtenus avec la littérature existante des côtes algériennes montre pour :

### 1) Les Mollusques :

La densité enregistrée dans la baie d'El Djamila par (L.E.M, 2011) est de 10 à 110 ind./m<sup>2</sup>, qui est en dessous des valeurs obtenues dans cette présente étude. 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 présente des densités élevées par rapport aux golfes d'Oran, de Bejaia et de Skikda, similaires aux données enregistrées et faible par rapport aux données de la baie d'Alger.

### 2) Les Crustacés :

On remarque pour la baie d'El Djamila que les densités enregistrées en Aout 1988 (L.E.M, 2011) et la présente étude sont voisines, elles sont comprises entre 215 et 470 ind./m<sup>2</sup> en Aout 1988 ; 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 qu'on n'a pas abordée dans cette comparaison.

### III.6.2.2 Indice de diversité

#### III.6.2.2.1 L'indice de Shannon-Weaver

L'indice de Shannon-Weaver calculé pour la macrofaune benthique des substrats oscille entre 3.96 et 4.85, au niveau de la zone d'immersion. Cet indice est de 2.60, 4.35 et 4.71 au niveau de la zone à draguer respectivement des stations (P3, P1, P2), donc ya un déséquilibre dans la station P3.

La répartition peut être la conséquence des caractéristiques hydrologiques et sédimentaires de la zone.

## Chapitre III : Résultats et Interprétations

---

### III.6.2.2 Indice d'équitabilité

L'indice d'équitabilité calculé au niveau de la zone d'immersion varie entre 0.56 et 0.572 quant à la zone à draguer cet indice varie entre 0.36 et 0.70. La distribution de cette variable présente des valeurs assez homogènes sur l'ensemble de la zone. En raison des conditions du milieu assez particulier (fort hydrodynamisme).

En conclusion pour le port d'El-Aouana on peut retenir que ce port présente les caractéristiques d'un port un peu déséquilibré. Les rejets d'eaux usées domestiques et industrielles génèrent des perturbations faibles qui affectent le milieu physique en premier et en second les peuplements macrobenthiques.

### III.7. Résultats et interprétation de l'analyse microbiologique

Le but essentiel des analyses de contrôle reste le dénombrement et la mise en évidence des microorganismes témoins d'une pollution fécale

#### III.7.1 Résultats d'analyse des coliformes :

Les résultats de l'analyse de concentration en coliformes fécaux et totaux sont portés dans les tableaux ci-dessous :

**Tableau.3.6.** Concentration en coliformes fécaux et totaux dans les 3 stations de prélèvements (C/100ml)

Station	Nombre caractéristique	Coliformes fécaux	Nombre caractéristique	Coliformes totaux
P2	332	110000	332	110000
P3	331	45000	332	110000
S1	312	11500	322	20000

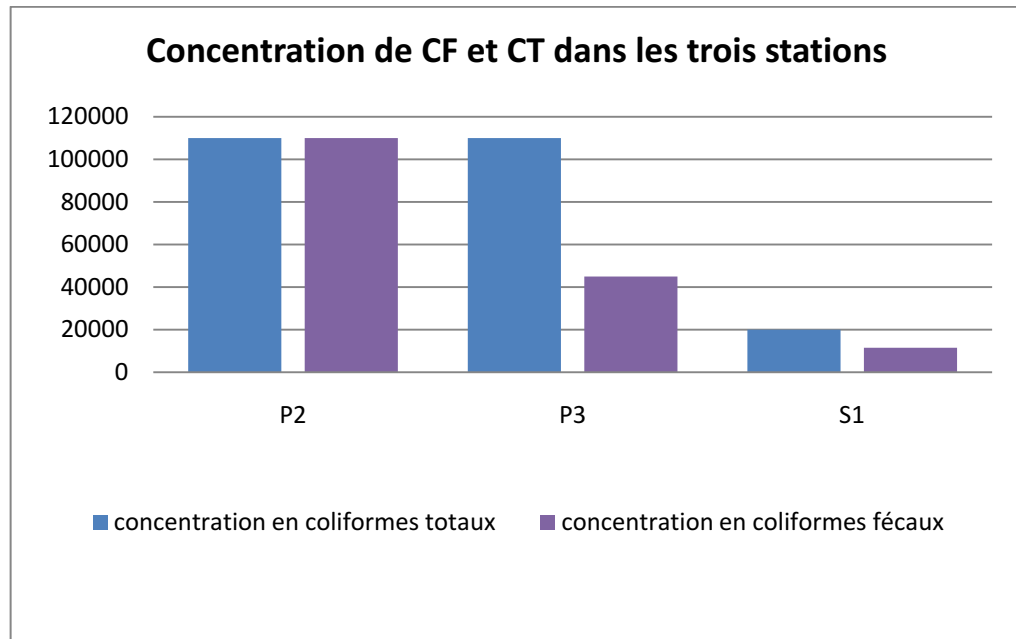
#### III.7.1.1 Interprétation des résultats

Presque dans les trois stations de prélèvements, la concentration des coliformes totaux est plus élevée que celle des coliformes fécaux. D'après les résultats il ya une répartition non idéale des coliformes fécaux et totaux dans les 3 stations, cette répartition nous indique la présence des autres bactéries.

## Chapitre III : Résultats et Interprétations

La charge en coliformes est très élevée dans les stations (P2, P3) qui correspond au site de dragage ce qui montre la richesse de l'environnement marin en microorganisme qui provient des rejets domestiques et des eaux usées de la population d'El-Aouana.

On note un maximum de concentration des coliformes dans la station P2 où le pourcentage en fraction fine et le plus élevé, donc il offre une grande surface de colonisation par rapport à leur masse (Schallenberg et Kallf.,1993)



**Figure.3.15.** Variation de concentration en CF et CT (C/100ml)

### III.7.2 Résultats d'analyse des streptocoques fécaux

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 leurs confèrent une meilleure adaptation par rapport aux autres germes indicateurs (Alzieu et al., 1999; Gauthier et al, 1991 et WHO, 2003).

## Chapitre III : Résultats et Interprétations

Les résultats de l'analyse des streptocoques fécaux sont portés dans le tableau suivant :

**Tableau 3.7.** Concentration des streptocoques fécaux dans les trois stations (SF/100ml)

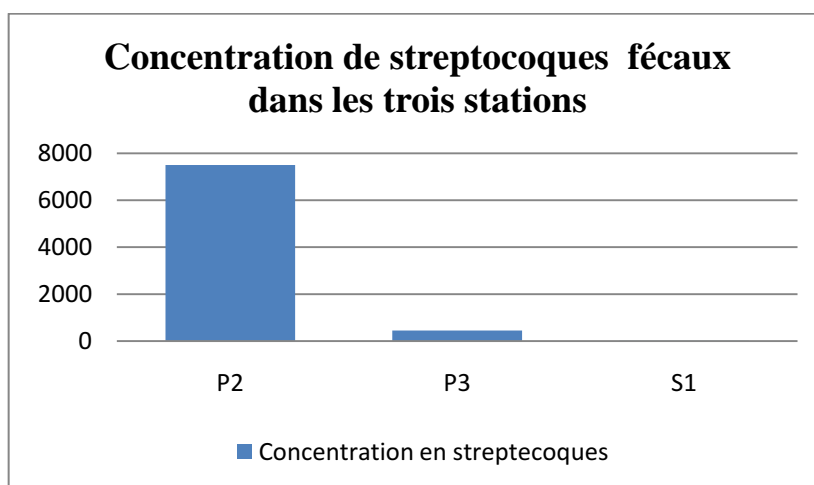
Station	Nombre caractéristique	Concentration en streptocoques
P2	311	7500
P3	310	450
S1	200	9

### III.7.2.1 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 dans les deux sites. Les concentrations varient entre (450-7500SF/100ml) dans le site de dragage avec un maximum dans la station P2, ces valeurs sont dues probablement aux rejets des eaux usées non traitées et aussi au pourcentage en fraction pélique surtout dans la station P2 qui offre une grande surface de colonisation.

Les apports sédimentaires qui proviennent par les oueds principalement ceux du kissir et de bouchayed peuvent être une source des streptocoques fécaux.

Dans le site d'immersion la concentration en streptocoque fécaux est de 9SF/100ml. Cette valeur est du probablement à la distance de cette station par rapport aux sources de pollution indiquées précédemment.



**Figure 3.16.** Variation de concentration en streptocoques fécaux (SF/100ml).

---

**CHAPITRE IV :  
DRAGAGE ET ÉTUDE  
D'IMPACT**

---

### Introduction

Ce chapitre se divise en deux grandes parties. La première partie donne un bref aperçu sur l'opération de dragage (la nature des matériaux, matériel utilisé). Dans la deuxième partie nous livrons une identification et analyse des impacts sur l'environnement au cours de l'opération de dragage, avec des dispositifs d'atténuation.

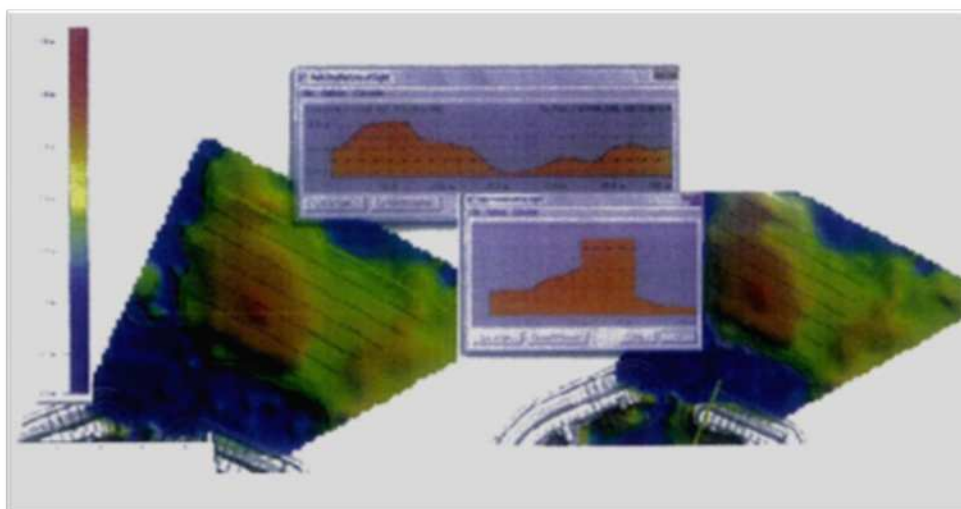
### IV.1 Le dragage

Les opérations de dragage sont des pratiques indispensables à la navigation et aux activités portuaires. Elles donnent essentiellement lieu à l'immersion en milieu marin des produits dragués, dans des zones spécialement désignées.

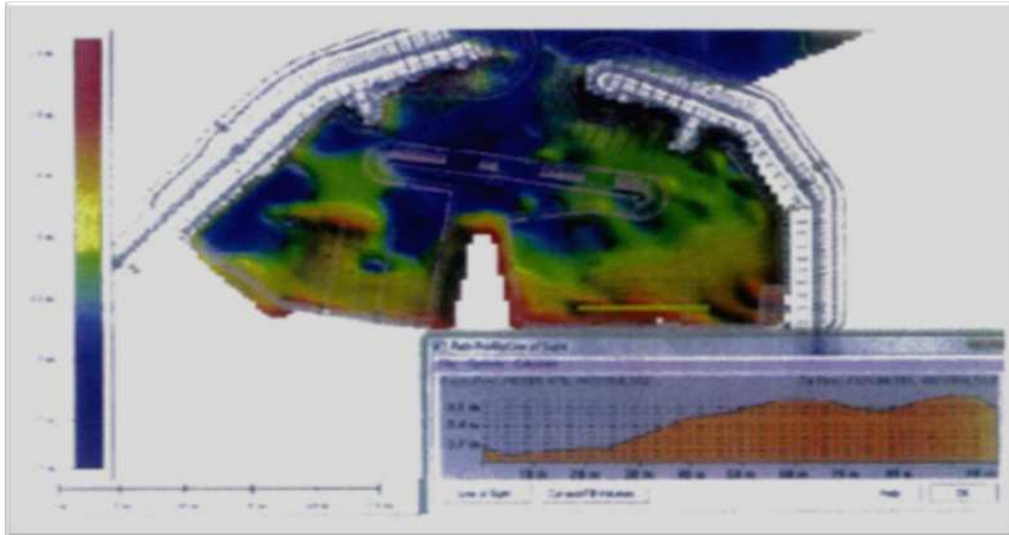
Même si la pratique des dragages n'est pas à remettre en cause, du fait des entraves à la navigation ou de l'incidence économique qui en résulteraient, elle ne peut être poursuivie qu'en prenant en considération les contraintes de préservation des écosystèmes côtiers. Il est reconnu que les immersions sont une voie de transfert des contaminations vers le milieu marin ; il convient donc de prendre les dispositions de nature à en limiter les impacts sur les écosystèmes.

Les impacts environnementaux ne pouvant être évités, mais il est important d'évaluer et de comparer les avantages des opérations de dragage aux conséquences prévisibles sur l'environnement. (Alzieu et al., 1999)

#### IV.1.1 Les poches de dragages dans le futur port d'El-Aouana



**Figure 4.1.** Limites de la zone à draguer au niveau de la passe d'entrée du port (102 108 m3)



**Figure 4.2.** Limites de la zone à draguer au niveau de bassin (11 245 m<sup>3</sup>) et

La souille (9610 m<sup>3</sup>) (L.E.M, 2011)

### IV.1.2 Nature des matériaux à draguer

Les sols de la zone à draguer sont mixtes essentiellement formés de matériaux de caractéristiques physiques homogènes avec dominance de sols fins en surface et sols grossiers en profondeur.

L'analyse granulométrique des sédiments révèle qu'il s'agit essentiellement de sédiments grossiers dont le fuseau de distribution va du grossier 266  $\mu\text{m}$  à 1880  $\mu\text{m}$  au plus grossier avec une médiane moyenne de 380  $\mu\text{m}$ .

### IV.1.3 Nature des matériaux dans la zone d'immersion

D'après les courbes granulométriques qui sont presque identiques, Les sols de la zone d'immersion présentent une homogénéité avec une granulométrie représentant les sables grossiers dont la médiane moyenne est de 877  $\mu\text{m}$ .

### IV.1.4 Matériel utilisé pour l'opération de dragage et de déroctage

Le dragage et le déroctage seront exécutés à l'aide d'un ponton autopropulsion équipé de grue d'excavation Sennebogen HD5L 6180 à une capacité de soulèvement de 180 tonnes avec un bras de 30 mètre de longueur.

## Chapitre IV : Dragage et Etude d'impact

Pour l'exécution de ces travaux, la grue sera équipée d'une benne à polype (grappin) Oléo-Dynamique à 4 valves avec une capacité de  $12 \text{ m}^3$ , apte pour l'excavation des roches mixtes et en alternative d'une benne à valves de  $7 \text{ m}^3$ , selon la nécessité de dragage.

Le manque de sable en quantités proportionnées et la présence des rochers éparpillés ne permettent pas l'emploi d'une benne classique bivalve de sable. Le ponton autopropulseur à une capacité de charge supérieur à 600 tonnes.

- **En cas de mer calme** : il peut être amarré sur pylônes automatisés,
- **En cas de mouvement houleux** : le ponton peut travailler, et le chaland peut naviguer à charge réduite.

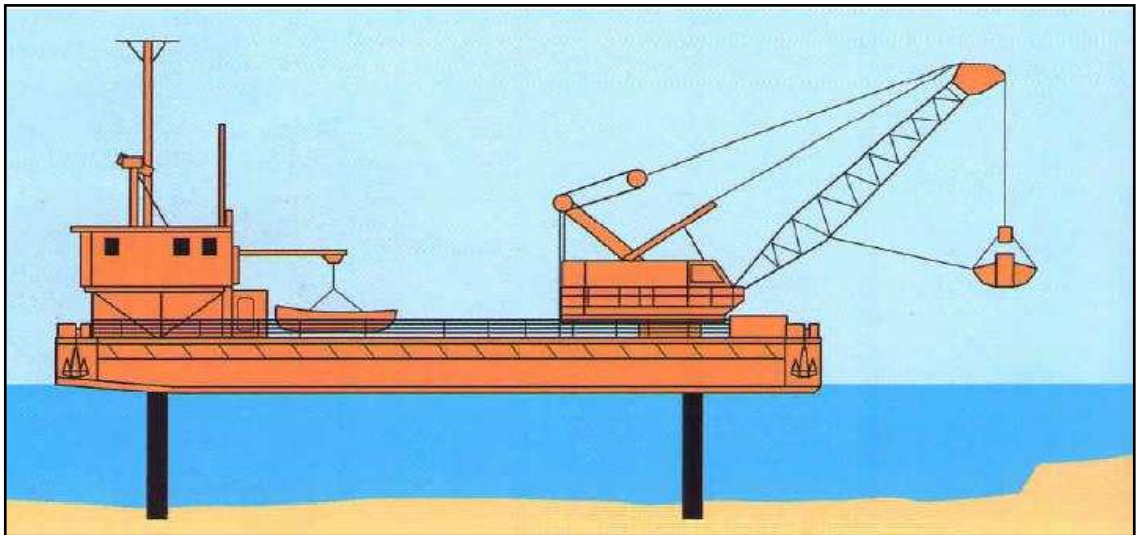


Figure 4.3. Drague à benne (Alzieu et al., 1999).

### IV.1.4.1 Capacité et cadence de l'opération

- Quantité quotidienne prévue :  $475 \text{ m}^3$  ;
- Quantité hebdomadaire :  $2850 \text{ m}^3$  ;
- Quantité mensuelle  $11875 \text{ m}^3$  ;
- Temps nécessaire pour le rejet : 1h30 mn ;
- Vitesse de l'engin pendant l'immersion : 7 milles/heure .

### IV.1.4.2 Chargement et déchargement

Le ponton autopropulseur est capable de se déplacer avec ces propres moteurs vers la zone de déchargement. L'exécution du déchargement se fait à l'aide de la grue, ou avec

## Chapitre IV : Dragage et Etude d'impact

chargeur gommé en poussant le matériel hors bord, et revenir sur le point précis de dragage à l'aide d'un logiciel de navigation dont il est doté

### IV.1.4.3 Transport lors de l'opération de chargement et de déchargement

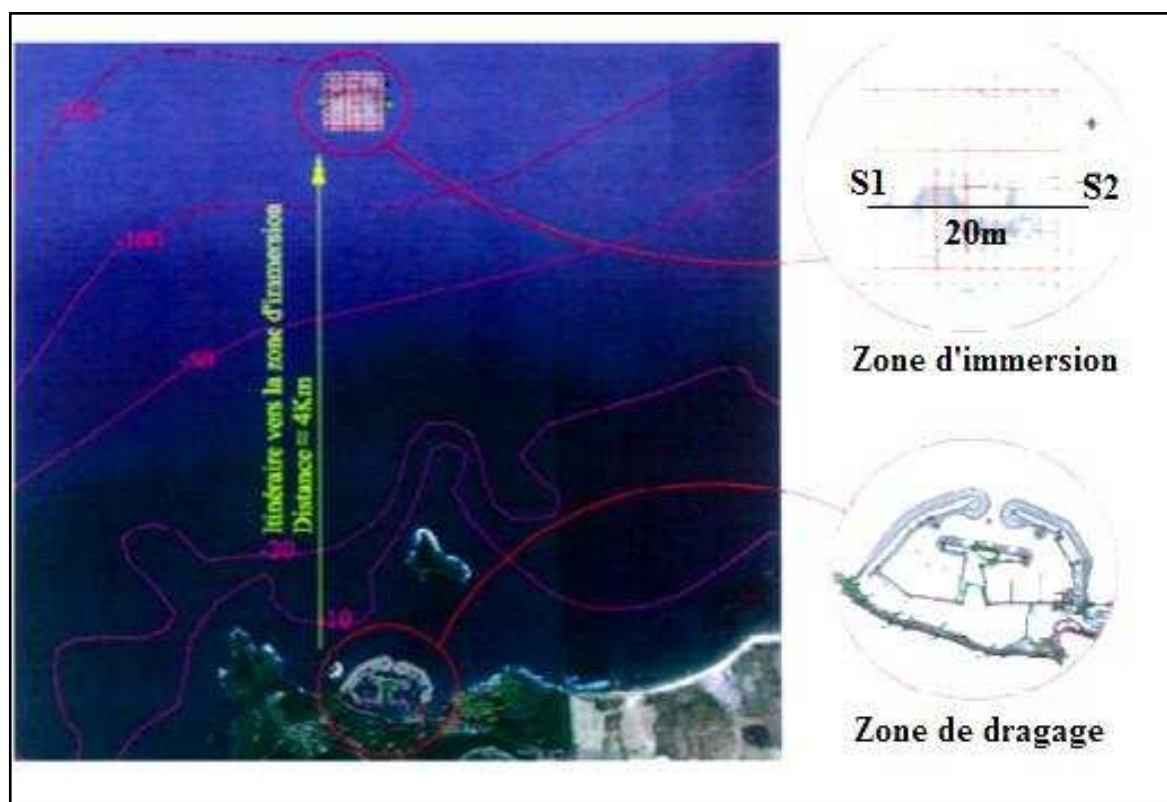
Le ponton avec excavateur prévoit la présence d'un chaland pour le transport des matériaux dragués.

### IV.1.4.4 Mise en dépôt des produits de dragage au point d'immersion

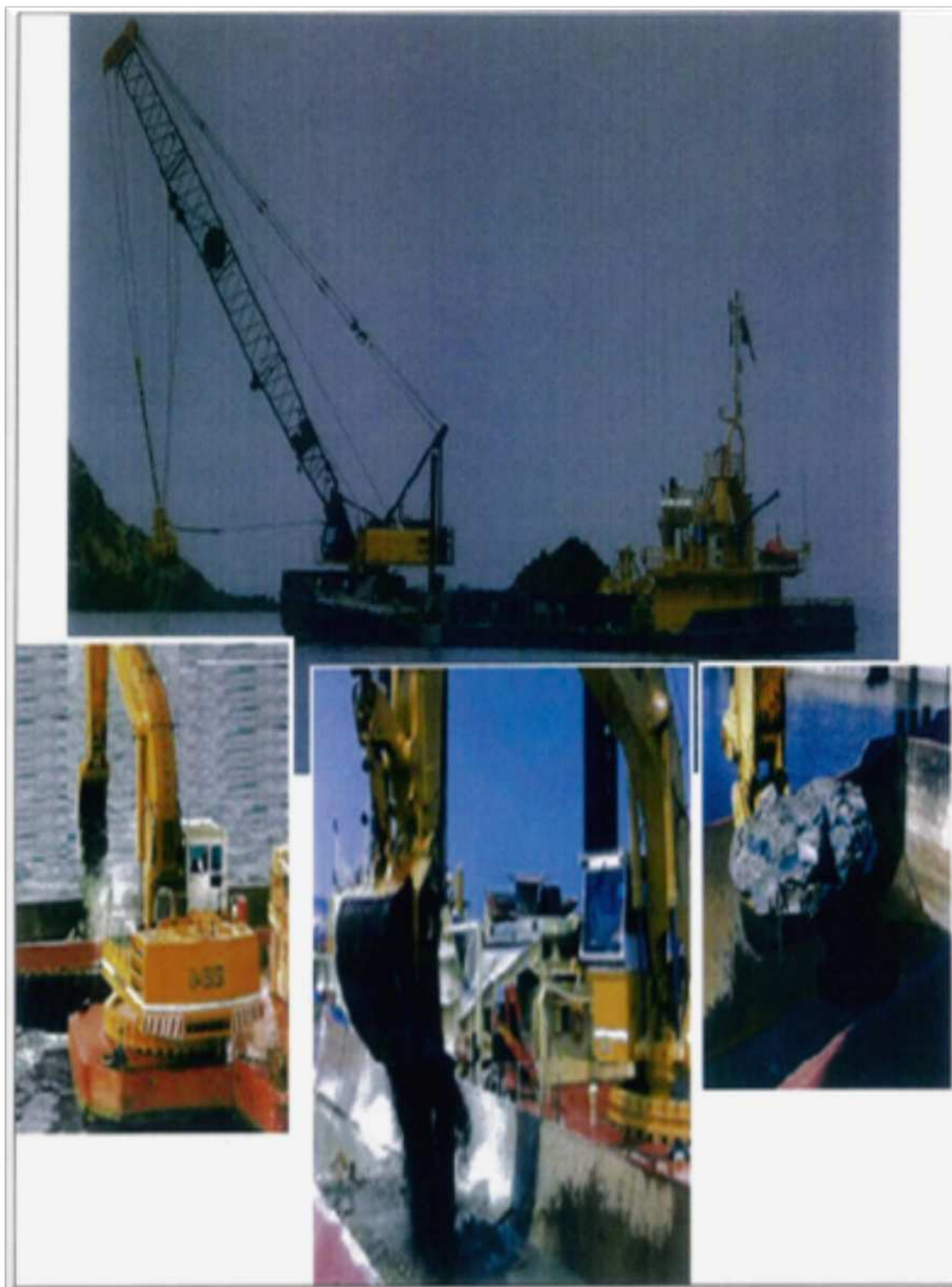
La prospection sous marine a permis d'identifier la présence d'un grand canyon sous marin, à environ 4 km au NNO de l'île de Cavallo.

Le fond marin aux voisinages immédiats de ce canyon, se caractérise par un flanc abrupte de (-32 m) jusqu'à environ (-65m). La profondeur chute rapidement pour atteindre des valeurs de (-160 m).

Les caractéristiques morphologiques particulières de la zone détectée présentent une activité plus importante des courants de fond qui permettent la distribution des matériaux.



**Figure 4.4.** Présentation du parcours de la drague du lieu de dragage vers la zone d'immersion



**Figure 4.5.** Déroulement de l'opération de dragage et le matériel préconisé.

## Chapitre IV : Dragage et Etude d'impact

---

### IV.2 Identification et analyse des impacts

La présente section a pour but objectif d'identifier et d'évaluer l'ampleur des répercussions environnementales pouvant découler du projet de dragage en mettant en relation les diverses composantes du projet avec les éléments sensibles du milieu récepteur.

#### IV.2.1 Méthodologie d'évaluation des impacts sur les milieux naturels et humains

En premier lieu, le projet a été divisé en ses principales composantes, puis celles-ci ont été confrontées aux différents éléments du milieu récepteur. Une fois que les impacts potentiels ont été décrits et analysés, des mesures d'atténuation, permettant de minimiser les impacts négatifs, ont été ensuite proposées.

Le bilan environnemental global du projet a été finalement déterminé sur la base de ces impacts résiduels.

##### IV.2.1.1. Composantes du projet

Le projet a été divisé en trois composantes principales susceptibles d'engendrer des conséquences sur les différents éléments du milieu. Ces composantes sont les suivantes :

- 1- Opération de dragage** : il s'agit des différentes activités liées au dragage et au dépôt des matériaux dans le chaland. Cette composante comprend également la présence des équipements chaland sur le site à draguer ;
- 2- Transport des matériaux** : cette composante comprend le transport par chaland des matériaux dragués depuis la zone draguée jusqu'à la zone d'immersion ;
- 3- Rejet en eau libre** : il s'agit du largage des matériaux dragués au site d'immersion à l'aide de la grue, ou avec chargeur gommé en poussant le matériel hors bord ;

##### IV.2.1.2. Évaluation de l'aspect technique de l'opération de dragage

La performance technique de l'engin liée à sa capacité d'extraction en fonction des propriétés physiques des sédiments (granulométrie, fluidité, viscosité) influençant la précision et la tolérance d'extraction des sédiments.

## Chapitre IV : Dragage et Etude d'impact

---

### IV.2.1.3. Évaluation environnementale

Il tient compte des principaux indicateurs environnementaux retenus dans le respect des normes en vigueur. L'évaluation intègre la notion de durée, d'étendue et d'intensité du phénomène pour évaluer par : **durée** : courte, moyenne, longue ; **étendue** : local, régional, globale ; **intensité** : faible, moyenne, forte.

### IV.2.1.4. Mesures d'atténuations et impacts résiduels

Après l'évaluation des impacts, en termes de type et d'importance, il est admis qu'un impact négatif peut souvent être corrigé partiellement ou entièrement à l'aide d'une ou plusieurs mesures d'atténuation.

Les mesures d'atténuation seront donc proposées et l'appréciation globale du projet sera effectuée sur la base des impacts résiduels.

### IV.2.2. Description des impacts

Pour chaque composante du projet, l'évaluation des impacts résiduels et les mesures d'atténuation sont données pour tous les aspects physiques, naturel, biologique, humain.

#### IV.2.2.1. Pendant l'opération de dragage et de transport

##### IV.2.2.1.1. Aptitude de l'engin par rapport à la nature des sédiments

Le tableau suivant indique les aptitudes de l'équipement préconisé du dragage par rapport à la nature du sol.

**Tableau 4.1.** L'aptitude de l'équipement préconisé le dragage par rapport à la nature du sol :

Type de sol	Degré d'aptitude
Blocs	-
Cailloux et/ou graviers	+
Gravier sableux	++
Sables moyens	++
Sables fins à très fins	++
Limons	+
Argiles compacts ou dures graveleuses sableuses	+
Argiles limoneuses compactées ou dures	+

**Degré d'aptitude** : (-) difficile ; (+) moyen ; (++) facile

### **IV.2.2.1.2. Évaluation environnemental**

#### **1. Evaluation de la qualité des eaux de mer**

Le choix de la drague à benne repose sur le fait que ce mécanisme permet de conserver la densité du matériel excavé. Les sédiments dragués conservent leur cohésion et restent en bloc. Le rejet en eau libre de matériau sous cette forme limite la quantité de matière dans la colonne d'eau, mais un fort hydrodynamisme provoque leur déplacement et la dispersion.

#### **2. Hydrodynamisme et bathymétrie**

L'opération de dragage peut avoir pour effet de changer la bathymétrie sur le site de dragage et changer aussi les conditions hydrodynamiques. Dans notre cas, le dragage a pour but l'excavation des matériaux pour augmenter la profondeur sur l'ensemble du site de dragage. Donc il y'aura un déséquilibre de régime de houle et de courant.

Compte tenu de la faible intensité de la perturbation, de son étendue ponctuelle, du milieu et de la durée temporaire des effets, l'impact des opérations de dragage sur l'hydrodynamique et la bathymétrie est jugé négatif avec une très faible importance.

#### **3. Qualité chimique des sédiments**

Une comparaison des résultats obtenus avec les valeurs algériennes recommandées par la direction de l'environnement montre que la zone à draguer au niveau du port d'El Aouana ne présente pas une pollution apparente en éléments métalliques.

Les matériaux de dragage sont analogues à ceux de la zone réceptrice, donc les effets sont minimisés. Les impacts sont réduits puisque les matériaux sont propres et à granulométrie similaire.

Les concentrations des contaminants potentiels dans les sédiments sont faibles, les effets du dragage sont principalement reliés à la mise en suspension de matière solide dans la colonne d'eau.

De telles répercussions n'occasionneront donc que des effets de courte durée et de faible intensité.

## **Chapitre IV : Dragage et Etude d'impact**

---

Malgré la faible intensité de cet impact, quelques mesures d'atténuation sont proposées pour réduire au maximum les pertes de sédiments. Ces mesures sont les suivantes :

1. vérifier l'étanchéité des compartiments de la drague pour éviter les pertes de sédiments.
2. Assurer une surveillance étroite des opérations pour vérifier que l'engin ne sera pas surchargé et les conditions de travail ne soient pas difficiles.

En plus de la remise en suspension des sédiments, des fuites accidentelles de produits pétroliers en origine de la machinerie, lors des ravitaillements ou à cause d'une panne du matériel, sont également susceptibles de contaminer l'eau. Des mesures d'atténuation seront mises en place afin de réduire ce risque de fuites et ses effets sur le milieu.

Ces mesures sont les suivantes :

- La machinerie et l'équipement seront vérifiés avant leurs arrivés sur le site de dragage pour réduire les risques de fuites d'hydrocarbures.
- Un plan d'urgence, en cas de déversement d'hydrocarbures, sera mis en vigueur dès le début des activités de dragage.
- La manipulation avec attention des produits pétroliers et entreposage dans un endroit sécurisé.
- Éviter le site de dragage dans le cas d'une réparation des machineries.

Compte tenu de l'intensité de la perturbation et de son étendue ponctuelle de cet élément, de la durée temporaire des effets et des mesures d'atténuation, l'impact des opérations de dragage sur la qualité de l'eau est jugé négatif et de faible importance.

Par ailleurs, les mesures d'atténuation qui seront appliquées réduiront l'importance de l'impact. L'impact négatif résiduel sera très faible et limité à la durée des travaux.

## Chapitre IV : Dragage et Etude d'impact

---

### IV.2.2.1.3. Évaluation de l'état du milieu à partir des indicateurs biologiques avant le rejet

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 trouvées. Les valeurs de référence suivantes, nous permettent de situer la richesse écologique de la zone d'étude.

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 358 et 135 au niveau de la zone d'immersion et entre 145 et 161 au niveau de la zone à draguer. Les valeurs écologiques sont moyennes à bonnes au niveau de la zone à draguer et de grandes valeurs au niveau de la zone d'immersion.

Les travaux de dragage soustrairont inévitablement une partie de la faune benthique de leur milieu en même temps que les sédiments extraits du site. Cette perte aura pour conséquence de créer un déficit pouvant affecter localement les communautés limitrophes.

Compte tenu de l'intensité moyenne de la perturbation, de son étendue ponctuelle, de la faible valeur attribuée à cet élément du milieu et de la durée permanente des effets, l'impact des opérations de dragage sur la faune benthique est jugé négatif.

#### 1. Faune ichthyenne

La vulnérabilité de la faune ichthyenne face aux travaux de dragage est en fonction de l'espèce et du stade de développement. En effet, les poissons sont des organismes mobiles capables d'éviter les secteurs où les conditions sont défavorables.

Compte tenu de la faible intensité de la répercussion de son étendue ponctuelle, et du fait que les travaux seront réalisés hors les périodes de fraie. Donc, aucun impact prévu sur la faune ichthyenne.

#### 2. Activité de pêche

Les zones de pêche régulières sont situées loin du secteur de dragage. L'impact de l'opération de dragage sur les activités de pêche est jugé nul.

### **3. Activité économique**

L'impact des travaux de dragage sur les activités économiques est jugé faiblement positif et limité à la durée des travaux.

### **4. Activité touristique**

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 est très forte.

#### **IV.2.2.2. Pendant le transport des matériaux**

##### **IV.2.2.2.1. Qualité de l'eau et sédimentologie**

Pendant le transport des matériaux vers le site de rejet, des fuites d'hydrocarbures pourraient survenir à la suite d'une panne du matériel. De la même manière que lors des opérations de dragage, les mesures d'atténuation comprennent :

- 1) une inspection des équipements pour déceler les fuites de produits pétroliers ;
- 2) la mise en vigueur d'un plan d'urgence, avec la présence d'une poche d'urgence de récupération de produits pétroliers rapidement abordable ;

Les pertes de matériaux durant le transport peuvent également se produire si le chaland est trop plein en période de mauvais temps. Afin de diminuer ces risques, l'opérateur de la drague devra s'assurer que le chaland ne soit pas trop rempli.

Compte tenu de l'intensité de la perturbation, de son étendue ponctuelle et de sa durée temporaire, cet impact est jugé faiblement négatif. L'impact résiduel en raison de l'application des mesures d'atténuation devrait être faiblement négatif et limité à la durée des travaux.

##### **IV.2.2.2.2. Activité touristique**

Compte tenu de sa faible intensité, de son étendue ponctuelle, de la valeur élevée attribuée aux activités touristiques et la durée temporaire du transport des matériaux, cet impact est jugé faiblement négatif et limité à la durée des travaux. Donc la même chose pour le transport des matériaux, il faut éviter la période estivale.

### IV.2.2.3. Pendant le rejet en zone d'immersion

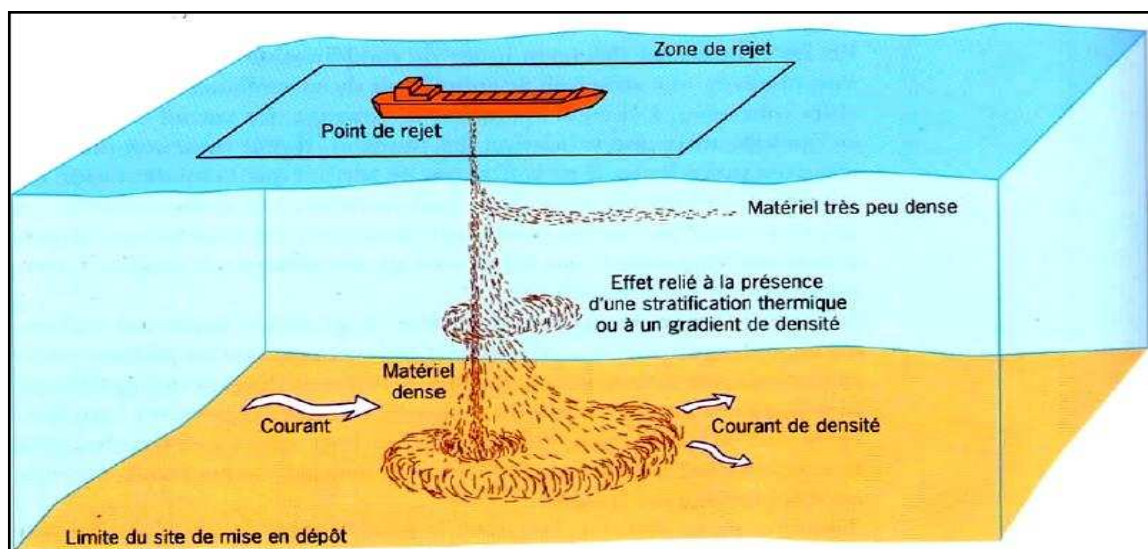
#### IV.2.2.3.1. Qualité de l'eau et de sédimentologie

Le contrôle des matières en suspension dans la zone de rejet requiert une attention toute particulière parce qu'il joue un rôle important dans la zone prévue pour l'immersion. Il est constitué de sables moyens à fins argileux/limoneux avec une prédominance de sédiments grossiers.

Par conséquent, les panaches de sédiments issus des travaux n'auront probablement pas un impact significatif au-delà d'une bande étroite du fond marin immédiatement adjacente au point d'immersion prévu.

**A titre indicatif :** La matière en suspension dont la taille moyenne est de 0.4 mm (sable moyen) et qu'elle se mélangera à la colonne d'eau jusqu'à 10 m au-dessus du fond marin dans un courant dont la vitesse moyenne sera de 0.1 m/s, le panache ne déplacera que sur une distance d'environ 20 m.

Dans le périmètre de dépôt et autour du point d'immersion, le panache recouvrira le fond marin et comme la matière sédimentaire est relativement similaire sur toute cette zone, il n'aura pas d'altération significative de la composition du fond marin.



**Figure 4.6.** Comportement des sédiments au cours d'un rejet de dragage (Truitt, 1988).

### 1. Zones sensibles

De la zone de dragage à la zone d'immersion, l'itinéraire traversera des zones sensibles (prairies), au voisinage immédiat de la zone de dragage, les zones subiront des dommages transitoires provoqués par le panache de sédiments en suspension qui sera déposé provisoirement sur le feuillage, réduisant ainsi la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau.

Les zones sensibles sont récupérées pendant quelques semaines. De plus, les espèces les plus couramment rencontrées dans les fonds marins où les concentrations de sédiments en suspension sont souvent naturellement élevées à cause de l'action des vagues et des courants.

Par conséquent, d'après les mesures adoptées pour limiter l'expansion des sédiments en suspension au-delà de la zone de dragage il n'y aura pas d'effets sur ces zones (zones sensibles).

### 2. Faunes benthiques

La faune benthique subira elle aussi les mêmes dommages à savoir, l'altération directe et les retombées de sédiments.

Sur ces profondeurs, ces effets sont temporaires puisqu'ils sont, dans leur ensemble, assez semblables à ceux produits par les tempêtes où la récupération de la plante a lieu dans l'année. En effet, il s'agit d'espèces naturellement adaptées aux fréquentes altérations du fond marin et de la colonne d'eau.

De plus, la zone concernée par l'immersion représente un périmètre relativement étroit et les populations ne sont pas introduites par le biais de ces déchets lors de leurs l'immersion.

**A titre indicatif :** Une étude menée sur une espèce benthique perturbée par des dragages intensifs de sable au large des côtes hollandaises montre que la recolonisation est effective au bout de trois ans environ (DE Groot, 1979). Donc, on estime que la récupération après les travaux devrait être beaucoup plus rapide. Mais on note que le temps de recolonisation par les espèces est très variable selon les conditions de site et la nature des déblais.

## Chapitre IV : Dragage et Etude d'impact

---

### 3. Activité de la pêche

L'itinéraire des chalutiers évite généralement cette zone déjà accidentée et considérée inchalutable, de plus les poissons évitent généralement les sources sonores et le seul bruit provoqué par les moteurs devrait les éloigner. Cette opération n'aura pas de répercussion significative. Aucun impact n'est prévu pour ce secteur.

### 4. Sécurité publique

Le périmètre de la zone d'immersion sera balisé et délimité par des bouées.

#### IV.2.2.4. Mesures compensatoires des impacts négatifs

Toute modification dans l'une des composantes d'un écosystème aura inexorablement un impact sur ce dernier, et vu l'importance du projet, les impacts sont inévitables et suscitent des modifications des composantes physiques, chimiques et biologiques, néanmoins des mesures compensatoires sont à prévoir afin de réduire au maximum les impacts négatifs.

Des mesures d'accompagnement sont proposées :

- 1) L'interdiction l'activité de pêche aux abords de la zone d'immersion pendant la période des travaux,
- 2) Un suivi rigoureux des facteurs physico-chimiques et bactériologiques est recommandé pour les zones concernées par le projet et ce pour élaborer une information continue à l'adresse des différents utilisateurs de ces zones.
- 3) La profondeur du site d'immersion (-160m) met ce dernier à l'abri des effets de courants générés par la houle. Le dépôt de matériaux de dragage sera faiblement remanié.

Pour éviter une utilisation excessive du lit de la mer, un seul point de rejet est proposé. Les coordonnées du point d'immersion proposées sont :

**Latitude : 36°48'56.00'' N Longitude : 05°35'73.50'' E**

Ces coordonnées représentent le centre d'un cercle de 20 m de diamètre.

Afin d'éviter une dispersion importante du matériel dragué, les opérations d'immersion doivent cesser dès que l'on constate que le panache turbide se dirige vers la côte.

## **Chapitre IV : Dragage et Etude d'impact**

---

La zone d'immersion doit être balisée et que l'immersion se fasse à l'emplacement indiqué.

En matière de contrôle et de suivi des opérations de dragage, il serait souhaitable d'effectuer un suivi de l'immersion par des observations visuelles directes.

Pour évaluer l'impact de l'immersion, il convient de comparer la qualité physique, chimique ou biologique des zones touchées par rapport à des zones de référence.

Pour cela, il est procédé à l'analyse de la faune benthique 06 mois et 12 mois après la fin des travaux. Une analyse chimique de sédiments des plages environnantes permettra de connaître l'impact réel des travaux d'immersion. Cette analyse portera sur les teneurs en métaux traces et hydrocarbures.

Concernant la préservation de la qualité de l'eau au niveau du site de projet, il est impératif de procéder à l'identification et la neutralisation de toutes les sources de pollutions qu'elles soient ponctuelles ou continues.

---

# **CONCLUSION GÉNÉRALE**

---

## Conclusion

---

### Conclusion

L'analyse de l'état initial du site montre que la zone d'étude se situe sur une côte rocheuse à l'état naturel et stratégique, elle se situe en contrebas de l'artère principale de la ville, cette zone présente également un intérêt écologique par sa richesse faunistique, floristique et touristique du fait de sa proximité du parc national de Taza.

Le développement de cette région peut contribuer à l'enrichissement économique de la région en favorisant la création d'emplois, et au désenclavement de la région si l'aspect environnemental est respecté et pris en compte.

Selon les normes algériennes Les sédiments à draguer présentent globalement des teneurs en métaux lourds bien en deçà des valeurs seuils normatives. Les teneurs globales en hydrocarbures aromatique polycyclique (HAP) sont également inférieures à la valeur seuil normative. Les rares valeurs dépassant ces normes s'expliqueraient par une contamination ponctuelle et limitée dans l'espace portuaire.

Après analyse des données biologiques, l'impact de l'opération d'immersion en mer sur la faune benthique peut être considéré comme négligeable car les produits destinés à l'immersion présentent, dans une large mesure, une granulométrie identique à celle des sédiments de la zone d'immersion ainsi qu'un faible risque pour que la faune benthique soit ensevelie par les dépôts au regard de la dynamique de la dispersion et de la sédimentation.

Le choix du site d'immersion a été dicté par des considérations environnementales et économiques liées à la préservation des zones d'intérêt écologique et halieutique. La position du site ainsi que sa profondeur (-160 m) permettent de réduire de manière sensible les impacts liés à la dispersion des particules (panaches turbides).

Les mesures réductrices prévues pour ce projet ont pour but de minimiser les effets des impacts négatifs liés aux travaux de dragage et d'immersion sur l'environnement.

## **Conclusion**

---

Les principales mesures réductrices pour le suivi environnemental portent sur :

1. L'établissement d'informations à l'adresse des différents usagers de la zone du projet,
2. L'établissement d'un suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologiques au niveau des plages à caractère balnéaire,
3. Le contrôle visuel des opérations d'immersion qui permet d'adapter la périodicité des rejets en fonction des conditions de dispersion régnants sur le site,
4. L'analyse de la faune benthique au niveau du site d'immersion 06 et 12 mois après la fin des travaux d'immersion.

---

# **BIBLIOGRAPHIE**

---

## Bibliographie

---

- **Alzieu .C.et al., 1999**, Dragage et environnement marin : Etats des connaissances. Plouzané : *Edition Ifremer*. (72, 96) p.
- **Alzieu C., Andre C., Bassoulet.P., Boutier.B., 2003**. Bio évaluation de la qualité Environnemental des sédiments portuaires et des zones d'immersion. Plouzané : Edition Ifremer .223p
- **Alzieu C.,Gallenne B.,1989**.actes du séminaire international sur les aspects environnementale liés aux activités de dragage-Nantes 27 novembre-1<sup>er</sup> décembre
- **Alzieu. C., Abarnou. A., Bassoulet. A., Boutuer. B., 1999**. Dragage et environnement marin : Etats des connaissances. Plousane : *Edition Ifremer* .223p.
- **Alzieu.C., 1999**: Dragage et environnement marine état des connaissances, page 12, 19,33, 69-70.
- **Audigie . C.L,Dupont .G, Zonszain .F., 1983**. Principe des méthodes d'analyse biochimique. *Ed C.N.E.X.O.*, Tome 2, pp28-33.
- **Audigie . C.L,Dupont .G, Zonszain .F., 1985a**. Principe des méthodes d'analyse biochimique. *Ed. DOIN*, Tome 1, 2<sup>ème</sup>, 190 p.
- **Audigie . C.L,Dupont .G, Zonszain .F., 1985b**. Principe des méthodes d'analyse biochimique. *Ed. DOIN*, Tome 2, 2<sup>ème</sup>, 190 p.
- **Auer M.T., Niehaus S.L., 1993**. Modeling faecal coliform bacteria. I. Field and laboratory determination of loss Kinetics. *Wat. Res.*, 27.
- **Bachouche .S, Belkessa. R, Houma .F. Amrouche.L., 2009**. Devenir et quantités des sédiments à draguer dans le port d'Alger. 2<sup>ème</sup> congrès international (eaux, déchets et environnement) union des pays de la méditerranée, El Djadida le 12 et 13 Nov. 2009.
- **Bakalam A., Ruellet T.and Dauvin J.C., 2008**.Benthic indices and ecological quality of shallow Algéria Fine sand community. *Ecological Indicators* .VOL 9, issue 3;395-408 pp. DOI:10.1016/j.ecolind.2008.05.008.
- **Bakalam., 2009**. Contribution a l'étude des peuplements benthiques du plateau continental algérien.these de Doctorat d'état en science de la nature .opt. Océanographie. USTHB, 677p
- **Belkessa R., Boulahdid M,Cherrad S E., 2004**.Effect of new coastal structure one the silting-up of sidi fredj port and problem posed by the quality, quantity and dumping of the dredged materiel.MWWD 2003- 3<sup>rd</sup> international conference on marine waste water disposal and marine Environment.IEMES 2004-1<sup>st</sup> International Exhibition on materials Equipment and Services. Catania (1) Sep .27-oct., 2004

## Bibliographie

---

- **Belkessa R., 2005.** Les ports algériens : ensablement, pollution et dragage des sédiments. These de doctorat. Université de Constantine, 412p
- **Belkessa.R, Houma.F., 2009:** pour une gestion intégrée du littoral de la côte de Bejaïa : impact de l'exploitation des sédiments fluviaux. Atelier International sur « la Gestion intégrée de la zone côtière » Izmir Turqui .20 octobre 2009
- **Bodennec .G, Pignet .P, Caprais .J.C., 1983.** Suivi chimique de la pollution pétrolière dans les eaux et les sediments.*Ed.C.N.E.X.O.*, Paris, 108p.
- **Boening DW., 2000** Ecological effects, transport, and fate of mercury: a general review. *Chemosphere* 40, 1335-1351
- **Boust , D.,Jouanneau , J.M. , & Latouche, C., 1981.** Méthodologies d'interpretation de teneurs totales en métaux traces contenues dans les sédiments estuariens et littoraux. *Bull. Ins.Géol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux, N°30, pp. 71-86.*
- **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. *EdDUNOD, Pari, 175p.*
- **C.O.I, (1982).** La détermination des hydrocarbures pétroliers dans les sédiments. *Manuels et guides, 11, Commission Océanographique intergouvernementale de l'Unesco, 31p.*
- **C.O.I, (1984).** Manuel sur la surveillance continue du pétrole et des hydrocarbures pétroliers dissous ou dispersés dans l'eau de mer et sur les plages. Procédures applicables à la composante pétrolière du système de surveillance de la pollution marine de la C.O.I. (MARRRPOLMON-P). *Manuels et guides 13, Commission Océanographique intergouvernementale de l'Unesco, 35p.*
- **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.*
- **Daget J., 1979.** Les modèles mathématiques en écologie. Masson, Paris, 112p.
- **Davies C.M., Long J.A.H., Donald M., Ashbolt N.J., 1995.** Survival of faecal microorganisms in marine and freshwater sediments.*Appl. Environ. Microbiol.*, 61.
- **Folk .R.L., Ward .W.C., 1957.** Brazos river bar: a study of significant of grain size parameters. *J.Sediment. Petrol.* 27: 3-26.
- **Forstner, U., & Salomons, W., 1980.** Utilization de quelques elements métalliques

## Bibliographie

---

- **Fôrstner, U., & Wittraad, G. T. W., 1983.** Métal pollution in the aquatic environment. Berlin: Springer-Verlag.
- **Gray J.F., Mc Intery A.D. Stirm J., 1992.** Manuel de la méthode de la recherche sur l'environnement aquatique, Evolution biologique de la pollution marine en égard en particulier au benthos. *Fao Doc Tech. Pêches*, 324,53p.
- **Gauthier M J., Munro P M., et Breittmayer., 1991.** adaptation des enterobactéries pathogènes a l'eau de mer (modèle E . Coli). *PNUE/OMS*, n° 49 :33-41.
- **HØi L., Dalsgaard I., Dalsgaard A., 1998.** Improved isolation of vibrio vulnificus from seawater and sediment with cellobiose-colistin agar. *Appl. Environ. Microbiol.*, 64.
- **Kennish, M.J., 2001.** Practical Handbook of Marine Science, 3<sup>rd</sup> Ed., CRC Press. Boca Raton.896p.
- **Keunish, M. J., 2001.** Practical Handbook of Marine Science, 3<sup>rd</sup> Ed., CRC Press, Boca Raton.896 p
- **Kim P.G., Park M.E., Sung K.Y., 2009.** Distribution of heavy metals in marine sédiments at the ocean waste disposai site in thé Yellow Sea, South Korea. *Geosciences Journal* Vol. 13, No. 1, p. 15. DOI 1 0. 1 007/s 12303-009-00
- **Kouadio t., Trefry J.H., 1987.** Sediments trace metals contamination in Ivory Coast, West Africa. *Water Air Soil Pollut*, 32:145-54
- **Laboratoire d'Etude Maritime** : étude d'impact de port de pêche et de plaisance à El-Aouana ; mission (3-4), mai 2005., (7-14.,17)p
- **Laboratoire D'Etude Maritime** : étude d'impact sur l'environnement du dragage du port de pêche et de plaisance d'el-Aouana, rapport, Mars 2011., 33, 34p.
- **Lacaze J-C, 1996.** La pollution des mers. *Edition: DOMINOS Flammarion, France, 128 P*
- **Larid.M., 2010** : cour d'aménagement de littoral .Alger .ENSSMAL :2-3 ; 18
- **Larsen, B., & Jensen, A., 1989.** Evaluation of the sensitivity on sediment monitoring stations in pollution monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, 20, 556-560.
- **Leclaire.L., 1972** : la sédimentation holocène sur le bassin méridional du bassin algéro-baléare (pré continent Algérienne).mémoire de mésuse national d'histoire naturel.
- **M.Guigo et al, 1991** : Gestion de l'environnement et étude d'impact collection géographie, Edit. Masson 231 pages

## Bibliographie

---

- **Marchand M., Martin j.L. 1985.** Détermination de la pollution chimique (hydrocarbure, organochloré, métaux) dans la lagune d'Abidjan (cote d'ivoire) par l'étude des sédiments. *Océanographie Trop.* 1 :26-39p
- **Marchand .M. 1983.** Estimation des hydrocarbures dans l'eau et les organismes marins par spectro-fluorométrie ultra-violet. *Manuel des analyses en milieu marin*, Ed. C.N.E.X.O., pp 329-336.
- **Moore J.W., Ramamoorthy S., 1984.** Heavy metals in natural waters : applied monitoring and impact assessment. Springer-verlag Edit., 268p
- **Neelson K.H., 1997.** Sediment bacteria : ho's there, what are they doing, and what's new *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 25.
- **Neff J.M., 1979.** polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment. Sources, fates and biological effects. Applied Science publishers LTd. Ripples road ,barking, Essex, England,262 p.
- **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
- **Paranza,P.,1974.**carta d'identita delle conchiglié del mediterrano Vol.II: bivalve,Ed biostara,Taranto,283p
- **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, problems généraux : application à l'analyse chimique. *Ed Masson (Paris)* : 508p.  
pour la reconstitution des mécanismes sédimentaires en méditerranée occidentale:apport du traitement statistique. *Thèse de doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle en Océanologie, université de perpignan*, 233p
- **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,

## Bibliographie

---

- Proceedings of a bioaccumulation Workshop. Water Board and Australian Marine Science Association Inc., Sydney).
- **Rebzani-Zahaf., 2003.** les peuplements macro-benthique des milieux portuaires de la cote Algérienne : Alger, Bejaia, et Skikda., thèse de doctorat.INS USTBH,242p
  - **Ringot J.L, 1982.** Etude de la répartition et l'origine de contamination des sédiments de la baie de Cannes - La Napoule par les métaux lourds, Vies journées d'études sur les pollutions marines en Méditerranée- Cannes, 2<sup>nd</sup> p.287
  - **Rivière .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.
  - **Schallenberg M.,Kalff J., 1993.** The ecology of sediment bacteria in lakes and comparison with other aquatic ecosystems. *Ecology*,74,919-934.
  - **Shannon C.E, Weaver W., 1949.** The mathematical theory of communication. Urbana Illinois, Univ. of Illinois Press, 117p.
  - **SSMO** : Summary of Synoptic Meteorologique Observation
  - **Truitt C.L., 1988.** Dredge material behaviour during open water disposai. *Jr Coast. Res.*,4,3,389-397
  - **Walker, C.H., Hopkin S.P., Sibly R.M., and Peakall D.b., 2001.** Principles of Ecotoxicology 2<sup>nd</sup> Ed. London: Taylor and Francis. 326p, ISBN 0-7484-0939-4.
  - **WHO. World Health Organisation, Geneva, Switzerland (2003).**, Guidelines for safe recreational water environments, volume I: *Coastal andfreshwaters*: 292 PP

---

# ANNEXES

---

**Tableau. AII.1** Diamètres des grains et appellations correspondants à la norme française

Diamètre Maximum	Appellation	Diamètre Minimum
200 mm	Caillaux	20 mm
20 mm	Graviers	2 mm
2 mm	Gros sables	0,2 mm
0,2 mm	Sable fins	20 $\mu$ m
20 $\mu$ m	Limons	2 $\mu$ m
2 $\mu$ m	Argile	< 2 $\mu$ m

**Tableau AII.2.** Conditions spectrophotométries et électrothermiques des métaux étudiés.

		Eléments					
		Hg	Pb	Cd	Cu	Zn	Mn
Longueur d'onde (nm)		253,7	283,3	228,8	324,8	213,9	279,5
Largeur de la fente (nm)		0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,2
Intensité (ma) (HCL)		19	8	6	5	5	5
Séchage	Vitesse de montée (°c/s)	–	20	20	–	–	–
	Température (°c)	–	110	110	–	–	–
	Temps (s)	–	40	40	–	–	–
Mise en Cendre	Vitesse de montée (°c/s)	–	20	20	–	–	–
	Température (°c)	–	400	350	–	–	–
	1ère phase						
	Temps (s)	–	20	30	–	–	–
	Vitesse de montée (°c/s)	–	15	15	–	–	–
	Température (°c)	–	560	460	–	–	–
Atomisation	2ème phase						
	Temps (s)	–	45	40	–	–	–
	Vitesse de montée (°c/s)	–	1	0	–	–	–
Atomisation	Température (°c)	–	2400	2200	–	–	–
	Temps (s)		5	6			
	Types d'atomisation	VF	FG	FG	FAA	FAA	FAA
		VF : vapeurs froides FG : four à graphite FAA : flamme air-acétylène HCL : lampe à cathode creuse					

**Tableau AII.3.** Valeurs guides proposées pour les métaux lourds (ug/g) par différent pays signataires de la convention d'Oslo. (Alzieu et *al*, 1999).

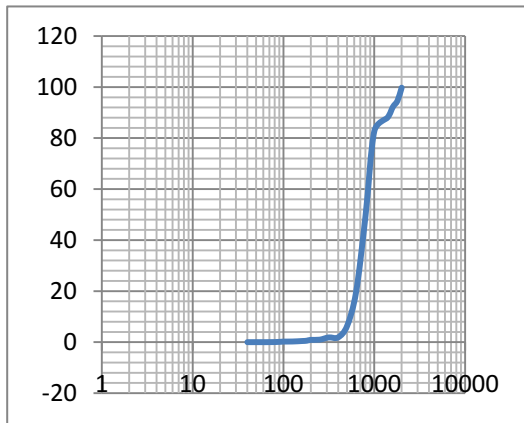
	<b>Allemagne</b>	<b>Belgique</b>	<b>Espagne</b>	<b>France</b>	<b>Pays bas</b>
<b>Arsenic</b>	30-150	36-150	80-200	25-50	24-29
<b>Cadmium</b>	2,5-12,5	3-7	1-5	0,2-2,4	0,8-4
<b>Chrome</b>	150-750	66-200	200-1000	90-180	100-120
<b>Cuivre</b>	40-200	65-91	100-400	26-36	36-60
<b>Mercure</b>	1-5	4-7	0,6-3	0,2-0,4	0,3-1,2
<b>Plomb</b>	100-500	400-600	120-600	20-40	85-110
<b>Nickel</b>	50-250	190-280	100-400	37-75	35-45
<b>Zinc</b>	350-1750	350-500	500-3000	140-200	140-365

**Tableau AII.4.** Tableau de Mc Grady (3 tubes/dilution).

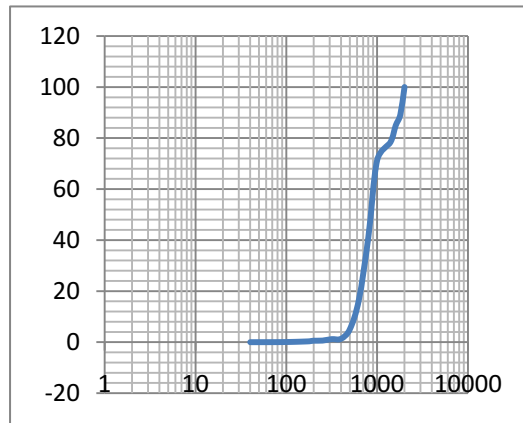
Nombre caractéristique	Nombre de microbes	Nombre caractéristique	Nombre de microbes	Nombre caractéristique	Nombre de microbes
000	0.0	201	1.4	302	6.5
001	0.3	202	2.0	310	4.5
010	0.3	210	1.5	311	7.5
011	0.6	211	2.0	312	11.5
020	0.6	212	3.0	313	16.0
100	0.4	220	2.0	320	9.5
101	0.7	221	3.0	321	15.0
102	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	0.9	301	4.0		

Figure AIII.1. Les courbes granulométriques :

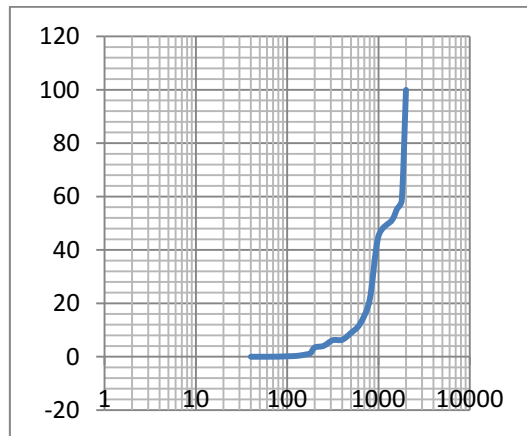
S1



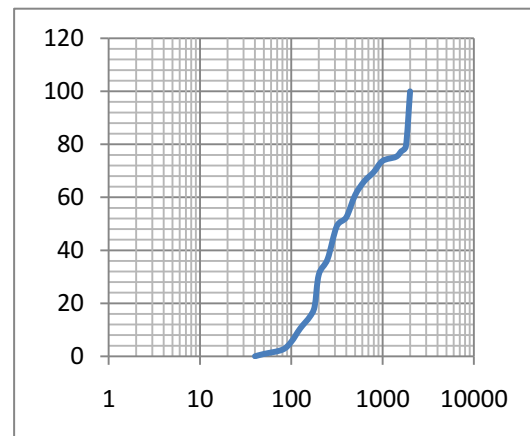
S2



P1



P2



P3

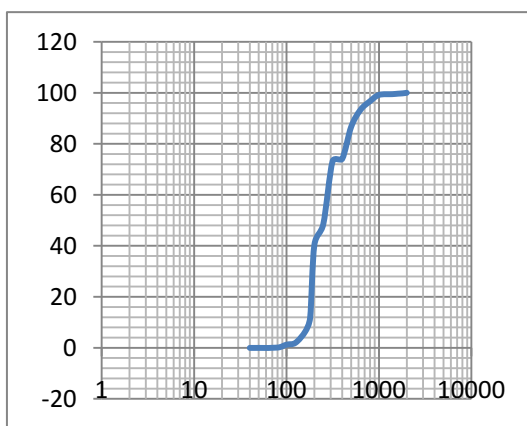


Tableau AIII.2. liste faunistique de la région d'El-Aouana :

Espèce/ stations	S1	S2	P1	P2	P3
<i>Abra alba</i> (M)	12	5	16	9	27
<i>Achanthocardia aculeata</i> (M)	1	1	1	0	4
<i>Achanthocardia paucicostata</i> (M)	5	2	4	0	3
<i>Addisonia excertrica</i> (M)	1	0	0	2	0
<i>Alexia mysosotis</i> (M)	2	0	0	0	0
<i>Alvania cimex</i> (M)	5	16	32	7	38
<i>Arca antiquota</i> (M)	7	0	0	0	0
<i>Arca lactea</i> (M)	8	0	0	0	0
<i>Astarte montagui</i> (M)	6	0	0	2	0
<i>Balanus perforatus</i> (C)	3	0	1	0	0
<i>Barleeia rubra</i> (M)	1	0	0	0	0
<i>Bittum reticulatum</i> (M)	13	0	2	0	0
<i>Calyptra sinensis</i> (M)	4	1	1	0	0
<i>Callista chione</i> (M)	5	1	3	0	0
<i>Calliostoma conulus</i> (M)	6	4	7	0	0
<i>Cancer pagurus</i> (C)	2	1	5	0	0
<i>Capitella capitata</i> (M)	7	0	0	0	0
<i>Carcinus mediterraneus</i> (C)	0	0	0	1	2
<i>Cardita aculeata</i> (M)	2	0	1	0	0
<i>Cardium edula</i> (M)	1	0	0	0	3
<i>Cardium exiguum</i> (M)	3	0	0	0	0
<i>Cardium nodosum</i> (M)	4	0	2	2	0
<i>Cardium oblongum</i> (M)	3	0	0	0	0
<i>Cardium papillosum</i> (M)	3	0	1	2	0
<i>Cerithium vulgatum</i> (M)	9	0	0	0	1
<i>Chlamys flexuosa</i> (M)	3	0	0	0	1
<i>Chrysallida spiralis</i> (M)	2	0	0	0	0
<i>Cingula pulcherrima</i> (M)	0	0	0	4	0
<i>Clanculus cruciatus</i> (M)	1	0	0	9	0
<i>Corbula gibba</i> (M)	8	3	1	0	4
<i>Cyclope neritea atra</i> (M)	2	1	1	1	1
<i>Diodora gibberula</i> (M)	0	1	0	1	0
<i>Diplodonta rotundata</i> (M)	1	1	0	0	1
<i>Divaricella divaricata</i> (M)	1	0	1	1	0
<i>Donax trunculus</i> (M)	0	1	1	1	1
<i>Donovania decorata</i> (M)	3	1	0	1	12
<i>Donovania minima</i> (M)	2	0	1	1	1
<i>Dosinia elegans</i> (M)	5	1	1	0	3
<i>Dosinia exolata</i> (M)	0	2	0	1	1
<i>Dosinia lupinus</i> (M)	9	1	1	0	0

<i>Etacna picta (P)</i>	17	26	0	2	1
<i>Eptonium tenuicosta (M)</i>	1	1	0	5	1
<i>Eulimella acicula (M)</i>	7	0	0	0	1
<i>Eumetula arica (M)</i>	1	4	1	3	2
<i>Eriphia spinifrons (C)</i>	0	0	2	0	1
<i>Fusus rostratus (M)</i>	3	1	0	0	1
<i>Gadtila garoti (M)</i>	7	0	0	1	6
<i>Gibbula albida (M)</i>	9	1	1	8	1
<i>Gibbula adriatica (M)</i>	16	1	0	1	0
<i>Gibbula varia (M)</i>	2	1	1	1	1
<i>Glossodoris gracilis (M)</i>	8	1	0	2	0
<i>Glossodoris purpurea (M)</i>	2	0	1	3	1
<i>Glycymeris glycymeris (M)</i>	11	1	0	1	1
<i>Glycymeris pilosa (M)</i>	13	1	1	0	0
<i>Halia priamus (M)</i>	2	0	0	0	0
<i>Halonitidula tenerae (M)</i>	2	0	1	0	1
<i>Hexaplex trunculus (M)</i>	0	1	1	1	1
<i>Hinia inpressata (M)</i>	1	0	3	1	0
<i>Hydrobia ulvae (M)</i>	0	0	1	0	5
<i>Lamellaria perspicua (M)</i>	0	1	7	0	3
<i>Lima lima (M)</i>	6	17	1	1	1
<i>Lima squamosa (M)</i>	1	1	1	1	1
<i>Loripes lacteus (M)</i>	9	0	1	3	1
<i>Loripes lupinus (M)</i>	2	0	0	1	1
<i>Mactra corallina (M)</i>	3	0	1	4	1
<i>Mytilaster lineatus (M)</i>	0	1	0	1	1
<i>Mytilus galloprovincialis (M)</i>	1	1	0	7	1
<i>Nassa donovani (M)</i>	1	3	18	0	0
<i>Nassa memilitata (M)</i>	1	2	0	3	0
<i>Nassa pellucida (M)</i>	7	1	0	1	3
<i>Nassa Pfeifferi (M)</i>	2	0	0	1	0
<i>Nassa ferussaci (M)</i>	9	0	1	0	1
<i>Nassa reticulata (M)</i>	0	2	3	0	0
<i>Natica mille punctata (M)</i>	0	0	1	0	0
<i>Nucula nucleus (M)</i>	2	0	0	5	0
<i>Odostomia conoidea (M)</i>	0	1	0	0	0
<i>Ostrea angulata (M)</i>	1	0	0	0	1
<i>Ostrea edulis (M)</i>	0	1	0	0	0
<i>Ovatella bidestata (M)</i>	2	0	1	0	0
<i>Paphia aurea (M)</i>	0	0	0	0	1
<i>Paphia chromioides (M)</i>	1	0	0	0	0
<i>Paphia rhomboides (M)</i>	3	0	0	0	0
<i>Pecten multistriatus (M)</i>	1	1	0	0	0
<i>Patella vulgata (M)</i>	7	2	0	0	1

## Annexe

<i>Petalla vulgata</i> (M)	3	1	0	1	0
<i>Pitaria rudis</i> (M)	0	0	0	0	1
<i>Polynices guilemini</i> (M)	0	0	0	1	0
<i>Rissoa lineata</i> (M)	1	0	0	0	3
<i>Rissoina meteoris</i> (M)	0	0	1	0	0
<i>Saxicava arctica</i> (M)	4	1	0	0	0
<i>Scobicularia plana</i> (M)	1	0	0	0	0
<i>Spisula subtruncata</i> (M)	4	0	0	0	0
<i>Tellina crassa</i> (M)	5	3	0	0	0
<i>Teredo navalis</i> (C)	5	1	0	0	0
<i>Thyasira sarci</i> (M)	1	0	0	0	0
<i>Turbonilla obliquata</i> (M)	3	0	1	0	0
<i>Turris emarginata</i> (M)	0	1	0	0	1
<i>Turris maravignae</i> (M)	0	0	0	1	1
<i>Turritella communis</i> (M)	1	1	1	1	1
<i>Tricolia pulla</i> (M)	4	1	0	0	0
<i>Tricolia speciosa</i> (M)	5	4	3	0	7
<i>Triphora perversa</i> (M)	1	0	0	1	1
<i>Tritia reticulata</i> (M)	2	0	0	1	0
<i>Turbonilla lactea</i> (M)	1	0	1	0	1
<i>Trochus adansonii</i> (M)	2	1	0	0	0
<i>Venerupis aurea</i> (M)	1	3	7	0	0
<i>Venus lamella</i> (M)	2	0	0	0	0
<i>Venus verrucosa</i> (M)	1	0	0	0	1
<b>Total</b>	358	135	145	108	161
<b>Densité</b>	1432	540	580	432	644
<b>Nombre d'espèces</b>	83	51	47	45	54
<b>H'</b>	4,85	3,96	4,35	4,71	2,60
<b>E</b>	0,572	0,560	0,606	0,698	0,355

### Légende :

(C) : Crustacés

(M) : Mollusques

H' : Indice de Shannon et Weaver

E : Indice d'équirépartition (Piélou)

**Tableau AIV.1. Synthèse de l'intensité et des mesures d'atténuation des impacts résiduels du projet**

Éléments du milieu	perturbation				Valeur de la ressource affectée	Importance De l'impact	Mesures d'atténuation	Impact résiduel
	intensité	entendue	durée	degré				
<b>Impact des activités de dragage et de transport</b>								
<b>Milieu physique</b>								
Hydrodynamique , bathymétrie et sédimentologie	Faible	ponctuelle	occasionnel le	Très faible	mineure	négligeable	Aucune	Négligeable
Qualité de l'eau	Fort/moyenne	Ponctuelle/régionale	occasionnel le	moyen	moyenne	mineure	Chargement de la drague à limiter le trop plein	Mineur
Qualité et nature des sédiments	Nulle	Nulle/aucun	Nulle/aucun	Nulle/aucune	moyenne	nulle	Aucune	Nul
Environnement sonore	Faible	locale	occasionnel le	Très faible	moyenne	négligeable	Aucune	Négligeable
<b>Milieu biologique</b>								
Flore	Moyenne	ponctuelle	occasionnel le	faible	moyenne	négligeable	Clôturer l'aire de dragage	Négligeable
Faune benthique	Moyenne	ponctuelle	occasionnel le	faible	moyenne	mineure	Aucune	Mineure
<b>Milieu humain</b>								
pêche	Faible	ponctuelle	occasionnel le	faible	mineure	mineure	Aucune	Nul
<b>Impact des activités d'immersion</b>								
<b>Milieu physique</b>								
Hydrodynamique , bathymétrie et sédimentologie	Faible	ponctuelle	occasionnel le	Très faible	mineure	négligeable	Aucune	Négligeable
Qualité de l'eau	Forte/moyenne	Ponctuelle/régionale	occasionnel le	moyen	moyenne	mineure	Charge à pour limiter les réserves	Mineur
Qualité et nature des sédiments	Nulle	Nulle/aucune	Nulle/aucune	Nulle/aucune	moyenne	nulle	Aucune	Nul
Environnement sonore	Faible	locale	occasionnel le	Très faible	moyenne	négligeable	Aucune	Négligeable
<b>Milieu biologique</b>								
Flore	Moyenne	ponctuelle	occasionnel le	faible	moyenne	négligeable	Délimiter la zone de dragage pour minimiser l'entendue de l'impact	Négligeable
Faune benthique	Moyenne	ponctuelle	occasionnel le	faible	moyenne	mineure	Aucune	Mineure
<b>Milieu humain</b>								
Pêche	Faible	ponctuelle	occasionnel le	faible	mineure	mineure	Aucune	nul

**Figure AI.2.10.** les rejets des eaux usées qui decoulent directement dans le port



**Figure AI.3.** Vu générale de futur port d'El-Aouana



### **Textes législatifs :**

Loi n°83-03 du 05 février 1983 relative à la protection de l'environnement.

Loi n°02-02 du 05 février 2002 relative à la protection et à la valorisation du littoral.

Loi n°03-10 du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

Loi n°11-02 du 17 février 2011 relative aux aires protégées dans le cadre du développement durable.

Loi 01-19 du 12/12/2001 relative à la gestion ; au contrôle et à la protection de et la valorisation du littoral.

Décret n°88-228 du 5 novembre 1988 définissant les conditions, procédures et modalités d'immersion des déchets.

Décret exécutif n° 07-145 du 19/05/200. Déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement.

Décret exécutif n°09-88 du février 2009 relatif au classement des zones critiques du littoral.

Plan d'action pour le méditerranée – lignes directrices pour la gestion des matériaux de dragage PNUE 1999.

Convention d'Oslo du 15 février 1972 pour la prévention de la pollution des mers par les opérations d'immersion.

Convention de Londres du 29 décembre 1972 sur la prévention de la pollution des mers par les opérations d'immersion.

La convention internationale pour la protection des végétaux, signée à Rome le 06 décembre 1951, révisé par la résolution 14/79 de la conférence de la FAO, tenu du 10 au 29 novembre 1979 : adhésion de l'Algérie (décret présidentiel n°85-112 du 07 mai 1985).

Protocole concernant les aires spécialement protégés et la diversité biologique en Méditerranée : signé par l'Algérie le 10 juin 1995.