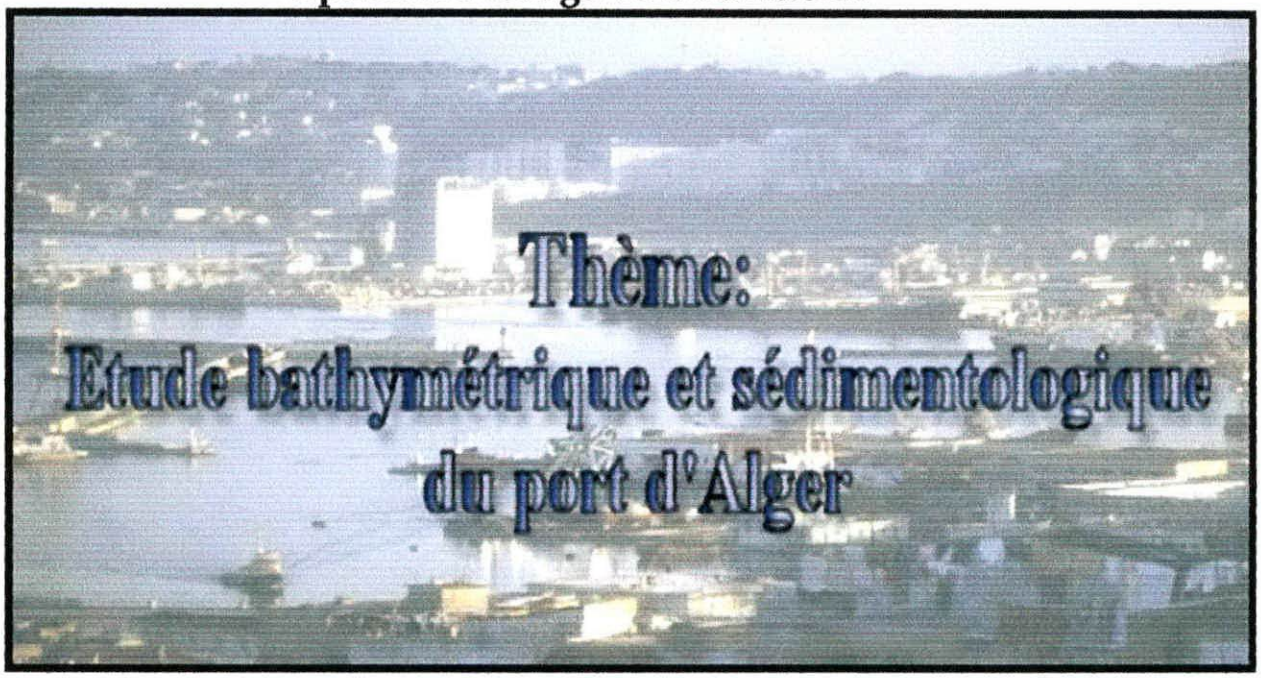
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المعهد الوطني لعلوم البحر و هيئة الساحل
Institut National des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral

Mémoire de fin d'étude présenté en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur en sciences de la mer et de l'aménagement du littoral
Option : Aménagement du littoral



Présenté par : **Melle BEN AISSA Nassiba**
Melle CHIBANE Hanane
Melle MESSAR Karima

Membre du jury :

Mr REFFES .W	**Président**
Mr BELKESSA.R	**Examinateur**
Mr HELLEL. M	**Examinateur**
Mme HOCINI. N	**Promoteur**
Mr MAMI. M	**Co-promoteur**
Mme MAMI .S	**Co-promoteur**

Promotion : 2005 / 2006

REMERCIMENTS

Au terme de ce mémoire, nous avons le plaisir d'exprimer nos plus vifs remerciements à tous ceux qui par leur aide, leurs conseils, ont contribué à la réalisation de ce mémoire .

Qu'ils soient particulièrement remerciés les membres du jury pour nous honnorer de leur présence.

Nous exprimons aussi notre profonde reconnaissance au personnel du centre de recherches nucléaires(C.R.N.A) , particulièrement notre promoteur *Mme HOCINI* et nos co-promoteurs *Mr et Mme MAMI,* pour leur patience exemplaire, leur soutien, leur aide ainsi que leurs conseils judicieux qu'ils nous ont apportés tout le long de cette étude .

Nous tenons à remercier les chercheurs et enseignants du laboratoire de géologie marine(I.S.T), pour leur aide scientifique et matérielle, particulièrement *Mr BENSLAMA* à qui nous exprimons notre gratitude.

Nous ne saurions oublier tout le personnel du port d'Alger, qui a fait que notre compagne se déroule dans de très bonnes conditions surtout l'officier maritime *Mr GHEZALI.K.*

Sans oublier tout les enseignants de l'ISMAL qui nous ont formé durant ces cinq années.

A tout nos amis, MERCI.

Enfin nous ne saurions terminer nos remerciements sans exprimer un hommage particuliers à nos familles qui nous ont aidé,encouragé et supporté.

Merci à tous

Sommaire

Sommaire

Introduction.....1

Chapitre I : Généralités

I- Présentation de la zone d'étude « Port d'Alger ».....2

I.1-Situation géographique.....2
I.2-Aperçu historique.....3
I.3-Infrastructures portuaires.....3
I.3.1-le bassin du vieux port.....3
I.3.2-Le bassin Agha.....5
I.3.3-Le bassin Mustapha.....5
I.3.4- Les rejet dans le port.....8

II- Données météo-océanologiques.....10

I.1- Données météorologiques.....10

II.1.1- Température.....10
II.1.2- Précipitation.....12
II.1.3- Vents.....13

II.2- Données hydrodynamiques.....16

II.2.1- Les houles.....16

II.2.2- Les courants.....20
2.1-Le courant de dérive littorale.....20
2.2- Le courant de retour.....20

II.2.3- La circulation des eaux dans le port.....20
II.2.4-Variation du niveau du plan d'eau.....20

Chapitre II : Matériels et méthodes

I- Travail sur terrain.....22

I.1- Etablissement de la base topographique.....22
I.2- Compagnes d'échantillonnages et de sondages 22
I.2.1-Bathymétrie.....22
I.2.2-Sédimentologie.....22

II- Etudes au laboratoire.....24

II.1- Analyse bathymétrique.....24
II.2-Etude sédimentologique.....24
2.1- Technique d'analyse de la fraction lutitique (<40µm).....24
2.2- Analyse granulométrique.....25
- Courbes cumulatives.....25
- Histogramme de fréquences.....25
- Les indices granulométriques.....26

2.3- Les carbonates.....26

Chapitre III : Résultats et interprétation

I- Bathymétrie.....28

I.1- Description de la morphologie de fond.....28
I.2- Description des profils bathymétriques.....31

II- Sédimentologie.....34

II.1- Etude de la fraction lutitique.....34
1.1-Teneurs en lutites.....34
1.2- Répartition des lutites.....35
1.3-Analye au sédigraphe.....38
1.3.1-Classes granulométriques.....39

II.2- Etude de la fraction grossière.....41
2.1-Description des courbes granulométriques.....42
2.2-Les paramètres de position.....47
2.3-Faciés granulométriques.....48
2.4-Carbonates dans la fraction grossière.....49

Conclusion.....51

Annexes

Bibliographie

Liste des figures

Figure n° 01 : Situation géographique du port d'Alger.....3

Figure n° 02 : Plan de masse du port d'Alger.....7

Figure n° 03 : Localisation des unités industrielles et rejets.....9

Figure n° 04 : Histogrammes de températures..... 11

Figure n° 05 : Les histogrammes des températures et de précipitation.....14

Figure n° 06 : Les roses des vents (Alger).....15

Figure n° 07 : Répartition mensuelle de la houle par directions et par mois.....17
(Données U.S.N.M.C, 1963-1970)

Figure n° 08 : Plans de vagues théoriques touchant le port d'Alger.....19
(D'après Slimani et Taouataou, 1995)

Figure n° 09 : Circulation des eaux dans le port d'Alger.....21

Figure n° 10 : Plan de positionnement de prélèvement de sédiment.....23
superficiel du port d'Alger

Figure n° 11 : Mode opératoire de l'analyse du sédiment brut.....27

Figure n° 12 : Plan de positionnement des profils bathymétrique.....29

Figure n° 13 : Carte bathymétrique du port d'Alger(plane).....30

Figure n° 14 : Carte des points de sonde dans le port d'Alger

Figure n° 15 : Carte bathymétrique du port d'Alger

Figure n° 16 : Profils bathymétriques au niveau du bassin Mustapha.....32

Figure n°17: Profils bathymétriques au niveau des bassins Agha et Vieux port.....33

Figure n°18 : Carte de répartition des teneurs en lutites dans le port d'Alger....37

Figure n°19 : Courbes granulométriques de la fraction lutitique.....39

Figure n°20 : Carte de répartition des différentes classes granulométriques de la fraction lutitique 40

Figure n°21 : Courbes granulométriques de la fraction sableuse.....41

Figure n°22 : Courbes granulométriques et histogrammes de fréquences de.....43 l'échantillon BI-1B

Figure n°23: Courbes granulométriques et histogrammes de fréquences de.....44 l'échantillon RIX-1

Figure n°24 : Courbes granulométriques et histogrammes de fréquences de .... 45 l'échantillon RVIII-3

Figure n°25: Courbes granulométriques et histogrammes de fréquences de l'échantillon BII-3A..... 46

Figure n°26: Carte de répartition des teneurs en carbonate dans les lutites.....50

Liste des tableaux

Tableau n° 01 : Infrastructures portuaires.....6

Tableau n°02 : Moyennes mensuelles des températures.....10

Tableau n°03 : Moyennes annuelles des précipitations sur 10 ans.....12
(Station de Dar El-Beida, 1995-2004)

Tableau n°04 : Fréquence d'apparition de la houle toutes amplitudes confondues
(D'après les données de l'USNWC, 1963-1970).....16

Tableau n° 05 : Pourcentage des teneurs en lutites dans le port d'Alger.....34

Tableau n°06 : Les teneurs (%) en silts grossiers, silts fins et colloïdes dans la fraction lutitique 38

Tableau n°07 : Les indices granulométriques.....47

Tableau n°08 : Les différentes classes granulométriques dans la fraction Grossière.....48

Tableau n°09 : Pourcentage des teneurs en carbonates dans le port d'Alger.....49

Introduction

Introduction

L'exploitation intensive du port d'Alger en raison des besoins en navigation de plus en plus importants, pose le problème d'envasement et/ou d'ensablement des chenaux d'accès et des bassins du port.

Les ouvrages portuaires sont soumis à des mouvements sédimentaires réguliers qui affectent leurs fonctionnalités.

Les mécanismes hydro-sédimentaires qui provoquent l'envasement et/ou l'ensablement des chenaux d'accès et des bassins du port ne sont pas connus, faute de techniques appropriées de mesures des paramètres régissant les processus de dynamique sédimentaire.

C'est pourquoi la mise au point de méthodes efficaces et économiques de lutte contre ces phénomènes entravant les ouvrages maritimes est indispensable.

A cet effet, les études sédimentologiques et bathymétriques ont fait l'objet de mesures sur le terrain et dont les résultats sont mentionnés et commentés dans ce rapport.

Dans la première partie de ce travail, nous avons cru utile de rappeler l'historique et la description du port du point de vue géographique et hydrométéorologique.

La méthodologie utilisée d'une façon générale, et plus particulièrement, celle relative aux différentes étapes d'échantillonnage sur le terrain, le traitement et l'analyse des échantillons au laboratoire est décrite dans le chapitre II.

Le chapitre III a été consacré à la partie expérimentale qui comporte les résultats des mesures obtenues et l'établissement des cartes bathymétriques et sédimentologiques.

Nous terminons cette étude par une conclusion où il est rappelé que les résultats obtenus nous ont permis d'avoir un aperçu général sur les caractéristiques du secteur d'étude du point de vue bathymétrique et sédimentologique.

Chapitre I : Généralités

I - Présentation du port :

I.1 - Situation géographique :

La côte algérienne s'étend sur 1300 Km de ruban côtier, et présente un certain nombre de grandes échancrures qui forment les baies et les golfes ; Elle est divisée en trois régions :

-Secteur Est : El Ouana, Golfe de Bejaia, Jijel, Marssa Ben M'hidi et El Kala.
-Secteur Ouest : Ghazaouet, Oran, Arzew, Motaghanem, Beni-Saf.
-Secteur Centre : Alger, Bousmail, Azzefoune et Tenés.

Le « port d'Alger » se situe dans le secteur centre à l'extrême partie occidentale de la baie d'Alger au pied du massif de Bouzaréah à une altitude de 14m. Il est surplombé par une ville à forte densité, Alger (Figure n°01).

Les coordonnées géographiques du port sont :

- 03° 03' 44" et 03° 04' 60" longitude Est
- 36 45' 44" et 36° 47' 43 " latitude Nord

De part la diversité de ses plusieurs rôles : militaire, touristique et commercial ainsi que sa grande capacité de trafic, son importante zone industrielle et commerciale, ses aires de stockage et de manutention de marchandise générale le port d'Alger est le port le plus important en Algérie et l'un des plus grands en Afrique (Figure n° 02).

Figure n°01: Situation géographique du port d'Alger
(Source : www google earth.com)

I.2 - Aperçu historique :

Le port d'Alger a trouvé son origine dans un mouillage naturel situé entre la côte et les îlots dénommés El Djazaïr.
La première construction maritime du port remonte au 15^{éme} siècle à l'époque du Dey turc « Kheir-Eddine », qui relia le fort « Peñon » à la ville par une jetée , construite en blocs naturels qui composent une partie de la jetée actuelle connue sous le nom de son auteur : « la jetée de Kheir-Eddine ».

Le port avait une superficie de 3 hectares 50 ares avec une passe de 130 mètres de large au Sud.
Au moment de l'invasion coloniale française le port a subi trois principales phases d'aménagements :

- La construction du bassin du « vieux port » remonte aux années 1830.
- La construction du bassin de l'Agha s'est faite de 1830 à 1914.
- De 1914 à 1940, construction du bassin Mustapha qui est séparé du bassin de l'Agha par le grand môle Bologhine et par une passe de 100 m.

A partir de1940, le port atteint une superficie de 184 hectares de plan d'eau et comprend deux zones :

- Une zone industrielle et commerciale, représentée par le bassin Agha et Mustapha.
- Une zone de pêche et de plaisance, représentée par le bassin du Vieux port.

Plusieurs aménagements ont été apportés dont les plus importants sont :

- Construction de la gare maritime au môle El Djazaïr de 1950 à 1953.
- Construction du môle de Skikda de 1961 à 1963.
- Remblayage de la darse de Calvi et realisation d'un appontement en duc d'Albe et de six rampes de 1987 à 1988.
- Le dernier aménagement a été effectué au niveau du bassin Mustapha par la construction d'un terminal à conteneur moderne d'une superficie de 17,5 ha de 1994 à 1998.(Rapport de l' Entreprise portuaire d'Alger).

Au terme de l'histoire de sa réalisation on ne peut tirer de meilleure conclusion que cette leçon exprimée par l'ingénieur du port qui a dit que : « Le développement d'un port doit toujours précéder les besoins et ne doit pas les suivre péniblement »

I.3 - Infrastructures portuaires :

Le port d'Alger est subdivisé en trois bassins (Figure n°02).

I.3.1 - Le bassin du vieux port :

La superficie est de 74 hectares de plan d'eau à profondeurs de -7 à -19m, il est composé de quatre môles et trois quais :

- Un môle de pêche
- Les môles 1 et 2 réservés au trafic de marchandises.
- Le môle de Guelma réservé au stockage du fuel et au soutage des navires.

- Quai n°12 comprend la capitainerie du port avec une station de remorquage.
- Quai n°13 destiné à la réparation navale à flot.
- Quai n°11 occupé par le trafic de passagers (gare maritime).

I.3.2 - Bassin de l'Agha :

De 35 hectares de plan d'eau avec des profondeurs de -6 à -12 mètres. Il représente la partie centrale du port avec trois môles (les môles 3, 4 et 5) destinés aux navires marchands avec des entrepôts couverts ou non couverts à quai.

I.3.3 - Bassin de Mustapha :

De 75 hectares de plan d'eau avec des profondeurs de -7 à -15 mètres, il possède deux môles (6 et 7) ainsi qu'un port pétrolier au quai 37 et l'implantation d'importantes unités industrielles et aussi une intense activité portuaire.

- Le môle 6 : De 1480 mètres de quais dont la plupart sont affectés aux traitements des marchandises diverses et le quai 26 spécialisé dans le traitement des solides en vrac et le soutage des navires.
- Le môle 7 : De 1556 mètres de quais et une profondeur de -8,5 à -10,5 mètres, il est affecté exclusivement au trafic spécialisé.

Tableau n°01: Les infrastructures portuaires (Entreprise portuaire d'Alger)

	Môle	Tirant d'eau (m)	Linéaire (m)	Usage	Magasins
ZONE NORD	PORT de PECHE	3.75	140	Pêche	-
		5.9	38		-
		3.75	121		-
		6	278		-
	EL DJEFNA 1	6,5	174,5	Marchandise générale	-
		9,6	137		-
		6,8	185		-
	EL DJEZAIR 2	8	131,5		-
		8	131		-
		8,5	288	Marchandise générale	3682
		10		Marchandise générale	5000
		10	125		-
	GARE MARITIME	10	300	Passagers	-
		8		Passagers	-
	-	-	140	Capitainerie	-
ZONE CENTRALE	OUED HAMIMINE 3		167		-
			175	Marine Nationale	-
		7.3	124	-	-
	GHARA DJEBILET 4	8.3	216	Réparation	-
		7.3	221,5	Marchandise générale	-
		7.3		Marchandise générale	-
		7.3	276		-
		7.3		Marchandise générale	-
		6.3	110		-
		8.6	300	Marchandise générale	1 184
		7.5			1 005
	BOLOGHINE 5	6.15	190		-
		9	556	Marchandise générale	4336
		9			2928
		7.3			2928
		7.3		Marchandise générale	4336
		9	145		-
		6	145	Marchandise générale	-
		7.3	360		3113
		7.3		Marchandise générale	3108
		5.8			3108
		6.3	207	Marchandise générale	-
		6.3		Marchandise générale	-
		8.7	398	Grain+Produits pétroliers	-
ZONE SUD	HADJAR 6	6.3	337		-
		6.3		TC	-
		9.3	304		-
	SKIKDA 7	9.3		Marchandise générale	2 587
		8		Huiles+Produits pétroliers	2 036
		6.2	173	Divers+Port Pétroliers	2 700
		7.3	435	TC+Pondéreux	-
		7.3		TC+Divers	-
		10.3		Pondéreux	-
		9.5	171	Barage+Pondéreux	-
		10.3	435	Céréales+ Huile	-
		8			-
		6	170	TCS + Huiles	-
	Port Pétrolier	10.3	610	Produits pétroliers	-
	Jetée Mustapha		560	Soutage	

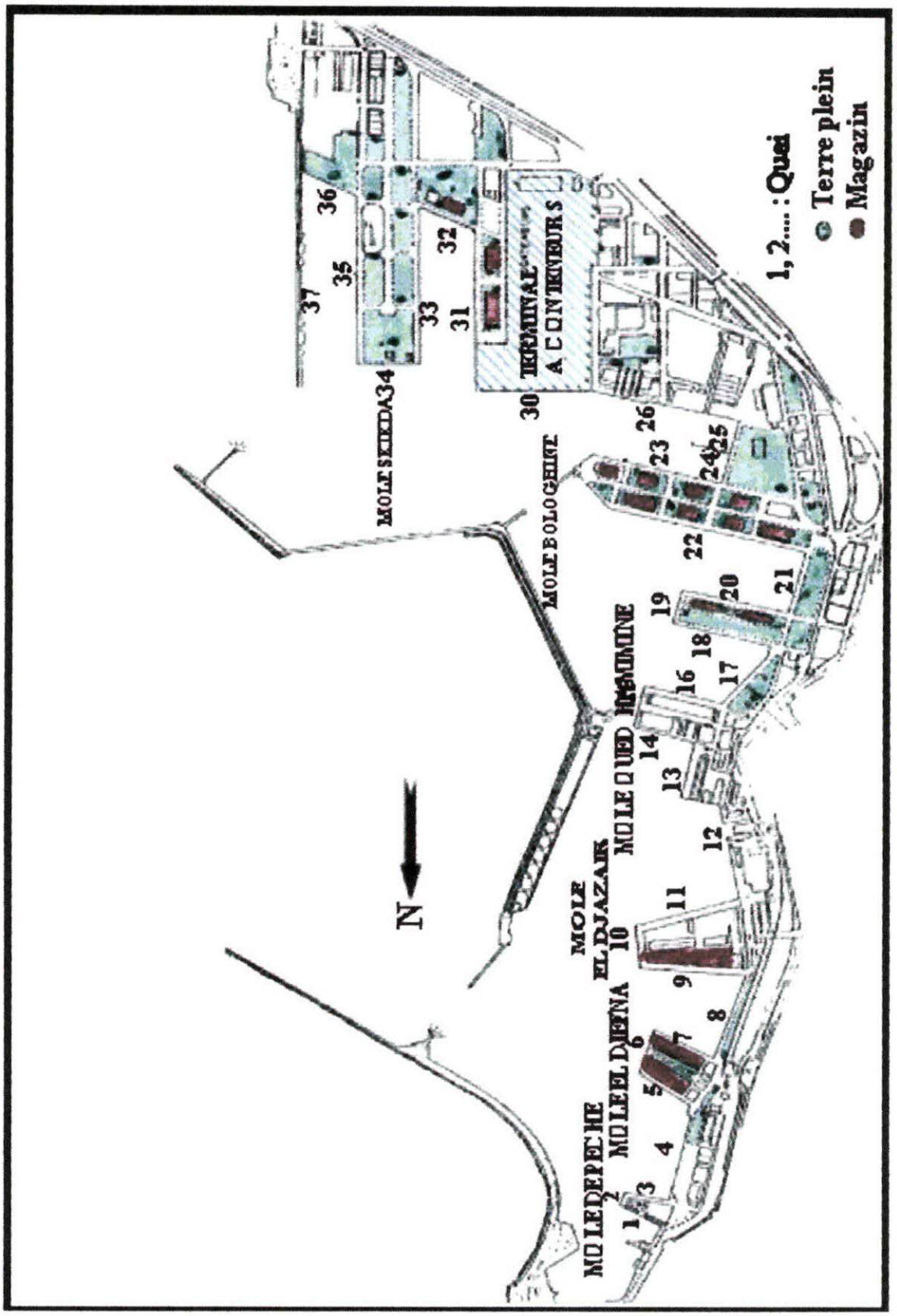


Figure n°02 : Plan de masse du port d'Alger
(Entreprise portuaire d'Alger)

I.3.4- Les rejets dans le port :

Les points de rejets d'eaux usées (urbaines et industrielles) sont au nombre de 25 ; Les plus importants sont : (Figure n°03).

- Emissaire pour les déchets NAFTAL et SONALGAZ au quai 26.
- Rejet de déchets d'hydrocarbures et l'usine huilière et la savonnerie (ENCGUPS) au niveau du quai 32.

Le reste des exutoires rejettent surtout les eaux usées d'origine urbaine (ville d'Alger et infrastructure portuaire).

La présence de tous ces rejets au niveau des bassins contribuera certainement à une très grande part du phénomène de pollution d'autant plus que le port est une zone semi fermée, ce qui empêche la dispersion des polluants.

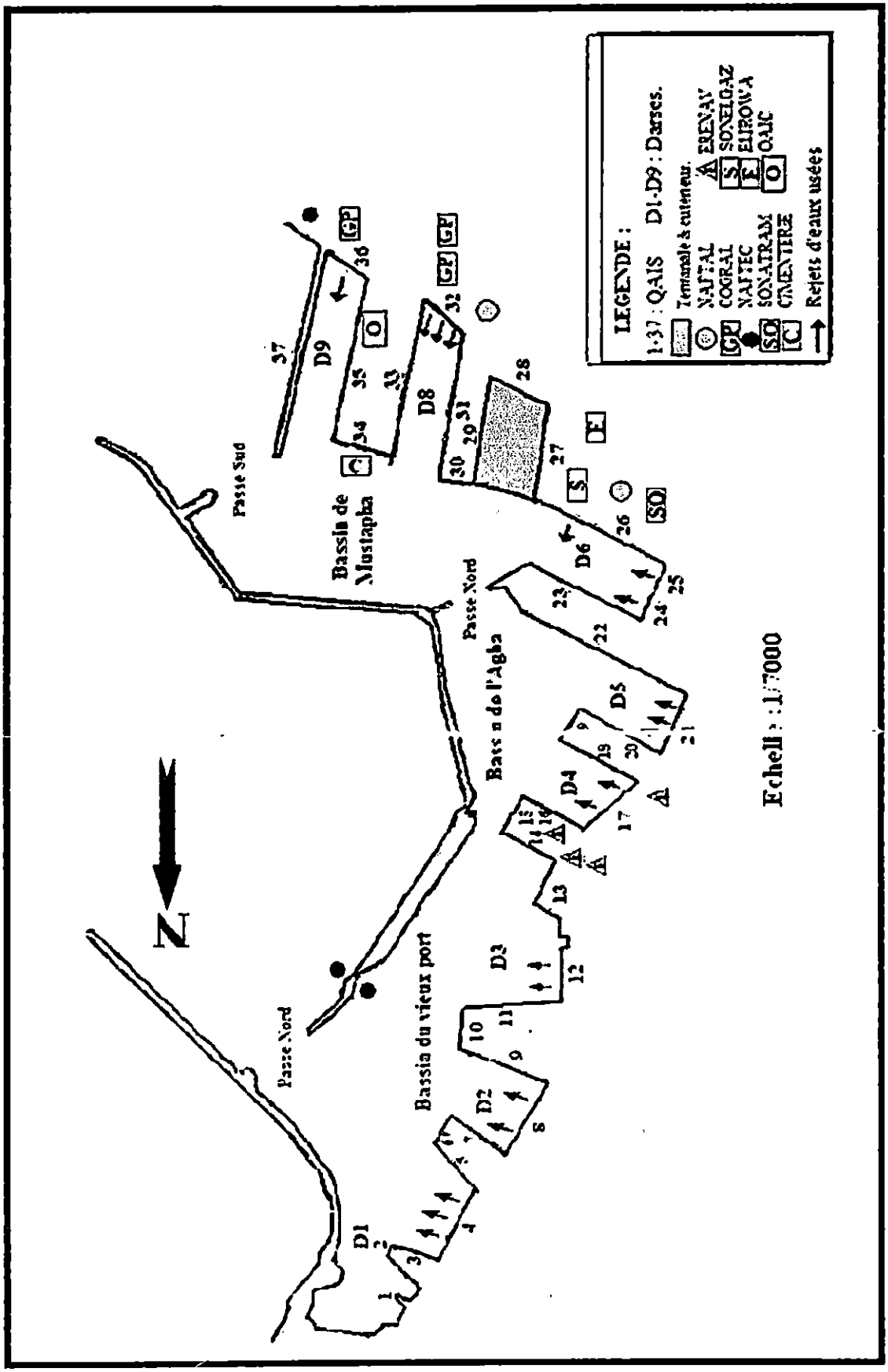


Figure n°03 : Localisation des unités industrielles et rejets.
(Port d'Alger)

II - Données météo-océanologiques :

II.1- Données météorologiques :

Comme toutes les zones littorales méditerranéennes, le port d'Alger bénéficie du climat sec et chaud en été, froid et humide en hiver.

II.1.1 - Température :

L'analyse des données de l' Office National de Météorologie (ONM) des températures de l'air pendant 10 ans (1995 à 2004) pour la station de DAR EL BEIDA et pendant trois ans pour la station du port d'Alger montrent les moyennes mensuelles et annuelles suivantes :

Tableau n°2 : moyennes mensuelles des températures

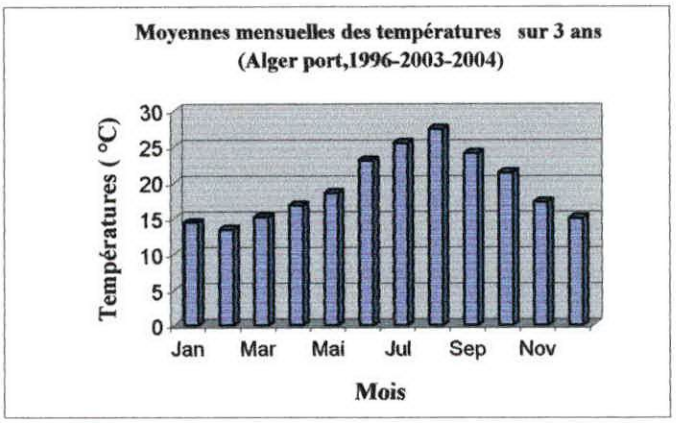
- Moyennes mensuelles des températures sur 10 ans (station de Dar El-Beida, 1995-2004)

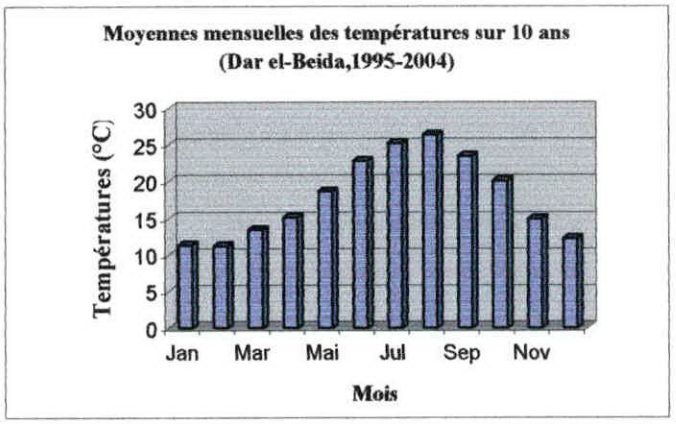
Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aôu	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
Moy,	11,37	11,21	13,46	15,17	18,66	22,82	25,18	26,34	23,47	20,07	14,98	12,24	17,92

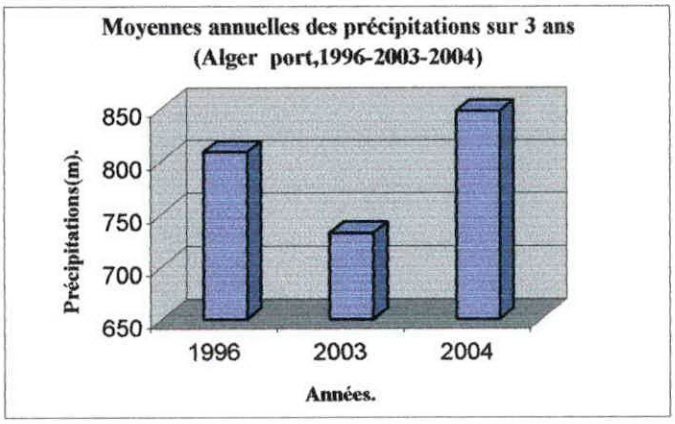
- Moyennes mensuelles des températures sur 3 ans (Alger port, 1996-2003-2004)

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aôu	Sep	Oct	Nov	Dec	Moy
Moy	14,4	13,4	15,2	16,8	18,53	23,06	25,5	27,4	24,06	21,4	17,3	15,06	19,34

La température moyenne maximale est enregistrée durant la période estivale (en août) pour les deux stations (26 à 27°C), et la température moyenne minimale est relevée en mois de février (11 à 14°C).







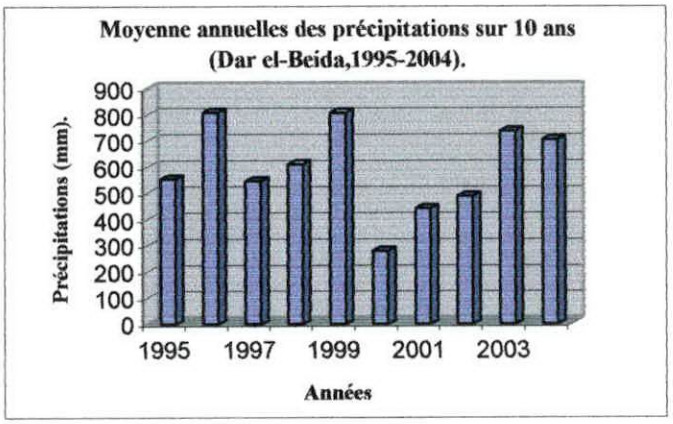


Figure n°04: Les histogrammes de précipitation et températures (Chibane.H ,Messar.K, Ben Aissa.N ;2006)

II.1.2- Précipitation :

Pour la station de Dar El Beida la moyenne annuelle de précipitation sur une période de 10 ans (1995-2004) est de 597.4 mm et au niveau du port sur une période de 3 ans (1996-2003-2004), elle est de 796mm (Figure n° 05).
Les années à fortes précipitations ont été 1996 et 2003.

Annuellement, deux épisodes pluviométriques sont mises en évidence (Tableau n°03) .
-Période pluvieuse : de Octobre à Mai avec le maximum en Janvier (808.mm)
-Période sèche : de Juin à Septembre avec le minimum de pluie en Juillet (280 mm)

Tableau n°03 : Moyennes annuelles des précipitations

- Moyennes annuelles des précipitations sur 10 ans (station de Dar El-Beida, 1995-2004

Année	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Moy.	554	808	545	610	807	280	441	488	736	705

- Moyennes annuelles des précipitations sur 3 ans (Alger port, 1996-2003-2004)

Année	1996	2003	2004
Moy	808	732	849

II.1.3 - Les vents :

Le vent est la composante horizontale du déplacement d'une masse d'air par rapport au sol. Les vents sont générateurs de vagues et de courants.

Le port se situant au pied du massif de Bouzaréah, les vents de direction Nord-Ouest, Ouest et Sud-Ouest ne l'affecteront pas ; quant aux vents de direction Nord, Nord-Est et Est, ils arrivent sans atténuation sur les ouvrages portuaires.

En absence de mesures de vent au niveau du site d'étude, nous avons utilisé les mesures relevées par l'U.S Naval Weather Service (USNWS) au large d'Alger sur la période de 1963 à 1970.
Nous relevons annuellement quatre directions qui dominent : Ouest, Est, Nord-Est et Sud-Ouest (Figure n° 06).

- **Roses des vents :**

L'étude des roses des vents fait ressortir quatre trimestres : (Figure n°06).

1-Trimestre hivernal :

Dominance de 2 directions ; Ouest et Sud-Ouest avec une fréquence d'apparition de l'ordre de 27.88 % et 16.84 %, par contre, les vents des autres directions ont une fréquence inférieure à 12 %.

2-Trimestre printanier :

Les vents Ouest et Sud-Ouest régressent durant le trimestre printanier et ont des fréquences d'apparition de 26.48 % pour l'Ouest et 13.69 % pour le Sud-Ouest. Les vents d'Est et Nord - Est sont plus fréquents qu'en hiver avec des fréquences de 15.22 % et 12.53 % respectivement.

3-Trimestre estival :

Dominance des vents Est et Nord-Est avec des fréquences de l'ordre de 24.66% et 25.31 % ; alors que les vents des autres directions sont moins fréquents.

4-Trimestre automnal :

Dominance des vents Est et Nord–Est avec des fréquences de l'ordre de 25,99% et 22,22% respectivement.

Interprétation semestrielle :

Dominance des vents Ouest et Sud-Ouest pour le semestre hivernal avec des fréquences de l'ordre de 27,17% et 15,27% et des périodes de calme qui représentent 6,26%.

Par ailleurs, le semestre estival est caractérisé par la dominance des vents Est et Nord-Est avec des fréquences de l'ordre de 25,31% et 23,76%, et des périodes de calme de 8,8% (Figure n°06).

Interprétation de la rose annuelle :

Annuellement, ce sont les vents des secteurs Ouest, Nord-Est et Est qui sont les plus fréquents (25%, 16,9%, 14,6%), tandis que les vents des autres secteurs ont des fréquences d'apparition inférieures à 10,50 %.
Les périodes de calme représentent 7% (Figure n° 05)

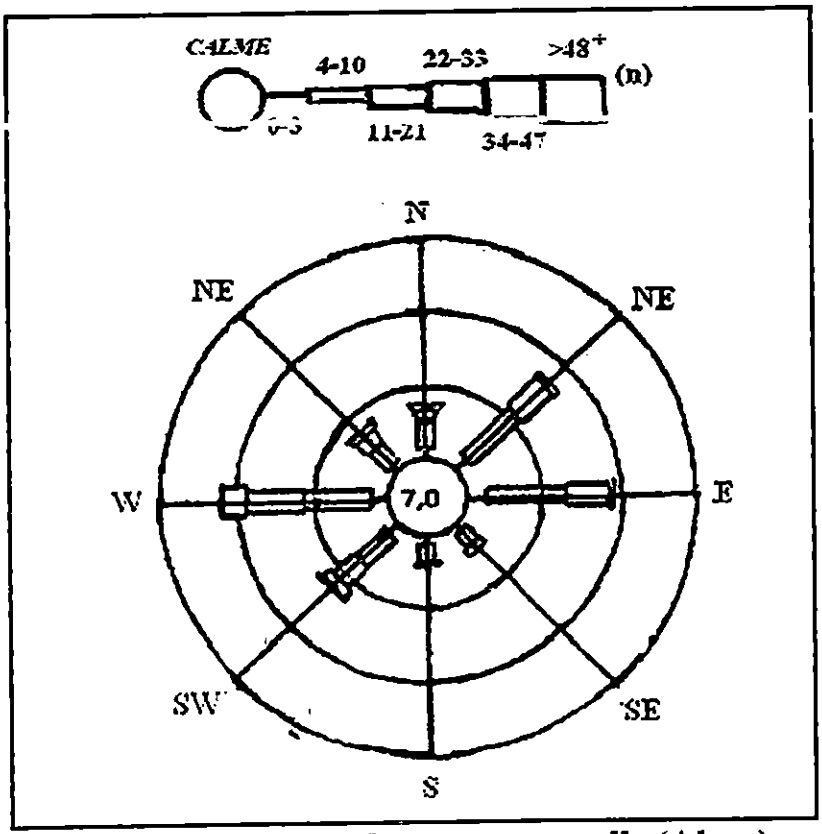


Figure n°05: Rose des vents annuelle.(Alger)

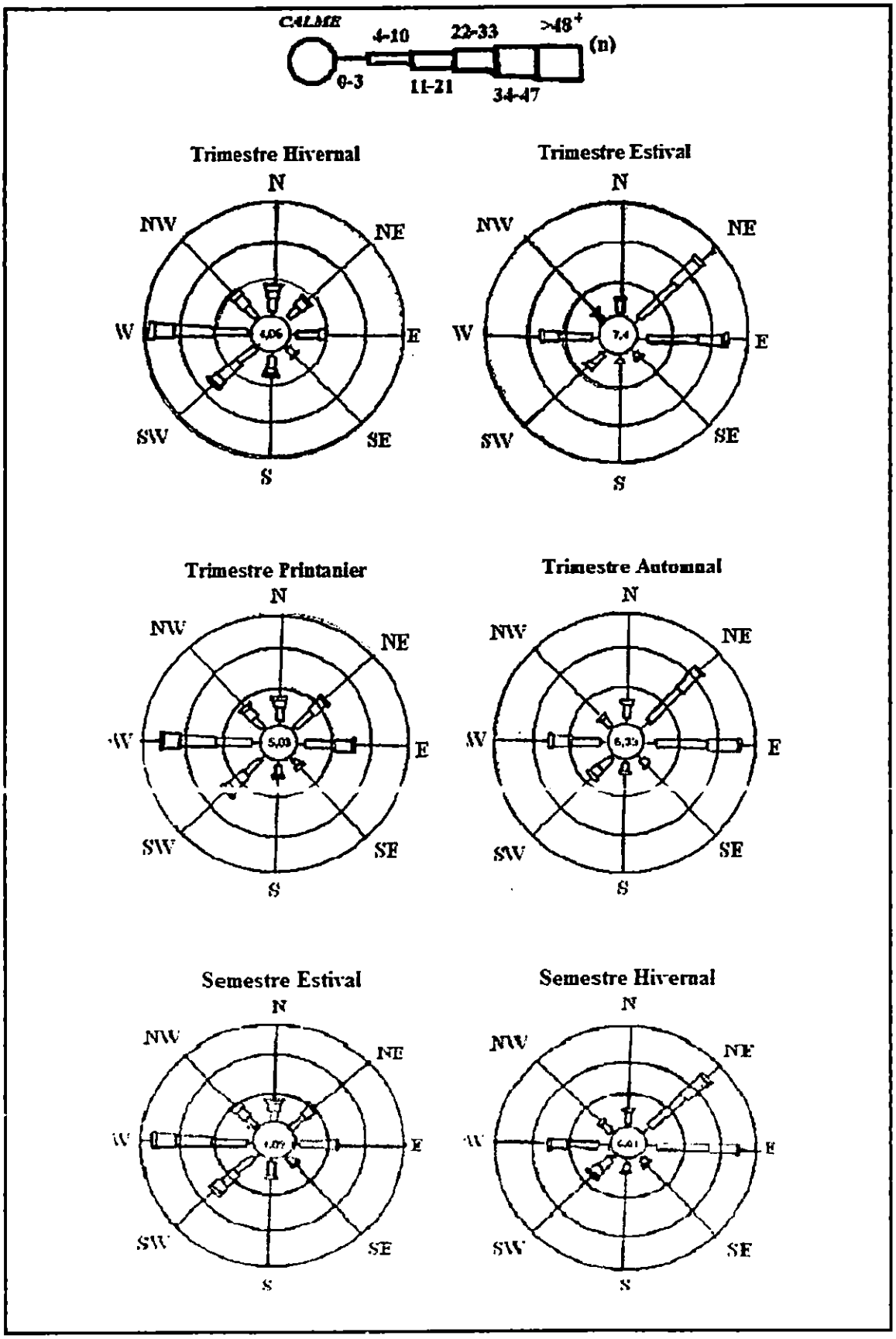


Figure n°06: Les roses des vents (Alger)

II.2-Données hydrodynamiques :

II.2.1- Les houles :

Les houles se présentent comme une oscillation simplifiée et périodique du plan d'eau, elles résultent de la propagation du champ de vagues.

La houle a été définie par Guilscher en 1979 comme un système de vagues plus ou moins régulier, dans lequel la hauteur est relativement faible par rapport à la longueur d'onde et qui se propage dans la mer hors de la présence du vent qui en a été la cause initiale.
Ce phénomène des houles s'observe pendant la période hivernale où un déferlement continu est entraîné par les tempêtes qui engendre des érosions importantes.

Les données de houle ont été déduites à partir de 23.000 observations faites au large de la baie d'Alger par l'Institut Météorologique Royal Néerlandais (I.M.R.N.) sur une période allant de 1961 à 1970 et de 1971 à 1980.

45.000 autres observations ont été enregistrées durant la période de 1963 à 1970 pour l'U.S Naval Weather Command (U.S.N.W.C.)

L'analyse de ces données montre que les houles de direction Ouest et Nord-Est sont les plus fréquentes avec 25,1% et 18,3% respectivement (Tableau n° 04).

Tableau n°04 : Fréquence d'apparition de la houle toutes amplitudes confondues. (d'après les données de l'USNWC, 1963-1970)

Mois	Directions			
	Nord-est	Nord	Nord-ouest	Ouest
Janvier	12,9	8,1	7,3	**28,8**
Février	10,3	8,8	5,6	**35,6**
Mars	12,6	11,3	9,2	**30,5**
Avril	15,4	11,7	10,2	**26,7**
Mai	**26,3**	8,2	6,2	13,9
Juin	**29,1**	9,2	4,2	16,4
Juillet	**32,5**	5,9	2	16,3
Août	**27,7**	8,8	4,9	13,4
Septembre	**26,4**	6,7	2,5	14,8
Octobre	14,1	7,8	6,8	**28,8**
Novembre	5,8	5,5	9,4	**40,4**

moyenne de 0,5 à 1 m) (LE CLAIRE, 1972).

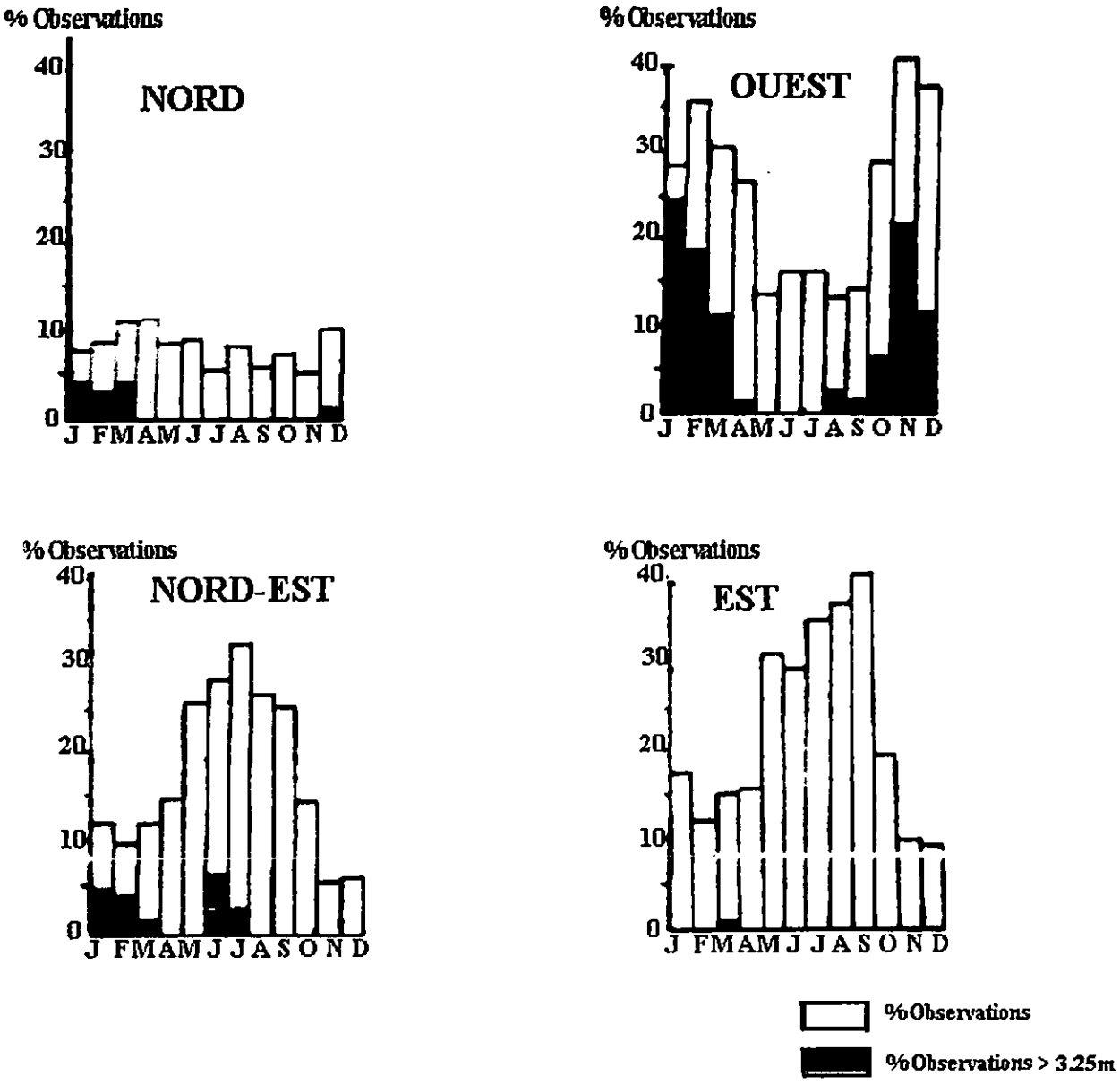


Figure n°07: Répartition mensuelle de la houle par directions et par mois (données U.S.N.M.C, 1963-1970)

Les histogrammes (Figure n°07) représentent la répartition mensuelle des fréquences d'apparition de la houle par direction et pour toute amplitude confondue.

1-Direction Ouest :

Les houles de direction Ouest sont les plus fréquentes et les plus puissantes en hiver et en été avec des amplitudes supérieures à 3,25m.
Mais en raison de la forme de la baie et de la configuration du port d'Alger, ces houles atteignent peu ou rarement celui-ci.

2-Direction Est et Nord-Est :

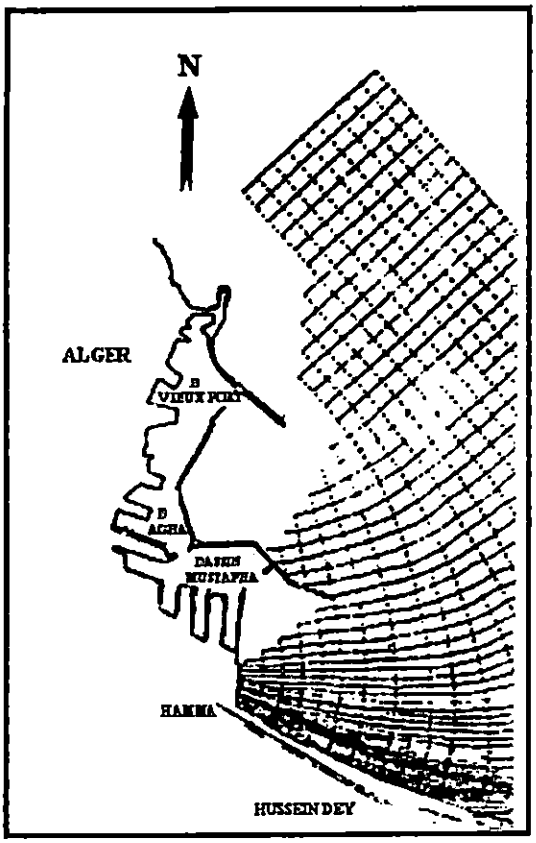
Les houles de direction Est et Nord-Est sont prédominantes surtout durant la saison estivale (mai à octobre). Leurs amplitudes sont moins fortes que les houles d'Ouest, néanmoins elles peuvent dépasser 3,25 m en certaines périodes de l'année.

3-Direction Nord :

La direction Nord, par contre est caractérisée par une répartition uniforme sur toute l'année avec des houles hivernales plus fréquentes et plus fortes, dont l'amplitude est supérieure à 3,25 m pour les mois de Décembre à Mars.

Le port d'Alger étant situé dans le secteur occidental de la baie, est protégé des houles venant de l'Ouest par le massif de Bouzaréah qui diffracte la houle et atténue son énergie.
Par ailleurs les houles de direction Nord et Nord-Est arrivent au port sans aucune modification (Figure n° 08).

Enfin, ce phénomène de houles s'observe surtout pendant la période hivernale où un déferlement continu est entraîné par les tempêtes et ce qui engendre des érosions dangereuses au niveau des jetées du port.



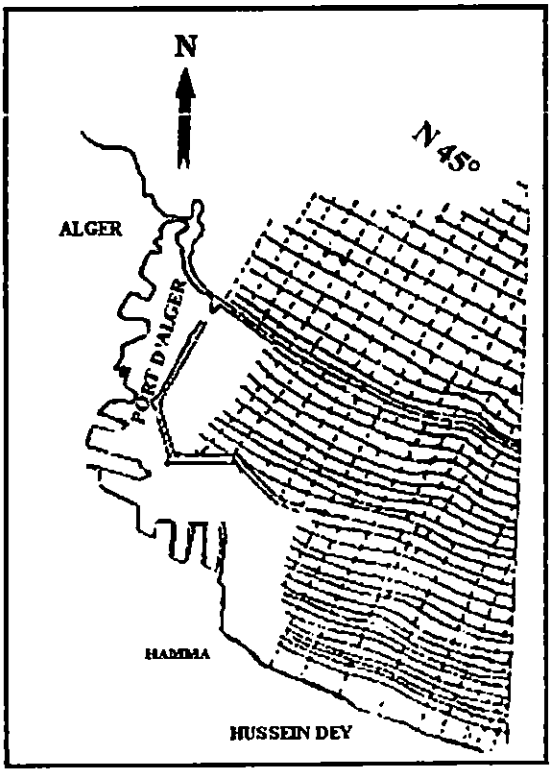
Pour une houle du Nord-Ouest
Saison hivernale ; période=9secondes

LEGENDE :
Longueur d'onde λ=200m

Orthogonales

Trains d'ondes

Echelle : 1 /20 000
0 1km



Pour une houle Nord-Est
Saison estivale ; période=6secondes

LEGENDE :
Longueur d'onde λ=130m

Orthogonales

Trains d'ondes

Echelle : 1 /60 000
0 1km

Figure n°08 : Plans de vagues théoriques touchant le port d'Alger (d'après Slimani et Taouataou, 1995)

II.2.2 - Les courants :

La circulation des eaux marines sur les côtes algériennes résulte du passage des eaux atlantiques par le détroit de Gibraltar. Cette circulation crée un courant d'Ouest nommée "le courant algérien"; qui, à chaque baie ou golfe rencontré change de direction et devient Est-Ouest.

Deux autres types de courants affectent le port :

2.1-Le courant de dérive littoral : Les houles à incidences obliques sont les génératrices de ce courant, mais il n'affectent le port que si les houles sont de direction Nord ou Nord-Est.

2.2-Le courant de retour : Il est induit par les houles à incidence frontale. Par sa grande énergie, ce courant cause d'énormes dommages à la côte et aux jetées portuaires en arrachant les sédiments pour les transporter vers le large.

Le port d'Alger est également affecté par le phénomène des seiches qui sont des oscillations de longues périodes pouvant atteindre 3 mn. Ces seiches sont le résultat du groupement des houles hors de leur propagation du large jusqu'au musoir du port.

II.2.3 - Circulation des eaux dans le port :

L'étude des travaux de REBZANI ZAHAF (1990) a révélé l'existence d'une circulation des eaux dans le port d'Alger par les deux passes nord et sud.

Les eaux circulent dans les bassins du Nord au Sud et du Sud au Nord, la circulation est plus intense dans le vieux port contrairement aux deux autres bassins Mustapha et Agha (Figure n° 09)

II.2.4 - Variation du niveau du plan d'eau :

Le phénomène de la marée est très faible sur les côtes algériennes, il ne dépasse pas les 20 cm.

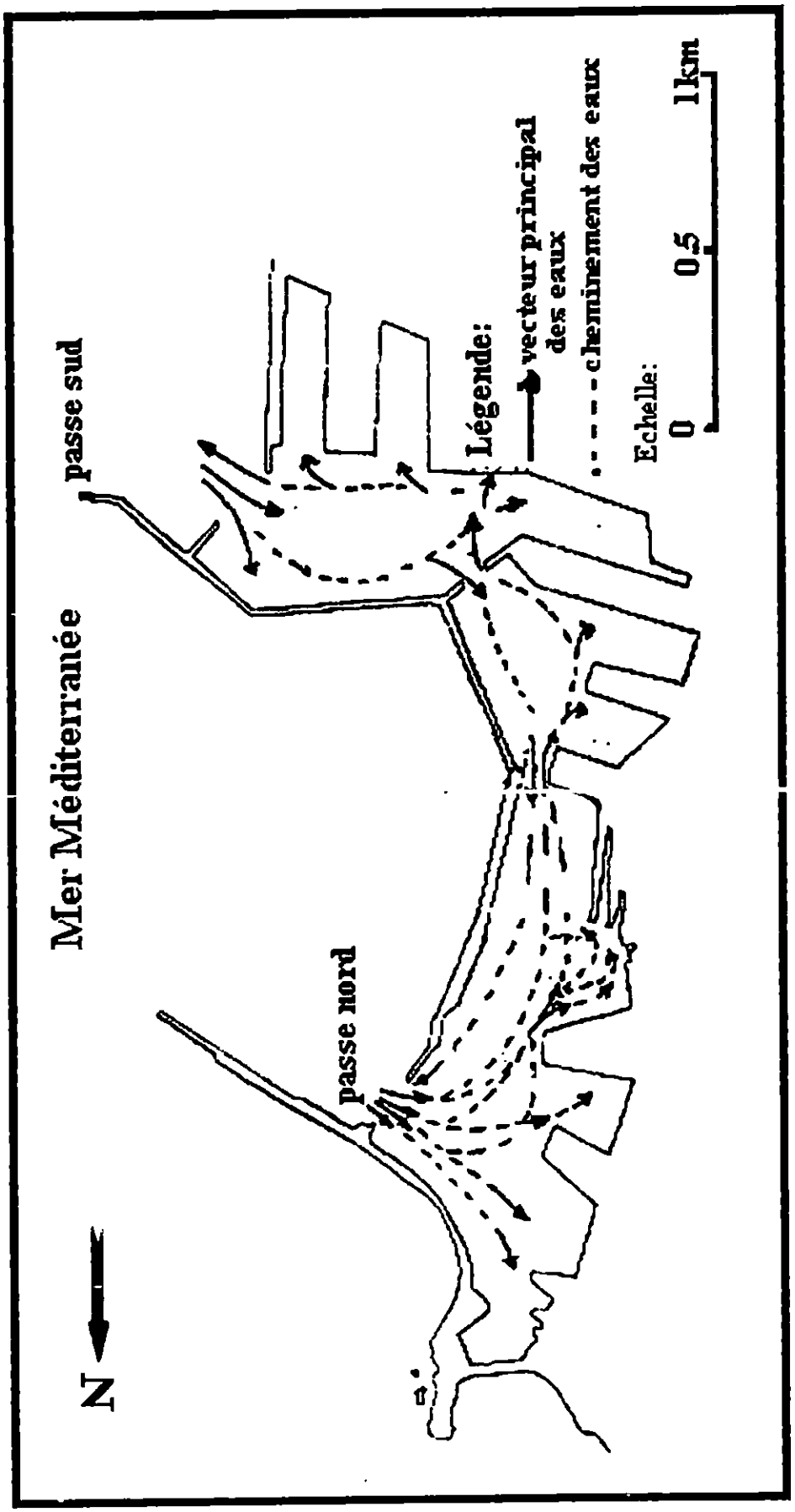


Figure n°09 : Circulation des eaux dans le port d'Alger (REBZANI - ZAHAF, 1990)

Chapitre II :
Matériels et méthodes

I- Travail sur terrain :

I.1- Etablissement d'une base topographique :

Par cheminement à l'aide de deux théodolites et d'une mire, des stations topographiques ont étés implantées le long des jetées du port d'Alger, espacées de 25 m les unes des autres.
Quelques stations ont étés aussi implantées dans certaines darses lorsque cela était possible (bateaux à quais).
Ces stations serviront d'emplacement pour les théodolites chargés du positionnement lors des campagnes d'échantillonnages et de sondages bathymétriques (Figure n°11).

I.2- Campagnes d'échantillonnages :

I.2.1- Bathymétrie :

Une campagne bathymétrique et des prélèvements de sédiments superficiels ont été effectués dans port d'Alger au cours d'une mission de terrain du 15 Avril au 18 Mai ; le travail en mer a été réalisé en utilisant une embarcation appartenant au port.

Les sondages effectués dans le cadre de la campagne bathymétrique se sont fait à l'aide d'un écho-sondeur de type FURUNO FE 6300 ; suivant 75 profils perpondiculaires aux jetées et 33 autres dans les différentes darses, à partir de ces profils, il a été réalisé une carte des points de sondes au 1/5000^{éme} (Figure n°14).

I.2.2- Sédimentologie :

Lors de la compagne sédimentologique, il a été prélevé 140 échantillons de sédiments superficiels à la benne preneuse de type « Van-Veen » selon des radiales au niveau des différents bassins et darses (Figure n°16).

Les échantillons de sédiments prélevés sont en majorité vaseux, visqueux et noirâtres certains présentent une odeur fétide.

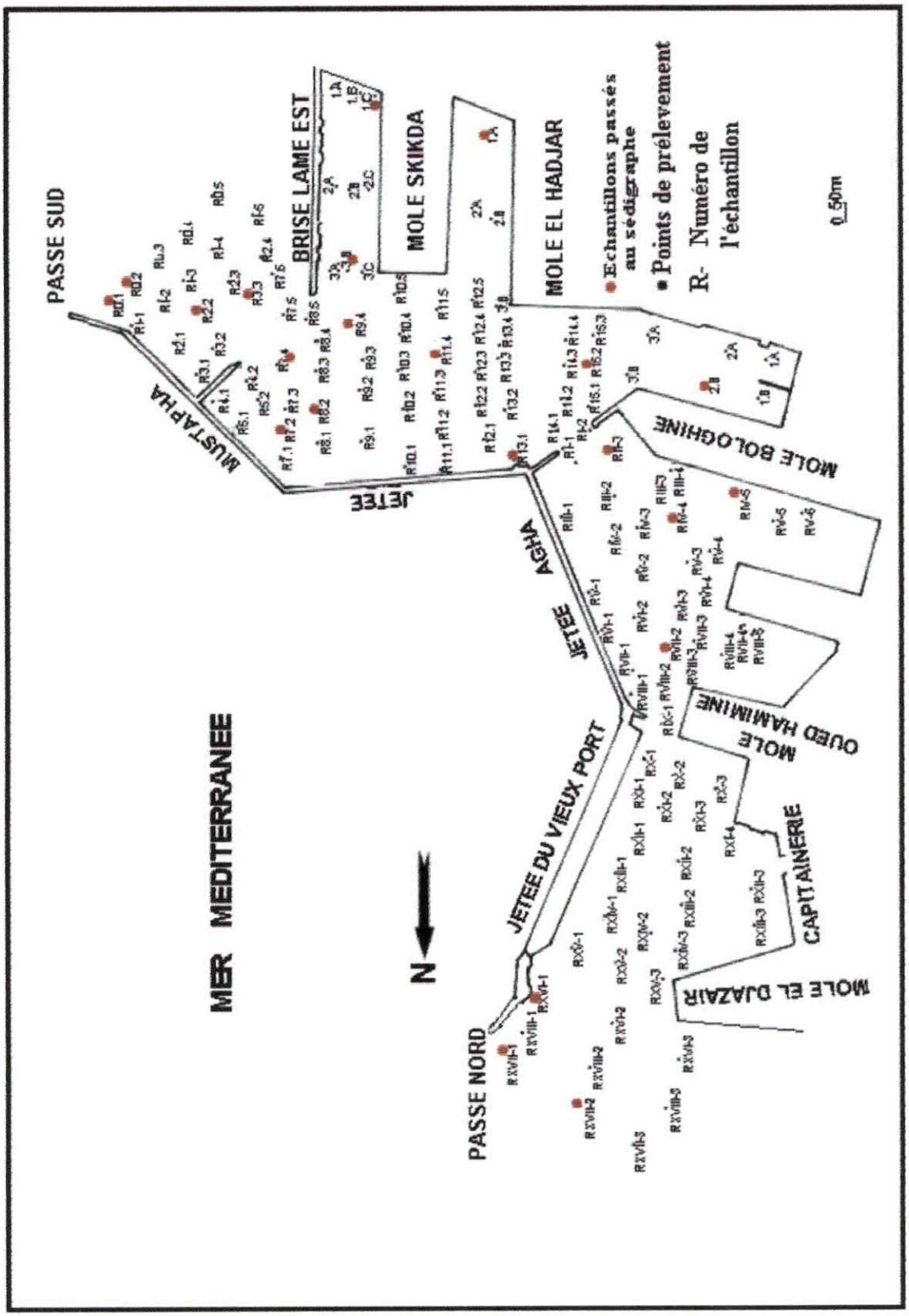


Figure n°10 : Plan de positionnement des prélèvements superficiels du port d'Alger(Chibane.H ,Messar.K, Ben Aissa.N ;2006)

II- Etude au laboratoire :

II.1- Analyse bathymétrique :

La bathymétrie est la technique de mesure des profondeurs : elle permet de décrire le relief sous marin et de tracer des cartes bathymétriques dont la précision dépend du choix des appareils et de la densité de maillage des profils.

L'écho-sondeur fournit des données sur la profondeur; permet de déterminer l'épaisseur de la tranche d'eau par l'émission continue d'une courte impulsion sonore qui se réfléchit sur le fond. Les enregistrements sont ensuite dépouillés au laboratoire.
La profondeur **H** est donnée :

$$H = v.t/2$$

v : vitesse du son dans l'eau
t : intervalle de temps entre l'impulsion émise et l'écho reçu

II.2 – Etude sédimentologique :

L'étude sédimentologique permet de connaître la qualité du sédiment dans la zone d'étude selon une analyse sédimentologique suivant un protocole bien précis :

- Choix de la quantité du sédiment à analyser suivant la relation :
  $200D<P<6000$, D : diamètre du grain (mm)
  P : poids de l'échantillon (g)
- Séparation en deux classes granulométriques sur un tamis de 40 µm par voie humide (sous un courant d'eau).
- Traitement spécifique à chaque fraction obtenue (Berthois,1975).

II.2.1-Technique d'analyse de la fraction lutitique :

L'analyse granulométrique de la fraction lutitique a été réalisée au sédigraphe 5000.ET-Coultronics, sur des échantillons contenant plus de 80% de lutites.
La technique du sédigraphe est basée sur l'évaluation de la vitesse de chute des particules dans une suspension selon la loi de STOCKES.

Cette analyse se fait sur 1 g de sédiment préalablement attaqué à l'eau oxygénée à 30 V, lavé à l'eau distillée et agité pendant 2 à 3 mn dans une cuve à ultra son puis défloculé par l'adjonction d'une solution de pyrophosphate de soude à $1/1000^{éme}$.
La suspension ainsi traitée est placée dans une petite cellule au sein du sédigraphe.

L'enregistrement se fait par l'atténuation d'un faisceau de rayon X qui traverse la suspension Les courbes cumulatives semi-logarithmiques obtenues nous permettent de définir la proportion relative de divers stocks granulométriques qui composent cette fraction.

Cette manipulation permet d'obtenir des résultats sous forme de dispersion en pourcentage cumulés, sur un repère semi-logarithmique.

Les courbes cumulatives obtenues de la fraction lutitique (Figure n°18) montrent qu'un échantillon est constitué d'un mélange de trois ensembles de particules dont la nature, la taille et le comportement hydraulique sont différents.

- Les silts "grossiers" : fraction comprise entre 40 et 10 µm.
- Les silts "fins" : fraction comprise entre 10 et 2 µm.
- Les colloïdes "argile" : fraction inférieure à 2 µm.

II.2-2- Analyse granulométrique :

L'analyse permet de tracer les histogrammes de fréquences et les courbes cumulatives pour en déduire les différents paramètres et indices granulométriques.

➢ Courbes Cumulatives :

Elles sont tracées à partir du pourcentage cumulé en fonction de la taille des particules (µm) ; sur papier semi-logarithmique.Ces courbes vont servir pour tirer les différentes teneurs des classes granulométriques et les paramètres utilisées pour le calcul des indices caractérisants un sédiment.

➢ Histogrammes de fréquences :

➢

Les dimensions des mailles des tamis utilisées sont portées en abscisse et le pourcentage des refus en ordonnée.
Ces histogrammes serviront à la visualisation des différents stocks sédimentaires constitutifs et les classes granulométriques dominantes.

➢ Les indices granulométriques :

A partir des paramètres déduits de la courbe granulométrique :
- quartiles : Q_1 (25%), Q_2 (50%), Q_3 (75%) ; on calcule les indices suivants :

-Indice de classement (Sorting de Trask) :

Il met en évidence le triage du sédiment; sa formule est :

$$S_0 = (Q_3/Q_1)^{1/2}$$

-Indice d'Asymétrie ou Skewness (Sk) :

Il montre la prépondérance ou non de particules fines ou grossières par rapport à la taille moyenne de l'échantillon.

$$Sk = Q_1 * Q_3 / Q_2^2$$

SK=1 ; Symétrie de l'échantillon.
SK>1 ; Asymétrie vers les grandes tailles.
SK<1 ; Asymétrie vers les petites tailles.

-Taille moyenne (TM) :

C'est la dimension moyenne des grains au sens arithmétique du terme, (Folk and Ward).

$$TM = \frac{p\Phi 16 + p\Phi 50 + p\Phi 84}{3}$$

II.2. 3- Carbonates :

Le taux de carbonates dans le sédiment est déterminé par décalcification à l'HCl des échantillons.
La différence entre le poids initial avant et après décalcification nous donne le poids de carbonates.

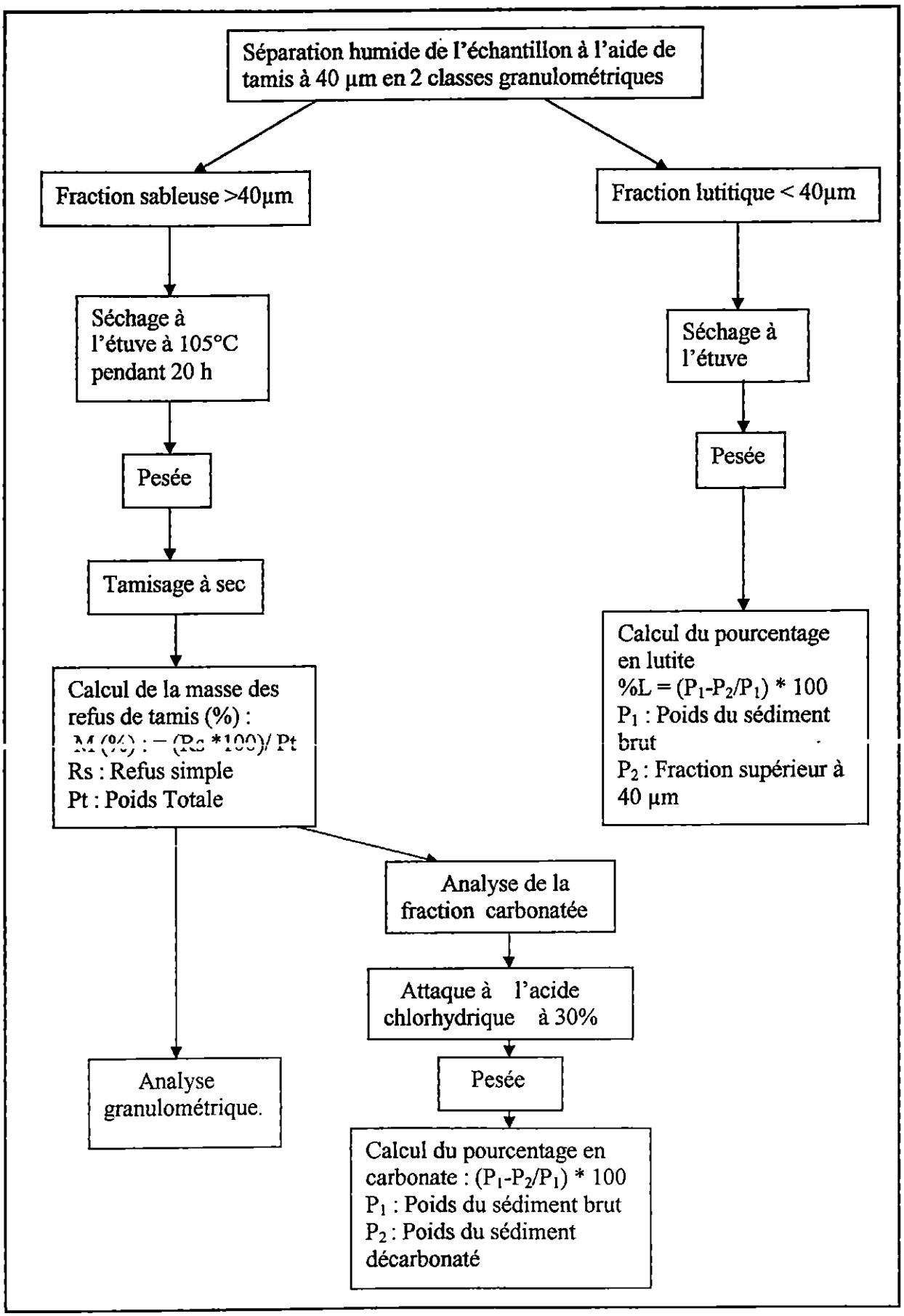


Figure n° 11 : Mode opératoire de l'analyse du sédiment brut

Chapitre III :
Résultats et intérprétations

I. Bathymétrie :

I.1- Description de la morphologie du fond :

- **Bassin du vieux port :**

Les profondeurs dans ce bassin varient entre -2m et -19m, les plus faibles d'entre elles sont relevées le long de la jetée du vieux port, et au niveau de la capitainerie (-2m). Ces profondeurs évoluent suivant un gradient croissant à partir du môle Al Djefna et du môle El Djazaïr vers la passe Nord (avec une pente relativement douce allant jusqu'à -19m).
Ce dernier sert d'accès aux navires à grand tirant d'eau, les profondeurs moyennes varient de -12m à -17m.

- **Bassin Agha :**

Les profondeurs varient entre -12m et -5m, les plus importantes sont situées au centre du bassin entre -10m et -12m et diminuent progressivement en allant vers les darses et la jetée Agha atteignant les -9m.

- **Bassin Mustapha :**

Les profondeurs dans le bassin Mustapha sont comprises entre -2m et -16m. L'essentiel des profondeurs est compris entre –11m et –15 m (Figure n°14).

Au niveau de la passe Sud, l'espacement des isobathes est régulier, les profondeurs augmentent progressivement de -6m à -14m à partir du brise-lames Est jusqu'à la passe Sud, où elles sont plus importantes (-16m au niveau du chenal de navigation).

Le long de la jetée Mustapha, les isobathes sont serrées (-14m à -2m), quant à l'intérieur du bassin, les profondeurs varient peu de -11m à -15m.

Notons la présence d'un haut fond à -5.7m à l'intérieur de la darse III ainsi qu'une irrégularité des profondeurs qui est probablement due aux plusieurs travaux de dragages entrepris dans cette darse.

Le port d'Alger est constitué de trois bassins dont la bathymétrie est plus au moins différente avec un maximum des profondeurs dans le bassin du vieux port et le bassin Mustapha .Le bassin Agha est le moins profond des trois (Figure n°15).

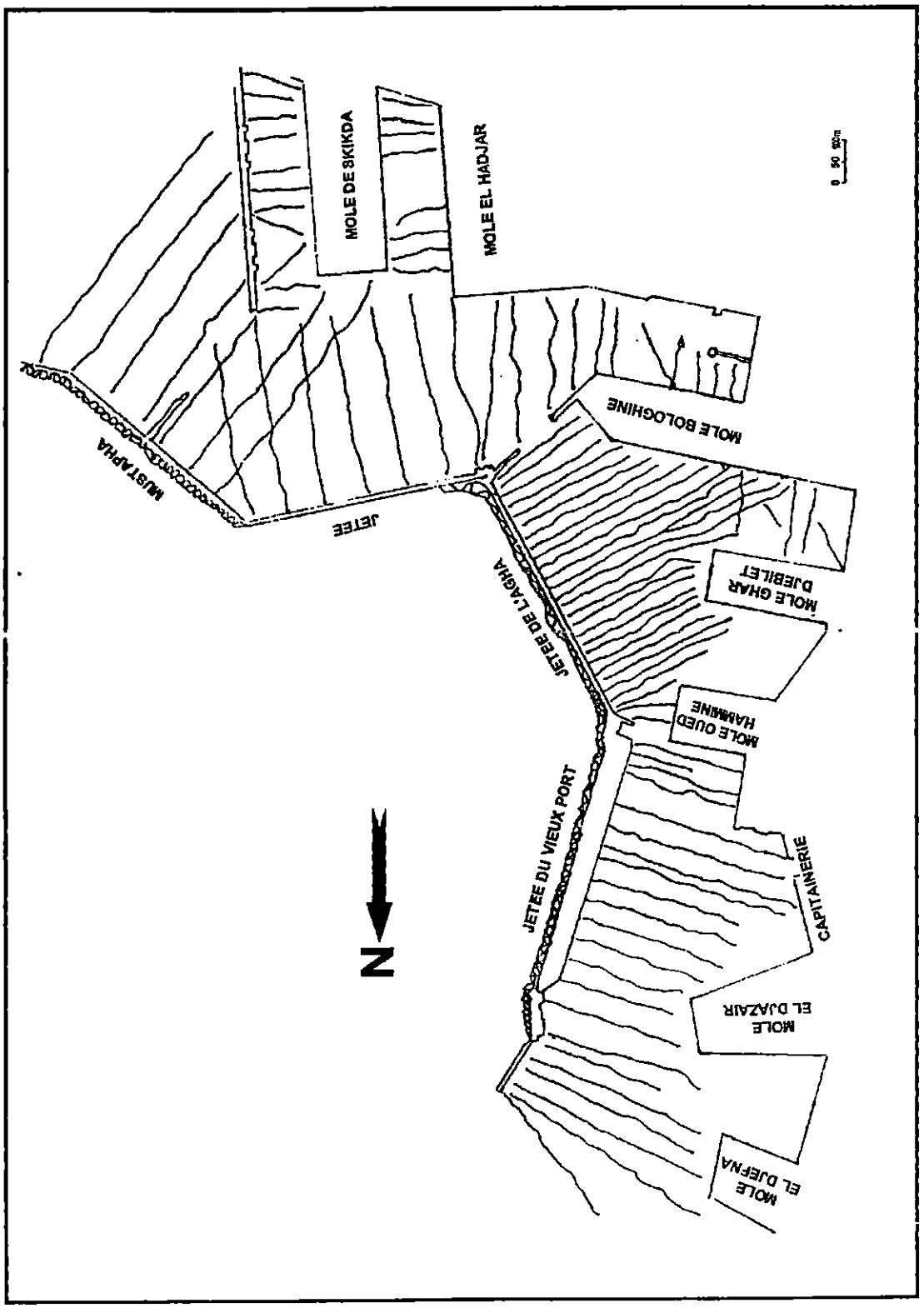


Figure n°12 : Plan de positionnement des profils bathymétriques (Chibane.H ,Messar.K, Ben Aissa.N ;2006)

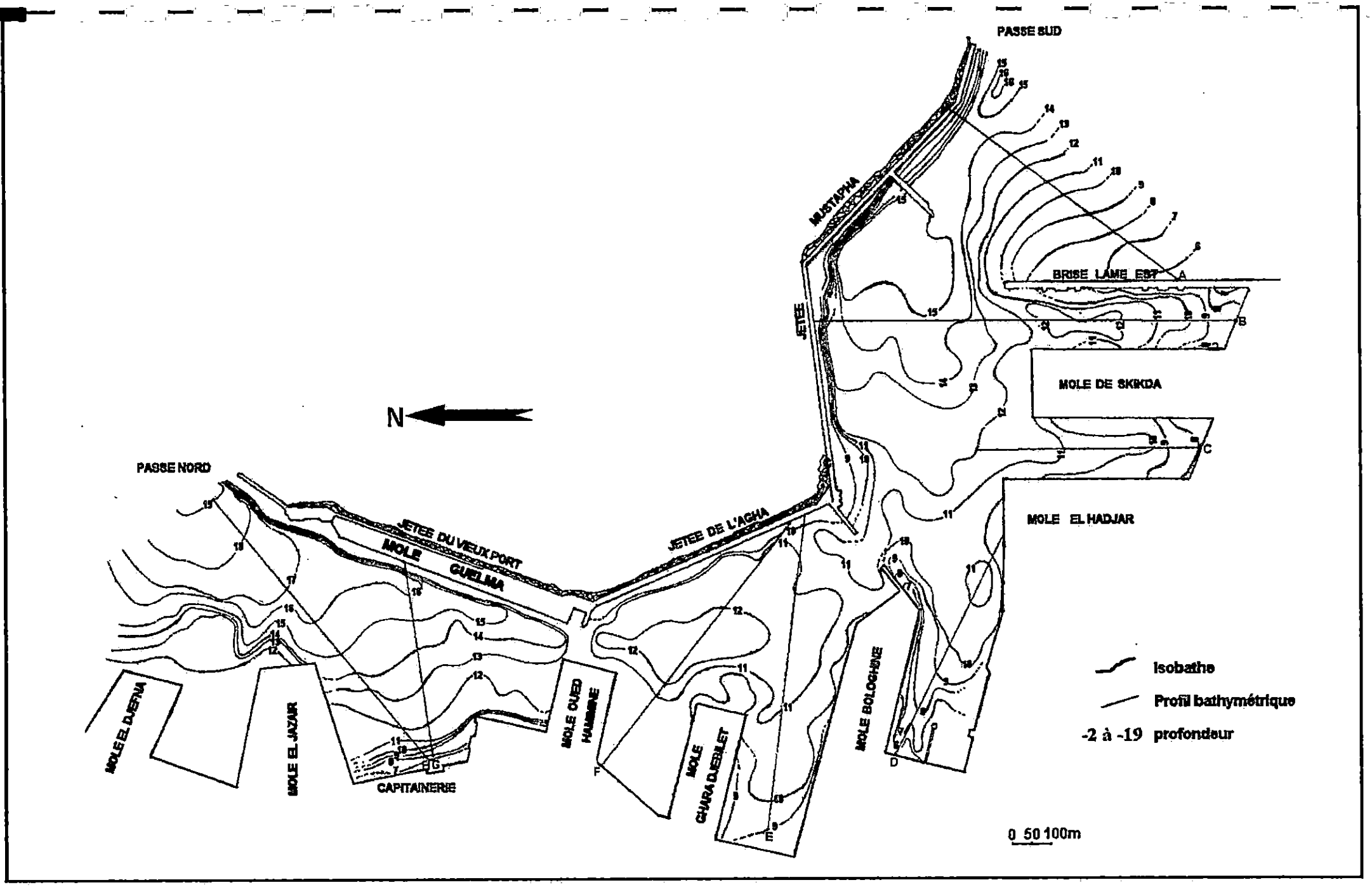


Figure n° 15:Carte bathymétrique du port d'Alger
(CHIBANE.H ,MESSAR.K, BEN AISSA.N ;2006)

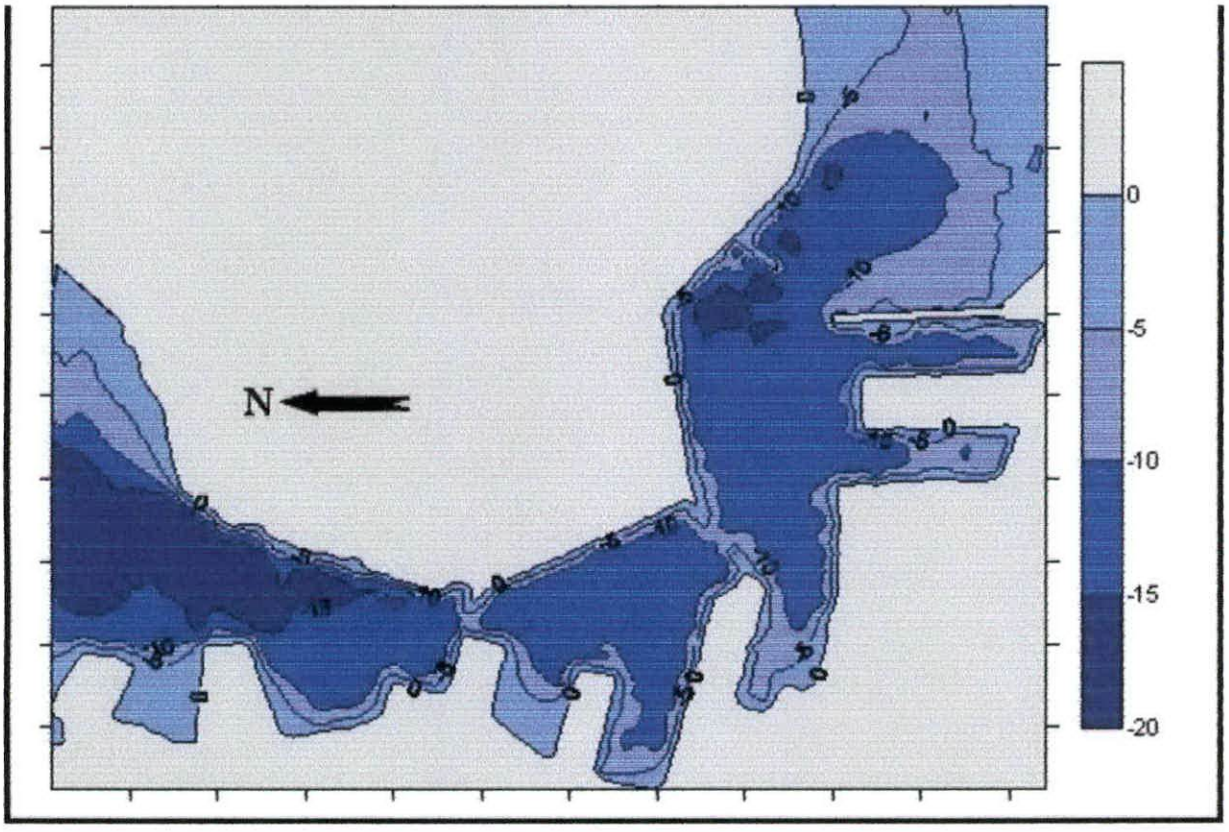


Figure n°13 : Carte bathymétrique du port d'Alger (Chibane.H, Messar.K, Ben Aissa.N; 2006)

I.2- Description des profils bathymétriques :

Des profils bathymétriques au nombre de huit ont été tracés sur la carte bathymétrique du port d'Alger.

Profil A :

Ce profil d'une longueur de 762m montre une pente faible jusqu'à la profondeur de –6m à proximité de la jetée Mustapha, suivi d'une rupture de pente où la profondeur atteint –14m. Les profondeurs diminuent progressivement en pente assez régulière jusqu' au brise-lames Est.

Profil B :

Ce profil d'une longueur de 1131m montre une pente raide au niveau de la jetée Mustapha et qui atteint rapidement la profondeur de –10m. Ce profil présente un plateau régulier de 800 m de longueur au centre du bassin, ensuite les profondeurs diminuent brusquement jusqu'au niveau de la jetée Mustapha.

Profil C :

Ce profil, d'une profondeur de -12m et d'une longueur de 669m, montre une pente douce du centre vers l'intérieur de la darse où les profondeurs diminuent progressivement.

Profil D :

Ce profil d'une longueur de 731m présente une pente raide jusqu'à –11m suivi d'un plateau. Les profondeurs diminuent régulièrement de –10 à –4 m vers l'intérieur de la darse III.

Profil E :

Ce profil d'une longueur de 919m montre une pente raide jusqu'à –11m suivi d'un plateau d'une longueur de 300m.

Profil F :

Ce profil d'une longueur de 894m montre une pente raide jusqu'à –10m suivi d'un plateau de 500m, puis une diminution plus ou moins rapide des profondeurs vers la jetée Agha.

Profil G :

Ce profil d'une longueur de 612m montre une pente raide jusqu'à –14m avec présence d'un plateau de pente douce, puis diminution régulière des profondeurs en s'approchant de la capitainerie.

Profil H :

Ce profil, de -19m de profondeur et de 624m de longueur, montre une diminution linéaire des profondeurs de la passe nord vers la capitainerie.

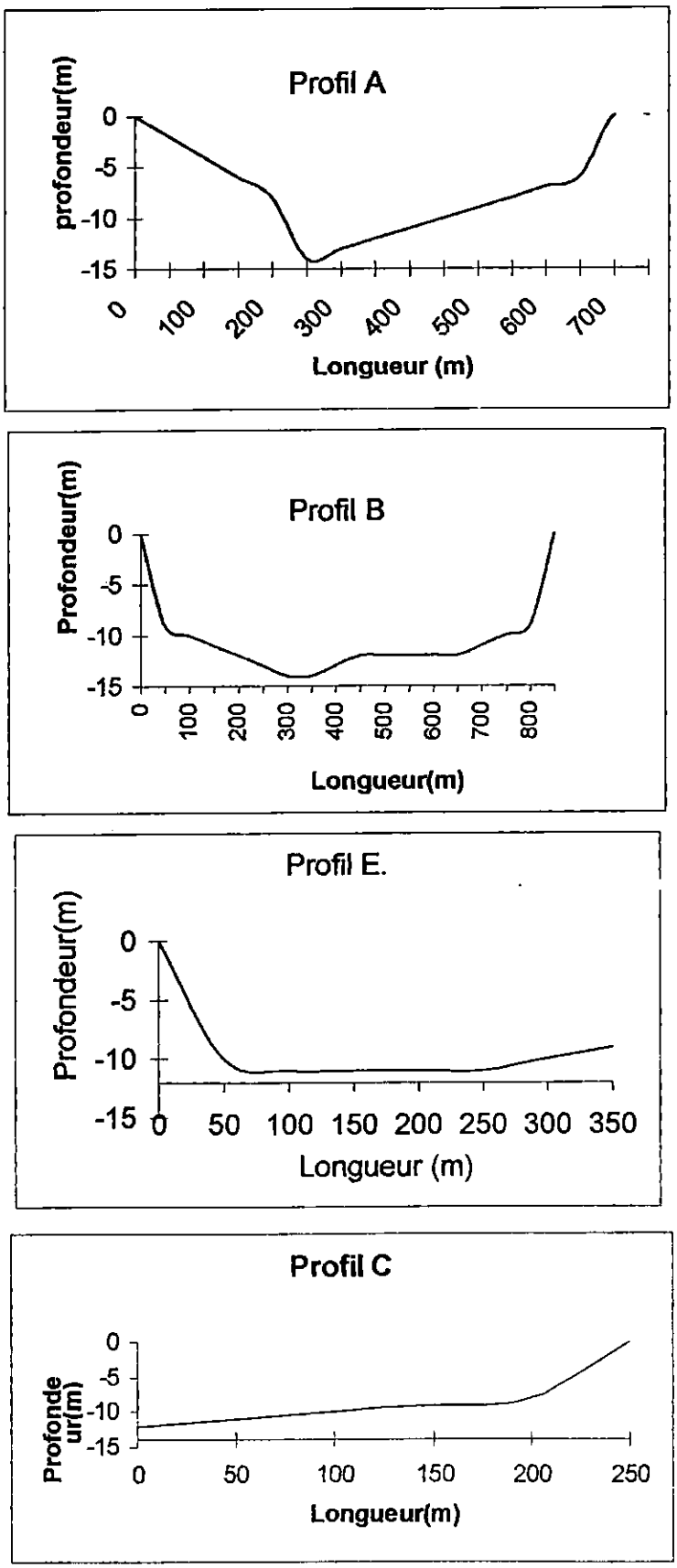


Figure n°16 : Profils bathymétriques au niveau du bassin Mustapha (Chibane.H, Messar.K, Ben Aissa.N; 2006)

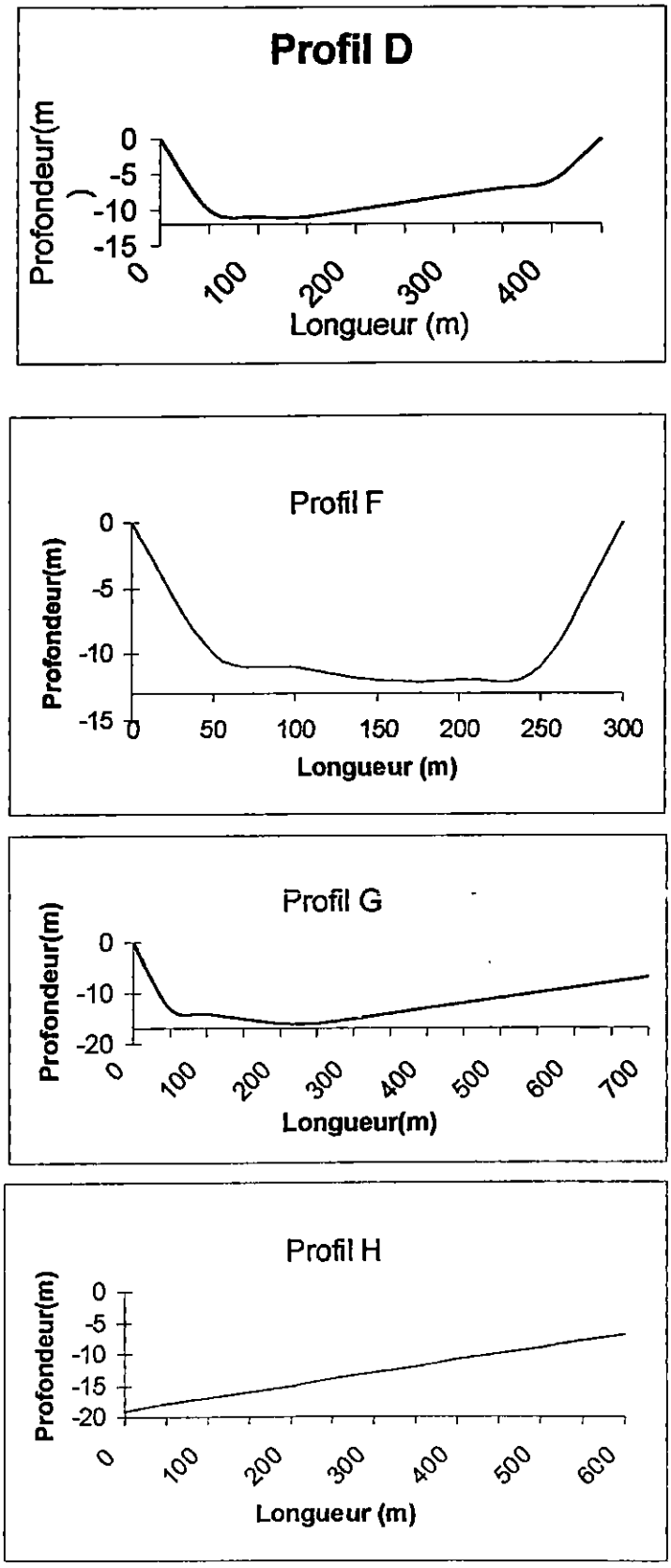


Figure n°17: Profils bathymétriques au niveau des bassins Agha et vieux port (Chibane.H, Messar.K, Ben Aissa.N; 2006)

II- Sédimentologie :

II-1 Etude de la fraction lutitique :

II.1.1-Teneurs en lutites :

Les échantillons traités montrent des teneurs en pourcentages des lutites qui varient de 38 à 98%. Toutefois les teneurs supérieures à 90% sont les plus représentatives (Tableau n°05).

Tableau n°05 : Pourcentage des teneurs en lutites dans le port d'Alger (Chibane.H, Messar.K, Ben Aissa.N; 2006)

N° Echantillon	%Lutites	N° Echantillon	% Lutites	N° Echantillon	% Lutites	N° Echantillon	% Lutites
R15-1	85,02	R8-4	94,03	BI-2C	12,82	RV-6	77,93
R15-2	62,04	R8-5	91,56	BI-3A	85,44	RVII-1	90,7
R15-3	70,45	R7-1	97,2	BI-3B	87,21	RVII-2	67,73
R14-1	85,24	R7-2	96,02	BI-3C	7,23	RVII-3	79,33
R14-2	79,28	R7-3	96,75	BII-1A	80,7	RVII-4	73,15
R14-3	72,84	R7-4	93,39	BII-2A	86,17	RVIII-1	84,87
R14-4	78,34	R7-5	91,7	BII-2B	67,54	RVIII-2	76,81
R13-1	91,37	R7-6	70,31	BII-3A	89,08	RVI-1	90,74
R13-2	87,14	R5-1	94,35	BII-3B	86,64	RVI-2	81,7
R13-3	91,48	R5-2	96,04	BIII-1A	87,65	RVI-3	68,75
R13-4	91,55	R4-1	94,87	BIII-1B	76,69	RVI-4	69,8
R12-1	89,89	R4-2	96,12	BIII-2A	84,38	RVIII-3	62,85
R12-2	91,72	R3-2	90,16	BIII-2B	92,16	RVIII-4	69,59
R12-3	92,37	R3-3	72,2	BIII-3A	82,62	RVIII-5	78,1
R12-4	83,68	R2-1	93,98	BIII-3B	90,72	RIX-1	14,26
R11-1	96,21	R2-2	87,53	RI-1	89,37	RX-1	87,85
R11-2	94,11	R2-3	78,13	RI-2	80,51	RX-2	81,59
R11-3	92,49	R2-4	38,03	RII-2	93,13	RX-3	88,69
R11-4	8,22	R1-2	86,17	RII-3	85,63	RXI-1	91,99
R11-5	92,1	R1-3	82,99	RIII-1	95,9	RXI-2	84,42
R10-1	94,76	R1-4	68,57	RIII-2	91,39	RXI-3	1,49
R10-2	92,78	R1-5	61,21	RIII-3	36,35	RXI-4	78,38
R10-3	83,88	R0-1	60,7	RIII-4	49,08	RXII-1	79,47
R10-4	95,97	R0-2	78,11	RIV-2	88,89	RXII-2	40,27
R10-5	93,55	R0-3	85,56	RIV-3	71,47	RXII-3	57,66
R9-1	97,09	R0-4	78,79	RIV-4	21,42	RXIII-1	79,83
R9-2	92,94	R0-5	78,18	RIV-5	62,92	RXIII-2	82,87
R9-3	93,36	BI-1A	61,75	RV-1	91,94	RXIII-3	56,2
R9-4	95,2	BI-1B	74,56	RV-2	77,69	RXIV-1	75,19
R8-1	94,19	BI-1C	75,14	RV-3	58,56	RXIV-2	63,77
R8-2	94,22	BI-2A	83,74	RV-4	55,32	RXIV-3	59,9
R8-3	83,92	BI-2B	67,03	RV-5	47,79		

II.1.2- Répartition des lutites :

- **Bassin vieux port :**

Les teneurs en pourcentages des lutites sont très élevées au sein de ce bassin, mais dépassent rarement les 90%, effectivement elles varient entre 21,26% à 93,47%.
Le taux en lutites montre dans un premier temps un gradient décroissant à partir de l'extrémité du môle de Guelma avec plus de 90% et diminue au fur et à mesure que l'on s'approche de la capitainerie.
Le second gradient est observé à partir du môle El Djefna où les teneurs en lutites avoisinent les 30% puis augmente en s'approchant de la passe nord.
Les fortes teneurs sont localisées au niveau de la jetée et les teneurs intermédiaires (70 et 80%) sont les plus fréquentes et occupent le centre du bassin.

- **Bassin Agha :**

Les teneurs supérieures à 90 % sont relevées le long de la jetée Agha puis elles diminuent progressivement pour atteindre des teneurs inférieures à 70% à l'intérieur des darses.
Les teneurs inférieurs à 70% sont les plus fréquentes et occupent l'ensemble de la surface des darses.

- **Bassin Mustapha :**

La répartition des lutites dans le bassin Mustapha montre à partir du brise-lames Est, une distribution des teneurs suivant un gradient croissant au fur et à mesure que l'on s'approche de la jetée Mustapha.
Les teneurs les plus fréquentes sont comprises entre 90 et 95 % au centre du bassin. Les taux en lutites supérieur à 95% sont relevés dans les confins de la jetée Mustapha (zone protégée et calme favorisant le dépôt des suspensions).
Les valeurs en lutites montrent un gradient décroissant de la jetée Mustapha vers l'intérieur des trois darses, ces valeurs montrent un envasement de cette zone.

Darse I :

Les teneurs comprises entre 80 et 90% sont localisées à la sortie de la darse I et diminuent progressivement à l'intérieur pour atteindre des valeurs inférieures à 80%. Au niveau du môle de SKIKDA, on remarque que les plus fortes teneurs (>70%) sont localisées le long des quais et sont relativement plus faibles (<70%) au centre du bassin formant ainsi un petit chenal.

Dans cette darse, deux échantillons montrent des teneurs très faibles en lutites (7,23 et 12,82%), ces dernières sont probablement dues à des perturbations du fond provoquées par le mouvement des navires ou des opérations de dragages antérieures.

Darse II :

Les teneurs en lutites varient très peu (80 à 90%) à l'exception d'un échantillon situé à proximité du môle d'EL HADJAR (67,14%).

Darse III :

Les teneurs en lutites des échantillons de la darse III sont les plus élevées par rapport aux autres darses. Elles sont comprises entre 76,7 et 92,16 %.
Notons l'existence de quelques noyaux de sédiments, dont les teneurs sont inférieures à 70%, localisés au niveau de la darse III, de la passe sud et le long du quai 31.

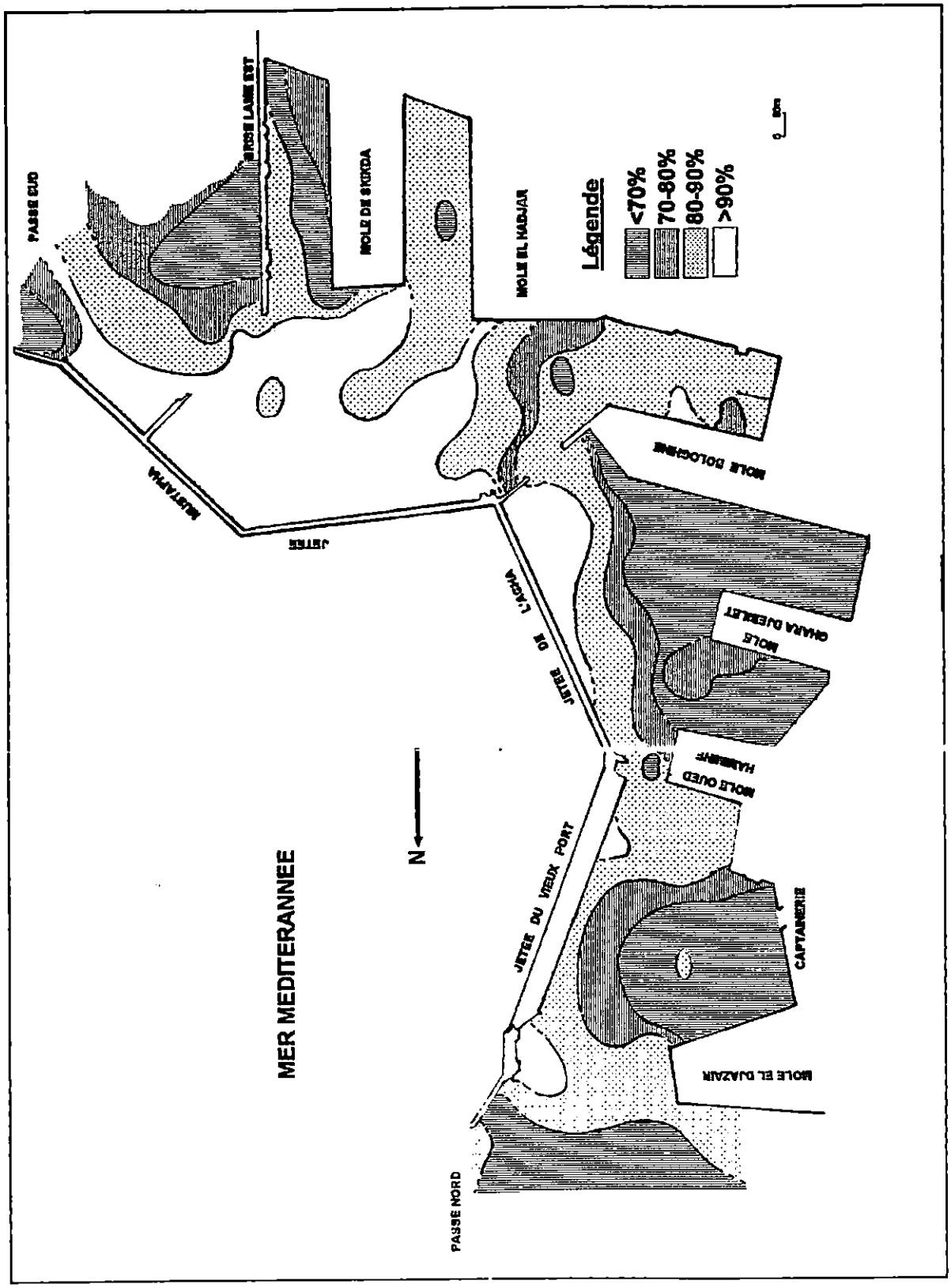


Figure n°18 : Carte de répartition des teneurs en lutites dans le port d'Alger (Chibane.H, Messar.K, Ben Aissa.N; 2006)

II.I.3- Analyse au sédigraphe :

L'analyse au sédigraphe a révélé le pourcentage de chaque classe granulométrique inférieures à 40 µm. 22 échantillons ont été choisis en fonction de leur fort taux en lutites (%) et leurs positionnements au sein du port.

Les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau n°06 : Les teneurs (%) en silts grossiers, silts fins et colloïdes dans la fraction lutitique (Chibane.H, Messar.K, Ben Aissa.N; 2006)

N° Echantillon	SILT-GROS % 40-10µm	SILT-FIN % 10-2µm	COLLOIDE % <2µm
R0.1	25	50	25
R0.2	23	39	38
R2.2	26	35	39
R3.3	25	38	37
R7.2	20	45	35
R7.4	20	38	42
R8.2	12	38	50
R9.4	23	47	30
R13.1	15	40	45
R15.2	18	50	32
BI-1C	50	22	28
BI-3B	27	40	33
BII-1A	33	37	30
BII-3A	13	35	52
BIII-2B	18	34	48
RII-3	24	36	40
RIV-4	16	36	48
RIV-5	20	44	36
RVII-2	18	38	44
RXVII-1	16	29	55
RXVII-2	15	36	49
R11-4	11	43	46

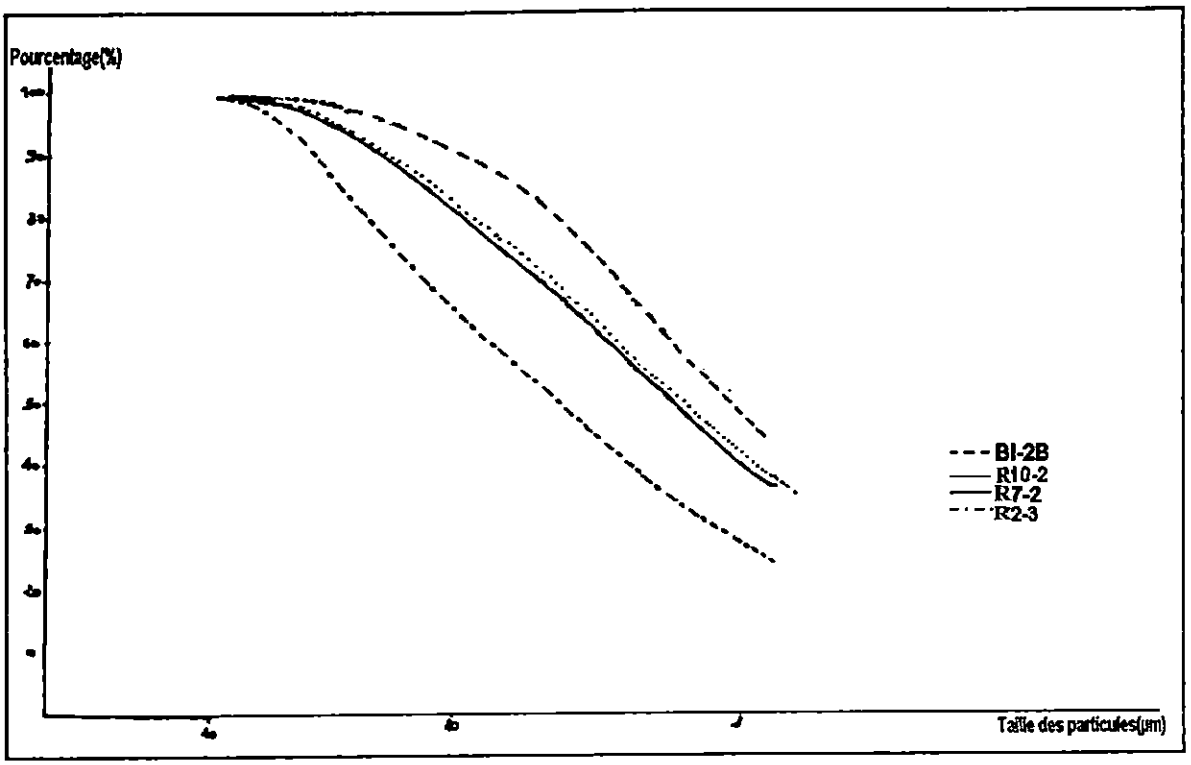


Figure n°19 : Courbes granulométriques de la fraction lutitique (Chibane.H, Messar.K, Ben Aissa.N; 2006)

II.I.3.1- Classes granulométriques (<40µm) :

Il ressort des courbes réalisés à partir du sédigraphe que:

- Les échantillons traités sont en grande partie constitués de colloïdes " fraction < à 2µm " (28 % à 55%).
- Les teneurs des silts fins représentent 34% à 47% des échantillons à l'exception de l'échantillon BI-1C qui présente la plus faible valeur de l'ordre de 22%.

- En général les teneurs des silts grossiers constituent 12% à 35% des échantillons.

- La distribution des silts fins et des colloïdes est plus au moins homogène (varie peu).

Le port d'Alger est constitué dans son ensemble de sédiments argileux, les teneurs en colloïdes sont les plus représentatives des trois classes.

II.2-Etude de la fraction grossière :

L'analyse granulométrique de la fraction sableuse est effectuée sur 16 échantillons dont la teneur en lutites est inférieure à 60%.
Après lavage, le sédiment est séché à l'étuve puis placé au sommet d'une série de tamis de norme AFNOR de mailles décroissantes, sur une tamiseuse pendant 15 mn.
(Berthois, 1975).

Les refus de tamis sont successivement récupérés puis pesés, le poids de chaque refus est rapporté en pourcentage (%) au poids total de l'échantillon tamisé.

Les résultat obtenus après analyse ont été représentés sous forme de courbes cumulatives et d'histogrammes à partir des quelles sont tirés les paramètres granulométriques utilisés pour calculer des différents indices caractérisant un sédiment.

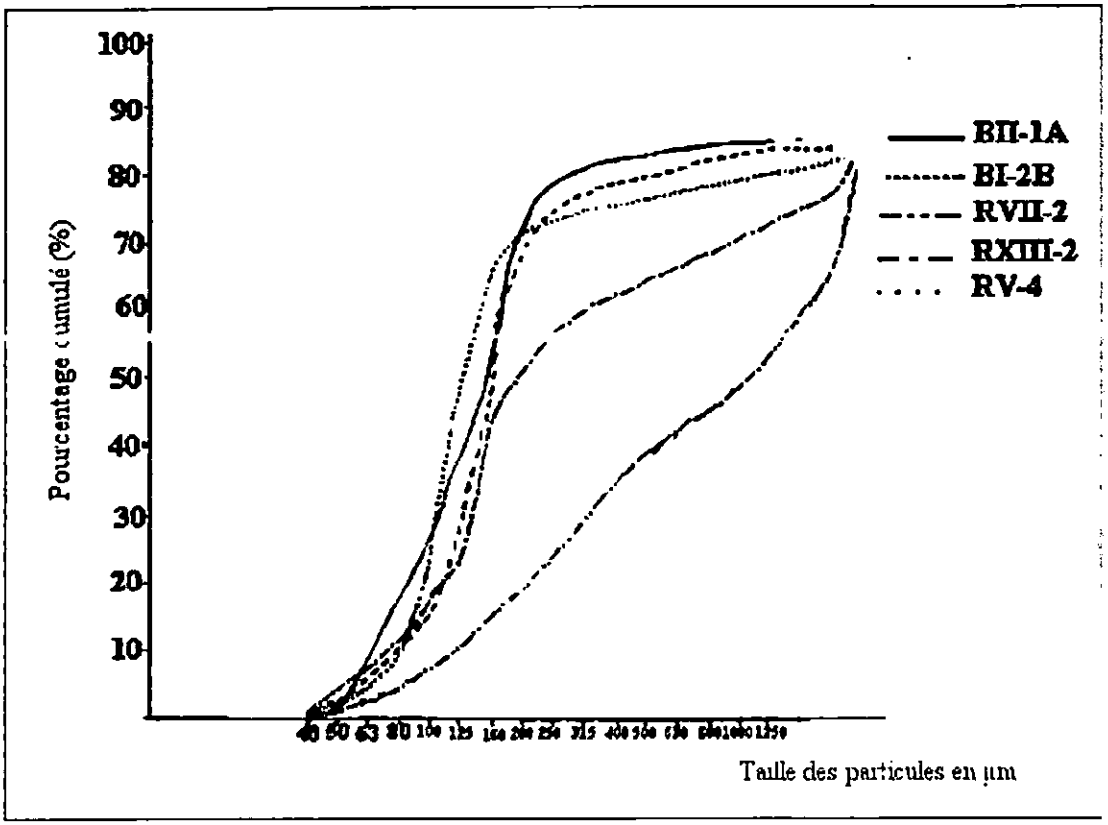


Figure n°21 : Courbes granulométriques de la fraction sableuse (Chibane.H, Messar.K, Ben Aissa.N; 2006)

II.2.1-Description des courbes granulométriques et histogrammes de fréquences :

Les courbes semi-logarithmiques des différents échantillons analysés ainsi que les histogrammes de fréquence font ressortir :

-Des courbes granulométriques unimodales traduisant la présence d'un seul stock granulométrique, elles sont en général redressées. (Figures n°23 et n°25).

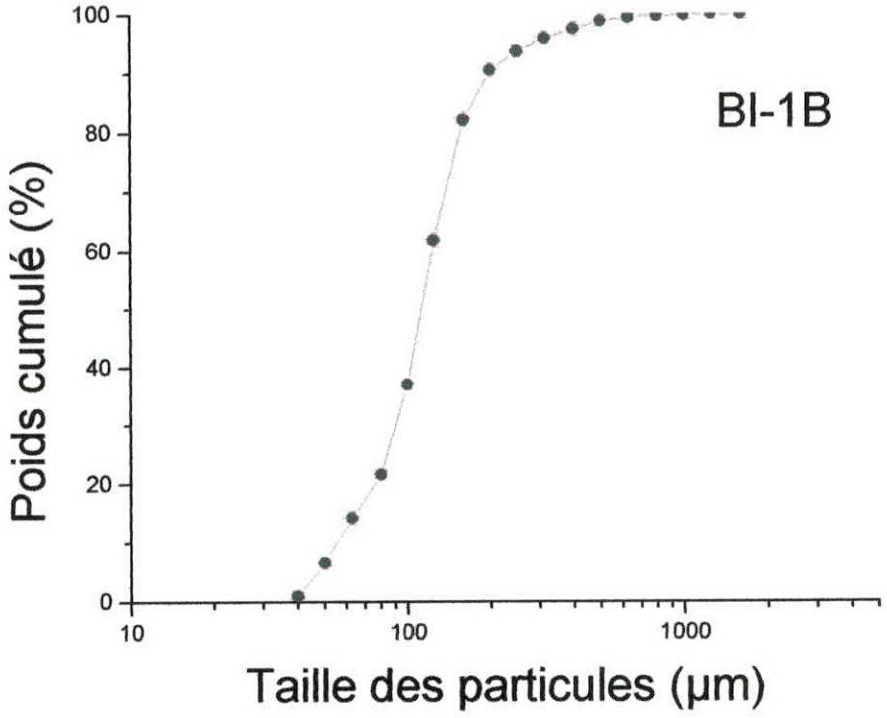
-Des courbes bimodales et plurimodales caractérisant la présence de deux ou plusieurs stocks au sein du même échantillon. Le tracé de ces courbes est relativement redressé (Figures n°22 et n°24).

Cette étude montre que :

Les échantillons des différents bassins du port d'Alger sont formés essentiellement de sables fins à moyens (200 à 600µm).

L'essentiel des échantillons à l'intérieur des darses sont constitués de sables fins (100 à 160 µm), ils représentent l'essentiel du stock granulométrique.

L'échantillon RIX-1 présente plus de 50 % de particules dont les diamètres sont supérieurs ou égales à 2500µm (sédiment moyen à grossier).



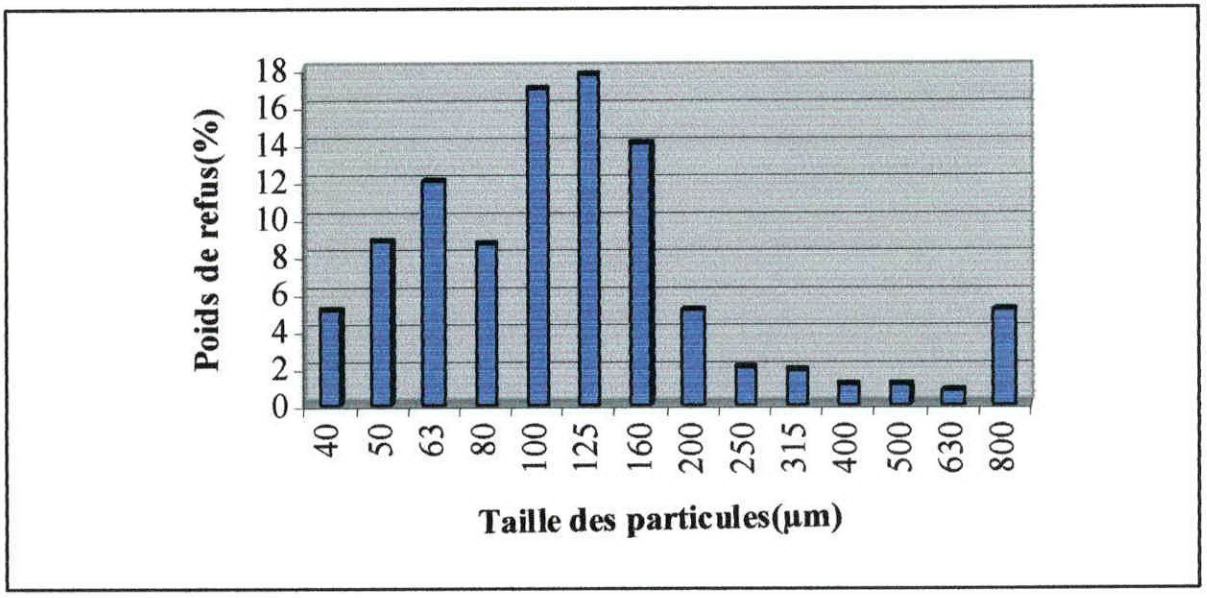
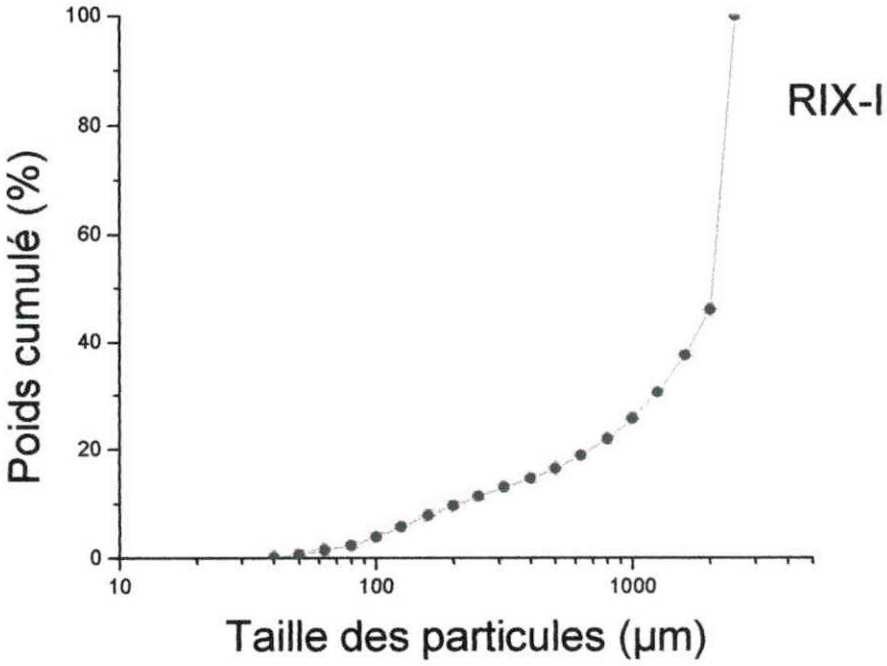


Figure n°22: Courbe granulométrique et histogramme de fréquence de l'échantillon BI-1B (Chibane.H, Messar.K, Ben Aissa.N; 2006)



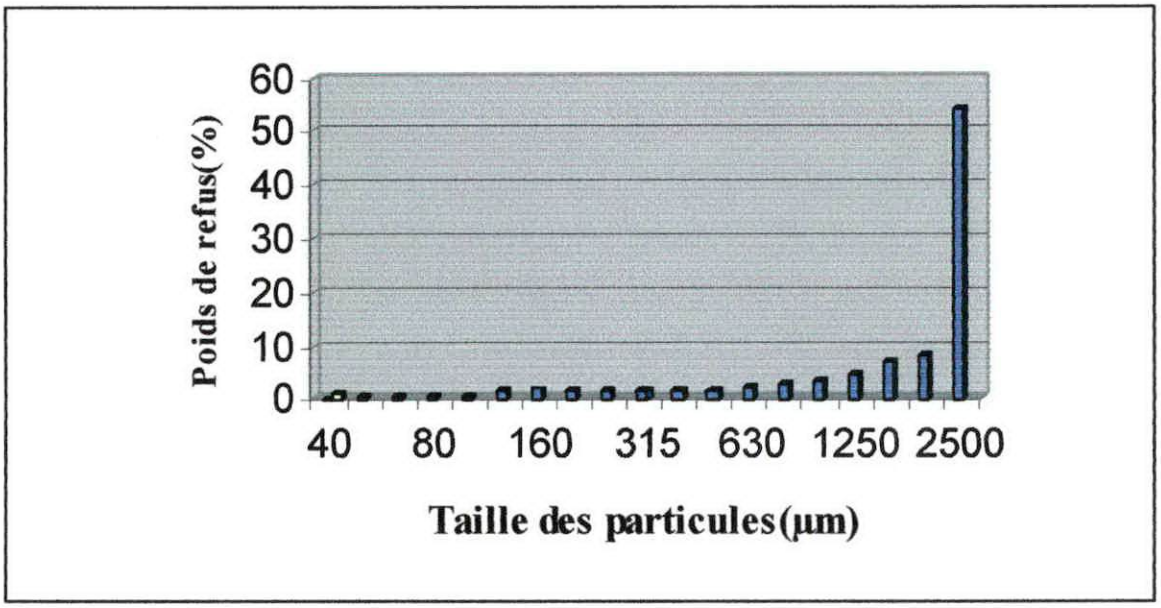
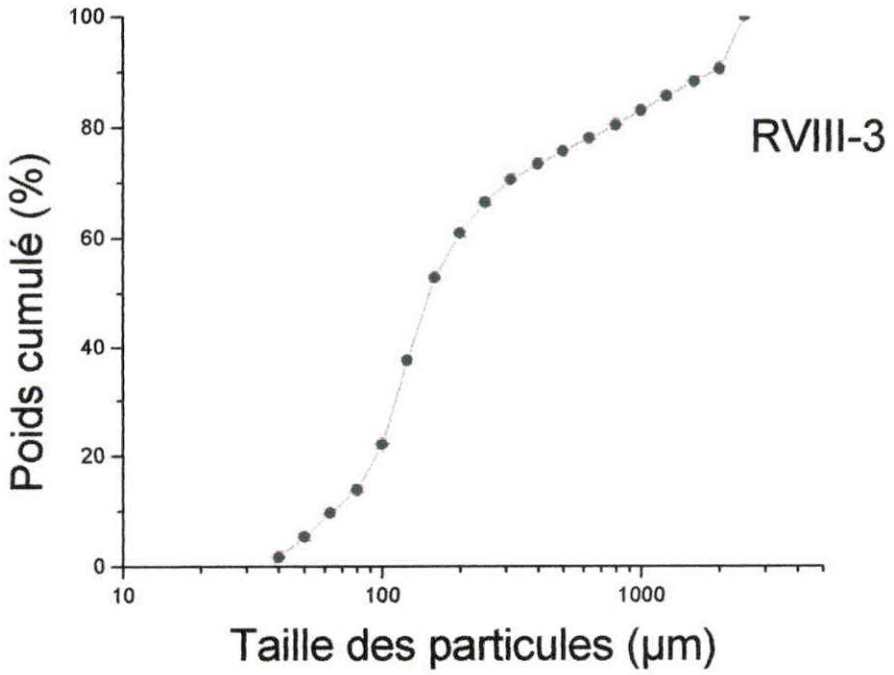


Figure n°23: Courbe granulométrique et histogramme de fréquence de l'échantillon RIX-1 (Chibane.H, Messar.K, Ben Aissa.N; 2006)



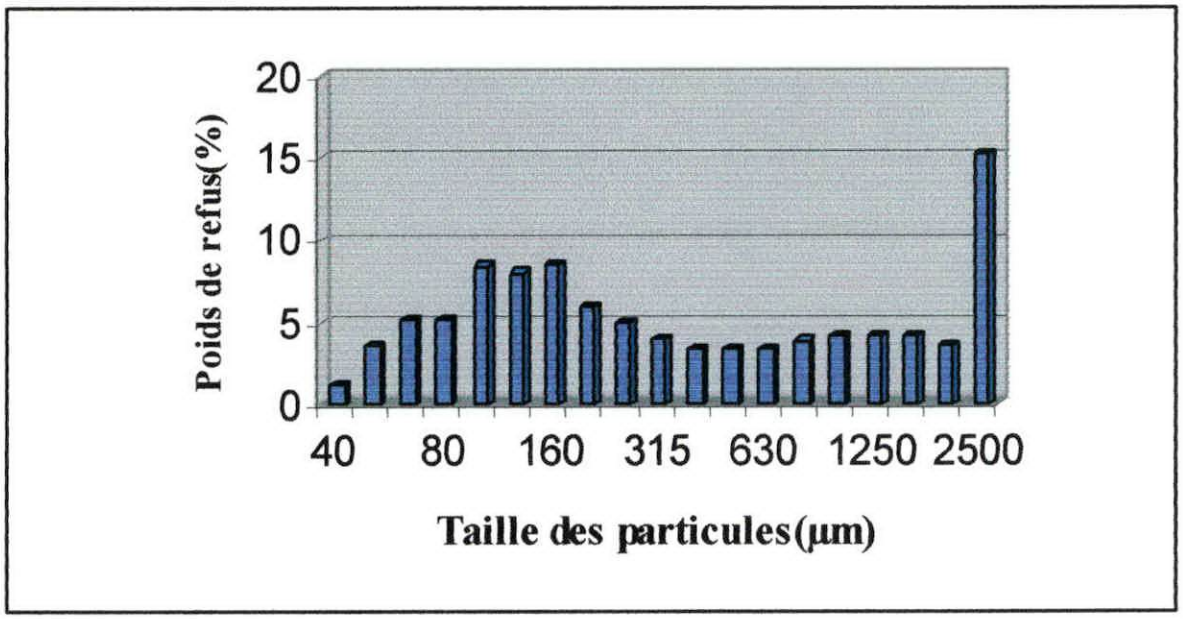
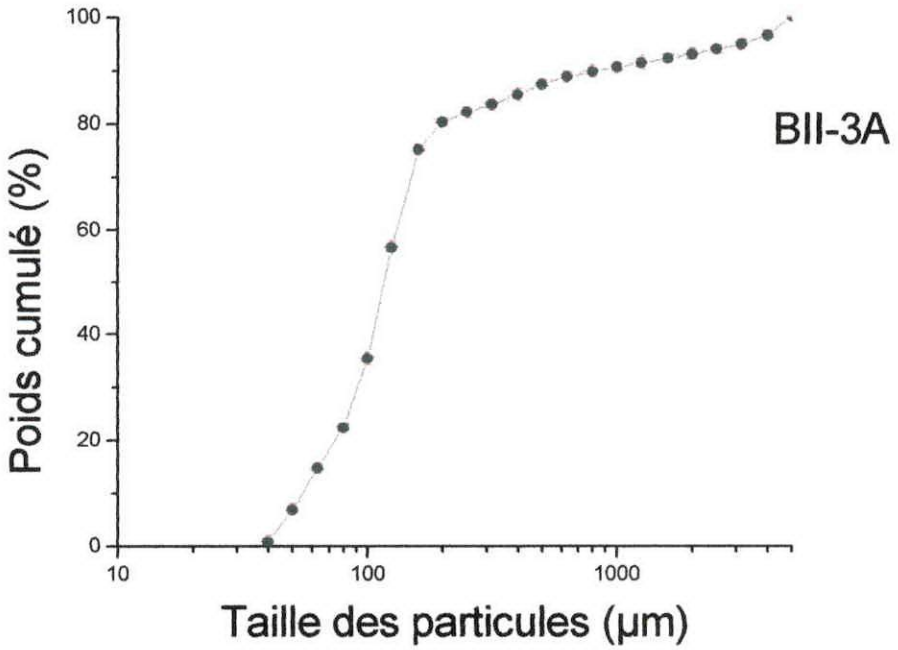


Figure n°24 : Courbe granulométrique et histogramme de fréquence de l'échantillon RVIII-3 (Chibane.H, Messar.K, Ben Aissa.N; 2006)



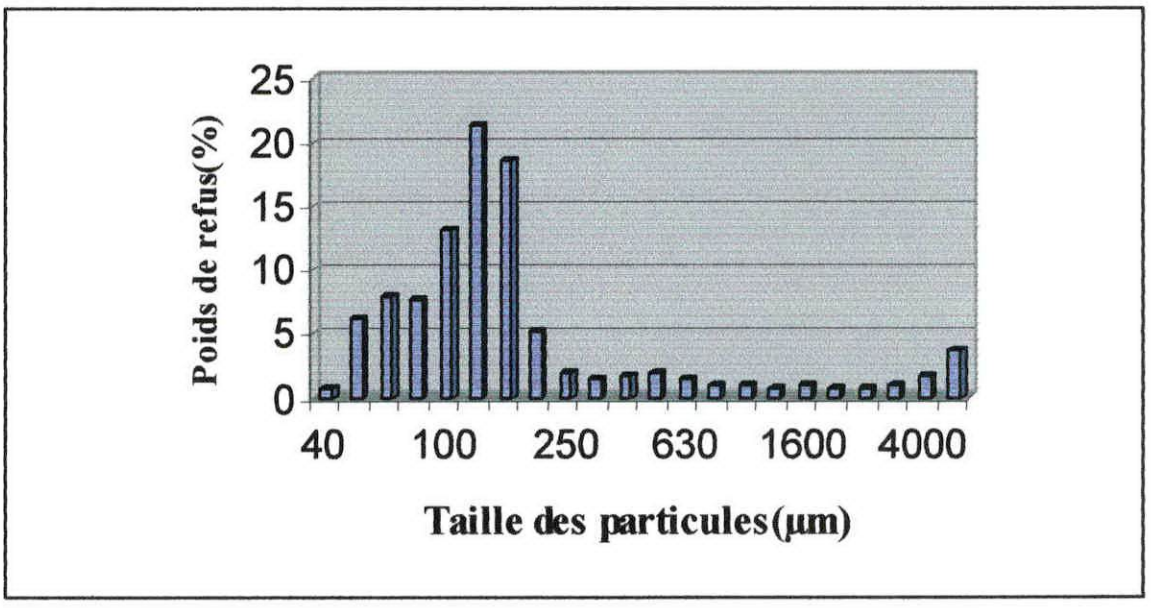


Figure n°25: Courbe granulométrique et histogramme de fréquence de l'échantillon BII-3A (Chibane.H, Messar.K, Ben Aissa.N; 2006)

II.2.2- Les paramètres de position :

En raison du petit nombre d'échantillons (16) de la fraction grossière, leur répartition spatiale n'est pas adéquate.

Un tableau récapitulatif fut dressé :

Tableau n°07 : Les indices granulométriques (Chibane.H, Messar.K, Ben Aissa.N; 2006)

N°Echantillon	T.M (Φ)	So (µm)	SK (µm)	Classement
BI-1C	2.17	1.41	0.99	Symétrie granulométrique, très bien classée
BI-2C	2.54	1.07	0.96	Symétrie granulométrique, très bien classée
BI-1A	3.31	1.92	0.98	Symétrie granulométrique, bien classée
BI-3A	2.94	1.24	0.75	Asymétrie vers les petites tailles, très bien classée
BII-3A	2.91	1.48	0.99	Symétrie granulométrique, très bien classée
BI-3C	2.24	1.44	1.06	Asymétrie vers les grandes tailles, très bien classée
BI-2B	1.77	1.31	0.89	Asymétrie vers les petites tailles, très bien classée
BII-2B	3.12	1.48	0.39	Asymétrie vers les petites tailles, très bien classée
BII-1A	3.03	1.29	0.83	Asymétrie vers les petites tailles, très bien classée
RV-4	2.99	1.25	1.14	Asymétrie vers les grandes tailles, très bien classée
RIV-4	0.49	3.35	0.37	Asymétrie vers les petites tailles, faiblement classée
RXII-2	2.2	2.82	0.92	Symétrie granulométrique, normalement classée
RIX-1	-1.25	1.56	0.51	Asymétrie vers les petites tailles, bien classée
RIII-3	1.69	2.12	2.69	Asymétrie vers les grandes tailles, bien classée
RVIII-3	1.56	3.23	2.00	Asymétrie vers les grandes taille, faiblement classées
RVII-2	2.03	2.02	2.25	Asymétrie vers les grandes tailles, bien classée

Le calcul arithmétique des différents paramètres des 16 échantillons nous renseigne sur :

- L'essentiel des sédiments (Fraction > à 40µm) du port sont très bien classés (So > 2.5).
- Les valeurs de l'indice de symétrie SK révèlent une asymétrie vers les petites tailles.

II.2.3- Faciès granulométriques :

La fraction sableuse est subdivisée en trois classes granulométriques (Udden et Wenworth) :

- Sables grossiers : fraction comprise entre 600 et 2000 µm.
- Sables moyens : fraction comprise entre 200 et 600 µm.
- Sables fins : fraction comprise entre 40 et 200 µm.

La fraction sableuse des sédiments analysés est constitué essentiellement de sables fins à l'exception de l'échantillon BI-3C où ils sont moins importants.

Tableau n°08 : Les différentes classes granulométriques dans la fraction Grossière (Chibane.H, Messar.K, Ben Aissa.N; 2006)

FACIES G / N°ECH	%Sable grossier 600 à 2000 µm	%Sable moyen 200 à 600 µm	%sable fin 40 à 200 µm
BI-1C	2	13	85
BI-2C	4	12	84
BI-3C	15	18	67
BI-2B	4	14	82
BI-2B	6	12	82
BI-1A	1	9	90
BI-3A	14	5	90
BII-3A	11	9	80
BII-1	6	6	85
RV-4	23	15	25
RIV-4	27	26	23
RXII-2	28	9	9
RIX-1	9	15	61
RIII-3	20	18	46
RVIII-3	13	17	61
RVII-2A	2	12	86

II.2.4-Carbonates dans la fraction grossière :

Bassin du Vieux port :
Les teneurs des carbonates varient de 24.73% à 82.06 %.
Le maximum est de 82.06% au niveau de la passe qui mène vers l'Agha, les teneurs décrivent un gradient décroissant en partant de cette passe vers les môles El Djazaïr et El Djefna où se trouvent les plus faibles valeurs.

Bassin Agha :
Dans ce bassin, les teneurs en % des carbonates varient de 37% à 61.45%. Les teneurs supérieures ou égales à 40% sont les plus fréquentes, elles occupent la quasi-totalité du bassin Agha.

Bassin Mustapha :
Dans ce bassin les valeurs varient entre les valeurs extrêmes 59.15% (ech.R9-1) et 19.31 % (ech.R7-6). Les teneurs supérieures à 50% sont relevées de part et d'autre de la passe Mustapha au niveau des phares et au centre du bassin.

Tableau n°09 : Pourcentage des teneurs en carbonates dans le port d'Alger(Chibane.H, Messar.K, Ben Aissa.N; 2006)

N° Echantillon	% $CaCO_3$	N° Echantillon	% $CaCO_3$	N° Echantillon	% $CaCO_3$	N° Echantillon	% $CaCO_3$
R13-2	38,02	RVII-2	47,99	RXIV-1	45,05	RVII-4	41,42
R13-3	45,9	RVII-3	45,49	RXIV-2	26,2	RVIII-1	52,5
R13-4	39,95	R8-5	41,4	RXIV-3	25,95	RVIII-2	61,45
R12-1	45,83	R7-1	42,52	R0-3	47,7	RVI-1	50,57
R12-2	37,44	R7-2	42,41	R0-4	43,46	RVI-2	45,13
R12-3	42,67	R7-3	43,65	R0-5	46,29	RVI-3	42,78
R12-4	42,13	R7-4	40,05	RI-1	39,14	RVI-4	47,96
R11-1	42,17	R7-5	38,32	RI-2	44,69	RVIII-3	53,25
R11-2	41,07	R7-6	19,31	RII-2	40,13	RVIII-4	39,89
R11-3	42,86	R5-1	46,76	RII-3	52,3	RVIII-5	35,75
R11-4	41,78	R5-2	43,75	RIII-1	56,25	RIX-1	82,35
R11-5	42,82	R4-1	46,38	RIII-2	39,94	RX-1	56,39
R10-1	44,13	R4-2	44,3	RIII-3	47,77	RX-2	68,77
R10-2	41,29	R3-2	43,39	RIII-4	38,88	RX-3	56,13
R10-3	39,63	R3-3	38,86	RIV-2	44,09	RXI-1	54,44
R10-4	40,85	R2-1	43,7	RIV-3	42,05	RXI-2	54,8
R10-5	38,97	R2-2	40,21	RIV-4	57,9	RXI-3	56,58
R9-1	59,15	R2-3	39,3	RIV-5	41,47	RXI-4	45,64
R9-2	48,06	R2-4	34,45	RV-1	39,2	RXII-1	47,3
R9-3	47,19	R1-2	31,09	RV-2	40,78	RXII-2	60,89
R9-4	48,18	R1-3	36,8	RV-3	46,08	RXII-3	43,53
R8-1	41,86	R1-4	29,48	RV-4	37	RXIII-1	53,76
R8-2	41,58	R1-5	37,43	RV-5	47,35	RXIII-2	26,92
R8-3	58,37	R0-1	52,08	RV-6	38,63	RXIII-3	28,46
R8-4	44,35	R0-2	55,77	RVII-1	51,38		

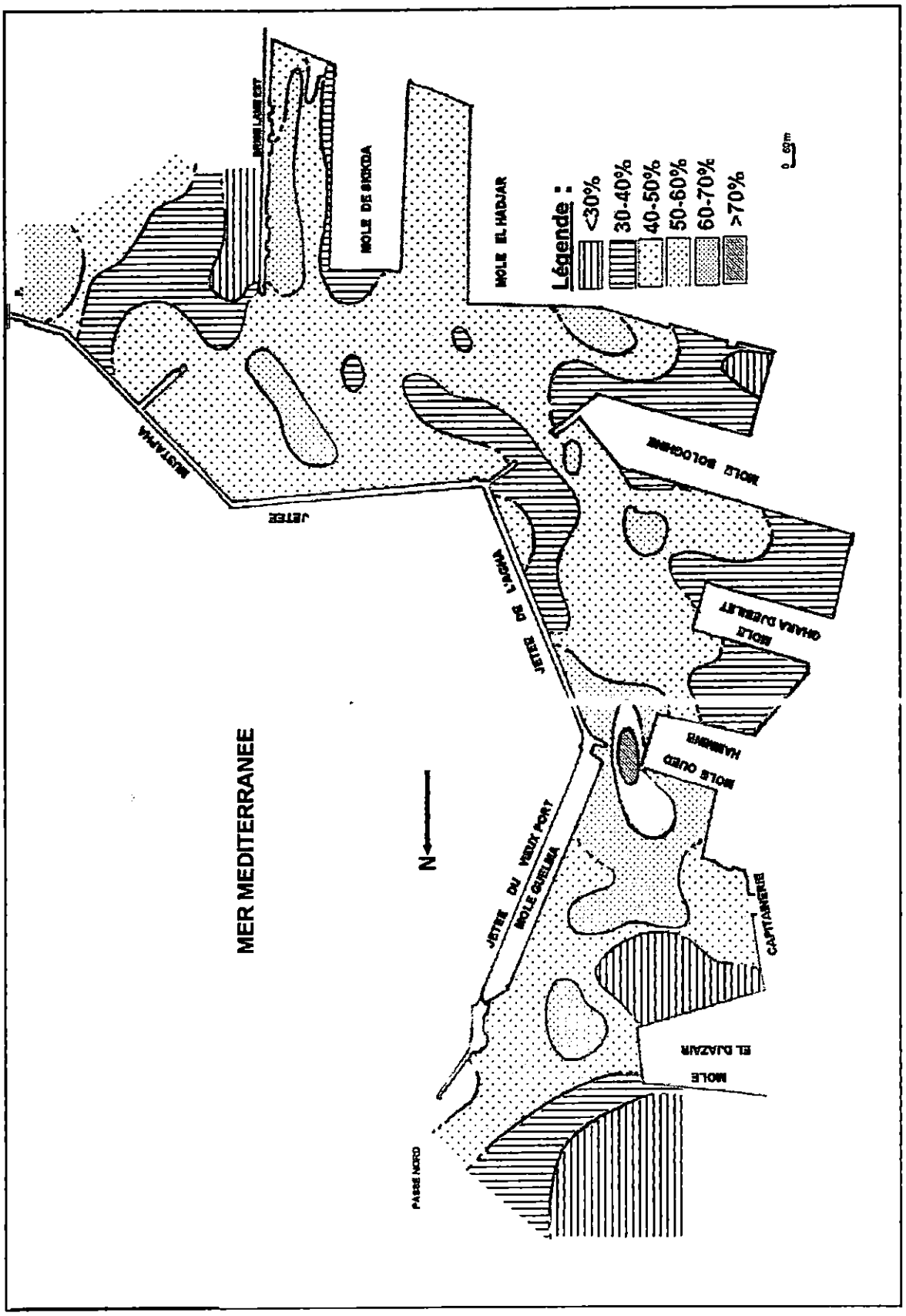


Figure n°26 : Carte de répartition des teneurs en carbonate dans la fraction sableuse (Chibane.H, Messar.K, Ben Aissa.N; 2006)

Conclusion

Conclusion

Au vu du bon déroulement des différentes missions en mer ainsi que les étapes d'analyses effectuées au laboratoire, nous pouvons conclure que les principaux objectifs tracés ont été atteints.

Dans une première étape, l'étude bathymétrique et sédimentologique menée au niveau du port d'Alger a permis de faire ressortir un certain nombre de résultats qui contribuent à une meilleure connaissance du secteur d'étude.

La carte bathymétrique réalisée au niveau du port d'Alger montre que les profondeurs importantes comprises entre -15m et -19m s'observent au niveau des deux passes Nord et Sud du port. Par contre, les faibles profondeurs sont relevées à l'intérieur des darses et au voisinage des jetées.

On constate que les bassins Mustapha et Agha montrent des profondeurs moins importantes que celles du vieux port.

L'étude granulométrique effectuée à partir de 142 échantillons au niveau du port d'Alger montre que les sédiments sont constitués principalement de sables fins.

La répartition des teneurs en lutites est supérieure à 80% au niveau des jetées, cependant la fraction inférieure à 40µm est constituée essentiellement de colloïdes.

Le bassin Mustapha montre une zone extraportuaire favorable à la mobilisation et au transit sédimentaire des apports de l'Oued El-Harrach et une zone intérieure favorable aux dépôts des particules fines en suspension.

Les résultats sédimentologiques et bathymétriques montrent un envasement préférentiel le long des jetées.

Annexes

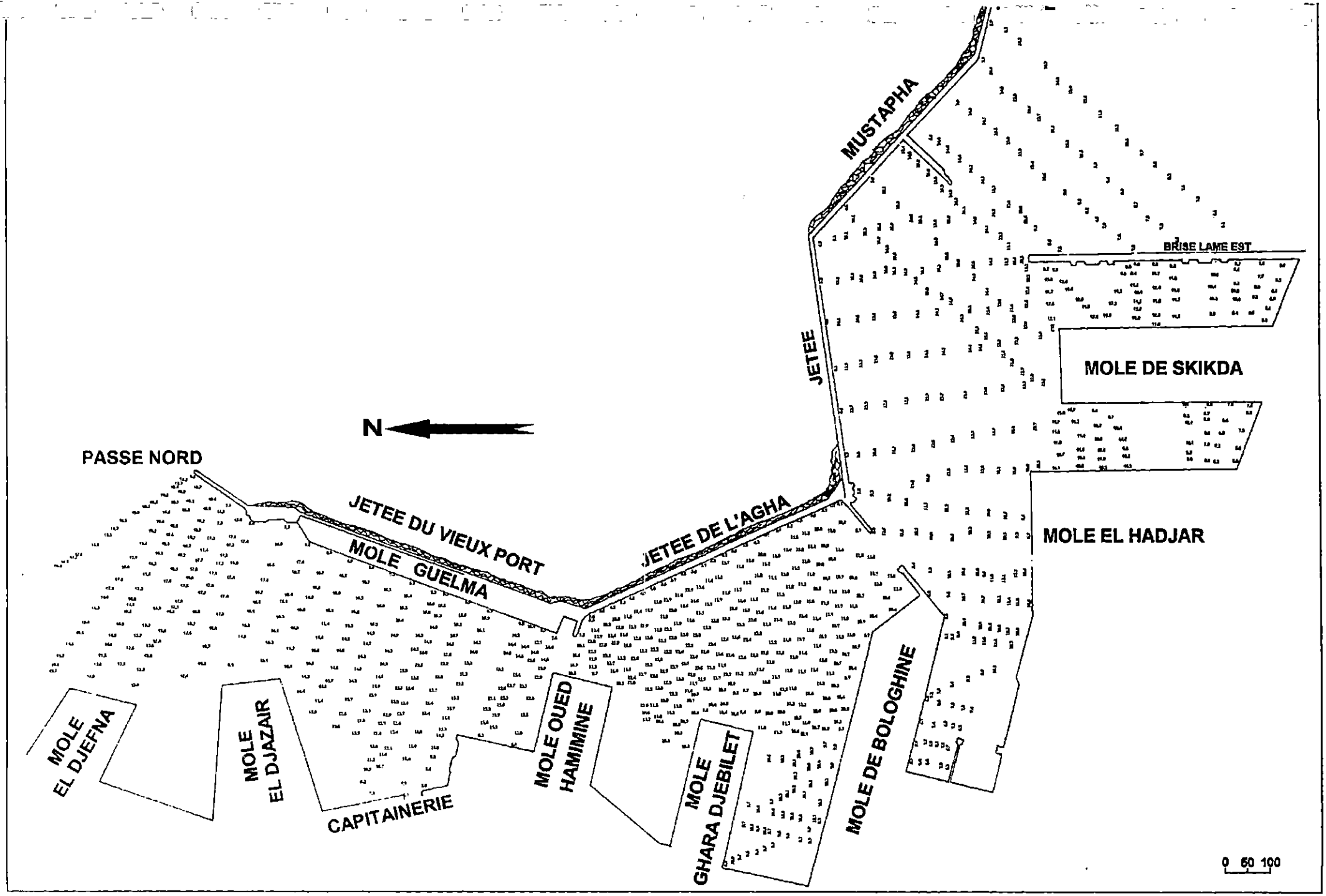


Figure n°14:Carte des points de sonde dans le port d'Alger (CHIBANE.H ,MESSAR.K, BEN AISSA.N ;2006)

	BII-2B			BI-1A	
D (µm)	% refus	%cumulé	D (µm)	% refus	%cumulé
40	5,09	5,09	40	0,96	0,96
50	8,74	13,83	50	5,64	6,6
63	11,96	25,79	63	7,56	14,16
80	8,59	34,38	80	7,43	21,59
100	16,87	51,25	100	15,37	36,96
125	17,65	68,9	125	24,81	61,77
160	14,02	82,92	160	20,41	82,18
200	5,09	88,01	200	8,39	90,57
250	2,03	90,04	250	3,18	93,75
315	1,79	91,83	315	2,12	95,87
400	1,11	92,94	400	1,59	97,46
500	1,1	94,11	500	1,34	98,8
630	0,78	94,89	630	0,54	99,34
800	5,09	99,98	800	0,34	99,68
			1000	0,17	99,85
			1250	0,15	100
			1600	0,02	100,02

	BI-2B			BI-3A	
D (µm)	% refus	%cumulé	D (µm)	% refus	%cumulé
40	3,2	3,2	40	4,73	4,73
50	4,41	7,61	50	9,15	13,88
63	5,17	12,78	63	8,5	22,38
80	6,52	19,3	80	6,58	28,96
100	17,67	36,97	100	12,19	41,15
125	24,74	61,8	125	19,66	60,81
160	20,55	82,25	160	16,07	76,88
200	6,68	88,93	200	4,09	80,97
250	2,54	91,47	250	1,47	82,44
315	1,69	93,16	315	1,06	83,5
400	1,4	94,56	400	0,95	84,45
500	1,37	95,93	500	1,03	85,48
630	1,22	97,15	630	0,81	86,29
800	1,08	98,23	800	0,83	87,12
1000	0,72	98,95	1000	0,93	88,05
1250	0,42	99,37	1250	0,55	88,6
1600	0,3	99,67	1600	0,62	89,22
2000	0,27	99,94	2000	0,54	89,76
			2500	0,55	90,31
			3150	0,63	90,94
			4000	2,45	93,39
			6000	6,57	99,96

	BI-1C			BI-2C	
D (µm)	% refus	%cumulé	D (µm)	% refus	%cumulé
40	0,54	0,54	50	0,21	0,21
50	5,61	6,15	63	0,41	0,62
63	9	15,15	80	0,83	1,45
80	10,61	25,76	100	1,46	2,91
100	19,22	44,98	125	6,45	9,36
125	23,2	68,18	160	13,29	22,65
160	16,04	84,22	200	62,07	84,72
200	6,24	90,46	250	8,65	93,37
250	3,8	94,26	315	0,99	94,36
315	2,41	96,67	400	0,55	94,91
400	1,37	98,04	500	0,3	95,21
500	0,87	98,91	630	0,32	95,53
630	0,46	99,37	800	0,24	95,77
800	0,39	99,76	1000	0,9	96,67
1000	0,13	99,89	1250	0,27	96,94
1250	0,11	100	1600	0,38	97,32
			2000	0,47	97,79
			2500	0,47	9,26
			3150	0,29	98,55
			4000	0,45	99
			5000	0,97	99,97

	BI-3C			BII-3A	
D (µm)	% refus	%cumulé	D (µm)	% refus	%cumulé
40	0,08	0,08	40	0,79	0,79
50	0,26	0,34	50	6,05	6,84
63	1,25	1,59	63	7,89	14,73
80	3,54	5,43	80	7,64	22,37
100	15,79	21,22	100	13,01	35,38
125	22,1	43,32	125	21,25	56,63
160	24,16	67,48	160	18,52	75,15
200	8,08	75,56	200	5,17	80,32
250	2,78	78,34	250	1,86	82,18
315	2,26	80,6	315	1,49	83,67
400	2,13	81,73	400	1,75	85,42
500	2,83	85,56	500	1,93	87,35
630	2,25	87,81	630	1,44	88,79
800	3,78	91,59	800	0,99	89,78
1000	1,62	93,21	1000	0,84	90,62
1250	1,18	94,39	1250	0,78	91,4
1600	1,32	95,71	1600	0,91	92,31
2000	1,14	96,85	2000	0,72	93,03
2500	1,02	97,87	2500	0,77	94
3150	0,65	98,52	3150	0,97	94,97
4000	0,82	99,34	4000	1,62	96,59
5000	0,64	99,98	5000	3,59	100,18

	BII-1A			RIII-3	
D (µm)	% refus	%cumulé	D (µm)	% refus	%cumulé
40	2,65	2,65	40	0,4	0,4
50	8,33	10,98	50	0,97	1,37
63	12,13	23,11	63	1,69	3,07
80	9,57	32,68	80	2,46	5,52
100	14,05	46,73	100	6,47	11,99
125	18,63	65,36	125	18,8	30,79
160	20,92	86,28	160	21,47	52,26
200	6,61	92,89	200	9,01	61,87
250	2,27	95,16	250	4,06	65,93
315	1,6	96,76	315	3,12	69,04
400	0,87	97,63	400	2,89	71,94
500	0,76	98,39	500	2	73,94
630	0,53	98,92	630	2,15	76,09
800	0,8	99,72	800	2,02	78,11
1000	0,11	99,83	1000	1,84	79,95
1250	0,18	100,01	1250	1,65	81,59
			1600	1,71	83,31
			2000	1,33	84,63
			2500	15,37	100

	BII-3A			RIV-4	
D (µm)	% refus	%cumulé	D (µm)	% refus	%cumulé
40	0,79	0,79	40	0,22	0,22
50	6,05	6,84	50	0,51	0,73
63	7,89	14,73	63	0,89	1,62
80	7,64	22,37	80	1,22	2,84
100	13,01	35,38	100	4,05	6,89
125	21,25	56,63	125	5,65	12,54
160	18,52	75,15	160	9,08	21,62
200	5,17	80,32	200	3,79	25,41
250	1,86	82,18	250	2,38	27,79
315	1,49	83,67	315	3,42	31,21
400	1,75	85,42	400	4,04	35,24
500	1,93	87,35	500	3,16	38,4
630	1,44	88,79	630	3,12	41,52
800	0,99	89,78	800	3,4	44,92
1000	0,84	90,62	1000	3,61	48,53
1250	0,78	91,4	1250	3,84	52,37
1600	0,91	92,31	1600	4,84	57,21
2000	0,72	93,03	2000	5,66	62,87
2500	0,77	94	2500	37,13	100
3150	0,97	94,97			
4000	1,62	96,59			
5000	3,59	100,18			

	RVIII-3			RV-4	
D (µm)	% refus	%cumulé	D (µm)	% refus	%cumulé
40	1,19	1,19	40	0,71	0,71
50	3,61	4,8	50	1,91	2,62
63	5,08	9,88	63	3,39	6,01
80	5,21	15,09	80	5,42	11,42
100	8,42	23,51	100	16,69	28,11
125	8,02	31,53	125	28,98	57,09
160	8,57	40,1	160	21,61	78,7
200	5,88	45,98	200	5,7	84,4
250	4,95	50,93	250	2,17	86,57
315	3,99	54,92	315	1,67	88,23
400	3,35	58,27	400	1,25	89,48
500	3,35	61,62	500	1,05	90,53
630	3,31	64,93	630	1,13	91,67
800	3,88	68,81	800	1,09	92,75
1000	4,11	72,92	1000	1,17	93,92
1250	4,11	77,03	1250	1,03	94,96
1600	4,11	81,14	1600	1,06	96,02
2000	3,59	84,73	2000	0,73	96,76
2500	15,25	99,98	2500	3,25	100

	RIX-1			RXII-2	
D (µm)	% refus	%cumulé	D (µm)	% refus	%cumulé
40	0,17	0,17	40	0,31	0,31
50	0,56	0,72	50	1,35	1,65
63	0,81	1,53	63	1,81	3,46
80	0,82	2,36	80	1,76	5,23
100	0,56	3,91	100	3,47	8,69
125	1,85	5,76	125	3,86	12,55
160	2,08	7,84	160	5,13	17,68
200	1,75	9,6	200	4,76	22,44
250	1,77	11,37	250	5,13	27,57
315	1,68	13,05	315	6,84	34,41
400	1,56	14,61	400	6,05	40,46
500	1,82	16,43	500	5,05	45,5
630	2,51	18,93	630	3,97	49,48
800	2,93	21,86	800	3,6	53,09
1000	3,77	25,63	1000	4	57,09
1250	4,95	30,59	1250	5,04	62,12
1600	6,98	37,57	1600	7,34	69,47
2000	8,5	46,07	2000	6,93	76,4
2500	53,93	100	2500	23,6	100

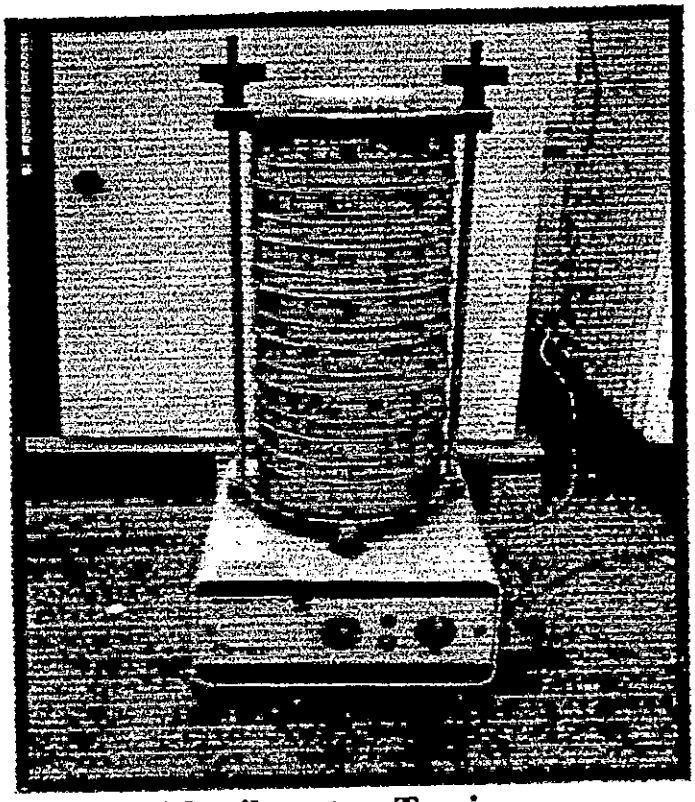
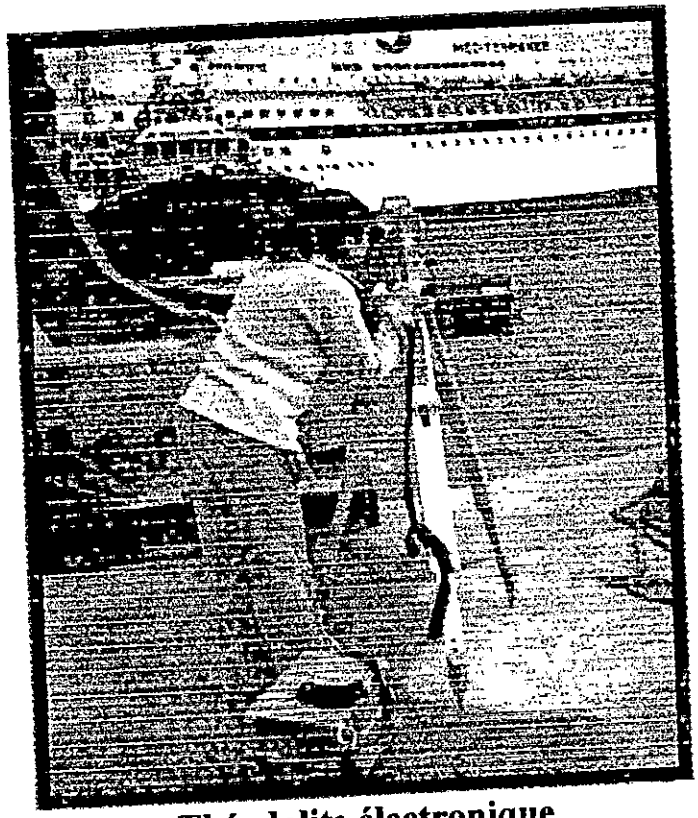
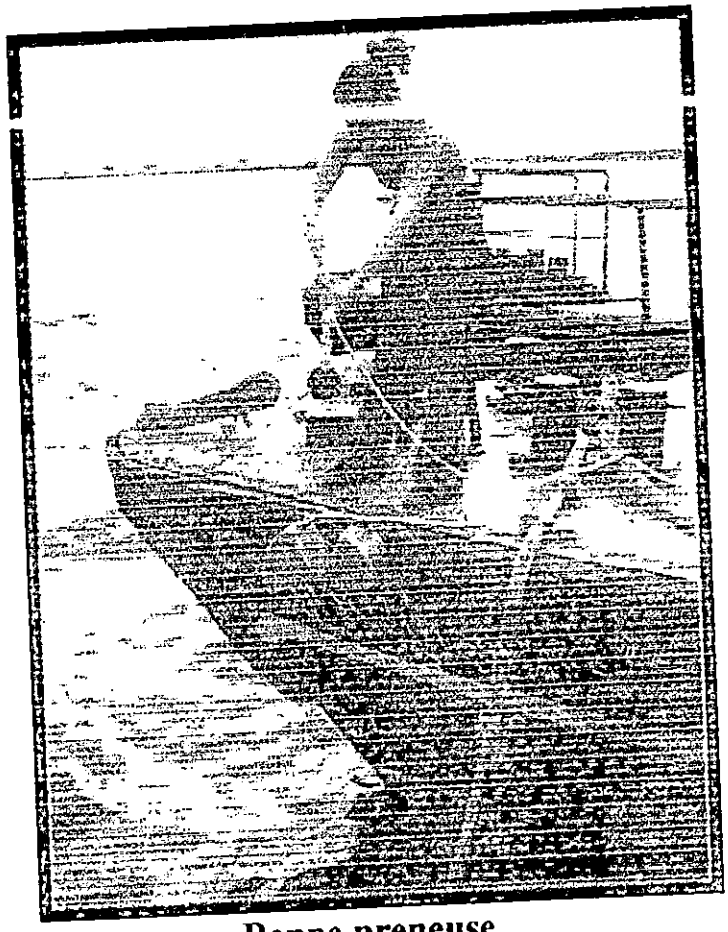


Table vibrante « Tamiseuse »

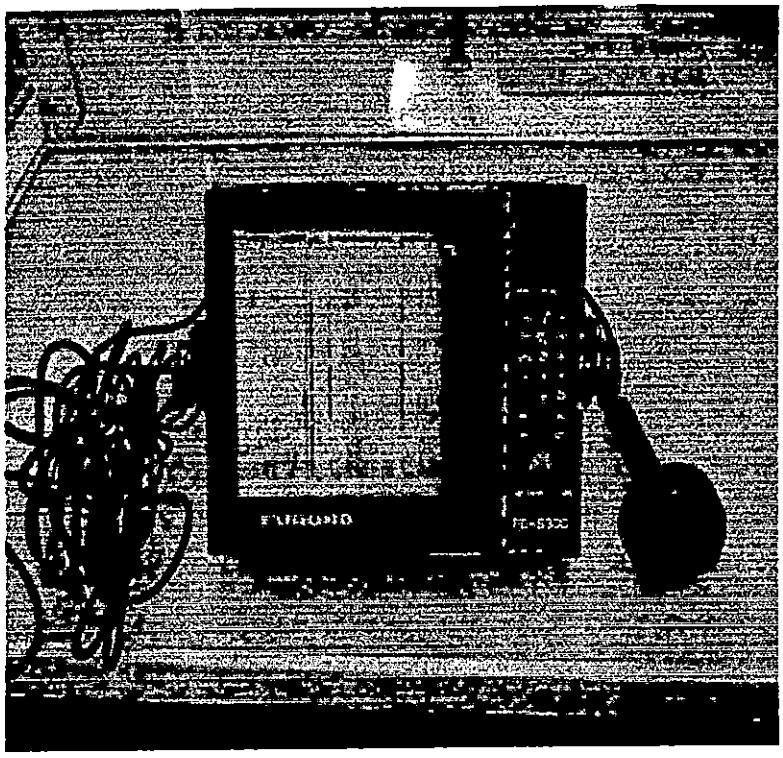
Sédigraphe 5000.ET-Coultronics



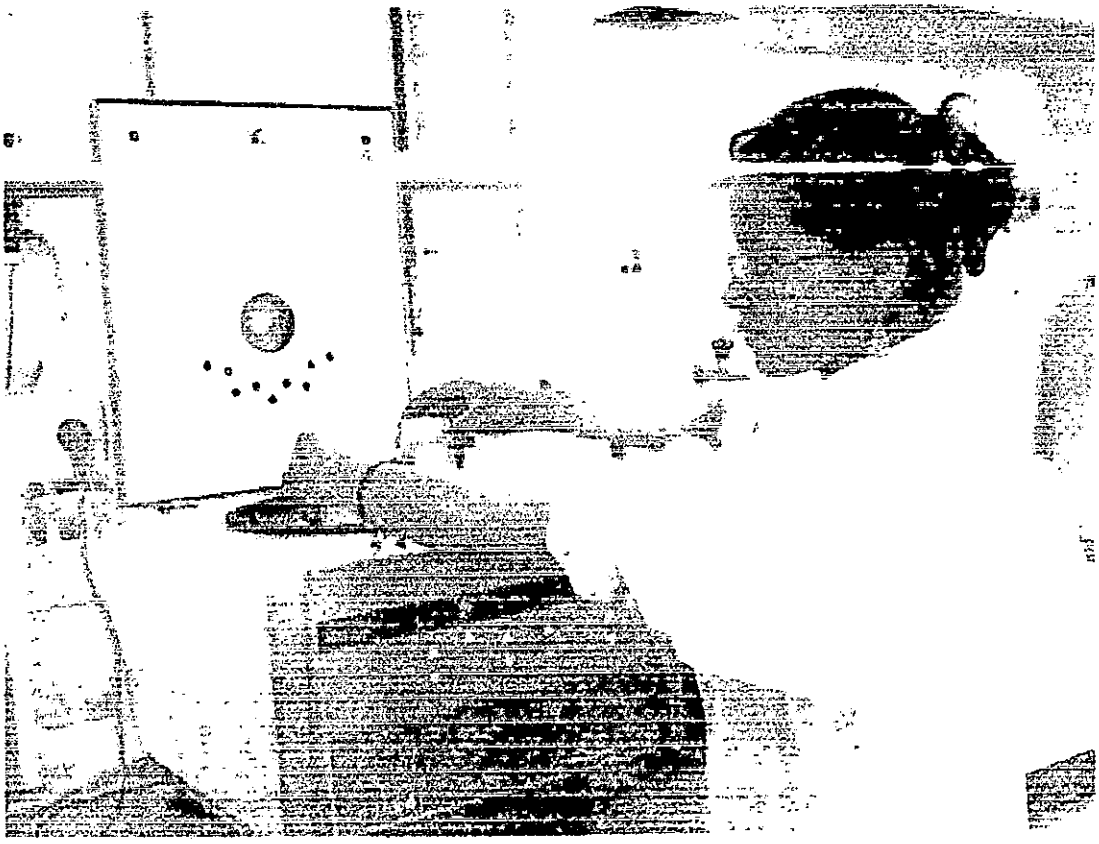
Théodolite électronique



Benne preneuse



Echo-sondeur de type
FURUNO FE 6300



Centrifugeuse

Bibliographie

Bibliographie

ABADA. L, 1991. Contribution à l'étude géochimique des sédiments marins superficiels du Nouveau Port de Skikda. Mémoire d'ingéniorat. I.S.T. / U.S.T.H.B.

ABDOUNE. A.M. et BOUSLIMANI. T, 1990 . Approche de la dynamique sédimentaire littorale dans la partie occidentale de la Baie d'Alger- Relation sédimentologique et topographie sous-marine.Mémoire d'Ingéniorat- I.S.T. / U.S.T.H.B.

AZEGGAH. S, 1993 . Etude géochimique des sédiments superficiels du port d'Alger. Mémoire d'Ingéniorat- I.S.T. / U.S.T.H.B.

AZZAM. S et BELKACEM. S, 1994 . Etude sédimentologique de la zone portuaire de Ghazaouet. Mémoire d'Ingéniorat- I.S.T. / U.S.T.H.B.

BELLAHSENE.Y, MESSAOUDLS ,2005. Etude bathymétrique,sédimentologique et pollution par les métaux lourd dan la baie d'El Djamila. Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral. ISMAL.

BERTHOIS. L, 1975 . Etude sédimentologique des roches meubles.Editions DOIN.

FERRAG. C et HADDAD. S, 1993 . Environnement météo –océanologie au large des côtes algériennes et zone littorale.Mémoire d'Ingéniorat- I.S.T. / U.S.T.H.B.

LACOMBE, 1971. Les mouvements de la mer : courants, vagues, houles et marées.Editions DOIN.

LECLAIRE, 1972 . La sédimentologie holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares. Mémoire du Muséum National d'Histoire Naturelle.

MAMI. M, 1989 . Contribution à l'étude de la pollution par quelques éléments métalliques des sédiments du Port d'Arzew.Mémoire d'Ingéniorat- I.S.T. / U.S.T.H.B.

MAOUCHE. S, 1987. Mécanismes hydro sédimentaires en baie d'Alger. Approche sédimentologique, géochimique et traitement statistique.Thèse Doctorat 3 ème cycle-Université de Perpignan- France.

MILLOT. C, 1985. Some features of the algérian current.Journal géophysique. Res 90.

MOKRANI..D, 1998. Aménagement du port de BOU-HAROUN : Contribution à l'étude d'envasement et de dragage. Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral. ISMAL.

MOUSOUNLM, GHOULEM.A ,2003. Aménagement et draguage du port de Tipaza. Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral. ISMAL.

RABHI Karim et ARKAB Mohamed, 2004. Etude de l'envasement et de la pollution de la retenue de Zéralda,.mémoire d'ingénieur ISMAL.

REBZANI-ZAHEF. C, 1990. Les peuplements macro benthiques du port d'Alger. Evolution spatio-temporelle, impact de la pollution.Thèse magister- I.S.N. / U.S.T.H.B.

RENE .L , 1932. Alger . Etude de géographie et d'histoire urbaines. Edition Librairie Félix Alcan.

RIVIERE. A, 1967 .Méthodes granulométriques ; Techniques et interprétations.Editions DOIN.

SELMANI. S et TAOUTAOU. S, 1995 . Synthèse hydro sédimentaire de la baie d'Alger. Aménagement et protection du littoral. Mémoire d'Ingéniorat d'état en géologie marine-I.S.T. / U.S.T.H.B.

VATAN. A, 1967 . Manuel de sédimentologie. Edition Technip.

O.N.M,2006. Office National de Météorologie

Direction de l'environnement.