

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهينة 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.*

**Sujet : Ensablement des ports de Sidi Fredj et d'El Djamila et le
devenir des produits de dragage.**

Présenté par :

- AIDOUD Dalila-Karima.
- MIMOUNI Habiba.

Soutenu le 13 Juillet 2009 devant la commission de jury suivante:

Mr : GUERFI Mokhtar. (ENSSMAL)	Président
Mme : BACHARI Fouzia. (ENSSMAL)	Examinatrice
Mme : MATOUK Torkia. (LEM)	Examinatrice
Mr : BELKESSA Rabah. (ENSSMAL)	Promoteur

SOMMAIRE

INTRODUCTION

Chapitre I : Généralités

I-1 Situation géographique.....	01
I-2 Description des ports.....	02
I-2-1 Port Sidi Fredj.....	02
I-2-2 Port d'El Djamila.....	04
I-3 Données naturelles	05
I-3-1 Données climatiques.....	05
I-3-1-1 Les vents.....	05
I-3-2 Données océanographiques.....	06
I-3-1-1 Les courants.....	06
I-3-1-2 Les houles dans la baie d'El Djamila.....	07
I-3-3 Données hydrologiques.....	07
I-3-4 Données physiques.....	08
I-3-4-1 Géologie.....	08
I-3-4-2 Géomorphologie.....	09

Chapitre II : Matériel et méthode

II-1 Campagne en mer..	10
II-2 Choix et localisation des stations.....	11
II-3 Campagne sédimentologique.....	12
II-4 Travaux au laboratoire.....	12
II-4-1 Analyse granulométrique.....	13
II-4-1-1 But de l'essai	13
II-4-1-2 Principe de la méthode.....	13
II-4-1-3 Méthode	14

Chapitre III : Résultats et interprétation

III-1 Granulométrie.....	15
III-1-1 Courbes granulométriques	15
III-1-2 Paramètres et interprétation.....	18
III-1-2-1 La taille moyenne.....	20
III-1-2-2 La médiane Q50	22
III-1-2-3 Tri et asymétrie.....	25
III-1-2-4 Hydrodynamisme.....	26
III-1-2-5 Pélites.....	27
III-2 Bathymétrie.....	29
III-2-1 Port de Sidi Fredj.....	30

III-2-2 Port d'El Djamila	31
---------------------------------	----

Chapitre IV : Dragage

IV-1 Définition.....	32
IV-2 Nature du dragage.....	32
IV-3 Technique de dragage.....	33
IV-3-1 Les dragues hydrauliques.....	33
IV-3-2 Dragues aspiratrices refouleuses stationnaires.....	33
IV-3-3 Dragues aspiratrices en marche.....	34
IV-4 Quantité et qualité des matériaux.....	35
IV-4-1 Quantité des matériaux dragués	35
IV-4-2 Qualité des matériaux dragués	37
IV-4-2-1 Calcul de l'indice de contamination Ic.....	37
IV-5 Devenir des déblais à terre ou en mer.....	39
IV-5-1 Devenir des déblais à terre.....	39
IV-5-1-1 Rechargements des plages Ouest de Sidi Fredj et d'El Ryadh.....	39
a- Description des matériaux	41
b- Acheminement et dépôt des matériaux	42
c- Comportement des sédiments après injection.....	42
IV-5-1-2 Reconstitution de la plage de Club des Pins par géotube.....	44
IV-5-1-3 Dépôt des sédiments dans la digue d'enclôture	46
IV-5-2 Devenir des déblais en mer.....	47
IV-5-2-1 Les rejets sur des sites de dépôts en mer (clapage)	47
IV-5-2-2 Le « cycle de production » des dragues aspiratrices en marche	47
IV-5-2-3 Description générale d'un rejet.....	48

<u>Chapitre V : GIZC « Gestion intégrée des zones côtières »</u>	49
---	----

CONCLUSION GÉNÉRALE

BIBLIOGRAPHIE

INDEXE DES FIGURES

INDEXE DES TABLEAUX

INDEXE DES PHOTOS

ANNEXE

Introduction

Étalée sur 6 km, la baie d'El Djamila compte deux ports : le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila. Les ports étant des plans d'eau calmes, ils sont sujets parfois à des ensablements. Pour une meilleure fonctionnalité, circulation et accostage des navires des dragages d'entretien sont nécessaires.

Notre étude met en évidence l'ensablement que connaît le port de Sidi Fredj et soulève ainsi l'urgence d'un tel dragage. Le devenir des produits de dragage constitue une partie importante de notre présente étude. Ainsi, plusieurs alternatives sont proposées en fonction de la nature des déblais et des propositions d'aménagement.

Nous tenterons à travers ce travail de trouver des solutions aux produits de dragage et en même temps résoudre des problèmes d'érosion

En effet, la plage Ouest de Sidi Fredj a quasiment disparu passant en dix ans de 15 mètres à 0m. La plage d'El Ryadh, qui connaît un recul net depuis la construction du port, n'est pas protégée malgré la présence de l'épi. Chaque année ses eaux sont en contact direct avec la bâtisse de l'hôtel notamment durant la période hivernale.

Ainsi, cette nécessité qu'est le dragage peut également servir à pallier à certains manques que rencontrent nos plages.

Dans ce cadre s'inscrit donc notre étude sur l'ensablement des ports et le devenir de ses produits, qui s'articule autour de cinq chapitres :

Dans la première partie, nous avons décrits les aspects généraux relatifs aux données climatiques, océanographiques, hydrologiques et physiques de nos sites.

Dans la seconde partie, nous avons présentés les matériels et méthodes utilisés.

La troisième partie nous avons présentés les résultats obtenus lors de l'étude granulométrique ainsi que leur interprétation en comparant les différents sédiments pris en compte.

La quatrième partie porte sur le dragage où il sera question de quantifier les différents volumes, ainsi que les différentes alternatives proposés pour le devenir de ces produits de dragage.

On finira dans le dernier chapitre par une partie GIZC (gestion intégrée des zones côtières), où dans un souci de préservation de l'environnement et dans une optique de durabilité, nous essaierons de répondre à certains besoins.

Notre travail est effectué dans la baie d'El Djamila et principalement sur les deux ports qu'elle renferme à savoir ; le port de Sidi Fredj et celui d'El Djamila (ex la Madrague).

I-1- Situation géographique :

La baie d'El Djamila, étalée sur 6 Km est délimitée à l'Est par le promontoire de Ras-Acrata et à l'Ouest par celui de Sidi Fredj. La côte est allongée Sud-ouest, Nord-est et fait donc face au Nord-ouest.

La presqu'île de Sidi Fredj se situe à une vingtaine de kilomètres à l'Ouest d'Alger. C'est une localité étendue sur un kilomètre au bord de la mer, elle forme le cap Est de la baie de Bou Ismail et la limite Ouest de la baie d'El Djamila. Du point de vue administratif, elle appartient à la commune de Staouéli, daïra de Zéralda et wilaya d'Alger. C'est un promontoire rocheux en sailli par rapport aux côtes sableuses limitrophes caractérisées par deux pointes :

- La pointe du Marabout à l'Est où se situe le port de plaisance de Sidi Fredj.
- La pointe de Saint Janvier à l'Ouest à la limite de la baie d'El Djamila.

Ses coordonnées s'établissent comme suit :

- Longitude 2° 50 52 E.
- Longitude 36° 45 55 N.

Sidi Fredj renferme l'une des plus grandes stations balnéaires algériennes à vocation touristique, vu sa particularité historique (colonisation française : 1830), archéologique (reste d'un village antique nécropole romaine), et naturelle (pérennité patrimoniale). Propice aux besoins des touristes qui la fréquentent au cours de toute l'année.

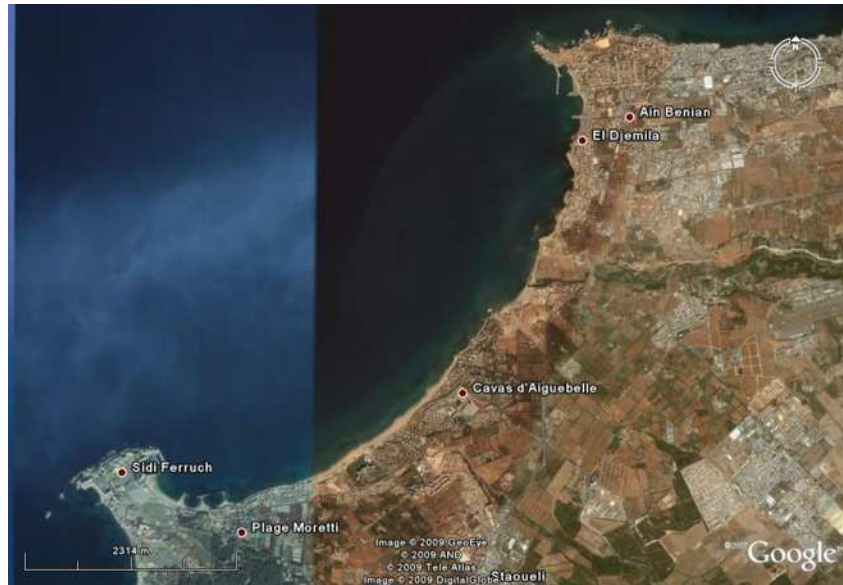


Figure I-1 : Image google de la baie d'El Djemila. (8 janvier 2002)

La Z.E.T (Zone d'extension touristique) prend l'ensemble du cap de Sidi Fredj, délimité par une ligne fictive allant des limites Est de l'hôtel El Ryadh, passant par l'intersection des routes allant vers ; Staouéli et Zéralda et continue vers le Sud Ouest jusqu'à la côte ; l'extension du tissu urbain du coté Est et des complexes touristiques (de Sidi-Fredj, de Moretti et de Club des Pins) du coté Ouest a donné lieu à la disparition totale du foncier de la Z.E.T (A.N.A.T ; 2004).

Le port de plaisance de Sidi Fredj, implanté dans l'anse Est de la presqu'île, est conçu de telle manière à ne pas casser l'harmonie du site permettant ainsi de former avec le paysage alentour une belle station balnéaire. Le port comprend cinq bassins d'amarrage d'une superficie totale de 38 000 m², est réalisé entre deux jetées de type à talus faibles, d'encrochement naturel :

- La grande jetée nord principale longue de 206m se termine par un musoir, sert de protection contre la houle.
- La petite jetée sublimant la plage Est longue de 200m.

I-2 Description des ports :

I-2-1 Port de Sidi Fredj :

Le port de Sidi Fredj a été implanté en 1969 dans la partie orientale du cap à 24Km à l'Ouest d'Alger ; Le socle rocheux (gneiss) lui offre une assise très stable.

Sa position géographique est

36° 45' 54" Nord

02° 50' 54" Est

Il est destiné à abriter des flottes de plaisance, c'est un port semi fermé, d'une superficie de 4ha, il comprend : Un plan d'eau, réparti en cinq darses, dont le contact avec le large se fait aussi bien par la passe d'entrée d'une largeur de 50m du côté Est que par un canal d'une petite ouverture presque fermée du côté Ouest.

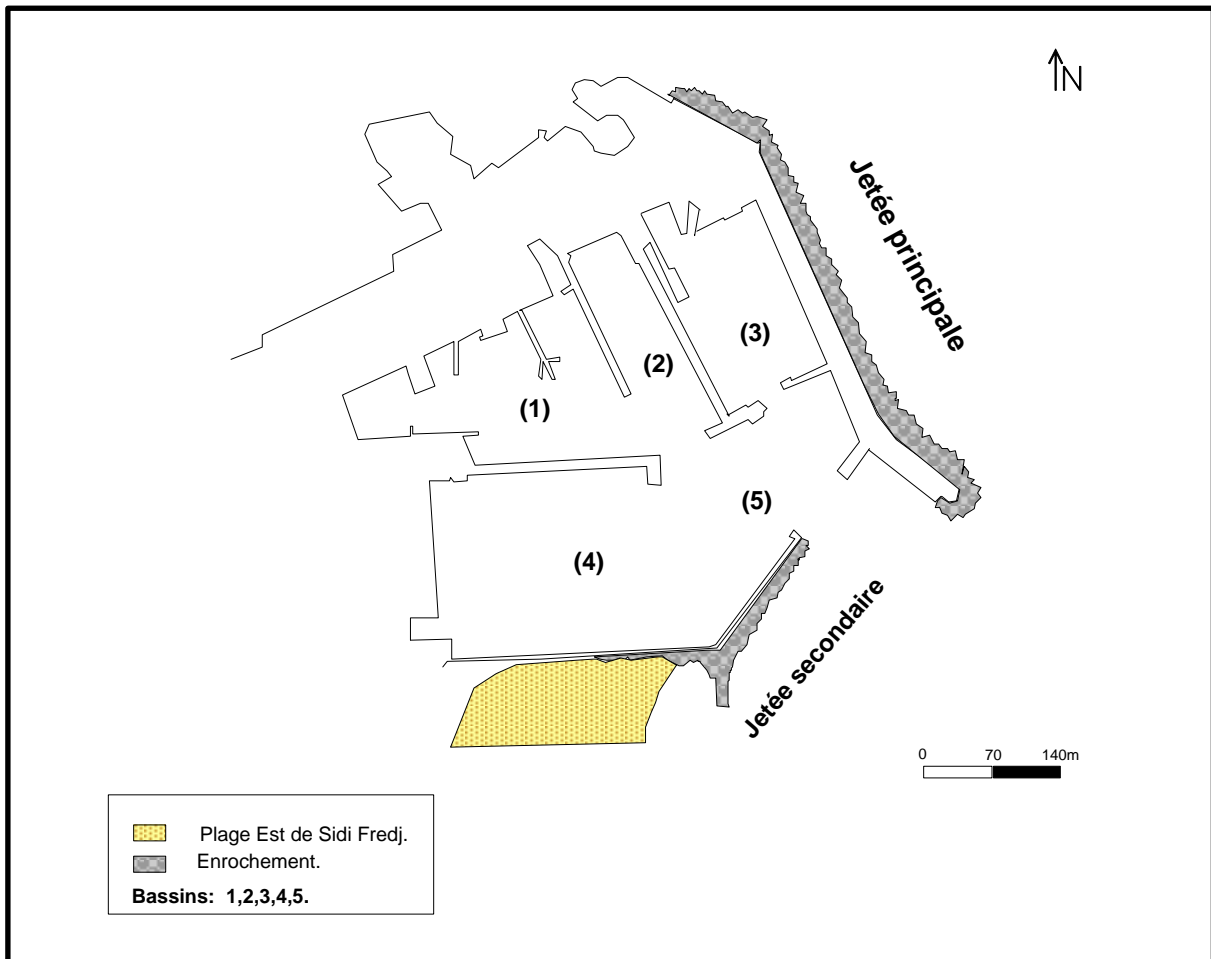


Figure I-2 : Port de Sidi Fredj. (Aidoud, Mimouni ; 2009)

Tableau I.1 : Superficies et profondeurs des bassins intérieurs (Amrani, Ferhat ; 1994) :

Bassin	Superficie (m ²)	profondeur (m)
1	8000	0.60 - 2.60
2	3000	2.50
3	5000	1.50 - 4.50
4	10 000	2.50 - 3
5	9400	3.50

Ces bassins permettent l'accostage, éventuellement l'amarrage des bateaux ayant des tirants d'eau allant de 0.5 à 1m et même 1.5m.

Les appontements : Ils sont de deux types (fixes et flottants) et jouent le rôle d'une passerelle pour assurer une occupation équilibrée du plan d'eau suivant le nombre d'embarcations et le tirant d'eau : ils sont au nombre de huit 8.

- Quatre appontements fixes
- Quatre ou plus appontements flottants

Les ouvrages extérieurs : on distingue la jetée principale au Nord et la jetée secondaire au Sud), de type à talus, protégées côté mer à une profondeur de 1.5m par des blocs d'enrochements naturels ; ils remplissent un triple rôle :

- La délimitation de l'aménagement intérieur du port.
- La protection contre l'agitation marine.
- Faire barrière contre les apports solides.

Les caractéristiques de la flottille de plaisance : La plaisance se caractérise par une grande variété dans la taille et le type de navires (chapon I : 1975), depuis les petits voiliers et canots automobiles jusqu'aux yachts de plusieurs mètres (chapon II : 1984)

I-2-2 Port d'El Djamila :

Le port d'El Djamila (ex la madrague) est implanté à 18 km à l'Ouest d'Alger, dans la baie d'El Djamila du côté Est port de pêche et de plaisance, conçu pour l'amarrage des bateaux de pêche, protégé par une jetée principale de 150 m environ de côté Nord et d'un épi de 80m du côté Ouest, et possède un total de quais d'environ de 180 m ; avec un plan d'eau d'environ de 9000 m².

Le port a connu un réaménagement en 2004, pour le développement de la pêche et de la plaisance dans la région par la construction d'une nouvelle jetée Nord de 300m pour une meilleure protection, ainsi qu'une jetée Ouest d'une longueur de 160m et un épi de 100m du côté Ouest.

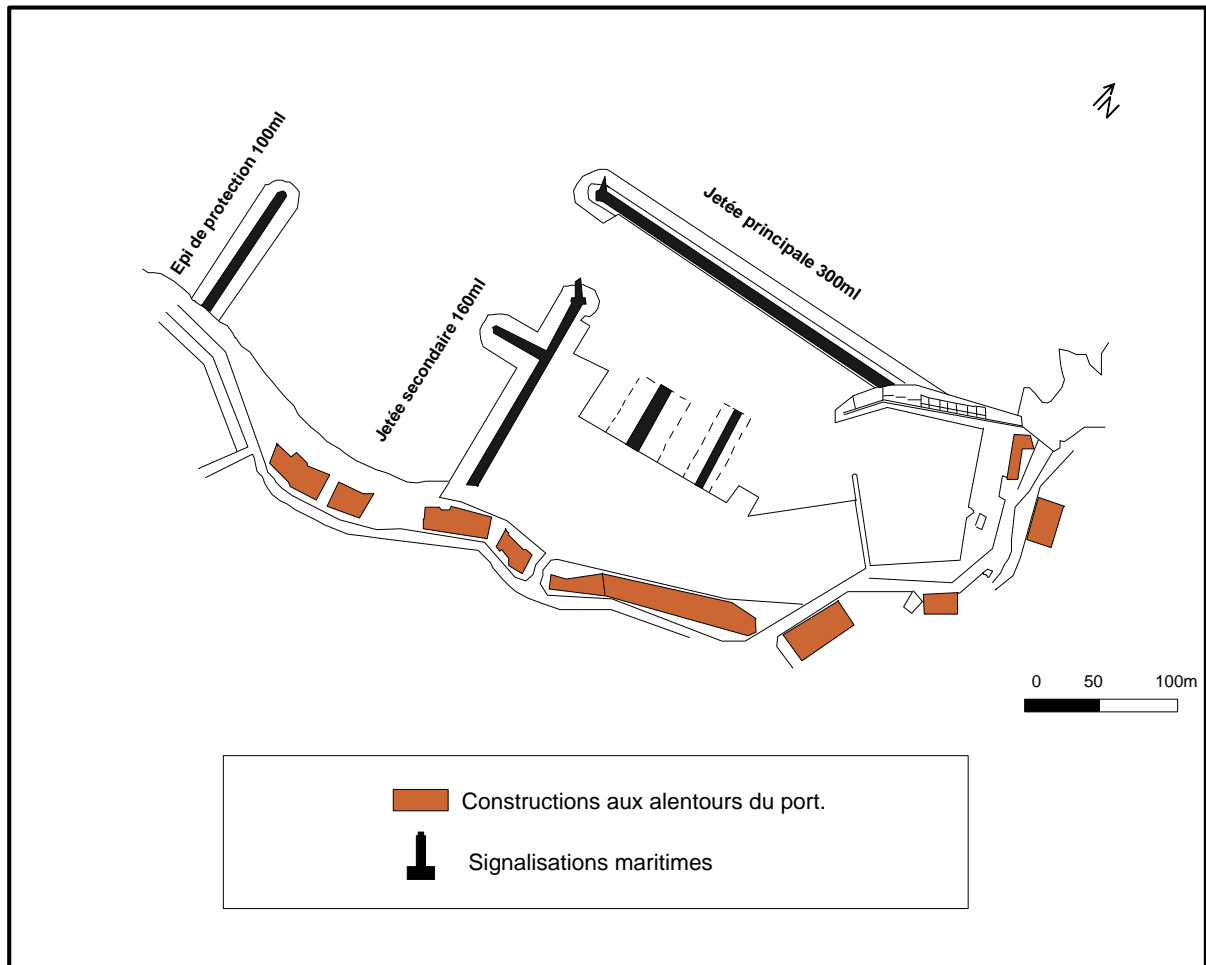


Figure I-3 : Port d'El Djamilia.

I-3- Données naturelles :

I-3-1- Données climatiques :

I-3-1-1 Les vents :

Le vent est un paramètre anémométrique très important pour une étude hydrodynamique, il conditionne le mécanisme des vagues à la surface de l'eau pouvant atteindre des forces considérables. Leurs fréquences et leurs intensités sont à l'origine d'importantes quantités de sable mobilisées.

D'après les résultats des observations effectuées par l'US naval weather command (SSMO) au large des côtes Algériennes, on distingue deux périodes de vent concernant la partie centrale d'Algérie qui sont :

- **La période hivernale (octobre à mars):**

Vents dominants :	direction	fréquence
	Ouest	11,5%
	Nord	12%

- **La période estivale (avril à septembre) :**

Vents dominants :	direction	fréquence
	Est	
	Nord Est	10%
	Nord	12%

Dans la région de Sidi Fredj, la répartition des vents est globalement concordante avec le régime des houles le long de l'année.

On distingue :

- Une dominante hivernale caractérisée par des vents Ouest Nord-ouest, ce sont les vents les plus violents, responsables des transports sableux sur la plage. Ces vents soufflent du mois de décembre au mois de mai (SSMO).
- Une dominante estivale avec des vents Nord-est sans qu'il soit possible de distinguer des brises solaires relativement courtes, fréquentes sur le littoral en été, résultant du déséquilibre thermique entre la mer et le continent (Boutiba,1996). La moyenne maximale enregistrée ne dépasse pas 2 m/s.

I-3-2 Données océanographiques :

I-3-1-1 Les courants :

a- El Djamila :

Les courants de la côte algérienne sont relativement faibles ; KNMI (Institut Météorologique Royale Néerlandais) indique qu'ils ont une vitesse inférieure à 0.5 nœud pendant environ 75% du temps ou 1 nœud pour 80% de temps (Boutiba; 1996).

Ce sont donc des courants suffisamment puissants pour transporter des sédiments notamment près du port.

b- Sidi Fredj :

Plusieurs missions ont été effectuées concernant la courantologie dans la région de Sidi Fredj par le laboratoire central hydraulique de France (L.C.H.F) depuis la fin de 1970, afin de suivre l'action des courants sur l'ouvrage portuaire et son environnement. Cette étude courantologique a donné les résultats suivants :

Lorsque le vent souffle de NE, les courants mesurés portent en direction de l'Ouest, c'est-à-dire vers le port.

Les mesures des vents effectuées dans le secteur N- NW, ont révélé que les courants portaient vers l'Est et le NE, c'est-à-dire en direction opposée aux précédentes mesures de courants.

Par observations directes sur les lieux, il a été remarqué que par vent très faible à nul, les trajectoires des courants observées devant l'entrée du port sont faibles (L.C.H.F).

I-3-1-2 Les houles dans la baie d’El Djamila:

Les données des houles sont celle du SSMO pour la période 1963-1970(tome2, zone Algiers).

Tableau I-2 : Fréquences mensuelles au large de Bou Ismail par direction de houle (S.S.M.O ; 1963-1970 in L.E.M 2002):

Directions Mois	N	N-E	E	S-E	S	S-W	W	N-W
Janvier	8.1	12.9	18.2	5	6.5	13.2	28.8	7.3
Février	8.8	10.3	16.6	4	6.1	16.9	35.6	5.8
Mars	11.3	12.6	15.8	3.6	4.5	12.3	30.5	9.2
Avril	11.5	15.4	16	2	4.4	13.7	26.7	10.2
Mai	8.2	26.3	31.9	3	3.3	7.2	13.9	6.2
Juin	9.2	29.1	29.8	1.8	1.4	8.2	16.4	4.2
Juillet	5.9	32.5	35.1	1.4	1	5.9	16.3	2
Août	8.8	27.7	37.3	1.9	1.1	5	13.4	4.9
Septembre	6.7	26.4	40.5	2.2	2.3	4.6	14.8	2.5
Octobre	7.8	14.1	20.3	3.2	4.2	14.8	28.8	6.8
Novembre	5.5	5.8	10	5.1	8	15.9	40.4	9.4
Décembre	10.2	6.2	9.4	4.6	7.5	15	37.1	10

A partir des données du SSMO, nous pouvons déduire ce qui suit :

- Les houles de direction Ouest, Est et Nord sont les plus fréquemment observées.
- Les fréquences d’observations sur l’année des houles d’Est et d’Ouest sont sensiblement identiques avec toutefois une légère prédominance du secteur Ouest.
- Les fréquences d’apparition sont plus faibles pour le secteur Nord et Nord Est.
- Le secteur Nord a une répartition assez régulière.

I-3-3 Données hydrologiques:

La baie d’El Djamila est alimentée par l’oued Beni Messous et oued Boukara. Ils prennent source dans le massif de Bouzaréah.

Oued Beni Messous qui reçoit un grand nombre d’affluents définit un bassin versant d’une superficie d’environ 33km², son embouchure est à environ 2km à l’Ouest du port d’El Djamila. Il est souvent à sec, sauf lors de fortes précipitations où il pourra raviner une quantité peu importante de sédiments.

La superficie du bassin versant de l'oued Boukara est beaucoup plus réduite, les apports terrigènes sont donc essentiellement issus de l'oued Beni Messous, néanmoins les exploitations d'agrégats au niveau de cet oued déstabilisent le régime d'alimentation.

I-3-4 Données physiques:

I-3-4-1 Géologie :

La zone appartient au domaine géologique de la région d'Alger qui est constituée par un socle métamorphique « le massif d'Alger » bordée par des dépôts sédimentaires d'âge mioquaternaires du Sahel d'Alger (formation dunaires consolidées quelques lumachelles, poudingues et grés).

Le Sahel d'Alger est constitué de terrains récents néogènes et quaternaires tandis que les massifs de bordures (massif de Bouzaréah, presqu'île de Sidi Fredj) sont formés de terrains plus anciens où le primaire domine.

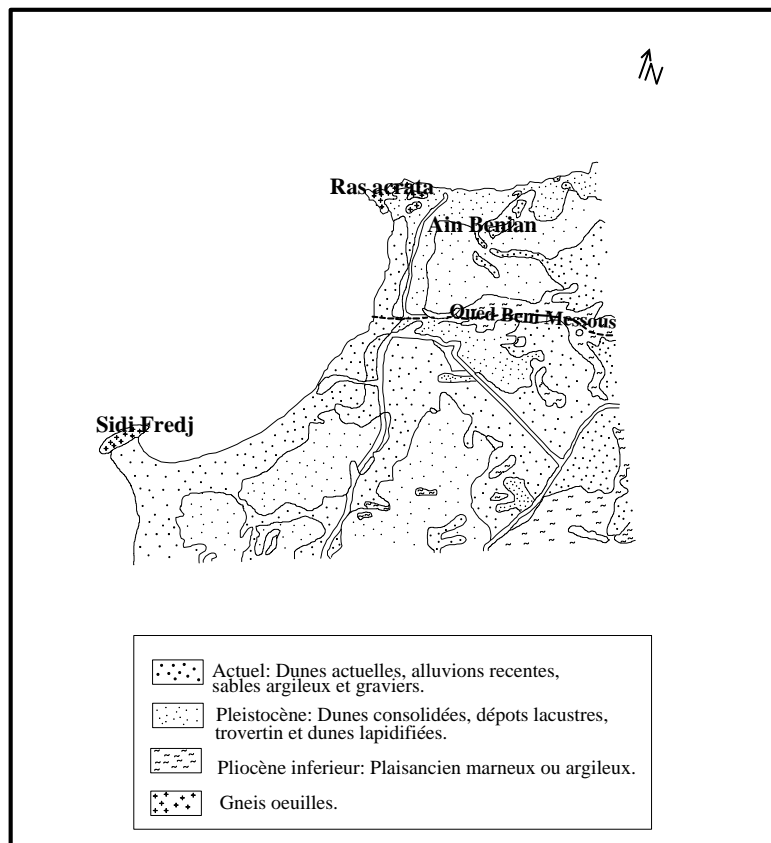


Figure I-4 : Carte géologique de Chéraga (d'après A.AYME 1960).

I-3-4-2 Géomorphologie :

D'après la carte géologique élaborée par A.AYME en 1960, la baie d'El Djamila est caractérisée par des dunes actuelles, les alluvions récentes, des sables argileux et des graviers actuels qui bordent toute la côte.

A l'arrière, des dunes fossiles (consolidées), des dépôts lacustres, des travertins et des dunes lapidifiées caractérisent le pléistocène. A l'Est, Ras Acrata présente un cap en gneiss ocellés.

La morphologie littorale et sous marine se caractérise par des plages développées et constituées par un sédiment sableux de granulométrie variable. Le platier rocheux qui borde la baie d'El Djamila réapparaît vers l'Est après le franchissement de l'oued Beni Messous et se relie au cap de Ras Acrata. Les affleurements rocheux côtiers sont constitués de grès de plage pliocène tandis que ceux du large sont métamorphiques.

II-1- Campagne en mer :

Deux campagnes ont été effectuées à bord de l'embarcation l'Aurès, la première le 05/04/2009 au niveau du port, ainsi que des plages Est et Ouest de Sidi Fredj, par une mer particulièrement calme, et une journée très ensoleillée. La deuxième quant à elle, s'est effectuée le 09/06/2009, au niveau du port d'El Djamila, dans les mêmes conditions que la première.

L'objectif de notre sortie :

- Le prélèvement de plusieurs échantillons sédimentaires que se soit à l'intérieur des deux ports El Djamila et Sidi Fredj, tout le long de la Baie d'El Djamila, ainsi qu'au niveau la plage Ouest de Sidi Fredj.
- Effectuer un levé bathymétrique.

Le Matériel utilisé lors de nos sorties :

- Petite benne de type Van Veen (photo II-1).
- Echo sondeur (photo II-2).
- Sachets de congélation utilisés pour le prélèvement des échantillons.
- Spatule en bois.



Photo II-1: Prélèvement à l'aide d'une benne « Van Veen ».



Photo II-2: Écho sondeur.

II-2- Choix et localisation des stations :

La zone a été balayée par 33 stations de prélèvements, disposées comme suit :

- 5 prélèvements à l'intérieur du port de Sidi Fredj.
- 16 prélèvements au large de la plage Est de Sidi Fredj.
- 5 prélèvements sur le trait de cote de la plage Ouest de Sidi Fredj.
- 1 prélèvement sur le trait de cote de la plage de l'hôtel El Ryadh.
- 6 prélèvements à l'intérieur du port d'El Djamila.

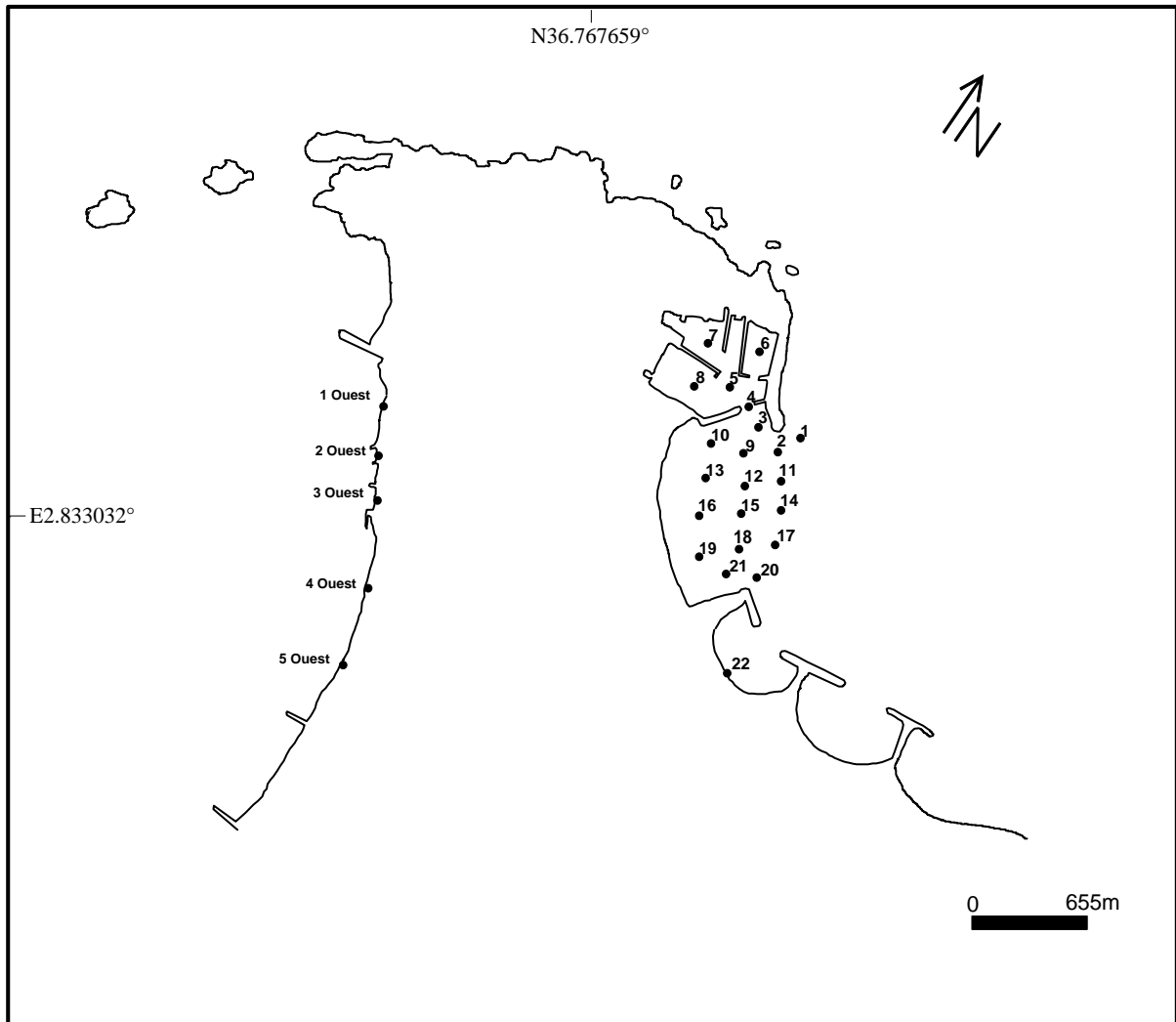


Figure II-1 : Représentation des différentes stations de prélèvements dans la région de Sidi Fredj.

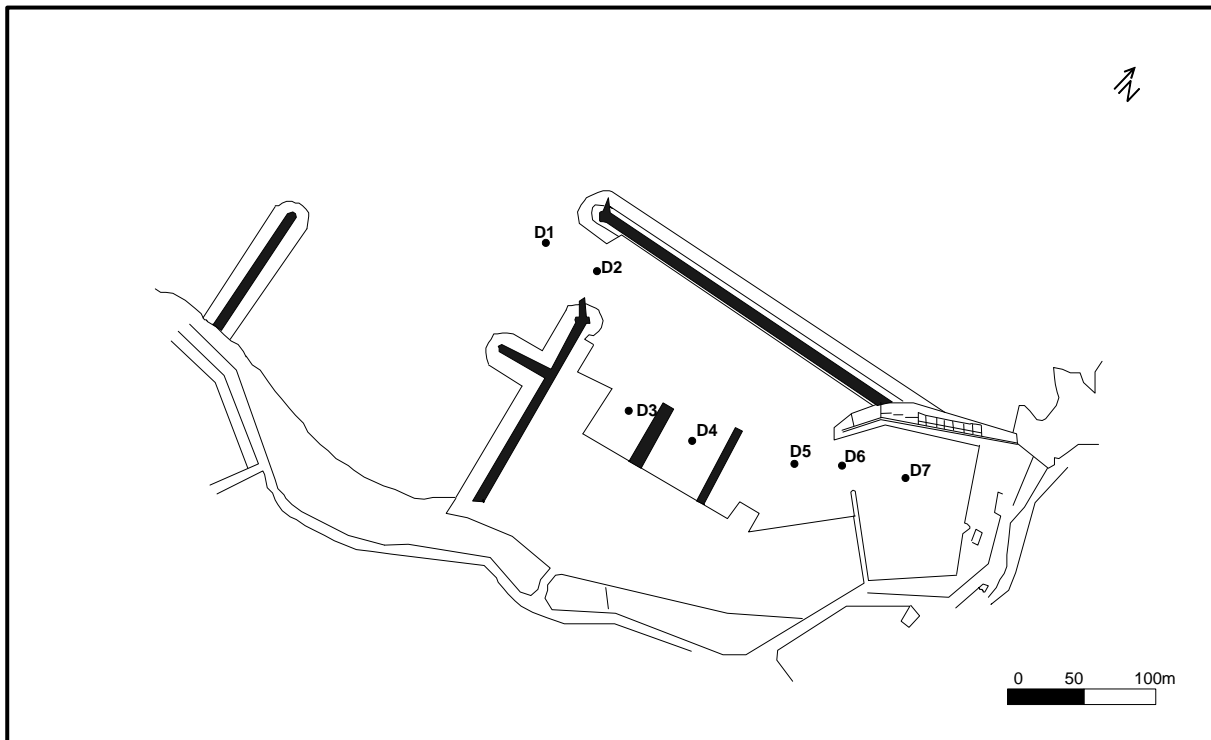


Figure II-2 : Représentation des différentes stations de prélèvements dans la région d'El Djamilia.

II-3- Campagne Sédimentologique :

Lors de notre campagne au large, Le levé bathymétrique a été effectué à l'aide d'un échosondeur se trouvant à bord de l'embarcation « Aurès » ; Quant aux prélèvements sédimentaires, ils ont été effectués à l'aide d'une benne piocheuse de type « Van Veen » ; au niveau du trait de cote, les prélèvements ont été effectués à 20 cm de profondeur à l'aide d'une spatule en bois.

Tous les échantillons recueillis ont été mis directement dans des sachets en plastiques préalablement étiquetés puis rapportés au laboratoire.

II-4-Travaux au laboratoire :

Une fois tous les échantillons sédimentaires obtenus, nous avons pu démarrer l'analyse granulométrique. L'analyse granulométrique s'est déroulée au sein du laboratoire de Sidi Fredj, annexe de l'ENSSMAL. Nous avons utilisé lors de cette analyse, une tamiseuse, une série de tamis de type AFNOR, une étuve, une balance et des boîtes de Pétri.

II-4-1 Analyse granulométrique :

II-4-1-1 But de l'essai :

L'analyse granulométrique permet de déterminer et d'observer les différents diamètres de grains qui constituent un granulat. Pour cela l'analyse consiste à séparer et classer à l'aide de tamis ces grains selon leur diamètre (indépendamment de leur nature chimique). Elle s'applique à tous les granulats de dimension supérieure ou égale à 63 μm (Lors de notre étude, à des fins pratiques, nous nous sommes intéressés aux grains supérieurs à 80 μm).

Les grains ainsi isolés peuvent être pesés pour déterminer la proportion de chacun dans le granulat. La représentation graphique de l'analyse permet d'observer et d'exploiter ces informations très simplement.

Le refus désigne la partie des grains retenue dans un tamis. Le refus cumulé représente tous les grains bloqués jusqu'au tamis considéré (les grains du tamis considéré plus les grains bloqués dans les tamis de mailles supérieures).

Le tamisat ou passant désigne la partie qui traverse le tamis.

Les masses cumulées des différents refus sont exprimées en pourcentage par rapport à la masse initiale de l'échantillon de granulat. Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités soit numériquement soit graphiquement. Cela permet d'observer la proportion de refus cumulé ou de tamisats jusqu'à un diamètre de grain par rapport au granulat. (La représentation graphique est plus explicite). (Estigc ; manipulation 2006).

II-4-1-2 Principe de la méthode :

L'analyse granulométrique fournit les proportions de grains de différents diamètres ; cette analyse peut se faire par tamisage. On procède au classement des grains sur une série de tamis emboîtés les uns dans les autres. Les dimensions des mailles des tamis sont décroissantes du haut vers le bas. Le granulat est placé sur le tamis le plus haut et par vibrations, on répartit les grains sur les différents tamis selon leur grosseur.



Photo II-3 : Tamiseuse avec sa colonne de tamis complète.

II-4-1-3 Méthode :

On procède à l'étude granulométrique de chaque échantillon prélevé lors de nos sorties, les différentes étapes sont décrites dans l'organigramme qui suit:

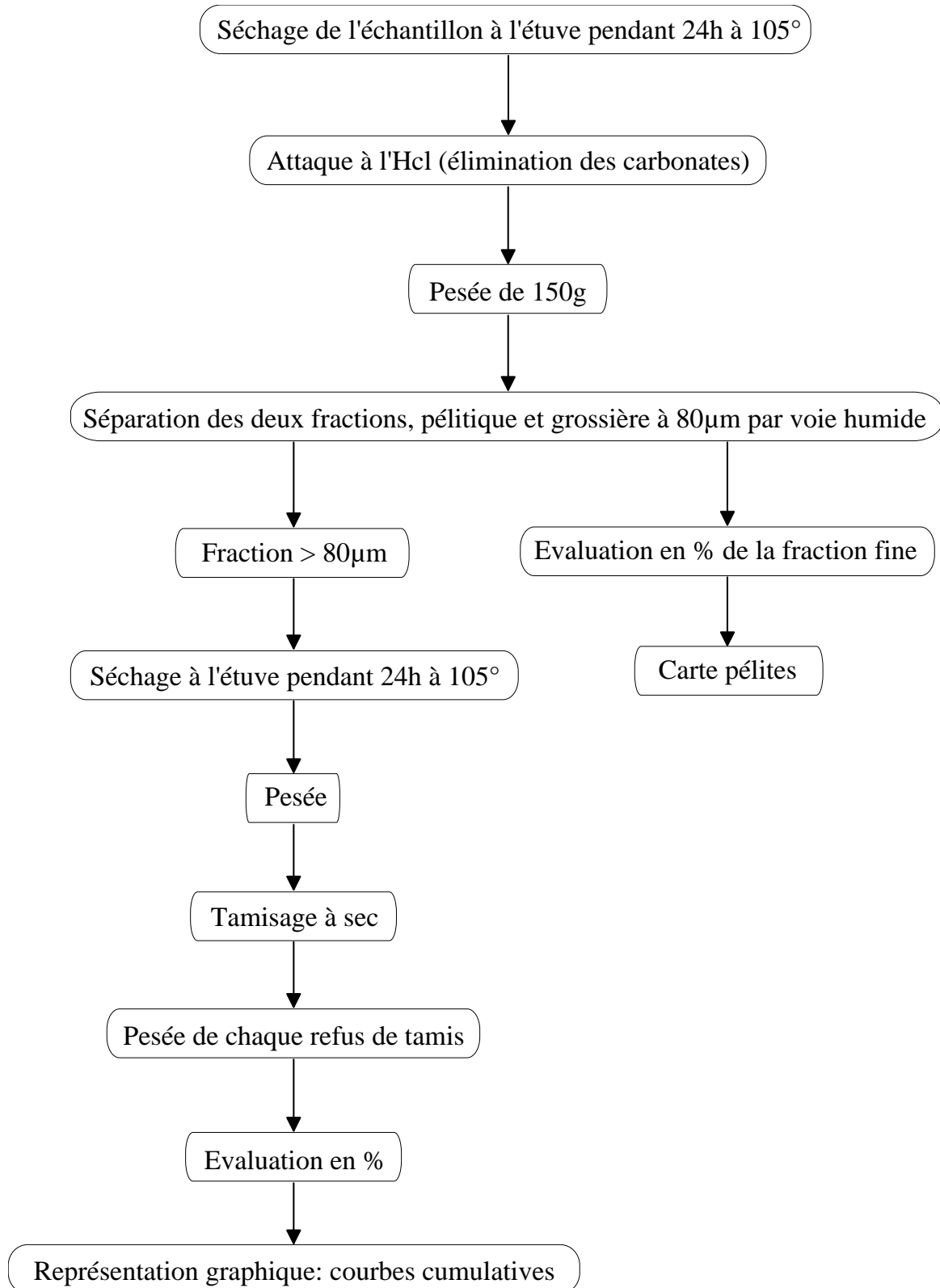


Figure II-3 : Étapes de l'analyse granulométrique.

III-1 Granulométrie :

Nous avons procédé à une étude granulométrique lors de notre projet, et ce pour identifier les différentes catégories sédimentaires des deux ports étudiés ainsi que des plages concernées par une éventuelle injection de sable. Comme évoqué précédemment dans le chapitre matériels et méthodes, chaque échantillon est passé dans une colonne de tamis de type AFNOR. Ainsi, chaque fraction recueillie et pesée est exprimée sous forme de pourcentage de la masse totale de sédiment analysé (% des refus cumulés). Les résultats obtenus sont portés sur des graphiques (figures III- 1, 2, 3), en abscisses, le diamètre des grains est exprimé en unités Phi (Φ), et en ordonnées les pourcentages des refus cumulés.

III-1-1 Courbes granulométriques :

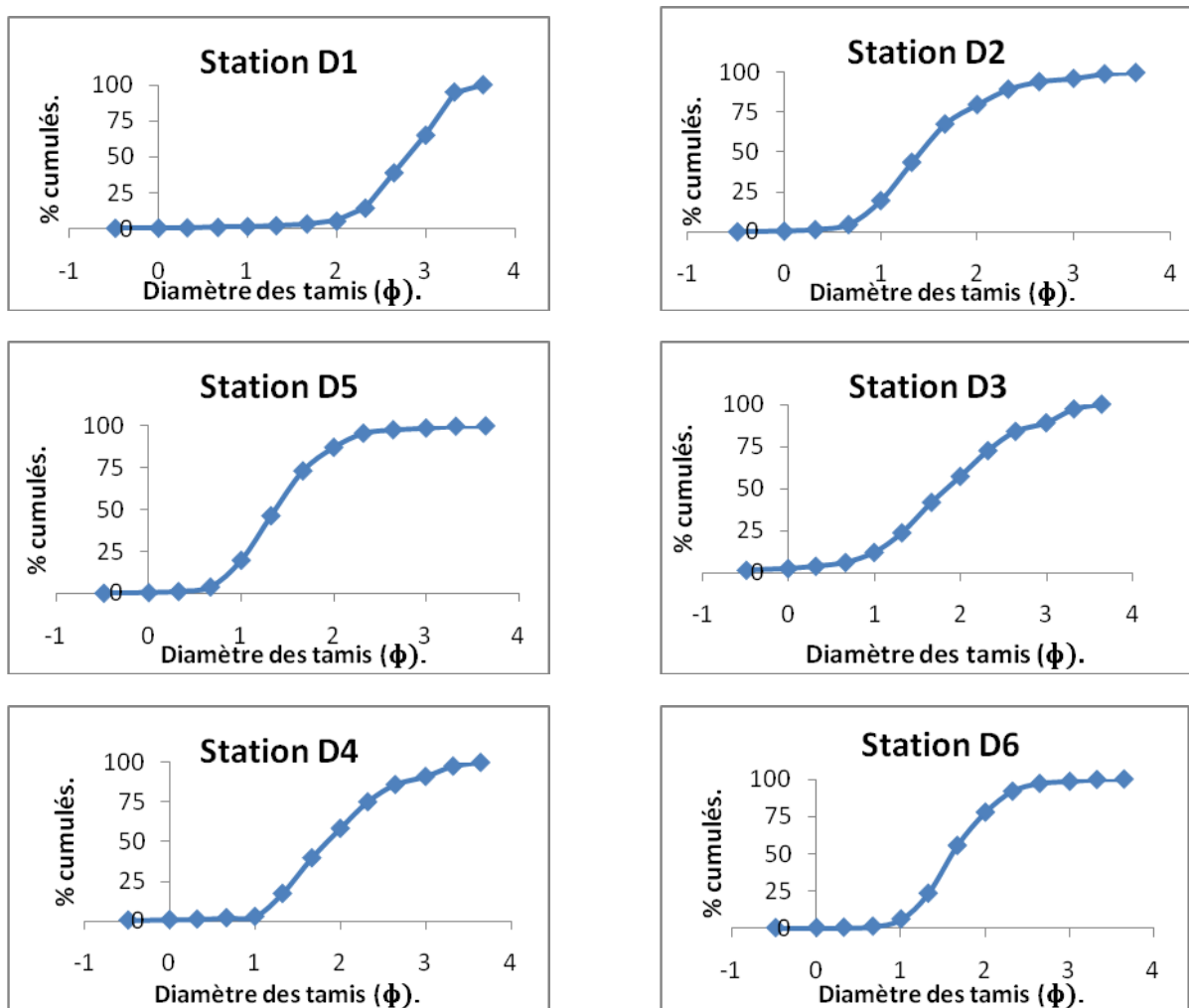


Figure III-1 : Courbes granulométriques des stations étudiées au niveau du port d'El Djamilia.

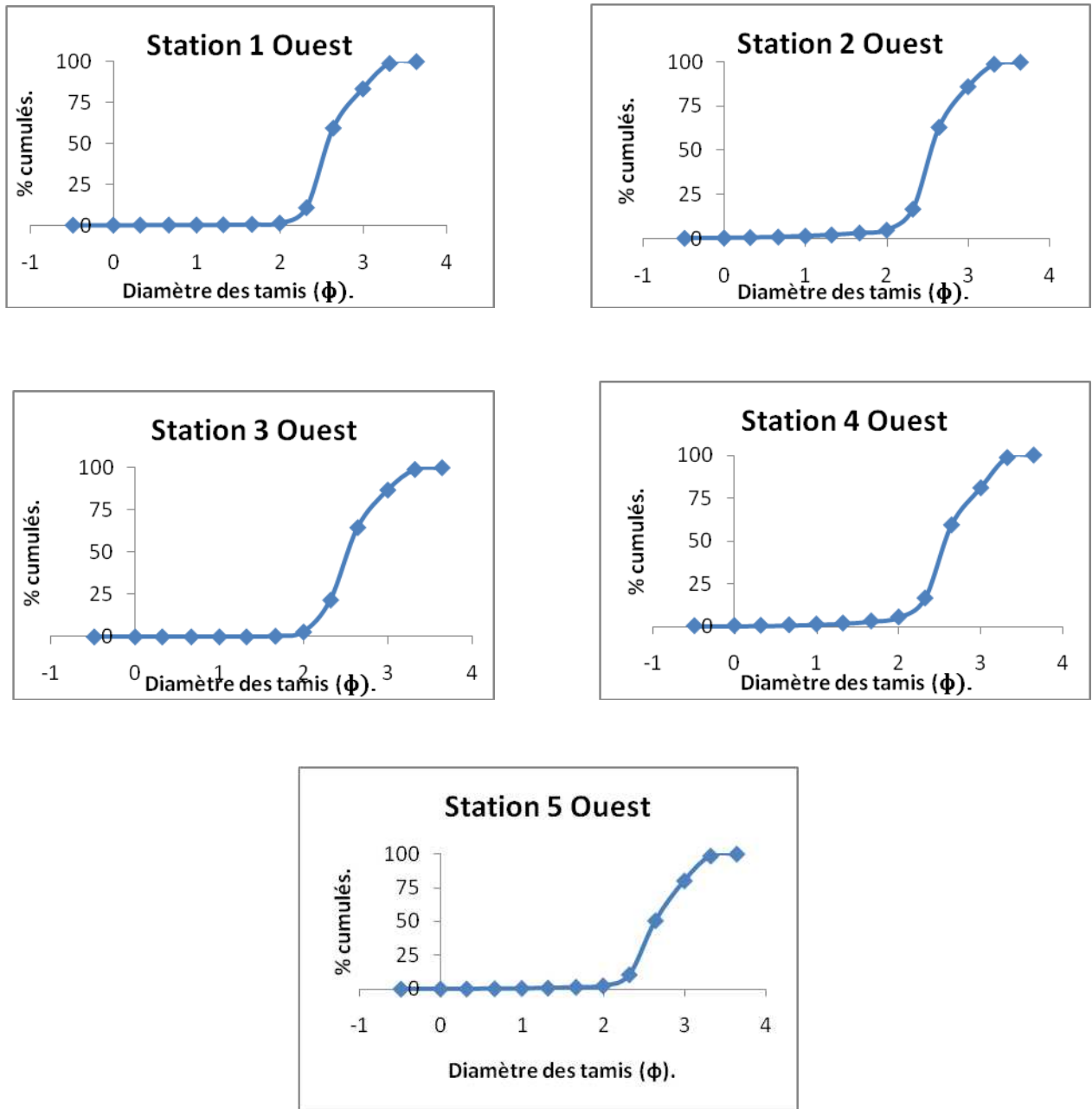


Figure III-2 : Courbes granulométriques des stations étudiées au niveau de la plage Ouest de Sidi Fredj.

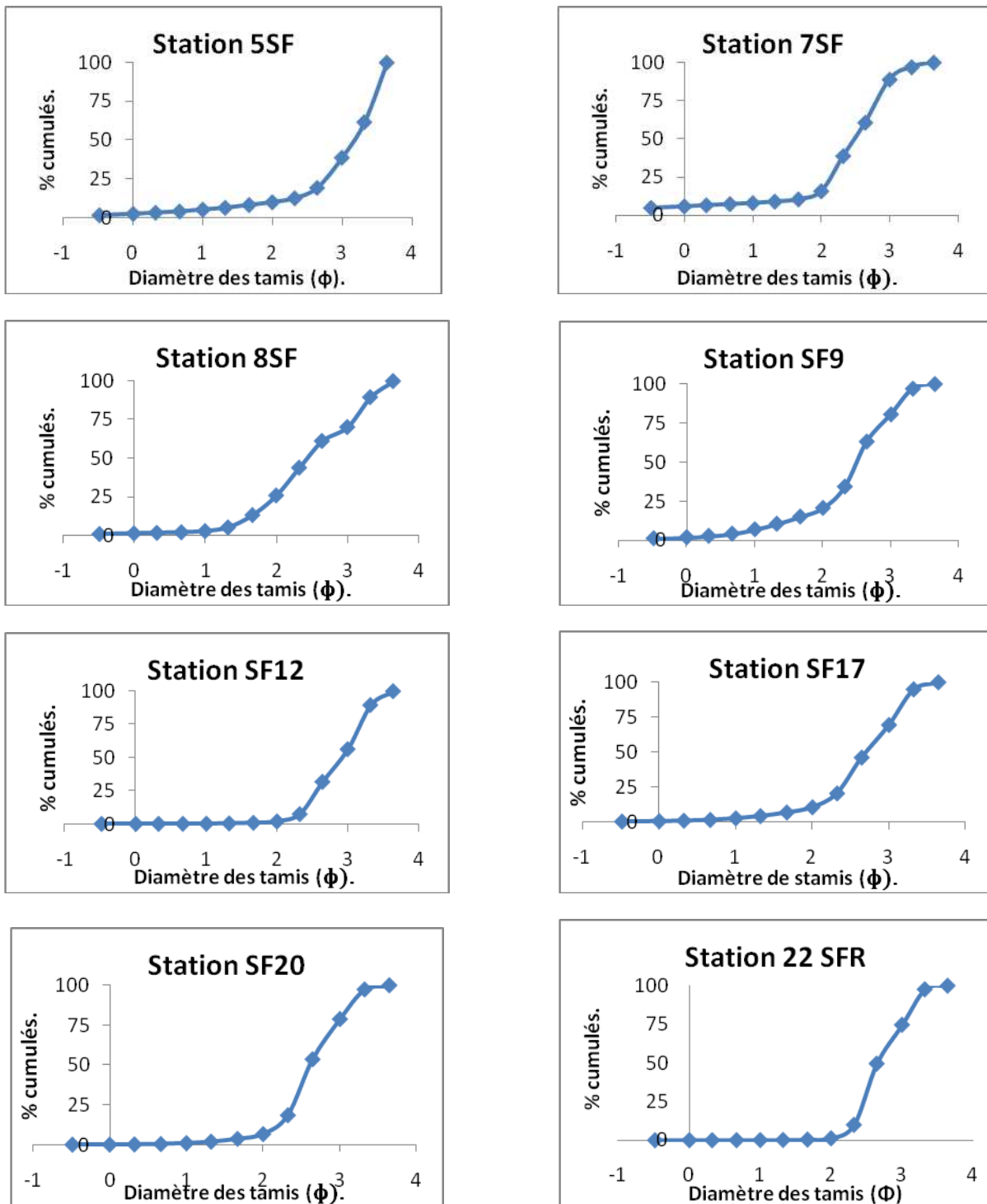


Figure III-3 : Courbes granulométriques des stations étudiées au niveau du port de Sidi Fredj.

III-1-2 Paramètres et interprétation :

Afin de caractériser la composition sédimentaire de chaque échantillon, différents paramètres ont été pris en compte. Ils sont représentés dans le tableau III-1:

Tableau III.1 : paramètres de caractérisation de la composition sédimentaire des échantillons :

stations	Q25 (Φ)	Q50 (Φ)	Q75 (Φ)	MZ	SI	SKI
D1	2,48	2,8	3,1	2,78	1,02	-0,21
D2	1,09	1,4	1,85	1,47	0,82	0,84
D3	1,35	1,84	2,39	1,87	0,77	-1,04
D4	1,45	1,85	2,33	1,91	0,97	0,73
D5	1,08	1,38	1,7	1,39	0,70	0,25
D6	1,34	1,6	1,95	1,64	0,75	0,23
1 Ouest	2,42	2,58	2,82	2,65	0,99	0,25
2 Ouest	2,39	2,53	2,8	2,61	0,95	0,12
3 Ouest	2,35	2,52	2,76	2,58	0,97	0,18
4 Ouest	2,4	2,57	2,91	2,65	0,98	0,16
5 Ouest	2,45	2,64	2,92	2,69	0,99	0,13
5 SF	2,77	3,18	3,44	3,06	0,92	-2,92
7 SF	2,15	2,5	2,82	2,47	0,68	-3,41
8 SF	1,98	2,42	3,1	2,46	1,10	0,01
9 SF	2,13	2,5	2,89	2,43	0,95	-1,29
12 SF	2,55	2,91	3,18	2,88	1,06	-0,14
17 SF	2,395	2,7	3,08	2,70	0,98	-0,47
20 SF	2,4	2,6	2,94	2,65	0,98	0,04
22 SF	2,45	2,64	3,74	2,71	1,02	0,19

- **Le premier quartile Q₂₅ (en mm ou en unités Φ)** : correspond au diamètre égal à celui de 25% des grains.

- **La médiane Md ou deuxième quartile Q₅₀ (en mm ou en unités Φ)** : correspond au diamètre égal à celui de la moitié pondérale des grains.

- **Le troisième quartile Q₇₅ (en mm ou en unités Φ)** : correspond au diamètre égal à celui de 75% des grains.

- **Le taux de pélites** : correspond au pourcentage de particules fines dans le sédiment total. (Hénin ; 1976).

Ainsi, les paramètres granulométriques suivants ont été obtenus à l'aide de la méthode de Folk et Ward (1957) :

NB : les diamètres doivent **impérativement** être en échelle phi (voir cette échelle ci-après).

Le diamètre moyen Mz :

$$Mz = \frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3} \dots\dots\dots (1)$$

L'indice de tri Si :

$$Si = \frac{\phi 84 - \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6.6} \dots\dots\dots (2)$$

L'indice d'asymétrie (Skewness) Sk :

$$Sk_i = \frac{\phi 16 + \phi 84 + 2\phi 50}{2(\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 5 + \phi 95 + 2\phi 50}{2(\phi 95 - \phi 5)} \dots\dots\dots (3)$$

Avec :

$\Phi(x)$ étant le diamètre en échelle Phi correspondant au pourcentage cumulé de x exprimé en millimètre ($\phi = -\log_2 x$).

Important :

Concernant l'échelle ϕ : plus la valeur de Mz augmente, plus le sédiment est fin ; plus la valeur de l'indice de tri (Si) diminue, plus le sédiment est bien trié ; les valeurs positives de Sk montrent une asymétrie tendant vers les particules fines, tandis que les valeurs négatives de Sk concordent avec une asymétrie tendant vers les particules grossières.

III-1-2-1 La taille moyenne :

Tableau III.2 Classification de la taille des sédiments ASTM :

Taille (ϕ)	Classification
$-2,25 < MZ < -1$	sable grossier
$-1 < MZ < 1,25$	sable moyen
$1,25 < MZ < 3,75$	sable fin

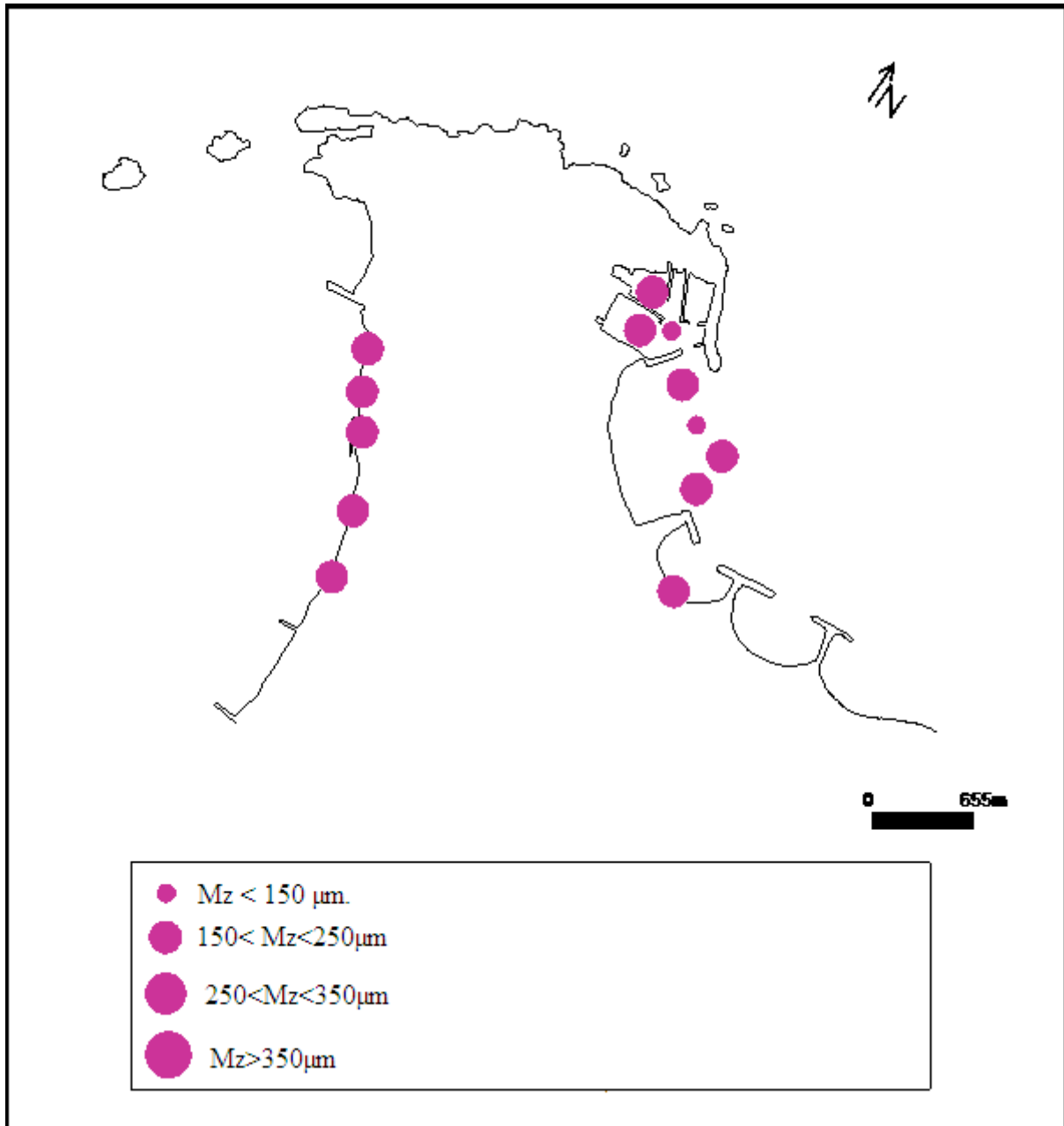


Figure III-4 : Répartition de la taille moyenne des grains (MZ) dans la région de Sidi Fredj.

Plage Ouest de Sidi Fredj: La taille moyenne au niveau de la plage Ouest est comprise entre 2,58 et 2,69 ϕ , soit entre 157 et 171 μm , ce qui correspond à du sable fin. D'après les résultats

obtenus, nous constatons une homogénéité entre les sédiments des différentes stations de la plage Ouest.

Port de Sidi Fredj : La taille moyenne à l'intérieur et à l'extérieur du port de Sidi Fredj est comprise entre $2,43$ et $3,06\phi$, soit entre 125 et $200 \mu\text{m}$ ce qui correspond à du sable fin.

On constate une homogénéité entre les sédiments prélevés au niveau des stations à l'intérieur du port, notamment SF7 et SF8 où la taille moyenne se rapproche de $200 \mu\text{m}$ sauf pour la station SF5 où celle-ci est de $125 \mu\text{m}$. Ainsi qu'une homogénéité entre les sédiments des stations à l'extérieur du port SF12, S17 et SF20 où MZ se rapproche de $160 \mu\text{m}$, sauf pour SF9 son MZ correspond plus à ceux du port.

Plage d'El Ryadh : La taille moyenne calculée dans cette station est égale à $2,71 \phi$, soit $156 \mu\text{m}$, ce qui correspond à du sable fin.

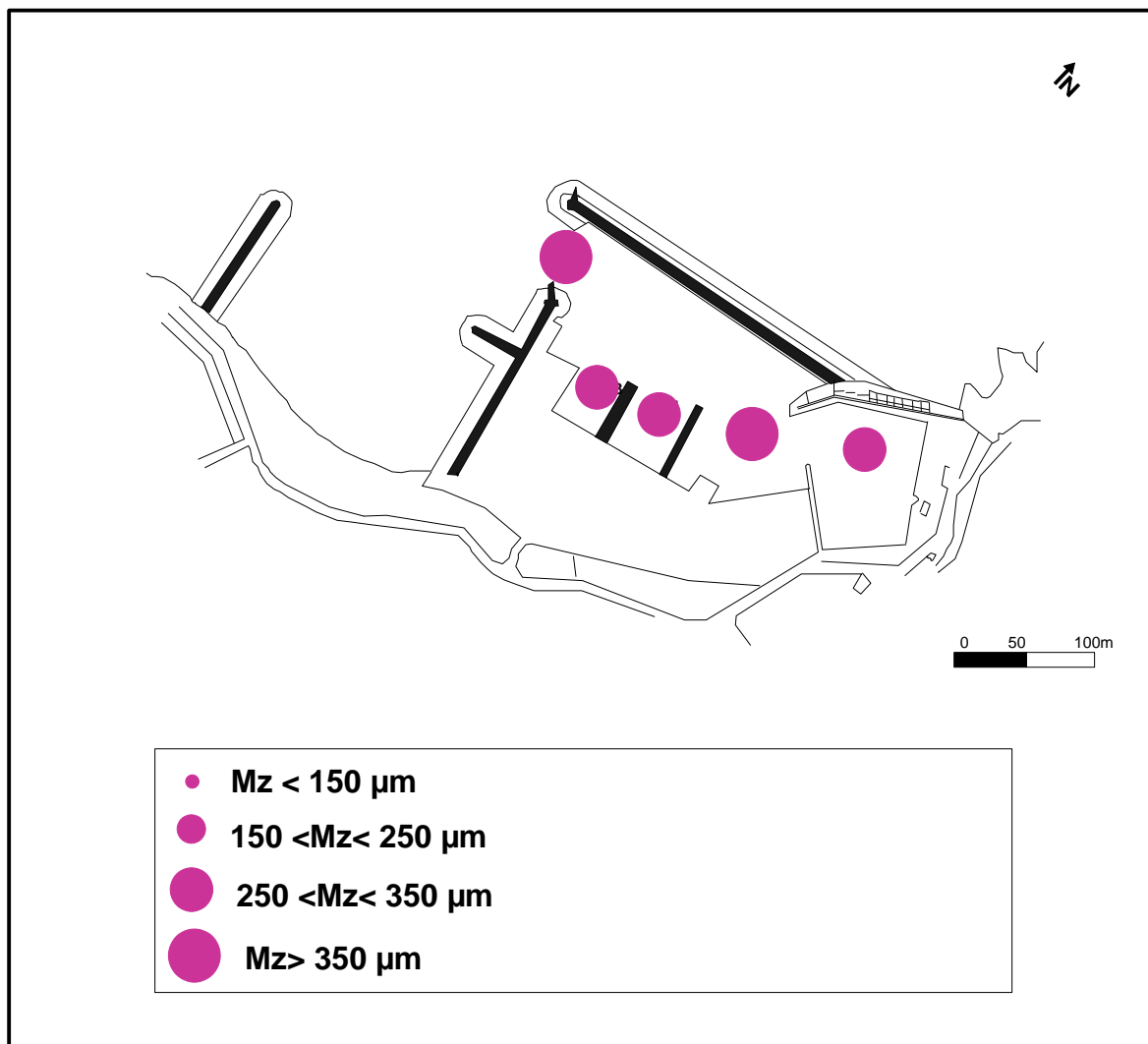


Figure III-5: Répartition de la taille moyenne des grains (MZ) dans la région d'El Djamilia.

Port d'EL Djamila : Selon la classification ASTM, on est en présence de sable fin avec une taille moyenne variant entre 1,39 et 2,78 ϕ , soit 150 et 395 μm .

La taille moyenne des sédiments d'emprunts dans le port de Sidi Fredj, est plus importante que celles des sédiments des plages Ouest et El Ryadh. Ce qui nous permet de prétendre à une éventuelle injection des sédiments dragués dans le port de Sidi Fredj dans ces dernières. Car la taille des sédiments d'injection doit bien évidemment être supérieure à celle des plages natives.

III-1-2-2 La médiane Q50 :

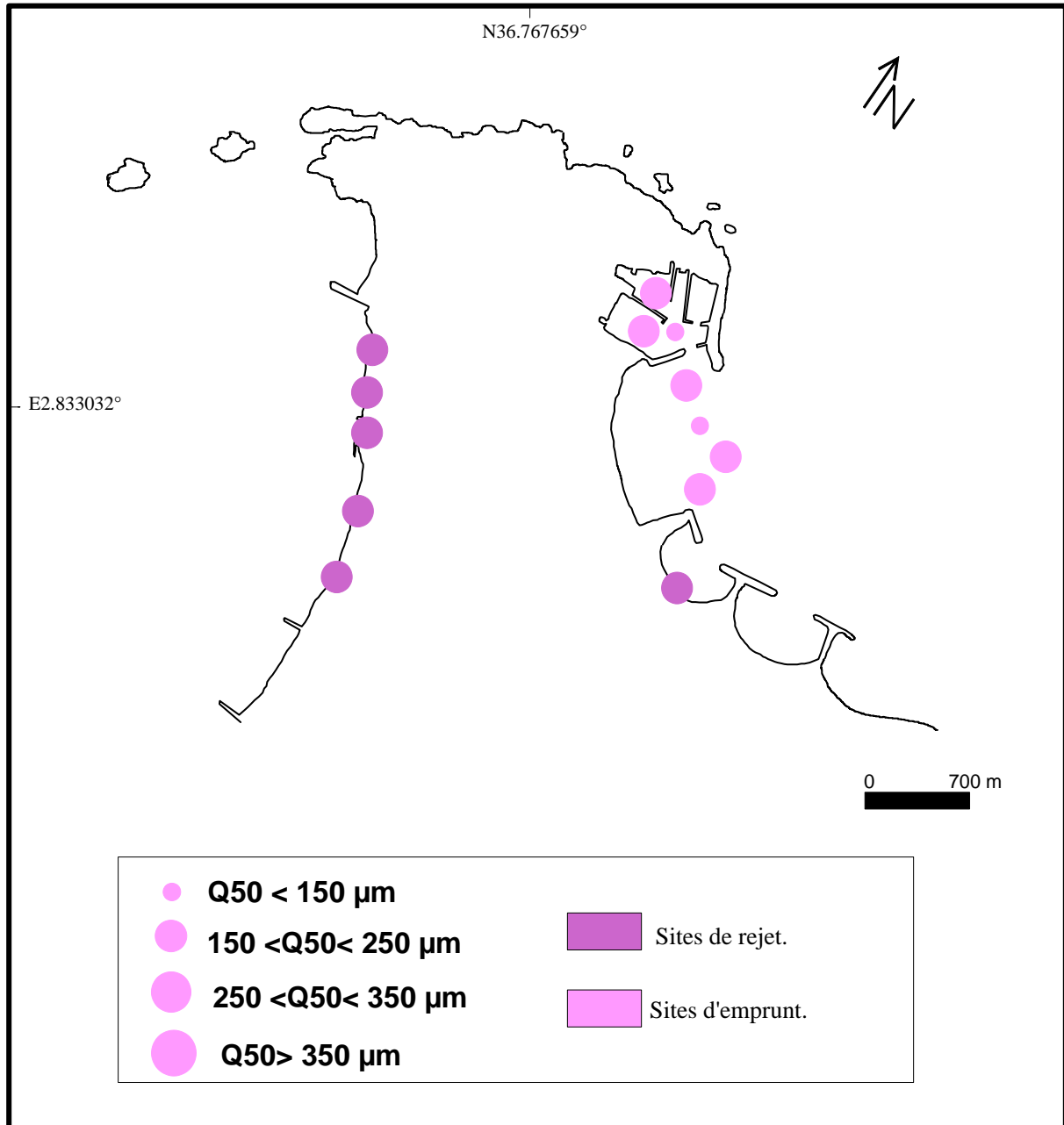


Figure III-6 : Répartition du quartile médian Q 50 dans la région de Sidi Fredj.(Aïdoud, Mimouni ; 2009).

Port de Sidi Fredj : La médiane Q50 varie entre 2,42 et 3,18 ϕ , soit entre 110 et 186 μm . A l'intérieur du port au niveau des stations SF7 et SF8, la médiane Q50 est assez élevée entre 178 et 186 μm , contrairement à la station SF5 où Q50 est faible (110 μm). Ces résultats peuvent s'expliquer par les faits suivants :

- 1)- Un renifleur qui relie l'extérieur au port est source d'apports sédimentaires.
- 2)- Le port fonctionne comme un bassin où les sédiments les plus grossiers circulent le long des ouvrages laissant ainsi la partie centrale aux sédiments fins.

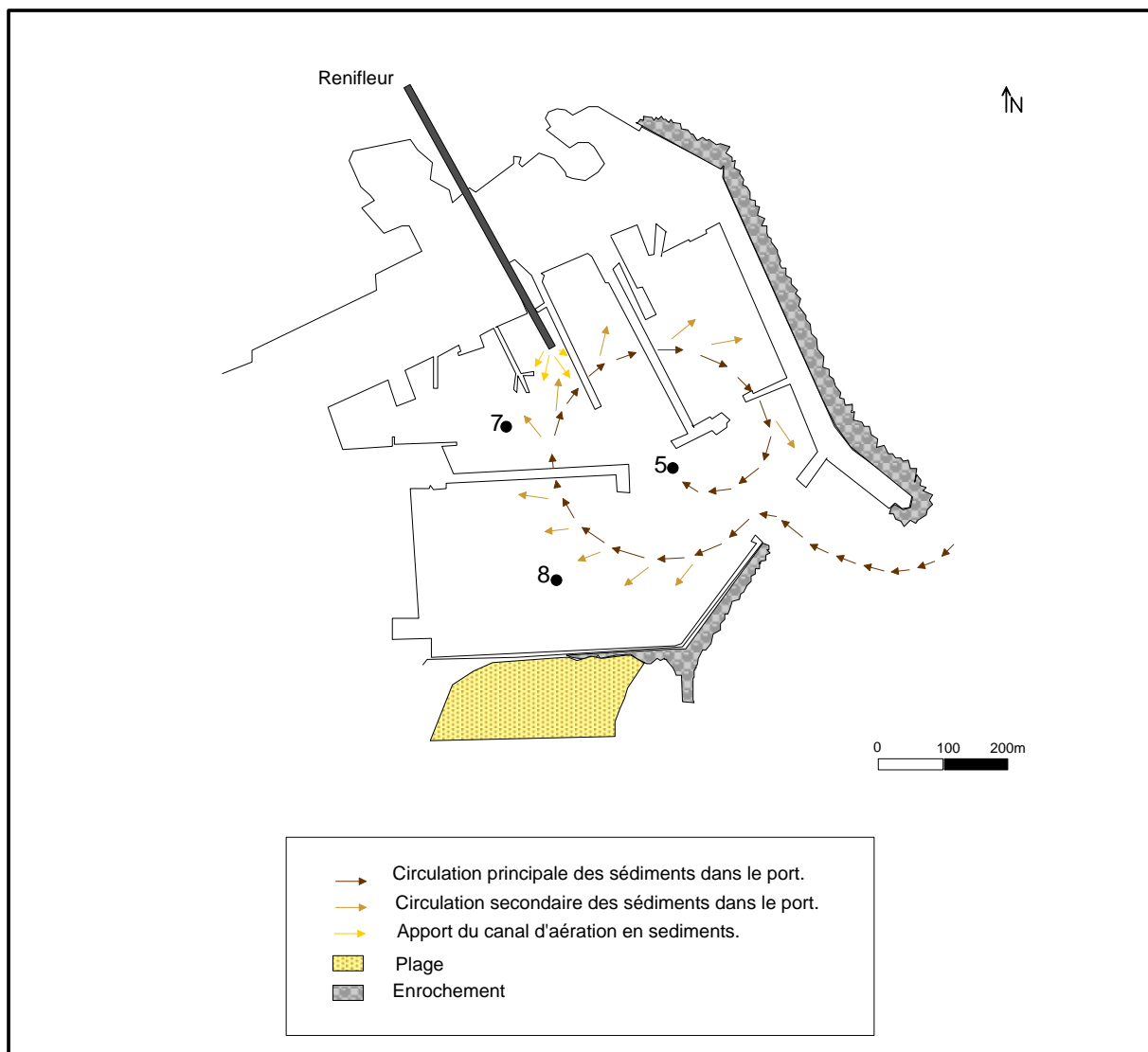


Figure III-7 : Circulation sédimentaire au niveau du port de Sidi Fredj. (Aïdoud, Mimouni ; 2009).

Plage Ouest de Sidi Fredj : La médiane Q50 varie entre 2,52 et 2,64 ϕ , soit entre 160 et 174 μm .

Plage d'El Ryadh : La médiane Q50 est égale à 2,64 ϕ , soit 160 μm .

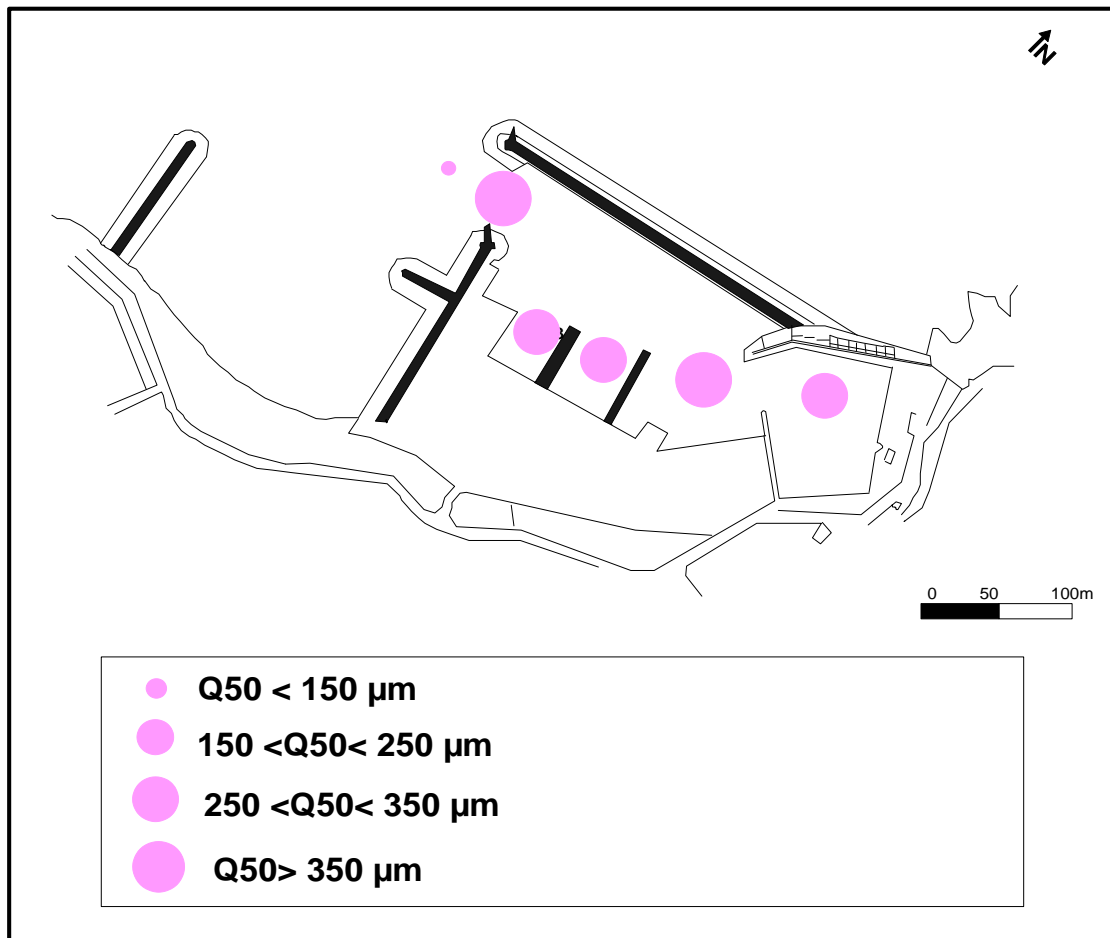


Figure III-8 : Répartition du quartile médian Q50 dans la région d'El Djamilia.(Aïdoud, Mimouni ; 2009).

Port d'El Djamilia : La médiane Q50 dans le port d'El Djamilia est comprise entre 1,38 et 1,85, soit entre 277 et 384 μm . On constate qu'il y a une légère différence entre les sédiments prélevés dans les stations du port d'El Djamilia, néanmoins, on peut les considérer comme homogènes et tendant vers les sables fins. Ces sédiments sont plus grossiers que ceux prélevés dans la région de Sidi Fredj.

III-1-2-3 Tri et asymétrie :

Tableau III.3 Classification du tri des grains du sédiment (Collias et al ; 1963) :

Si (ϕ)	Classification
$Si < 0,35$	très bon tri
$0,35 < Si < 0,5$	bon tri
$0,5 < Si < 0,71$	tri assez bon
$0,71 < Si < 1$	tri modéré
$1 < Si < 2$	mauvais tri
$2 < Si < 4$	très mauvais tri
$Si > 4$	tri extrêmement mauvais

Interprétation :

Port de Sidi Fredj : les grains des sédiments prélevés dans les stations 8SF, 12SF montrent un mauvais tri ; les sédiments des stations 5SF, 9SF, 17SF et 20SF quant à eux, ont un tri modéré. Seuls les grains de sédiment de la station 7SF ont un assez bon tri, donc les sédiments d'emprunts sont assez homogènes.

Plage d'El Riyadh : les grains de sédiment de l'unique station de cette zone (22SF), montrent un mauvais tri.

Plage Ouest de Sidi Fredj : les grains de sédiments des stations 1, 2, 3, 4 et 5 Ouest ont un tri modéré.

On constate donc que les sédiments de la plage d'El Riyadh ainsi que de la plage Ouest sont assez proches de l'homogénéité, ils peuvent donc être prêts à être injectées.

Port d'El Djamila : la majeure partie des stations prises en compte montre des grains de sédiment ayant un tri modéré (D2, D3, D4, D6). Seules ceux de la station D5 montrent un assez bon tri.

Tableau III.4 Classification de l'asymétrie des grains du sédiment (Collias et al 1963) :

Ski	Classification
$-1 < Ski < -0,3$	très forte asymétrie vers les grosses particules
$-0,3 < Ski < -0,1$	asymétrie vers les grosses particules
$-0,1 < Ski < 0,1$	quasi-asymétrie
$0,1 < Ski < 0,3$	asymétrie vers les particules fines
$0,3 < Ski < 1$	très forte asymétrie vers les particules fines

Interprétation :

Port d'El Djamila : les résultats obtenus dans cette zone sont très variables :

- D1 : grains de sédiment ont une asymétrie vers les grosses particules.
- D2 et D4 : grains de sédiment ont une très forte asymétrie vers les particules fines.
- D3 : grains de sédiment ont une très forte asymétrie vers les grosses particules.
- D5 et D6 : grains de sédiment ont une asymétrie vers les particules fines.

Port de Sidi Fredj : les grains de sédiment des stations 8SF et 20SF sont quasi-asymétriques, ceux de la station 12SF ont une asymétrie vers les grosses particules ; quant aux grains de la station 17SF, ils montrent une très forte asymétrie vers les grosses particules.

Plage d'EL Ryadh: les grains de sédiment de l'unique station de cette zone (22SF), montrent une asymétrie vers les particules fines.

Plage Ouest de Sidi Fredj : les grains de sédiments de toutes les stations 1, 2, 3, 4 et 5Ouest montrent une asymétrie vers les particules fines.

III-1-2-4 Hydrodynamisme :

Ce graphe nous permet de déterminer l'hydrodynamisme présent dans les différentes régions étudiées, simplement en mettant en avant la relation entre la classification Si et la taille moyenne ($S_i=f(MZ)$). Résultats présentés comme suit :

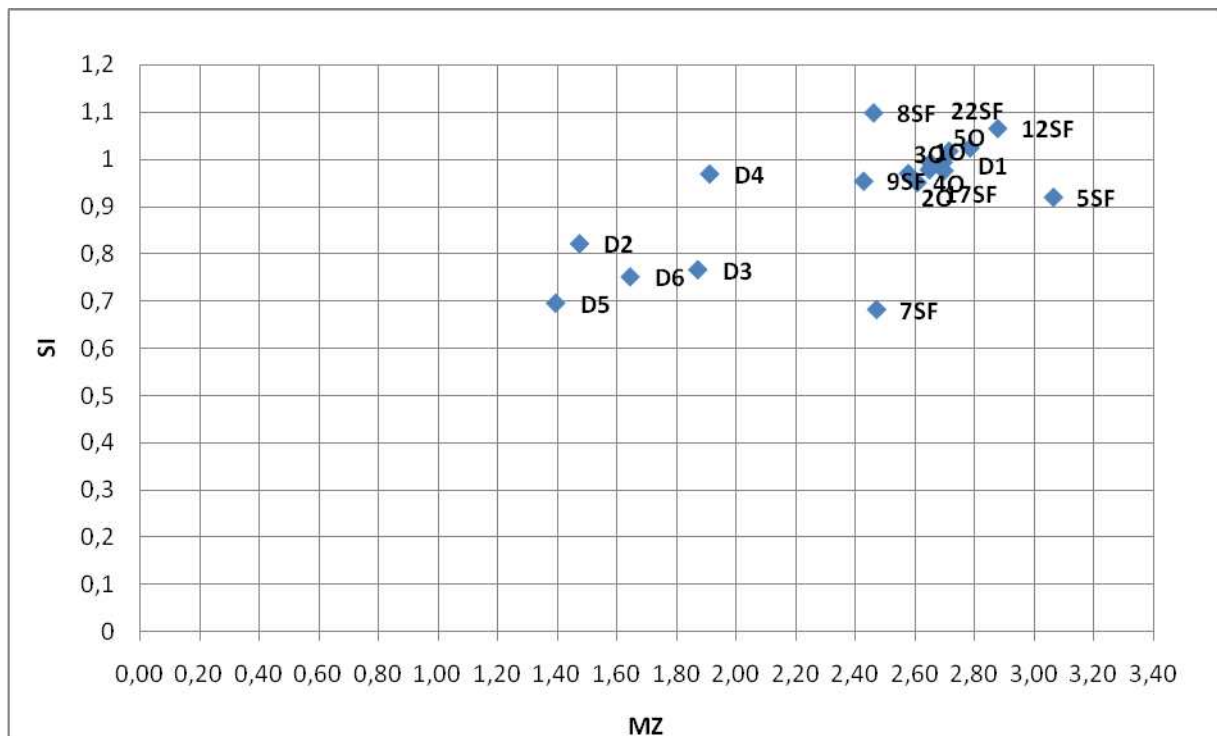


Figure III- 9 : Relation entre le tri et la taille moyenne.

Interprétation du graphe :

On peut diviser le graphe en trois parties :

1)- Lorsque SI est inférieur à 0,72, le tri est assez bon. On constatera que se sont les sédiments des stations D5 et 7SF qui bénéficient du meilleur tri bien qu'il soit classé assez bon. Quant à la taille moyenne des grains, au niveau de D5, elle est de $1,4\phi$ ($379\ \mu\text{m}$) et celle de 7SF est de $2,49\phi$ ($178\ \mu\text{m}$), ce qui correspond à du sable fin. Plus le tri est bon plus l'hydrodynamisme est moindre, (Hemdane ; 2006). Donc au niveau de ces stations l'hydrodynamisme est le moins important.

2)- Lorsque SI est compris entre 0,71 et 1, le tri est modéré. À l'intérieur du port d'El Djamila, au niveau des stations 2, 3,4 et 7, la taille moyenne MZ est de $1,8\phi$ ($287\ \mu\text{m}$), au niveau du port de Sidi Fredj, la taille moyenne des grains des stations 5, 9, 17 et 20 est de $2,8\ \phi$ ($143\ \mu\text{m}$). La Plage Ouest où la taille moyenne des grains des stations 1, 3 et 4 est de $2,70\ \phi$ ($153\ \mu\text{m}$) .On remarque que la taille des grains est plus importante dans la région d'El Djamila que dans celle de Sidi Fredj. Le tri reste le même car nous sommes en présence de sable fin. L'hydrodynamisme dans ces stations est modéré par rapport aux autres stations.

3)- Lorsque SI est supérieur à 1, le tri est mauvais. Au niveau du Port de Sidi Fredj, la taille moyenne des grains des stations 12 et 8 est de $2,8\ \phi$ ($143\ \mu\text{m}$). Quant à la Plage Ouest, la taille moyenne des grains des stations 1, 3, 5 est de $2,7\phi$ ($153\ \mu\text{m}$). On remarquera que la taille moyenne des sédiments dans la partie Est ainsi que dans la partie Ouest est pratiquement identique et représente les particules les plus fines tout en restant dans le domaine des sables fins. L'Hydrodynamisme est tout naturellement plus important dans ces stations.

III-1-2-5 Pélites :

Tableau III.5 : Pourcentage des pélites des échantillons prélevés dans les différentes stations :

Stations	D1	D2	D3	D4	D5	D7	1 Ouest	2 Ouest	3 Ouest	4 Ouest	5 Ouest	5 SF	7SF	8SF	9SF	12SF	17SF	20 SF	22 SF
% pélites	2,25	2,87	7,49	10,9	43	0,97	1,64	4,58	2,61	3,64	2,38	33,4	57,9	2,36	6,55	12,5	3,82	2,81	1,87

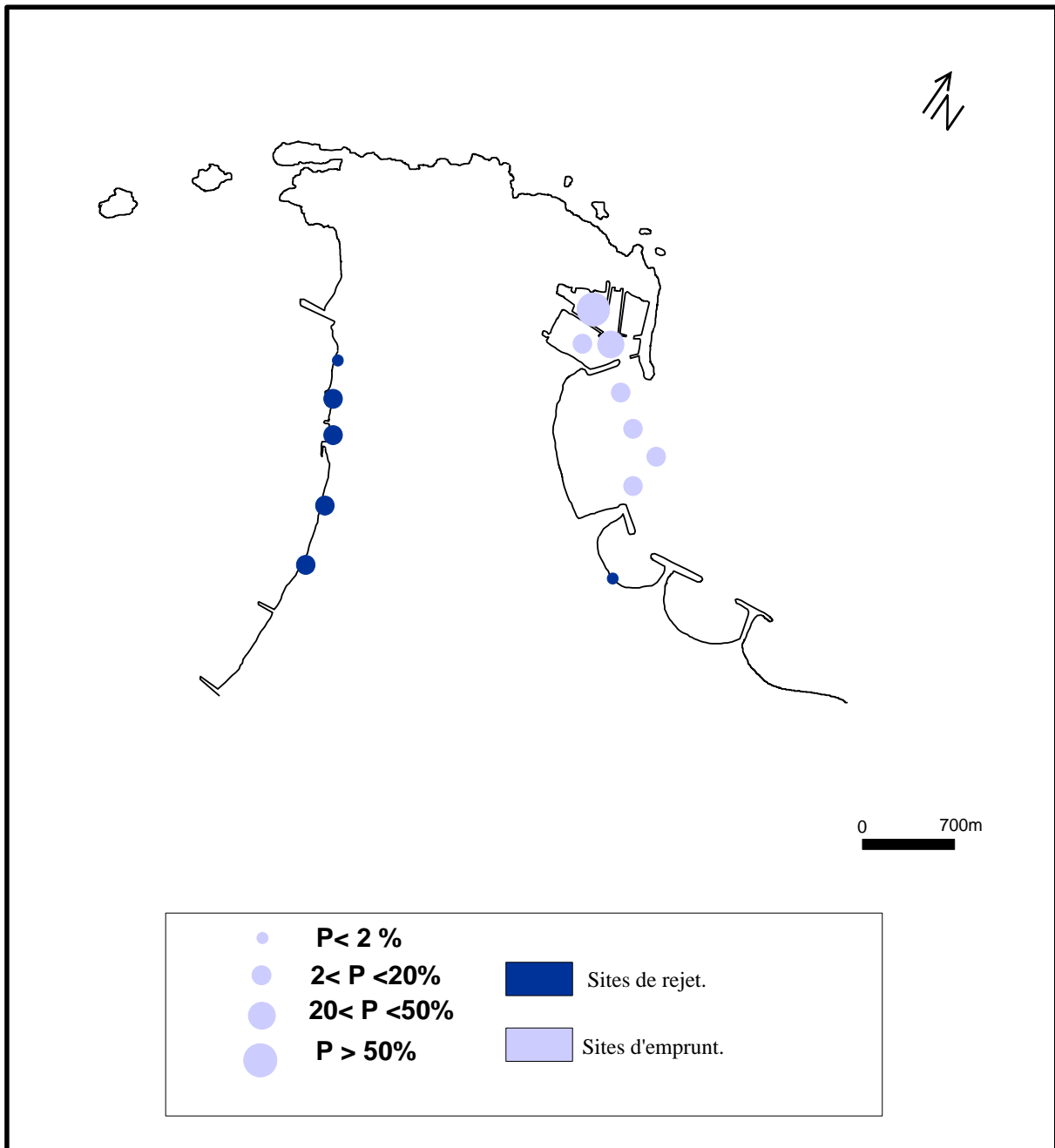


Figure III-10 : Répartition des pélites dans la région de Sidi Fredj. (Aïdoud, Mimouni ; 2009)

Interprétation :

Port de Sidi Fredj et plage Est : Les grains de sédiment des stations 5SF et 7SF ont les taux les plus élevés de pélites, respectivement 33,39 et 57,92 %. Cela est dû au très faible gradient de courant à l'intérieur des bassins du port. Les grains de sédiment de toutes les autres stations quand à elles, ont un taux compris entre 2 et 20%. On constate que le taux des pélites est assez faible dans les zones d'emprunts, donc après injection sur les plages natives ils seront assez rapidement lavés.

Plage Ouest : les grains de sédiment de la station 1 ont le taux le plus faible en pélites, en effet, il reste inférieur à 2%. Les grains de sédiment des stations restantes (2, 3, 4 et 5), ont un taux compris entre 2 et 20%.

Plage El Ryadh : les grains de sédiment de la station SF22, ont un taux de pélites très faible, en effet, ce dernier est inférieur à 2%.

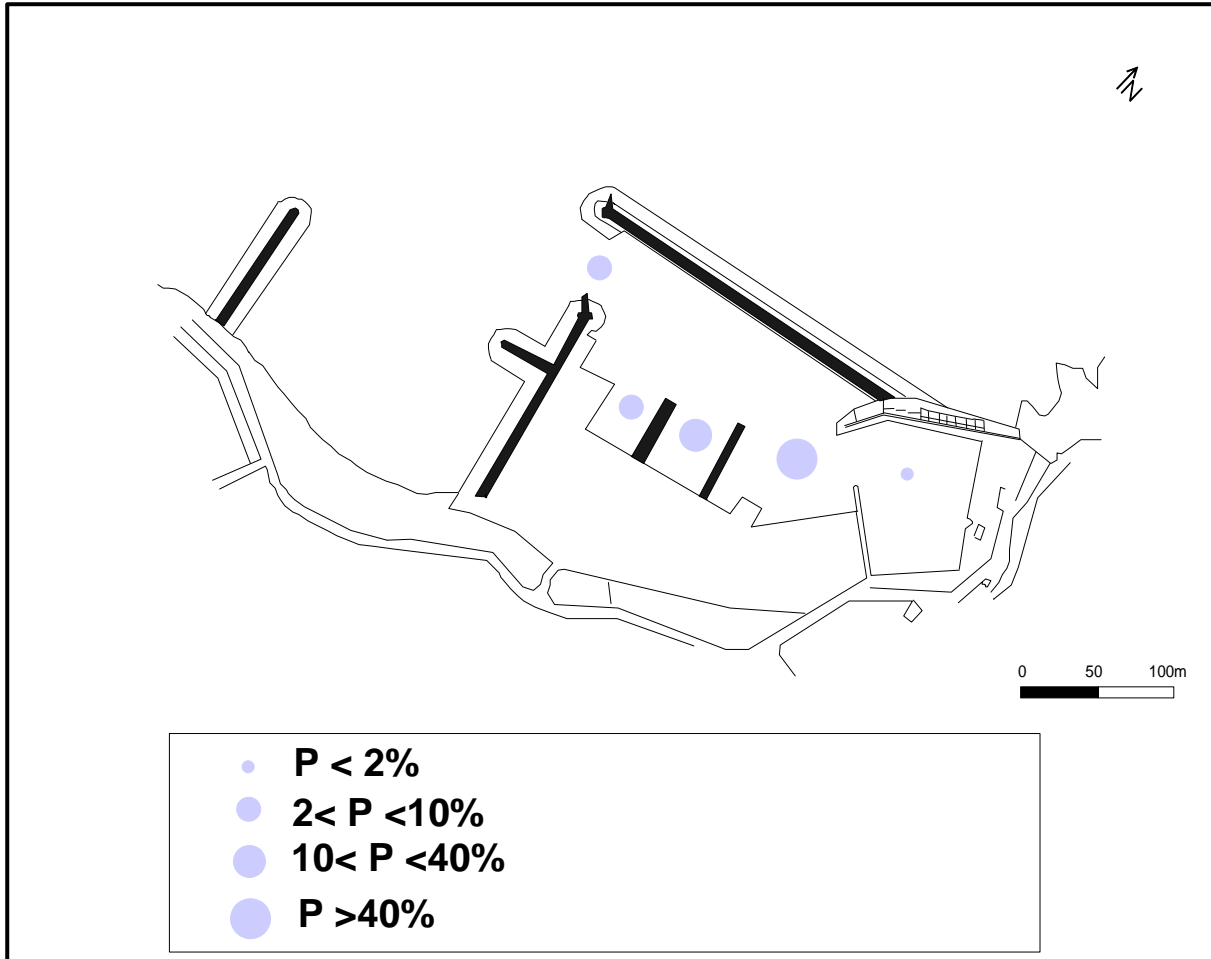


Figure III-11 : Répartition des pélites dans le port d'El Djamilia. (Aïdoud, Mimouni ; 2009).

Les échantillons des stations D1, D2 et D3, ont une fraction pélitique comprise entre 2 et 10%. Quant à l'échantillon D7, il a le taux de pélites le plus faible, cette fraction est inférieure à 2%. Seul l'échantillon pris au niveau de la station D5, a une très forte fraction pélitique, qui est supérieure à 40%.

III-2 Bathymétrie :

La bathymétrie représente un point non négligeable pour notre étude, car elle va non seulement nous renseigner sur la dynamique sédimentaire dans les zones qui nous intéressent, mais surtout nous aider dans la détermination des quantités de sable d'emprunt dont nous pourrions disposer pour l'éventuelle injection des plages Ouest ainsi qu'El Ryadh, qui souffre

d'érosion. Ces quantités nous permettront aussi dans le cas échéant d'estimer les qualités des matériaux pour une probable immersion.

III-2-1 Port Sidi Fredj :

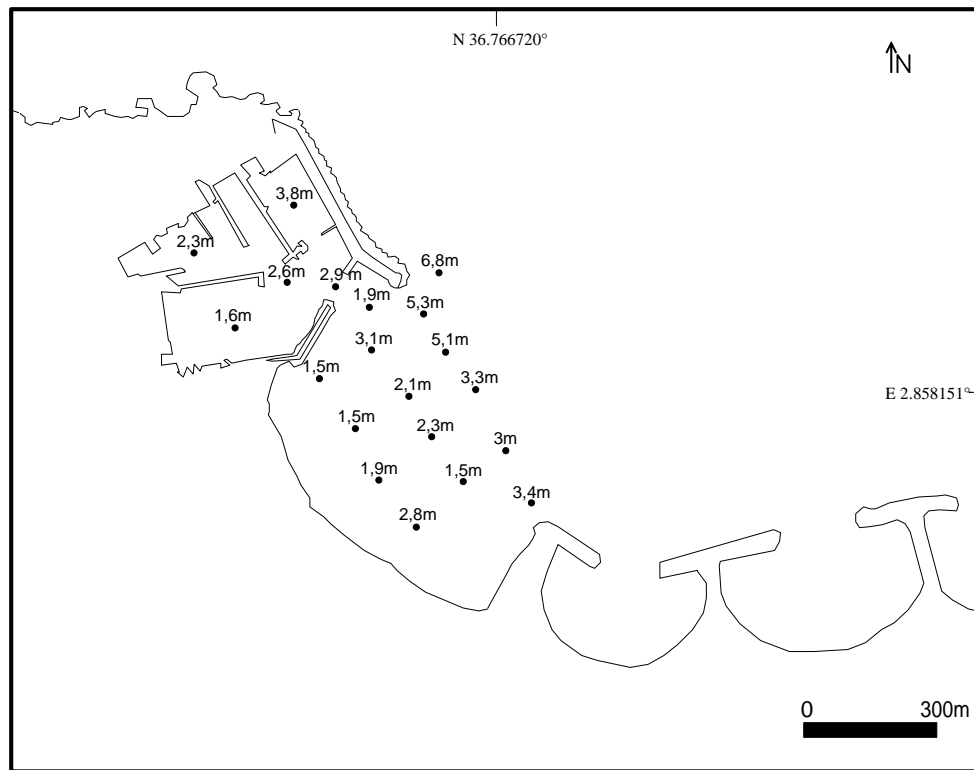


Figure III-12 : Bathymétrie du port et de la plage Est de Sidi Fredj. (Aïdoud, Mimouni, 2009).

La bathymétrie à l'intérieur et à l'extérieur du port de Sidi Fredj varie entre 1,5 et 6,8m de profondeur. À l'entrée du port, nous avons 1,9m de profondeur, au niveau de la passe d'entrée 2,9m ; ce qui rend bien évidemment l'accès au port difficile voir impossible.

À l'intérieur du port, la profondeur au niveau du bassin n° 1 est de 1,6m on peut donc supposer que la sédimentation y est plus importante qu'au niveau des bassins n° 2 (2,3m) et n° 3 (3,8m), les résultats obtenus nous permettent d'affirmer que les sédiments contournés se dirigent vers ce premier, puis vers les autres bassins.

III-2-2 Port El Djamila :

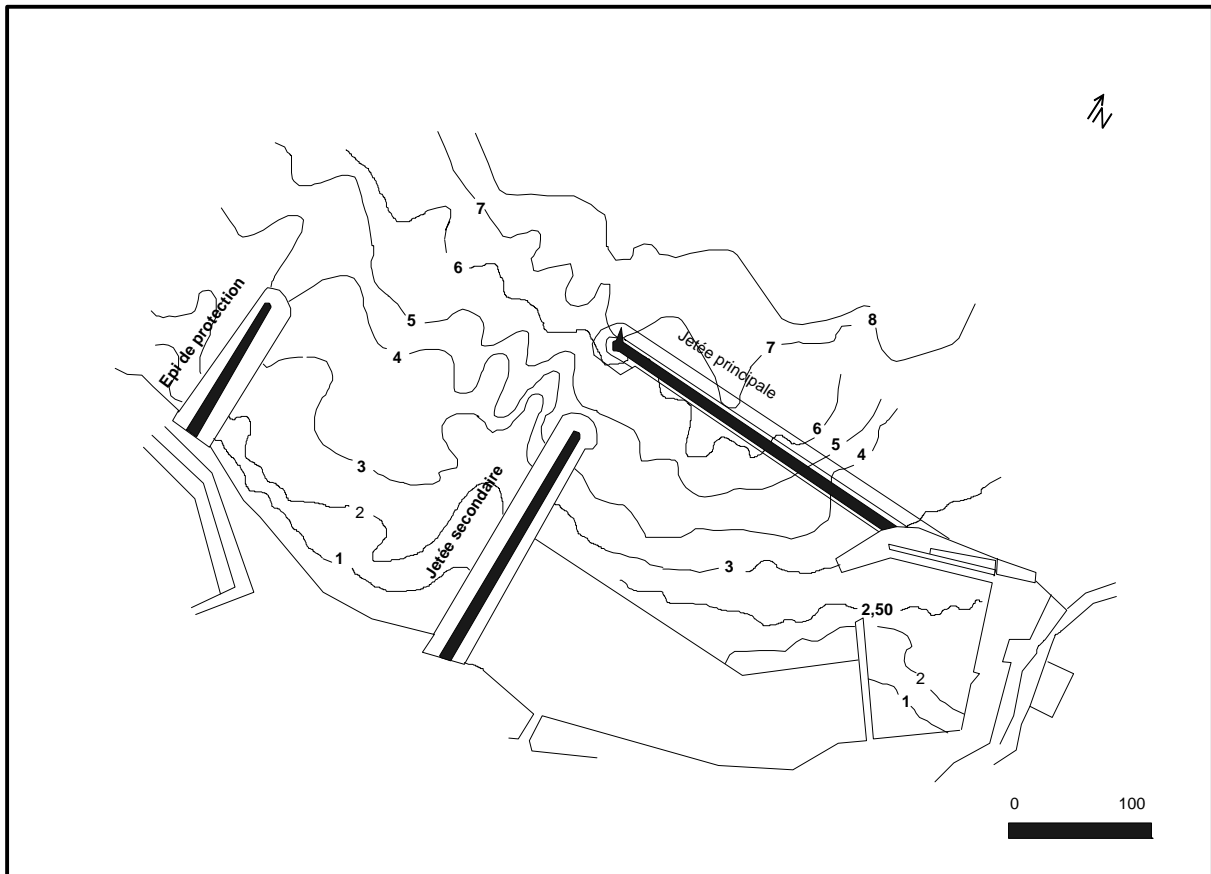


Figure III-13: Bathymétrie du port d'El Djamila. (D'après Abdi, 2003).

La bathymétrie du port d'El Djamila (Abdi, 2003) montre une topographie irrégulière. La profondeur au niveau du port d'El Djamila varie entre 1 et 8m, on constate qu'elle diminue de plus en plus en se dirigeant vers l'intérieur du port.

Vue notre enquête in-situ (pêcheurs, patrons...), le port d'El Djamila ne pose aucun problème d'ensablement par contre la présence d'une drague sur le site est destinée aux travaux de dragage au niveau de la centrale électrique de Fouka peut s'expliquer par les différents approfondissements programmés pour accueillir des flottilles de pêche de plus en plus important.

A première vue, l'existence de sédiment avec une matière organique en décomposition avancée (odeurs), explique un milieu portuaire confiné sans apports sédimentaires frais donc sans ensablement apparent.

Les bassins du port de Sidi Fredj étant soumis à des phénomènes d'ensablement, il est impératif de procéder à des dragages et d'évacuer les déblais qui en résultent. Aussi l'extérieur du port étant la source de l'ensablement que connaît le port de Sidi Fredj, son dragage est donc tout aussi important que celui du port lui-même.

Le devenir de ces matériaux dragués dépend bien évidemment de leur nature et de leur concentration en polluants.

La possibilité d'engraissement de nouvelles plages grâce aux sédiments propres dragués ayant été confirmée grâce à l'analyse granulométrique des grains de sédiments à draguer et ceux des plages concernées par cet éventuel engraissement, il s'agit ici de quantifier ces mêmes sédiments afin de confirmer ou d'infirmer cette possibilité d'engraissement.

IV 1- Définition :

D'une manière générale le dragage peut être défini comme étant l'ensemble des actions caractérisées par un prélèvement de matière par excavation sous l'eau et par un déversement de ces produits dans la veine d'eau ou sur le rivage. (Boutin;2000).

Le dragage est donc une pratique courante pour restaurer les seuils acceptables pour la navigation, quand les exhaussements sont trop importants. (Robbe ; 1989 in Ifremer ; 1999).

Trois catégories principales d'équipements de dragage sont recensées :

- Les dragues mécaniques.
- Les dragues hydrauliques.
- Les dragues pneumatiques.

IV 2- Nature du dragage :

Les opérations de dragages d'entretien sont indispensables au bon fonctionnement des ports, notamment dans les ports soumis à des phénomènes d'ensablement et d'envasement. Ces opérations répétitives sont ainsi nécessaires pour dégager toute obstruction des voies d'accès ou des bassins et assurer la navigation. (Boutin ; 2000).

Comme déjà mentionné, le port de Sidi Fredj étant lui-même soumis à ces mêmes phénomènes, notre dragage entre donc dans le cadre des opérations d'entretien qu'un port doit subir. Il est à rappeler que le dernier dragage effectué dans le port de Sidi Fredj date de 2003, et le volume des déblais extraits était d'environ 12.000m³.

IV 3- Technique de dragage :

Les conditions d'accessibilité du site et sa configuration, la nature des déblais de dragages, leur degré de contamination, et leur destination finale, les enjeux environnementaux et économiques orienteront le choix de la technique adéquate à mettre en œuvre pour répondre de la manière la plus satisfaisante à l'ensemble de ces contraintes. (Foucher ; 2005).

L'extraction des sédiments du port de Sidi Fredj ne peut s'effectuer que par aspiration (dragues hydrauliques), compte tenu des difficultés d'accès au port par le large d'engins flottants avec godets, et de la nature des sédiments (fins et homogènes) d'une taille moyenne comprise entre 150 et 200µm.

Le dépôt de ces mêmes sédiments s'effectuera par by-pass à terre à l'aide d'une drague aspiratrice refouleuse stationnaire et par clapage à l'aide d'une drague aspiratrice en marche pour l'immersion en mer.

IV 3-a- Les dragues hydrauliques :

Les dragues hydrauliques sont de petite puissance capables de travailler par petit fond entre les pontons. Les rejets sont évacués par voie hydraulique à l'aide d'une canalisation équipée de flotteurs. (Boutin, 2000). Le principe des dragages hydrauliques est basé sur l'adjonction d'eau aux déblais à extraire. Ce mélange est alors aspiré par des pompes centrifuges et refoulé via des canalisations ou chargé sur barge. Les volumes sont considérablement augmentés par la teneur en eau des déblais de dragages (CoDISOD ; 2008).

IV 3-b- Dragues aspiratrices refouleuses stationnaires :

Adaptées aux matériaux meubles, ces dragues refoulent un mélange de sédiments et d'eau par des canalisations sur des distances qui peuvent dépasser plusieurs kilomètres. Elles peuvent être équipées d'un désagrégateur, et alors aspirer après les avoir fractionnés avec un « cutter » des matériaux cohérents, voire des roches tendres. (CoDISOD ; 2008).

Leur principal avantage réside dans leur rendement (jusqu'à 7 000 m³/h) supérieur à toute drague de puissance comparable. L'entraînement des sédiments nécessite le pompage d'une quantité importante d'eau (10 à 12 fois en volume, 8 fois environ en poids). La mixture peut être refoulée par des conduites flottantes. Voir Figure IV-1. (Alzieu ; 1999).



Figure IV-1 : Drague aspiratrice refouleuse stationnaire. (CoDISOD ; 2008).

IV 3-3 Drague aspiratrice en marche :

Adaptées pour draguer des chenaux d'accès et les bassins des ports sans trop perturber la navigation. Ces dragues s'auto-chargent, en vue de clapages en mer, parfois en vue de refoulement. Voir figure IV-2. (CoDISOD ; 2008).

Pour ces dragues, nous distinguons deux types de rejets en mer :

- Le clapage, qui consiste à vider dans une zone d'immersion l'ensemble des produits piégés dans le puits de la drague.
- Le rejet continu, qui consiste à rejeter dans la veine liquide tout ou partie du produit dragué sur les fonds. (Boutin, 2000).



Figure IV-2 : Drague aspiratrice en marche (CoDISOD ; 2008).

IV4- Quantité et qualité des matériaux :

La profondeur prise en compte pour le calcul des volumes de sédiments à draguer au niveau du port de Sidi Fredj est de 3,5 m, et cela par manque de données sur les côtes d'origine. Ce choix s'explique par le fait que les flottilles de plaisance qui y accostent possèdent un tirant d'eau de 2,5 m au maximum, nous avons rajouté un mètre par mesure de sécurité.

IV 4-1 Quantité des matériaux dragués :

Pour le calcul des matériaux à draguer, nous avons procédé en deux étapes :

- Étape 1 : Les surfaces d'ensablement que connaît le port de Sidi Fredj ainsi que sa partie extérieure sont digitalisées sur une image google (2002), à l'aide du logiciel Surfer.
- Étape 2 : L'image google digitalisée est superposée sur une image Quik Bird (callée), les surfaces d'ensablements sont calculées à l'aide du logiciel ARCGIS.

Nous distinguons 3 niveaux d'ensablement différents :

- Niveau 1 (Jaune) : ensablement important $S = 26\ 240\ m^2$.
- Niveau 2 (Vert) : ensablement moyennement important $S = 13\ 123\ m^2$.
- Niveau 3 (Violet) : Faible ensablement $S = 6726\ m^2$.

Nous avons procédé de la même manière pour le calcul des surfaces d'injection des deux plages ouest et d'El Ryadh.

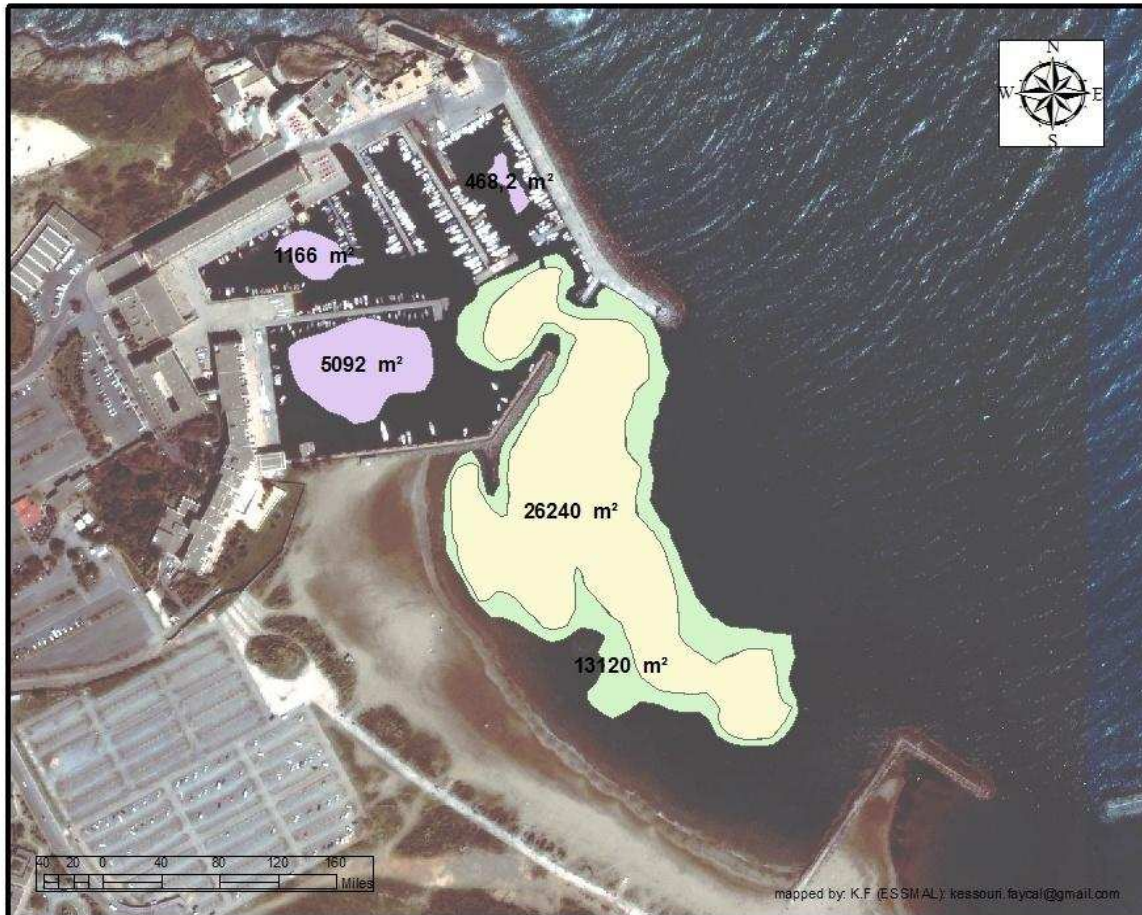


Figure IV-3 : Quantification de l'ensablement subit au niveau du port et de la plage Est de Sidi Fredj. (Aidoud, Mimouni ; 2009).

Comme apparent dans la figure IV-3 représentant l'ensablement que connaît le port de Sidi Fredj, nous distinguons deux zones :

La zone A : qui représente les sédiments propres susceptibles d'être utilisés pour un éventuel engraissement d'une zone sableuse qui subit une érosion.

La zone B : qui représente les sédiments contaminés destinés à l'immersion ou à un dépôt au niveau de la digue d'enclôture.

Les volumes de sédiment disponibles au niveau du port de Sidi Fredj sont calculés par une simple opération mathématique :

$$V (m^3) = (\text{Profondeur à draguer (3,5m)} - \text{Profondeur actuelle}) * \text{Surface (ARCGIS)}.$$

Tableau IV-1 : Quantification des sédiments à draguer :

	Stations	Profondeurs (2009)	Surface m ²	Volume m ³
bassin 1	7	2,3	1166	1399
bassin 3	6	2,8	468	327
bassin 4	8	1,6	5892	11195
bassin 5	5	2,6	26240	35752
extérieur du port	4	2,9		
	3	1,9		
	9	3,1		
	10	1,5		
	12	2,1		
	13	1,5		
	18	1,5		
moyenne		2,1375		
	15	2,3	13120	15744

IV 4-2 Qualité des matériaux dragués :

Afin de déterminer la qualité des sédiments dragués, des seuils ou valeurs guides sont prises en compte pour caractériser ceux qui méritent une attention particulière. Dans ce sens, nous nous sommes intéressées à l'indice de contamination (Ic), qui déterminera si le sédiment peut être déposé sans risque à terre ou en mer.

IV-4-2-1 Calcul de l'indice de contamination :

Tableau IV-2 : Concentration des métaux lourds dans les sédiments à draguer au niveau du port de Sidi Fredj (L.E.M ; 1998) :

Stations	Plomb (mg/kg)	Zinc (mg/kg)	Cuivre (mg/kg)	Chrome (mg/kg)	Mercuré (mg/kg)	Nickel (mg/kg)
S1 Surface	32,5	60	12,5	17,5	0,06	27,5
S1 Profond	67,5	82,5	12,5	25	0,1	37,5
S2 Surface	35	105	7,5	17,5	0,07	30
S2 Profond	30	77,5	7,5	17,5	0,05	32,5
S3 Surface	125	80	30	27,5	0,1	55
S3 Profond	30	87,5	5	22,5	0,07	30
Valeur recommandée	250	500	150	250	1,5	75

Tableau IV-3 : Concentration des métaux lourds dans les sédiments à draguer au niveau du port d'El Djamila (L.E.M ; 1998) :

Stations	Plomb (mg/kg)	Zinc (mg/kg)	Cuivre (mg/kg)	Chrome (mg/kg)	Mercuré (mg/kg)	Nickel (mg/kg)
D1 Surface	40	42,5	7,5	10	0,19	25
D1 Profond	42,5	55	10	12,5	0,12	27,5

D2 Surface	35	72,5	7,5	10	0,06	22,5
D2 Profond	37,5	70	15	12,5	0,13	22,5
D3 Surface	47,5	75	25	17,5	0,06	42,5
D3 Profond	45	77,5	20	175	0,08	42,5
Valeur recommandée	250	500	150	250	1,5	75

Afin de calculer l'indice de contamination (Ic), nous avons utilisés les concentrations de métaux obtenues dans les ports de Sidi Fredj et d'El Djamila par le LEM (voir Annexe tableaux IV-1, IV-2).

L'indice de contamination (Ic), représente le rapport entre la valeur considérée comme normale (valeur recommandée) dans le sédiment (Cn) et celle observée dans le sédiment.

Tableau IV-4 : Indices de contamination des sédiments des ports de Sidi Fredj et d'El Djamila :

Stations	Ic					
	Plomb (mg/kg)	Zinc (mg/kg)	Cuivre (mg/kg)	Chrome (mg/kg)	Mercure (mg/kg)	Nickel (mg/kg)
S1 Surface	0,13	0,12	0,08	0,07	0,04	0,37
S1 Profond	0,27	0,17	0,08	0,10	0,07	0,50
S2 Surface	0,14	0,21	0,05	0,07	0,05	0,40
S2 Profond	0,12	0,16	0,05	0,07	0,03	0,43
S3 Surface	0,50	0,16	0,20	0,11	0,07	0,73
S3 Profond	0,12	0,18	0,03	0,09	0,05	0,40
D1 Surface	0,16	0,09	0,05	0,04	0,13	0,33
D1 Profond	0,17	0,11	0,07	0,05	0,08	0,37
D2 Surface	0,14	0,15	0,05	0,04	0,04	0,3
D2 Profond	0,15	0,14	0,1	0,05	0,09	0,3
D3 Surface	0,19	0,15	0,17	0,07	0,04	0,57
D3 Profond	0,18	0,16	0,13	0,7	0,05	0,57

Tableau IV-5 : Classification de l'indice de contamination :

Ic	Classification
$Ic < 3$	Immersion autorisée
$3 < Ic < 10$	Immersion contrôlée
$Ic > 10$	Immersion interdite

Le tableau IV-2, montre qu'au niveau de toutes les stations prises en compte les valeurs d'Ic sont nettement inférieures à 3.

Il est donc clair que les produits de dragage des deux ports ne représentent aucun risque pour le milieu marin dans le cas où l'immersion sera proposée.

IV 5- Devenir des déblais à terre ou en mer :

Le devenir ultime des déblais de dragage pose de très nombreux problèmes d'ordre technique et environnemental. Selon les risques qu'ils présentent pour l'environnement, les matériaux dragués peuvent être soit rejetés en mer par surverse au moment du dragage, soit immergés dans des zones autorisées, soit déposés à terre en vue d'un stockage ou d'un traitement. (Alzieu ; 1999).

IV 5-1 Devenir des déblais à terre :

Pour une meilleure gestion et valorisation des produits sableux issus du dragage d'entretien du port de Sidi Fredj, basée sur le développement durable. Les matériaux sableux non contaminés seront destinés au rechargement de la plage Ouest de Sidi Fredj ainsi que celle d'El Ryadh qui souffrent d'un déficit sédimentaire; Les matériaux contaminés, quant à eux seront confinés dans des géotubes afin de reconstituer la plage de Club des Pins ou déposer dans la digue d'enclôture d'El Harrach où ils seront traités.

IV 5-1-1 Rechargement des plages Ouest de Sidi Fredj et d'El Ryadh:

Le rechargement des plages soumises à l'érosion marine se trouvant en déséquilibre est la filière la plus intéressante de valorisation des sables issus des opérations de dragages. On rend finalement à la mer ce qu'on lui enlève. L'apport de matériaux sableux sur les plages peut présenter un double intérêt, d'une part mieux protéger le littoral de l'érosion en engraisant des plages amaigries, d'autre part étendre l'espace balnéaire. (Foucher ; 2005).

L'évolution actuelle des plages Ouest de Sidi Fredj et d'El Ryadh marque une nette tendance à l'érosion. Ce phénomène d'érosion est due à plusieurs facteurs notamment au port de Sidi Fredj qui perturbe le transit littoral, ainsi qu'aux ouvrages transversaux (épis) qui retiennent les sables mais déplacent l'érosion vers l'aval, et qui entraînent un recul de la ligne de rivage.

Cet état alarmant a poussé les riverains désemparés de la plage Ouest de Sidi Fredj par exemple à imaginer, à titre individuel différentes solutions pour protéger leurs habitations, ce qui se traduit aujourd'hui par une protection non concertée, donc anarchique et qui impacte sur le paysage.

Ce qui rejoint notre proposition de rechargement de ces plages par les sédiments issus du dragage du port de Sidi Fredj.



Figure IV-4 : Surface d'injection de la plage d'El Ryadh. (Aidoud, Mimouni ; 2009).



Figure IV-5 : Surface d'injection de la plage Ouest de Sidi Fredj. (Aidoud, Mimouni ; 2009).
Le volume de sédiment à draguer au niveau de Sidi Fredj (tableau IV-3) a été estimé au total à 64 418 m³.

Avec :

12 922 m³ de sédiments contaminés.

51 496 m³ de sédiments propres.

Tableau IV- 4 : Quantification des sédiments à injecter dans les plages Ouest et El Ryadh.

	Surface (m ²)	profondeur (m)	Volume (m ³)	Volume total (m ³)
Plage Ouest	11681	1	8760	34540
	7719		5789	
	15139		11354	
El Ryadh	9692	1	9692	9692
			Somme ≈	44232

Au vu de ces résultats (tableaux IV-3 et IV- 4), les quantités de sédiments à draguer sont nettement suffisantes pour l'injection calculée. L'engraissement des deux plages Ouest de Sidi Fredj et d'El Ryadh que nous avons préconisé peut donc clairement être envisagé.

a- Description des matériaux :

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 place, 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. Le matériau déposé ne doit pas non plus être trop gros, afin de ne pas changer le type de plage (plage de sable fin par exemple). (Bellesort ; 1993 in Foucher ; 2005).

D'après les résultats obtenus dans le chapitre précédent, La taille moyenne des grains du sédiment du Port de Sidi Fredj, de la plage Ouest, est respectivement comprise entre 125 et 200 μm ; 157 et 171 μm ; celle d'El Ryadh quant à elle est de 156 μm . Il existe donc une homogénéité entre les grains des sédiments des sites d'emprunts et de rejets.

Lors de notre échantillonnage, nous avons également noté une similitude pour la couleur entre les sédiments dragués et ceux concernés par le rechargement.

Les produits du dragage peuvent servir au rechargement des plages Ouest et d'El Ryadh, tout en préservant la nature et le paysage des plages d'origine.

b- Acheminement et dépôt des matériaux :

Les produits de dragage du port de Sidi Fredj seront transportés vers les plages Ouest et El Ryadh, à l'aide de conduites métalliques ou plastiques. Ces conduites peuvent être flottantes, immergées ou déposées à terre. Les sédiments sont alors refoulés par une conduite, soit en surface, soit au fond.



Figure IV-6: Matériaux répandus sur la plage par des conduites. (CoDISOD ; 2008).

c- Comportement des sédiments après injection :

Les produits de dragage du port de Sidi Fredj une fois injectés dans les plages Ouest et d'El Ryadh seront préservés contre les actions des courants et des houles car :

- Les sédiments qui composent la plage Ouest sont contrés entre un platier rocheux qui fera office de barrière à leurs déplacements latéraux vers le large.
- La plage d'El Ryadh, quant à elle est délimitée par deux épis très rapprochés, les sédiments ne seront donc pas soumis à quelque transport.

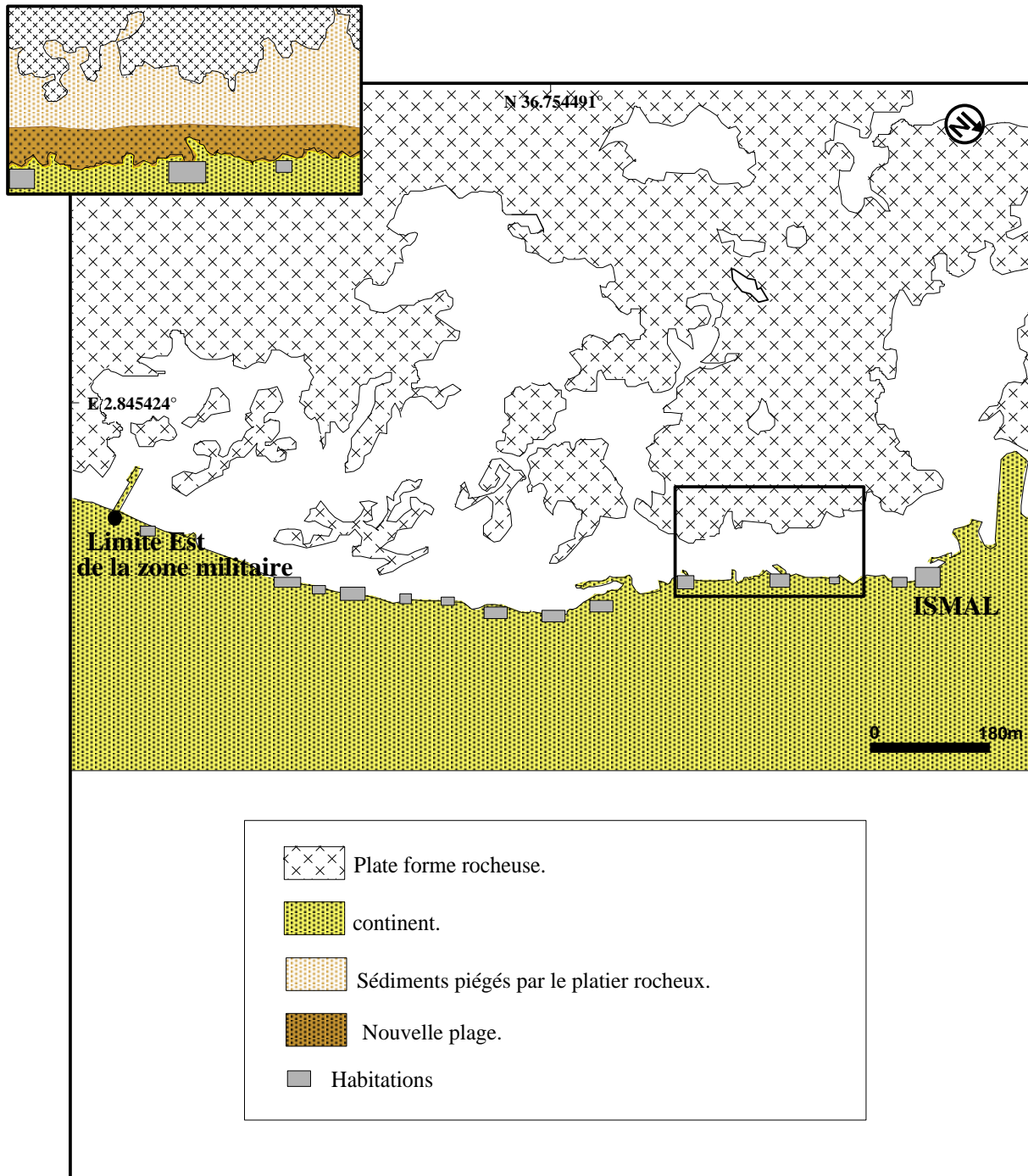


Figure IV-7 : Représentation de la plate forme rocheuse au large de la plage Ouest de Sidi Fredj. (Aidoud, Mimouni ; 2009).

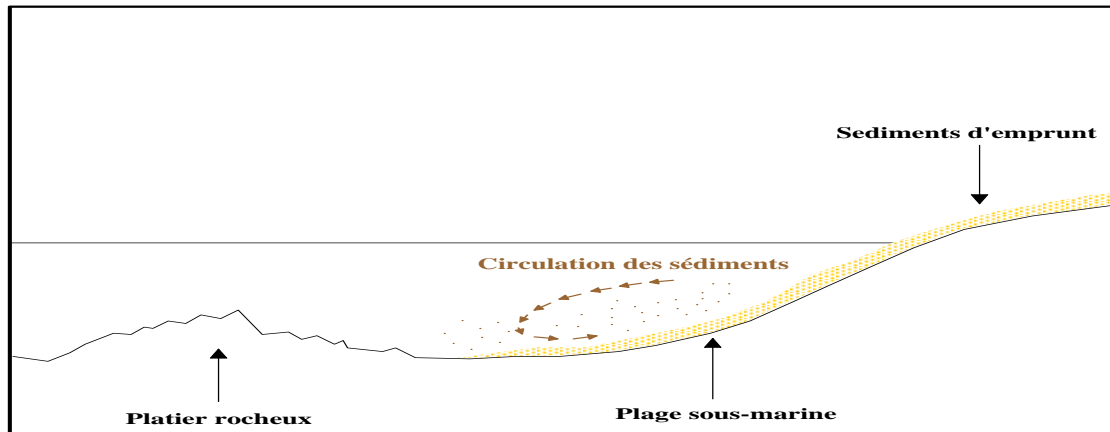


Figure IV-8 : Profil de la plage Ouest de Sidi Fredj (comportement des sédiments injectés).
(Aidoud, Mimouni ; 2009).

IV-5-1-2 Reconstitution de la plage de Club des Pins par géotube :

Les sédiments contaminés se trouvant à l'intérieur du port de Sidi Fredj, notamment dans les bassins 1,2 et 3 susceptibles de présenter des risques écologiques pour les écosystèmes côtiers pourraient avoir comme solution le confinement dans des géotubes.

Spécialement mis au point pour l'application en protection contre l'érosion, les géotubes installés parallèlement à la plage, brisent l'énergie des vagues et limitent ainsi l'érosion qu'elles causent.



Figure IV-9 : Géotubes installés sur une plage.

Cette option permettra donc de régler le problème que pose la plage de Club des Pins, qui connaît une importante érosion depuis quelques années.

Le choix d'une telle structure découle d'un dimensionnement en tenant compte de paramètres importants tels l'amplitude de la houle, les données des courants marins etc...

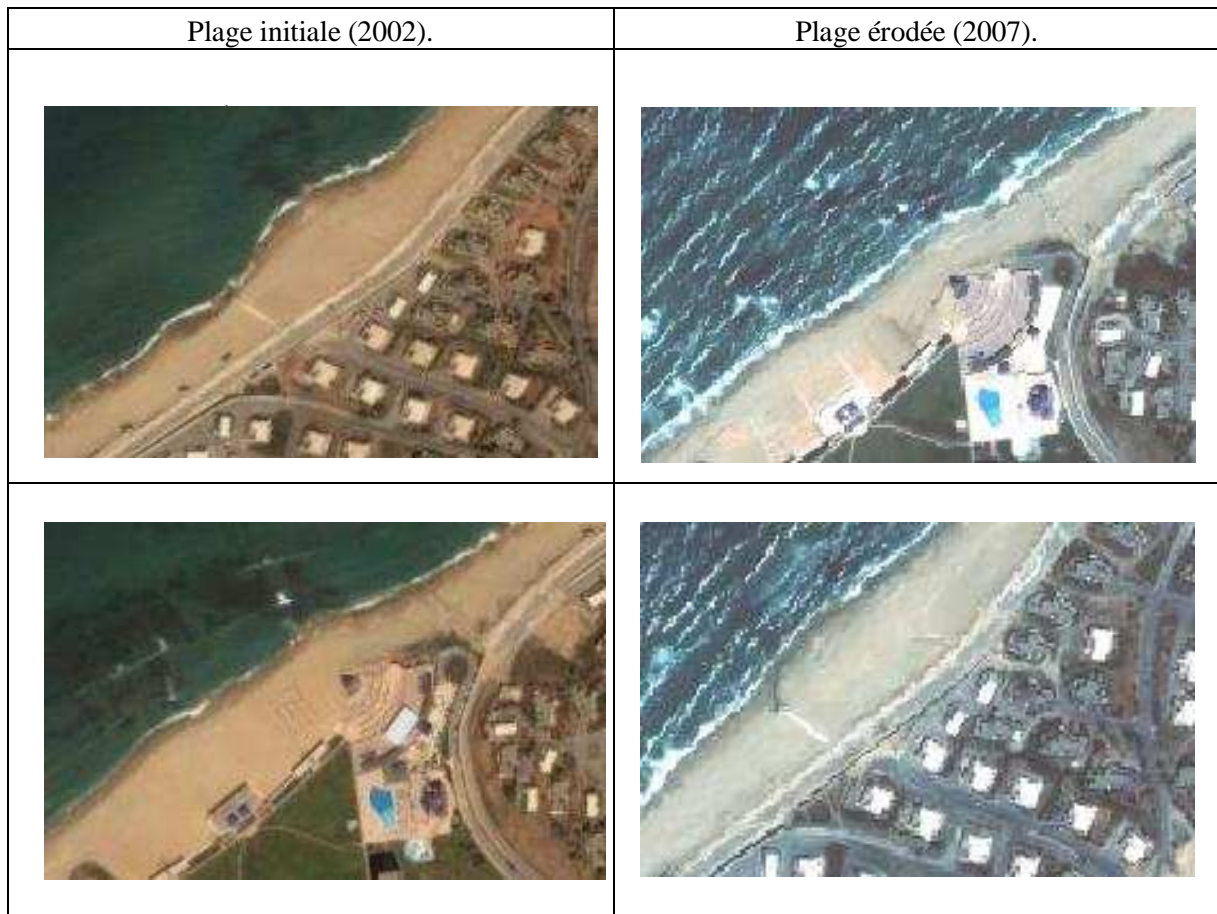


Figure IV-10 : Évolution de la plage de club des Pins de 2002 à 2007. (Aidoud, Mimouni ; 2009).

La figure IV-10 montre nettement le recul du trait de côte que connaît la plage de Club des Pins.

Les Géotubes, utilisés pour la protection de la plage de Club des Pins dans le cadre de la lutte contre l'érosion, offrent de nombreux avantages :

- Utilisation du sable contaminé du dragage de Sidi Fredj comme matériau principal.
 - Moyens matériels beaucoup moins importants pour la mise en œuvre.
 - Suppression des incidences causés par les sédiments contaminés si dépôt à terre.
 - Solutions facilement réversibles à moindre coût, par rapport aux solutions traditionnelles (épis, brise lame...etc.).
 - Préservation du paysage car l'ouvrage sera entièrement recouvert par le sable qu'il aura capté,
 - La sécurité car il ne présente aucun danger pour les utilisateurs de la plage,
 - Respect de l'environnement car il n'y a pas de pollution ni d'impact négatif.

IV-5-1-3 Dépôt des sédiments dans la digue d'enclôture :

Du fait de la forte teneur en eau des matériaux dragués, leur stockage à terre demande de grandes surfaces de confinement. (Foucher ; 2005). Ainsi, comme déjà évoqué précédemment, le devenir des produits contaminés du dragage du port de Sidi Fredj peut être le dépôt dans la digue d'enclôture d'El Harrach.

Cette superstructure érigée pour accueillir ces macro déchets de l'oued E l Harrach à long terme peut être retenue pour accueillir les sédiments pollués du port de Sidi Fredj.

La capacité d'accueil de la digue est de 90.000 m³, elle peut donc aisément accueillir au moins une fois ces sédiments pollués.



Figure IV- 11 : Représentation de la digue d'enclôture d'El Harrach. (8 janvier 2002).

IV-5-2 Devenir des déblais en mer :

IV-5-2-1 Les rejets sur des sites de dépôts en mer (clapage) :

Lorsqu'ils sont évacués en mer, les matériaux dragués et piégés dans le puits des dragues sont clapés sur des zones géographiquement circonscrites appelées zones d'immersion.

Deux stratégies de gestion existent :

- Faire en sorte que les matériaux restent en place (sites dits non dispersifs) ;
- Faire en sorte que les matériaux soient repris par les courants et participent à l'équilibre sédimentaire (sites dits dispersifs). (Alzieu ; 1999).

Pour l'immersion des produits sédimentaires résultant du dragage du port de Sidi Fredj, nous estimons que la première option est celle qui convient le mieux, car les sédiments contaminés représentent un risque réel pour l'environnement, le choix de la zone de rejet doit se faire de manière à écarter tous risques écologiques, surtout pour la faune et la flore.

Afin que les sédiments clapés ne soient pas redistribués vers la côte, Il est préférable d'effectuer le clapage dans des zones où la houle n'a plus d'effet sur le fond.

IV-5-2-2 Le « cycle de production » des dragues aspiratrices en marche :

Toutes les opérations de dragage faites avec des dragues aspiratrices en marche se déroulent suivant un cycle de production qu'il est possible d'illustrer. (Babylon in Boutin 2000).

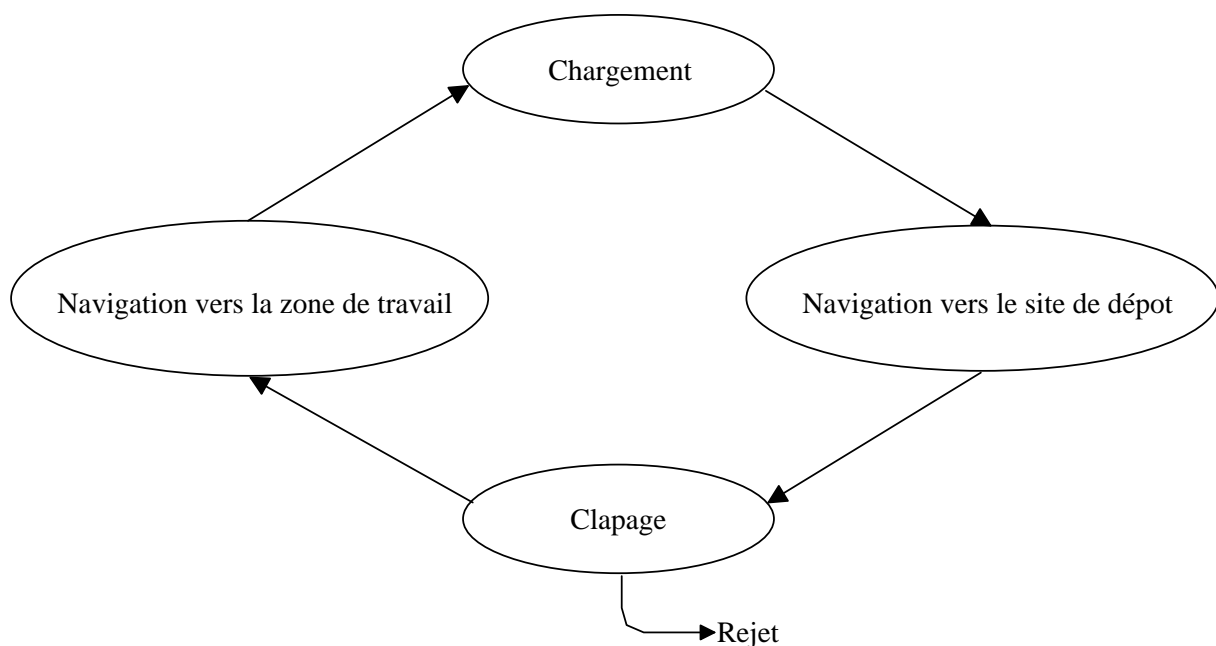


Figure IV- 12 : Cycle de production d'une drague aspiratrice en marche. (Boutin, 2000).

IV-5-2-3 Description générale d'un rejet :

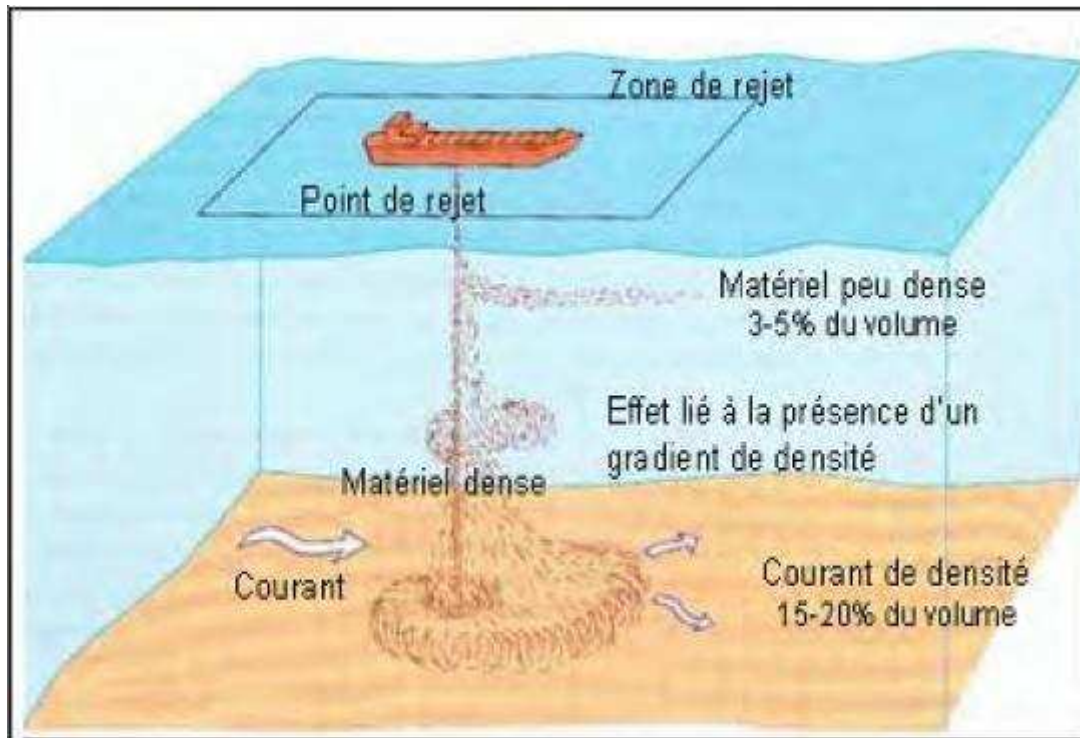


Figure IV-13 : Comportement d'un rejet en eau libre avec impact au fond. (Alzieu ; 1999)

Le clapage consiste à larguer les sédiments compacts par l'ouverture du fond des chalands porteurs. La descente des matériaux cohésifs ou non, se fait en masse avec une faible dispersion par remise en suspension estimée à moins de 5% du volume clapé. L'évolution de cas déblais sur le fond dépend des conditions hydrodynamiques (courant, houles) et des caractéristiques physiques des sédiments. (Alzieu ; 1999).

Les houles énergétiques et de fortes amplitudes proviennent essentiellement des directions Ouest et Nord-est avec des valeurs respectives de 7 et 6 m pour les houles biennales. Du secteur Est provient les houles de faible amplitude 4 m pour vingénale et 3 m pour biennale. (Zemenzer ; 2006).

Le clapage des produits de dragage doit s'effectuer de préférence au delà de 30 m de profondeur, c'est à partir de cette profondeur que débute le domaine des vases. (Leclerc ; 1972) ; les sédiments restent ainsi piégés sur le fond, évitant ainsi leur déplacement vers la côte.

La baie d'El Djamila présente une grande diversité géomorphologique et écosystémique de par sa position géostratégique, elle est ainsi sensible aux perturbations de l'environnement, telles que l'utilisation intensive et croissante des ressources naturelles côtières, qui impacte négativement sur la qualité des eaux, la disponibilité des ressources hydriques, la stabilité des plages et l'écologie marine ...etc. Ceci l'expose à des situations de risque et de fragilité ; de plus l'absence d'une stratégie de développement respectueuse des équilibres naturels l'affecte gravement.

La gestion intégrée de cette zone représente un défi constant qui doit permettre la préservation de l'environnement et l'assurance d'un développement durable de ce territoire. Car le fondement de la GIZC réside dans la compréhension claire des relations entre les ressources côtières, leurs utilisations et les impacts du développement sur l'économie, la société et l'environnement. La GIZC est ainsi un défi constant qui doit permettre tout à la fois une régulation des conflits d'usage, la préservation de l'environnement et l'assurance d'un développement durable de la zone côtière généralement très convoitée.

À travers le tableau qui suit nous avons tenté de mettre en évidence les pressions que subit la baie d'El Djamila, et proposer quelques solutions afin d'établir une certaine stabilité de la zone.

Tableau V-1 : Baie d'El Djamila diagnostic et solutions. (Aidoud, Mimouni ; 2009).

Chapitre V : Gestion intégrée de la zone côtière

Zones I			
Composantes	Nature des Pressions	Indicateurs	Solutions
Plage Ouest	<ul style="list-style-type: none"> - Présence de constructions "pieds dans l'eau". - L'extraction abusive du sable de plage a entraîné la disparition de la plage. - La mise en place d'ouvrages anarchiques de protection (enrochements) par les riverains, s'avère être à terme une menace pour la plage. 	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de l'engraissement de la plage. - Quasi-disparition de la plage. 	<ul style="list-style-type: none"> - Le contrôle strict et permanent et une verbalisation rigoureuse des pilleurs de sable. - L'arrêt de tout aménagement dans la bande des 100 mètres. - Recyclage des produits de dragage du port de Sidi Fredj pour la reconstitution de la plage.
	<ul style="list-style-type: none"> - Des niveaux de recul critiques menacent les activités touristiques de la plage. - L'évacuation des eaux usées du complexe directement en mer sans traitement préalable. - Surfréquentation estivale des plages. - Présence de macro déchets sur les plages et en mer. 	<ul style="list-style-type: none"> -Recul du trait de côte de 2,25 m/an. (PAC ;2006). - En 2007, on estime à 162 000 le nombre d'estivants ayant fréquenté les plages de Sidi Fredj. (Kader ; 2007) 	<ul style="list-style-type: none"> - Le contrôle de la fréquentation estivale. - Une maîtrise du développement touristique. - Une plus grande sensibilisation des estivants.
Plage Thalassothérapie	<ul style="list-style-type: none"> -La plage cernée à l'Est par un promontoire rocheux et à l'Ouest par un épis (piégeage à l'amont, érosion à l'aval), n'évolue plus car les sédiments ne lui parviennent plus naturellement. - La diversité des services qu'offre la plage de Thalassothérapie s'amenuise avec le temps sous l'effet de l'érosion. 	<ul style="list-style-type: none"> -Taux de mercure Hg dans les sédiments du port atteint 8,07µg/g. ce taux est dû au fongicide dans les peintures. (Bellahcene et Messaoudi ; 2005). 	<ul style="list-style-type: none"> - Création de chenaux d'accès pour la restauration des secteurs de dunes encore présents



Photo V-1 : Quasi disparition de la plage Ouest de Sidi Fredj.



Figure V-1 : Plage de Thalassothérapie.

Chapitre V : Gestion intégrée de la zone côtière

Zones II			
Composantes	Nature des Pressions	Indicateurs	Solutions
Port de Sidi Fredj	-Des pollutions ponctuelles par hydrocarbures. -L'évacuation des eaux usées directement en mer sans traitement préalable.	-Teneur en hydrocarbure 506mg/kg dépassant la valeur seuil qui est de 300mg/kg. (LEM ;1998).	-Mise en place de ganivelles ou de dispositifs brise-vent pour reconstituer le cordon dunaire et la plantation de végétaux herbacés adaptés à la dynamique dunaire. -Le contrôle stricte et permanent, une verbalisation rigoureuse des pilleurs de sable (plages et oueds); -L'arrêt de tout aménagement dans la bande des 100 mètres; -Le contrôle de la fréquentation estivale -Sensibilisation des estivants. -Reconstitution de la végétation du haut de plage afin de restaurer la barrière naturelle qui participera dans la fixation du sable de plage et rééquilibrer le bilan sédimentaire qui est dans les conditions actuelles négatif ; -Une maîtrise du développement touristique -Remise en état, maîtrise de la gestion et augmentation de la capacité des stations d'épuration. -Traitement des eaux usées avant de les introduire en mer.
Plage Est de Sidi Fredj	-Formation d'une anse, après engraissement de 12 m et qui s'adosse à la jetée sud du port. - Sur fréquentation estivale des plages. -Extraction abusive du sable de plage. -Présence de macro déchets sur les plages et en mer. -Rejets clandestins par les bateaux.	-Formation de plages alvéolaires. -Piétinement de la végétation du haut de plage. -Présence de germes indicateurs de contamination fécale (les coliformes fécaux 280UFC/100ml, qui sont <i>Echerichia coli</i> et <i>Citobacter freundii</i> en Février 2008). -Disparition du haut de plage Sidi Fredj. (Al Sid el Cheikh, Lainser ; 2008). -En 2007, 162 000 estivants ont fréquenté les plages de Sidi Fredj. (Kader; 2007)	
Plage d'El Ryadh	-Des ouvrages de protection (épis) supposés protéger la plage d'El Ryadh ainsi que l'installation touristique s'avèrent être à terme une menace pour l'activité et à la base de la modification des processus originels. -La diversité des services qu'offre la plage d'El Ryadh s'amenuise avec le temps sous l'effet de l'érosion.	-Recul du trait de côte de - 46 m entre 1956 et 1999. (pac ; 2006) -Pollution microbiologique : CF de 448UFC/100ml en Février 2008. (Al Sid el Cheikh, Lainser ; 2008). -Disparition du haut de plage Sidi Fredj.	
El Menzeh	-Des niveaux de recul critiques du trait de côte. - Sur fréquentation estivale des plages. - Les macros déchets sur les plages et en mer. - Sur fréquentation estivale des plages. -Ouvrages de protection insuffisants pou rétablir la plage. -L'évacuation des eaux usées directement en mer sans traitement préalable.		



Photos V : 2- Port de Sidi Fredj



3- Plage Est de Sidi Fredj.



4-Epis plage Est.



5- Macros déchets plage El Ryadh.

Zones III			
Composantes	Nature des Pressions	Indicateurs	Solutions
Plage Moretti	-Recul du trait de côte de 15 à 18 m (1993 à 1999). (PAC ; 2006). -La diversité des services qu'offre la plage de Moretti s'amenuise avec le temps sous l'effet de l'érosion.	-Quasi disparition de certains segments de la plage de Moretti et Club des Pins. -En 2007, 162 000 estivants ont fréquenté les plages de Sidi Fredj.(Kader ; 2007)	-Détermination de cheminements non destructifs de la végétation et des dunes.
	-L'évacuation des eaux usées directement en mer sans traitement préalable. -Des niveaux de recul critiques du trait de côte menaçant même les activités en zone côtière. -Sur fréquentation estivale des plages. -Les macro déchets sur les plages et en mer.		-Le contrôle strict et permanent et une verbalisation rigoureuse des pilleurs de sable (plages et oueds); -L'arrêt de tout aménagement dans la bande des 100 mètres; -Le contrôle de la fréquentation estivale; -Une plus grande sensibilisation des estivants. -Une maîtrise du développement touristique.
Plage de Club des Pins	-La diversité des services qu'offre la plage de Club des Pins s'amenuise avec le temps sous l'effet de l'érosion. -Secteur qui subi une érosion soudaine et importante du trait de côte due à: 1-le port d'El Djamila 2-la tempête de décembre 2007 a provoqué un départ des sédiments sous marin vers le large. - l'impact anthropique sur la faune et la flore du secteur.		-Un système cylindrique (des géotubes) perméable de stabilité des plages pourrait être additionné aux épis existants et assurer une reconstitution des plages régressives du secteur Est par sédimentation au contact du système.



Figure V : 2- Recul du trait de côte de la plage de Club des Pins.

3- Recul du trait de côte de la plage de Moretti.

Zones IV			
Composantes	Nature des Pressions	Indicateurs	Solutions
Oued Beni messous	<ul style="list-style-type: none"> -L'évacuation des eaux usées directement en mer sans traitement préalable. -Extraction illicite et abusive du sable des oueds situation a influé négativement sur le bilan des apports en particules solides qui jouent un rôle fondamental dans la dynamique sédimentaire entre le compartiment marin et la plage. -Oued sec la plupart du temps, draine une grande quantité de sédiments et d'eau en cas de cru. Les apports sont souvent pollués. -Disparition des terres agricoles les plus fertiles et des espaces forestiers occasionnant une érosion des sols favorisant les inondations. -Rejet d'eaux usées sans traitement préalable. -Impact important sur la faune et la flore. 	<ul style="list-style-type: none"> -Disparition de 75% du sable dunaire. -Déversement de 12667 m³ d'eaux usées par jour. (PAC,2006) 	<ul style="list-style-type: none"> -Introduire des mesures de traitement, prétraitement et de dépollution à la source (avant rejet). -La délocalisation des industries à risque majeur pour l'environnement et la santé publique, et l'adaptation de leur outil de production par rapport aux normes environnementales. -L'action des pouvoirs publics, notamment au niveau communal devrait être à la mesure des dégâts générés par cette activité illicite, c'est-à-dire forte et sans relâche, la loi sur la protection et la valorisation du littoral est à cet effet très stricte. -Interdire le rejet d'eaux usées à l'état brut. -Mettre en place une station d'épuration qui prend en charge le recyclage des eaux usées domestiques de tout le secteur. -Réduire le volume des effluents liquides par la mise en œuvre de programmes de recyclage et des mesures d'économie de l'eau. -Mettre en œuvre un programme de renforcement des inspections de l'environnement.



Figure V-4 : Rejets d'eaux usées sans traitement préalable.

Zones V			
Composantes	Nature des Pressions	Indicateurs	Solutions
Port d'El Djamila	<ul style="list-style-type: none"> -L'évacuation des eaux usées directement en mer sans traitement préalable. -Des pollutions ponctuelles par hydrocarbures sont mises en évidence dans le port d'El Djamila. -Ensablement du port dû aux apports en sédiments par les houles NO et O. 	<ul style="list-style-type: none"> -Taux du Zinc Zn dans les sédiments du port : 418,58 µg/g (Bellahsene et Messaoudi ; 2005). 	<ul style="list-style-type: none"> -Effectuer périodiquement des dragages d'entretien afin de faciliter l'accès du port et faciliter la navigation.
Plage Artificielle d'El Djamila	<ul style="list-style-type: none"> -Altération de la qualité des eaux de baignade. -Perturbation du régime sédimentologique. -Erosion de la plage artificielle. -Perturbation du benthos. -Perturbation de l'ichtyofaune. 	<ul style="list-style-type: none"> -Déversement du tout venant et enrochement constituant l'ouvrage -Taux du Plomb dans les sédiments de la plage : 37mg/kg. (PAC ; 2006). -Blocage du transit littoral de direction Ouest Est. -Quantités importantes de sédiment recouvrent la faune et la flore marine suite à une avancée du profil côtier vers le large. (L.E.M ; 2008). -Migration des poissons. 	<ul style="list-style-type: none"> -Assurer d'une manière régulière le suivi des indicateurs sur l'état de l'environnement. -La plage artificielle sera alimentée de sable éolien ramené des plages de Zemmouri : d'une part, ces matériaux ne conviennent pas au site, d'autre part, la quantité nécessaire (15000m³) est tellement énorme que la source ne pourrait l'assurer. Il est préférable d'envisager plusieurs points d'alimentation. -La nouvelle plage doit être protégée contre les houles ce qui impose de mettre en place des ouvrages de défense. Des ouvrages souples de protection seraient mieux recommandés.



Photos V- 6-7-8 : Plage Artificielle d'EL Djamila en pleins travaux.



9 - Port d'El Djamila.

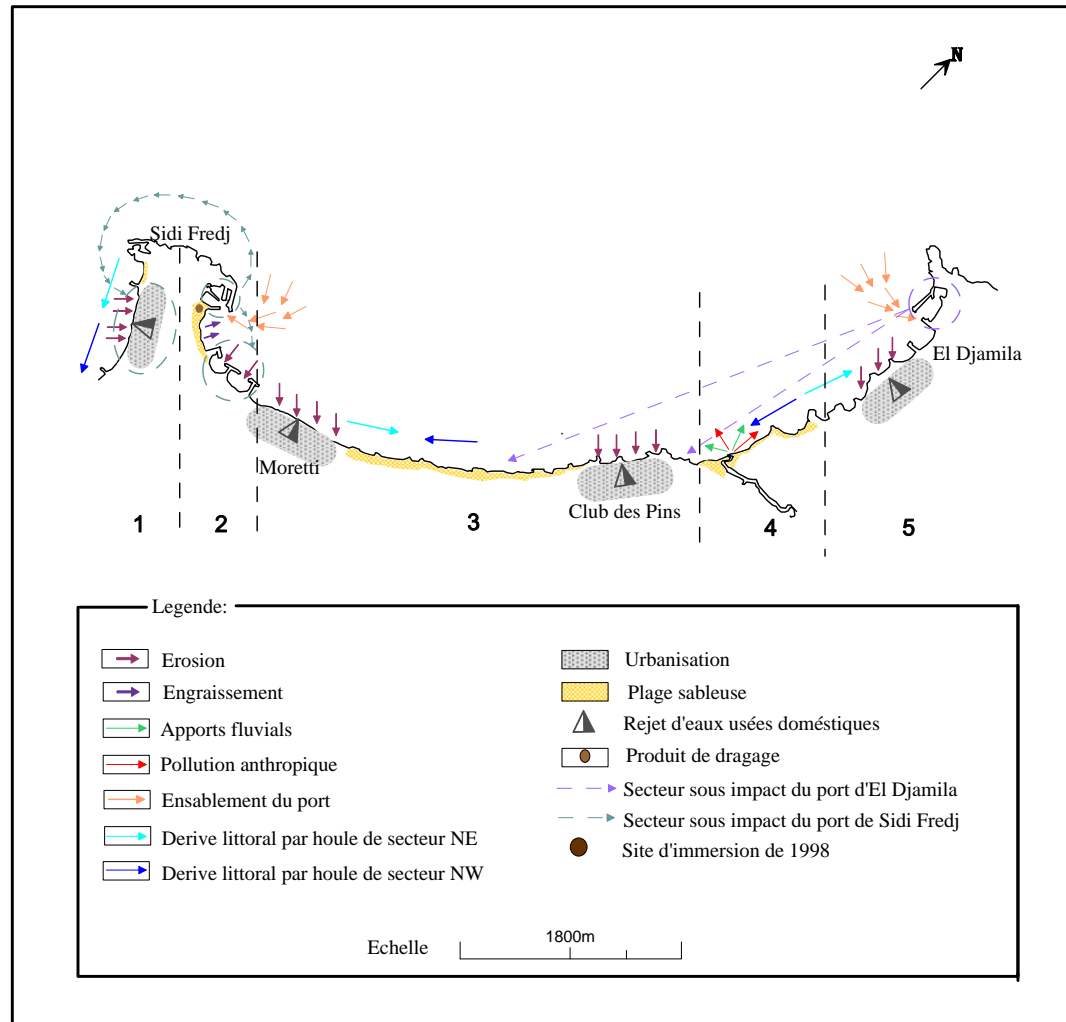


Figure V-5 : Carte GIZC de la baie d'El Djamila. (Aidoud, Mimouni ; 2009)

CONCLUSION

Soumis chaque année à un ensablement et un envasement important, le port de Sidi Fredj voit ses fonds diminuer.

Son dragage est donc indispensable pour l'amélioration des conditions d'accès, de sécurité de navigation dans les bassins portuaires, ainsi que la lutte contre la pollution des plans d'eaux.

Le dragage d'entretien du port de Sidi Fredj s'est imposé de lui-même du moment que l'ensablement de ce dernier a été mis en évidence. Les déblais qui en résultent étant à 80% propres. Nous avons essayé de les valoriser dans une optique de préservation et de protection du littoral

Le dragage du port seul n'est pas suffisant, cela s'est vérifié à plusieurs reprises puisque les sédiments reviennent vers le port au bout de quelques mois seulement. L'extérieur du port, qui est la source de l'ensablement doit donc également être pris en charge.

La présente étude a pour objectif de mettre en avant différentes propositions de valorisation de ces déblais et d'offrir une alternative à l'immersion qui est souvent l'option vers laquelle on tend systématiquement.

Nous avons mis en évidence différentes propositions de valorisation des déblais produit du dragage de Sidi Fredj notamment celle du rechargement artificiel des plages Ouest et d'El Ryadh, après l'étude granulométrique et l'estimation des différents volumes à draguer et à injecter, cette option parait donc envisageable, d'autres calculs devront être effectués pour un projet définitif.

Cette étude constitue une base à partir de laquelle peuvent s'informer les pouvoirs publics pour qu'ils puissent définir des solutions pratiques aux problèmes évoqués.

Bibliographie

AMRANI. S & FERHAT. N ; 1994- Etude des caractéristiques physicochimiques et bactériologique de l'eau dans le port de Sidi Fredj. Diplôme d'études universitaires appliquées. ISMAL.

ALLIOUANE.A & RAMDANIL ; 2006 – Aménagements des ports de pêche de Zemmouri et d'El Djamila. Mémoire d'ingénieur. ISMAL.

AL SID CHIKH.S & LAINSER.K ; 2008– Baie de Bou Ismail et baie d'El Djamila : paramètres océanographiques, gestion littorale et imagerie bathymétrique. Mémoire d'ingénieur. ISMAL.

ALZIEU.C ; 1999- Dragages et environnement marin : état des connaissances, Ed. Ifremer, 223 pages.

BELAHSENE.Y & MESSAOUDIS ; 2005– Étude bathymétrique, sédimentologique et pollution par des métaux lourds de la baie d'El Djamila. Mémoire d'ingénieur du littoral. ISMAL.

BOUTIBA. M ; 1996 - Étude en vraie grandeur du mode de fonctionnement des ouvrages de protection de la plage Est de Sidi Fredj (Ouest Alger), thèse de magister Aménagement du Littoral. ISMAL.

BOUTIN.R ; 2000 – Dragage et rejets en mer : Les produits de type vase, Ed. Presses de l'école nationale Ponts et chaussées, 307 pages.

CoDISOD ; 2008- schéma de référence des dragages au Finistère.

COLLIAS & Al ; 1963 in HAMDANE. Y ; 2009- Quelques notes de sédimentologie côtière et sous marine. ENSSMAL.

DJERAF.S & LARDJANE.S & YAHL.M ; 2005 – Travaux de dragage du port de Bou-Haroun. Mémoire d'ingénieur. ISMAL.

FOUCHER.J ; 2005- Valorisation des déblais sableux de dragage portuaire en France Métropolitaine. Thèse de fin d'étude. IFREMER.

HENIN.S ; 1976 – Cours de physique du sol volume 1, Ed. ORSTOM, Paris, Ed. EDITEST, Bruxelles, 159 pages.

KADER. Ab ; 2007- Centre touristique de Sidi Fredj : Une fréquentation record cet été. Article. El Watan.

Laboratoire des Sciences de l'Environnement, ENTPE - Apport de l'écotoxicologie dans la démarche de choix des filières de traitement et de gestion des sédiments. Vaulx-en-Velin

L.E.M ; 1998 - Dragage des ports de Sidi Fredj et d'El Djamila : Rapport portant sur les résultats d'analyses chimiques des sédiments à draguer

L.E.M ; 2002 - Port de Sidi-Ferruch et plage de Moretti : Ensablement du port et contrôle de la plage. Campagne d'observation en nature. Rapport général.

L.E.M ; 2007 – Réalisation d'une plage artificielle et promenade maritime à El Djamila. Rapport technique.

L.E.M ; 2008 – Étude d'impact sur l'environnement du projet de réalisation de la plage artificielle à El Djamila.

MOKRANID ; 1998 – Aménagement du port de Bou-Haroun : contribution à l'étude d'envasement et de dragage. Mémoire d'ingénieur. ISMAL.

OUKAZLI.H ; 1993- Le port de plaisance de Sidi Fred : approche critique à travers son fonctionnement et son impact sur l'environnement immédiat. Mémoire d'ingénieur. ISMAL.

P.A.C ; 2006 - Analyse de durabilité dans le cadre du PAC « Zone côtière algéroise" (Algérie), rapport final. Plan Bleu.

ZEMENZER.S ; 2004- Ensablement du port par transport sédimentaire : simulation et application du modèle de Gao et Collins(1994) au port de Sidi Fredj.

Sites:

www.estigc.fr

www.terratube.ca

Liste des abréviations

- AFNOR** : Association Française de Normalisation.
- ASTM** : American Society for Testing of Materials.
- CoDISOD** : Comité Départemental d'Information et de Suivi des Opérations de Dragage.
- ESTIGC** : Étude des Systèmes Industriels en Génie Civil.
- KNMI** : Institut Météorologique Royale Néerlandais.
- L.C.H.F** : Laboratoire Central Hydraulique de France.
- L.E.M** : Laboratoire d'Etudes Maritimes.
- SSMO** : Summary of Synoptic Metrological Observation.

INDEXE DES FIGURES

Figure I-1	La baie d'El Djamila.....	p.2
Figure I-2	Port de Sidi Fredj.....	p.3
Figure I-3	Port d'El Djamila.....	p.5
Figure I-4	Carte géologique de chéraga (d'après A.AYME 1960).....	p.8
Figure II-1	Représentation des différentes stations de prélèvements dans la région de Sidi Fredj.....	p.11
Figure II-2	Représentation des différentes stations de prélèvements dans la région d'El Djamila.....	p.12
Figure II-3	Étapes de l'analyse granulométrique.....	p.14
Figure III-1	Courbes granulométriques des stations étudiées au niveau du port d'El Djamila.....	p.15
Figure III-2	Courbes granulométriques des stations étudiées au niveau de la plage Ouest de Si Fredj.....	p.16
Figure III-3	Courbes granulométriques des stations étudiées au niveau du port de Sidi Fredj.....	p.17
Figure III-4	Répartition de la taille moyenne des grains (MZ) dans la région de Sidi Fredj.....	p.20
Figure III-5	Répartition de la taille moyenne des grains (MZ) dans la région d'El Djamila.....	p.21
Figure III-6	Répartition du quartile médian Q 50 dans la région de Sidi Fredj.....	p.22
Figure III-7	Circulation sédimentaire au niveau du port de Sidi Fredj.....	p.23
Figure III-8	Répartition du quartile médian Q50 dans la région d'El Djamila.....	p.24
Figure III-9	Relation entre le tri et la taille moyenne.....	p.26
Figure III-10	Répartition des pélites dans la région de Sidi Fredj.....	p.28
Figure III-11	Répartition des pélites dans le port d'El Djamila.....	p.29
Figure III-12	Bathymétrie du port et de la plage Est de Sidi Fredj.....	p.30
Figure III-13	Bathymétrie du port d'El Djamila. (D'après Abdi, 2003).....	p.31
Figure IV-1	Drague aspiratrice refouleuse stationnaire (CoDISOD ; 2008).....	p.34
Figure IV-2	Drague aspiratrice en marche (CoDISOD ; 2008).....	p.35
Figure IV-3	Quantification de l'ensablement subit au niveau du port et de la plage Est de SidiFredj.....	p.36

Figure IV- 4	Surface d'injection de la plage d'El Ryadh.....	p.40
Figure IV- 5	Surface d'injection de la plage Ouest de Sidi Fredj.....	p.40
Figure IV-6	Matériaux répandus sur la plage par des conduites.....	p.42
Figure IV-7	Représentation de la plate forme rocheuse au large de la plage Ouest de Sid Fredj.....	p.43
Figure IV-8	Profil de la plage Ouest (comportement des sédiments injectés).....	p.44
Figure IV- 9	Géotubes installés sur une plage	p.44
Figure IV-10	Evolution de la plage de Club des Pins de 2002 à 2007.....	p.45
FigureIV-11	Digue d'enclôture d'el Harrach.....	p.46
Figure IV- 12	Cycle de production d'une drague aspiratrice en marche.(Boutin, 2000)....	p.47
Figure IV-13	Comportement d'un rejet en eau libre avec impact au fond. (Alzieu, 1999).	p.48
FigureV-1	Plage de Thalassothérapie.....	p.51
Figure V-2	Recul du trait de côte de la plage de Club desPins.....	p.54
Figure V-3	Recul du trait de côte de la plage de Moretti.....	p.54
Figure V-4	Rejets d'eaux usées sans traitement préalable.....	p.55
Figure V-5	: Carte GIZC de la baie d'El Djamila. (Aidoud, Mimouni ; 2009)	p.50

INDEXE DES TABLEAUX

Tableau I.1	Superficies et profondeurs des bassins intérieurs.....	p.3
Tableau I-2	Fréquences mensuelles au large de Bou Ismail par direction de houle....	p.7
Tableau III.1	Paramètres de caractérisation de la composition sédimentaire des Echantillons.....	p.18
Tableau III.2	Classification de la taille des sédiments ASTM.....	p.20
Tableau III.3	Classification du tri des grains du sédiment (Collias et al ; 1963)...	p.25
Tableau III.4	Classification de l'asymétrie des grains du sédiment (Collias et al 1963)	p.25
Tableau III.5	Pourcentage des pélites des échantillons prélevés dans les différentes Stations.....	p.27
Tableau IV-1	Quantification des sédiments à draguer.....	p.37
Tableau IV-2	Concentration des métaux lourds dans les sédiments à draguer au niveau du port de Sidi Fredj (L.E.M ; 1998).....	p.37
Tableau IV-3	Concentration des métaux lourds dans les sédiments à draguer au niveau du port d'El Djamila (L.E.M ; 1998).....	p.38
Tableau IV-4	Indices de contamination des sédiments dosés dans les ports de Sidi Fredj et d'El Djamila.....	p.38

Tableau IV- 5 Classification de l'indice de contamination.....p.39
Tableau IV- 6 Quantification des sédiments à injecter dans les plages Ouest et El Ryad. p.41
Tableau V-1 : Baie d'El Djamila diagnostic et solutions. (Aidoud, Mimouni ; 2009).....P.49

INDEXE DES PHOTOS

Photo II-1 Prélèvement à l'aide d'une benne Van Veen.....p.10
Photo II-2 Écho sondeur.....p.10
Photo II-3 Tamiseuse avec sa colonne de tamis complète.....p.13
Photo V-1 Quasi disparition de la plage Ouest de Sidi Fredj.....p.51
Photos V-2 Port de Sidi Fredj.....p.53
Photos V-3 Plage Est de Sidi Fredj.....p.53
Photos V-4 Epis plage Est.....p.53
Photos V-5 Macros déchets plage El Ryadh.....p.53
Photos V-6-7-8 Plage Artificielle d'EL Djamila en pleins travaux.....p.57
Photos V-9 Port d'El Djamila.....p.57