

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



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

**Option : Aménagement du Littoral**

**Thème :**

**Paramètres Physico-chimiques de Pollution et Granulométrie  
des Sédiments de Dragage du Port d'El Djamila**

Présenté par :

**Mr. LOUDIA Mahfoud**

**Mlle MEDJAHED Amina**

Soutenu le : 15 /09/2013 devant le jury suivant :

<b>Mr DRICHE. M</b>	Maître de conférences B (ENSSMAL)	<b>Président</b>
<b>Mr HEMDANE. Y</b>	Maître de conférences A (ENSSMAL)	<b>Examineur</b>
<b>Mme HOUMA-BACHARI. F</b>	Professeur (ENSSMAL)	<b>Examinatrice</b>
<b>Mr BELKESSA. R</b>	Professeur (ENSSMAL)	<b>Promoteur</b>
<b>Mme CHAOU. N</b>	Maître assistante (ENSSMAL)	<b>Co-promotrice</b>

**Promotion : 2012/2013**

# **Remerciements**

*Voici enfin que ce modeste travail arrive à terme. Nous tenons à exprimer toute notre reconnaissance à ceux qui au long de ce mémoire nous ont apporté leurs soutiens, la participation de certains a été décisive pour l'aboutissement de ce travail qu'il nous est agréable de présenter tout particulièrement :*

*Nous remercions Dieu le tout puissant, de nous avoir donné tout le courage et la patience pour mener ce travail à terme.*

*Nous tenons tout d'abord à exprimer notre profonde gratitude et un grand respect à notre promoteur **Mr BELKESSA Rabah** qui a bien accepté de diriger notre travail, et aussi notre Copromotrice **Mme CHAOU Nadia** nous les remercions pour leurs encouragements et pour le temps précieux qu'ils nous ont consacré toutes fois que cela était nécessaire. Je salue aussi leurs souplesses et leurs ouvertures d'esprit qui ont su nous laisser une large marge de liberté pour mener à bien ce travail dont nous espérons avoir été à la hauteur.*

*Nous adressons nos plus sincères remerciements, à **Mr DRICHE M.** de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance. Nous tenons également à remercier très chaleureusement les membres de Jury **Mme BACHARI-HOUMA F., Mr HAMDANE Y,** qui nous ont fait l'honneur d'examiner ce travail.*

*Nos vifs remerciements à **Mr. MATOUK. Y., Mme REFES** et **Melle Amina** d'une façon toute particulière de nous avoir guidé et conseillé pendant la réalisation de ce travail et surtout pour leurs grandes disponibilités et patiences.*

*On voudrait également remercier **Mme BESSAOU.W (responsable de la bibliothèque)** pour ses encouragements et pour le temps précieux qu'elle nous a consacré, Ainsi qu'au personnel de la bibliothèque de l'ENSSMAL.*

*Nous remercions très chaleureusement toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*« A la mémoire de ma chère maman,  
Qui j'espère est heureuse là haut et fière de moi,  
Qu'elle trouve ici tout mon amour »*

*Je dédie ce travail à :*

*Mon très cher papa pour son aide et encouragement ;*

*A mes adorables frères et sœurs ;*

*A mes nièces et neveux ;*

*A tous mes cousins et cousines ;*

*A ma collègue et sa famille ;*

*A tous mes amis (es) : Ghanou, Islam, Khaled, Amine, Mohammed,  
Massi, Oussama, Rabah, Amar, Lounes, mohand, ...*

*A toute la promotion Aménagement de littoral 2012 ;*

*Mahfoud*

# Sommaire

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
---------------------------	----------

## Chapitre I : Généralités

<b>I. Généralités .....</b>	<b>3</b>
<b>I.1. Situation géographique.....</b>	<b>3</b>
<b>I.1.1. Baie d'El Djamila.....</b>	<b>3</b>
<b>I.1.2. Le site d'étude.....</b>	<b>3</b>
<b>I.2. Description du port.....</b>	<b>4</b>
<b>I.3. Quelques données sur le site d'étude.....</b>	<b>5</b>
<b>I.3.1. Bathymétrie .....</b>	<b>5</b>
<b>I.3.2. Sédimentologie.....</b>	<b>6</b>
<b>I.3.3. La houle.....</b>	<b>7</b>
a) La houle au large .....	7
b) La houle à la côte.....	8
<b>I.3.5. Les courants .....</b>	<b>8</b>
Le courant Algérien.....	8
<b>I.3.6. Hydrographie.....</b>	<b>8</b>
<b>I.4. Le dragage .....</b>	<b>9</b>
<b>I.4.1. Problématique du dragage .....</b>	<b>9</b>
<b>I.4.1.1. Le risque représenté par les opérations de dragage .....</b>	<b>9</b>
<b>I.4.1.2. La contamination des sédiments .....</b>	<b>9</b>
<b>I.4.1.2.1. Origine et nature de la pollution.....</b>	<b>9</b>
<b>I.4.1.2.1.a. Les éléments nutritifs .....</b>	<b>10</b>
<b>I.4.1.2.1.b. Les métaux lourds .....</b>	<b>10</b>
<b>I.4.1.2.1.c. Les micro-polluants organiques .....</b>	<b>10</b>
<b>I.4.2. Analyse et mesure des paramètres physico-chimiques .....</b>	<b>10</b>
<b>I.4.2.1. Température.....</b>	<b>11</b>
<b>I.4.2.2. Salinité.....</b>	<b>11</b>
<b>I.4.2.3. Oxygène dissous.....</b>	<b>11</b>
<b>I.4.2.4. Potentiel hydrogène .....</b>	<b>12</b>
<b>I.4.2.5. Conductivité.....</b>	<b>12</b>
<b>I.4.2.6. La matière en suspension (M.E.S).....</b>	<b>12</b>
<b>I.4.2.7. Matière organique (MO).....</b>	<b>13</b>
<b>I.4.2.8. Analyse des Nutriments .....</b>	<b>13</b>
<b>I.4.2.8.1. Les différentes formes des sels nutritifs.....</b>	<b>14</b>
<b>I.4.2.8.1.a. l'Azote moléculaire .....</b>	<b>14</b>
Les nitrates (NO <sub>3</sub> -) .....	14
Les nitrites (NO <sub>2</sub> -) .....	14
<b>I.4.2.8.1.b. Les phosphates (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>).....</b>	<b>15</b>

## Chapitre II : Matériels et méthodes

### II. Matériels et méthodes

II.1. Travaux en mer.....	16
II.1.1. Le matériel utilisé lors de la sortie en mer.....	17
II.1.2. Prélèvement d'eau de mer.....	17
II.1.3. Prélèvement des sédiments.....	17
II.1.4. Mesures in-situ.....	18
II.1.4.1. Température.....	18
II.1.4.2. Salinité et conductivité.....	18
II.1.4.3. Oxygène dessous.....	18
II.1.4.4. Le potentiel d'hydrogène.....	18
II.2. L'analyse au laboratoire.....	19
II.2.1. La matière en suspension (MES).....	19
II.2.1.1. Principe de la méthode.....	19
II.2.1.2. Matériels utilisés (voir annexe).....	19
II.2.1.3. Mode opératoire.....	20
a) Préparation des filtres au laboratoire.....	20
b) Filtration de l'eau de mer.....	20
c) Séchage et pesée des filtres.....	20
II.2.1.4. Calcul de la concentration en MES des échantillons.....	21
II.2.2. La matière organique dans l'eau de mer.....	21
II.2.2.1. Principe de la méthode.....	21
II.2.2.2. Matériels utilisés.....	21
II.2.2.3. Mode opératoire.....	21
II.2.3. Le taux de la matière organique dans le sédiment.....	22
II.2.3.1. Le principe de la méthode.....	22
II.2.3.2. Mode opératoire.....	22
II.2.4. Détermination de la Fraction pélagique.....	23
II.2.4.1. Principe.....	23
II.2.4.2. Mode opératoire.....	23
II.2.5. Analyse calcimétrique (décarbonification).....	23
II.2.5.1. Principe de la méthode.....	24
II.2.5.2. Matériels utilisés.....	24
II.2.5.3. Mode opératoire.....	24
II.2.6. Analyse des sels nutritifs.....	25
II.2.6.1. Azote nitreux (NO <sub>2</sub> ).....	25
II.2.6.1.1. Les réactifs (voir annexe).....	25
II.2.6.1.2. Solution étalon (voir annexe).....	25
II.2.6.1.3. Mode opératoire.....	25
II.2.6.1.4. Etalonnage.....	25
II.2.6.2. Azote nitrique (NO <sub>3</sub> ).....	26
II.2.6.2.1. Les réactifs (voir annexe).....	26
II.2.6.2.2. Solution étalon (voir annexe).....	26
II.2.6.2.3. Mode opératoire.....	26
a) Utilisation et entretien de la colonne (voir annexe).....	26
b) Contrôle du rendement réduction (voir annexe).....	26
II.2.6.2.4. Etalonnage.....	27
II.2.6.2.5. Expression des résultats.....	27

<b>II.2.6.3. Phosphore minéral dissous</b> .....	28
<b>II.2.6.3.1. Les réactifs (voir annexe)</b> .....	28
<b>II.2.6.3.2. Solution étalon (voir annexe)</b> .....	28
<b>II.2.6.3.3. Mode opératoire</b> .....	28
<b>II.2.6.3.4. Etalonnage</b> .....	28
<b>II.2.6.3.5. Calculs et expression des résultats</b> .....	29
<b>II.2.7. Métaux lourds</b> .....	29
<b>II.2.7.1. Conservation du sédiment</b> .....	29
<b>II.2.7.2. Conditionnement du matériel utilisé</b> .....	29
<b>II.2.7.3. Prétraitement du sédiment pour l'analyse des (M.L)</b> .....	29
<b>a. La lyophilisation</b> .....	30
<b>b. Broyage</b> .....	30
<b>c. Minéralisation</b> .....	30
• Minéralisation à blanc.....	30
• Minéralisation des échantillons.....	30
<b>d. Le dosage des métaux lourds par la SAA</b> .....	31

## **Chapitre III : Résultats et discussions**

<b>III.1. Analyse des paramètres physico-chimiques</b> .....	32
<b>III.1.1. Paramètres in-situ</b> .....	32
<b>III.1.1.1. Température</b> .....	32
<b>III.1.1.2. Salinité</b> .....	34
<b>III.1.1.3. Oxygène dissout</b> .....	35
<b>III.1.1.4. Potentiel hydrogène</b> .....	37
<b>III.1.1.5. conductivité</b> .....	38
<b>III.1.2. Paramètres étudiés au laboratoire</b> .....	40
<b>III.1.2.1. Matières en suspensions</b> .....	40
<b>III.1.2.2. Matière organique</b> .....	41
<b>III.1.2.3. Les sels nutritifs</b> .....	43
<b>III.1.2.3.a. Nitrites</b> .....	43
<b>III.1.2.3.b. Nitrates</b> .....	44
<b>III.1.2.3.c. Phosphates</b> .....	46
<b>III.2. L'analyse dans le sédiment</b> .....	47
<b>III.2.1. Matière organique</b> .....	48
<b>III.2.2. Fraction pélitique (&lt;80µm)</b> .....	49
<b>III.2.3. Calcimétrie</b> .....	50
<b>III.2.4. Métaux lourds</b> .....	51
<b>III.2.4.1. Etat de pollution par les métaux lourds</b> .....	53

## **Chapitre VI : Dragage**

<b>IV.1. Le contexte de dragage</b> .....	55
<b>IV.2. La réglementation relative aux dragages</b> .....	55
<b>IV.2.1. Réglementation internationale</b> .....	55
<b>IV.2.2. Réglementation européenne</b> .....	56
<b>IV.2.3. Réglementations nationales</b> .....	56

<b>IV.3. Dragage du port d'El Djamila</b> .....	57
<b>IV.3.1.</b> Calcul de volume à draguer.....	58
<b>IV.3.2.</b> La technique utilisée pour le dragage du port d'El Djamila.....	59
<b>IV.3.3.</b> Le choix des récepteurs des sédiments de dragage.....	60
<b>IV.3.3.1.</b> Variante 1 : Les ouvrages en géotextiles.....	60
<b>IV.3.3.2.</b> Variante 2 : L'immersion.....	61
<b>IV.3.3.3.</b> Variante 3 : L'alimentation artificielle des plages en sédiments (ou rechargement des plages).....	63
<b>IV.3.3.4.</b> Variante 4. Matériaux de construction.....	64
<b>IV.3.4.</b> Synthèse des variantes proposées selon l'analyse des sédiments.....	65

## **Conclusion**

## **Références bibliographiques**

## **Annexes**

## Liste des tableaux

<b>Tableau. I.1.</b> Caractéristiques du port d'El Djamila ( <b>DTP, 2012</b> ).....	5
<b>Tableau. I.2.</b> Hauteurs de houle au large en mètre d'après <b>S.S.M.O (LEM, 1996)</b> .....	7
<b>Tableau. III.1.</b> Valeurs des températures (°C) mesurées dans le site d'étude.....	31
<b>Tableau. III.2.</b> Valeurs des salinités (PSU) mesurées dans le site d'étude.....	33
<b>Tableau. III.3.</b> Les teneurs en Oxygène dissous (mg/l) mesurées dans le site d'étude.....	34
<b>Tableau. III.4.</b> Les valeurs du pH mesurés dans le site d'étude.....	36
<b>Tableau. III.5.</b> Les valeurs des conductivités (ms/cm) mesurées dans le site d'étude.....	37
<b>Tableau. III.6.</b> Les teneurs en matières en suspensions (mg/l) mesurées dans le site d'étude.....	39
<b>Tableau. III.7.</b> Les teneurs en matières organiques (mg/l) mesurées dans le site d'étude.....	40
<b>Tableau. III.8.</b> Les teneurs en nitrites ( $[\text{NO}_2^-]$ ( $\mu\text{mol/l}$ )) mesurées dans le site d'étude.....	42
<b>Tableau. III.9.</b> Les teneurs en nitrates ( $[\text{NO}_3^-]$ ( $\mu\text{mol/l}$ )) mesurées dans le site d'étude.....	43
<b>Tableau. III.10.</b> Les teneurs en phosphates ( $[\text{PO}_4^{3-}]$ ( $\mu\text{mol/l}$ )) mesurées dans le site d'étude.....	45
<b>Tableau. III.11.</b> Les teneurs en métaux lourds des échantillons analysés.....	52
<b>Tableau. III.12.</b> Valeurs des indices de contaminations (IC) des métaux lourds analysés.....	54
<b>Tableau. IV.1.</b> Surfaces et quantités à draguer qui correspond à chaque zone dans le port d'El Djamila.....	59
<b>Tableau. IV.2.</b> Avantages et inconvénients de la technique (ouvrages en géotextiles).....	61
<b>Tableau. IV.3.</b> Avantages et inconvénients de la technique (l'immersion).....	62
<b>Tableau. IV.4.</b> Avantages et inconvénients de la technique (rechargement des plages).....	64
<b>Tableau. IV.5.</b> Avantages et inconvénients de la technique (matériaux de construction).....	65
<b>Tableau. IV.6.</b> Synthèse des variantes proposées.....	66

## Liste des figures

<b>Figure I.1.</b> Situation géographique de la baie d'El Djamila ( <b>Google Earth, 2013</b> ).....	3
<b>Figure I.2.</b> Vue générale du port d'El Djamila.....	4
<b>Figure I.3.</b> Image récente du port El Djamila ( <b>Google Earth, 2013</b> ).....	4
<b>Figure I.4.</b> Bathymétrie de site d'étude (El Djamila).....	6
<b>Figure I.5.</b> Répartition des énergies des houles en fonction des directions des périodes les plus courantes (source K.N.M.I in Zemenzer 2004).....	7
<b>Figure II.1.</b> Situation des stations à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.....	16
<b>Figure II.2.</b> La valise multi-paramètre pour les mesures in-situ.....	18
<b>Figure II.3.</b> Pompe à vide et la rampe de filtration monoposte.....	19
<b>Figure II.4.</b> Courbe d'étalonnage des nitrites.....	25
<b>Figure II.5.</b> Courbe d'étalonnage des nitrates.....	27
<b>Figure II.6.</b> Courbe d'étalonnage des ortho-phosphates.....	28
<b>Figure III.1.</b> Les températures relevées au niveau de chaque station à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.....	32
<b>Figure III.2.</b> Distribution horizontale de la température (°C) à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.....	32

<b>Figure III.3.</b> Salinités relevées au niveau de chaque station à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.....	33
<b>Figure III.4.</b> Distribution horizontale de la salinité (PSU) à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.....	34
<b>Figure III.5.</b> Concentrations de l'Oxygène dissous en mg/l relevées au niveau de chaque station, à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.....	35
<b>Figure III.6.</b> Distribution horizontale de la concentration en oxygène dissous (mg/l) à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.....	35
<b>Figure III.7.</b> Valeurs de pH relevés au niveau de chaque station, à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.....	36
<b>Figure III.8.</b> Distribution horizontale de pH à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.....	37
<b>Figure III.9.</b> Valeurs de la conductivité (ms/cm) correspondantes à chaque station, à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.....	38
<b>Figure III.10.</b> Distribution horizontale de la conductivité (ms/cm) à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.....	38
<b>Figure III.11.</b> Valeurs de concentration des MES dans chaque station, à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila .....	39
<b>Figure III.12.</b> Distribution horizontale des MES (mg/l) à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.....	40
<b>Figure III.13.</b> Concentration en matière organique (mg/l) correspondantes à chaque station, à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.....	41
<b>Figure III.14.</b> Distribution horizontale de la matière organique (mg/l) à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.....	41
<b>Figure III.15.</b> Valeurs des concentrations des nitrites dans chaque station, à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila .....	42
<b>Figure III.16.</b> Distribution spatiale des nitrites ( $\mu\text{mol/l}$ ) à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.....	43
<b>Figure III.17.</b> Valeurs des concentrations des nitrates dans chaque station, à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila .....	43
<b>Figure III.18.</b> Distribution horizontale des nitrates ( $\mu\text{mol/l}$ ) à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.....	45
<b>Figure III.19.</b> Concentrations des phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans chaque station, à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila .....	46
<b>Figure III.20.</b> Distribution horizontale des phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ ) à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.....	46
<b>Figure III.21.</b> Variation de la matière organique dans le sédiment à l'intérieur du port d'El Djamila.....	48
<b>Figure III.22.</b> Distribution spatiale de la matière organique dans le sédiment à l'intérieur du port d'El Djamila.....	48
<b>Figure III.23.</b> Variation du taux des pélites (%) dans le sédiment à l'intérieur du port d'El Djamila.....	49
<b>Figure III.24.</b> Distribution spatiale du taux de pélites dans le sédiment à l'intérieur du port d'El Djamila.....	50

<b>Figure III.25.</b> Variation du taux de CaCo <sub>3</sub> (%) dans le sédiment à l'intérieur du port d'El Djamila.....	50
<b>Figure III.26.</b> Distribution spatiale du taux de CaCO <sub>3</sub> (%) dans le sédiment à l'intérieur du port d'El Djamila.....	51
<b>Figure III.27.</b> Situations des stations de prélèvements des sédiments qui correspondent à l'analyse des métaux lourds (DTP, 2012).....	52
<b>Figure III.28.</b> Représentation de la concentration en mercure Hg (mg/kg).....	53
<b>Figure III.29.</b> Représentation de l'état de pollution selon l'indice IC par les métaux lourds analysés.....	54
<b>Figure IV.1.</b> Représentation Bathymétrique du port d'El Djamila avant l'opération de dragage.....	57
<b>Figure IV.2.</b> Représentation de la zone de dragage sous forme de différentes formes géométriques.....	58
<b>Figure IV.3.</b> Ouvrages en géotextiles .....	60
<b>Figure IV.4.</b> Comportement des sédiments au cours d'un rejet par l'immersion ( <b>d'après Truitt, 1988</b> ).....	62
<b>Figure IV.5.</b> Technique de rechargement des plages.....	63
<b>Figure IV.6.</b> Vue en coupe de la butée en géotextile remplie de sable et posée sur un tapis anti-affouillement ( <b>DREAL, 2011, in 3AME, 2010</b> ) .....	67

### **Liste des abréviations et des acronymes**

**3AME** : Agence d'Aménagement Aquacole, Maritime et d'Environnement

**DREAL** : Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement du logement

**DTP** : Direction des Travaux Publics

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

**GPS**: Global Positioning System

**IMO**: International Maritime Organization

**LEM** : Laboratoire des Etudes Maritimes

**MES** : matière en suspension

**MO** : matière organique

**PSU** : Practical Salinity Unit

**SAA** : Spectrophotométrie d'Absorption Atomique

**S.S.M.O**: Summary of Synoptic Meteorological Observation

**K.N.M.I** : Institut météorologique royal Néerlandais

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

**ONM** : Organisation Nationale de Météorologie

**WTW** : Wissenschaftlich Technische Werkstätten

**IC** : indice de contamination

---

# **Introduction**

---

Notre globe terrestre est constitué de vastes espaces maritimes qui font l'objet depuis plusieurs années d'une attention croissante tant de la part des états que des associations de protection de l'environnement.

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

Les opérations de dragage posent un problème environnemental car elles favorisent la dispersion des contaminants et donc la bio accumulation. En effet, la solution la plus communément employée pour se débarrasser des sédiments dragués était le relargage en mer actuellement les sédiments dragués représentent de 80 à 90% (en volume) de tous les matériaux d'origine anthropique immergés dans les océans du globe. Plusieurs centaines de millions de mètre cubes de sédiments côtiers sont dragués et immergés chaque année dans le monde (Agostini, 2006).

En Algérie, il n'existe pas de statistiques des quantités à excaver annuellement car les dragages ne suivent pas un planning établi. Près de 10 millions m<sup>3</sup> de sédiment doivent être enlevés pour l'ensemble des ports et seront pour leur plupart immergés (Belkessa, 2005).

La source principale de l'ensablement reste les cours d'eau. A cet effet, tous les ports algériens sont situés près des embouchures des plus grands oueds (Belkessa, 2005), c'est le cas pour le port d'El-Djamila qui est alimenté par l'Oued Beni Messous distant d'environ 2km à l'Ouest du port. Le second problème est lié à la pollution, en effet, les eaux côtières notamment les eaux portuaires sont exposées aux rejets directs des eaux usées domestiques, industrielles et pluviales.

Les études se rapportant aux dragages et leurs impacts sur l'environnement sont très récentes. Ces dernières ont suivi les textes réglementant les aspects de pollution marine qui ont apparus en 1976 en France et 1983 en Algérie.

L'ENSSMAL, avec ses activités multidisciplinaires dans le domaine marin et le L.E.M (laboratoire des études maritimes) sont les principaux acteurs qui activent dans le domaine de l'environnement marin.

Le but de ce travail est de connaître la qualité des matériaux (granulométrie et concentration en polluant) à draguer dans le port d'El Djamila afin de proposer des sites récepteurs et de dépôt. Donc pour pouvoir atteindre ce but on a divisé notre travail en quatre parties.

Le premier chapitre est consacré aux généralités bibliographiques et la mise en contexte de la zone d'étude.

Le deuxième chapitre présente la partie expérimentale du travail où nous avons présenté le matériel utilisé en décrivant les méthodes choisies pour les prélèvements et les analyses de l'eau et des sédiments in-situ et au laboratoire.

Le troisième chapitre est réservé pour les résultats obtenus lors de notre étude ainsi pour leurs interprétations et les présentations graphiques et cartographiques.

Le quatrième chapitre présente le dragage du port d'El-Djamila ainsi que la quantité et le devenir des sédiments.

---

# Chapitre I

## Généralités

---

## I. Généralités

### I.1. Situation géographique

#### I.1.1. Baied'El Djamila

La baie d'El Djamila représente le quart oriental de la baie de Bou Ismail, elle se situe à une trentaine de kilomètres à l'Ouest d'Alger. C'est une côte sableuse basse relativement fermée s'allongeant sur 6 km, orientée Sud-Ouest, Nord-Est, limitée à l'Ouest par la presqu'île de Sidi Fredj et à l'Est par Ras Acrata, les coordonnées géographiques sont :

2° 53' 42.792" Est et 36° 48' 5.796" (Ras Acrata).

2° 50' 54.744" Est et 36° 45' 43.092" (Port de Sidi).



**Figure I.1:** Situation géographique de la baie d'El Djamila. (Google Earth, 2013)

#### I.1.2. Le site d'étude

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



**Figure I.2 :** Vue générale du port d'El Djamilia

## I.2. Description du port

Le port d'El Djamilia est un port de pêche et de plaisance aménagé entre 2002 et 2006, il est constitué d'un bassin protégé par une jetée principale d'une longueur de 300 m et une autre secondaire de 160 m et allant jusqu'à des profondeurs de 7 m et de 5 m respectivement.

Ce port est doté d'une passe d'entrée de 55 m avec deux appontements à l'intérieur de 118.55 m, un plan d'eau du bassin de 3.7 ha et une surface de terre pleine de 2.25 ha.

A l'Ouest du port un épi de 100 m est construit contre l'ensablement provoqué principalement par les apports d'Oued Beni-Messous. (DTP, 2012)



**Figure I.3 :** Image récente du port El Djamilia. (Google Earth, 2013)

D'autres caractéristiques du port sont résumées dans le tableau suivant :

**Tableau I.1.** Caractéristiques du port d'El Djamila. (DTP, 2012).

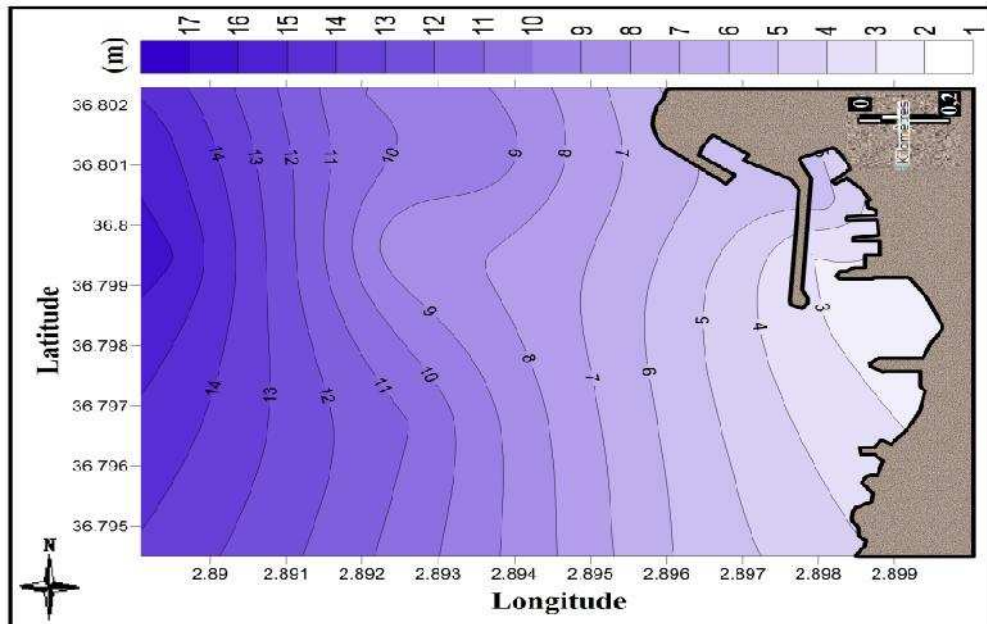
<b>Ouvrages de protection</b>	<b>Longueur(m)</b>
Jeté principale pêche	300
Jeté principale de plaisance	100
Jeté secondaire pêche	160
Epi pêche	100
Epi plaisance	80
<b>Ouvrages d'accostages</b>	<b>Longueur(m)</b>
Quai d'avitaillement	40
Quai de débarquement	50
Quai pour la plaisance	120
Appontement sardinier	52,8
Appontement petits métiers	65,5
<b>Flottille de pêche</b>	<b>Quantité</b>
Sardiniers	20
Petits métier	42
Plaisanciers	77

### I.3. Quelques données sur le site d'étude

#### I.3.1. Bathymétrie

La topographie sous marine de la baie d'El Djamila se caractérise par une pente douce régulière d'Ouest en Est (**Figure I.4**).

Les lignes bathymétriques sont pratiquement parallèles à la ligne du rivage au centre de la baie, avec une pente faible de 2%, dont une rupture de pente de 8% est marquée au niveau des deux extrémités de la baie, (Ras Acrata à l'Est et Sidi Fredj à l'Ouest). Plus à l'Ouest (Moretti) entre les isobathes 5m et 15m, nous avons une large zone régulière à pente très douce.



**Figure I.4 : Bathymétrie de site d'étude (El Djamila)**

### I.3.2. Sédimentologie

Dans le port, la plupart des sédiments sont du sable très fin ou de la vase. (Bellahsene et Messaoudi, 2005).

Le phénomène de sédimentologie est dû à l'action hydrodynamique :

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

Ce dernier reprendrait les sédiments initialement déposés latéralement et les dirige vers le large.

- La dérive littorale provoquée par les houles de Nord-Ouest.

Cette dynamique sédimentaire provoque un ensablement par un dépôt des sédiments au niveau de la passe d'entrée. (LEM, 1996).

### I.3.3. La houle

#### a) La houle au large

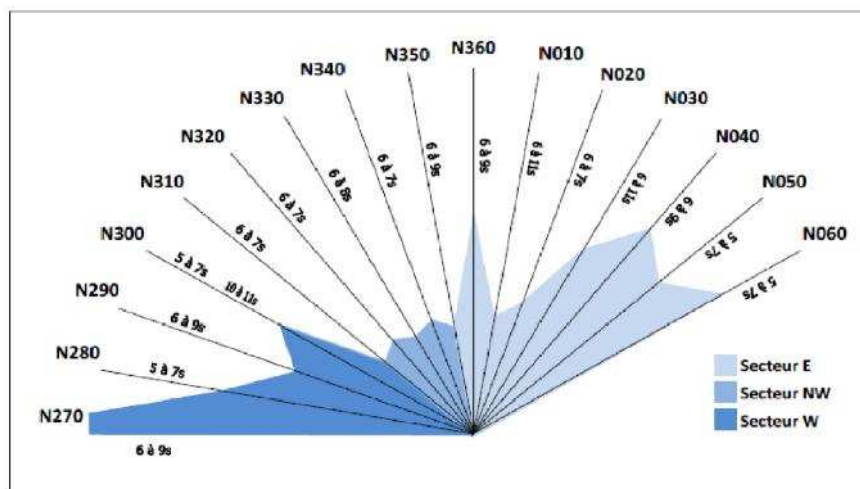
Une étude sur les houles a été faite par S.S.M.O s'étalant sur une période de 8 ans, cette dernière a donné les résultats des houles cinquantennales suivantes :

- $Hs^{50}$  = 9.80 m pour l'Ouest.
- $Hs^{50}$  = 7.20 m pour le Nord.
- $Hs^{50}$  = 4.70 m pour l'Est.

L'analyse précédente a été réalisée entre 1963 à 1970. Les résultats des observations de la houle sont résumés dans le tableau suivant :

**Tableau I.2.** Hauteurs de houle au large en mètre d'après S.S.M.O. (LEM, 1996)

Secteur \ Période de retour	N.W	N	N.E	E	W	Toute direction
2 ans	3,7m	4,3m	4,3m	3,1m	6,3m	6,4m
5ans	4,45m	5,2m	5,15m	3,6m	7,45m	7,35m
10ans	5m	5,8m	5,7m	3,9m	8,2m	8m
20ans	5,5m	6,4m	6,3m	4,25m	8,9m	8,6m
50ans	6,1m	7,2m	6,9m	4,7m	9,8m	9,4m
100ans	6,6m	7,8m	7,4m	5m	10,5m	9,95m



**Figure I.5 :** Répartition des énergies des houles en fonction des directions des périodes les plus courantes (Source K.N.M.I in Zemenzer 2004)

## **b) La houle à la côte**

L'amplitude de la houle à la côte a été déterminée par l'étude de réfraction de la houle. Au pied de l'ouvrage c'est la houle au déferlement qui est prise en compte pour le dimensionnement des ouvrages de protections, sa valeur est estimée à 5m. L'exploitation des caractéristiques de la houle au large facilite l'étude de phénomène de réfraction et cela pour définir les caractéristiques de la houle à la côte (direction et hauteur). (LEM, 1996).

### **I.3.4. Les courants**

Les courants agissent pendant l'hiver et ont une direction d'Ouest vers l'Est par la houle Nord-Ouest, le reste de l'année ces courants ont une direction d'Est vers l'Ouest, ces derniers peuvent favoriser le transport près de la côte induit par le déferlement des houles et les courants des houles le long de la côte (dérive littorale). Les courants sont responsables de l'état dynamique des sédiments, (érosion, transport et sédimentation). (DTP, 2012).

#### **✓ Le courant Algérien**

C'est un courant général (qui domine au large de la région d'étude), d'origine atlantique, il se déplace d'Ouest en Est le long des côtes algériennes sous l'effet de la force de Coriolis. Ce courant général entre 1° et 2° Est devient instable pour former des tourbillons anticycloniques accompagnés de phénomènes d'upwelling (La remontée d'eau). (Millot et al., 1990).

### **I.3.5. Hydrographie**

La baie d'El Djamila est alimentée principalement par l'Oued Beni-Messous, il traverse le massif de Bouzaréah. Ce dernier a des effets tellement ressentis sur la baie et surtout sur le port d'El Djamila (ensablement). L'Oued Beni-Messous est situé entre El Djamila et club des Pins, il traverse les communes de Chéraga, Bouzeréah et Ain-Benian ; son embouchure soit au niveau d'une plage (lesDunes) a environ 2 km à l'Ouest du port d'El Djamila, la superficie de son bassin versant est à l'ordre de 33 km<sup>2</sup>, il regroupe l'Oued Defla et l'Oued Bainem. (Alliouane et Ramdani, 2006).

## **I.4. Le dragage**

Trois besoins justifient les opérations de dragage (L'yavanc et al, 1999). La sédimentation des matières en suspensions d'origine continentale ou marine constitue une entrave pour l'accès des navires aux installations portuaires. Le dragage d'entretien consiste à évacuer ces matériaux afin d'assurer une hauteur d'eau suffisante pour le passage des bateaux. Ces opérations sont quasi permanentes dans les ports, d'estuaires et périodiques dans les ports ouverts sur la mer. Le dragage d'approfondissement est, quand à lui, motivé par l'évolution de la taille des navires qui suppose une modernisation des ports et en particulier l'adaptation du seuil de navigation pour les chenaux d'accès et les bassins. Enfin, l'aménagement de nouvelles aires portuaires occasionne souvent le déplacement d'importants volumes de matériaux divers : roche, sable, terre, argile, graviers ou vase.

### **I.4.1. Problématique du dragage**

#### **I.4.1.1. Le risque représenté par les opérations de dragage**

En 1977 J. 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 et donc la bio accumulation. En effet, la solution la plus communément employée pour se débarrasser des sédiments dragués était le relargage en mer. (Clark, 1977).

#### **I.4.1.2. La contamination des sédiments**

Dès les années 1970 les sédiments ont été reconnus comme étant la destination finale des polluants.

##### **I.4.1.2.1. Origine et nature de la pollution**

Ces dernières années, le phénomène d'envasement s'est amplifié en raison de l'accroissement des apports anthropiques et de l'érosion. La contamination a commencé à la fin du siècle dernier. Cette pollution est principalement due aux rejets industriels et urbains. Les contaminants à l'origine de cette pollution sont généralement classés en trois grands groupes. (Schneider, 2001).

### **a. Les éléments nutritifs**

Il s'agit notamment du phosphore et des composés azotés comme l'ammoniaque. Ils proviennent des rejets d'eaux usées urbaines et d'effluents agricoles et industriels. Ils sont à l'origine de l'eutrophisation des milieux. (Schneider, 2001).

### **b. Les métaux lourds**

Ils se retrouvent souvent à l'état de traces, indispensables au métabolisme pour la plupart, sauf le plomb, le mercure et le cadmium, une fois dépassé un seuil de tolérance, les métaux sont considérés comme toxiques. Ils sont alors incompatibles avec les phénomènes vitaux et certains d'entre eux ont des propriétés cancérigènes et mutagènes. Les métaux lourds peuvent être fixés sur les particules minérales et les matières organiques des sédiments.

Un autre mode d'immobilisation peut être lié aux phénomènes de précipitation. Les métaux précipitent alors sous des formes plus ou moins insolubles d'oxydes, d'hydroxydes, de carbonates, de phosphates, ou de sulfures. Les métaux piégés dans le sédiment sont en général en équilibre avec l'eau interstitielle. Mais la moindre perturbation de l'environnement peut remobiliser les métaux. Différents mécanismes sont à l'origine de ce phénomène : réactions d'oxydo-réduction, activité biologique, ou les perturbations physicochimiques. (Schneider, 2001).

### **c. Les micro-polluants organiques**

Ils représentent le troisième grand groupe de contaminants (les HAP: hydrocarbures polycycliques aromatiques, pesticides, solvants chlorés). Ces éléments sont souvent très toxiques, solubles ou adsorbés sur les matières en suspension.

En définitive, la sédimentation (donc l'envasement) est un phénomène naturel qui voue le plan d'eau à disparaître naturellement par comblement. Les problèmes que pose cette sédimentation à l'heure actuelle, viennent de l'augmentation de la vitesse d'envasement ainsi que de la toxicité accrue des sédiments. (Schneider, 2001).

## **I.4.2. Analyse et mesure des paramètres physico-chimiques**

Comme cité précédemment, les sédiments ont été reconnus comme étant la destination finale des polluants. Cette pollution est principalement due aux rejets industriels et urbains. Alors pour notre cas nous donnons dans ce qui suit une brève définition des paramètres analysés selon notre étude d'impact (Eau, sédiment) sur une opération de dragage du port d'El Djamila.

### I.4.2.1. Température (°C)

La température est un des descripteurs de base pour la connaissance du milieu. La température influe sur l'activité biologique dont dépend la production totale, et sur la répartition des espèces. Des phénomènes climatiques peuvent induire des variations rapides de température des eaux de surface. Dans les eaux océaniques, la température décroît de la surface vers le fond où elle varie de 0 à 2,5 °C selon le lieu. (Aminot et Kérouel, 2004). Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. (Rodier, 1997).

### I.4.2.2. Salinité (PSU)

La salinité est l'une des caractéristiques physico-chimiques de l'eau, elle est sans unité, mais souvent exprimée en gramme de sel par kilogramme d'eau (g/kg), ou encore en « PSU ». La salinité représente le contenu en sels dissous d'une eau. (Aminot et Kérouel, 2004).

La définition de la salinité donnée en 1902 « la salinité est la masse en grammes de substances solides contenues dans un kilogramme d'eau de mer, les carbonates étant transformés en oxydes, les bromures et iodures remplacés par leur équivalent en chlorures, les matières organiques oxydées ». (Forch, Knudsen et Sørensen, 1902, in Copin-Montégut, 1996).

### I.4.2.3. Oxygène dissous (mg/l)

La teneur en Oxygène moléculaire dissous est un paramètre important qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques. Les concentrations d'Oxygène dissous dans l'eau en mg/l résultent de processus physiques, chimiques et biologiques :

- Echanges à l'interface air-eau (gain ou perte) ;
- Diffusion et mélanges au sein de la masse d'eau ;
- Photo-oxydation (perte) ;
- Oxydation chimique (perte) ;
- Respiration des organismes aquatiques, y compris minéralisation (perte) ;
- Nitrification (perte) ;
- Photosynthèse (gain). (Aminot et Kérouel, 2004).

#### I.4.2.4. Potentiel d'hydrogène

Le pH est relatif à la concentration en ions hydrogène ( $H^+$ ) dans un milieu, donc à l'acidité de ce milieu. (Ramade, 2000).

$$\text{pH} = -\text{log}_{10}H^+ \quad (1)$$

Le pH est le reflet des équilibres entre les espèces chimiques majeures du milieu en l'absence d'influences externes, mais il est également l'indicateur de certaines pollutions directes ou indirectes. (Aminot et Kérrouel, 2004).

Comme les ions métalliques, le proton  $H^+$  n'existe en solution que sous forme hydratée,  $H^+$  c'est-à-dire associé à une ou plusieurs molécules d'eau. Il est représenté par le symbole  $H_3O^+$ . (Copin-Montégut, 1996).

Le pH de l'eau de mer résulte de sa composition ionique, et essentiellement de la présence des carbonates issus de l'échange de dioxyde de carbone ( $CO_2$ ) entre l'eau et l'atmosphère, ainsi que de la dissolution du calcaire. Le pH de l'eau de mer en contact avec l'atmosphère reste ainsi dans une étroite fourchette de l'ordre de 8 à 8,3. Il est affecté par les processus naturels qui déplacent les équilibres du système carbonique. (Aminot et Kérrouel, 2004).

#### I.4.2.5. Conductivité (ms/cm)

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques. La conductivité de l'eau de mer est très élevée en raison de la forte concentration en sels dissous. La conductivité est également fonction de la température de l'eau. Les résultats de mesure doivent donc être présentés en termes de conductivité équivalente à 20°C ou 25°C. Mesuré sur le terrain, ce paramètre permet de caractériser l'eau. (Rodier et al, 2005).

#### I.4.2.6. La matière en suspension (mg/l)

Les matières en suspensions dans les eaux de mer sont de dimensions très variables. Elles comportent tous les composés ayant un diamètre supérieur à 0.45  $\mu\text{m}$  et elles peuvent être un indice de pollution. Elles sont transportées au sein de la masse d'eau qu'elle soit douce, marine ou résiduaire. (Aminot et Chaussepied, 1983).

Selon la nature des côtes et du fond marin, les matières en suspension peuvent être des sels minéraux précipités, des sédiments, des fragments minéraux, des squelettes planctoniques, ou encore des organismes vivants servent de nutriments aux organismes filtreurs tels que les moules et les bivalves. (Lefebvre et al, 1993).

Dans le cas d'un dragage, les matières en suspensions pose un problème beaucoup plus dans les sites d'immersions. Elles représentent la fraction de matières particulaires organiques et inorganiques entraînées passivement par les mouvements d'eaux. Autrement dit, la pollution résultante par la matière qui reste en suspension lors des opérations du dragage peut être transportée par les courants vers des sites moins pollués, ou même peut prendre un chemin de retour vers la cote (les plages). Par le phénomène d'adsorption-désorption des MES pour les espèces chimiques, elles peuvent être considérées comme des transporteurs importants des polluants, fertilisants, toxiques, biologiques. (Lacaze, 1996).

#### **I.4.2.7. Matière organique (MO)**

La matière organique est une substance nutritive considérée comme une source d'énergie pour les micro-organismes (bactéries, protozoaires), elle correspond à la fraction endogène qui est facilement dégradée. (Boulahdid, 1987). La fraction exogène formée par les débris des animaux et des végétaux possède une certaine résistance à la dégradation bactérienne. Cette fraction est nécessaire au fonctionnement des cycles biogéochimiques par la régénération des sels nutritifs. (Lacaze, 1980). Le sédiment représente un milieu d'accumulation de particules d'origine géologique ou biologique, en équilibre avec les eaux surnageants des peuplements adaptés à leurs caractéristiques physiques et chimiques. Le phénomène d'adsorption des polluants organique et inorganique sur la matière organique est responsable du déplacement de ces polluants vers le sédiment marin puis vers les sites d'immersions après une opération du dragage ; il existe une corrélation significative entre la matière organique du sédiment et les concentrations en ces polluants. La détermination de la matière organique revêt un intérêt particulier pour l'interprétation des résultats. (Agostini, 2006).

#### **I.4.3.8. Analyse des Nutriments**

Les éléments nutritifs qui limitent l'activité photosynthétique des organismes photosynthétiques sont : l'azote, le phosphore et le silicium sous leur forme oxydée, d'où leur appellation « éléments bio-limitants ». (Copin-Montégut, 1996).

### I.4.2.8.1. Les différentes formes des sels nutritifs

#### I.4.2.8.1.1. l'Azote moléculaire

Prélevé de l'atmosphère, il constitue un élément essentiel des structures vivantes. Selon son degré d'oxydation, il existe sous trois formes : nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ), ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) et de composés organiques tels que l'urée ou les acides aminés. Ce sont les formes d'azote utilisables par le phytoplancton. (Aminot et Chaussepied, 1983).

##### a. Les nitrates ( $\text{NO}_3^-$ )

Les nitrates sont une forme oxydée stable de l'azote en solution aqueuse et elles sont la forme la plus répandue dans l'océan (65% du stock de l'azote). Leur concentration varie entre 0  $\mu\text{mole/l}$  à la surface et à plus de 45  $\mu\text{mole/l}$  dans les eaux profondes. Mais dans les estuaires, lorsque la salinité décroît par l'effet des apports terrigènes, leur concentration peut atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre. Les nitrates résultent de l'oxydation des nitrites par des bactéries (nitrobacter) lors de la réaction de nitratisation. Elles entrent dans le cycle de l'azote comme support principale de la croissance phytoplanctonique. (Aminot et Chaussepied, 1983).

##### b. Les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ )

Etant dans le cycle de l'azote, un ion en état transitoire au même titre que l'ammonium, expliquant ainsi les faibles concentrations rencontrées en milieu marin qui sont de l'ordre de zéro à quelques micromoles par litre d'azote nitreux. Les concentrations des nitrites connaissent des variations saisonnières, qui varient en hiver entre 0.5 et 1  $\mu\text{mol/l}$  et atteignent des valeurs très faibles en été ( $< 0,01 \mu\text{mol/l}$ ) suite au développement du phytoplancton. Les nitrites proviennent des deux réactions suivantes : (Aminot et Chaussepied, 1983)

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



- La réduction des nitrates dans les milieux anoxiques ou pauvres en oxygène dissous, opérée par les bactéries anaérobiques, selon la réaction suivante:



#### I.4.2.8.1.2. Les phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Dans l'eau de mer, le phosphore existe sous forme organique et inorganique, dissous et particulaire. Les Ortho-phosphates présentent la forme la plus abondante  $\text{PO}_4^{3-}$  (10 %) et  $\text{HPO}_4^-$  (90%) et (1%) de  $\text{H}_2\text{PO}_4$  (Aminot et Chaussepied, 1983).

A l'état d'équilibre, elles se trouvent avec des teneurs assez faibles en surface (0 à 1  $\mu\text{mol/L}$ ) à cause de leur consommation par le phytoplancton (bloom printanier) (Copin-Montégut, 1996) et ces teneurs augmentent avec la profondeur au dessous de la couche euphotique pour atteindre un maximum qui correspond au minimum de l'oxygène dissous, avec une légère fluctuation selon la région océanique.

---

## Chapitre II

### Matériels et Méthodes.

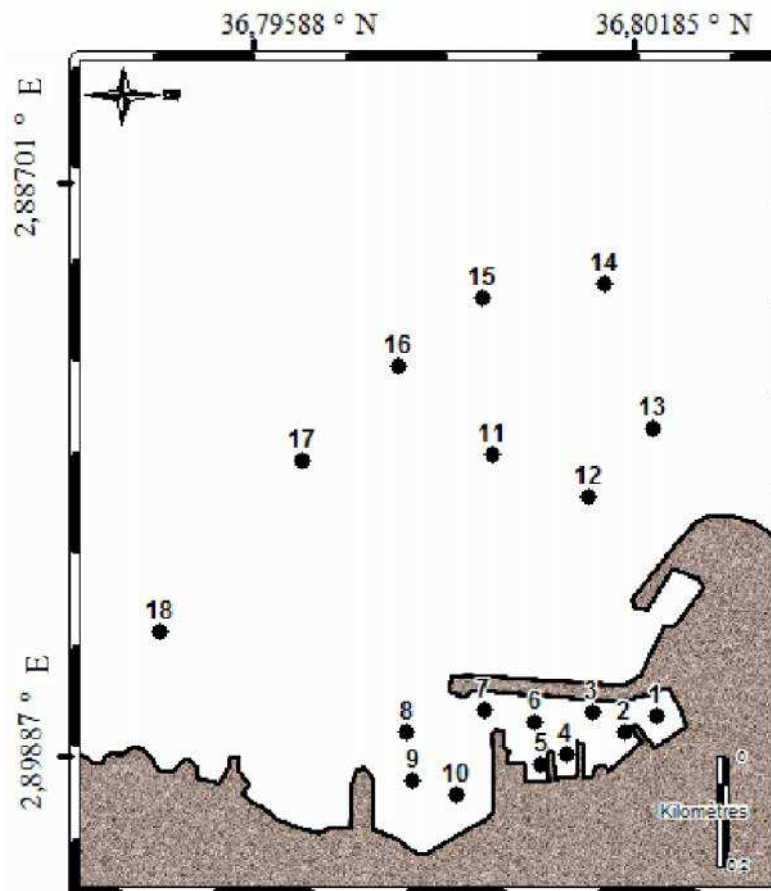
---

## II. Matériels et méthodes

Dans ce deuxième chapitre de matériels et méthodes nous allons voir tous les paramètres étudiés, que se soit in-situ : Température, Salinité, Oxygène dissous, Conductivité, Potentiel d'hydrogène ou bien au laboratoire : Matière en suspension, Matière organique dans l'eau et dans le sédiment, les Métaux lourds, les Sels Nutritifs, la Granulométrie (étude des pélites), Calcimétrie, et cela avec les méthodes d'analyses qui correspondent à chaque paramètre.

### II.1.Travaux en mer

Les travaux en mer ont été réalisés le 06/05/2013 à bord de l'embarcation « El Aourès » où le climat de ce jour ainsi que l'état de la mer ont été favorables pour toute manipulation en mer (état de la mer : calme, direction du vent : néant, et une journée très ensoleillée) ; ça, nous a permis d'étudier 18 stations dont 10 stations à l'intérieur du port d'El Djamila et 8 stations à l'extérieur (**Figure II.1**). Le choix des stations a été fait d'une façon à couvrir l'ensemble du port (intérieur et extérieur) (**Annexe, tableau AII.1**).



**Figure II.1:** Situation des stations à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.

### II.1.1. Le matériel utilisé lors de la sortie en mer

Pour pouvoir récolter toutes les données nécessaires sur le site d'étude, notre embarcation a été munie d'un ensemble de matériels (**Voir annexe**) qui est comme suit:

- Une benne de type «VanVeen».
- Flacons en plastiques (250 ml).
- Sachets de congélation utilisés pour les prélèvements des sédiments.
- Valise multi-paramètre.
- Glacière pour la conservation et le transport des échantillons.
- Un échosondeur (Furuno LS-4100) pour des levés bathymétriques se trouvant à bord de l'embarcation.
- Un GPS avec lequel on tire les coordonnées des différentes stations.
- Un plan de masse du port où sont précisément indiqués et numérotés les stations de prélèvement.

### II.1.2. Prélèvement d'eau de mer

Les échantillons d'eau de mer ont été prélevés à la main à une profondeur de 10 à 30 cm sous la surface de l'eau avec des bouteilles en plastique de 250 ml, les bouteilles sont étiquetées et placées dans une glacière, Tous les flacons de prélèvement sont ensuite transportés et conservés dans un réfrigérateur (4°C) pour une ultérieure analyse au laboratoire, cet échantillonnage a été effectué pour les mesures des paramètres physico-chimiques en principe les MES qui posent un problème lors des opérations de dragages des sédiments et leurs immersions, ainsi que la matière organique et les sels nutritifs.

### II.1.3. Prélèvement des sédiments

Les prélèvements ont été effectués au moyen d'une benne de type «Van Veen». Les échantillons destinés à l'analyse des métaux lourds sont récupérés à l'aide d'une spatule qui est à chaque fois lavée pour éviter toute contamination et d'une façon à éviter le contact avec les parois de la benne, le reste des échantillons sont laissés pour l'analyse granulométrique (les pélites), calcimétrie et la matière organique. Ces échantillons sont transvasés dans des sachets en plastique doublés et refermés sur lesquels sont inscrites les coordonnées de chaque station. La nature de la plupart des sédiments recueillis est de la vase putréfiée. Une fois étiquetés, ils sont temporairement maintenus à basse température dans une glacière portative.

## II.1.4. Mesures in-situ

### II.1.4.1. Température

Pour la mesure de la température, tous les appareils utilisés (conductimètre, oxymètre et pH-mètre de terrain) donnent la valeur de la température en ( $^{\circ}\text{C}$ ); pour notre cas on a choisit le conductimètre de marque WTW (**W**issenschaftlich **T**echnische **W**erkstätten) type «cond 197i» comme appareil de mesure de ce paramètre.

### II.1.4.2. Salinité et conductivité

Les mesures de la salinité et de la conductivité ont été effectuées à l'aide d'un conductimètre de terrain de la même marque que celle de la température avec une précision de  $\pm 0.5\%$ .

### II.1.4.3. Oxygène dessous

La concentration de l'oxygène dissous est déterminée à partir d'un oxymètre de terrain de marque WTW «Oxi197i /S» avec une précision de  $\pm 0,5\%$ . L'appareil est calibré avant son utilisation. La valeur s'affiche en mg/l et en % avec une précision de  $\pm 0.1 \%$ .

### II.1.4.4. Le potentiel d'hydrogène

Tout comme pour l'oxygène dissous, le pH a été mesuré in-situ, à l'aide d'un pH-mètre de marque *WTW* et de type: «PH 315 I/SET», muni d'une électrode. L'étalonnage a été effectué avec trois solutions étalons, préparées au préalable au laboratoire, dont les pH sont de 4, 7 et 9. L'électrode est plongée dans l'eau de mer à analyser qui reste jusqu'à la stabilisation de la valeur du pH affiché. Cette électrode est rincée à l'eau distillée d'une station à une autre.



**Figure II.2:** La valise multi-paramètre pour les mesures in-situ.

## II.2. L'analyse au laboratoire

### II.2.1. La matière en suspension (MES)

#### II.2.1.1. Principe de la méthode

Cette mesure consiste à filtrer un volume d'échantillon sur une membrane poreuse afin de retenir les particules supérieures à  $0.45 \mu\text{m}$  (Aminot et Chaussepied, 1983). La différence de poids des filtres avant et après filtration nous renseigne sur la masse sèche totale de matières en suspension dans le volume filtré correspondant. La précision sur la concentration de MES dépendant du volume filtré et la sensibilité de la balance (Rodier et al, 2005).

#### II.2.1.2. Matériels utilisés (Voir annexe)

- Filtres Whatman (GF/F) de diamètre 70 mm.
- Boîtes de conditionnement (boîte de pétries).
- Rampe de filtration ou système de filtration monoposte.
- Pompe à vide pour filtration, muni d'un manomètre.
- Dessiccateur (contenant de gel de silice activé).
- Etuve de type WTB Binder, réglé à  $65 \text{ }^\circ\text{C}$ .
- Balance de précision de type Denver Instrument M- 220 D (au  $1/100000 \text{ g}$ ).
- Eprouvette graduée de 250 ml et une pince.



**Figure II.3:** Pompe à vide et rampe de filtration monoposte.

### II.2.1.3. Mode opératoire

#### a) Préparation des filtres au laboratoire

- Les filtres GF/F sont mis dans l'eau acidulée (HCl à 1%) pendant une demi-heure, puis rincés abondamment à l'eau distillée, puis séchés à l'étuve pendant 24 heures à 70 °C.
- Placer chaque filtre dans une boîte à filtre préalablement étiquetée, et placer dans un dessiccateur pour refroidir;
- Peser le filtre pour avoir (P1) mg;
- Replacer aussitôt chaque filtre dans sa boîte, à l'abri de la poussière.

#### b) Filtration de l'eau de mer

Cette étape consiste à :

- Agiter l'échantillon prélevé avant sa filtration.
- Mesurer aussitôt le volume à filtrer.
- Placer un filtre et le centrer dans le dispositif de filtration.
- Verser l'échantillon sur le filtre et filtrer progressivement tout le volume mesuré.
- Supprimer l'aspiration dès que le filtre est à sec et verser alors 5 à 10 ml d'eau distillée.
- Remettre chaque filtre dans sa boîte numérotée.
- Mettre les boîtes à sécher immédiatement.

#### c) Séchage et pesée des filtres

- Mettre les boîtes contenant les filtres, sans le couvercle, dans l'étuve exempte de poussières à 70 °C pendant 2 h ([Aminot et Chausse-Pied, 1983](#)).
- Laisser refroidir dans un dessiccateur et ne pas faire sortir les filtres que juste avant la pesée.
- Peser chaque filtre pour avoir (P2) mg.

#### II.2.1.4. Calcul de la concentration en MES des échantillons

La concentration en MES est donnée par l'expression :

$$[\text{MES}] \text{ (mg/l)} = (\text{P2} - \text{P1}) / \text{V} \quad (4)$$

(P1) : Poids du filtre sec avant filtration (mg).

(P2) : Poids du filtre sec après filtration (mg).

(V) : volume de l'eau de mer filtré, (l).

#### II.2.2. La matière organique dans l'eau de mer

Le milieu marin contient naturellement des composés organiques provenant essentiellement des organismes vivants et de leur produit d'élimination et de dégradation. La matière organique et la matière inorganique constituent la concentration des eaux en matières en suspensions.

##### II.2.2.1. Principe de la méthode

Cette mesure consiste à calciner les filtres déjà utilisés pour la mesure de la concentration des matières en suspensions. La teneur en matière organique est obtenue par la différence de poids des filtres avant et après calcination.

##### II.2.2.2. Matériels utilisés

- Une balance de précision de type «Denver Instrument M- 220D» (précision: 1/10000g).
- Des creusés en porcelain.
- Four à moufle de type CWF 1200.

##### II.2.2.3. Mode opératoire

Les filtres issus de la mesure de la concentration en MES, sont conservés dans un dessiccateur afin de déterminer la charge des eaux en MO, dans le but d'éviter qu'ils absorbent l'humidité de l'air.

- Après nettoyage des creusés pour enlever toute la poussière, numéroter les.
- Plier chaque filtre en 4 à l'aide d'une pince et le mettre dans un creusé.
- Peser ensuite le creusé avec le filtre (P1).
- Placer les creusés dans le four à moufle à 600°C pendant 2 heures.

- Une fois les deux heures écoulées, attendre la descente progressive de la température jusqu'à qu'elle atteigne 100°C.
- Retirer les creusés à l'aide d'un bras métallique et les mettre dans un dessiccateur.
- Pesés les filtres calcinés avec le creusé pour avoir (P2).

Le calcul de la concentration en MO s'est fait avec la formule suivante:

$$[\text{MO}] \text{ (mg/L)} = (\text{P1} - \text{P2}) / \text{V}. \quad (5)$$

Où:

(P1) : est le poids du creusé avec le filtre avant calcination.

(P2) : est le poids du creusé avec le filtre après calcination.

(V) : est le volume de l'eau de mer filtré.

### II.2.3. Le taux de la matière organique dans le sédiment

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

#### II.2.3.1. Le principe de la méthode

Repose sur l'incinération des échantillons de sédiment séché ou lyophilisé dans un four à moufle à 600°C pendant 2 heures afin de brûler toute la matière organique.

#### II.2.3.2. Mode opératoire

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

La différence du poids entre (P1) et (P2) représente le poids de la matière organique contenu dans le sédiment.

$$\text{M.O (g)} = \text{P1-P2} \quad \text{ou} \quad \text{MO(\%)} = [(\text{P1-P2})/\text{P1}] * 100 \quad (6)$$

## II.2.4. Détermination de la Fraction pélitique

### II.2.4.1. Principe

La détermination des teneurs en pélites s'effectue à partir de la différence du poids sec du sédiment estimé à l'analyse granulométrique, avant et après séparation par voie humide sur tamis de 40, 63, ou 80 $\mu\text{m}$  (Riviere, 1977).

Dans cette étude le choix est porté sur le tamis de 80 $\mu\text{m}$  afin de mettre en évidence le taux de la fraction fine exprimé généralement par le pourcentage des particules dont le diamètre est inférieur à 80  $\mu\text{m}$ .

### II.2.4.2. Mode opératoire

- Dans un premier temps, les échantillons mis dans des boîtes de pétries, sont placés à l'étuve pendant 24 heures ajustée à une température de 105°C.
- Une fois le premier séchage achevé, on pèse la quantité de sédiment sèche dans chaque boîte soit (P1).
- Afin d'éliminer la fraction pélitique, la quantité de sédiments a subi un rinçage dans un tamis de 80 $\mu\text{m}$  de diamètre, sous un filet d'eau, aidé par une agitation manuelle du tamis.
- Une deuxième fois, après l'élimination des fractions 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 soit (P2), la différence par rapport au poids initial représente la quantité des fractions pélitiques.

La quantité des pélites dans chaque échantillon est exprimée par la formule suivante:

$$\text{Pélites (g)} = \text{P1-P2} \quad \text{où} \quad \% \text{Pélites} = \frac{(\text{P1-P2})}{\text{P1}} * 100 \quad (7)$$

### II.2.5. Analyse calcimétrique (décarbonification)

La calcimétrie est la mesure de la teneur d'un sédiment en carbonate de calcium ou de carbonate de magnésium, mais ce dernier étant plus rare, et ayant généralement la même signification géomorphologique.

La calcimétrie donne des indications sur la productivité de surface et éventuellement des apports de carbonates détritiques, elle permet de connaître la part des sédiments biogènes, ou débris coquilliers. Et donc de suivre les migrations des sédiments nés dans des régions riches

en plantes ou animaux fabriquant du calcaire.

La teneur en carbonates est aussi généralement utilisée en tant qu'outil stratigraphique.

### II.2.5.1. Principe de la méthode

Il est basé sur la mesure de la diminution du poids de l'échantillon causée par la décomposition du calcaire après attaque du sédiment à l'acide chlorhydrique ou l'esprit de sel. Le calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ) réagit avec l'acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ) pour donner du dioxyde de Carbone ( $\text{CO}_2$ ), de l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) et du di-chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ), suivant la réaction :



Ce qui n'est pas attaqué par l'acide chlorhydrique est constitué par les éléments insolubles : argiles, quartz,.....etc.

### II.2.5.2. Matériels utilisés

- Acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ) où esprit de sel.
- Boites de pétries
- Eau distillée ( $\text{H}_2\text{O}$ ).
- Etuve de marque NEMMERT.
- Balance de précision de type Denver Instrument M- 220 D (précision: 1/10000 g).

### II.2.5.3. Mode opératoire

- Peser dans des boites de pétries une masse  $m=20\text{g}$  de sédiment (P1) sec pour chacune des stations.
- Ajouter de l'acide chlorhydrique (ou esprit de sel) jusqu'à extinction de l'effervescence.
- Laisser decanter.
- Aspirer le surnageant contenant le di-chlorure de calcium à l'aide d'une seringue.
- Rincer à l'eau et aspirer le surnageant encore une fois.
- Sécher les échantillons à l'étuve.
- Repeser les échantillons (P2).
- Le taux de carbonates existant dans le sédiment est donné par la formule suivante :

$$\text{CaCO}_3 (\%) = [(P1-P2)/P1] * 100 \quad (9)$$

P1 : poids avant traitement par l'acide (20g)

P2 : poids après traitement par l'acide.

## **II.2.6. Analyse des sels nutritifs**

### **II.2.6.1. Azote nitreux (NO<sub>2</sub>)**

#### **II.2.6.1.1. Les réactifs (voir annexe)**

#### **II.2.6.1.2. Solution étalon (voir annexe)**

#### **II.2.6.1.3. Mode opératoire**

- La température des échantillons doit être comprise entre 15 et 25°C.
- Introduire dans un Erlen Meyer 50ml d'échantillon.
- Ajouter 1 ml du réactif 1 et mélanger.
- Laisser reposer 2 à 8 min.
- Ajouter 1 ml du réactif 2 et mélanger à nouveau.
- Attendre 10min mais ne dépasse pas 2 heures.
- Mesurer l'absorbance à la longueur d'onde de 543nm; comme référence, prenaît l'eau distillée.

#### **II.2.6.1.4. Etalonnage**

- Introduire, dans des fioles jaugées de 100 ml 0,4 - 0,8 - 1,2 - 1,6 - 2 - 2,4 ml de l'étalon secondaire et compléter à 100ml avec l'eau bi-distillée, afin d'obtenir la gamme de concentrations : 0,2 - 0,4 - 0,6 - 0,8 - 1 - 1,2 µmol/l.
- Faire l'analyse de ces étalons selon le processus décrit pour l'azote nitreux.
- Mesurer l'absorbance et tracer la courbe d'étalonnage.

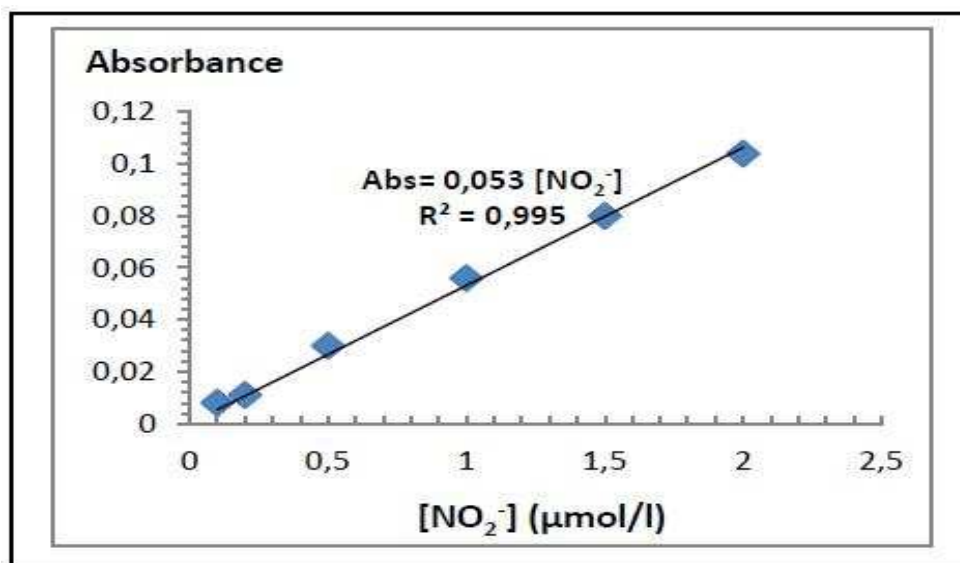


Figure II.4 : Courbe d'étalonnage des nitrites.

### II.2.6.2. Azote nitrique (NO<sub>3</sub>)

#### II.2.6.2.1. Les réactifs (voir annexe)

#### II.2.6.2.2. Solution étalon (voir annexe)

#### II.2.6.2.3. Mode opératoire

##### a. Utilisation et entretien de la colonne (voir annexe)

##### b. Contrôle du rendement réduction (voir annexe)

- Prendre  $100 \pm 2$  ml d'échantillon, ajouter 2 ml de la solution concentrée de chlorure d'ammonium et mélanger correctement;
- Verser environ 5 ml de cette solution dans la colonne et les laisser écouler, cette procédure diminue considérablement les risques d'interférences entre échantillons successifs.
- Verser alors le reste de l'échantillon.
- Rejeter les 30 premiers millilitres.
- Rincer une éprouvette graduée de 50 ml avec quelques millilitres de la solution sortant de la colonne et recueillir 50 ml de l'effluent.
- Ajouter aussitôt 1 ml de réactif 1 et mélanger.
- Laisser reposer 2 à 8 min.
- Ajouter 1 ml du réactif 2, mélanger.
- Attendre au moins 10 min mais pas plus de 2h.

- Mesurer l'absorbance en cuves de 1 cm à 543 nm, par rapport à l'eau distillée. Soit  $A_{tr}$  cette mesure.

#### II.2.6.2.4. Etalonnage

- Introduire, dans des fioles jaugées de 100 ml : 0,4 - 0,8 - 1,2 - 1,6 - 2 - 2,4 - 4,8 ml de la solution étalon de nitrite et compléter à 100 ml avec de l'eau distillée pour obtenir la gamme de concentrations 0,2 - 0,4 - 0,6 - 0,8 - 1 - 1,2 et 2,4  $\mu\text{mol/l}$ .
- Prendre 50 ml de chacune de ces solutions, ajouter 1 ml de solution concentrée de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  et mélanger.
- Poursuivre les analyses sur chacune de ces solutions selon le processus suivis pour le dosage des nitrates.
- Mesurer l'absorbance et tracer la droite d'étalonnage.

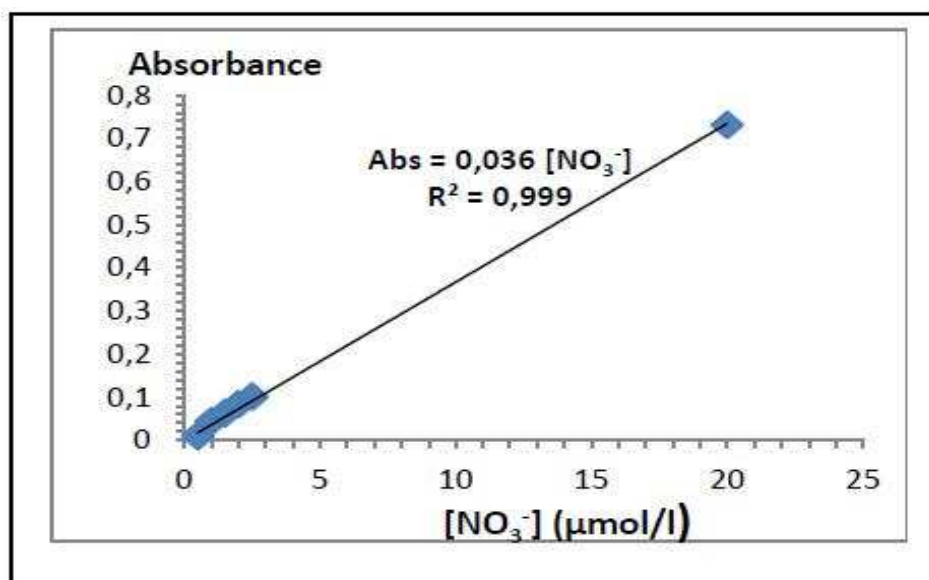


Figure II.5 : Courbe d'étalonnage des nitrates.

#### II.2.6.2.5. Expression des résultats

$$C = R * [\text{NO}_3^-] + r * [\text{NO}_2^-] \quad (10)$$

D'où :

$$[\text{NO}_3^-] = C * \frac{1}{R} - [\text{NO}_2^-] * \frac{r}{R} \quad (11)$$

Avec :

**C** : la concentration totale en nitrite après passage de l'échantillon sur la colonne.

**R** : le rendement de réduction des ions nitrate en nitrite.

**r** : la fraction des ions nitrites non réduits par la colonne.

### II.2.6.3. Phosphore minéral dissous

#### II.2.6.3.1. Les réactifs (voir annexe)

#### II.2.6.3.2. Solution étalon (voir annexe)

#### II.2.6.3.3. Mode opératoire

La température des échantillons doit être comprise entre 15 et 30°C. On procède comme suit :

- Préparer le mélange-réactif.
- Mesurer 100 ml d'échantillon.
- Ajouter  $10 \pm 0,5$  ml du mélange-réactif et homogénéiser aussitôt.
- Attendre 5 min et mesure l'absorbance à 885 nm en cuves de 1cm de trajet optique. Par rapport à l'eau distillée. Soit  $A_{tr}$  cette mesure.

#### II.2.6.3.4. Etalonnage

- Introduire, dans des fioles jaugées de 100 ml : 0,4 - 0,8 - 1,2 - 1,6 - 2 - 2,4ml de solution étalon secondaire et compléter à 100 ml avec de l'eau distillée, correspondant à ces concentrations suivants : 0,2 - 0,4 - 0,6 - 0,8 - 1 - 1,2  $\mu\text{mol/l}$  de  $\text{PO}_4^{3-}$ .
- Analyser ces solutions selon les démarches suivies pour l'analyse de phosphore organique.

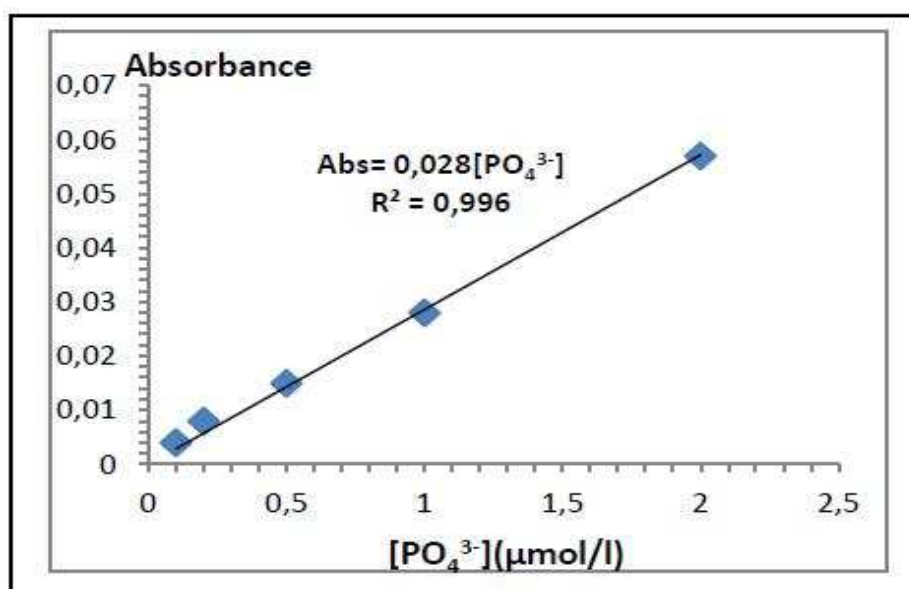


Figure II.6 : Courbe d'étalonnage des ortho-phosphates.

### II.2.6.3.5. Calculs et expression des résultats

Soit :

$A_{tr}$  : l'absorbance mesurée pour l'échantillon traité.

$b_t$  : l'absorbance mesurée pour le blanc de turbidité.

$b_r$  : l'absorbance mesurée pour le blanc des réactifs.

L'absorbance nette est :  $A = A_{tr} - b_t - b_r$ . (12)

Cette valeur A est reportée sur la courbe d'étalonnage pour en déduire la concentration de l'échantillon.

## II.2.7. Métaux lourds

### II.2.7.1. Conservation du sédiment

Les sédiments mis dans des sachets en plastique avec les indications nécessaire, ont été conservés à basse température (-18°C) pour éviter toute perte d'éléments volatils (Aminot. A *et al*, 1983) et conserver l'essentiel de leurs propriétés chimiques.

### II.2.7.2. Conditionnement du matériel utilisé

Afin d'éviter toute source de contamination, le matériel qui servira à l'échantillonnage, au prétraitement doit être soigneusement nettoyé suivant la procédure décrite ci-dessous :

- Lavage aux détergents commerciaux.
- Rinçage à l'eau de robinet.
- Rinçage et lavage à l'eau distillée.
- Rinçage à l'eau acidulée (10%) à partir de l'acide nitrique ( $HNO_3$ ) à 65% de concentration.
- Rinçage à l'eau distillée.
- Séchage à l'étuve à (70°C) (Auger *et al*, 2003).

### II.2.7.3. Prétraitement du sédiment pour l'analyse des (M.L)

La méthode appliquée pour le traitement des échantillons destinés à l'analyse des éléments métalliques s'est effectuée selon les étapes suivantes:

### **a. La lyophilisation**

La lyophilisation est la déshydratation par sublimation des échantillons sous pression réduite, qui est pratiquée à basse température (passage de la phase solide vers la phase vapeur sans passer par la phase liquide) est une technique plus appropriées par rapport au séchage à l'étuve qui présente un risque de perte de certains composés volatils. Après la congélation, les échantillons (la quantité totale du sédiment) sont mis dans le lyophilisateur.

### **b. Broyage**

Les échantillons lyophilisés sont ensuite broyés à l'aide d'un mortier qui doit être nettoyé et séché à l'étuve entre les différents broyages des différents échantillons afin de les réduire en poudre et d'homogénéiser la répartition des particules sédimentaires.

### **c. Minéralisation**

Le protocole de la minéralisation se fait selon la disponibilité des réactifs et de matériaux au laboratoire. La minéralisation se fait dans des godets en téflon (ne sont pas altérés par les acides) chauffés sur une plaque chauffante à 120°C. Les minéralisations sont ensuite mis dans des tubes coniques de 50 ml qui ont été nettoyés par l'eau acidulée afin de la récupération des minéralisations. La minéralisation se fait sous une hotte aspirante.

- **Minéralisation à blanc**

La minéralisation à blanc se fait en mettant dans chaque godet 5ml de l'acide nitrique  $\text{HNO}_3^-$  (69%) puis on ferme les godets de façon étanche pour éviter tout déversement du liquide et on les chauffe sur une plaque chauffante à 120°C pendant 2h et 30mn.

On laisse refroidir les godets après les 2h et 30mn du réchauffement, on ouvre soigneusement les soupapes puis on ouvre les godets tout en récupérant l'acide pour autres utilisations et rincer à l'eau bi-distillée puis le séchage à l'étuve.

- **Minéralisation des échantillons**

Dans des godets étiquetés on pèse environ 0,5 g de sédiment lyophilisé, on y ajoute de l'eau régale (6 ml d'acide chlorhydrique  $\text{HCl}$  + 2 ml d'acide nitrique  $\text{HNO}_3$ ) puis on ferme les godets. On ajoute des blancs pour chaque série (6ml de  $\text{HCl}$  + 2 ml de  $\text{HNO}_3$ ). On laisse les échantillons et les blancs à température ambiante pendant 1 heure, c'est la minéralisation à froid afin d'éviter une réaction accélérée. Les godets sont ensuite mis sur la plaque chauffante

pendant 2h et 30mn. Après la minéralisation sur la plaque chauffante on laisse refroidir les échantillons, puis on ouvre les soupapes doucement et on ouvre les godets où les minéralisations sont transférés dans des tubes en polypropylène de 50 ml tout en récupérant l'eau de rinçage au moins 3 fois des godets y compris les couvercles puis on ajoute de l'eau distillée jusqu'à atteindre le trait de jauge (50 ml), puis on agite la solution obtenue. Les tubes sont mis dans un support et conservés au réfrigérateur afin de doser les minéralisations par la SAA.

#### **d. Le dosage des métaux lourds par la SAA**

Dans son principe, la spectrométrie SAA consiste à vaporiser l'échantillon liquide et à le chauffer à l'aide d'une flamme ou d'un four. La flamme est dirigée vers une lumière émise par une lampe appropriée émettant les longueurs d'onde caractéristiques de l'élément recherché. En traversant la flamme, les ondes lumineuses - dont les longueurs d'onde correspondent à l'élément dosé sont absorbées par les ions excités présents dans la flamme. L'absorption est mesurée à l'aide d'un prisme dispersif et d'une cellule photoélectrique, elle est directement proportionnelle à la concentration de l'élément (la position de la flamme et son allumage est contrôlé par un logiciel spécifique).

---

## Chapitre III

### Résultats et discussions.

---

Ce troisième chapitre est consacré essentiellement à l'interprétation des résultats des différentes analyses effectuées sur les échantillons d'eau et de sédiments prélevés au niveau du port d'El Djamila (intérieur et extérieur). Ces analyses ont pour principal but la réalisation d'un état initial de la qualité des produits de dragage afin d'apprécier l'impact de leurs devenir sur le milieu récepteur.

### III.1. Analyse des paramètres physico-chimiques

#### III.1.1. Paramètres in-situ

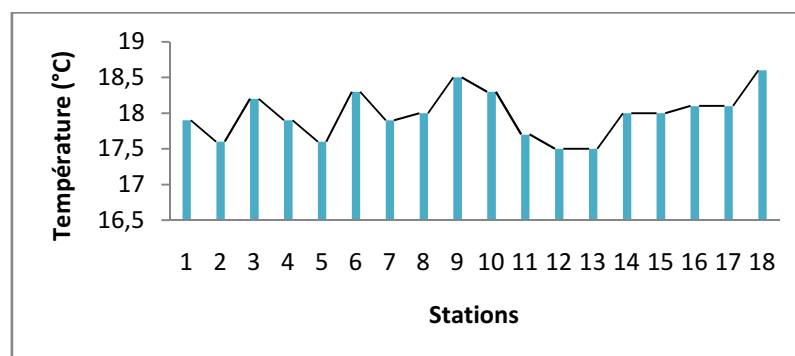
##### III.1.1.1. Température

La température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond. Ce facteur conditionne largement et significativement l'écologie des systèmes marins et côtiers.

**Tableau III.1** : Valeurs des températures (°C) mesurées dans le site d'étude.

	A l'intérieur du port	A l'extérieur du port
Min	17,60	17,50
Max	18,50	18,60
Moyenne	18,02	17,94

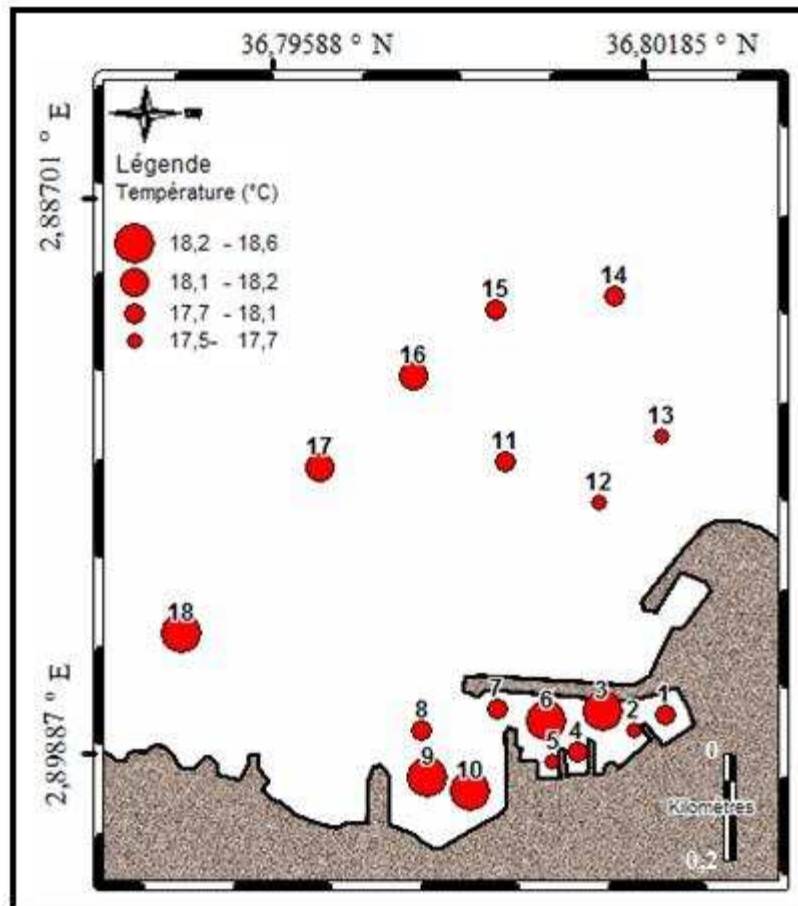
Les valeurs de la température de surface varient entre 17,6°C au 18,5°C à l'intérieur du port avec une moyenne de 18,02°C (**Tableau III.1**), alors que des même variations sont marquées à l'extérieur du port mais avec une moyenne de 17,94°C, cet écart de température entre l'intérieur et l'extérieur est expliqué par le fait que les eaux des zones portuaires sont stable selon des faibles profondeurs.



**Figure III.1** : Les températures relevées au niveau de chaque station à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.

Rappelons qu'en période de prélèvement les conditions météorologiques étaient caractérisées par une faible agitation des eaux, donc nous pouvons remarquer une relative stabilité thermique (homogénéité des eaux).

En générale, les valeurs de température enregistrées restent normales et témoignent du niveau thermique de la saison d'échantillonnage. Toutes ces valeurs sont comprises dans l'intervalle [15.43, 24.72] °C, c'est l'intervalle enregistré en méditerranée. [Guibout \(1987\)](#)



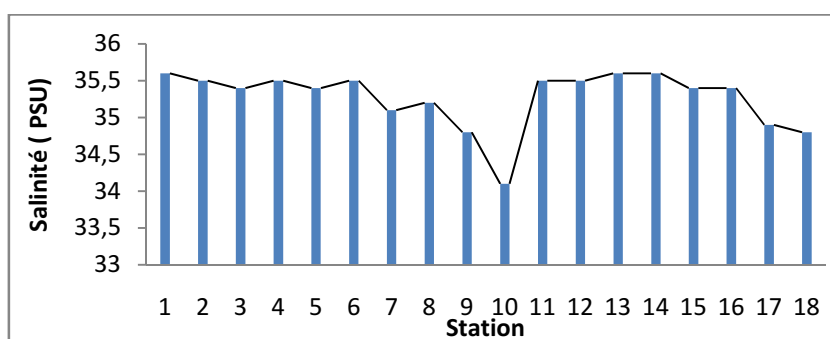
**Figure III.2 :** Distribution horizontale de la température (°C) à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamil

### III.1.1.2.Salinité

**Tableau III.2** : Valeurs des salinités (PSU) mesurées dans le site d'étude.

	A l'intérieur du port	A l'extérieur du port
Min	34,10	34,80
Max	35,60	35,60
Moyenne	35,21	35,34

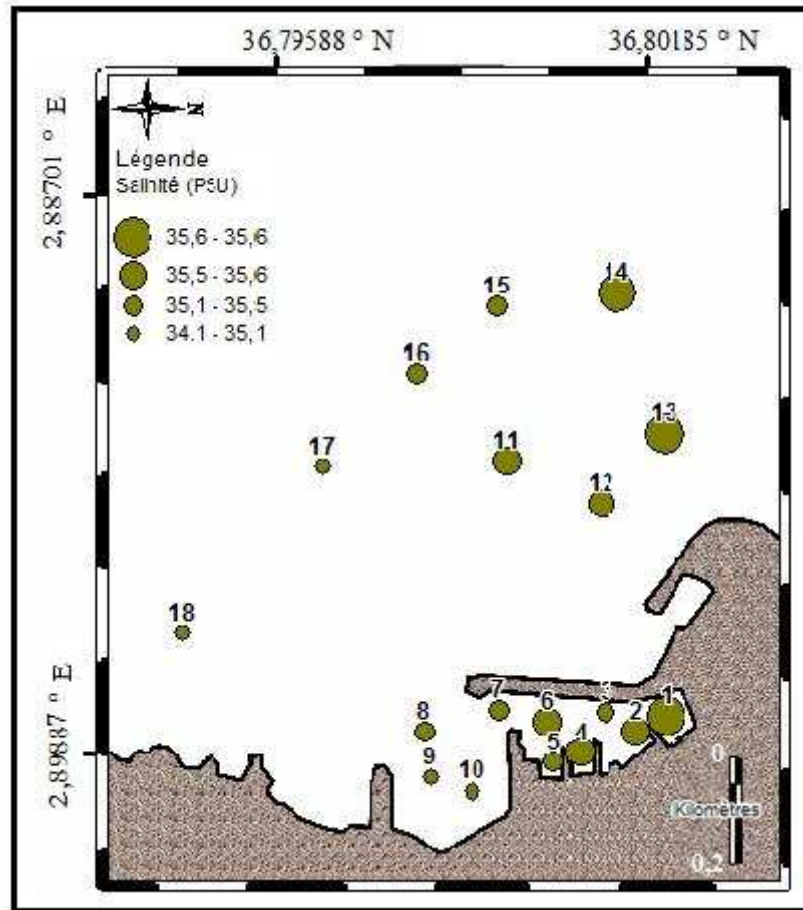
Les valeurs de salinité des eaux de surface d'El Djamila varient entre 34,1 et 35,6 PSU à l'intérieur du port avec une moyenne de 35,21 PSU. A l'extérieur ces valeurs sont entre 34,8 et 35,6 PSU avec une valeur moyenne de 35,34 PSU (**Tableau III.2**).



**Figure III.3** : Salinités relevées au niveau de chaque station, à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.

Ces valeurs de salinité marquées sont relativement faibles en les comparant aux valeurs obtenues selon **Taleb (1970)** en méditerranée qui sont comprises entre 37,8 et 39,39 PSU.

Ces valeurs de salinité enregistrées nous permettent de constater la présence d'un gradient halin des salinités les plus faibles à l'Ouest vers les plus élevées à l'Est. Cette distribution est engendrée probablement par les conditions météorologiques (température et pluviométrie) et le déversement de l'eau douce par la station d'épuration et l'embouchure d'Oued Béni-Messous qui sont à environ 2 km à l'Ouest du port d'El Djamila.



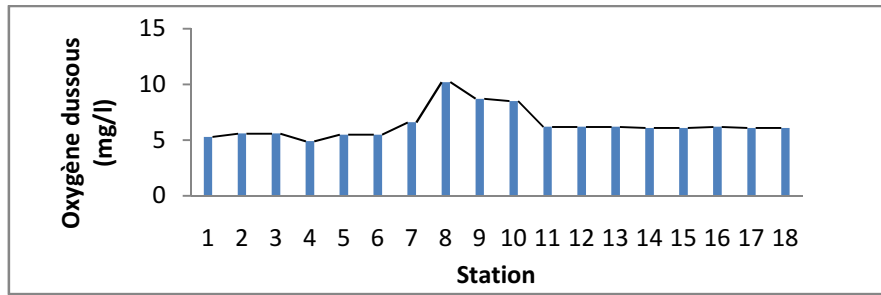
**Figure III.4 :** Distribution horizontale de la salinité (PSU) à l’intérieur et à l’extérieur du port d’El Djamil.

### III.1.1.3. Oxygène dissous

**Tableau III.3 :** Les teneurs en Oxygène dissous (mg/l) mesurées dans le site d’étude.

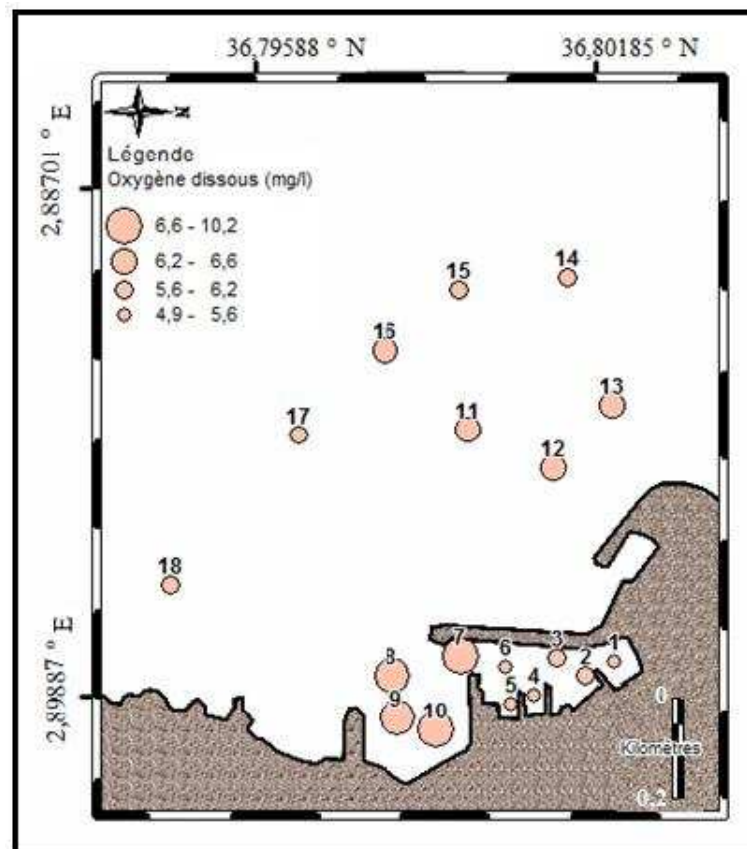
	A l'intérieur du port	A l'extérieur du port
Min	4,90	6,10
Max	10,20	6,20
Moyenne	6,62	6,15

Les teneurs en oxygène dissous des eaux de surface à l’intérieur du port d’El Djamil sont comprises entre 4,9 et 10,2 mg/l avec une moyenne de 6,62 mg/l. A l’extérieur du port on a marqué presque la même valeur moyenne avec un domaine de variation faible (**Tableau III.3**).



**Figure III.5 :** Concentrations de l’Oxygène dissous en mg/l relevées au niveau de chaque station, à l’intérieur et à l’extérieur du port d’El Djamila.

Les teneurs les plus élevées en oxygène dissous ont été enregistrés dans les station 8, 9 et 10 avec des valeurs de 10,2 , 8,7 et 8,5 mg/l respectivement, ces dernières ont été localisées au niveau de la plage artificielle Ouest (station 9 et 10) et entre la jetée principale et l’épis (station 8), cette élévation des teneurs sont probablement causé par les vents qui provoquent l’agitation des eaux. Alors que les faible teneurs ont été enregistrées au niveau des bassins (station 1, 2, 4 et 5 (**Figure III.6**) cette diminution pourrait être expliquée par les rejets d’eaux usées d’origine urbaine (infrastructures portuaires).



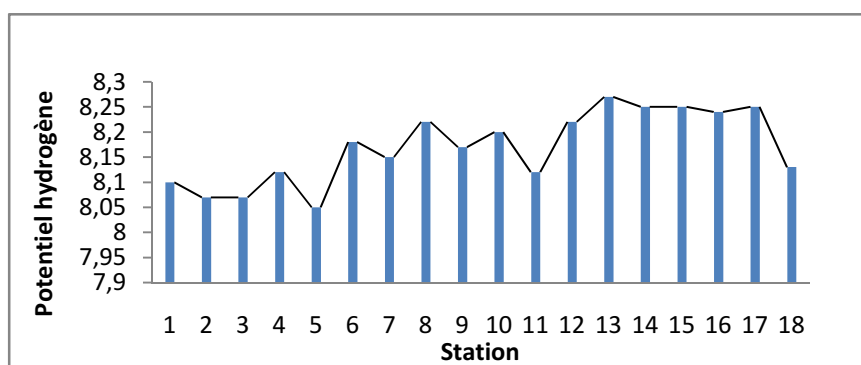
**Figure III.6 :** Distribution horizontale de la concentration en oxygène dissous (mg/l), à l’intérieur et à l’extérieur du port d’El

### III.1.1.4. Potentiel d'hydrogène

**Tableau III.4 :** Les valeurs du pH mesurés dans le site d'étude.

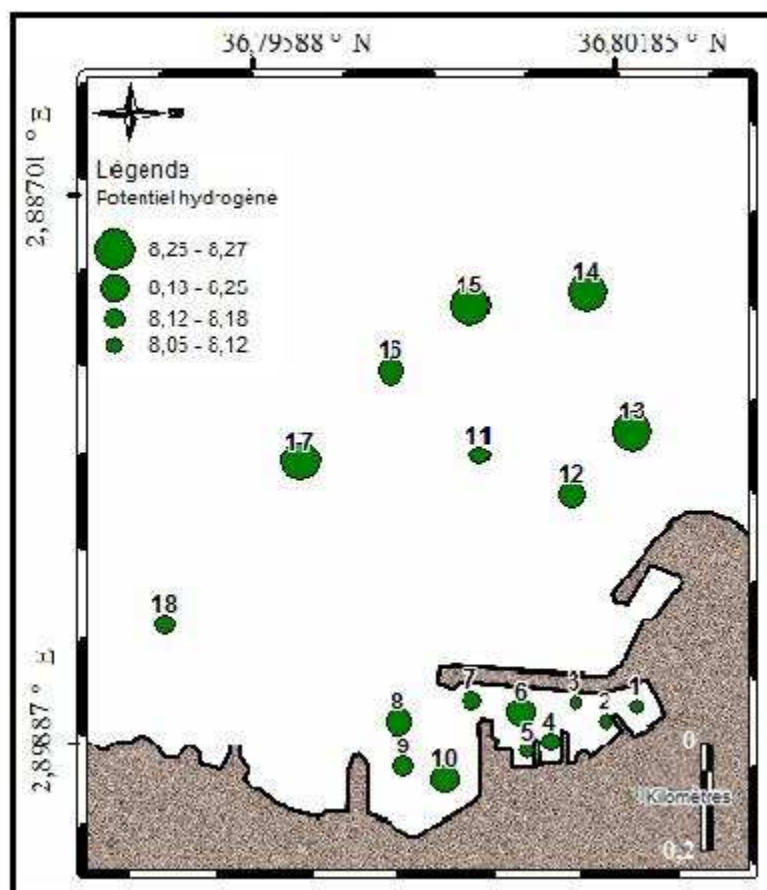
	A l'intérieur du port	A l'extérieur du port
Min	8,05	8,12
Max	8,22	8,27
Moyenne	8,13	8,22

Les valeurs de potentiel d'hydrogène marquées dans les stations de prélèvements d'El Djamila varient entre 8,05 et 8,22 à l'intérieur du port avec une moyenne de 8,13. Alors qu'à l'extérieur les valeurs du pH sont comprises entre 8,12 et 8,27 avec une moyenne de 8,22 (**Tableau : III.4**).



**Figure III.7 :** Valeurs de pH relevés au niveau de chaque station, à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.

L'ensemble des faibles valeurs de pH sont enregistrés à l'intérieur du port d'El Djamila plus précisément dans les bassins (**Figure III.8**). Cela pourrait être expliqué par l'acidification du milieu qui est provoquée par le processus de la dégradation de la matière organique et aux rejets d'eaux usées.



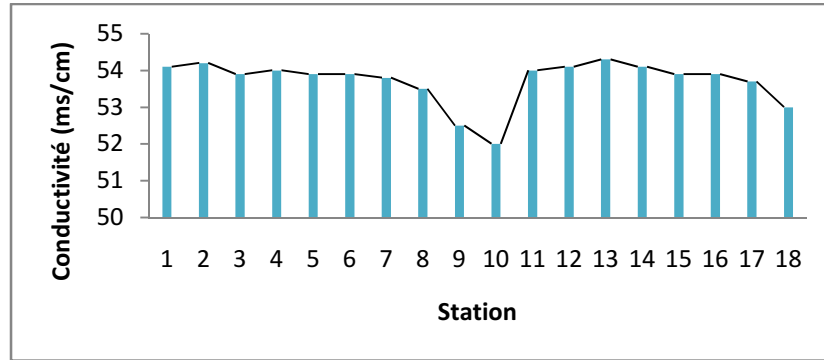
**Figure III.8 :** Distribution horizontale de pH à l’intérieur et à l’extérieur du port d’El Djamila

### III.1.1.5.conductivité

**Tableau III.5 :** Les valeurs des conductivités (ms/cm) mesurées dans le site d’étude.

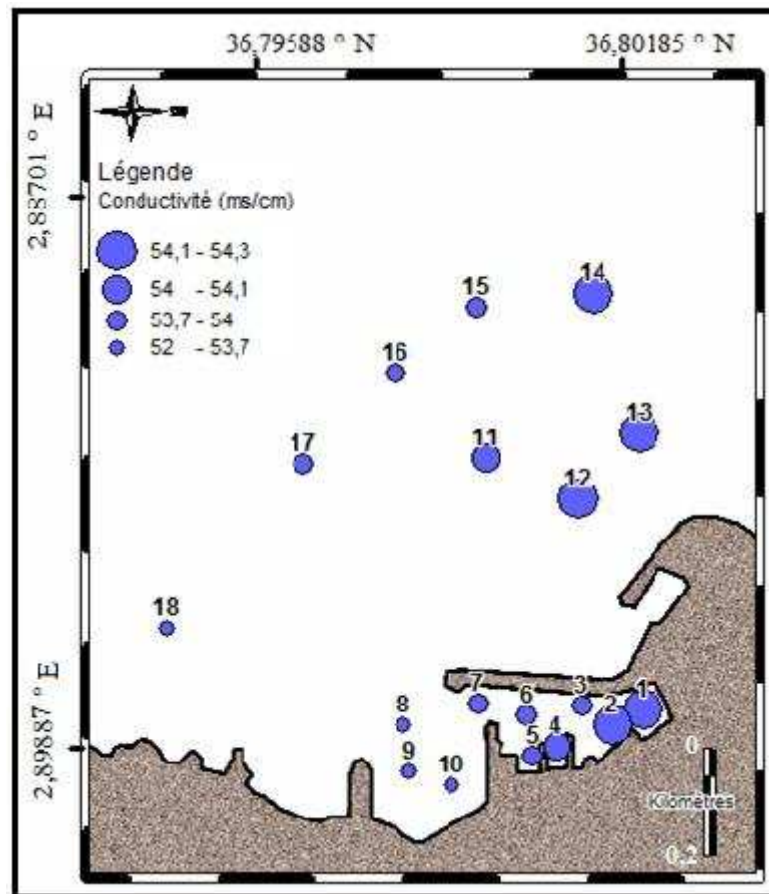
	A l'intérieur du port	A l'extérieur du port
Min	52,00	53,00
Max	54,20	54,30
Moyenne	53,58	53,88

Les résultats des conductivités mesurés varient entre 52 et 54 ms/cm selon une moyenne de 53,58 ms/cm à l’intérieur du port d’El Djamila. Presque même intervalle de variation de la conductivité est marqué à l’extérieur du port avec une moyenne de 53,88 ms/cm



**Figure III.9 :** Valeurs de la conductivité (ms/cm) correspondantes à chaque station, à l’intérieur et à l’extérieur du port d’El Djamila.

La conductivité est liée à la concentration des substances dissoutes et à leurs natures. La mesure de la conductivité permet d’évaluer la minéralisation globale de l’eau. La distribution spatiale de la conductivité de l’eau de mer observée est proportionnelle à la distribution de la salinité. Les stations : 1, 2, 12, 13 et 14 ou les valeurs de conductivités sont plus élevées en raison de la forte concentration en sels dissous (**Figure III.10**).



**Figure III.10.** Distribution horizontale de la conductivité (ms/cm) à l’intérieur et à l’extérieur du port d’El Djamila

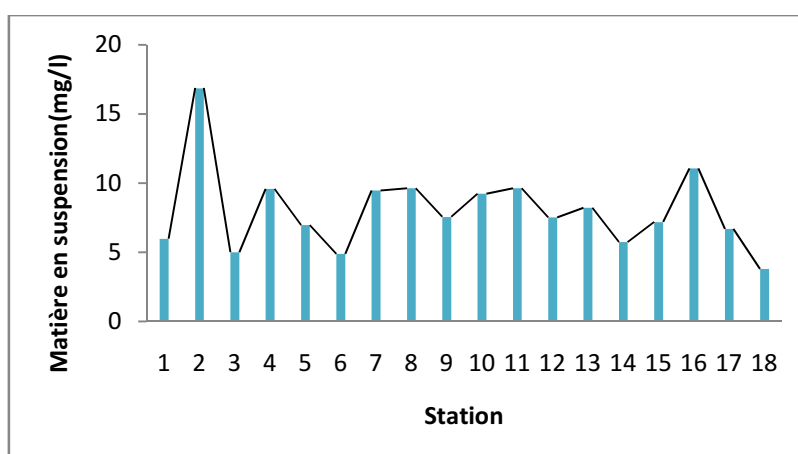
### III.1.2. Paramètres étudiés au laboratoire

#### III.1.2.1. Matières en suspensions

**Tableau III.6 :** Les teneurs en matières en suspensions (mg/l) mesurées dans le site d'étude.

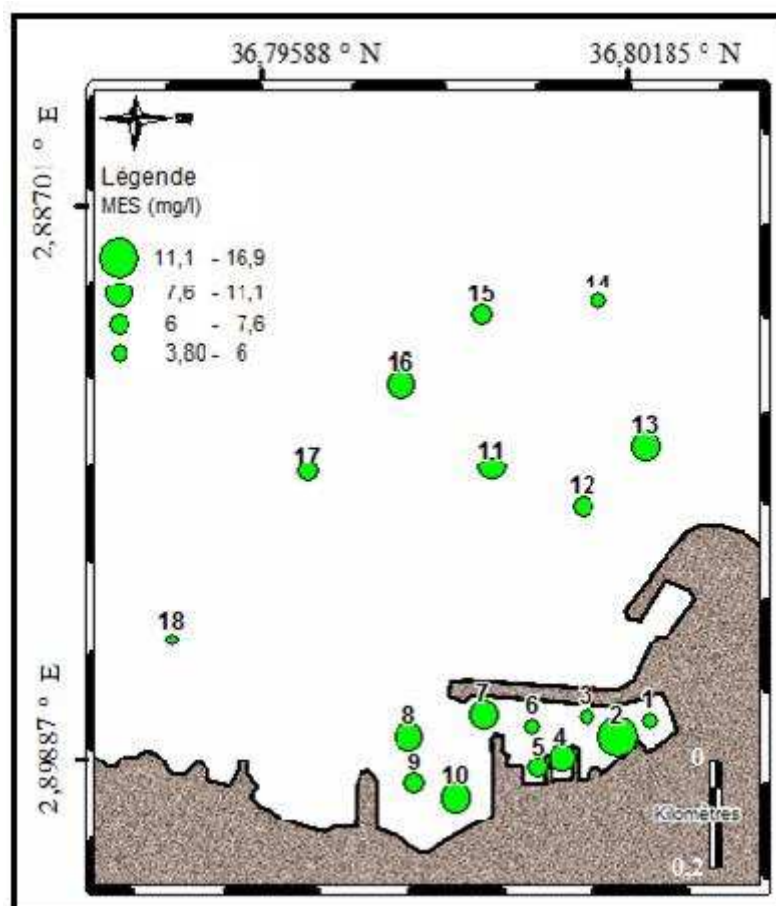
	A l'intérieur du port	A l'extérieur du port
Min	4,89	3,80
Max	16,86	11,07
Moyenne	8,52	7,48

Les teneurs en matières en suspensions dans le port d'El Djamila varient entre 4,89 et 16,86 mg/l avec une moyenne de 8,52 mg/l à l'intérieur du port. Alors qu'à l'extérieur les concentrations des MES sont entre 3,8 et 11,07 mg/l avec une moyenne de 7,48 mg/l (**Tableau III.6**).



**Figure III.11.** Valeurs de concentration des MES dans chaque station, à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.

Les concentrations en MES sont gouvernés en générale par le diamètre des particules et l'état de la mer (sédimentation et transport par les courants et l'agitation des eaux). Les valeurs élevés des teneurs des MES sont observées à l'intérieur du port (**Figure III.12**) ce qui influe sur l'oxygénation des eaux et la pénétration de la lumière.



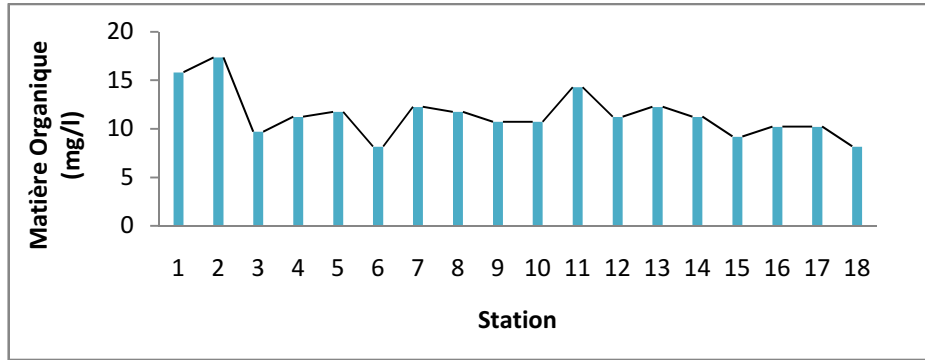
**Figure III.12 :** Distribution horizontale des MES (mg/l) à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamil

### III.1.2.2. Matière organique :

**Tableau III.7 :** Les teneurs en matières organiques (mg/l) mesurées dans le site d'étude.

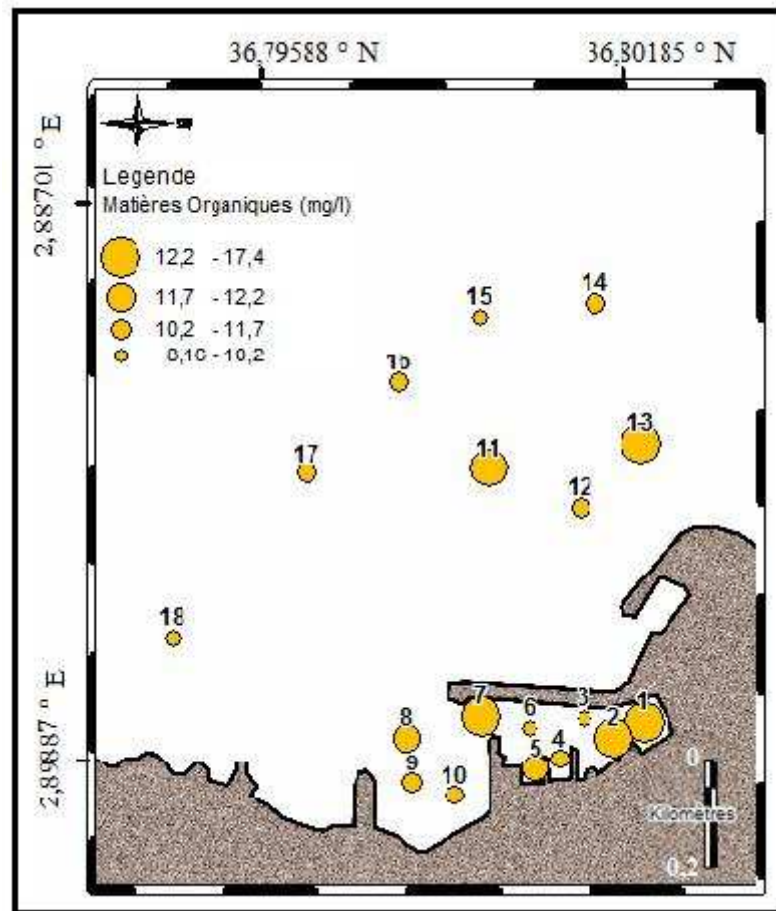
	A l'intérieur du port	A l'extérieur du port
Min	8,16	8,16
Max	17,35	14,29
Moyenne	11,94	10,84

Les concentrations de la matière organique marquées dans notre site d'étude compris entre 8,16 et 17,35 mg/l avec une moyenne de 11,94 mg/l à l'intérieur du port d'El Djamil, alors qu'à l'extérieur ces dernières varient entre 8,16 et 14,29 mg/l avec une moyenne de 10,84 mg/l (**Tableau III.7**).



**Figure III.13 :** Concentrations en matière organique (mg/l) correspondantes à chaque station, à l’intérieur et à l’extérieur du port d’El Djamil.

La répartition de la matière organique particulaire dans la zone d’El Djamil montre des valeurs proportionnelles aux valeurs de la MES avec des valeurs plus au moins proches, ce qui montre que l’essentiel de la MES est composée de la MO.



**Figure III.14 :** Distribution horizontale de la matière organique (mg/l) à l’intérieur et à l’extérieur du port d’El Djamil.

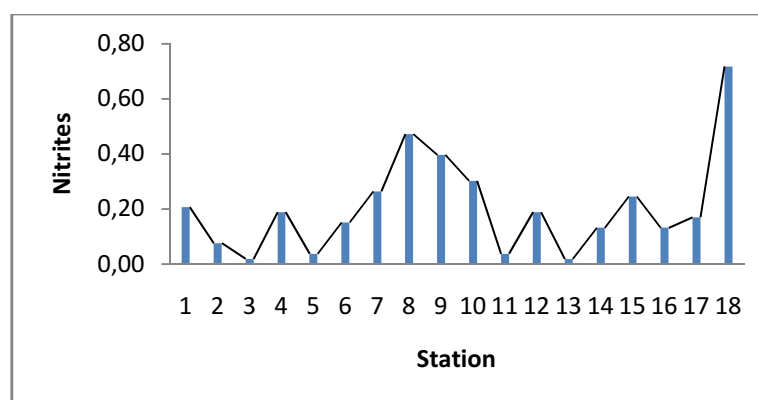
### III.1.2.3. Les sels nutritifs

#### III.1.2.3.a. Nitrites

**Tableau III.8** : Les teneurs en nitrites ( $[\text{NO}_2^-]$ ) ( $\mu\text{mol/l}$ ) mesurées dans le site d'étude

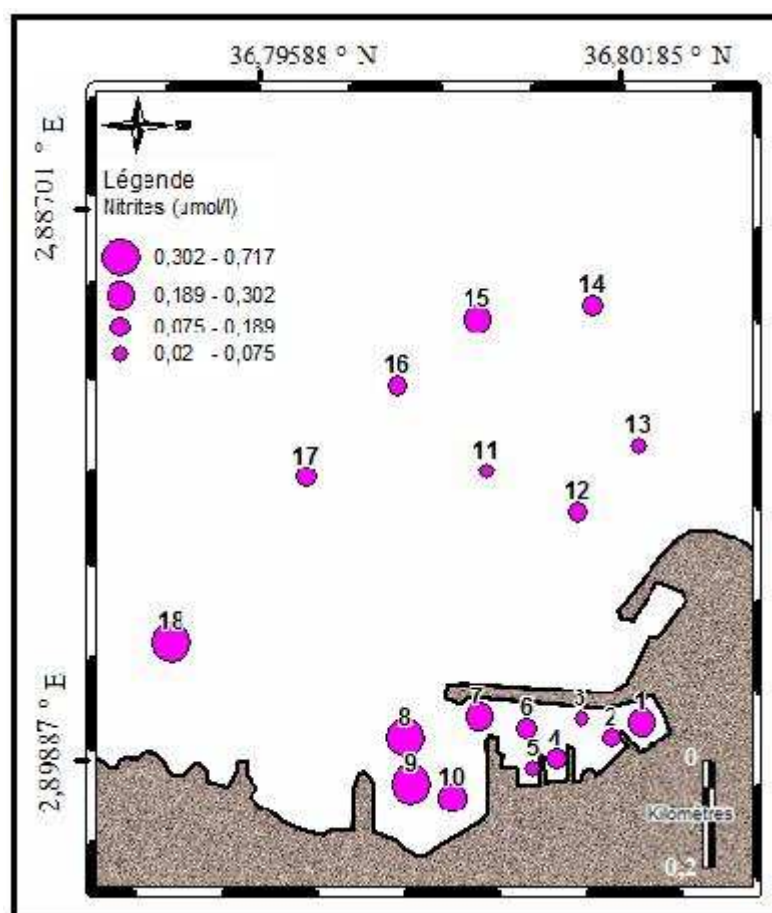
	A l'intérieur du port	A l'extérieur du port
Min	0,02	0,02
Max	0,47	0,72
Moyenne	0,21	0,21

Les concentrations des nitrites au niveau du port d'El Djamila varient entre 0.02 et 0.47  $\mu\text{mol/l}$  avec une moyenne de 0.21  $\mu\text{mol/l}$ . La même moyenne est marquée à l'extérieur du port mais avec un intervalle de variation qui est entre 0.02 et 0.72  $\mu\text{mol/l}$ .



**Figure III.15** : Valeurs des concentrations des nitrites dans chaque station, à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.

Les teneurs les plus élevées des nitrites sont enregistrées dans les stations 7, 8, 9, 10 et 18 (**Figure III.15**), probablement cette élévation résulte de l'oxydation de l'ammonium issu de la matière organique des charges polluantes des eaux usées. Les nitrites sont en état intermédiaire entre l'ammonium et les nitrates dont les faibles concentrations des autres stations pourraient être expliquées par le processus de nitrification ou la consommation par les organismes marins.



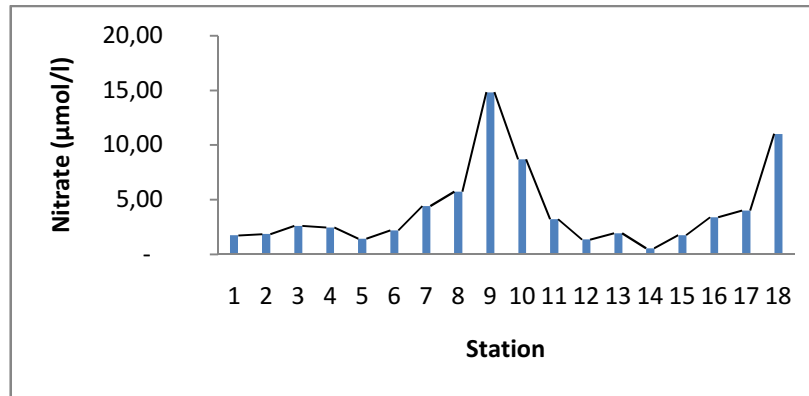
**Figure III.16 :** Distribution spatiale des nitrites ( $\mu\text{mol/l}$ ) à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamil.

### III.1.2.3.b. Nitrates

**Tableau III.9 :** Les teneurs en nitrates ( $[\text{NO}_3^-]$ ) ( $\mu\text{mol/l}$ ) mesurées dans le site d'étude

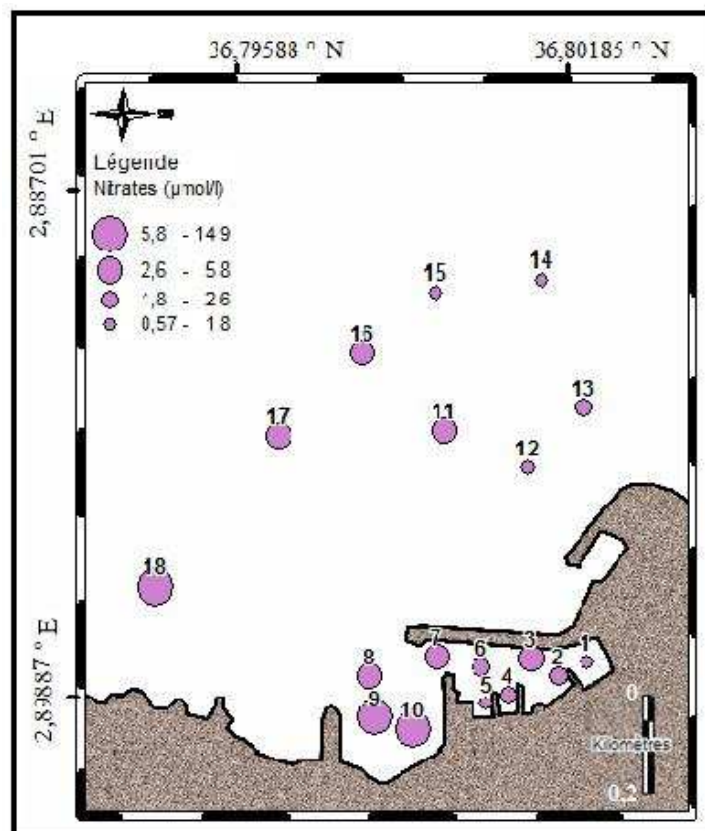
	A l'intérieur du port	A l'extérieur du port
Min	1,43	0,57
Max	14,82	11,01
Moyenne	4,60	3,41

Les concentrations des nitrates dans le port d'El Djamil varient entre 1,43 et 14,82  $\mu\text{mol/l}$  à l'intérieur du port avec une moyenne de 4,60  $\mu\text{mol/l}$ , alors qu'à l'extérieur du port cette variation soit entre 0,57 et 11,01  $\mu\text{mol/l}$  avec une moyenne de 3,41  $\mu\text{mol/l}$ . (**Tableau III.9**).



**Figure III.17 :** Valeurs des concentrations des nitrates dans chaque station, à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.

Les concentrations les plus importantes sont celles marquées dans les stations 9, 10 et 18 (**Figure III.17**) où la salinité observée est faible par l'effet des apports terrigènes d'Oued Béni-Messous. Dans ces zones portuaires, lorsque la salinité décroît par l'effet de ces apports terrigènes, la concentration des nitrates peut atteindre plusieurs centaines de micromoles par litre (**Aminot et Chausse-Pied, 1983**). L'origine des nitrates est liée aux activités anthropiques et à la régénération par les bactéries de la matière organique dissoute ou des débris organiques.



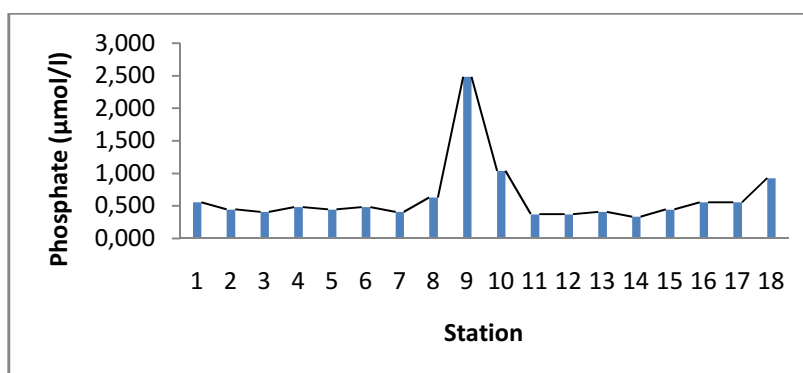
**Figure III.18 :** Distribution horizontale des nitrates (µmol/l) à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila

### III.1.2.3.c. Phosphates

**Tableau III.10 :** Les teneurs en phosphates ( $[\text{PO}_4^{3-}]$  ( $\mu\text{mol/l}$ )) mesurées dans le site d'étude

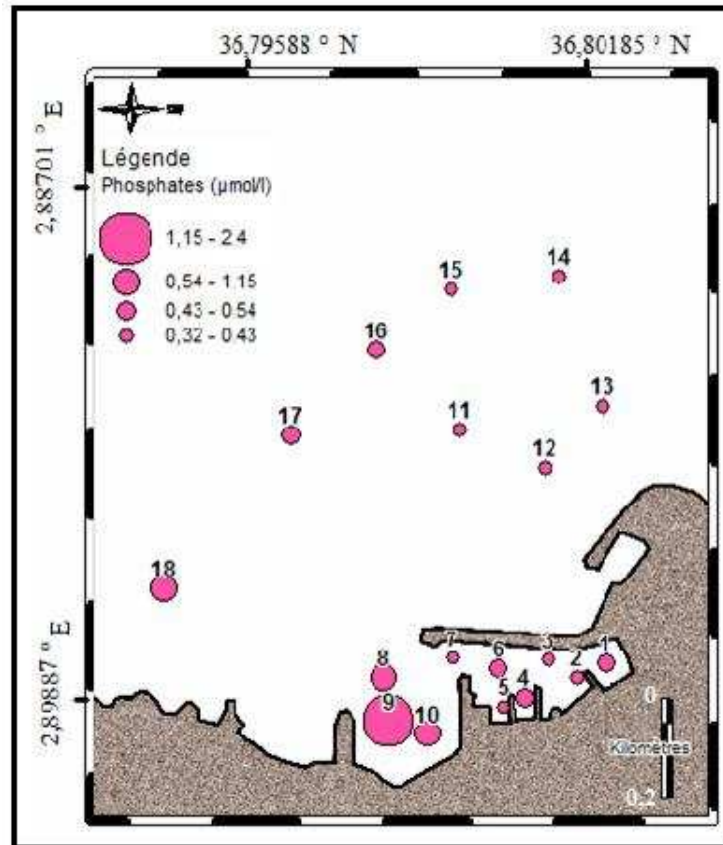
	A l'intérieur du port	A l'extérieur du port
Min	0,39	0,32
Max	2,39	0,89
Moyenne	0,71	0,48

Les concentrations des ortho-phosphates enregistrées dans le port d'El Djamila compris entre 0,39 et 2,39  $\mu\text{mol/l}$  avec une moyenne de 0,71  $\mu\text{mol/l}$  à l'intérieur du port. Alors qu'à l'extérieur les teneurs en  $\text{PO}_4^{3-}$  varient entre 0,32 et 0,89  $\mu\text{mol/l}$  selon une moyenne de 0,48  $\mu\text{mol/l}$ .



**Figure III.19 :** Concentrations des phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ ) dans chaque station, à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamila.

En générale les teneurs en phosphore sont très faibles dans les zones superficielles, elles sont de l'ordre de 0 à 1  $\mu\text{mol/l}$ , dont nous remarquons que les teneurs de  $\text{PO}_4^{3-}$  dans le port d'El Djamila sont en générale faibles, ce qui pourrait être expliqué par la consommation des phosphates par le phytoplancton, à l'exception des stations 9 et 10 où les concentrations sont élevées. Des teneurs en  $\text{PO}_4^{3-}$  sont enregistrées dans la station 9 avec une valeur de 2,39  $\mu\text{mol/l}$ .



**Figure III.20 :** Distribution horizontale des phosphates ( $\mu\text{mol/l}$ ) à l'intérieur et à l'extérieur du port d'El Djamilia

### III.2. L'analyse dans le sédiment

Cette partie de l'analyse est la plus essentielle car elle est basée sur l'interprétation des résultats des analyses effectuées sur les échantillons de sédiments à draguer au niveau du port d'EL-Djamila. Ces analyses vont donner une image globale sur l'état des sédiments de dragage pour principal but de réalisation d'un état initial sur leurs qualités afin d'aboutir des décisions sur leurs devenir.

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

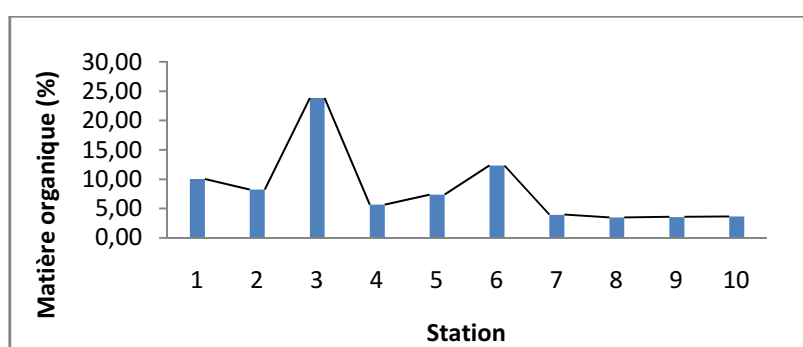
- Matière organique.
- Pélites (fraction fine)  $< 80\mu\text{m}$ .
- Calcimétrie.
- Métaux lourds.

Les sédiments récupérés dans les stations de prélèvements du port d'El Djamila sont de la vase ou de la vase sableuse avec un pourcentage des détritiques organiques qui atteint un maximum dans la station 3 (**figure III.19**). Pour cela nous pouvons de ne pas s'intéresser aux analyses sur la fraction grossière (étude granulométrique).

Les différents échantillons de sédiment concernés par les analyses cités ci-dessus sont ceux prélevés à l'intérieur du port d'El Djamila (les stations de prélèvement de 1 à 10) et cela revient à deux causes, la première, c'est que l'opération du dragage sera effectuée qu'à l'intérieur du port. La deuxième, le type des fonds qui correspond aux stations de prélèvements à l'extérieur du port (les stations de 11 à 18) est rocheux.

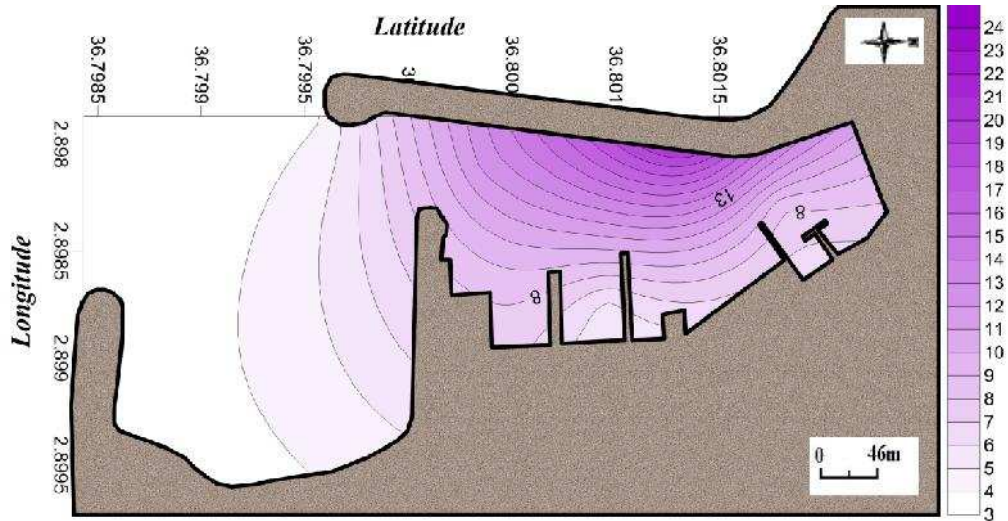
### III.2.1. Matière organique

Le pourcentage en M.O dans les sédiments du port d'El Djamila varie entre 3,47 et 23,84% avec une moyenne de 8,21%.



**Figure III.21 :** Variation des teneurs en MO dans le sédiment à l'intérieur du port d'El Djamila.

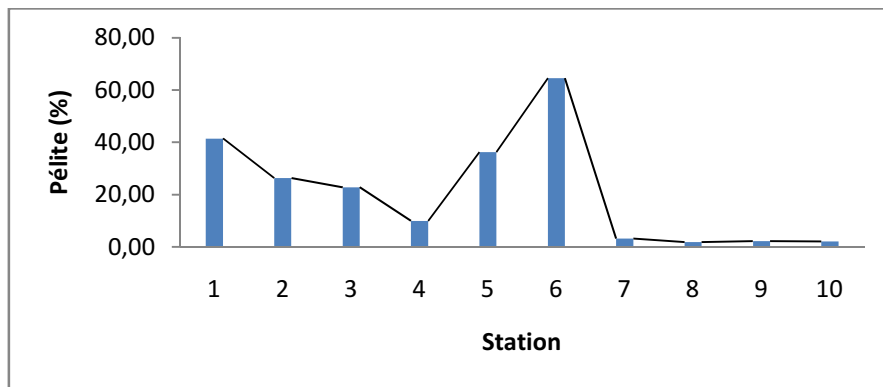
La distribution horizontale des teneurs en matière organique dans le port d'El Djamila (**Figure III.22**) marque des valeurs élevées à l'intérieur du port (station 1, 3 et 6) par rapport à la plage artificielle à côté (plage Ouest), Cette élévation de taux de M.O dans le sédiment superficiels en allant vers l'intérieur du port fait que la rétention de la matière organique est importante dans la fraction fine. Par contre les teneurs les plus faibles sont celles enregistrées dans la plage artificielle (station 7, 8, 9 et 10), cela est dû au renouvellement des eaux grâce aux houles et aux forts gradients des courants qui pénètre facilement vers la plage (zone ouverte) et difficilement à l'intérieur du port (zone calme).



**Figure III.22 :** Distribution spatiale de la matière organique dans le sédiment à l’intérieur du port d’El Djamila.

### III.2.2. Fraction pélitique (<80µm)

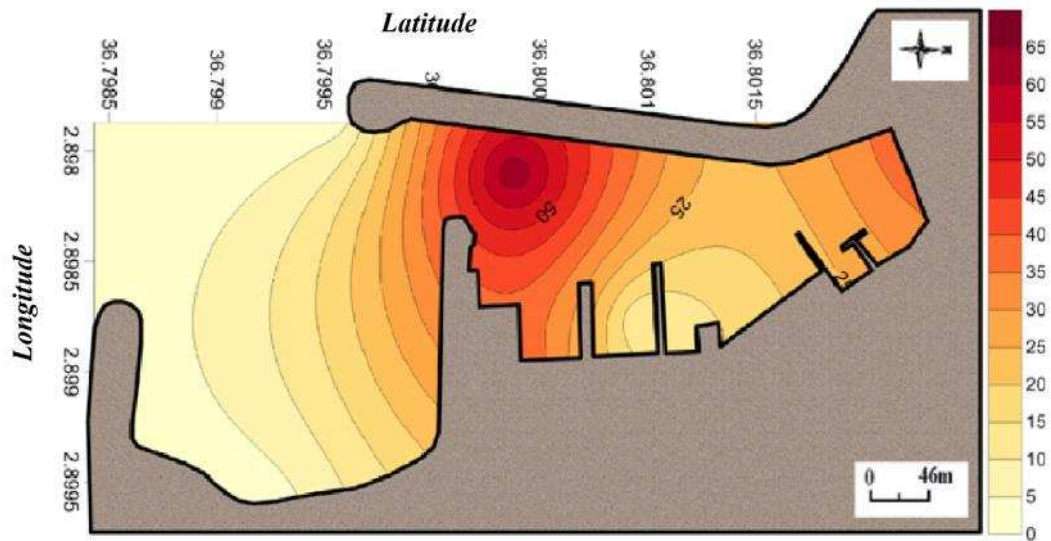
L’étude de la fraction pélitique lors des opérations de dragages est très importante, vu le problème que pose ce paramètre si le récepteur choisi pour ces produits de dragage soit l’immersion au large car les particules fines restent en suspensions, et peuvent prendre un chemin de retour vers la côte par l’effet des courants.



**Figure III.23 :** Variation du taux des pélites (%) dans le sédiment à l’intérieur du port d’El Djamila

La répartition spatiale de la fraction pélitique dans le port d’El Djamila suit un gradient croissant de l’extérieur (station 7, 8, 9 et 10) vers l’intérieur (stations de 1 à 6) (Figure III.24) où nous avons enregistré des pourcentages des pélites qui varient entre 9 et 65%. Ces valeurs élevées des taux de la fraction fine dans le sédiment à l’intérieur du port reviennent aux rejets de la station d’épuration d’Ain Beniane et aux fortes crues d’Oued Béni-Messous qui

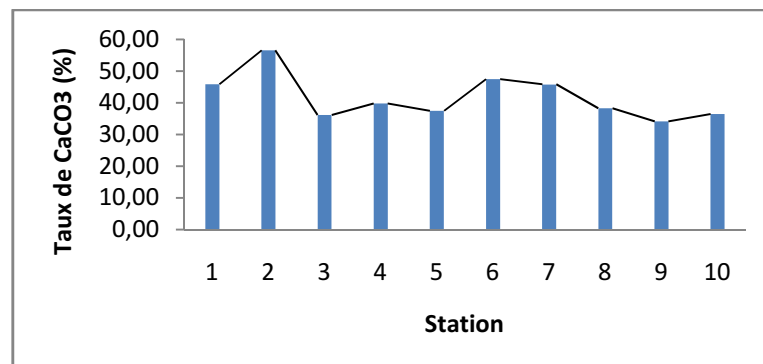
transporte une importante quantité des particules fines qui vont prendre une direction vers les zones calmes donc vers le port d'El Djamila.



**Figure III.24 :** Distribution spatiale du taux des pélites dans le sédiment à l'intérieur du port d'El Djamila.

Alors que les taux des pélites enregistrés au niveau de la passe d'entrée et dans la plage artificielle Ouest sont faibles et varient entre 1,84 et 3,21%. Cela est dû aux renouvellements des eaux par les houles et les courants qui empêchent la sédimentation.

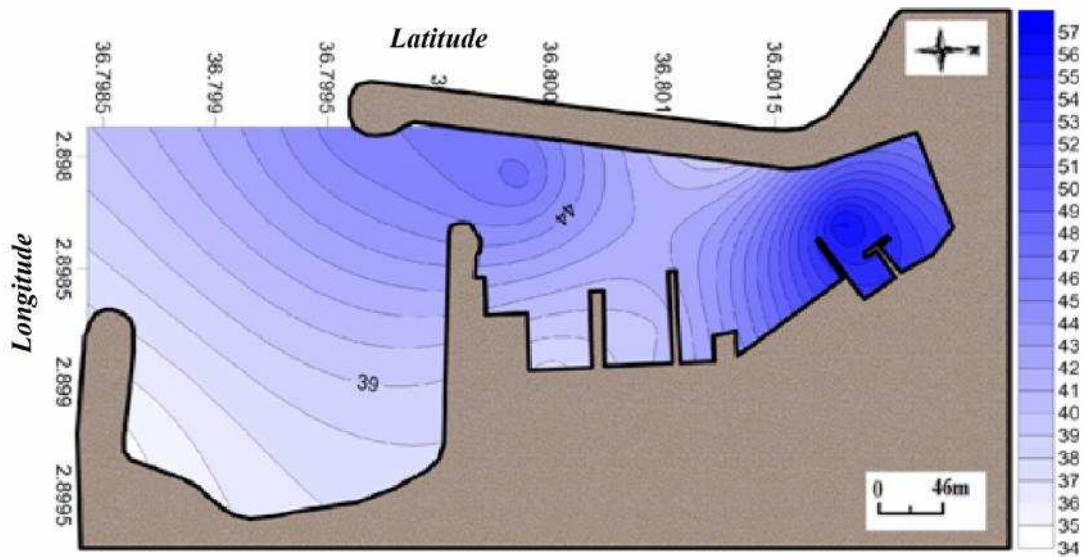
### III.2.3. Calcimétrie



**Figure III.25 :** Variation du taux de CaCo3 (%) dans le sédiment à l'intérieur du port d'El Djamila

Les carbonates de calcium sont présents dans les sédiments du port d'El Djamila avec des taux qui varient d'un minimum de 34,14%(station 9) à un maximum de 56,55% (station 2) avec une moyenne de 41,80%. Comme cité précédemment ces résultats d'étude calcimétrique permettent de connaître la part des sédiments biogènes, ou débris coquilliers et de suivre les

migrations des sédiments nés dans des régions riches en plantes ou animaux fabriquant du calcaire.

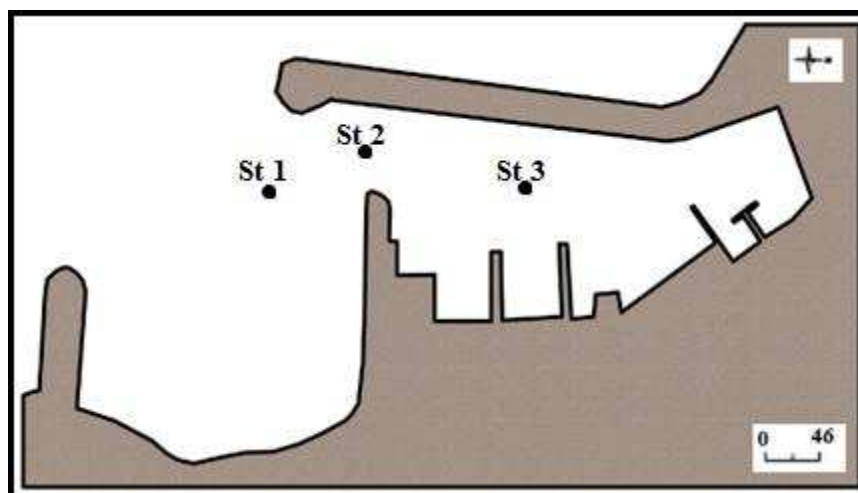


**Figure III.26 :** Distribution spatiale du taux de  $\text{CaCO}_3$  (%) dans le sédiment à l'intérieur du port d'El Djamilia.

### III.2.4. Métaux lourds

Dans cette analyse des métaux lourds que la DTP a effectué suite à une étude d'impact sur le port d'El Djamilia en juillet 2012 suivi par des opérations de dragages qui ont été réalisées en mai 2013, cette analyse des métaux lourds (Pb, Zn, Cu, Cr et Ni) a été effectuée à l'aide de spectrophotomètre de fluorescence X (analyse semi-quantitative) selon les modalités de la norme NF P15-467.

Ainsi que l'analyse du mercure (Hg) a été réalisée à l'aide du spectromètre d'absorption atomique sans flamme conformément la norme NF EN 1 483 de juin 2007.



**Figure III.27 :** Situations des stations de prélèvements des sédiments qui correspondent à l'analyse des métaux lourds (DTP, 2012)

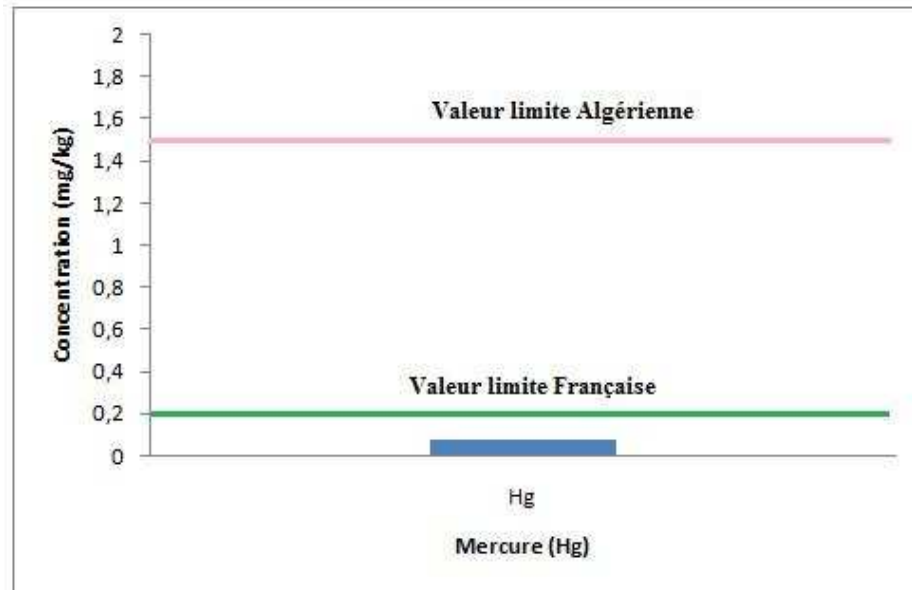
Les résultats des teneurs en métaux lourds (Pb, Zn, Cu, Cr et Ni) des échantillons analysés qui correspondent aux stations de prélèvements choisis (Figure III.27) sont résumés dans le tableau suivant

**Tableau III.11 :** Les teneurs en métaux lourds des échantillons analysés.

Teneurs en métaux lourds (mg/kg)					
Métaux	Station 1	Station 2	Station 3	Valeur moyenne	Valeur limite
Zinc (Zn)	<100	<100	100	<100	500
Nickel (Ni)	<100	<100	<100	<100	75
Cuivre Cu)	<100	<100	<100	<100	150
Plomb (Pb)	<100	<100	<100	<100	250
Chrome (Cr)	<100	<100	<100	<100	250

D'après les résultats présentés ci-dessus, les valeurs des concentrations en métaux lourds sont inférieures aux valeurs admises comme normale sauf pour celle de Nickel où la valeur est légèrement supérieure.

Alors que pour la concentration en mercure dans les échantillons de sédiment analysés a donné une moyenne de **73,45 µg/kg (0.07345 mg/kg)** soit largement inférieure à la teneur limite qui correspond à la norme algérienne qui est **1500 µg/kg (1.5 mg/kg)** (Figure III.28) (DTP, 2012)



**Figure III.28.** Représentation de la concentration en mercure Hg (mg/kg).

### III.2.4.1. Etat de pollution par les métaux lourds

Pour pouvoir estimer l'état de la pollution par les métaux lourds, il va falloir procéder au calcul de l'indice de contamination (IC) tel que :

$$IC = \text{Concentration Observée} / \text{Concentration Limite}$$

Dont :

**IC < 3 :** La concentration considérée comme normal (seuil non pollué)

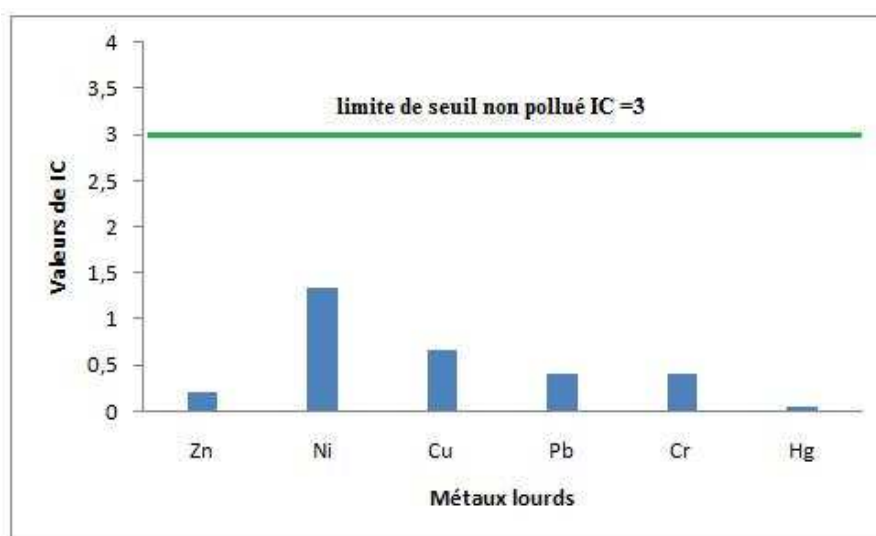
**3 < IC < 10 :** Cas de pollution (seuil pollué)

**IC > 10 :** Zone risqué (seuil critique)

Les valeurs des indices de contaminations des métaux lourds enregistrés sont indiquées dans le tableau suivant :

**Tableau. III.12 :** Valeurs des indices de contaminations (IC) des métaux lourds analysés.

Métaux lourds	Indice de contamination
Zn	0,2
Ni	1,33
Cu	0,67
Pb	0,4
Cr	0,4
Hg	0,05



**Figure III.29.** Représentation de l'état de pollution selon l'indice IC par les métaux lourds analysés.

Les différentes valeurs des indices de contaminations résultent après le calcul étant inférieure à 3, alors nous pouvons considérer que les sédiments du port d'El Djamila ne sont pas pollués par les métaux lourds.

---

## Chapitre IV

### Dragage et devenir des sédiments

---

## IV.1. Le contexte de dragage

Le dragage maritime recouvre des activités multiples. En milieu portuaire, il vise à rétablir la côte d'exploitation des chenaux et des bassins existants pour permettre la navigation (dragages d'entretien) ou à creuser pour des nouveaux aménagements.

Par définition, les ports constituent des plans d'eau calmes, favorables à une sédimentation importante des particules fines. Les eaux portuaires constituent ainsi le réceptacle final pour divers rejets en provenance des bassins versants. Les contaminants adsorbés sur les particules fines sont ainsi piégés de façon préférentielle sur les sédiments au fond des bassins portuaires. A l'heure actuelle, les opérations de dragages ont confrontées à de vraies difficultés, aussi bien d'ordre :

- Juridique (réglementation et procédures complexes ...).
- Environnemental (prise en compte de seuils de contamination de plus en plus draconiens, impact environnemental..).
- Technique et scientifique (traitement et filière de valorisation).
- Financier (coût du dragage et du traitement des sédiments).
- Social (vives oppositions des pêcheurs et des associations environnementales contre les opérations d'immersion ...).

## IV.2. La réglementation relative aux dragages

### IV.2.1. Règlementation internationale

Le document de référence, lorsque l'on aborde le problème de la gestion des sédiments contaminés, est connu sous le nom de Convention de Londres (Convention pour la prévention de la pollution des mers résultant de l'immersion de déchets et autres matières : Gestion des sédiments contaminés (IMO, 1972). Il y est question, entre autres déchets, des matériaux de dragage. Cette convention, entrée en vigueur en 1975, marque le début de la réglementation de l'immersion qui était jusque-là inexistante. En pleine mer était alors, la voie d'élimination des matériaux de dragage la plus utilisée puisque non réglementée et bon marché. Au fil des ans, des annexes concernant des aspects spécifique sont été ajoutées à la convention; parmi elles, le « cadre pour l'évaluation des déblais de dragage » (IMO, 1995). Elle décrit les procédures d'évaluation du caractère opportun des opérations d'immersion en pleine mer, et dans le cas contraire propose des alternatives de stockage. Elle promeut également la prévention de la pollution, les matériaux « propres » étant facilement valorisables.

### IV.2.2. Règlementation européenne

Les sédiments de dragage sont des matériaux dont les autorités portuaires doivent se débarrasser et en ce sens sont considérées comme déchets. De plus, s'ils contiennent des polluants tels que l'Arsenic, le Cadmium, l'Etain, le Plomb et leurs composés, des PCB, ils sont considérés comme des déchets dangereux.

Plus récemment la directive 99/31/EEC 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.

### IV.2.3. Règlementation nationale

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 » et 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 susvisée 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.

Article 3 - En application à l'article 48 de la loi 83-03 du 5 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 I du protocole relatif à la prévention de la pollution de la mer Méditerranée par les opérations d'immersion effectuées par les navires et aéronef 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 ... ».

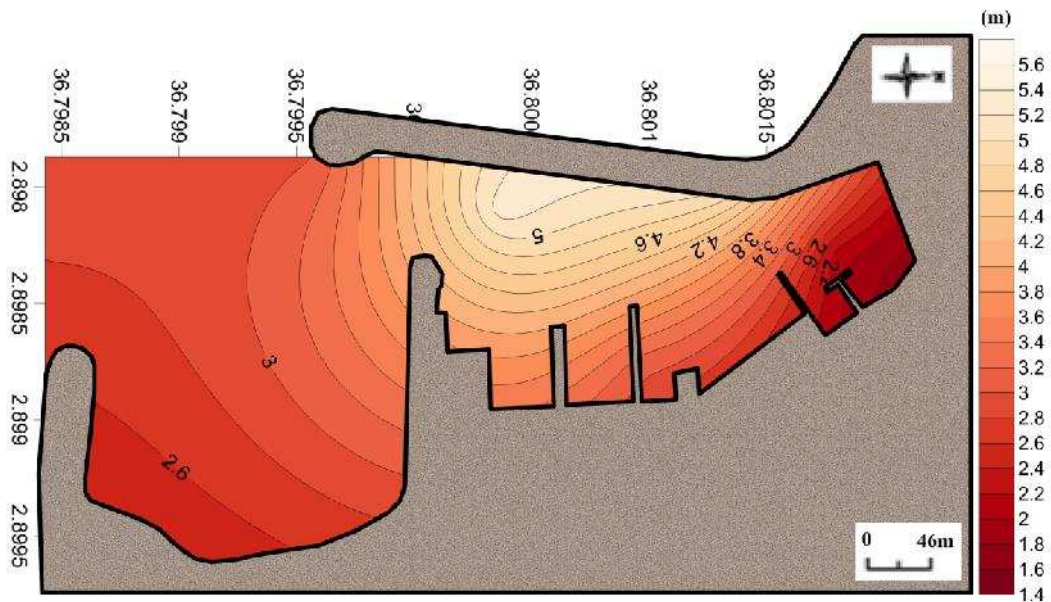
Article 8 – Conformément aux dispositions de la loi n°83-03 du 05 février 1983 susvisée, le Ministre chargé de l'environnement est fondé à réclamer au demandeur de permis tout complément de justifications portant sur :

- les résultats des analyses des échantillons de déchets faites dans des 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.

### IV.3. Dragage du port d'El Djamila

D'après les résultats de l'étude faite précédemment sur les sédiments du port d'El Djamila, nous constatons que ces derniers sont constitués essentiellement de vase, le dragage provoque alors certains ennuis liés à la nature de ces sédiments.

Une étude bathymétrique est indispensable avant toute opération de dragage et cela pour pouvoir déterminer les zones à draguer afin de calculer et estimer le volume des sédiments à récupérer par ces opérations de dragage. Pour le port d'El Djamila, le résultat de cette étude est représenté sur la **figure IV.1**

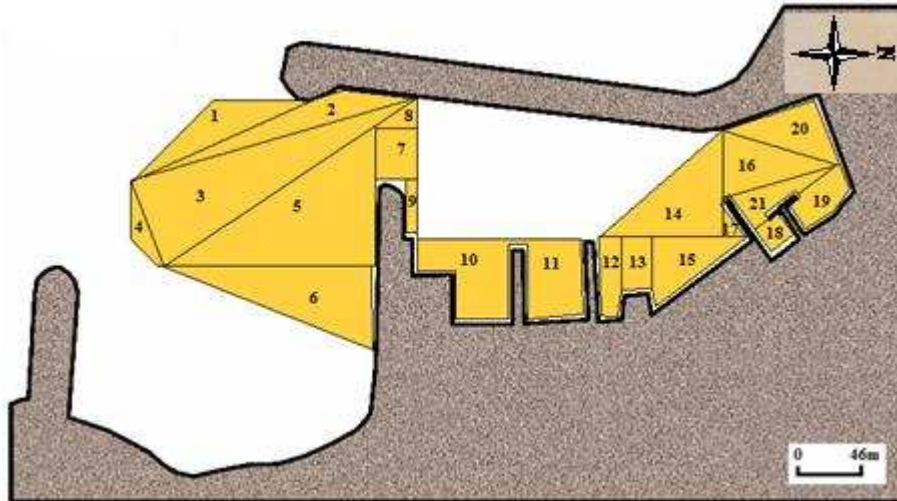


**Figure IV.1** : Représentation Bathymétrique du port d'El Djamila avant l'opération de dragage.

### IV.3.1. Calcul de volume à draguer

Pour calculer le volume à draguer dans le port d'El Djamila il faut suivre les étapes suivantes : La première étape consiste à découper le schéma du port d'El Djamila en différentes formes géométriques. (Figure IV.2).

La profondeur qu'il faut atteindre par le dragage est la différence entre les profondeurs du port à aménager et les profondeurs actuelles. Dont les profondeurs à aménagés sont 5.5m dans la passe d'entrée et 4.5 m sur le reste de la surface du dragage.



**Figure IV.2 :** Représentation de la zone de dragage sous forme de différentes formes géométriques.

La deuxième étape consiste à déterminer la surface des formes géométriques qui correspond à la surface des différentes zones à draguer qui est estimée **24470 m<sup>2</sup>**.

Ensuite, nous déterminons le volume des sédiments à draguer de chaque zone en appliquant la formule suivante:

$$V_T = \sum (S_i \times P_i)$$

$V_T$  : Volume total des sédiments (m<sup>3</sup>).

$S_i$  : Surface du sédiment pour chaque zone (m<sup>2</sup>).

$P_i$  : Profondeur atteinte par le dragage. (m).

**Tableau IV.1** : Surfaces et quantités à draguer qui correspond à chaque zone dans le port d'El Djamila.

<i>Zone N°</i>	<i>Surface (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Profondeur de dragage(m)</i>	<i>Volume (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Zone N°</i>	<i>Surface (m<sup>2</sup>)</i>	<i>Profondeur de dragage(m)</i>	<i>Volume (m<sup>3</sup>)</i>
1	1058	2,5	2646	12	492	1,9	935
2	1237	1,6	1979	13	533	1,7	906
3	3366	2,5	8415	14	2016	1,1	2217
4	263	1,7	448	15	989	1,7	1681
5	4556	1,3	5923	16	1020	1,5	1530
6	2760	1,1	3036	17	90	1,9	171
7	625	1,9	1187	18	180	2,3	414
8	187	1,9	356	19	380	2,7	1026
9	182	0,9	164	20	961	1,9	1827
10	1702	1,3	2213	21	636	2,1	1336
11	1236	1,3	1607				

D'après le tableau ci-dessus, la quantité globale des produits de dragage est de **40 015 m<sup>3</sup>**

### **IV.3.2. La technique utilisée pour le dragage du port d'El Djamila**

D'après les résultats de la sédimentologie, les sédiments du port d'El Djamila sont constitués essentiellement de sables fins (vase), le dragage provoque alors certains ennuis liés à la texture des sédiments. Pour cela la technique utilisée pour le dragage de ce genre de matériaux est la méthode aspiratrice en marche. Cette technique est adaptée pour draguer des chenaux d'accès et les bassins des ports sans trop perturber la navigation.

### IV.3.3. Le choix des récepteurs des sédiments de dragage

Après l'opération de dragage, les sédiments recueillis peuvent être déposés dans des sites récepteurs préalablement choisis en fonctions de leurs avantages et leurs inconvénients. Les récepteurs des sédiments de dragage du port d'El Djamilia sont présentés comme variantes qui sont comme suit:

#### IV.3.3.1. Variante 1 : Les ouvrages en géotextiles

Les sédiments peuvent être récupérés par une pelle mécanique ou par pompage hydraulique et injectés directement dans des sacs de géotextile pour assurer le confinement et l'essorage. Ils sont constitués de toiles perméables en fibres synthétiques sous forme de sacs ou de boudins. Ils visent à maintenir le sable et peuvent être déployés perpendiculairement (ex: épis lorsque la dérive littorale domine) ou longitudinalement par rapport au rivage, par exemple pour armer le cœur d'un bourrelet dunaire à l'arrière d'une plage. (VNF, 2012)



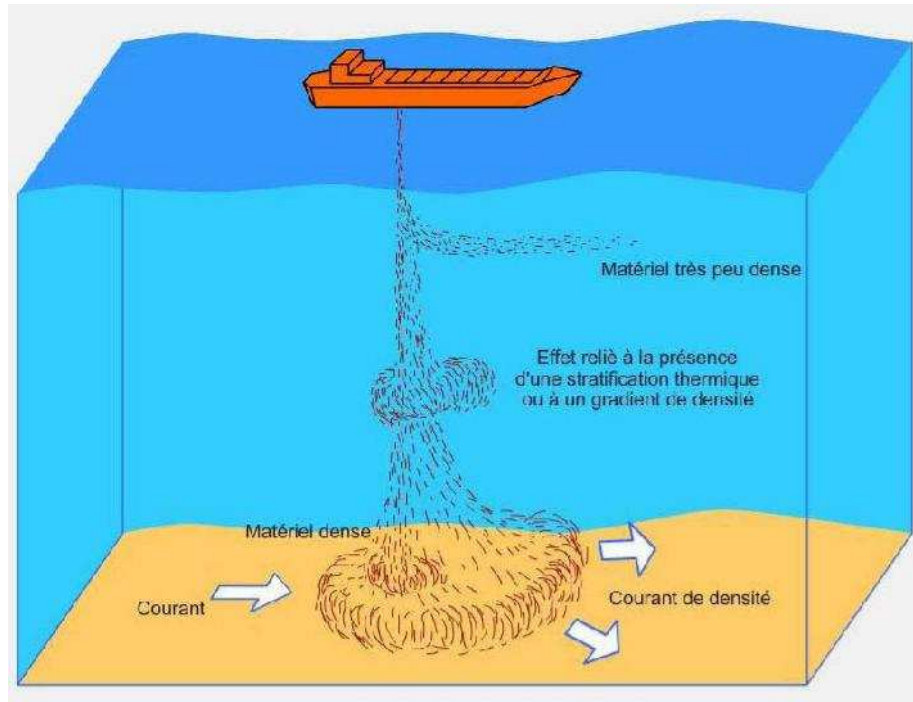
**Figure IV.3** : Ouvrages en géotextiles (VNF, 2012)

**Tableau. IV.2 :** Avantages et inconvénients de la technique (ouvrages en géotextiles)

Avantages	Inconvénients/limites
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Une solution douce pour la protection des cotes en limitant les transites sédimentaires.</li> <li>2. L'impact visuel des ouvrages en géotextiles est souvent moins agressif que d'autres structures de type épis, brise-lames, etc.</li> <li>3. La mise en place de ces ouvrages est rapide.</li> <li>4. Ils perturbent peu l'écosystème littoral.</li> <li>5. Lorsqu'ils sont dissimulés et disposés pour former des casiers, les sacs peuvent être utilisés pour le maintien du sable en lui servant d'ancrage (par exemple après le rechargement artificiel sur un estran).</li> <li>6. Ils sont réversibles et la structure de dernière génération est perméable, souple, résistante aux UV et favorise l'installation de la végétation.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dans le cadre des opérations de dragage, les principales sources de nuisances olfactives sont liées à la nature des sédiments et à leur dégradation biologique lors de leur ressuage.</li> <li>2. Nécessité d'un suivi et un entretien régulier.</li> <li>3. Ayant un rôle limitant la circulation de l'eau, ils peuvent éventuellement entrainer des complications au niveau des aires de baignade notamment en présence de pollution.</li> <li>4. Ils entraînent des déficits en sédiments des zones non protégées voisines, accentuant l'érosion..</li> </ol>

#### IV.3.3.2. Variante 2 : L'immersion

Jusqu'à une époque récente, l'immersion en mer était une méthode admise d'élimination des déchets dans nombre de régions du monde. Mais ces dernières années, l'immersion de substances jugées dangereuses pour le milieu marin ainsi que l'incinération en mer ont été peu à peu abandonnées pour faire place à des méthodes plus écologiques préconisées par les normes internationales et nationales nouvellement établies. Il en résulte une forte réduction de la quantité de polluants immergés en mer.



**Figure IV.4 :** Comportement des sédiments au cours d'un rejet par l'immersion (d'après **Truitt, 1988**).

**Tableau. IV.3 :** Avantages et inconvénients de la technique (l'immersion)

Avantages	Inconvénients/limites
1. Mobilisation importante de matériaux.	1. Les conditions de débits doivent être suffisantes.
2. Transport sur la voie d'eau.	2. Impacts des immersions mal connus faute de données de suivi et d'une méthodologie adaptée.
3. Rapidité et facilité de réalisation.	3. Transfert de polluant possible.
4. Solution dispersive.	4. Mise en suspension de fines.
5. Coût minimal.	5. Augmentation de la turbidité sur la zone de largage.
6. Possibilité de recouvrement de zones polluées.	6. Impact sur la faune et la flore.

### IV.3.3.3. Variante 3 : L'alimentation artificielle des plages en sédiments (ou rechargement des plages)

Le rechargement de plage est la filière d'utilisation qui semble a priori la plus logique: on rend à la mer ce qu'on lui enlève. Pour cela les rechargements des plages ont pour objectif de compenser le déséquilibre du littoral dû à l'érosion naturelle et/ou aux impacts anthropiques (présence d'ouvrages de défense). On propose donc d'utiliser les sédiments de dragages pour alimenter les plages de Club des Pins, qui souffrent d'une érosion constante. Le rechargement doit être adapté en fonction de l'analyse de la nature et la taille des matériaux, la bathymétrie, les peuplements des petits fonds, le régime des houles, les courants littoraux, etc. méthodes empiriques permettent d'estimer le volume de sédiments nécessaires.



**Figure IV.5.** Technique de rechargement des plages (DREAL, 2011)

**Tableau. IV.4 :** Avantages et inconvénients de la technique (rechargement des plages)

Avantages	Inconvénients/limites
1. Permet de rétablir un profil d'équilibre de la plage, la protection vis-à-vis des agents d'érosion telle que les vagues de tempête.	1. Les matériaux prélevés doivent être situés proche du site de dépôt pour limiter les coûts.
2. Le maintien d'estrans larges et par conséquent la préservation des usages (activités de récréation) et des enjeux.	2. Le volume du gisement doit être suffisamment important pour toutes les opérations d'alimentation (rechargements réguliers).
3. Cette méthode n'a pas de conséquences néfastes pour les plages voisines, à contrario d'autres méthodes, et peut les alimenter de manière indirecte par l'apport de sédiments.	3. Une bonne qualité des sables ou galets est primordiale (ne pas apporter des sédiments pollués ou plus fins que ceux de la plage rechargée).
4. Sa finalité peut être touristique, en permettant d'élargir la plage.	4. Certaines configurations se prêtent mal à ces méthodes (fortes houles, difficultés d'accès, granulométrie des sables, etc.).
5. Le ré-ensablement permet également de rehausser la pente de la plage, dans un but de prévention contre l'élévation du niveau de la mer.	5. Les dragages et les déversements peuvent perturber la biodiversité locale des zones de prélèvement et de dépôt (destruction des habitats, augmentation de la turbidité de l'eau etc.).
6. L'impact paysager est nul.	6. Coût relativement élevé.

#### IV.3.3.4. Variante 4 : Matériaux de construction

La plupart des matériaux de construction et de transport proviennent, à l'heure actuelle, de carrières, gravières et sablières qui génèrent de nombreuses contraintes au niveau de l'environnement. Puisque la demande des ces matériaux augmente et que le coût des divers matériaux, tels le ciment, le béton, la brique ou encore l'asphalte, est de plus en plus élevé, les sédiments de dragage peuvent être utilisés en tant que matière première pour la fabrication de matériaux pouvant servir à la construction ou au secteur des transports (Braün, 2006).

**Tableau. IV.5 :** Avantages et inconvénients de la technique (matériaux de construction).

Avantages	Inconvénients / limites
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Possibilité de vendre les matériaux plutôt que de les éliminer.</li> <li>2. En construction, tous les types de sédiments de dragage, pourvu qu'ils soient relativement purs et homogènes, peuvent être utilisés à titre de matières premières.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La valorisation des sédiments dans ces domaines demande généralement un traitement préalable.</li> <li>2. Il faut recourir à des techniques de séparation des différentes granulométries, pour rendre les sédiments homogènes ce qui peut être complexe et très coûteux.</li> <li>3. Plusieurs produits entrent en compétition avec les sédiments, notamment pour la composition du béton ou de l'asphalte : sols contaminés, cendres diverses ... etc.</li> </ol>

#### IV.3.4. Synthèse des variantes proposées selon l'analyse des sédiments

Cette étude vise à trouver des solutions économiques et environnementales à la gestion à long terme de ces sédiments.

Pour les trois dernières variantes nous ne pouvons pas les utiliser vu leurs inconvénients et limites et le plus important c'est d'avoir les sédiments de dragage avec une fraction fine ce qui cause des contraintes indésirables sur ces trois variantes (rechargement de plage, l'immersion et les matériaux de construction) :

En règle générale, seule la fraction sableuse des sédiments présente un intérêt pour être intégrée dans les procédés de fabrication de matériaux de construction. Quant aux fractions fines, elles ne possèdent pas ces propriétés mécaniques suffisantes sans traitement d'appoint (ajout de ciment et chaux).

Le matériau pouvant servir à recharger une plage est très dépendant des caractéristiques principales du sable déjà présent sur la plage, c'est-à-dire sa granulométrie et sa couleur. Si le matériau utilisé est de granulométrie plus fine que celui en plage, alors celui-ci sera très

rapidement emporté par les houles et les courants. Il faut que le matériau soit au moins de granulométrie identique ou de préférence supérieure pour protéger la plage de l'érosion.

Des matériaux fins, présentant des grandes surfaces spécifiques dans l'immersion donc des possibilités d'adsorption importantes, seront susceptibles d'être les éléments vecteurs d'une propagation de contaminants chimiques. De plus, leurs sédimentation dans des herbiers, dans des zones remarquables, ou dans des zones comprenant des matériaux grossiers peut engendrer des colmatages, voir des envasements qui vont avoir des impacts forts et rapides sur les échanges gazeux et donc sur la qualité des milieux.

**Tableau. IV.6** : Synthèse des variantes proposées.

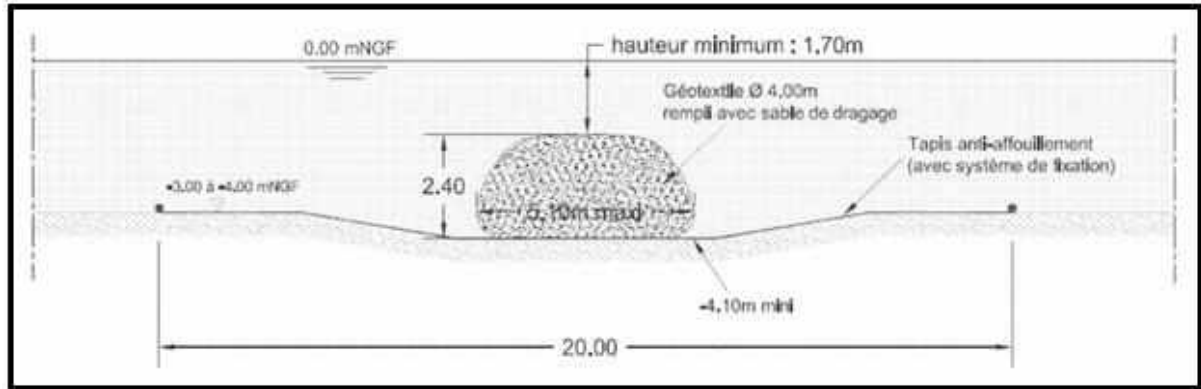
Critère	Variante N°1	Variante N°2	Variante N°3	Variante N°4
Réalisation (délai, difficultés, ... etc.)	A	B	A	B
Coût de réalisation	B	A	B	B
Entretien	B	!!	B	B
Esthétique	B	B	A	!!
Impact	A	C	C	A
Adéquation de sédiment	A	C	C	B
<b>Total</b>	<b>3A+3B</b>	<b>A+2B+2C</b>	<b>2A+2B+2C</b>	<b>A+4B</b>

A : Favorable

B : Peu favorable

C : Défavorable

La solution satisfaisante et qui répond au mieux aux aspects environnementaux et le coût des opérations est les ouvrages en géotextiles de la totalité des matériaux fins. Afin de proposer une solution légère, économique et réversible, nous avons opté pour la réalisation d'un atténuateur de houles en tubes géotextiles dans la plage de Club du Pin par exemple. Voilà un exemple d'utilisation des géotubes dans des projets de gestion de l'érosion du trait de côte.



**Figure IV.6 :** Vue en coupe de la butée en géotextile remplie de sable et posée sur un tapis anti-affouillement (3AME, 2010 in DREAL, 2011)

Ces structures (les ouvrages en géotextiles) peuvent être utilisées en combinaison avec d'autres techniques de lutte contre l'érosion telles que le rechargement de plage ou d'avant-plage, considérant que le type de sédiment soit différent à celui du port El-Djamila.

---

## Conclusion

---

Les opérations de dragage posent un problème environnemental car elles favorisent la dispersion des contaminants et donc la bio accumulation. En effet, Ce travail d'analyse a pour objectif d'évaluer la quantité des eaux et des sédiments à draguer dans le port d'El Djamila, en se basant sur les paramètres physiques, chimique, sédimentologiques. Cette approche nous a permis de caractériser les eaux et apprécier leur qualité et définir leurs sources et origines.

Concernant la pollution marine, plusieurs volets ont été abordés à savoir : Etudes des paramètres physico-chimiques, les métaux lourds, sels nutritifs, teneurs en Matières organiques et matières en suspensions. Ceci est certes important mais ne peut être suffisant. Pour mieux évaluer la qualité des eaux et des sédiments du port d'El Djamila, il est recommandé d'élargir une liste des paramètres étudiés en incluant les hydrocarbures et la microbiologie de la zone, ainsi l'étude sédimentaire qui peut aider à interpréter la dispersion et le transport des polluants.

La contamination des eaux de surface du port d'El Djamila par les sels nutritifs est principalement due aux déversements des rejets de toutes origines sans traitement préalable. L'étude granulométrique (étude des pélites) montre que la majorité des sédiments du port d'El Djamila sont qualifiés de fins (vase) et contenant un taux des carbonates et des pélites relativement élevés.

La quantité de sédiment à draguer a été estimée de **40 015m<sup>3</sup>**, après un levé bathymétrique qui a confirmé la remonté du fond, causée essentiellement par les rejets (eaux usées, eaux pluviales) et les apports du Oued Beni-Messous transportés par les courants marins vers le port d'El Djamila.

La nature des produits de dragage du port d'El Djamila et leurs états de contamination, nous orientent sur le choix du site de dépôt, ce dernier est régi par des lois nationales et internationales; suite à cette étude faite sur le port d'El Djamila, les produits de dragage ne peuvent faire l'objet ni d'une immersion ou d'un rechargement, ni être utilisés comme matériaux de construction (sédiments vaseux), donc il faudrait alors s'orienter vers d'autres solutions adéquates dont l'impact sur le milieu marin est plus réduit. Il s'agit de l'utilisation de grands sacs de géotextiles dans lesquels on introduit ces sédiments pour un objet d'une protection contre l'érosion marine. (Ex : protection de la plage du club des pins), c'est ce que le LEM a

proposé comme solution pour le devenir des sédiments de dragage du port El-Djamila. Donc nous avons répondu à cette solution qu'elle a peu d'impacts sur l'écosystème et l'environnement marin.

---

## Références bibliographiques

---

**Agostini. F, 2006** – Inertage et valorisation des sédiments de dragage marins. Thèse de doctorat. Université des Sciences et Techniques de Lille. France, p 207.

**Alliouane. A, Ramdani. L, 2006** - Aménagement des ports de pêche de Zemmouri et d'El Djamila. *Mémoire d'ingénieur en Aménagement du littoral. ISMAL.*

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

**Aminot .A et Chaussepied .M, 1983** - Manuel des analyses chimiques en milieu marin. *Centre national pour l'exploitation des océans, Brest, p395*

**Aminot. A, et Kérouel. R, 2004** - Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses. *Edition : Ifremer, France, p 336.*

**Auger .D, 2003** - Dosage de certains métaux traces, *Ifremer. p 45*

**Belkessa .R, 2005** - Les ports algériens : ensablement, pollution et dragage des sédiments. *Thèse de doctorat. Université de Constantine, p 412.*

**Bellahsene. Y, Messaoudi. S ; 2005** – Etude bathymétrique, sédimentologique et pollution par les métaux lourds de la baie d'El Djamila. *Mémoire d'ingénieur. ISMAL, p 13-41.*

**Boulahdid M, 1987.** Analyse des sels nutritifs dans l'eau de mer. Etude du mélange des masses d'eaux et de l'oxydation de la matière organique dans l'océan. *Thèse de Doctorat, Université de Paris VI, France, p 266.*

**Braün, R, 2006** - Valorisation des sédiments de dragage en milieu terrestre. Identification et caractérisation des usages (Fiches techniques). Pêches et Océans Canada – Région du Québec. Direction de la gestion de l'habitat du poisson. Institut Maurice Lamontagne, Mont-Joli (Québec).

**Clark, 1977** - Coastal Ecosystems Management. New York, John Wiley, 1977.

**Copin-Montégut. G, 1996** - Chimie de l'eau de mer. *Collection «synthèse». Edition : Institut Océanographique de Paris, France, p 319.*

**DREAL, 2011 in 3AME, 2010** - Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement du logement. Document de cadrage préalable des études d'impact relatives aux opérations côtières de protection du littoral sableux du Languedoc- Roussillon, Edition: *egis eau, France, p 209.*

**DTP, 2012** - Etude d'impact sur l'environnement de l'opération de dragage du : port d'El Djamila, port de Sidi Fredj et port de Palm Beach. *Rapport d'étude*, p 6, 7, 12, 15, 20-23.

**Guibout. P, 1987** - Atlas Hydrologique de la Méditerranée, Ifremer 1987. p 150.

**IMO 1972** - International Maritime Organization, « Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter - London Convention » 29 décembre 1972.

**IMO, 1995** - International Maritime Organization, « Cadre pour l'évaluation des déblais de dragage », Résolution LC.52 (18), adoptée le 8 décembre 1995.

**L'Yavanc J, Alzieu C. et Mauvais J.L, 1999** - Les dragages sur le littoral français. Dans: Dragage et environnement marin: Etat des connaissances. Editions Ifremer, 223 p.

**Lacaze J-C, 1996** - La pollution des mers. *Edition: DOMINOS Flammarion, France, p 128.*

**Lacaze J.C, 1980** - La pollution pétrolière en milieu marin. Ed. MASSON. Paris, p 117- 118.

**Lefebvre Y, 1993** - Circuits eau de mer traitements et matériaux. *Edition : TECHNIP, Chambre syndicale de la recherche et de la production du gaz naturel, Comité des techniciens, 393 P*

**DREAL, 2011** - Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement du logement. Document de cadrage préalable des études d'impact relatives aux opérations côtières de protection du littoral sableux du Languedoc- Roussillon, Edition: egis eau, France, p 209.

**LEM, 1996** - Etude de protection du port de pêche d'El Djamila. *Wilaya de Tipaza, Direction des Travaux Publiques, p 6-25.*

**Millot. C, Taupier-Letage. I, et Benzohra. M; 1990** – The Algerian eddies. *Earth Scienc Reviews, p27, 203-219.*

**Ramade F, 2000** – Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Edition: Edi science International, France, p 690-428.

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

**Rodier. J, 1997** - L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduaires et eaux de mer) 8<sup>ème</sup> édition Dunod, Paris, p 1384.

**Rodier. J, Bzin C, Broutin J P, Chmbon P, Champsaur H, et Rodi L, 2005** - L'analyse de l'eau : eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer. *DUNOD* : p1383

**Rodier J, 1996** - L'analyse de l'eau ; eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer. 8<sup>ème</sup> Edition: *DUNOT (Paris)*. p 385- 401.

**Schneider G, 2001** - Boues de curage des cours d'eau. Le Courrier de l'Environnement de l'INRA, 43, 146-147. <http://www.inra.fr/dpenv/curage.htm#1A>

**VNF, 2012** - Voies Navigables de France, Direction Interrégionale du Nord-Est, Guide des interventions d'entretien, Fiches de cas des pratiques de dragage et d'entretien, France, p 255.

**Truitt C.L, 1988** - Dredge material behaviour during open water disposal. *Jr Coast. Res*, p 4, 3, 389-397.

**Zemenzer, 2004** – Ensablement du port part transport sédimentaire simulation et application du model de Gao et Colins (1994) au port de Sidi Fredj. *Mémoire d'ingéniorat. ISMAL*, p 31.

---

## **Annexes**

---

## Annexes

Tableau A.1. Choix et localisation des stations du prélèvement

Station	latitude	longitude	T(°C)	S(PSU)	O.D(%)	O.D(m g/l)	PH	Conductivité(mS/cm)	Profondeur(m)	date
1	02.89797	36 80229	17.9	35.6	55%	5.3	8.1	54.1	1.8	05/06/13
2	02.89829	36 80180	17.6	35.5	64	5.6	8.07	54.2	2.1	05/06/13
3	02.89788	36 80136	18.2	35.4	58	5.6	8.07	53.9	5.5	05/06/13
4	02.89876	36 80096	17.9	35.5	51	4.9	8.12	54	3.1	05/06/13
5	02.89896	36 80050	17.6	35.4	56	5.3	8.05	53.9	3.4	05/06/13
6	02.89810	36 80037	18.3	35.5	57	5.5	8.18	53.9	5.3	05/06/13
7	02.89787	36 79958	17.9	35.1	67	6.6	8.15	53.8	3	05/06/13
8	02.89832	36 79843	18	35.2	107	10.2	8.22	53.5	2.8	05/06/13
9	02.89929	36 79847	18.5	34.8	92	8.7	8.17	52.5	2.4	05/06/13
10	02.89960	36 79925	18.3	34.1	91	8.5	8.2	52	2.5	05/06/13
11	02.89259	36.79968	17.7	35.5	65	6.2	8.12	54	8	05/06/13
12	02.89348	36.80120	17.5	35.5	65	6.2	8.22	54.1	10	05/06/13
13	02.89203	36.80218	17.5	35.6	64	6.2	8.27	54.3	10	05/06/13
14	02.88908	36.80143	18	35.6	63	6.1	8.25	54.1	15.7	05/06/13
15	02.88937	36.79948	18	35.4	64	6.1	8.25	53.9	16.3	05/06/13
16	02.89077	36.79823	18.1	35.4	64	6.2	8.24	53.9	13	05/06/13
17	02.89272	36.79673	18.1	34.9	64	6.1	8.25	53.7	10.9	05/06/13
18	02.89625	36.79450	18.6	34.8	64	6.1	8.13	53	5.8	05/06/13



Figure A.2. Une benne «VAN VEEN» et un échosondeur.



Figure n°A.3. Etuves à température programmable et une balance de précision

Dessiccateur avec robinet et fond en porcelaine

Gants (protection contre la chaleur du four)



Creusets en porcelaine (Numérotation sous le creusé)

Pinces utilisées pour déplacer les creusés

Figure A.4. Matériels utilisés pour la matière organique



**Figure A.5.**Four à moufle à T°programmable (de 0 à + 2000 °c)

## II.2.6.1. Azote nitreux (NO<sub>2</sub>)

### II.2.6.1.1. Les réactifs

**a. Réactifs 1 :** Solution de sulfanilamide.

Pour préparer 500 ml de réactifs :

- Diluer 50ml d'acide chlorhydrique concentré (d= 1,18) dans 300ml d'eau distillée.
- Dissoudre 5 g de sulfanilamide dans cette solution et compléter à 500ml.
- Cette solution est stable indéfiniment.

**b. Réactifs 2 :** Solution de N-Naphtyl-Ethylenediamine.

- Dans 500ml d'eau distillée, dissoudre 0,5g de dichlorhydrate de N-(1-naphtyl)éthylènediamine.
- La conserver au froid et à l'abri de la lumière, et la renouveler dès qu'il s'y développe une coloration brune.

### II.2.6.1.2. Solution étalon

**a. Solution étalon primaire de nitrite :**

- Sécher à 110°C pendant plusieurs heures du nitrite de sodium anhydre NaNO<sub>2</sub>.
- Dissoudre 0,345 g dans de l'eau distillée, compléter à 1 000ml et ajouter 1ml de chloroforme.
- Transformer la solution dans un flacon en verre brun.
- Conservée au froid et à l'abri de la lumière, stable pendant 1 à 2 mois.

**b. Solution étalon secondaire de nitrite :**

Pour obtenir la solution secondaire, diluer 100 fois la solution étalon primaire. Cette solution doit être préparée extemporanément.

**II.2.6.2. Azote nitrique (NO<sub>3</sub>)****II.2.6.2.1. Les réactifs****a. Réactifs 1 :** Solution de sulfanilamide

Le même réactif pour l'analyse des ions nitrites.

**b. Réactif 2 :** Solution de N-Naphtyl-Ethylenediamine

Même réactif que pour l'analyse des ions nitrite.

**II.2.6.2.2. Solution étalon****a. Solution étalon de nitrite:**

Même solution que pour l'analyse des ions nitrite.

**b. Solution étalon de nitrate:**

Dissoudre 0,0506 g de nitrate de potassium anhydre dans 1L d'eau distillée

**c. Solution concentrée de chlorure d'ammonium:**

Préparer une solution à 250 g de chlorure d'ammonium NH<sub>4</sub>CL par litre d'eau distillée.

**d. Solution diluée de chlorure d'ammonium :**

Diluer 40 fois la solution précédente avec de l'eau distillée.

**II.2.6.2.3. Mode opératoire****a. Utilisation et entretien de la colonne**

- La colonne ne doit jamais venir à sec.
- Après chaque série d'analyse, rincer la colonne avec la solution diluée de NH<sub>4</sub>CL.
- Avant de commencer l'analyse, passer sur la colonne 10ml d'eau de mer dopée en nitrate à 20µmol/l et additionnée de NH<sub>4</sub>CL (2ml de la solution concentrée pour 100ml d'eau).

**b. Contrôle du rendement réduction**

- Le rendement peut varier d'une colonne à l'autre et au cours du temps pour la même colonne, il est donc nécessaire de le contrôler avant chaque série d'analyse.
- Mettre dans une fiole jaugée 2 ml de solution étalon de nitrate et en complétant à 500 ml avec de l'eau distillée pour avoir une concentration de 20µmol/l.

- Analyser cette solution selon le protocole suivis pour le dosage des nitrates + nitrites.
- Mesurer l'absorbance, reporter cette valeur à la droite d'étalonnage pour en déduire la concentration en nitrite obtenue après passage sur la colonne.
- Calculer le rendement de réduction.

### **II.2.6.3. Phosphore minéral dissous :**

#### **II.2.6.3.1. Les réactifs**

##### **a. Solution de Molybdate d'Ammonium :**

Dissoudre 15 g de paramolybdate d'ammonium  $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7 \text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , de préférence en poudre fine, dans 500ml d'eau distillée.

##### **b. Acide Sulfurique 2,5 mol/l :**

- Ajouter petit à petit, avec précaution, 140ml d'acide sulfurique (densité =1,84) dans 900ml d'eau distillée.
- Laisser refroidir et conserver en bouteille en verre bien bouchée.

##### **c. Solution d'Acide Ascorbique :**

Dissoudre 54 g d'acide Ascorbique ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ) dans 500 ml d'eau distillée.

##### **d. Solution d'Oxytartrate de Potassium et d'Antimoine :**

Dissoudre 0,34 g d'Oxytartrate de potassium et d'antimoine (III),  $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ , dans 250ml d'eau distillé.

#### **II.2.6.3.2. Solution étalon**

##### **a. Solution étalon primaire de phosphate (5000 $\mu\text{mol/l}$ ) :**

- Sécher à 100°C au dessiccateur, sur  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentré, du dihydrogénophosphate de potassium anhydre ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ).
- Dissoudre 0,6805g dans 1 l d'eau distillée.
- Cette solution est stable plusieurs mois au réfrigérateur.

##### **b. Solution étalon secondaire de phosphate (50 $\mu\text{mol/l}$ ) :**

Diluer 100 fois la solution étalon primaire : 10 ml (unité de volume) compléter à 1 000 ml avec de l'eau distillée.