

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المعهد الوطني لعلوم البحر و قبة الساحل

Institut National des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



**Mémoire de fin d'études présenté en vue de l'obtention du diplôme
d'ingénieur en sciences de la mer et de l'aménagement du littoral**

Option : Aménagement du littoral

Thème:

**Etude bathymétrique, sédimentologique
et pollution par les métaux lourds de la baie d'El Djamila**

**Présenté par : Melle BELLAHSENE Yamina
Melle MESSAOUDI Sara**

Membres du Jury :

Mr REFES. W

Mr Hellel.

Mme BACHARIF

Mr BELKESSA.R

Mme HOUCINLN

Président

Examinateur

Examinatrice

Promoteur

Co-promotrice

Promotion : 2004 / 2005

REMERCIEMENTS

C'est pour nous un immense plaisir de pouvoir adresser au terme de ce travail, nos plus vifs remerciements à tous ceux, qui par leur aide et leurs conseils ont contribué à la réalisation de ce memoire .

Nous remercions les membres du jury, pour l'honneur qu'il nous font en acceptant de juger notre travail.

Qu'ils soient particulièrement remerciés Mr et Mme MAMI pour leur disponibilité en dépit de leurs nombreuses charges et responsabilités.

Nous tenons à remercier les membres de l'équipage de l'IBTACIM et les enseignants de l'ISMAL.

Par ailleur nous remercions: Melle SOUALILI Dina , Mr MATOUGUI, Mr BELLAHSENE Zahir, Mr SEMMAR Nadir et Mr OULMI Merouane sans oublier Melle BELLAHSENE Amel pour leur aide et soutien .

A tous nos amis de l'ISMAL, MERCI.

Nous ne saurons oublier de rendre un grand hommage à nos parents et à nos amis pour leur soutien moral et leur présence à nos côtés pour mener à bien notre travail.

MERCI à tous.

Sommaire

	Page
Introduction	1
Chapitre 1 : Généralités	
1. Présentation de la zone d'étude « Baie d'El Djamila » : situation géographique	2
2. Aspect morphologique de la baie d'El Djamila	2
a- Les dunes littorales	2
b- Les plages	3
c- Les platiers rocheux	3
d- La morphologie sous marine	3
e- La morphologie littorale	6
3. Aspects météorologiques et hydrodynamique	8
a- Température et précipitation	8
b- Les vents	10
c- Les courants marins	11
d- Les houles	11
4. Réseau hydrographique	13
5. Sédimentologie	13
6. Géologie	14
Chapitre 2 : Matériels et méthodes	
1. Campagnes en mer	16
a- Bathymétrie	16
b- Campagne sédimentologique	16
2. Travaux au laboratoire	16
a- Bathymétrie	16
b- Sédimentologie	19
b ₁ - Carbonates	21
c- Matière organique	21
d- Métaux lourds	22

Chapitre 3 : Résultats et interprétations

1. Bathymétrie	26
2. Sédimentologie	26
a- Distribution générale de la fraction fine	26
b- Distribution général de la fraction grossière	29
• Carbonates	38
• Matière organique	38
• Pollution	43
1. Définition	43
2. Origine des polluants	44
a- Pollution accidentelle	44
b- Pollution chronique	44
3. Les métaux lourds	45
a- Origine des métaux lourds	45
• Les valeurs guides	46
• Interprétation des résultats	47
• Détermination des indices de contamination	47
Conclusion	51
Bibliographie	
Annexe	

Liste de Figures

	Page
Figure n°1 : Situation géographique de la baie d'El Djamila.	4
Figure n°2 : Carte représentative de la morphologie sous-marine de la baie d'EL Djamila	5
Figure n°3 : Carte bathymétrique de la baie d'El Djamila (Bakir, 1987)	5
Figure n°4 : Etat de la plage Est 14 ans après la construction du port (Oukazi, 1993)	7
Figure n°5 : Effet du port de Sidi Fredj sur l'évolution de la côte Est (Oukazi, 1993)	7
Figure n°6 : Courbe de l'évolution des moyennes mensuelles de la température (1993-2003)	8
Figure n°7 : Courbe de l'évolution des moyennes mensuelles des précipitations (1993-2003)	9
Figure n°8 : Diagramme ambrothermique de la région d'étude	9
Figure n°9 : Fréquence cumulée des vents au large d'Alger par direction et par mois (1963-1970)	10
Figure n°10 : Schéma montrant le régime des courants littoraux engendrés par les houles dans le site d'EL Djamila	11
Figure n°11 : Croquis géologique de la presqu'île de Sidi Fredj (Collomb, Mahdjoub, Saadallah, 1971)	15
Figure n°12 : Carte de positionnement des stations de prélèvements dans la baie d'El Djamila	17
Figure n°13 : Carte de positionnement des stations de prélèvements des sédiments pour l'analyse des carbonates	17
Figure n°14 : Carte de positionnement des stations de prélèvements des sédiments pour l'analyse de la matière organique	18
Figure n°15 : Carte de positionnement des stations de prélèvements des sédiments pour l'analyse des métaux lourds	18
Figure n°16 : Carte représentative des profondeurs en m dans chaque station dans la baie d'El Djamila	19
Figure n°17 : Modalité d'analyse granulométrique	20
Figure n°18 : Carte bathymétrique de la baie d'El Djamila	28
Figure n°19 : Carte de la répartition des pélites dans la baie D'El Djamila	29
Figure n°20 : Courbes unimodales dessinées à la main	30
Figure n°21 : Courbes bimodales dessinées à la main	30
Figure n°22 : Carte de la répartition de la médiane (Q50) dans la baie d'El Djamila	32
Figure n°23 : Carte de la répartition du quartile inférieur (Q25) dans la baie d'El Djamila	33

Figure n°24 : Carte de la répartition du quartile supérieur (Q75) dans la baie d'El Djamila	34
Figure n°25 : Relation entre le P95 et la profondeur	35
Figure n°26: Relation entre le P5 et la profondeur	35
Figure n°27 : Relation entre l'indice de classement et la médiane	36
Figure n°28 : Relation entre l'indice d'asymétrie et la médiane	37
Figure n°29 : Carte de la répartition du mode 100 μm dans la baie d'El Djamila	39
Figure n°30 : Carte de la répartition du mode 125 μm dans la baie d'El Djamila	40
Figure n°31 : Carte de la répartition du mode 160 μm dans la baie d'EL Djamila	41
Figure n°32 : Carte de la répartition des carbonates dan la baie d'El Djamila	42
Figure n°33 : Carte de la répartition de la matière organique dans la baie d'El Djamila	43
Figure n°34 : Origine d la pollution marine	44
Figure n°35 : Carte de la répartition du Mercure dans la baie d'El Djamila	49
Figure n°36 : Carte de la répartition du Plomb dans la baie d'El Djamila	49
Figure n°37 : Carte de la répartition du Zinc dans la baie d'El Djamila	50

Liste des tableaux

	Page
Tableau n°1 : Moyennes mensuelles des températures en °C, période 1993-2003	8
Tableau n°2 : Moyennes mensuelles des précipitations en mm, période 1993-2003	9
Tableau n°3 : Fréquence mensuelle par direction de la houle (SSMO)	12
Tableau n°4 : Les conditions spectrophotométriques des éléments métalliques analysés	24
Tableau n° 5 : Classification granulométrique des sédiments	27
Tableau n°6 : Valeurs guides pour les métaux lourds ($\mu\text{g/g}$)	46
Tableau n°7 : Résultats des analyses des métaux lourds par SAA ($\mu\text{g/g}$)	46
Tableau n°8 : Variation de l'indice de contamination selon les normes dans la baie d'El Djamila	48

Introduction

La baie de Bou Ismail a intéressée beaucoup de scientifiques selon les thèmes qui les ont préoccupé, c'est ainsi que nous retrouvons des travaux effectués dans les domaines se rapportant à la biologie, le benthos, la sédimentologie, les paramètres physicochimiques... etc. Ils sont l'œuvre de : Sonatrach, 1969 ; Dagorne, 1973 ; Hassam, 1991 ; Oulmi, 1991 ... etc.

Paradoxalement, la baie d'El Djamila n'a pas attiré grand monde, seule Bakir. M a tenté d'y faire un travail en 1987.

Cette petite baie présente beaucoup de différences comparativement à celle de Bou Ismaïl. Elle présente des caractéristiques physiques notamment celle relative à sa position latitudinale qui la met face aux courants et aux houles.

Par ailleurs, de par sa position elle échappe aux rejets générés aussi bien par le nombre réduit de cours d'eau que par l'absence de centres de pollution ; ce qui lui confère une relative propreté ; laquelle encourage l'installation de complexes touristiques.

Pour mener cette étude, le travail a été partagé en trois chapitres :

- Chapitre 1 : Généralités
- Chapitre 2 : Matériels et méthodes
- Chapitre 3 : Résultats et interprétations
 - La bathymétrie actuelle des fonds au niveau de la baie
 - La répartition des sédiments superficiels dans la baie
 - Les concentrations des polluants présents dans les sédiments de la baie

Chapitre 1: Généralités

1. Présentation de la zone d'étude « Baie d'El Djamila » : situation géographique :

La baie d'El Djamila se situe à une trentaine de kilomètres à l'Ouest d'Alger, elle représente le quart oriental de la baie de Bou Ismaïl. C'est une baie relativement fermée, limitée à l'Ouest par la presqu'île de Sidi Fredj et à l'Est par le Ras Acrata. (Figure n° :1)

Son rivage est orienté Sud Ouest – Nord Est et ses coordonnées Lambert sont :

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

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

2. Aspect morphologique de la baie d'El Djamila :

D'après la carte géomorphologique élaborée par Aymé, 1960 ; le littoral compris entre Sidi Fredj et Ras Acrata se caractérise par une importante accumulation sableuse actuelle et subactuelle. (Figure n° :2)

Le côté Est de la baie (entre l'embouchure de l'Oued Béni Messous et la pointe de Sidi Fredj) est bordé par un cordon dunaire de sable éolien limité par des plages plus ou moins grandes (Staouéli et Club des pins).

Le seul oued se déversant dans la baie est situé à environ cinq kilomètres à l'Est de Sidi Fredj, c'est l'oued de Béni Messous ; à l'Est de cette embouchure le littoral est taillé en falaises, par endroit, qui dominent la mer.

a. Les dunes littorales :

Les dunes littorales sont des accumulations de sables d'origine marine.

Les dunes littorales de la baie d'El Djamila constituent le prolongement oriental d'un cordon dunaire prenant naissance à l'embouchure de l'oued Mazafran et se continue jusqu'à l'Est de l'oued Béni Messous. Le cordon atteint une largeur maximale sur les plages de Staouéli et Club des pins.

Ces dunes ont une extension et une morphologie très variable d'une part en fonction de la direction des vents dominants (Degiovani, 1973).

En effet, il existe deux bandes littorales parallèles à la côte. L'une borde la haute plage, si elle existe ; c'est la zone des dunes mobiles. La deuxième se situe vers l'intérieure des terres, caractérisée par une couverture végétale dense ; c'est la zone des dunes fixées.

b. Les plages :

A la suite du cordon dunaire, et à l'Est de la jetée Sud du port de Sidi Fredj, s'étale une zone de plages sableuses de granulométrie variable, parallèle à la côte qui rétrécit vers le Sud est et l'Est.

Le développement des dunes littorales est atteint en arrière des plages de Staouéli et Club des pins.

Une importante déstabilisation dans les phénomènes d'apport et de dépôt a vu le jour dans la baie de Bou Ismaïl, due à des carrières d'exploitation de ces sables dunaires entre l'Oued Mazafran et Ras Acrata.

En plus des déchets rejetés en mer par les complexes touristiques qui a engendré une pollution avec toutes les conséquences.

c. Les platiers rocheux (Beach rock) :

De nombreux platiers rocheux affleurent au niveau de l'estran et se poursuivent sous l'eau jusqu'à des profondeurs de 4 à 5 m sur la plage de Moretti et Club des pins.

Actuellement certains affleurements sont recouverts par l'ensablement de la zone adjacente à la jetée sud du port.

d. La morphologie sous marine :

La carte bathymétrique, établie à partir des relevés bathymétriques (Bakir, 1987), montre une topographie sous marne à pente douce : il n'existe pas de perturbations morphologiques rocheuses du fond dans cette zone. (Figure n° : 3)

La baie d'El Djamilia constitue une plage sableuse, c'est-à-dire un milieu de sédimentation instable dans le temps, suite aux transferts littoraux du sédiment.

Les isobathes entre 7 et 12 m de profondeur sont régulières et parallèles à la côte. Aux profondeurs 15 à 19 m et 18 à 22 m, situées dans la partie Est du site d'étude, la monotonie est rompue par la présence de deux fosses.

Entre 14 et 15 m de profondeur, les isobathes présentent des perturbations soulignées par des petits hauts fonds, reflétant l'existence des dunes hydraulique. C'est le résultat de déferlement de la houle.

Le rocher abritant le port de Sidi Fredj est soudé à l'arrière pays par un large tombolo, d'un kilomètre de long et de 500 m de large, dont l'axe est orienté vers le Nord Ouest.

...
...
...

...
...
...

...
...
...

...
...
...

...
...
...

...
...
...

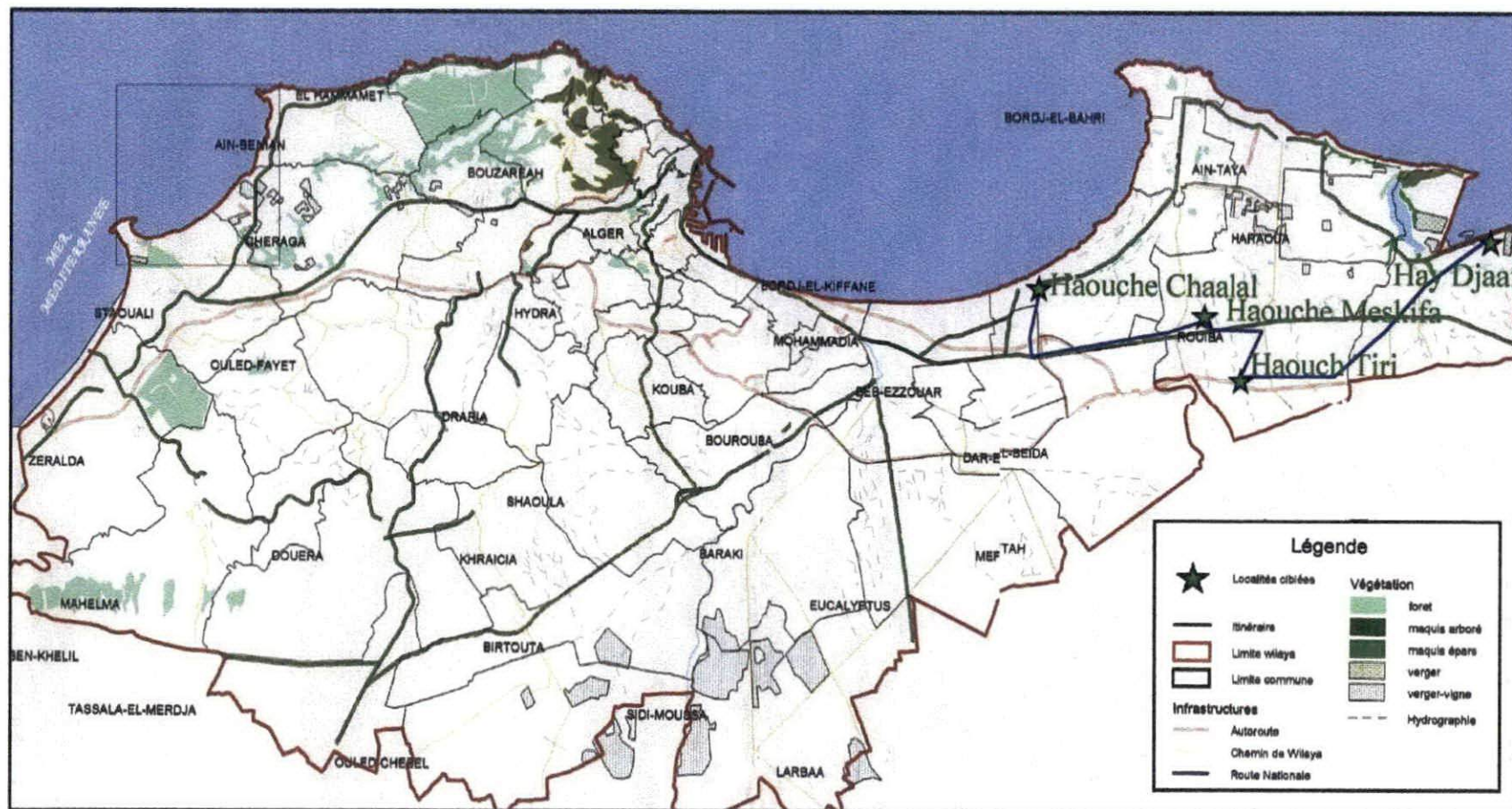
...
...
...

...
...
...

...
...
...

...
...
...

...
...
...



Echelle: 1/150000

Figure n°1 : Situation géographique de la baie d'El Djamila

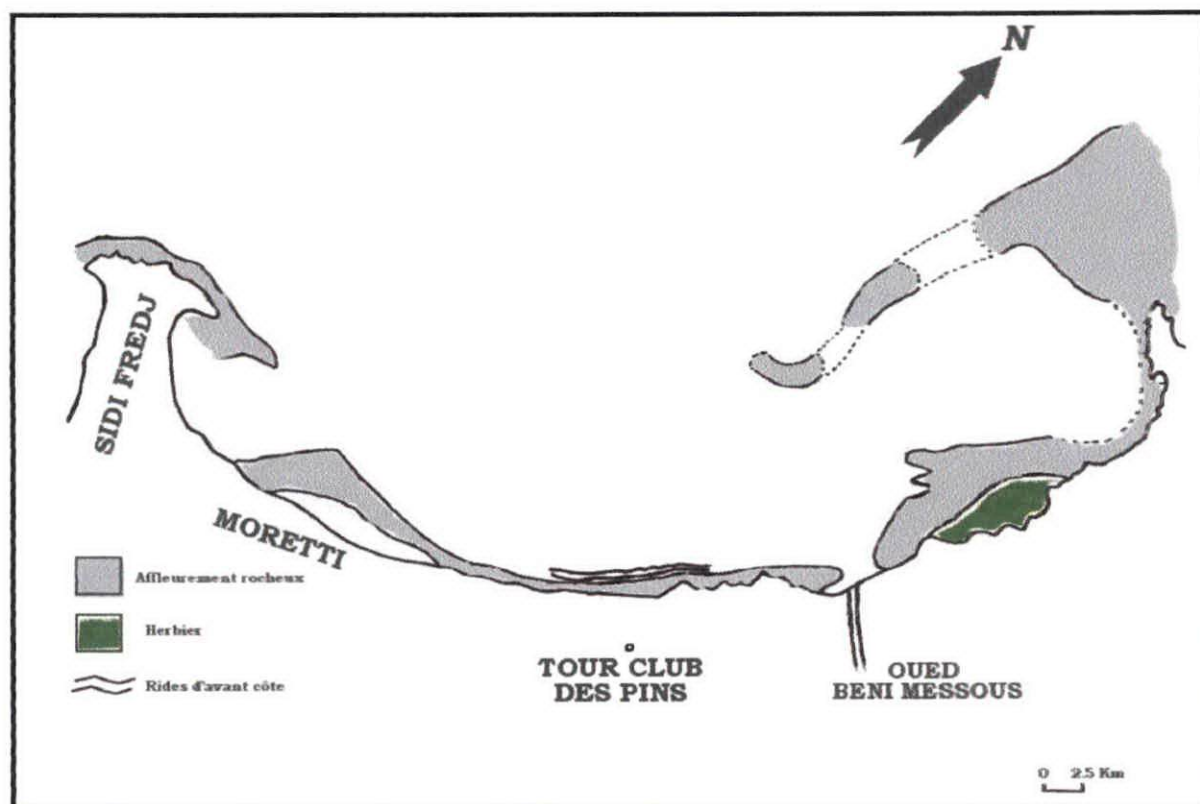


Figure n°2 : Carte représentative de la morphologie sous-marine de la baie d'El Djamila d'après A. Aymé, 1960

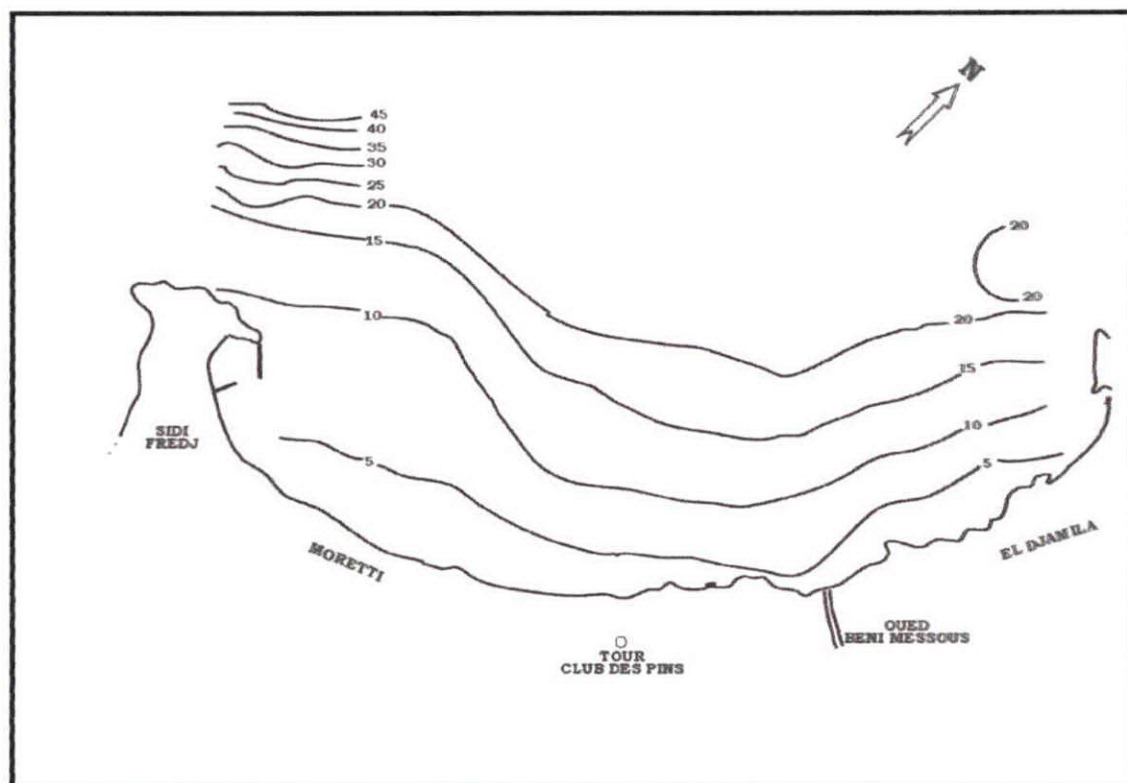


Figure n°3 : Carte bathymétrique de la baie d'El Djamila d'après M. Bakir, 1987

e. La morphologie littorale :

Les plages présentent une grande instabilité dans le temps. Une côte n'est donc pas fixe. Elle correspond à une position momentanée de la ligne de rivage qui peut avoir laissé vers la mer ou vers la terre des traces d'une position plus ancienne (Derrueau, 1974).

Selon les figures 4 et 5, on voit très bien que la partie Est de la presqu'île est soumise à deux phénomènes :

Le phénomène d'érosion : surtout en hiver dû aux houles Ouest et Sud Ouest, les plages principalement touchées sont les plages de Moretti et Club des pins, vu qu'elles sont très exposées et l'action frontale de la houle provoque une perte dans leur profil.

Le phénomène d'engraissement : se produit essentiellement à l'ombre de la jetée Sud du port de Sidi Fredj. Ce secteur est influencé par la dérive littorale du Nord Est, il y a formation d'une zone d'accumulation par les sédiments entraînés vers l'Ouest, cette zone est à l'abri des houles ouest pendant la saison hivernale. Donc, on a engraissement, car les sables apportés par les houles Nord Est ne sont pas repris par les houles de l'Ouest.

D'après Boutiba (1996) ; si on prend comme référence le trait de côte de 1921, on remarque une avancée de l'ordre de 80 m en 1970, pour atteindre les 110 m en 1984, autrement dit un engraissement de 30 m en l'espace de 14 ans, soit un gain de l'ordre de 2.14m/an en moyenne.

D'après le L.C.H.F (1970) l'engraissement de cette portion du littoral entre 1921 et 1970 correspond à un apport de 12 000 à 16 000 m³ de sable.

Les levés topographiques effectués en 1993 et 1995 montrent que la progradation s'est poursuivie au niveau de la plage Est de Sidi Fredj ; on a constaté une avancée de 25 m entre 1984 et 1993 ; en revanche le trait de côte de Moretti a continué à reculer provoquant ainsi la disparition ou presque de la plage dans ce secteur.

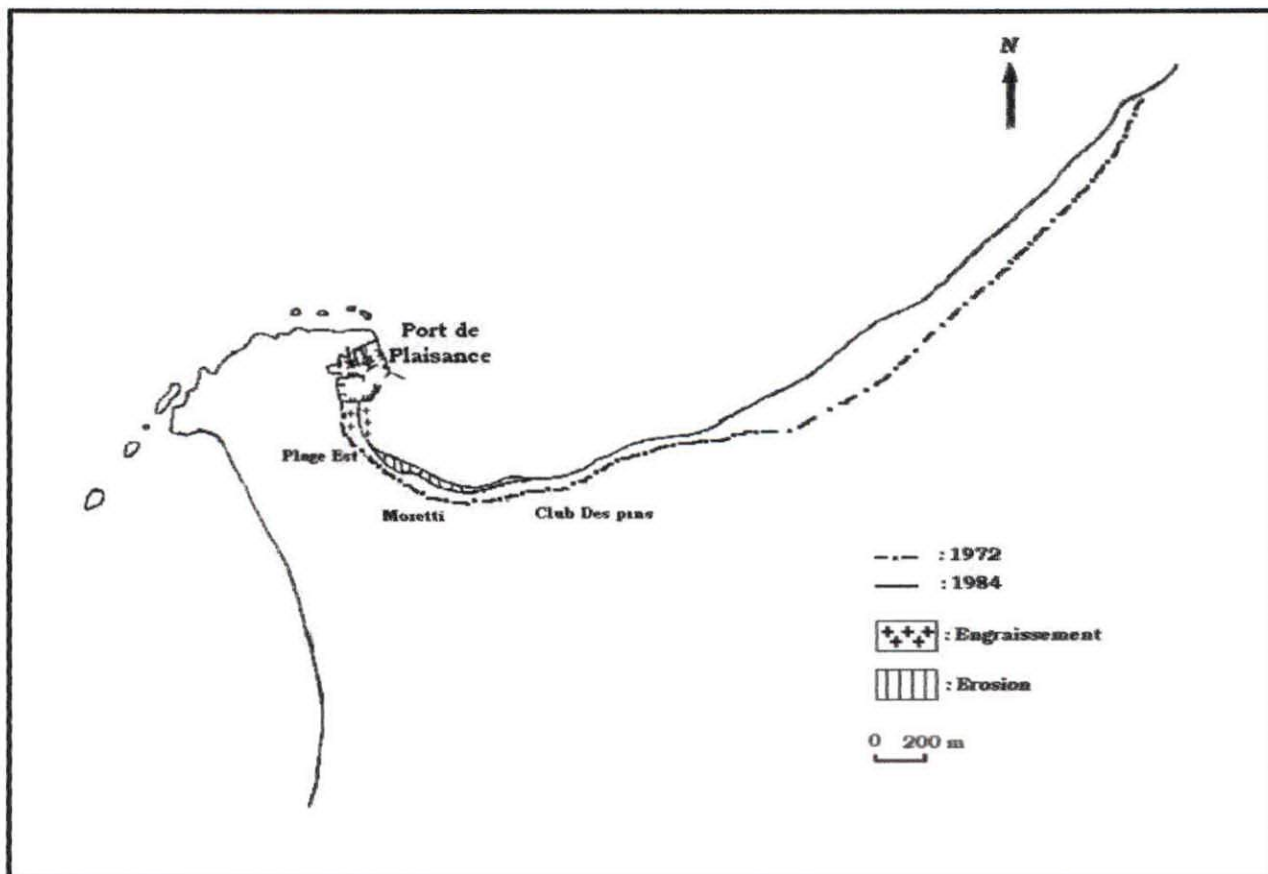


Figure n° 4 : Etat de la plage Est 14 ans après la construction du port (in Oukazi, 1993)

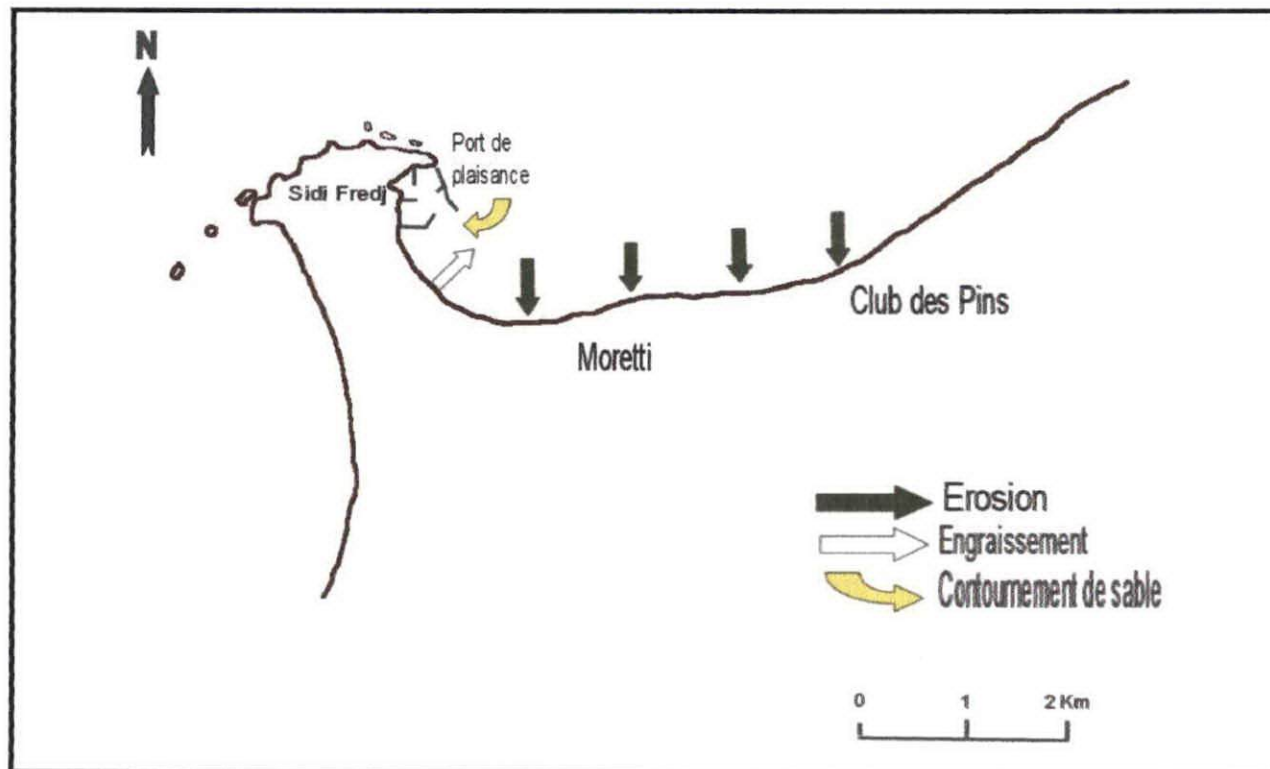


Figure n° 5 : Effet du port de Sidi Fredj sur l'évolution de la côte Est (in Oukazi, 1993)

3. Aspects météorologique et hydrodynamique :

Les conditions météorologiques et hydrodynamiques jouent un rôle très important et sont responsables de la transformation des formes côtières par l'énergie qu'elles déploient. Cette transformation des littoraux se traduit par l'arrachement, la mobilisation et le transfert de sédiment ce qui entraîne, par conséquent, un changement de la morphologie et de la configuration des sites côtiers.

Le littoral algérien appartient au climat méditerranéen, caractérisé par deux saisons contrastées : l'une chaude et sèche et l'autre froide et humide avec des précipitations courtes et violentes.

a. Températures et précipitations :

L'évolution des paramètres climatologiques s'est effectuée au niveau de la station de Dar El Beida, sur une période de 10 ans (1993-2003)

Températures :

Les valeurs moyennes mensuelles de la température exprimées en °C sont données dans le tableau suivant :

Tableau n°1 : Moyennes mensuelles des températures en °C période 1993-2003

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
T°C	11.15	11.2	13.4	14.86	19.01	22.76	25.24	26.39	23.35	19.77	15.17	12.21

Source : ONM 2003

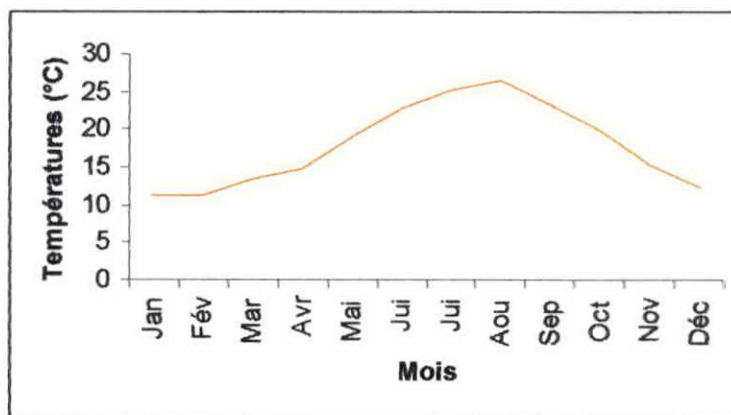


Figure n°6 : Courbe de l'évolution des moyennes mensuelles de la température (1993-2003)

Précipitations :

Tableau n° 2 : Moyennes mensuelles des précipitations en mm période 1993-2003

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Moy	84.82	75.92	37.06	61.36	32.09	6.47	1.73	14.9	31.31	43.37	87.4	103.81

Source : ONM 2003

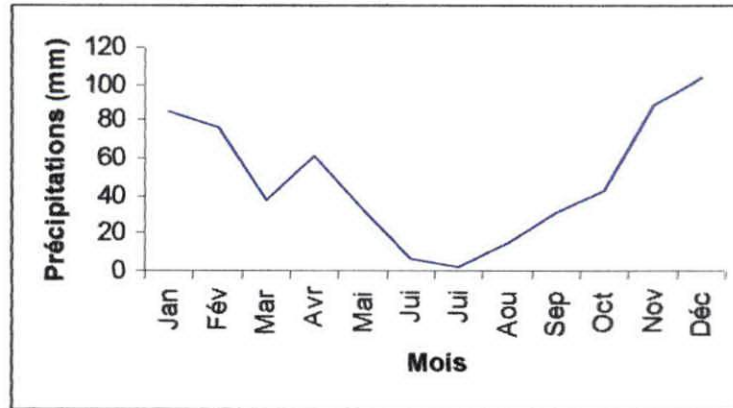


Figure n°7 : Courbe de l'évolution des moyennes mensuelles des précipitations (1993-2003)

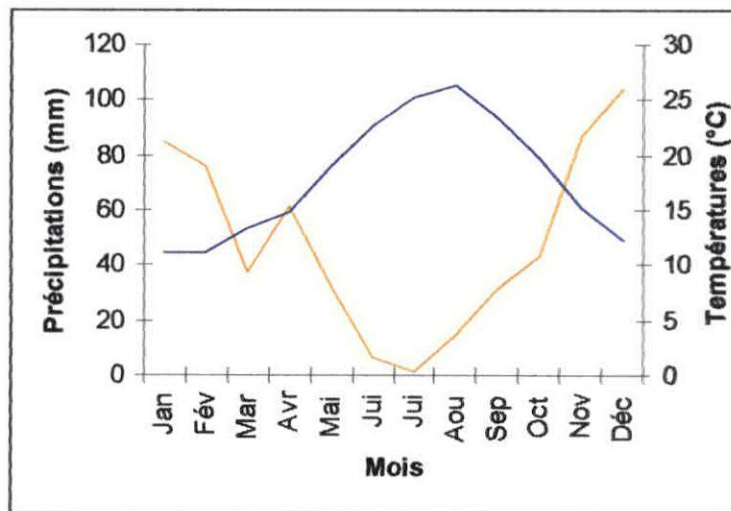


Figure n° 8 : Diagramme ambrothermique de la région d'étude

L'alternance des phases climatiques humides et phase climatique sèche, peut contribuer à modifier le comportement des roches tendres (argiles, marnes) et entraîner l'instabilité de la falaise. De plus, l'action du ruissellement joue un rôle préparatoire dans l'érosion de la falaise par les agents marins.

b. Les vents :

Les vents sont générateurs de vagues et de courants, leur impact croit avec leur vitesse. Lorsque l'action du vent est continue, elle génère de la houle.

Les résultats des observations effectuées par l'US naval weather service command (SSMO) au large des côtes d'Alger sont représentés dans la figure n° 9, montrant la fréquence cumulée des vents au large par direction et par mois.

De cette dernière on note l'existence de deux périodes distinctes :

Une période hivernale : (Octobre - Mars) Avec des vents dominants de secteur Ouest et Nord Ouest ; avec des fréquences allant de 60 à 88 % par le secteur Ouest et des fréquences de 90 à 99 % pour le secteur Nord Ouest .

Une période estivale : (Avril – Septembre) Avec des vents dominants de secteur Est et Nord Est ; avec des fréquences de 45 à 75 % pour le secteur Nord Est

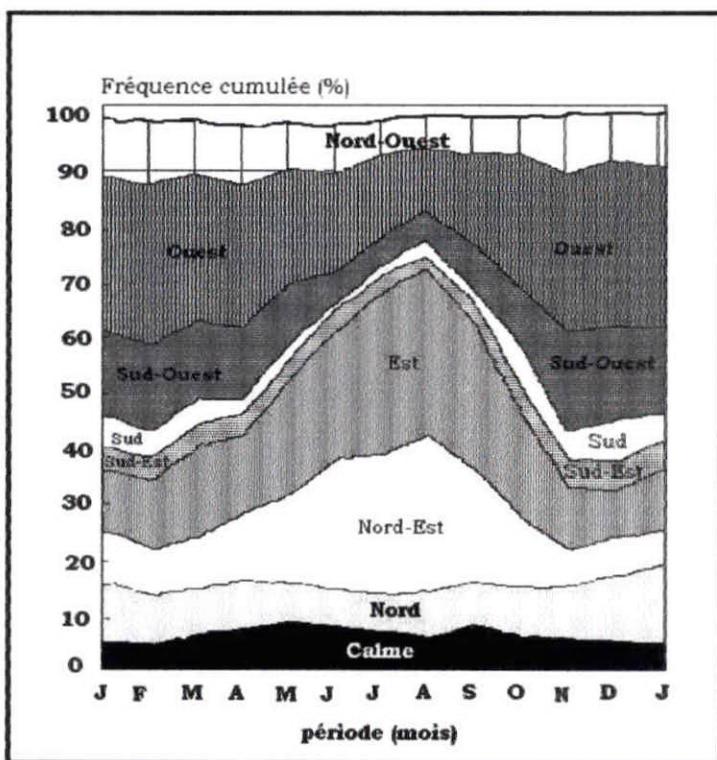


Figure n° 9 : Fréquence cumulée des vents au large d'Alger par direction et par mois (S.S.M.O) (1963 - 1970)

c. Les courants marins :

Puisque la côte algérienne est caractérisée par de faibles profondeurs, les courants marins sont relativement faibles. (Figure n° :10)

Les données recueillies à partir d'observations enregistrées au large des côtes algériennes par le KMNI (institut météorologique Royal Néerlandais) montrant que :

- Plus de 73 % du temps, les courants ont une vitesse inférieure à 0.5 nœud (0.25 m/s)
- Plus de 90 % du temps, ces courants ont une vitesse inférieure à 1 nœud (0.5 m/s)
- Dans seulement 1 % du temps, des courants d'une vitesse plus grande que 2 nœuds (1 m/s) ont été observés.

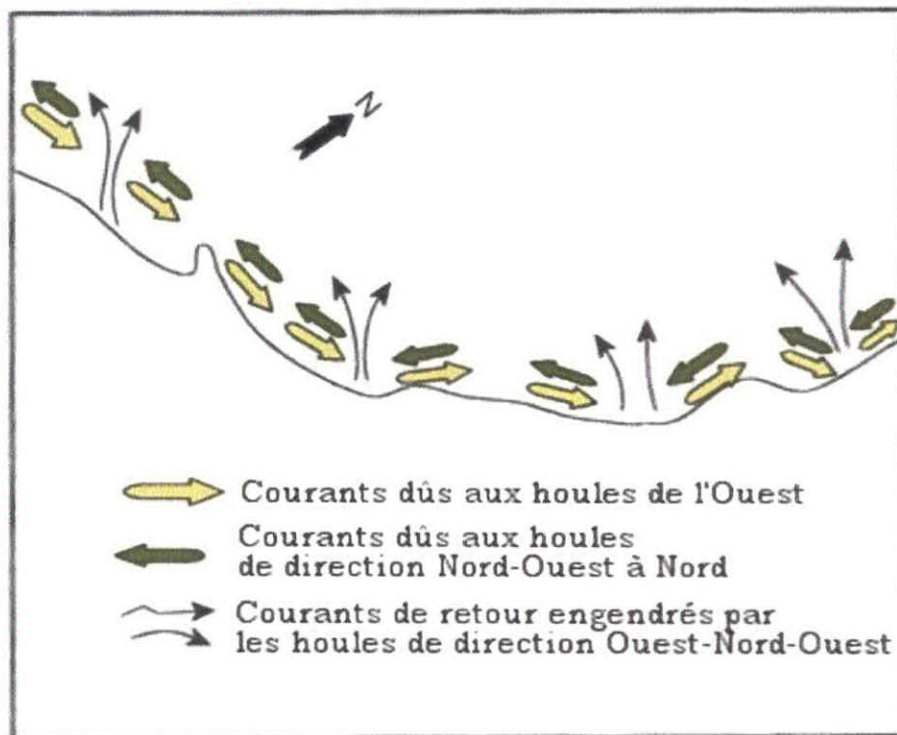


Figure n° 10 : Schéma montrant le régime des courants littoraux engendrés par les houles dans le site d'El Djamila

d. Les houles :

Grâce à l'analyse statistique des données de houle au large, on a pu déterminer les secteurs de houles prédominants et leurs amplitudes respectives dans le large d'Alger.

Ces données couvrent une zone au large des côtes algériennes situées par longitude Est entre 2° et 5° et par latitude Nord entre 36.5° et 38°. Elles sont reprises d'un document de L'US

naval weather command intitulé Summary of synoptic météorological observation (SSMO)

T2 zone Algiers et sont étalées sur une période de 8 ans (1963 – 1970)

Les résultats sont précisés dans le tableau ci-dessous :

Tableau n° 3 : Fréquence mensuelle par direction de la houle (SSMO)

Mois	Nord	N-E	Est	S-E	Sud	S-O	Ouest	N-O
J	8.2	12.9	18.2	5	6.5	13.2	28.8	7.3
F	8.8	13.3	12.6	4	6	16.9	35.6	5.8
M	11.3	12.6	15.8	3.6	4.5	13.3	30.5	9.2
A	11.7	15.8	16	2	4.4	13.7	26.6	10.2
M	8.4	26.3	31.9	3	3.3	7.2	13.9	6.2
J	9.2	29.1	29.8	1.8	1.4	8.2	16.3	2
J	5.9	32.5	35.1	1.4	0.9	5.9	16.2	2
A	8.9	27.5	37.4	1.9	1.1	5	13.4	4.9
S	6.7	26.4	40.5	2.2	2.3	4.5	14.8	2.5
O	7.8	14.1	20.3	3.2	4.3	14.8	28.8	6.9
N	5.4	5.7	10	5.1	8	15.9	40.4	9.4
D	10.2	6.2	9.3	4.6	7.4	15	37.1	10

On a pu constater que :

En hiver : Les houles les plus importantes et les fréquemment observées viennent de l'Ouest avec les plus grandes amplitudes entre 2 et 2.5 m. Les houles maximales peuvent atteindre les 4 à 6 mètres.

En été : Les directions les plus observées sont d'origine Est, ainsi que les houles Nord Est avec une fréquence moins importante avec des amplitudes généralement plus faibles, de 0.5 à 1 m. Le secteur Nord a une répartition assez régulière durant l'année.

4. Réseau hydrographique :

- L'Oued Béni Messous :

L'oued Béni Messous situé à 15 Km à l'Est d'Alger entre El Djamila et Club des pins, alimente la baie d'El Djamila, il prend source dans le grand Chéraga.

Il traverse les communes de Chéraga au Nord, Bouzaréah au niveau d'une agglomération appelée « la tribu » au Nord Est, Dely Brahim à l'Est et Aïn Bénian à l'Ouest et débouche au niveau d'une plage appelée « les Dunes » à environ 2 Km à l'Ouest du port d'El Djamila sur une distance de 11.5 Km. Il regroupe l'oued Defla et l'oued Bainem.

Son bassin versant est réduit, il est souvent sec, sauf lors des fortes pluies où il peut raviner une quantité **non considérable** de sédiments.

5. Sédimentologie :

La dynamique sédimentaire est la résultante d'actions hydrodynamiques ou fluides et solides, réagissant l'un sur l'autre. Son équilibre est très sensible à tout changement pouvant entraver son processus.

A ce propos, une étude sédimentologique a été menée par le département de sédimentologie du LEM (1995).

On note la dominance du sable grossier surtout au voisinage du port d'El Djamila dans cette zone. Ces sédiments sont bien classés.

Au niveau de la côte et à l'Est du port d'El Djamila, le dynamisme est important, provoqué par l'intensité des houles de l'Ouest, Nord Ouest et Ouest Nord Ouest.

Ces houles ont contribué au démantèlement de la falaise du Ras Acrata et du platier rocheux.

Ces houles de secteur Ouest-Nord-Ouest sont d'incidence frontale sur le site, engendrant un courant de retour qui prend les sédiments de la côte et les dispersent au large. Ainsi les sédiments les plus fins se déposent au large.

Ces houles provoquent aussi bien l'érosion de la côte située à l'Ouest du port d'El Djamila (Zéralda, Sidi Fredj, Moretti, Staouéli, etc ...) que le charriage des apports de l'oued Mazafran.

L'incidence oblique des houles du secteur Ouest engendre une dérive littorale qui entraîne les matériaux sableux vers l'Est dans le domaine infralittoral.

La dérive littorale s'écoulant de l'Ouest présente un impact très important en charriant les sédiments vers l'Est.

6. Géologie :

Tout le long de la côte, on observe des marnes bleues d'âge Pliocène et Quaternaire ; faisant partie du massif de Bouzaréah ; sous la plage, affleurant très souvent dans les entailles fluviales.

Les terrains primaires dominent le massif de Bouzaréah et la presqu'île de Sidi Fredj.

Par contre, le domaine terrestre de notre zone d'étude est formé de terrains récents du quaternaire et du néogène qui constituent le Sahel d'Alger.

Le substratum métamorphique de la presqu'île de Sidi Fredj est constitué de granite et gneiss largement fissurés et diaclasés.

Le promontoire rocheux est constitué de 4 types de gneiss ocellés identifiés par l'étude pétrographique (P.Collomb, Y.Mahjoub et A.Saadallah) (figure n° : 11).

Type 1 : gneiss à foliation et linéarité bien marquée, appelé « vieux gneiss » de teinte grise assez claire.

Type 2 : gneiss ocellé à grains fins massif, peu orienté de teinte claire.

Type 3 : gneiss ocellé à grains fins bien lités de teinte claire, riche en quartz.

Type 4 : gneiss ocellé avec un aspect de granite orienté avec une foliation moulante de phénocristaux.

Chapitre 2: Matériels et méthodes

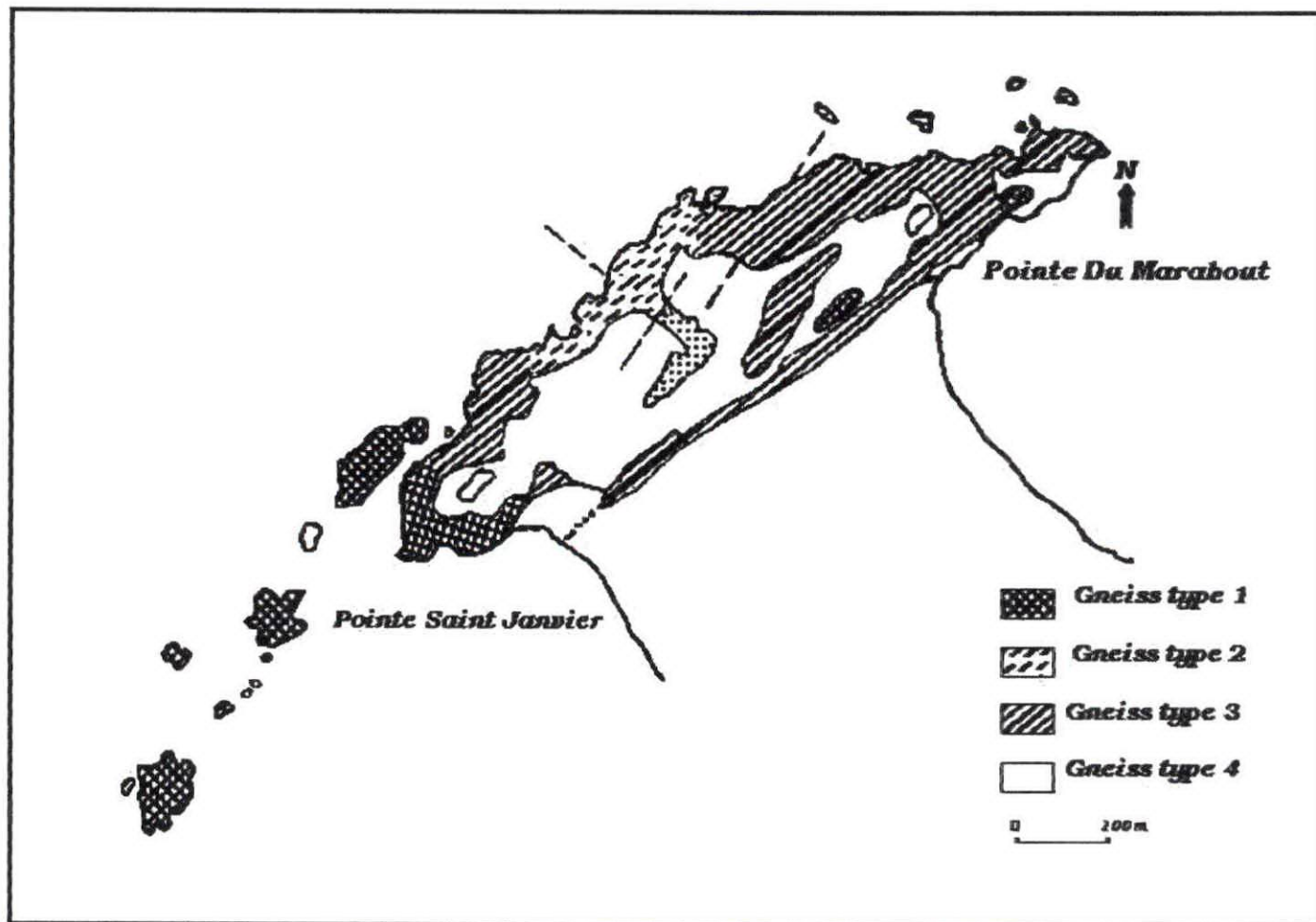


Figure n°11 : Croquis géologique de la presqu'île de Sidi Fredj d'après P. Collomb, Y. Mahjoub et A. Saadallah, 1971

1. Campagnes en mer :

La sortie en mer été effectuée durant la période allant du 17 au 27.04.2005 à bord de l'embarcation « L'Aures », par mer calme agitée, ciel clair, de vent assez fort de secteur variant : Nord-Ouest et Nord-Est.

a. Bathymétrie :

Le levé bathymétrique a été réalisé à l'aide d'un fil à plomb immergé au niveau de chaque station. (Figure n° : 12)

b. Campagne sédimentologique :

Les prélèvements de sédiments ont été réalisés à l'aide d'une benne preneuse de type « VAN VEEN ». (Figure n° : 12) Une fois remontée, le sédiment a été récupéré dans des sacs en plastiques étiquetés.

- **Carbonates :**

Les prélèvements de sédiments, destinés à l'analyse des carbonates, ont été effectués au niveau des stations illustrées dans la figure n° : 13. A l'aide d'une benne preneuse de type « VAN WEEN ». Le sédiment a été récupéré dans des sacs en plastiques étiquetés.

- **Matière organique :**

Les prélèvements de sédiment, destinés à l'analyse de la matière organique, ont été effectués au niveau des stations illustrées dans la figure n° : 14. Ces prélèvements ont été réalisés à l'aide d'une benne preneuse de type « VAN WEEN ». Le sédiment a été récupéré dans des sacs en plastiques étiquetés et mis dans une glacière et puis rapportés au laboratoire.

- **Métaux lourds :**

Le prélèvement a été fait au niveau des stations illustrées dans la figure n° : 15, à l'aide d'une benne inoxydable « VAN WEEN » reliée à une corde. Le sédiment a été récupéré au moyen d'une spatule inoxydable, en prenant soin d'éviter toute contamination pour différentes analyses et recueillis dans des sacs en plastiques étiquetés et mis dans une glacière.

2. Travaux au laboratoire :

a. Bathymétrie :

A partir des profondeurs identifiées lors de la campagne en mer, nous avons établi la carte représentative des différentes profondeurs dans la baie d'El Djamila (Figure n° : 16)

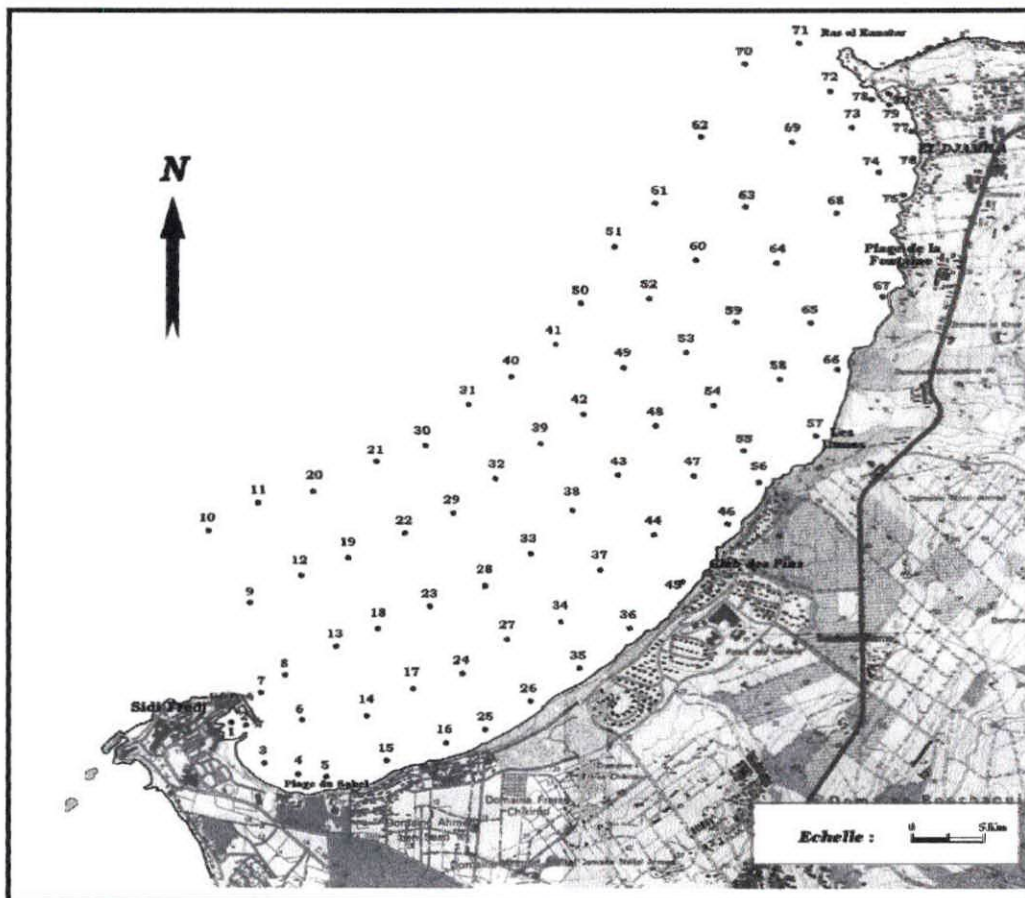


Figure n°12 : Carte de positionnement des stations de prélèvement dans la baie d'El Djamilia

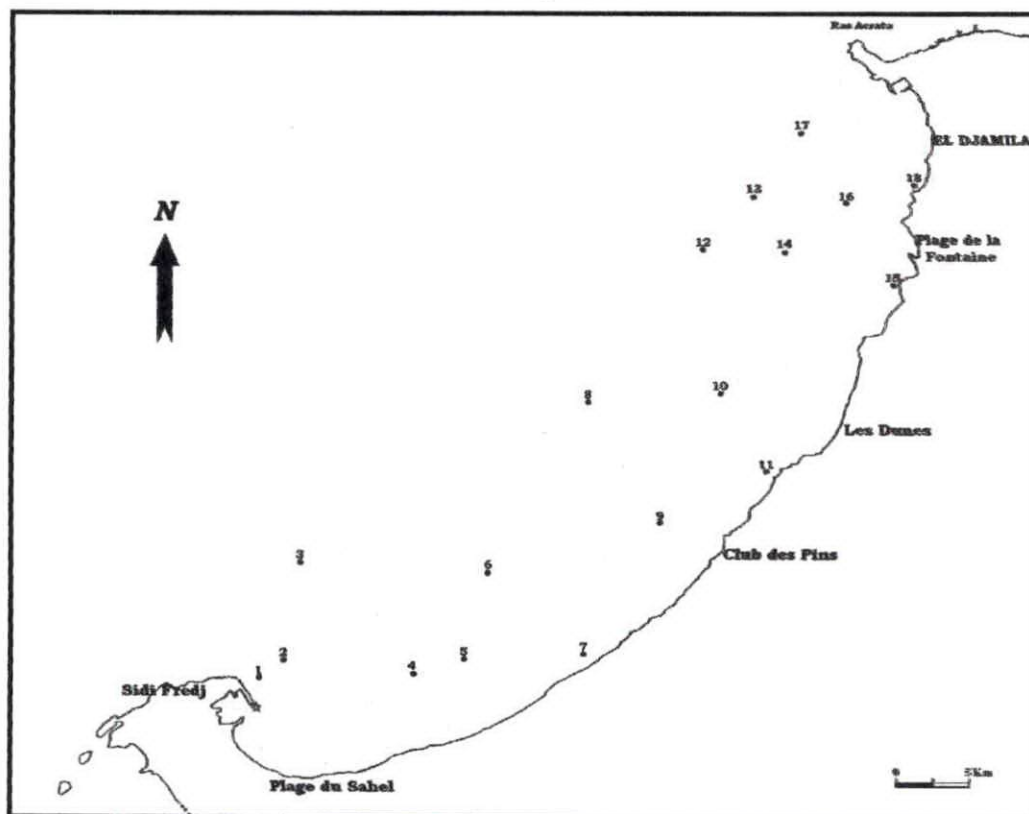


Figure n°13 : Carte de positionnement des stations de prélèvement des sédiments pour l'analyse des Carbonates

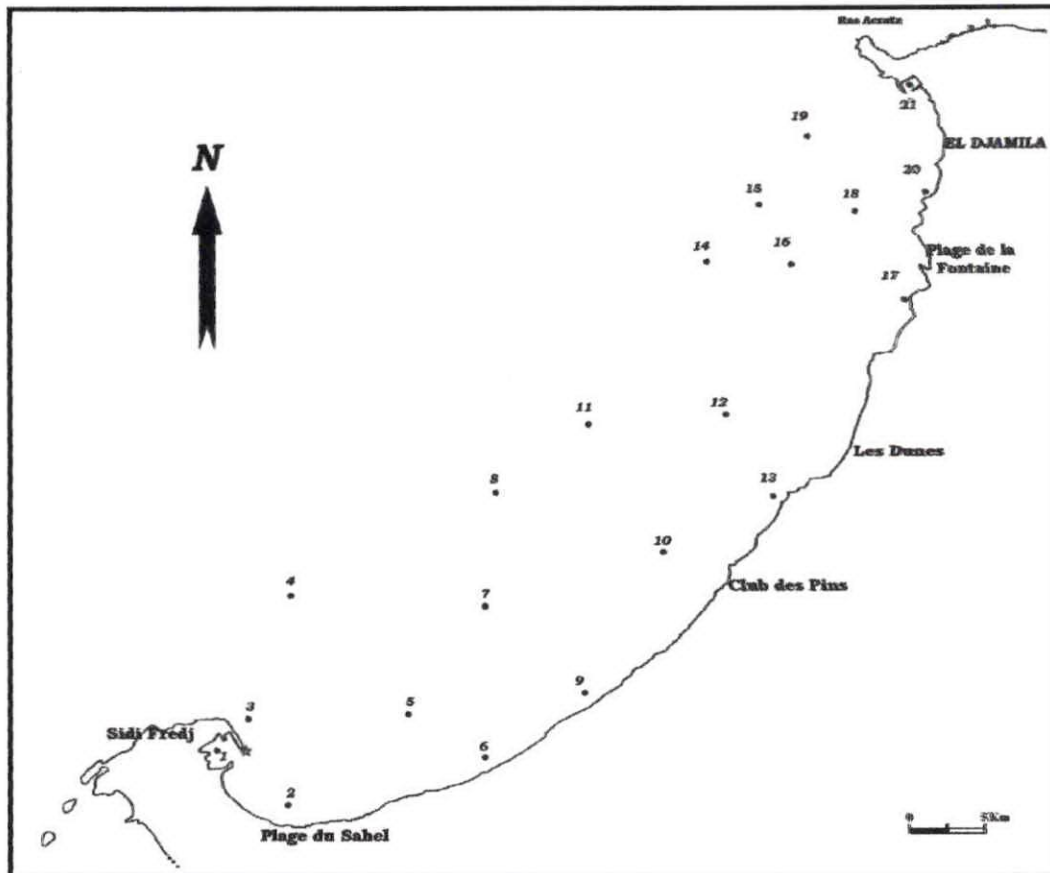


Figure n°14 : Carte de positionnement des stations de prélèvement des sédiments pour l'analyse de la matière organique

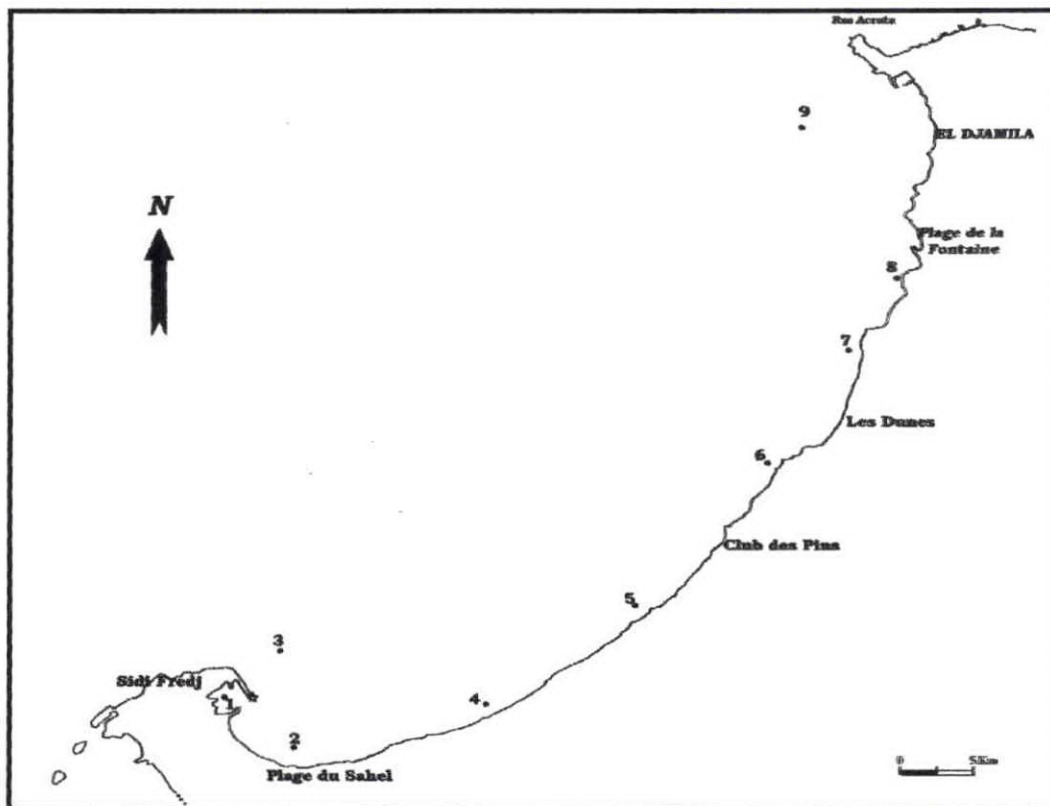


Figure n°15 : Carte de positionnement des stations de prélèvement des sédiments pour l'analyse des métaux lourds

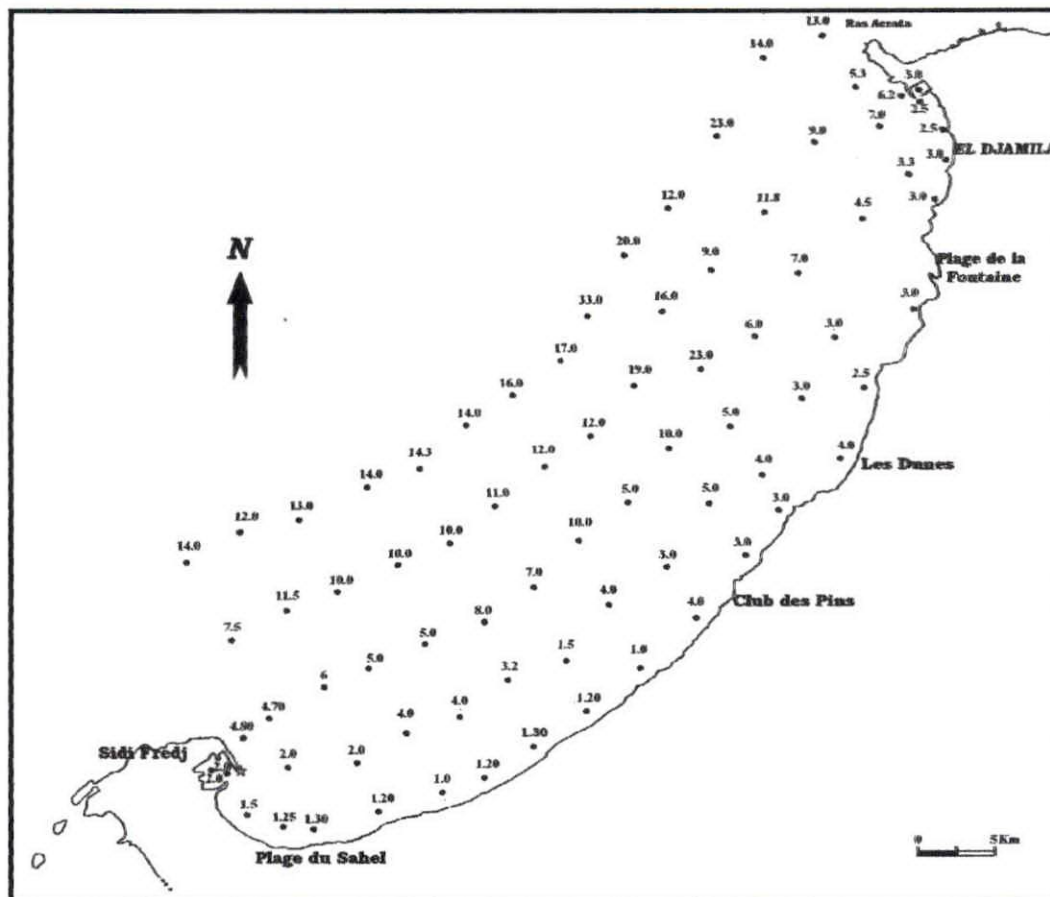


Figure n°16 : Carte représentative des profondeurs en (m) dans chaque station dans la baie d'El Djamilia

b. Sédimentologie :

- Analyse granulométrique :

La granulométrie est l'étude de la taille des grains et de leur répartition dans un échantillon donné.

Chaque échantillon est mis dans le fond d'un boîte de pétri, et placé dans une étuve à 105°C pendant 24h. Une fois séchés, les échantillons ont été pesés afin de n'en garder que 150 g, et passés sous un courant d'eau dans un tamis de 40µm de diamètre afin de soustraire les fractions fines (silts et argiles). Les échantillons sont remis à l'étuve pendant 24h à 105°C.

A la fin de cette opération les échantillons sont pesés un deuxième fois secs, et sont ensuite tamisés mécaniquement sur une tamiseuse, pour cela on a utilisé une colonne de tamis dont l'écartement entre les tailles est fait selon les normes AFNOR, c'est-à-dire à raison de $^{10}\sqrt{10}$.

Le diamètre des mailles en microns des tamis est dans l'ordre décroissant : 2000 – 1600 – 1250 – 1000 – 800 – 630 – 500 – 400 – 315 – 250 – 200 – 160 – 125 – 100 – 80 – 63 – 50 – 40.

Chaque tamisage dure 10 minutes et le refus de chaque tamis est pesé et le pourcentage pondéral est calculé pour chaque classe granulométrique.

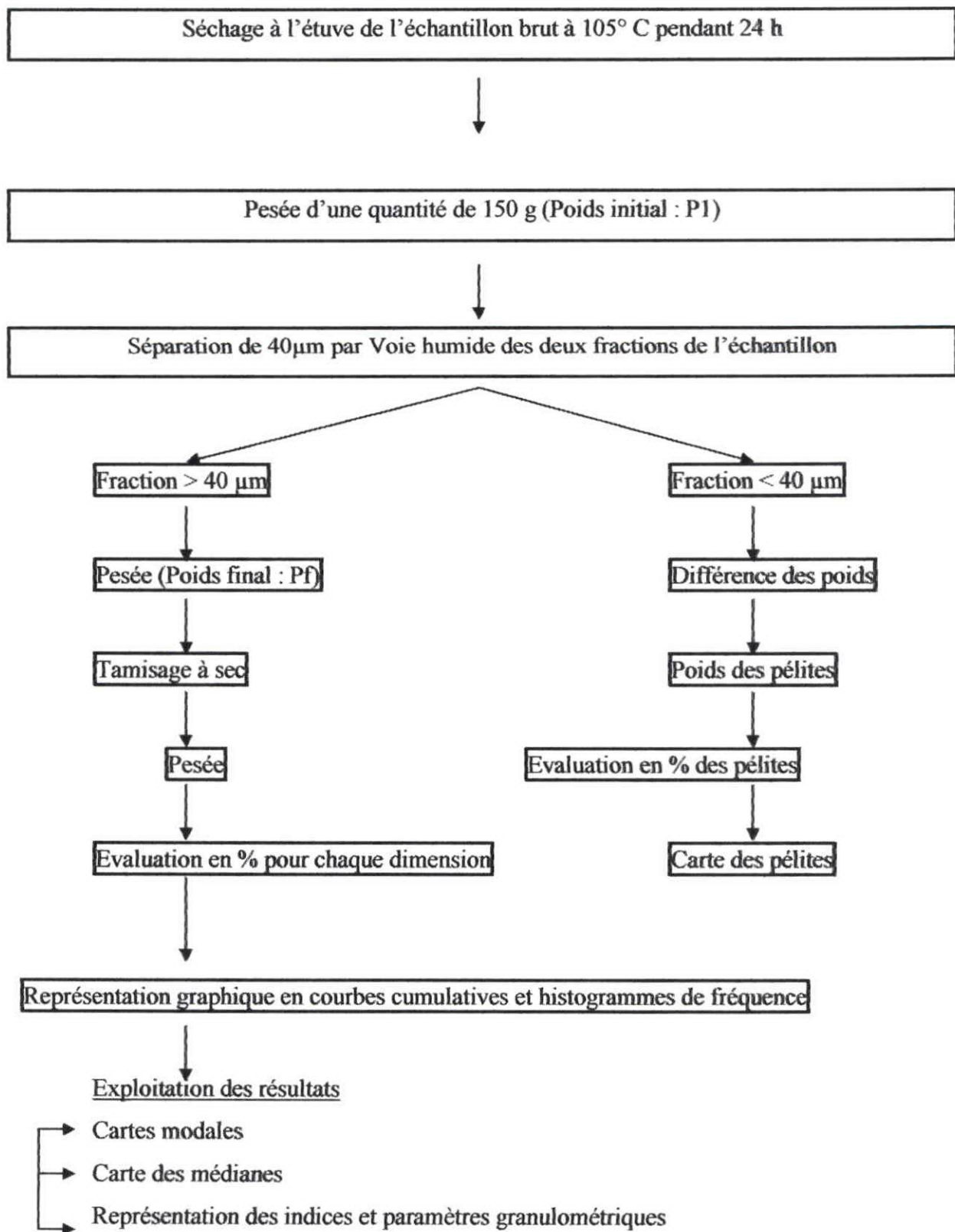


Figure n°17 : Modalité d'analyse granulométrique

b. Carbonates :

L'étude des carbonates consiste à déterminer la teneur en Ca CO₃ dans le sédiment.

- Méthodologie : 20 g (P1 : poids initial) de sédiment sec a été mis dans des fonds de boîtes de pétri, et décalcifié à l'HCl, après rinçage et séchage, le sédiment a été repesé (P2 : poids final après décalcification).

La différence des deux poids P1 et P2 nous donne le poids des carbonates.

$$P = P1 - P2$$

P : Poids des carbonates en gramme

P1 : poids sec de l'échantillon en gramme (20 g)

P2 : Poids de l'échantillon après décalcification en gramme

Le pourcentage des carbonates dans le sédiment est calculé par la formule suivante :

$$\% \text{ Ca CO}_3 = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

c. Matière organique :

Le dosage de la matière organique s'est effectué par la méthode perte au feu.

Principe :

Cette méthode décrite par (RODIER, 1984) et (CASTEL et al, 1990) consiste au séchage des échantillons à l'étuve à 70° C pendant 24 heures, puis l'incinération de ces derniers dans un four à moufle à 600 ° C pendant 2 heures, afin de brûler toute la matière organique.

Mode opératoire :

- Congélation du sédiment immédiatement après son prélèvement.
- Décongélation du sédiment.
- Remplissage des creusets ; numérotés ; de sédiment.
- Séchage à l'étuve pendant une nuit à 70° C.
- Pesée des creusets remplis de sédiment sur une balance, (Type Mettler P1200N avec une précision de 0.1 mg), soit P1 le poids initial.
- Incinération du sédiment dans le four à moufle pendant 2 heures à 600° C.
- Pesée à nouveau, soit P2 le nouveau poids.

La différence des deux poids obtenus précédemment P1 et P2 nous donne le poids de la matière organique brûlée.

$$P = P1 - P2$$

P : Poids de la matière organique en gramme

P1 : Poids sec de l'échantillon en gramme

P2 : Poids de l'échantillon après incinération en gramme

Le pourcentage de la matière organique dans le sédiment est calculé par la formule suivante :

$$\%MO = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

d. Métaux lourds :

• **Conditionnement du matériel utilisé :**

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

- lavage aux détergents commerciaux
- rinçage à l'eau courante
- rinçage à l'acide chlorhydrique dilué (HCl 5 %)
- rinçage à l'eau bidistillée
- séchage à l'étuve

• **Conservation du sédiment :**

Les sédiments prélevés ont été directement mis dans des sachets en plastique avec les indications nécessaires. Ils ont été conservés à basse température (-18°C) pour éviter toute perte d'éléments volatils et des modifications d'équilibre chimique et d'arrêter le développement de l'activité bactérienne.

• **Prétraitement du sédiment pour l'analyse des métaux lourds :**

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

- **Conservation et lyophilisation :** avant la lyophilisation, les échantillons recueillis ont été directement conservés à une basse température (-18°C), afin d'éviter toute perte d'éléments volatils. La lyophilisation est un procédé de déshydratation par sublimation, c'est-à-dire que l'eau contenue dans le sédiment va passer de l'état solide à l'état gazeux sans passer par l'état liquide, car ce dernier peut modifier les propriétés chimiques initiales du sédiment. Les sédiments congelés ont été placés dans un lyophilisateur pendant 6 heures, à une température de - 58 °C et à une pression de 0,1 mbar.

- Broyage :

Les échantillons lyophilisés ont été broyés à l'aide d'un mortier en Agate afin de les réduire en poudre et d'homogénéiser la répartition des particules sédimentaires.

- Minéralisation :

La minéralisation du sédiment consiste à la mise en solution des métaux lourds.

1g de sédiment prétraité (lyophilisé et broyé) a été placé dans un erlenmeyer de 250ml, auquel on a ajouté 10ml d'eau régale (1 volume HNO₃ 65% +3 volumes HCL 35%). L'erlenmeyer a été placé sur une plaque chauffante à une température medium de 50°C pendant 2h.

La solution de chaque échantillon a été filtrée à l'aide d'un dispositif de filtration (4.45µm) et transférée dans une fiole jaugée à 100ml. Ensuite le volume a été complété jusqu'à 100ml avec de l'eau deionisée. (Voir photo annexe).

Principe de la spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) :

La spectrophotométrie d'absorption atomique est fondée sur le phénomène d'absorption ou l'émission de la lumière d'un élément métallique.

L'échantillon est placé dans une capsule au niveau de l'échantillonneur automatique. Une goutte de l'échantillon de volume 20µl est déposée sur un tube en graphite qui est progressivement chauffé pour évaporer, calciner, volatiliser et enfin atomiser les éléments métalliques présents dans l'échantillon.

Le faisceau lumineux d'une lampe à cathode creuse contenant le métal à doser est dirigé à travers le tube en graphite et le métal volatilisé et atomisé absorbe l'énergie de la lampe.

La quantité de cette lumière de la lumière s'effectue à des longueurs d'ondes définies pour chaque élément à doser (photo en annexe)

La loi d'absorbance en absorption atomique :

La mesure de l'intensité de l'absorption dépend directement du nombre de particules absorbant la lumière selon la loi **Beer Lambert** selon laquelle l'absorbance est proportionnelle au coefficient d'adsorption spécifique **a**, au trajet optique **b** et à la concentration **c**.

$$A=abc=\log I_0/I$$

Où **I** : Intensité après absorption par les atomes.

I₀: intensité initiale de la source lumineuse.

Etalonnage

La mesure de la concentration d'un élément à doser dans un échantillon se fait par comparaison directe avec des teneurs connues du même élément. Ainsi l'appareil est étalonné à partir de solutions étalons qui contiennent des teneurs connues de l'élément à doser.

Ces solutions étalons (standard) sont préparées à partir de solutions mères qui ont une concentration d'un gramme par litre (1g/l) de l'élément à doser. Plusieurs dilutions sont effectuées afin d'obtenir des solutions étalons (standards) correspondant à chaque élément à doser.

La spectrophotométrie d'absorption atomique nous donne directement les concentrations (C_x) du métal considéré dans l'échantillon analysé exprimé en $\mu\text{g/l}$. Sachant que 1 g de sédiment minéralisé est dilué dans 100 ml d'eau dionisée, nous calculons ainsi la concentration (C'_x) de l'élément dans 1 g de sédiment et le résultat est exprimé en $\mu\text{g/g}$ ou mg/g suivant la formule :

$$C'_x (\mu\text{g/g}) = C_x (\mu\text{g/l}) \times V (\text{ml}) / M (\text{g})$$

C_x : Concentration du métal en $\mu\text{g/l}$

C'_x : Concentration du métal en $\mu\text{g/g}$

M : Masse du sédiment minéralisé en g

V : Volume de la solution finale après dilution en ml

Conditions spectrophotométriques et électrothermiques :

Tableau n° :4. Les conditions spectrophotométriques des éléments métalliques analysés.

Elément	Longueur d'ondes (nm)	Longueur de la fente (nm)	Courant lampe (%)	Correction de fond	Température de carbonisation (°C)	Température d'atomisation (°C)
Plomb	217	0.5	90	Quadline	800	1200
Mercure	253.7	0.5	90	Quadline	200	750
Zinc	213.9	0.5	75	Quadline	700	1100

Remarque : On note que la cuvette utilisée dans le four graphite est de type **électrographite cuvette (E.L.C)**

Eléments constitutifs d'un Spectrophotomètre d'Absorption Atomique :

Le spectrophotomètre d'absorption atomique utilisé est de type double faisceau avec correcteur de bruit de fond (lampe à deutérium ou Zeeman) de type Solaar M6 équipé d'un four graphite type Solaar GF95, muni d'une caméra vidéo de type GFTV et d'un passeur d'échantillon modèle Solaar FS95. Cet appareil est composé de (photo annexe) :

- Une source de radiation (lampe à cathode creuse)
- Une source d'atomisation (brûleur et un nébuliseur)
- Un système de miroir
- Un monochromateur
- Un détecteur lié à un amplificateur
- Un dispositif d'acquisition

Chapitre 3: Résultats et interprétations

1. Bathymétrie :

Le levé bathymétrique a permis d'établir une carte représentative de la topographie sous marine de la baie d'El Djamila (Figure n°18).

Les isobathes du centre de la baie sont pratiquement parallèles à la côte, avec une pente faible. Néanmoins, on voit très bien plus à l'Est et plus précisément en parallèle à l'Oued Béni Messous un creusement du fond, qui est représenté par un resserrement des isobathes.

Plus à l'Ouest, au droit de Moretti entre l'isobathe 5 et 15 m, on a une large zone régulière à pente très douce. Les deux extrémités de la baie (Sidi Frdj et Ras Acrata) sont caractérisées par une topographie sous marine plus accidentée et des isobathes beaucoup plus serrées et rapprochées à la côte.

De Ras Acrata à El Djamila, on constate un haut fond rocheux.

La vallée sous marine sur la partie Est de la baie serait probablement des paléoliths de l'Oued Béni Messous, qui auraient surcreusé le plateau continental.

En effet dans la partie continentale, la vallée de l'Oued Béni Mesous est profondément encaissée (plus de 100 m), cela serait dû à la tectonique active qui affecte la zone.

2. Sédimentologie :

a. Distribution générale de la fraction fine :

L'étude de la fraction fine consiste, d'abord à évaluer pour chaque échantillon le pourcentage de cette fraction fine inférieure à 40 μm dans un poids considéré, ensuite à établir une carte des pélites qui montre la répartition géographique de cette fraction au sein de la baie.

Répartition des pélites dans la baie d'El Djamila : (Figure n° :19)

La répartition en surface des pélites dans la baie montre des teneurs faibles et très rapprochées qui ne dépassent pas 4.51%, par contre à l'intérieur des ports de Sidi Fredj et d'El Djamila les teneurs sont plus élevées et sont respectivement de 33.91% et 64.45% ; ce qui selon la classification de Larssonneur (1977, in Mokrani, 1998) indique la présence de vase.

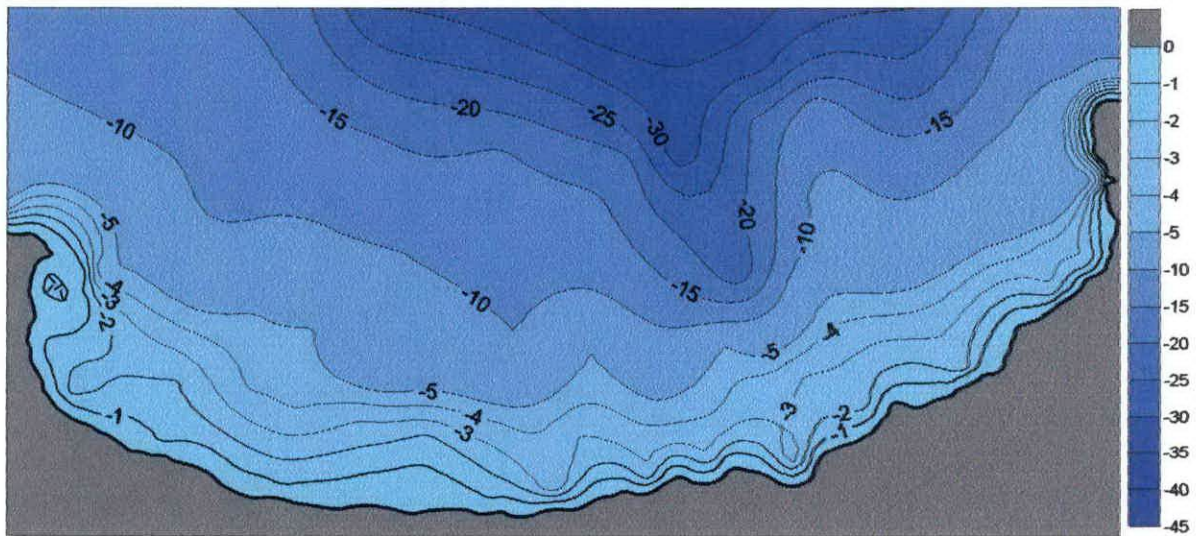
(Tableau n°5)

Tableau n°5 : Classification granulométrique des sédiments

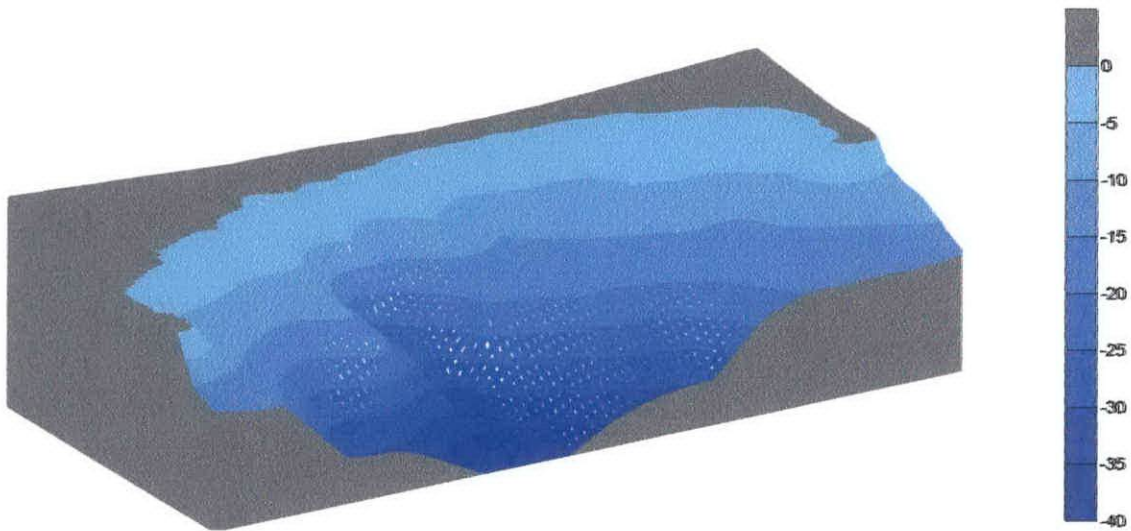
Type de dépôt	Taux pélites
Sable peu vaseux	< 5%
Sable vaseux	5 à 25%
Vase sableuse	25 à 75%
Vase	> 75%

La fraction pélique comprise entre 25 et 75% n'est présente que dans les deux ports, ceci traduirait la faible agitation du plan d'eau dans ces deux ports.

Dans la baie d'El Djamila, le taux de pélites est très faible, ce qui met cette zone dans un secteur à hydrodynamisme élevé.

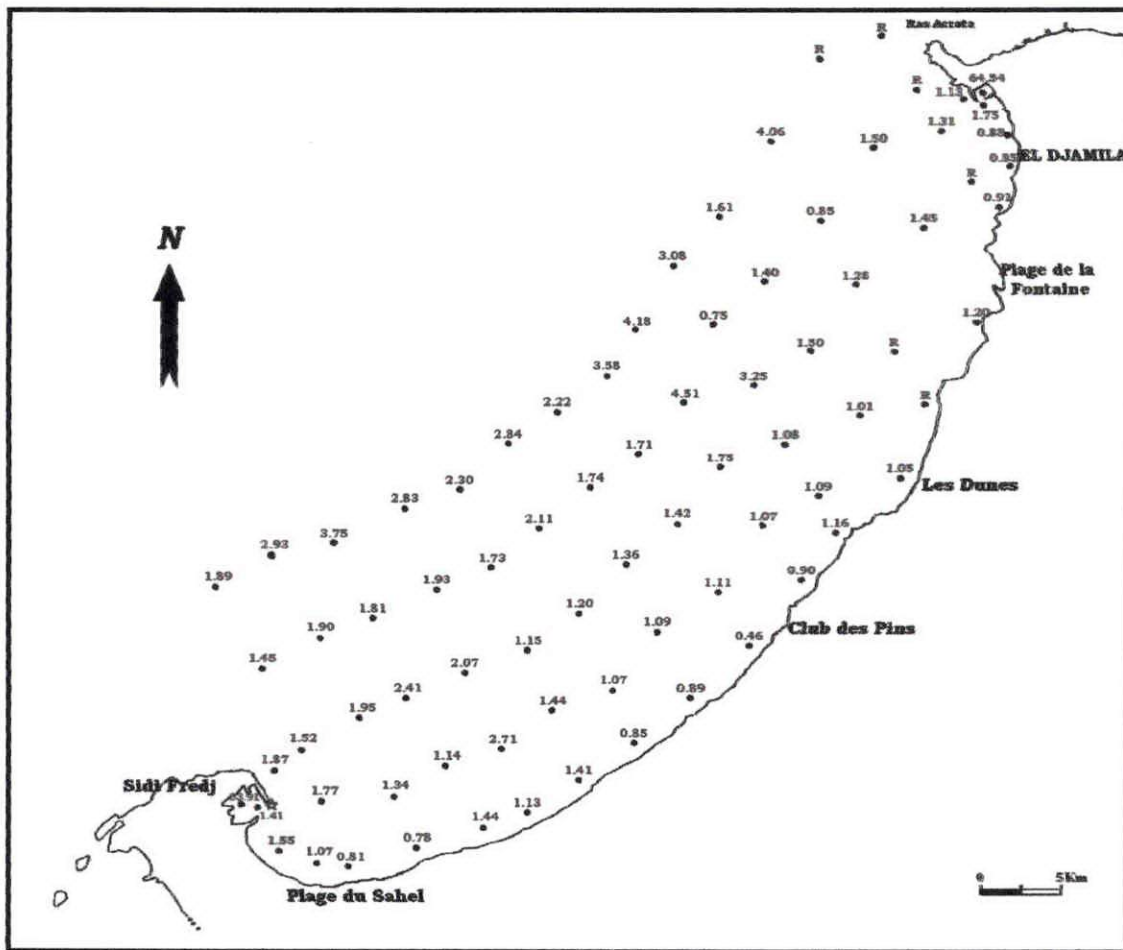


- Carte plane (1/430 000)



- Carte en 3D (1/680 000)

**Figure n°18 : Cartes bathymétrique de la baie d'El Djamila.
(Bellahsene.Y et Messaoudi.S, 2005)**



**Figure n°19 : Carte de la répartition des pélites dans la baie d'El Djamilia
(Bellahsene. Y et Messaoudi. S)**

b. Distribution générale de la fraction grossière :

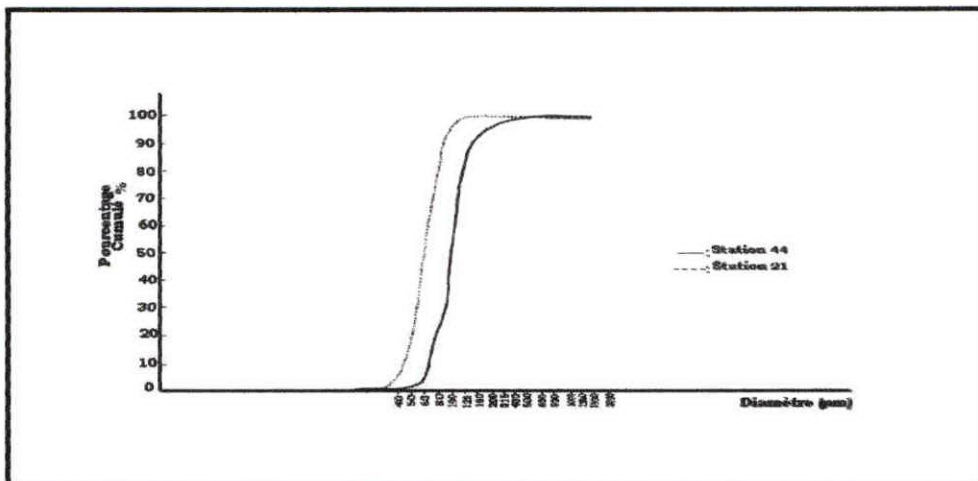
Les résultats de ces analyses ont été présentés sous forme de courbes cumulatives, lesquelles ont été tracées sur un graphe semi-logarithmique en portant en ordonnée le pourcentage cumulé, et en abscisse le diamètre du grain estimé en micron. (Figures n° 20 et 21)

L'examen de ces courbes permet de calculer les indices granulométriques et de définir les paramètres qui caractérisent la distribution granulométrique des sédiments.

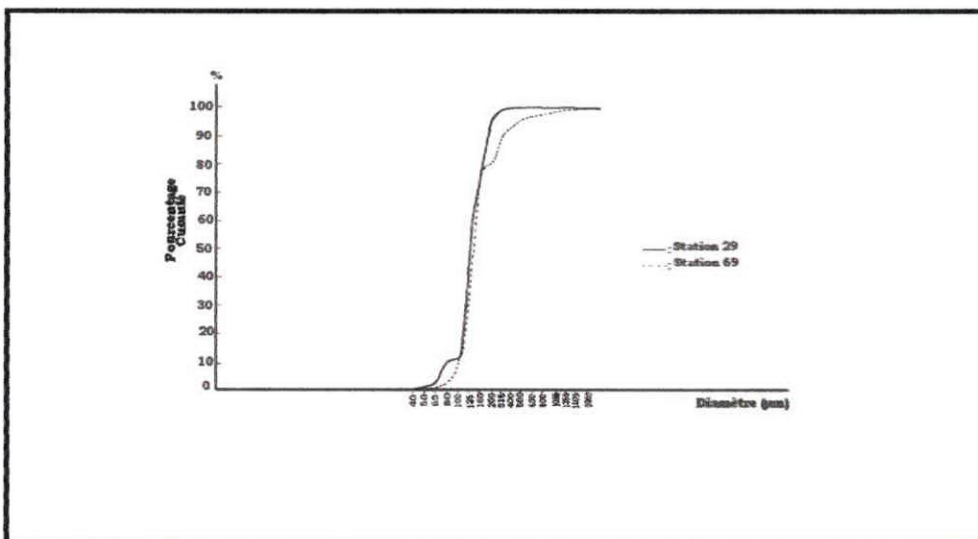
- **Calcul des indices granulométriques :**

- **Indice de taille (médiane) Q50 :** la taille moyenne des sédiments de diamètre supérieur ou égal à 40 μm . Cet indice correspond au diamètre du grain dont l'ordonnée est à 50 % du poids total du sédiment.

La médiane représente la taille où la courbe cumulative croise la valeur 50% en ordonnée.



**Figure n°20 : Courbes unimodales dessinées à la main
(Bellahsene. Y et Messaoudi. S, 2005)**



**Figure n°21 : Courbes bimodales dessinée à la main
(Bellahsene. Y et Messaoudi. S, 2005)**

La répartition cartographique des médianes granulométriques (Figure n°22), fait apparaître un granoclassement de la côte vers le large.

La fraction grossière constitue la côte avec des tailles qui varient entre 150 et 600 μm .

- Les quartiles inférieur et supérieur : Q25 et Q75

Ils représentent le diamètre du grain dont les ordonnées sont respectivement à 25 et à 75 % du poids du sédiment.

• Répartition du Q25 :

La figure n°23 montre une croissance graduelle de la fraction fine du large vers la côte, en raison de l'hydrodynamisme présent dans la baie d'El Djamilia.

• Répartition Q75 :

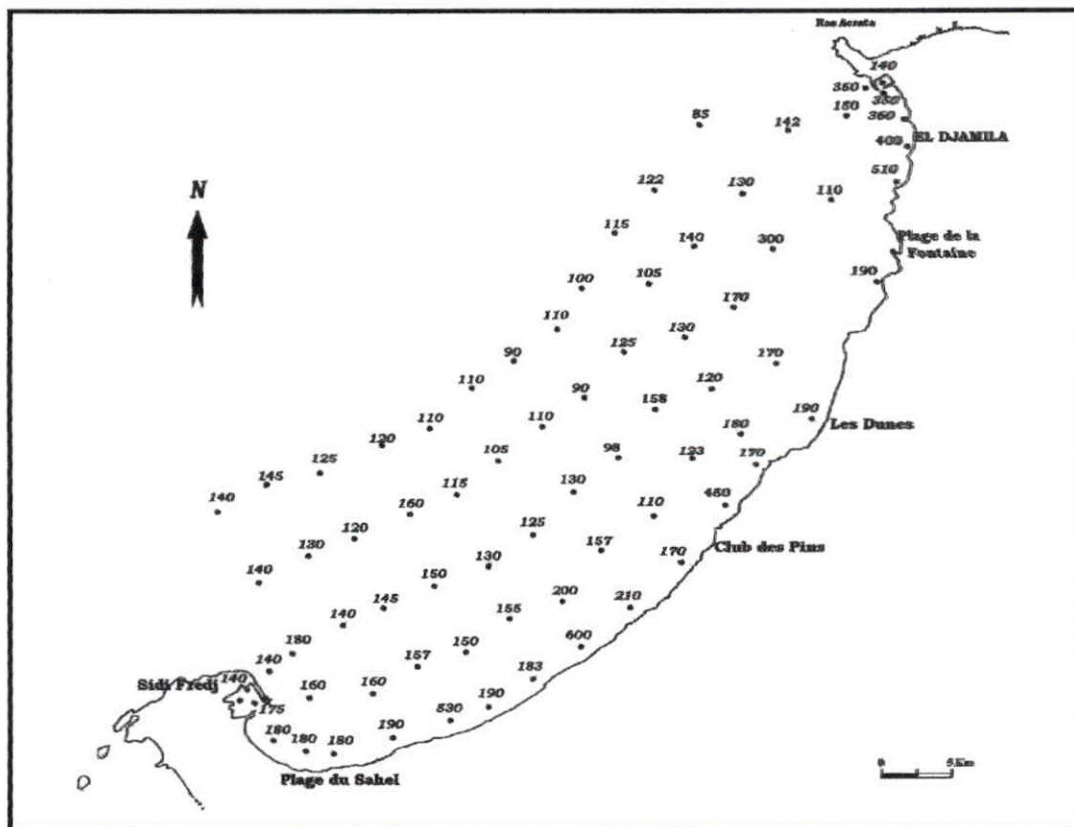
La figure n°24 présente une même répartition cartographique des zones d'enrichissement en grains fins et grossiers que les deux cartes précédentes.

- Indice des tailles maximales (P95) : Cette taille est telle que 95% du sédiment (en poids) lui est inférieure.

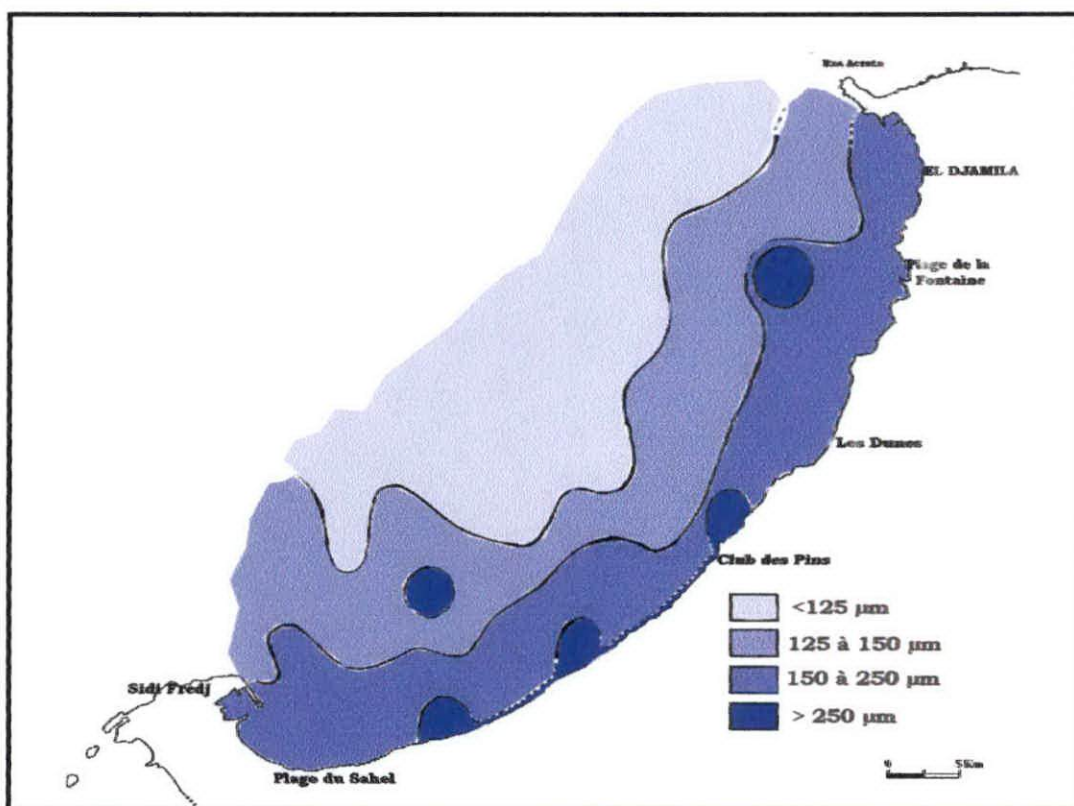
A partir de la figure n°25, on peut dire que le sédiment grossier est homogène, et sa répartition est proportionnelle à la profondeur, plus le sédiment est grossier, et plus il se trouve en faibles profondeurs.

- Indice des tailles minimales (P5) : Cette taille est telle que 5% du sédiment (en poids) lui est supérieure.

De la figure n°26, on voit très bien que le sédiment fin est homogène et sa répartition dans la baie est proportionnelle à la profondeur, plus le sédiment est fin, plus il se trouve en grandes profondeurs.

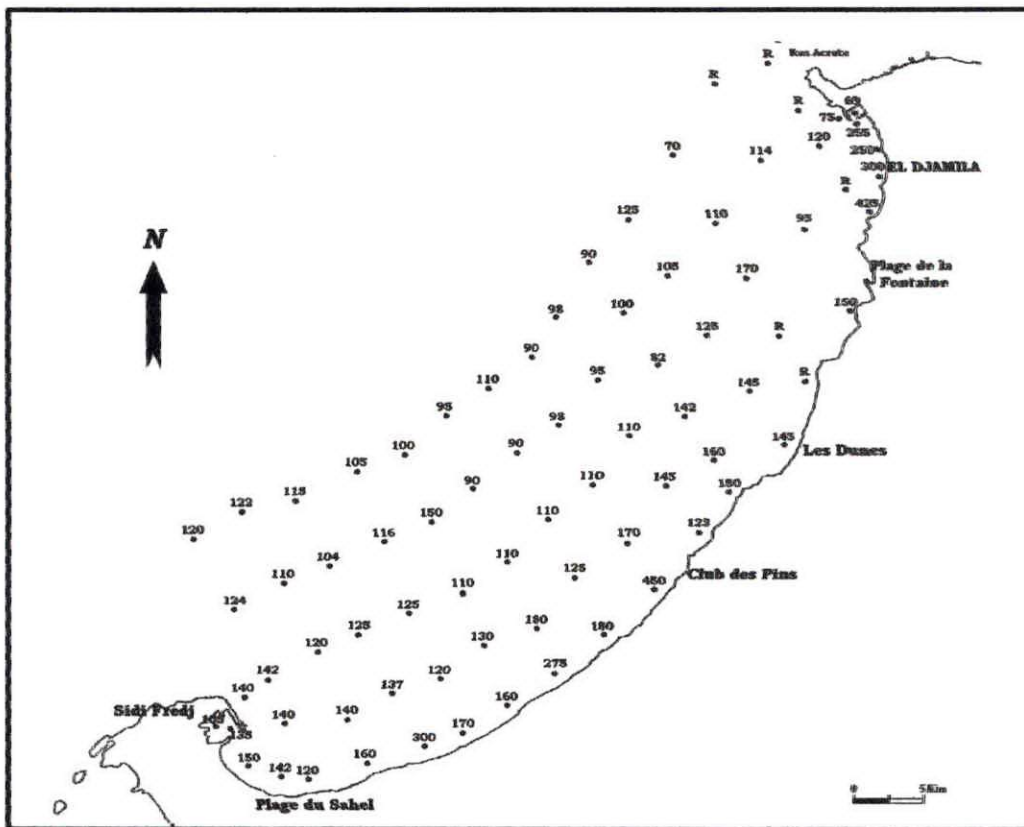


• Répartition numérique

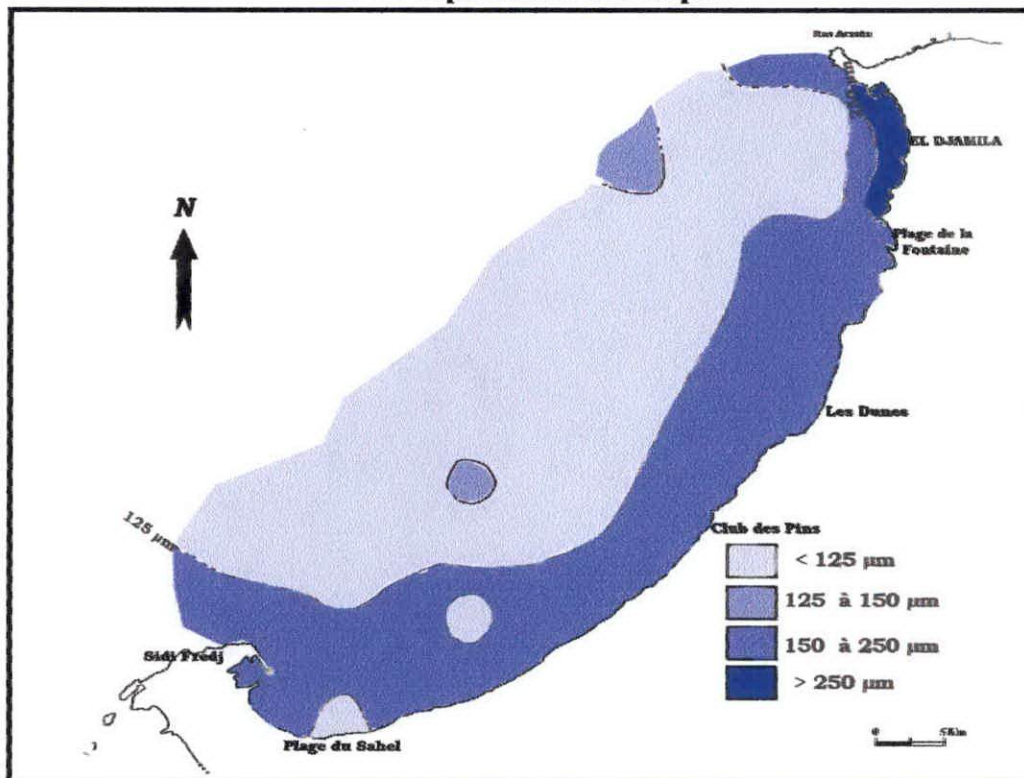


• Répartition spatiale

Figure n°22 : Carte de la répartition de la médiane (Q50) dans la baie d'El Djamilia (Bellahsene. Y et Messaoudi. S, 2005)



• Répartition numérique



• Répartition spatiale

Figure n°23 : Carte de la répartition du quartile inférieur (Q25) dans la baie d'El Djamilia (Bellahsene. Y et Messaoudi. S, 2005)

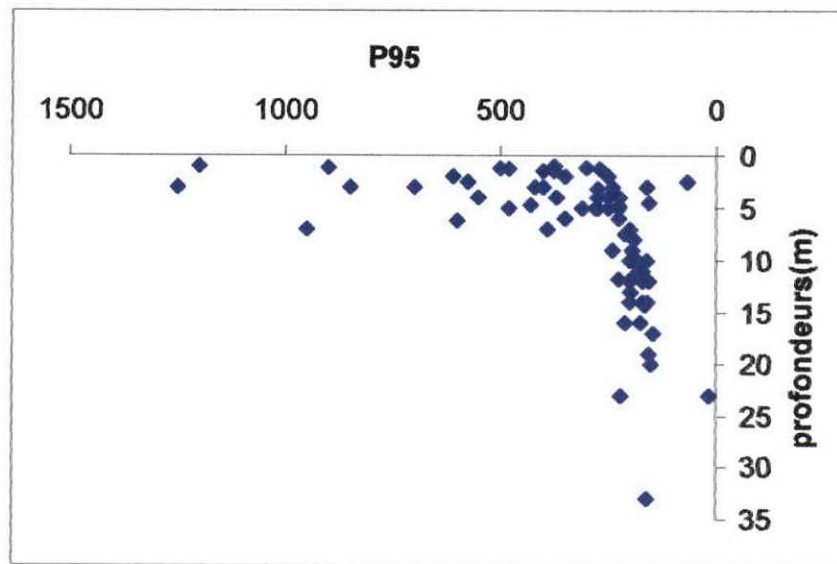


Figure n°25 : relation entre le P95 et la profondeur

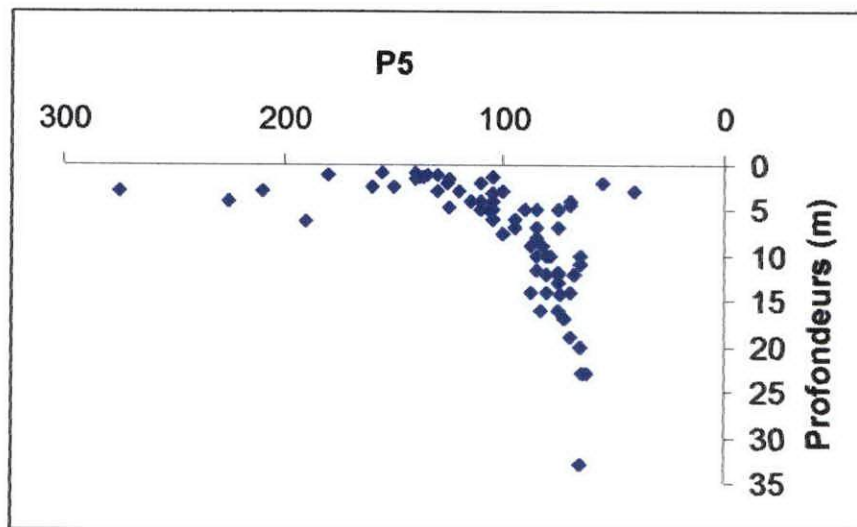


Figure n°26 : Relation entre le P5 et la profondeur

- Indice de classement (Sorting de Trask) : cet indice représente la dispersion des tailles de part et d'autre de la médiane. Le paramètre qui a été adopté est celui de Trask noté S_o , qui est calculé par la formule suivante :

$$S_o = \sqrt{Q_{75} / Q_{25}}$$

Avec Q_{75} = la taille telle que 75% du sédiment lui est inférieur.

Et Q_{25} = la taille telle que 25% du sédiment lui est inférieure.

Selon les valeurs de S_o , il est possible de classer les sédiments parmi différentes catégories, comme le montre le tableau suivant :

S_o	1.0 – 1.5	1.5 – 2.5	2.5 – 3.0	3.0 – 4.0	4.0
Classement	Très bien classé	Bien classé	Normalement classé	Faiblement classé	Mal classé

Dans la baie d'El Djamilia, les valeurs de S_o calculées varient entre 0.93 et 2.13. Ces résultats traduisent un sédiment plus ou moins très bien classé. (Figure n°27)

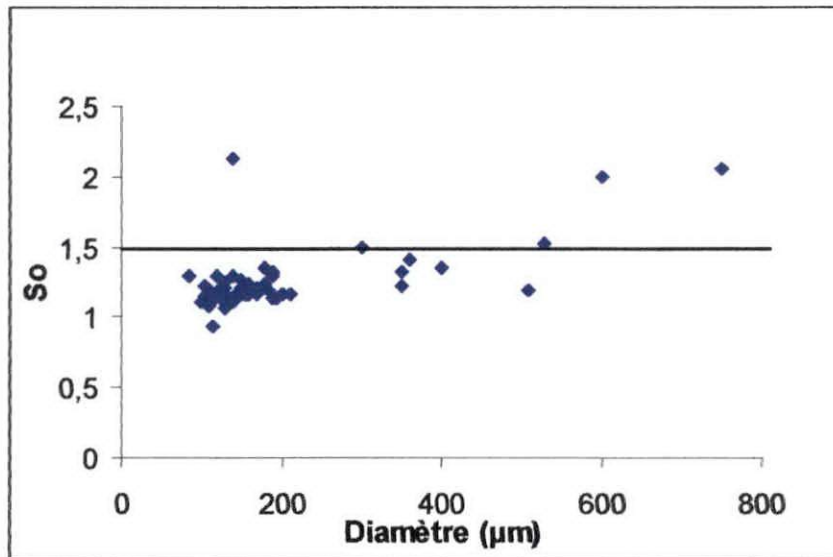


Figure n°27 : Relation entre l'indice de classement et la médiane

- On peut aussi l'indice de symétrie noté S_k , il indique le tri d'un sédiment par rapport à la médiane, il informe sur l'homogénéité et l'évolution du sédiment. Il est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$S_k = \frac{Q_{75} \cdot Q_{25}}{(Q_{50})^2}$$

Si $S_k=1$, le tri est régulier dans la médiane, il existe une symétrie de la courbe par rapport au grain.

Si $S_k > 1$, la courbe est dissymétrique avec un décalage et un tri maximum du côté de la fraction fine (inférieur à la médiane), la dispersion est plus large du côté grossier.

Si $S_k < 1$, le tri est maximum dans la fraction grossière (supérieur à la médiane), la dispersion est plus large du côté fin.

Les valeurs de l'indice d'asymétrie des échantillons de la baie d'El Djamila sont comprises entre 0.80 et 1.20 à l'exception de quelques prélèvements, ce qui traduit un tri régulier par rapport à la médiane. (Figure n°28)

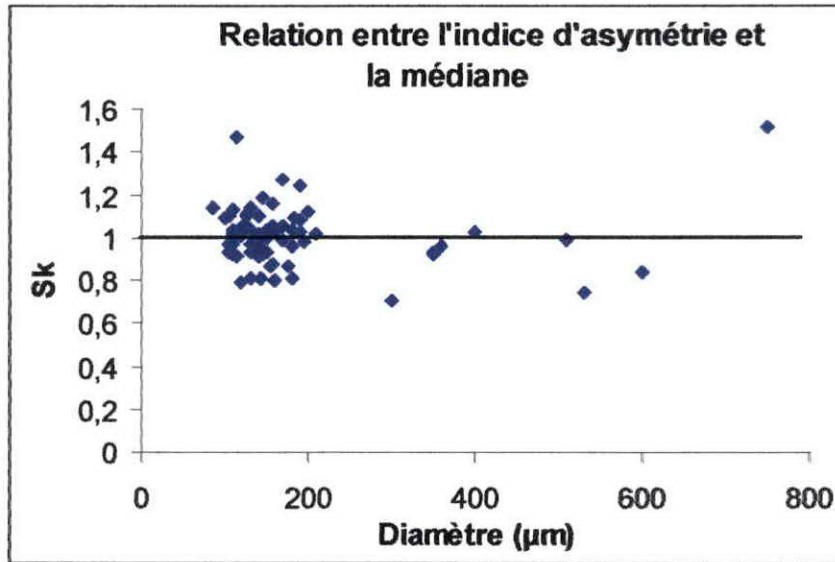


Figure n°28 : Relation entre l'indice d'asymétrie et la médiane

- *Analyse modale :*

L'analyse modale se propose de déterminer les différentes classes modales des sédiments du site à étudier. La carte de répartition de ces modes permet une identification des différents types de sédiment au niveau de chaque station de prélèvement, elle montre aussi le mélange de populations sédimentaires d'origine différente.

En statistique descriptive, le mode correspond à la valeur de la variable qui est rencontrée le plus souvent.

Les distributions statistiques, présentant un seul mode, sont des distributions unimodales. Elles témoignent de la présence d'un seul stock sédimentaire. Toutefois, les distributions plurimodales présentant plusieurs modes, indiquant que la population observée est un agrégat de plusieurs populations sédimentaires hétérogènes et distinctes.

Répartition du mode 100 μm :

La répartition de ce mode suit un gradient croissant, les plus hauts pourcentages se situent au large et tendent à diminuer vers la côte. (Figure n°29)

Il est tout à fait logique de retrouver le mode 100 μm , représentant la fraction fine au large, puisque l'Oued Béni Messous apporte des quantités d'éléments fins.

Répartition du mode 125 μm :

Le mode 125 μm est le plus largement représenté dans la baie, il se concentre à l'Est et à l'Ouest de l'Oued Béni Messous. (Figure n°30)

Répartition du mode 160 μm :

La répartition de ce mode suit un gradient croissant, les plus hauts pourcentages se situent à la côte et tendent à diminuer vers le large. (Figure n°31).

Il est normal de retrouver cette répartition, puisque la fraction grossière se concentre à la côte, ce qui revient à dire que nous sommes en présence d'un hydrodynamisme constant dans la baie d'EL Djamila.

- ***Carbonates :***

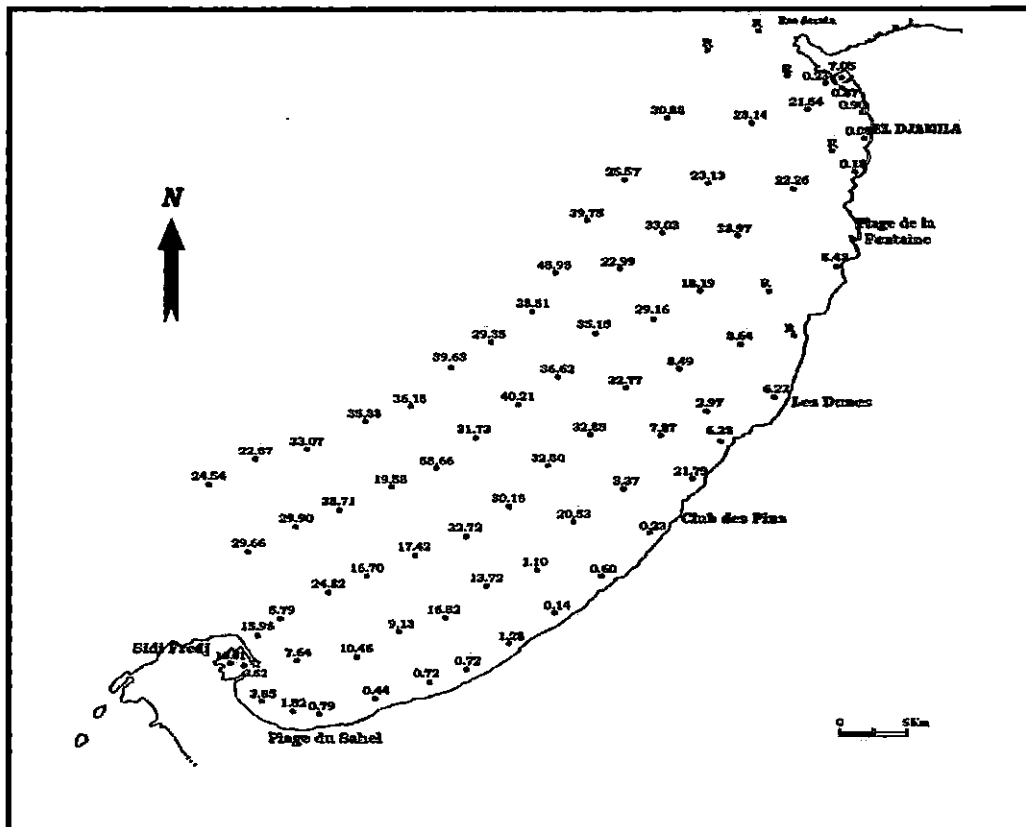
Le taux des carbonates obtenu par la décalcification à l'HCl des échantillons, varie entre les valeurs extrêmes 16.20 et 51.85%.

La répartition de ces teneurs ainsi obtenues montre un transfert des sédiments carbonatés vers les promontoires rocheux qui sont respectivement Sidi Fredj et Ras Acrata. (Figure n°32)

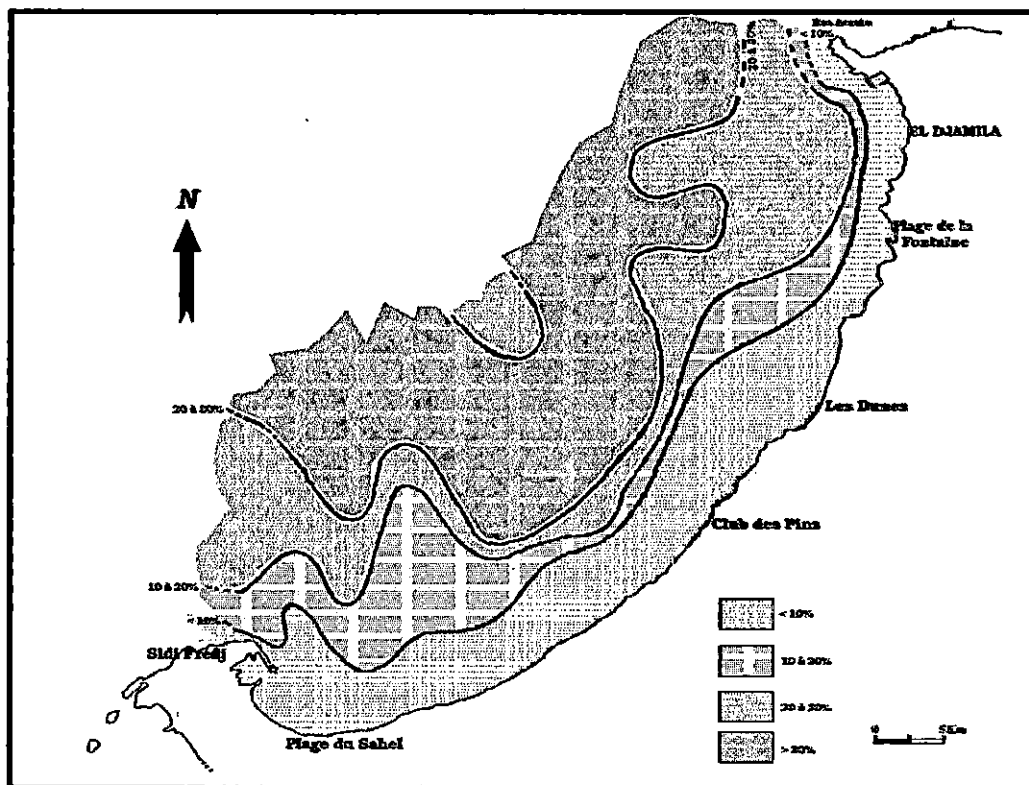
- ***Matière organique :***

La répartition de la matière organique dans la baie d'El Djamila montre des teneurs faibles et très rapprochées qui ne dépassent pas 2.36%. (Figure n°33) De là on peut dire que l'acheminement des matières de l'Oued Béni Messous se trouvant dans la baie et l'Oued Mazafran situé à l'Ouest de Sidi Fredj n'a aucune influence sur le dépôt de la matière organique.

On peut dire aussi que la baie d'El Djamila est une zone où l'hydrodynamisme est constant, ce qui est dû à sa position géographique.

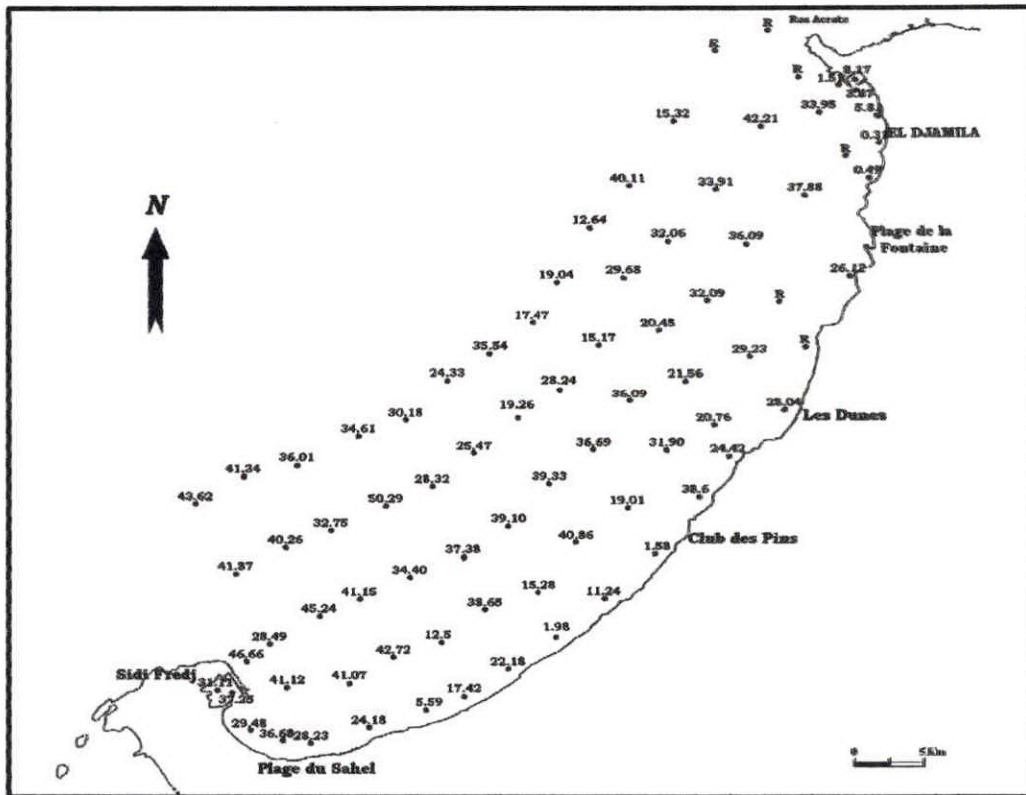


• Répartition numérique

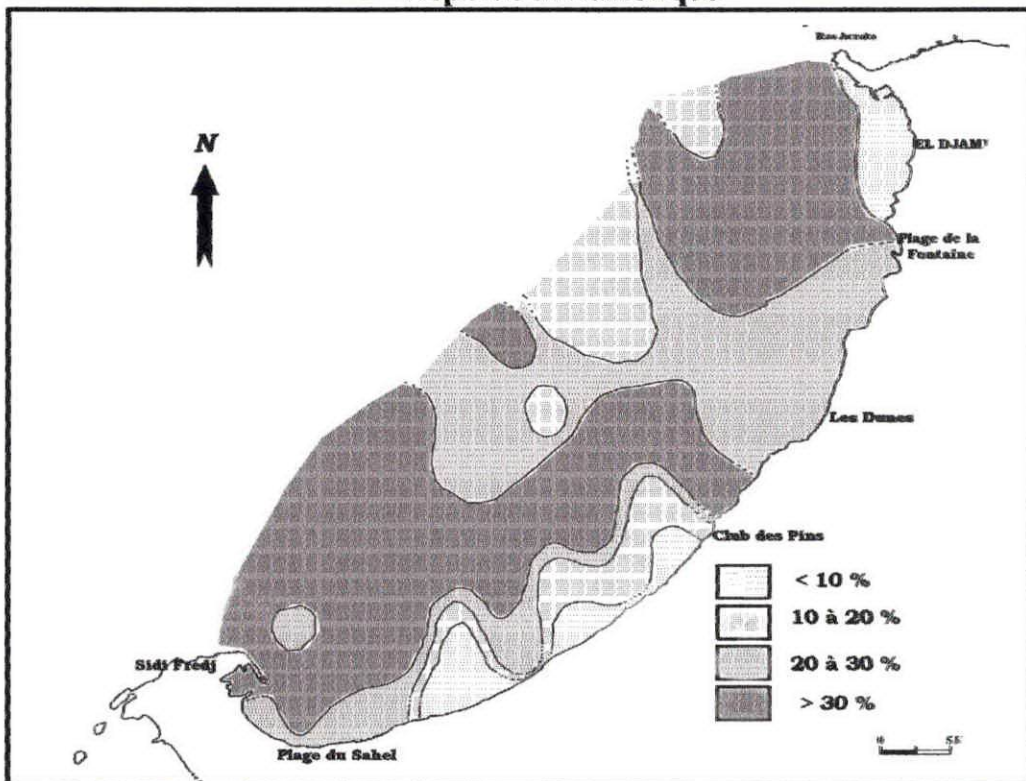


• Répartition spatiale

Figure n°29 : Carte de la répartition du mode 100 µm dans la baie d'El Djamilia (Bellahsene. Y et Messaoudi. S, 2005)



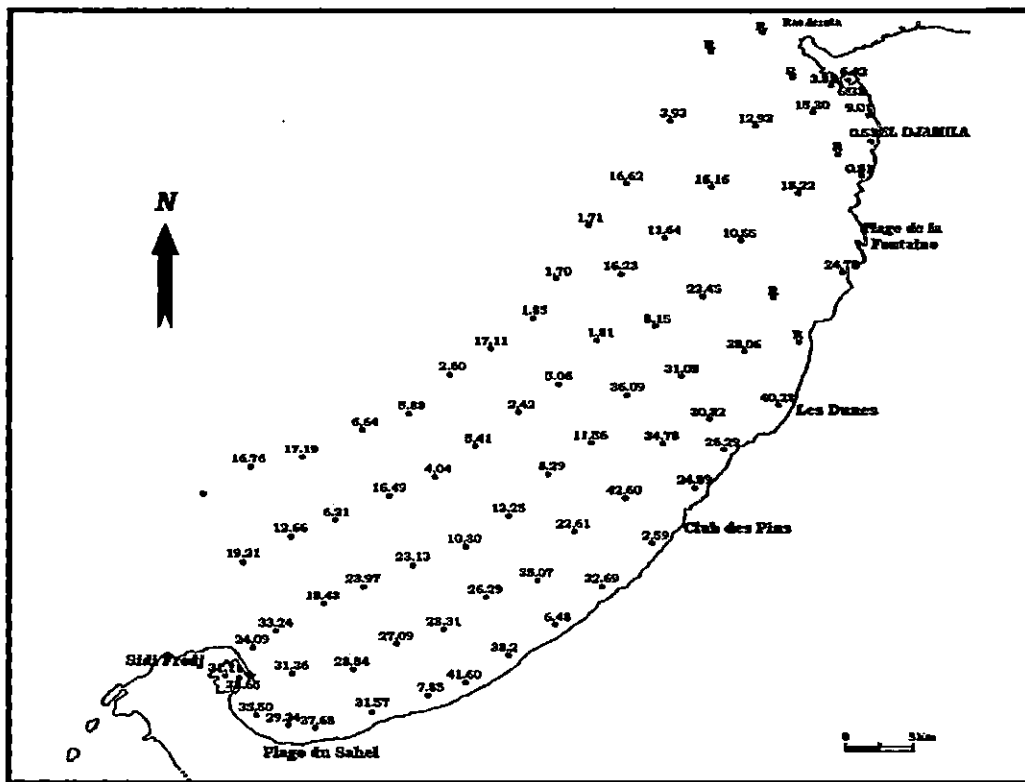
• Répartition numérique



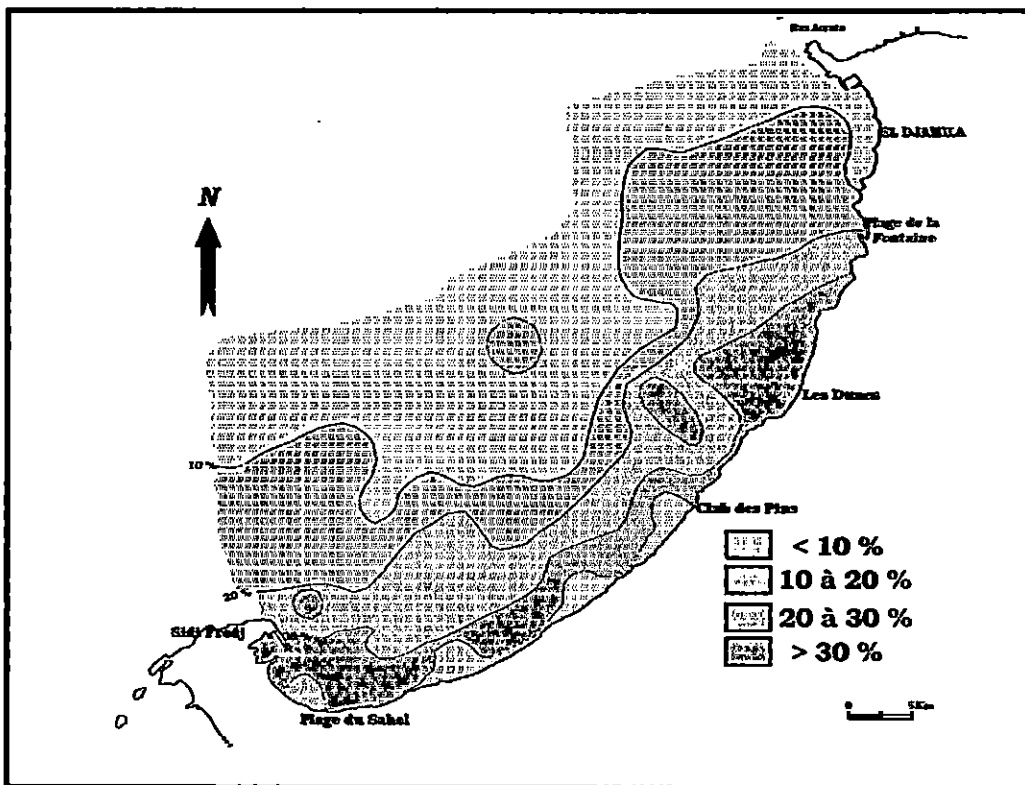
• Répartition spatiale

Figure n°30 : Carte de la répartition du mode 125 µm dans la baie d'El Djamilia

(Bellahsene. Y et Messaoudi. S, 2005)

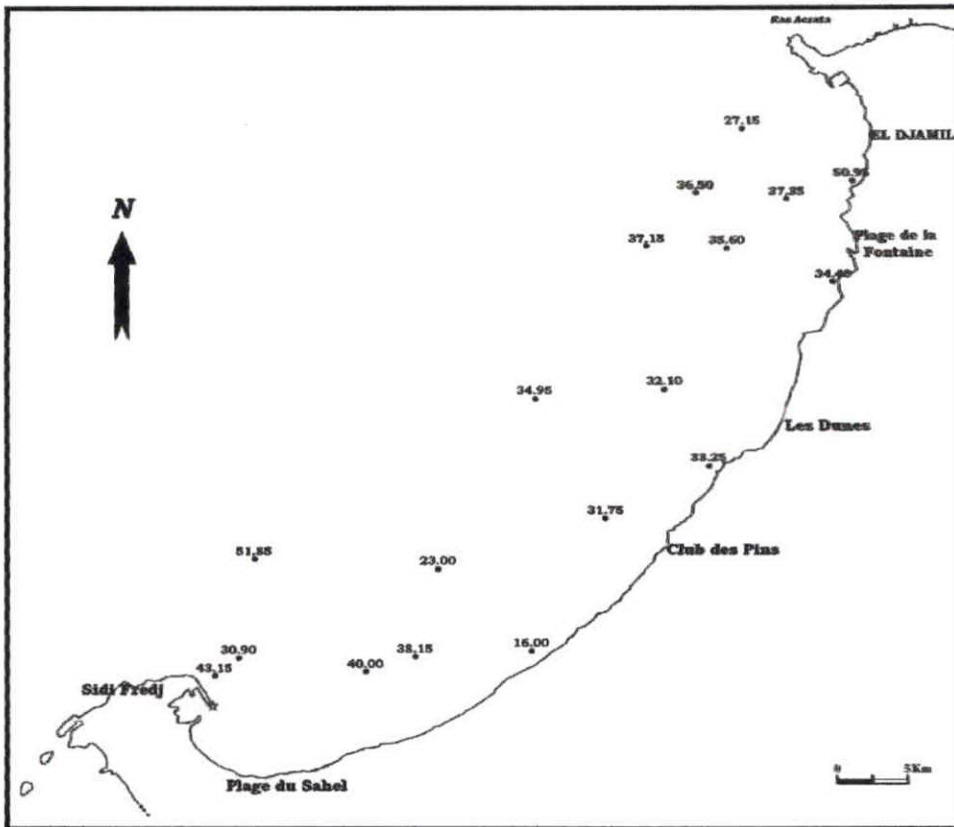


• Répartition numérique

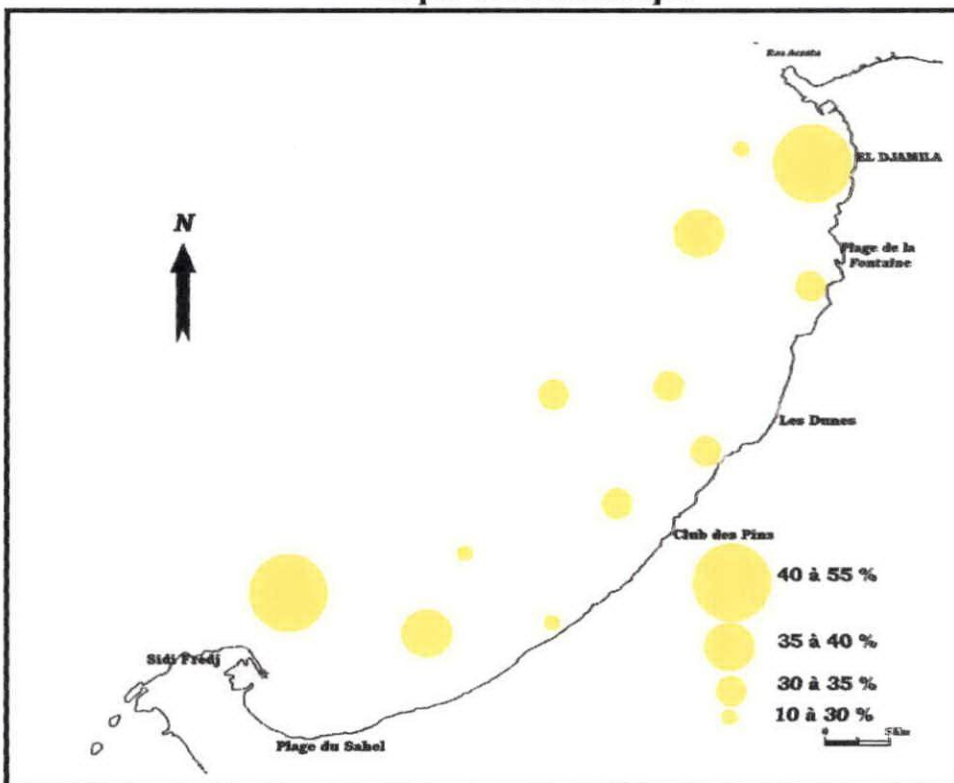


• Répartition spatiale

Figure n°31 : Carte de la répartition du mode 160 µm dans la baie d'El Djamila (Bellahsene, Y et Messaoudi, S, 2005)



• Répartition numérique



• Répartition spatiale

Figure n°32 : Carte de la répartition des carbonates dans la baie d'El Djamilia (Bellahsene. Y et Messaoudi. S, 2005)

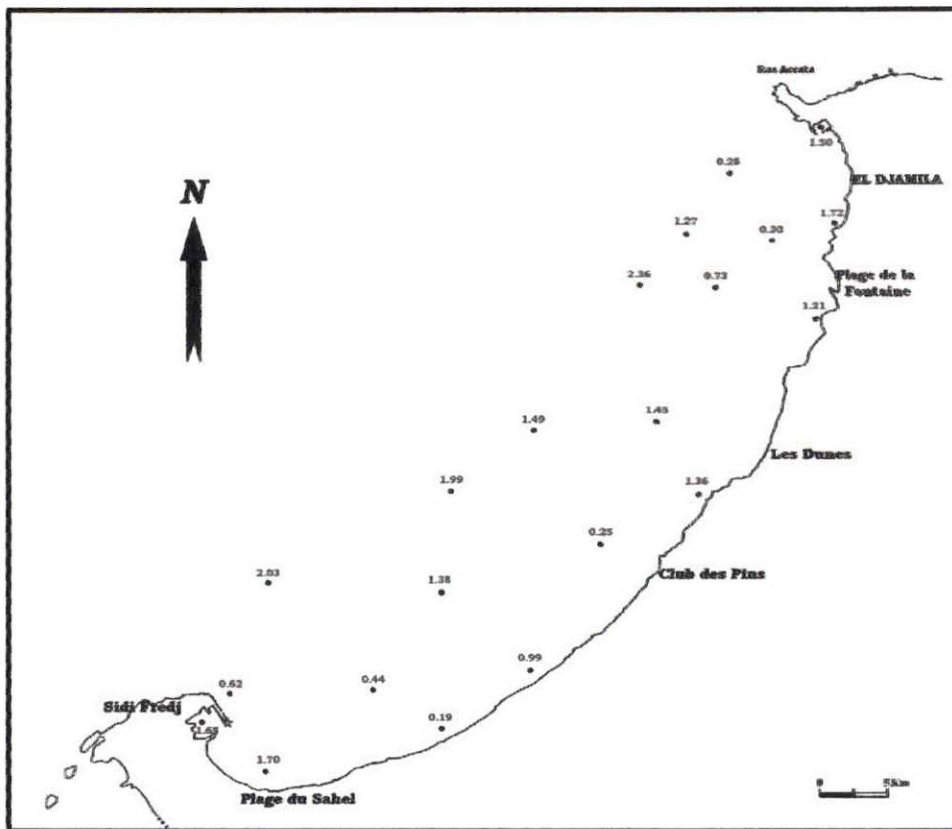


Figure n°33 : Carte de la répartition de la matière organique dans la baie d'El Djamila (Bellahsene. Y et Messaoudi. S, 2005)

- **Pollution :**

- 1. Définition :**

La pollution à l'origine est une profanation, une souillure dans le sens sacré (profanation d'un temple), et par extension une souillure de la Nature par l'Homme.

Le milieu littoral comprend la côte elle-même (écosystèmes des plages, dunes littorales, estuaires...) et l'eau de mer baignant les côtes.

Les activités humaines regroupent essentiellement les activités industrielles, les implantations urbaines et le développement touristique. La dégradation du milieu littoral par l'activité humaine correspond à une modification de l'équilibre naturel susceptible de mettre en danger la santé de l'homme, de nuire aux ressources biologiques, à la flore et la faune, de porter atteinte aux agréments ou gêner toutes autres utilisations légitime de la mer.

De nos jours, les principales causes de pollution de l'environnement proviennent de la production et de l'utilisation des diverses sources d'énergie, des activités industrielles et, de façon paradoxale mais néanmoins importante, de l'agriculture.

2. Origine des polluants :

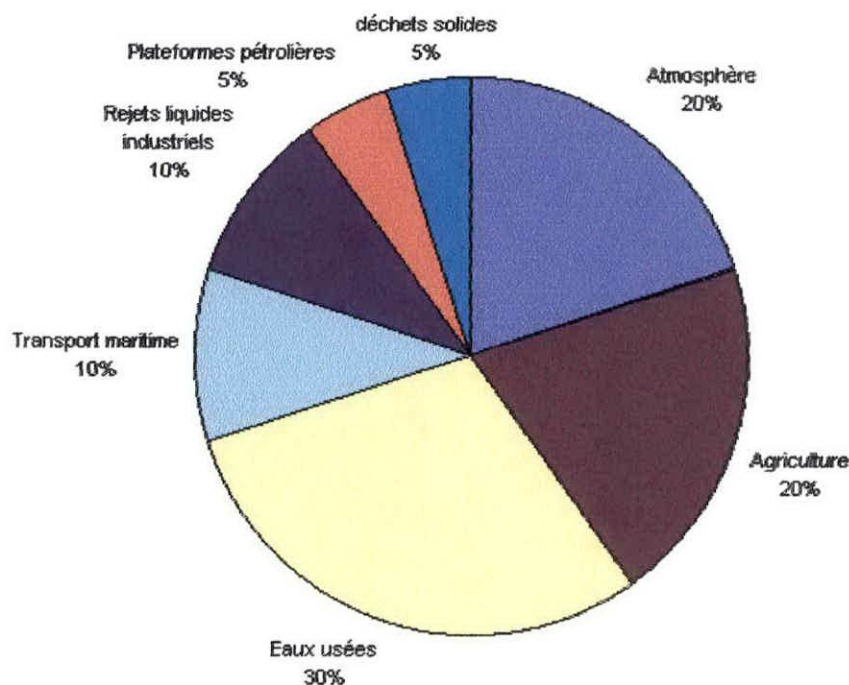
a) Pollution accidentelle

La pollution accidentelle provient:

- en mer de collision, échouage de navire, perte de conteneurs, accidents sur plate-forme de forage,
- à terre, d'accident dans une usine, d'accident de transport

b) Pollution chronique (systématique) est faite de déversements volontaires, ou inconscients, et étalés dans le temps:

- en mer, rinçage des cuves de pétrolier, des ordures et eaux usées des navires (y compris la navigation de plaisance), déversement volontaire de déchets solides à partir de navire, rejet d'effluents par canalisation immergée
- à terre, eaux usées des réseaux d'assainissement et des industries côtières, eaux de ruissellement des terres agricoles, eaux pluviales des zones urbaines et des axes routiers.



Origine de la pollution des océans (d'après National Geographic, 2002)

Figure n°34 : Origine de la pollution marine

Du point de vue nature des substances rejetées, 3 catégories d'apport:

- apports à dominante bactérienne: égouts urbains, industries agro-alimentaires, abattoirs, traitement des peaux, élevages industriels...
- apports à dominante chimique: rejets industriels, canaux et ruissellements très contaminés chimiquement
- apports mixtes: cours d'eau

2. Les métaux lourds :

Les métaux lourds sont des polluants inorganiques de forte masse atomique toxiques, à l'état élémentaire ou combiné, à partir d'une concentration minime. Ils sont présents normalement dans le milieu marin en faible dose. Ces métaux sont très employés depuis le début de l'ère industrielle et ils s'accumulent dans la mer, rejetés en plus ou moins grande quantité par l'industrie. Les plus dangereux et les plus répandus sont le mercure, le plomb, le cadmium, le chrome.

On sait aussi que la teneur des océans en plomb a augmenté au cours des 50 dernières années et que ce métal se fixe abondamment dans les sédiments marins.

a. origine des métaux lourds :

Les métaux lourds peuvent se retrouver en mer par deux façons : de façon naturelle, et anthropique. Le taux de production de métaux lourds par l'homme est largement supérieur au taux géologique.

- **Origine artificielle (anthropique) :** la principale source de pollution artificielle est les déversements des eaux usées (industrielles et domestiques) dans les eaux côtières.
- **Origine naturelle (géologique) :** l'altération des roches par lessivage ou par érosion éolienne, du lessivage des terres agricoles, par les pluies et de l'activité volcanique, les rivières et les fleuves.

- **Les valeurs guides :**

Les stratégies de définition des valeurs guides (Tableau n°6) sont largement laissées à l'appréciation des autorités compétentes de chaque pays.

De manière générale, elles sont établies par référence à des rapports de présence des contaminants dans le sédiment, ou par rapport à une estimation de leur fraction biodisponible (fraction extractible) ou à des concentrations (sans effets, effets mineurs, effets néfastes).

Tableau n°6 : Valeurs guides pour les métaux lourds ($\mu\text{g/g}$) par différents pays (ABRCM, 1980)

Métaux \ Pays	Mercure	Plomb	Zinc
Algérie	1.5	250	500
France	0.2	22	80
Hollande	0.3	85	140

- **Résultats des analyses :**

Tableau n°7 : Résultats des analyses des métaux lourds par SAA ($\mu\text{g/g}$)

Elément \ Ech	Mercure	Plomb	Zinc
1	8.07	59.77	414.49
2	2.24	27.05	503.43
3	0.88	6.22	161.89
4	0.68	17.53	7.68
5	0.56	9.31	224.27
6	0.31	4.31	173.87
7	0.35	13.46	20.38
8	0.29	9.99	310.33
9	0.33	30.54	557.72
10	0.16	37.85	418.58

- **Interprétation des résultats :**

Mercure : (Figure n°35)

Les concentrations en mercure varient de 0.16 à 8.07 µg/g, avec une moyenne de 1.39 µg/g, les valeurs minimales se retrouvent dans les stations 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,9 et 10 (tout au long de la côte et à l'intérieur du port d'El Djamila). La valeur maximale est enregistrée dans la station 1 (port de Sidi Fredj). Ce métal est utilisé comme fongicide dans les peintures.

Plomb : (Figure n° 36)

Les teneurs en plomb dans la baie d'El Djamila varient dans l'intervalle 4.31 – 59.77 µg/g avec une moyenne de 21.6072 µg/g. Les valeurs minimales sont enregistrées au niveau des stations 3, 5, 6 et 8. Les valeurs maximales sont enregistrées au niveau des stations 1, 2, 4, 7, 9 et 10, en notant qu'au niveau des stations situées dans les ports de Sidi Fredj et d'El Djamila les valeurs atteignent leur maximum.

Zinc : (Figure n° 37)

Les teneurs en Zinc dans les dépôts superficiels de la baie d'El Djamila varient entre 7.68 et 557.72 µg/g. avec une moyenne de 279.2677 µg/g. La teneur maximale est retrouvée au niveau de la station 9, alors que la teneur minimale est enregistrée au niveau de la station 4.

- **Détermination de l'indice de contamination : IC**

A partir des concentrations obtenues pour chaque métal, dans le sédiment superficiel nous avons calculé l'indice de contamination à partir des concentrations trouvées et des valeurs guides :

$$\text{IC} = \text{Concentration de l'échantillon} / \text{Concentration de la norme}$$

Tableau n°8 : Variations de l'indice de contamination selon les normes dans la baie d'El Djamila

Métal	Mercure			Plomb			Zinc		
	NA	NF	NH	NA	NF	NH	NA	NF	NH
1	5.38	40.39	26.93	0.23	2.71	0.70	0.82	5.18	2.96
2	1.49	11.20	7.47	0.10	1.22	0.31	1.00	6.29	3.59
3	0.58	4.40	2.93	0.02	0.79	0.07	0.32	2.02	1.15
4	0.45	3.44	2.29	0.07	0.79	0.20	0.01	0.09	0.05
5	0.37	2.82	1.88	0.03	0.42	0.10	0.44	2.80	1.60
6	0.21	1.58	1.05	0.01	0.19	0.05	0.34	2.17	1.24
7	0.23	1.77	1.18	0.05	0.61	0.15	0.04	0.25	0.14
8	0.19	1.47	0.98	1.24	0.45	0.11	0.62	3.87	2.21
9	0.22	1.67	1.11	0.12	1.38	0.35	1.11	6.97	3.98
10	0.10	0.80	0.53	1.67	1.72	0.44	0.83	5.23	2.98

NA : Norme algérienne

NF : Normes françaises

NH : Normes hollandaises

Si $IC < 3$: Faible contamination

$3 < IC < 10$: Moyenne concentration

$IC > 10$: Forte concentration

Suivant les normes algériennes, les indices de contamination calculés dans la baie d'El Djamila présentent les valeurs inférieures à 3, sauf pour le mercure au niveau du port de Sidi Fredj qui est compris entre 3 et 10. Ce qui indique que toutes les stations ne présentent pas de pollution importante en métaux lourds (les métaux étudiés).

Si on prend en considération les valeurs des indices suivant les normes françaises et hollandaises, les concentrations en plomb sont très faibles, par contre le mercure et le zinc, certaines stations présentent des concentrations plus ou moins élevées (40.39, 26.93 et 6.97, 5.23).

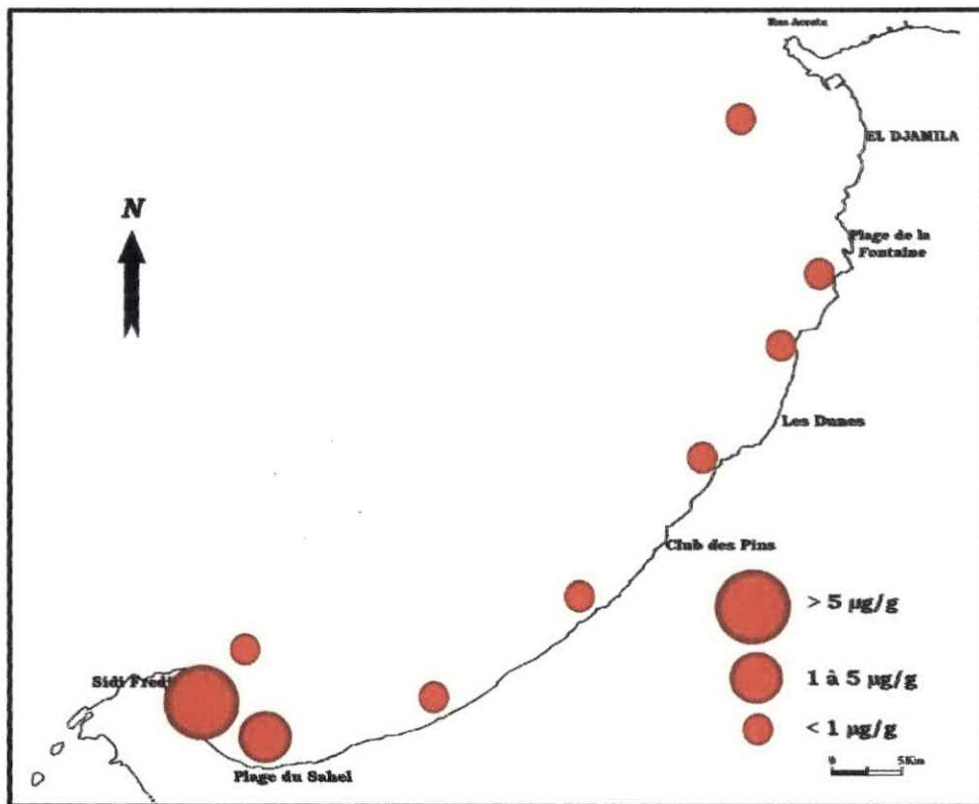


Figure n°35 : Carte de la répartition du Mercure dans la baie d'El Djamilia (Bellahsene. Y et Messaoudi. S, 2005)

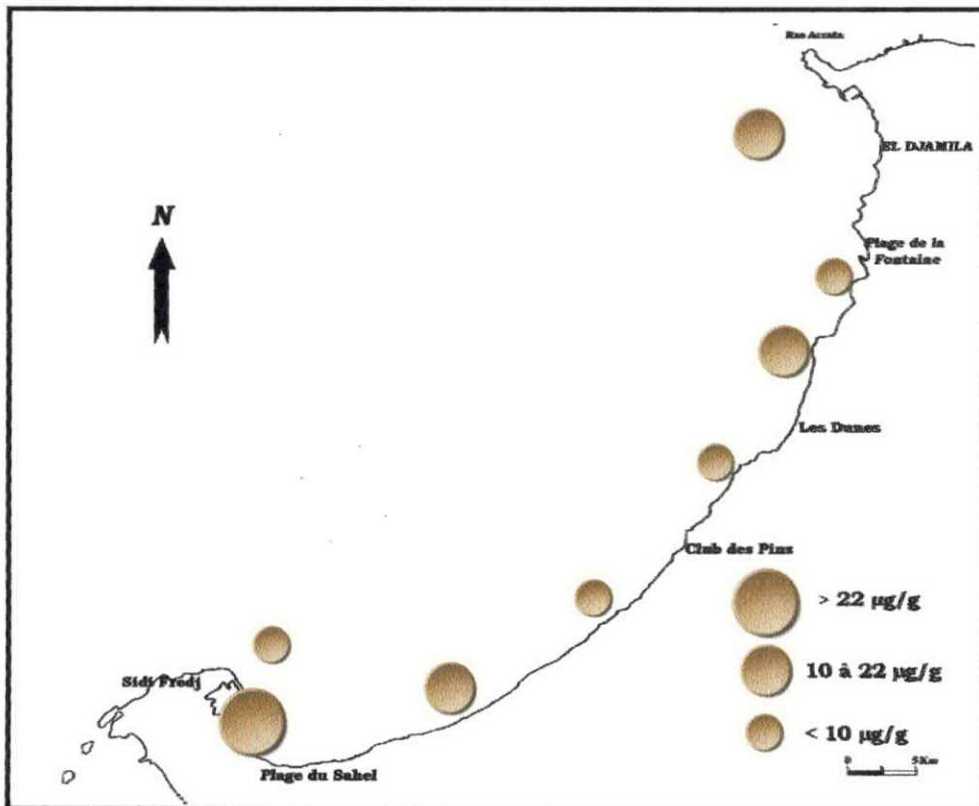


Figure n°36 : Carte de la répartition du Plomb dans la baie d'El Djamilia (Bellahsene. Y et Messaoudi. S, 2005)

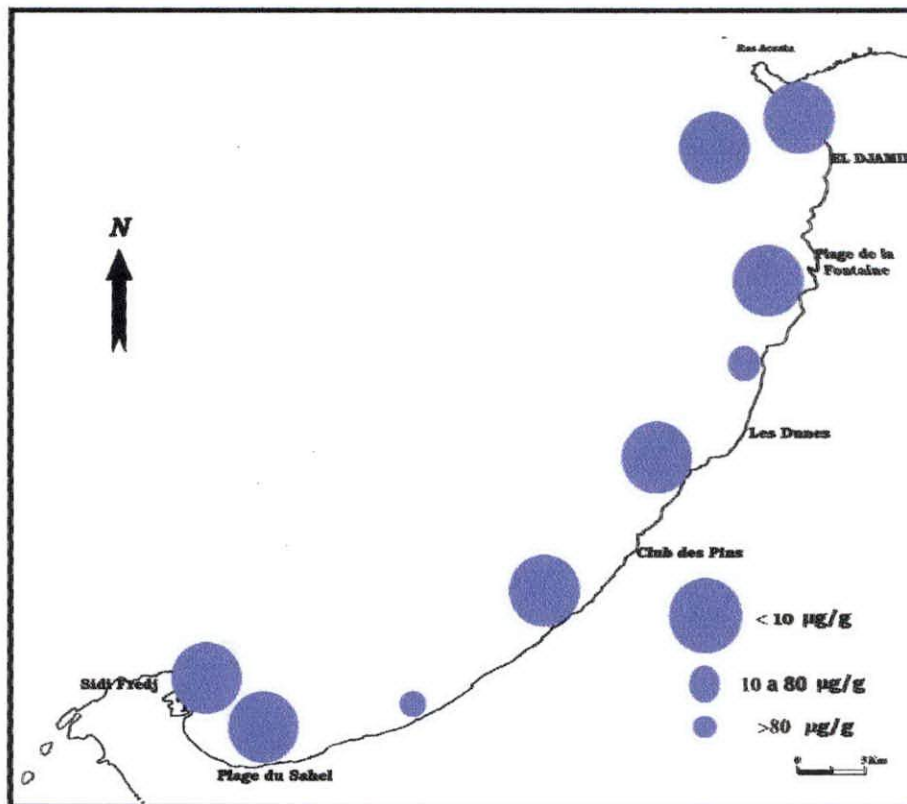


Figure n°37 : Carte de la répartition du Zinc dans la baie d'El Djamilia (Bellahsene. Y et Messaoudi. S, 2005)

Conclusion

A l'issue de l'étude de la bathymétrie, sédimentologie et la pollution par les métaux lourds de la baie d'El Djamila, il en ressort les points suivants :

- L'étude bathymétrique révèle :
 - Que les isobathes sont parallèles à la côte et présente une faible pente.
 - La présence d'une zone régulière entre l'isobathe 5 et 15 m.
 - La présence d'un chenal à l'Ouest de la baie, résultat de l'activité de l'Oued Béni Messous.

Notre étude comparative comporte beaucoup de similitudes au plan des résultats avec celle effectuée par Bakir. M, 1987. Ceci dénote que les fonds n'ont pas évolué depuis.

- Sur le plan sédimentaire :
 - Les pélites ont une teneur faible et rapprochée dans la baie, comme rappelé dans le corps du texte. Alors qu'elle est plus élevée à l'intérieur des ports de Sidi Fredj et d'El Djamila.
 - La médiane fait apparaître un granoclassement de la côte vers le large.
 - L'analyse des carbonates montre un transfert des sédiments carbonatés vers les deux promontoires rocheux (Ras Acrata et Sidi Fredj).
 - La répartition de la matière organique montre de faibles teneurs, ce qui dénote que les fonds sont brassés par des courants assez forts mais suffisants pour que la matière organique ne se décante pas.
- Concernant les métaux lourds, tous les indices de contamination sont inférieurs à 3, à l'exception de ceux calculés au niveau du port de Sidi Fredj, qui se situent à des valeurs supérieures. Ces données traduisent que les sédiments prélevés échappent à toute forme de toxicité par les métaux lourds.

Bibliographie

- Abdi.R et Khelifi.M, 2003.** Travaux d'aménagement d'un port de pêche et de plaisance à El Djamila. Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral. ISMAL
- Aichouni.M, Aouali.A et Assassi.L, 1997.** Etude d'aménagement du port de pêche d'El Djamila (Agitation-Stabilité-APD) Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral. ISMAL
- Amrouche.F et Mihoubi.N, 2000.** Utilisation des minéraux lourds comme traceurs De la dynamique côtière entre Sidi Fredj et Mazafran. Mémoire d'ingénieur d'état en géologie marine. USTHB
- Arkab.M et Rabhi.K, 2004.** Etude de l'envasement et la pollution de la retenue de Zéralda. Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral. ISMAL
- Azzam.S et Belkacem.S, 1994.** Etude sédimentologique de la zone portuaire de Ghazaouet (Algérie). Mémoire d'ingénieur d'état en géologie marine. USTHB
- Bakir.M, 1987.** La dynamique sédimentaire dans la baie d'El Djamila (Baie de Bou Smail) Mémoire d'ingénieur d'état en géologie marine. USTHB
- Bellan.J et Perès. M, 1994.** La pollution des mers « Que sais-je ? ». n°1555, 2^{ème} édition.
- Chafia.F, 2002.** Approche sédimentaire de la zone portuaire de Sidi Fredj : Problème de l'envasement de la passe d'entrée du port de plaisance. Mémoire d'ingénieur d'état en géologie marine. USTHB
- Charlou.J.L et Joanny.M, 1983.** Dosage du mercure et d'autres métaux (Pb, Zn, Cd, Cr, Cu, Co, Ni Mn) dans les sédiments marins par absorption atomique In CNEXO (1983). Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Edts Aminot A Et Chaussepied M, Brest.
- Collomb.P, Mahdjoub.Y et Saadallah.A, 1971.** Les gneiss de Sidi Fredj, bulletin de la société d'histoire.
- Lamani. K et Mokhtari. K, 2002.** Contribution à l'étude de la pollution par les métaux lourds des sédiments superficiels du port d'Arzew et du port de Bethioua. Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral. ISMAL.
- 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 en aménagement du littoral. ISMAL

Leclaire.L, 1972. La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (Précontinent algérien). Mémoire du muséum National d'histoire naturelle. Série C. Tome 241.

LEM, 1996. Etude de protection du port de pêche d'El Djamila. APS

Rivière. A, 1977. Méthodes granulométriques, techniques et interprétation, Edition Masson Paris. Techniques et méthodes de sédimentologie.

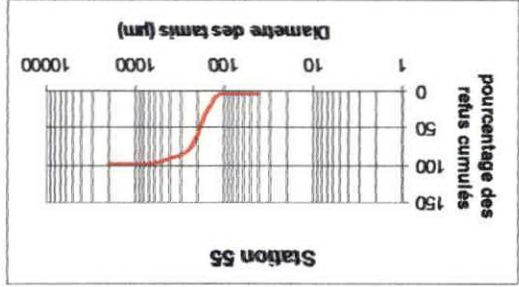
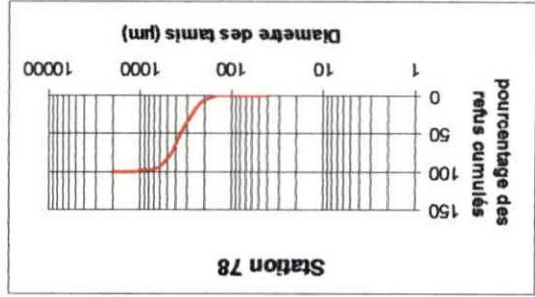
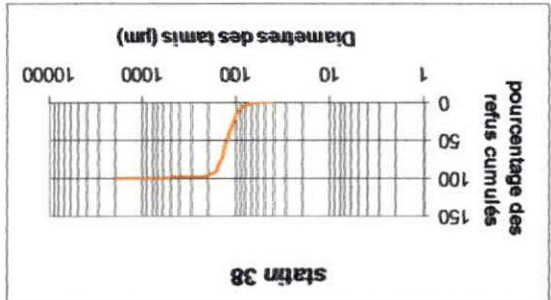
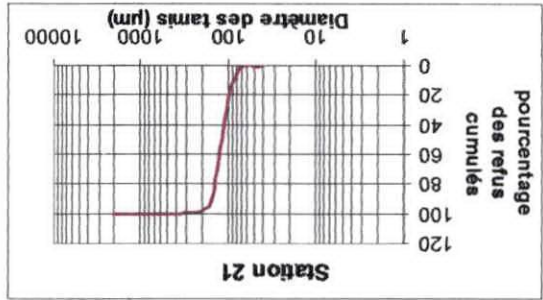
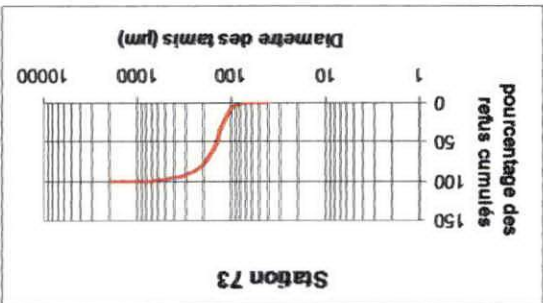
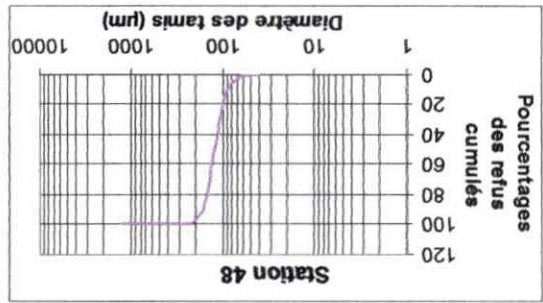
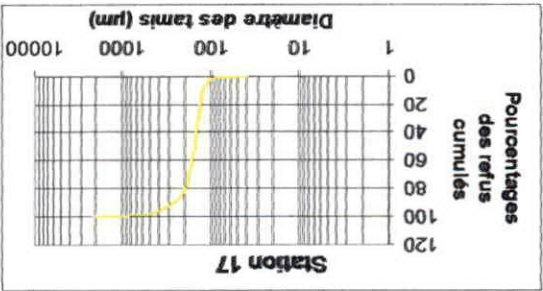
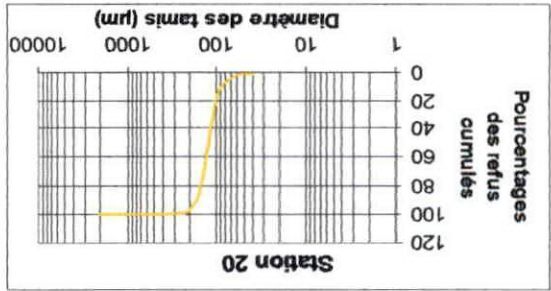
Rodier. J, Bazin.C, Broutain.JP, Chambon.P, Champsoure.H et Rodier.L, 1996.
L'analyse de l'eau (eaux naturelles, eaux résiduelles, eau de mer) 8^{ème} édition. Edition DUNOD.

Romade.A, 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollutions, les polluants : de l'environnement à l'homme Ediscience International.

Sabri. F, 2004. Travaux de protection de la côte de Ain Beida (ex Suffren).
Mémoire d'ingénieur en aménagement du littoral. ISMAL.

Courbes granulométriques :

Annexe





Spectrophotomètre d'absorption atomique



Dispositif de filtration



Lyophilisateur