

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE  
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

INSTITUT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMENAGEMENT  
DU LITTORAL (I.S.M.A.L.)

Mémoire de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme  
d'ingénieur d'état en aménagement du littoral

**THEME:**

**ENSABLEMENT DU PORT PAR TRANSPORT SEDIMENTAIRE:  
Simulation et application du modèle de Gao et Collins  
(1994) au port de Sidi-Fredj**

Présenté par:

Melle ZEMENZER Salihar

Membre de jury:

Mr SEFIANE, O	Président
Mme HOUMA, F	Examinatrice
Mr HELLAL, M	Examineur
Mr HEMDANE, Y	Co-promoteur
Mr BELKESSA, R	Promoteur

**Dieu bénit l'homme non pour avoir trouvé, mais pour avoir cherché.**

***V. Hugo***

---

J'adresse mes remerciements les plus distingués à tous les membres de l'institut des sciences de la mer et de l'aménagement du littoral, notamment Mr Belkessa. R et Mr Hemdane. Y, et tous ceux qui m'ont aidé de loin ou de près à compléter cette recherche.

Je dédie ce modeste travail à toute ma famille.

# Sommaire

- INTRODUCTION
- CHAPITRE I: PRESENTATION DU PERIMETRE D'ETUDE
  - I-1-Administrative.....1
  - I-2-Géographique.....1
  - I-3-Topo- morphologique.....2
  - I-4-Géologique.....3
  - I-5-hydrologique.....4
  - I-6-Hydrodynamique.....4
    - 6-1-Facteurs hydrodynamiques.....4
      - 1) les vents.....4
      - 2) les houles.....6
      - 3) Les courants.....7
  - I-7-Des potentialités touristiques.....8
- CHAPITRE II: APPROCHE GLOBALE SUR LE PORT
  - II-1-Presentation.....9
  - II-2-Configuration.....9
  - II-3-Les caractéristiques de la flottille de plaisance .....10
- CHAPITRE III: RECONNAISSANCE ABREGÉ DU RAPPORT  
PORT / MILIEU ENVIRONNANT
  - Introduction.....12
  - III-1- Aménagement portuaire.....12
    - III-1-1- Conséquence sur le milieu marin et terrestre.....12
    - III-1-2- Solutions préconisées par le L.E.M (1985).....13
    - III-1-3- Problème posé au niveau du port.....15
    - III-1-4- Origine principale du problème.....15
    - III-1-5- Conclusion.....15

○ III-2- Pollution portuaire.....	16
▪ III-2-1-Nature et source de pollution.....	16
▪ III-2-2-Etude de la pollution chimique dans le sédiment.....	16
- Analyses effectuées.....	17
- Résultats des analyses.....	17
- Interprétation des résultats.....	18
- Indice de contamination des métaux lourds et hydrocarbures totaux.....	18
- Conclusion.....	19
▪ III-2-3- Dragage.....	19
- 1-Generalité.....	19
- 2-Dragage du port de Sidi-Fredj.....	22
● <b><u>CHAPITRE IV: APPROCHE ANALYTIQUE DE LA DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE</u></b> <b><u>CAUSE D'ENSABLEMENT DU PORT DE SIDI-FREDJ</u></b>	
○ IV-1-Méthodologie.....	24
▪ IV-1-1-Techniques de mesure et prélèvement in situ.....	24
▪ IV-1-2-Techniques de laboratoire.....	25
▪ IV-1-3-Méthode d'étude.....	25
● 1-Sédimentologique.....	25
- 1-Traitements des résultats.....	25
1) La méthode graphique.....	25
1. Description des sédiments d'échantillonnage .....	26
2. Les indices.....	26
2) La méthode des moments statiques.....	30
- 2-Méthode de <i>Gao et Collins</i> et application.....	31
Introduction.....	31
1) Historique.....	31
2) Principe de la méthode.....	32
3) Procédure analytique.....	32
4) Fiabilité de l'analyse.....	33
5) Application.....	34
6) Interprétation des résultats d'application.....	40

- 2- Bathymétrie.....42
  - 1-Bathymétrie *Mars 2004*.....42
  - 2-Evolution diachronique de la bathymétrie.....43
  - 3-Conclusion.....48
  
- CONCLUSION
  
- BIBLIOGRAPHIE
  
- ANNEXE



# **INTRODUCTION**

---

## INTRODUCTION

Un port est une partie abritée dans une mer assez profonde qui sert d'ancrage pour les bateaux (*U. S. Army corps of engineerings, 2002*), les infrastructures portuaires sont considérées comme partie prenante dans le développement local et national du pays.

Le développement des installations portuaires avec des configurations accordées sans une étude d'impact préalable, a eu, tout le long de ce siècle pour conséquence les modifications successives du littoral, qui découlent d'après *Larid (2003)*, de la modification de propagation locale des houles et des courants avec implication plus au moins immédiates, des changements en matière de diffusion de l'énergie des vagues sur la zone côtière et les modifications des flux et des faciès sédimentaire.

Ce qui implique la déstabilisation du stock sédimentaire et au fil des années ce déséquilibre s'est accentué pour atteindre actuellement un état alarmant qui s'est traduit par une chute dramatique de l'activité touristique.

Pour rétablir le profil de plage notamment sur le plan environnemental, on a eu le plus souvent recours aux protections lourdes (Enrochement, Epis, Brise-lames et Bétonnage); Mais l'analyse prospective, spatio-temporelle du système morfo sédimentaire dans lequel ils s'inscrivent peut mettre en évidence des nuisances induites à l'amont ou à l'aval (*Larid, 2003*), cause pour laquelle, les pays développés évitent toute protection lourde sur leurs littoraux ; à titre indicatif les états unis.

Cependant, l'incidence sur le port dans le futur proche ou éloigné, après implantation, est non négligeable, des phénomènes sédimentaires tels que l'ensablement ou l'envasement sont observés dans de nombreux ports, car le port est le lieu favoris, par excellence pour le piégeage des sédiments qui transits en *offshore* (large) et en *nearshore* (petits fonds).

En Algérie, on assiste à de telles situations sur plusieurs parties du littoral ; le cas du port de plaisance de Sidi-Fredj situé sur la cote occidentale d'Alger, montre bien ce qui peut se passer si, lors de la construction d'un port, on néglige l'impact de l'infrastructure sur le transport sédimentaire.

Après avoir influencé le littoral Est adjacent (Dérive sédimentaire Est-Ouest), la jetée Sud du port avait encaissé l'effet résultant ; cet effet s'est accentué par une accumulation qui s'est développée à son tour au droit du port juste après l'implantation des épis suggérés par le *L.E.M (1985)*, en vu d'atténuer le transit littoral ; pour franchir enfin, la passe d'entrée lors de la diffraction des ondes dans le port.

Pour assurer un bon fonctionnement du port, adapté avec le problème d'ensablement qui s'est posé, des dragages d'entretiens se font de façon périodique, citons à titre indicatif, le dragage effectué récemment à l'aide du système de By-pass (Mai 2003).

Face à cette problématique, l'objectif de notre travail a consisté à mettre au point un développement méthodologique afin de compléter notre compréhension sur la dynamique sédimentaire qui a provoqué l'ensablement du port de Sidi-Fredj, passant dans un premier temps à **L'HYPOTHESE**, posée d'après les observations sur terrains et par connaissance de cause:

" L'ENSABLEMENT DU PORT DE SIDI-FREDJ, CONSEQUENCE DU DESEQUILIBRE TOTAL DU REGIME SEDIMENTAIRE DANS LE LITTORAL EST ADJACENT. "

Dans un second lieu, pour **CONFIRMATION DE L'HYPOTHESE**, nous passons à un important travail de modélisation de la dynamique sédimentaire, qui se porte sur l'application du modèle de *Gao et Collins (1994)* en faisant appel à un ensemble de trois paramètres granulométriques propre à chaque prélèvement (grain moyen,  $S_0$  et  $S_k$ ), obtenues à partir de la méthode des moments statiques de *Mcbride (1971)*, afin d'obtenir une carte vectorielle qui pourrait nous renseigner sur la direction des transports sédimentaires au niveau du port de Sidi-Fredj.

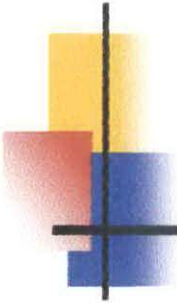
Notons que de tels modèles sont développés de manière croissante à propos des petits fonds marins pour reconstituer sur de grandes séries de données le sens, le mode, les régimes et les causes des transits sédimentaires actuels ou plus anciens (*Chamley, 1987-2000*).

La compréhension de l'ensablement qui se fait au niveau du port de Sidi-Fredj passe par l'étude hydro sédimentaire et bathymétrique, cela a été procédé par des prélèvements et des sondages bathymétriques sur terrains suivie d'un traitement au laboratoire pour, d'une part, appliqué le modèle de *Gao et Collins (1994)* et d'autre part, faire une étude différentielle de la bathymétrie afin qu'on puisse simuler le degré d'ensablement.

Toute étude est précédée par une étape bibliographique, qui porte sur la caractérisation du cas d'étude et des collecte de notion préliminaires et indicateurs synthèse sur le fond du travail (transports sédimentaires, hydrodynamismes, modélisation, morpho dynamique...).

En s'appuyant sur le résultat du modèle dérivé qui semble satisfaisant, nous souhaitons vous avoir rapprochés de la réalité, à travers une cartographie descriptive, synthétique et simplifiée.

Si on s'intéresse préalablement à la modélisation de la dynamique sédimentaire dans les grands projets d'aménagements côtiers, nous aurons prédit tout autre fonctionnement qui porte nuisances à l'opportunité de cet écosystème ; il est important de signaler que l'objet de modélisation, doit donc prédire à court et à long terme (*Alzieu, 1999*).



# CHAPITRE I

---

## I- PRESENTATION DU PERIMETRE D'ETUDE :

### I-1-Administrative :

Du point de vue administratif, la localité de Sidi-Fredj appartient à la commune de Staoueli, daïra de Zeralda, wilaya de Tipaza, issue du découpage de 1985, éloignée de 20km à l'Ouest d'Alger; on y accède en empruntant : (*Ourabia et Benallal; 1989*)

- La R11: qui relie Alger à Tipaza par la côte;
- La R41: qui mène d'Alger à Staoueli par le Sahel (Chéraga);
- La Racade Sud: Ben-Aknoun-Zeralda.

Elle couvre une superficie de 69 ha dont 1.6 ha boisée, délimitée par :

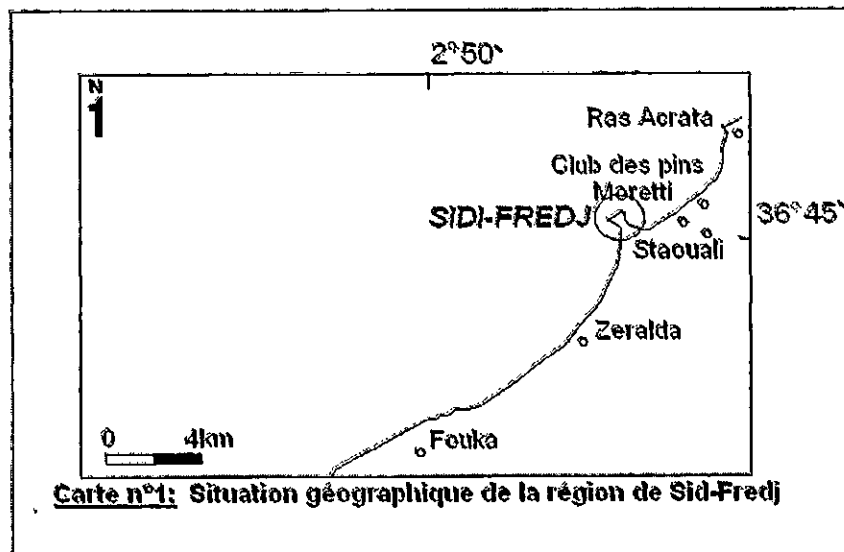
- Nord : Mer méditerranée.
- Sud : Forêt domaniale d'environ 96 ha.

### I-2-Géographique :

Sidi-Fredj est une localité au bord de mer, orientée vers le Nord-Ouest sur un km selon le grand axe et sur 200m selon le petite axe; elle forme le cap Est de la baie de Bou-Ismaïl et la limite Ouest de la baie d'El-Djamila, c'est un promontoire rocheux en saillie par rapport aux côtes sableuses limitrophes; caractérisé par deux pointes:

- La pointe du Marabout à l'Est;
- La pointe du Saint Janvier à l'Ouest.

A comme coordonnées géographiques : 2° 50' Est                      36° 45' Nord



### I-3-Topo-morphologique :

Sidi-Fredj existe dans le Sahel occidental d'Alger qui correspond à une étroite plaine côtière de 500m à 1km de largeur, d'altitude comprise entre 0 et 25m (Saoudi; 1985).

La presqu'île dont l'extrémité haute d'altitude maximale 23m est reliée à l'arrière pays par la petite base d'un tombolo de forme trapézoïdale.

Ce trapèze a les dimensions suivantes :

Petite base 500m;

Grande base 1000m;

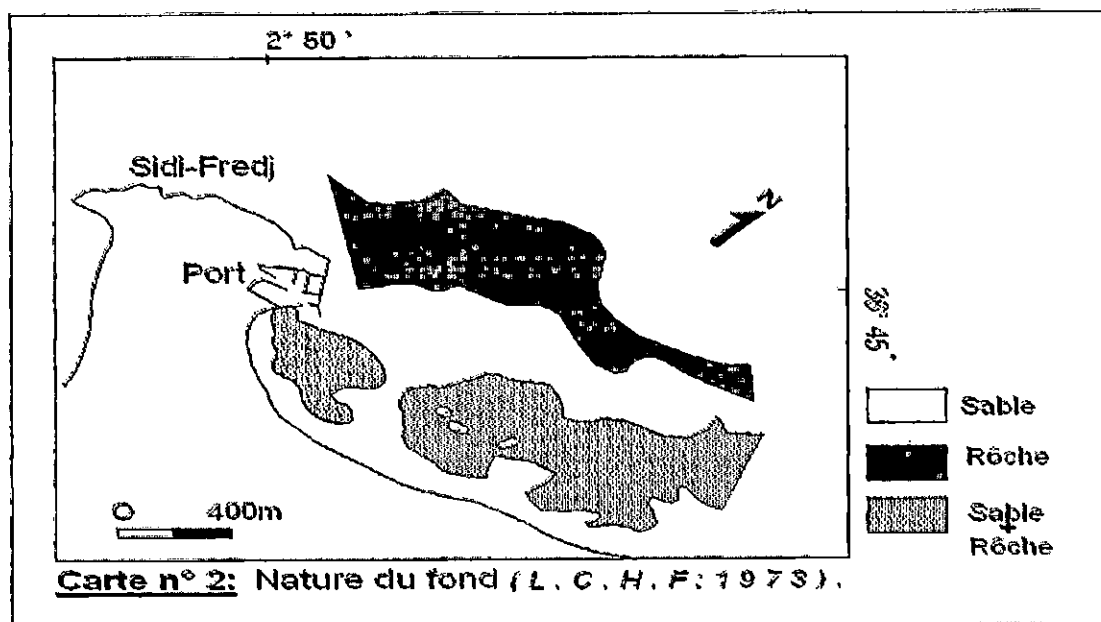
Hauteur 850m;

Altitude 5 à 9m;

Pente 4% vers le Sud-Est.

Une grande partie de ce tombolo est occupé par la pinède de Sidi-Fredj.

La morphologie sous marine est représentée par de nombreux platiers rocheux qui apparaissent en petits affleurements littoraux, prolongés jusqu'au promontoire de Sidi-Fredj (L.C.H.F ; 1973).



Du côté terrestre, la partie Est de la presqu'île présente une côte d'environ 150m de large, décorée par de très belles plages classiques ourlées de vastes étendues sableuses ; on les cite respectivement :

- La plage Est : Cette plage décrit une large concavité parallèle à la côte d'une superficie de 6250m<sup>2</sup>.
- La plage Moretti : D'un développement maximale du côté de Sidi-Fredj d'environ 100 à 200 m , avoisiné par la plage Staoueli du côté l'Est

**-La plage des Clubs des Pins :** Dont la largeur est d'environ 25m.  
Plus à l'Est, la côte ne présente plus que de petites criques individualisées par les affleurements de Grés quaternaires (*Bougueroua et Dekkar ; 1996*).

#### **I-4-Géologique : (carte n°3)**

La presqu'île de Sidi-Fredj est jointe au massif d'Alger lequel est recouvert par des terrains métamorphiques et plio-quaternaires du Sahel.

##### **I- 4-1-Les terrains métamorphiques :**

Ils sont essentiellement des granites et gneiss de teinte claire, largement fissurés et diaclasés (*O.N.A.T*), affectés d'accident mylonitiques (*Ourabia et Benallal; 1989*).

Les gneiss du promontoire rocheux sont divisés en quatre types par *Colomb et al (1971)*, en vue d'une étude pétrographique : (Tableau n°1)

**Tableau n°1 :** Types de gneiss et description.

Type	Particularités descriptives
I	Appelé "Vieux Gneiss" à foliation et linéarisation bien distincte, grisâtre assez claire.
II	Type massif peu orienté.
III	Gneiss à grains fins bien lités, riches en quartz.
IV	Aspect d'un granite orienté avec une foliation moulante de phénocristaux.

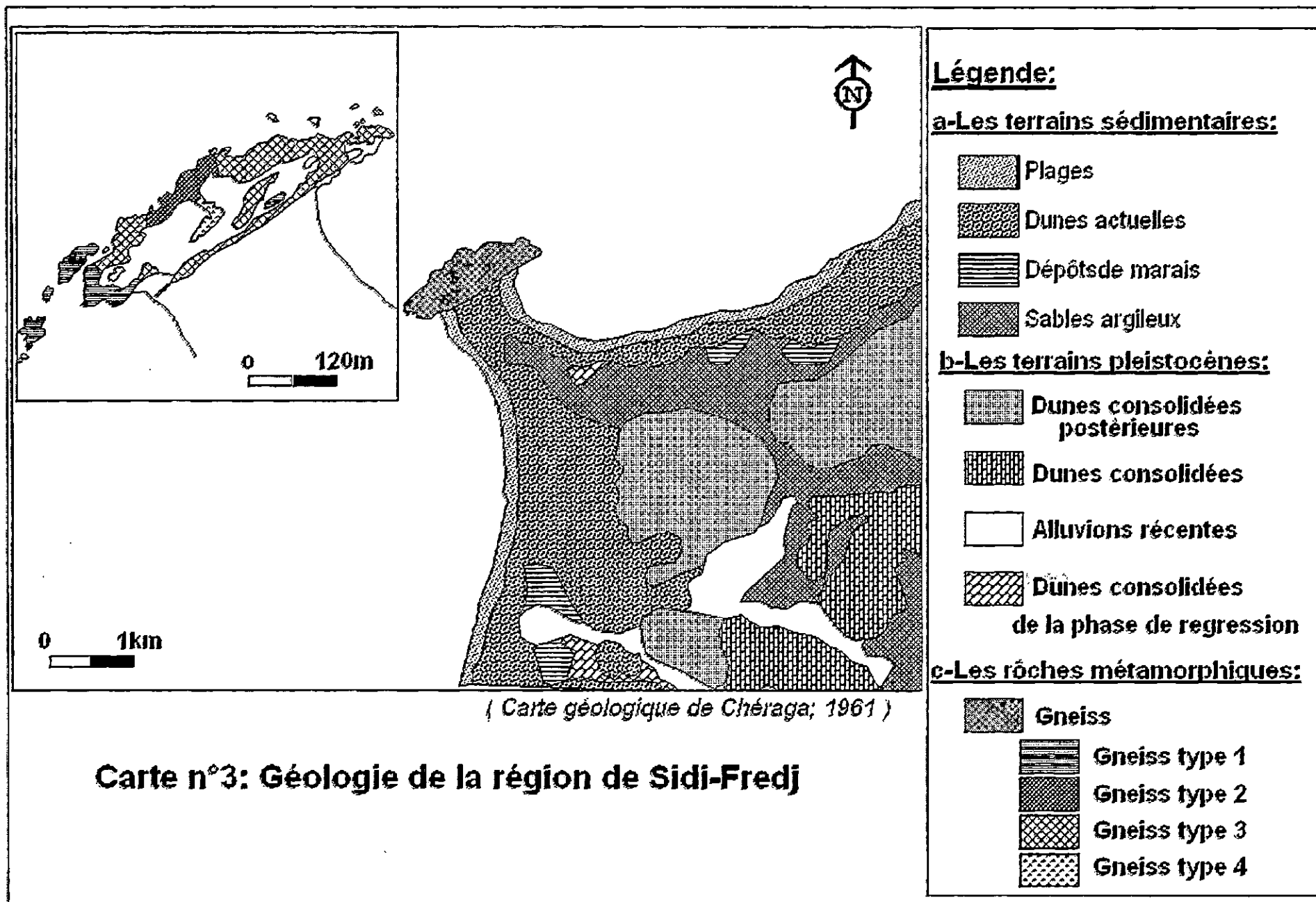
Ces faciés offrent des caractéristiques géotechniques appréciables :

- Bonne portance;
- Stabilité d'équipements construits en zones pentues;
- Insensibilité à l'érosion;
- Non agressif vis à vis du béton.

##### **I-4-2-Les terrains quaternaires :**

Le littoral du Sahel occidental d'Alger présente une terrasse marine qui supporte d'importantes unités continentales, elle subdivise en :

- Les formations dunaires anciennes sensiblement parallèles à la plage, allant d'une altitude de plusieurs 10<sup>aines</sup> de m de largeur, atteignent leurs plus grandes importances au niveau de Moretti;
- Les faciés sableux graveleux du tombolo à éléments métamorphiques et qui proviennent du démantèlement du sable de la presqu'île;
- Le recouvrement de sables argileux;
- Dépôts actuels : alluvions récentes;
- Grés dunaires du quaternaire.



Quant au système sablonneux, le sable de Sidi-Fredj est celui des dunes observé fréquemment à leurs pieds et sur une certaine surface de la plage ; c'est un sable noir fin à moyen, contenant parfois du débris de coquilles.

*Leclaire; 1972, note* que ces sables sont certainement de toute l'Algérie les plus riches en espèces minérales et en variétés (des schistes, des micas et des minéraux opaques), le quartz est le minéral (à 70%) dominant

## **I-5-Hydrologique :**

Sidi-Fredj est sillonné par un seul oued secondaire, temporaire "Oued Beni Messous", débouche à environ 5km à l'Est au niveau de la plage "les Dunes".

Le régime de cet Oued est caractérisé par un minimum pendant la période estivale et un maximum pendant l'hiver (*S. D. A .T; 1986*).

## **I-6-Hydrodynamique :**

### **I-6-1-Facteurs hydrodynamiques :**

En l'absence d'observations directes sur le site, les données présentées ci-dessous sont fournies par différentes sources :

O.N.M : Observation en période allant de Janvier 1976 à Novembre 1998  
(Station d'Er El-Beida ; 36° 41' Nord et 03° 13' Est).

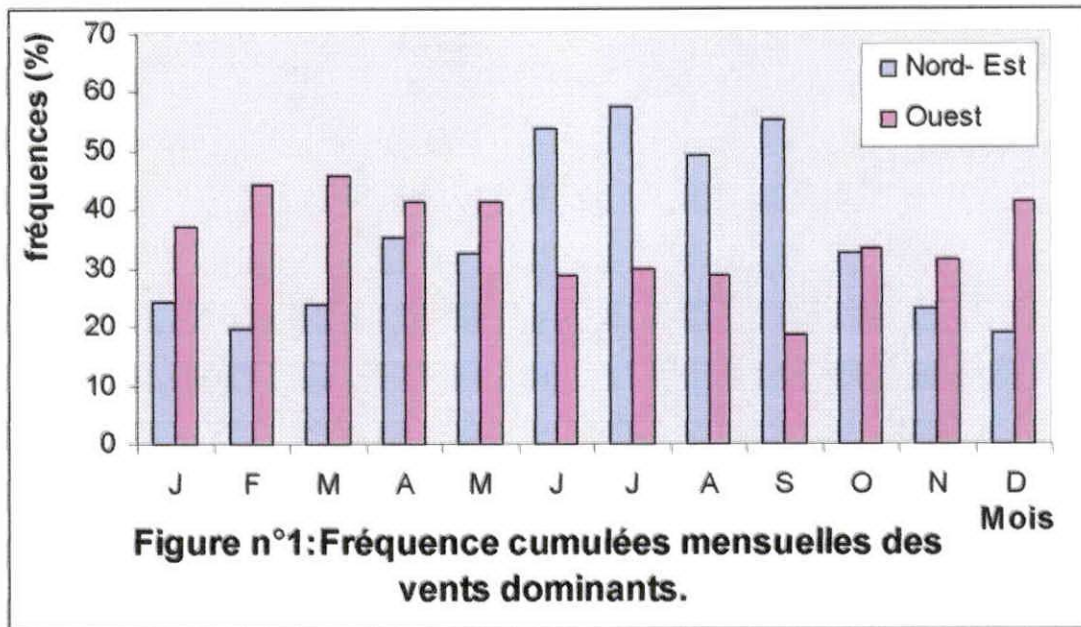
U.S.Naval océanographique office : Observation du secteur (275° - 55°), résumé dans les roses de houles.

S.S.M.O (H. S. Naval weather service command) : Observation pour une période allant de 1914 à 1970.

#### **1) Les vents:**

C'est une donnée anémométrique importante pour toute étude hydrodynamique, il est à rappeler qu'ils sont des générateurs de houles et courants superficiels (*Guilcher; 1972*); par leurs fréquences et leurs intensités sont à l'origine d'importantes quantités de sables mobilisées, déplacées sur la cote, leur impact croît avec leur vitesse (*Moulin et al; 1978*).

En ce qui concerne Sidi-Fredj, les vents les plus fréquents sont ceux du Nord-Est et de l'ouest, leurs comportements varient selon les saisons. (Figure n°1)



**Tableau n°2 :** Représentation récapitulative des (%) des vents fréquents par saison (O. N. M).

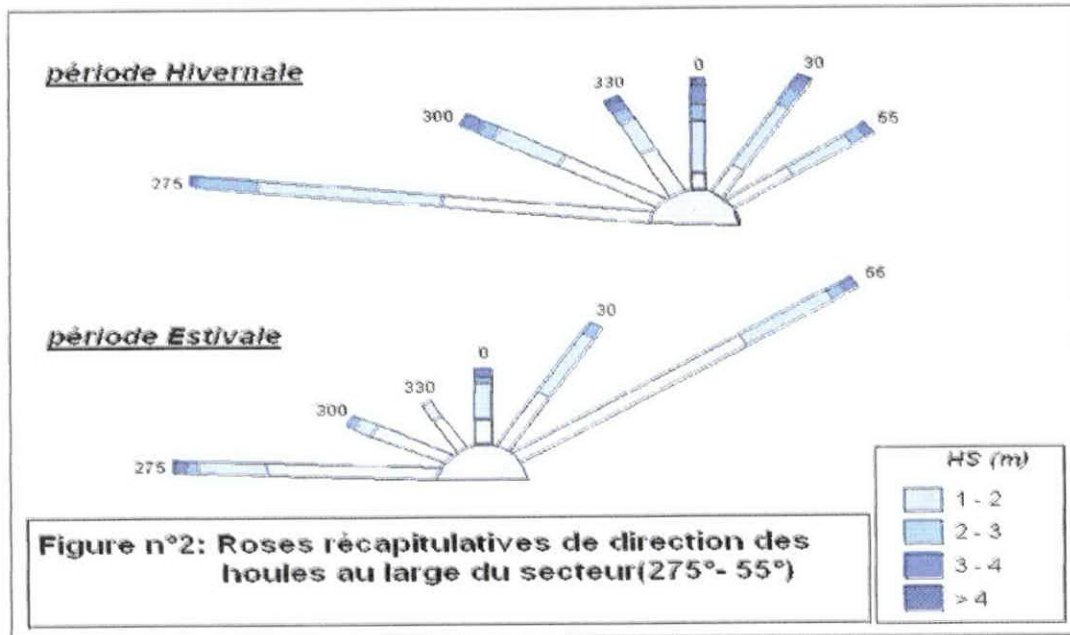
Secteur	Période	
	Hivernale (Octobre - Mars)	Estivale (Avril - Septembre)
N-E	19 - 33	31 - 58
W	31 - 46	18 - 42

On constate que les vents du Nord-Est sont fréquents durant l'été, ils confèrent un temps remarquablement tempéré, les seconds l'emportent durant l'hiver. Leur vitesse moyenne est très faible, la moyenne maximale enregistrée ne dépasse pas 2m/s (*S.D.A.T; 1986*), ce qui correspond à des vents modérés (*Kennouche et Illoul ; 2000 in Bucalossi; 1960*).

Nous précisons que les vents les plus violents au cours de l'année arrivent essentiellement des directions Ouest et Nord-Ouest avec des fréquences respectives de 0.6 % et 0.2 % (*S. S. M. O*).

**Remarque d'Auteur :** " La dynamique à long terme est déterminé par les caractéristiques et la variabilité des agents hydrodynamiques : Houles et Courants" (*Alzieu; 1989*).

## 2) Les houles :



**-En Hiver** : Les houles d'Ouest dominant avec les plus grandes amplitudes (2 – 2.5m), pouvant atteindre les 3 à 4m.

**-En été** : Les houles les plus dominantes sont issues du secteur Nord – Est avec des amplitudes de 3 à 4m.

L'Analyse des données de S.S.M.O présentées sous forme de tableau (N°3) et ceux de K.N.M.I (Institut métrologique royal Néerlandais), (Figure n°3) confirment parfaitement cette répartition :

**Tableau n°3 :** Amplitudes des houles en fonction des directions.

Direction de retour	Nord	Nord-Est	Est	Ouest	Nord-Ouest
(m) <b>Biennale</b>	4.90	6.60	3.34	7.36	4.05
<b>Quinquennale</b>	5.74	7.61	3.78	8.42	4.74
<b>Décennale</b>	6.38	8.38	4.10	9.22	5.25
<b>Vingtennale</b>	7.02	9.14	4.43	10.02	5.77
<b>Cinquantennale</b>	7.87	10.16	4.84	11.08	6.48
<b>Centennale</b>	8.50	10.92	5.19	1.78	6.98

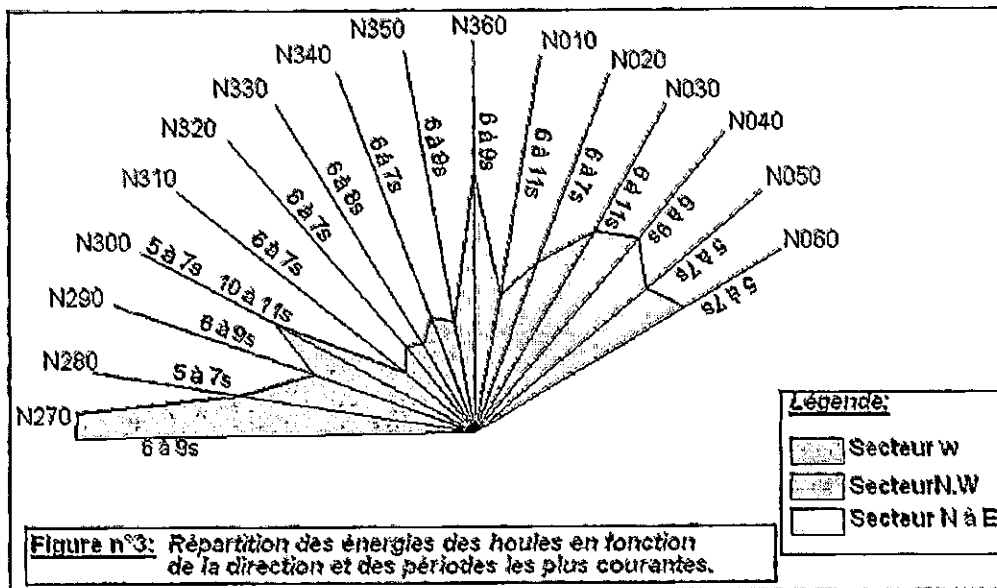


Figure n°3: Répartition des énergies des houles en fonction de la direction et des périodes les plus courantes.

Source: K.N.M.I

Les houles intensément énergétiques et de fortes amplitudes proviennent essentiellement des directions Ouest et Nord-Est avec des valeurs respectives de 7 et 6m pour les houles biennales; par contre du secteur Est provient les houles de faibles amplitudes de 4m pour la houle vingtennale et 3m pour la houle biennale.

En conclusion, on déduit que la répartition des houles est globalement concordante avec le régime des vents.

### 3) Les courants :

Les courants de la côte algérienne sont relativement faible; *K.N.M.I* indique qu'ils ont une vitesse inférieure à 0.5 nœuds pendant environ 75% du temps ou 1 nœud pour 80% du temps (*Boutiba; 1996*). L'étude courantométrique de la région de Sidi-Frdj portée sur plusieurs missions, effectuées par (*L.C.H.F*) depuis 1970, enregistre par direction le suivant :

-Les vents du Nord-Est génèrent des courants de direction Ouest, vers le port.

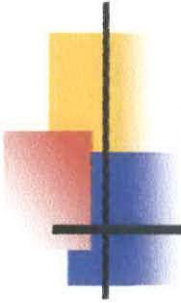
## **7-Les potentialités touristiques :**

Sidi-Fredj renferme l'une des plus grandes stations balnéaires algérienne à vocations touristiques, vu sa particularité historique (colonisation française; 1830), archéologique (ex. restes d'un village antique nécropole romaine), et naturelle (pérennité patrimoniale), propice aux besoins des touristes qui la fréquentent au cours de toute l'année.

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-Riadh, passe par l'intersection des routes allant vers Staoueli et Zeralda et continue vers le Sud-Ouest jusqu'à la côte; l'extension du tissu urbain du côté Est et des complexes touristiques (de Sidi-Fredj, de Moretti et du club des pins) du côté Ouest a donné lieu à la disparition totale du foncier de la Z.E.T (*A.N.A.T; 2004*).

Le complexe de Sidi-Fredj est composé d'une gamme diversifiée d'équipements, d'hébergements et d'un port ; qui participent à la promotion du tourisme dans cette région.

Ce port de plaisance auquel s'est intégrée l'activité de pêche, représente le pôle d'attraction et l'élément moteur du complexe et présente le modèle de problème parfait pour notre présente étude.



# CHAPITRE II

---

## II-APPROCHE GLOBALE SUR LE PORT :

### II-1-Presentation :

Le port de plaisance de Sidi-Fredj est implanté en 1969 dans la partie orientale du cap à 24km à l'Ouest d'Alger; la constitution de ce socle rocheux (gneiss) lui offre une assise très stable.

Sa position géographique est de : (L.E.M.1998)

36° 45' 54" Nord

02° 50' 54" Est

Il est destiné pour abriter les flottes de plaisance.

### II-2-Configuration :

Le port est semi fermé, d'une superficie de 4ha ; il comprend : (Figure n°4)

**A- Un plan de masse de port** est réparti en cinq (05) 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.

**Tableau n°4** : Superficies et profondeurs des bassins intérieurs.

Bassins	Superficie (m <sup>2</sup> )	Profondeur (m)
I	8000	0.60 – 2.60
II	3000	2.50
III	5000	1.50 – 4.50
IV	10 000	2.50 – 3
V	9400	3.50

(L.E.M.1998)

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.

**B- Les appontements** ; distingués selon deux types (fixes et flottants), 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 ; sont au nombre de huit (08).

-Quatre (04) appontements fixes (1, 2, épi pétrolier et 3);

-Quatre ou plus appontements flottants (I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>, I<sub>3</sub> et I<sub>4</sub>).

**C- Les épis**; ce sont des ouvrages de protection et d'accès ont pour rôle de défendre le port contre la houle et les apports solides du littoral (Chapon; 1975), ils sont au nombre de trois (03) :

-L'épi pétrolier, l'épi d'hivernage et l'épi de la passe.



**D- Deux ouvrages extérieurs** (Jetée principale Nord et secondaire Sud), de type à talus, protégés du 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;

Rôle d'une barrière contre les apports solides.

### II-3-Les caractéristiques de la flottille de plaisance:

La plaisance se caractérise par une grande variété dans la taille et le type de navires (*Chapon II; 1975*), depuis les petits voiliers et canots automobiles jusqu'aux yachts de plusieurs de mètres (*Chapon I; 1984*).

Les données présentées ci-dessous sont fournies par la direction responsable d'entrée et de sortie des embarcations au niveau du port pour l'année 2004.

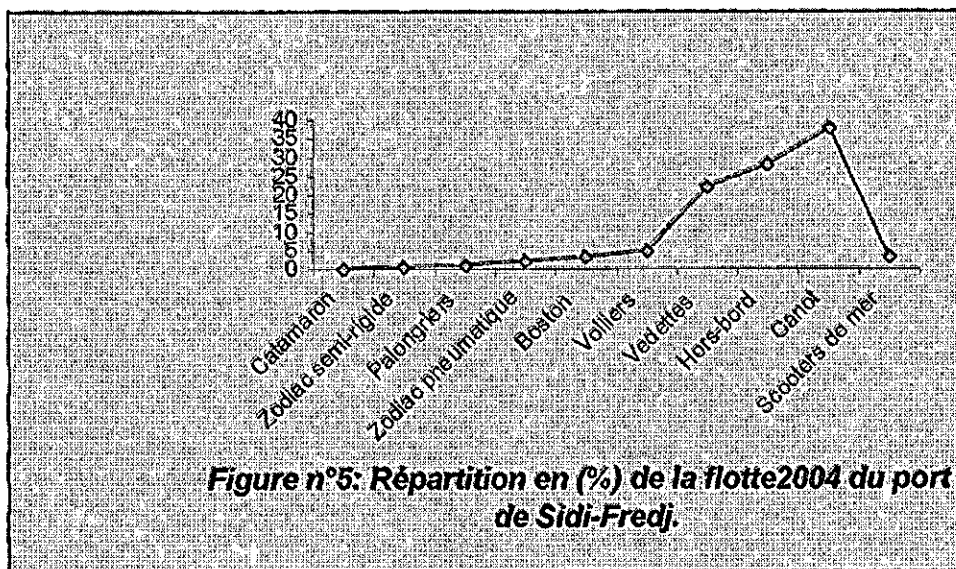
**Tableau n°5 :** Flottille reçue par le port de Sidi-Fred en Juin 2004.

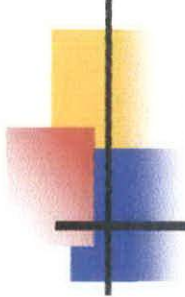
Types	Nombre d'unité par an		Pourcentage (%)		Tirant d'eau (m)
	2003	2004	2003	2004	
Catamaran		1		0.25	
Zodiac semi rigide		2		0.50	
Palongriers		5		1.25	1 – 1.5
Zodiac pneumatique	43	8	8.41	2.01	
Boston		13		3.26	0.5 – 1
Voiliers	19	19	3.71	4.77	1 – 1.5
Vedettes	90	88	17.61	22.11	0.5 – 1
Hors-bord	206	111	40.31	27.89	0.5 – 1
Canot	133	151	26.03	37.94	0.5
Scooters de mer		12		3.01	
<b>Total</b>	511	398	100	100	
<b>Source</b>	Lazali; 2003				Oukazi; 1993

D'après cette source, le nombre total de bateaux au cours d'une année est de 400 unités, presque le même nombre est enregistré en juin 2004 (398 unités) ; Cette forte capacité est sollicitée par la saison estivale durant laquelle ce chiffre peut dépasser les 400 unités tel le cas en l'an 2003 (511 unités).

Par simple comparaison (Figure n°5), l'année 2004 présente une répartition variable d'embarcations en nombre réduit par rapport à l'année précédente (2003) ; contrairement à cette dernière les canots occupent la majeure partie du port (37,94 %) suivie des hors-bord (27.89 %).

La différence interannuelle en même saison est indépendante de tous facteurs d'influence, il s'agit d'unités entrées ou sorties qui ne sont pas pris en considération.





# CHAPITRE III

---

### **III- RECONNAISSANCE ABREGEE DU RAPPORT PORT / MILIEU ENVIRONNANT : " Impact de l'infrastructure portuaire de Sidi-Fredj sur le transport sédimentaire"**

#### **Introduction :**

Parmi les principaux facteurs anthropiques qui règnent sur le littoral de Sidi-Fredj on distingue :

- L'aménagement portuaire qui contribue à une perturbation de la sédimentation ainsi que la modification de l'évolution de la ligne de rivage.
- La pollution portuaire par l'intermédiaire des sédiments de dragage.

Le but du résumé des conséquences et des problèmes posés ultérieurement est de comprendre le rapport qui s'établit entre le port et le paysage (marin et terrestre) juste après sa construction et pendant son fonctionnement quand il s'agit d'un projet non préalablement visualiser de manière à pouvoir en apprécier les conséquences sur le paysage.

#### **III-1- Aménagement portuaire :**

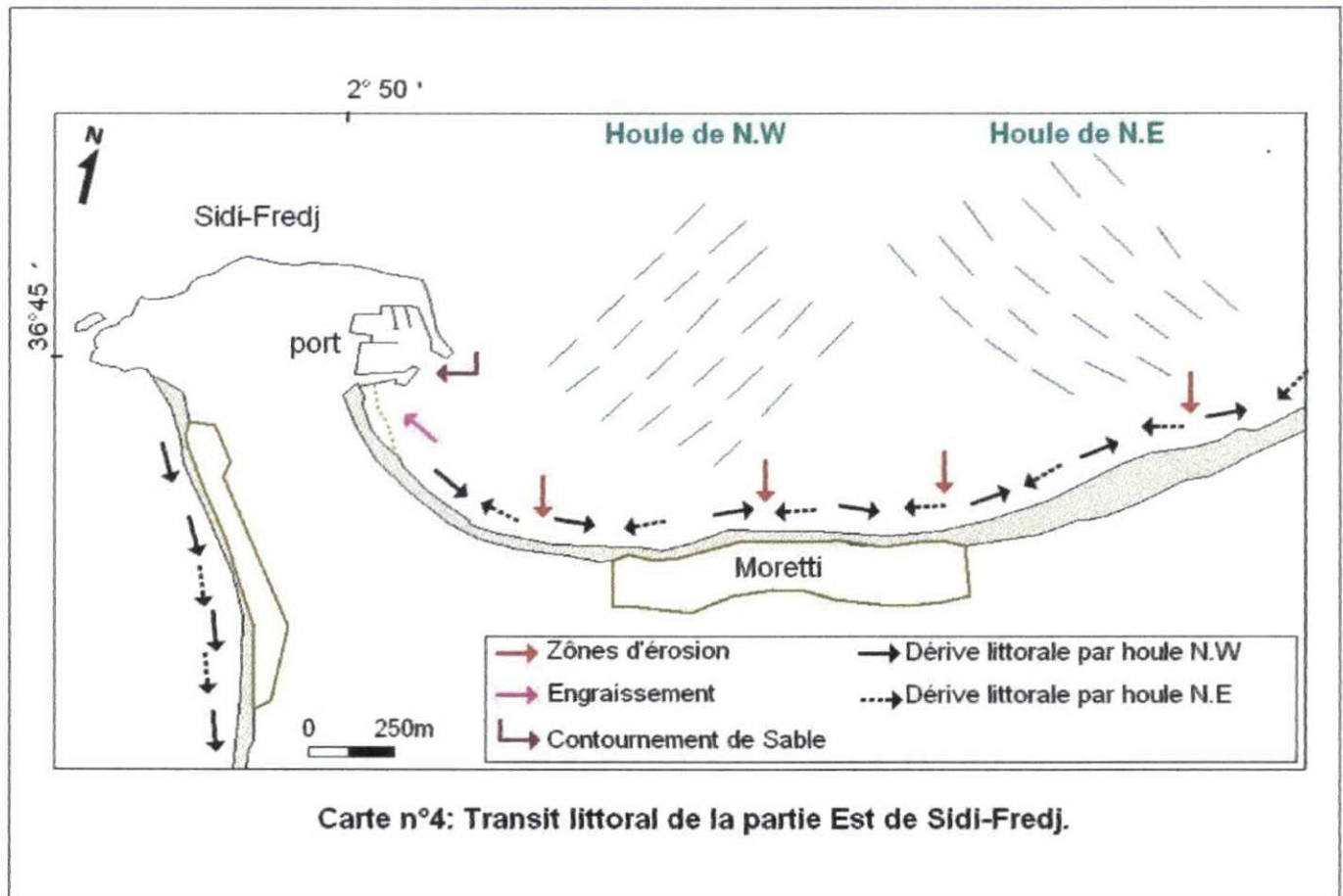
##### **III-1-1- Conséquences sur le milieu marin et terrestre :**

Avant 1969; c'est-à-dire avant la construction du port, le littoral subissait l'influence d'un double transit littoral : Ouest – Est et Est – Ouest ; le transport Est – Ouest était le plus important et se produisait sous l'effet des vents de Nord – Est qui génèrent des courants Ouest dirigé vers le port, mais le transport Ouest – Est sous l'influence des houles Nord – Ouest permettait de stabiliser la plage par un retour des sédiments sur la partie Est ,donc la plage comprise actuellement entre le port et le front de mer de Moretti avait un profil général stable.

Après la construction de la première phase du port, le transit Ouest – Est est arrêté par la structure portuaire, parallèlement une érosion de plage apparaît entre l'hôtel El-Riadh et le front de mer de Moretti suivie d'un engraissement progressif de l'anse Est au détriment de la zone de Moretti, formant ainsi un banc de 600m environ sur 50 à 200m en profondeur (*L.C.H.F; 1973*).

Pour une meilleure illustration de la synthèse précédente, nous avons élaboré une carte schématique du transit littoral de la partie Est de Sidi-Fredj par superposition de deux cartes de source différentes: (Figure n°4)

- Plan de vague Nord-Ouest et Nord-Est (*Bakir; 1978 in Degiovanni; 1987*).
- Dérive littoral à Sidi-Fredj (*Oukazi; 1993*).



Comme conséquence, la présence du port a fondamentalement modifié les mouvements des matériaux véhiculés par le transit littoral, provoquant une avancée du trait de côte à l'abri de la jetée II Sud (Tableau n°6), mais dans le même temps une érosion de la plage Est au droit de Moretti; et depuis le littoral est en perpétuelle modification.

**Tableau n° 6 :** Evolution du trait de côte à l'abri de la jetée II Sud du port.

Année	1921 - 1970	1970 - 1984
Avancée (m)	80	30
Source	L.C.H.F; 1973	Photographies aériennes

*(Boutiba; 1996)*

### III-1-2- Solutions préconisé par le L.E.M (1985):

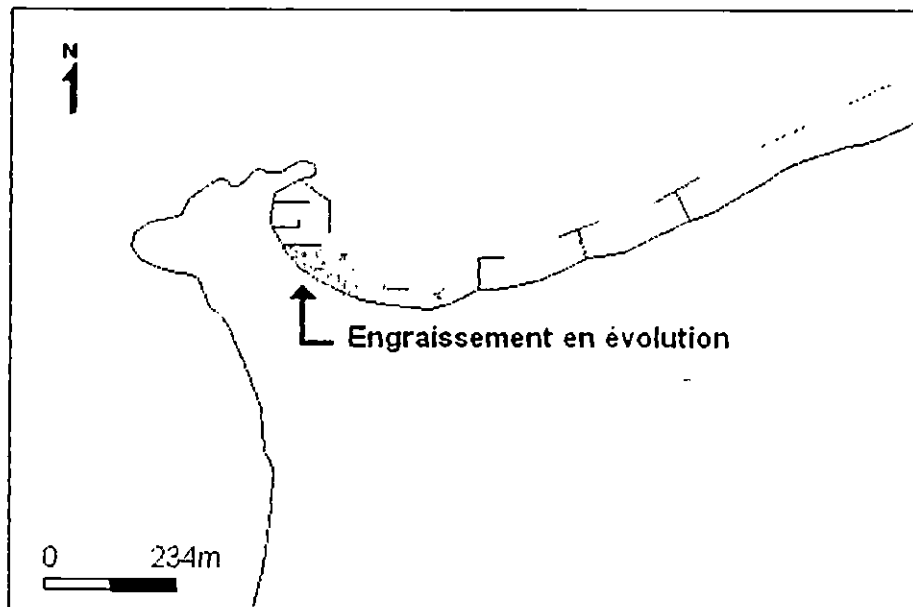
Pour remédier à cette situation, il a été décidé de construire un champ d'épis au nombre de trois de type mixte (longitudinal et transversal) (tableau n°7), afin d'assurer une défense pour une attaque à double action (érosion et dérive littorale).

**Tableau n°7:** Longueur des épis en (m) par type.

Type	Longueur (m)	
"T"	I	290
	II	260
"L"	III	220

• **Résultat de l'implantation :**

L'implantation des ouvrages devrait permettre un effet de freinage de la dérive et piégeage du transit, on avait constaté juste après l'accomplissement du projet (Figure n°6) que la baie située entre l'hôtel et le port est une zone calme où sont accumulés les sédiments qui ne sont plus repris. L'engraissement s'est développé en direction du port formant ainsi une dune hydraulique dont l'épaisseur moyenne sédimentaire atteint 2.0m ; *Boutiba (1996)*, avait enregistré une avancée de 25m entre 1984 et 1993.



**Figure n°6** Disposition des ouvrages de protection (1985) du littoral Est de Sidi-Fredj.

Ces ouvrages n'ont pas répondu aux résultats escomptés et l'érosion du trait de côte au milieu des alvéoles persiste toujours.

L'épi crée une accumulation de sable du côté exposé au courant et une érosion du côté protégé. Lorsque l'accumulation devient trop importante, le sable peut cependant passer par-dessus l'épi, subir l'érosion, s'accumuler sur l'épi suivant etc.... un champ d'épis ne va donc pas empêcher la plage de se déplacer mais va retarder fortement ce déplacement (*file: A: hydro2.htm*).

### **III-1-3- Problème posé au niveau du port :**

Le phénomène de diffraction de la houle dans le port est à l'origine de l'ensablement du chenal d'exploitation par contournements des ouvrages existants; ce contournement est accompagné par entraînement des sédiments qui alimentent la dune hydraulique ce qui induit un colmatage dommageable pour le fonctionnement du port notamment l'accessibilité des navires à tirants d'eau notable. Le port est alors en permanence exposé à l'ensablement.

### **III-1-4- Origine principale du problème :**

L'impact du port sur le site reste significatif à ses abords vu son ouverture vers l'Est dans la direction des vents dominants (N.E et O) ainsi que la position de la jetée II Sud par rapport au rivage.

D'après (Chapon; 1984), "une digue perpendiculaire à la côte soumise à un transport littoral, l'interrompt et provoque une accumulation des matériaux jusqu'au moment où l'extrémité du dépôt littoral reprend en contournant la digue".

### **III-1-5- Conclusion :**

A long terme; cela signifie que :

- Soit la nature reprendra ses droits par comblement total du port et reconstitution de la bande sableuse (plage Moretti) tout le long du littoral Est.
- Soit la commune ou l'entreprise gérante du port devra investir :
  - Pour modifier la forme de la jetée (afin de modifier la diffraction qui induit un transit sédimentaire vers l'intérieur du port).
  - Ou désensabler régulièrement l'avant port (afin que le port reste accessible aux bateaux).

C'est ce qui est applicable ces dernières décennies en procédant aux activités de dragage.

## **III-2-Pollution portuaire :**

### **III-2-1-Nature et source de pollution dans le port de Sidi-Fredj:**

L'espace portuaire est soumis à une multiplicité de pressions dues l'hommes et à des activités, engendrant des pollutions très variées et souvent très grave ([File://A:/ char.htm](#)).

Le port de Sidi-Fredj de type semi fermé est sujet à une pollution intense, résulte des activités qui prennent place au sein du port, signalons que l'eau est constamment polluée du fait de l'étroite ouverture au large,insuffisante pour leur renouvellement; on y distingue:

-La pollution organique, microbienne (eaux usées et pluviales) qui prennent source des rejets des bateaux et autres (ex. les vidanges des huiles de moteurs de bateaux) ; ainsi que les rejets d'égout, jugée plus préjudiciable.

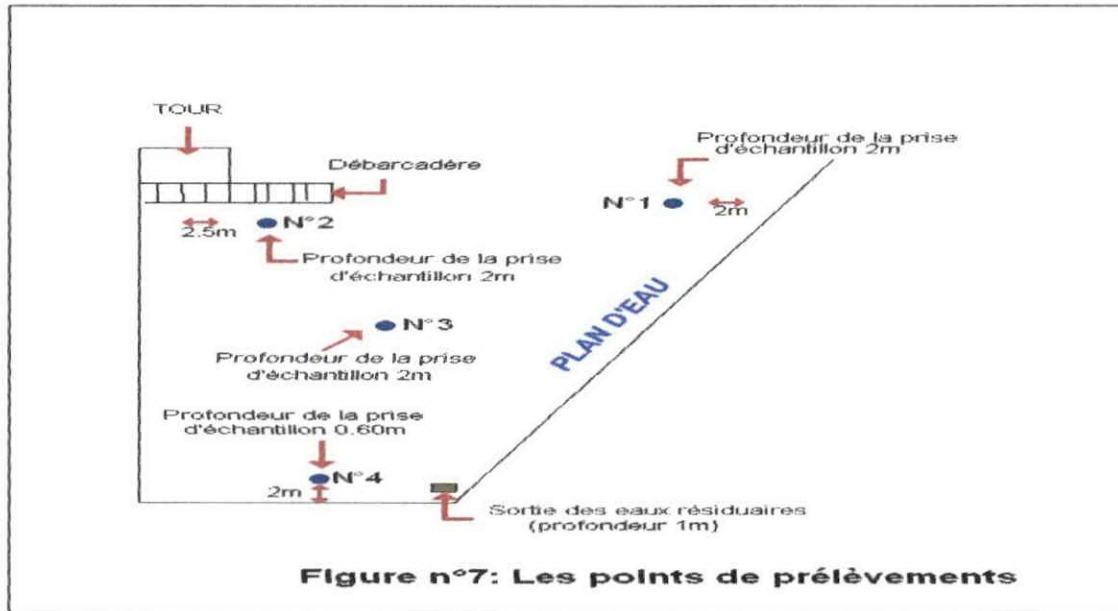
Dans la partie réservée aux pêcheurs (bassin 4, le quai de la petite Jetée II Sud),on assiste souvent à des déversements des eaux de lavage de poisson qui stagnent sur le quai ,générant ainsi des nuisances olfactives et une prolifération de parasites.

-La pollution chimique par les rejets (produits toxiques, détergent, hydrocarbures, métaux lourds...).

Certaines parties du port sont actuellement entassées des débris de toute nature (câble, morceaux de métal, bois et macro - déchets).

### **III-2-2- Etude de la pollution chimique dans le sédiment :**

L'analyse de la qualité chimique des sédiments se révèle importante pour les opérations de dragage. Pour cette caractérisation, le département *analyses et études environnementales de la direction traitement des hydrocarbures de la division CRD* avait procédé à un échantillonnage le 27 juillet 2003 au nombre de quatre (Figure n°7) au niveau du bassin I, deux concernant le sédiment superficiel (Ech.n°2 et 4), et les deux autres pour le sédiment profond (Ech.n°1 et 3); ceci en accord avec de la direction de *I'E G T Gestour* (Entreprise publique économique de gestion touristique, Sidi-Fredj).



### III-2-2-1- Analyses effectuées :

Les analyses effectuées au niveau du laboratoire du centre de recherche et développement de SONATRACH (Boumerdes) sont :

- La détermination des teneurs en fractions fines (fractions < à 63 $\mu$ m);
- Le dosage des métaux lourds ;
- Le dosage du mercure;
- La détermination de la teneur en matière organique ;
- La détermination des teneurs en hydrocarbures totaux.

### III-2-2-2- Résultats des analyses :

Ces valeurs sont tirées du rapport de l'Analyse fournie par l'E G T Gestour ; 2003.

**Tableau n°8:** Analyse de la teneur en fractions fines.

Paramètre Echantillon n°...	Taux d'humidité %	Matières sèches %	Fractions fines < 63 $\mu$ m %
1	14.6	30.7	9.52
2	20.2	23.4	3.44
3	20.3	40.8	12.88
4	27.0	57.4	2.04
<b>Intervalle</b>	14.6 – 27.0	23.4 – 57.4	2.04 - 12.88

**Tableau n° 9:** Dosage des métaux lourds exprimés en mg/kg.

Echantillon	Mn	Ni	Co	Cr	Cu	Pb	Cd	Zn	Fe
1	285	35	22.5	40	25	45	5	70	22150
2	287.5	32.5	22.5	45	10	865	7.5	220	21900
3	220	30	22.5	57.5	65	22.5	2.5	220	27100
4	145	42.5	22.5	72.5	172.5	22.5	2.5	470	22950
Intervalle	145	30	22.5	40	10	22.5	2.5	220	21900
	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	287.5	42.5		72.5	172.5	865	7.5	470	27100
<b>Normes Hollandaises</b>	-	35	-	100	36	85	0.8	140	-

**Tableau n°10 :** Détermination des teneurs en hydrocarbures totaux et en mercure.

Echantillon	Hydrocarbures (%)	Hydrocarbures (mg/l)	Mercure (ppm)
1	0.07	700	0.40
2	0.05	500	0.12
3	0.08	800	0.37
4	0.16	1600	0.29
<b>Intervalle</b>	<b>0.05 – 0.16</b>	<b>500 - 1600</b>	<b>0.12 – 0.40</b>

### III-2-2-3- Interprétation des résultats :

Au regard des normes hollandaises dans les sédiments marins (Voir Annexe n°1) qui recommande une analyse des effets qu'auront ces polluants sur l'environnement, la majorité des teneurs pour les métaux lourds, les hydrocarbures totaux ainsi que pour le mercure sont comprises dans l'intervalle de doute A – B.

Ce qui mène à dire qu'il y a lieu de procéder à une appréciation minutieuse de la contamination pour chaque élément.

Enfin, comme exception la concentration en cuivre pour l'échantillon n°4 ainsi que celle du Pb pour l'échantillon n°2 se situe en classe trois (03).

### III-2-2-4- Indice de contamination des métaux lourds et hydrocarbures totaux :

L'évaluation minutieuse de la contamination pour chaque élément, peut être appréciée en calculant l'indice de contamination, exprimé comme suit :

$$IC = \frac{\text{Concentration de l'échantillon (mg/kg)}}{\text{La concentration de la norme (mg/kg)}}$$

**Ensemblement du port par transport sédimentaire:  
Simulation et application du modèle de Gao et Collins (1994) au port de Sidi-Fredj.**

---

Si :

- IC < 3 : Immersion;
- 3 < IC < 10 : Immersion à surveiller;
- IC > 10 : Immersion interdite.

**Tableau n° 11:** Indice de contamination à partir des concentrations trouvées ( mg/kg) pour élément ayant des concentrations en norme (Normes Hollandaises) pour chaque échantillon.

Métal	Ni	Cr	Cu	Pb	Cd	Zn	Hg	HCT
<b>Les normes (mg/kg)</b>	35	100	36	85	0.8	140	0.3	50
<b>Echantillon n°</b>	<b>Indices de contamination (IC)</b>							
1	1.00	0.40	0.69	0.52	6.25	0.5	1.33	14
2	0.92	0.45	0.27	10.05	9.375	1.57	0.40	10
3	0.85	0.575	1.80	0.26	3.125	1.57	1.23	16
4	1.21	0.725	4.79	0.26	3.125	3.35	0.96	32
<b>Moyenne</b>	0.78	0.537	1.88	2.77	5.46	1.74	0.98	18

### III-2-2-5- Conclusion :

Nous observons que l'ensemble des paramètres présente un IC inférieur à 3 en moyenne, exception faite pour le Cd dont la valeur est supérieure à 3, y compris les hydrocarbures, pour une valeur de 18, l'immersion est impérativement interdite pour ce cas.

Il en ressort que l'immersion des produits de dragage en mer ouverte et envisageable.

### III-2-3-Dragage:

#### III-2-3-1-Generalité:



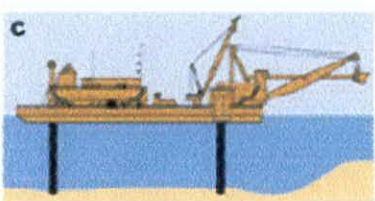
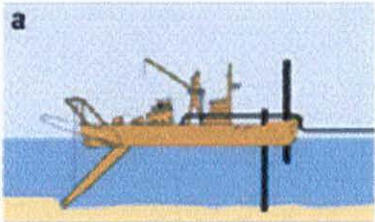
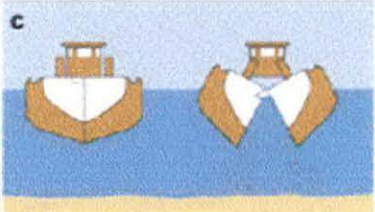
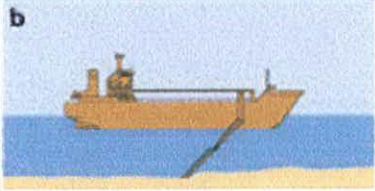
Les opérations de dragages constituent un élément vital pour le fonctionnement de l'économie portuaire (Alzieu; 1999), sont pour garantir la sécurité de la navigation. Ces opérations répétitives visent à extraire les sédiments qui se sont déposés pendant une échelle de temps périodique à fin de créer des plans d'eau accessible par les bateaux.

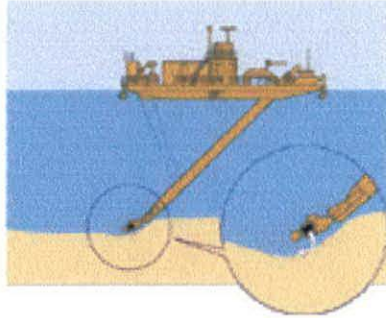
On recense trois types d'équipements de dragage pour les ports maritimes avec divers aspects techniques : (Tableau n°12).

*Ensablement du port par transport sédimentaire:  
Simulation et application du modèle de Gao et Collins (1994) au port de Sidi-Fredj.*

Les représentations schématiques ci-dessous sont requises du dossier –dragages - littoral- techniques - environnement littoral- **IFREMER**.

**Tableau n°12:** Aspects techniques des modes de dragages.

Mode de dragage	Différentes dragues	Représentation schématique
<p><b>Mécanique</b></p>	<p>A godets</p>	
	<p>A benne preneuse</p>	
	<p>A pelle ou à cuillère</p>	
<p><b>Hydraulique</b></p>	<p>Aspiratrice refouleuse stationnaire</p>	
	<p>Aspiratrice au point fixe</p>	
	<p>Aspiratrice en marche</p>	

<b>Pneumatique</b>	Barres niveleuses  Technique de l'injection	
--------------------	---	--

- **Les dragues hydrauliques:**

Ce sont des navires automoteurs et autoporteurs composée d'une pompe, aspirant la mixture à travers un long tube (élide), qui est refoulé suivant le type de drague dans un puit, un chaland ou dans des conduite (pipeline) allant jusqu'à la zone de dépôt où il se décantent, l'eau de sur verse repart en entraînant les particules les plus fines. Elles peuvent extraire  $4000\text{m}^3$  de déblais pour des profondeurs  $\leq 30\text{m}$ .

- **Dragues aspiratrices refouleuses stationnaires:**

Elle est fixée sur des câbles ou des chaînes ainsi que sur des pieux pour balayer sa zone de travail tout autour. Certains engins son équipés d'un bec d'aspiration "Dust pan" que la drague essaie d'enfoncer à l'avancement dans le banc à dégraser.

- **Les techniques de décharge :**

La plupart de ces dragues sont autonomes, elles se déchargent de trois manières:

- **Clapage:**

Il se fait ensouille devant un quai, méthode très rapide, exigent de moyens supplémentaires de reprise (Augriss; 1984).

Le rejet des sédiments dans des sites précis où les conditions granulométriques sont identiques pour éviter la dispersion d'élément contaminants dans le milieu.

- **A sec:**

A l'aide de grues, de godets ou de tapis roulant directement sur le quai (Augriss; 1984), dans le cas de sédiments à faible teneur en eau, plu s généralement ces dépôts sont réalisés à l'aide des conduites de refoulement.

### - A refoulement hydraulique:

Technique très rapide, généralement la plus utilisée pour les dépôts à terre; Elle offre d'avantage le stockage des sédiments dans des chambre permettant leur consolidation.

### III-2-3-2- Dragage du port de Sidi-Fredj:

Le dragage entre dans le cadre des opérations d'entretien qu'un port doit subir; depuis sa construction (1969), nous citons le dragage (1992) effectué par la SONATRAM, dont le volume des déblais extraits est de 6000 m<sup>3</sup>.

En Mai 2003 on avait déblayé près de 20.000m<sup>3</sup> au niveau de la passe d'entrée et le chenal d'accès à l'aide d'une drague hydraulique stationnaire nommé By-pass, c'est une sorte de pipeline flottant qui consiste à aspirer le matériel là ou il est contraint de s'accumuler dans une conduite jusqu'au-delà de la jetée secondaire Sud, où il peut se remettre à circuler librement.

Les sites de dépôt sont les plages Est et Ouest avec un volume de 10 000m<sup>3</sup> pour chacune, c'est ce qui est appelé "rétablissement artificiel du transit sédimentaire littoral".

#### • Estimation du volume des déblais:

La zone à draguer doit être découpée en petites surfaces dont chacune est définie par une profondeur moyenne, extraite de la côte d'origine ( nominale) supposée au préalable, en tenant compte des profondeurs existantes.

L'épaisseur multipliée par la surface totale donne le volume de déblais pour chaque partie; Enfin la somme des volumes partiels forme le volume total du déblai à extraire.

$$\text{Volume (m}^3\text{)} = (\text{côte nominale} - \text{profondeur moyenne}) \cdot \text{surface}$$

**Tableau n°12:** Volume des sédiments à draguer dans le port de Sidi-Frdj.

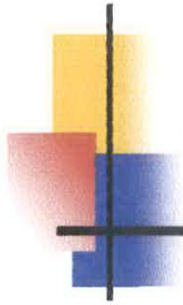
Bassin	Surface ( m <sup>2</sup> )	Profondeur moyenne (m)	Côte nominale (m)	Epaisseur moyenne (m)	Volume (m <sup>3</sup> ) à draguer.
1	8000	1.17	2.5	2.33	10640
2	3000	1.75	2.5	1.75	2250
3	5000	3.90	4	0.10	500
4	10000	1.90	4	2.10	21000
5	9400	2.46	4	2.04	14476
6	3516	1.50	4	3.50	8790

Total	57656m <sup>3</sup>
-------	---------------------

• **Conclusion:**

L'immersion accordée d'après l'analyse chimique des sédiments avait concerné un volume de  $57656\text{m}^3$  de déblais, sans porter atteinte à l'environnement de dépôt.

Pour assurer un résultat positif de l'opération du point de dragage au point de rejet, il est intéressant d'introduire dans l'avenir la stratégie de la modélisation mathématique du devenir des contaminants et de leurs transports.



# CHAPITRE IV

---

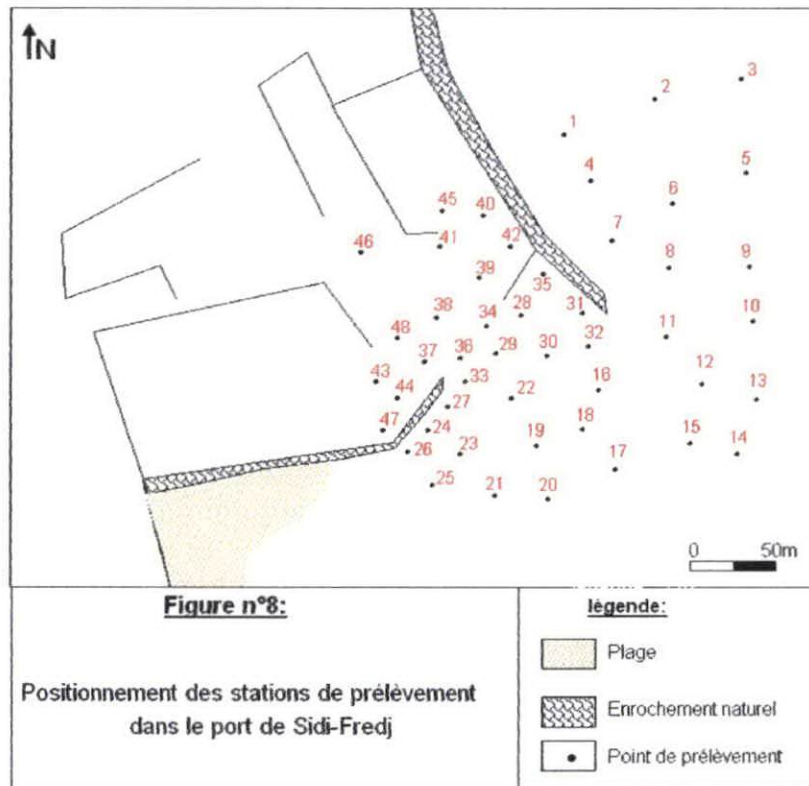
#### **IV- APPROCHE ANALYTIQUE DE LA DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE : CAUSE D'ENSABLEMENT DU PORT DE SIDI-FREDJ.**

Dans le contenu de cette partie nous avons cherché à connaître la nature, l'origine et la destination des matériaux, autrement dit, à compléter notre compréhension du fonctionnement hydro sédimentaire du système d'ensablement des parties intérieures et extérieures (passe d'entrée) du port.

##### **IV-1- Méthodologie :**

##### **IV-1-1-Techniques de mesures et de prélèvement in situ :**

La première opération technique est la prise d'échantillons sur un maillage serré en raison des faibles profondeurs à l'aide d'une benne preneuse de type "Van -Veen", sur un nombre de 48 stations positionnées aléatoirement (Figure n°8) en prenant des repères visuels de l'infrastructure du port.



Les points bathymétriques correspondant aux stations précédemment citées ont été effectués à l'aide d'un fil à plomb ; il faut souligner que le nombre de stations intérieures est insuffisant pour une étude bathymétrique précise du port.

Les échantillons récupérés ont été mis dans des sachets en plastique, numérotés, destinés au traitement au laboratoire.

L'exploitation du site s'est avérée accessible le (2 – 3 – 2004) grâce à la petite embarcation "Auess", sollicité pour les conditions climatiques de la journée (mer calme et vent faible).

## **IV-1-2-Techniques de laboratoire :**

Sur le plan opérationnel, les échantillons ainsi prélevés sont soumis à l'analyse granulométrique selon les étapes suivantes :

- Séchage à l'étuve à 105°C pendant 24h;
- Pesée l'échantillon à 150g (Pi);
- Rinçage à l'eau dans un tamis de 40µm pour éliminer la fraction péltique (< 40µm);



Fraction grossière > 40µm



- Séchage à l'étuve à 105°C pendant 24h;
- Tamisage à sec pendant 10 minutes sur un vibreur composé d'une série de tamis de norme "AFNOR" , dans laquelle la dimension des mailles des tamis est établie suivant une progression géométrique de 800µm à 40µm;
- Traitement des résultats ;
- Conception des cartes en utilisant comme fond la carte d'Alger (1970).

Nous précisons que ces résultats (valeurs pondérales) seront exploités différemment par les méthodes sédimentologistes.

## **IV-1-3-Méthode d'étude :**

### **IV-1-3-1- Sédimentologiques :**

#### **IV-1-3-1-1-Traitement des résultats :**

Pour une analyse granulométrique approfondie, nous avons procédé à deux principales formes d'investigations :

- **La méthode graphique (Classique);**
- **La méthode des moments statique.**

Dans tous les cas les nombres obtenus sont utilisés pour définir la position de la distribution, son inclinaison et la nature de toutes irrégularités (Tucher, 1988).

#### **1) la méthode graphique :**

Le traitement classique des résultats d'un sédiment meuble est maintenant pratique courante, il est donc inutile de revenir sur la façon de les représenter.

Les valeurs exprimées en pourcentage (%) de poids sont dérivées directement des courbes cumulative (la médiane "Q<sub>50</sub>", le quartile inférieur "Q<sub>25</sub>", le quartile supérieur "Q<sub>75</sub>") ,introduites dans des formules établies pour le calcul des indices classiques (SO et SK) ,réunissant ainsi l'information liée à un certain nombre de fractiles .

Ils sont utilisés pour l'étude des corrélations entre sédiments dans un double but final : (Rivière, 1977)

- Caractérisation descriptive des milieux de sédimentation actuels ou anciens;
- Découvrir en ce qui concerne les sédiments actuels, les mécanismes de dépositions.

### 1. Description des sédiments d'échantillonnage :

La description des prélèvements fournit les premières indications qualitatives sur l'organisation générale de la couverture sédimentaire (Lesueur et Lesourd; 1999). Dans notre cas, cependant ; elle révèle des sédiments organogènes de composants détritiques dont l'origine est le démantèlement du platier rocheux; ils sont mélangés à des algues calcaires; et des sédiments biogènes (débris de coquilles et débris végétaux).

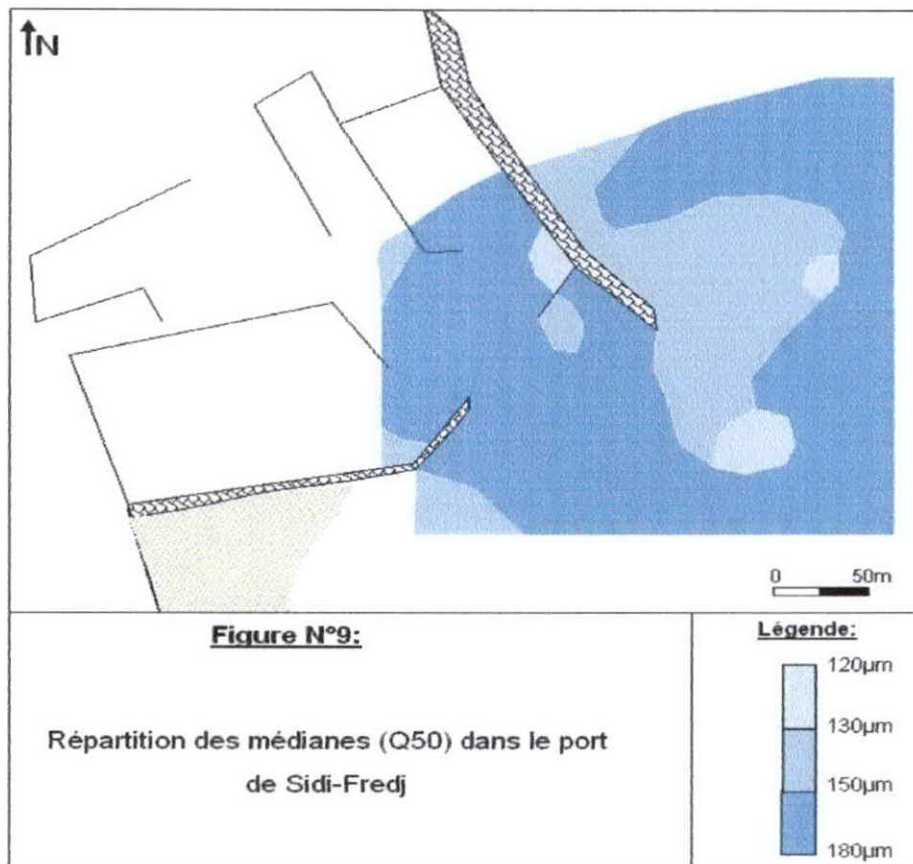
### 2. les indices :

#### a. La médiane ( $Q_{50}$ ) :

C'est l'indice absolu (Rivière ; 1977), correspond au diamètre du grain moyen dont l'ordonnée est à 50% du poids total du sédiment.

Le grain moyen est l'expression de la force d'un courant (eau, vent), capable d'avoir mis en mouvement l'essentiel d'un sédiment donné (Chamley; 1987-2000).

Dans notre cas :



Les valeurs des médianes obtenues sur la majorité de l'aire de prélèvement sont classées dans l'intervalle (200µm – 60µm) selon la classification granulométrique, ce qui correspond à un sable moyen; dominé par la fraction comprise entre 150µm – 180µm à l'intérieur du port et au voisinage externe.

La diminution de ce gradient d'intervalle aux alentours de la jetée principale (I) est preuve de la diffraction de la houle qui décroît la puissance de ces courants.

La même répartition juste à l'abri de la jetée secondaire (zone calme).

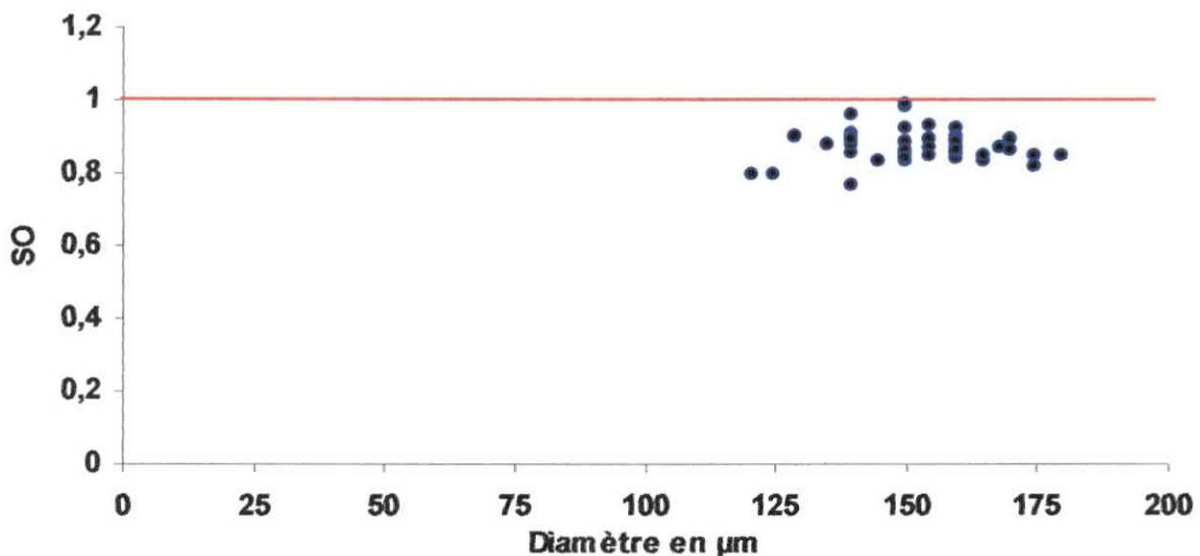
### **b. L'indice de classement (SO) :**

Il indique la dispersion des tailles par rapport à la moyenne de l'échantillon (*Chamley; 1987-2000*) suite aux actions de tri au cours du transport et du dépôt, comme il nous renseigne sur la croissance du tri lors du transport et de la sédimentation (*Chamley, 1987*).

$$SO = (Q_{75} / Q_{25})^{1/2}$$

Lequel est égal à 1 pour un classement parfait et est d'autant plus élevé que le classement est plus mauvais (*Rivière; 1977*).

Dans notre cas ;



**Figure n°10 : Relation entre l'indice classement et la médiane (Q50).**

Comme le montre le graphe, l'ensemble des SO sont au-dessous de 1 dans l'intervalle (0.76 - 0.95), ce qui traduit un classement d'ensemble très parfait, directement lié à l'importance des actions de tri qui s'exerce au droit du port.

### c. L'indice d'asymétrie (SK) :

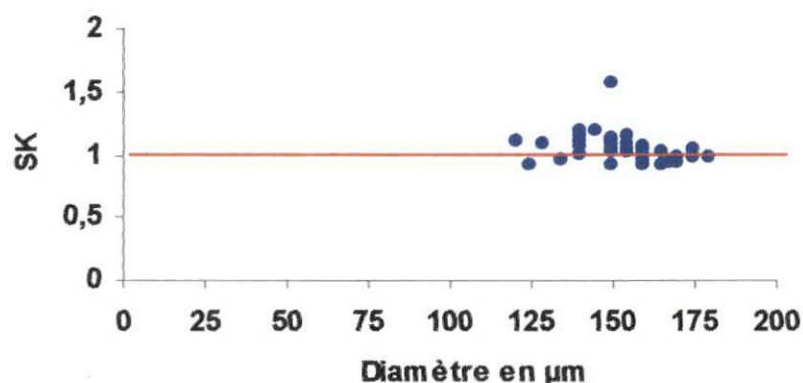
L'asymétrie indique la prépondérance, ou non, de particules fines pélitiques (valeurs positives) ou grossières (valeurs négatives) par rapport à la moyenne de l'échantillon (*Chamley; 1987-2000*) ; ainsi, elle reflète le milieu de dépôt que les conditions du transport (*Chamley; 1987*).

Graphiquement le Skewness exprime la partie bombée de la courbe qui suivant la position nous donne la valeur positive ou négative (*Boutiba, 1996*).

Skewness  $SK = (Q_{75} - Q_{25}) / (Q_{50})^2$

Si : SK < 1 : asymétrie du côté grossier;  
SK > 1 : asymétrie du côté fin;  
SK = 1 : symétrie par rapport au grain moyen.

Dans notre cas;



**Figure n°11 : Relation entre l'indice d'asymétrie et la médiane (Q50).**

Que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur du port, l'asymétrie tend vers des valeurs négatives (0.89 – 0.98) et positives (1.01 -1.56), avec des gradients de dominances écartés, relativement marqué par les éléments fins.

### d. Répartition de la fraction pélitique (<40µm) : (Figure n°13)

Cette répartition confirme la répartition des médianes, précédemment interprétées.

La zone d'étude est dominée par un taux qui n'excède pas 10% en allant du large vers le port, à part quelques exceptions ; c'est du sable moyen peu vaseux.

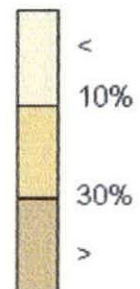
A l'entrée du port, le taux des pélites élevé pouvant atteindre les 30% et plus ; c'est un mélange de sable et vase (sable vaseux).



**Figure N°12:**

Répartition des pélites (<40µm) dans le port  
de Sidi-Fredj

**Légende:**



## 2) La méthode des moments statiques :

Les techniques statistiques simples sont utilisées pour caractériser les données de la distribution de la dimension du grain d'un échantillon dans une population (Tucher, 1988).

La méthode décrite ci-dessous est élaborée par McBride (1971) en échelle de Phi ( $\Phi = -\log_2(D)$  qui est le logarithme à base de 2 du diamètre D en millimètre).

Elle conduit à des indices et à des paramètres de définition mathématique précise, qui ont l'avantage d'être voisins de ceux de la méthode traditionnelle (Rivière, 1977) d'une part; et dépendre de l'ensemble de la distribution et non pas de points particuliers de celle-ci d'autre part, ce qui, réduit la perte d'informations.

- Le premier moment :

$$\bar{X} = \sum f \cdot m / 100$$

Elle caractérise la " grossièreté " moyenne des sédiments, intervient comme variable indépendante (Rivière, 1977) contrairement aux autres formes de distribution granulométriques qui sont statiquement très dépendantes de cette moyenne en raison des corrélations.

- Le deuxième moment : Est le carré de la déviation standard de la distribution (Tucher, 1988).

$$SO = \left( \sum f (m - x)^2 / 100 \right)^{1/2}$$

- Le troisième moment : Mesure la symétrie de la distribution au sujet de la moyenne (Tucher, 1988).

$$SK = \left( \sum f (m - x)^3 / 100 \cdot SO^3 \right)$$

Avec la description suivante des valeurs : (Tucher, 1988)

- + 0.3 à +1.0 : Très positivement symétrique;
- + 0.1 à +0.3 : Positivement symétrique;
- + 0.1 à -0.1 : Symétrique;
- 0.1 à -0.3 : Négativement symétrique;
- 0.3 à -1.0 : Très négativement symétrique.

Pour les trois paramètres :

**f** : La fréquence en poids non cumulé des classes en (%);

**m** (Midpoint) : Le centre de chaque intervalle de classe.

La classe : L'intervalle formé par les diamètres des mailles des tamis utilisés, en échelle de Phi.

Nous avons favorisé l'utilisation de la méthode des moments statiques afin de pouvoir se rapprocher de la réalité de l'environnement en appliquant le modèle de Gao et Collins (but de la présente étude); car la perte d'information donne parfois des artéfacts qui peuvent déformer les résultats de la méthode de Gao et Collins.

## **IV-1-3-1-2- Modèle de Gao et Collins et Application :**

### **Introduction :**

Les paramètres de la dimension d'un grain subissent des variations spatiales dans une combinaison de plusieurs paramètres ; ces variations traduisent une réponse à une variété de processus tel que le frottement de particules sédimentaires; transport sélectif et l'addition de particules sédimentaires localement produites.

Les sédiments qui subissent un transport vont connaître un classement sélectif plus au moins important, ce qui aura un effet sur la distribution granulométrique des sédiments qui auront été transportés puis déposés (*Héquette, hemdane and Anthony; 2004*).

Ce qui a ouvert la possibilité d'utiliser les tendances de différentes distribution, pour insérer des modèles de transport des sédiments (par exemple : *Pettijohn and Ridge, 1932; Plumley, 1948; Poher and Seiver; 1972; Mc cave, 1978 ; ...*).

Une méthode des "vecteurs" a été développée avec des modèles de tendances variées pour prendre en considération les modèles de transport possible qui ne peuvent être dérivé qu'empiriquement, puisque leur rapport avec les conditions hydrodynamiques est inconnu (*Gao et Collins, 1994*), ce qui ne permet pas d'estimer le mouvement du sédiment.

De nombreuses études récentes "*Mclaren et Bowles, 1985; Lanckneus, 1993; Gao et Collins, 1992 ; Gao et al, 1994*) ont utilisé un modèle de transport vectoriel semi quantitatif dont les principes émis par *Mclaren, 1981*" (*Ehrholo et Auffret, 1996*).

### **1) Historique :**

La théorie présentée par ses auteurs est la détermination des directions des transports sédimentaires potentiels dans la zone côtière en se basant sur l'étude de la variation des paramètres granulométriques, grain moyen (Mz), le tri (So) et l'asymétrie (Sk) des sédiments prélevés.

Comme approche alternative, résultat final des modèles :

- *Mclaren (1981)*, note que les dépôts consécutifs le long du chemin du transport doivent être mieux classés et plus positivement asymétriques, bien qu'ils puissent être plus fins ou plus grossiers.
- *Mclaren et Bowles (1985)*, ont proposé une nouvelle hypothèse; une des situations doit être en rapport avec la direction du transport net, considérant toujours que les sédiments à l'aval du transport sont mieux classés: L'asymétrie est plus négative en cas de sédiments fins;  
L'asymétrie est plus positive en cas de sédiments grossier;  
par rapport à l'amont du transport.
- *Gao et Collins (1991)*, ont examiné de nouveau ce modèle, bien qu'un des deux cas défini par *Mclaren et Bowles (1985)* peut dominer le long du chemin du transport, d'autres cas peuvent se produire aussi.

Donc la méthode de *Gao et Collins* ne constitue qu'une modification du modèle de *Mclaren et Bowles (1985)*.

## 2) Principe de la méthode :

Le principe est de faire une comparaison unidirectionnelle entre deux prélèvements; les auteurs Gao et Collins (1992), ont travaillé sur une comparaison bidimensionnelle en d'autres termes plus spatiale en incluant plus d'informations qui pourraient conduire à une comparaison de n paramètres, 2<sup>n</sup> cas sont potentiels.

La probabilité statistique d'apparaître de chacun des cas devrait donc être de 1/8.

## 3) Procédure analytique :

A. Les échantillons à comparer sont considérés comme étant des voisins ;

Pour identifier un site "avoisinant", une distance critique (Dcr) est prise comme l'intervalle de l'échantillonnage spatial, maximal et spécifique;

Si la distance entre deux sites est plus petite que (Dcr), ils sont considérés comme site du neighbouring.

B. Table de comparaison :

<u>Cas</u>	<u>Définition</u>
III-1	$G_a > G_b, SO_a < SO_b, SK_a < SK_b$
III-2	$G_a < G_b, SO_a < SO_b, Sk_a > SK_b$
III-3	$G_a < G_b, SO_a > SO_b, Sk_a > SK_b$
III-4	$G_a > G_b, SO_a > SO_b, Sk_a < SK_b$
III-5	$G_a > G_b, SO_a < SO_b, Sk_a > SK_b$
III-6	$G_a < G_b, SO_a < SO_b, Sk_a < SK_b$
III-7	$G_a < G_b, SO_a > SO_b, Sk_a < SK_b$
III-8	$G_a > G_b, SO_a > SO_b, Sk_a > SK_b$

Les études et observations *in situ* ont démontré parmi les huit (08) cas plausibles ce sont les deux cas qui sont fréquents pour qu'il y ait un transport réel entre deux points (a et b); dans les deux cas le tri s'améliore de l'amont vers l'aval du transport, qu'il s'agisse d'une diminution des tailles des grains ou d'une augmentation.

C. Lorsque un des deux cas est identifié entre les deux sites, un vecteur de tendance  $r(x, y)$  est dessiné à partir du site représentant le plus haut coefficient de triage (SO).

La longueur du vecteur est difficile à déterminer d'après les paramètres eux-mêmes; d'après *Gao et Collins (1992)* toute tendance identifiée pour définir un modèle de transport est inestimable, donc la longueur du vecteur est choisie pour être l'unité pratique sur la grille d'échantillonnage.

**D.** A chaque site de l'échantillonnage, il peut y avoir plus qu'un vecteur ; pour un tel site les vecteurs sont additionnés pour un vecteur seul, comme suit :

$$\vec{R}(x,y) = \sum_1^n \vec{r}(x,y) \dots\dots\dots(I)$$

Où :  $\vec{R}(x,y)$  : Somme des vecteurs de la tendance;

$\vec{r}(x,y)$  : Vecteur de la tendance;

$n$  : Nombre de vecteurs de la tendance identifiée pour le site.

Ainsi, les vecteurs de la tendance identifiée du premier pas n'ont plus la même longueur dans cette étape.

**E.** Enfin, une technique de filtrage semi quantitatif est utilisée pour enlever les vecteurs considérés comme bruit dont la direction est éloignée de la direction générale du transport, également, pour faire participer au transport les sites qui ne répondent pas à l'un des deux cas (III-1 , III-2) et ce, sur la base d'un voisinage relatif à une distance critique ( $D_{cr}$ ) inférieure à celle du départ.

$$\vec{R}_{av}(x,y) = \frac{1}{K+1} (\vec{R}(x,y) + \sum_1^K \vec{R}_j) \dots\dots\dots(II)$$

$\vec{R}_j$ : vecteur après sommation vectorielle,  $K$ : nombre total des sites voisins.

**F.** La bonne conduite du modèle dérivé de la précédente opération est examinée d'après une épreuve de signification, en utilisant la longueur moyenne des vecteurs du transport comme un critère (*Gao et Collins, 1992*).

En supposant qu'avant le filtrage, les vecteurs de la tendance considérés comme bruit ont la même probabilité d'être dans toute direction .

La longueur moyenne est définie comme suit :  $L = \sum_1^N |\vec{R}(x,y)|$

Où :  $N$  : Nombre de sites formant le modèle de transport.

$L$  , permet comme variable de référence d'éliminer les vecteurs de petits modules (*Chakib et Fernane;2003*), autrement dit ,du point de vu statistique,c'est l'évaluation du degré de confiance du modèle du transport net.

#### **4) Fiabilité de l'analyse :**

Dû à son caractère statistique, l'analyse peut manquer d'identifier des modèles du transport net, cela n'empêche de dire qu'elle reflète une situation assez proche de la réalité.

**Ensemblement du port par transport sédimentaire :**  
**Simulation et application du modèle de Gao et Collins (1994) au port de Sidi-Fredj.**

---

Pour l'amélioration de la qualité du modèle, la région sous étude devrait être caractérisée, comme Gao et Collins (1994) l'avaient suggéré, par une maille d'échantillonnage serré (Ehrhold et Auffret, 1996) ; le cas contraire contribue d'une part :

A faire varier la distance d'échantillonnage, limitant ainsi le critère de dominance d'une distance critique (Dcr) convenable ;

Et d'autre part :

A faire apparaître toutes les directions observées entre les sites voisins.

Il est recommandé de prélever des sédiments de surface, c'est-à-dire de prélever une couche mince pour détecter le dernier transport effectué.

L'idéal serait de pouvoir prélever une strate correspondant à un temps très limité de dépôt, car pour des raisons hydrodynamiques locales, des variations spatiales (faciès, profondeur) peuvent se produire sur de courtes distances, introduisant d'avantage de bruit.

Il est également souhaitable d'utiliser les paramètres calculés à partir de la méthode des moments statiques afin de se rapprocher d'avantage de l'information sédimentaire et de l'environnement.

Le résultat est encore meilleur pour des faciès homogènes, soustrait de la fraction mobile (sableuse ou argileuse), qui introduit autant de bruit (Gao et Collins, 1992).

### 5) Application :

Sur le plan pratique, la procédure de traitement analytique des données statistiques calculées à partir de la méthode des moments statiques est appliquée à l'étude de la dynamique sédimentaire qui s'effectue au voisinage extérieur et intérieur de la passe d'entrée de Sidi-Fredj.

- a. Dans le tableau ci-dessous, nous avons récapitulé les résultats de la méthode des moments statiques (grain moyen, SO et SK) de chaque échantillon représentatif d'un transport réel ainsi que les sites qui leurs sont voisins sur des distances inférieures à une distance critique (Dcr) relative à 50m, accompagnés des résultats de la comparaison.

**Tableau n°14 :** Tableau récapitulatif de la 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> étape de la procédure analytique.

Echantillons	Grain moyen	SO	SK	Echantillons voisins	Comparaison (cas)	transport
3	2.6384	0.3627	- 0.9396	2	III-2	Oui
				5	III-2	Oui
4	2.8462	0.4159	0.1761	1	III-5	Non
				7	III-2	Oui
8	2.8124	1.4333	- 0.2319	9	III-2	Oui
				11	III-5	Non
13	2.6604	0.3419	- 1.6191	10	III-1	Oui
				12	III-5	Non
				14	III-4	Non
14	2.6250	0.1356	- 1.2347	13	III-2	Oui
				15	III-6	Non

**Ensemblement du port par transport sédimentaire :**  
**Simulation et application du modèle de Gao et Collins (1994) au port de Sidi-Fredj.**

16	2.6687	0.4766	-1.0078	17	III-1	Oui
				18	III-5	Non
				32	III-5	Non
17	2.6501	0.5229	-0.9431	18	III-2	Oui
				19	III-5	Non
				20	III-6	Non
21	2.6343	0.4681	-1.0043	19	III-2	Oui
				23	III-8	Non
				25	III-2	Oui
22	2.5608	0.5282	-1.4908	18	III-2	Oui
				19	III-6	Non
				30	III-1	Oui
				33	III-1	Oui
23	2.6166	0.4155	-2.3329	24	III-6	Non
				26	III-1	Oui
				27	III-1	Oui
				33	III-1	Oui
24	2.6400	0.4297	-1.7866	22	III-1	Oui
				26	III-5	Non
				27	III-5	Non
25	2.7151	0.3789	-2.1653	23	III-5	Non
				24	III-1	Oui
				26	III-1	Oui
				27	III-1	Oui
27	2.5540	0.5409	-1.9648	24	III-7	Non
				33	III-1	Oui
28	2.6350	0.4457	-1.1767	29	III-5	Non
				30	III-5	Non
				31	III-7	Non
				32	III-2	Oui
				34	III-2	Oui
				35	III-8	Non
29	2.4610	0.5948	-1.6418	22	III-7	Non
				28	III-7	Non
				30	III-7	Non
				33	III-1	Oui
				34	III-6	Non
				36	III-7	Non
30	2.5410	0.4920	-1.1883	16	III-7	Non
				18	III-2	Oui
				32	III-2	Oui
31	2.6765	0.4293	-0.3320	16	III-2	Oui
				30	III-5	Non
				31	III-8	Non
37	2.7153	0.5170	-1.1696	36	III-1	Oui
				38	III-3	Non
				44	III-2	Oui
				40	III-5	Non
39	2.5957	0.4878	-0.0233	34	III-1	Oui
				40	III-1	Oui
				41	III-8	Non
				42	III-7	Non
43	2.3434	0.6600	-0.9158	44	III-3	Non
				47	III-7	Non
				48	III-1	Oui
44	2.4345	0.5476	-1.3059	43	III-1	Oui
				47	III-7	Non
				48	III-1	Oui
45	2.5692	0.4577	-1.4151	40	III-1	Oui
				41	III-8	Non

- b.** Les résultats de la comparaison nous ont permis de réaliser notre première carte vectorielle (Figure n°13) de l'étape trois, d'où dérive deux autres cartes :
- De sommation vectorielle (Figure n°14), dont la (Dcr) est relative à 45m suivant l'énoncé de la 4<sup>ème</sup> étape.
  - De moyenne vectorielle, résultat de la 5<sup>ème</sup> étape.

Nous précisons que nous avons élaboré une 4<sup>ème</sup> carte, cela sur la base de vecteurs en unité égale (10.4m) pour nous faciliter l'observation du transport net, sans avoir recours au test de signification; c'est une étape purement statistique, appliquée surtout à de sérieuses études dont le résultat servira comme information de base pour des investigations ultérieures.



**Figure n°13: Carte des vecteurs significatifs du transport réel près du port de Sidi-Fredj, d'après le modèle de Gao et Collins (1994).**

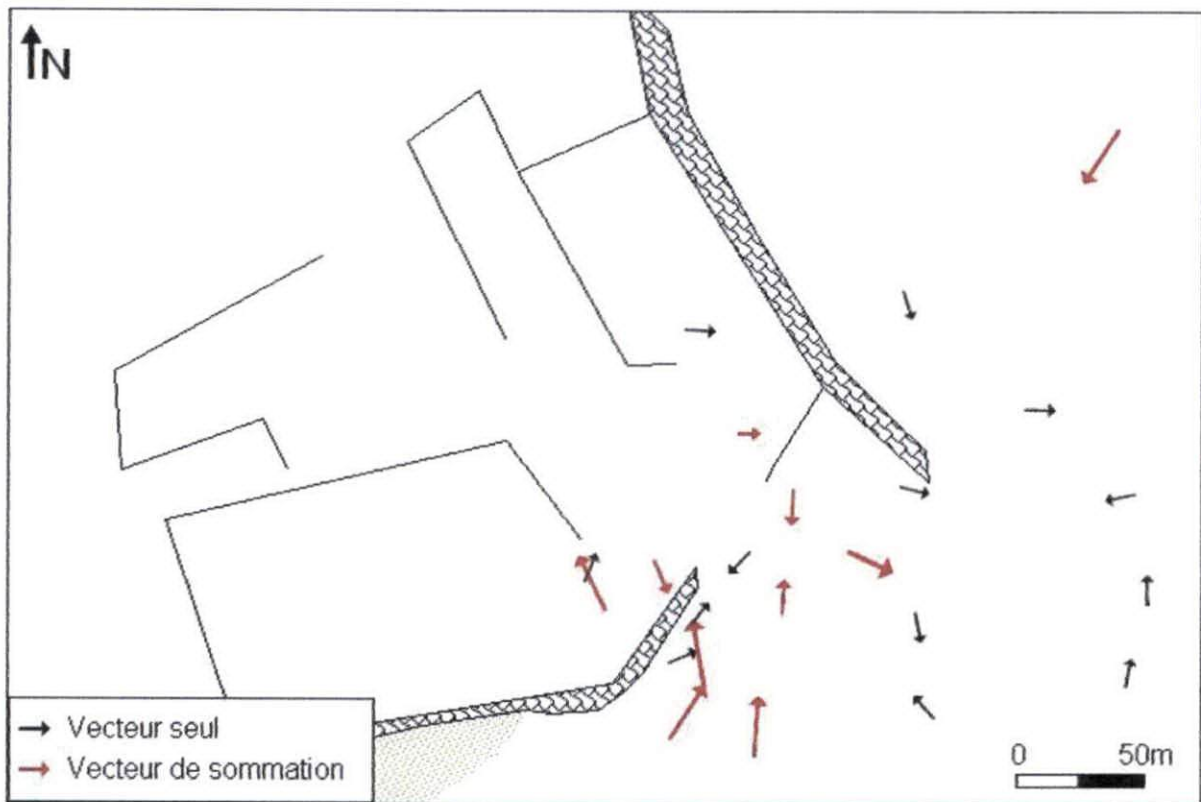


Figure n°14: Carte de sommation vectorielle près du port de Sidi-Fredj ,d'après le modèle de Gao et collins (1994).

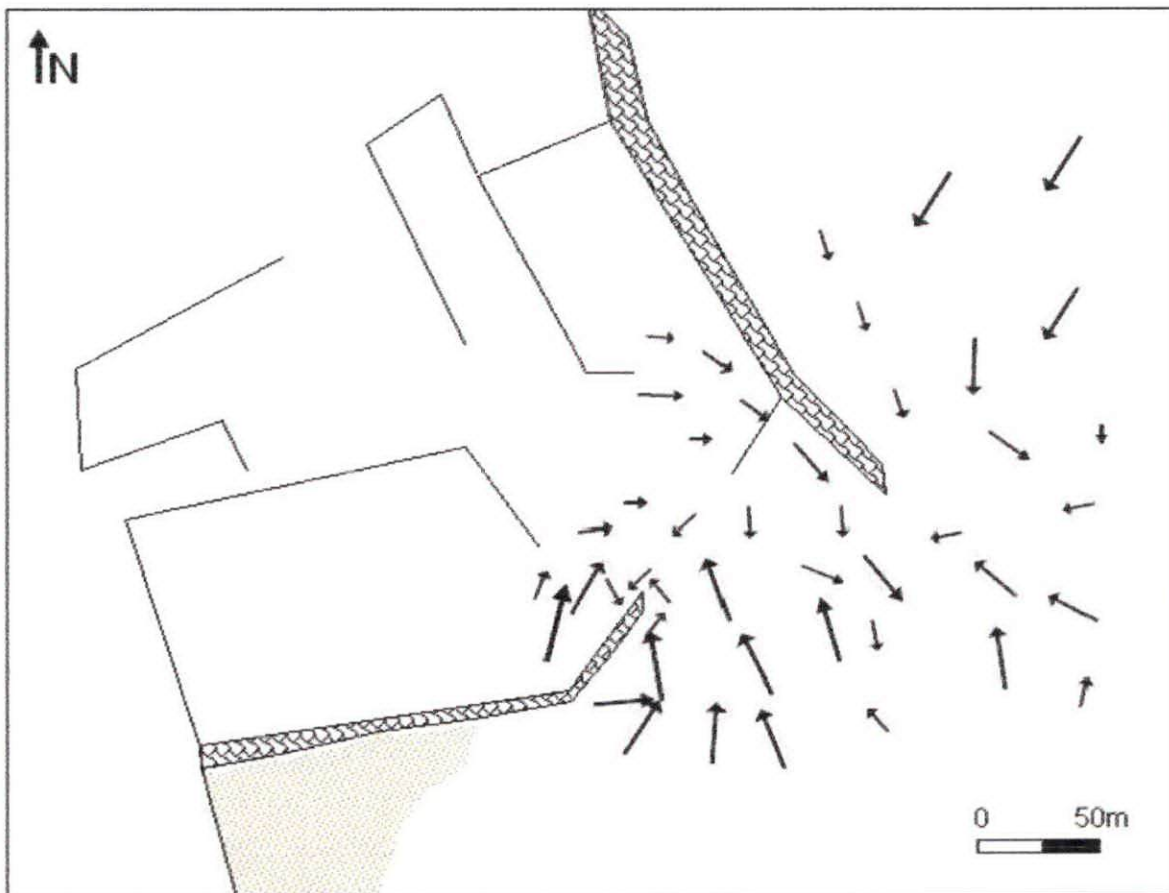
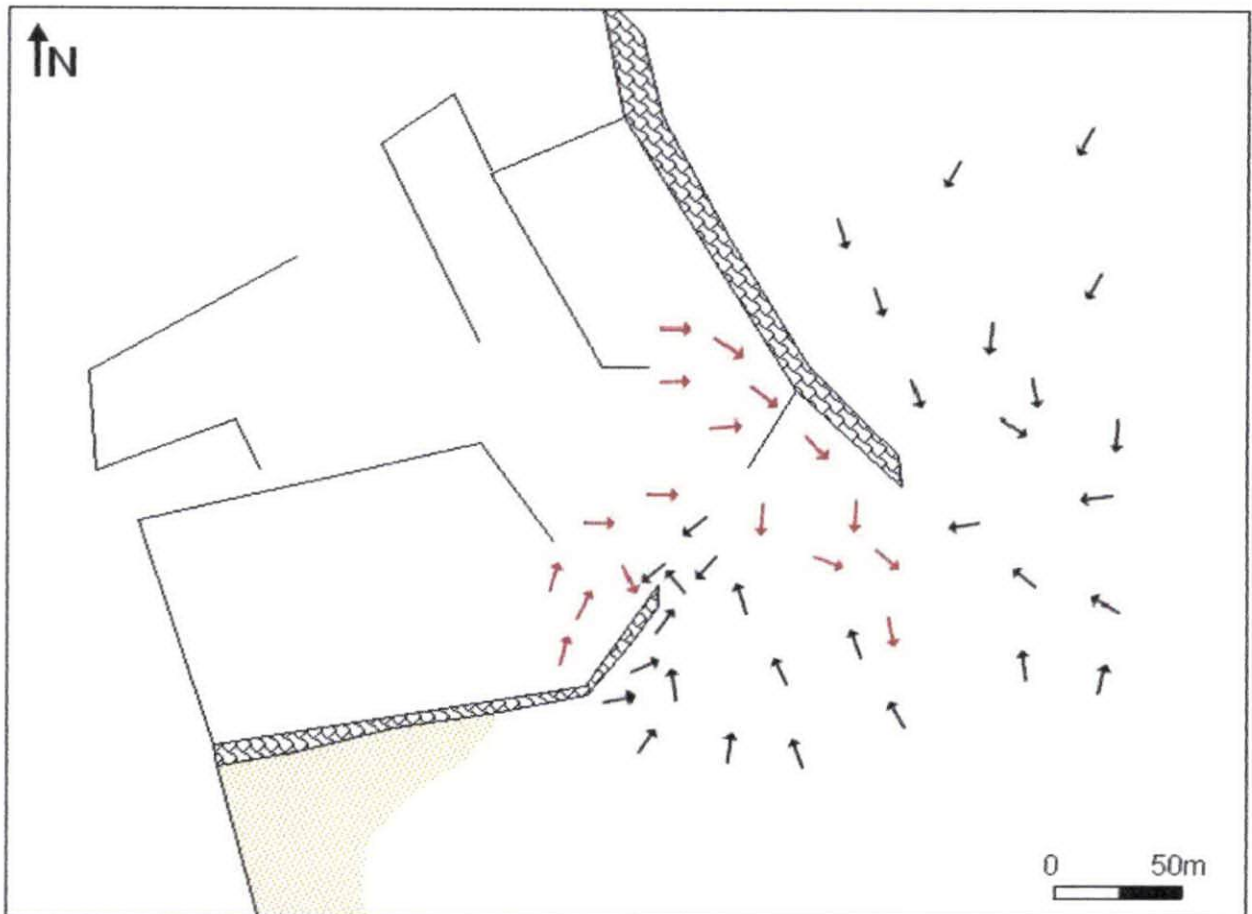


Figure n°15: Carte de filtrage vectoriel semi quantitatif près du port de Sidi-Fredj, d'après le modèle de Gao et Collins (1994).



**Figure n°16:** Cartographie finale des directions de transport sédimentaire au voisinage externe du port de Sidi-Fredj et interne de la passe d'entrée.

*(Modèle de Gao et Collins , 1994).*

## 6) Interprétation des résultats d'application :

Comme nous l'avons déjà indiqué, la cartographie des directions et des sens de transport sédimentaire sous forme vectorielle dans cette partie spécifique reliant le port à l'environnement hydro sédimentaire n'est qu'une étude complémentaire, représentation démonstrative, qui reflète la réalité des raisons d'ensablement du port.

L'interprétation des directions obtenues peut compléter ce qui a été dit sur la répartition des résultats de la méthode granulométrique classique (médiane  $Q_{50}$ , fraction péltique  $< 40\mu\text{m}$ ).

1. Le dénombrement de l'ensemble correspondant à chacun des deux cas fait ressortir une dominance du cas III-1 avec un total de 20 représentations; par rapport aux cas III-2 (15 représentations).

Cas III-1      Signification → Le dépôt résultant du transport est plus fins, mieux classé et plus positivement asymétrique, il s'effectue en majeure partie en suspension.

Cas III-2      Signification → Le dépôt résultant du transport est plus grossier, mieux classé et plus négativement asymétrique.

On remarque donc la haute fréquence du cas III-1, où les sédiments sont plus fins à l'aval qu'à l'amont du transport, plus précisément sur l'ensemble de l'air d'étude, une certaine capacité d'un courant unidirectionnel avec le transport, est capable de déplacer le grain le plus grossier au sein de cette couverture sédimentaire, dont la moyenne est comprise entre  $150\mu\text{m}$  -  $180\mu\text{m}$  (cas III-2).

Ce mouvement est accompagné par remaniement du fond qui peut se faire sentir sur plusieurs mètres de profondeur (Vatan, 1967), par conséquent, dispersion des fractions fines dans des directions représentatives du cas III - 1, ce qui produit autant de bruit.

Le transport d'ensemble nous renseigne sur l'importance de l'action hydrodynamique.

2. A l'extérieur du port, au voisinage de la jetée principale, on assiste à une dynamique sédimentaire de direction Nord-Est, orienté vers l'intérieur de l'anse en contournant le musoir.

Ce changement de direction est sous l'influence des houles Nord-Ouest, qui, après réfraction au contact du musoir s'incurvent vers Sud-Ouest et Sud Sud-Ouest, ce qui est à l'origine d'un triage sélectif commode (Voir carte de répartition des médianes).

3. A la côte, la houle Nord-Est sous l'effet des vents Est, oblique vers l'ouest à l'abri de la jetée II Sud, créant ainsi une dérive vers le port par diffraction ; cela est démontré par la convergence de l'ensemble des vecteurs couvrant cette partie.

Plus aux alentours du port, à l'Est de la passe d'entrée, nous observons des vecteurs de direction opposée, pouvant subir encore une fois une désorientation vers le Sud Sud-Ouest, ce qui traduit une migration en circuit fermé.

***Ensablement du port par transport sédimentaire :  
Simulation et application du modèle de Gao et Collins (1994) au port de Sidi-Fredj.***

---

4. Au niveau de l'espace appelé "passe d'entrée" le transport est dérivé vers l'Ouest à l'intérieur du port , suivit d'un retour vers la même origine.

Globalement, de l'intérieur du port, le transport est dirigé vers la passe, ce qui témoigne de l'importance de la fraction péltique à ce niveau (voir figure n° 1).

En examinant bien les résultats et la carte vectorielle finale obtenue par la méthode de Gao et Collins nous remarquons un point de rencontre des transports de direction opposées crée une accumulation dans le temps et qui cause l'ensablement de la passe d'entrée.

**Remarque:**

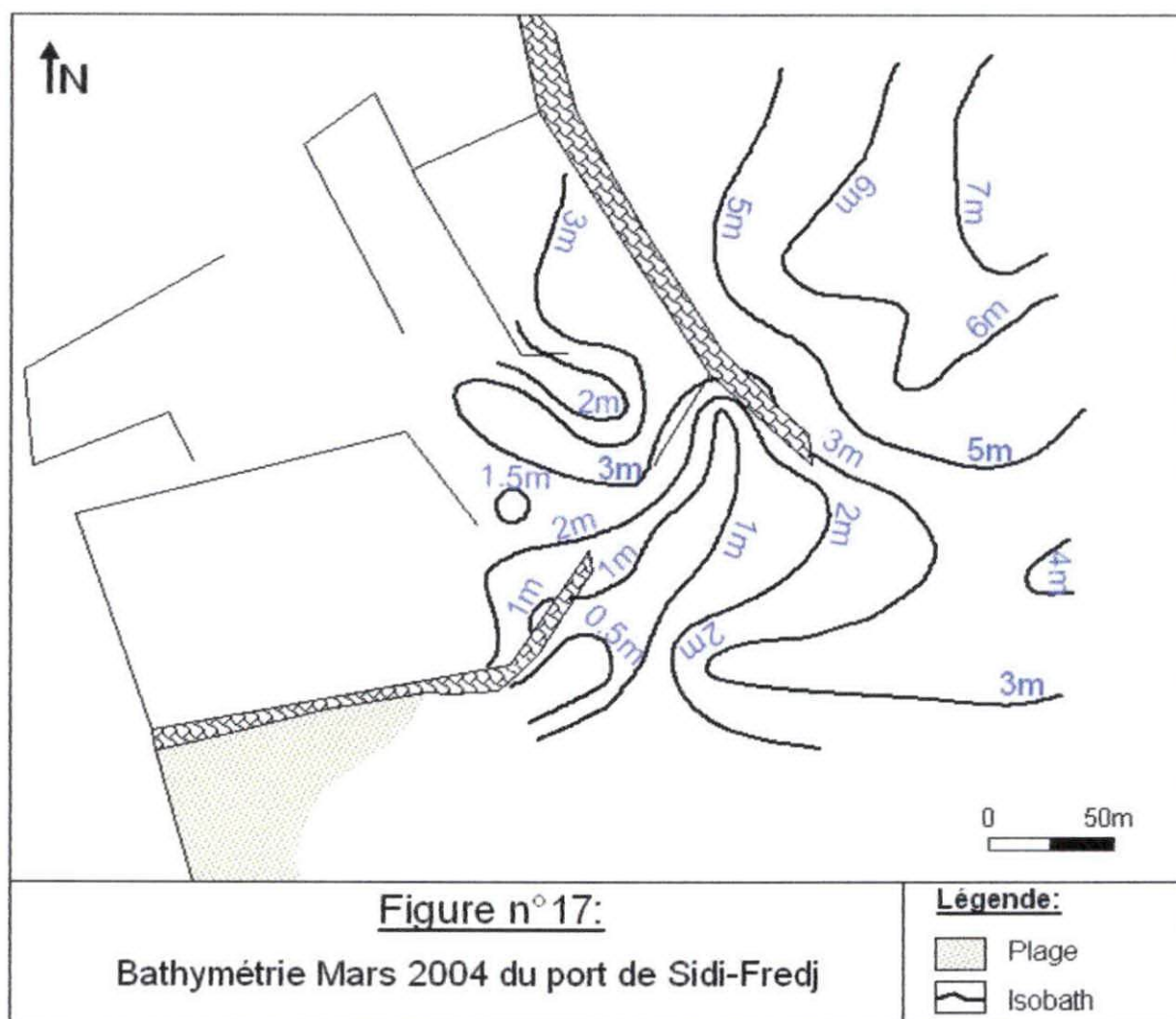
La méthode utilisée est une méthode très intéressante et fait l'objet de plusieurs études scientifiques. Il faut souligner que les vecteurs des déplacements des sédiments obtenus dans cette étude indicatifs et cela est appuyé par la longueur (module) des vecteurs obtenus qui sont relativement grand. Plus le vecteur de cette méthode est grand plus le résultat est fiable (Gao et Collins, 1994). Donc les vecteurs relatifs aux déplacements des sédiments à l'intérieur et à l'extérieur du port nous informe sur une potentielle dynamique sédimentaire dans le port de Sidi-Fredj.

#### IV-1-3-2- Bathymétrie :

A d'étudier l'évolution des fonds marins, il est fondamental de connaître le plus précisément possible la bathymétrie pour apprécier les modifications globales raison pour laquelle les cartes restent un bon indicateur de tendance d'évolution à long terme.

##### IV-1-3-2-1-Bathymétrie Mars 2004 :

Le présent levé bathymétrique a été réalisé aux abords externes et internes du musoir de la jetée principale et secondaire, couvrant ainsi le bassin IV et le chenal d'accès; voir Figure n°18.



**- Interprétation :**

L'ensemble de la représentation bathymétrique reflète un fond irrégulier, à partir des profondeurs allant de -0.5m à -7m ; notons qu'à l'arrière de la jetée Nord des dénivellations dû à la présence du platier rocheux, ce qui fait varier la profondeur de -5m à -7m.

Quant à la situation de la présente étude "Ensemblement du port", on se limite sur la bathymétrie du bassin IV, la passe d'entrée et le voisinage externe dont les profondeurs varient entre -0.5m jusqu'à -3m, respectivement inversés.

Par secteur, nous avons représenté l'intervalle de variation des profondeurs dans le tableau ci-dessous :

**Tableau n °15 :** Intervalle de variation des profondeurs dans le port de Sidi-Fredj.

Secteur	Intervalle (m)
Bassin IV	-2 à -3
Passe d'entrée	-1.5 à -2.9
Devant du port	-0.5 à -2

**Le devant du port :**

A l'ombre de la jetée secondaire Sud, les profondeurs sont inférieures à -0.5m, cela est dû à la présence du platier rocheux entièrement couvert par le sable, formant ainsi un banc qui s'est développé jusqu'au devant du port, ce qui explique l'avancée des courbes des -0.5m à -2m.

**La passe d'entrée :**

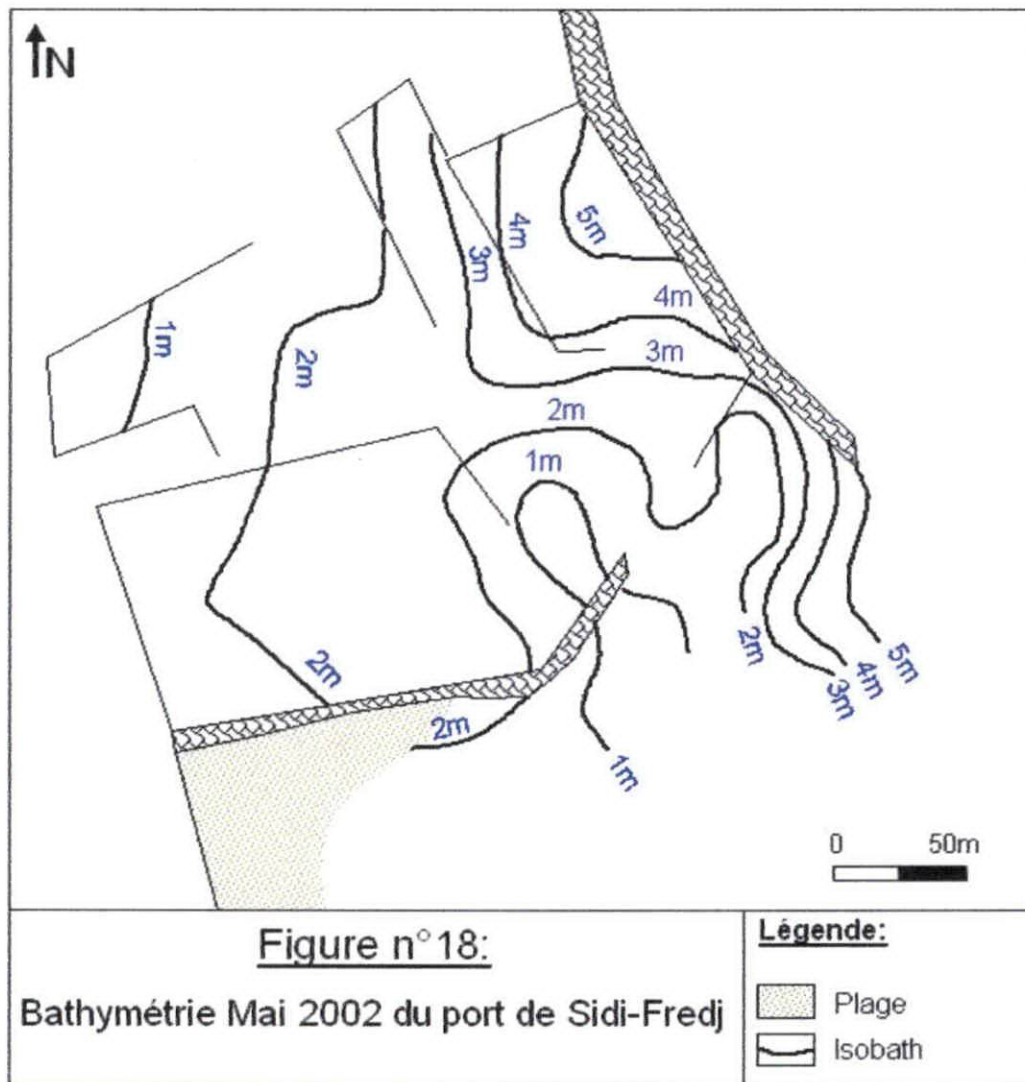
La profondeur à ce niveau varie entre -1.5m à -2.9m, ce qui gêne considérablement l'exploitation du chenal d'accès.

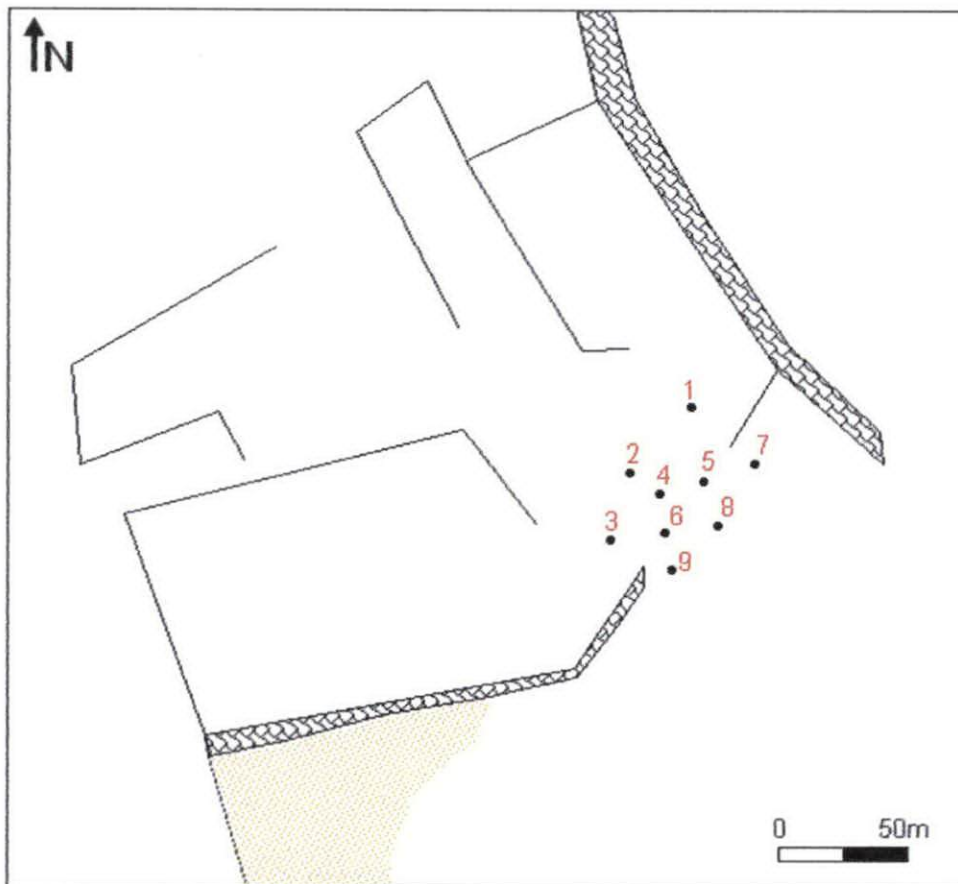
**Le bassin IV :**

Les profondeurs du plan d'eau sont acceptables, atteignent -3m de fond.

**IV-1-3-2-2-Evolution diachronique de la bathymétrie :**

A long terme, les cartes bathymétriques offrent des perspectives intéressantes de comparaison; dans notre cas, nous avons choisie le levé bathymétrique 2002 établi par *Y.Lazali* pour cerner une tendance d'évolution par rapport au levé bathymétrique 2004; pour cela nous avons reporté des points de comparaison sur les cartes produites, en se basant toujours sur le bassin IV, la passe d'entrée et le devant du port (voir Figure n° 20).





**Figure n°19:** Positionnement des points de comparaison bathymétriques dans le port de Sidi-Fredj.

*Ensemblement du port par transport sédimentaire :  
Simulation et application du modèle de Gao et Collins (1994) au port de Sidi-Fredj.*

Les résultats de la cartographie différentielle sont représentés dans le tableau suivant :

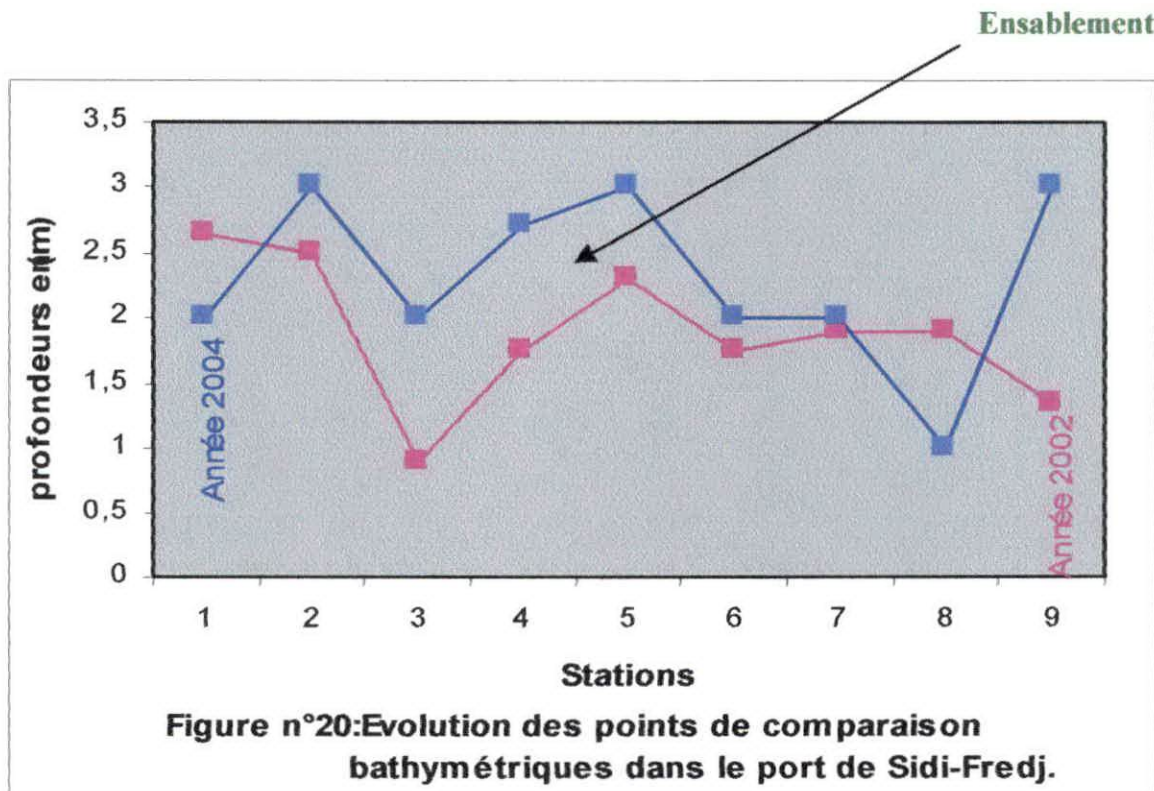
**Tableau n°16 :** Evolution bathymétrique (2002-2004) de chaque point et estimation du volume d'ensablement.

	Points de comparaison	Profondeurs (m)		Différentielle	Moyenne (m)	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
		2002	2004				
<b>Bassin IV</b>	1	2.65	2	-0.65	0.3833	10 000	3833..33
	2	2.50	3	+0.50			
	3	0.90	2	+0.10			
	4	1.75	2.7	+0.95			
<b>Passe d'entrée</b>	5	2.30	3	+0.70	0.4166	3515	1464..58
	6	1.75	2	+0.75			
<b>Devant du port</b>	7	1.90	2	+0.90	0.4166	3515	1464..58
	8	1.90	1	-0.90			
	9	1.35	3	+1.25			

(+) Apport sédimentaire

(-) Départ sédimentaire

Afin d'apprécier le résultat différentiel, la figure n°20 montre bien l'évolution du fond de chaque point en une période de deux ans.



**- Constatations :**

On observe une évolution sédimentaire, nettement considérable pour chaque point, exception faite pour les points n°1 et n°8.

On peut dire que durant deux ans, 'au niveau du bassin IV y compris la passe d'entrée, le volume de dépôt est de 3833.33 m<sup>3</sup>, ce qui correspond à 1916.7 m<sup>3</sup>/an, alors qu'à l'extérieur du port, ce volume est de l'ordre de 1464.57 m<sup>3</sup> relatif à 732.3 m<sup>3</sup>/an.

C'est une estimation logiquement représentée en allant de l'extérieur vers l'intérieur du port suivant la direction de la dynamique sédimentaire.

**- Exploitation des résultats :**

Cette exploitation permet d'estimer une période séparant deux dragages consécutifs; en se basant sur les volumes dragués en 2003 et les volumes des dépôts sédimentaires 2004 au niveau du bassin IV et l'extérieur du port (Tableau n°15), nous pourrions effectuer les opérations suivantes :

1. Le volume récupéré après deux ans sera extrait du volume dragué, le résultat représente le volume restant non récupéré :

$$V_{DR} - V_R = V_{NR}$$

$V_{DR}$  : Volume dragué

$V_R$  : Volume récupéré

$V_{NR}$  : Volume non récupéré

2. En divisant le volume non récupéré sur le volume récupéré en une année on obtient le nombre d'années qu'il faut pour récupérer le volume total dragué;
3. Additionner au nombre obtenu le volume extrait relatif aux deux ans (2002 – 2004) pour avoir le nombre total.

**Tableau n°17 :** Tableau récapitulatif des résultats calculés.

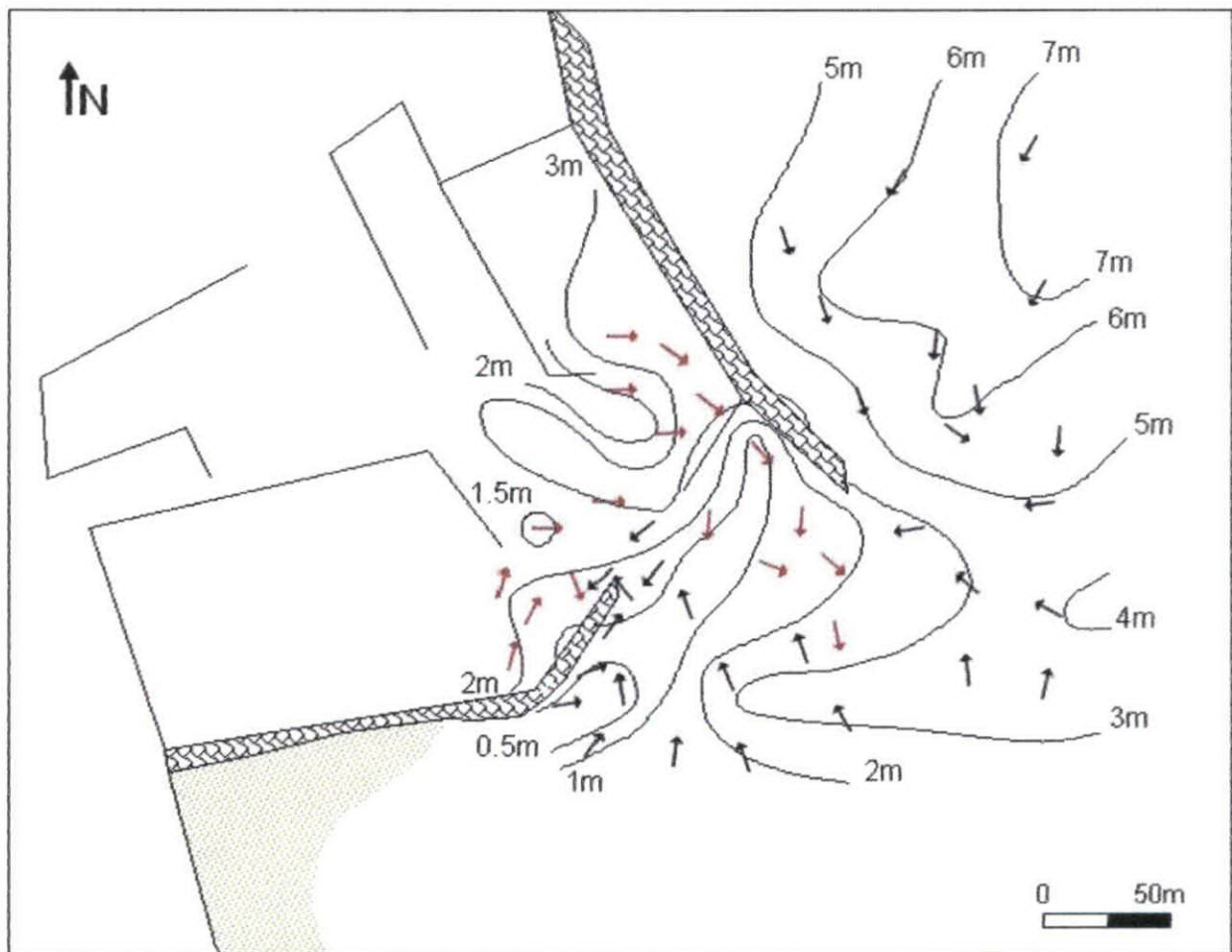
	Volume dragué 2003 (m <sup>3</sup> )	Volume déposé (m <sup>3</sup> ) (2002-2004)	Volume récupéré en (m <sup>3</sup> /an)	Volume non récupéré (m <sup>3</sup> )	Résultat de la division	Nombre total d'ans
<b>Bassin IV</b>	21000	3833.33	1916.7	17166.67	8.9 ≈ 9	11
<b>Extérieur du port</b>	8790	1464.58	732.3	732.28	0.9 ≈ 1	3

Les résultats obtenus nous mènent à dire que l'opération de dragage est à reproduire dans 11 ans et 3 ans dans le bassin IV et extérieur du port, respectivement.

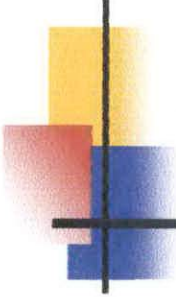
Remarque : Il faut noter que cette estimation est mathématique, elle ne sera pas prise en considération du fait que l'état de l'environnement hydro sédimentaire réel, directement lié aux caractéristiques des saisons.

#### IV-1-3-2-3-CONCLUSION :

Par simple observation, on constate que la bathymétrie du fond est en relation directe avec les directions du transport sédimentaire, cette relation reflète la convergence des courbes dans la direction du transport sur l'ensemble de l'aire d'étude, ce qui confirme la fiabilité du modèle dérivé.



**Figure n°21:** Relation entre la direction du transport sédimentaire et la morphologie du fond (Mars 2004).



# CONCLUSION



## Conclusion

Cette étude a été effectuée dans le cadre global d'application du modèle de Gao et Collins (1994) dont le développement analytique calé avec les données de terrains est pour simuler la direction du transport sédimentaire.

L'objectif spécifique de la présente étude est la conception dans un cas hypothétique un modèle cartographique représentatif du transport sédimentaire près du port de Sidi-Fredj, qui est à l'origine du phénomène d'ensablement à ce niveau.

La région de Sidi-Fredj possède un littoral qui bénéficie d'un ensemble de plages sableuses, constituant un atout touristique incontestable; elles s'étendent de la plage des clubs des pins, à l'Ouest, à la plage Est, à l'Est.

L'exploitation de cette potentialité patrimoniale a été complétée par l'implantation d'un port de plaisance à l'Est de la presqu'île, vu ses caractéristiques géotechniques (gneiss) qui lui offre une assise très stable; le projet a été lancé sans se préoccuper de l'influence de l'infrastructure sur le littoral Est adjacent.

Avant la construction du port (1969), les facteurs hydrodynamiques (vents, houles) régnant sur la partie Est (plage Moretti) sont distingués pour deux directions Ouest et Nord-Est, générant ainsi un double transit littoral: Ouest - Est et Est - Ouest, respectivement; ce qui assurait la stabilité générale du profil de plage.

Cependant, l'implantation du port sans étude d'impact préalable, a eu pour effet le bouleversement des caractéristiques normales hydro sédimentaires (régime des vents et houles) suivie des transferts sableux: on avait constaté en effet, d'une part, l'érosion de la partie centrale de la plage Moretti, et d'autre part un engraissement progressif de la zone littorale Est à l'abri de la jetée II Sud.

C'est par rapport à cette situation qu'on avait posé l'hypothèse "Ensablement du port de Sidi-Fredj, conséquence du déséquilibre total du régime sédimentaire dans le littoral Est adjacent".

Quant à la pollution, elle est occasionnée essentiellement par les rejets de dragage dont l'opération est l'unique solution retenue pour l'entretien d'un port sujet au phénomène d'ensablement.

Le dragage qu'avait subi le port de plaisance de Sidi-Fredj (Mai 2003) à l'aide d'une drague hydraulique stationnaire (by-pass) a été autorisé par les autorités gérantes du projet suite aux résultats de l'analyse de la qualité chimique des sédiments effectuée au niveau du laboratoire du centre de recherche et développement de SONATRACH (Boumerdes); cela s'est porté sur 57656 m<sup>3</sup> de déblais total à extraire sur l'ensemble du port, et un taux de 20 000 m<sup>3</sup> au niveau de la passe d'entrée et le chenal d'accès.

## Conclusion

Comme nous l'avons déjà observé, la granulométrie d'ensemble est caractérisée par un sable moyen, dominé par la fraction comprise entre  $150\mu\text{m}$  –  $180\mu\text{m}$ , avec un taux de pélites inférieur à 10%; résultat d'un classement très parfait, exception faite à l'arrière de la jetée principale dont l'aire est occupée par la fraction comprise dans l'intervalle ( $130\mu\text{m}$  –  $150\mu\text{m}$ ).

La diminution de ce gradient dimensionnelle peut être expliqué par la décroissance de l'énergie des houles Nord – Est en se rapprochant du port, et une réfraction vers le Sud – Sud – Ouest du devant du port au contact du musoir de la jetée Nord. Cela est démontré par la direction des vecteurs du modèle dérivé (orientation du transport sédimentaire). Sur la carte de sommation, les vecteurs sont des vecteurs seuls, du fait que le taux de la fraction fine dont sa répartition est négligeable par rapport au taux optimal (30%) pour faire apparaître des directions multiples en un point de prélèvement (bruit de fond).

Au droit du port, avec la même répartition dominante, la direction des vecteurs est "littoral Est – Entrée du port", prouve l'importance de la dynamique sédimentaire à ce niveau, qui a fait apparaître des bruits de fond suite au remaniement en profondeur.

A l'intérieur du port, juste à l'entrée, le sédiment est un sable moyen vaseux dont le taux de pélites est largement élevé (30%). Cette répartition est le résultat de la direction du transport sédimentaire venant de l'intérieur, véhiculé vers la passe d'entrée.

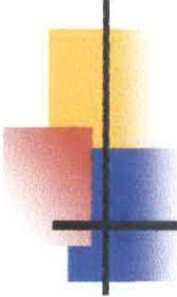
L'analyse de la sensibilité du modèle a été complétée par l'élaboration de la carte bathymétrique 2004. D'une manière générale, la morphologie sous marine est irrégulière, sa configuration est significative pour l'amélioration de la qualité du modèle. Le résultat montre une profondeur qui diminue dans la direction du transport sédimentaire.

Cette constatation a confirmé la fiabilité du modèle dérivé, c'est-à-dire que l'ensablement du port n'est que le résultat de la déstabilisation sédimentaire du littoral Est.

La comparaison bathymétrique (2002 – 2004) qui s'est portée sur le bassin IV, la passe d'entrée et le devant du port montre une évolution par apport sédimentaire respectivement, de l'ordre de  $3833.33\text{ m}^3$  et  $1464\text{ m}^3$ .

L'utilisation de ces résultats avec ceux du dragage 2003, nous a permis d'estimer empiriquement la période du dragage suivant, 11 ans pour le bassin IV et 3 ans à l'entrée du port.

Les résultats de ce travail nous permettent de prévoir avant l'implantation d'un ouvrage les conséquences sur l'environnement marin.



# **BIBLIOGRAPHIE**

---

## Ouvrages et rapports

- Alzieu, C. 1999.** Dragages et environnement marin – état des reconnaissances. *Edition IFREMER*. 222 Ps
- Augriss, C. 1984.** Les granulats marins. Publication du centre national pour l'exploitation des océans (CNEXO). *Rapports scientifiques et techniques – N°51*. 89 Ps.
- A. N. A. T, 2004.** La Z. E. T de Sidi-Fredj (Zone d'extension touristique).
- Collomb, P. et al. 1971.** Etude pétrographique structurale des gneiss de Sidi-Fredj (massif métamorphique).
- Chapon, J. 1984.** Travaux maritimes. Vol. I. *Edition EYROLLES*. 349 Ps.
- Chapon, J. 1975.** Travaux maritimes. Vol. II. *Edition EYROLLES*. 349 Ps.
- Chamley, H. 1987.** Sédimentologie. *Edition DUNOD*. 175 Ps.
- Chamley, H. 1987 – 2000.** Bases de sédimentologie. 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> cycle. 2<sup>ème</sup> édition *DUNOD*. 178 Ps.
- E. G. T. Sidi-Fredj (Gestour). 2003.** Analyse chimique des sédiments du port.
- Ehrhold, A. et Auffret, J. 1996.** Approche bidimensionnelle des transports sédimentaires à partir des variations granulométriques des sédiments superficiels: Exemple de la partie occidentale de la baie du Mont Saint-Michel. Laboratoire de géologie marine. Université de CAEN.P. 277-284 Ps.
- Guilcher, A. 1972.** Précis d'hydrologie marine et continent. *Edition MASSON*. 344 Ps.
- Gao, S. and Collins, M. 1991.** A critique of the "Maclaren Method" for defining sediment transport paths: discussion a sediment. *Petrol*. Vol. 61. 143-146 Ps.
- Gao, S and Collins, M. 1992.** Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definit of "Transport vectors". *Sedimentary geology*. 80 Ps.
- Gao, S. and Collins, M. 1994.** Analysis of grain size trends for defining transports pathways in marine environments. *Journal of coastal research (J.C.R)*. Vol. 10. N°1. 70-78 Ps.
- Gao, S. 1995.** A Fortran program for grain size trend analysis to define net sediment transport pathways. *Computers & Geosciences*, Vol. 22. N°4. 449-452 Ps.
- Héquette, A. et al. 2004.** Determination of sediment transport paths on a macro tidal shore face: Comparison of grain size trend analysis with near- bed current measurements soumis a marine geology.
- Leclaire, L. 1972.** La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (pré continent Algérien). *Mémoire du méséum national d'histoire naturelle. Série C. Tome 241*. 391 Ps.

## Ouvrages et rapports

**Larid, M. 2003.** Approche méthodologique pour les études d'impacts sur l'environnement. Cours: Aménagement du littoral (5<sup>ème</sup> année). ISMAL. 20 Ps.

**Lesueur, P et Lesourd, S. 1999.** Programme scientifique: Seine Aval, 3: sables, chenaux, vasières. Dynamique des sédiments et évolution morphologique. *Edition IFREMER*. 39 Ps.

**L. E. M, 1998.** Levé bathymétrique du port de Sidi-Fredj. Rapport technique. 9 Ps.

**L. C. H. F, 1973.** Port de Sidi-Fredj et plage de Moretti: Ensablement du port et contrôle de la plage. Compagne d'observation en nature. Rapport général. 15 Ps.

**Mcbride, E.F; 1971.** Mathematical treatment of size distribution data. In: R.E; Carver, (Editor), procedures in sedimentary petrology. John Wiley and Sons, New York.

**Moulin, et al. 1978.** Météo, vents, vagues, tempêtes, *Edition MARITIMES*. D'outre-mer.

**Maclaren, P. 1981.** An interpretation of trends in grain size measures. *Journal of sedimentary. Petrology*. Vol. 51. N°2. 611-624 Ps.

**Maclaren, P and Bowles, D. 1985.** The effects of sediment transport on grain size distributions. *Journal of sedimentary. Petrology*. Vol. 55. N°4. 457-470 Ps.

**O. N. A. T.** Office national d'aménagement du territoire. Port de Sidi-Fredj, Etude sédimentologique par Allen G. P.

**Rivière, A. 1977.** Méthode de granulométrie. Techniques et interprétation. *Edition MASSON*. 167 Ps.

**S. D. A. T, 1986.** Schéma directeur d'aménagement touristique des wilayas du Nord. Wilaya de Tipaza / Phase I. 179 Ps.

**Saoudi, N. 1985.** Pliocène et pléistocène inférieur et moyen du Sahel occidental d'Alger. 174 Ps.

**Tucher, M. 1988.** Techniques in sedimentology. University of Durham. 393 Ps.

**U. S. Army corps of engineers 2002.** Coastal engineering manual. Chapter 7EM 1110-2-1100 HARBOR HYDRODYNAMICS 5Part 11).

**Vatan, A. 1967.** Manuel de sédimentologie. *Edition PARIS*. 391 Ps.

## Mémoires et thèses

**Boutiba, M. 1996.** Etude en vraie grandeur du mode de fonctionnement des ouvrages de protection de la plage Est de Sidi-Fredj (Ouest d'Alger). Thèse de magistère. Aménagement du littoral. *ISMAL*. 123 Ps.

**Bougueroua, S et Dekkar, S. 1996.** Etude géologique et géotechnique des terrasses marines pléistocènes du Sahel occidental d'Alger (Ain-Benian-Tipaza). Mémoire d'ingénieur d'état en géologie. Option: Géologie de l'ingénieur. *USTHB*. 127 Ps.

**Bakir, M. 1987.** La dynamique sédimentaire dans la baie d'El-Djamila (baie de Bou-Ismaïl). Mémoire d'ingénieur d'état en géologie. Option geologie marine. *USTHB*. 73 Ps.

**Chakib, T et Fernane, A. 2003.** Utilisation d'un modèle mathématique vectorielle de Gao et Collins (1994) dans les petits fonds d'une plage de la rive Sud de la méditerrané, Azur plage (Algérie). Diplôme d'ingénieur d'état en aménagement et protection de l'environnement. Option: Aménagement du littoral. *ISMAL*. 45 Ps.

**Oukazi, H. 1993.** Le port de plaisance de Sidi-Fredj: Approche critique à travers son fonctionnement et son impact sur l'environnement immédiat. Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement et protection du littoral. *ISMAL*. 231 Ps.

**Lazali, Y. 2003.** Quantité et qualité des sédiments à draguer dans le port de Sidi-Fredj et le port d'EL-Djamila. Mémoire d'ingénieur d'état en aménagement en aménagement et protection de l'environnement. *ISMAL*. 87 Ps.

**Ourabia, K et Benallal, K. 1989.** Etude hydro géologique et géotechnique de la zone côtière de Staoueli- Sidi-Fredj (Ouest Algérois).Diplôme d'ingénieur d'état en hydrogéologie (science de la terre). *USTHB*. 101 Ps.

**Kennouche, H et Illoul, H. 2000.** Contribution à l'étude des dinoflagellés dans la région de Sidi-Fredj. D.E.U.A. Option: Biologie des pêches. *ISMAL*. 46 Ps.

## Recherche Web

[www.google](#). (File://A:/ chat.htm ) "Aménagement côtier".

[www.google](#). (File://A:/ hydro2.htm) "Modification du profil côtier par l'homme".

[www.google](#). **IFREMER**, Dragages et environnement marin – Les techniques de dragage.

## *Cartes utilisées*

### 1- *Carte géologique détaillé (Chéraga).*

Echelle: 1/ 50000

Publiée: En 1961 par le service de la carte géologique de l'Algérie (S.C.G.A), imprimé par l'institut Géologique national (I.N.C) en 1963.

Source: A. N. R. H (Service hydraulique).

### 2- *Carte d'Alger, Koléa (41).*

Echelle: 1/ 50000

Publiée: En 1970 par l'institut géologique national pour le compte de l'institut national de cartographie (I. N. C).

## *Organismes et institutions*

**L.E.M:** Laboratoire des études maritimes.

**A.N.A.T:** Agence nationale d'aménagement du territoire.

**O.N.M:** Office nationale météorologique.

**A.N.D.T:** Agence nationale de développement touristique ex. E.N.E.T (Entreprise nationale des études touristiques, 1986).

**E.P.E.G.T. Gestour:** Entreprise publique économique de gestion touristique, Gestour.

**A.N.R.H:** Agence nationale des ressources hydrauliques.

## Liste des figures et cartes

**Carte N°1:** Situation géographique de la région de Sidi-Fredj

**Carte N°2:** Nature du fond (L.C.H.F; 1973)

**Carte N°3:** Géologie de la région de Sidi-Fredj

**Carte N°4 :** Transit littoral de la partie Est de Sidi-Fredj

**Figure N°1:** Fréquence cumulées mensuelles des vents dominants

**Figure N°2:** Roses récapitulatives des observations de direction des houles au large du secteur (275° - 55°).

**Figure N°3:** Répartition des énergies des houles en fonction de la direction et des périodes les plus courantes.

**Figure N°4:** Dimensionnement du port de Sidi-Fredj "Plan de masse"

**Figure N°5:** Répartition en (%) de la flotte 2004 du port de Sidi-Fredj

**Figure N°6:** Disposition des ouvrages de protection (1985) du littoral Est de Sidi-Fredj

**Figure N°7:** Les points de prélèvement

**Figure N°8:** Positionnement des stations de prélèvement dans le port de Sidi-Fredj

**Figure N°9:** Répartition des médianes (Q50) dans le port de Sidi-Fredj

**Figure N°10:** Relation entre l'indice de classement et la médiane (Q50)

**Figure N°11:** Relation entre l'indice d'asymétrie et la médiane (Q50)

**Figure N°12:** Répartition des pérites (<40µm) dans le port de Sidi-Fredj

**Figure N°13:** Carte des vecteurs significatifs du transport réel près du port de Sidi-Fredj, d'après le modèle de Gao et Collins.

**Figure N°14:** Carte de sommation vectorielle près du port de Sidi-Fredj, d'après le modèle de Gao et Collins.

**Figure N°15:** Carte de filtrage vectorielle semi quantitatif près du port de Sidi-Fredj, D'après le modèle de Gao et Collins.

**Figure N°16:** Cartographie finale des directions de transport sédimentaire au voisinage externe du port de Sidi-Fredj et interne de lapasse d'entrée (modèle de Gao et Collins, 1994).

## *Listes des figures et cartes*

**Figure N°17:** Bathymétrie Mars 2004 du port de Sidi-Fred

**Figure N°18:** Bathymétrie Mai 2002 du port de Sidi-Fredj

**Figure N°19:** Positionnement des points de comparaison bathymétrique dans le port de Sidi-fredj

**Figure N°20:** Evolution des points de comparaison bathymétriques dans le port de Sidi-Fredj

**Figure N°21:** Relation entre la direction du transport sédimentaire et la morphologie du fond (Mars 2004)

## Liste des tableaux

**Tabl. 1:** Types de gneiss et description

**Tab. 2:** Représentation récapitulative des (%) des vents fréquents par saison (O.N.M)

**Tab. 3:** Amplitude des houles en fonction des directions

**Tab. 4:** Superficie et profondeurs des bassins intérieurs

**Tab. 5:** Flottille reçue par le port de Sidi-Fredj en juin 2004

**Tab. 6:** Evolution du trait de cote à l'abri de la jetée Sud du port

**Tab. 7:** Longueur des épis en (m) par type

**Tab. 8:** Analyse de la teneur en fraction fine

**Tab. 9:** Dosage des métaux lourds exprimés en mg/kg

**Tab. 10:** Détermination des teneurs en hydrocarbures totaux et en mercure

**Tab. 11:** Indice de contamination à partir des concentrations trouvées (mg/kg) pour élément  
Ayant des concentrations en norme (normes hollandaises) pour chaque échantillon.

**Tab. 12:** Aspects techniques des modes de dragages

**Tab. 13:** Volume des sédiments à draguer dans le port de Sidi-Fredj

**Tab. 14:** Tableau récapitulatif de la 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> étape de la procédure analytique

**Tab. 15:** Intervalle de variation des profondeurs dans le port de Sidi-Fredj

**Tab. 16:** Evolution bathymétrique (2002-2004) de chaque point et estimation du volume d'ensablement

**Tab. 17:** Tableau récapitulatif des résultats calculés



# ANNEXE



## Annexe 1:

### Normes hollandaises dans les sédiments marins

Classe	Référence			Test			Alarme		
	>>1<<	>>2<<	>>3<<	>>4<<	>>5<<	>>6<<	>>7<<	>>8<<	
Paramètre(mg/kg)	Limite A	Limite B	Limite C	Limite D	Limite E	Limite F	Limite G	Limite H	
Chrome	100	480	1000						
Nickel	35	45	200						
Cuivre	36	90	400						
Zinc	140	1000	2500						
Plomb	85	530	1000						
Cadmium	0.8	7.5	30						
Mercure	0.3	1.6	15						
HCT*	50	3000	5000						

\* : Hydrocarbures totaux

Les autorités hollandaises utilisent trois valeurs de références **A, B, C**, par rapport au taux de pollution du sédiment. Un sédiment dont la teneur en polluant ne dépasse pas la limite A appartiendra à la classe 1 (sédiment naturel non pollué) et pourra être déchargé directement en mer.

Pour des concentrations comprises dans l'intervalle **A-B** (classe 2), il y'a lieu de procéder à une appréciation minutieuse de la contamination et à une analyse des effets qu'auront les polluants sur l'environnement de décharge, avant de décider si l'immersion est acceptable.

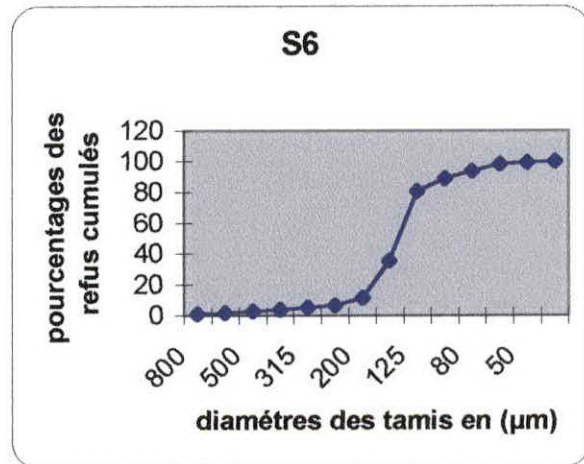
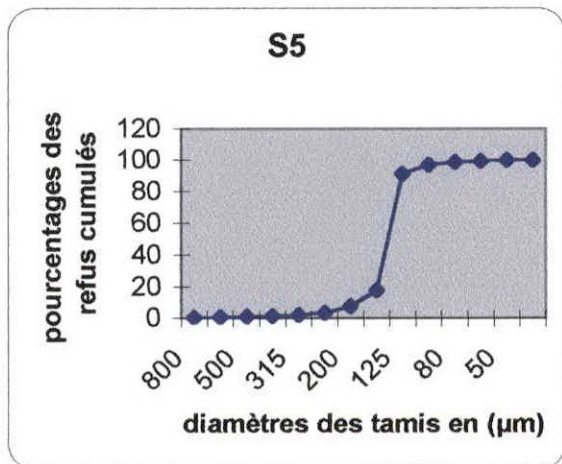
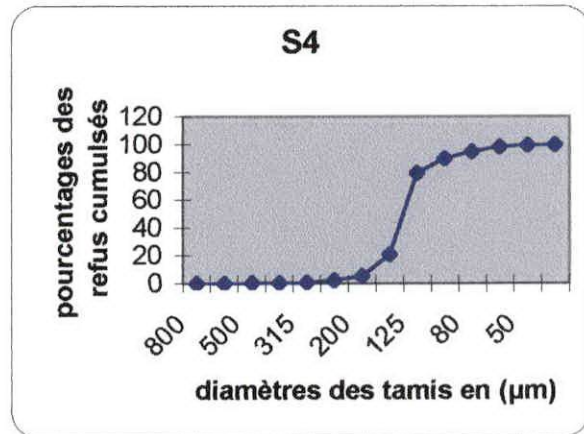
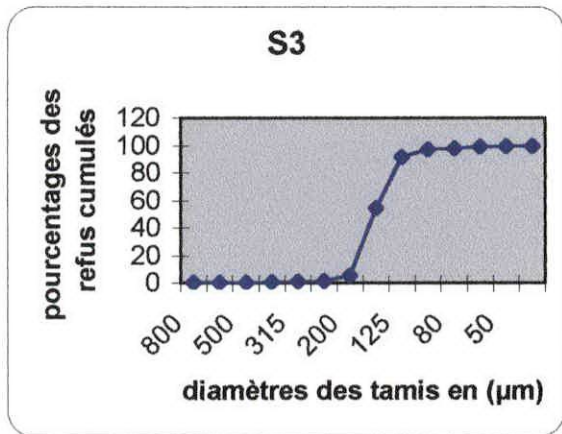
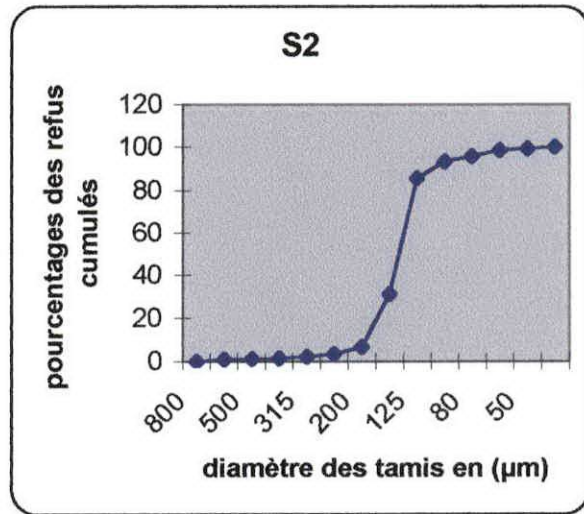
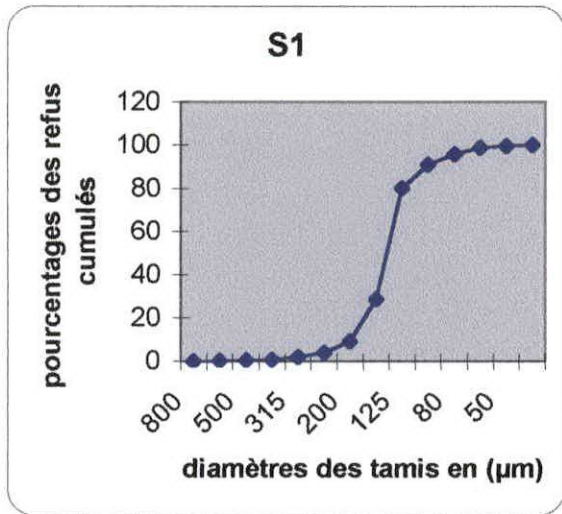
Dans l'intervalle **B-C**, qui correspond à un sédiment appartenant à la classe 3, seule une décharge en site contrôlé est acceptable, les conditions de décharge étant fonction du degré de contamination.

Pour les sédiments dont les teneurs en polluants excèdent la limite **C** (classe 4), la mise en décharge, sous contrôle strict, s'impose (isolation, surveillance).

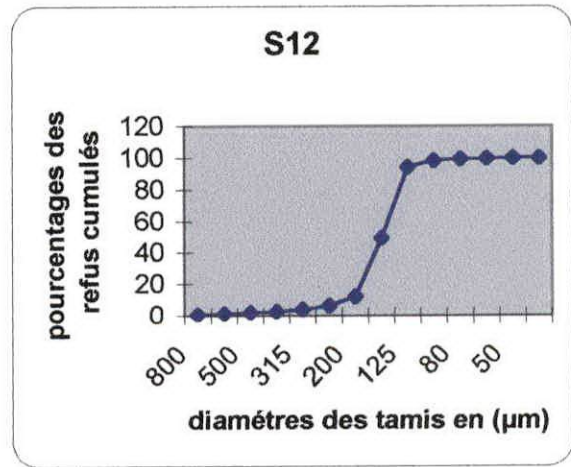
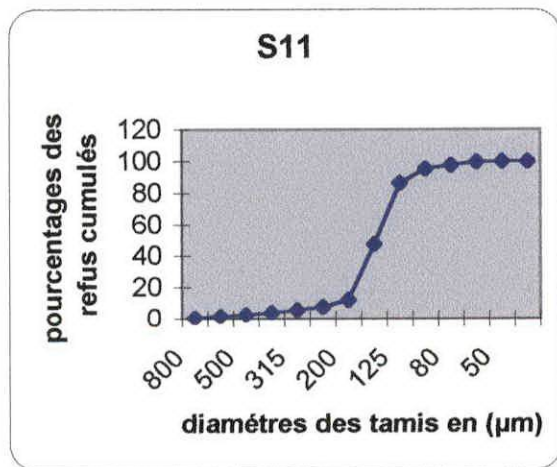
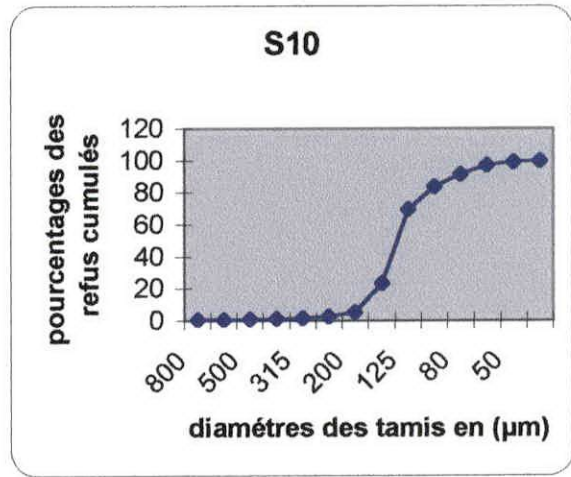
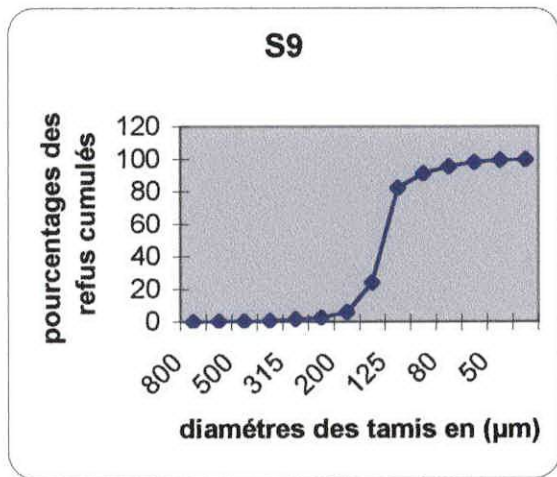
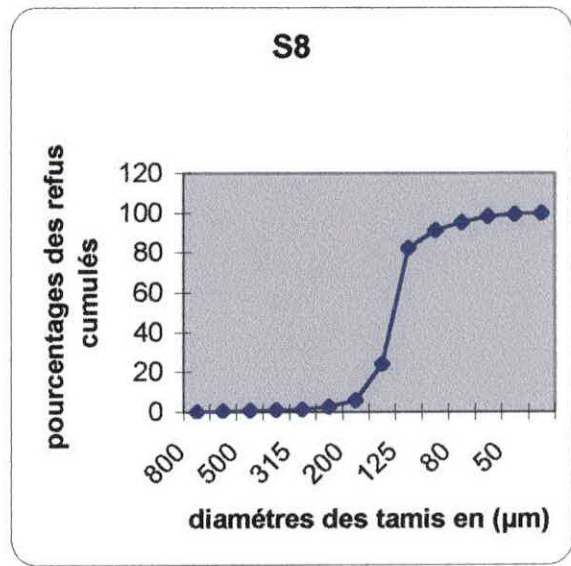
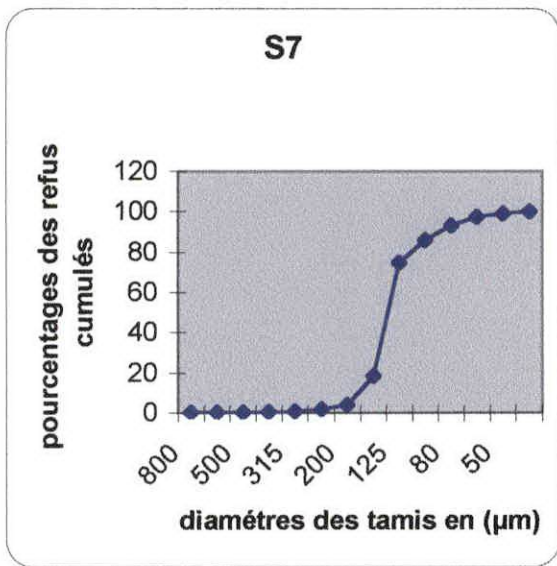
## Annexe 2:

### Présentation des moments de l'échantillonnage, résultat de la méthode statique.

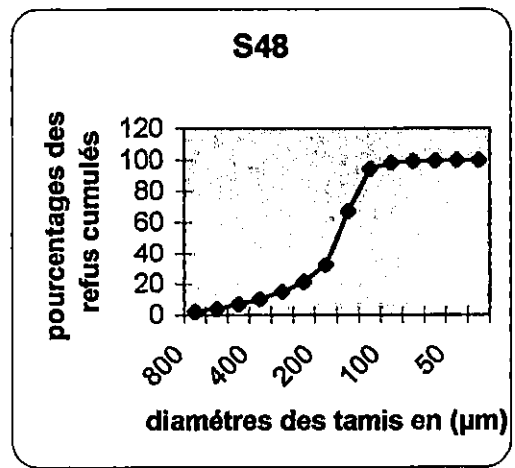
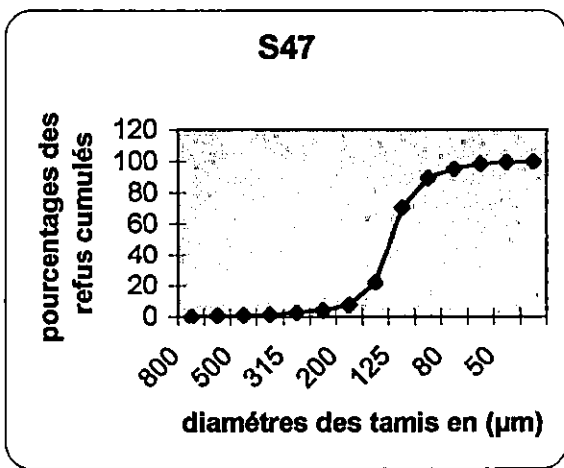
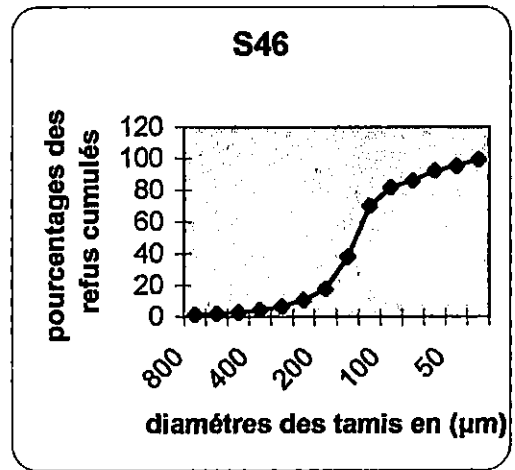
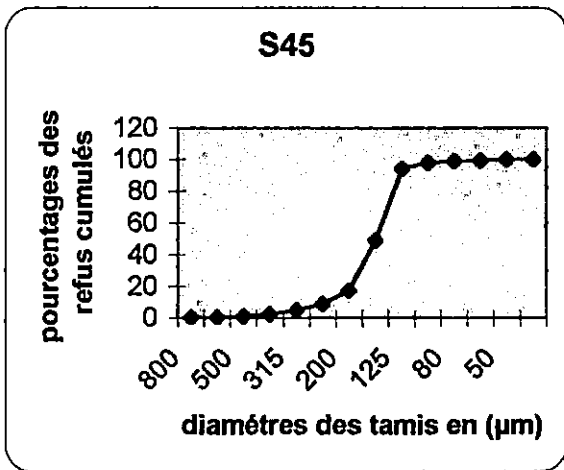
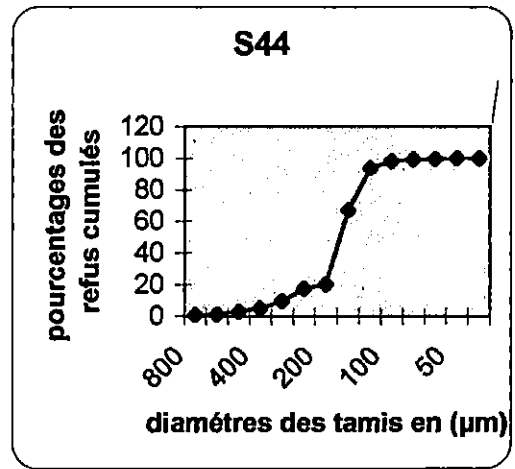
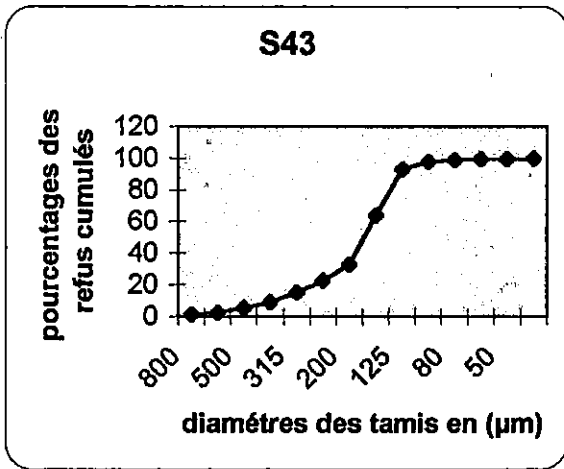
Echantillon	Grain moyen	SO	SK	Echantillon	Grain moyen	SO	SK
1	2.7820	0.4593	-0.4777	25	2.7151	0.3789	-2.1653
2	2.7511	0.4591	-0.9504	26	2.5683	0.4555	-1.8828
3	2.6384	0.3627	-0.9396	27	2.5540	0.5409	-1.9648
4	2.8462	0.4159	0.1761	28	2.6350	0.4457	-1.1767
5	2.6645	0.4007	-1.8833	29	2.4610	0.5948	-1.6418
6	2.7174	0.6172	-1.1687	30	2.5410	0.4920	-1.1883
7	2.8944	0.4530	-0.0075	31	2.6765	0.4293	-0.3320
8	2.8124	0.4333	-0.2319	32	2.6351	0.5106	-1.3457
9	2.9000	0.5110	-0.2905	33	2.3840	0.6700	-1.2435
10	2.6138	0.5497	-1.4896	34	2.5244	0.6461	-1.2053
11	2.7444	0.4965	-0.7420	35	0.6116	0.3813	-2.3283
12	2.5824	0.4601	-2.0899	36	2.6718	0.5275	-0.7025
13	2.6604	0.3419	-1.6191	37	2.7153	0.5170	-1.1696
14	2.6250	0.1356	-1.2347	38	2.7993	0.4878	0.0233
15	3.0506	0.6007	-0.2504	39	2.5957	0.5926	-1.2660
16	2.6687	0.4766	-1.0078	40	2.5252	0.6007	-0.6594
17	2.6501	0.5229	-0.9431	41	2.4949	0.5404	-1.7147
18	2.6508	0.5423	-1.2066	42	2.9377	0.5610	0.5981
19	2.6352	0.5458	-1.3042	43	2.3434	0.6600	-0.9158
20	2.6821	0.5306	-0.4792	44	2.4345	0.5476	-1.3059
21	2.6343	0.4681	-1.0043	45	2.5692	0.4577	-1.4151
22	2.5608	0.5282	-1.4908	46	2.6798	0.7034	-0.8279
23	2.6166	0.4155	-2.3329	47	2.8469	0.4697	-0.7378
24	2.6400	0.4297	-1.7866	48	2.3209	0.6776	-1.1913



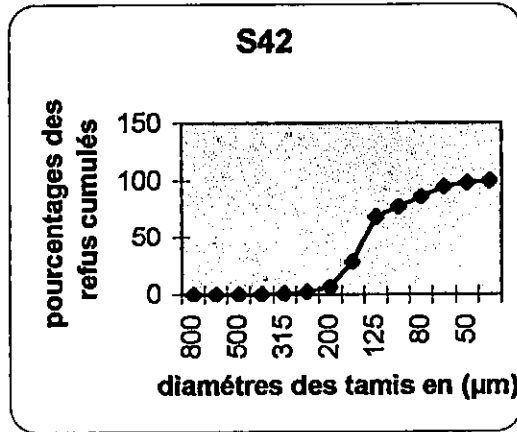
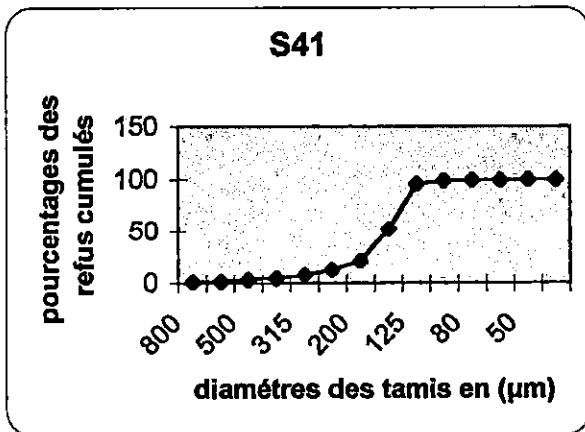
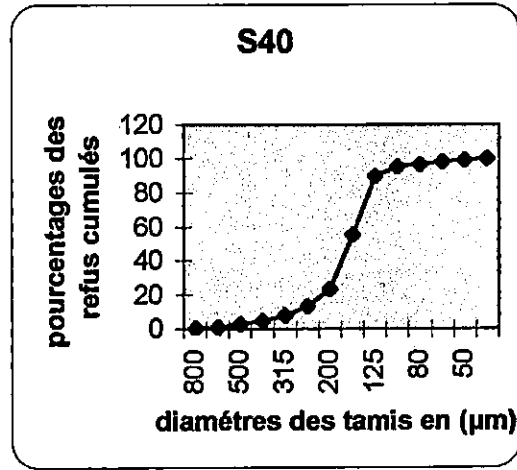
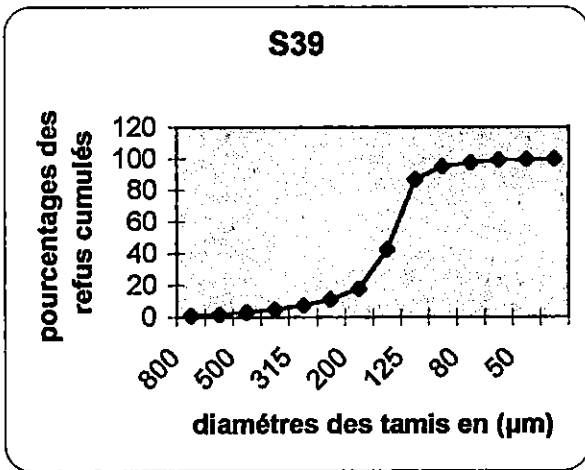
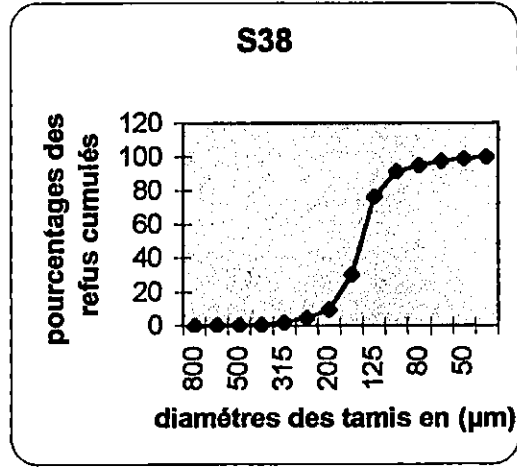
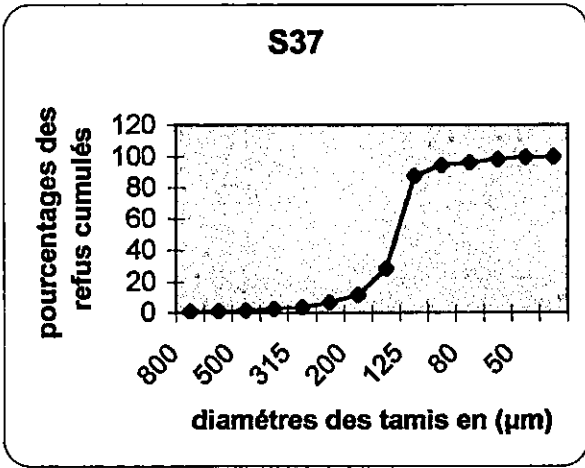
COURBES CUMULATIVES DES ECHANTILLONS DU PORT DE SIDI - FREDJ,



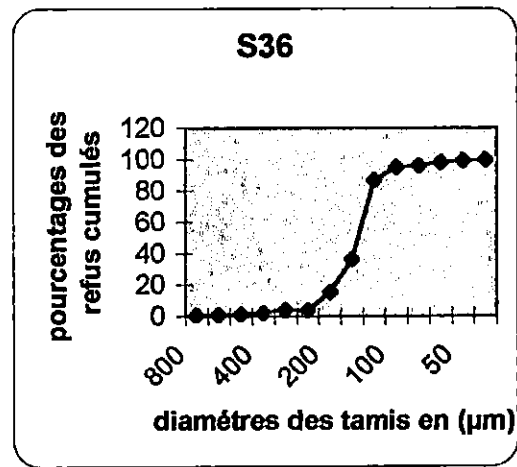
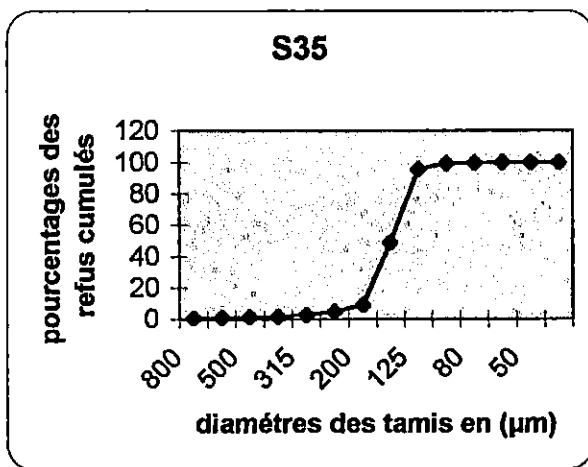
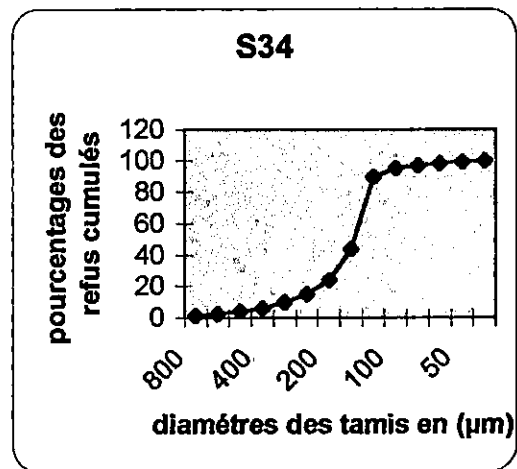
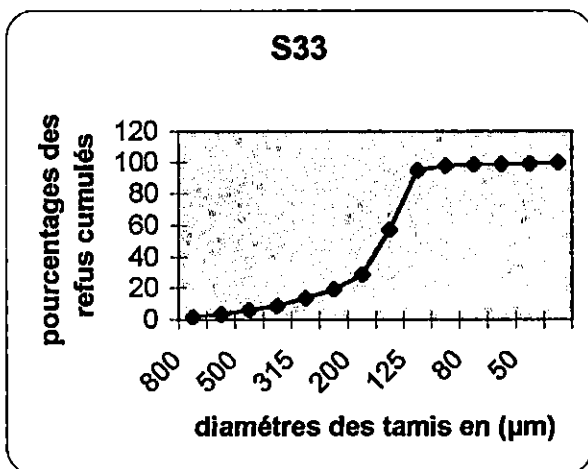
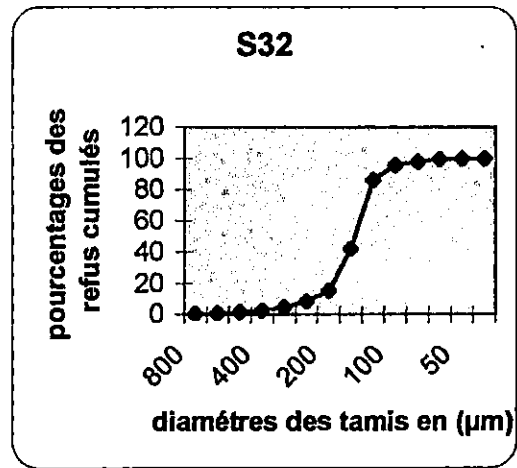
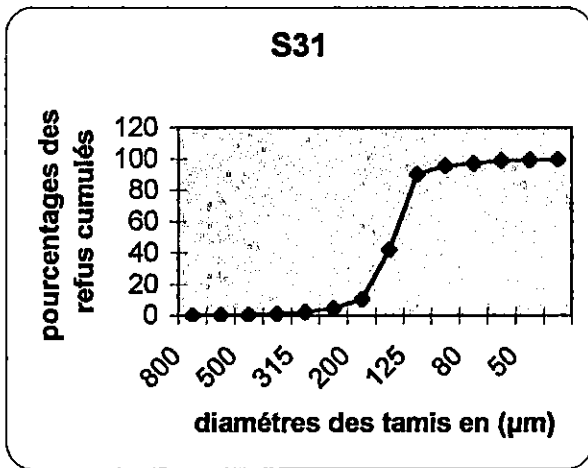
COURBES CUMULATIVES DES ECHANTILLONS DU PORT DE SIDI - FREDJ,



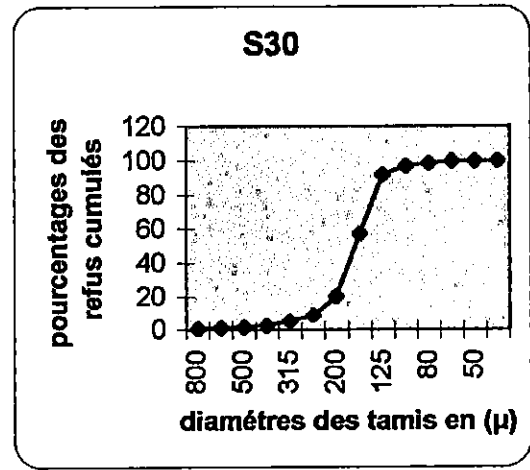
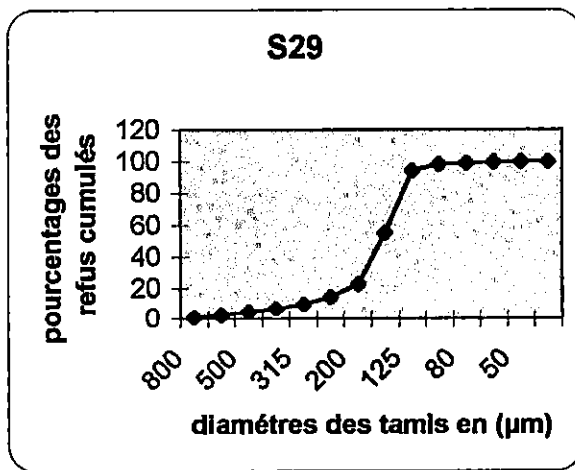
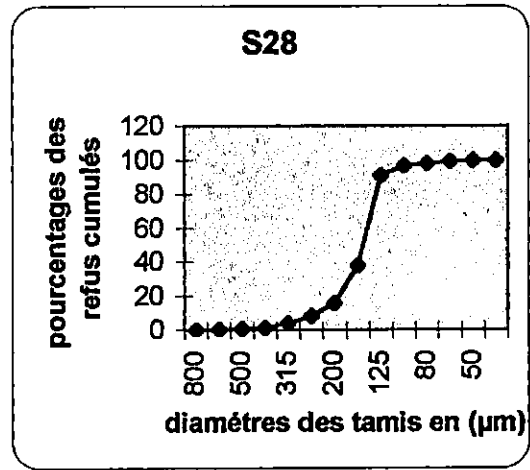
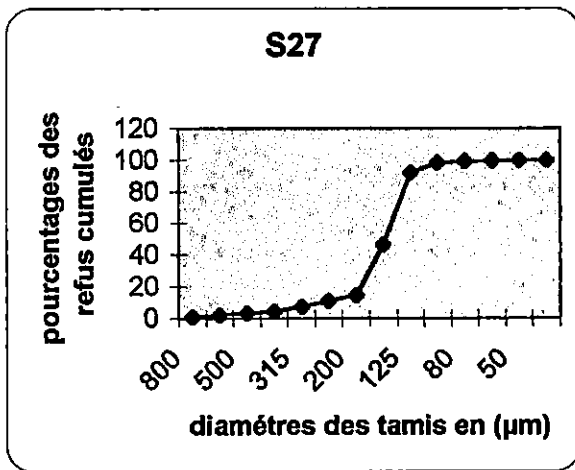
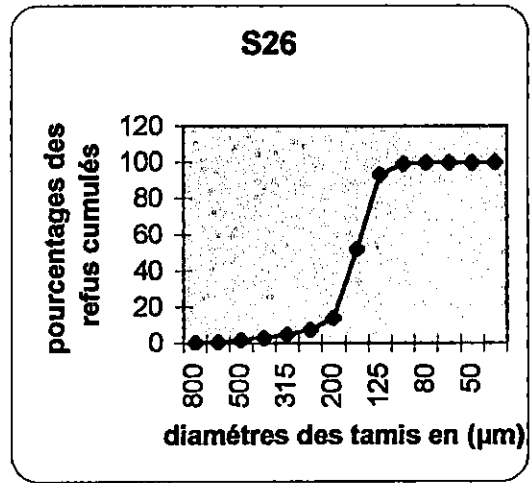
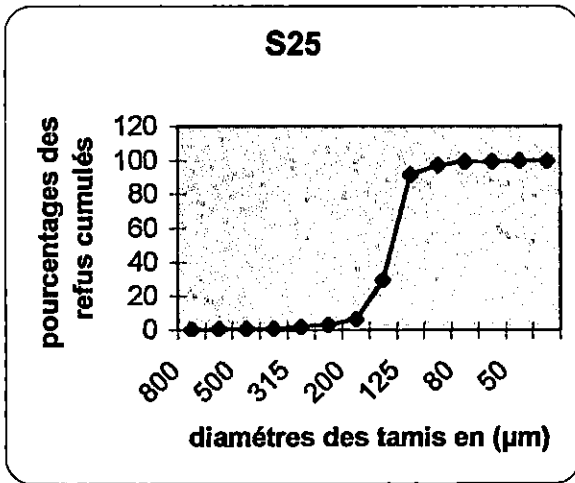
COURBES CUMULATIVES DES ECHANTILLONS DU PORT DE SIDI - FREDJ,



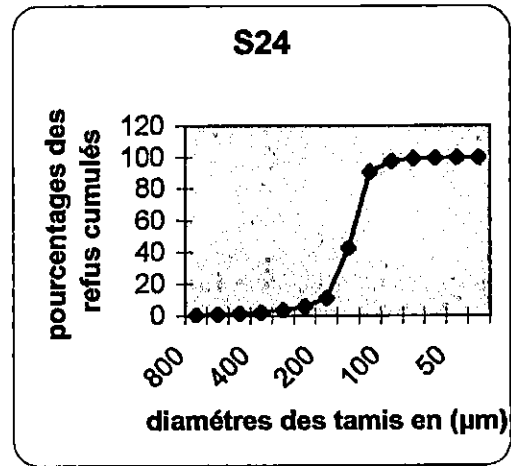
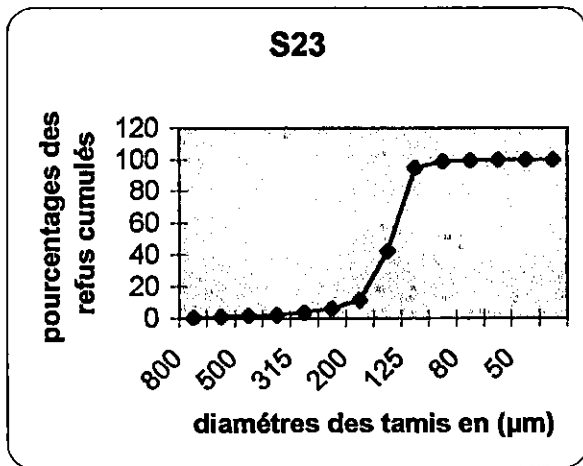
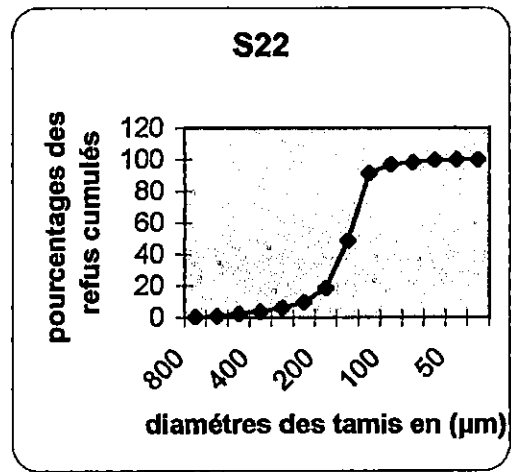
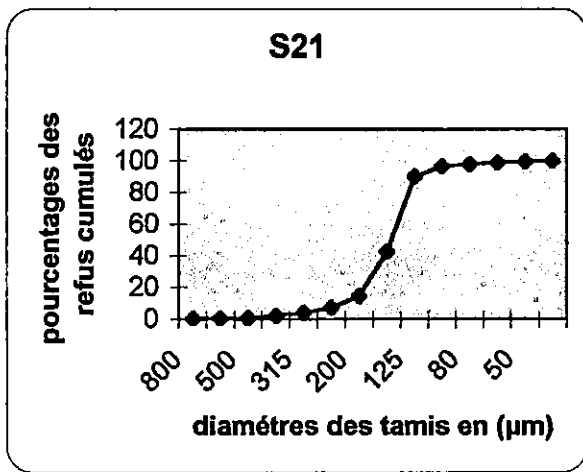
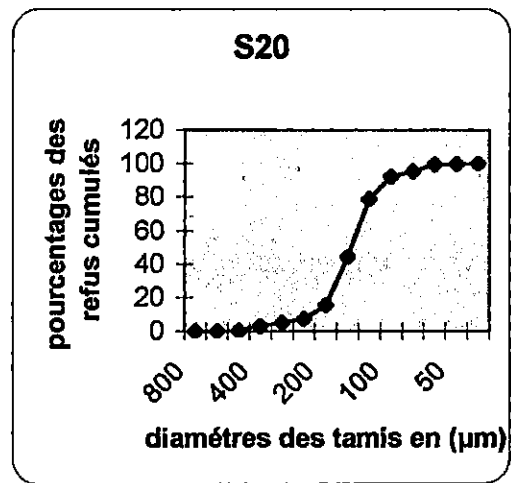
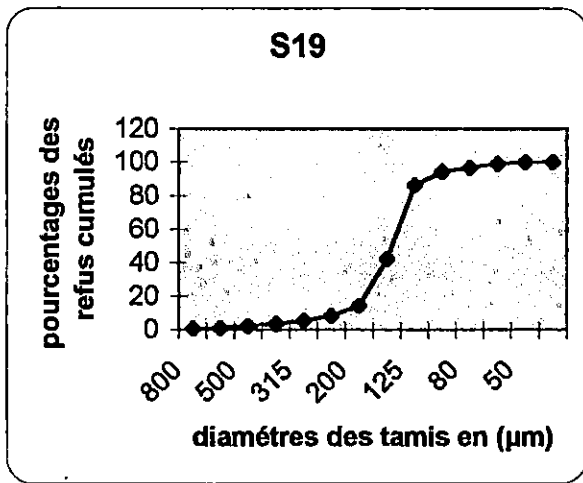
**COURBES CUMULATIVES DES ECHANTILLONS DU PORT DE SIDI -FREDJ,**



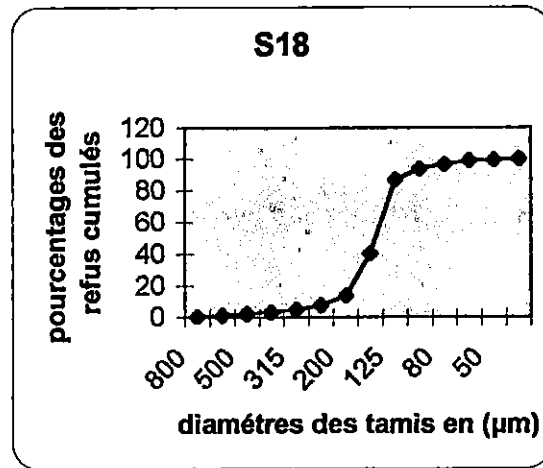
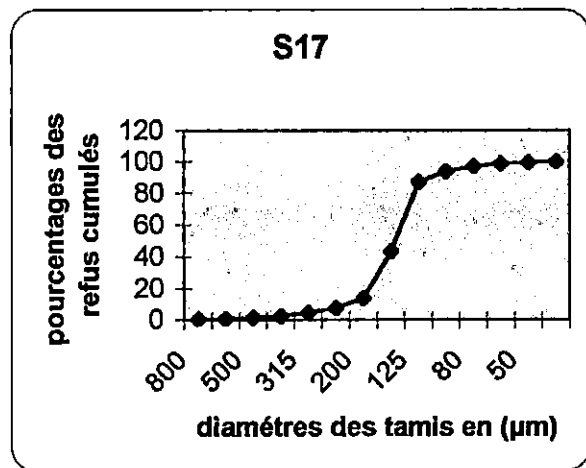
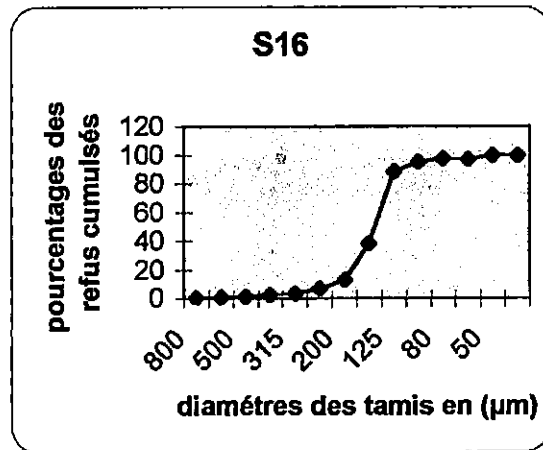
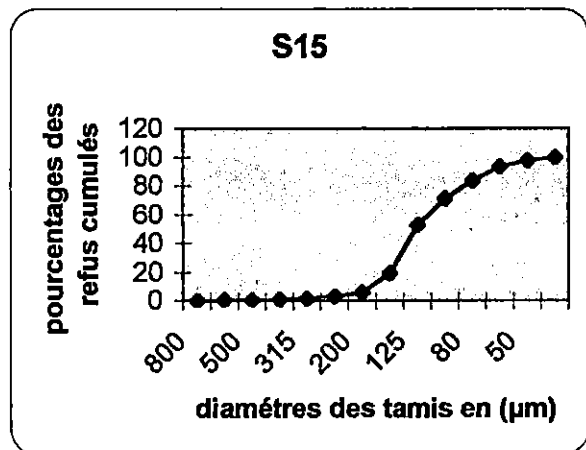
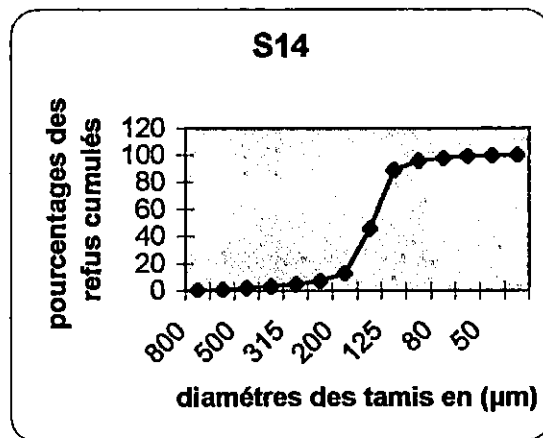
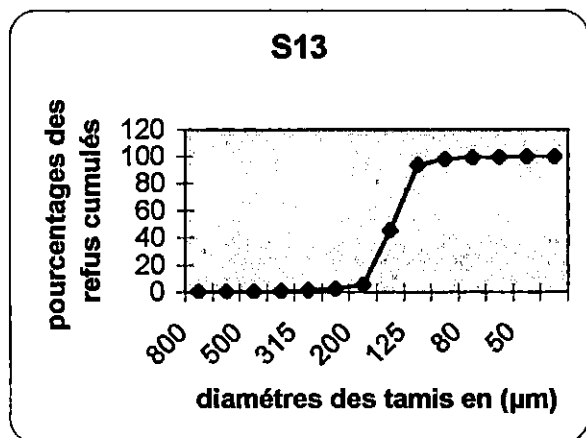
COURBES CUMULATIVES DES ECHANTILLONS DU PORT DE SIDI - FREDJ,



**COURBES CUMULATIVES DES ECHANTILLONS DU PORT DE SIDI - FREDJ,**



**COURBES CUMULATIVES DES ECHANTILLONS DU PORT DE SIDI - FREDJ,**



**COURBES CUMULATIVES DES ECHANTILLONS DU PORT DE SIDI - FREDJ,**