

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

**INSTITUT DES SCIENCES DE LA MER ET DE
L'AMENAGEMENT DU LITTORAL**

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

**Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'état en aménagement du
littoral et protection de l'environnement**

THEME

**ETUDE DES CARACTERES
SEDIMENTOLOGIQUES ET
GEOTECHNIQUES DES SEDIMENTS
SUPERFICIELS
DE LA BAIE DE JIJEL**

Présenté par :

Mr. AOUAR Samir

&

Mr. SERGHMA Abdelhak

Soutenu le 03 juillet 2000

Devant le jury composé de :

Président : **Mr. SEFIANE.O**

Promoteur : **Mr. BOUTIBA.M**

Examineur : **Mr. BELKESSA.R**

Examineur : **Mr. LARID.M**

2000

Remerciements

Nous tenons à remercier vivement notre promoteur Mr BOUTIBA Mekhlouf et le personnel du laboratoire d'aménagement pour leurs conseils et leurs précieuses orientations.

Nous tenons à remercier aussi l'ensemble du personnel de l' A.N.R.H, la D.I.M.A, l'I.S.T (U.S.T.H.B), Mr BELAHRECHE, ainsi que Mr NACEF et Mr MEROUKI du M.C.S.

Que tous ceux qui ont contribué de près et de loin à l'élaboration de notre modeste projet ainsi qu'à tous les enseignants qui nous ont guidé au cours de nos études trouvent ici l'expression de nos profondes reconnaissances.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

A mon père et ma mère pour leurs sacrifices

A mes frères et sœurs

A mes grands parents

A toute la famille

A mes amis : Mahfoud et Amine.

Et à tous ceux qui me sont chers.

AOUAR Samir
(juin 2000)

SOMMAIRE

	Page
INTRODUCTION.....	4
<u>PREMIERE PARTIE</u>	
Chapitre 1 : GENERALITES	
1.1 Cadre géographique	5
1.2 Cadre géologique.....	5
1.2.1 Géologie régionale.....	5
1.2.1.1 Les terrains métamorphiques.....	5
- L'ensemble basal.....	7
- L'ensemble sommital.....	7
1.2.1.2 Les terrains sédimentaires.....	7
- Les terrains du secondaire.....	7
- Les terrains du tertiaire	7
- Les terrains du quaternaire	9
1.3 Cadre morphologique général.....	9
1.3.1 Morphologie sous marine du plateau continental.....	10
1.3.2 Morphologie sous marine (0-20 m).....	12
1.3.2.1 Présentation des profils bathymétriques.....	12
1.4 Hydrographie	17
1.4.1 Les observations du water loopking delft holland.....	17
1.4.2 Les données de l'ANRH.....	20
1.5 Pluviométrie.....	24
Chapitre 2 : MATERIELS ET METHODES	
2.1 Campagne et technique de prélèvement.....	27
2.2 Travaux au laboratoire et traitement des données.....	27
2.2.1 Analyse sédimentologique.....	27
2.2.1.1 Méthodes et techniques de laboratoire	27
2.2.1.2 Teneur en carbonates dans le sédiment	29
2.2.2 Essais géotechniques.....	31
2.2.2.1 Teneurs en eau	31
2.2.2.2 Les limites d'ATTERBERG.....	31

Chapitre 3 : ETUDE HYDRODYNAMIQUE	Page
3.1 Les vents.....	35
3.1.1 Introduction	35
3.1.2 Analyse des données de vent	35
3.2 Les houles	36
3.2.1 Introduction	36
3.2.2 Analyse des données de houles.....	38
3.2.3 Amplitude des houles ; biennale, quinquennale, décennale, cinquantennale et centennale.....	44
3.2.4 Etude de la propagation de la houle dans la baie de Jijel	51
3.2.4.1 Détermination du coefficient de réfraction (K) et l'angle d'arriver (α)	51
Conclusion	54
3.3 Les courants.....	54
3.3.1 Les courants généraux.....	54
3.3.2 Les courants de retour.....	54
3.3.3 Les courants de dérive littorale	55
3.4 La marée.....	56

DEUXIEME PARTIE

Chapitre 1 : ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE

1.1 Approche de la dynamique sédimentaire par la granulométrie	57
1.1.1 La texture sédimentaire de la baie de Jijel	57
1.1.2 Répartition des carbonates.....	59
1.1.3 Les données bibliographiques.....	59
1.1.3.1 Nature de la couverture sédimentaire meuble de la baie de Jijel.....	59
a) Faciès des sédiments calcaires	59
b) Faciès des sédiments silicieux.....	61
c) Faciès des sédiments argileux.....	65

	Page
1.1.4 Les données actuelles.....	65
1.1.4.1 Nature des fonds.....	67
a) Le faciès des sables grossiers et graviers (500-2000 μm)....	67
b) Le faciès des sables moyens (200-500 μm).....	67
c) Le faciès des sables fins et très fins (63-200 μm) et vases...	69
1.1.5 Les indices granulométriques.....	69
1.1.6 Répartition spatiale des différents indices granulométriques.....	73
1.1.7 Les caractères granulométriques	77
1.1.7.1 Analyse modale	77
1.1.7.2 Granulométrie de répartition de la classe modale (100-315 μm).....	77
1.2 Remarque sur les formules de transports sédimentaires sous l'effet des houles + courants.....	80
1.2.1 Transit littoral.....	82
1.2.2 Représentation des résultats du transit littoral	85
1.2.3 Aspect comparatif des résultats du transit littoral.....	87
1.3 Dynamique littorale	87
1.3.1 Facteurs régissant la dynamique sédimentaire	87
1.3.2 Synthèse de la dynamique sédimentaire dans la baie de Jijel	88
 Chapitre 2 : ETUDE DES PARAMETRES GEOTECHNIQUES	
2.1 Les limites d'ATTERBERG.....	90
2.2 Caractéristiques géotechniques du sol de la baie de Jijel.....	90
2.2.1 Résultats et interprétation	91
2.2.1.1 Classification du sol	93
• Répartition spatiale des différentes unités géotechniques....	102
2.2.1.2 Classification de la plasticité des sols d'après ATTERBERG.....	105
Présentation des classes.....	106
CONCLUSION GENERALE	109
BIBLIOGRAPHIE	112
ANNEXE	

LISTE DES TABLEAUX

- TABLEAU N°1** Débits des différents oueds (W.L.D.H.).
- TABLEAU N°2** Répartition du débit solide selon les trois oueds.
- TABLEAU N°3** Caractéristiques hydrologiques des oueds (El-Kebir, Nil, Djendjen et Mencha).
- TABLEAU N°4** Moyennes annuelles des débits solides et liquides de l'oued El-Kébir durant la période 1983 à 1993.
- TABLEAU N°5** Moyennes annuelles des débits solides et liquides de l'oued Djendjen durant la période 1983 à 1993.
- TABLEAU N°6** Pluviométrie durant la période (1980-1995) (A.N.R.H , 1998).
- TABLEAU N°7** Etat de la mer en fonction des vitesses de vents en Nœuds (U.S.N.W.S.C, 1984).
- TABLEAU N°8** Fréquences mensuelles et annuelles de la houle au large.
- TABLEAU N°10** Fréquences par direction des différents états de la mer au large.
- TABLEAU N°11** Relation amplitude période de la houle au large.
- TABLEAU N°12** Probabilité associée aux périodes de retour.
- TABLEAU N°13** Amplitudes des houles en fonction des directions.
- TABLEAU N°14** Résultats finals de la propagation de la houle entre Jijel et Ile de Tazrout.
- TABLEAU N°15** Amplitudes des houles en fonction des directions.
- TABLEAU N°16** Résultats finals de la propagation de la houle entre Ile de Tazrout-Hadjra Sidi Machiche.
- TABLEAU N°17** Amplitude des houles à la côte en fonction des directions.
- TABLEAU N°18** Les pourcentages des différents types de sable.
- TABLEAU N°19** Les valeurs des différents indices granulométriques.
- TABLEAU N°20** Direction de la houle au large.
- TABLEAU N°21** Fréquence d'apparition (des houles) selon différents états de la mer par direction de houle en % (U.S.N.W.S.C, 1984).

- TABLEAU N°22** Transit littoral annuel selon la formule du C.E.R.C. (1973)
(U.S.N.W.S.C, 1984).
- TABLEAU N°23** Transit sédimentaire annuel selon la formule de QUEENS
(U.S.N.W.S.C, 1984).
- TABLEAU N°24** Comparaison entre les résultats de QUEENS et du C.E.R.C.
- TABLEAU N°25** Caractéristiques physiques des sédiments meubles superficiels de la
plate-forme continentale de la baie de Jijel.
- TABLEAU N°26** Caractéristiques physiques des sédiments meubles superficiels de la
plate-forme continentale de la baie de Jijel.
- TABLEAU N°27** Caractéristiques physiques des sédiments meubles superficiels de
la plate-forme continentale de la baie de Jijel.
- TABLEAU N°28** Caractéristiques physiques des sédiments meubles superficiels de la
plate-forme continentale de la baie de Jijel.
- TABLEAU N°29** Caractéristiques physiques des sédiments meubles superficiels de
la plate-forme continentale de la baie de Jijel.
- TABLEAU N°30** Les caractéristiques physiques de l'unité 1.
- TABLEAU N°31** Les caractéristiques physiques de l'unité 2.
- TABLEAU N°32** Les caractéristiques physiques de l'unité 3.
- TABLEAU N°33** Les caractéristiques physiques de l'unité 4.
- TABLEAU N°34** Les caractéristiques physiques de l'unité 5.
- TABLEAU N°35** Classification de plasticité d'après ATTERBERG (L.C.P.C, 1963).
- TABLEAU N°36** Les valeurs de I_p de la classe I.
- TABLEAU N°37** Les valeurs de I_p de la classe II.
- TABLEAU N°38** Les valeurs de I_p de la classe III.
- TABLEAU N°39** Les valeurs de I_p de la classe IV.

LISTE DES FIGURES

- FIGURE N°1** Carte de situation géographique de la baie de Jijel.
- FIGURE N°2** Esquisse géologique de la région de Jijel (BOUMESSAOUD et MAMERI, 1991).
- FIGURE N°3** Carte de la morphologie sous-marine de la baie de Jijel (LECLAIRE, 1972).
- FIGURE N°4** Carte bathymétrique (L.E.M, 1998).
- FIGURE N°5** Les profils bathymétriques 1,2,3 et 4.
- FIGURE N°6** Les profils bathymétriques 5,6,7 et 8.
- FIGURE N°7** Carte du réseau hydrographique de la région de Jijel.
- FIGURE N°8** Moyennes annuelles des débits solides et liquides de oued El-Kebir (station El-Ancer) durant la période 1983 – 1993.
- FIGURE N°9** Moyennes annuelles des débits solides et liquides de oued Djendjen (station oued Missa) durant la période 1983 – 1993.
- FIGURE N°10** Pluviométrie durant la période 1980 –1995.
- FIGURE N°11** Carte de positionnement des stations de prélèvement.
- FIGURE N°12** Schéma du calcimètre de BERNARD.
- FIGURE N°13** Schéma de la boîte de CASAGRANDE.
- FIGURE N°14** Roses trimestrielles et annuelles des vents de la zone est d'Algérie (S.S.M.O, 1984).
- FIGURE N°15** Roses trimestrielles et annuelles des houles de la zone est d'Algérie (S.S.M.O, 1984).
- FIGURE N°16** Courbe de régression de la houle au large du secteur est, direction :
est.
- FIGURE N°17** Courbe de régression de la houle au large du secteur est, direction :
nord-est
- FIGURE N°18** Courbe de régression de la houle au large du secteur est, direction :
nord

- FIGURE N°19** Courbe de régression de la houle au large du secteur est, direction : nord-ouest
- FIGURE N°20** Courbe de régression de la houle au large du secteur est, direction : ouest
- FIGURE N°21** Courbe de régression de la houle au large du secteur est, direction : Toute direction.
- FIGURE N°22** Triangle de FOLK.
- FIGURE N°23** Carte de répartition des carbonates (CaCO_3) dans la baie de Jijel.
- FIGURE N°24** Carte de la nature de la couverture sédimentaire de la baie de Jijel (LECLAIRE, 1972).
- FIGURE N°25** Esquisse sédimentologique de la baie de Jijel.
- FIGURE N°26** Courbe granulométrique représentatif du faciès des sables grossiers et graviers.
- FIGURE N°27** Courbe granulométrique représentatif du faciès des sables moyens.
- FIGURE N°28** Courbe granulométrique représentatif des sables fins.
- FIGURE N°29** Courbe granulométrique représentatif des sables très fins.
- FIGURE N°30** Carte du diamètre du grain moyen (μ).
- FIGURE N°31** Carte de l'indice de classement (Φ_1).
- FIGURE N°32** Carte de l'indice d'asymétrie (SKI).
- FIGURE N°33** Histogramme de fréquences (100 - 315 μm).
- FIGURE N°34** Carte de répartition de la classe modale (100 - 315 μm).
- FIGURE N°35** Carte de la dynamique sédimentaire de la baie de Jijel.
- FIGURE N°36** Les valeurs de W_1 et I_p des unités géotechniques dans le diagramme de CASAGRANDE.
- FIGURE N°37** Les valeurs de W_1 et I_p de l'unité géotechnique n°1 dans le diagramme de CASAGRANDE.
- FIGURE N°38** Les valeurs de W_1 et I_p de l'unité géotechnique n°2 dans le diagramme de CASAGRANDE.
- FIGURE N°39** Les valeurs de W_1 et I_p de l'unité géotechnique n°3 dans le diagramme de CASAGRANDE.

FIGURE N°40 Les valeurs de W_l et I_p de l'unité géotechnique n°4 dans le diagramme de CASAGRANDE.

FIGURE N°41 Les valeurs de W_l et I_p de l'unité géotechnique n°5 dans le diagramme de CASAGRANDE.

FIGURE N°42 Carte de la répartition spatiale des différentes unités géotechniques.

FIGURE N°43 Carte de la répartition spatiale des classes de plasticité.

Introduction

INTRODUCTION

Introduction

L'instabilité des dépôts sédimentaires sur la marge continentale peut être un mécanisme important pour le transport des sédiments et leurs resédimentation. La localisation des zones d'érosion et de sédimentation sur la plate forme continentale est déterminée : par la magnitude des forces qui tendent à driver les dépôts sédimentaires sur la plate forme continentale et la pente du talus continental, et les caractères géotechniques des sédiments qui tendent à résister à ce mouvement.

Les deux facteurs, les forces d'entraînements et les paramètres de résistance, varient d'une manière systématique dans un même contexte régional, et dépendent, de la bathymétrie, des conditions hydrodynamiques pour les forces d'entraînement et des conditions de dépôts du sédiment.

Conceptuellement, la stabilité des dépôts sédimentaires, peut être évaluée à une échelle régionale, en établissant une comparaison quantitative entre la distribution des forces d'entraînement et les paramètres de résistances à l'entraînement du sédiment.

Dans la pratique, une évaluation rigoureuse, reste quasiment difficile à réaliser à cause du nombre élevé des essais de pénétration qu'il faut réaliser.

Dans la présente étude, nous comptons aborder le problème en deux parties :

- La première partie est consacrée au cadre géographique et à l'étude géologique de la région côtière ainsi que l'analyse statistique des conditions océano-météorologiques.
- La deuxième partie consiste à décrire et l'interprétation des caractères sédimentologiques et géotechniques et mettre en évidence les mécanismes de dépôts des sédiments récents.

Première Partie

Chapitre 1

Généralités

1.1. Cadre géographique

La wilaya de Jijel se situe à 360 Km à l'est d'Alger, limitée à l'ouest par la wilaya de Béjaïa, à l'est par la wilaya de Skikda, au sud par la wilaya de Mila et au nord par la mer Méditerranée.

La baie de Jijel s'étend sur 50 Km environ entre la pointe de Jijel à l'ouest et Ras Oum-Echich à l'est (**fig. n°1**).

Le secteur d'étude est orienté E.N.E - W.S.W ; son étendu géographique se situe entre les coordonnées géographiques suivantes :

36° 48' 4'' – 36° 57' 3'' de latitude nord et 05° 45' 4'' – 06° 14' 3'' de longitude est.

1.2. Cadre géologique

La baie de Jijel est encadrée par deux promontoires rocheux d'âge primaire, Jijel à l'ouest et le Ras Oum-Echich à l'est. Ces promontoires sont composés de roches dures et résistantes à l'érosion marine ; des grès de l'éocène supérieur, des rhyolithes et granites se rencontrent au promontoire de Jijel, tandis que Ras Oum-Echich est formé essentiellement de rhyolithes.

1.2.1. Géologie régionale

La région de Jijel fait partie d'une bande structurale et géologique caractérisant le nord de l'Algérie. Il s'agit du socle kabyle métamorphique, une chaîne calcairée et un domaine de flyschs dans le sens nord-sud (**fig. n°2**).

Du point de vue lithologique, on distingue deux catégories différentes :

Un ensemble métamorphique et un ensemble sédimentaire.

1.2.1.1. Les terrains métamorphiques

Ce sont les terrains primaires. Ils comportent à la base une série métamorphique formant le substratum, celle-ci montre du sommet à la base des formations de plus en plus métamorphisées, des schistes satinés bleus à lentilles de quartz, des phyllades, des séricitoschistes où s'intercalent des lits de quartzites et des arkoses métamorphiques.

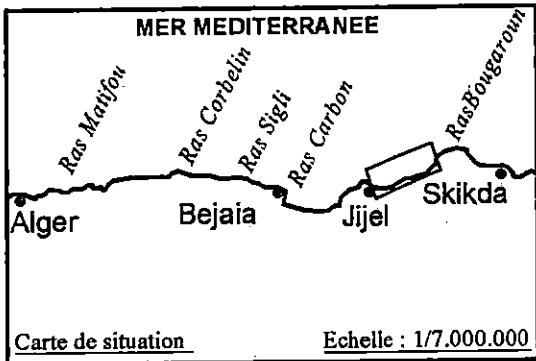
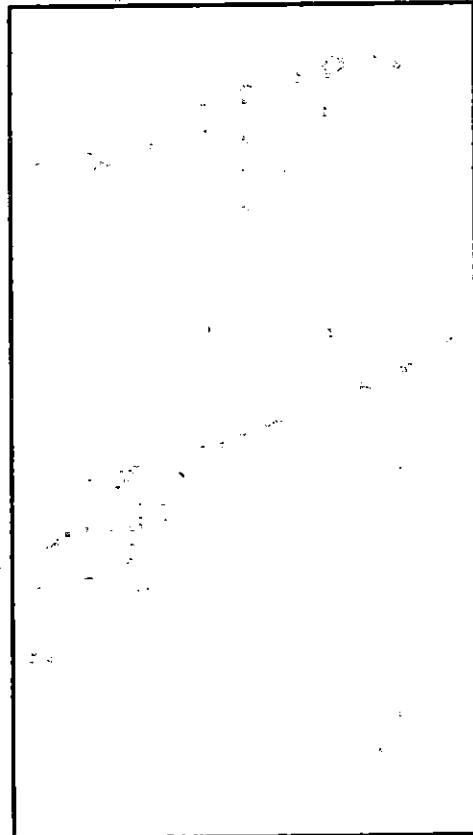
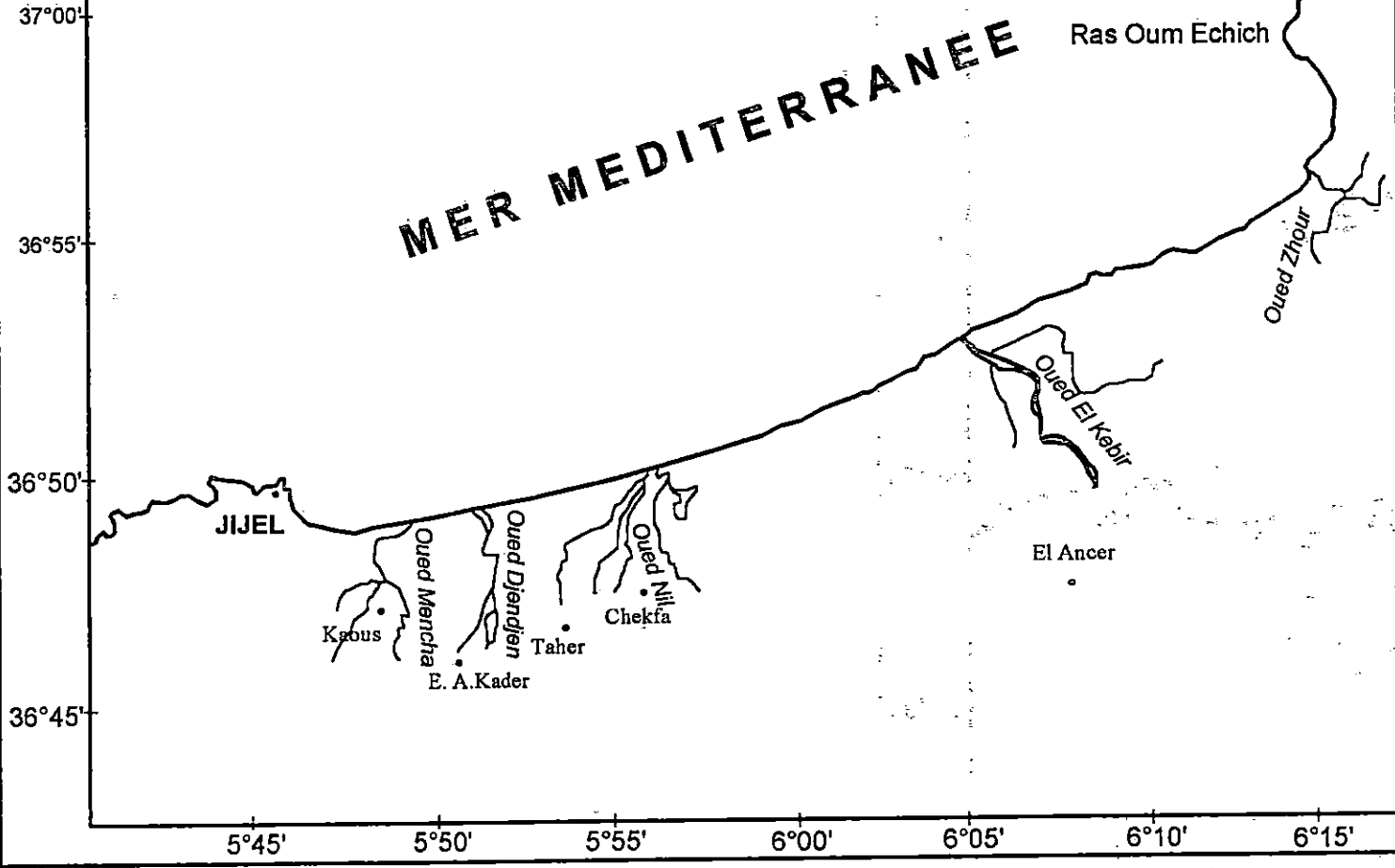


Figure n° 01
*Situation géographique
de la baie de Jijel*

Echelle : 1/290.000



- On distingue sous le socle métamorphique un contact anormal d'un complexe volcano-sédimentaire ; il comporte dans la cluse de l'oued Djendjen les deux ensembles suivants (DJELLIT, 1987) :

- ◆ **L'ensemble basal** (200 à 300 m d'épaisseur)

Composé de pillow-lavas dolérites et gabbros ou s'intercalent des radiolarites d'âge jurassique probable.

- ◆ **L'ensemble sommital**

Est de 200 m d'épaisseur, les terrains éruptifs se raréfient aux dépends de calcschistes et calcaires microlitiques.

1.2.1.2. Les terrains sédimentaires

- **Les terrains du secondaire**

Dans ces terrains on distingue :

- **Le Trias** il se trouve sous forme d'un complexe gypso-salin bariolé, auquel s'ajoutent des conglomérats, poudingues ou galets.

- **Le Crétacé indifférencié (Ci)** Il est constitué essentiellement de calcaires à silex (phtanites).

- **Les terrains du tertiaire**

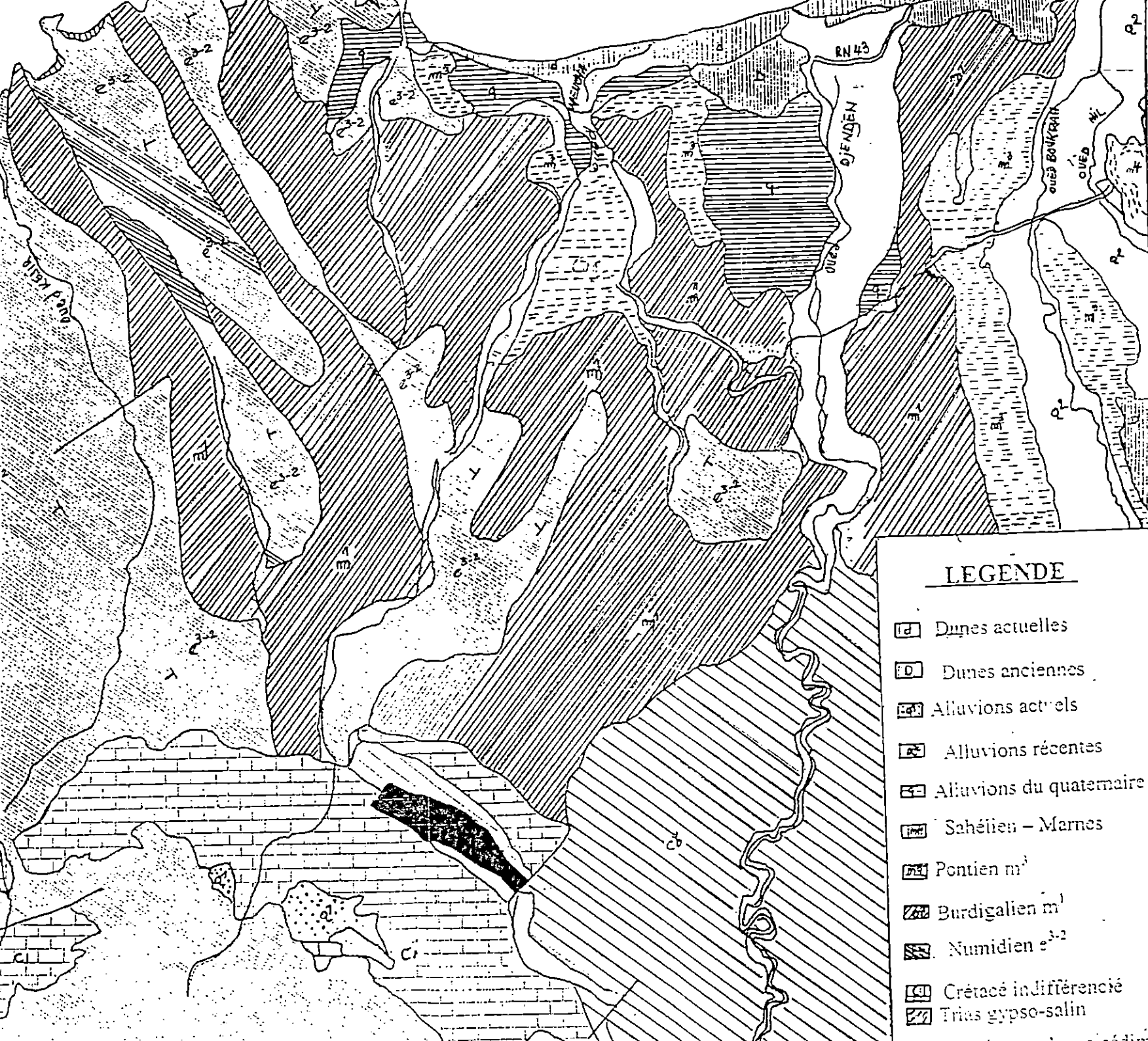
Dans ces terrains on distingue :

- **Le Numidien (e³⁻²)**












Qui correspond à l'éocène oligocène terminal, il est constitué de grès intercalés d'argiles.

- **Le Burdigalien ou Miocène inférieur (m¹)**

Il est composé de marnes gris – bleus dans lesquelles on trouve parfois des niveaux détritiques ou de gros nodules de calcaires jaunes.



LEGENDE

-  Dunes actuelles
-  Dunes anciennes
-  Alluvions actuels
-  Alluvions récentes
-  Alluvions du quaternaire
-  Sahélien - Marnes
-  Pontien m¹
-  Burdigalien m¹
-  Numidien e¹-²
-  Crétacé indifférencié
-  Trias gypso-salin

- **Le Potien ou Miocène supérieur (m³)**

Il est formé par les dépôts continentaux composés de galets, cailloutis, poudingues et argiles.

- **Le Néogène Sahélien ou Miocène terminal (m⁴)**

Il est constitué de marnes claires parfois détritiques.

- **Les terrains du quaternaire**

La majorité des terrains quaternaires de la région sont constitués d'alluvions et de dunes.

Les alluvions les plus anciennes forment les terrasses, des vallées et des cônes de déjection, les alluvions récentes sont creusées par les actuels oueds, elles sont constituées de graviers, galets, conglomérats et de sables.

Les dunes anciennes sont constituées de sable fin souvent consolidé et limoneux. Les dunes actuelles bordent la mer, elles sont formées de sable grossier parfois consolidé.

1.3. Cadre morphologique général

La région de Jijel est structurée en chaînons orientés sud-nord séparés entre eux par les oueds. La région est caractérisée par un relief montagneux très escarpé qui atteint 1121 m d'altitude au niveau de Djebel El Kerme.

La largeur totale de la plage varie de quelques dizaines de mètres, dans la zone ouest ou le littoral est en dégradation, à plusieurs centaines de mètres ou plus à l'est.

On marque la présence d'un cordon dunaire qui longe cette immense plage, il est constitué de dunes assez basses entre Jijel et l'oued Djendjen, puis progressivement plus haut de 15 à 20 m jusqu'à oued El Kebir.

Ces dunes sont interrompues par une portion rocheuse qui se trouve entre les éperons de Mouadenène et de Sidi Mohamed Aourer, puis reprennent jusqu'au débouché de l'oued Zhour.

Ces dunes sont particulièrement bien développées aux embouchures des oueds.

La morphologie du littoral indique en de nombreux secteurs une tendance à la dégradation (présence de buttes témoins et de couloirs d'érosion éolienne), par contre quelques zones témoignent d'une sédimentation accompagnée d'une grande avancée des dunes (zones à l'ouest d'oued Nil).

1.3.1. Morphologie sous-marine du plateau continental

Le littoral algérien s'étend sur 1.200Km, il est constitué par la succession de golfs (baies) et de caps, l'orientation est sensiblement W.S.W-E.N.E d'Oran à Alger et E-W. Au-delà l'extension comparée du plateau et de la pente continentale d'est en ouest montre que la bordure sous marine est très variable (LECLAIRE, 1972).

La carte établie par LECLAIRE (1972) dans la baie de Jijel (fig. n°3) montre que l'étendue et la morphologie du plateau diffèrent dans la partie est algérienne.

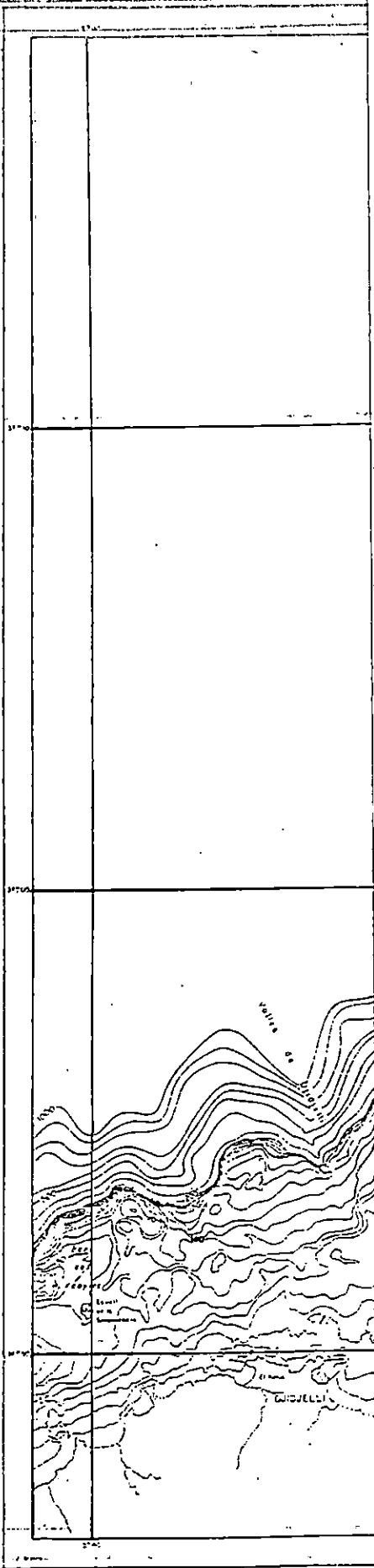
- Au nord du massif de Mechaouene, le plateau est large de 9Km.
- Au nord-est du massif de Texenna et Tazzoumt, se développe la ligne isobathe -100m qui s'éloigne vers le large.

La ligne d'inflexion qui limite le plateau suit le tracé du rivage est dessine une ride sous-marine de Texanna.

Devant l'embouchure de oued El-Kebir, le plateau retrouve son individualité et prend une extension maximale de 10 Km.

Aux abords du massif de Bou Bazil et Kellaat Ed Dar, les isobathes se resserrent, on passe pratiquement sans discontinuité du sommet du massif à des fonds de -1000m.

Les profils bathymétriques soulignent la présence de pointement rocheux, au niveau du plateau continental ; au large de Jijel, de Tazzoumt et Ras Oum-Echich.



1.3.2. Morphologie sous-marine (Entre 0 et -20m)

Les cartes bathymétriques constituent un document fondamental et nécessaire pour la reconnaissance et l'interprétation de la morphologie sous-marine.

Afin de ressortir l'évolution de la morphologie sous marine de la baie de Jijel une campagne de sondage bathymétrique a été réalisé par le L.E.M (Laboratoire d'Etudes Maritime).

Les résultats de cette campagne nous ont permis de tracer la carte bathymétrique de la côte Jijilienne (fig. n°4).

La carte montre un tracé régulier du rivage et une morphologie sous-marine sans accidents topographiques majeurs, les isobathes sont régulières et parallèles à la côte.

Toutefois on note la présence par endroit des formes mineures du relief sous-marin, sous forme de barre d'avant côte entre la côte et -6 m de profondeur.

Les résultats bathymétriques nous ont permis de faire des profils perpendiculaires à la côte (P1 à P8) (fig. n°5 et 6), ils rendent compte de la topographie sous-marine régulière jusqu'à une profondeur de 20 mètres, avec une pente douce vers le large et mettent également en évidence la présence des barres d'avants côte, la pente moyenne générale est de l'ordre de 1%.

1.3.2.1. Présentation des profils bathymétrique

- **Le profil 1**

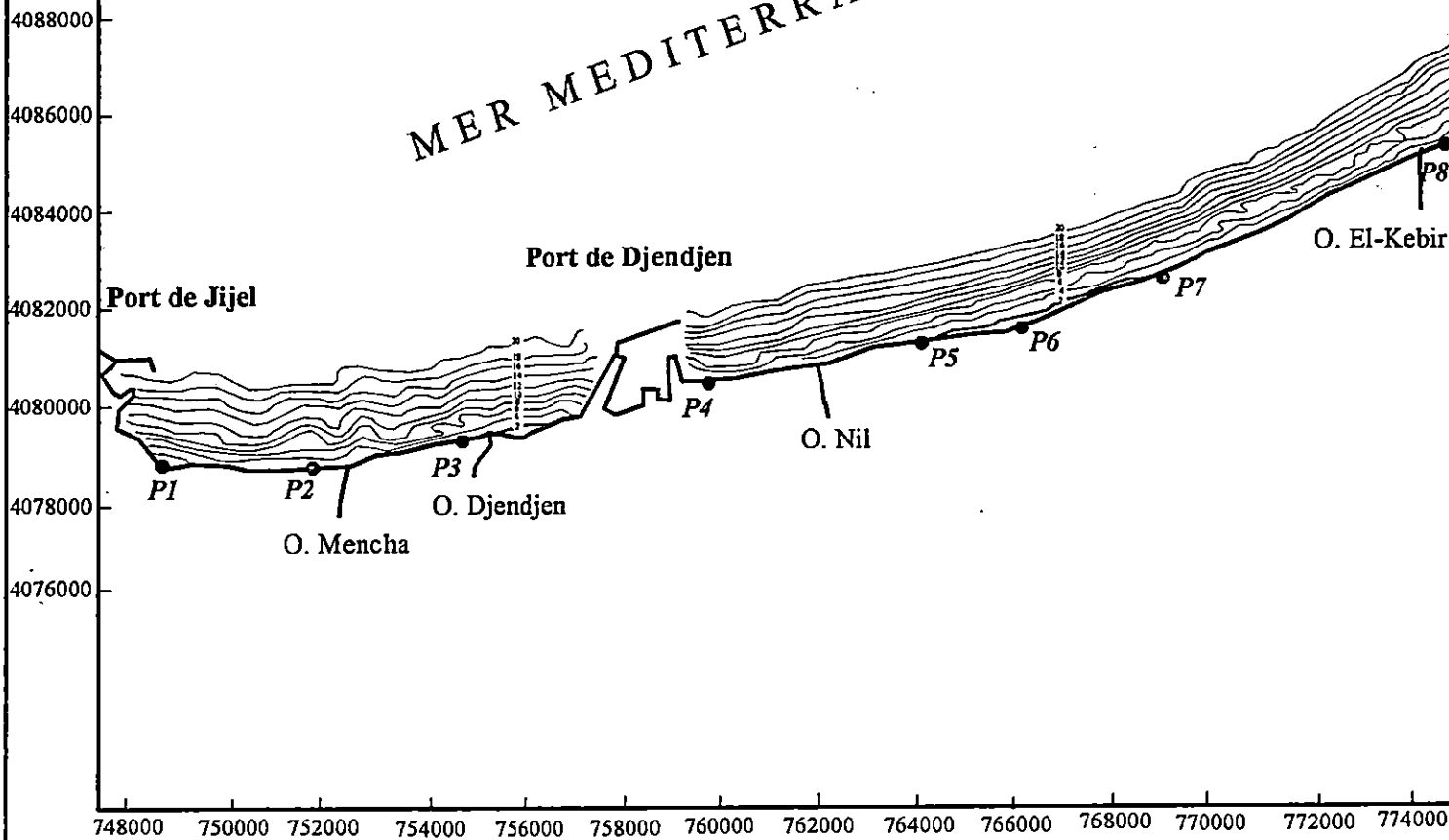
Ce profil descend en pente douce vers le large et ne montre aucune irrégularité de la topographie sous-marine (fig. n°5).

Figure n° 04

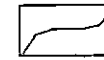
Carte bathymétrique
de la baie de Jijel
(L.E.M., 1998)

Echelle : 1/160.000

MER MEDITERRANEE



Légende :



Isobathe



Tête de profil

- **Les profils 2,3,4,5 et 7**

Ces profils mettent en évidence la présence des barres d'avant côte respectivement entre : -6 et -7m, -7,5 et -11m, -6 et -7m, -7 et -8m, -7,58 et -8,21m de fond avec des têtes de crêtes respectivement à : -5m, -6,5m, -5m, -5m et -5,5m de fond (fig. 5 et 6).

- **Le profil 6**

Ce profil met en évidence la présence d'une première barre d'avant côte entre -3 et -5m de fond avec une tête de crête à -1,8m de fond, et une seconde barre entre -7 et -7,39m de fond avec une tête de crête à -4,6m (fig. n°6).

- **Le profil 8**

Ce profil montre un replat entre la côte et -2m de fond, une rupture de pente, un second replat, puis il descend en pente douce vers le large (fig. n°6).

De manière générale dans les mers à faible marée et généralement en plage droite, il existe un état morphologique caractérisé par un profil ayant une barre d'avant côte et une fosse disposée parallèlement au rivage, cette structure est combinée à un talus de plage relativement raide.

Le premier déferlement se produit sur la barre d'avant côte ou une grande partie de l'énergie se dissipe.

Le flanc interne de la barre descend abruptement vers la fosse de lévigation, ou le déferlement est absent, la profondeur étant assez importante pour dissiper l'énergie restante, sur le talus de plage une succession de déferlement se produit jusqu'à la ligne de rivage.

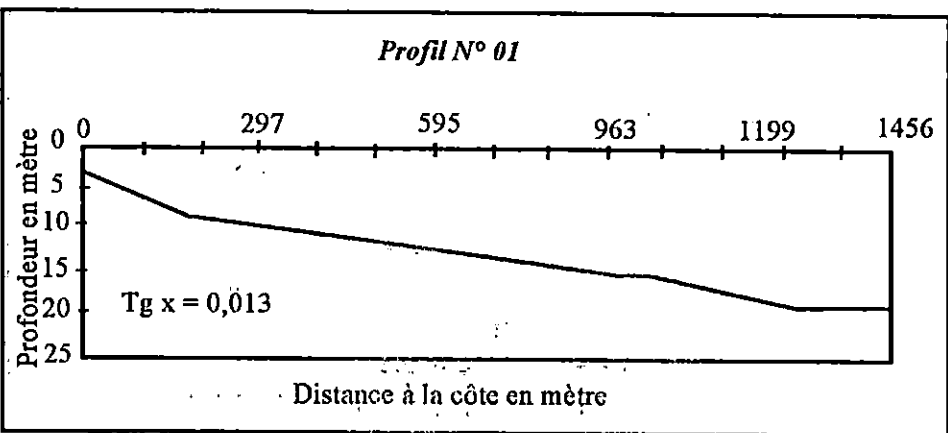
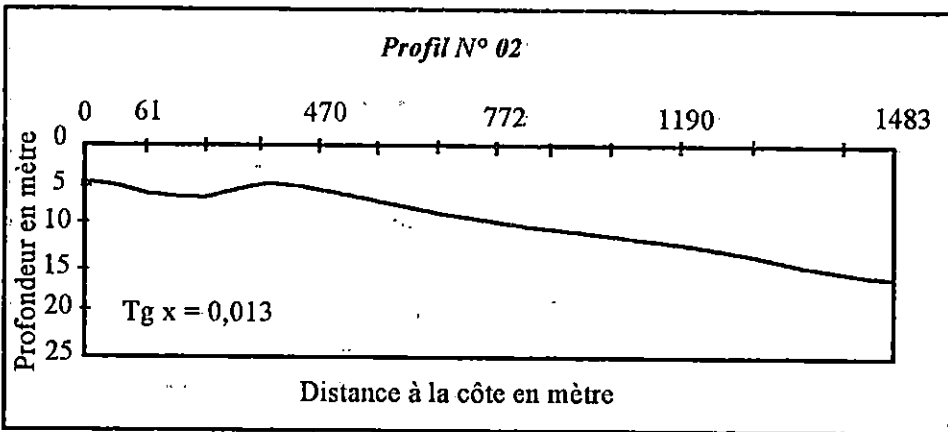
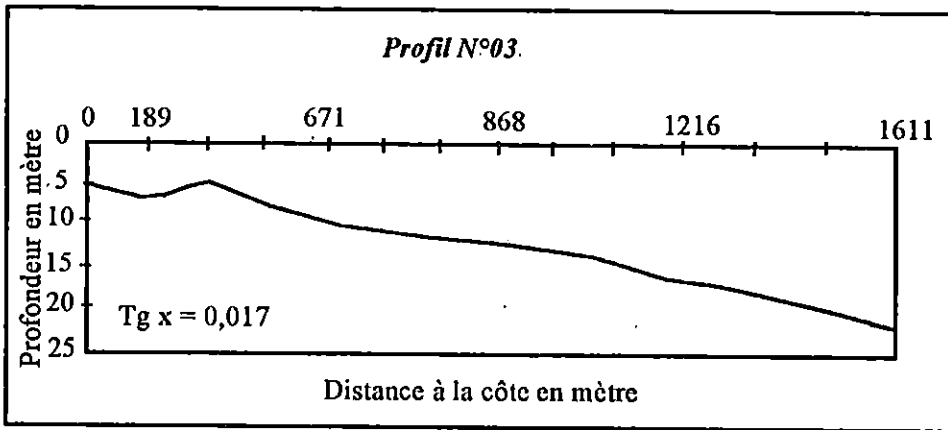
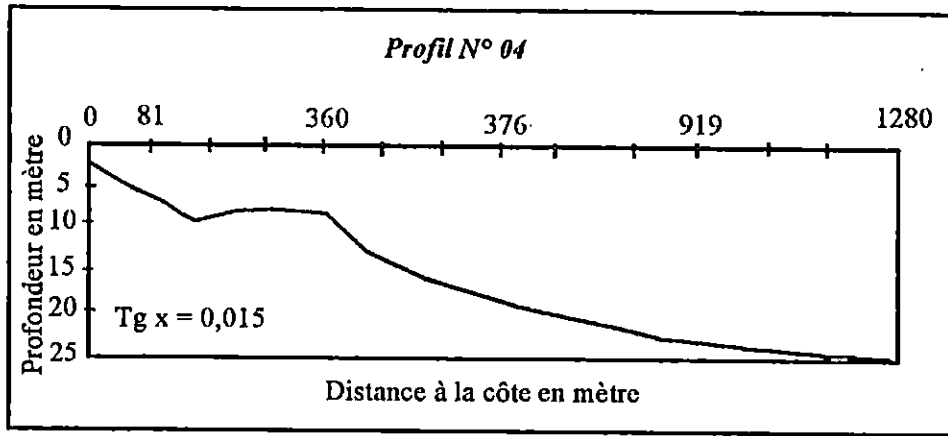


Figure n° 05 : Les profils bathymétriques 1, 2, 3 et 4

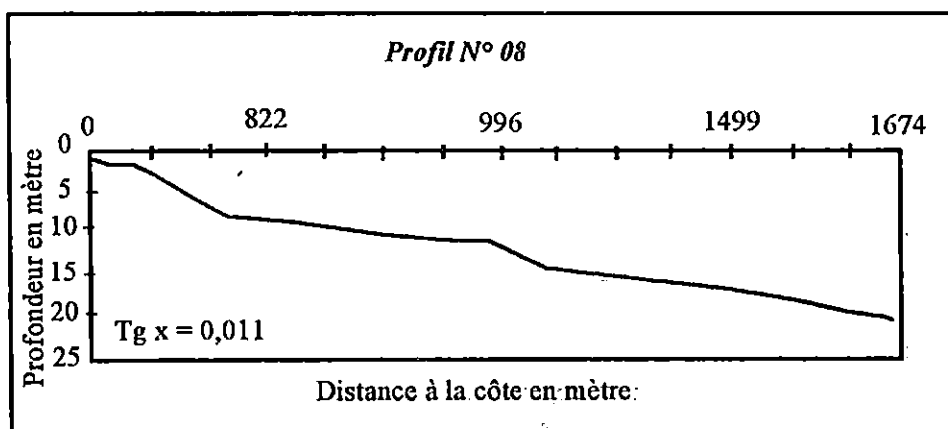
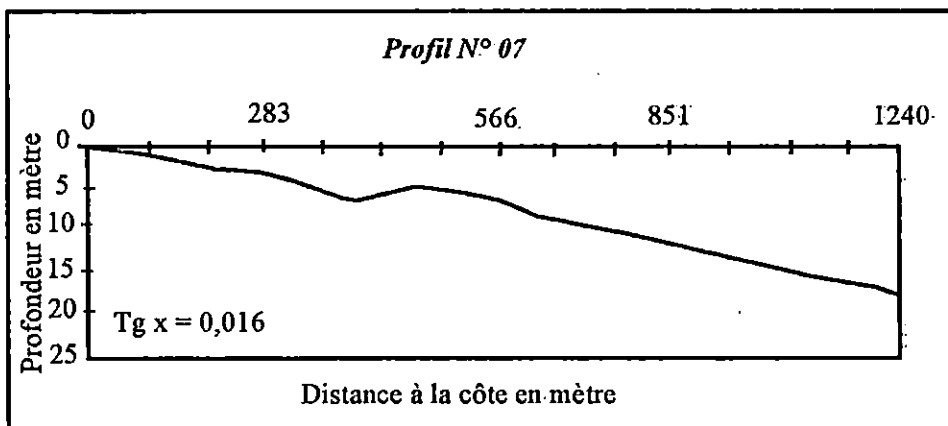
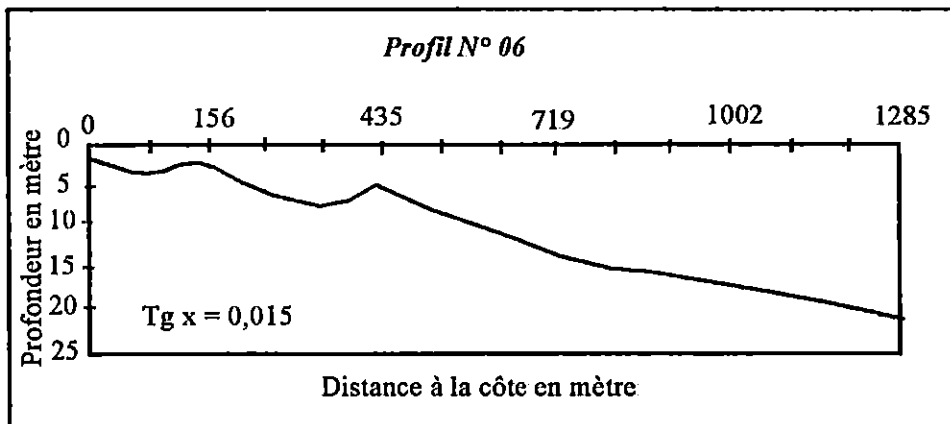
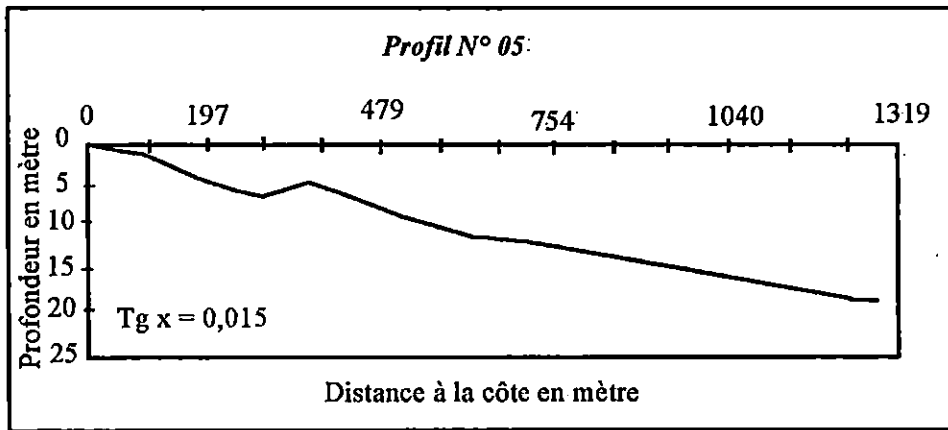


Figure n° 06 : Les profils bathymétriques 5,6,7 et 8

1.4. Hydrographie

Le réseau hydrographique de la région de Jijel, comprend d'est en ouest : oued Zhour, oued El-Kebir, oued Nil, oued Djendjen et oued Mencha (fig. n°7).

Tous les oueds et leurs affluents dans la région de Jijel sont des torrents et ont les mêmes caractéristiques des oueds du Maghreb, perpendiculairement à la côte, ils traversent plusieurs centaines de kilomètres contournant les obstacles qu'ils rencontrent avant de se déverser en mer.

Les données hydrologiques sur lesquelles s'appuie cette analyse proviennent des données :

- Rapport du laboratoire : Water loopking delft Holland.
- De l'agence national des ressources hydraulique (A.N.R.H.)

1.4.1. Les observations du water loopking delft Holland

Une mission hydraulique s'est déroulée du 20 octobre à avril 1976, afin de connaître les débits liquides et solides de l'oued Nil, de l'oued Djendjen et Mencha.

a) Débits liquides

Au cours de cette mission, il y a eu trois crues marquées : décembre, février et mars (tableau n°1).

TABLEAU N°1 Débits des différents oueds (d'après W.L.D.H.).

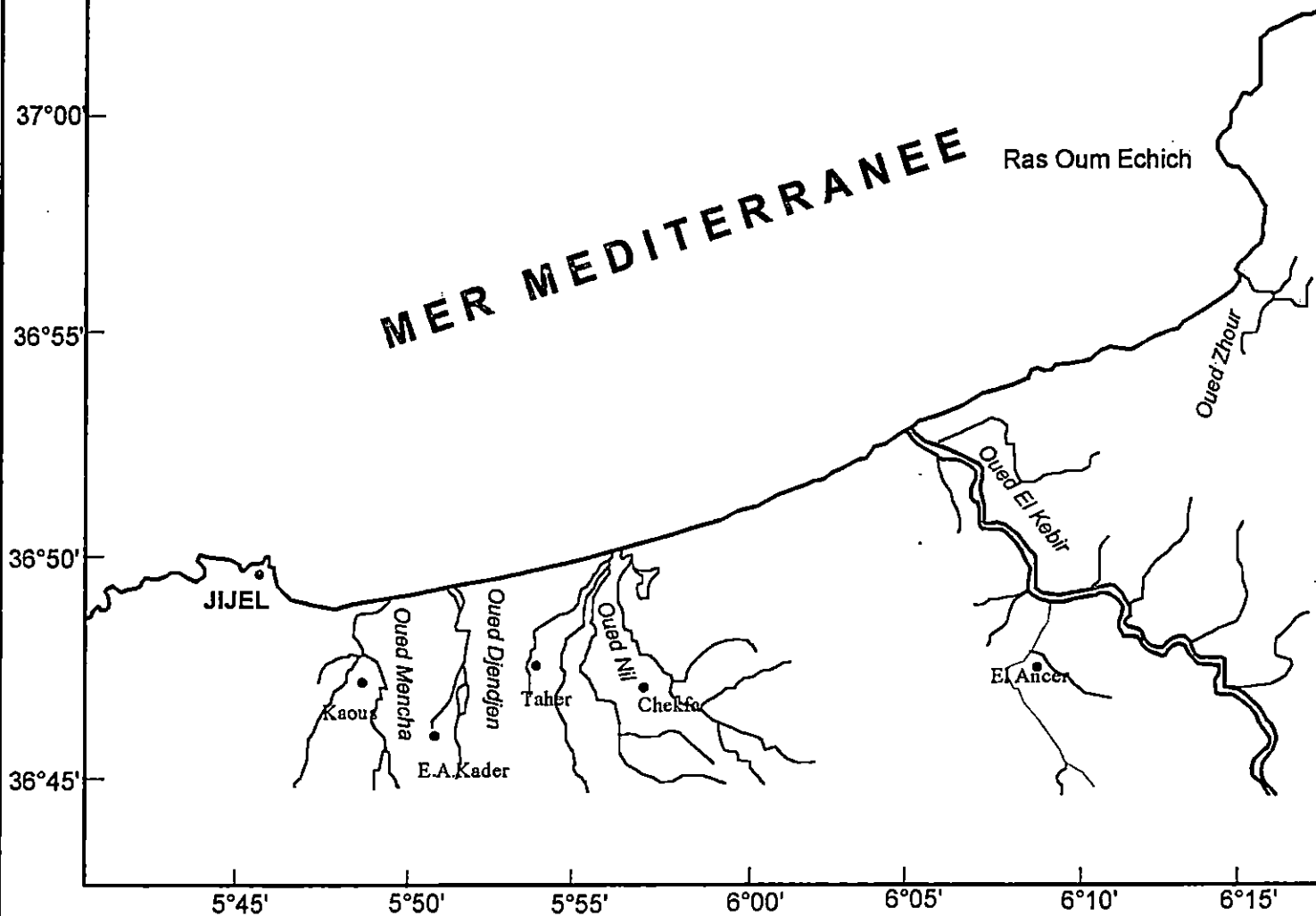
Oued	Débit d'été	Débit des crues instantanées	Débit moyen pendant novembre/mars
MENCHA	4-8 m ³ /s	150 m ³ /s	9,7 m ³ /s
DJENDJEN	15-20 m ³ /s	260 m ³ /s	19,6 m ³ /s
NIL	1-6 m ³ /s	160 m ³ /s	6,2 m ³ /s



Figure n° 07

*Carte du réseau hydrographique
de la région de Jijel*

Echelle : 1/290.000



b) Débits solides

Durant les cinq mois d'observations, il y a un total d'environ $1,2 \cdot 10^6$ tonnes de sédiments en suspension apportés à la mer par les trois oueds (tableau n°2).

TABLEAU N°2 Répartition du débit solide selon les trois oueds.

Oued	Débit solide (tonne/mois)
MENCHA	$300.000 / 5 = 60.000$
DJENDJEN	$757.000 / 5 = 151.400$
NIL	$140.000 / 5 = 28.000$

La recherche menée par les bureaux d'études SLET-COOP (France) et TRACTIONNEL (Belgique) entre 1970 et 1974, a aboutit à des valeurs caractéristiques (tableau n°3).

TABLEAU N°3 Caractéristiques hydrologiques des oueds
(El-Kebir, Nil, Djendjen et Mencha).

Oued	El-Kebir	Nil	Djendjen	Mencha
Caractéristiques				
Longueur : Km	200	40	63	26
Bassin versant : Km	3000	315	391	135
Pluviométrie : mm	630	1500	1470	1500
Apport liquide : m ³ /an	2520	230	290	100
Module : m ³ /an	80	07	09	03
Apport solide : m ³ /an	11.700.000	1.150.000	1.450.000	5.000.000

Ces données conduisent à un apport solide total annuel de $15 \cdot 10^6$ m³, constitué de vases pour la majeure partie et qui sont dispersées en suspension.

1.4.2. Les données de l'A.N.R.H

Selon l'A.N.R.H. (Agence Nationale de Ressources Hydrauliques) : la méthode utilisée pour estimer le débit solide d'un oued, consiste à faire un prélèvement dans une colonne d'eau, à mesurer sa concentration en matériaux solides, puis à multiplier cette dernière par le débit liquide de cours d'eau.

- Le débit solide calculé par ce procédé, ne met en évidence les matériaux qui se trouvent en suspension à l'instant du prélèvement.
- Vu l'absence de station de mesures, nous n'avons pas pu estimer les débits liquides et solides des oueds suivants : oued Mencha, oued Nil et oued Zhour .
- Dans la région de Jijel l'agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H.) a deux stations de jaugeages :
La première se localise à «oued Missa » pour oued Djendjen ; la deuxième, elle se situe sur l'oued El-Kébir au niveau d'El Ancer.
- Les données de l'agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H.) s'étendent sur une période de onze ans allant de 1983 à 1993.

➤ Oued El-Kébir «STATION EL-ANCER »

TABLEAU N°4 Moyennes annuelles des débits solides et liquides de l'oued El-Kébir durant la période 1983 à 1993.

Années	Moyennes annuelles des débits liquides (m ³ /s)	Moyennes annuelles des débits solides (kg/s)
1983	35,31	344,68
1984	70,37	692,70
1985	22,99	184,69
1986	32,11	211,87
1987	9,53	37,51
1988	17,01	131,56
1989	8,47	147,50
1990	46,14	635,27
1991	23,20	193,62
1992	20,91	48,72
1993	13,53	29,76

On remarque que les maximaux des débits liquides et solides sont observés en 1984 avec des débits de 70,37 m³/s et 692,70 kg/s. Les minimaux sont observés en 1987 avec 9,53 m³/s pour les débits liquides et 37,51 kg/s pour les débits solides (fig. n°8).

➤ Oued Djendjen «STATION OUED MISSA »

TABLEAU N°5 Moyennes annuelles des débits solides et liquides de l'oued Djendjen durant la période 1983 – 1993.

Années	Moyennes annuelles des débits liquides (m ³ /s)	Moyennes annuelles des débits solides (kg/s)
1983	7,80	50,76
1984	16,75	118,49
1985	3,72	10,59
1986	5,55	40,38
1987	2,26	9,86
1988	4,17	15,45
1989	1,10	2,97
1990	5,47	30,42
1991	3,02	28,26
1992	2,75	10,25
1993	1,96	3,87

D'après les données de l'agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H.), on remarque que les maximaux des débits liquides et solides sont observés en 1984 enregistrant des valeurs de 16,75 m³/s et 118,49 kg/s. les débits minimaux sont observés en 1989 avec 1,10 m³/s pour les débits liquides et 2,97 kg/s pour les débits solides (fig. n°9).

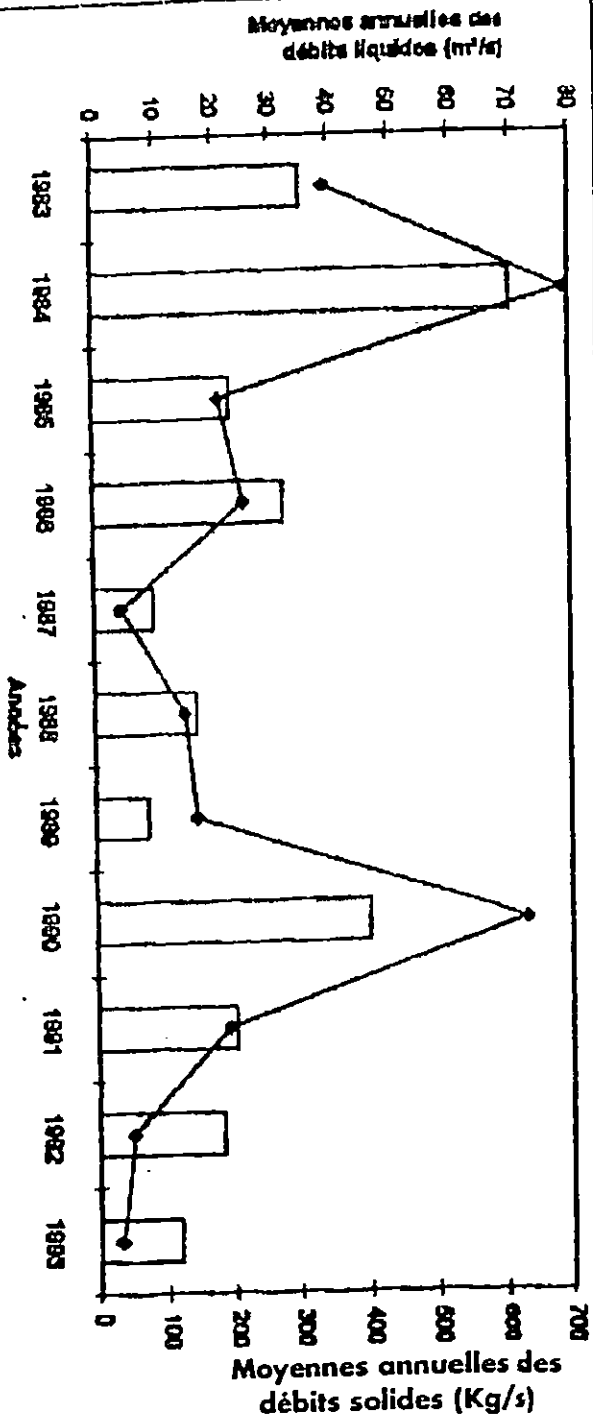


Figure 8 : Moyennes annuelles des débits liquides et liquides de Qued El-Kebir (Station El-Ancar) durant la période 1983-1993.

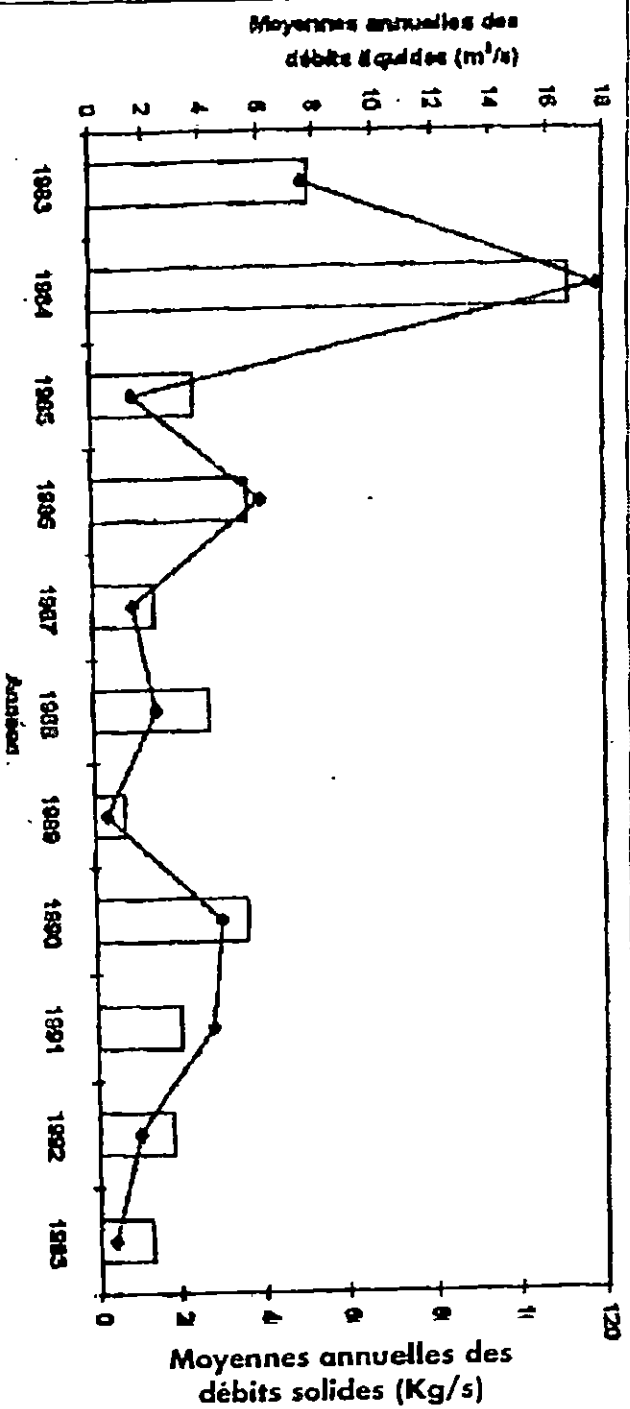


Figure 9 : Moyennes annuelles des débits solides et liquides de Qued Djen-djan (Station Qued Missea) durant la période 1983-1993.

1.5. Pluviométrie (fig. n°10)

Le caractère des précipitations est un facteur déterminant dans l'érosion hydrique et le transport du matériel érodé.

La région de Jijel est l'une des localités les plus pluvieuses d'Algérie, elle bénéficie d'un climat méditerranéen appartenant à l'étage sub-humide.

Selon les données d'une étude qui s'intitule «contribution à l'étude du pin d'Alep en Algérie », le nombre de jours pluvieux par an est de 111 jours.

Selon les données annuelles recueillies par l'A.N.R.H sur un intervalle de temps de 10 années (1979-1989), au niveau de deux stations pluviométriques d'El-Ancer et oued Missa, la moyenne annuelle des précipitations atteint respectivement, 1377 mm/an et 1058 mm/an.

Les récentes données pluviométriques fournis par l'agence nationale des ressources hydrauliques (A.N.R.H.), pour la période de 1980 à 1995 sont regroupés dans le **tableau n°6.**

TABLEAU N°6 Pluviométrie durant la période (1980-1995) (A.N.R.H , 1998).

Mois	Précipitations (mm)
S	42,58
O	14,37
N	101,42
D	181,00
J	118,13
F	102,96
M	80,21
A	68,26
M	38,95
J	9,29
J	2,00
A	10,67

Moyenne inter-annuelle = 769,84 mm / an.

Il est à signaler une diminution significative des précipitations dans la dernière décennie du siècle passé (1990 – 1999).

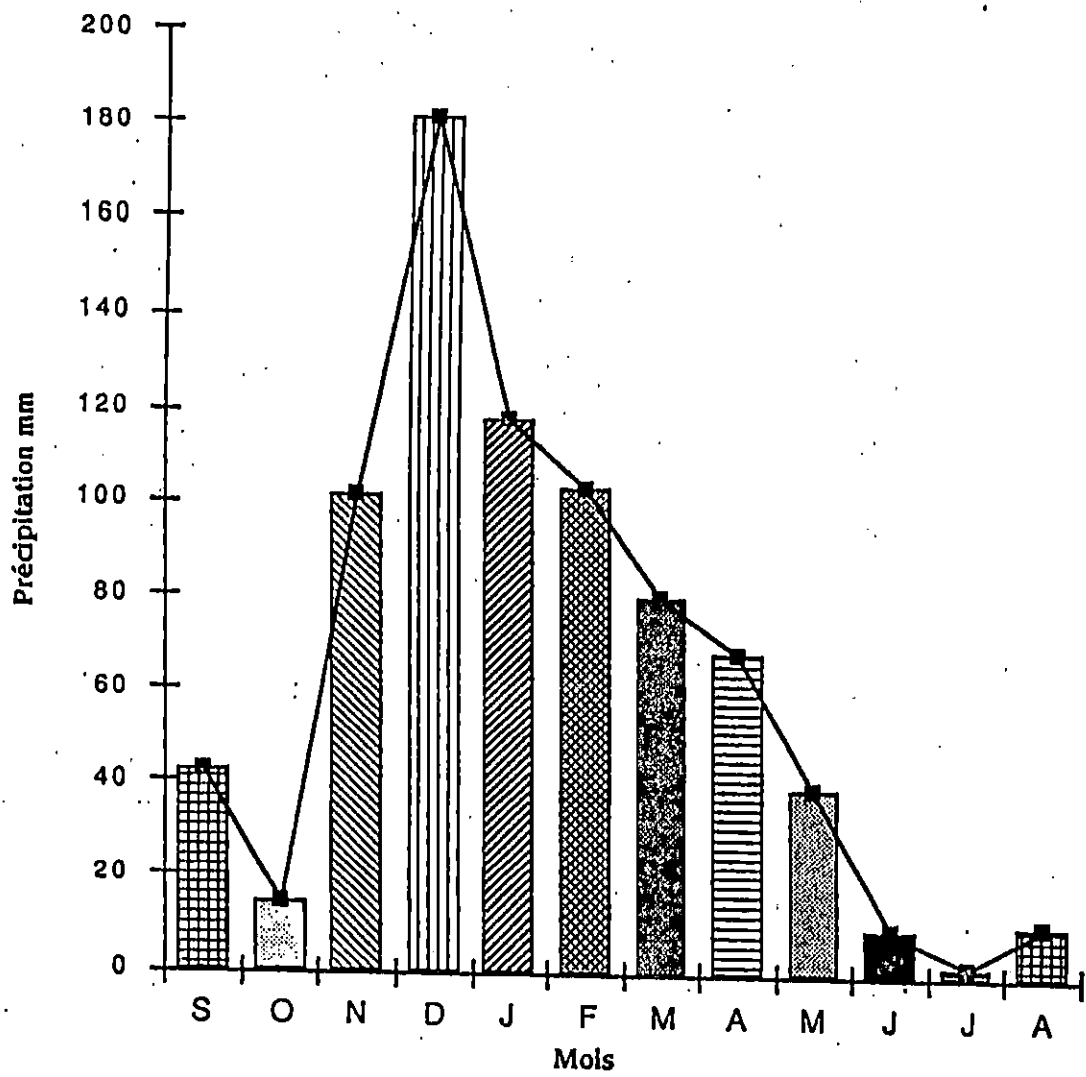


FIG.10: Pluviométrie durant la période (1980 - 1995)

Chapitre 2

Matériels

&

méthodes

2.1. Campagne et technique de prélèvement

Dans le cadre de l'étude des caractères sédimentologiques et géotechniques des sédiments superficiels dans la baie de Jijel, une campagne a été réalisée en octobre 1999 à bord du navire océanographique M.S.BEN YAHIA de l'ISMAL.

Au total, 51 échantillons ont été prélevés selon 11 radiales espacées de 1000 mètres, chaque radiale compte 4 à 5 stations de prélèvement (fig. n°11).

Le positionnement des stations de prélèvement a été effectué, à l'aide d'un G.P.S.

L'échantillonnage de la couche superficielle des sédiments a été réalisé à l'aide d'une benne preneuse de type VAN VEEN adaptée à un treuil du navire.

La surface maximale échantillonnée est de l'ordre 0,5 m² et l'épaisseur est en moyenne de 15 cm.

2.2. Travaux au laboratoire et traitement des données

2.2.1. Analyse sédimentologique

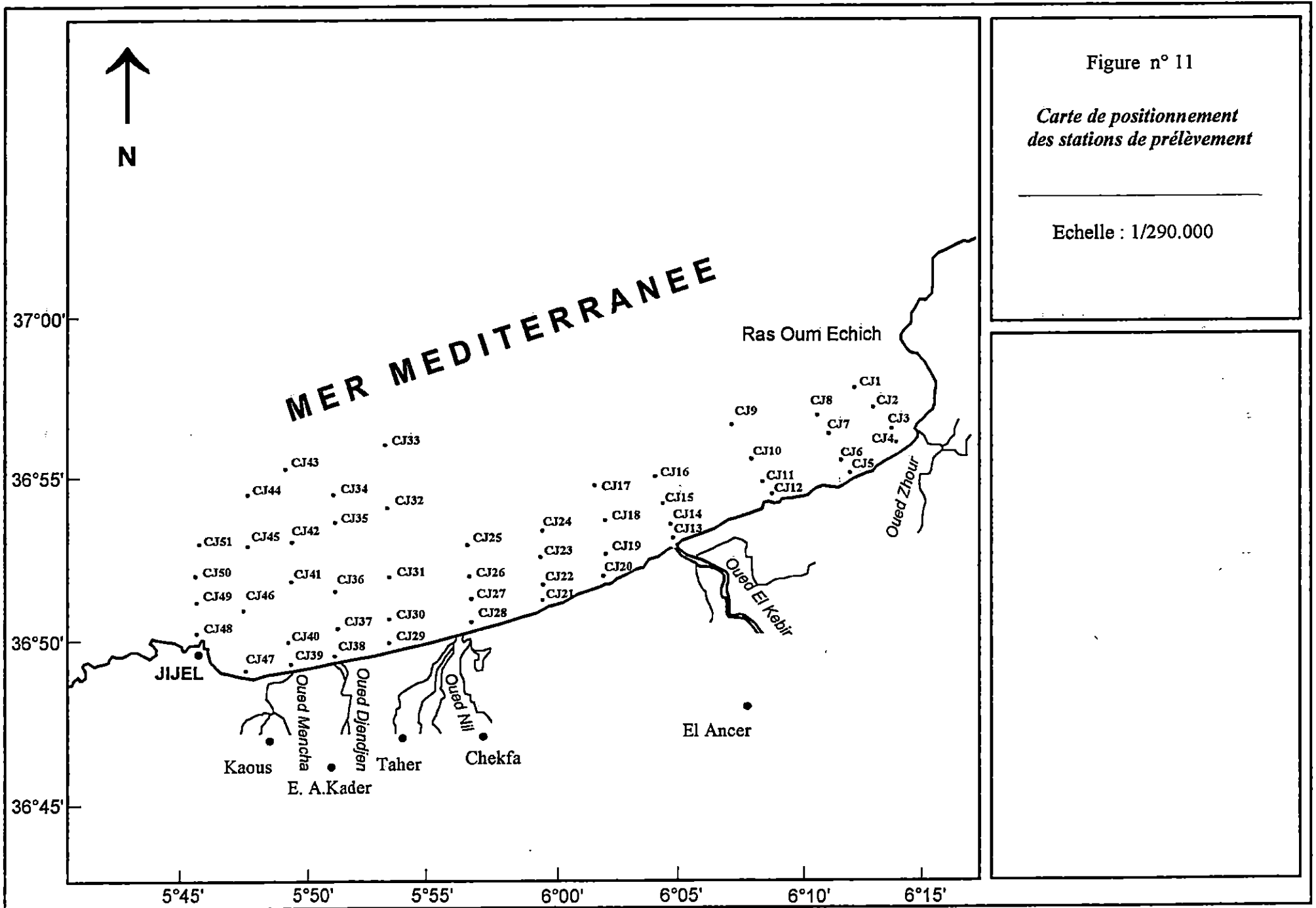
Le but d'une étude sédimentologique en milieu marin est la recherche de la répartition des sédiments, par conséquent de leur modalité de mise en place.

Bien qu'ayant des formes diverses, les particules soumises à l'analyse sédimentologique sont assimilées, lors des mesures, à des sphères de volumes équivalentes (SANGLERAT et COSTET, 1981).

2.2.1.1. Méthodes et techniques de laboratoire

Le sédiment brut est lavé à l'eau douce, dans un tamis à maille carrée de 80µm de diamètre.

- La fraction grossière est récupérée dans le tamis lui-même (80µm).
- La fraction fine est récupérée dans un récipient après son passage à travers les mailles du tamis.
- Ce mélange d'eau et de sédiments est séparé par centrifugation ; le sédiment récupéré est mis dans une étuve pour séchage.



La fraction grossière ($\varnothing > 80\mu\text{m}$) récupérée, est soumise à un tamisage à sec sur une série de tamis dont le diamètre des mailles est compris entre 2 et 0,08 mm et suit une progression logarithmique de $^{10}\sqrt{10}$ selon la norme AFNOR (Agence Française de Normalisation).

Pour chaque échantillon analysé une courbe cumulative est établie sur une feuille semi-logarithmique avec en ordonnée les pourcentages cumulés des refus et en abscisse la taille des mailles des tamis. Ces courbes cumulatives permettent la mesure graphique des différents paramètres, qui nous ont permis de calculer les différents indices granulométrique ; telle que : l'indice de classement (Φ_i), l'indice d'asymétrie (SKI), la taille moyenne (μ).

2.2.1.2. Teneur en carbonates dans le sédiment

L'étude des carbonates consiste à déterminer la teneur en CaCO_3 (carbonates) pour chaque échantillon, en fonction du volume du gaz (CO_2) dégagé après l'attaque à l'acide chlorhydrique, d'un poids connu de sédiment.

On procède à l'analyse des échantillons à l'aide du calcimètre de Bernard (fig. n°12) dont les étapes sont les suivantes :

- 1- Placer l'échantillon à analyser en «a» (1 à 10g).
- 2- Placer l'acide chlorhydrique dans l'éprouvette déposée en « a ».
- 3- Fermer le récipient «a».
- 4- Mesure la hauteur (h_1) d'équilibre en plaçant la vase amovible.
- 5- Agiter le récipient «a» pour que l'acide tombe sur l'échantillon.
- 6- Attendre la fin de la réaction.
- 7- Mesure la hauteur (h_2) d'équilibre en plaçant la vase amovible.

La détermination du pourcentage des carbonates (CaCO_3) dans l'échantillon se fait en appliquant la formule suivante :

$$\text{CaCO}_3 (\%) = 0,3 (U/V.P) \times 100.$$

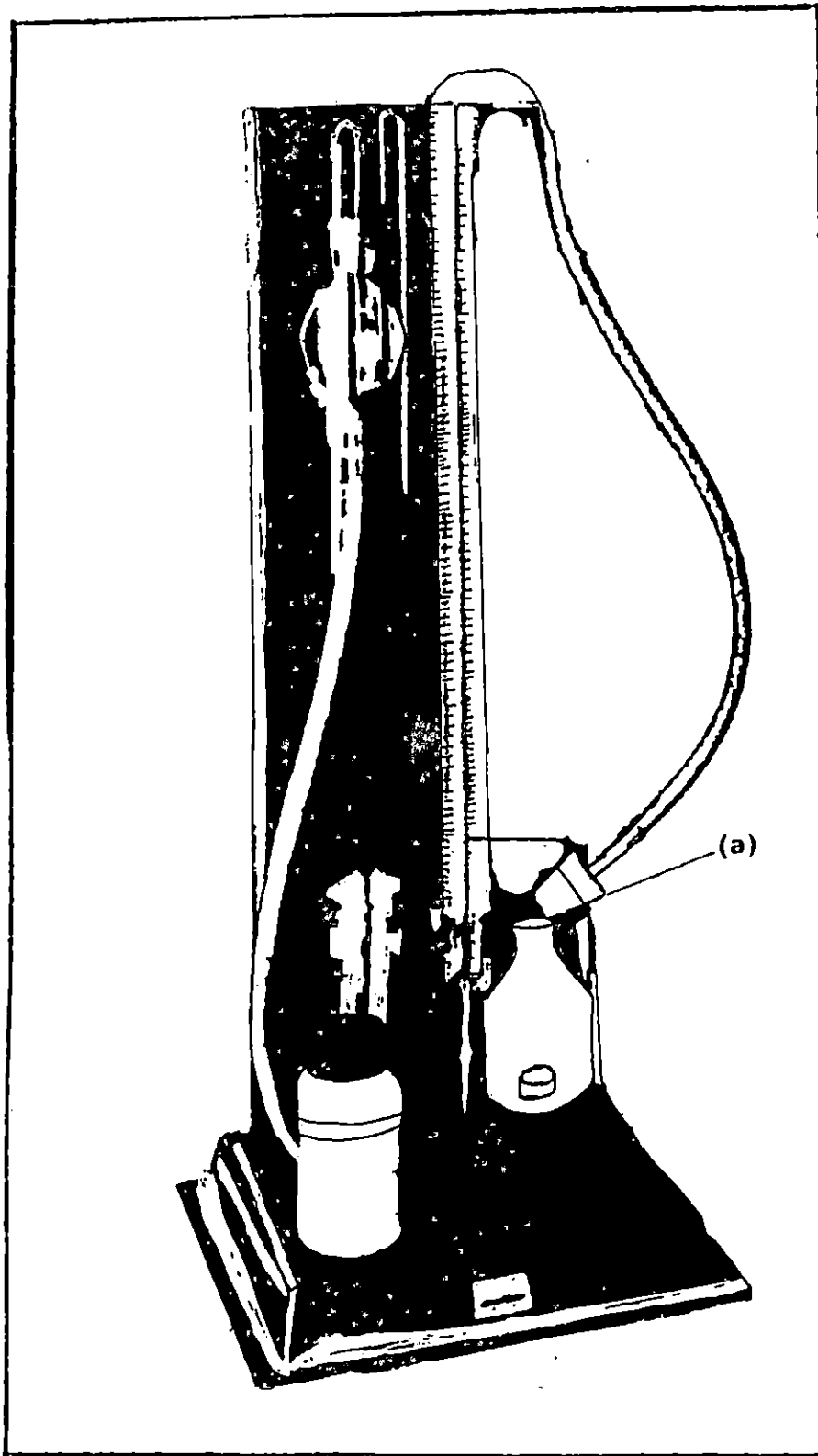


FIG.12 : SCHEMA DU CALCIMETRE DE BERNARD

$U = h_2 - h_1$: Volume du gaz CO_2 dégagé.

V : Volume du gaz dégagé en utilisant 0,3g de CaCO_3 pure à la place de l'échantillon.

P : Poids de l'échantillon.

CaCO_3 : Pourcentage des carbonates.

2.2.2. Essais géotechniques :

Les essais géotechniques ont été réalisés dans le but d'avoir des informations sur les caractéristiques rhéologiques des sédiments prélevés.

2.2.2.1. Teneurs en eau (w %)

La détermination expérimentale de la teneur en eau naturelle consiste à peser l'échantillon avant dessiccation (w_t , poids total, après passage à l'étuve durant 24 heures, on pèse le même échantillon séché, w_s).

la teneur en eau sera alors :

$$w\% = \frac{(w_t - w_s) \times 100}{w_s}$$

2.2.2.2. Les limites d'Atterberg

Elles sont mesurées à partir des échantillons bruts et ensuite remaniés pendant les essais.

L'échantillon à manipuler est imbibé d'eau de mer pour lui conférer son aspect initial.

- Limite de liquidité (w_l)

La limite de liquidité a été déterminée en utilisant la coupelle de CASAGRANDE (fig. n°13).

Principe :

On creuse une rainure, à l'aide d'un outil à rainure (**fig. n°13**), dans le mortier dans la coupelle, et on tourne la manivelle à raison de deux tours par seconde (**fig. n°13**).

- Par définition, la limite de liquidité est la teneur en eau obtenu à la fermeture sur 1 cm de longueur de la rainure, après environ 25 chocs.
- La même opération est refaite à trois reprises avec le même échantillon, après séchage sur une plaque de marbre, afin d'obtenir des états différents et par conséquent la fermeture de la rainure (sur 1 cm de long) par un nombre de chocs inférieur à 35 ($n < 35$).
- Le nombre de chocs doit être compris entre 15 et 35. L'idéal est d'avoir cette fermeture aux nombres de chocs suivants :

$n \approx 15$ pour le premier essai.

$n \approx 25$ pour le second essai.

$n \approx 35$ pour le troisième essai.

On prélève un peu de mortier sur les deux cotés de la rainure qu'on place sur une capsule tarée et on le pèse immédiatement. Il est mis à l'étuve pour sécher, à une température de 105°C pendant 24 heures.

L'échantillon retiré de l'étuve est pesé afin de déterminer le poids de sédiment sec et déterminer ainsi la teneur en eau par la relation suivante :

$$W_1\% = \frac{\text{Poids total humide} - \text{Poids total sec}}{\text{Poids total sec}}$$

La marge d'erreur est de $\pm 5\%$ sur un même sédiment (exemple : $w_1 = 40\% \pm 2\%$)

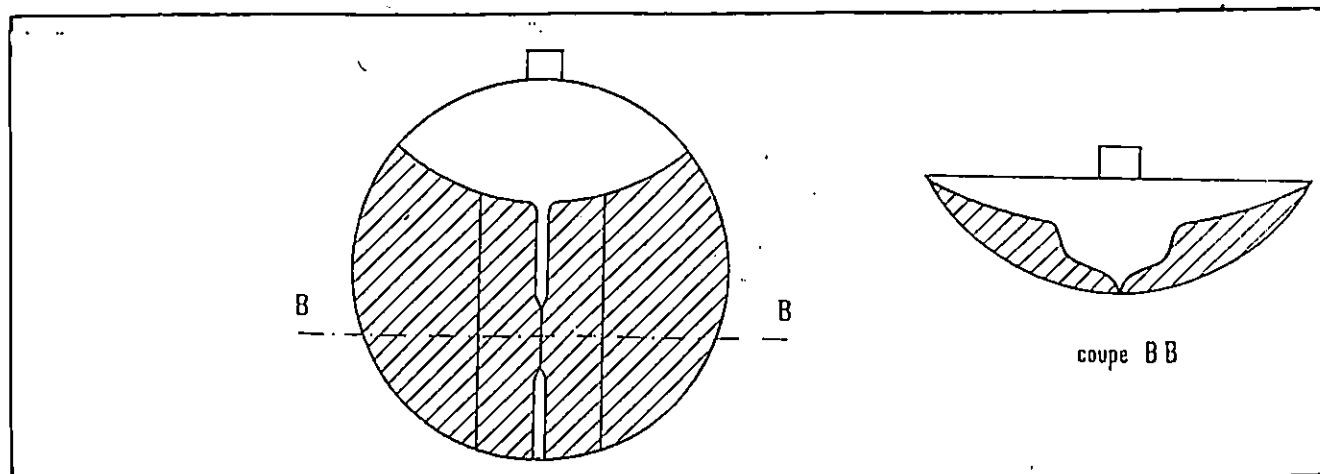
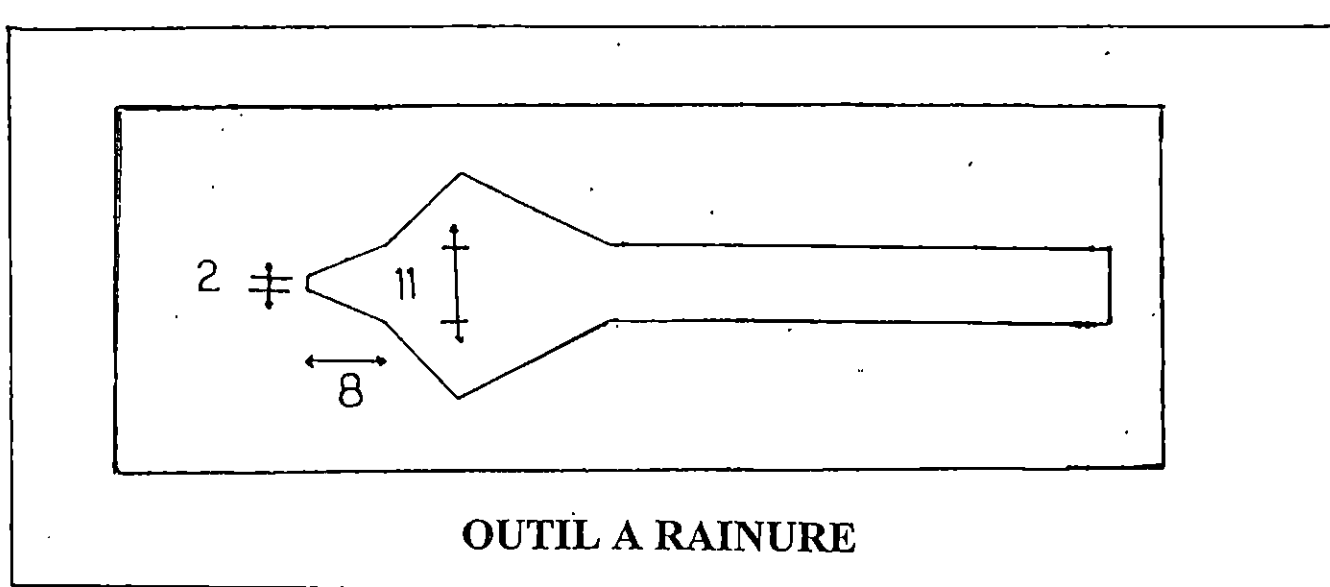
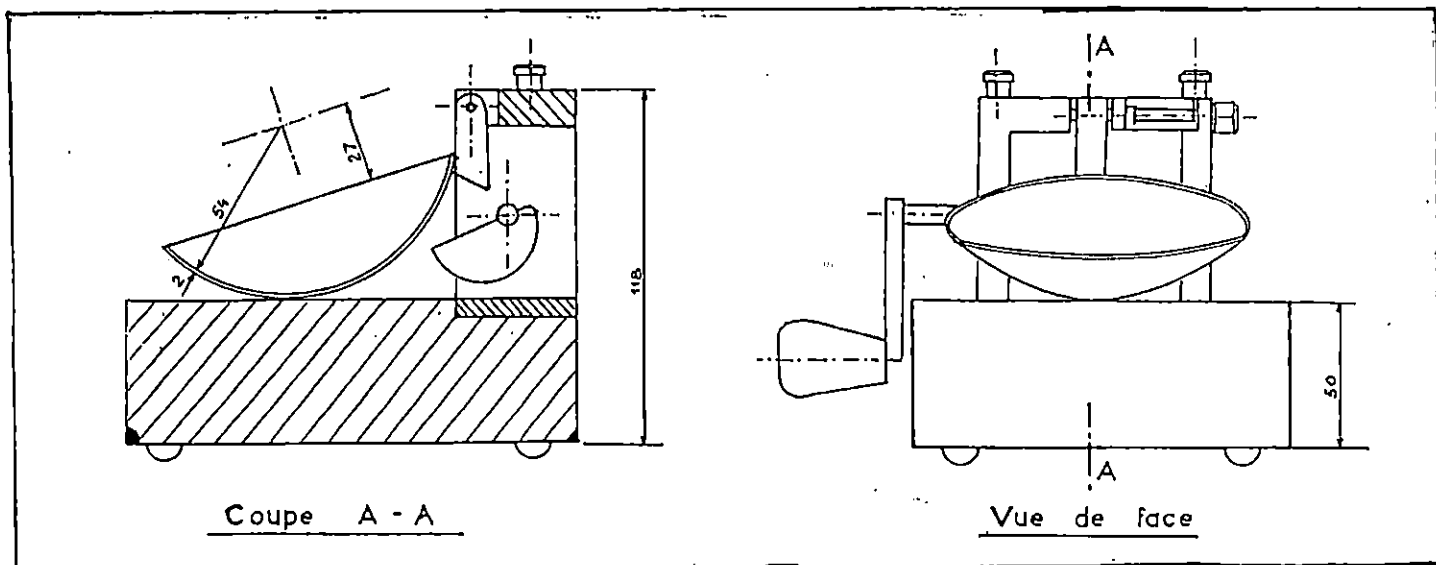


FIG.13 : SCHEMA DE LA BOITE DE CASAGRANDE

- Limite de plasticité (w_p)

La limite plasticité w_p est inférieure à w_l , par conséquent, on laisse sécher l'échantillon.

On prend une quantité de ce sédiment d'environ 1 cm de diamètre. Elle est roulée sur une surface lisse, propre et absorbante à l'aide d'une plaque plane ou avec le creux de la main.

Par définition, la limite de la plasticité est la teneur en eau du rouleau en mortier qui se brise lorsqu'il atteint 3 mm de diamètre.

Le rouleau réalisé est d'environ une dizaine de centimètres.

- Si le rouleau se casse avant d'atteindre 3 mm de diamètre, la teneur en eau est donc forte, l'essai doit être effectuer de nouveau.
- S'il y a rupture à 3 mm de diamètre, on place les petits morceaux dans une coupelle tarée et on pèse immédiatement (P_h).

Il est ensuite met à l'étuve pour sécher à une température de 105°C pendant 24 heures.

L'échantillon retiré de l'étuve une seconde fois (P_s).

$$W_p = \frac{P_h - P_s}{P_s}$$

La marge d'erreur est de $\pm 5\%$ pour un échantillon donné.

A partir des résultats des limites d'ATTERBERG, plusieurs indices ont été calculés, à savoir :

- **L'indice de plasticité (I_p)**

Cet indice indique la gamme des teneurs en eau pour laquelle un sédiment cohérent a les propriétés d'un matériau plastique (SANGLERAT et COSTET, 1981).

$$I_p = w_l - w_p$$

Chapitre 3

Etude

hydrodynamique

3.1. Les vents

3.1.1. Introduction

Le vent est la composante horizontale du déplacement d'une masse d'air par rapport au sol. Il est caractérisé par sa vitesse (exprimée en nœud ou en m/s) et sa direction (PEDELABORDE, 1971).

Les vents jouent un rôle important dans la dynamique des eaux marines superficielles, ils sont générateurs de houles et de courants superficiels, leurs impact évolue avec leur vitesse (GUILCHER, 1979).

3.1.2. Analyse des données de vent

L'analyse des régimes de vents, dans la baie de Jijel, est effectuée à partir des données enregistrées au large des côtes est algériennes, pour une période de 07 ans (1963-1970), et publiées par S.S.M.O (Summary of Synoptic Méterological Observation) de l'U.S.N.W.S.C (United States of Naval Weather Service Command).

En se référant à l'échelle de beaufort, l'U.S.N.W.S.C définit cinq états de vents en fonction de leur vitesse.

TABLEAU N°7 Etat de la mer en fonction des vitesses de vents en Nœuds (U.S.N.W.S.C, 1984).

Etats	Vitesses en nœuds
0	0 à 3
1	4 à 10
2	11 à 21
3	22 à 33
4	> à 34

Pour établir les roses des vents, nous avons traité les données de S.S.M.O. qui donnent le pourcentage des fréquences selon les 12 mois, selon les états définis ci-dessous et selon les huit directions. L'analyse réalisée à partir des roses semestrielles et annuelles (fig. n°14) fait ressortir que :

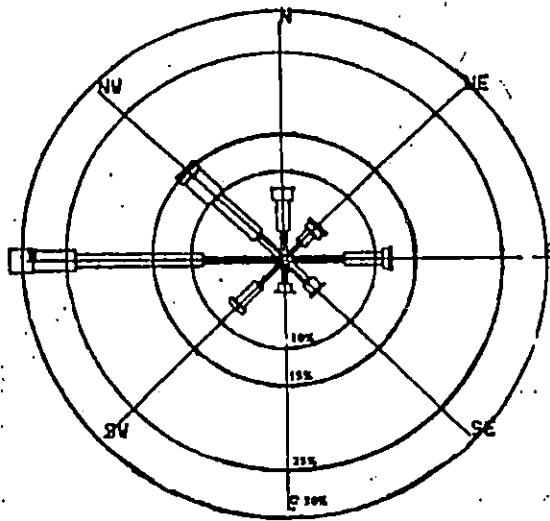
- En période hivernale, les vents les plus violents (vitesse supérieure à 20 m/s) ont les fréquences les plus faibles de l'année ; elles atteignent les 0,5%. Les vents faibles dominants ont des pointes de vitesse faibles $< 0,8$ m/s avec une fréquence moyenne de 46,4%, ces vents proviennent essentiellement des directions N-E et E.
- En saison estivale, on note la disparition des vents violents (qui ont une vitesse supérieure à 20 m/s), une nette dominance des vents du secteur E et N-E qui ont des vitesses faibles $< 0,8$ m/s, avec des fréquences en moyenne de 50%.
- La rose annuelle des directions des vents (fig. n°14) fait ressortir les trois directions suscitées ; ouest, est et nord-est avec des fréquences respectives en moyenne de 22%, 18% et 17%. Les autres directions représentent 36% alors que les périodes calmes constituent 7% des observations totales.
- Les vents forts (vitesse supérieure à 8 m/s) sont plus fréquents pour la direction ouest avec une fréquence de 3%.

3.2. Les houles

3.2.1. Introduction

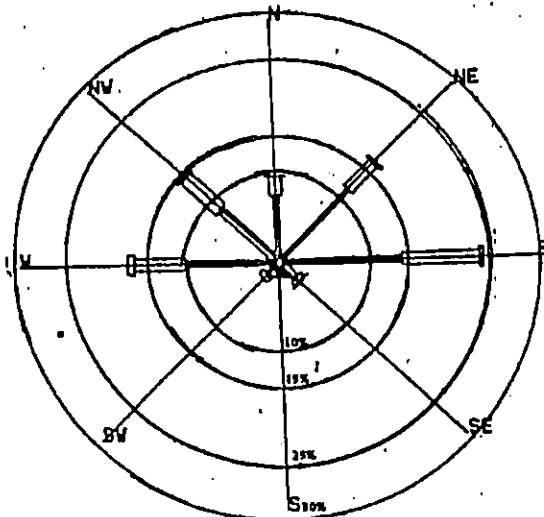
On appelle houle l'ensemble des ondulations ou de vagues parallèles presque identiques qui se propagent de façon sensiblement uniforme vers le rivage (BONNEFILLE, 1976).

DANS LA REGION EST D'ALGERIE



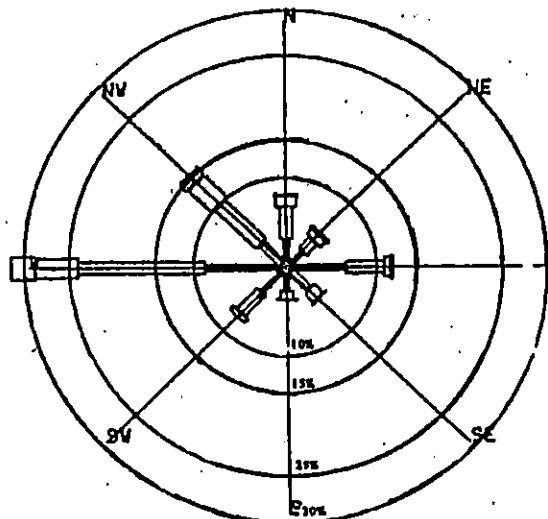
1^{er} Trimestre etat calme = 4,20%

ROSE DES VENTS DANS LA REGION EST D'ALGERIE



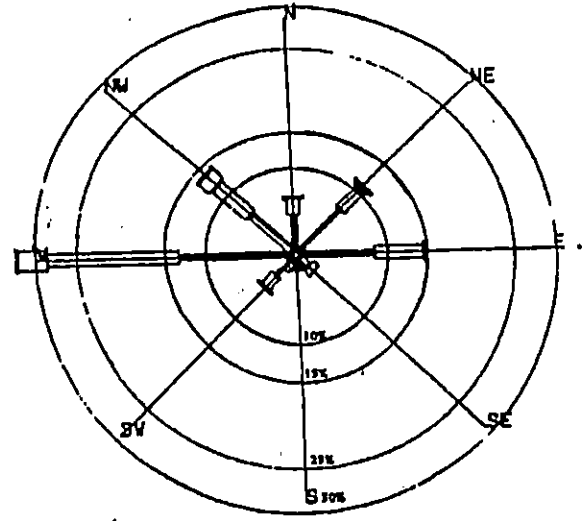
3^{eme} Trimestre etat calme = 8,60%

ROSE ANNELLE DES VENTS DANS LA LA REGION EST D'ALGERIE



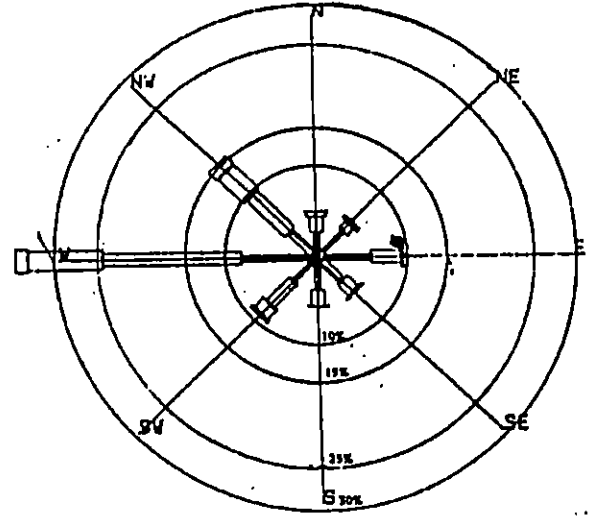
Annuel etat calme = 6,30%

REGION EST D'ALGERIE



2^{eme} Trimestre etat calme = 8,10%

ROSE DES VENTS DANS LA REGION EST D'ALGERIE



4^{eme} Trimestre etat calme = 4,90%

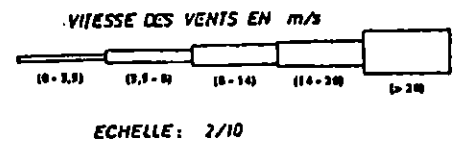


FIG14: Roses trimestrielles et Annuelle des Vents (S.S.M.O.)

Dans ce volet, nous serons donc amenés à caractériser la houle au large afin de :

- Connaître la répartition de l'énergie associée aux différentes directions dominantes en vue d'une meilleure estimation du transit sédimentaire.
- Déterminer l'amplitude de la houle en fonction des directions dominantes, ces données serviront comme support pour l'étude de la réfraction de la houle pour caractériser la houle à l'approche de la côte et pour connaître le sens du transit sédimentaire résultant.

3.2.2. Analyse des données de houles

Cette analyse a été effectuée à partir des observations de houles, enregistrées au large des côtes Est Algériennes, pour une période de sept ans (1963 à 1970), par l'U.S.N.W.S.C.

L'exploitation statistique de ces données nous a permis de définir d'une part, les secteurs de houles dominants, leurs amplitudes et leurs fréquences d'apparitions et d'autre part, elles nous ont permis de tracer les courbes de probabilités de retour.

3.2.2.1. Répartition mensuelle des fréquences en fonction de la direction :

TABLEAU N°8 Fréquences mensuelles et annuelles de la houle au large.

Direction Mois	Ouest	Nord-Ouest	Nord	Nord-Est	Est
Janvier	30,80	14	11,50	7,20	16,40
Février	39,60	14,50	8,40	6	12,40
Mars	35,5	20,40	8,50	5,50	12,90
Avril	39,40	18,60	6,40	8,80	15,20
Mai	31,70	13,10	8,60	15,90	17,30
Juin	30,10	14,60	10,10	15,30	19,50
Juillet	20,10	17,10	12,30	19,80	22,50
Août	18,50	16,90	12,40	19,90	24,90
Septembre	17,70	15,80	12	14,20	29,20
Octobre	30,40	11,10	8,20	11	19
Novembre	40,10	19,60	4,20	36	7,90
Décembre	38,60	19,20	6,70	4,50	6
Annuel	31,04	16,24	9,10	10,97	16,93

L'exploitation du **tableau n°8** fait ressortir les constatations suivantes :

- L'agitation provenant des secteurs ouest et est, est la plus fréquente, néanmoins, par forte houles le secteur ouest prédomine.
- Les houles de tempêtes proviennent essentiellement du secteur ouest, par contre pour les secteurs nord et nord-est les fréquences d'apparition restent faibles et ne dépassent pas 9,1%.

3.2.2.2. Les roses trimestrielles

L'état de la mer est caractérisé par les degrés suivants qui correspondent aux amplitudes suivantes (tableau n°9) :

TABLEAU N°9 Etat de la mer en relation avec les amplitudes.

Degré (°)	Amplitudes (m)	Appellation
Calme	< 0,25	Belle
0°	0,25 à 0,75	Ridée ou belle
1°	0,75 à 1,75	Modérée
2°	1,75 à 2,75	Agitée
3°	2,75 à 3,75	Forte
4°	> 3,75	Très forte ou supérieur

A partir du S.S.M.O, nous pouvons ressortir les fréquences d'apparitions des différents degrés d'agitations par direction, ceci permet de réaliser les roses des houles données ci-après trimestriellement et annuellement. Les roses de houles trimestrielles réalisées mettent en évidence deux périodes :

- **Période hivernale (1^{er} et 4^{ème} trimestre) (fig. n°15)**

Cette période est caractérisée par une dominance de fortes houles de direction nord et ouest avec des fréquences respectives de 34% et 15,50%, les amplitudes correspondantes varient de 0,25 à 3,75m. les houles plus faibles proviennent du secteur nord-ouest avec des fréquences de 17%, l'amplitude enregistrée varie entre 0,75 et 1,75m.

Les autres directions enregistrent 40,30% des observations, les périodes calmes forment 11,20%.

- **Période estivale (2^{ème} et 3^{ème} trimestre) (fig. n°15)**

Durant cette période, les houles du secteur ouest dominant (23%), celles des secteurs est (18%) et nord-est (12,2%) prédominent par rapport aux houles nord-ouest (13%). Cependant les houles de fortes amplitudes (supérieure à 3,75) sont observées

dans le secteur ouest et nord-ouest avec des fréquences de (0,2%), alors que les houles les plus fréquentes ont des amplitudes de 0,75 à 1,75 m.

Les autres directions forment 15%. Les périodes calmes sont de l'ordre de 19,77%.

- **Rose annuelle (fig. n°15)**

La rose annuelle de la houle fait apparaître l'importance des houles ouest avec une fréquence de 28%.

Les houles d'amplitudes comprises entre 0,75 et 1,75m constituent 14% des observations. Celles qui sont comprises entre 1,75 et 2,75 m constituent 4,50%.

Les houles des secteurs est et nord-ouest restent assez importantes avec des fréquences respectives de 13% et 14,50%.

Les autres secteurs forment 28,50% des observations, quant aux périodes calmes, elles constituent 15,50%.

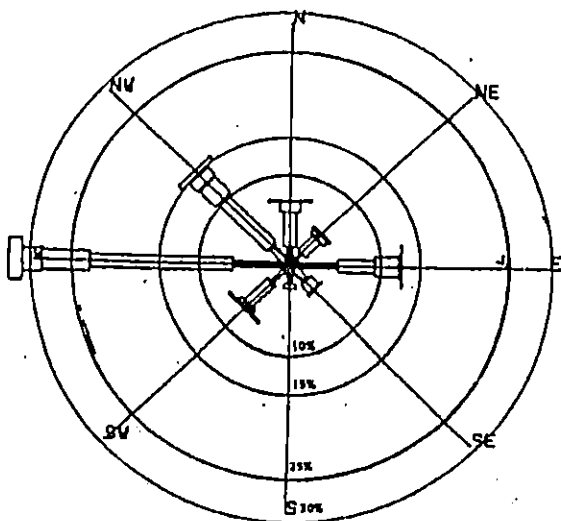
3.2.2.3 Relation amplitude direction de la houle au large

Le tableau n°10 ci-après présenté les résultats de cette étude de la relation amplitude direction. On y constate que les fortes houles proviennent du secteur ouest. Les agitations provenant des secteurs nord-ouest et est sont fréquentes pour les houles inférieures à 2,5 m d'amplitude.

TABLEAU N°10 : Fréquence par direction des différents états de la mer au large.

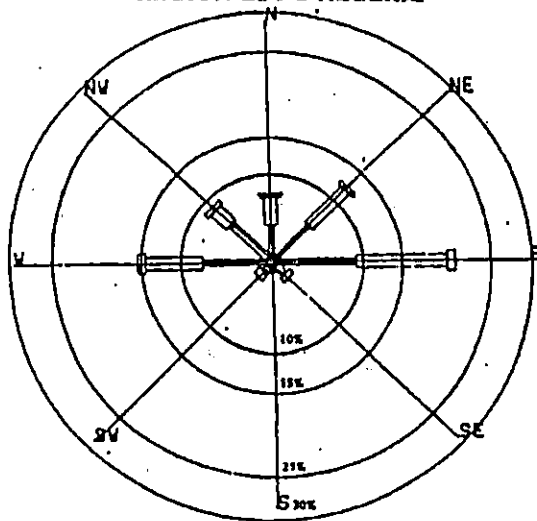
Etat de la mer au large (°)	Direction de la houle				
	Ouest	Nord-Ouest	Nord	Nord-Est	Est
Calme	2,60%	1,9%	2,30%	2,30%	3,20%
0°	8%	4,20%	2,80%	4,30%	6,60%
1°	14,20%	6,70%	3,30%	3,70%	6,10%
2°	4,40%	2,30%	0,50%	0,40%	0,70%
3°	1,10%	0,80%	-	-	-
4°	0,60%	0,30%	-	-	-
Total	30,9%	16,2%	8,90%	10,70%	16,6%

ROSE TRIMESTRIELLE DE LA HOULE
REGION EST D'ALGERIE

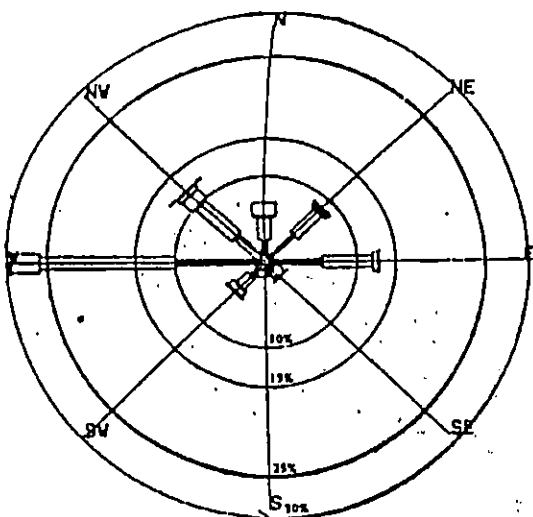


1^{er} Trimestre etat calme = 11,10%
ROSE TRIMESTRIELLE DE LA HOULE
REGION EST D'ALGERIE

ROSE TRIMESTRIELLE DE LA HOULE
REGION EST D'ALGERIE

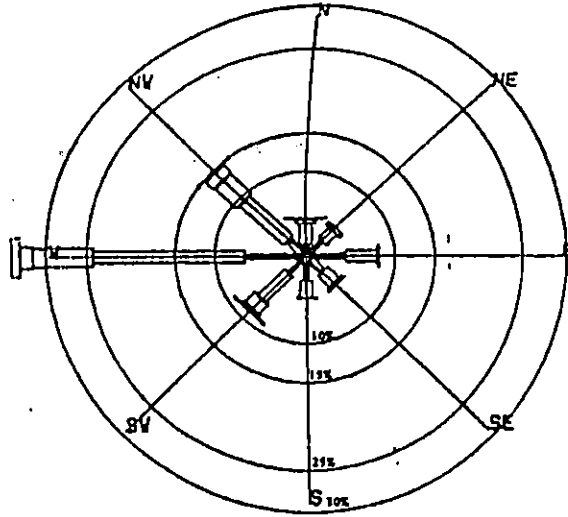


2^e Trimestre etat calme = 19,10%
ROSE TRIMESTRIELLE DE LA HOULE
REGION EST D'ALGERIE

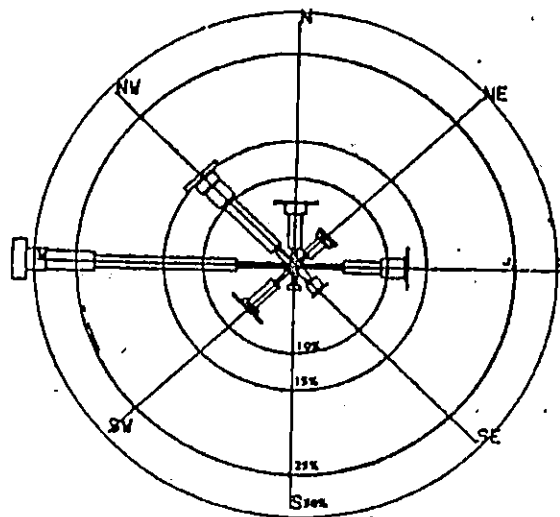


3^e Trimestre etat calme = 20,10%

ROSE ANNELLE DE LA HOULE DANS
LA REGION EST D'ALGERIE



4^e Trimestre etat calme = 12,10%



Annuel etat calme = 15,50%

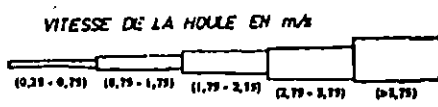


FIG 15 : Roses trimestrielles et Annuelle des Houles (S.S.M.O.)

3.2.2.4. Relation amplitude période de la houle au large

Les observations du S.S.M.O font ressortir la relation entre les amplitudes et les périodes de la houle, le résultat est figuré sur le **tableau n°11** ci-dessous :

TABLEAU N°11 Relation amplitude période de la houle au large.

Etat de la mer	Direction de la houle					
	< 6s	6 à 7s	8 à 9s	10 à 11s	11 à 12s	13s
Calme	5,10%	0,10%	-	-	-	-
0°	20%	1,60%	0,20%	0,10%	-	-
1°	23,60%	12,70%	2,60%	0,60%	0,20%	-
2°	3%	5,70%	3,90%	1,10%	0,30%	0,10%
3°	0,40%	1,20%	1,40%	0,70%	0,30%	-
4°	0,30%	0,30%	0,70%	0,18%	0,10%	-

On remarque que la majorité des houles observées ont des périodes courtes (75% de ces cas leur période est inférieure ou égale à 7s) et seule 3,30% des houles ont une période comprise entre 10 et 13s.

3.2.2.5. Calcul de H_s , fréquence et probabilité de retour

Les résultats des calculs de la fréquence d'apparition d'une hauteur selon les cinq directions (ouest, nord-ouest, nord, nord-est, est) et toutes directions confondues nous permettent d'obtenir les courbes de régression linéaire de la variation de la houle (fig. n° 16, 17, 18, 19, 20 et 21).

- Calcul de la probabilité de retour d'une houle donnée

La probabilité annuelle de voir une houle d'amplitude donnée apparaître au moins une fois sur n années est défini par :

$$P_n = 1 / (3 \times 365 \times n)$$

3 : état de la mer (hypothèse).

P_n : Probabilité.

n : nombre d'année par période de retour.

Le tableau n°12 regroupe les résultats des hauteurs significatives associées aux périodes de retour :

TABLEAU N°12 Probabilité associée aux périodes de retour.

Période de retour	Probabilité associée
Biennale	$4,57. 10^{-4}$
Quinquennale	$1,82. 10^{-4}$
Décennale	$9,13. 10^{-5}$
Vingtennale	$4,65. 10^{-5}$
Cinquantennale	$1,83. 10^{-5}$
Centennale	$9,13. 10^{-6}$

3.2.3. Amplitude des houles ; biennale, quinquennale, décennale, cinquantennale et centennale

TABLEAU N°13 Amplitude des houles en fonction des directions.

Direction de houle	Ouest	Nord - ouest	Nord	Nord – Est	Est	Toutes Directions
Biennale (m)	7,92	7,03	5,46	4,00	3,51	8,41
Quinquennale (m)	9,03	8,10	6,5	4,67	4,01	9,44
Décennale (m)	9,86	8,90	7,27	5,16	4,38	10,21
Vingtennale (m)	10,70	9,71	8,05	5,67	4,75	10,98
Cinquantennale (m)	11,81	10,78	9,08	6,33	5,24	18,01
Centennale (m)	12,64	11,58	9,85	6,83	5,61	12,98

DIRECTION : EST

— ROULE AU LARGE —

$$Y = A \log(X) + B$$

$$A = -0.84$$

$$B = -0.82$$

COEFFICIENT DE CORRELATION = -0.99

BIANNUELLE = 3.51 M

QUINQUENNALE = 4.01 M

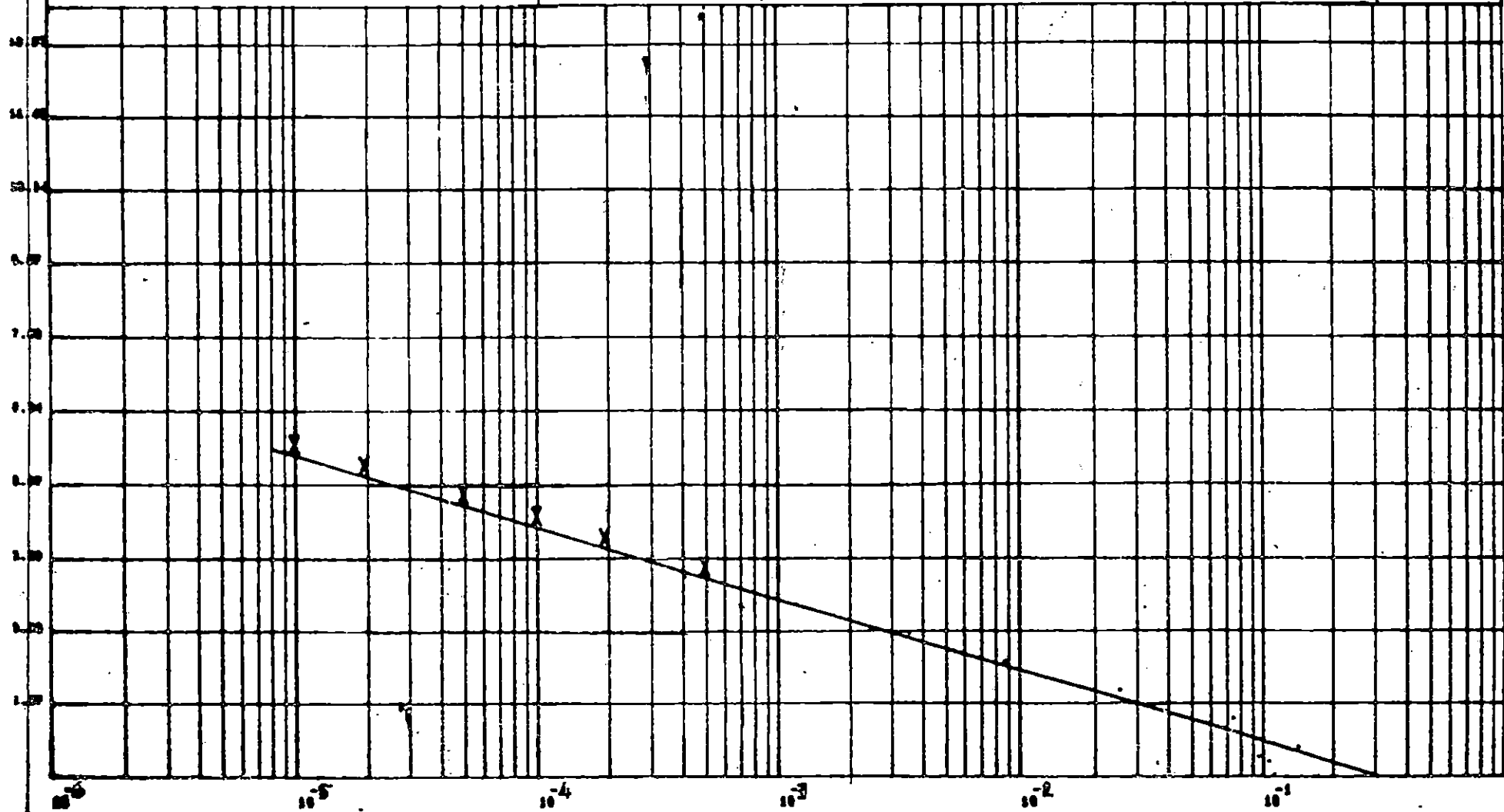
DECENNALE = 4.38 M

VINGTENNALE = 4.78 M

CINQUANNALE = 5.24 M

CENTENNALE = 5.81 M

FIG.16: COURBE DE REGRESSION SECTEUR EST



DIRECTION : NORD-EST

— HOULE AU LARGE —

$Y = A \log(X) + B$

A = -0.72

B = -1.88

COEFFICIENT DE CORRELATION = -0.89

BIANNUELLE = 4.00 M

QUINQUENNALE = 4.67 M

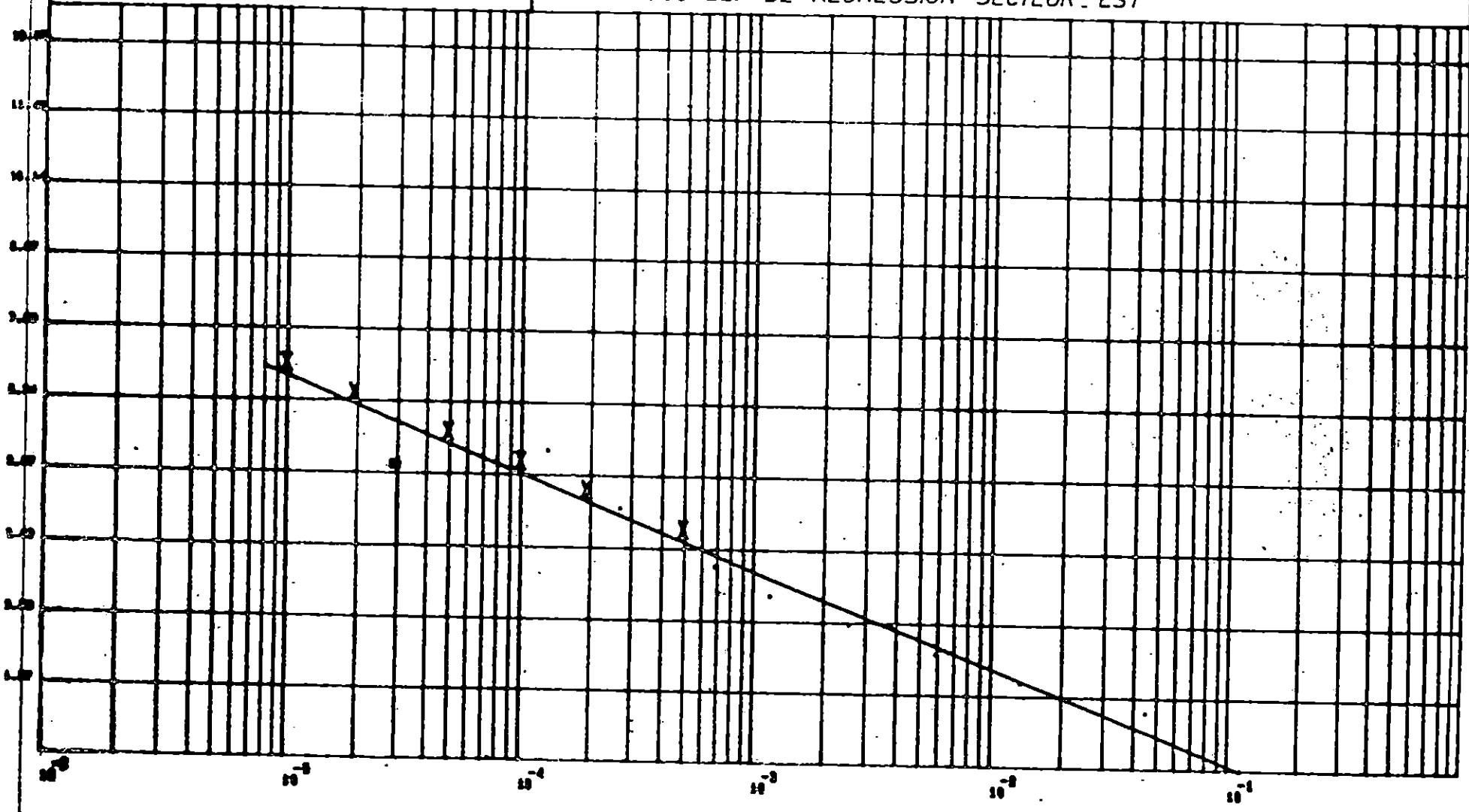
DECENNALE = 5.16 M

VINGTENNALE = 5.67 M

CINQUANNALE = 6.33 M

CENTENNALE = 6.83 M

FIG.17 : COURBE DE REGRESSION SECTEUR EST



DIRECTION : NORD

— HOULE AU LARGE —

$Y = A \log(X) + B$

$A = -3.32$

$B = -3.35$

COEFFICIENT DE CORRELATION = -0.93

BIANNUELLE = 5.46 M

QUINQUENNALE = 6.50 M

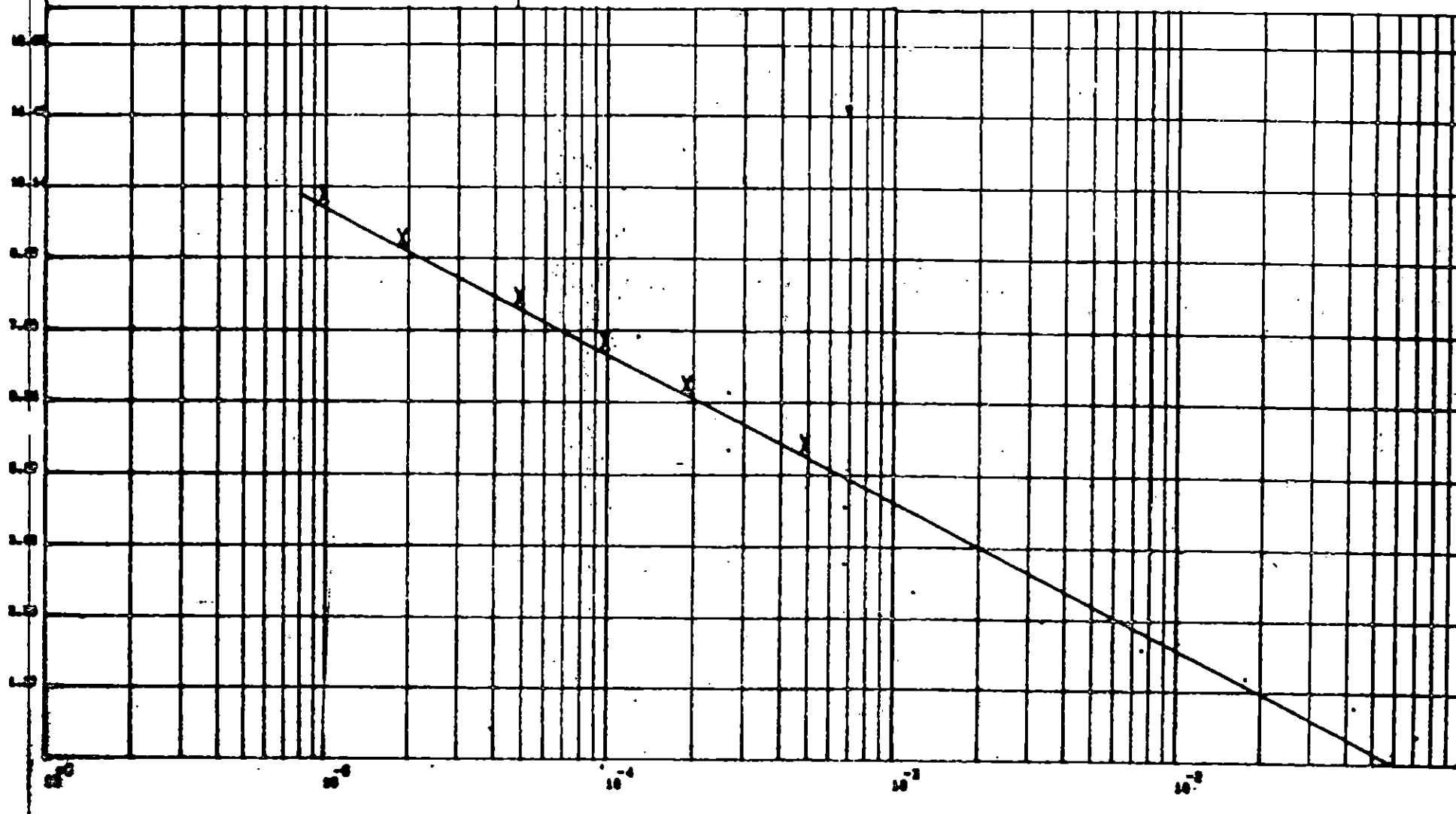
DECENNALE = 7.27 M

VINGTENNALE = 8.05 M

CINQUANTENNALE = 8.95 M

CENTENNALE = 9.85 M

FIG.18 : COURBE DE REGRESSION SECTEUR EST



DIRECTION : NORD-WEST — HOULE AU LARGE —

$Y = A \cdot \log(X) + B$

A = -1.10

B = -1.02

COEFFICIENT DE CORRELATION = -0.99

BIANNUELLE = 7.03 M

QUINQUENNALE = 8.10 M

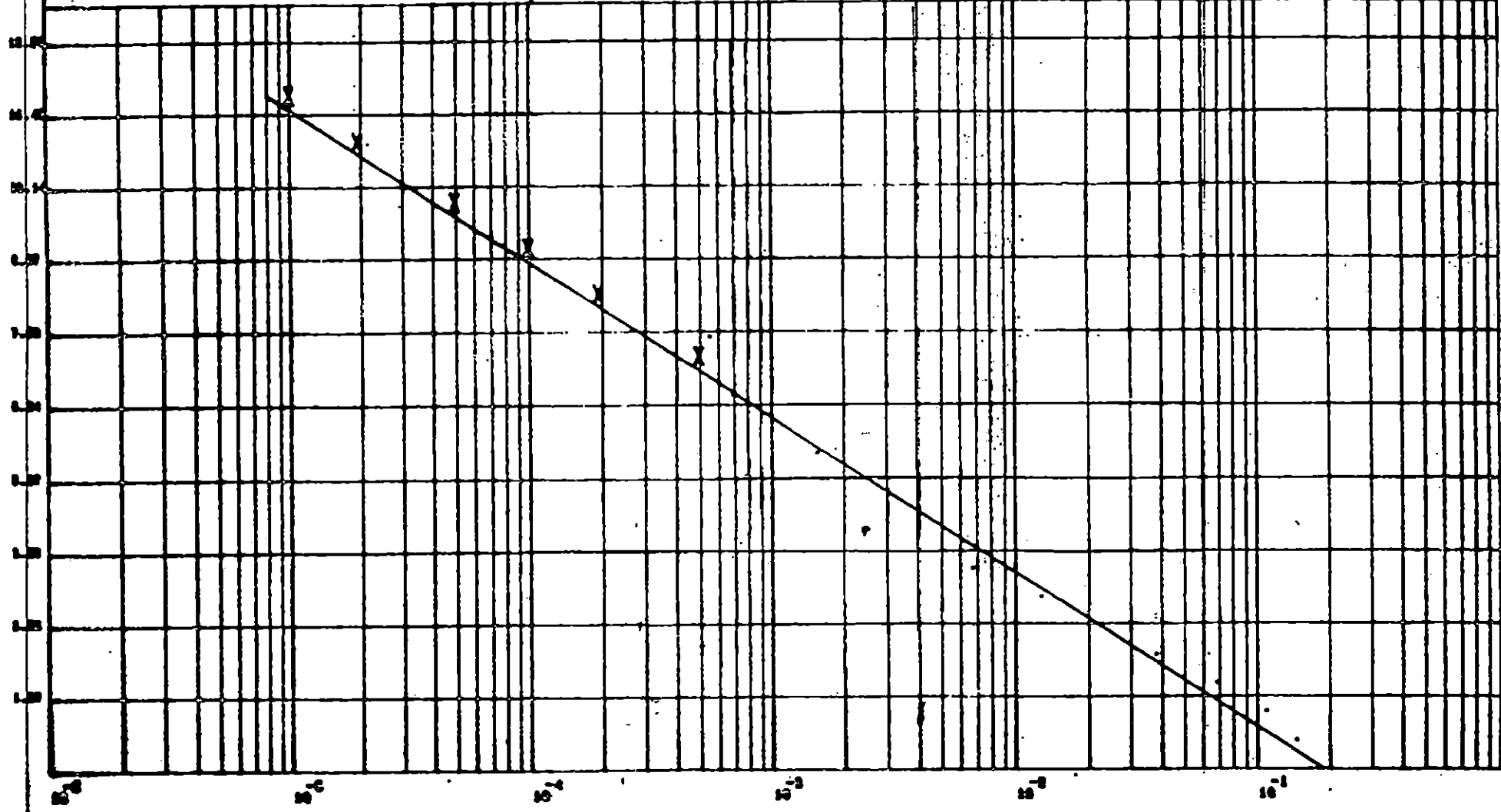
DECENNALE = 8.90 M

VINGTENNALE = 9.71 M

CINQUANTENNALE = 10.70 M

CENTENNALE = 11.80 M

FIG.19 : COURBE DE REGRESSION SECTEUR EST



DIRECTION : WEST

— HOULE AU LARGE —

$$Y = A \log(X) + B$$

$$A = -1.21$$

$$B = -1.37$$

COEFFICIENT DE CORRELATION = -0.99

BIANNUELLE = 7.92 M

QUINQUENNALE = 9.03 M

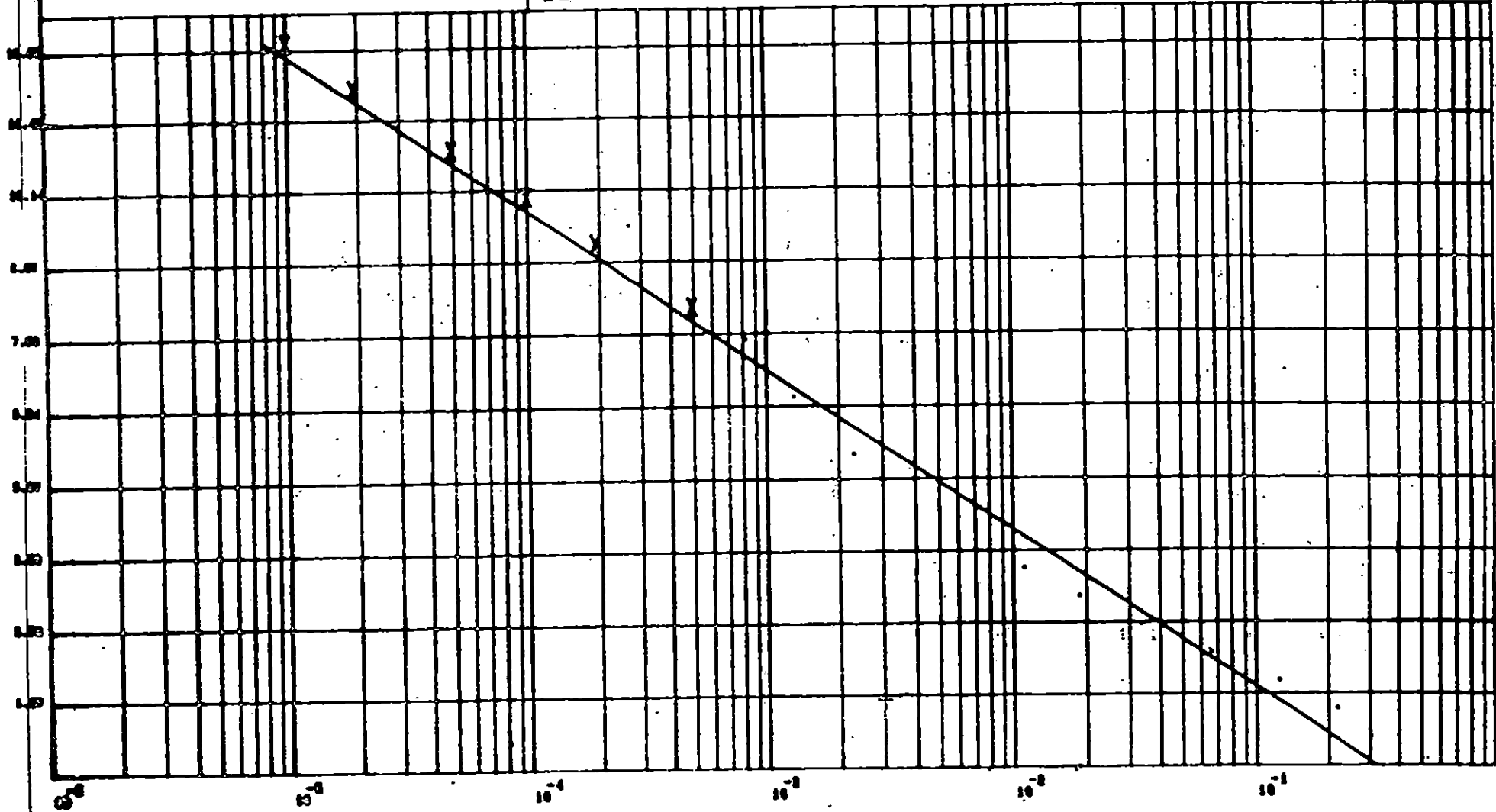
DECENNALE = 9.66 M

VINGTENNALE = 10.70 M

CINQUANTENNALE = 11.81 M

CENTENNALE = 12.84 M

FIG.20 : COURBE DE REGRESSION SECTEUR - EST



DIRECTION : TOUTE DIRECTION HOULE AU LARGE —

$Y = A \log(X) + B$

$A = -1.12$

$B = -0.17$

Coefficient de corrélation = -0.88

BIANNUELLE = 8.43 M

QUINQUENNALE = 9.44 M

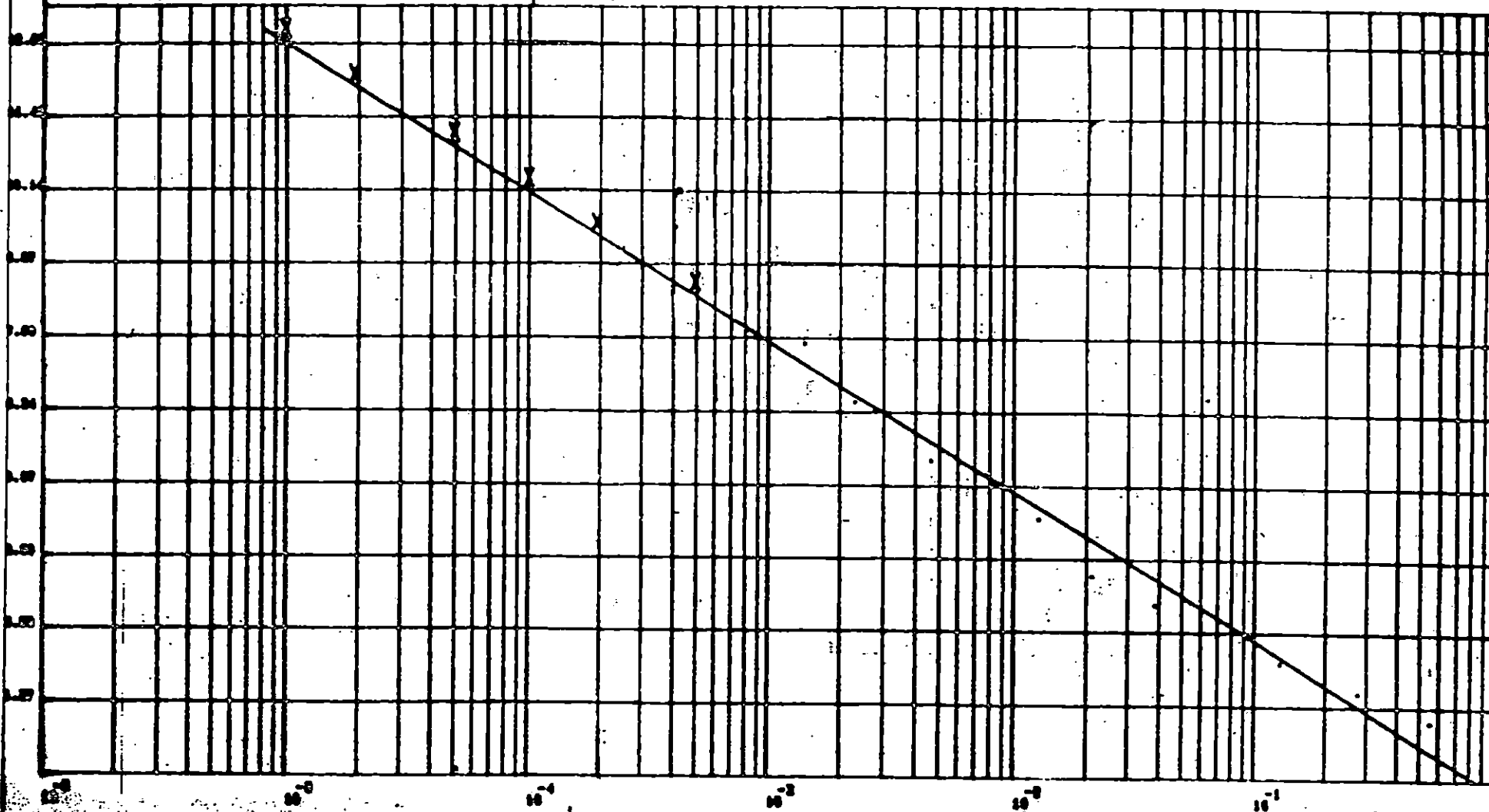
DECENNALE = 10.21 M

VINGTENNALE = 10.98 M

CINQUANTENNALE = 12.01 M

CENTENNALE = 12.76 M

FIG.21 : COURBE DE REGRESSION SECTEUR EST



On remarque que les fortes amplitudes proviennent essentiellement des directions ouest et nord-ouest avec des valeurs respectives de 10 et 9m pour les houles vingtennales.

Les plus faibles amplitudes proviennent essentiellement du secteur est et nord-est avec des valeurs respectives de 4 et 5m pour les houles vingtennales et de 3 et 4m pour les houles biennales.

3.2.4. Etude de la propagation de la houle dans la baie de Jijel

La connaissance de l'obliquité des crêtes de la houle par rapport au trait de côte et leur répartition dans le temps est d'un rôle important pour connaître non seulement le sens des transits littoraux mais aussi pour estimer la cubature transportée.

3.2.4.1. Détermination du coefficient de réfraction (K) et l'angle d'arrivée α

Le coefficient de réfraction (K) et l'angle d'arrivée (α) de la houle après réfraction ont été mesurés à une profondeur d'environ -15m, ce choix nous est imposé par les conditions de validité du modèle «REFRAT».

Le coefficient d'URSEL qui doit être $< 15 U = (HL^2 / D^3) < 15$.

- U : Paramètre d'URSEL.
- H : Hauteur de la houle.
- L : Largeur d'onde.
- D : Profondeur.

Ils serviront ainsi à déterminer les caractéristiques statistiques de la houle avant déferlement.

La baie de Jijel a été subdivisée en deux sous sites vus son étendue linéaire (50 Km de côte) et cela pour avoir une meilleure analyse des résultats.

- 1^{er} site : Jijel – Ile de Tazrout.
- 2^{ème} site : Ile de Tazrout – Hadjra sidi Machiche

Les résultats finals obtenus sont regroupés dans le tableau n°14, 15 et 16.

➤ **Jijel-Ile de Tazrout**

TABLEAU N°14 Résultats finals de la propagation de la houle entre Jijel et Ile de Tazrout.

Direction en degré (°)	Période (s)	Coefficient de réfraction (K) à -15m	Angle d'arriver (α) à -15m
N 360°	6s	0,94	N 357°
N 360°	8s	0,94	N 359°
N 360°	10s	0,87	N 359°
N 45°	6s	0,84	N 037°
N 45°	8s	0,84	N 032°
N 45°	10s	0,88	N 034°
N 330°	6s	0,78	N 337°
N 330°	8s	0,91	N 334°
N 330°	10s	0,77	N 337°

• **Caractéristiques de la houle à la côte entre Jijel et Ile de Tazrout**

TABLEAU N° 15 Amplitude des houles en fonction des directions.

Temps de retours associés (ans)	Nord	Nord-est	Nord-Ouest
Biennale	4,73m	3,06m	4,89m
Quinquennale	5,64m	4,57m	5,63m
Décennale	6,32m	4,95m	6,18m
Vingtennale	7,00m	4,34m	6,73m
Cinquantennale	7,91m	4,85m	7,47m
Centennale	8,59m	6,23m	8,02m

➤ Ile de Tazrout-Hadjra Sidi Machiche

TABLEAU N°16 Résultats finals de la propagation de la houle entre
L'île de Tazrout-Hadjra Sidi Machiche.

Direction en degré (°)	Période (s)	Coefficient de réfraction (K) à -15m	Angle d'arriver (α) à -15m
360°	6s	0,90	N 356°
360° Nord	8s	0,90	N 354°
360°	10s	0,83	N 350°
20°	6s	0,85	N 10°
20° Nord-Est	8s	0,87	N 11°
20°	10s	0,89	005°
330°	6s	0,91	N 330°
330° Nord- Ouest	8s	0,91	N 330°
330°	10s	0,86	N 332°

- **Caractéristiques de la houle à la côte entre l'île de Tazrout et Hadjra Sidi-Machiche**

TABLEAU N°17 :Amplitude des houles à la côte en fonction des directions.

Temps de retour associés (ans)	Nord	Nord-Est	Nord-Ouest
Biennale	4,61m	3,04m	5,26m
Quinquennale	5,50m	3,55m	6,04m
Décennale	5,15m	3,93m	6,63m
Vingtennale	6,82m	4,31m	7,23m
Cinquantennale	7,70m	4,82m	8,01m
Centennale	8,36m	5,20m	8,71 m

Conclusion

Il ressort de l'étude de la réfraction de la houle entre Jijel et Hadjra Sidi-Machiche que les houles de direction nord-est et nord-ouest sont peu réfractées, le coefficient de réfraction (K) est souvent proche de 1. Toutefois on ne peut pas attribuer une grande précision à cette évaluation puisqu'elle est basée sur des formules empiriques et sur des estimations qualitatives de la houle.

3.3. Les courants

3.3.1. Les courants généraux

Les courants circulant au large des côtes algériennes, sont généralement faibles et résultent, d'un écoulement des eaux atlantiques à travers le détroit de Gibraltar. Les récents travaux de Millot (1985) ont aboutit à un nouveau modèle de la dynamique des eaux atlantiques dans le bassin algérien.

Cet auteur considère le courant comme un flux turbulent qui génère par des processus advectifs des tourbillons cycloniques et anticycloniques.

Le courant se déplace de l'ouest vers l'est en décrivant des tourbillons de 100 Km de diamètre et de 200 m d'épaisseur dans la couche de surface.

En période hivernale ce courant reste près des côtes jusqu'au méridien 0° (à proximité d'Oran) allant vers l'est, il s'étale en direction du large. Une branche secondaire se détache et s'incurve vers le fond dans la partie orientale de la baie et semble donner naissance à un contre courant Atlantique (ouest-est) et tend à rejoindre la branche atlantique dans la partie occidentale de la baie, formant ainsi une branche à mouvement tourbillonnaire. La vitesse de ce courant varie entre 0,5 et 2,5 nœuds.

3.3.2. Les courants de retour

D'après SHEPARD et AL (1941), MUNK (1949), SHEPARD et INMAN (1950) in BRAIK (1986), le courant de retour correspond à une zone de flot de retour à partir du lieu de déferlement de la houle contre la ligne du rivage ; leur effet est remarquable, surtout par gros temps généralement en hiver.

Dans la baie de Jijel, les courants de retour sont produits par les houles frontales venant du nord et nord-ouest, ces courants interviennent dans le transport des sédiments perpendiculairement à la côte.

3.3.3. Les courants de dérive littorale

De nombreux auteurs (ECKMAN (1923); MUNK (1949); SHEPARD et INMAN (1950) in BRAIK, 1986) ont noté que les vents et les houles interviennent dans la création des courants parallèles à la côte ; par conséquent dans le transit littoral des sédiments selon les travaux de LARPAS (1957), la dérive littorale n'est présente que lorsque la houle atteint la côte avec une certaine obliquité, la vitesse de courant est maximale pour un angle d'incidence de 50° à 60° . Ils assurent le transport latéral par dérive latérale et la dispersion des sables et des graviers de la frange littorale (fonds de -10 m). Les houles de fortes amplitudes peuvent agir jusqu'à des fonds de -40 à -60 m.

Selon le L.C.H.F, des mesures de courants concernant une partie de la zone ouest de la baie, ont été effectuées entre décembre 1975 et avril 1976 suivant la direction ouest, nord et est, comme suit :

- Observation de dérive des flotteurs lestés qui mettent en évidence les trajectoires des courants.
- Des mesures au courantomètre qui complètent les observations de dérive des flotteurs, en permettant une exploration de vitesse et des directions sur une verticale en un certain nombre de stations. A l'aide du courantomètre des mesures de courant à poste fixe ont été effectuées, ainsi que des mesures de courants dans les fosses de lévigation situées entre la côte et les barres littorales. Après l'analyse des résultats, le L.C.H.F a déduit que :

- Par régime de vent de secteur ouest, les courants ont une tendance générale à porter vers l'est.
- Les mesures des courants classées dans le secteur nord ont eu lieu, le plus souvent, pendant des périodes où la direction des vents étaient instables.
- Par régime de vents de secteur est, les trajectoires de courants sont portées à l'ouest soit à l'est, soit vers la côte.
- Les mesures faites à postes fixes indiquent des courants portant généralement à l'ouest.

3.4. La marée

La marée est un phénomène périodique, prévisible entraînant des variations connues du niveau de l'eau.

La marée méditerranéenne notamment sur les côtes algériennes est très faible et dépasse rarement 0,20m avec des périodes de 24 heures et de 12 heures.

- **Les niveaux de référence**

Les différents niveaux de références sont :

- Zéro Hydrographique [Z.H] 0,00m par rapport au [Z.H].
- Nivellement Général d'Algérie [N.G.A] 0,34m par rapport au [Z.H].
- Niveau moyen $\pm 0,10$ m par rapport au [Z.H].

Deuxième Partie

Chapitre 1

Etude sédimentologique

1.1 Approche de la dynamique sédimentaire par la granulométrie

L'analyse granulométrique permet de connaître la répartition fréquentielle des différentes fractions qui compose le sédiment d'une part et de définir les paramètres des mouvements des sédiments d'autre part.

Dans cette étude nous ferons usage de trois méthodes, l'une est basée sur l'identification des différents faciès qui constituent la couverture sédimentaire de la baie, la deuxième repose sur l'analyse des indices granulométriques (diamètre du grain moyen (μ), l'indice de classement (Φ_i) et l'asymétrie (SKI), la troisième détermine les différentes classes modales existantes.

1.1.1. La texture sédimentaire de la baie de Jijel

Afin de caractériser granulométriquement les sédiments sableux très répandus dans notre zone d'étude, nous avons adopté les coupures proposées par FOLK (1965).

- Sable fin (40- 200 μ m)
- Sable moyen (200- 500 μ m).
- Sable grossier (500- 2000 μ m).

Les pourcentages des différentes proportions de la fraction sableuse, ont été définis à partir des courbes granulométriques (tableau n°18).

TABLEAU N°18 Les pourcentages des différents types de sable.

N° d'échantillon	sable fin (%) 40 - 200µm		Sable moyen (%)	Sable grossier (%)
	Sable fin 80-125µm	Sable fin 125-200µm	200-500µm	500-2000µm
	Cj1	88,42	8,82	2,76
Cj2	70,23	9,92	19,84	-
Cj3	90,67	4,31	5,02	-
Cj4	55,51	23,38	21,10	-
Cj5	76,87	15,53	7,04	0,41
Cj6	81,96	14,29	3,75	-
Cj7	90,50	7,25	2,24	-
Cj8	90,12	3,97	3,98	1,92
Cj9	91,51	7,51	0,97	-
Cj10	87,14	11,68	1,17	-
Cj11	62,77	35,86	2,05	-
Cj12	86,54	8,50	2,13	2,81
Cj13	71,3	16,2	7,04	5,45
Cj14	29,18	15,96	21,32	33,54
Cj15	54,12	13,27	32,61	-
Cj16	100	-	-	-
Cj17	27,19	15,29	57,50	-
Cj20	62,84	31,43	5,45	0,27
Cj21	61,87	21,08	16,98	0,07
Cj22	90,04	5,88	3,58	0,47
Cj23	26,54	11,96	61,49	-
Cj24	46,03	29,74	24,05	-
Cj25	40,64	28,07	31,29	-
Cj26	48,48	21,42	30,10	-
Cj27	72,06	23,51	4,43	-
Cj28	47,23	17,62	35,15	-
Cj29	63,57	26,75	9,67	-
Cj36	32,61	43,81	23,58	-
Cj37	52,46	43,49	4,04	-
Cj38	61,58	34,99	3,43	-
Cj39	68,19	27,48	4,33	-
Cj40	71,01	25,94	2,91	-
Cj42	26,41	18,87	54,72	-
Cj43	8,77	19,88	39,75	31,57
Cj44	8,32	25,31	37,75	28,61
Cj46	17,92	20,05	39,30	22,72
Cj47	55,50	42,42	2,08	-

Leur projection sur le diagramme triangulaire (**fig. n°22**) montre que la couverture sédimentaire est formée essentiellement par des sables fins à moyens.

1.1.2. Répartition des carbonates

Les teneurs en carbonates dans la fraction fine riche en CaCO_3 ont été obtenus, comme il a été dit, au calcimètre de BERNARD. Les résultats obtenus sont regroupés dans le **tableau** (annexe), ces résultats nous ont permis de cartographier les carbonates dans la fraction fine, ils varient entre 15 et 75%.

L'analyse de la carte de la répartition des carbonates dans la fraction fine (**fig. n°23**) fait apparaître :

- Des teneurs relativement élevées 30 à 50% dans la partie est de la baie.
- Des teneurs très élevées (supérieur à 70%) dans la partie ouest de la baie.

Elles dénotent la présence de vasières occidentales, développées derrière les hauts fonds, riche en particules fines.

- Des teneurs relativement faibles (15 à 30%) au niveau des embouchures des oueds (Nil, Djendjen et Mencha) ceci s'explique par le fait des courants engendrés et qui empêchent la sédimentation des particules fines riches en CaCO_3 .

1.1.3. Données bibliographiques

1.1.3.1. Nature de la couverture sédimentaire meuble de la baie de Jijel

Selon les travaux réalisés par LECLAIRE (1972) et CAULET (1972), la nature de la couverture sédimentaire de la baie de Jijel est représentée par trois faciès, essentiels (**fig. n°24**).

a) Faciès des sédiments calcaires

Ce faciès est représenté par des sables, graviers et des vases calcaréo-silicieuse. Il couvre presque la majorité du plateau de la baie.

Ce faciès est constitué par :

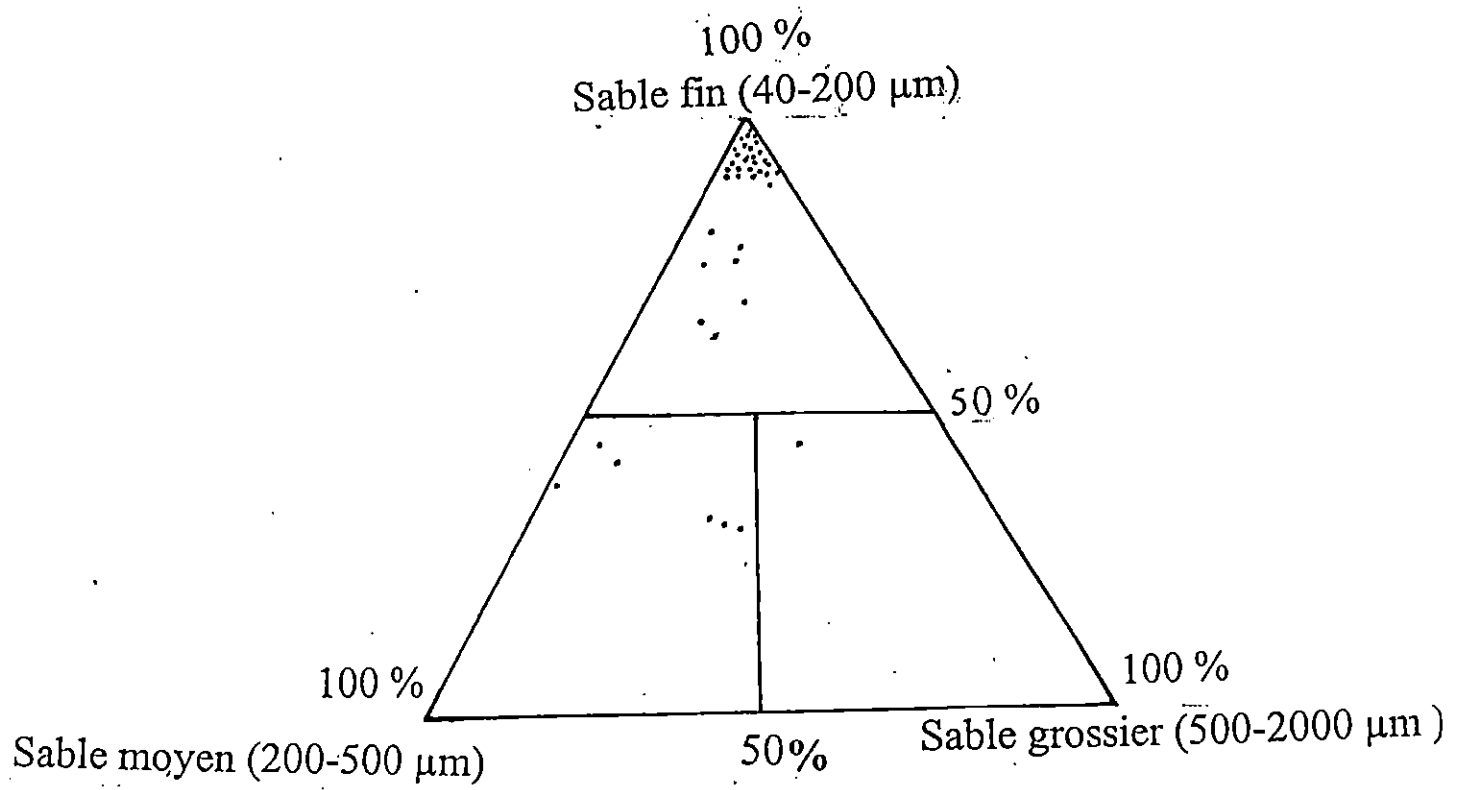


FIG.2.2 : Triangle de FOLK (1965)

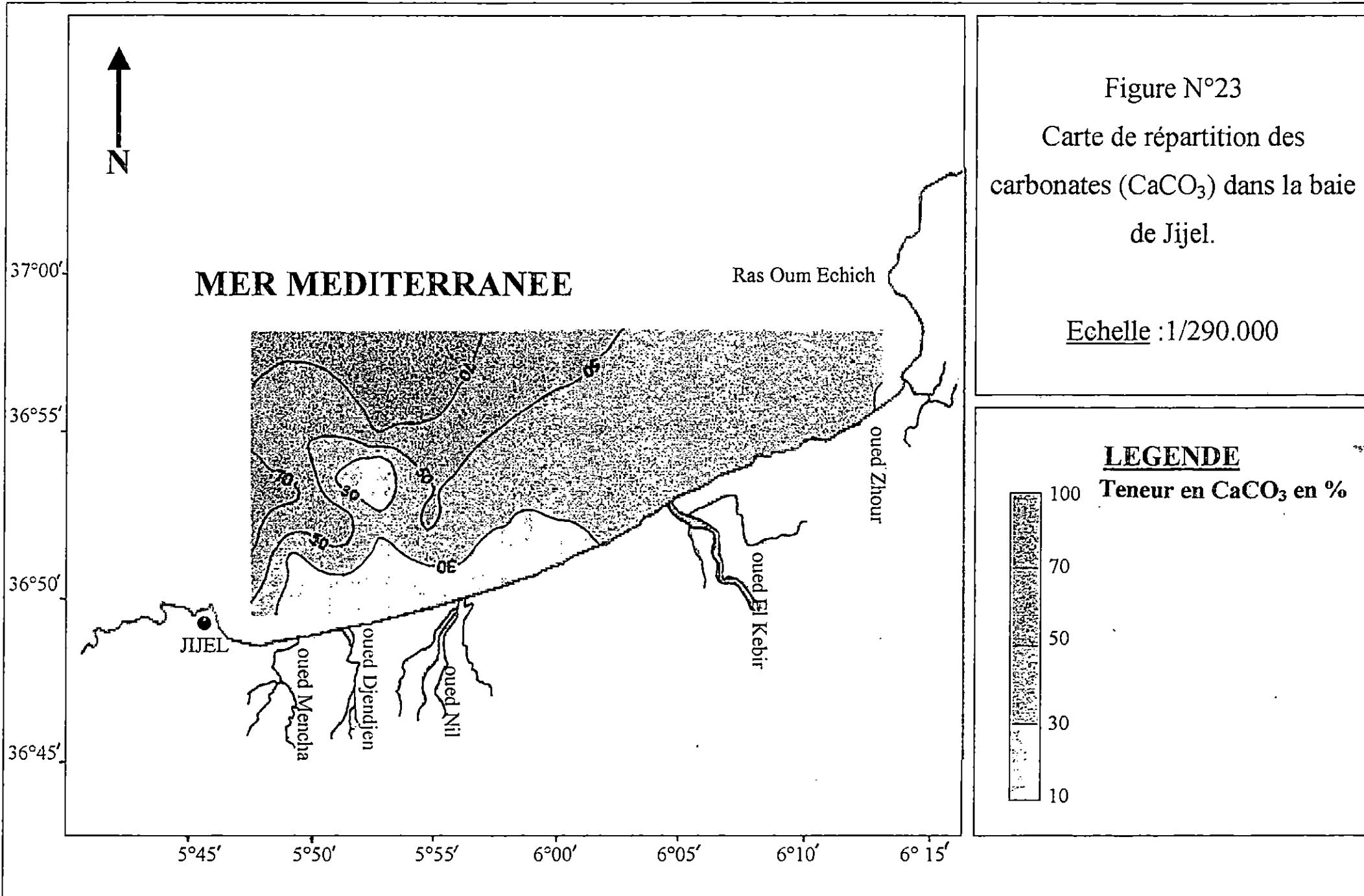
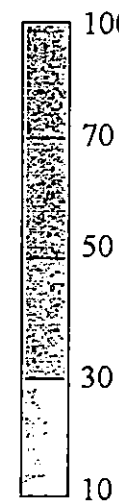


Figure N°23
 Carte de répartition des
 carbonates (CaCO₃) dans la baie
 de Jijel.

Echelle : 1/290.000

LEGENDE

Teneur en CaCO₃ en %



- Les bouts calcaréo-argileuses

- Les vases calcaires

Ce sédiment est rare dans cette région indépendamment de la phase argileuse, il se compose en général d'éléments arénitiques de même nature que dans les sables calcaires voisins.

- Les vases calcaréo-argileuses

Elles sont parfois assez difficiles à différencier des vases calcaréo-sélicieuses car la composition est très voisine.

- Les vases calcaréo-sélicieuses

Ce sédiment couvre une surface importante du plateau Jijilien, sur celui-ci la fraction arénitique calcaire se compose d'un «sable fauve» auquel s'ajoutent des coquilles de lamellibranches, des radioles d'oursins et quelques foraminifères. D'autre par ces deux derniers sédiments peuvent passer brusquement de l'un à l'autre.

b) Faciès des sédiments silicieux

Ce faciès caractérise la sédimentation de la baie de Jijel car il représente 63 à 64% du recouvrement sédimentaire du plateau continental et de son rebord.

Les sédiments silicieux pélitiques représentent plus de 50% de boues et de vases du plateau continental. C'est dans cette région qu'ils atteignent une extension relative maximum. Les sables et graviers ne sont vis à vis de l'ensemble des sédiments silicieux qu'un micro faciès tout à fait secondaire.

Le faciès des sédiments silicieux est constitué par :

- Les vases siliceuses

Elles forment une transition entre les sables et sablons et les boues silico-argileuse. Elles ont, pour l'essentiel, la même constitution que les sables avec en plus la phase argileuse et des débris de végétaux flottés.

- Les vases silico-calcaires

Se sont des sédiments de transition, leur fraction aleuritique grossière a la même nature que la partie la plus fine des sablons de la frange littorale, ce sédiment est bien présenté devant oued Zhour.

Il correspond au passage de l'avant plage sablonneuse aux boues silico-argileuses du large avec apport d'argiles.

- Les vases silico-argileuses

Elles remplacent les vases silico-calcaires là où la teneur en calcaire des sablons qu'elles bordent est faible.

La sédimentation argileuse est plus importante, leur composition n'en diffère pas notablement.

On y trouve toutefois plus de foraminifères, des ostracodes et beaucoup de débris de bois flottés.

- Les boues silico-argileuses

Les proportions relatives des trois phases minérales majeures qui constituent ces sédiments sont très variables. En voici quelques exemples :

CaCO ₃ %	Argile	Fraction siliceuse
18,13%	32,90%	48,90%

Néanmoins la fraction siliceuse reste dominante. Les boues silico-argileuses contiennent parfois quelques rares coquilles de petits lamellibranches, d'ostracodes et surtout beaucoup de débris de végétaux flottés.

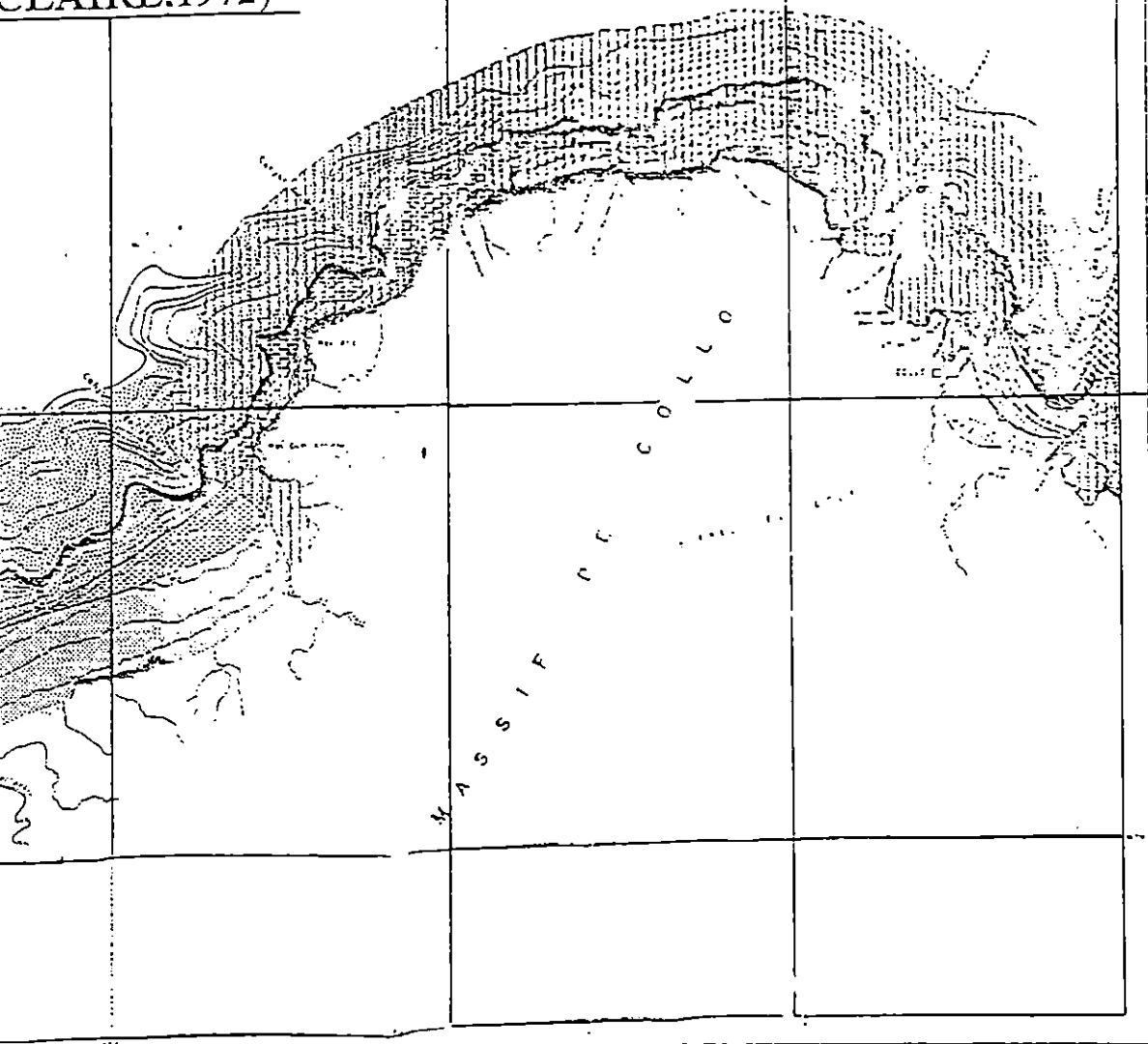
aié de Djidjelli

ESCALE 1/270.000

COUVERTURE SEDIMENTAIRE

UELLE ET RÉCENTE

CLAIRE.1972)



Légende

NATURE DE LA COUVERTURE SÉDIMENTAIRE
NON CONSOLIDÉE

SÉDIMENTS CALCAIRES

- Sables calcaires - argileux
- Sables calcaires
- Sables calcaires - argileux
- Sables calcaires - limoneux
- Sables et graviers calcaires
- Sables et graviers calcaires - limoneux

SÉDIMENTS SILICEUX

- Sables siliceux
- Sables siliceux - argileux
- Sables siliceux
- Sables siliceux - calcaires
- Sables siliceux - argileux
- Sables et graviers siliceux
- Sables et graviers siliceux

SÉDIMENTS ARGILEUX

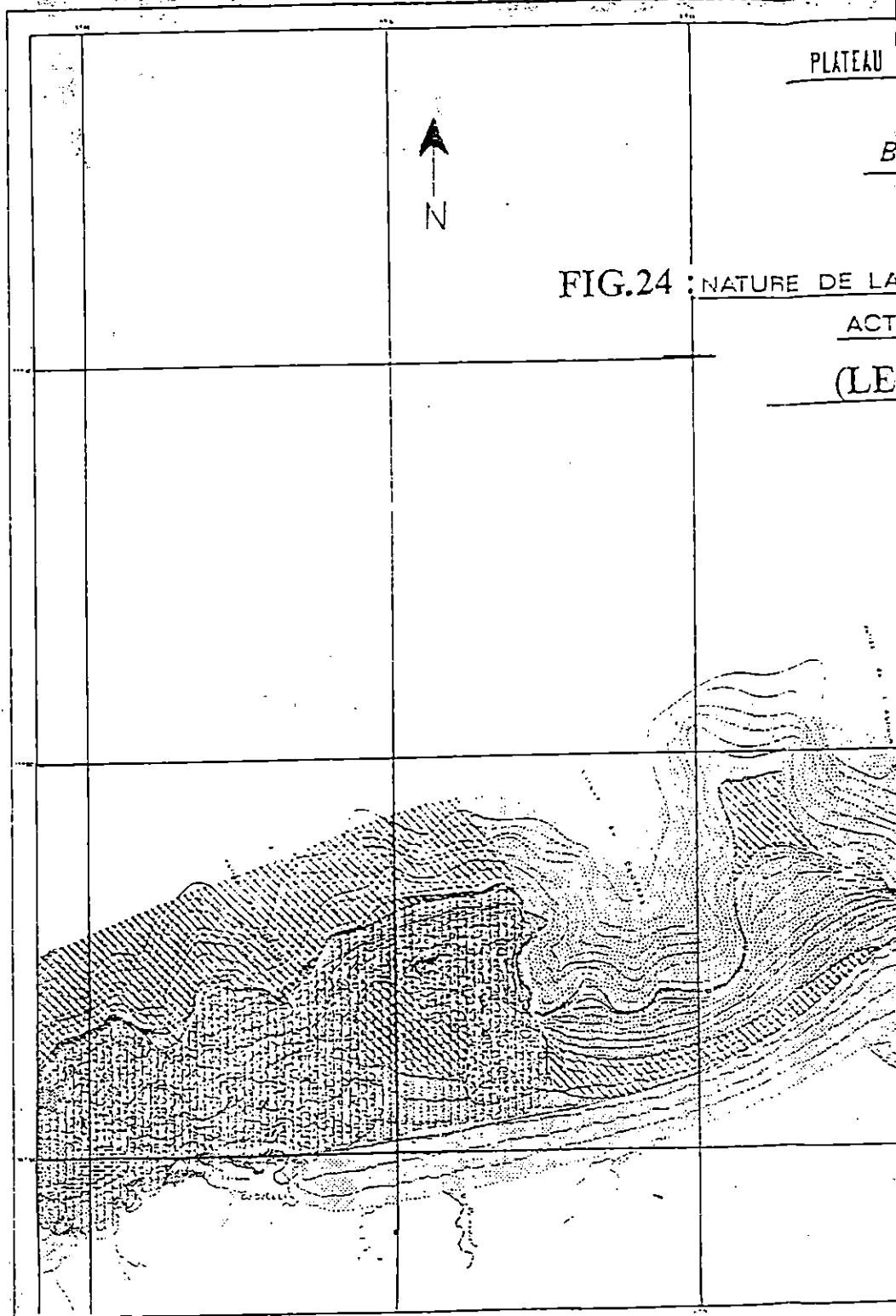
- Sables argileux - calcaires
- Sables argileux - siliceux
- Sables argileux - calcaires

LOCALISATION DU SUBSTRATUM CONSOLIDÉ

- Zone à affaissements sous-marins ou subaériens
- Zone à affaissements sous-marins profonds ou
subaériens importants sans affaissement

DIVERS

- Lignes séparant les zones à affaissements
sous-marins profonds
- Lignes des affaissements importants
- Lignes des affaissements importants
- Lignes des affaissements importants
- Lignes des affaissements importants



c) Faciès des sédiments argileux

L'unique faciès des sédiments argileux dans cette région est représenté par les boues argilo-siliceuses. Leur étude par les moyens optiques normaux appelle les même remarques que pour les boues silico-argileuses. La nature de leurs constituants majeurs n'est pas fondamentalement différente de ces dernières mais la sédimentation argileuse est prépondérante.

CaCO ₃ %	Argile	Fraction siliceuse
17%	46%	37%

On y trouve cependant, plus de foraminifères et plus de valves d'ostracodes. Elles contiennent aussi des débris de végétaux.

1.1.4. Les données actuelles

Récemment, de multiples travaux de recherches, menés par M^r BOUTIBA et ces élèves ingénieurs entre l'année 1997 et 2000, ont conduit à faire de multiples campagnes océanographiques, lors desquelles divers moyens d'investigation des fonds (bennes à sédiments, echo-sondeur, sondeur, carottier) ont été mis en œuvre.

Ces missions à la mer ont permis de faire une prospection générale des fonds de la baie à l'echo-sondeur et de prélever environ 300 échantillons de sédiments à la benne.

L'analyse et l'interprétation de ces résultats nous ont permis de dresser à un premier stade une carte de la nature des fonds de la baie de Jijel (fig. n°25).



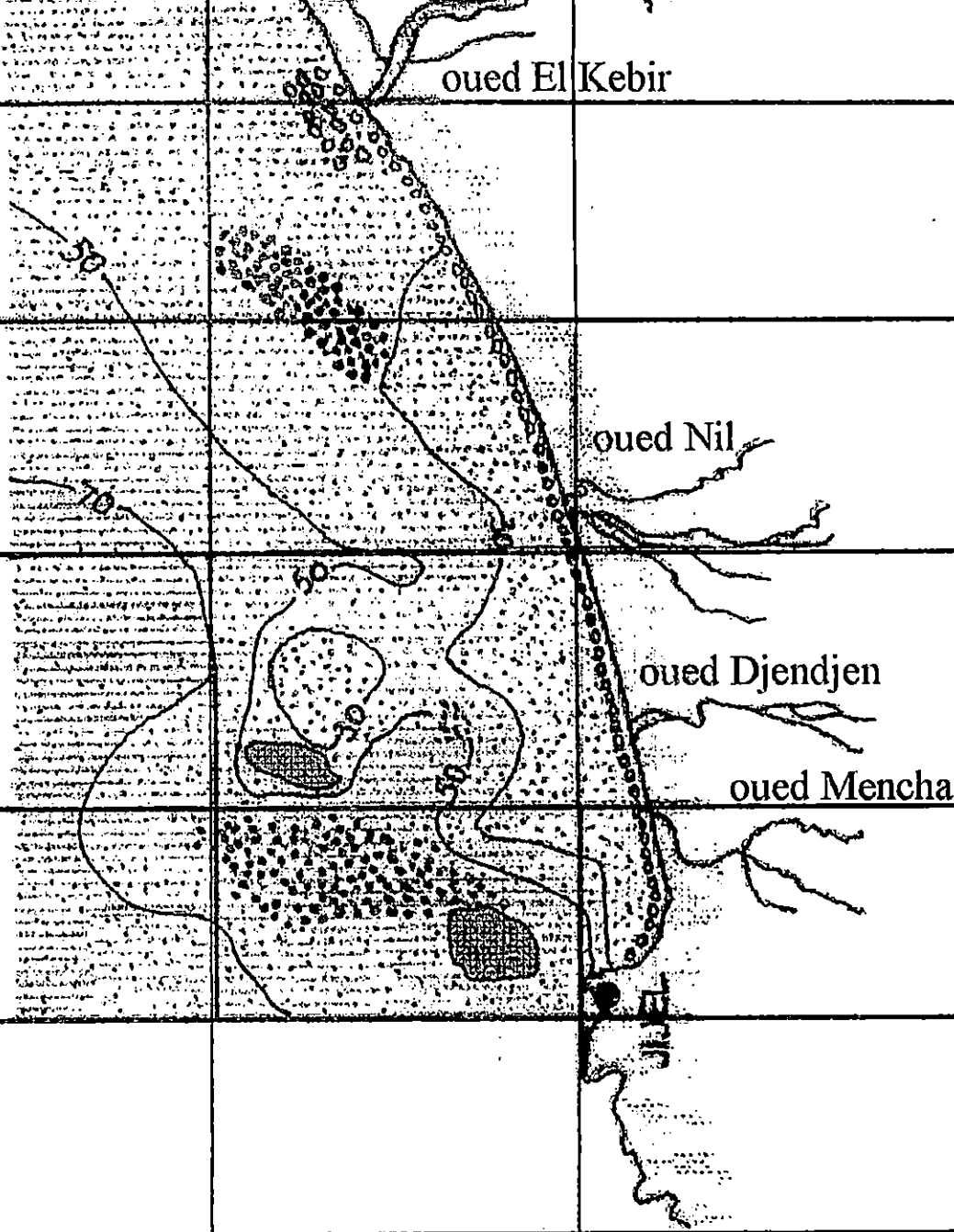
MER MEDITERRANEE

37°00'

36°55'

36°50'

36°45'

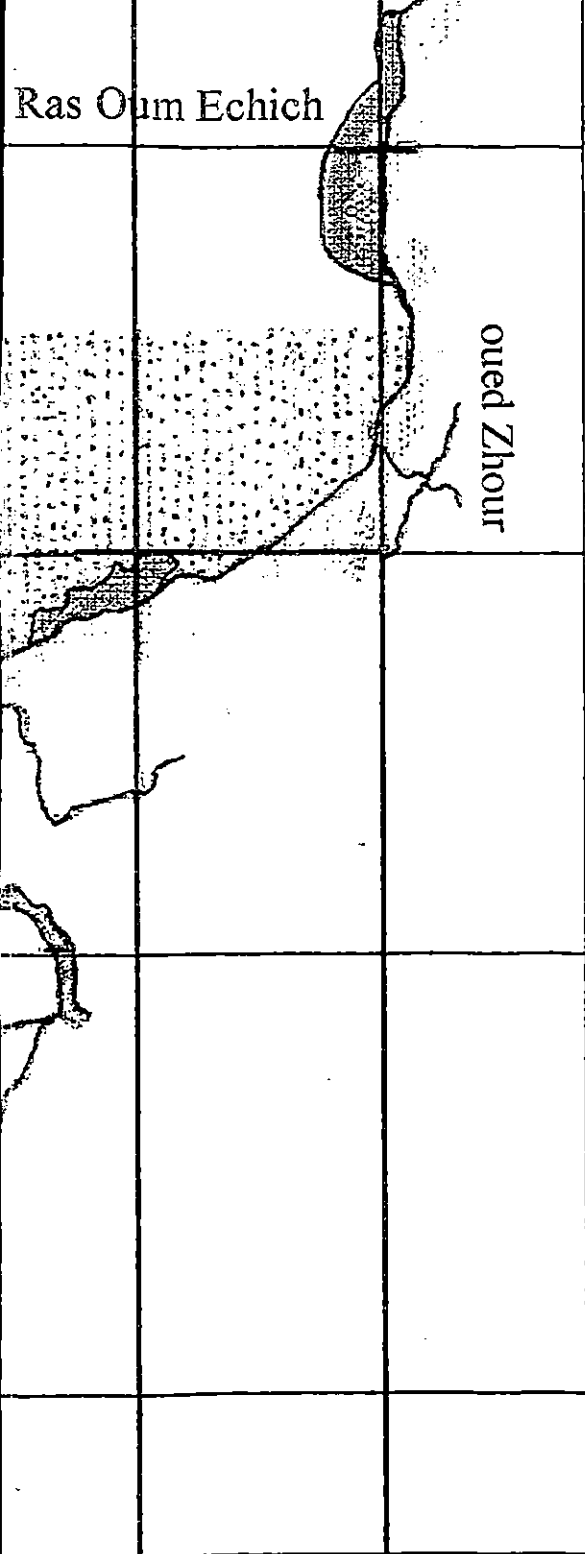


la baie de Jijel

Echelle : 1/150.000

Ras Oum Echich

oued Zhour

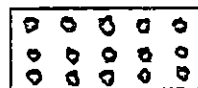


6°10'

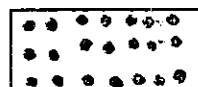
6°15'

LEGENDE

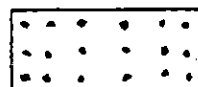
Texture



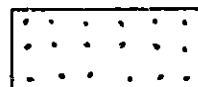
Sable grossier: 500-2000 μm



Sable moyen : 200-500 μm



Sable fin : 125-200 μm

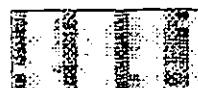


Sable très fin : 63-125 μm



Substratum rocheux

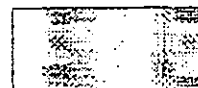
Teneur en CaCO_3 . En %



> à 75



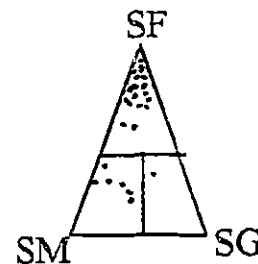
50 - 75



30-50



10-30



Triangle de FOLK

1.1.4.1. Nature des fonds

La baie de Jijel est caractérisée par trois pointements rocheux bordés par des sédiments fins à grossiers très carbonatés. Les fonds rocheux sont facilement décelables à l'écho-sondeur.

D'une manière générale les sédiments meubles de la plate forme continentale Jijelienne sont hétérogènes et hétérométriques, par la nature ou par la taille de leurs éléments. Il apparaît cependant possible de classer ces sédiments en 3 faciès.

a) Le faciès des sables grossiers et graviers (500 - 2000 μm)

Cet ensemble sédimentaire, englobant deux grandes fractions granulométriques, est composé essentiellement d'éléments terrigènes et biogènes (fig. n°26). La fraction biogène est essentiellement formée de fragments de bivalves ou de gasteropodes.

La fraction terrigène pour sa part est constituée des différents débris de roches de nature très variée, à l'instar de la richesse pétrographique des bassins versants drainés par les différents oueds de la baie.

Ce faciès représente environ 6% de la couverture sédimentaire, on le rencontre à une profondeur de -22 m.

b) Le faciès des sables moyens (200-500 μm) (fig. n°27)

Cette appellation désigne l'ensemble des fractions sédimentaires ayant une granulométrie dominante comprise entre 0,2 et 0,5 mm. Les autres éléments présents sont soit des sables grossiers ou des sables fins selon les endroits.

Les sables moyens ou à débris grossiers sont présents dans le centre et à l'ouest (au large de la ville de Jijel) par des profondeurs de -60m.

Ce faciès est quasiment absent dans la partie est de la baie.

La nature des sables moyens est essentiellement carbonatée : fragments de coquilles, débris de lithothamnium et de bryozoaires.

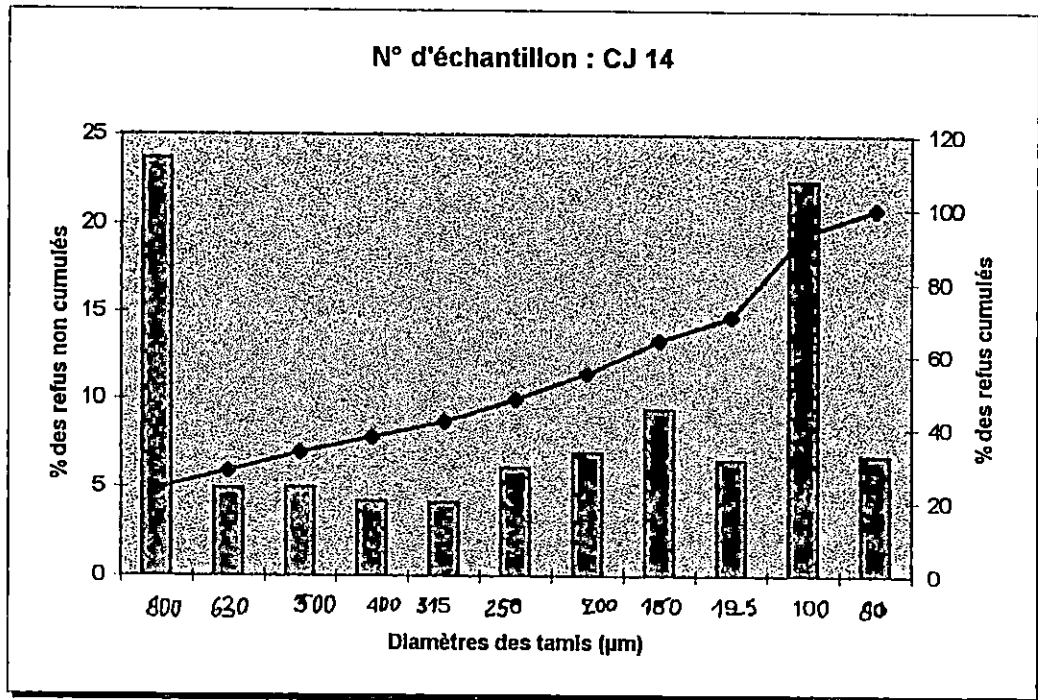


Figure n°26 : Courbe granulométrique représentatif du faciès des sables grossiers et graviers (500-2000 μm)

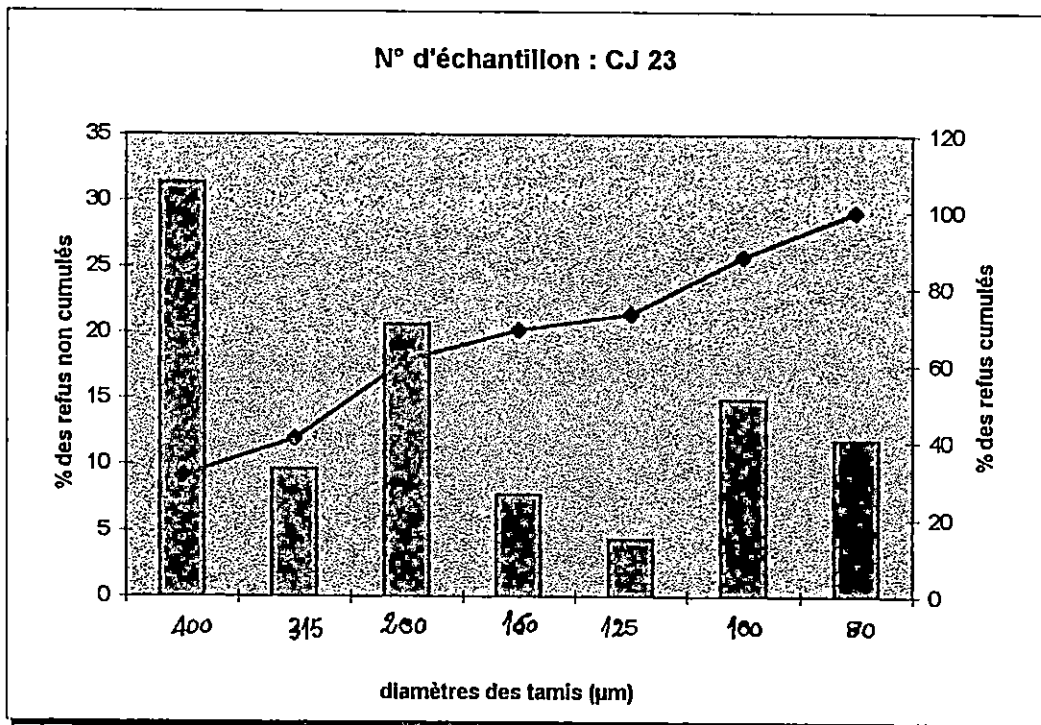


Figure n°27 : Courbe granulométrique représentatif du faciès des sables moyens (200-500 μm)

c) Le faciès des sables fins et très fins (63-200 μ m) et vases (fig. n°28 et 29)

Cet ensemble sédimentaire, qui regroupe l'ensemble des sédiments composé en majeure partie d'éléments de taille inférieure à 0,2 mm, est présent d'ouest en est dans la zone en dépression derrière les hauts fonds le sable est très fin, le diamètre des particules rencontrées n'excède pas 0,125 mm.

L'analyse détaillée des sables fins révèle, en plus des fragments de coquilles, la présence de grains de quartz (de 0,063 à 0,125 mm) déjà signalé par LECLAIRE (1972).

La dominance de ce matériel siliceux augmente de la côte vers le large, une importante partie de ce matériel, pourrait avoir comme origine terrestre, charrié par les différents oueds de la baie. Les vases (fraction inférieure à 0,063 mm) occupent une place très réduite par rapport aux sables fins.

Les prélèvements par benne sur les fonds riches en vase, montrent la présence de débris de gastéropodes.

1.1.5. Les indices granulométriques

Différents auteurs ont montré l'existence d'une relation entre la taille des particules et les facteurs hydrodynamiques contemporains INMAN (1952), PETTIJOHN (1949), FOLK (1965) et VISHER (1969) ont montré les relations qui relient la dynamique de la sédimentation et sa texture.

Les indices granulométriques descriptifs obtenus de l'analyse granulométrique sont utilisés pour décrire la répartition spatiale des différentes fractions granulométriques existantes et par la suite de faire la corrélation avec les processus de mise en place.

Ces indices numériques sont obtenus à partir des valeurs de cinq (5) percentiles (Φ_5 , Φ_{16} , Φ_{50} , Φ_{84} , Φ_{95}) obtenus sur les courbes granulométriques de DOUGLAS et INMAN (1952) et CHAMLEY (1987). Ils comportent :

Courbes granulométriques représentatif du faciès des sables fins et très fins (63-200 μm)

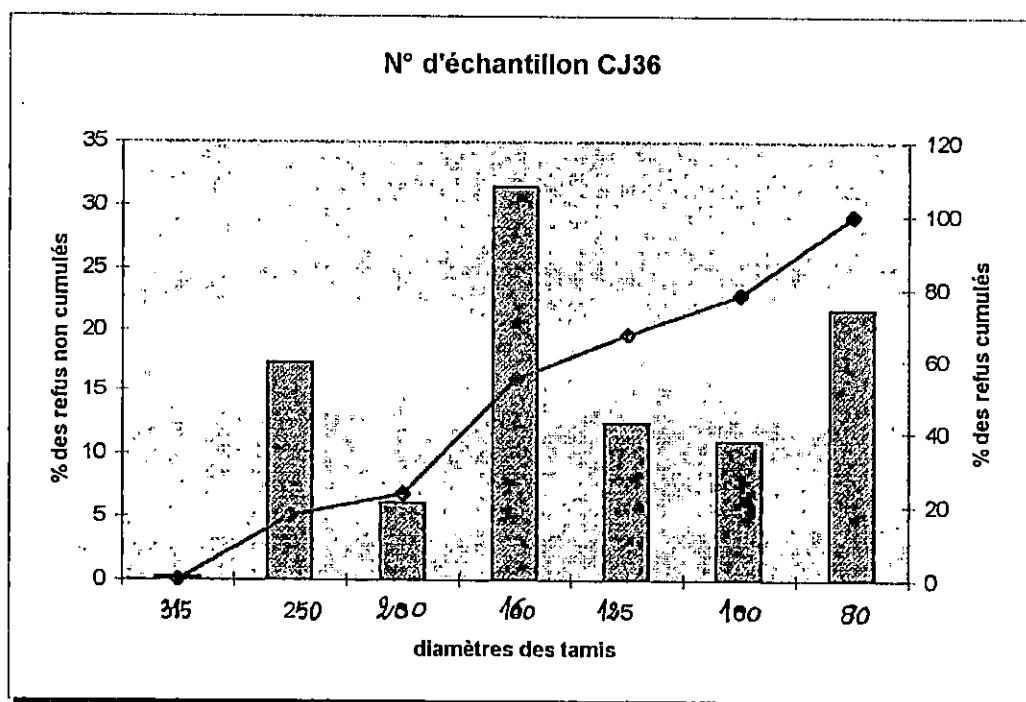


Figure n° 28 : Courbe granulométrique représentatif des sables fins (125-200 μm)

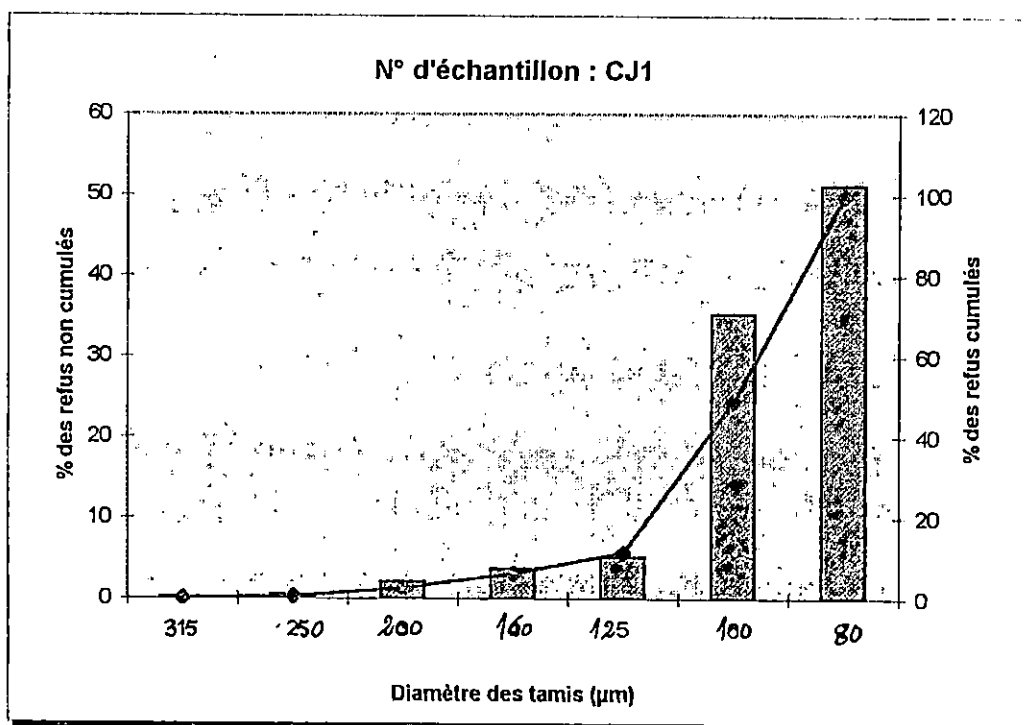


Figure n°29 : Courbe granulométrique représentatif des sables très fins (63-125 μm)

- **Le diamètre du grain moyen [μ] :**

$$\mu = \frac{\Phi_{16} + \Phi_{50} + \Phi_{84}}{3}$$

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 (CHAMLEY, 1987).

- **L'indice de classement :**

Cet indice peut être exprimé comme suite :

$$\Phi_i = (\Phi_{84} - \Phi_{16}) / 4 + (\Phi_{95} - \Phi_5) / 6,6$$

Il renseigne sur l'importance du tri lors du transport et la sédimentation (CHAMLEY, 1987) suivant les valeurs obtenues de Φ_i le sédiment sera classé comme suit :

- $0,00 < \Phi_i < 0,35$ très bien classé.
- $0,35 < \Phi_i < 0,50$ bien classé.
- $0,50 < \Phi_i < 0,75$ moyennement classé.
- $0,75 < \Phi_i < 1,00$ médiocrement classé.
- $1,00 < \Phi_i < 2,00$ très mal classé.

- Asymétrie (SKEWNESS)

Cet indice est exprimé par la formule suivante :

$$SKI = [(\Phi_{16} + \Phi_{84} - 2\Phi_{50}) / 2 (\Phi_{84} - \Phi_{16})] + [(\Phi_{95} + \Phi_5 - 2\Phi_{50}) / 2(\Phi_{95} - \Phi_5)]$$

Les valeurs d'asymétrie varie de -1 à 1, FOLK et WARD ont proposé la classification suivante :

-1,00 < SKI < -0,30 forte asymétrie négative.

-0,30 < SKI < -0,10 asymétrie négative.

-1,00 < SKI < +1,00 symétrie.

+1,00 < SKI < +0,30 asymétrie positive.

+0,30 < SKI < +1,00 forte asymétrie positive.

1.1.6. Répartition spatiale des différents indices granulométriques

Le tableau n°19 présente les valeurs des différents indices granulométriques de la zone d'étude.

TABLEAU N° 19 Les valeurs des différents indices granulométriques.

N° d'échantillon	Tm [μ] (μ m)	Indice de classement (Φ_i)	Indice d'asymétrie (SKI)
Cj1	100	0,22	-0,24
Cj2	120	0,61	0,30
Cj3	100	0,29	-0,29
Cj4	140	0,57	-0,34
Cj5	120	0,46	-0,41
Cj6	110	0,35	-0,5
Cj7	100	0,28	-0,37
Cj8	100	0,34	-0,41
Cj9	110	0,24	-0,01
Cj10	110	0,26	-0,12
Cj11	120	0,30	-0,29
Cj12	110	0,29	0,02
Cj13	140	0,66	-0,67
Cj14	380	1,99	-0,21
Cj15	110	0,73	-0,52
Cj16	90	0,99	-
Cj17	220	0,66	0,52
Cj20	130	0,40	-0,19
Cj21	140	0,48	-0,50
Cj22	100	0,30	-0,03
Cj23	210	0,69	-0,40
Cj24	110	0,56	-0,28
Cj25	110	0,61	-0,23
Cj26	120	0,66	-0,38
Cj27	120	0,33	-0,43
Cj28	160	0,65	-0,24
Cj29	140	0,40	-0,56
Cj36	170	0,62	0,11
Cj37	130	0,33	-0,24
Cj38	130	0,35	-0,25
Cj39	130	0,34	-0,52
Cj40	130	0,36	-0,31
Cj42	210	0,63	0,43
Cj43	390	1	-0,02
Cj44	210	0,98	-0,11
Cj46	250	1,11	-0,07
Cj47	130	0,35	-0,16

1.1.6.1. Le diamètre du grain moyen (μ)

La carte (fig. n°30) montre la distribution spatiale du diamètre du grain moyen dans la zone d'étude. les valeurs du diamètre moyen oscillent entre 90 et 380 μ m.

De oued Nil à oued Zhour, on remarque que le diamètre du grain moyen diminue de la côte vers le large, dans la partie centrale par des profondeurs de -38m le diamètre du grain moyen est supérieure à 200 μ m.

Dans la partie ouest de la baie le diamètre du grain moyen est compris entre 125 et 200 μ m. ces sables moyens sont rencontrés par des profondeurs de -70m.

1.1.6.2. L'indice de classement (Φ_i)

La carte (fig. n°31) montre la distribution géographique de l'indice de classement dans la zone d'étude, les valeurs de l'indice de classement varient entre 0,22 et 1,99 (tableau n°19).

Tout le long de la côte les valeurs rencontrées augmentent d'ouest en est. D'est en ouest à des profondeurs entre -20 et -71m les indices de classement sont homogènes et varient entre 0,22 et 0,73, les sédiments rencontrés sont très bien à moyennement classé.

Dans la zone ouest entre -32 et -100m de profondeur les valeurs de l'indice de classement sont comprises entre 0,73 et 1,99, dans ce cas là les sédiments présentent un médiocre à un très mauvais classement.

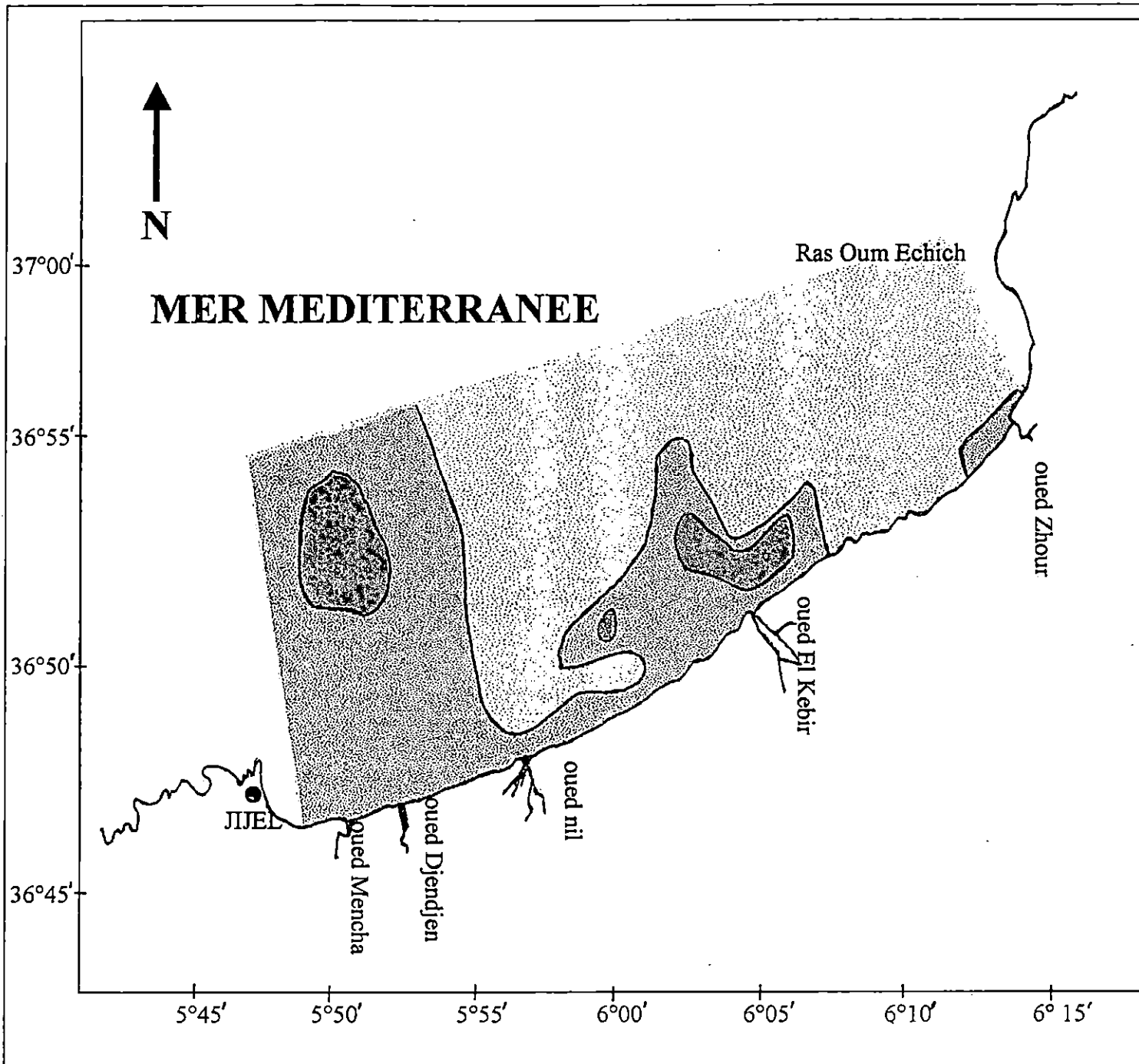



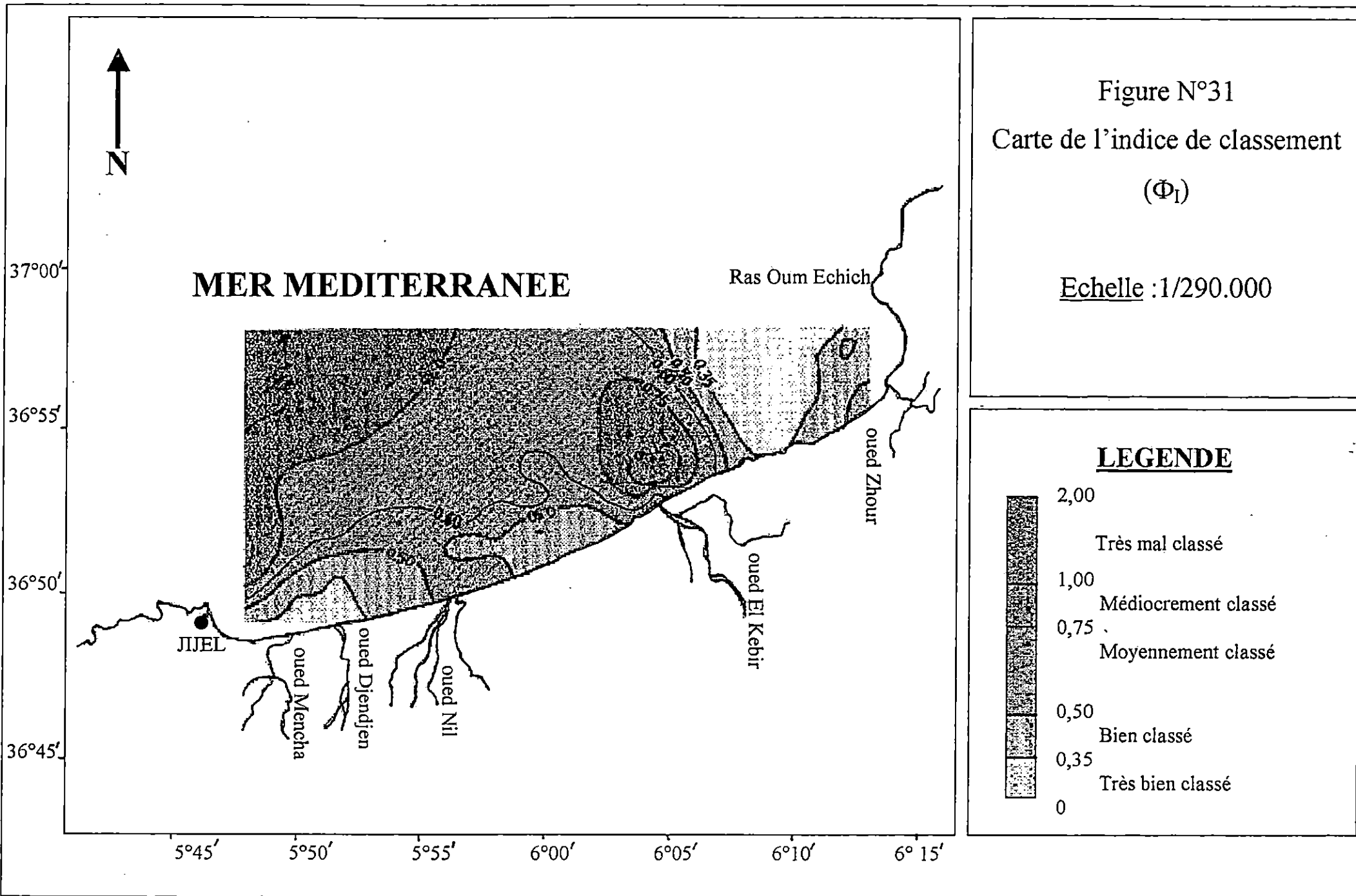


Figure N°30
 Carte de la répartition du
 diamètre du grain moyen [μ]

Echelle : 1/290.000

LEGENDE

-  > à 200 μm
-  125 – 200 μm
-  80 – 125 μm



1.1.6.3 L'indice d'asymétrie (SKI) (fig. n°32)

Les valeurs d'asymétrie obtenues sont relativement élevées que ce soit au large ou dans les eaux peu profondes ; ces valeurs oscillent entre -0,67 et 0,52 en échelle de Φ .

D'importantes valeurs négatives sont perçues dans la zone côtière de la baie de Jijel entre 0 et -40 m de profondeur, liées à un tri sélectif des sédiments grossiers.

Au-delà de cette profondeur de -40m, on note une tendance vers des valeurs positives de l'asymétrie ceci témoigne de la prédominance des éléments plus fins. D'après ICOMINE et MESSIAKINE in BOUTIBA (1996) ; « dans les termes d'énergie des agents de transport, l'apophyse signifie que la vitesse du courant de mise en place et pour une longue durée, avait une vitesse supérieure à la vitesse moyenne ».

1.1.7 Les caractères granulométriques

1.1.7.1. Analyse modale

L'analyse statistique des modes représentatifs des sédiments révèle l'existence de plusieurs populations qui se différencient par leurs granulométries.

L'histogramme des modes de fréquence (fig. n°33) fait ressortir plusieurs modes qu'on regroupe en une seule classe modale qui est entre 100 et 315 μ m avec un maximum à 125 μ m et une fréquence de 19%.

1.1.7.2. Granulométrie de répartition de la classe modale

Les échantillons prélevés de la baie se caractérisent par une seule classe modale (100 - 315 μ m), avec une fréquence maximum à 125 μ m. Elle est constituée par des sables fins et moyens.

Les courbes de cette classe sont souvent bimodales étalées vers les particules fines.

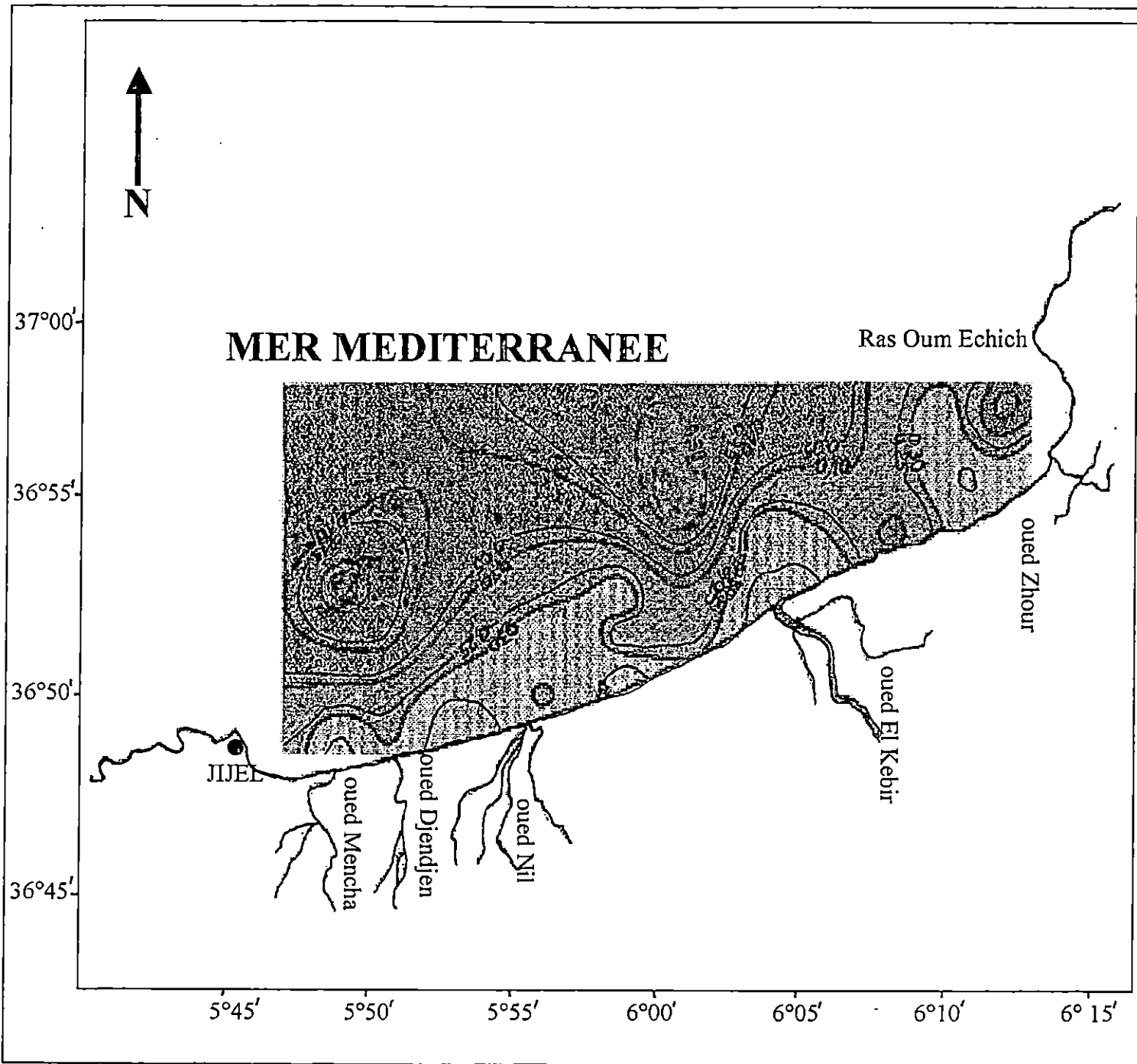
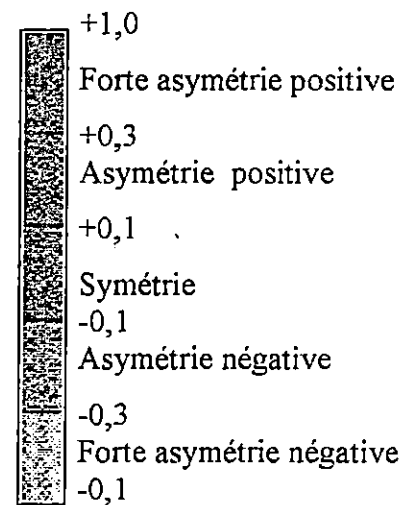


Figure N°32
 Carte de l'indice d'asymétrie
 (SKI) dans la baie de Jijel.

Echelle : 1/290.000

LEGENDE



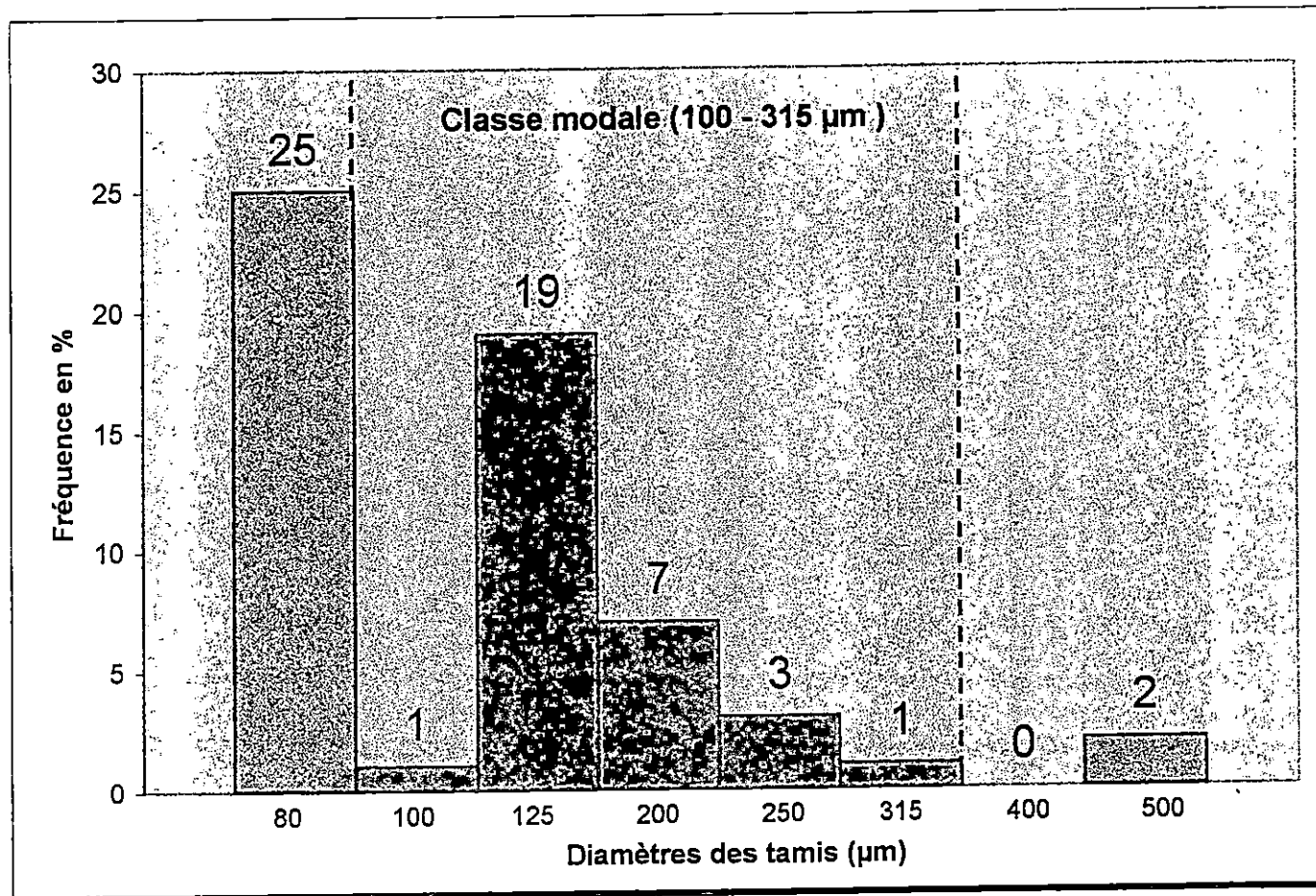


Fig.33 : Hitogramme de fréquence

La cartographie de cette classe fait apparaître une répartition générale dans toute la zone d'étude avec des teneurs qui varient entre 44 et 100%. Les fortes teneurs (> 75%) occupent la grande partie de la zone, on les trouve entre -20 et -100m de profondeur (fig. n°34).

1.2. Remarque sur les formules de transports sédimentaires sous l'effet des houles + courants

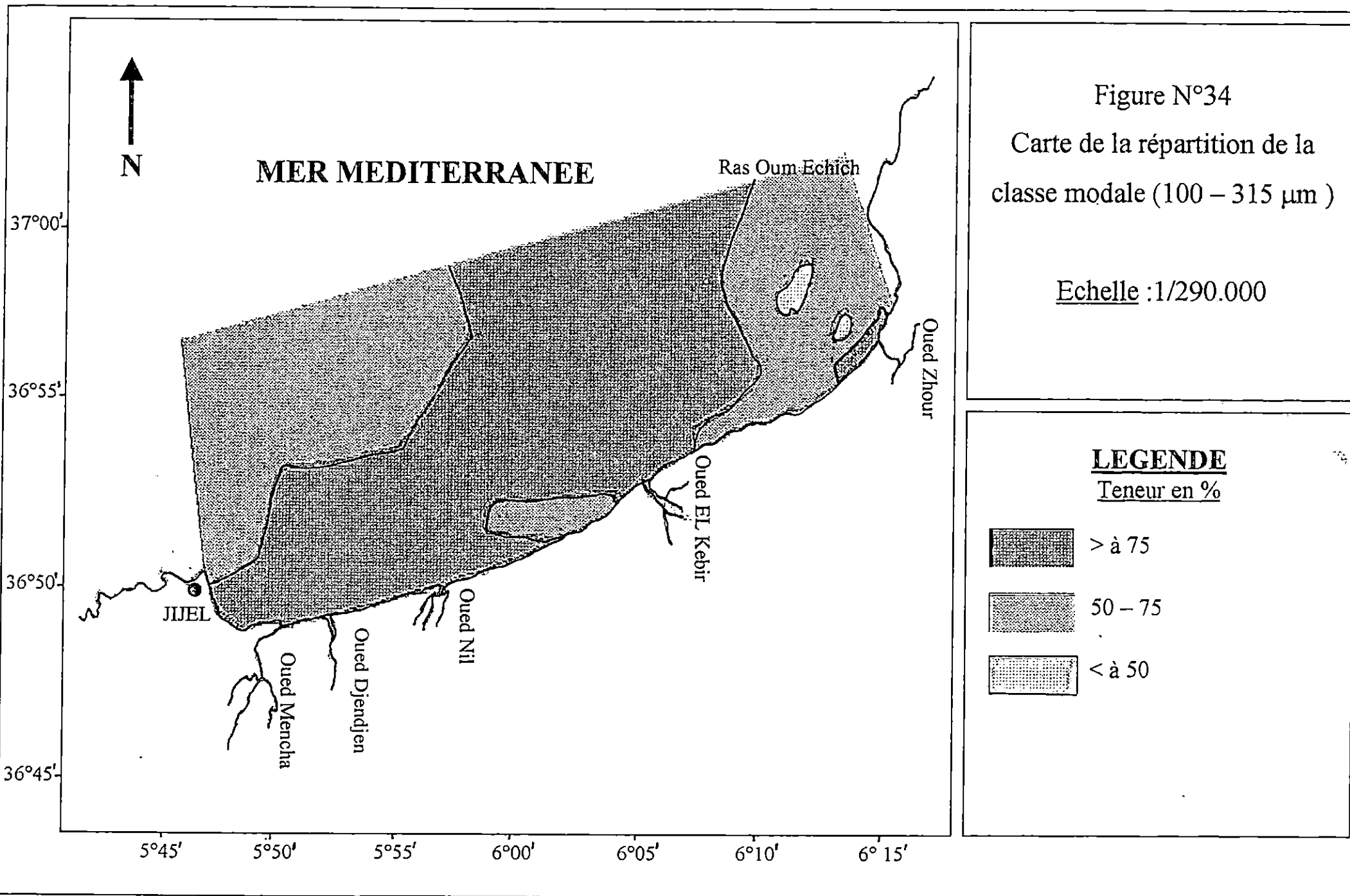
Plusieurs formulations existant pour quantifier les transports sédimentaires sous l'interaction houle et courant (C.E.R.C (1973), PATTIARATCHI et COLLINS (1984), MIGNIOT (1982), KAMPHUIS et AL (1979) et VAN RIJN (1984). Mais, il n'existe pas à l'heure actuelle, des lois universelles largement reconnues.

Ces formules de transport sont, dans la majeure partie, issues des travaux expérimentaux réalisés au laboratoire, ne prenant en considération que des houles et des courants unidirectionnels. Très souvent, le bilan total des transports est calculé comme la somme algébrique des transports induits par les courants et par la houle, concernant les débits solides calculés à partir de ses formules de transport, PATTIARATCHI et COLLINS (1985), ont démontré que des résultats pouvaient être considérables.

Dans les conditions hydrodynamiques dites moyennes (hauteur de la vague de 1,5m et période de 7,5s), les taux de transport varient d'un facteur de 1 à 30 selon les formules utilisées.

Dans des conditions de tempêtes (hauteur de houle de 3,2m et période de 12s), ce rapport varie de 1 à 500. Pour ces auteurs la précision des vitesses orbitales apparaît être un facteur important pesant sur la validité des résultats.

En ce qui concerne la direction des transports sédimentaires sous l'interaction houle et courant, la plupart des méthodes de calcul (BIJKER, GRAND et MADSEN,



BAGNOLD, VAN RIJN ...) aboutissent à un mouvement net des sédiments dans le sens du courant.

1.2.1. Transit littoral

La connaissance du sens et les quantités des sédiments qui transitent le long des côtes aide à concevoir les mesures à prendre pour éviter ou atténuer l'ensablement et le démaigrissement des plages.

Les ordres de grandeurs du déplacement des sédiments parallèlement à la côte ou «transit littoral » peuvent être évalués à partir de différentes formules dont les plus utilisées sont :

- La formule du C.E.R.C. (1973)

Cette formule purement empirique est basée essentiellement sur les conditions énergétiques de la houle pour une côte rectiligne avec des pentes régulières.

Cette formule s'énonce :

$$Q_t = 0,025 H_{br}^2 \times n_{br} \times C_{br} (\sin 2\theta_{br})$$

Q_t : Quantité des sédiments transportés parallèlement à la côte (m^3/an).

H_{br} : Hauteur significative dans la ligne de déferlement (m).

C_{br} : Célérité de phase de la houle dans la ligne de déferlement.

N_{br} : $1/2 (1+2Kh/\sin (2Kh))$, coefficient dans la ligne de déferlement.

θ_{br} : Angle d'incidence de la houle au niveau de la ligne de déferlement ($^\circ$).

H_{br} : Profondeur de l'eau dans la zone de déferlement (m).

Si on prend : $n_{br} \approx 1$, $n_{br} = (g \cdot h_{br})$ et δ_{br} / h_{br} .

L'équation devient :

$$Q_t = 0,078 \delta_{br}^{-0,5} \times H_{br}^{2,5} \sin (2\theta_{br})$$

- La formule de QUEENS

Développée par KAMPHUIS en 1986, la formule de QUEENS est comme suit :

$$Q / (\rho_w H^3 / T) = 0,006 \times \varepsilon \times (H / D_{50}) \sin(2\theta^\circ)$$

$$S = Q / [(1 - P) \times \rho_s]$$

S : Sédiments transportés parallèlement à la côte (m³/an).

Q : Quantité des sédiments transportés parallèlement à la côte (m³/s).

ρ_w : Densité spécifique de l'eau de mer.

ε : 0,575.

ρ_s : Densité spécifique du grain solide.

θ° : Angle d'incidence de la houle.

D_{50} : Diamètre moyen du grain.

P : Porosité.

H : Hauteur de la houle.

T : Période.

- La formule de VAN RIJN

Le débit sédimentaire total (Q_t) en m³/m/s est calculé comme la somme des transports par charriage et en suspension (VAN RIJN, 1989) :

$$Q_t = Q_c + Q_s$$

Le transport par charriage (Q_c) est donné par :

$$Q_c = 0,25U \times D_{50} \times T^{1,5} / D_*^{0,3}$$

T : Paramètre de cisaillement sur le fond.

D_* : Diamètre adimensionnel.

Le transport en suspension (Q_s) est calculé par :

$$Q_s = (F_c + F_h) U \times H \times C_a$$

F_c et F_h : Facteurs de correction relatifs respectivement au courant et à la houle.

C_a : Concentration à un niveau de référence.

Le transport total (Q_t) est évalué comme la somme vectorielle des transports liés à la houle et au courant.

Le calcul du transit a été mené pour toutes les directions qui sollicitent la baie (tableau n°20).

TABLEAU N°20 Direction de la houle au large.

Direction de la houle au large	O	ONO	NO	NNO	N	NNE	NE
Directions des compas	270°	292,5°	315°	337,5°	360°	22,5°	45°

Les fréquences d'apparition des houles sont données pour les quatre combinaisons de hauteurs et de périodes.

- H = 1,20m et T = 6 s.
- H = 2,20m et T = 8 s.
- H = 3,00m et T = 9 s.
- H = 4,50m et T = 11 s.

TABLEAU N° 21 Fréquence d'apparition (des houles) selon différents états de la mer par direction de houle en % (à partir des observations du S.S.M.O.).

Hauteur de houle en m	Période (s)	O%	ONO%	NO%	NNO%	N%	NNE%	NE%
1,20	6	14,25	6,60	6,60	3,30	3,30	3,65	3,65
2,20	8	4,39	2,32	2,32	0,60	0,60	0,43	0,43
3	9	1,07	0,88	0,88	0,05	0,05	0,09	0,09
4,5	11	0,73	0,37	0,37	0,05	0,05	0,03	0,03

Les calculs du transit littoral ont été menés sur un PC au laboratoire d'aménagement du littoral.

1.2.2. Représentation des résultats du transit littoral

TABLEAU N° 22 Transit littoral annuel selon la formule du C.E.R.C. (1973) (à partir des données du S.S.M.O.).

Direction des compas	θ°	T = 6s	T=8s	T=9s	T=11s	Total (m ³ /an)
O(270°)	-9	-53150	-74447	-38937	-73193	-239727
ONO (299,5°)	-31,5	-69672	-110302	-90645	-105011	-375630
NO (315°)	-54	-69571	-110147	-90545	-104897	-375160
NNO (337,5°)	-76,5	-13815	-11425	-2045	-5634	-32919
N (360°)	81	8695	7121	1287	3547	20650
NNE (22,5°)	58	35699	18927	8586	7886	71098
NE (45°)	36	40741	21617	9803	9003	81164
TOTAL (m³/an)	-	-121073	-258656	-202496	-268299	-850524

Résultats obtenus

Il ressort de l'analyse du **tableau n°22** qu'il y a un transit littoral net vers l'ouest d'environ $-850524 \text{ m}^3/\text{an}$.

Ce transport se répartit en un transport brut vers l'est d'environ $17291 \text{ m}^3/\text{an}$ et un transport brut vers l'ouest de l'ordre de $-102343 \text{ m}^3/\text{an}$.

TABLEAU N°23 Transit sédimentaire annuel selon la formule de QUEENS (à partir des données du S.S.M.O.).

Direction des compas	θ°	T = 6s	T=8s	T=9s	T=11s	Total (m^3/an)
O(270°)	-9	-29315	-74782	-53272	-50084	-307453
ONO (292,5°)	-31,5	-35974	-5244	-16188	-1742	-459148
NO (315°)	-54	-30740	-89933	-99312	-72442	-392427
NNO (337,5°)	-76,5	-4100	-6168	-1501	-6196	-17965
N (360°)	81	2163	3272	791	3265	9491
NNE (22,5°)	58	15062	14768	8997	12385	51212
NE (45°)	36	20608	20206	12310	16946	70070
TOTAL (m^3/an)	-	-62296	-37881	-48175	-97868	-1046220

Résultat obtenu

Il ressort de l'analyse du **tableau n°23** qu'il y a un transit littoral net vers l'ouest d'environ $-146220 \text{ m}^3/\text{an}$.

Ce transit se répartit en un transit brut vers l'est d'environ $30773 \text{ m}^3/\text{an}$ et un transit brut vers l'ouest de l'ordre de $-1176993 \text{ m}^3/\text{an}$.

1.2.3. Aspect comparatif des résultats du transit littoral

TABLEAU N°24 Comparaison entre les résultats de QUEENS et du C.E.R.C.

Formule	C.E.R.C (1973)	QUEENS (1986)
Quantité transportée (m ³ /an)	850524	1046220

Du tableau n°24 nous constatons que les quantités transportées selon les deux formules se rapprochent.

1.3. Dynamique littorale

1.3.1. Facteurs régissant la dynamique sédimentaire

La mer reçoit des terres émergées une grande quantité de sédiments apportés soit par l'intermédiaire des eaux courantes soit par les vents.

Ainsi les oueds sont comme par ailleurs dans la baie de Jijel un facteur de transport des eaux boueuses à la mer.

Le mouvement des sédiments sableux sur les estrans et sur les fonds marins s'effectue par la dérive littorale et les mouvements dans les profils engendrés par la houle. Ceux-ci règlent la répartition des principaux types de sédiments littoraux à partir des embouchures, ou zone d'érosion.

Les galets sont des éléments grossiers, arrondis au cours de leur cheminement, difficiles à transporter, ils sont généralement stables une fois parvenue à leur point de destination. Ils sont généralement les seuls constituants des cordons littoraux, car les éléments fins ne peuvent se maintenir en raison de l'agitation.

Les sables sont plus sensibles aux variations saisonnières de l'agitation de la mer. Les plages qu'ils constituent sont moins stables et ne se maintiennent qu'à la condition que la pente de l'avant côte vers le large soit assez modérée.

Les pélites, qui constituent la fraction fine, se déposent dans les régions calmes et/ou abritées, où elles forment des accumulations en faible pente.

1.3.2. Synthèse de la dynamique sédimentaire dans la baie de Jijel

La répartition des sédiments dans la baie de Jijel est conditionnée par l'action des houles des secteurs nord-ouest, nord-est ainsi que par celle du secteur nord.

Les houles du nord-ouest dominantes en période hivernale, elles arrivent à la côte avec une incidence oblique, créant un courant de dérive littorale assurant le transit dans la même direction.

Les houles du nord-est dominante en période estivale, abordent la côte avec une incidence oblique créant un courant de dérive littorale assurant le transport des sédiments dans le même sens.

Les houles du nord, régulières sur toute l'année, arrivent à la côte avec une incidence frontale, créant un courant de retour assurant la répartition des sédiments de la côte au large. Ces houles sont à l'origine de l'érosion de la côte.

Les éléments déplacés par charriage sur le fond se répartissent en fonction du diamètre des grains et la compétence des agents de transport.

On trouve généralement les sédiments grossiers dans la zone où l'agitation est importante, qu'elle provienne des houles ou des courants, c'est ainsi que l'avant côte est fréquemment tapissé par des éléments grossiers.

A des profondeurs plus importantes, la répartition des sédiments est dominée par des sables fins et moyens.

La répartition générale des sédiments de la baie de Jijel admet une décroissance granulométrique de la côte vers le large.

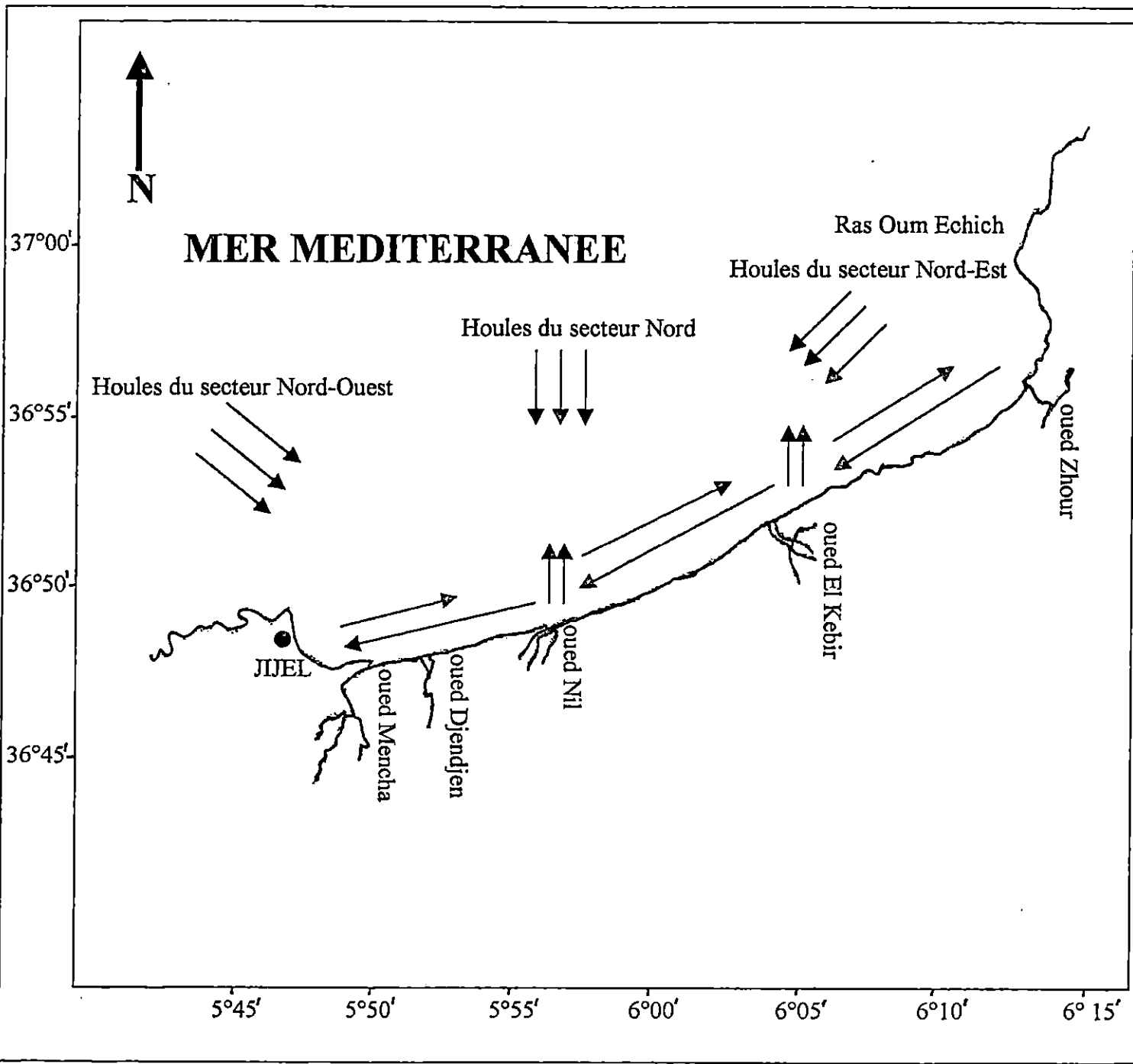


Figure N°35
 Carte de la dynamique
 sédimentaire de la baie de Jijel

Echelle :1/290.000

LEGENDE

↑↑↑
 Les Courants de retour

←
 Les courants de dérive littorale Est-Ouest

→
 Les Courants de dérive littorale Ouest-Est

Chapitre 2

Etude des paramètres géotechniques

2.1. Les limites d'ATTERBERG

Les limites d'ATTERBERG englobent la limite de liquidité (w_l) et la limite de plasticité (w_p) et sont communément utilisées en géotechnique pour classer le sédiment et les autres sols. Par définition la limite de plasticité et la limite de liquidité, est la teneur de l'eau à partir desquelles le sédiment commence à se déformer comme un matériau plastique ou un matériau liquide. Les limites sont déterminées arbitrairement par des tests standardisés (ASTM Standard 4318, LAMBE and WHITMAN, 1969). L'indice de plasticité est la différence entre la limite de liquidité (w_l) et la limite de plasticité (w_p) et correspond à la teneur en eau à partir de laquelle le sédiment se déforme d'une manière plastique.

Les limites d'ATTERBERG sont aussi présentées sur un diagramme de plasticité, qui combine l'indice de plasticité en fonction de la limite de liquidité (fig. n°36). Une ligne diagonale [ligne A], dessinée sur le diagramme a été utilisée par les ingénieurs pour séparer les sédiments qui ont différents caractères géotechniques.

2.2. Caractéristiques géotechniques du sol de la baie de Jijel

Dans le but de connaître les caractéristiques physiques les plus représentatives du sédiment dans notre zone d'étude, l'ensemble des résultats ont fait l'objet d'une analyse statistique.

- Les limites D'ATTERBERG

Elles déterminent la nature du sol pour les éléments inférieur à $80\mu\text{m}$, classent le sol suivant son degré de plasticité.

- Teneur en eau (w)

Elle est exprimée en utilisant la convention d'ingeneering du pourcentage du poids sec.

Elle détermine les propriétés physiques d'un sol fin et son évolution depuis l'état solide w (teneur en eau) faible jusqu'à l'état liquide w (teneur en eau) élevée.

2.2.1. Résultats et interprétation

Les caractéristiques physiques des échantillons sont indiqués dans les tableaux suivants.

L'interprétation des résultats sera adoptée à partir des normes de la classification de CASAGRANDE.

TABLEAU N° 25 Caractéristiques physiques des sédiments meubles superficiels de la plate-forme continentale de la baie de Jijel.

ESSAIS		Paramètres	Cj1	Cj2	Cj3	Cj4	Cj5	Cj6	Cj7	Cj8	Cj9
ESSAIS PHYSIQUES	Teneur en eau	W(%)	41,84	34,55	40,87	27,71	47,32	42,86	46,63	62,02	38,66
	LIMITES D'ATTERBERG	W _l (%)	55	42	44	–	45	30	–	56	–
		W _p (%)	43	29	29	–	–	22	–	44	–
		I _p (%)= W _l - W _p	12	20	15	–	–	08	–	12	–

TABLEAU N° 26 Caractéristiques physiques des sédiments meubles superficiels de la plate-forme continentale de la baie de Jijel.

ESSAIS		Paramètres	Cj10	Cj11	Cj12	Cj13	Cj14	Cj15	Cj16	Cj17	Cj18
ESSAIS PHYSIQUES	Teneur en eau	W(%)	28,07	27,68	39,66	46,93	80,40	64,04	63,40	64,31	62,76
	LIMITES D'ATTERBERG	W _l (%)	65	–	46	46	71	40	55	70	–
		W _p (%)	44	–	23	33	60	27	30	25	–
		I _p (%)= W _l - W _p	21	–	23	13	11	13	25	45	–

TABLEAU N° 27 Caractéristiques physiques des sédiments meubles superficiels de la plate-forme continentale de la baie de Jijel.

ESSAIS		Paramètres	Cj19	Cj20	Cj21	Cj22	Cj23	Cj24	Cj25	Cj26	Cj27
ESSAIS PHYSIQUES	Teneur en eau	W(%)	39,74	42,61	26,07	43,07	70,68	69,20	71,47	60,20	36,40
	LIMITES D'ATTERBERG	W _l (%)	32	39	–	–	51	57	57	46	–
		W _p (%)	21	31	–	–	24	35	46	38	–
		I _p (%)= W _l - W _p	11	08	–	–	27	22	12	08	–

TABLEAU N°28 Caractéristiques physiques des sédiments meubles superficiels de la plate-forme continentale de la baie de Jijel.

ESSAIS		Paramètres	Cj28	Cj29	Cj30	Cj36	Cj37	Cj38	Cj39	Cj40	Cj41
ESSAIS PHYSIQUES	Teneur en eau	W(%)	54,51	32,34	53	43,60	38,60	30,31	30,07	29,50	68,50
	LIMITES D'ATTERBERG	W _l (%)	38	23	–	36	–	–	–	–	45
		W _p (%)	26	16	–	31	–	–	–	–	27
		I _p (%)= W _l - W _p	12	07	–	05	–	–	–	–	18

TABLEAU N° 29 Caractéristiques physiques des sédiments meubles superficiels de la plate-forme continentale de la baie de Jijel.

ESSAIS		Paramètres	Cj42	Cj43	Cj44	Cj46
ESSAIS PHYSIQUES	Teneur en eau	W(%)	74,60	54,50	48,90	68,60
	LIMITES D'ATTERBERG	$W_L(\%)$	42	–	–	43
		$W_p(\%)$	24	–	–	27
		$I_p(\%) = W_L - W_p$	18	–	–	16

2.2.1.1. Classification du sol

Plusieurs classifications ont été proposées pour déterminer la nature et la plasticité des sols.

CASAGRANDE a proposé un diagramme de classifications des sols en fonction de la limite de liquidité (w_L) et l'indice de plasticité (I_p) (fig. n°36).

La projection des valeurs de (w_L) et (I_p) sur le diagramme de CASAGRANDE nous a permis de subdiviser notre sol en 5 unités géotechniques (fig. n°36).

Ces unités sont définies comme suit :

- Unité 1 : limon organique.
- Unité 2 : argile peu plastique.
- Unité 3 : limon très plastique.
- Unité 4 : sol organique très plastique.
- Unité 5 : argile très plastique.

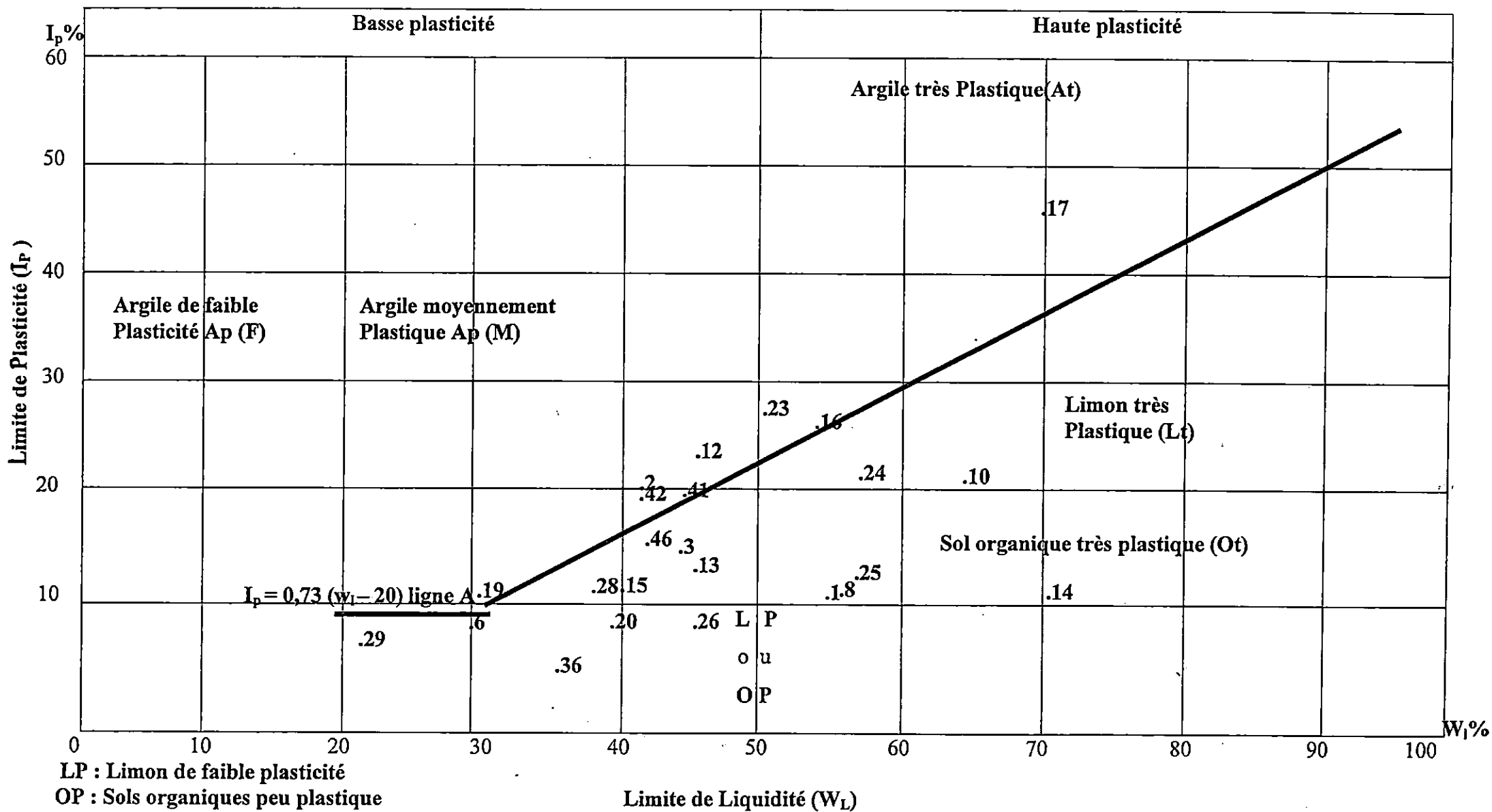


FIGURE 36 : LES VALEURS DE W_L ET I_p DES UNITES GEOTECHNIQUES DANS LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

- Unité 1 (fig. n°37)

Cette unité est caractérisée par des limons organiques peu plastique, cette dernière présente une valeur moyenne de limite de liquidité (w_l) de 38,50%, cependant la valeur moyenne de l'indice de plasticité (I_p) est de 10,50%.

Teneur en eau de l'unité 1

Les valeurs de teneurs en eau de cette unité affichent une grande variation. La valeur moyenne est de 49,60%, avec des valeurs minimales et maximales de l'ordre de 32,34% et 68,60%, respectivement.

TABLEAU N°30 Les caractéristiques physiques de l'unité 1.

N° de station	Limites d'ATTERBERG		Teneur en eau
	w_l (%)	I_p (%)	
Echantillon			w (%)
Cj3	44	15	40,87
Cj6	30	8	42,86
Cj13	46	13	46,93
Cj15	40	13	64,05
Cj20	39	08	42,61
Cj26	46	08	60,20
Cj28	38	12	54,51
Cj29	23	7	32,34
Cj36	36	5	43,60
Cj46	43	16	68,60
Valeurs moyennes	38,50	10,50	49,60

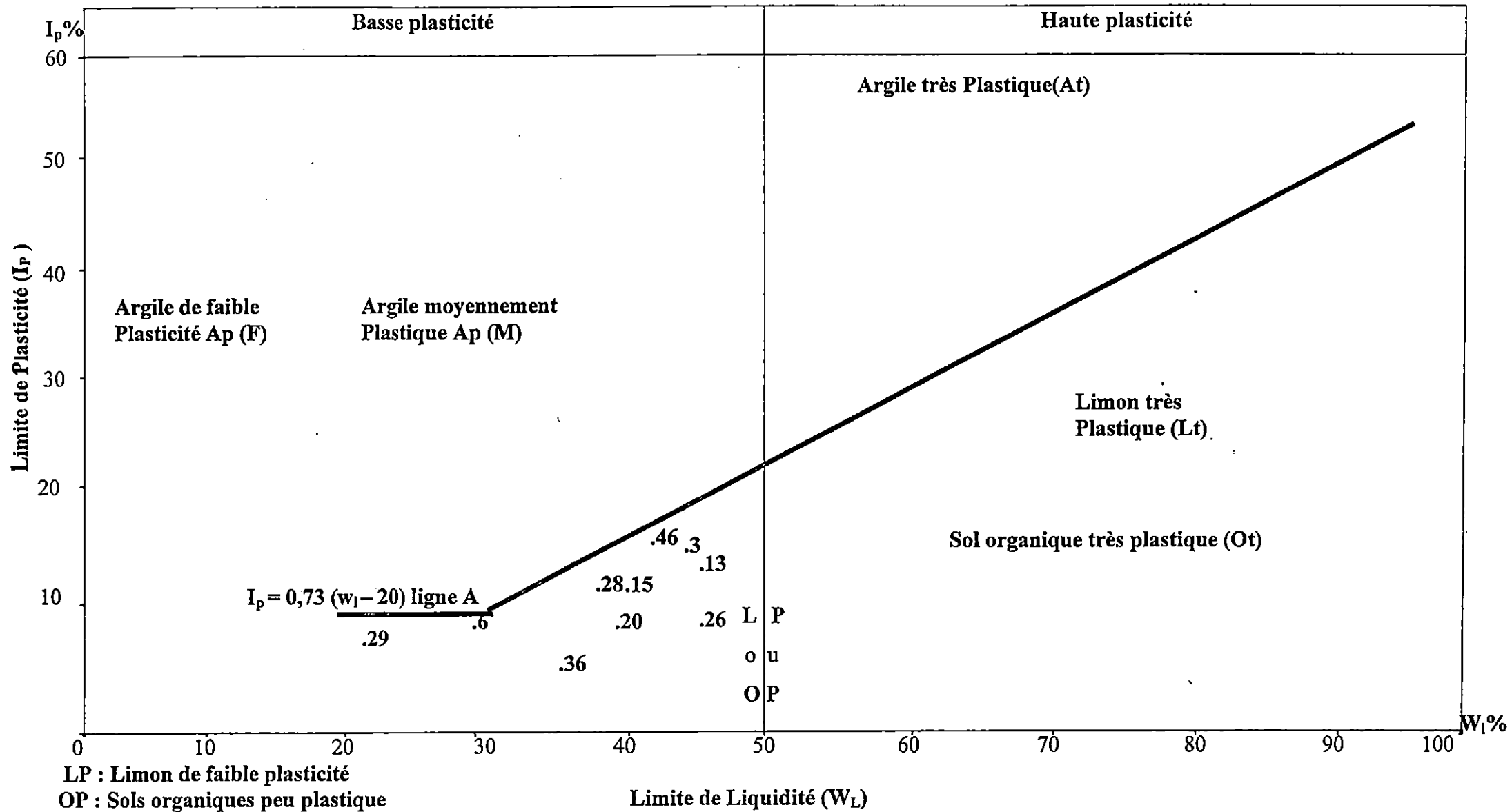


FIGURE 37 : LES VALEURS DE W_L ET I_p DE L'UNITE GEOTECHNIQUE N° 1 DANS LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

- Unité 2 (fig. n°38)

Cette unité est caractérisée par des argiles peu plastique, cette dernière présente une valeur moyenne de limite de liquidité (w_l) de 41,40%, cependant la valeur moyenne de l'indice de plasticité (I_p) est de 18%.

Teneur en eau de l'unité 2

Les valeurs des teneurs en eau de cette unité affichent une grande variation. La valeur moyenne est de 51,41%, avec des valeurs minimales et maximales de l'ordre de 34,55% et 74,60%, respectivement.

TABLEAU N°31 Les caractéristiques physiques de l'unité 2.

N° de station	Limites d'ATTERBERG		Teneur en eau
	w_l (%)	I_p (%)	
Echantillon			w (%)
Cj2	42	20	34,55
Cj12	46	23	39,66
Cj19	32	11	39,74
Cj41	45	18	68,50
Cj42	42	18	74,60
Valeurs moyennes	41,40	18	51,41

- Unité 3 (fig. n°39)

Cette unité est caractérisée par un sol organique très plastique. Elle présente une valeur élevée de la limite de liquidité (w_l) dont la moyenne est de 59,75%, cependant la valeur moyenne de l'indice de plasticité (I_p) est de 11,75%.

Teneur en eau de l'unité 3

Les valeurs des teneurs en eau de cette unité affichent une grande variation. La valeur moyenne est de 63,93%, avec des valeurs minimales et maximales de l'ordre de 41,84% et 80,40%, respectivement.

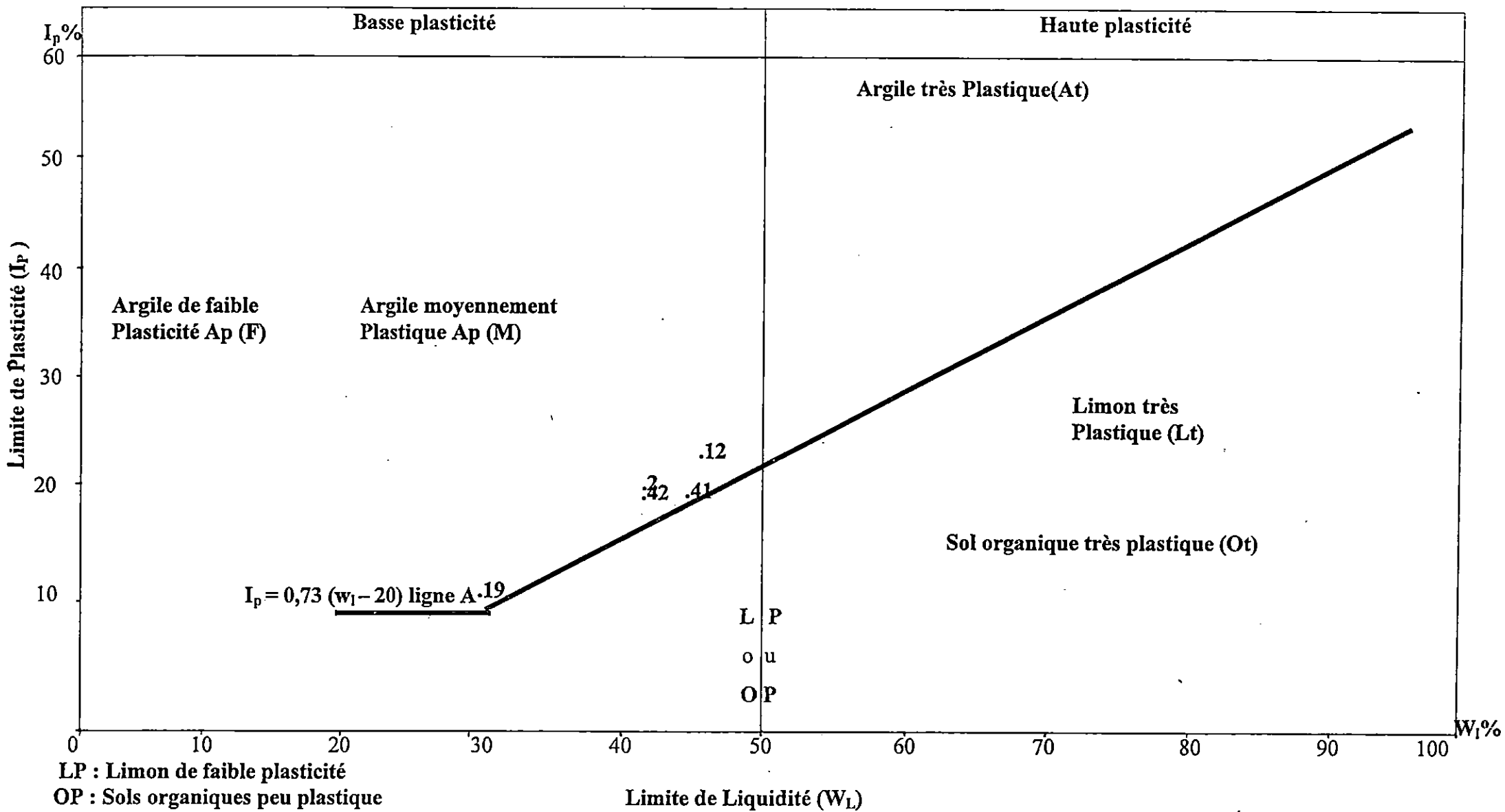


FIGURE 38 : LES VALEURS DE W_L ET I_p DE L'UNITE GEOTECHNIQUE N°2 DANS LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

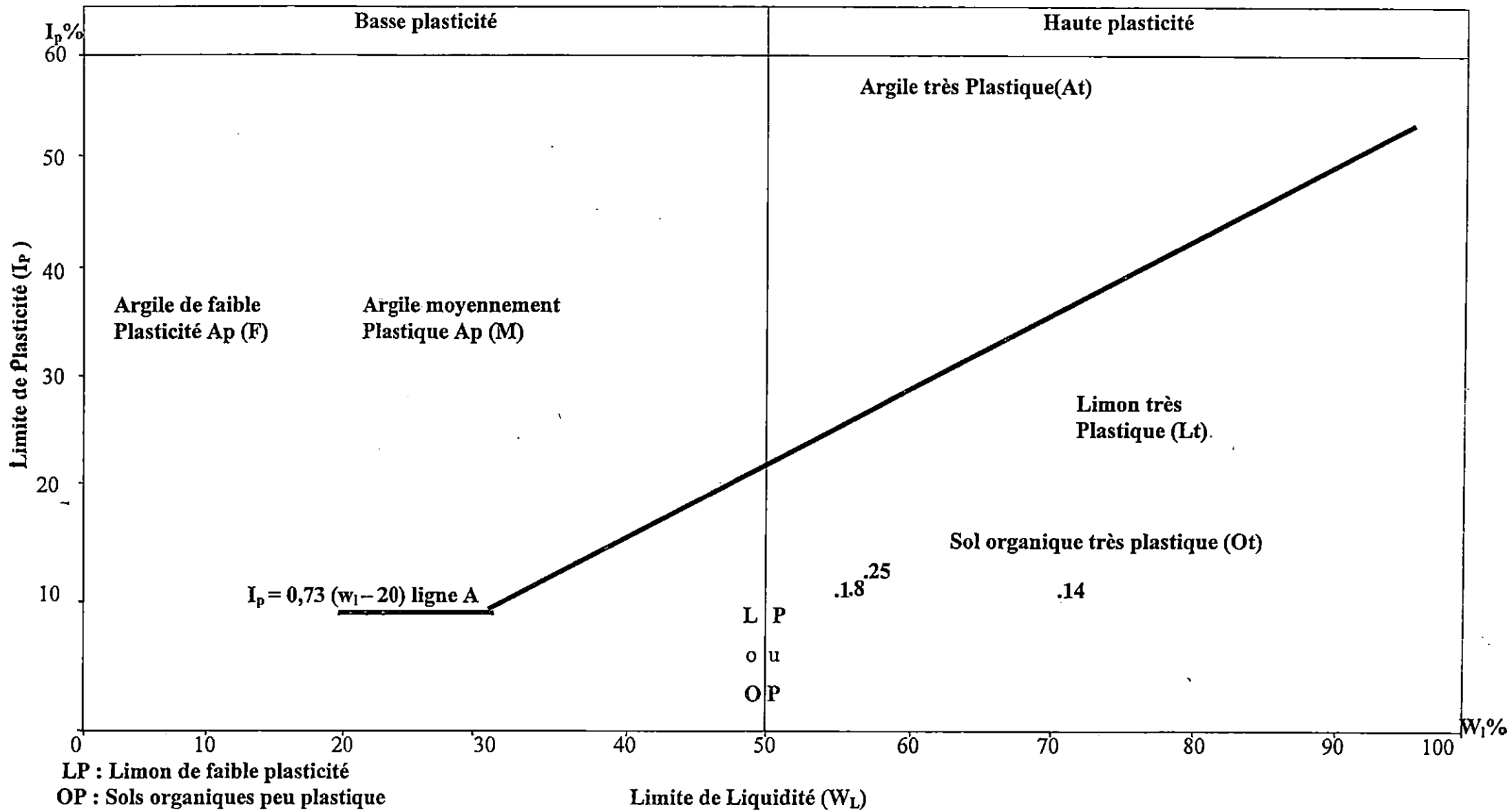


FIGURE 39 : LES VALEURS DE W_L ET I_p DE L'UNITE GEOTECHNIQUE N°3 DANS LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

Tableau N°32 Les caractéristiques physiques de l'unité 3.

N° de station	Limites d'ATTERBERG		Teneur en eau w(%)
	w _l (%)	I _p (%)	
Echantillon			
Cj1	55	12	41,84
Cj8	56	12	62,02
Cj14	71	11	80,40
Cj25	57	12	71,47
Valeurs moyennes	59,75	11,75	63,93

- Unité 4 (fig. n°40)

Cette unité est caractérisée par des limons très plastiques, cette unité présente une valeur moyenne de limite de liquidité (w_l) de 61%, cependant la valeur moyenne de l'indice de plasticité (I_p) est de 21,50%.

Teneur en eau de l'unité 4

Les valeurs des teneurs en eau de cette unité affichent une grande variation. La valeur moyenne est de 48,63%, avec des valeurs minimales et maximales de l'ordre de 28,07% et 69,20%, respectivement.

TABLEAU N°33 Les caractéristiques physiques de l'unité 4.

N° de station	Limites d'ATTERBERG		Teneur en eau w(%)
	w _l (%)	I _p (%)	
Echantillon			
Cj10	65	21	28,07
Cj24	57	22	69,20
Valeurs moyennes	61	21,50	48,63

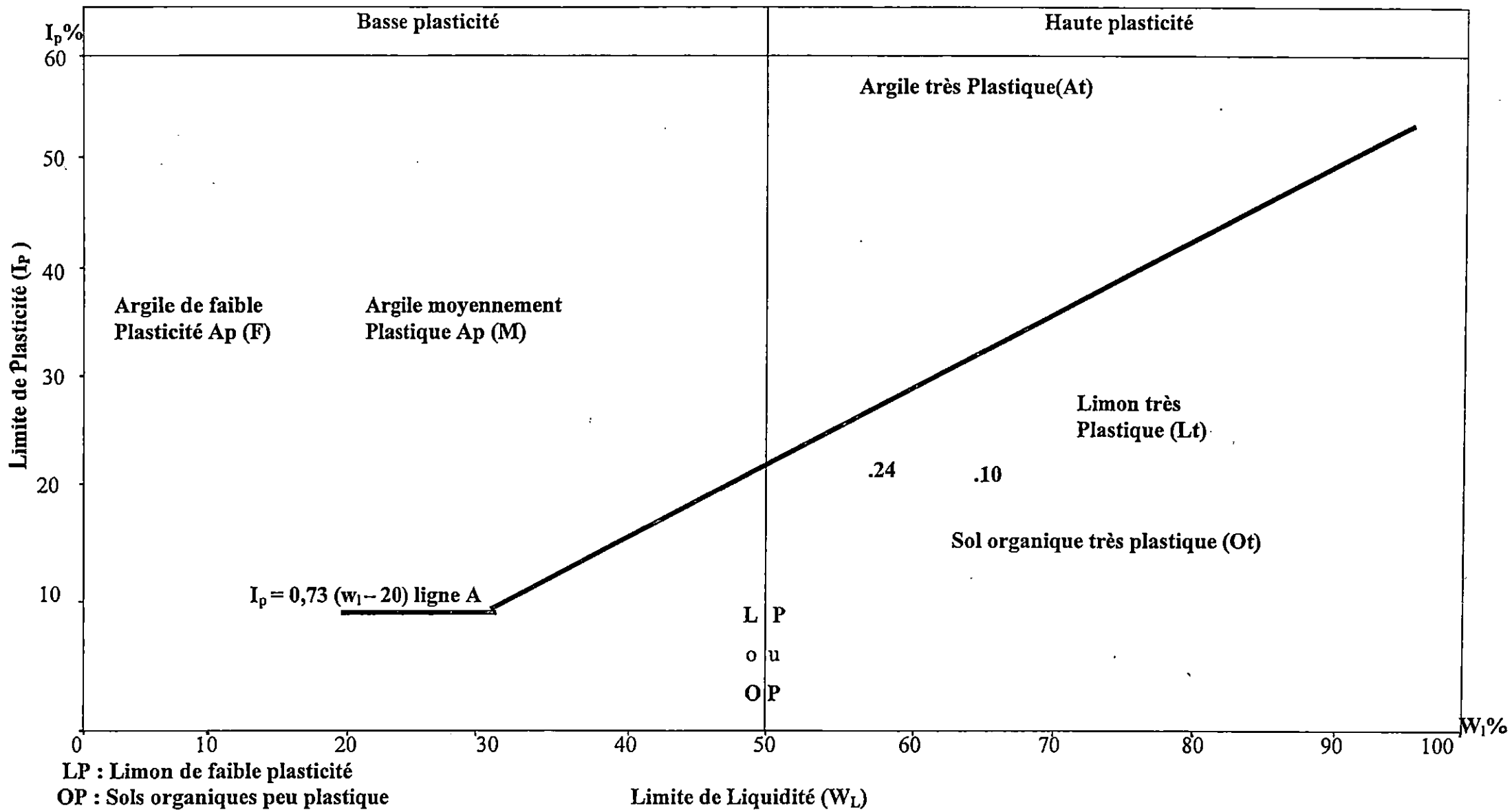


FIGURE 40 : LES VALEURS DE W_L ET I_p DE L'UNITE GEOTECHNIQUE N°4 DANS LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

- **Unité 5 (fig. n°41)**

Cette unité est caractérisée par des argiles très plastiques, cette dernière présente des valeurs élevées de limite de liquidité et de l'indice de plasticité, les valeurs moyennes sont de 58,60% pour w_l et de 32,30% pour I_p .

Teneur en eau de l'unité 5

Les valeurs des teneurs en eau de cette unité n'affichent pas une grande variation. La valeur moyenne est de 66,13%, avec des valeurs minimales et maximales de l'ordre de 63,40% et 70,68%, respectivement.

TABLEAU N°34 Les caractéristiques physiques de l'unité 5.

N° de station	Limites d'ATTERBERG		Teneur en eau
	w_l (%)	I_p (%)	
Echantillon			w (%)
Cj16	55	25	63,40
Cj17	70	45	64,31
Cj23	51	27	70,68
Valeurs moyennes	58,60	32,30	66,13

• **Répartition spatiale des différentes unités géotechniques**

La figure n°42 montre la répartition spatiale des différentes unités géotechniques et leurs degrés de plasticité dans la zone d'étude.

On remarque que la plasticité des unités augmente de la côte vers le large, elle est plus importante ou élevée dans les sédiments qui tant vers les fins.

De la côte jusqu'à une profondeur de -56m les unités sont peu plastiques, elles sont formées essentiellement par des limons organiques et des argiles.

Les unités qui présentent une plasticité très élevée se situe entre -56 et -100m de profondeur, elles sont formées par des limons, des argiles et un sol organique.

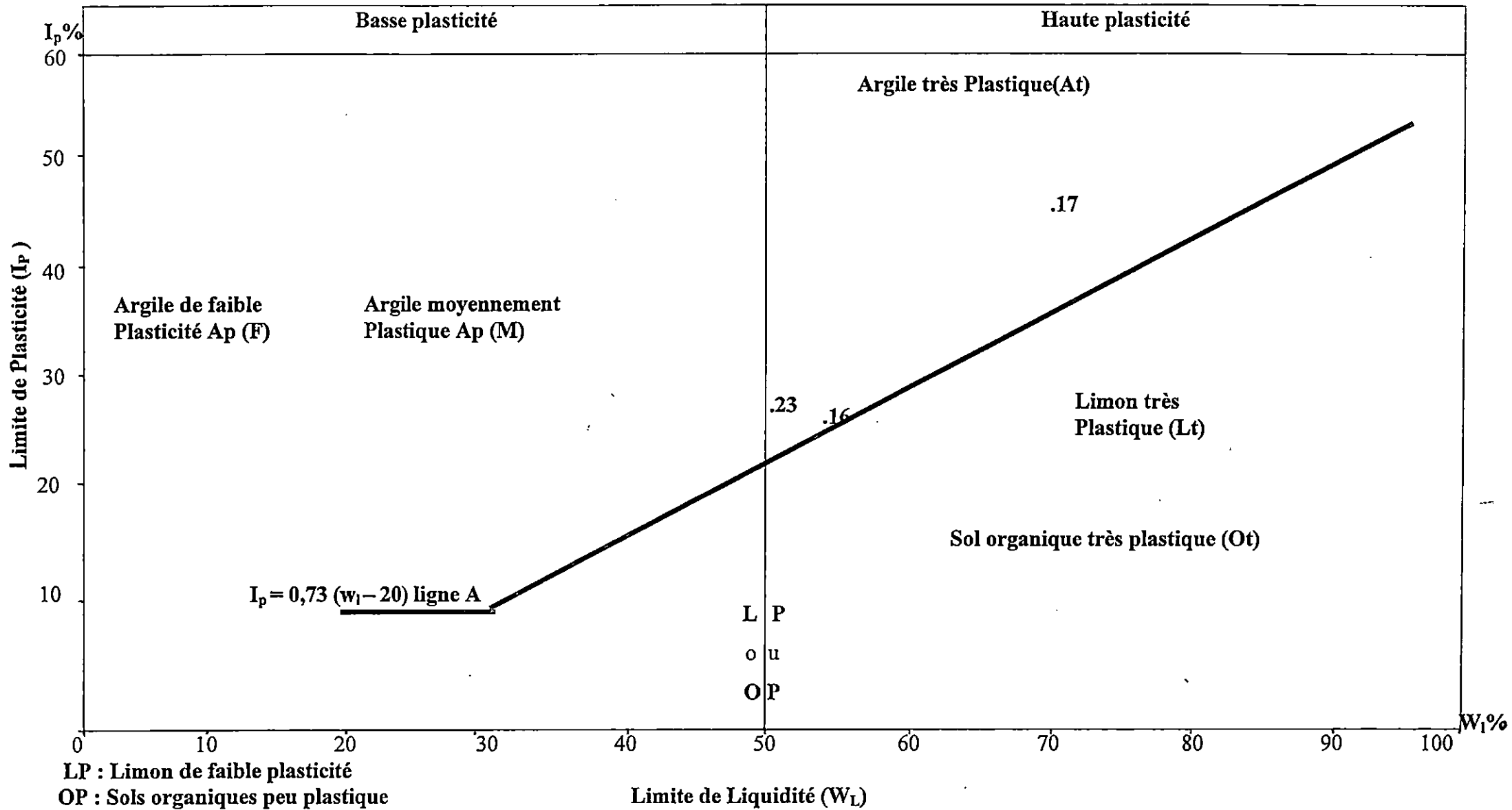


FIGURE 41 : LES VALEURS DE W_L ET I_p DE L'UNITE GEOTECHNIQUE N°5 DANS LE DIAGRAMME DE CASAGRANDE

MER MEDITERRANEE

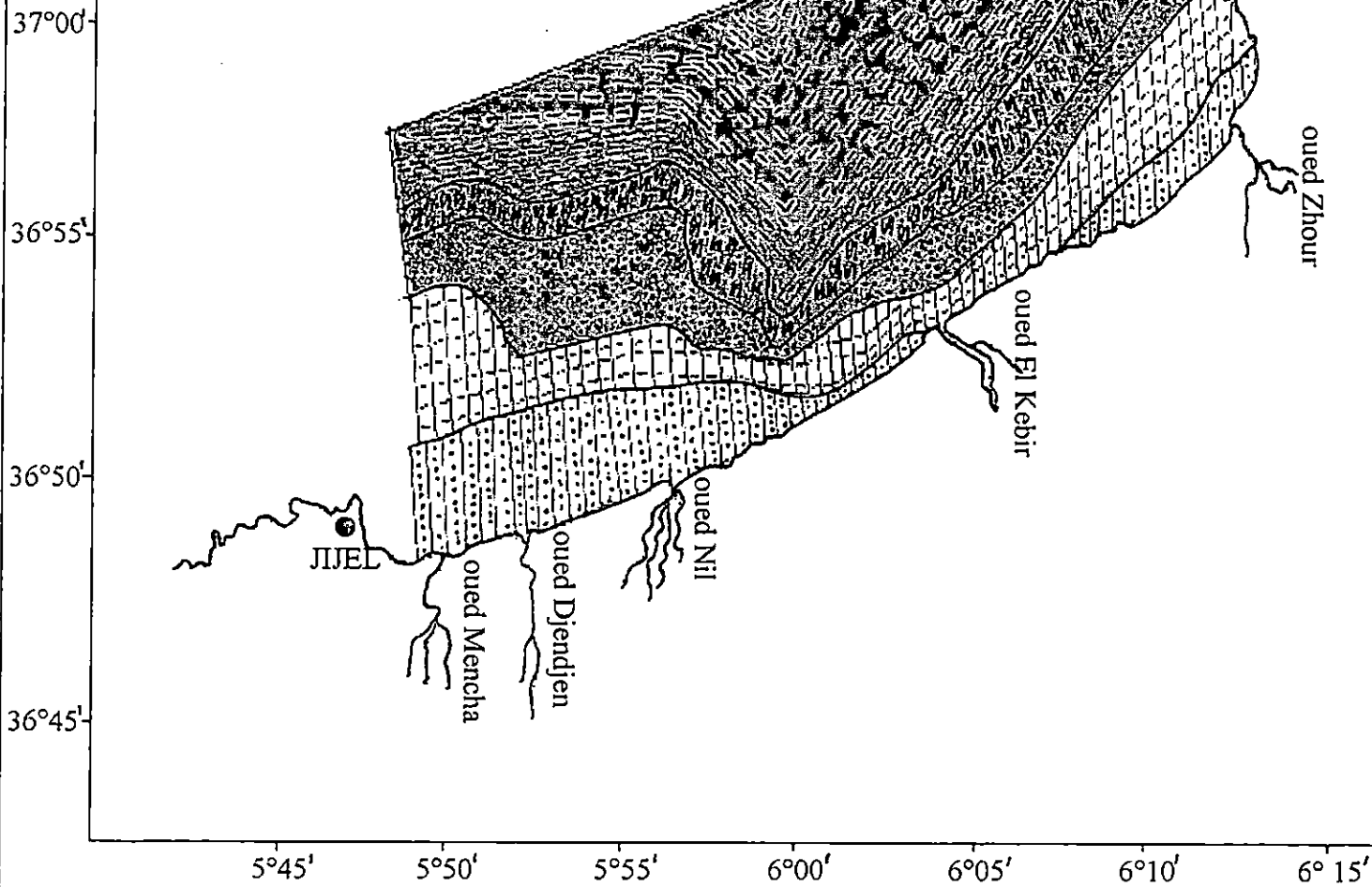







Figure N°42

Carte de la répartition des unités géotechniques de la baie de Jijel

Echelle : 1/290.000

LEGENDE

-  Unité 5 : Argile très plastique
-  Unité 4 : Sol organique très plastique
-  Unité 3 : Limon très plastique
-  Unité 2 : Argile peu plastique
-  Unité 1 : Limon organique

2.2.1.2. Classifications de la plasticité des sols d'après ATTERBERG

ATTERBERG a proposé une classification de la plasticité en fonction de l'indice de plasticité (I_p) (tableau n°35).

TABLEAU N°35 Classification de plasticité (d'après ATTERBERG).

Indice de plasticité (I_p)	Plasticité du sol
5-10%	Faible
10-20%	Moyenne
20-40%	Elevée
>40%	Très élevée

Dans le but de connaître la plasticité du sédiment dans notre zone d'étude, une division en classes de plasticité du sol s'avère nécessaire. Par ailleurs elle a été découpé en 4 classes :

Classe I : $I_p = 5$ à 10%.

Classe II : $I_p = 10$ à 20%.

Classe III : $I_p = 20$ à 40%.

Classe IV : $I_p > 40\%$.

Les valeurs de I_p des classes citées seront présentées ci-après dans les tableaux n°36, 37, 38 et 39.

Présentation des classes

- Classe I : $I_p = 5$ à 10%

TABLEAU N° 36 Les valeurs de I_p de la classe I.

N° échantillon	Valeur de I_p %
Cj6	08
Cj20	08
Cj26	08
Cj29	07
Cj36	05

Cette classe est caractérisée par une plasticité faible.

- Classe II : $I_p = 10$ à 20%

TABLEAU N°37 Les valeurs de I_p de la classe II.

N° échantillon	Valeur de I_p %
Cj1	12
Cj3	15
Cj8	12
Cj13	13
Cj14	11
Cj15	13
Cj19	11
Cj25	12
Cj28	12
Cj41	18
Cj42	18
Cj46	16
Cj02	20

Cette classe est caractérisée par une plasticité moyenne.

- Classe III : $I_p = 20$ à 40%

TABLEAU N° 38 Les valeurs de I_p de la classe III.

N° échantillon	Valeur de I_p %
Cj10	21
Cj12	23
Cj16	25
Cj23	27
Cj24	22

Cette classe est caractérisée par une plasticité élevée.

- Classe IV : $I_p > 40\%$

TABLEAU N°39 Les valeurs de I_p de la classe IV.

N° échantillon	Valeur de I_p %
Cj17	45

Cette classe est caractérisée par une plasticité très élevée.

Généralement le degré de plasticité augmente avec l'augmentation des particules fines en particulier, les fines argileuses qui se trouvent au large.

La **figure n°43** donne une indication sur la répartition spatiale des classes de plasticité existantes dans la région d'étude.

On remarque que les classes I et II sont situées entre la côte et -49m, elles occupent la majorité de la baie et présentent une valeur maximale de 20%.

Les classes qui se caractérisent par une plasticité élevée à très élevée avec une valeur maximale de I_p à 45% ; on les rencontre vers le large entre -45 et -100m de profondeur.

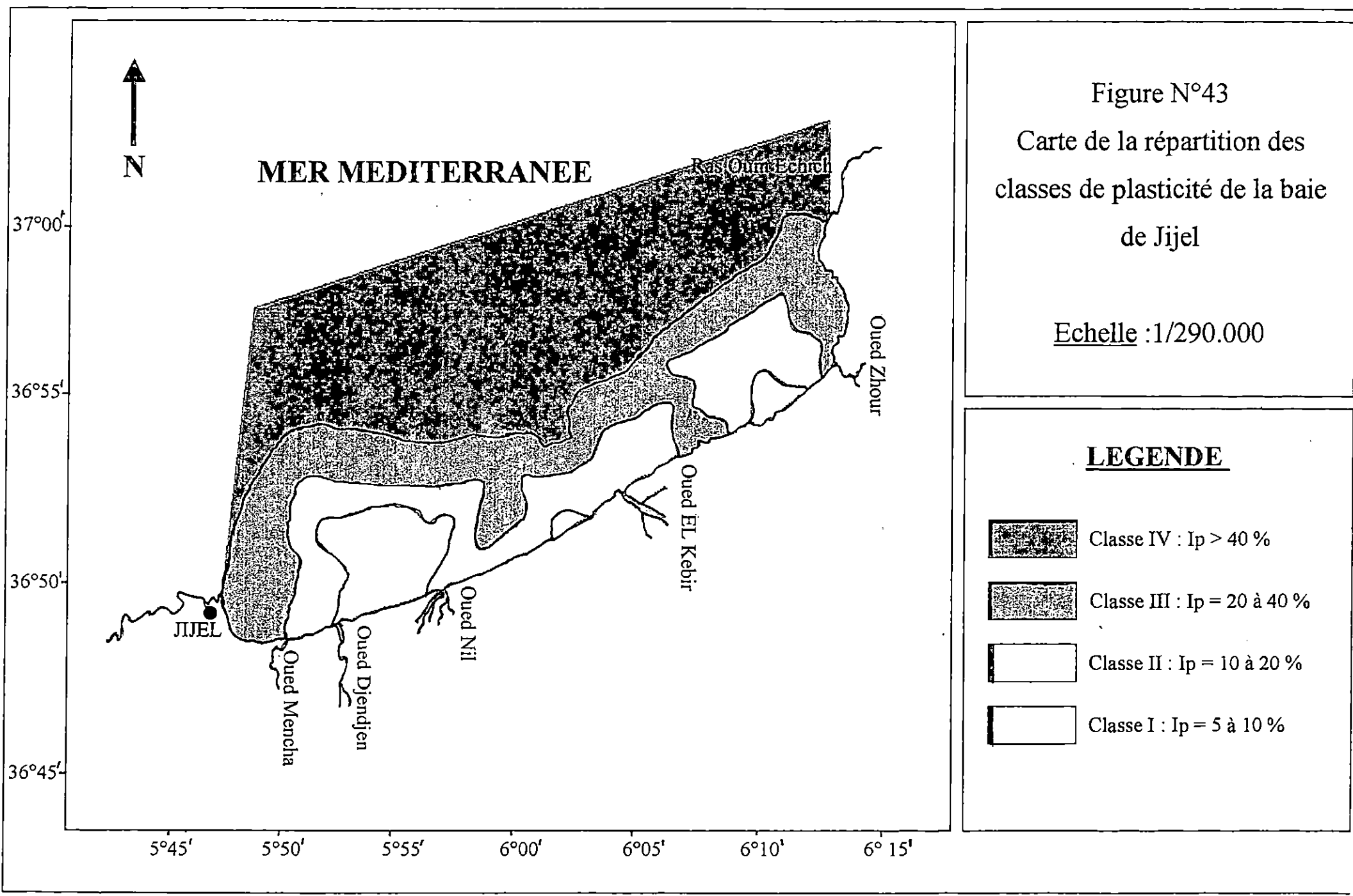






Figure N°43

Carte de la répartition des classes de plasticité de la baie de Jijel

Echelle : 1/290.000

LEGENDE

-  Classe IV : $I_p > 40 \%$
-  Classe III : $I_p = 20 \text{ à } 40 \%$
-  Classe II : $I_p = 10 \text{ à } 20 \%$
-  Classe I : $I_p = 5 \text{ à } 10 \%$

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Le travail que nous avons présenté est une contribution à l'étude des caractères sédimentologiques et géotechniques des sédiments meubles de la plate forme continentale de la baie, en tenant compte des conditions hydrodynamiques de la région (vents et houles).

Dans la baie de Jijel, les houles qui dominant sont du secteur nord et ouest pendant la saison hivernale. Les houles du secteur est prédominant pendant la saison estivale. Ces houles sont responsables du charriage des sédiments et du démaigrissement de quelques plages de la baie.

L'étude de la réfraction de la houle entre Jijel et Hadjra sidi-machiche montre que les houles de direction nord-est et nord-ouest sont peu réfractées, le coefficient de réfraction (K) est souvent proche de 1.

Les houles du secteur ouest provoquent dans notre zone d'étude une dérive littorale vers l'ouest, engendrant un transit sédimentaire dans cette direction.

Les paramètres sédimentologiques nous permettent de montrer la relation étroite entre la nature et la granulométrie des sédiments. Ces paramètres sont souvent en relation directe avec la bathymétrie.

La fraction détritique des sédiments échantillonnés provient en majeure partie des apports fluviaux (oued Djendjen et oued El-Kebir). L'érosion côtière constitue aussi une origine qui contribue à l'alimentation en sables de la baie de Jijel.

La granulométrie des particules est liée à l'hydrodynamisme marin, elle suit une répartition spatiale de la côte au large, d'où on a un tri du sédiment le plus grossier vers le plus fin.

Les échantillons CJ29, CJ28 et CJ21 situés près de la côte sont les témoins de cette répartition granulométrique.

Les sédiments de la baie de Jijel appartiennent à la classe des sables fins et moyens, leurs diamètre moyen est compris entre 90 et 390 μm , il décroît en allant de la côte vers le large.

L'analyse calcimétrique des sédiments montre que la fraction carbonatée provient essentiellement de la phase biogène, elle se présente sous forme d'accumulation de tests d'oursins et de débris coquilliers.

Les limites d'ATTERBERG renseignent sur les différents états physiques des sédiments, de l'état liquide à l'état solide.

Nous avons montré à partir des diagrammes les relations entre les paramètres sédimentologiques et géotechniques.

Le diagramme de CASAGRANDE renseigne sur la nature et l'état de plasticité des sédiments étudiés. Le caractère plastique des sédiments évolue de la côte vers le large.

La majorité des sédiments étudiés sont caractérisés par une plasticité moyenne.

Les faibles valeurs de plasticité sont rencontrées au niveau des stations : CJ36 et CJ20 situées près de la côte.

La haute plasticité caractérise le sédiment profond, représenté par la station CJ17.

La majorité des sédiments échantillonnés sont situés au dessous de la « ligne A » .

Mais la présence des sédiments situés au dessus de cette « ligne » est lié peut être au faible taux de matière organique et de foraminifères contenus dans le sédiment.

Ces deux paramètres n'ayant pas fait l'objet d'une étude qui aurait certainement infirmé ou confirmé cette hypothèse.

Les sédiments meubles de la baie de Jijel sont caractérisés par cinq (5) unités géotechniques, chaque unité présente une nature et une plasticité différente. La plasticité des unités augmente de la côte vers le large, elle est plus importante ou élevée dans les sédiments qui tant vers les fins argileuses qui se trouvent au large.

Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

- ALI, S. et BELADZAR, H., 1999.** Analyse et interprétation des résultats géotechniques dans les formations gonflantes, cas d'In-Amenas, Mém.d'ing.,IST (USTHB), Alger, p.93.
- BAGNOLD, R.A., 1996.**An approach to the sediment transport problem. From. general physics. geological. survey, prof.paper, 422-1.
- BELHIMER, Z. et AIT HADADANE, O., 1998.** Les caractères géotechniques et sédimentologiques des sédiments piégés dans les alvéoles de la plage Est de Sidi-Fredj, Mém.d'ing, ISMAL, p.80.
- BERTHOIS, L., 1975.** Etude sédimentologique des roches meubles, techniques et méthodes. Ed. Doin, Paris, p.278.
- BIJKER, E.W., 1969.** Littoral drift as function of waves and current. Proc.11th coastal.Engin.
- BIJKER, E.W., 1971.** Longshore transport computations. waterways. Harbors. coastal.Engin.Div, ASCE, Vol.97, N° (WW4), pp.687-701.
- BONNEFILLE, R., 1976.** Cours d'hydraulique maritime. Ed. Masson, Paris, p.159.
- BOUMESSAOUD, M. et MAMERI, F., 1991.** Contribution à l'étude de la dynamique sédimentaire côtière de la région de Jijel, Mém.d'ing., IST (USTHB), Alger, p.96.
- BOUTIBA, M., 1996.** Etude en vraie grandeur du mode du fonctionnement des ouvrages de protection de la plage Est de Sidi-Fredj (ouest Algérois), Thèse de magistère, ISMAL, p.123.
- BRAIK, D., 1986.** Représentation du sédiment organogène et détritique devant Bou-Ismaïl (ex.castiglione). Alger, XXX ième congrès C.I.E.S.M., Palma de Majorque 10,30 Fasc. N°2.
- CAULET, J.C., 1972.** Les sédiments organogènes du précontinent algérien. Mém., série c, Tome XXV, p.289.
- CHAMLEY, H., 1987.** Sédimentologie. Ed. Dunod, Paris, p.175.
- COSTET, J. et SANGLERAT, G., 1981.** Cours pratique de mécanique des sols. Tome I. Ed. Dunod, Paris, p.284.

- DJELLIT, H., 1987.** Evolution tectono-métamorphique du socle kabyle et polarité de mise en place des nappes de flyshs en petite kabylie occidentale. Thèse de doctorat en science de la terre. Univ. Paris XI.
- FOLK, L., 1965.** Petrology of sedimentary rocks. Ed. Hemphuis, Texas, p.139.
- GOUDA, 1987.** Manuel on artificiel beach nourishment. Ed. Elseiver. Delft , p.200.
- GUILCHER, A., 1979.** Précis d'hydrologie. Ed.Masson, Paris, p.344.
- HAMANI, Z. et KHALDI, M., 1993.** Etude de la dynamique sédimentaire de la région Est de Dellys, Mém.d'ing., p.90.
- INMAN, D.L, 1952.** Measures for describing the size distributions for sediments. Jour.Sed. Petrology. Vol.22, pp.25-145.
- KAMPHUIS, J.W. and READSHAW, J.S., 1979.** A model study of a longshore sediment transport rate. Proc. 16th. conf. on coastal eng., pp.1656-1674.
- LECLAIRE, L., 1972.** La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin algéro-baléares (Précontinent algérien), Thèse d'état, Faculté des sciences de Paris, p.382.
- MILLOT, C., 1985.** Some features of the algerian currents. Jour. Geo. Resea. Vol.90 (C4) : pp. 7167-7169.
- MIGNIOT, C.,1981.** La défense des côtes. Erosion et sédimentation en mer, les causes et les moyens d'action. LCHF,p.88.
- MIGNIOT, C., 1982.** Etude de la dynamique sédimentaire marine, fluviale et estuarienne.Thèse Doct. d'état, Paris-Sud,p.300.
- NACER, F. et BOUZIANE, A.,1988.** Influence des aménagements (Centrale électrique, port de Djendjen) sur l'équilibre sédimentaire du littoral Est Jijilien, Mém.d'ing., ISMAL, p.109.
- NEGGAZI, Z. et OURARI, S.,1996.** Gonflement des marnes plaisancien de la région d'Alger, Mém.d'ing., IST (USTHB), Alger, p.132.
- PATTIARATCHI, C.B. and COLLINS, M.B.,1984.** Sand transport under the combined influence of waves and tidal currents : An assessment of available formulae. Marine geol., Vol.67, N° 1-2, pp.83-100.

- PETTIJOHN, F., 1949. Sedimentary rocks. Harper's geoscience series, Harper and brothers, New york, p.526.
- RIVIERE, A., 1977. Méthodes granulométriques, techniques et interprétations. Ed. Masson, Paris, p.170.
- URSELL, F., 1958. Mass transport in gravity waves. Proc. on the combridge philosophical society, Vol.49, pp.145-153.
- VAN RIJN, L.C., 1984. Sediment transport part I. Bed load transport. Jour. of hydraulic. engin, Vol.110, N°10.
- VAN RIJN, L.C., 1984. Sediment transport part II. Bed forms and alluvial roughness. Jour. of hydraulic.engin,Vol.110, N°11.
- VISHER, G.S., 1969. Grain size distributions and depositionnal processes. Jour. sed. petrology.

DOCUMENTS ET RAPPORTS CONSULTES :

- Agence Nationale des Ressources hydriques, 1998. Document interprétatif des débits liquides et solides de l'oued El-Kebir et l'oued Djendjen et la pluviométrie. Service hydrologie.
- Coastal Engineering Research Center, 1973. Abaques, shore protection manual. Vol.I, U.S.Army.Cor.Engin., Washington Dc.
- Laboratoire d'Etude Maritimes, 1997. Etablissement de la carte sédimentaire. Mission 5.
- Laboratoire d'Etude Maritimes, 1998. Etablissement de la carte sédimentaire. Mission 6.
- Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, 1963. Limites d'Atterberg. Mode opératoire. Ed. Dunod, Paris, p.25.
- U.S. Naval Weather Service Command, 1984. Summary of synoptic meteological observarions. Vol.4.
- Water Loopking Delft Holland, 1978. Rapport de recherche. Port sidérurgique de Jijel, Vol.VIII, Rejet et prise d'eau de la centrale SONELGAZ.

Annexe

Tableau des valeurs de la teneur en carbonates(CaCO₃)

Echantillon n°	Volume (ml)	Différence de volume (ml)	Pourcentage de CaCO ₃ (%)
Cj 1	18	3	30
Cj2	19	4	40
Cj3	19	4	40
Cj4	17,5	2,5	25
Cj5	19	4	40
Cj6	19,5	4,5	45
Cj7	19,5	4,5	45
Cj8	18	3	30
Cj9	19	4	40
Cj10	18,5	3,5	35
Cj11	19	4	40
Cj12	18	3	30
Cj13	18	3	30
Cj14	19	4	40
Cj15	18,5	3,5	35
Cj16	18,5	3,5	35
Cj17	19,5	4,5	45
Cj18	18,5	3,5	35
Cj19	18,5	3,5	35
Cj20	19	4	40
Cj21	17	2	20
Cj22	17,5	2,5	25
Cj23	19	4	40
Cj24	18	3	30
Cj25	18	3	30
Cj26	18,5	3,5	35
Cj27	17	2	20
Cj28	17,5	2,5	25
Cj29	17,5	2,5	25
Cj30	18	3	30
Cj31	20,5	5,5	55
Cj32	21	6	60
Cj33	23	8	80
Cj34	22	7	70
Cj35	22	7	70
Cj36	18	3	30
Cj37	17	2	20
Cj38	17	2	20
Cj39	17,5	2,5	25
Cj40	17,5	2,5	25
Cj41	23,5	7,5	75
Cj42	17,5	2,5	25
Cj43	21	6	60
Cj44	20	5	50
Cj45	22,5	7,5	75
Cj46	17,5	2,5	25
Cj47	16,5	1,5	15
Cj48	21,5	6,5	65
Cj49	22,5	7,5	75