

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

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



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

OPTION : AMENAGEMENT DU LITTOAL

Thème :

**Etude de recherche d'un site d'immersion pour les
produits de dragage dans la baie de Jijel**

M. BIAD Kouider

Soutenu le 22/10/2014 devant le jury suivant :

M^{me} BOUBECHICHE. Z	Maitre assistant A	(ENSSMAL)	Présidente
Mr BELKESSA. R	Professeur	(ENSSMAL)	Promoteur
M^{me} BENALI. M	Doctorante	(VERT ET BLEU)	Co-promotrice
M^{me} BENTCHIKOU. L	Maitre assistant A	(ENSSMAL)	Examinatrice
Mr DRICHE. M	Maitre de conférences B	(ENSSMAL)	Examineur

Remerciements

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

Nous remercions Madame **BOUBCHICHE. Z**, maître assistant A (ENSSMAL), qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury.

Nous remercions Monsieur **BELKESSA. R**, professeur 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 madame **Bentchikou. L**, Maître assistant A (ENSSMAL), Monsieur **Driche. M**, Maître de conférences B (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 : au personnel de la bibliothèque de l'ENSSMAL, 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 sueur

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 ma grand-mère.

A mes sœurs Naziha, Fahima, Madjda.

*A toute ma famille ainsi la famille Bouzzekar et la
famille Farsi et la famille Mekhari.*

*A tous mes chers amis(es) en particulier Malik,
Moussa, Walid, Redouane, Sofiane, Aicha, Dhahbia,
Fatiha, Fayrouz, mahjouba, Radia, Romaissa.*

Mes professeurs de l'ENSSMAL

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

Kovider

Liste des acronymes

A.F.N.O.R :	Association Française de NOR malisation.
C.O.I :	Commission Océanographique Intergouvernemental .
ENSSMAL :	Ecole National Supérieur des Sciences de la Mer et l'Aménagement de Littoral .
GEODE :	Groupe d' Etudes et d'Observation sur les Dragages et l'Environnement .
GIZC :	Gestion Intégrée de la Zone Côtière .
HAP :	Hydrocarbure Aromatique Polycyclique .
LEM:	Laboratoire d' Etude Maritime .
O.N.M :	Office National de Météorologie .
OSPAR :	OSlo-PARis .
P.N.U.E :	Programme des Nations Unies pour l'Environnement .
SFUV :	Spectro Fluorimétrie Ultra-Violet .
UTM :	Universel Transverse de Mercator .
U.V :	Ultra-Violet .

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 Niveau de référence selon les lignes directrices d'OSPAR.....	15
Tableau 2 Présentation de l'ouvrage d'accostage.....	23
Tableau 3 Coordonnées des points de prélèvements(UTM).	29
Tableau 4 Concentration des standards ($\mu\text{g/ml}$).	33
Tableau 5 Concentration des solutions standards utilisées ($\mu\text{g/ml}$).....	37
Tableau 6 Concentrations normales des métaux lourds dans les sédiments selon les normes GEODE.....	38
Tableau 7 Classification des grains de sable	40
Tableau 8 Variation de teneurs en hydrocarbure dans le site de dragage (mg/kg).....	42
Tableau 9 Résultats des analyses de différentes concentrations en métaux lourds en (mg/Kg).	43
Tableau 10 Les résultats d'analyse granulométrique (en %).	48
Tableau 11 tableau comparatif des deux variantes.....	53

LISTE DES FIGURES

Figure 1 Drague à benne.	13
Figure 2 Drague à godets.....	13
Figure 3 Drague à pelle.	13
Figure 4 Drague aspiratrice stationnaire.....	14
Figure 5 Drague aspiratrice en marche.....	14
Figure 6 Situation géographique de la wilaya de Jijel.....	22
Figure 7 Présentation du port de Djen Djen.	23
Figure 8 Morphologie sous-marine de la baie de Jijel.....	25
Figure 9 Localisation des stations de prélèvements d'échantillons de sédiments au niveau du port. ...	29
Figure 10 Les étapes de traitement du mercure.....	31
Figure 11 (a, b, c) Droites d'étalonnage des standards en équivalents chrysène.....	34
Figure 12 Lyophilisateur (modèle CHRIST Beta 1-8).....	35
Figure 13 Variation de concentration en hydrocarbures dans le site de dragage (mg/kg).....	42
Figure 14 Variation de concentration de cuivre dans le site de dragage (mg/kg).	44
Figure 15 Variation de concentration de chrome dans le site de dragage (mg/kg).	44
Figure 16 Variation de concentration de cadmium dans le site de dragage (mg/kg).	45
Figure 17 Variation de concentration de plomb dans le site de dragage (mg/kg).	45
Figure 18 Variation de concentration de nickel dans le site de dragage (mg/kg).....	46
Figure 19 Variation de concentration de zinc dans le site de dragage (mg/kg).....	47
Figure 20 Variation de concentration de mercure dans le site de dragage (mg/kg).	47
Figure 21 Drague à benne.	50
Figure 22 Comportement des sédiments au cours d'un rejet de dragage.	51
Figure 23 Localisation des zones d'immersions.	52

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....

CHAPITRE I : GENERALITES

I.1.	Définition.....	13
I.1.1.	Les techniques de dragage.....	13
I.1.1.1.	Les dragues mécaniques.....	13
I.1.1.2.	Les dragues aspiratrices.....	13
I.1.1.3.	Les barres niveleuses.....	14
I.1.1.4.	La technique de l'injection.....	14
I.1.2.	Réglementation à propos du dragage.....	14
I.1.2.1.	Réglementations internationales et européennes.....	14
I.1.2.2.	Réglementations nationales.....	16
I.1.3.	Le devenir des sédiments dragués.....	16
I.1.4.	Les techniques de rejets.....	17
I.1.4.1.	Immersion en mer.....	17
I.1.4.2.	Dépôt terrestre.....	17
I.1.4.3.	Dépôt côtier.....	18
I.1.4.4.	Immersion au large des géoconteneurs.....	18
I.1.4.5.	La valorisation des déblais de dragage.....	18
I.1.5.	Impact des produits de dragage sur l'environnement marin.....	18
I.1.5.1.	L'impact sur le fond.....	19
I.1.5.2.	L'impact sur la granulométrie des sédiments.....	19
I.1.5.3.	Effet toxique résultant de la décomposition des organismes enfouis.....	19
I.1.5.5.	L'impact sur la production primaire.....	19
I.1.5.6.	L'impact sur les poissons.....	19
I.1.5.7.	Pollution par les micropolluants organiques ou minéraux.....	20
I.1.5.8.	L'impact sur le milieu durant l'opération de dragage.....	20
I.1.6.	Mesures compensatoires.....	20
I.1.7.	Contamination chimique des sédiments.....	21
I.2.	Présentation de la zone d'étude.....	21
I.2.1.	Situation géographique.....	21
I.2.2.	Présentation du port.....	22
I.2.2.1.	Caractéristiques techniques du port (avant extension).....	23
I.2.3.	Principales caractéristiques de la zone d'étude.....	23
I.2.3.1.	Topographie.....	23
I.2.3.2.	Hydrographie.....	24
I.2.3.3.	Morphologie sous-marine.....	24
I.2.4.	Données climatiques.....	25
I.2.4.1.	Température.....	25
I.2.4.2.	La pluviométrie.....	26
I.2.5.	Facteurs hydrodynamique.....	26
I.2.5.1.	Le vent.....	26
I.2.5.2.	La houle.....	26
I.2.5.3.	Les courants.....	26
I.2.5.4.	Impact des houles sur le port de Djendjen.....	26
I.2.5.5.	Transit sédimentaire.....	27

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

II.1.	Consistance des travaux	29
II.2.	Prélèvement des sédiments	30
II.3.	Analyses au laboratoire	30
II.3.1.	Analyse des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)	30
II.3.1.1.	Protocole d'analyse des hydrocarbures polyaromatiques	30
II.3.1.1.1.	Lyophilisation	30
II.3.1.1.2.	Broyage	30
II.3.1.1.3.	Homogénéisation	30
II.3.1.1.4.	Extraction	30
II.3.1.1.5.	Concentration de l'extrait	30
II.3.1.1.6.	Elimination des composés soufrés/ traitement au mercure	31
II.3.1.1.7.	Purification et fractionnement	31
II.3.1.2.	Méthode d'analyse des hydrocarbures polyaromatiques	31
II.3.1.2.1.	L'excitation	31
II.3.1.2.2.	L'émission	32
a)	Principe de la spectrofluorimétrie ultra-violet (SFUV)	32
b)	Appareillage	32
c)	Etalonnage de l'appareil	32
d)	Préparation des standards	32
e)	Limite de détection	33
f)	Mesure des intensités de fluorescence	33
g)	Analyse spectrale	33
h)	Mode de calcul des concentrations	34
II.3.2.	Analyse des métaux lourds	34
II.3.2.1.	Nettoyage des instruments	34
II.3.2.2.	Lyophilisation	34
II.3.2.3.	Broyage et tamisage	35
II.3.2.4.	Homogénéisation	35
II.3.2.5.	Extraction des métaux lourds	35
II.3.2.6.	Digestion ou minéralisation	35
II.3.2.7.	Protocole expérimental	35
II.3.2.7.1.	Minéralisation des échantillons	35
II.3.2.8.	Analyse des métaux lourds par spectrophotométrie d'absorption atomique	36
II.3.2.8.1.	Principe de la Spectrométrie d'Absorption Atomique	36
II.3.2.8.2.	La loi de Beer-Lambert	36
II.3.2.8.3.	Etalonnage	37
II.3.2.9.	Calcul des concentrations des métaux lourds	37
II.3.2.10.	les normes GEODE	37
II.3.3.	Analyse granulométrique	38
II.3.3.1.	Mode opératoire de l'analyse granulométrique	38
II.3.3.2.	Traitement des données	39
II.3.3.2.1.	Les indices granulométriques	39
II.3.3.2.1.1.	Les paramètres centraux	39
a)	La médiane	39
b)	Les quartiles	39
II.3.4.	Le benthos	40

II.3.4.1. Etude de la faune benthique.....	40
II.3.4.2. Prélèvement	40
II.3.4.3. Méthode d'analyse	40
II.3.4.3.1. Tamisage, tri et détermination	40

CHAPITRE III : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

III.1. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	42
III.2. Métaux lourds.....	43
III.2.1. Les résultats d'analyse des concentrations en métaux lourds	43
III.2.1.1. Teneur en Cuivre (Cu)	44
III.2.1.2. Teneur en chrome (Cr).....	44
III.2.1.3. Teneurs en cadmium (Cd)	45
III.2.1.4. Teneur en plomb (Pb)	45
III.2.1.5. Teneur en nickel (Ni).....	46
III.2.1.6. Teneur en zinc (Zn)	47
III.2.1.7. Teneur en mercure (Hg).....	47
III.3. Résultat et interprétation de l'analyse granulométrique	48
III.4. Benthos	49
III.5. Le dragage	50
III.5.1. Quantités et nature des matériaux à draguer	50
III.5.2. Méthode de dragage	50
III.5.3. Méthode d'immersion	51
III.6. Identification d'un site d'immersion	51
III.6.1. Caractérisation des variantes d'immersion	52
III.6.1.1. Caractérisation de la zone d'immersion V1	52
III.6.1.2. Caractérisation de la zone d'immersion V2	52
III.7. Le choix du site d'immersion	53

CONCLUSION GENERALE.....

BIBLIOGRAPHIE.....

ANNEXES.....

INTRODUCTION GÉNÉRALE

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 publiques 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 ces sédiments contaminés à un coût supportable, conduit à privilégier des stratégies de prévention : contrôle accru sur la zone de dépôt et leur environnement. **(Alzieu, C 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.

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 m³ de sédiment doivent être enlevés pour l'ensemble des ports et seront pour la plupart immergés. **(Belkessa, 2005)**.

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, Clark 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 effets, la solution la plus communément employée pour se débarrasser des sédiments dragués était le largage en mer.

Le but de ce travail est de trouver un site d'immersion pour les produits de dragage du port le plus performant en Algérie c'est le port de Djen Djen (Jijel) qui est entrain de subir une extension.

Ce mémoire est organisé comme suit : pour

Après une introduction générale, on présente dans un premier chapitre des généralités sur tout ce qui concerne le dragage 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 de la pollution par les métaux lourds, des hydrocarbures polycycliques...etc., et par le choix du site d'immersion terminer enfin avec une conclusion générale.

CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS

I.1. Définition

Le dragage est un terrassement exécuté sous l'eau au moyen d'un engin flottant ; il comprend les trois phases classiques d'une opération de terrassement : extraction du déblai, transport, mise en dépôt. Ces diverses phases pouvant être assurées par le même engin ou des engins distincts. (Chapon1975)

I.1.1. Les techniques de dragage

Le type de dragage le plus approprié pour les sédiments du bassin portuaire est le dragage par aspiration. On distingue généralement les dragues mécaniques et les dragues aspiratrices; deux autres méthodes de dragages seront présentées : les barres niveleuses et les techniques d'injection d'air ou d'eau dans les sédiments.

I.1.1.1. Les dragues mécaniques

Les sédiments dragués sont déversés dans le puits à déblais de la drague, dans un chaland ou à terre. Les pertes de matériaux par remise en suspension ou par mauvaise fermeture de la benne sont notables dans le cas de dragage de sédiments fins non cohésifs ; le rendement de ces dragues s'améliore pour des sédiments cohésifs. Ces dragues sont utilisées dans des zones difficiles d'accès (bordures de quais, bassins étroits) et peuvent travailler jusqu'à des profondeurs de 25 m (dragues à godets) à 30 m (dragues à benne).

Dans le cas de dragage de sédiments cohésifs, les matériaux récoltés sont généralement assez compacts (formation de blocs) et peu chargés en eau.

On peut faire cette technique par trois types de drague:

- drague à benne.
- drague à pelle.
- drague godets.

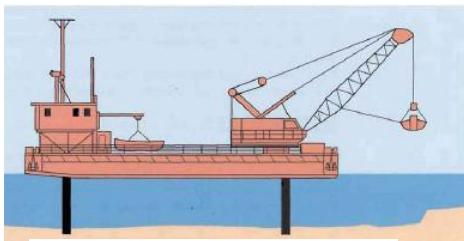


Figure 1 Drague à benne.

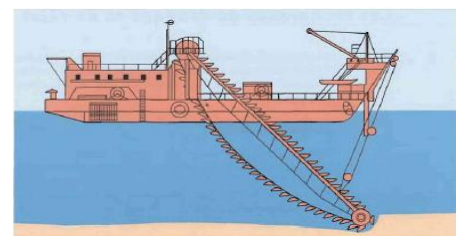


Figure 2 Drague à godets.

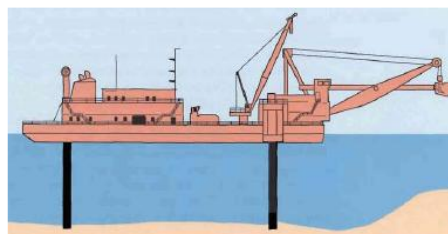


Figure 3 Drague à pelle.

I.1.1.2. Les dragues aspiratrices

Un mélange d'eau et de sédiment est aspiré par des pompes centrifuges au travers d'un long tube (élinde) muni d'un embout (bec d'élinde). La mixture est refoulée, selon les dragues, dans un puits, dans un chaland ou dans des conduites allant vers une zone de dépôt. Le volume du puits peut atteindre 4 000 m³. La profondeur de dragage est inférieure ou égale à une trentaine de mètres.

L'efficacité du dragage peut être accrue par l'adjonction d'un désagrégateur (sorte de fraise ou de roue-pelle) au niveau du bec d'élinde ; ce dernier système entraîne une augmentation des remises en suspension au niveau du fond lors des opérations de dragage.

Dans la drague aspiratrice on trouve deux types:

- drague aspiratrice stationnaire.
- drague aspiratrice en marche.

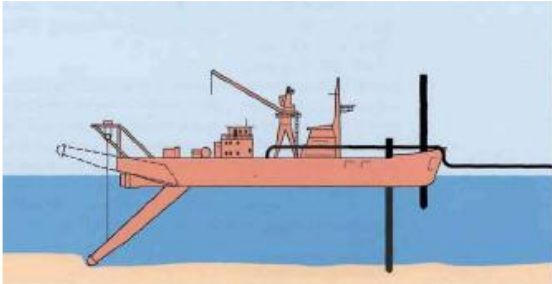


Figure 4 Drague aspiratrice stationnaire.

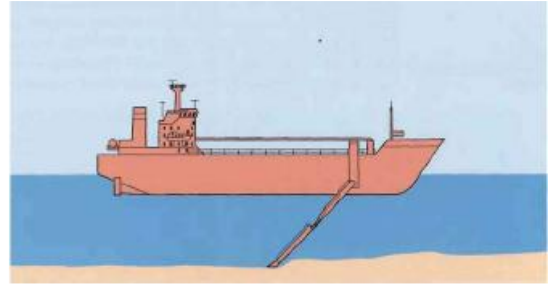


Figure 5 Drague aspiratrice en marche.

I.1.1.3. Les barres niveleuses

Il s'agit d'équipements tractés par des remorqueurs qui régularisent le fond. Ces barres niveleuses sont utilisées soit après passage de dragues aspiratrices qui laissent subsister des sillons, soit pour agrafer des barres sableuses.

I.1.1.4. La technique de l'injection

Cette technique consiste à fluidiser le sol par application d'eau sous pression ou d'air comprimé; le sédiment est alors remis en suspension et peut être véhiculé par les courants. (Alzieu et al., 1999)

I.1.2. Réglementation à propos du dragage

I.1.2.1. Réglementations internationales et européennes

L'importante disposition existant au plan mondial est la convention de Londres du 29 décembre 1972, réglementant la prévention de la pollution des mers par l'immersion des déchets.

Au plan régional (Nord Europe), l'Algérie qui a adhéré le 17 janvier 1981 à la convention de Barcelone du 16 février 1976 adoptée à Barcelone et entrée en vigueur le 12 février 1978. Cette convention est basée sur le protocole relatif à la prévention de la pollution de la mer méditerranée pour les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronefs.

La prévention de la pollution des mers par les opérations d'immersion est cadrée par la convention d'Oslo du 15 février 1972, à laquelle s'est substituée, depuis le 25 mars 1998 (OSPAR, 1998), la convention de Paris du 22 septembre 1992 pour la protection du milieu marin de l'atlantique du Nord-Est. Cette convention a été ratifiée par l'union européenne.

Dans une approche globale, la convention de Paris de 1992, dite convention d'OSPAR, stipule que peuvent être immergés les matériaux de dragage, pour autant que ceux-ci répondent aux critères, lignes directrices et procédures adoptés par les parties contractantes. Toute substance dont l'immersion est envisagée doit faire l'objet de la part des autorités nationales compétentes soit d'un permis au titre de la convention de Londres de 1972 et du protocole « immersion » de la convention de Barcelone, soit d'une autorisation, au titre de la convention de Paris 1992 ou d'une réglementation conforme aux critères, lignes directrices et procédure adopté par les parties à la dite convention.

Quatre types de permis peuvent être attribués :

- Permis spécifique.
- Permis spécifique dérogatoire au principe d'interdiction.
- Permis spécifique en cas d'urgence.
- Permis général.

Les lignes directrices OSPAR, fixent des seuils de contamination à partir desquels doit être appréciée l'incidence de l'opération sur le milieu. (**Ifremer, 2003**)

- Niveau 1 : valeur au-dessous de laquelle l'immersion peut être autorisée sans étude particulière, mais au-dessus de laquelle des études plus approfondies que la simple analyse physico-chimique doivent être entreprises. Dans ce dernier cas, une évaluation écotoxicologique globale du sédiment par un ou plusieurs tests de laboratoire peut être demandée par les services chargés d'instruire la demande du permis d'immersion.
- Niveau 2 : valeur au-dessus de laquelle l'immersion est susceptible d'être interdite s'il n'est pas apporté la preuve qu'elle constitue la solution la moins préjudiciable pour l'environnement.

Ces niveaux de référence sont regroupés dans le tableau 1

Tableau 1 Niveau de référence selon les lignes directrices d'OSPAR.

Métaux	Niveau 1	Niveau 2
As	25	50
Cd	1,2	2,4
Cr	90	180
Cu	45	90
Hg	0,4	0,8
Pb	100	200
Ni	37	74
Zn	276	552

Polychlorobiphényles	Niveau 1	Niveau 2
CB 28	0.025	0.05
CB 52	0.025	0.05
CB 101	0.05	0.01
CB 118	0.025	0.05
CB 138	0.05	0.01
CB 153	0.05	0.01
CB 180	0.025	0.05
PCB totaux	0.5	1

L'union européenne ne dispose pas à ce jour de réglementation spécifique commune à tous les états membres sur les sédiments de dragage (**Mannino et al., 2002**). Elle considère ces matériaux comme des déchets et ils doivent suivre les directives propres aux déchets. La directive du 1999 définit des valeurs seuils pour les essais de lixiviation et de percolation qui permettent de classer les déchets en trois catégories : inerte, non dangereux et dangereux. En conséquence de ces directives, l'analyse de la gestion des sédiments après enlèvement se heurte à la définition de la notion de déchet. (Bachouche, 2010)

I.1.2.2. Réglementations nationales

Toute opération d'immersion effectuée à partir d'un port algérien relève de la loi n° 83-03 du 05 février 1983 relative à la protection de l'environnement au chapitre III intitulé « protection de la mer » concernant les articles 48 à 52. Le dossier de demande d'autorisation d'immersion est adressé au ministre chargé de l'environnement selon l'article 49 concerné par les opérations de dragage. Après enquête publique, on peut proposer des règlements et autoriser le déversement, l'immersion ou l'incinération en mer, dans les conditions telles que les opérations garantissent l'innocuité et l'absence de nuisance du déversement, de l'incinération ou de l'immersion. La réglementation algérienne en matière de dragage et d'immersion s'appuie, actuellement, sur le décret n° 88-228 du 05 novembre 1988, définissant les conditions et modalités d'immersion de déchets susceptibles de polluer la mer, effectuées par les navires ou aéronefs, à prendre en compte lors d'une analyse de sédiments marins ou portuaire, publié au J.O le 09 novembre 1988.

Article 2: il est stipulé que « toute opération d'immersion susceptible de polluer la mer doit se faire dans le cadre des dispositions de la loi n°83-03 du 05 février 1983 susvisé et celles contenues dans le protocole relatif à la prévention de la pollution de la mer méditerranée par les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronefs, fait à Barcelone, le 16/02/1976 ratifié par le décret 81-02 du 17 janvier 1981 susvisé ».

Article3 : en application à l'article 48 de la loi 83-03 du 05 février 1983 susvisé, l'immersion de déchets sous toutes ses formes est interdite :

1°) « lorsque les déchets contiennent une ou plusieurs substances énumérées à l'annexe 1 du protocole relatif à la prévention de la pollution de la mer Méditerranée par les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronefs, fait à Barcelone, le 16 février 1976,... ». 2) « dans les zones maritimes présentant des intérêts particuliers du point de vue de la sécurité et sur les plans économiques et écologiques... ».

Article 8: Conformément aux dispositions de l'alinéa 2 de l'article 94 de la loi n° 83-03 du 5 février 1983 susvisée, le ministre chargé de l'environnement est fondé à réclamer au demandeur de permis tout complément de justifications portant sur :

- les résultats des analyses des échantillons de déchets faites les conditions qu'il aura déterminées cas par cas et pour lesquels la demande de permis d'immersion est présentée;
- les études qui lui paraissent nécessaires, sur notamment l'état biologique et écologique du milieu marin dans la zone où l'immersion est projetée et au voisinage de celle-ci;

I.1.3. 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.

Les sédiments peuvent techniquement être mis en dépôt à terre, sous l'eau ou sur des îles.

Toutefois, les dispositions liées à la protection de l'environnement marin contre les risques écologiques potentiels des immersions tendent à privilégier les dépôts terrestres.

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. **(Belkessa et Houma, 2009)**

I.1.4. Les techniques de rejets

Les variantes existantes pour le dépôt des produits de dragages sont comme suit:

- immersion en mer.
- dépôt terrestre.
- dépôt côtier.
- immersion au large des géoconteneurs.
- la valorisation des déblais de dragage.

I.1.4.1. Immersion en mer

C'est l'option 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'immersion, qui est choisie selon les critères suivants:

- L'éloignement des cotes.
- Profondeur suffisamment importante pour que les sédiments ne soient pas repris par les courants (profondeur 100m et plus).
- Le site d'immersion doit être en dehors des zones d'intérêt écologique et halieutique.

Malgré les précautions 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, a 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 (bactéries, kystes de phytoplanctons toxiques, ...) qu'ils contiendraient 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
- 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 point fixe et unique soumis à des conditions hydrodynamiques favorisant la dispersion, soit le clapage en marche dans un périmètre établi, le clapage favorisant lui-même une certaine dispersion. **(Alzieu et al., 2003)**

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 usages des zones concernées. La description de l'état initial dans l'étude d'impact propre aux zones d'immersion devra, par exemple, recenser les zones d'importance halieutique (frayère, nourricerie, zones de pêche), les zones d'intérêt environnemental, les sites de Cultures marines proches (concessions conchylicoles, piscicoles,.....), les zones de baignade, les zones de prise d'eau, ainsi que d'une façon générale les zones économiques et de loisirs.

I.1.4.2. Dépôt terrestre

Dans le cas de volumes limités, les dépôts à terre de sédiments à faible teneur en eau peuvent se faire directement à la benne ; plus généralement ces dépôts à terre sont réalisés à l'aide de conduites de refoulement. Les sédiments peuvent être placés dans des chambres de dépôt qui permettent leur consolidation et facilitent par exemple la réalisation de terrepleins portuaires.

Cette approche entrainerait de lourds problèmes relatifs au risque de contamination des nappes phréatiques.

I.1.4.3. Dépôt côtier

Les options pour les dépôts côtiers en Algérie sont celles qui concernent en l'implantation de digues d'encloture au voisinage du port. Les caractéristiques des digues sont déterminées en fonction de la quantité des sédiments à déposer et des conditions hydrodynamiques.

Après savoir effectué une étude de l'état initial du site de dépôt et des capacités d'accueil. Un projet d'une digue d'encloture est entrepris. Elle sera imperméable aussi bien du coté mer que verticalement afin d'éviter les fuites de polluants en mer. Le fond de la décharge côtière sera recouvert d'une membrane synthétique afin d'empêcher toute contamination de la nappe phréatique.

La digue doit être suffisamment haute pour éviter les franchissements en cas de tempêtes.

Pour empêcher l'oxygénation du sédiment, l'évaporation de polluants et le dégagement d'odeurs nauséabondes, le sédiment doit être toujours recouvert d'un mètre d'eau environ.

Après tassement adéquat, on peut étaler une couche de sable d'une épaisseur de 30cm à 50cm sur le sédiment pollué. Si les conditions permettant l'installation d'une décharge sont réunies, l'impact sur l'environnement est minime.

La gestion à terre des déblais issus de dragages portuaires peut être envisagée sous forme de deux types de gestion bien distincts:

- la valorisation des déblais, piste à privilégier dans un esprit développement durable.
- en cas d'impossibilité, une mise en stockage définitif de ces déblais dans des installations est recommandée. (**Bachouche, 2010**)

I.1.4.4. Immersion au large des géoconteneurs

Les sédiments sont déposés dans des conteneurs à parois synthétiques. Les parois internes et le fond de la barge qui servira à l'immersion doivent être tapissés d'un tissu géotextile. Grâce à une pompe hydraulique, on refoule les produits dragués jusqu'à remplir la barge. On confine hermétiquement ces produits pour obtenir un géoconteneur en tissu géotextile dont les extrémités sont cousues. Le géoconteneur sera clapé au large dans un site choisi dont on aura déterminé la pression (pour éviter des déchirures). (**Bachouche, 2010**)

I.1.4.5. La valorisation des déblais de dragage

La quantité de sédiments demandés sur le plan national pour la construction ou pour l'utilisation comme sédiment de reprofilage des plages sont très réduites. Les sédiments dragués peuvent faire l'objet de moyens palliatifs. Ils sont souvent recherchés pour réduire les couts de dragage et répondre à un besoin en matériaux. Trois types d'utilisation sont envisageables :

- Amendements pour les sols agricoles (épandage).
- Emploi comme matériaux de construction primaires (sables) ou élaborés (brique).
- Remblaiement pour la réalisation d'infrastructures. (**Alzieu et al., 1999**)

I.1.5. Impact des produits de dragage sur l'environnement marin

A l'extérieur de la zone portuaire, les principales altérations qui sont susceptibles de subir les organismes marins seront dues aux rejets de dragage. Les effets du déversement en mer, de rejet de

dragage intéresseront à la fois la colonne d'eau et le fond. Ils se caractérisent essentiellement par les phénomènes suivants:

- Un enfouissement des organismes benthique sous les sédiments déversés.
- Création d'un nuage turbide plus ou moins dense car le sédiment à draguer est de nature vaseux avec le risque de dispersion au niveau de la zone de dépôt.
- Une apparition temporaire des zones déficitaire en oxygène dissous.
- Un accroissement momentané des teneurs en sels nutritifs.

I.1.5.1. L'impact sur le fond

Les effets de dragage sur les organismes benthiques dépendent de la nature physique de matériel rejeté en particulier, la taille des particules sédimentaire.

I.1.5.2. L'impact sur la granulométrie des sédiments

Des études ont mis en évidence les relations étroites qui existent entre la granulométrie des sédiments et la composition spécifique des peuplements qui les colonisent. En général, on peut s'attendre à une modification de la biomasse (poids de la matière organique par unité de surface) et la composition spécifique des peuplements, si on altère la qualité granulométrique des sédiments c'est-à-dire, si on ajoute une quantité importante de vase sur des fonds.

I.1.5.3. Effet toxique résultant de la décomposition des organismes enfouis

Les organismes qui n'ont pu échapper à l'enfouissement vont se décomposer et relarguer dans les milieux des composés toxiques issus de cette décomposition qui pourrait, le cas échéant empêcher pendant plusieurs mois à la colonisation du nouveau substrat.

I.1.5.4. L'impact sur la colonne d'eau : accroissement de la turbidité

Le nombre de particules en suspension, leur nature chimique (taux de matière organique), peuvent avoir des conséquences telles que la diminution du taux de filtration des bivalves, le colmatage des branchies, la capacité d'adsorption des polluants.

I.1.5.5. L'impact sur la production primaire

Dans les études relatives aux effets de la turbidité et des matières en suspension sur le développement des populations phytoplanctoniques, l'aspect le plus souvent aisé est celui qui se refaire à la réduction de l'activité de photosynthèse due à l'interférence des matières en suspension avec la pénétration de la lumière.

La diminution éventuelle de l'activité photosynthétique de phytoplancton peut être compensée partiellement ou totalement par le relarguage dans le milieu, des sels minéraux provenant de la remise en suspension des sédiments par le dragage.

Néanmoins, dans les eaux particulièrement limpides, une diminution de la transparence de l'eau altère profondément les peuplements tels les herbiers de posidonies.

I.1.5.6. L'impact sur les poissons

Des études ont montrés l'absence totale de dommage pour les poissons, même à proximité des opérations de dragage. D'une manière générale, les poissons évitent la zone ou la turbidité est trop importante.

I.1.5.7. Pollution par les micropolluants organiques ou minéraux

De nombreux auteurs ont mis en avant la possibilité de relargage de polluants tels que les métaux lourds et les P.C.B associés à des sédiments contaminés.

Diverses études ont montrés que les métaux lourds sont adsorbés à la fois sur les oxydes ferriques et sur les sulfures ferreux.

De plus, les métaux sont coprécipités à la fois dans les oxydes ferriques et les sulfures ferreux, ce qui laisse envisager que les phénomènes de relargage de sédiments vers la colonne d'eau sont peu probables et que les métaux seront absorbés, coprécipités et incorporés dans les sédiments.

I.1.5.8. L'impact sur le milieu durant l'opération de dragage

Il s'agit d'une période transitoire qui peut occasionner des impacts non négligeables.

Les activités liées à la pêche seront relativement affectées par l'emprise des travaux. Une information devra être prévue pour les pêcheurs concernant les consignes de prudence (manœuvre dans le port) et d'hygiène.

Concernant les odeurs, elles sont dues aux gaz réducteurs contenus dans la vase qui est restée immobile pendant un temps relativement long au fond du port.

L'odeur caractéristique est celle due aux composés soufrés contenus dans le sédiment.

I.1.6. Mesures compensatoires

Durant les opérations de dragages, à proximité de la passe d'entrée du bassin portuaire, il y aura dispersion des particules fines et rejets d'eaux surverse, d'où ces dernières peuvent se retrouver à l'extérieur du port avec l'échange existant entre le port et la mer.

A fin d'éviter cela, il est conseillé au moment du dragage, de placer un écran de vase au niveau de la passe d'entrée pour éliminer cet échange.

L'écran de vase est un tissu de polymère (géotextile) robuste et flexible.

L'écran doit être ancré dans un sens ou dans l'autre et gardé en position verticale jusqu'à la surface par des flotteurs.

Des mesures réductrices sont à prévoir, accompagnées d'informations exhaustives à l'adresse des différents utilisateurs du milieu marin (pêcheurs, poissonniers, baigneurs, personnel du port...) avant, pendant et après les différentes opérations de dragage et d'immersion.

Tous les déblais de dragage, pollué ou non, ont un impact physique important au point d'immersion. Cet impact se caractérise par un recouvrement du lit de la mer et par l'étouffement des organismes benthiques.

Il est probable que des phénomènes physiques ou chimiques se produisent, il est nécessaire d'étudier la structure de la communauté benthique dans la zone où le matériau de dragage se disperse, quoique la reconstitution des colonies dans les zones d'immersion soit souvent rapide.

Dans le cas des effets chimiques, il peut être nécessaire d'étudier la qualité chimique de la biote, dont le poisson. Pour pouvoir évaluer l'impact, il convient de comparer la qualité physique, chimique ou

biologique de la fosse, par rapport à une zone de référence située à l'écart du lieu d'élimination des matériaux de dragage.

Le gène apporté à la migration ou au frais des poissons ou des crustacés, ou à la pêche saisonnière, peut être évitée en imposant un calendrier aux opérations d'élimination.

Enfin, la drague portuaire doit être régulièrement contrôlée au port afin de s'assurer qu'elle est équipée d'un matériel adéquat (si la zone d'immersion n'est pas balisée), que l'équipage sait qu'il est important que l'immersion se fasse à l'emplacement voulu et que les déchets volumineux soient bien retirés des déblais afin d'être éliminés ou récupérés.

I.1.7. Contamination chimique des sédiments

Les sédiments côtiers et estuaires renferment de nombreuses substances dont certaines présentent un caractère toxique affirmé : métaux lourds, hydrocarbures polyaromatiques, 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 microbiologique 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).

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 port de Djen Djen, les différents paramètres qui ont été analysés sont les suivants :

- Les hydrocarbures polyaromatiques.
- Les métaux lourds.
- La granulométrie.
- Le benthos.

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

I.2. Présentation de la zone d'étude

I.2.1. Situation géographique

S'étalant sur une superficie de 2.396,63 km², avec une façade maritime de 120 Km, la wilaya de Jijel est comprise entre les méridiens 5°25 et 6°30 Est de Greenwich, et entre les parallèles 36°10 et 36°50,

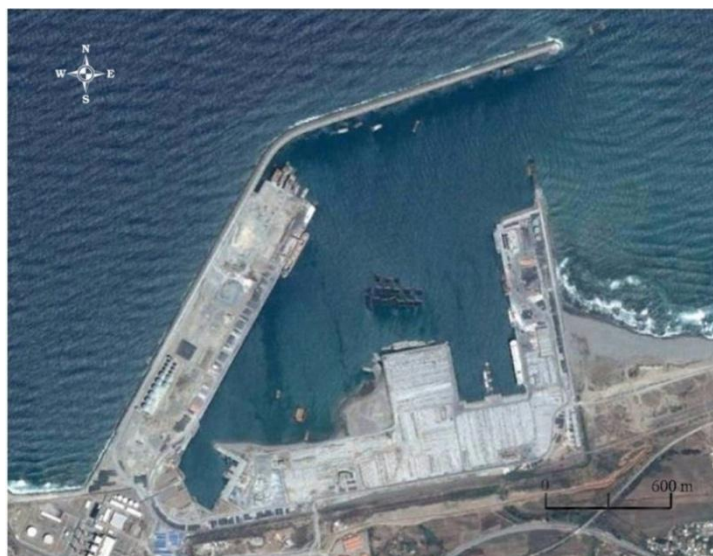


Figure 7 Présentation du port de Djen Djen (Google earth, 2014).

L'entreprise sud coréenne Daewoo Engineering, en charge du projet, procède au prolongement des jetées nord et est, respectivement de 400 et 250 mètres, en posant des caissons en béton, et en aménageant une plage absorbante protégée par des enrochements, en plus de la pose d'une nouvelle signalisation maritime sur les ouvrages protégés adoptés aux nouvelles conditions d'accès au port.

Cette position lui confère un rôle privilégié dans le futur terminal de transbordement de conteneurs qui est en cours de réalisation de jouer pleinement son rôle comme axe pour les trafics transcontinentaux.

I.2.2.1. Caractéristiques techniques du port (avant extension)

Le plan d'eau est protégé par deux digues, dont les longueurs sont respectivement de 3000 m, et 900 m, pour les digues d'Ouest et d'Est. (www.DjenDjen-port.com)

Dans cette conception:

- Passe d'entrée de 560 m.
- Chenal d'accès de -19,30 m de tirant d'eau.
- Cercle d'évitage de -18,80 m de tirant d'eau.
- Surface du bassin de 180 ha.

Tableau 2 Présentation de l'ouvrage d'accostage (source: www.djendjen-Port.com)

Désignation	Longueur	Largeur	Tirant d'eau	Surface terre-plein
Quai général Cargo	770 m	200 m	-11 m	15 ha
Quai mixte	250 m	300 m	-11 m	7,5 ha
Quai ouest	1060 m	300 m	Entre -10,50 m et -18,20 m	30 ha dont 6 ha revêtus
Quai roulier	03 rampes	03 rampes	-11 m	9 ha

I.2.3. Principales caractéristiques de la zone d'étude

I.2.3.1. Topographie

Les caractères topographiques essentiels de l'arrière pays de la baie de Jijel et des régions limitrophes se résument dans :

- Une première ligne de reliefs, de direction W-E, est indiquée par une succession de crêtes reliant le chaînon de Dj. Tamesguida à l'ouest à celui d'El Kantour à l'Est ;
- Une deuxième ligne de reliefs est matérialisée par une série de crêtes orientées N-S ; allant de celle de Dj. Beni khattab à l'ouest jusqu'à celle de Dj. El Gouffi à l'est.

Ces petits massifs côtiers sont entaillés par de profondes vallées et d'innombrables ravins de même direction (vallées des oueds Z'hor, El Kebir, Nil, Jen Jen et Mencha). Ils sont également parcourus par des oueds permanents qui débouchent en mer à quelques kilomètres uniquement de leur source. Sur la façade occidentale de la baie, la continuité vers la mer de ces petits massifs côtiers, aux sommets relativement élevés, est interrompue par des petites plaines littorales et sub-littorales ; l'exemple le plus frappant est celui de la plaine de Jijel-Taher située à l'ouest de la baie.

Cette disposition des reliefs autour de la baie de Jijel ne peut se justifier, à notre sens, qu'à travers l'organisation globale des grandes unités géologiques présentes dans cette région. (**Boutiba, 2006**).

I.2.3.2. Hydrographie

La wilaya de Jijel est caractérisée par deux principaux versants. Ces bassins versants sont constitués essentiellement par un ensemble d'espaces de montagnes (Beni Abbes, Taddar, Seddat, Sendouh, Harouda ...), de plaines (Plaine de Oued Mencha, Oued Bouradjarah, plaine de Jijel, Taher, chekfa...) et des piémonts.

I.2.3.3. Morphologie sous-marine

La baie de Jijel s'ouvre largement sur environ 50 km de cap de Jijel à cap Oum El Hachich. La morphologie sous marine (entre 0m et 30m) est très plane à pente douce. Cette morphologie est due essentiellement aux apports des différents oueds qui débouchent au niveau de la baie. Plusieurs autres oueds de faible capacité acheminent une quantité appréciable de sédiments sur le littoral.

Au delà des 30m de profondeur, la morphologie est très perturbée. On distingue en face de l'oued Djendjen et jusqu'à 60m une plate-forme à pente faible.

Cette forme se prolonge pour se raccorder à une pente forte pour former le début du plateau continental à 150m. Dans la partie centrale de la baie la morphologie est moins perturbée. La pente est de plus en plus accentuée atteignant le talus continental à 150m de profondeur à 6km seulement de la côte. C'est le domaine du canyon de Sedetis. Juste à l'est du canyon central, le plateau s'élargit de nouveau jusqu'à 10km de la côte.

Vers l'extrême est de la baie en face de l'oued Zhor, le fond sous marin est très plan au droit de l'oued, mais on retrouve un canyon sous marin (canyon de oued Zhor) qui se situe à 2 km seulement de la côte rocheuse.

Entre 0m et 50m et sur toute la côte, le fond est tapissé de sables fins à moyens. Dans le secteur ouest de la baie et au delà des 50m, c'est le domaine des vases calcaires et calcaires siliceux. Dans la partie centrale de la baie, en face de l'oued El Kebir, c'est le domaine des vases jusqu'au talus continental.

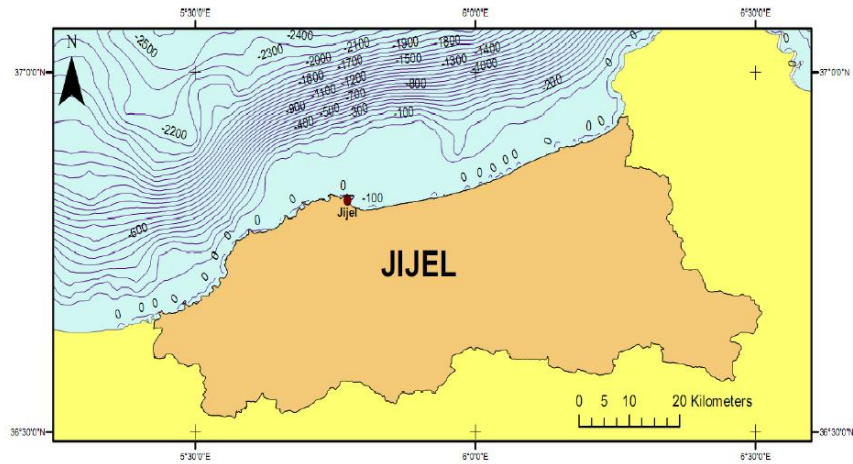


Figure 8 Morphologie sous-marine de la baie de Jijel (direction de l'environnement de la wilaya de Jijel, 2003).

Les principaux types des sédiments

Les pélites ($< 63\mu\text{m}$) se répartissent comme suit:

- 0 à 30 % : sur toute la bande côtière entre 0 m et 50m.
- > à 60 % au delà des 50 m.

Les carbonates (calcaires)

- 30 à 50 % : en face des oueds.
- > à 50% dans le secteur ouest dans les profondeurs supérieures à 60 m.
- < 30% : dans tout le reste de la baie.

Les graviers (2000 – 20.000 μm)

Il ne s'agit pas en fait de gravier mais de bivalves et de gastéropodes, cette fraction représente surtout les sédiments biogènes. On les retrouve notamment dans le secteur ouest et est

Les sables moyens et grossiers

On les retrouve surtout dans le centre et à l'ouest à des profondeurs de 70m.

I.2.4. Données climatiques

Le climat actuel de Jijel se caractérise par un régime méditerranéen irrégulier subhumide à humide à deux saisons bien distinctes : une période hivernale froide et pluvieuse et une période estivale chaude et sèche. Cependant, l'effet de proximité de la mer confère à cette région un climat tempéré, de même la répartition pluviométrique et thermique est fortement influencée par le relief et la mer (Boutiba, 2006).

I.2.4.1. Température

Les températures enregistrées à Jijel caractérisent un régime thermique du type méditerranéen avec un été chaud et sec, et un hiver doux et humide.

L'analyse des moyennes annuelles du littoral de Jijel fait ressortir que la période estivale est caractérisée par des températures relativement élevées avec 22.74°C en juin, 25.62°C pour juillet et 26.11°C au mois d'août. Quand au mois le plus froid est celui de janvier avec 11.7°C. (ONM, 2014).

I.2.4.2. La pluviométrie

La wilaya de Jijel est l'une des régions les plus pluvieuses de toute l'Algérie. Il tombe en moyenne plus de 1000 mm/an.

Sur la moyenne de 10 ans, on remarque que la valeur de la précipitation la plus forte est marquée en décembre avec 189.5 mm, et que la valeur la plus faible est enregistrée en juillet de 4 mm. (ONM, 2014).

I.2.5. Facteurs hydrodynamique

I.2.5.1. Le vent

Le vent est un paramètre très important pour le climat, il conditionne le mécanisme des vagues à la surface de l'eau, pouvant atteindre des forces considérables.

Dans la baie de Jijel précisément le port de Djen-Djen, la répartition des vents est globalement concordante avec le régime des houles le long de l'année.

C'est un immense port qui est ouvert à toutes les directions du vent, ses structures ainsi que les marchandises se retrouvent sous l'influence directe de ces vents.

Les vitesses du vent les plus élevées sont enregistrées pour le mois de Février avec une moyenne mensuelle de 3,9 m/s, les vents moins forts sont décelés pour le mois d'Octobre avec une vitesse égale à 2,7 m/s.

I.2.5.2. La houle

Une prédominance des houles de secteur ouest (28% fréquence d'apparition). L'amplitude des houles comprises entre 1,75 et 2,75m représentent 4,5%.

Les houles de secteur est et nord-ouest sont assez importantes (respectivement 14% et 14,5% de fréquences d'apparition). Les fortes amplitudes sont moins représentées, les autres directions représentent 28% des observations. Les périodes calmes représentent 15,5% des observations.

I.2.5.3. Les courants

Les courants sont responsables du transport et la dispersion des sables et des graviers

Des mesures de courant sur une partie de la zone ouest de la baie de Jijel suivant les directions ouest, nord et est ont permis de déduire que :

- Par régime de vent de secteur ouest, les courants ont tendance générale à porter vers l'est ;
- Par régime de vent de secteur est, les trajectoires des courants ont tendance générale à porter soit vers l'est, soit vers l'ouest soit vers la côte.

I.2.5.4. Impact des houles sur le port de Djendjen

L'impact des houles sur le port de Djendjen est important de part et d'autre de cet ouvrage. Dans la partie est, la digue est offre un obstacle à toutes les houles, notamment celle de l'Est et Nord Est où les différentes dérives littorales transportent les sédiments vers la passe d'entrée.

Dans la partie ouest, l'inclinaison de la digue principale par rapport à la côte est en faveur d'une concentration d'énergie des houles et des différents courants dans ce secteur, ceci y provoque une grande érosion.

La création d'une plage immense à l'est du port de Djendjen, contre la digue est, est le résultat d'un piégeage des sédiments qui sont transportés d'abord par les courants de houles (dérive littorale) de direction ouest, nord ouest et à la limite nord. Ce sont par la suite les courants de direction Est et nord est qui viennent buter et contourner la digue est.

Les sédiments transportés par la dérive littorale se trouvent piégés par la digue est pour former une immense plage.

I.2.5.5. Transit sédimentaire

Les données relatives au transit sédimentaire dans la baie de Jijel sont peu nombreuses, Allag et Yayci (2001), dans leur étude morphodynamique de la côté jijélienne ont calculé un transit brut vers l'est d'environ $130\,773\text{m}^3/\text{an}$ et un transit brut vers l'ouest d'environ $-1\,176\,993\text{m}^3/\text{an}$.

Au niveau du port de DjenDjen, pour la direction nord-est et une amplitude de houle comprise entre 0 et 2,5m, la quantité de sédiments transportés est de $7920\text{ m}^3/\text{an}$ de l'est vers l'ouest. Elle est de $4764\text{m}^3/\text{an}$ pour une amplitude supérieure à 3m, soit un total de $12700\text{m}^3/\text{an}$.

Pour la direction est, le total des sédiments transportés est de $4267\text{m}^3/\text{an}$ pour des houles d'amplitudes comprises entre 0m et 2,5m, il est de $2552\text{m}^3/\text{an}$ pour des amplitudes supérieures à 3m, soit un total de $19520\text{m}^3/\text{an}$.

CHAPITRE II:

MATÉRIEL ET MÉTHODES

II.1. Consistance des travaux

Pour permettre la caractérisation physicochimique des sédiments à draguer, six (06) stations de prélèvement d'échantillons ont été choisies et réparties comme suit :

Tableau 3 Coordonnées des points de prélèvements(UTM).

N° de la zone	Coordonnées des stations (UTM)
Z1	latitude : 36.834674° N longitude : 5.901790° E
Z2	latitude : 36.833622° N longitude : 5.895755° E
Z3	latitude : 36.829213° N longitude : 5.898165° E
Z4	latitude : 36.829195° N longitude : 5.886415° E
Z5	latitude : 36.823657° N longitude : 5.891729° E
Z6	latitude : 36.830267° N longitude 5.900721° E

Pour l'étude des peuplements benthiques, quatre (04) échantillons ont été prélevés 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%.

- Zone de l'extension de la jetée est (C1-Z3)
- Zone d'emprunt de sable (C2-Z5).
- C4-Z5.
- Zone d'extension de la jetée nord (C5-Z1) Zone de l'épi de la jetée nord (C6-Z2).
- B1-Z1, B2-Z6, B3-Z2, (B4-Z5).

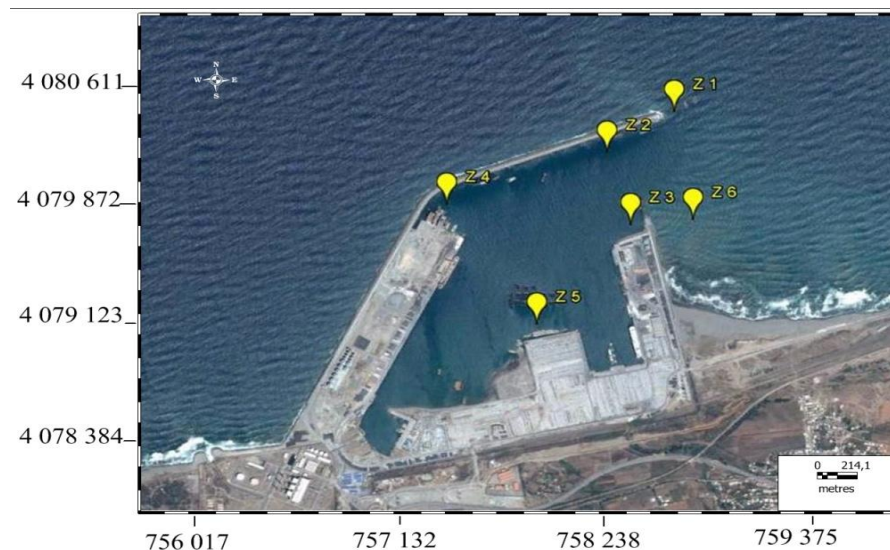


Figure 9 Localisation des stations de prélèvements d'échantillons de sédiments au niveau du port.

II.2. Prélèvement des sédiments

Les prélèvements ont été effectués en collaboration avec le bureau d'étude VERT ET BLEU et les analyses ont été faites au niveau du laboratoire CNTC à Boumerdes.

Il est réalisé l'aide d'une carotte. 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. Une fois étiquetés, ils sont transportés immédiatement au laboratoire dans une glacière.

II.3. Analyses au laboratoire

II.3.1. 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.3.1.1. Protocole d'analyse des hydrocarbures polyaromatiques

II.3.1.1.1. Lyophilisation

Après la congélation, les échantillons sont placés directement dans le lyophilisateur pendant 48h à -45°C de température et sous pression réduite (10^{-1} bar). La lyophilisation est la déshydratation des échantillons à basse température (-40°C) pour le passage de la phase solide vers la phase vapeur sans passer par la phase liquide et sous vide (0,1bar) pendant 48 h par un lyophilisateur (modèle CHRIST Beta 1-8). C'est une technique plus appropriée par rapport au séchage à l'étuve qui présente un risque de perte de certains composés volatils et une source d'altération de l'échantillon.

II.3.1.1.2. Broyage

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

II.3.1.1.3. Homogénéisation

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

II.3.1.1.4. Extraction

Un extracteur soxhlet permet la libération des hydrocarbures présents dans le sédiment. 5g de sédiment lyophilisé sont introduits dans une cartouche en cellulose (watman) préalablement rincée à l'hexane : 1g de Na_2SO_4 est également introduit dans la cartouche. Un mélange binaire de solvant, composé d'hexane et de dichlorométhane dans des proportions égales en volume, assure le lavage du sédiment et ainsi l'extraction des hydrocarbures. L'extraction proprement dite dure 8h. A chaque série de quatre échantillons, un blanc de procédure est réalisé.

II.3.1.1.5. 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 idéale, pour concentrer l'extrait et récupérer le solvant. Puis sous jet d'azote jusqu'à 2ml.

II.3.1.1.6. 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 :

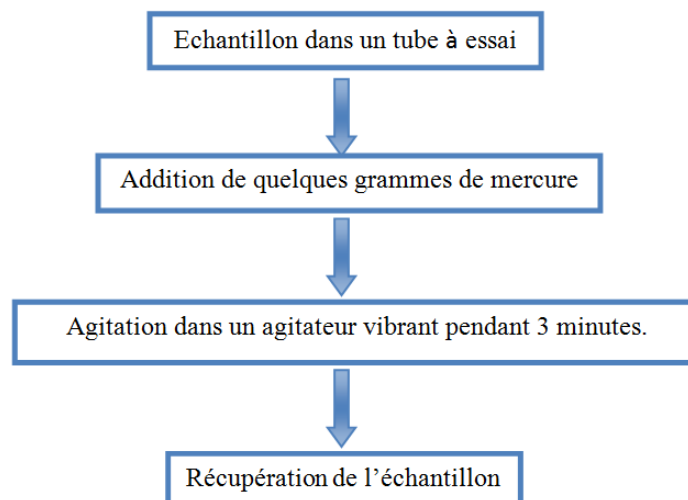


Figure 10 Les étapes de traitement du mercure.

L'échantillon est concentré puis récupéré dans un tube à essai conditionné. Quelques grammes de mercure 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).

II.3.1.1.7. 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 permettent d'obtenir la fraction aromatique après dilution avec 25 ml d'un mélange d'hexane/dichlorométhane (70 :30)

II.3.1.2. 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).

II.3.1.2.1. 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.

II.3.1.2.2. 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.

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

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. 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.

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 (C₁₈H₁₂). 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 µg/ml. 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 µg/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.

Tableau 4 Concentration des standards (µg/ml).

Standard	S1	S2	S3	S4	S5
[C] µg/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 0.1µg/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'écarter la contamination des échantillons.

f) Mesure des intensités de fluorescence

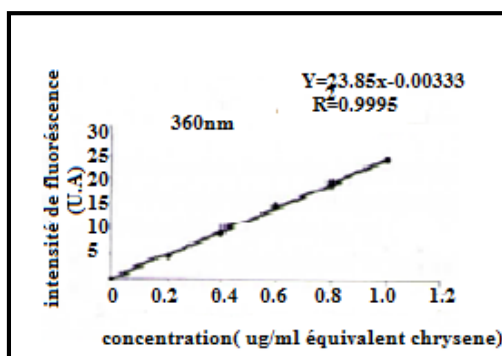
Les lectures sont faites selon les conditions opératoires suivantes :

- 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.

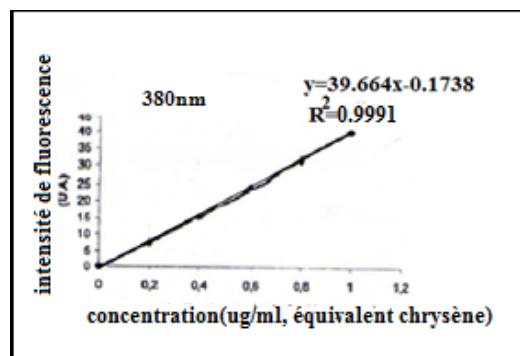
g) Analyse spectrale

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

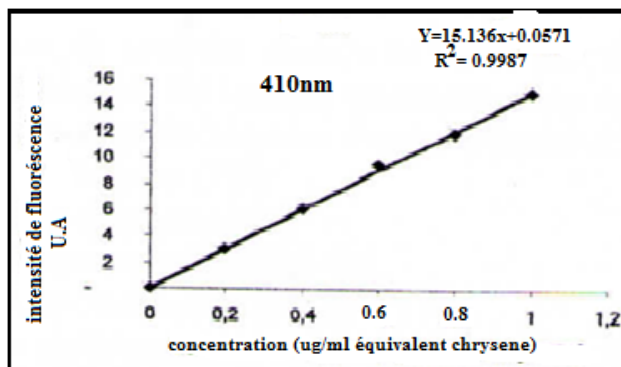
- Longueur d'onde d'excitation : 220 nm,
- Longueur d'onde d'émission : 243 nm,
- Les fentes d'excitation et d'émission sont respectivement fixées à 2.5 nm et 10 nm.



a) la courbe d'étalonnage à 360nm.



b) la courbe d'étalonnage à 380nm



c) la courbe d'étalonnage à 410nm.

Figure 11 (a, b, c) Droites d'étalonnage des standards en équivalents chrysène.

h) Mode de calcul des concentrations

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

$$[C]_{\text{finale}} = ([C]_{\text{écha}} - [C]_{\text{blanc}}) * V / (Ps) \quad (2.1)$$

$[C]_{\text{finale}}$: 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.3.2. Analyse des métaux lourds

II.3.2.1. 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.3.2.2. Lyophilisation

Après la congélation, les échantillons sont placés directement dans le lyophilisateur pendant 48h à -45°C de température et sous pression réduite (10^{-1} bar). La lyophilisation est la déshydratation des échantillons à basse température (-40°C) pour le passage de la phase solide vers la phase vapeur sans passer par la phase liquide et sous vide (0,1bar) pendant 48 h par un lyophilisateur (modèle CHRIST Betta 1-8). C'est une technique plus approprié par rapport au séchage à l'étuve qui présente un risque de perte de certains composés volatils et une source d'altération de l'échantillon.



Figure 12 Lyophilisateur (modèle CHRIST Beta 1-8).

II.3.2.3. Broyage et tamisage

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

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

II.3.2.4. Homogénéisation

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

II.3.2.5. 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.3.2.6. Digestion ou minéralisation

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

II.3.2.7. Protocole expérimental

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

II.3.2.7.1. 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 ;
- 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.3.2.8. 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.3.2.8.1. 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 :

$$N_1 = N_0 \exp(-\Delta E/KT) \quad (2.2)$$

Où :

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

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

II.3.2.8.2. 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 (Audigiè et al, 1985).

$$I_1 = I_0 \exp(-KLC) \quad (2.3)$$

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

$$A = DO = \log(I_0/I) = k. L. C \quad (2.4)$$

Où :

I ; Intensité de l'énergie lamineuse transmise.

I_0 : Intensité de l'énergie lamineuse émise.

K : Coefficient d'extinction molaire (constante).

L : Longueur du trajet optique.

C : Concentration de l'élément absorbant.

II.3.2.8.3. Etalonnage

L'étalonnage doit être réalisé très soigneusement, dans un domaine de concentration où la loi de Bér Lambert est respectée. 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 5 Concentration des solutions standards utilisées (ug/ml).

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

II.3.2.9. 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 :

$$D.O = aC + B \quad (2.5)$$

Quand cette équation est définie (valeur de a (pente de la droite) et de b (ordonnée 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 :

$$[C]_F = (([C]_{\text{écha}} - [C]_{\text{blanc}})/P) * V \quad (2.6)$$

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 (µg/ml)

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

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

P : Poids du sédiment minéralisé en (g)

L'étalonnage de l'appareillage est effectué à partir de solutions standard, préparées au moment de l'analyse pour chaque élément à partir d'une solution mère à 1 g/l.

II.3.2.10. les normes GEODE

Le Groupe d'Etudes et d'Observation sur les Dragages et l'Environnement (GEODE) est créé en 1990, elle a pour objectif d'assurer un conseil technique dans les domaines principaux que sont la stratégie de dragage et l'immersion vis-à-vis de l'environnement et l'évaluation des impacts.

En milieu marin, le référentiel français est précisé par l'arrêté du 14 juin 2000. Cet arrêté précise deux seuils (N1 et N2) pour les teneurs chimiques (actuellement métaux et PCB), seuils proposés par le groupe GEODE, qui ont été établis par la C'est-à-dire dans le cadre de la convention OSPAR. Ils visent les opérations de dragage et d'immersion.

- Le niveau 1 (N1), au-dessous duquel les opérations de dragage et d'immersion seraient autorisées sans autre étude : l'impact potentiel est jugé neutre ou négligeable, les valeurs observées se révélant comparables aux « bruits de fond » environnementaux.
- Le niveau 2 (N2), au-dessus duquel les opérations d'immersion sont susceptibles d'être interdites sous réserve que cette interdiction soit la solution de gestion la moins dommageable pour l'environnement : une investigation complémentaire est généralement nécessaire car des indices peuvent laisser présager un impact potentiel de l'opération. Une étude d'impact approfondie est alors jugée indispensable.
- Entre les niveaux N1 et N2, une investigation complémentaire peut s'avérer nécessaire en fonction du projet considéré et du degré de dépassement du niveau N1. Des tests peuvent alors être pratiqués pour évaluer la toxicité globale des sédiments.

Les teneurs présentées sont exprimées en mg/kg de sédiment sec analysé sur la fraction inférieure à 2 mm.

Pour les métaux, les niveaux sont officiels (arrêté du 14 juin 2000) et sont les suivants :

Tableau 6 Concentrations normales des métaux lourds dans les sédiments selon les normes GEODE.

Métaux		N1	N2
		(mg /kg)	
Arsenic	As	25	50
Cadmium	Cd	1.2	2.4
Chrome	Cr	90	180
Cuivre	Cu	45	90
Mercure	Hg	0.4	0.8
Nickel	Ni	37	74
Plomb	Pb	100	200
Zinc	Zn	276	552

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 niveau du bureau d'étude vert et bleu.

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°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 pélitiques, la quantité de sédiments a subi un rinçage dans un tamis de 40µm de diamètre, sous un filet d'eau, aidé par une agitation manuelle du tamis. Une deuxième fois,

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

Après ce deuxième séchage, chaque échantillon est pesé, la différence par rapport au poids initial représente la quantité des fractions pélitiques. Nous pourrions procéder aux opérations de tamisage, pour 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 : 1000µm, 800µm, 630µm, 500µm, 400 µm, 315µm, 250µm, 200µm, 180µm, 150µm, 100µm, 80µm, 63µm, 50µm, 40µm.

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.

Le 3^{ème} quartile (Q75) : correspond au diamètre du grain représentant 75 % en poids du sédiment.

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

Tableau 7 Classification des grains de sable (Folk et Ward, 1957).

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

II.3.4. Le benthos

II.3.4.1. 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.3.4.2. 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. Quatre coups de benne ont été réalisés au niveau du port.

II.3.4.3. Méthode d'analyse

II.3.4.3.1. Tamisage, tri et détermination

Les quatre échantillons prélevés sont tamisés sur une maille de 1mm 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 à 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).

**CHAPITRE III:
RÉSULTAT ET
INTERPRÉTATIONS**

III.1. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques sont des composées 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. C et al, 1999). Il est admis également que la combustion incomplète des produits pétroliers donne naissance à des quantités importantes d'hydrocarbures polycycliques. (kennish,2001 ;Lacaze,1996).

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

Tableau 8 Variation de teneurs en hydrocarbure dans le site de dragage (mg/kg).

Station	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Norme algériennes
Teneurs en hydrocarbure (mg/kg)	80,09	63,11	78,28	55,88	80,04	49,46	300

Les teneurs en HAP sont faibles et ne dépassent pas les normes recommandées. Les valeurs oscillent entre (49,46 mg/kg, 80,09 mg/kg) dans le site de dragage.

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

Ces valeurs enregistrées sont dues probablement aux fuites des produits pétroliers au cours des travaux d'extension 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 de Tahir et les apports des Oueds peuvent être une source des hydrocarbures dans la zone.

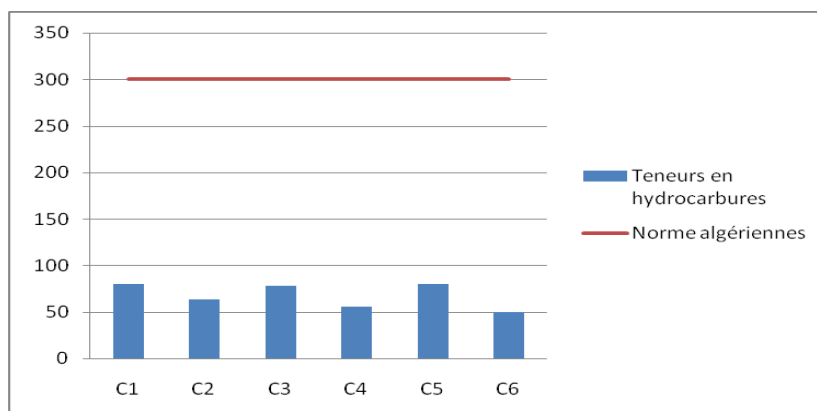


Figure 13 Variation de concentration en hydrocarbures dans le site de dragage (mg/kg).

III.2. 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**).

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 (**Fôrsmer et Wittman 1983**). Les sédiments marins peuvent être un indicateur sensible pour la surveillance des tendances spatiales et temporelles des contaminants dans l'environnement marin (**Larsen et Jensen, 1989 Kennish, 2001**). L'élucidation de la pollution comparative des milieux aquatiques par les métaux lourds est possible par une analyse de l'eau, les sédiments et les membres du biote indigène, c'est à dire biomonitoring (**Phillips et Rainbow, 1993**).

La pollution par les métaux de l'environnement marin est moins visible et direct que les autres types de pollution marine, 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 dont 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, plus généralement complexes avec la matière organique.

III.2.1. Les résultats d'analyse des concentrations en métaux lourds

Les résultats d'analyse des concentrations en métaux lourds dans le site de prélèvements sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau 9 Résultats des analyses de différentes concentrations en métaux lourds en (mg/Kg).

Caractéristique des sédiments	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Norme GEODE	
							N1	N2
Cuivre (Cu)	41,2088	28,5071	33,8861	27,08	58,1725	20,0158	45	90
Chrome(Cr)	55,2834	29,0473	46,25	19,9914	61,6853	44,1261	90	180
Cadmium (Cd)	0,2146	0,1187	0,0957	0,1608	0,0356	0,1643	1,2	2,4
Plomb (Pb)	38,25	20,3871	49,3725	15,2825	27,3817	46,2859	100	200
Nickel(Ni)	31,8165	22,7007	10,6833	28,2809	53,2921	11,9909	37	74
ZINC (Zn)	99,2819	60,7753	112,2564	80,6501	38,9093	71,6801	276	552
Mercure (Hg)	0,0541	0,0136	0,1205	0,0441	0,17	0,2068	0,4	0,8

III.2.1.1. Teneur en Cuivre (Cu)

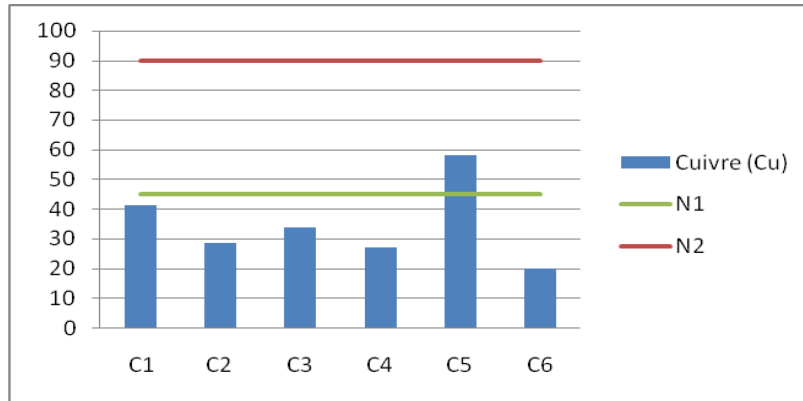


Figure 13 Variation de concentration de cuivre dans le site de dragage (mg/kg).

Les teneurs en cuivre sont élevées et varient entre (41,2088 mg.Kg⁻¹, 28,5071 mg.Kg⁻¹, 33,8861 mg.Kg⁻¹, 27,08 mg.Kg⁻¹, 58,1725 mg.Kg⁻¹ et 20,0158 mg.Kg⁻¹) respectivement aux stations (C1, C2, C3, C4, C5 et C6) dans le site de dragage, la moyenne est de 34,81 mg.Kg⁻¹.

Ces fortes teneurs en cuivre sont probablement arrivées au milieu marin par voie atmosphérique 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 Cu₂O comme matière active des peintures antisalissures aux cours des travaux de construction du port.

Selon les normes GEODE les teneurs en cuivre ne dépassent pas la norme recommandée dans le site de dragage sauf la station C6 qui dépasse le niveau inférieur (N1).

III.2.1.2. Teneur en chrome (Cr)

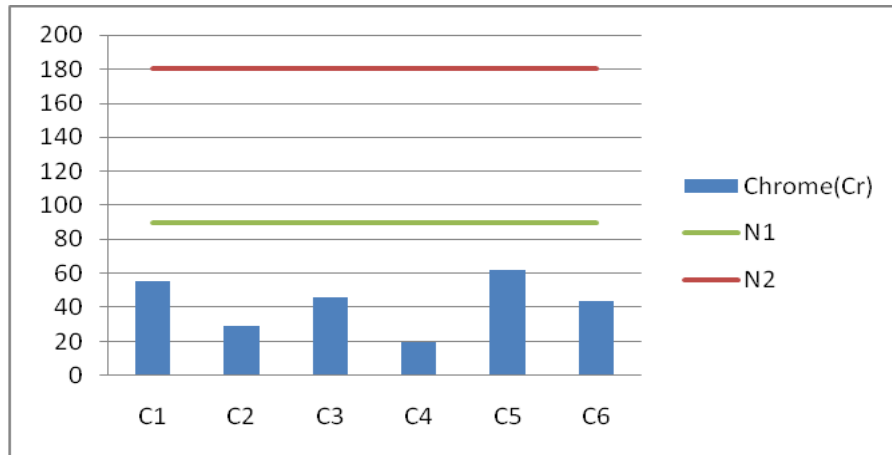


Figure 15 Variation de concentration de chrome dans le site de dragage (mg/kg).

Les teneurs en chromes sont moyennes et varient entre (55,2834 mg Kg, 29,0473 mg.Kg⁻¹, 46,25 mg.Kg⁻¹, 19,9914 mg.Kg⁻¹, 61,6853 mg.Kg⁻¹ et 44,1261 mg.Kg⁻¹) respectivement aux stations (C1, C2, C3, C4, C5 et C6) dans le site de dragage, la moyenne est de 42,73 mg.Kg⁻¹.

La majeure partie du chrome parvenant à la mer depuis le continent provient des fleuves. Cet apport est insoluble, Cependant, les fleuves constituent une source non négligeable de chrome dissous. (Alzieu et al.1999).

Selon les normes GEODE les teneurs en chrome ne dépassent pas la norme recommandée dans le site de dragage.

III.2.1.3. Teneurs en cadmium (Cd)

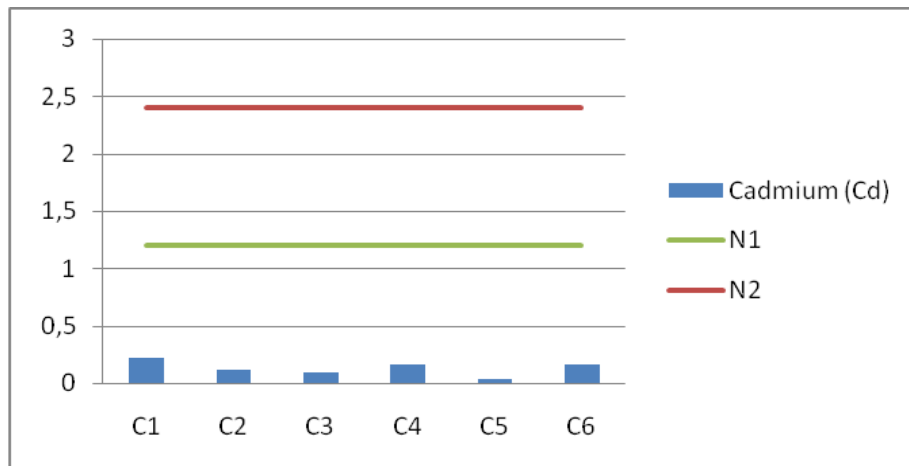


Figure 14 Variation de concentration de cadmium dans le site de dragage (mg/kg).

Les concentrations en cadmium sont faibles et varient entre (0,2146 mg.Kg⁻¹, 0,1187 mg.Kg⁻¹, 0,0957 mg.Kg⁻¹, 0,1608 mg.Kg⁻¹, 0,0356 mg.Kg⁻¹ et 0,1643 mg.Kg⁻¹) respectivement aux stations (C1, C2, C3, C4, C5 et C6) dans le site de dragage et avec une moyenne de 0.13 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 GEODE, les teneurs de cadmium ne dépassent pas le seuil recommandé, et sont même inférieur au niveau N1 qui est égal à 1,2.

III.2.1.4. Teneur en plomb (Pb)

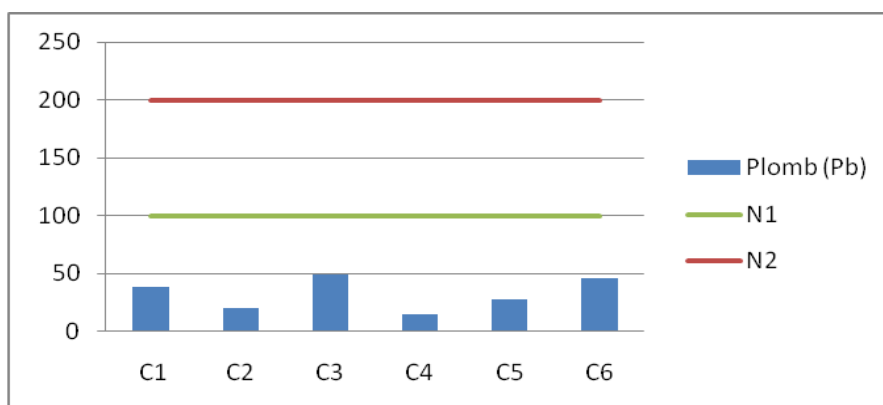


Figure 17 Variation de concentration de plomb dans le site de dragage (mg/kg).

La contamination des sédiments avec ce métal est faible, les teneurs en plomb oscillent entre (38,25 mg.Kg⁻¹, 20,3871 mg.Kg⁻¹, 49,3725 mg.Kg⁻¹, 15,2825 mg.Kg⁻¹, 27,3817 mg.Kg⁻¹ et 46,2859 mg.Kg⁻¹) dans les stations (C1, C2, C3, C4, C5 et C6).

Selon les normes GEODE, ces teneurs sont en dessous de la valeur recommandée N1 (100 mg/kg) On note qu'au niveau des stations C1, C3, C6 exactement à la passe d'entrée les valeurs sensiblement plus élevées par rapport au autres.

L'utilisation de plomb tétraéthyle comme additif antidétonant dans les carburants a eu pour conséquence un accroissement brutal de la consommation en plomb, l'atmosphère représente la principale voie de transfert du plomb d'origine anthropique vers la mer. (Alzieu et al.1999).

III.2.1.5. Teneur en nickel (Ni)

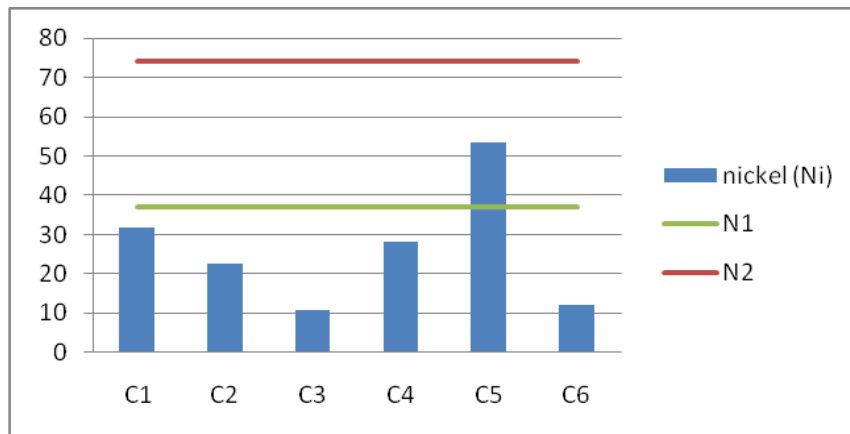


Figure 15 Variation de concentration de nickel dans le site de dragage (mg/kg).

Les teneurs en nickel sont élevées et varient entre (31,8165 mg.Kg⁻¹, 22,7007 mg.Kg⁻¹, 10,6833 mg.Kg⁻¹, 28,2809 mg.Kg⁻¹, 53,2921 mg.Kg⁻¹ et 11,9909 mg.Kg⁻¹) respectivement aux stations (C1, C2, C3, C4, C5 et C6) dans le site de dragage, la moyenne est de 26,46 mg.Kg⁻¹.

On note qu'au niveau de la station C5 une valeur sensiblement plus élevée par rapport au niveau N1 (37 mg/kg).

Selon les normes GEODE les teneurs en nickel ne dépassent pas la norme recommandée N2 dans le site de dragage.

III.2.1.6. Teneur en zinc (Zn)

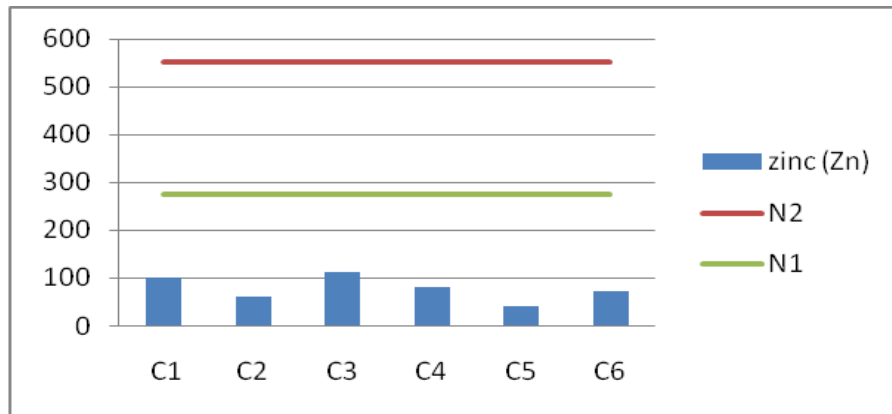


Figure 16 Variation de concentration de zinc dans le site de dragage (mg/kg).

Les teneurs en Zinc varient entre 38,9093 mg/kg et 112,2564 mg/kg dans le site de dragage avec une valeur maximale de 381 mg/kg à la station C3 (la passe d'entrée) et la moyenne est de 77,25 mg/kg. D'une façon générale le zinc ne présente pas de forte valeur dans le site.

Selon les normes GEODE, les teneurs en zinc présentent des valeurs inférieures aux normes recommandées N1 et N2.

Le zinc est introduit à partir de la dissolution des masses de zinc pur fixées sur les parties immergées des bateaux pour assurer leur protection contre la corrosion. De plus, certaines peintures antisalissures renferment des quantités importantes d'oxyde de zinc utilisé comme adjuvant anticorrosion. (Alzieu et al.1999).

III.2.1.7. Teneur en mercure (Hg)

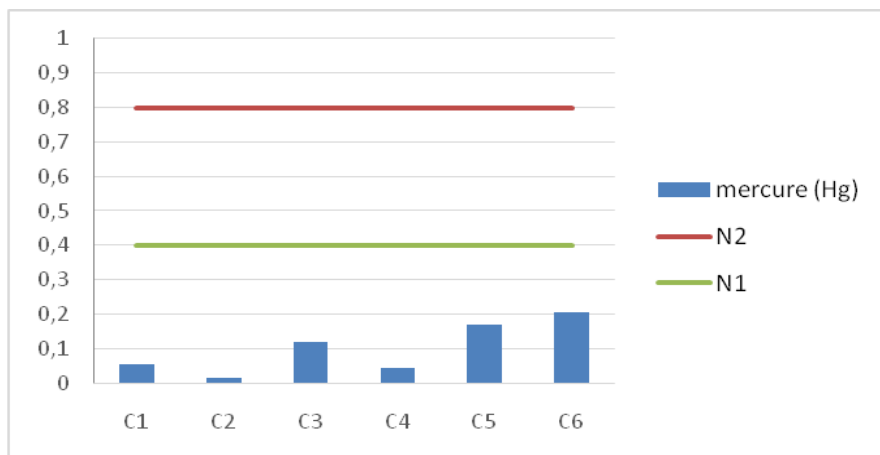


Figure 20 Variation de concentration de mercure dans le site de dragage (mg/kg).

Les teneurs en mercure sont comprises entre (0,0136 mg/kg, 0,2068 mg/kg) à l'intérieur du port, la moyenne est de 0.1 mg/kg. On note un minimum de concentration de mercure à l'intérieur du port (0,0136 mg/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

soit probablement du à la présence des rejets urbaines de la ville de Tahir (nettoyage, peinture, soudure,...).

Selon les normes GEODE les teneurs en mercure (Hg) présentent des valeurs inférieures par rapport au seuil recommandé N1 (0,4 mg/kg).

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

Les résultats de l'analyse granulométrique des sédiments prélevés dans les 6 stations sont indiqués dans le tableau ci dessous.

Tableau 10 Les résultats d'analyse granulométrique (en %).

Taille	C1-Z3	C2-Z5	C3-Z6	C4-Z5	C5-Z1	C6-Z2	
1mm	0	0	0	0	0	0	Sables grossiers
0,8mm	0	0	0	0	0	0	Sables grossiers
0,5mm	0	0	0	0	0	0	Sables moyens
0,315mm	2	35	9	10	0	0	Sables moyens
0,2mm	45	15	30	69	0	15	Sables fins
0,16mm	20	6	10	20	15	45	Sables fins
0,14mm	10	11	43	1	9	6	Sables fins
0,125mm	20	29	0	0	60	11	Sables très fins
0,1mm	1	3	0	0	5	0	Sables très fins
0,08mm	0	0	0	0	3	0	Sables très fins
0,045mm	0	0	0	0	4	0	Vases ou fines
Fond	1	0	0	0	0	0	Vases ou fines
Perte	1	2	8	0	4	23	Vases ou fines

Zone de l'extension de la jetée est (C1-Z3) : Au niveau de cette zone, on remarque une dominance des sables fins, représentés par la fraction de 0,2mm (45%) ; les fractions fines inférieures à 65µm ne représentent que 2%.

Zone d'emprunt de sable (C2-Z5) : C'est la station comptant les fractions les plus grossières, avec 35% de particules de 0,315mm, correspondant à des sables moyens, les fractions fines inférieures à 65µm ne représentent que 2%.

Zone de la plage est (C3-Z6) : Au niveau de cette zone, les sédiments sont dominés par les fractions de 0,14mm (43%) et 0,2mm (30%) correspondant à des sables fins, les fractions fines inférieures à 65µm représentent 8% des sédiments.

C4-Z5 : Cette station de la zone 5, compte plus de 69% de particules de 0,2mm, correspondant à des sables fins, les fractions fines à 65µm inférieures m ne sont pas du tout représentées.

Zone d'extension de la jetée nord (C5-Z1) : Les sédiments dominants sont représentés par les sables très fins de 0,125mm (60%) ; les fractions inférieures 65µm en constituent 8%.

Zone de l'épi de la jetée nord (C6-Z2) : Les fractions de 0,16mm correspondant à des sables fins contribuent avec 45% au sédiment, et les particules fines correspondant aux vases y contribuent avec 23% (particules inférieures à 45 µm).

Conclusions

La zone 5 est celle qui renferme les sédiments les plus grossiers.

Les résultats des analyses granulométriques au niveau de C2-Z5 et C4-Z5 confirment une certaine hétérogénéité au niveau de la zone 5.

La zone 2 renferme les sédiments les plus fins (vases), suivie de la zone 1.

III.4. Benthos

Une dominance des espèces vasicoles tolérantes, particulièrement représentées par *Amphiura chiajei* (23% des abondances) au niveau de la station B3-Z2, dénote du calibre très fin des particules sédimentaires de l'épi de la jetée nord. La présence d'espèces opportunistes telles que *Capitella capitata* (sabulicole-vasicole), qui est indicatrice de pollution, confirme la présence d'un milieu vaseux, relativement hostile aux sabulicoles strictes.

Par ailleurs, il est important de mentionner que la présence de cette espèce n'est pas en soi un indicateur de grand déséquilibre, puisque l'espèce est retrouvée même en dehors des zones portuaires. Les conditions hydrodynamiques à proximité de l'épi, pourraient avoir créé un milieu défavorable aux espèces sabulicoles. De même, ce site présente une biodiversité intéressante, avec la présence d'espèces caractéristiques des sables fins.

La station correspondant à la zone B4-Z5 présente le taux de biodiversité le plus élevé, avec un total de 25 espèces et 260 individus/m².

Conclusions

La relative pauvreté en termes d'abondances des espèces est liée aux conditions hydrodynamiques particulières des ports, qui ne permettent pas l'installation d'une grande biodiversité

La restriction des échantillons à une courte période de prélèvement (saisonnalité notamment) est facteur limitatif de la biodiversité.

La présence de l'espèce *Capitella capitata* au niveau de l'épi de la jetée nord, indique la présence d'une perturbation qui peut être aggravée par le facteur de l'hydrodynamisme ne permettant pas une dominance des espèces sabulicoles.

Les larges distributions des espèces sabulicoles strictes, caractéristiques des peuplements de sable fins, particulièrement marquées pour les zones B4-Z5 et B2-Z6, parallèlement à une dominance de peuplements de sable plus ou moins envasé au niveau des zones B1-Z1 et B3-Z2. L'absence d'espèces indicatrices de pollution ou de perturbation (hormis les quelques individus de *Capitella capitata* rencontrés).

III.5. 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)

III.5.1. Quantités et nature des matériaux à draguer

Le volume total des matériaux théoriquement dragués a été estimé à 500 000 m³, dont 20% seraient constituées de fines soit 100 000 m³ de matériaux impropres aux remblaiements donc destinés à l'immersion en mer.

III.5.2. Méthode de dragage

Le dragage sera mécanique, il se fera par une grue équipée d'une benne preneuse, montée sur un ponton. La benne preneuse, disposant d'une bonne manœuvrabilité, descend jusqu'au fond en position ouverte et pénètre dans les matériaux à draguer sous l'effet de son poids et de son mécanisme de fermeture. Après la remontée, les matériaux sont déchargés sur une autre barge en relâchant le filin fermant la benne.

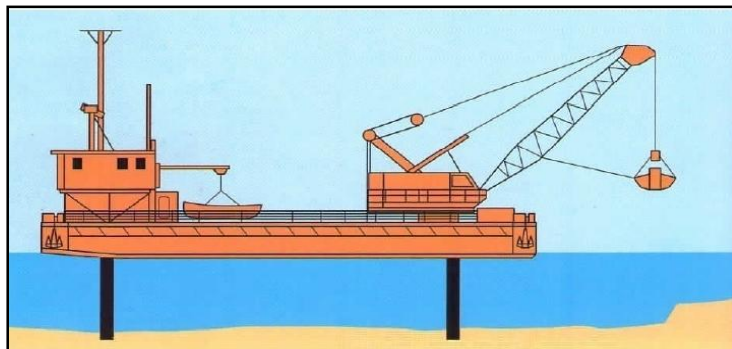


Figure 17 Dragage à benne (Alzieu et al., 1999).

III.5.3. Méthode d'immersion

Le relargage des produits dragués, s'est fait sous forme de masses relativement compactes, au moyen de la benne pelleteuse, à partir du ponton. Le transport des matériaux de dragage vers le site d'immersion a été assuré par des barges d'une capacité de 300 à 400 m³ ; 5 à 6 rotations ont été programmées pour un travail continu qu'on peut faire 24h/24, nous avons estimé le nombre total de rotations à 250.

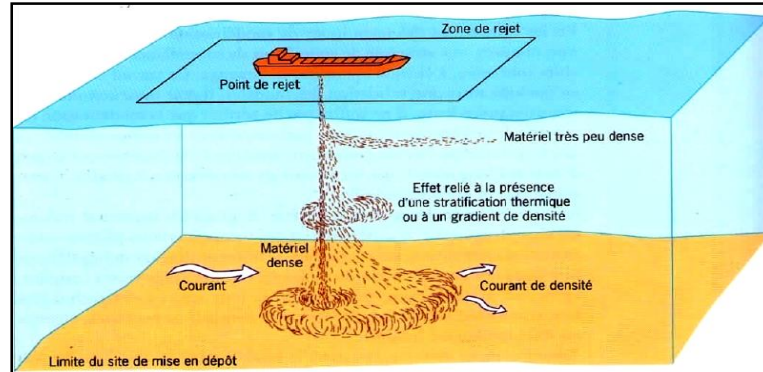


Figure 18 Comportement des sédiments au cours d'un rejet de dragage (Truitt, 1988).

III.6. Identification d'un site d'immersion

Le choix d'une zone d'immersion en mer ne suppose pas uniquement la prise en considération de paramètres écologiques mais également l'examen de sa faisabilité économique et pratique. Les principales contraintes d'une telle opération restent les risques de contamination par des polluants s'ils existent et sa compatibilité avec les usages maritimes.

Notre recherche d'un site d'immersion des produits de dragage a donc reposé sur :

La qualité des produits de dragage ; en effet, plus le taux de contamination est élevé, plus la recherche sera orientée vers des sites éloignés de la côte et/ou présentant une profondeur importante (des canyons de préférence), qui limiteraient les risques de diffusion des sédiments et leur transfert dans la baie, vers des sites sensibles.

La localisation des sites naturels sensibles, représentés par les fonds marins réputés riches en ressource halieutique, tous groupes taxonomiques confondus, particulièrement les espèces benthiques (poissons blancs, céphalopodes, ...) ; les fonds à biocénoses remarquables : Herbiers de Posidonie, fonds rocheux et biogènes (Peuplements d'Algues Photophiles, Coralligène, Détritique Côtier) ; les zones humides côtières.

Les activités socioéconomiques sensibles, représentées par l'activité portuaire (port de Boudis, zones de mouillage,...), La pêche (zones de chalutage en particulier), L'aquaculture, la navigation, le tourisme (activité balnéaire, plongée, zones d'expansion et sites touristiques, ...), les zones militaires, la bathymétrie de la baie de Jijel (profondeurs, variations), la sédimentologie de la baie (zones rocheuses à éviter, zones sableuses et envasées à prioriser), les sites d'immersion antérieurs, les caractéristiques des sites potentiels d'immersion.

III.6.1. Caractérisation des variantes d'immersion

III.6.1.1. Caractérisation de la zone d'immersion V1

- Direction : NNE
- Coordonnées géodésiques du centre : x : 762 465 - y : 4081364 (UTM. Zone 31)
Lat.: 36°50, 23'N- Long. : 5°, 448'E (DM)
Système géodésique: WGS84
- Distance entre le centre de la zone d'immersion proposée et la passe du port : 5km.
- Profondeur au centre : Une moyenne de 70m.
- Epaisseur approximative de dépôt attendue : 0,25m.
- Pente: 3%.
- Nature des fonds : Vases molles piégées dans la fosse (Dominance des fines).
- Peuplement benthique dominant : Vases molles à *Sternopsis scutata* et *Amphiura filiformis*, faciès qui correspondrait à un sédiment constitué de plus de 75% de fines (<65µm).

III.6.1.2. Caractérisation de la zone d'immersion V2

- Direction: NE.
- Coordonnées géodésiques du centre : x : 760 650 - y : 4084500 (UTM. Zone 31)
Lat.: 36°50, 50'N- Long. : 5°,60'E
Système géodésique : WGS84
- Distance entre le centre de la zone d'immersion proposée et la passe du port : 4km.
- Profondeur : Une moyenne de 20m.
- Epaisseur approximative de dépôt attendue : 0,10m.
- Pente: 1,3 %.
- Nature des fonds: Sables fins.
- Peuplement benthique dominant : Peuplement des Sables Fins Bien Calibrés (SFBC).

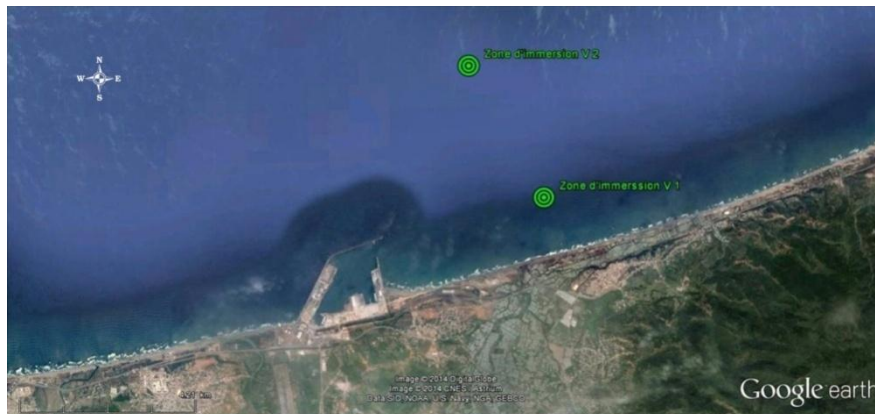


Figure 19 Localisation des zones d'immersions.

III.7. Le choix du site d'immersion

Pour identifier le site d'immersion idéale pour ce projet on doit faire une comparaison entre les deux variantes proposées.

Plusieurs critères (annexe) sont retenus pour la comparaison des deux (02) variantes sont les suivants :

- Caractéristiques générales. – Suivi.
- Impact sur la biodiversité. – Cout.
- Impact sur la morphologie-sous marine et fonds. – Réglementation.
- Impacts socio-économiques – Travaux.
- Logistique.

On donne les notations A, B et C pour chacun des critères précités qui correspondent respectivement aux qualifications : faible, moyen ou fort.

La comparaison des deux variantes selon les trois (09) critères est récapitulée dans le tableau suivant :

Tableau 11 tableau comparatif des deux variantes.

Critères	Variante n°1	Variante n°2
Caractéristiques générales.	B	B
Suivi.	A	B
Coût.	B	B
Réglementation.	C	A
Impact sur la biodiversité.	B	B
Impact sur la morphologie sous marine et fonds.	A	B
Impacts socio-économiques.	C	A
Travaux.	A	B
Logistique.	C	B
Notation reçue	3A+3B+3C	2A+7B

Le site d'immersion choisie est **la variante n°2**.

Le point de rejet l'idéale la deuxième variante. Les coordonnées du point d'immersion choisis sont :

Latitude: 36°50, 50'N **Longitude:** 5°,60'E

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.

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

Le port de Djen Djen a imposé depuis trois ans un rythme et des cadences, mettant à nu les maillons faibles de la chaîne des transports.

Une dynamique a permis de faire une extension générale au sein du port, parmi cette extension on s'est intéressé aux travaux de dragage précisément à l'opération d'immersion.

Donc notre travail est structuré comme suit :

Un premier chapitre destiné à présenter le dragage et faire un diagnostic de la zone d'étude, le deuxième chapitre est consacré au traitement des matériels et méthodes utilisées et la suite faire proposer des solutions pour l'immersion des matériaux de dragage.

Ce projet initié par le bureau d'étude « Vert et Bleu », nous a permis en nous associant à leur équipe de comprendre le suivi d'un projet d'une telle envergure.

Selon les normes GEODE, les sédiments à draguer présentent globalement des teneurs en métaux lourds bien en deçà des valeurs seuils normatives. Les teneurs globales en hydrocarbures totaux 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.

Pour l'analyse du benthos, 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.

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.

Les principales mesures réductrices pour le suivi environnemental portent sur :

- L'établissement d'informations à l'adresse des différents usagers de la zone du projet.
- L'établissement d'un suivi des paramètres physico-chimiques et bactériologiques au niveau des plages à caractère balnéaire.
- 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.
- L'analyse de la faune benthique au niveau du site d'immersion 06 et 12 mois après la fin des travaux d'immersion.

Les variantes proposées présentent chacune des avantages et des inconvénients. Toutefois, nous favorisons le choix qui, en combinant la souplesse et la stabilité semble le plus adéquat pour notre zone d'étude.

BIBLIOGRAPHIE

A.F.N.O.R, 1994. Association Française de NORmalisation. Qualité des sols. Recueil des normes françaises. AFNOR.1994.250 p.

ALZIEU, C. et al., (1999). Dragage et environnement marin : Etats des connaissances. Plouzané: Ifremer .223p.

ALZIEU, C. et al., (2003). Bioévaluation de la qualité environnemental des sédiments portuaires et des zones d'immersion. Plouzané: Ifremer. 247p.

ALZIEU, C. (2003). Rejet de dragages : analyse des textes réglementaires. Disponible sur web :< www.ifremer.fr>

AUDIGIE, C.L. DUPONT, G. ZONZAIN, F. (1983). Principe des méthodes d'analyse biochimique. Edition : C.N.E.X.O, Tome 2.pp 28-33.

AUDIGIE, C.L. DUPONT G. ZONZAIN F. (1985). Principe des méthodes d'analyse biochimique. Edition : DOIN, Tome 1, 190 p.

BACHOUCHE, S. (2010). Les ports d'Alger et de Bouharoun : Etude des paramètres, granulométriques, biologiques et de pollution dans les sédiments et l'eau en vue d'une opération de dragage. Thèse de magister d'état ENSSMAL. 150 p.

BAKALEM, A. (2008). Contribution a l'étude des peuplements benthiques du plateau continental algérien, thèse de doctorat d'état USTHB, 677p.

BELKESSA, R. BOULAHIDJ, 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- 3rd international conference on marine waste water disposal and marine Environment.IEMES 2004-1st International Exhibition on materials Equipment and Services. Catania (1) Sep .27-oct., 2004.

BELKESSA, R. (2005). Les ports algériens : ensablement, pollution et dragage des sédiments. Thèse doctorat d'état 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 fluviatiles. Atelier International sur « la Gestion intégré de la zone côtière » Izmir Turquie .20 octobre 2009.

BODENNEC, G. PIGNET, P. CAPRAIS, J.C. (1983). Suivi chimique de la pollution pétrolière dans les eaux et les sédiments. Paris: C.N.E.X.O.108p.

BOUST, D. JOUANNEAU, J.M. LATOUCHE, C. (1981). Méthodologies d'interprétations de teneurs totales en métaux traces contenues dans les sédiments estuariens et littoraux. Bull. Institut de la Géologie. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux, N°30, pp 71-86.

BOUTIBA, M. (2006). Géomorphologie dynamique et mouvement des sédiments le long de la côte sableuse Jijelienne (Est algerie).Thèse doctorat d'état USTHB.252 p.

BOUTIN, R. (2000). Dragage et rejets en mer : les produits type vase. Presse de l'école nationale des ponts et chaussées, ISBN 2-85978-336-9, 307 p.

BRYAN, G.W. (1979). Bioaccumulation of marine pollutants. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, 286, pp 483-505.

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.

CHAMLEY, H. (1987). La sédimentologie. Paris: DUNOD. 175p.

CHAPON, J. (1975). Travaux maritimes tome2 les ouvrages intérieurs des ports maritimes dégagement des accès et plans d'eau des ports. Edition : Eyrolles. 349p.

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. Edition Centre National pour l'exploitation des Océans, Paris. 395 p.

DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT. (2003). Plan d'Aménagement Côtier de la Wilaya de Jijel. 75 p.

DIRECTION DE PLANIFICATION ET DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE. (1997). Monographie de la wilaya de Jijel. 37p.

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

FÖRSTNER, U. WITTMAN, G. T. W. (1983). Métal pollution in the aquatic environment. Berlin: Springer-Verlag.

KENNISH, M.J. (2001). Practical Handbook of Marine Science, 3rd Ed., CRC Press. Boca Raton.896p.

KIM, P.G. PARK, M.E. SUNG, K.Y. (2009). Distribution of heavy metals in marine sédiments at the ocean waste disposal site in the Yellow Sea, South Korea. Geosciences Journal Vol. 13, No. 1, p. 15. DOI 10.1007/s12303-009-00.

LARSEN, B. JENSEN, A. (1989). Evaluation of the sensitivity on sediment monitoring stations in pollution monitoring. Marine Pollution Bulletin, 20, 556-560.

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

LECLAIRE, L. (1972). La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin algéro-baléares (précontinent Algérien). Mémoire de musée national d'histoire naturelle. Edition du Muséum.

L.E. M. (2005). Laboratoire d'Etude Maritime. Etude d'impact de port de pêche et de plaisance à El-Aouana.

L.E.M. (2011). Laboratoire D'Etude Maritime. Etude d'impact sur l'environnement du dragage du port de pêche et de plaisance d'El-Aouana.

MANINO, J. SORIANI, S. ZANETTO, G. (2002). Management of port dredged material: an environmental-political issue. Littoral, the changing coast. EURCOAST/EUCC. Porto-Portugal, édition: EUROCOAST- Portugal, ISBN 972-8558-09-0, 75-79 p.

MARCHAND, M. (1983). Estimation des hydrocarbures dans l'eau et les organismes marins par spectrofluorométrie ultra-violet. Manuel des analyses en milieu marin, Edition : 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 Edition : 268p.
- 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 nondescript term heavy metals by a biologically and chemically significant classification of metal ions. Environmental pollution, B,1,3-26.
- O.N.M. (2014).** Office National de la Météorologie. Relevé météorologique 2001-2014.
- OSPAR. (1998).** Décision 98/249/CE du conseil. JO L 104 du 03/04/1998.
- PHILLIPS, D.J.H. RAINBOW, P.S. (1993).** Biomonitoring of aquatic trace contaminants. London: Chapman and Hall.
- PINTA, M. (1971).** Spectrophotométrie d'absorption atomique, problèmes généraux : application à l'analyse chimique. Edition Masson (Paris). 508p.
- RAINBOW, P.S. (1992).** The significance of accumulated heavy metal concentrations in marine organisms. (Paper presented at Mickiewicz AG, edited. Assessment of the distribution, Impacts and bioaccumulation of contaminants in aquatic environments, Proceedings of a bioaccumulation Workshop. Water Board and Australian Marine Science Association Inc., Sydney).
- REBZANI, Z. (2003).** Les peuplements macro-benthiques des milieux portuaires de la cote Algérienne : Alger, Bejaia, et Skikda., thèse de doctorat d'état 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, 2nd. 287 p.
- RIVIERE, A. (1977).** Méthode granulométrique, technique et interprétation. Techniques et méthodes de sédimentologie. Edition : Masson (Paris). 170p.
- RODIER, J. LEGUBE, B. MERLET, N. (2009).** L'analyse de l'eau. Paris: DUNOD. 1579 p.
- RODIER, J. et al., (2005).** L'analyse de l'eau : eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer. Paris: DUNOD. 1383p.
- TRUITT, C.L. (1988).** Dredge material behaviour during open water disposal. Jr Coast. Res., 4,3,389-397.
- WALKER, C.H. et al., (2001).** Principles of Ecotoxicology 2nd Ed. London: Taylor and Francis. 326p, ISBN 0-7484-0939-4.

ANNEXES

Textes législatifs

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

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 décembre 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 mai 2000. Déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement.

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.

Stations de prélèvements

station	Zones
C1-Z3	Carotte 1-Zone 3
C2-Z5	Carotte 2-Zone 5
C3-Z6	Carotte 3-Zone 6
C4-Z5	Carotte 4 -Zone 5
C5-Z1	Carotte 5-Zone 1
C6-Z2	Carotte 6-Zone 2
B1-Z1	Benne 1-Zone 1
B2-Z6	Benne 2-Zone 6
B3-Z2	Benne 3-Zone 2
B4-Z5	Benne 4-Zone 5

Critère n°1: caractéristiques générales

Risques.	risque d'occupation des grandes superficies des sites d'immersion.	Risque lié au rapprochement par rapport à la cote.	Contrainte liée à l'éloignement par rapport au port.	Risque de modification de fond par la granulométrie.	Risque de déséquilibre des biotopes par des communautés benthiques du site dragué.
V1	B	B	B	B	B
V2	B	B	B	B	B

Critère n°2: Suivi

Risques.	Risque lié à la dispersion du site.	Contraintes liées au suivi de la bathymétrie.	Contraintes liées au suivi de contrainte chimiques.
V1	A	A	A
V2	B	B	B

Critère n°3: Cout

Risques.	Risque lié à la dispersion du benthos.	Mesures compensatoire.	Surveillance et suivi.
V1	B	B	B
V2	B	B	B

Critère n°4: Réglementation

Risques.	Risque lié à la proximité des aires protégées.	Risque lié à la proximité de zone de mouillage.	Risque lié à la proximité de zone de militaire.
V1	C	C	C
V2	A	A	A

Critère n°5: Impact sur la biodiversité

Risques.	Impacts sur les communautés benthiques.	Impacts sur les communautés pélagiques.	Impacts sur les ressources ichthyque.
V1	B	B	B
V2	B	B	B

Critère n° 6 : Impact sur la morphologie-sous marine et fonds

Risques.	Risque de formation de haut de fonds.	Risque de modification de l'hydrodynamisme.	Risque d'augmentation de turbidité.
V1	A	A	A
V2	B	B	B

Critère n°7 : Impacts socio-économiques

Risques.	Impact sur la qualité chimique des fonds.	Impact sur l'activité halieutique.	Impact sur l'activité navigation.	Impact sur l'activité touristique.	Impact sur les parcs aquacoles.
V1	C	C	C	C	C
V2	A	A	A	A	A

Critère n°8 : Travaux

Risques.	Durée des travaux.	Contrainte liée à la sécurité du site de travaux.	Difficulté de la conduite des travaux d'immersion.	Difficulté de la conduite des travaux de suivi.
V1	A	A	A	A
V2	B	B	B	B

Critère n°9 : Logistique

Risques.	Difficulté de la conduite de l'opération d'immersion.
V1	C
V2	B

