

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

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

(I.S.M.A.L)

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

**En vue de l'obtention du diplôme
d'études universitaires appliquées
(D.E.U.A)**

Thème

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'AMENAGEMENT
D'UN PORT MIXTE DE PECHE ET DE PLAISANCE A
TICHY**

Présenté par :

**MEZOUAR KHOUDIR
AGSOUS LYDIA- SONIA
REZZOUG NADJOUA**

Encadré par :

Mr. BELKESSA.R

Session 2002

« Remerciements »

« le plus grand merci s'adresse au Bon Dieu »

Nous tenons à remercier vivement et profondément :

- *L'ensemble des enseignants de l'I.S.M.A.L, en particulier Mr BELKESSA Rabah, notre professeur et promoteur.*
- *Messieurs DJABALI et AIT ABDELMALEK de la Direction des pêches de la Wilaya de Bejaia.*
- *Mr Ben ABED subdivisionnaire de la D.T.P.Bejaia.*
- *Le personnel du laboratoire de l'aménagement du littoral :*
 - *Mr BOUTIBA.*
 - *Mr IDJER Samy.*
 - *Mr BOUCRINA Yacine.*

- *Le service documentation du L.E.M.*
Sans oublier M^{lle} HAMIDI Yasmina, Mr BOUMEZERAG Aziz et M^{lle} AGSOUS Amel, et les personnels de l'EURL/FSPP Amizour.

Comme nous remercions tous eux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Lydia, Nadjoua et Khoudir.

« Dédicaces »

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

- *Mes parents qui m'ont soutenue, que Dieu les protègent .*
- *Mon fiancé Amine que je porte dans mon cœur .*
- *Mon frère Saddek et mes sœurs .*
- *Mes collaborateurs : Lydia et Khoudir.*

NADJOUA

Je dédie ce mémoire à :

- *Mon père et ma mère qui m'ont soutenue le long de ma formation.*
- *Mes frères et sœurs et toute la famille.*
- *Mes amis.*
- *Surtout Lydia et Nadjoua .*
- *Sans oublier tous ceux qui m'ont soutenue.*

KHOUDIR

Je voudrais dédier le fruit de mes efforts à :

- *Mes très chers parents qui m'ont soutenue tout au long de mon parcours.*
- *Mes frères et sœurs.*
- *Mes grands parents, mes oncles et mes tantes ainsi que leurs enfants et conjoints.*
- *Mes cousines : Lynda, Soraya, Souriya, Sonia .*
- *La famille KEBOUCHI qui m'a accueillie sans oublier Samia et Lila.*
- *KHOUDIR et Nadjoua ,à tous ceux que j'estime ainsi qu'à mes copines.*

LYDIA

Nous tenons énormément à dédier ce mémoire :

- *A Mr BELKESSA pour sa disponibilité et ses conseils.*
- *A notre promotion.*

LYDIA, KHOUDIR ET NADJOUA.

Introduction	01
CHAPITRE I : Données naturelles du site.	
I - Cadre géographique.....	03
II - Cadre géologique.....	03
III - Cadre morphologique.....	06
IV - Donnée climatique.....	06
IV.1 - Données du S.S.M.O.....	06
IV.2 - Données de Bejaia.....	06
CHAPITRE II : Facteurs hydrodynamiques.	
I - Les houles :	11
I.1- Houle au large dans la zone d'étude.....	11
I.1.1- Direction de la houle au large.....	11
I.1.2 - Relation amplitude de la houle et direction.....	14
I.1.3- Relation amplitude-période de la houle au large.....	18
I.2 - Caractéristiques statistiques de la houle au large	19
I.2.1- Principe de calcul.....	19
I.2.2- Equation de la droite de régression.....	19
II- Etude de la réfraction :	22
II.1- Introduction.....	22
II.2- Les épures de réfraction.....	23
II.3- Principe de calcul.....	23
II.4- Choix de direction et des périodes.....	24
III- Caractéristiques de la houle à l'approche de la côte.....	24
IV- Courants.....	26
V- Estimation du transit sédimentaire.....	28
V.1- But de l'étude.....	28
V.2- Calcul du bilan énergétique.....	29
V.2.1- Calcul de la moyen des fréquences pour chaque période et chaque direction.....	29
V.2.2- Calcul de H_s pour chaque période et chaque direction.....	29
V.2.3- Calcul du temps pour chaque période et chaque direction.....	36
a. Calcul des fréquences d'observation	36
b. Calcul du temps « T » pour les directions	37
V.3- L'obliquité de la houle (x) :	38
V.4- Etude du déferlement de la houle.....	40
V.4.1- Définition.....	40
V.4.2- La houle de projet.....	40
V.4.3- Calcul du déferlement par la méthode des abaques.....	42
V.4.4- Calcul pour toutes directions confondues.....	42

V.5- Calcul des vitesses du courant de dérive littorale.....	46
V.5.1- Introduction.....	46
V.5.2- Calcul des vitesses du courant par secteur et par période.....	46
V.5.3- Conclusion.....	47

CHAPITRE III : Sédimentologie.

I- METHODOLOGIE :	48
1- Travaux en mer.....	48
1.1- Les prélèvements d'échantillons.....	48
1.1.1- Moyens en mer.....	48
1.1.2- Nombre et choix des stations.....	48
1.1.3- Techniques de prélèvement.....	48
1.1.4- Le positionnement.....	48
1.2- La bathymétrie.....	48
1.2.1- Moyens en mer.....	50
1.2.2- Technique.....	50
1.2.3- Technique de positionnement.....	50
1.2.4- Interprétation de la carte bathymétrique.....	50
2- Travaux au laboratoire.....	51
2.1- Granulométrie.....	51
2.2- Paramètres et indices granulométriques.....	51
2.2.1- Paramètres de position.....	53
2.2.2- Paramètres de distribution.....	53
2.2.3- Calcimétrie.....	54
II- Résultats et discussions :	55
II.1- Pour échantillons marins.....	55
1- La granulométrie.....	55
1.1- Les pélites.....	55
1.2- Etude de la fraction grossière.....	55
1.2.1- Les courbes cumulatives et les histogrammes de fréquence.....	55
1.2.2- Carte des médianes.....	57
1.2.3- Les cartes des quartiles (Q25,Q75).....	57
1.2.4- Les déciles (P10,P90).....	57
1.2.5- Les indices granulométriques (So,SK).....	62
1.2.6- Répartition des modes granulométriques.....	62
2- Les carbonates.....	68
II.2- Echantillons de la plage aérienne.....	68
1- La granulométrie.....	68
1.1- Les pélites.....	71
1.2- Etude de la fraction grossière.....	71
1.2.1- Les courbes cumulatives et les histogrammes.....	71
1.2.2- Carte des médianes.....	71
1.2.3- Les cartes des quartiles (Q25,Q75).....	71
1.2.4- Les cartes des déciles (P10,P90).....	71
1.2.5- Les indices granulométriques (So,SK).....	76
1.2.6- Répartition des modes granulométriques.....	76

2- Les carbonates.....	81
------------------------	----

CHAPITRE IV : Variantes d'aménagement.

I- Etude des variantes des schémas d'aménagement.....	84
I.1- Généralités.....	84
I.2- Description des variantes des schémas d'aménagement.....	84
I.2.1- Description de la variante 1.....	84
I.2.2- Description de la variante 2.....	85
I.2.3- Description de la variante 3.....	86
I.2.4- Principales caractéristiques des trois (03) variantes.....	87
I.3- Côtes retenues pour les bassins, les quais, et les appontements.....	88
I.3.1- Profondeurs des bassins.....	88
I.3.2- Côte des quais et appontements.....	89
II- Infrastructure nécessaire pour la flotille de plaisance	89

CHAPITRE V : Etude d'agitation et étude de stabilité.

I- Essai d'agitation.....	91
I.1- Méthode de calcul.....	91
I.1.1- Principe de calcul.....	91
I.1.2- Critère d'agitation.....	92
I.1.3- Génération de la houle	92
I.1.4- Données de houle utilisée.....	96
I.2- Résultats des essais d'agitation pour les trois (03) variantes.....	96
I.2.1- Analyse des résultats.....	97
I.3- Conclusion.....	97
II- Etude de stabilité.....	98
II.1- Généralités.....	98
II.2- Résultats des essais de stabilité de la variante retenue dans l'étude d'agitation (V2).....	98
II.2.1- La jetée principale.....	98
II.2.2- La jetée secondaire.....	102
II.3- Résultats analytiques de la variante 2.....	103
II.4- Conclusion.....	105

CHAPITRE VI : Etude d'impact.

I- Analyse des effets de l'aménagement du port de TICHY.....	107
I.1- Période de chantier.....	107
I.2- Période de fonctionnement.....	109
I.2.1- Impact sur le milieu physique.....	109
a. Estimation approximative de l'accumulation de sédiments le long des jetées.....	109

b. Interprétation.....	112
I.2.2- Impact sur le milieu naturel.....	113
I.2.3- Prévention de pollution dans la zone portuaire.....	113
I.3- Période d'entretien du port.....	114
II- Mesures proposer de suppression ou de réduction des effets dommageablès du projet.....	115
II.1- Introduction.....	115
II.2- Période de chantier.....	115
II.3- Période de fonctionnement du port.....	115
A- Le milieu naturel.....	116
B- Limitation de la pollution.....	116
 <u>Conclusion générale</u>	118

Bibliographie.

Annexe.

Introduction

Le littoral est considéré comme une frontière naturelle qu'assure la jonction entre le milieu marin et le milieu terrestre.

La fragilité de cet espace, et la manifestation intense et diverse de son intérêt, ont obligé les autorités à prendre en cause l'intégration harmonieuse des projets qui se développeront, dans leur environnement, tel que les installations portuaire nécessaires aux liaisons avec l'outre-mer et aux activités halieutiques.

L'économie actuelle a poussé, à fin de développer aux mieux cet espace qui est très riche, il est devenu très convoité, et cela est dû à son ouverture pour les relations économiques internationales. Cependant, les potentialités de nos côtes restent pratiquement inexploitable que ce soit du point de vue halieutique que produit touristique.

Afin de tirer un maximum de profit à partir de ce capital, il convient de réfléchir à son développement et sans le nuire, c'est vrai que le mouvement a commencé en ce sens, quoi qu'on est qu'aux premières marches.

L'une de ces marches est la construction d'un port de pêche et de plaisance sur une portion de ce littoral, qui va permettre aux communes limitrophes de sortir de leur enclavement, ainsi qu'à la création de postes d'emploi pour la population inactive, en même temps que la satisfaction de la demande du consommateur en produits halieutiques.

C'est dans ces perspectives que la Wilaya de Béjaia a manifesté son désir de construire un port mixte au niveau de la commune de Tichy, malgré l'existence d'une partie considérée uniquement pour la pêche au sein du port de Béjaia mais dont le rendement reste non rentable en ce qui concerne les ressources halieutiques.

Ce présent travail consiste à donner un aperçu sur la conception et l'aménagement de ce port, ainsi qu'à la fourniture de propositions qui ne viennent qu'après un traitement des divers points presidants au dimensionnement.

Il comprend six (06) chapitres présentés de la manière suivante :

Le chapitre initial fera l'étude de la situation géographique de la zone d'étude, le cadre géologique et morphologique ainsi que le facteur climatique (vent) influant .

Les données hydrographiques et physiques sont traités dans le second chapitre afin d'avoir une approche relativement plus détaillée pour la conception de ce port, avec une évaluation du bilan sédimentaire.

Une partie sédimentologique vient compléter cette étude au chapitre trois.

Dans le chapitre quatre c'est l'exposition des variantes d'aménagement, suivi d'un chapitre sur les essais d'agitation pour chaque variante sur model mathématique, et d'une étude de stabilité des digues .

Le dernier chapitre a tendance à s'intéresser à l'environnement et dont le contenu consiste en l'étude d'impact de ce projet sur le milieu naturel.

CHAPITRE I

Données naturelles du site .

I. CADRE GEOGRAPHIQUE :

La baie de Bejaia est située dans la partie orientale de la côte algérienne .Elle est limitée à l'Ouest par le Ras Carbon et à l'Est par le Kef Ziama.

La commune de Tichy se trouve dans la plaine côtière de Bejaia qui borde le Golfe de Bejaia (carte n° 01).

Cette plaine s'étend de l'embouchure de l'Oued Soummam à l'ouest jusqu'à l'embouchure de l'oued Agrioun à l'Est, elle a une longueur de 30 km.

La zone littorale faisant l'objet de cette étude, s'étend sur 1200 mètres, et se situe au pied de la falaise, surplombant le rivage de la bute de Tichy .

II. CADRE GEOLOGIQUE :

Dans la région de Bejaia, deux (02) unités géologiques ont été mises en évidence (carte n° 02) :

- Unité 01 :

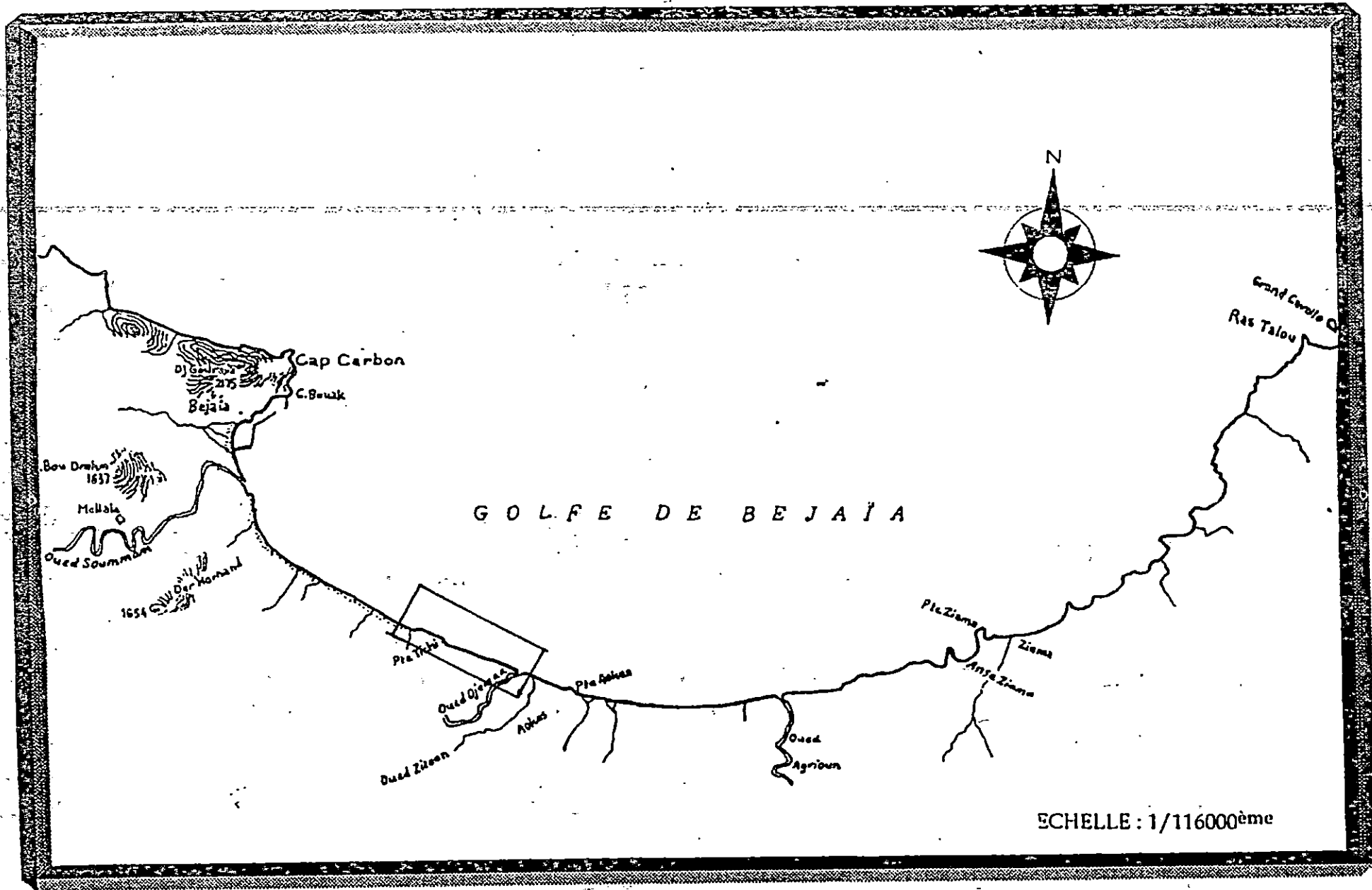
La région littorale Ouest a connue :

1. Des failles post oligocènes.
2. Un grand accident Sud -Ouest , Nord- Est au pliocène qui cisaille les anticlinauses du Djabel Arbalou ,et du Djabel Gouraya.

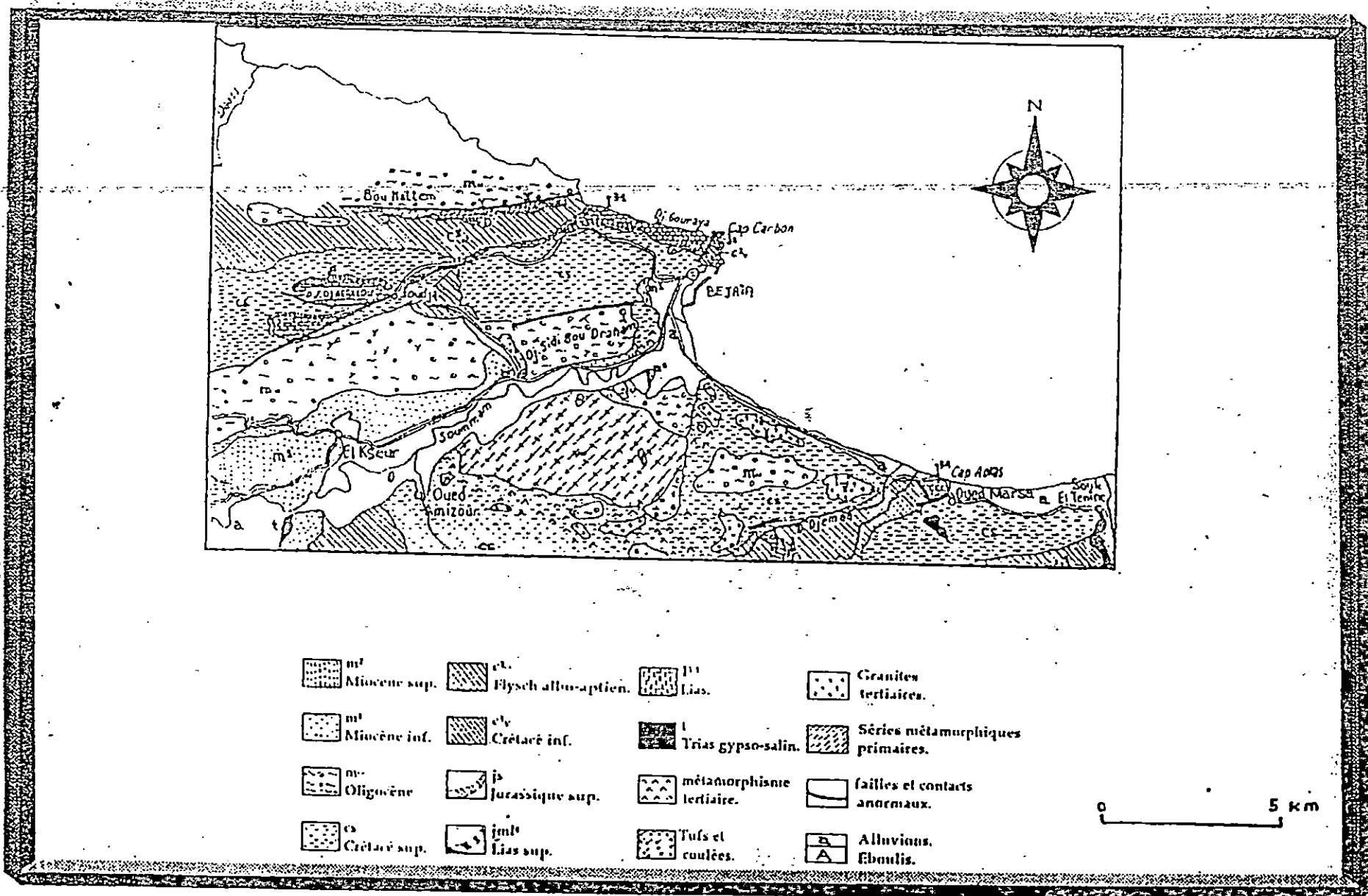
- Unité 02 :

Un sillon subsidient axeparallèlement sur le cours de l'Oued Soummam ,il est daté au miocène. Au pliocène , une phase de distension engendre les grandes failles d'effondrement (Est-Ouest) de part et d'autre de la vallée de la Soummam et le long du littoral.

Les plaines côtières de Tichy -Souk El Tenine sont constituées d'alluvions peu argileux, elle sont drainées par des petits cours d'eau (oued Agrioun ,Oued Djamaa) et délimitées par un cordon dunaire .



CARTE n°1: Situation géographique:



Carte n°2: Esquisse géologique du golfe de Béjaïa.
d'après L. Duplan 1962.

III. CADRE MORPHOLOGIQUE :

III.1- La morphologie du plateau continental :

Le plateau continental au niveau de la baie de Bejaia ressemble à un talus d'accumulation détritique , il présente une pente régulière de l'ordre de 1° en moyenne et il est raviné de 40 à 100 m. par un canyon unique en son genre par ses dimensions et sa localisation .

Le canyon qui a une longueur approximative de 300 m., se trouve près de l'isobathe (-30 m.) dans la direction Ouest par rapport à l'embouchure de l'Oued Soummam (carte n°03).

IV -Données climatiques :

Dans cette partie , nous avons examiné les données d'un facteur essentiel à tout projet d'aménagement d'un port , le vent.

Les vents sont des générateurs de vagues et de courants superficiels , leur impact croît avec leurs vitesses (Moulin &Claus,1978).Dans l'aménagement portuaire , la direction du chenal d'accès et les postes d'amarrage dépendent du vent (Graillet ,A. ,1975).

Il ressort des données recueillies dans la région de Bejaia , que les régimes du vent sont influencés par le relief environnant : le Djebel Gouraya et la vallée de la Soummam.

IV.1 - DONNEES DU S.S.M.O. :

En se basant sur les données du S.S.M.O. (Sommary of Synoptic Meterological Observations) qui s'étalent de 1963 à 1970 , on détermine les fréquences d'apparition du vent par direction et par vitesse pour chaque trimestre et pour toute l'année (fig. 01 et fig. 02).

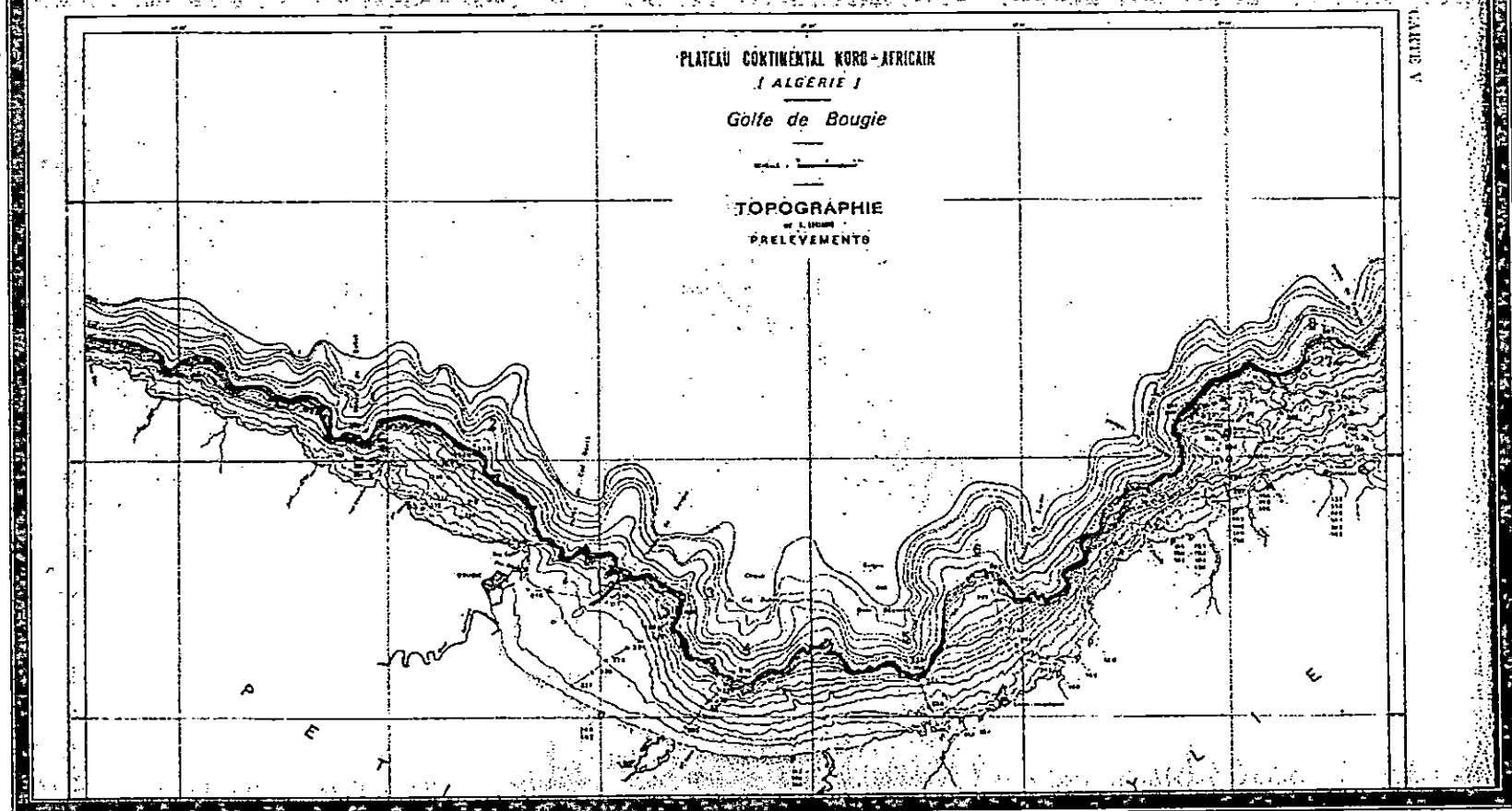
On constate que durant le 1^{er} et le 4^{ème} trimestre , les vents de l'Ouest sont dominants (plus de 25 % du temps), et qu'une grande partie de ces vents ont une vitesse supérieure à 08 m/s .

Durant le 2^{ème} et 3^{ème} trimestre , ce sont les vents du Nord - Est et Est qui sont prédominant (plus de 20 % du temps).

IV.2 -DONNEES DE BEJAIA : (L.E.M. ,1995)

Durant l'année , deux (02) régimes affectent la zone occidentale du Golfe de Bejaia .

Carte n° 03 : *Le plateau continental du golfe de Bougie.*
(LECLAIR, 1972)



IV.2.1 -Régime hivernale : (Octobre – Avril) .

Il se caractérise par la nette prédominance des vents des secteurs Sud –Ouest et Ouest . Le mois de janvier est le plus représentatif de ces vents : 08 % de ces vents ont une vitesse $V > 16$ m/s soit 31 nœuds (fig n°01).

IV.2.2 -Régime estival : (Mai –Septembre) .

La prédominance des vents Nord-Est et Est n'est nette que durant les mois de juillet et août.

Tableau n°01 : Régimes des vents en fonction de la saison hivernal et estival au niveau de la zone d'étude (Ras Tichy).

direction	Hiver	Eté
Sud-Ouest	40 %	21%
Ouest	20 %	09 %
Nord-Est	06 %	20 %
Est	07 %	13 %
Calme	24 %	37 %

La direction Nord Ouest n'est pas représentée car sa fréquence est trop faible durant le régime estival , 02 % des vents tous secteurs confondus ont une vitesse supérieure à 16 m/s.

On remarque que la direction dominante en été dans notre zone , est celle de la direction Sud- Ouest suivi par la direction Nord-Est .

Ceci s'explique par la présence d'un vent propre à cette région en cette période , qu'est le vent de la Soummam , qui souffle suivant un couloir orienté Sud-Ouest , Nord-Est (Leclaire , 1972).

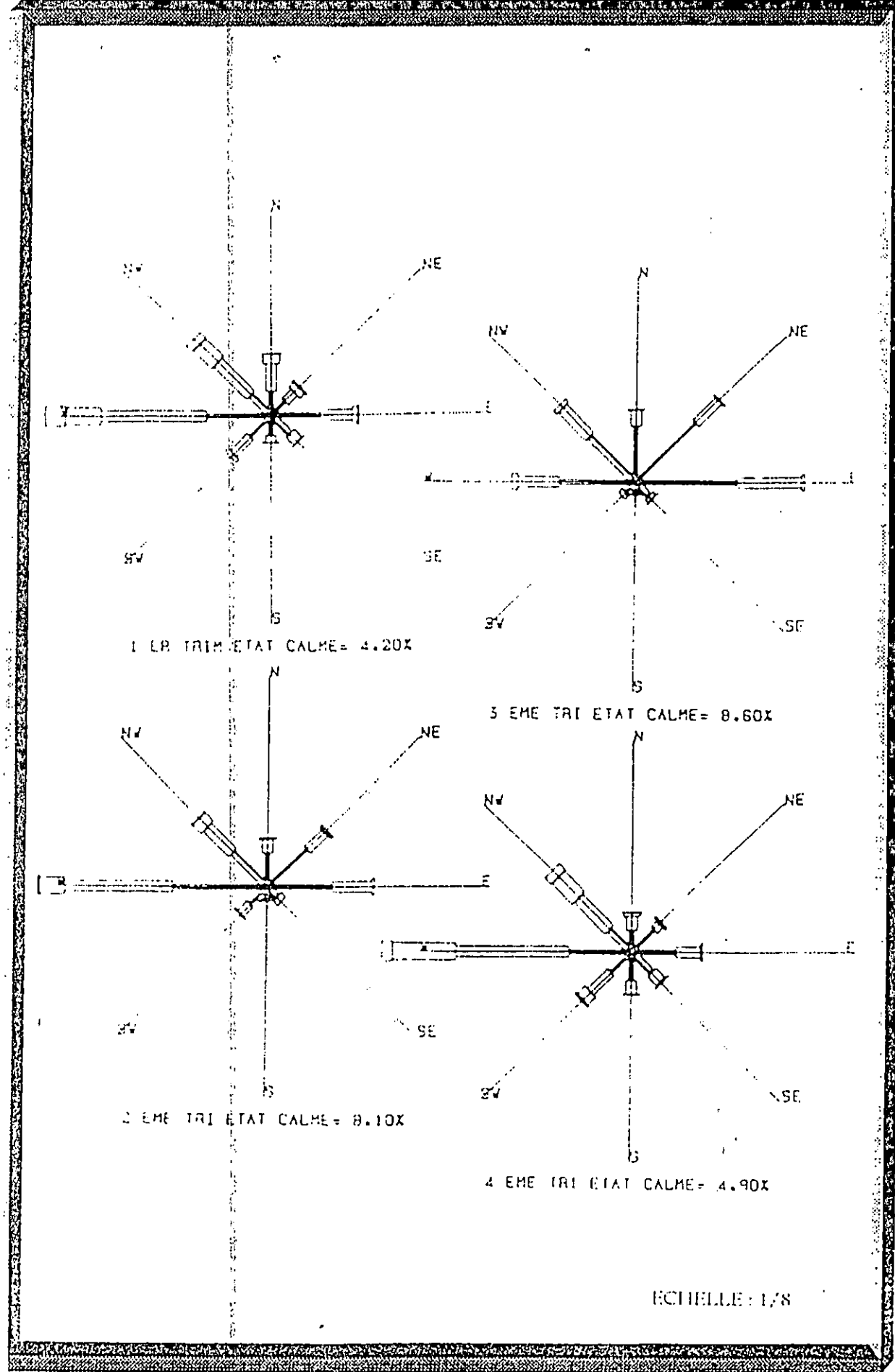


FIG n° 01 : Roses des vents trimestriels de la région Est d'Algérie .

Données S-S-M-O (1963-1970)

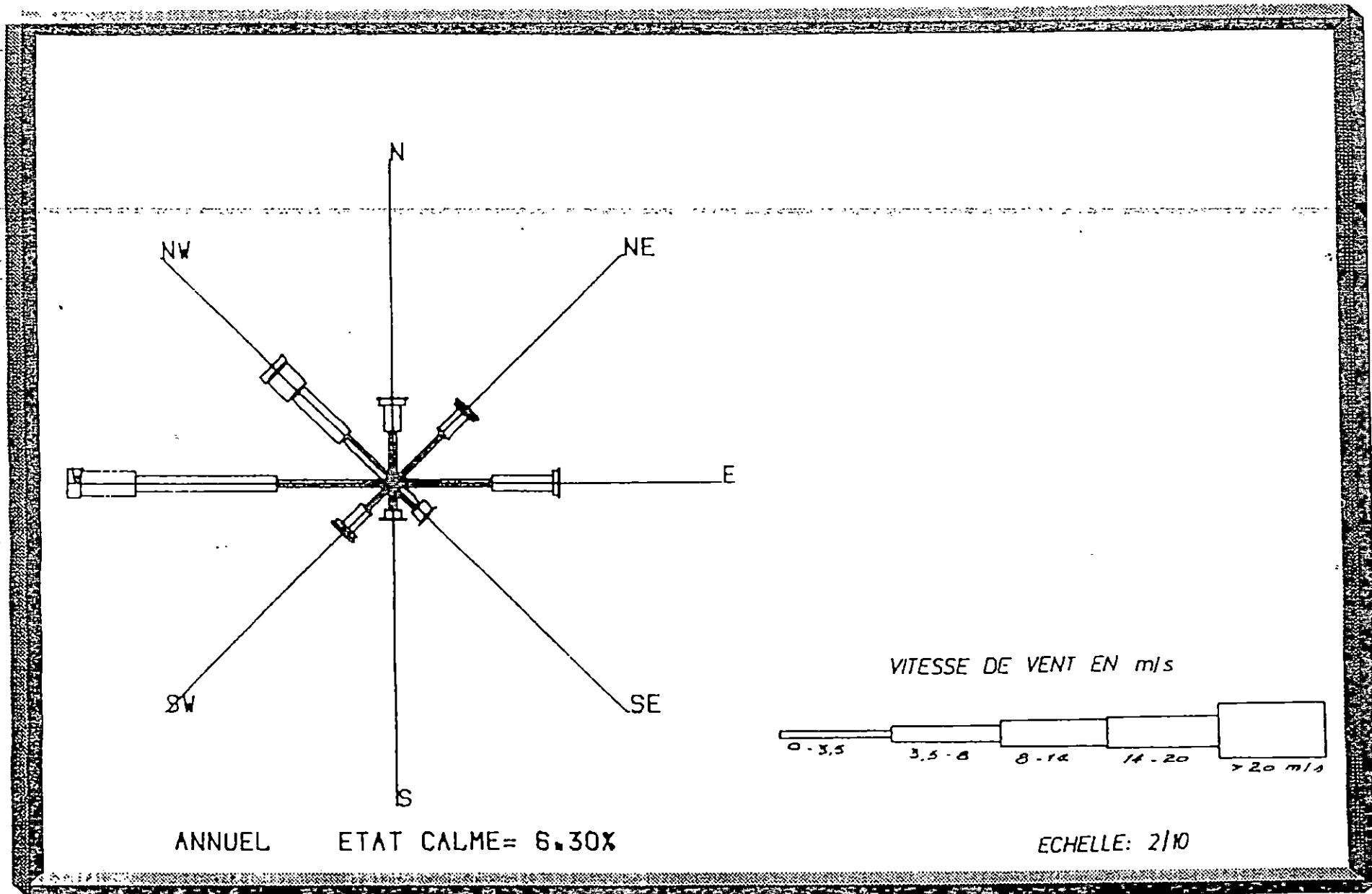


FIG n° 02 : Rose des vents annuels de la région Est d'Algérie .

Donnée S-S-M-O (1963-1970)

CHAPITRE II

Facteurs hydrodynamiques .

I. LES HOULES :

En absence de données directes sur le site , les résultats de houle ont été synthétisés à partir des observations , pour la période 1963- 1970 enregistrées au large des côtes algériennes par le S.S.M.O. couvrant la zone située entre 2° et 5° en longitude et entre 36°5' et 38° en latitude nord .

Une analyse statistique de ces données de base permet de définir les secteurs de houle prédominants et les amplitudes respectives .

I.1 - Houle au large dans la zone d'étude :

Les observations de la houle sont classées mensuellement et annuellement.

L'analyse statistique des données de houles permet de définir les secteurs de houles prédominantes et les amplitudes respectives.

I.1.1 -Direction de la houle au large :

Les résultats de cette analyse sont précisés sur le tableau n °02 ci -dessous , dans le quel on constate que :

- Les houles d'Ouest , du Nord-Est sont les plus observées.
- Les fréquences d'observations sur l'année des houles de directions Ouest et Est sont les plus prédominantes .

On remarque que la direction dominante est celle de l'Ouest .La prépondérance de ce secteur est nette pour le 1^{er} , 2^{ème} et 4^{ème} trimestre ; par contre , on distingue une légère diminution pendant la période d'été durant laquelle les houles de direction Est et nord-est dominant.

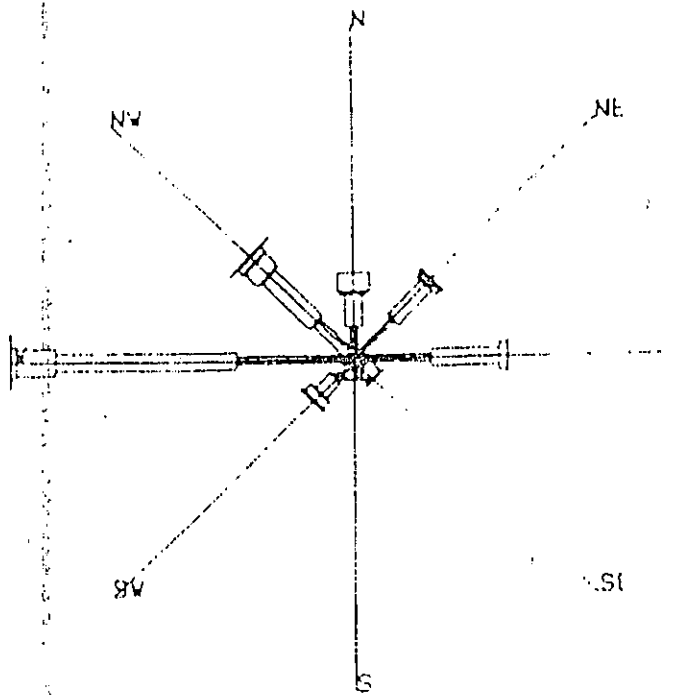
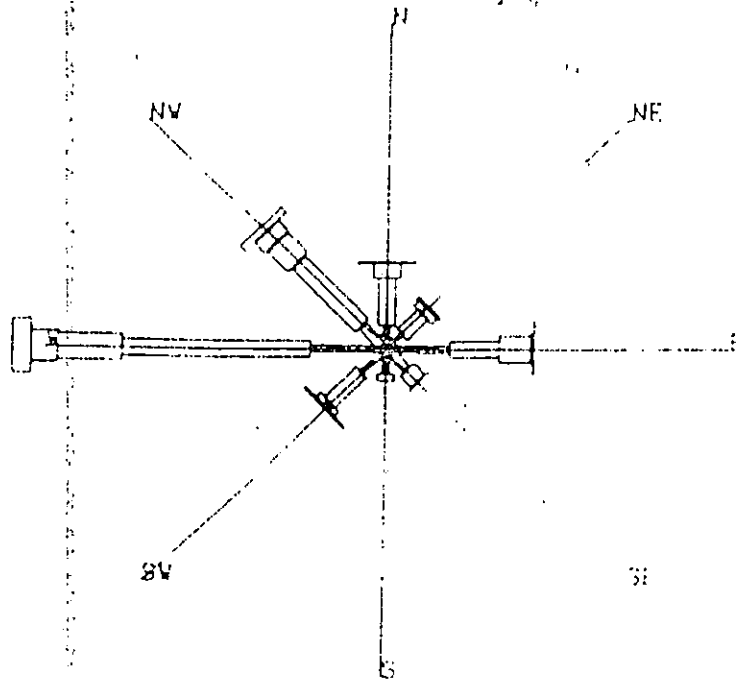
D'une manière générale , la répartition des houles le long de l'année est assez régulière .

Tableau n° 02 : Fréquence d'observations mensuelles par direction de la houle au large (L.E.M. ,1993).

MOIS	DIRECTION de la houle au large.				
	OUEST	N_OUEST	NORD	N_EST	EST
JANVIER	30.8	14	11.5	07.2	16.4
FEVRIER	39.6	14.5	08.4	06.0	12.4
MARS	35.5	20.4	08.5	05.5	12.9
AVRIL	39.4	18.6	06.4	08.8	15.2
MAI	31.7	13.1	08.6	15.9	17.3
JUIN	30.1	14.6	10.1	15.3	19.5
JUILLET	20.1	17.1	12.3	19.8	22.5
AOUT	18.5	16.9	12.4	19.9	24.9
SEPTEMBRE	17.7	15.8	12.0	14.2	29.2
OCTOBRE	30.4	11.1	08.2	11.0	19.0
NOVEMBRE	40.1	19.6	04.2	03.6	07.9
DECEMBRE	38.6	19.2	06.7	04.5	06.0
ANNUEL %	31.2	16.3	09.1	10.9	16.8

- L'ensemble des directions pour un mois = 100 %.

Le tableau précédent indique de manière claire les résultats de l'analyse statistique des directions de provenance de la houle mensuellement et annuellement.



ECHELLE 1/7

FIG n° 03 : Roses des houles trimestriels de la région Est d'Algérie .

Données S-S-M-O (1963-1970)

I.1.2 -Relation amplitude de la houle et direction :

L'état de la mer est caractérisé par les degrés qui correspondent aux amplitudes (voir tableau n° 03).

Tableau N° 03 : Etat de la mer en relation avec les amplitudes de la houle.

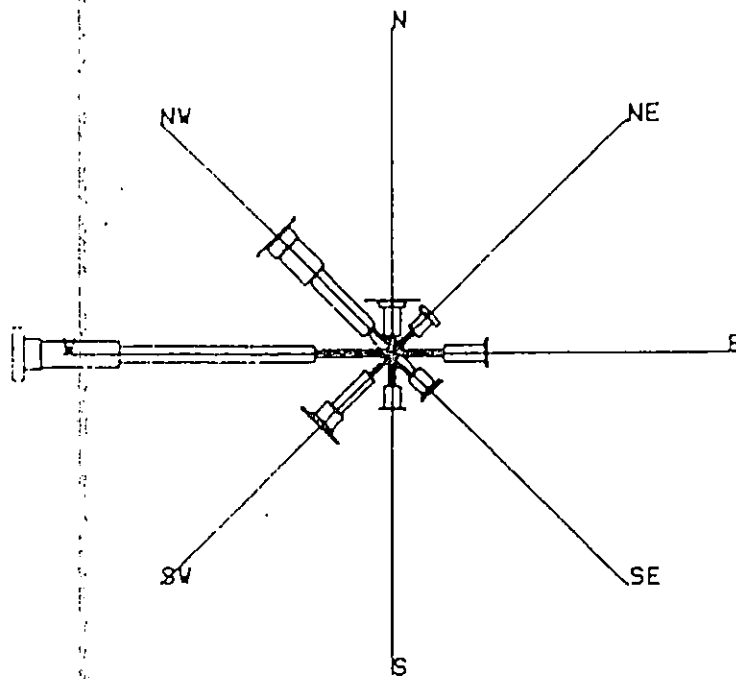
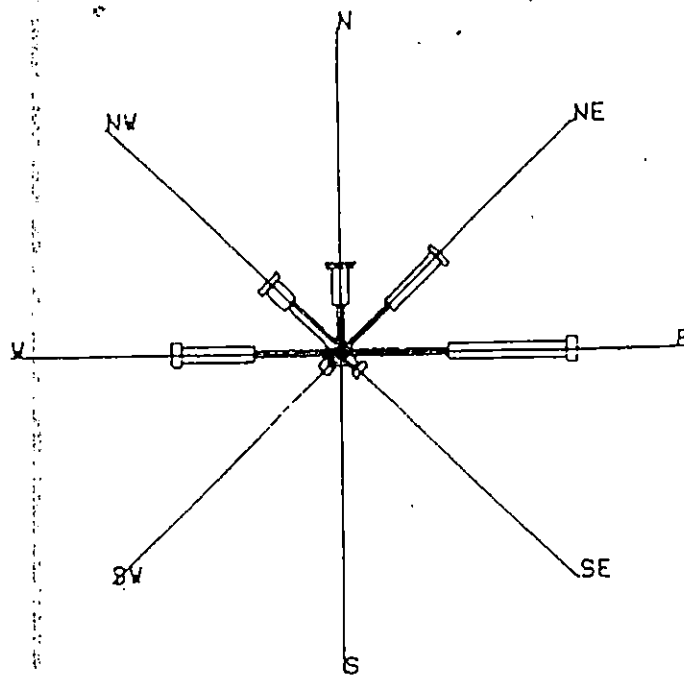
Degrée	Amplitudes (M)	application
Calme	<0.25	Ridée ou belle
0	0.25 -0.75	Ridée ou belle
1	0.75 -1.75	modérée
2	1.75 -2.75	Agitée
3	2.75 -3.75	Forte
4	>3.75	Très forte au supérieur

A partir des données du S.S.M.O.(1963-1970) , nous pouvons ressortir les fréquences d'apparition des différents degrés d'agitation par direction , ceci permet de réaliser les roses des houles données ci-après par saison et par année (fig 03 ,04 et 05).

• Interprétation des résultats :

1. Les houles de secteur Ouest sont prédominantes durant la période hivernale et celles du secteur Nord Est sont prédominantes durant la période estivale .
2. La hauteur significative de la houle au large provenant du secteur Ouest est la plus importante.
3. Les houles les plus fortes proviennent du secteur Est , bien que leur fréquence d'apparition reste faible par rapport aux houles de secteur Ouest.

A partir du tableau suivant , on constate que de fortes houles proviennent du secteur Ouest ,les agitations provenant des secteurs Nord Ouest et Est sont fréquentes pour les houles inférieurs à environ 2.50 m d'amplitude.



ECHELLE : 1/7

FIG n° 04 : Roses des houles trimestriels de la région Est d'Algérie .

Données S-S-M-O (1963-1970).

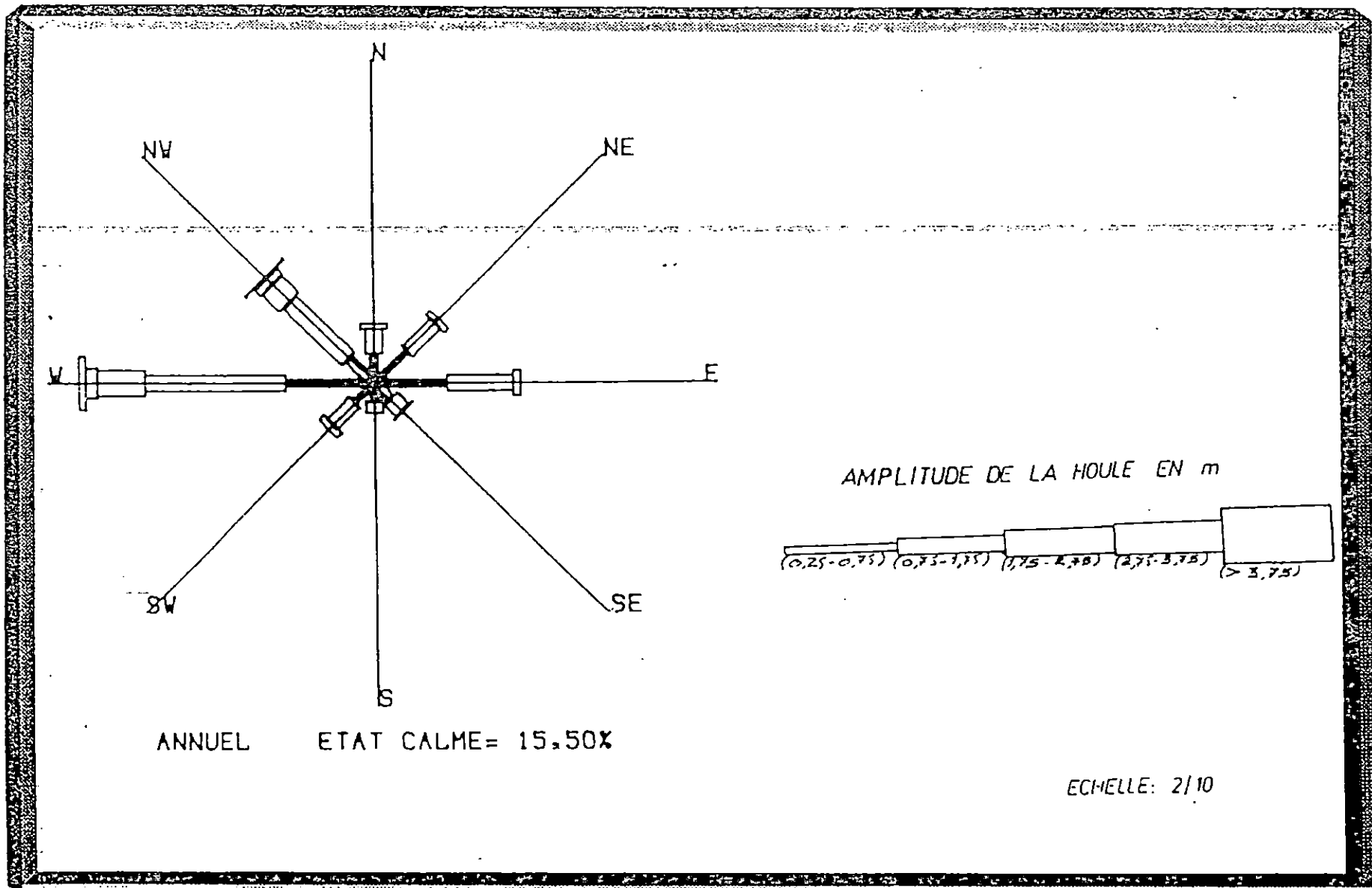


FIG n° 05 : Rose des houles annuelles de la région Est d'Algérie .

Données S-S-M-O (1963-1970).

**Tableau n° 04 : Fréquence par direction des différents états de la mer au large
(L.E.M. ,1993)**

Etat de la mer au large (degrés)	Direction de la houle / fréquence (%)				
	Ouest	n ouest	Nord	N est	Est
calme	02.60	01.90	02.30	02.30	03.20
0°	08.00	04.20	02.80	04.30	06.60
1°	14.20	06.70	03.30	03.70	06.10
2°	04.40	02.30	00.50	00.40	00.70
3°	01.10	00.80	/	/	/
4°	00.60	00.30	/	/	/
Total =	31.14	16.29	09.08	10.90	16.79

I.1.3 -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 figure dans le tableau ci dessous :

Tableau n° 05 : Relation amplitude période de la houle au large (L.E.M. ,1993)

Etat de la mer en degrés	Période de houle (secondes)					
	< 6	6 à 7	8 à 9	10à11	11à12	13
calme	05.10	00.10	/	/	/	/
0°	20.00	01.60	00.20	00.10	/	/
1°	23.60	12.70	02.60	00.60	00.20	/
2°	03.00	05.70	03.90	01.10	00.30	00.10
3°	00.40	01.20	01.40	00.70	00.30	/
4°	00.30	00.30	00.70	00.18	00.10	/
Total (%) =	52.40	21.60	08.80	03.30	00.90	00.10

* Amplitude (%).

De ce dernier, on constate que les houles observées de courte amplitude correspondent à des courtes périodes comprises entre 06 et 07 secondes.

1.2 - Caractéristiques statistiques de la houle au large :

Les ouvrages de protections doivent résister le plus longtemps possible à la houle. Cependant, nous ne disposons pas de données sur de longues périodes. Une extrapolation des valeurs des amplitudes observées par direction s'étalant sur une période de (1963 à 1970) a été effectuée, on établit donc une loi de régression linéaire donnant en fonction de la houle, sa fréquence de dépassement afin de définir les probabilités d'apparition associées aux périodes de retour.

1.2.1 - Principe de calcul :

Les programmes « Treg » et « Cori » basés sur la loi de régression linéaire conçus par le département informatique du L.E.M. permettent de tracer la courbe : hauteur significative de la houle probable associée aux périodes de retour pour chaque direction.

Le tracé des droites de corrélation linéaire ainsi que les écritures des résultats s'effectuent sur papier semi - logarithmique (fig 06 à fig 09).

1.2.2 - Equation de la droite de régression :

$$Y = A \ln(x) + B$$

Avec :

- Y : Hauteur significative = Hs.
- X : Probabilités associées aux périodes de retour = Pn.
- A : Pente de la droite.
- B : Ordonnée à l'origine quand $\ln(x) = 0$.
- A et B sont les constantes des courbes de régression.

• Exemple de calcul :

1. Direction Nord.

$$A = - 1.00$$

$$B = - 2.66 \longrightarrow Hs = - 1 \ln(Pn) - 2.66$$

$$K = \text{coefficient de corrélation} = -0.95$$

L.E.M., 1993

DIRECTION : NORD

— HOULE AU LARGE —

$Y = A \times \text{LOG}(X) + B$
 $A = -1.00$
 $B = -2.06$
 COEFFICIENT DE CORRELATION = -0.95

BIANNUELLE = 4.09 M
 QUINQUENNALE = 5.91 M
 DECENNALE = 6.60 M

VINGTENNALE = 7.29 M
 CINQUANTENNALE = 8.20 M
 CENTENNALE = 8.89 M

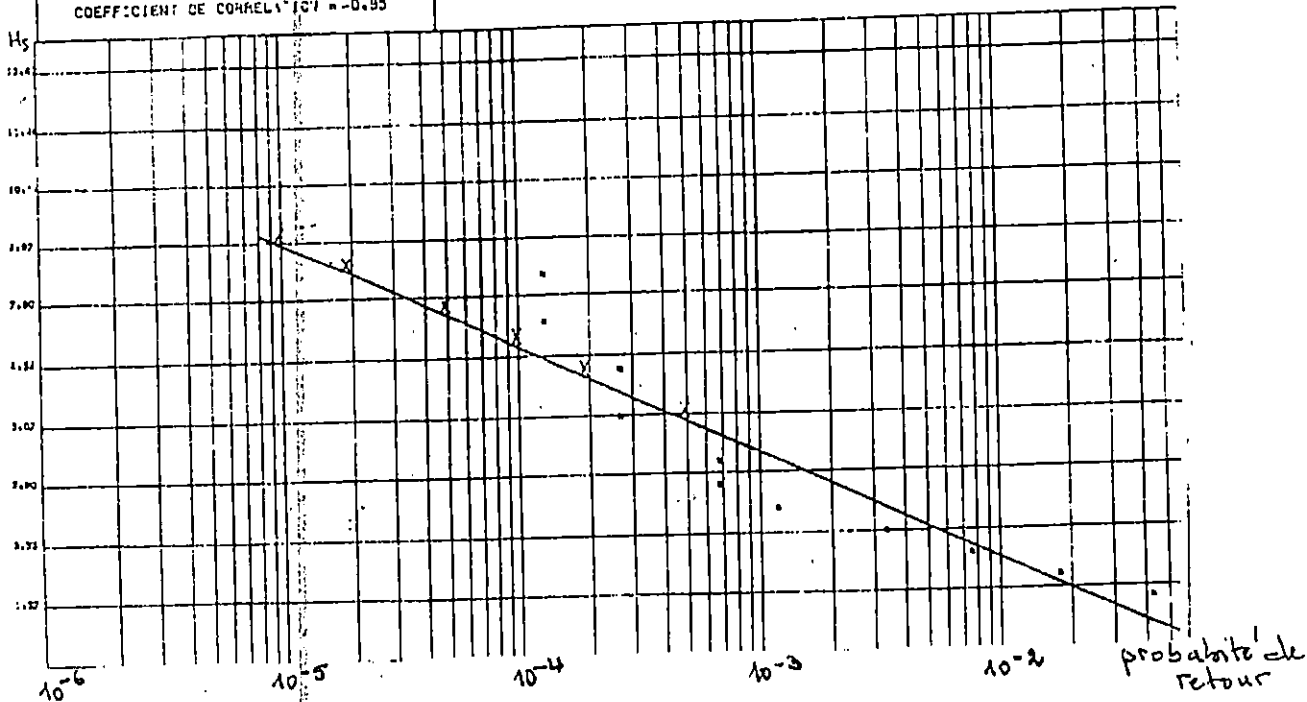


Fig n°07 : Courbe de régression linéaire de la variation de la houle.

L.E.M., 1993

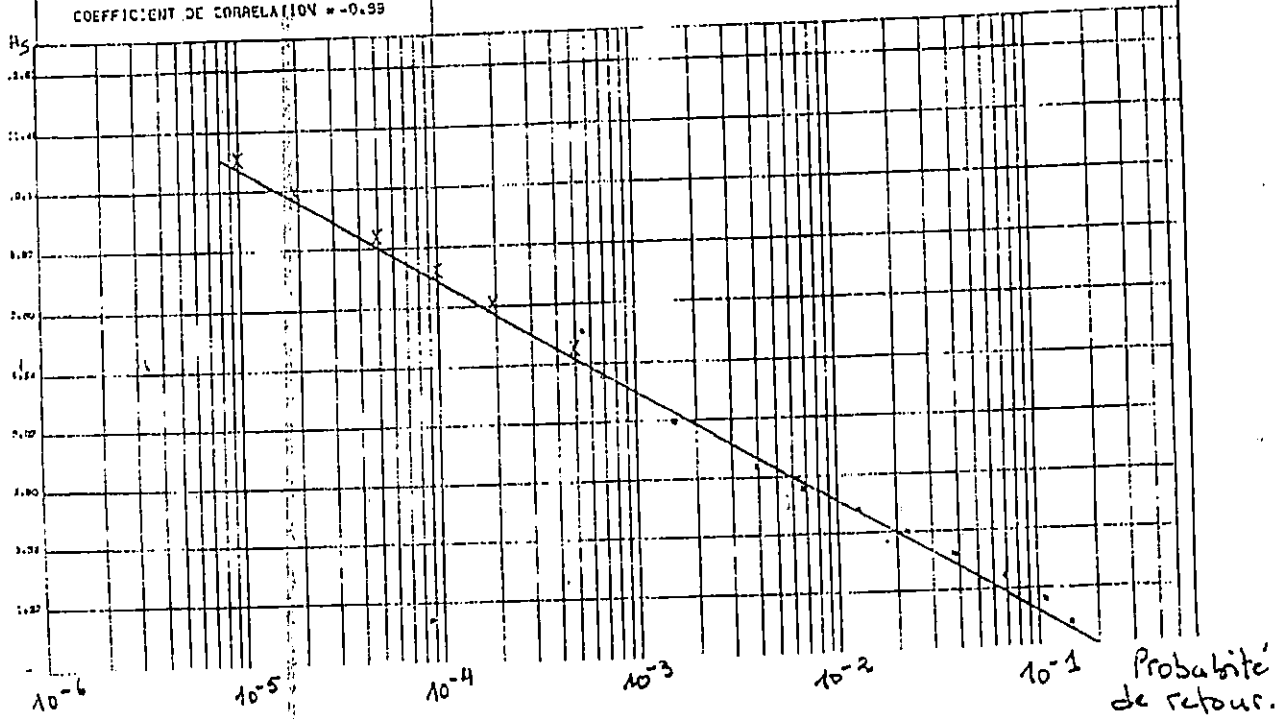
DIRECTION : NORD-WEST

— HOULE AU LARGE —

$Y = A \times \text{LOG}(X) + B$
 $A = -1.08$
 $B = -1.64$
 COEFFICIENT DE CORRELATION = -0.99

BIANNUELLE = 6.52 M
 QUINQUENNALE = 7.50 M
 DECENNALE = 8.25 M

VINGTENNALE = 8.97 M
 CINQUANTENNALE = 9.94 M
 CENTENNALE = 10.67 M



L.E.M., 1993.

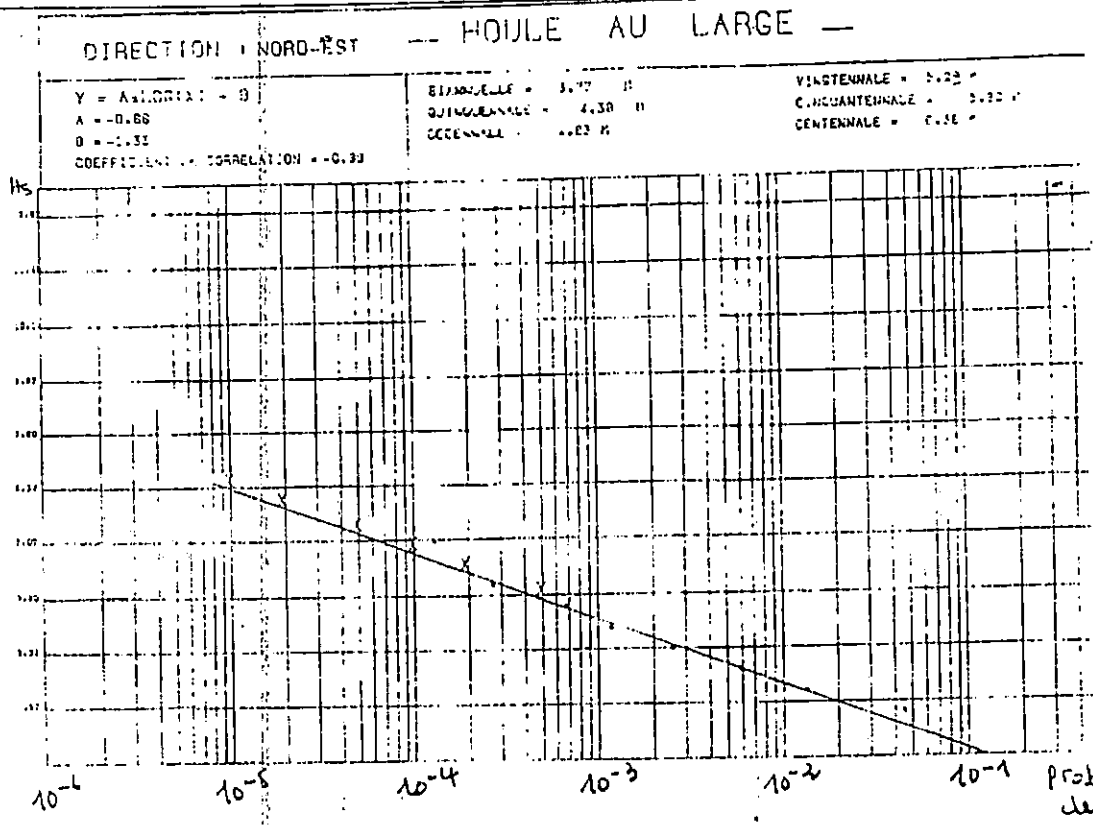
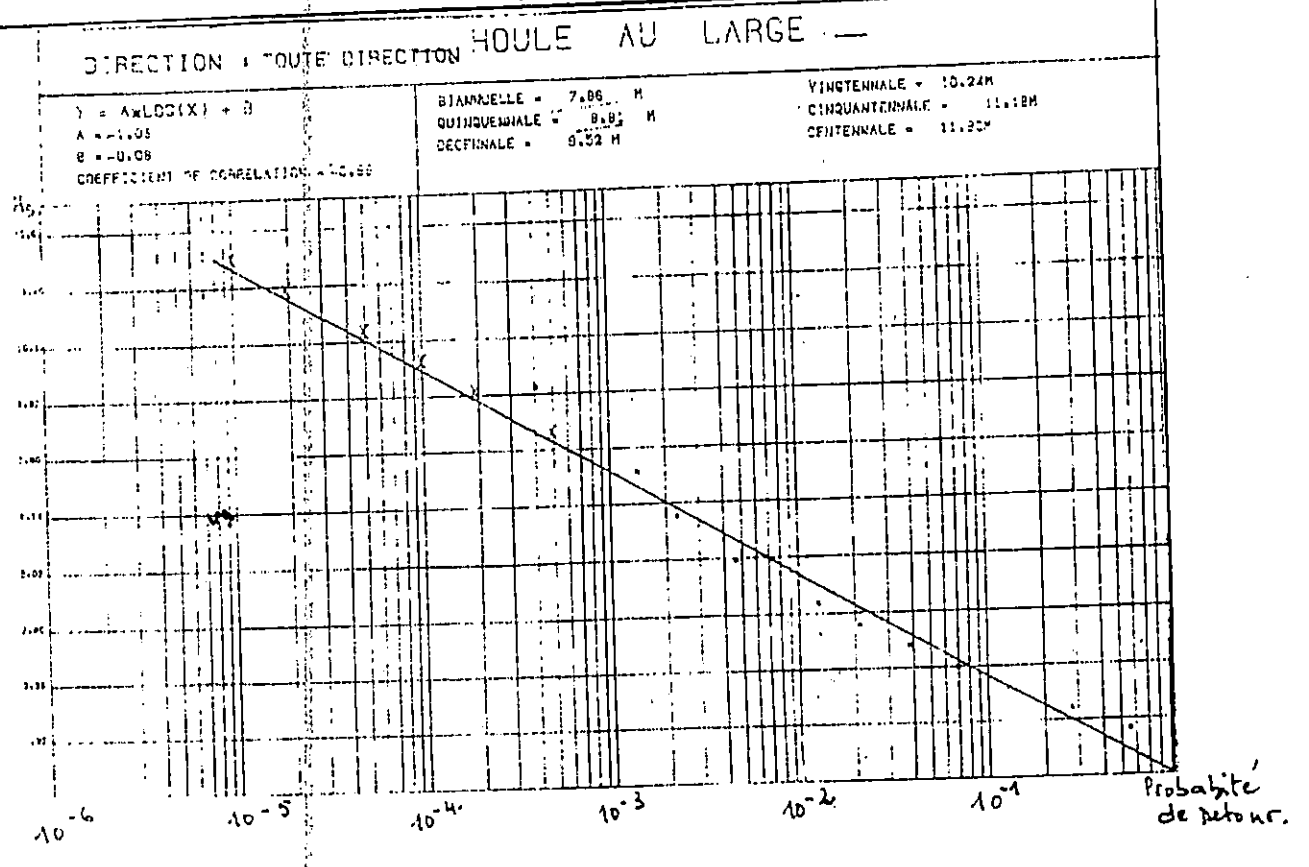


Fig n°09 : Courbe de régression linéaire de la variation de la houle .
L.E.M., 1993



- Direction Nord Est.

$$A = -0.66$$

$$B = -1.33 \longrightarrow H_s = -0.66 \ln(P_n) - 1.33$$

$$K = -0.99$$

- Direction Nord Ouest.

$$A = -1.06$$

$$B = -1.64 \longrightarrow H_s = -1.06 \ln(P_n) - 1.64$$

$$K = -0.99$$

Remarque : Dans tous les cas, le coefficient de corrélation (K) est très proche de « 1 », donc les résultats obtenus sont acceptables.

Tableau n° 06 : Valeurs des hauteurs significatives déduites des droites de régression pour chaque direction retenue.

Période de retour	Direction / Hauteur (M).			
	Nord	N Est	N ouest	Toute direction
Biannuelle	04.99	03.77	06.52	07.80
Quinquennale	05.91	04.38	07.50	08.81
Décennale	06.60	04.83	08.23	09.52
Vingtennale	07.29	05.29	08.97	10.24
Cinquantennale	08.20	05.90	09.94	11.18
Centennale	08.89	06.36	10.64	11.90

II - ETUDE DE LA REFRACTION :

II.1 - Introduction :

Le phénomène de la réfraction se traduit géométriquement par la déformation des crêtes, et énergiquement par une variation des amplitudes de la houle (Lacombe H, 1974).

L'étude de la réfraction sert à :

- Déterminer les caractéristiques de la houle à la côte (amplitude et direction surtout).
- Connaître la nature, la disposition d'aménagement portuaire, et de la protection de la côte à concevoir.

- Direction Nord Est .

$$A = - 0.66^{\circ}$$

$$B = - 1.33 \longrightarrow H_s = - 0.66 \ln (P_n) - 1.33.$$

$$K = - 0.99.$$

- Direction Nord Ouest.

$$A = - 1.06$$

$$B = - 1.64 \longrightarrow H_s = - 1.06 \ln (P_n) - 1.64.$$

$$K = - 0.99.$$

Remarque : Dans tous les cas , le coefficient de corrélation (K) est très proche de « 1 » , donc les résultats obtenus sont acceptables .

Tableau n° 06 : Valeurs des hauteurs significatives déduites des droites de régression pour chaque direction retenue .

Période de retour	Direction / Hauteur (M).			
	Nord	N Est	N ouest	Toute direction
Biannuelle	04.99	03.77	06.52	07.80
Quinquennale	05.91	04.38	07.50	08.81
Décennale	06.60	04.83	08.23	09.52
Vingtennale	07.29	05.29	08.97	10.24
Cinquantennale	08.20	05.90	09.94	11.18
Centennale	08.89	06.36	10.64	11.90

II - ETUDE DE LA REFRACTION :

II.1 - Introduction :

Le phénomène de la réfraction se traduit géométriquement par la déformation des crêtes , et énergiquement par une variation des amplitudes de la houle (Lacombe H , 1974).

L'étude de la réfraction sert à :

- Déterminer les caractéristiques de la houle à la côte (amplitude et direction surtout).
- Connaître la nature , la disposition d'aménagement portuaire , et de la protection de la côte à concevoir .

- La fourniture de certaines données nécessaires à l'étude sédimentaire dans la baie de Bejaia
- La connaissance de la houle à la côte , constitue donc une donnée essentielle pour le dimensionnement des ouvrages , ainsi que le transit littoral .

II.2 - Les épures de réfraction :

A l'approche du rivage ou des ouvrages artificiels , la propagation de la houle est modifiée par réfraction , diffraction et réflexion (Larras J. , 1961). Dans l'étude de la réfraction , le tracé de plan de vague va nous renseigner sur la localisation des zones de concentration ou de dissipation de l'énergie de la houle ; c'est à dire , les zones d'érosion et les zones d'accumulation . De plus , il va nous déterminer le secteur de la houle qui a un impact sur la morphologie de la côte ; aussi va nous évaluer le transit et dynamique sédimentaire

Les déformations que connaît la houle au cours de sa propagation vers la côte , sont représentées sur les épures de réfraction [voir annexe] .

II.3 - Principe de calcul : (L.E.M. , 1995).

L'étude de la réfraction de la houle venant du large , a été faite au moyen d'un programme informatique « REFRACT » conçu par le département informatique du L.E.M. .

Ce programme admet les hypothèses suivantes :

- Les phénomènes de réflexion et de défraction ne sont pas pris en compte.
- La houle est monochromatique (période constante) .
- Le mouvement de la houle est régulier .
- Il n'ya pas de courant .
- La percolation est négligée.
- L'énergie entre deux orthogonales adjacentes est conservée .
- L'effet de la courbure du globe terrestre est négligé .
- Le liquide est incompressible et non visqueux .
- L'effet de la marée n'est pas pris en compte (très faible) .
- La bathymétrie est la plus régulière que possible .

Ce programme utilise la théorie linéaire de stocks de premier ordre qui admet comme limite , la valeur du paramètre d'URSELL .

$$U = L^2 * H / d < 15 .$$

L : Longueur d'onde de la houle en (m).
H : Amplitude de la houle en (m).
d : Profondeur au point considéré en (m).

Les profondeurs sont calculées et introduites dans le programme à chaque nœud du maillage. La valeur calculée par le programme informatique est une hauteur relative « H/Ho » .

H : Creux de la houle au point considéré.
Ho : Creux de la houle au large (supposé égale à 1m par le programme).

II.4 - Choix de direction et des périodes :

La baie de Bejaia est délimitée par Cap Carbon et Cap Aokas.

Les quatre (04) directions : 0° Nord , 345° nord , 45° nord , 70° nord , ont été étudiées . Ces directions ont été choisies en tenant compte de l'exposition du site d'étude.

Le choix des périodes a été fait en fonction de la répartition des probabilités des dépassements d'amplitude données pour les directions retenues, les houles de fortes amplitudes ont une probabilité d'apparition relativement faible.

Les directions et les périodes étudiées sont (S :secondes):

- N 0° : 6s, 8s, 10s.
- N 345° : 6s, 8s, 10s.
- N 75° : 6s, 8s, 10s.
- N 45° : 6s, 8s, 10s.

Les résultats de la réfraction de la houle qui figurent en annexe sous forme de tableaux et de sorties graphiques pour chaque période et chaque direction.

III -Caractéristiques de la houle à l'approche de la côte :

Le coefficient de réfraction « Kr », est calculé a une distance de 1800m de la côte et à (-15m) de profondeur . On pourra donc déterminer les caractéristiques de la houle avant le déferlement.

Tableau n°07 : Réfraction avant déferlement (L.E.M. , 1995).

Direction	Période (S)	Coefficient de Réfraction(K)	Profondeur moyenne D (m)	H o (m)	Angle d'arrivé a la côte (degré)
Nord (0°)	6	0.828	09.00	06.00	06.60
	8	0.725	12.00	05.20	07.89
	10	0.583	14.00	04.20	21.00
Nord est (45°)	6	0.906	09.50	06.60	45.23
	8	0.895	14.50	06.50	45.24
	10	0.829	16.00	06.10	46.19
E.N.E. (70°)	6	0.860	09.00	05.20	64.62
	8	0.808	12.30	04.90	63.10
	10	0.748	14.00	04.60	58.98
Nord ouest (345°)	6	0.826	09.10	04.90	356.07
	8	0.696	12.50	04.10	01.93
	10	0.680	15.00	04.00	04.93

H o : la hauteur significative de la houle avant déferlement (au large).

Interprétation des résultats :

- Direction Nord (0°) : Les houles de période 06secondes et 08secondes sont moyennement réfractées et les orthogonales pivotent en direction N.Est , atteignant le site avec un coefficient de réfraction respectivement pour les deux périodes de 0.82 et 0.72.

Les houles de période 10s subissent une importante déviation à l'approche de la côte, ce qui a pour effet , une importante dissipation d'énergie.

- Direction Nord Est (45°) : La houle en provenance de ce secteur arrive au niveau du site sans subir de déviation notable , et conserve ainsi une grande partie de son énergie du large . Les houles de périodes 06 s et 08s présentent un coefficient de réfraction de l'ordre 0.90.

- Direction Est Nord Est (70°) : Les houles de périodes 06s et 08s subissent une déviation vers le Nord Est de 06° en moyenne , et perdent une partie de leur énergie au large .

Les houles de période 10s sont fortement déviées (11°) vers le Nord Est avec un coefficient de réfraction de 0.74 .

- Direction Nord Ouest (345°) : Les houles , de toutes périodes confondues , subissent à l'approche de la côte une déviation allant de 11° pour la période 06s à environ 20° pour la période de 10s .

Cette déviation se répercute sur la valeur de coefficient de réfraction , donc sur l'énergie de la houle .

IV -LES COURANTS :

L'importance des courants pour notre étude n'est pas à négliger du point de vue transport des matériaux qui vont conduire soit à un ensablement, soit à une érosion.

Le courant atlantique pénétrant par le détroit de Gibraltar forme des tourbillons anticycloniques de 100 km de diamètre de se déplaçant vers l'est à une vitesse moins de 7 nœuds (Milot, 1985).

A son arrivée au golf de Béjaia , il a une vitesse de 0.5 à 2.5 nœuds (carte n° 04). Il crée alors des courants résiduels se dirigeant vers la côte dont la vitesse est inférieure à 0.5 nœud . Ces derniers, au contact de la côte , engendrent des courants de retour des vitesses très faibles de 0.2 à 0.5 nœud, et des courants de dérive littorale qui agissent dans les zones de déferlement, par une remise en suspension des sédiments.

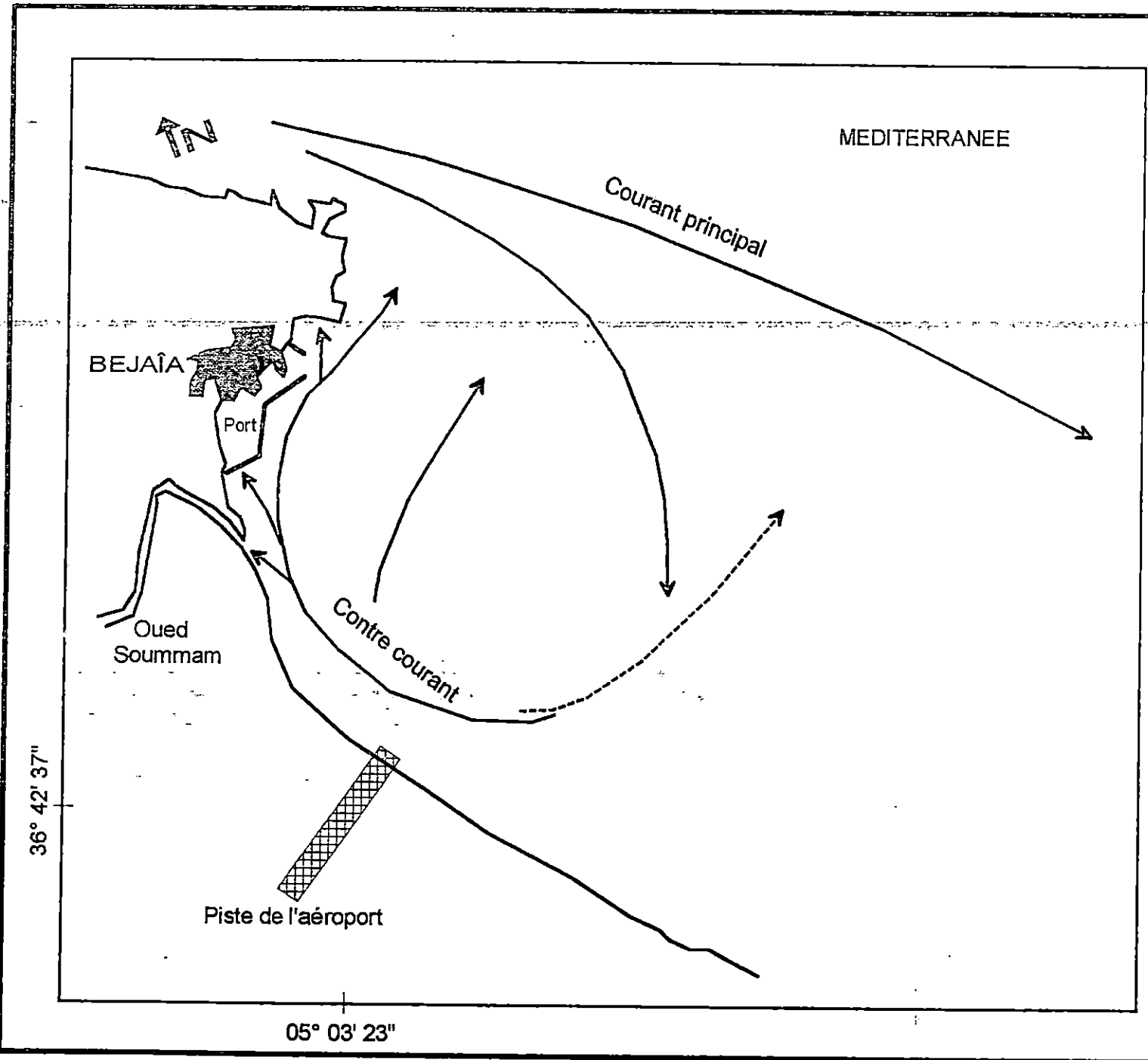
Dans la région de Tichy , la vitesse du courant , induit par ces houles , est donnée par la formule suivante .

$$V = K \cdot \sqrt{\frac{g H}{T}} \cdot I \cdot \sin 2x$$

BERTHOIS
(Leopold ,1969) .

Avec :

- K : coefficient qui dépend de la rugosité du fond , il est pris égale à 2.6 .
 - g : accélération de la pesanteur , g = 9.81 m/s .
 - T : période des houles .
 - I : pente du fond .
 - X : angle d'incidence des houles .
- (Voir application numérique ultérieurement) .



Carte.n°04
 Sens général des courants de surface dans la région de Béjaïa

LEGENDE

→ Courants permanents

- - → Courants dûs aux vents de la Soummam

Echelle: 1/25.000
 Source S.S.M.O (1963-1970)

Conclusion :

Le courant de dérive littorale qui est responsable d'un transfert latéral de sédiments , et le courant de retour induit par les houles frontales , sont les principaux courants qui réagissent la dynamique sédimentaire .

V - Estimation du transit sédimentaire :

V.1 - But de l'étude :

L'estimation du transit sédimentaire se fait dans le but de connaître le volume et le sens de déplacement des sédiments le long du site pour orienter la passe d'entrée , de manière à éviter son ensablement .

La formule la plus utilisée à cette fin est :

$$Q = K / C . g . H_s . T . t . f(x) . \quad (\text{Chapon , 1984})$$

Q : Le volume du sable transporté en m^3 / an .

C : Cambrure de la houle égale à 3%.

T : Période de la houle en seconde.

F(x) : Fonction de l'obliquité de la crête de la houle avec la côte.

g : Accélération de la pesanteur. $g = 9.81 m . s^{-2}$

K : Coefficient pour un sable pris égale à 2.5×10^{-6} .

Hs : Amplitude de la houle en seconde.

t : Durée d'action de la houle en seconde.

L'utilisation de cette formule conduit à déterminer :

- Le bilan énergétique annuel de transport : $H_s . T . t$.
- La fonction f(x) liée à l'obliquité de la houle (x).

$$f(x) = \sin 7/4(x)$$

V.2 - Calcul du bilan énergétique H_s^2 t.T :

V.2.1 - Calcul de la moyenne des fréquences pour chaque période et chaque direction :

Tableau n°08 : Moyenne des fréquences d'apparition par période et par direction.

direction	Période		
	06S	08S	10S
NORD 0°	⁻² 4.47 .10	⁻⁴ 4.28.10	⁻⁴ 1.70 .10
N.EST 45°	⁻² 4.20 .10	⁻⁴ 3.41 .10	⁻⁴ 1.28 .10
E.N.E. 70°	⁻² 4.91.10	⁻⁴ 3.20 .10	/
N.ouest 345°	⁻² 8.60 .10	⁻³ 1 .99 .10	⁻⁴ 0.051 .10

V.2.2 - Calcul de H_s pour chaque période et chaque direction :

Afin d'estimer les houles à la côte pour chaque direction, les mêmes programmes pour l'étude des houles au large ont été utilisés (programme TREG et CORI).

Nous avons donc, introduit les données des fréquences d'apparition et les hauteurs significatives : (voir annexe).

Les tracés des courbes de régression dont l'équation est de la forme :

$$Y = A \text{Ln}(x) + B \quad \text{sont sur les figures 10 à 14.}$$

A et B : Constantes de droite de régression.

K : coefficient de droite de régression.

X : fréquence pour chaque direction et chaque période =Pn.

DIRECTION : NORD

— HOULE A LA CÔTE —

$$Y = A \times \text{LOG}(X) + B$$

$$A = -0.87$$

$$B = -2.38$$

COEFFICIENT DE CORRELATION = -0.97

BIANNUELLE = 4.34 M

QUINQUENNALE = 5.15 M

DECENNALE = 5.75 M

VINGTENNALE = 6.36 M

CINQUANTENNALE = 7.16 M

CENTENNALE = 7.77 M

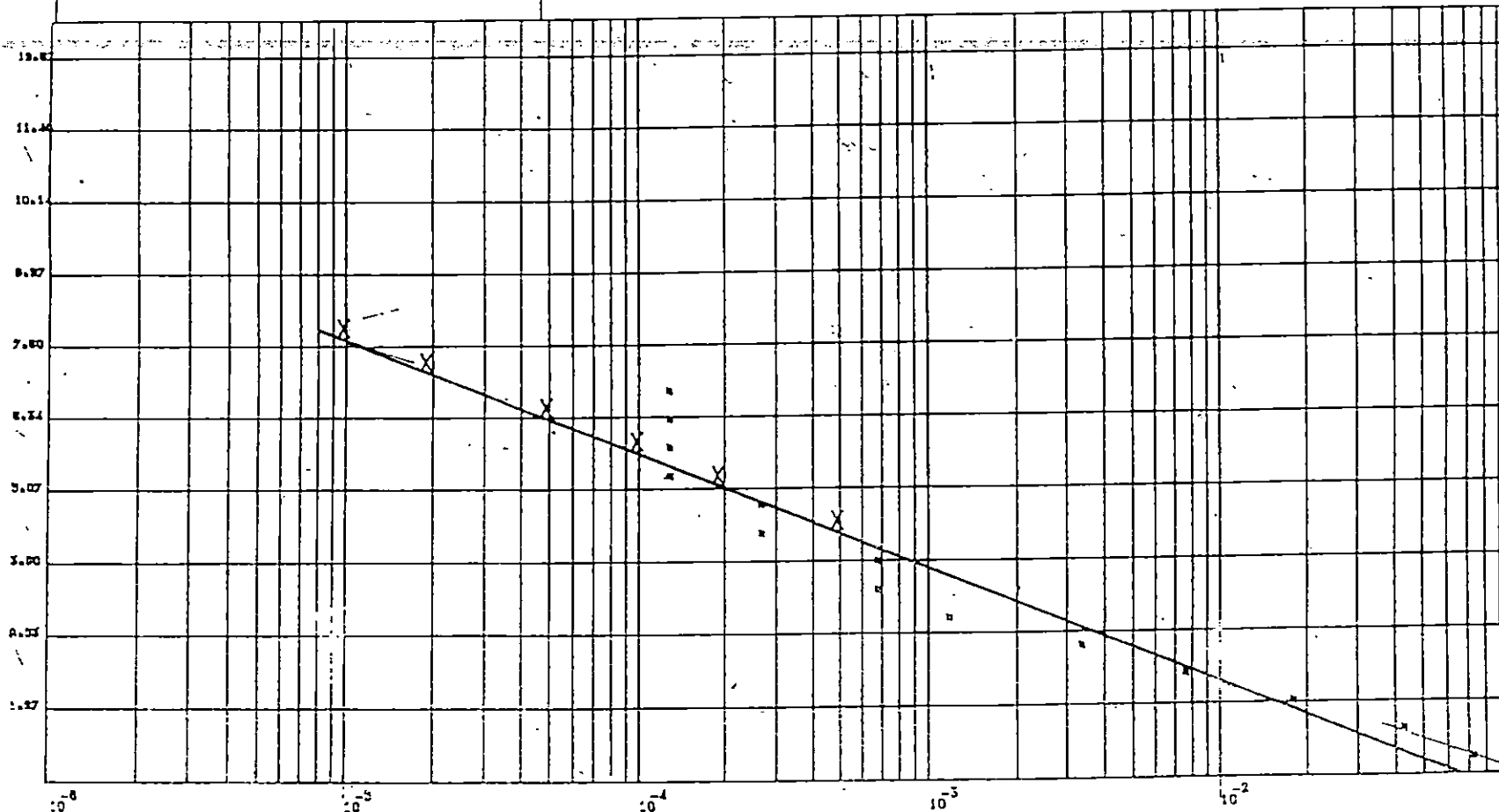


Fig n°10 : Courbe de régression linéaire de la variation de la houle .

L.E.M., 1993

DIRECTION: Nord-Nord-Est (20°N) — HOULE A LA CÔTE —

$$Y = A \text{ LOG}(X) + B$$

$$A = -0.57$$

$$B = -1.16$$

$$\text{COEFFICIENT DE CORRELATION} = -0.99$$

BIANNUELLE = 3.49 M

QUINQUENNALE = 3.71 M

DECENNALE = 4.10 M

VINGTENNALE = 4.40 M

CINQUANTENNALE = 5.01 M

CENTENNALE = 5.40 M

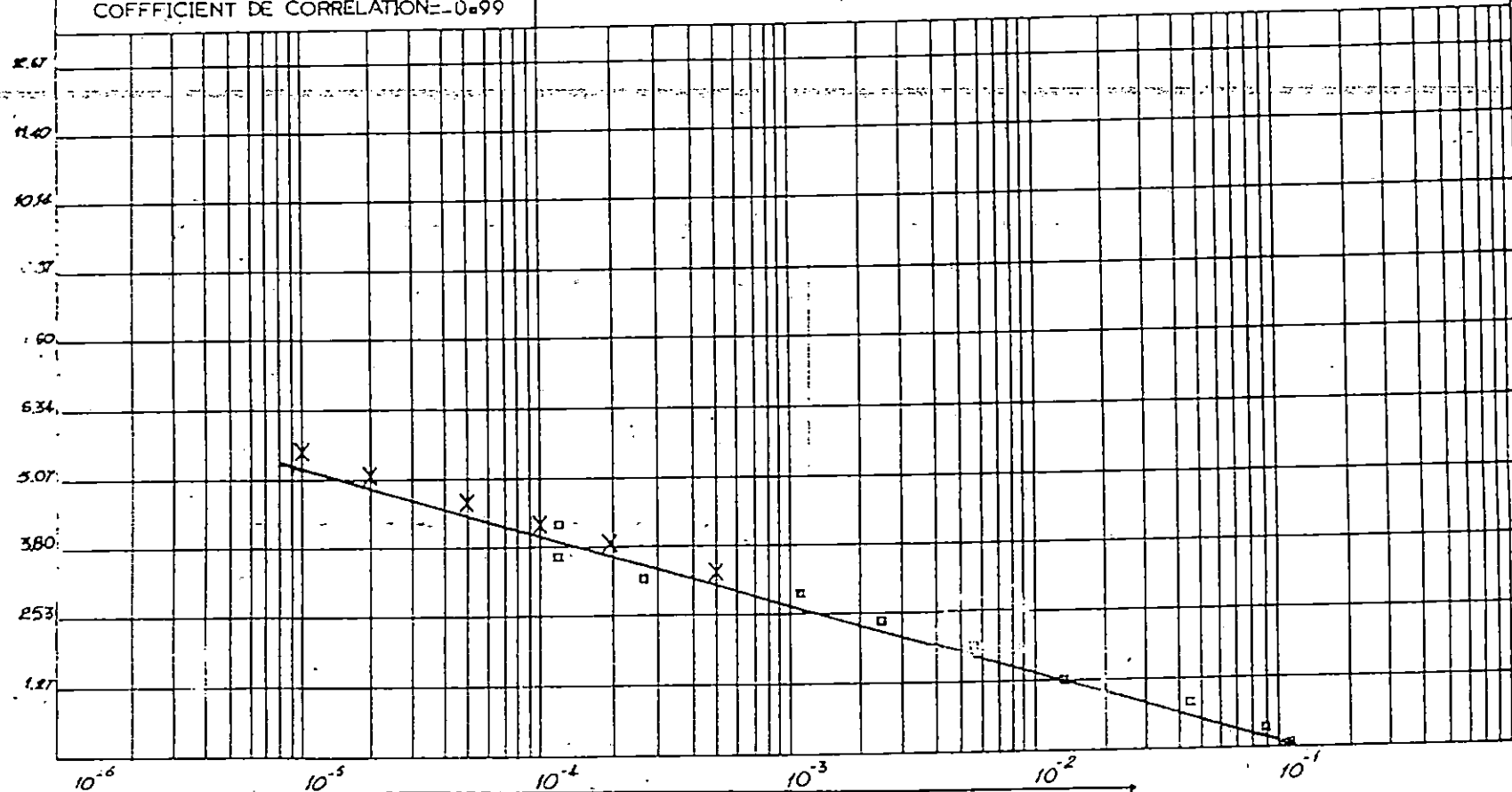


Fig n°11 : Courbe de régression linéaire de la variation de la houle .

L. E. M., 1993

DIRECTION : NORD-EST (45°N) — HOULE A LA CÔTE —

$Y = A \times \text{LOG}(X) + B$

A = -0.56

B = -1.15

COEFFICIENT DE CORRELATION = -0.99

BIANNUELLE = 3.14 M

QUINQUENNALE = 3.65 M

DECENNALE = 4.04 M

VINGTENNALE = 4.42 M

CINQUANTENNALE = 4.94 M

CENTENNALE = 5.32 M

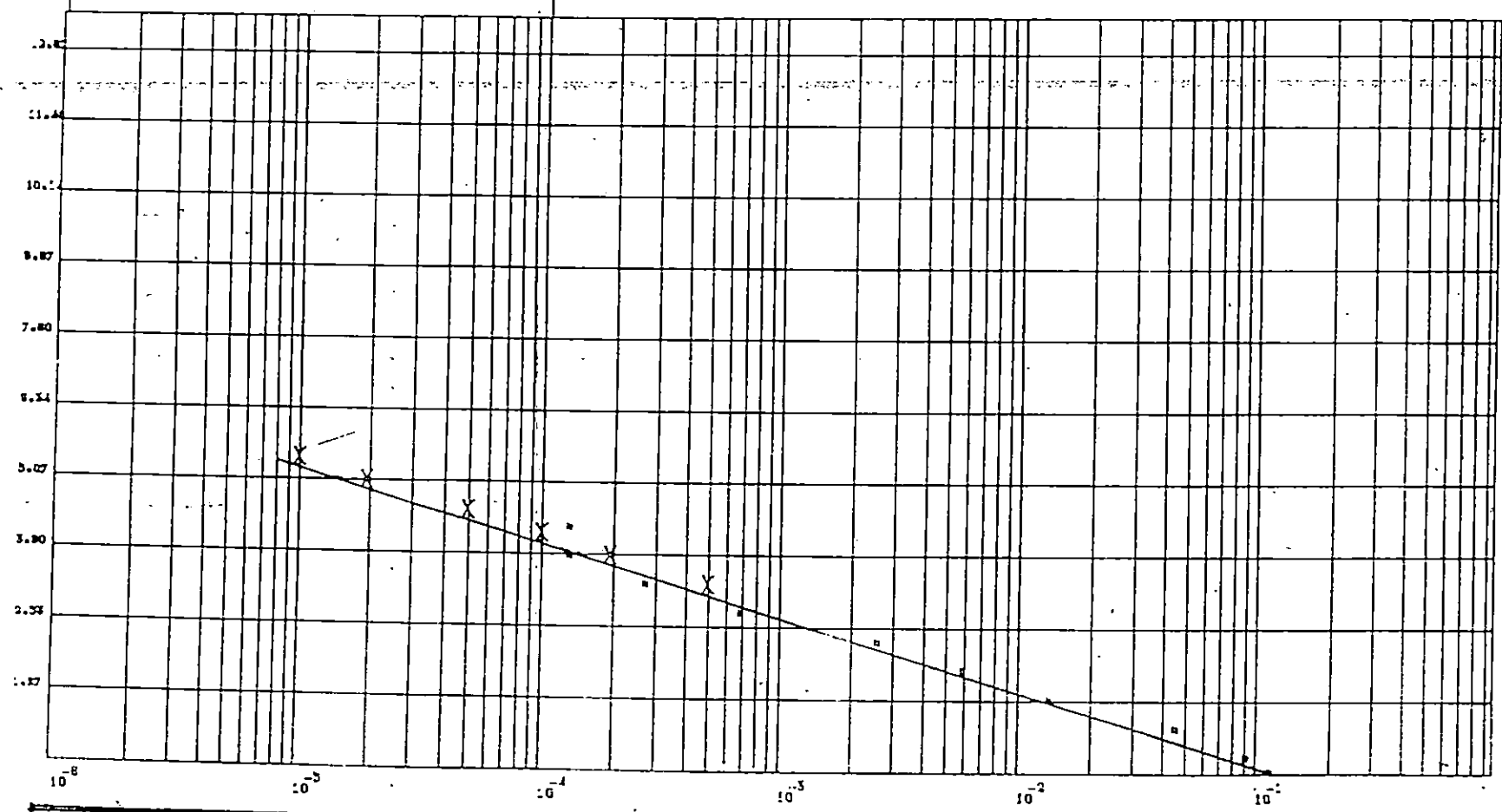


Fig n°12 : Courbe de régression linéaire de la variation de la houle .
L.E.M., 1993

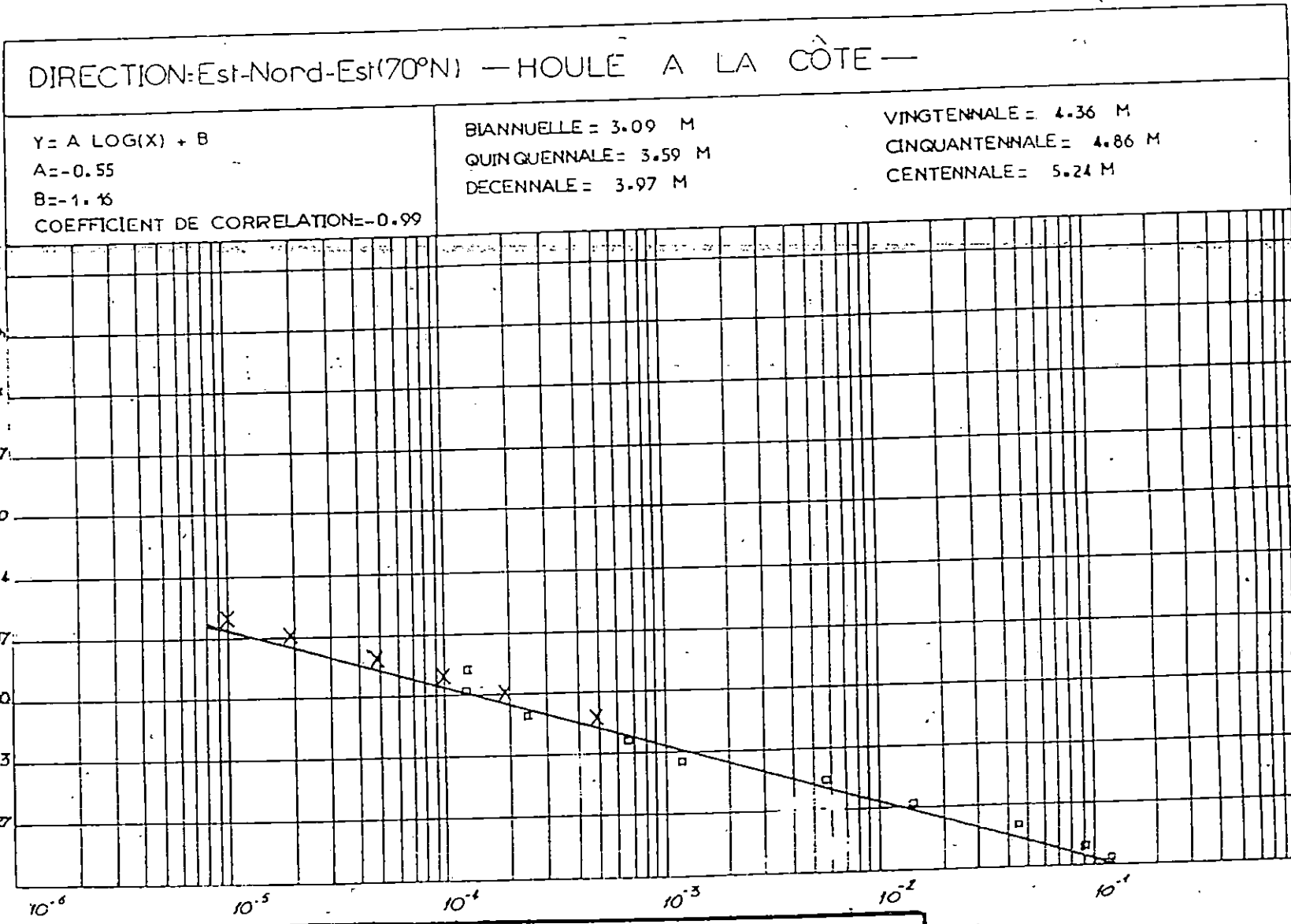


Fig n°13 : Courbe de régression linéaire de la variation de la houle .
 L.E.M., 1993

DIRECTION: Nord-Nord-Ouest(345) — HOULE A LA CÔTE —

$Y = A \text{ LOG}(X) + B$

$A = -0.79$

$B = -1.19$

COEFFICIENT DE CORRELATION = 0.93

BIANNUELLE = 4.86 M

QUINQUENNALE = 5.58 M

DECENNALE = 6.13 M

VINGTENNALE = 6.67 M

CINQUANTENNALE = 7.40 M

CENTENNALE = 7.94 M

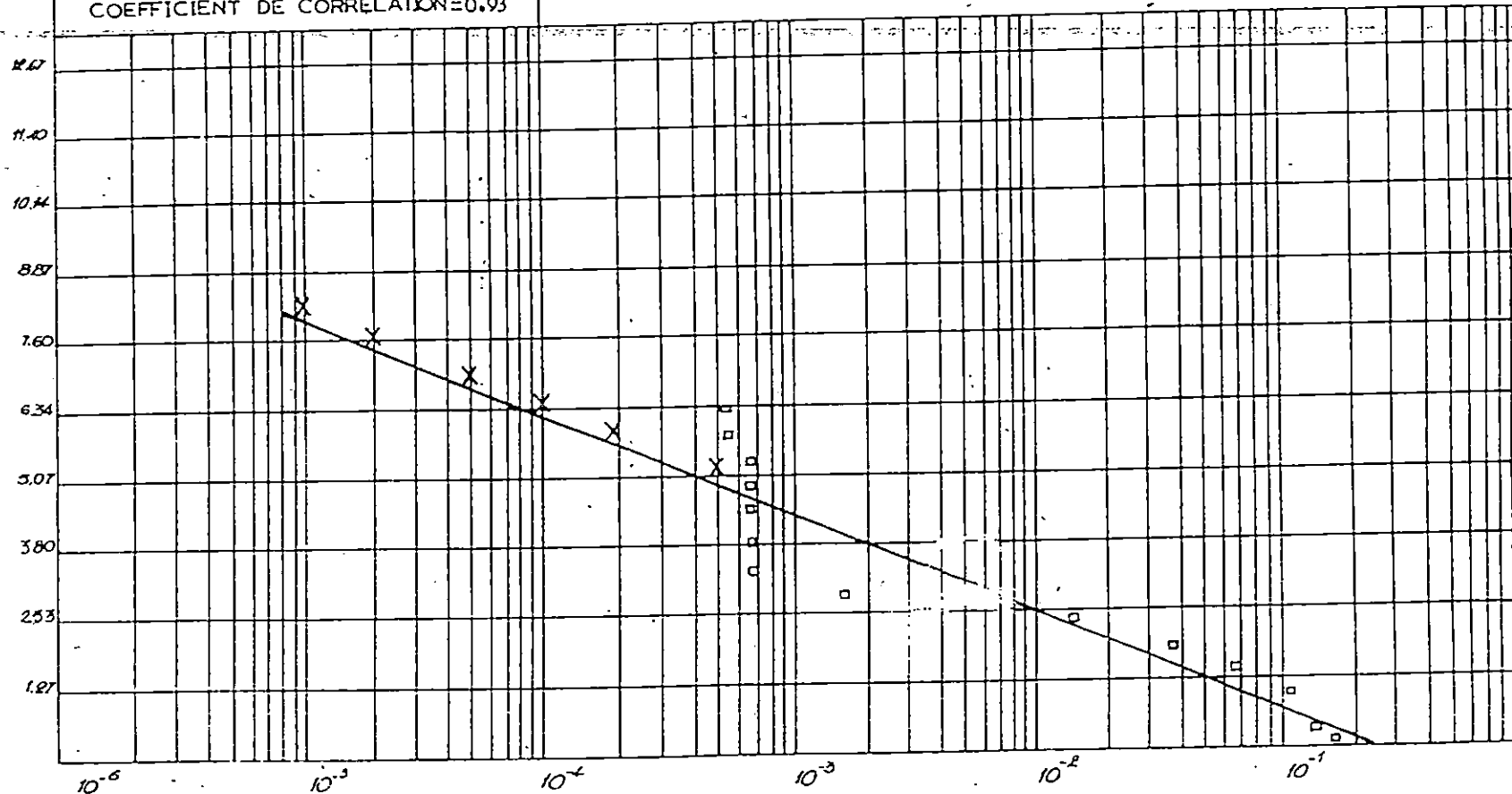


Fig n°14 : Courbe de régression linéaire de la variation de la houle .

L.E.M., 1993

Tableau n°09 : Résultats des constantes des courbes de régression.

Direction	constante			
	A	B	k	Hs
N 0°	-0.87	-2.83	-0.97	Hs = -2.38-0.87 Ln (x)
N 45°	-0.56	-1.15	-0.99	Hs = -1.15-0.56 Ln(x)
N 70°	-0.55	-1.16	-0.99	Hs = -1.16-0.55 Ln(x)
N 345°	-0.79	-1.9	-0.93	Hs = -1.9 -0.79 Ln(x)

Remarque : Le coefficient de corrélation K est très proche de 1 pour les 04 directions donc les résultats sont acceptables.

• Exemple de calcul de Hs annuelle pour la période 6s.

- Les directions :

N 0° : Hs = -2.38 - 0.87 Ln (0.0447) = 0.32 m .

N 45° : Hs = -1.15 - 0.56 Ln (0.042) = 0.62 m .

N 70° : Hs = -1.16 - 0.55 Ln (0.0491) = 0.15 m .

N 345° : Hs = -1.19 - 0.79 Ln (0.086) = 0.03 m .

Tableau n° 10 : Récapitulatif des résultats de Hs pour chaque période et chaque direction .

Période en secondes	Direction	Hs (m)	Moyenne de Hs (m)
06 s	N 0°	0.32	0.28
	N 45°	0.62	
	N 70°	0.15	
	N 345°	0.03	
08 s	N 0°	4.30	3.47
	N 45°	3.32	
	N 70°	3.26	
	N 345°	3.01	
10 s	N 0°	5.17	4.84
	N 45°	3.86	
	N 70°	/	
	N 345°	5.67	

V.2.3 - Calcul du temps pour chaque période et chaque direction :

la durée d'action de la houle en seconde est calculée en fonction des fréquences d'observations :

$$t = [(365 * 24 * 3600) * 100] * f (\%) .$$

f (%) : fréquence d'observation pour chaque période et chaque direction .

a. Calcul des fréquences d'observation :

f (%) = [(le nombre d'observations pour chaque période) / (le grand total d'observations)] * 100.

Le grand total d'observations = 7815

Pour calculer la fréquence d'observation , on utilise les données des tableaux tirées du S.S.M.O. (voir annexe tableaux (a , b , c)).

◦ Exemple de calcul :

- Direction nord :

$$06s \longrightarrow f = \frac{178 + 219 + 178 + 8 + 31}{7815} * 100 = 8.78.$$

$$08s \longrightarrow f = \frac{16 + 4 + 3}{7815} * 100 = 0.29$$

$$10s \longrightarrow f = \frac{2}{7815} * 100 = 0.025.$$

Tableau n°11: Récapitulatif des résultats des fréquences d'observations par période et par direction (f (%)).

Période(s) direction	06	08	10
N 0°	08.78%	0.29 %	0.025%
N 45°	10.64%	0.23 %	0.012%
N 70°	10.65%	0.23 %	0.013%
N 345°	14.17%	1.96 %	0.15 %

b -Calcul du temps « t » pour les directions :

- exemple de calcul :

Direction Nord :

$$\begin{aligned}
 06 \text{ s} &\longrightarrow t = \frac{365 \cdot 24 \cdot 3600}{100} \cdot 8.78 = 2768860.805 \text{ s.} \\
 08 \text{ s} &\longrightarrow t = \frac{365 \cdot 24 \cdot 3600}{100} \cdot 0.29 = 91454.405 \text{ s.} \\
 10 \text{ s} &\longrightarrow t = \frac{365 \cdot 24 \cdot 3600}{100} \cdot 0.025 = 7884 \text{ s.}
 \end{aligned}$$

Tableau n° 12 : Récapitulatif de la durée d'action de la houle par période et par direction.

Période (s) direction	06 s	08 s	10 s
N 0°	2768860.8 s	91454.4 s	7884 s
N 45°	3355430.4 s	72655.7 s	3784032 s
N 70°	3358584 s	72532.8 s	4099.68 s
N 345°	4471804.8 s	618105.6 s	47301 s

Ayant calculé « Hs » et « t » nous pouvons à présent déterminer le bilan d'énergie annuel .

Les résultats des calculs sont portés sur le tableau suivant (tableau n° 13).

Tableau n° 13 : Le bilan d'énergie annuel : $H_s^2 T t$.

Secteurs	Classement d'amplitude	0 _ 2.75	3.00 _ 3.75	> 5	Total par section
	Hs annuelle (m)	0.28	3.47	4.84	
N 0°	T (s)	06	08	10	11.94
	(%)	08.78	0.29	0.025	
N 45°	$\frac{2}{M} \frac{2}{S} \frac{6}{10}$	01.30	08.80	1.84	09.44
	(%)	10.64	0.23	0.012	
N 70°	$\frac{2}{M} \frac{2}{S} \frac{6}{10}$	01.57	6.99	0.88	09.52
	(%)	10.65	0.23	0.03	
N 345°	$\frac{2}{M} \frac{2}{S} \frac{6}{10}$	01.58	6.98	0.96	72.72
	(%)	14.17	1.96	0.15	
Total =					103.62 * 10 ⁶ m ² .s ²

Le bilan d'énergie est de l'ordre $104 * 10^6 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^2$.

Le résultat du bilan énergétique nous permet d'évaluer le volume des sédiments déplacer chaque année .

V.3 - L'obliquité de la houle (x) :

Dans le calcul du volume de transit sédimentaire intervient la fonction f(x).

$$F(x) = \sin\left(\frac{7}{4} \cdot x\right)$$

A partir du tableau n° 06 on peut obtenir les valeurs de « x » pour chaque direction et pour chaque période.

Tableau n° 14 : Représentation des résultats de « x » et de f(x).

Direction	Période	06 s	08 s	10 s
N 0°	x	6.60	7.89	21
	F (x)	0.20	0.23	0.60
N 45°	x	0.23	0.24	1.19
	F (x)	-0.007	-0.007	0.036
N 70°	x	-0.38	-6.9	11
	F (x)	-0.16	-0.20	0.33
N 345°	x	11	1.93	20
	F (x)	0.33	0.49	0.57

Remarque : par hypothèse :

- Le signe (+) correspond à un transit Ouest Est .
- Le signe (-) correspond à un transit Est Ouest..

• Estimation du transit sédimentaire :

Le volume du transit sédimentaire déplacé le long du rivage est calculé d'après la formule citée précédemment . Les résultats sont présentés sous forme de tableau .

Tableau n° 15 : Bilan du transit sédimentaire dans la région d'étude .

Secteurs	Classement D'amplitude	0 - 2.75	3 - 4.75	> 5	Total par Secteur m/ an
	Hs (m)	0.28	3.47	4.84	
	T (s)	06	08	10	
N 0°	³ Q (m/an)	212.55	1654.62	902.52	2769.69
N 45°	³ Q (m/an)	- 8.98	-40.00	- 25.89	- 74.87
N 70°	³ Q (m/an)	-206.66	-1141.23	-258.98	-1606.87
N 345°	³ Q (m/an)	566.52	23850.23	5163.00	29579.75
+ 32349.44 Ouest		site		- 1681.74 Est	

Le volume résultant est de l'ordre de 30667.7 m³ /an et se déplace de l'ouest vers l'est.

V.4 - Etude du déferlement de la houle :

V.4.1 - Définition :

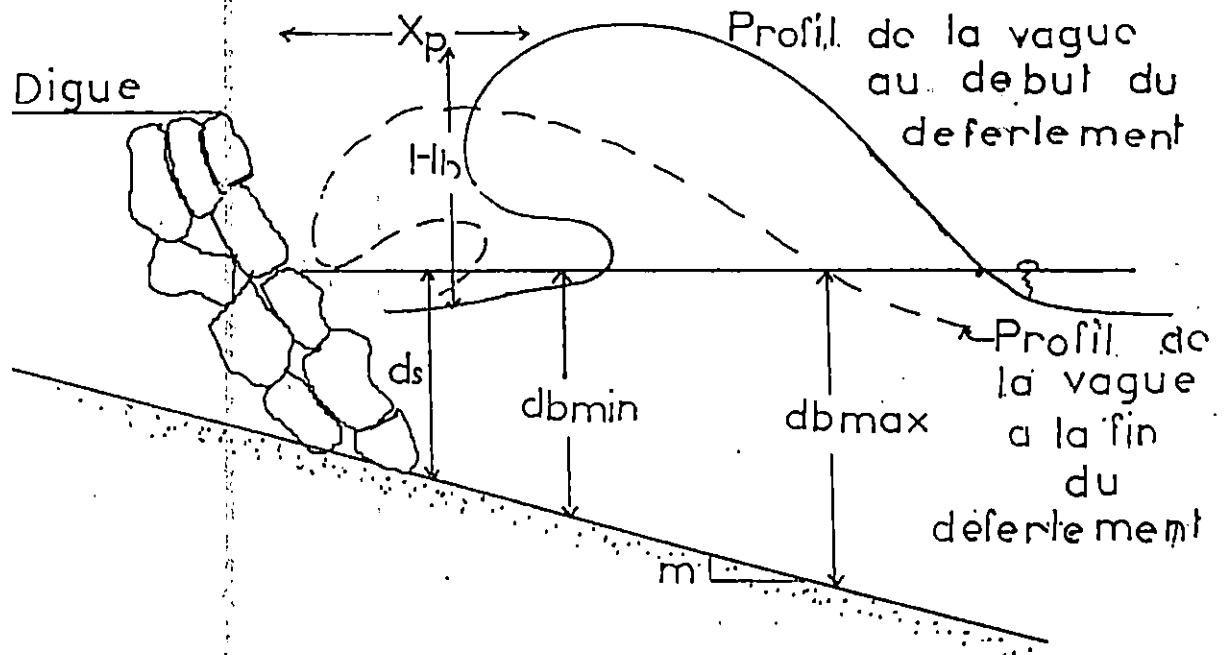
Lorsque la profondeur diminue, la courbure de la vague augmente jusqu'à atteindre une valeur limitée, à ce moment elle devient instable et la lame se détruit.

V.4.2 - La houle de projet :

Un ouvrage de protection est conçu avec le souci de résister à la plus forte lame pouvant l'atteindre.

Quand le déferlement se produit au droit de l'ouvrage, nous considérons que c'est le cas le plus dangereux pouvant survenir, nous dimensionnons donc en conséquence. Autrement dit, la hauteur de cette houle déferlante appelée houle de projet est celle qui est prise en compte dans la formule de dimensionnement. Cette hauteur dépend de :

Schema explicatif de déferlement de la houle d'un pied d'un ouvrage.



- H_b : hauteur de la houle en déferlement
- m : pente du fond
- db_{min} : la profondeur minimale au déferlement
- db_{max} : profondeur maximale au déferlement
- ds : profondeur au pied de l'ouvrage
- X_p : la distance sur laquelle se produit le déferlement
(distance entre l'ouvrage et l'endroit ou la houle déferle)

$$X_p = (4 - 9.25m) \times H_b$$

- La profondeur d'eau au pied de l'ouvrage.
- La pente du site.
- La période de houle.

V.4.3 - Calcul du déferlement par la méthode des abaques :

Pour chaque houle provenant du large avec une amplitude donnée les abaques du (WEGGEL, et GODA) nous permettent de déterminer.

- La hauteur au déferlement, Hb.
- La profondeur minimale au déferlement (db min).
- La profondeur maximale au déferlement (db max).
- Xp : la distance sur la quelle se produit le déferlement.

Avec : $x_p = (4 - 9.25. m) \times H_b$.

Remarque : db min. devra tendre autant que possible vers « ds » (profondeur au pied de l'ouvrage.).

V.4.4 - Calcul pour toutes directions confondues :

données de base :

- T = 6s.
- Direction N : Ho = 6.00 m (d'après le tableau n° 08).
m = pente des fonds = 0.02
ds = profondeur au pied de l'ouvrage
- Les abaques n° 1 et 2 permettant de déterminer :

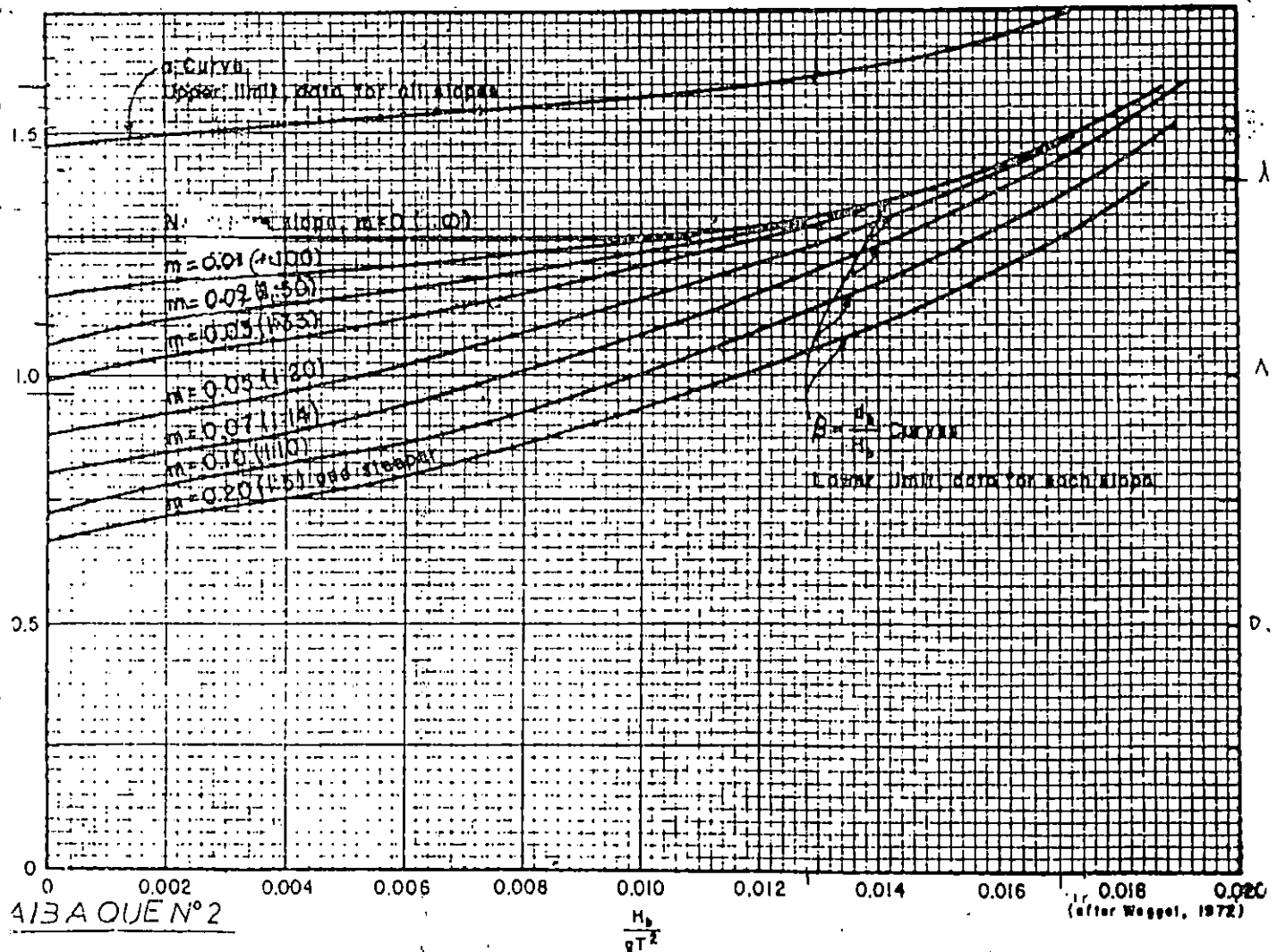
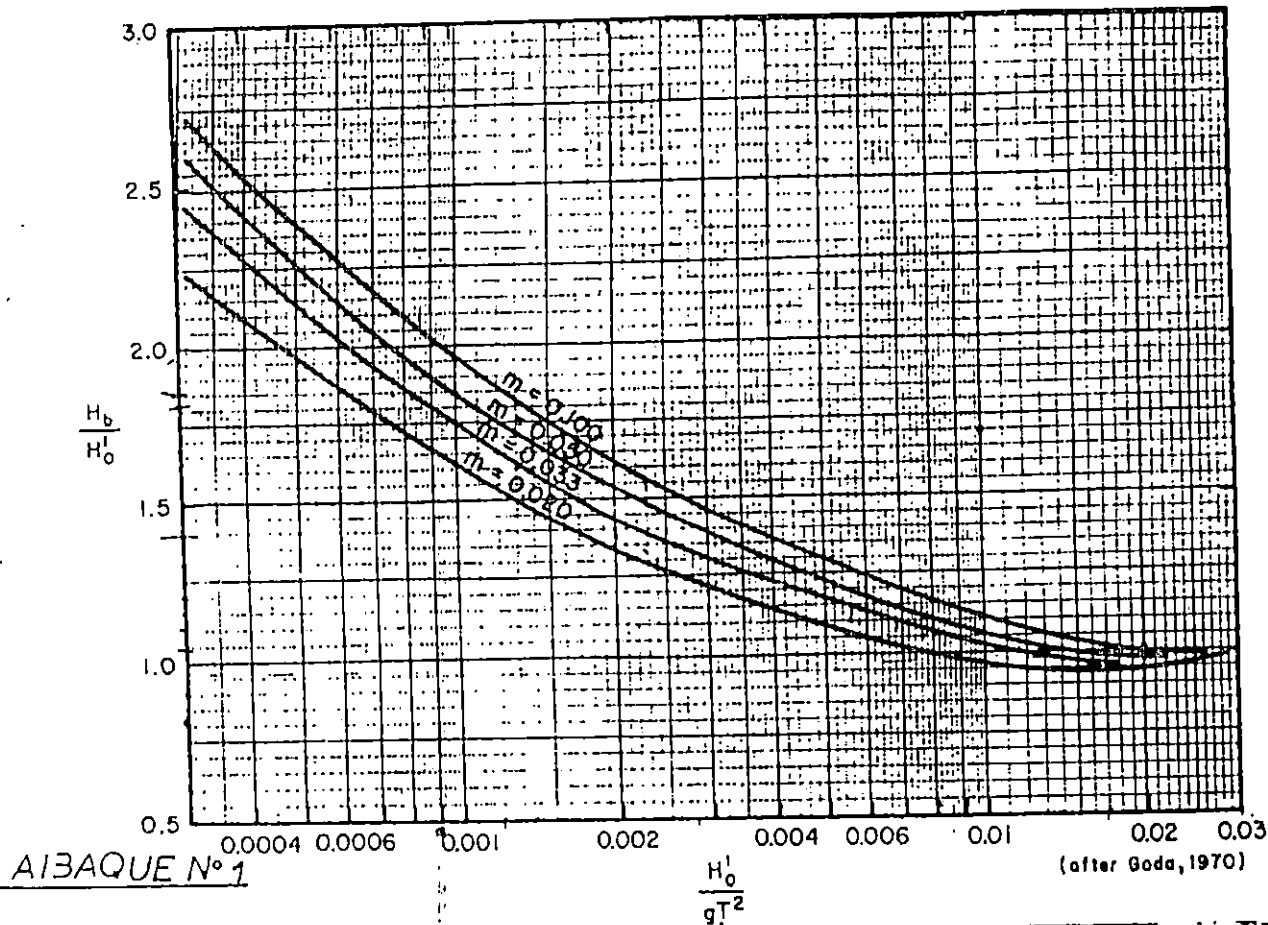
Hb = l'amplitude de la houle au déferlement.
db min = la profondeur minimale au déferlement.
db max. = la profondeur maximale au déferlement.

Calcul :

$$H_o / g T^2 = \frac{6.00}{9.80 * 36} = 0.0169 \quad \text{D'après l'abaque n° 1 .}$$

Nous avons : $H_b / H_o = 0.95 \longrightarrow H_b = 0.95 * 6 = 5.7 \text{ m .}$

D'après l'abaque n° 2 B = 1.47 et x = 1.72 .



Abaque des variations de H_0^1 , H_b et db en fonction de la pente et de la période.

$$\begin{aligned} \rightarrow db \text{ min.} &= 5.7 * 1.47 = 8.379 \text{ m.} \\ db \text{ max.} &= 5.7 * 1.72 = 9.804 \text{ m.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow db \text{ min} > ds \text{ . } db \text{ min ne tend pas vers ds .} \\ xp &= (4 - 9.25 * 0.02) * 5.7 = 21.74 \text{ m.} \end{aligned}$$

Il en est de même pour le calcul pour toutes les Ho (toute direction et pour chaque période).

Tableau n° 16 : Représentation des résultats de : Hb , db min , db max , et xp .

Direction	Période (s)	06	08	10
N 0°	Hb (m)	05.7	05.20	04.74
	db min (m)	08.38	06.34	05.46
	db max (m)	09.80	08.06	07.20
	xp (m)	21.74	19.84	18.08
N 45°	Hb (m)	06.27	06.24	06.40
	db min (m)	09.72	07.98	07.55
	db max (m)	11.28	09.98	09.85
	xp (m)	23.92	23.80	24.41
N 70°	Hb (m)	05.94	04.65	05.06
	db min (m)	08.14	06.27	05.82
	db max (m)	09.80	07.53	07.74
	xp (m)	22.66	17.74	19.30
N 345°	Hb (m)	04.65	04.26	04.52
	db min (m)	06.28	05.03	05.06
	db max (m)	06.53	06.60	06.83
	xp (m)	17.75	16.25	17.24

Conclusion :

De ces différents résultats , on retiendra la hauteur qui correspond à Hb = 4.50 m et comme période T = 10s. Donc la houle du projet est de l'ordre de 4.50 m.

Classification des déferlements selon la plage et la combrure en eau profonde :

Tableau n°17 : Classification des déferlements .

Pente de la plage	Déferlement gonflants	Déferlement plongeant	Déf. décroissant
0.20	$H'o/Lo < 0.009$ à 0.010	$0.009 < H'o/Lo < 0.060$ à 0.010	$H'o/Lo > 0.060$

Détermination de la combrure de la houle en eau profonde : $H'o/Lo$.

• Calcul de Lo : $Lo = g T^2 / 2\pi^2$.

Donc : $T = 6s \longrightarrow 56.20m.$
 $T = 8s \longrightarrow 99.92m.$
 $T = 10s \longrightarrow 156.13m.$

Tableau n° 18 : Détermination de la combrure de la houle en eau profonde ainsi que la nature de déferlement.

T (s)	Direction	$H'o/Lo$	Nature du déferlement
06s	0°N	0.106	Le déferlement Est deversant.
	45°N	0.117	
	70°N	0.092	
	345°N	0.087	
08S	0°N	0,052	Déf. plongeant Déf. déversant
	45°N	0.065	
	70°N	0.049	Déf. Plongeant.
	345°N	0.041	
10S	0°N	0.02	Le Déferlement Est Plongeant.
	45°N	0.039	
	70°N	0.029	
	345°N	0.025	

Conclusion :

Nous concluons que le déferlement est plongeant pour la période $T = 10s$, de longueur d'onde $Lo = 156.16$. Toute direction, aussi pour la période $T = 8s$ de longueur d'onde $Lo = 99.92$ pour les directions suivantes : $0^{\circ}N$, $70^{\circ}N$, et $345^{\circ}N$.

Le déferlement plongeant étant considéré comme l'un des plus dangereux pour les structures portuaires, ainsi pour leur stabilité .

V.5 - Calcul des vitesses du courant de dérive littorale :

V.5.1. Introduction :

La zone de maximum de débit sableux , coïncide avec celle du maximum de vitesse de courant (BERTHOIS 1969).

Leopold préconise la formule suivante pour le calcul de la vitesse du courant de dérive :

$$V = K \sqrt{\frac{g h^2}{T}} i * \sin 2x .$$

Avec :

V : vitesse du courant de dérive .

H : amplitude des lames déferlantes .

T : la période des lames .

i : la pente de la plage .

x : angle des lames , avant réfraction avec la ligne de rivage .

g : accélération de la pesanteur .

K : coefficient sans dimension qui dépend de la proportion d'énergie de la houle transmise de la turbulence générale des lames , et enfin de la rugosité des fonds .

K est souvent égal à 2.6 .

V.5.2 Calcul des vitesses du courant par secteur et par période :

• Direction Nord :

$$T = 06s , i = 0.02 , x = 6.60^{\circ} , Hb = 5.7 m .$$

On aura : $V = 0.086 m/s$.

Tableau n° 19 : Récapitulatif des vitesses de courant .(x : en degrés ; V : en m / s .)

direction	périodes	06 s	08 s	10 s	Total par secteur.
N 0°	x	6.60	7.89	21	0.32
	V	0.086	0.081	0.16	
N 45°	x	0.23	0.24	1.19	0.019
	V	0.0033	0.0030	0.013	
N 70°	x	5.38	6.90	11	0.23
	V	0.073	0.063	0.197	
N 345°	x	11	16.93	20	0.39
	V	0.11	0.136	0.15	

V.5.3. Conclusion :

Les vitesses de courant du secteur Nord Ouest sont les plus importantes ceci explique bien la direction du transit qui se fait de l'Ouest vers l'Est .

CHAPITRE III

La sédimentologie .

I. METHODOLOGIE :

I. Travaux en mer :

1.1. Les prélèvements d'échantillons :

1.1.1. Moyens en mer :

Les prélèvements ont été effectués le 25 juin 2001 , à bord du M.S. Benyahia , et le 09 juillet 2001 à bord de l'Ibtacim de l'institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (I.S.M.A.L.), laboratoire d'aménagement .

1.1.2. Nombre et choix des stations : (carte n° 05 et n°06).

Le positionnement et le nombre de stations ont été choisis de façons à recouvrir la plus grande partie de la zone d'étude , soit 42 stations dont 08 sont prélevées au niveau de la côte , les autres prélevées de 0 m à -15 m de profondeur.

On remarque au niveau de la côte l'existence d'une partie rocheuse où nous n'avons pas effectué de prélèvements.

1.1.3. Techniques de prélèvement :

Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'une benne preneuse de type «Van Veen » , exception faite pour les stations au niveau de la côte où les échantillons sont pris manuellement .

A chaque station , un coup de benne est effectué et une fraction de sédiment est conservée dans un sac en plastique , avec une étiquette comprenant le numéro de la station .

Etant donné l'existence des roches considérables à l'approche de la côte , quelques prélèvements ont été effectués manuellement .

1.1.4. Le positionnement :

Le positionnement s'est effectué par le G.P.S.(KODEN-KGP98), et en prenant des repères visuels , avec l'absence des théodolites .

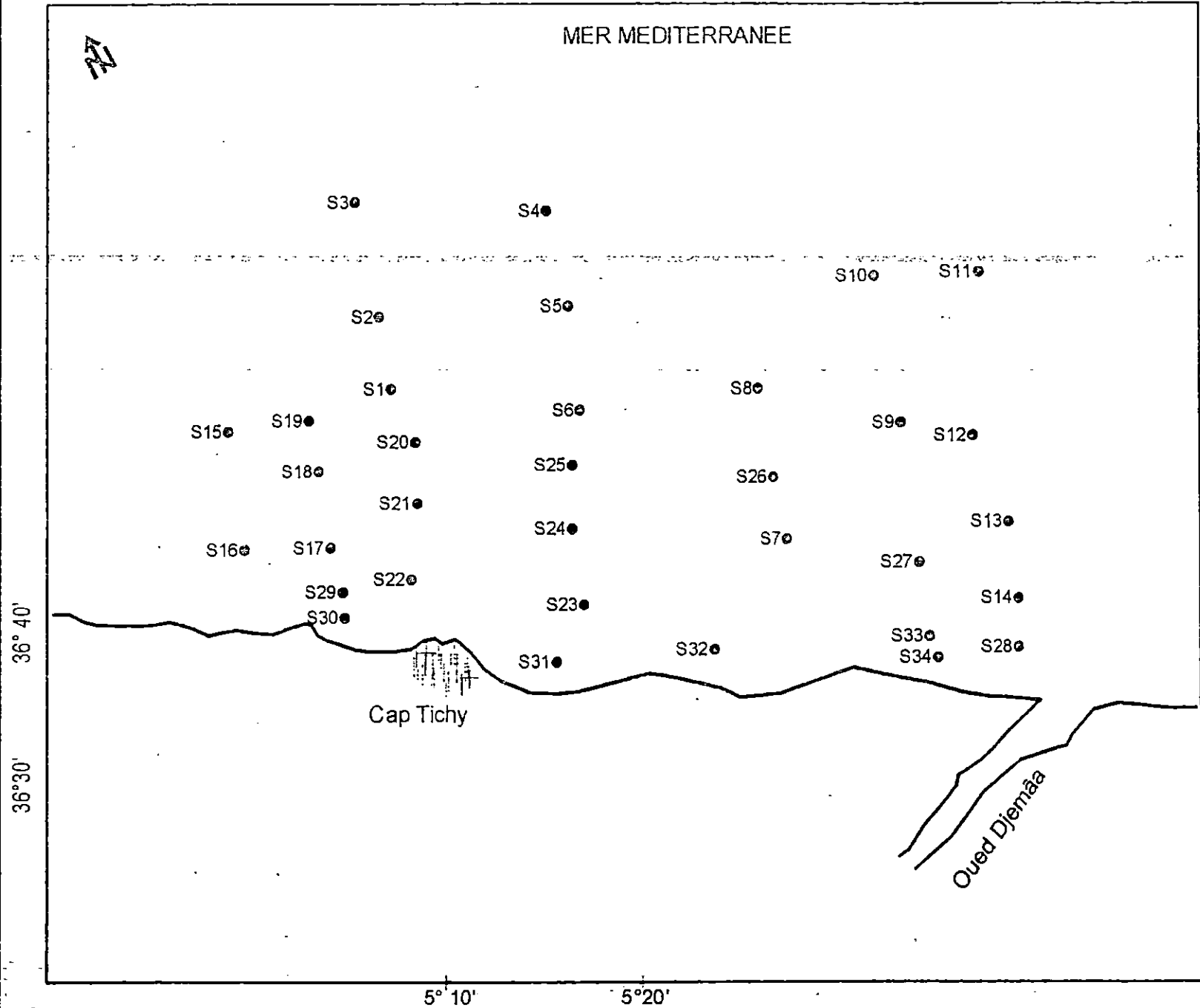
1.2. La bathymétrie :

Les cartes bathymétriques constituent un document fondamental et nécessaire pour reconnaître et interpréter la morphologie sous-marine. Elles sont obtenues à partir des profils reportés sur des radiales ayant des coordonnées géographiques évaluées avec précision .

MER MEDITERRANEE

Carte n°05
Positionnement des
stations de prélèvements

Echelle: 1/40.000



LEGENDE

● Station de prélèvement

— Trait de côte

Cap

Carte n° 06
Positionnement des
stations de prélèvement
sur la plage

Echelle: 1/40.000

LEGENDE

 Trait de côte

 Station de
prélèvement

MER MEDITERRANEE



36° 40'

36° 30'

P1

P3 P2

Cap Tichy

P5

P4

P6

P7

P8

Oued Djemaa

5° 10'

5° 20'

Les radiales positionnées, sont rapportées sur une carte qui reflète le chemin effectué par l'embarcation, connaissant l'échelle graphique avec laquelle nous allons travailler, et connaissant la longueur véritable effectuée par le bateau, et ce quelle que soit la longueur du profil (diminution ou augmentation de la vitesse du bateau).

Les radiales sont rapportées à leur juste dimension sur cette carte. Il suffit alors, de joindre les mêmes profondeurs pour obtenir une carte bathymétrique.

1.2.1. Moyen en mer :

La bathymétrie a été réalisée le 09 juillet 2001 à bord de l'Ibtacim de l'Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (I.S.M.A.L.).

1.2.2. Techniques :

Les différents profils ont été obtenus grâce à un écho sondeur de type « NAVICM NF 180 ». Pour les radiales, nous avons réalisé cinq (05) radiales de longueurs différentes.

1.2.3. Technique de positionnement :

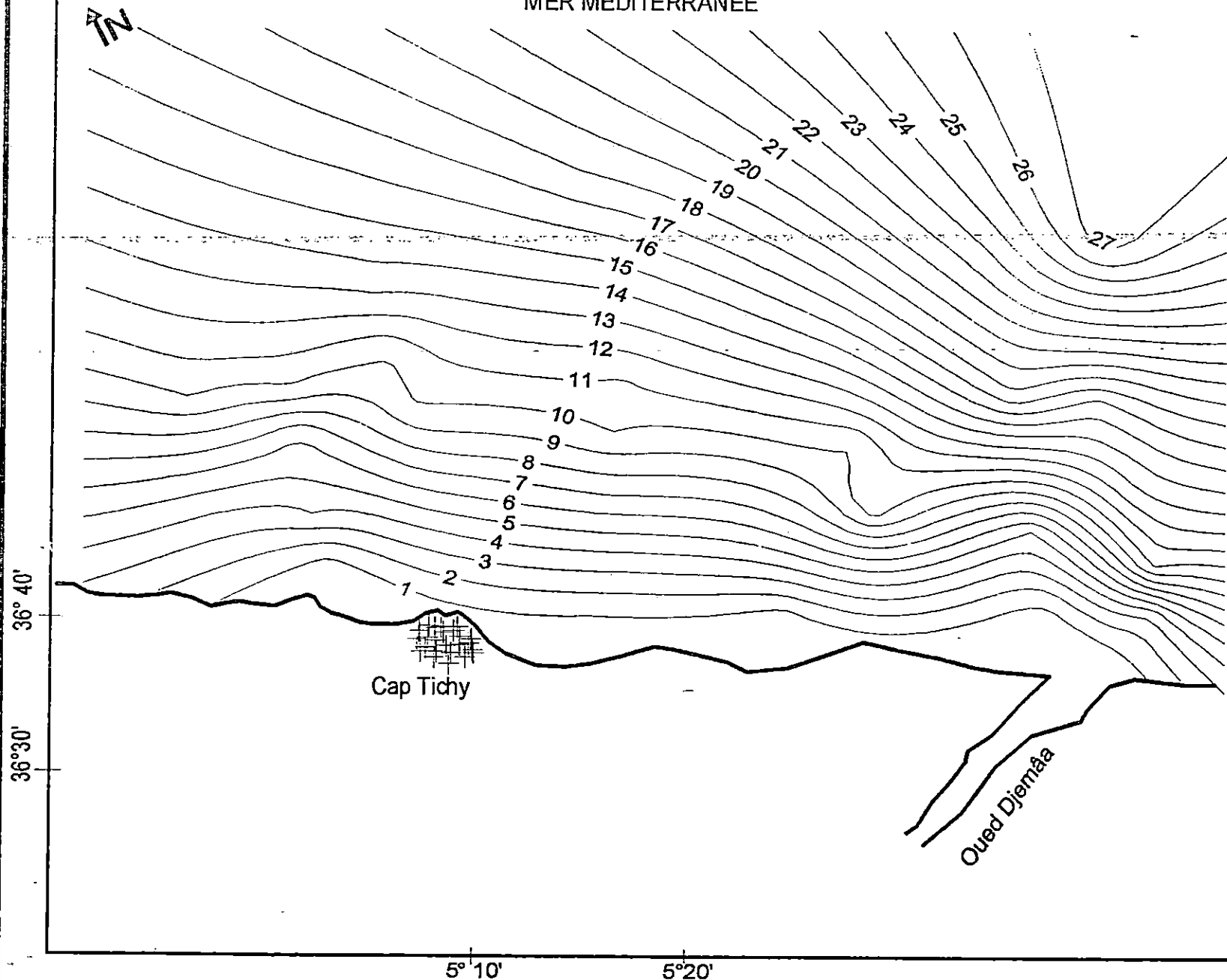
Le début et la fin des radiales sont ainsi positionnées, ceci nous permettra aisément de les rapporter sur la carte.

1.2.4. Interprétation de la carte bathymétrique :

Un relevé bathymétrique a été réalisé. Les chiffres dénotent l'existence de deux (02) zones morphologiques bien distinctes (carte n°05).

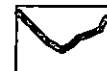
- Une zone côtière avec des dépressions à - 6 m.
- Une zone au large à plus de 6m de profondeur.
- La zone côtière de 0 à - 8 m : montre des isobathes généralement diffus et une morphologie particulière, caractérisée par la présence de dépressions allant jusqu'à - 6 m, un peu loin de la côte, on distingue l'existence d'une pente abrupte du côté est du cap Tichy.
- La zone au large, de 8 m et à plus de 10 m de profondeur, les isobathes sont relativement lâchées avec une morphologie également particulière où on note la présence d'inflexions plus ou moins importantes en direction de la côte.

MER MEDITERRANEE

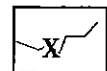


Carte n°07
Bathymétrie de la
zone d'étude
(Cap Tichy)

LEGENDE



Trait de côte



Isobathe



Cap Rocheux

Echelle: 1/40.000

2. Travaux au laboratoire :

Ils consistent en la granulométrie et le dosage des carbonates (CaCO_3).

2.1. Granulométrie :

La granulométrie consiste à évaluer le pourcentage de la masse totale correspondant à chaque dimension de particule (Riviere, 1977).

L'étude granulométrique d'un sédiment comporte généralement deux (02) phases :

- Une phase technique expérimentale conduisant à l'évaluation en pourcentage de chaque dimension de particule à la masse totale du sédiment.

Pour chaque échantillon, on procède de la manière suivante :

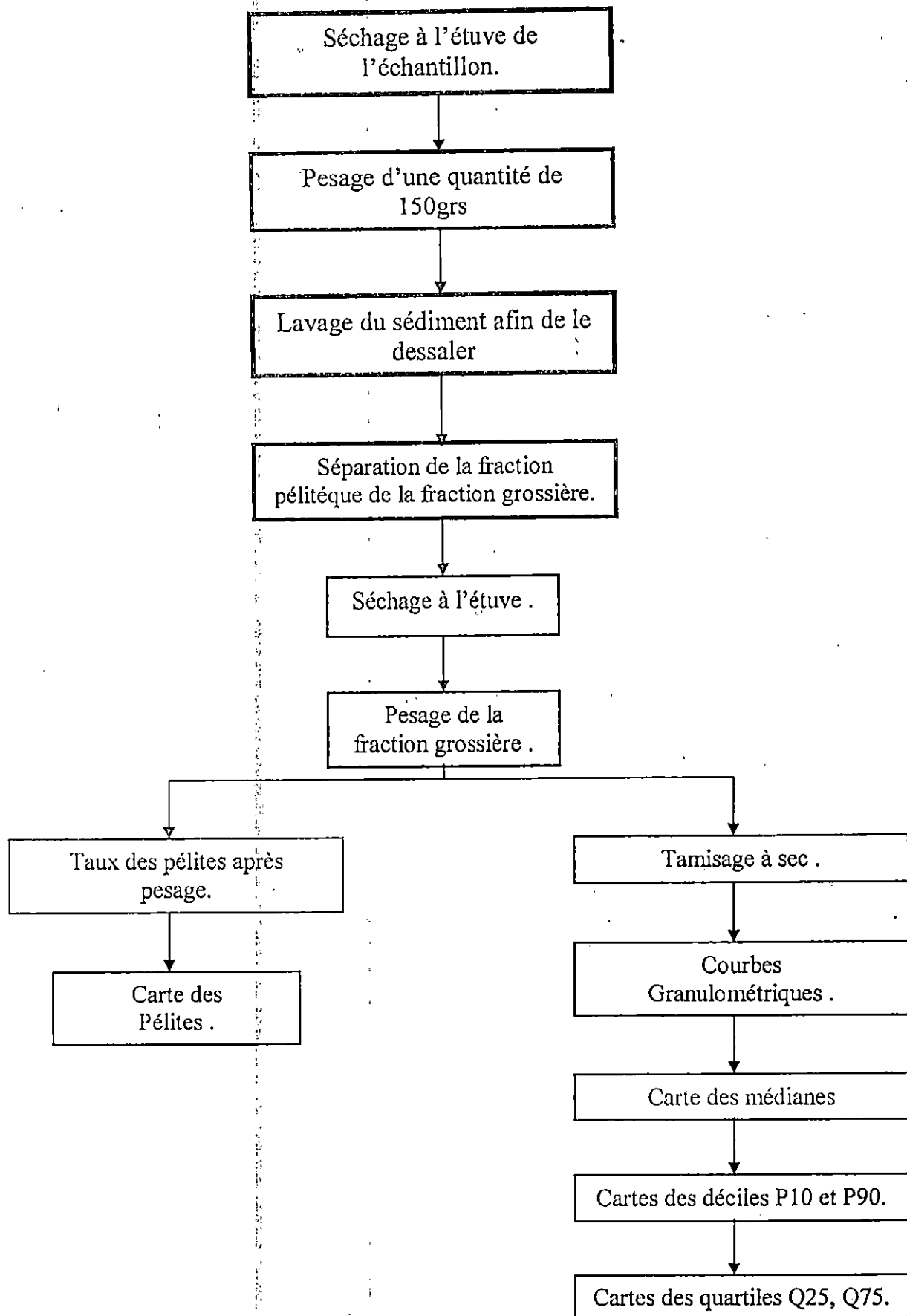
- Séchage d'une fraction de sédiment à l'étuve (105°C) pendant 24 h.
- Lavage de 150 grammes de sédiment séché à l'eau douce et séparation de la fraction péltique de la fraction grossière, à l'aide d'un tamis de $40\mu\text{m}$.
- Séchage de la fraction grossière à l'étuve (105°C) pendant 24 h.
- Pesée de la fraction grossière séchée, ainsi la différence entre ce poids et le poids initial nous donnera le taux des péltites en grammes.
- Tamisage de la fraction grossière finale séchée sur une colonne vibrante pendant 10 mn : constituée de haut en bas, de tamis de dimensions décroissantes.
- Pesée de refus de chaque tamis à l'aide d'une balance de précision.
- Evaluation en pourcentage des refus de chaque tamis.

- Une phase d'interprétation des résultats obtenus par la granulométrie ; et pour cela, nous avons procédé de la manière suivante :

- Traitement des résultats sous formes de fiches granulométriques.
- Représentations graphiques en courbes cumulatives et histogrammes de fréquences.
- Exploitation des résultats pour la répartition des cartes modales et les différents indices et paramètres granulométriques.

2.2. Paramètres et indices granulométriques :

Les résultats obtenus à partir de l'analyse de la fraction sableuse permettent de tracer les courbes cumulatives représentant le pourcentage des refus cumulés en fonction du logarithme des mailles des tamis utilisés et de construire des histogrammes de fréquence, représentant le poids des refus partiels (%) du sédiment en fonction des mailles des tamis utilisés afin de connaître la fréquence des différentes classes granulométriques.



ETAPES DE LA GRANULOMETRIE.

mailles des tamis utilisés afin de connaître la fréquence des différentes classes granulométriques.

A partir des courbes cumulatives découlent les paramètres caractérisant chaque sédiment .

2.2.1. Paramètres de position :

Cette méthode empruntée aux statistiques a été appliquée aux sables par (Trask P.) in 1930, les quartiles sont trois points de la courbe (Vatan , 1967).

- Le quartile inférieur (Q25) : Il correspond au diamètre du grain dont l'ordonnée est à 25 % du poids total du sédiment .
- Le quartile médian (Q50) : La médiane représente le diamètre du grain dépassé par 50 % des grains de l'échantillon .
- Le quartile supérieur (Q75) : Le quartile supérieur a comme valeur le diamètre de l'ordonnée 75 % .
 - Les déciles (P10, P90) : sont ceux dépassés par 10 % et 90 % des grains .
- Ces données nous permettent de calculer les indices granulométriques .

2.2.2. Les paramètres de distribution :

- Indice de classement (Sorting Index de Trask) : (So)

Exprimé par l'équation :

$$So = Q25 / Q75$$

Cet indice indique la dispersion des tailles des sédiments par rapport à la taille moyenne (Chameley , 1987).

TRASK (1930) a proposé les limites suivantes :(in Berthois , 1975).

- $So < 2.5$: Sédiment très bien classé .
- $2.5 < So < 3.5$: Sédiment assez bien classé .
- $3.5 < So < 4.5$: Sédiment normalement classé .
- $4.5 < So$: sédiment mal classé .

Le (So) croîtra avec l'hétérométrie du stock sédimentaire .

- indice d'asymétrie (SKEWNESS) : (SK).

Exprimé par la formule :

$$SK = (Q25 * Q75) / (Q50)^2$$

Il indique la prédominance des particules fines ou grossières par rapport à la médiane, dont les limites sont :

- SK < 1 : Asymétrie du côté grossier à la médiane .
- SK = 1 : Asymétrie à la médiane .
- SK > 1 : Asymétrie du côté fin à la médiane .

2.1.1. La calcimétrie :

L'étude des carbonates consiste à déterminer à l'aide d'un acide chlorhydrique la teneur en calcaire (CaCO_3) 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 d'un calcimètre de « BERNARD » dont les étapes sont les suivantes :

1. Placer l'échantillon à analyser en fiole (1 à 10g) .
2. Placer l'acide chlorhydrique dans l'éprouvette déposée en fiole .
3. Fermer le récipient (fiole) .
4. Mesure la hauteur (h_1) d'équilibre en plaçant la vase amovible .
5. Agiter la fiole 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 :

$$\text{CaCO}_3 (\%) = 0.3[(U/V) - P] * 100.$$

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 .

II. Résultats et discussions :

II.1. Pour échantillons marins :

1. La granulométrie :

Les résultats obtenus sont présentés dans l'annexe sous forme de tableau, d'histogrammes de fréquences et de courbes cumulatives individuelles à chaque station (vue le nombre considérable d'échantillon (34), on n'a représenté qu'un exemple pour chaque type d'échantillon).

1.1. Les pélites :

L'étude de la fraction pélitique (diamètre inférieur à $40\mu\text{m}$), consiste d'abord à évaluer, pour chaque échantillon, son pourcentage dans un poids considéré, ensuite à établir une carte de la répartition des pélites au sein de notre zone d'étude (carte n°08).

La carte fait apparaître une diminution du taux des pélites de l'Ouest vers l'Est, et cela du large vers la côte. Comme on remarque aussi que le pourcentage des pélites, est plus élevé au large de l'embouchure de l'Oued Djamàa. Ceci est expliqué par l'apport des particules fines et très fines par cet Oued.

1.2. Etude de la fraction grossière :

Pour une meilleure approche de la répartition des grains grossiers, le poids des refus de chaque tamis est reporté au poids final (celui de la fraction grossière totale) pour être transformé en pourcentage.

1.2.1. Les courbes cumulatives et les histogrammes de fréquences :

Les courbes granulométriques représentent la distribution de la population des grains selon leurs diamètres. Celles-ci sont dressées en coordonnées semi-logarithmiques, afin de permettre une représentation plus précise des particules fines, dont l'influence est capitale dans le comportement des sols.

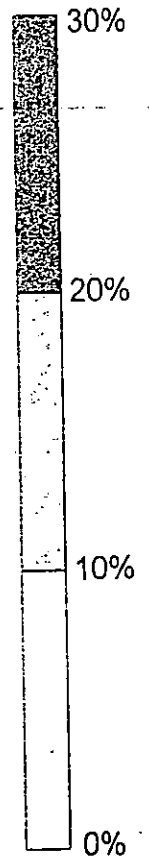
Les courbes cumulatives qui représentent les sédiments sont de type unimodales. Elles indiquent la présence d'un seul stock sédimentaire et une homogénéité des sédiments. Ces courbes sont bien redressées, indiquant un bon tri et un bon classement.

MER MEDITERRANEE



Carte n°08
Répartition des
pélites dans les
échantillons marins

LEGENDE



Echelle: 1/40.000

36° 40'

36° 30'

Cap Tichy

Oued Djemâa

5° 10'

5° 20'

20%

10%

Ces types de courbes s'étalent surtout au large de la zone d'étude. Ceci serait dû à la diminution de la capacité de transport et de remaniement.

1.2.2. Carte des médianes :

Cette carte est établie à partir des médianes tirées des courbes cumulatives. Elles montrent la répartition spatiale des sédiments dans le secteur d'étude (carte n°09).

Les valeurs des médianes obtenues dans le secteur d'étude, varient de 80 μm à 1250 μm ; (sable fin _ sable grossier).

Les valeurs fortes occupent une aire relativement restreinte au niveau de la côte. Le taux de concentration du sable fin augmente graduellement de la côte vers le large.

A la proximité de l'embouchure de l'Oued « Djammàa », le sable moyen est le prédominant.

1.2.3. Les cartes des quartiles (Q25, Q75) :

▪ Le quartile inférieur (Q25) : (carte n° 10).

A l'approche de la côte, on a un Q25 entre 315 μm et 630 μm . Cependant, il apparaît des valeurs du Q25 supérieur à 630 μm à l'Est et à l'ouest du Cap Tichy.

Ces valeurs diminuent en allant vers le large. A l'approche de l'embouchure de l'Oued Djammàa, la valeur du Q25 est de 315 μm .

▪ Le quartile supérieur (Q75) : (carte n° 11).

La valeur du Q75 diminue de la côte vers le large dans notre zone d'étude. Sa valeur varie de 1250 μm à 80 μm au large, avec un maximum retenu à l'Est du Cap (entre 1250 μm et 2500 μm).

1.2.4. Les déciles (P10, P90) :

▪ Le décile inférieur (P10) : (carte n° 12).

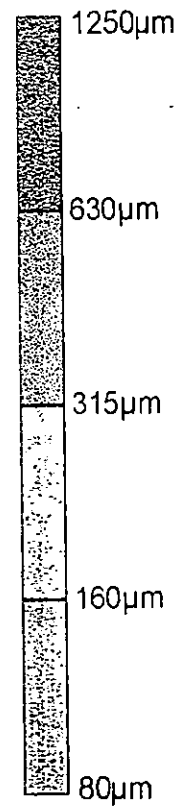
De la carte on distingue que :

- A l'approche de la côte, on a un P10 de 315 μm à 630 μm , cette valeur diminue en allant vers le large (inférieur à 160 μm).
- De l'embouchure de l'Oued au large, le P10 varie de 315 μm à 80 μm .

MER MEDITERRANEE

Carte n°09
Répartition de la taille
moyenne (Q50) dans
les échantillons marins

LEGENDE



Echelle: 1/40.000

36° 40'

36° 30'

Cap Tichy

Oued Djemaa

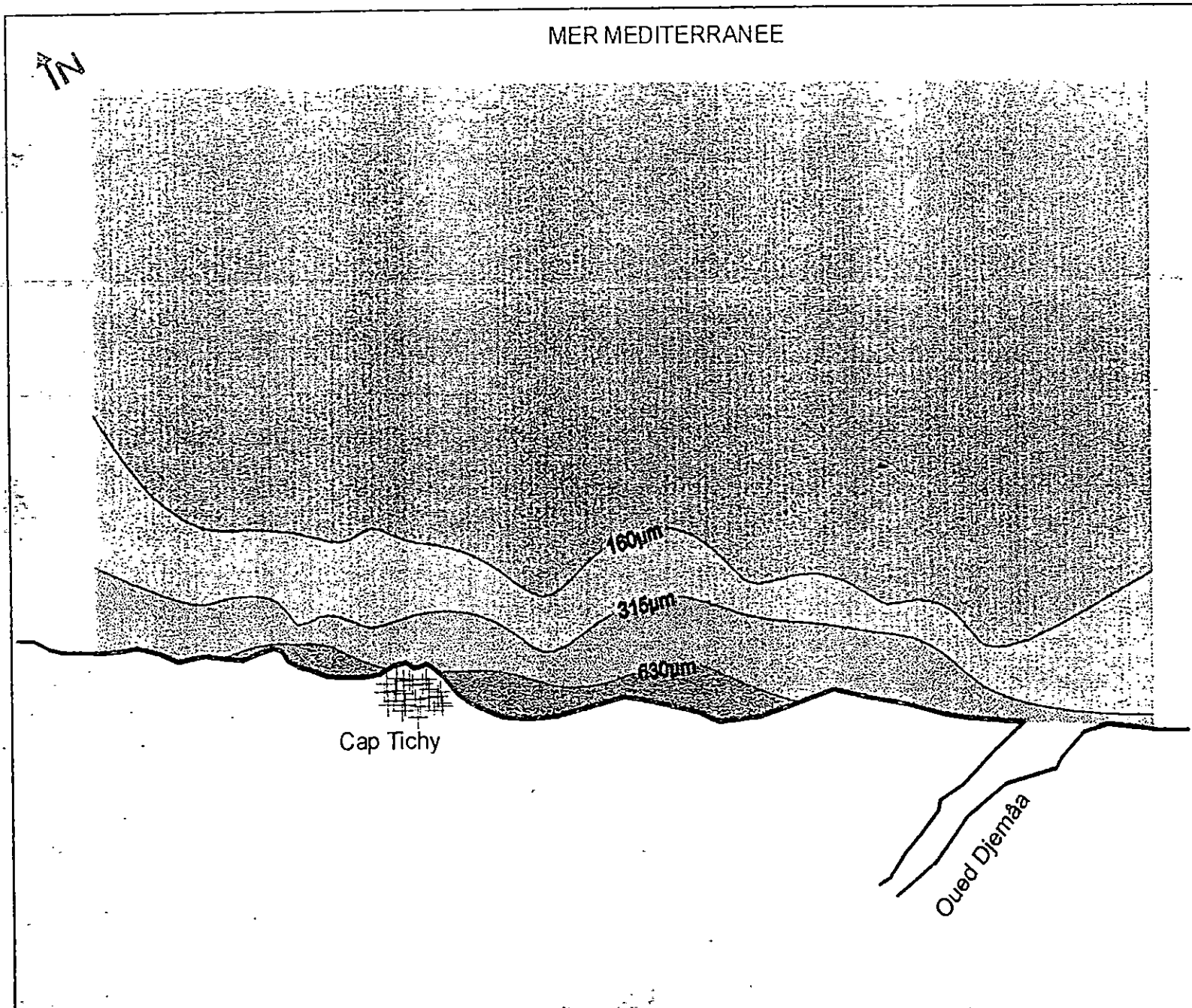
5° 10'

5° 20'

160µm

315µm

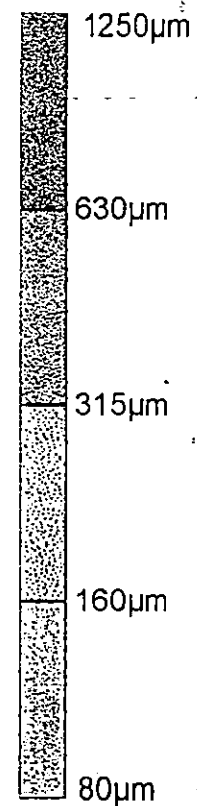
630µm



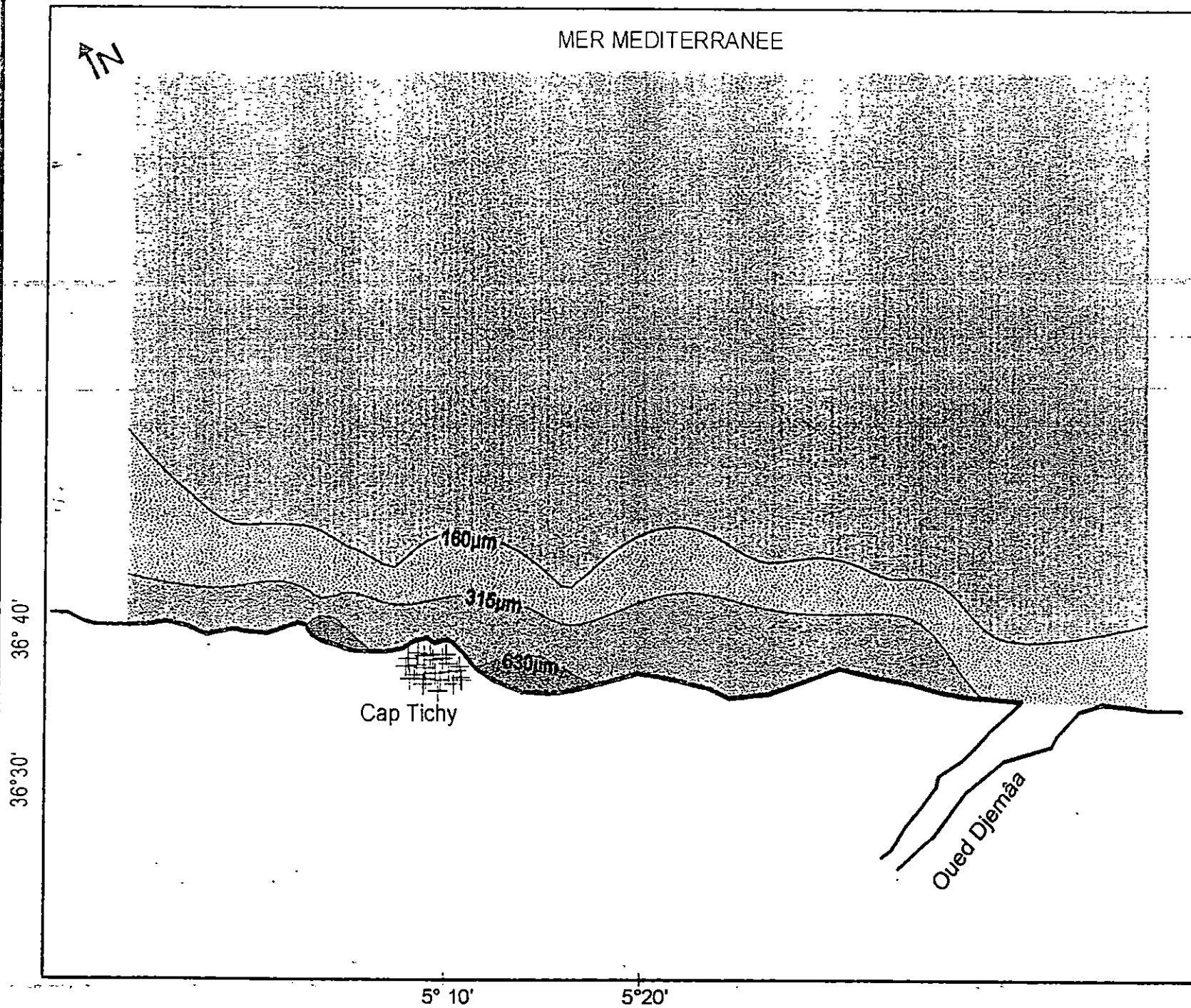
MER MEDITERRANEE

Carte n° 10
Répartition du quartile inférieur (Q25 dans les échantillons marins

LEGENDE



Echelle: 1/40.000

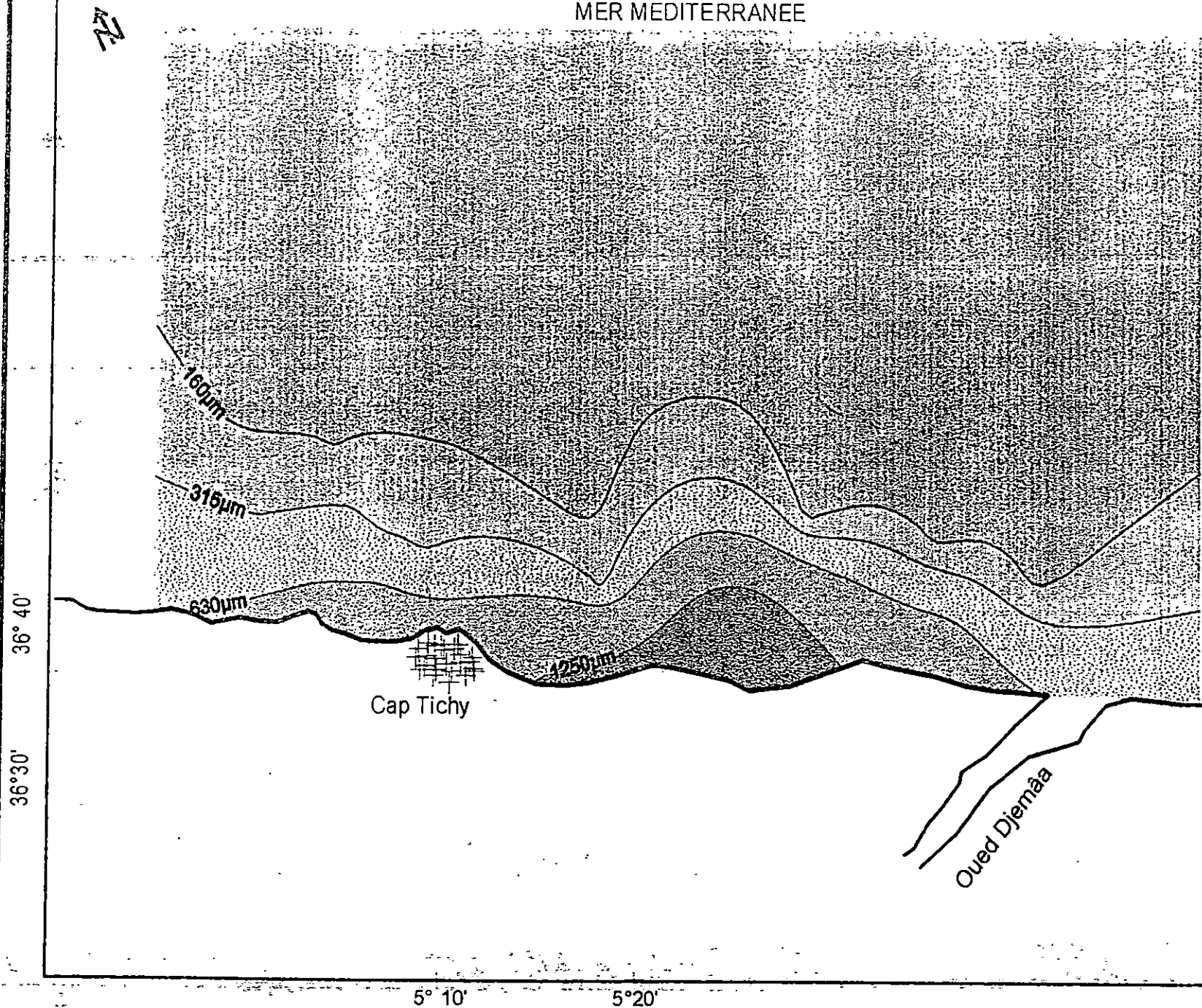
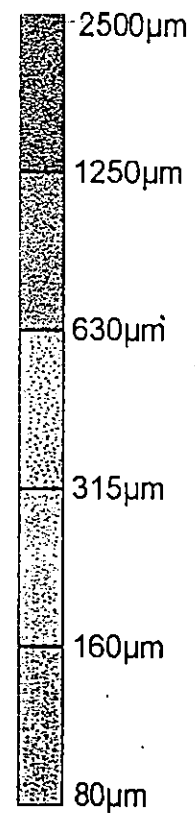


MER MEDITERRANEE

Carte n°44
Répartition du quartile supérieur (Q75) des
échantillons marins

Echelle: 1/40.000

LEGENDE

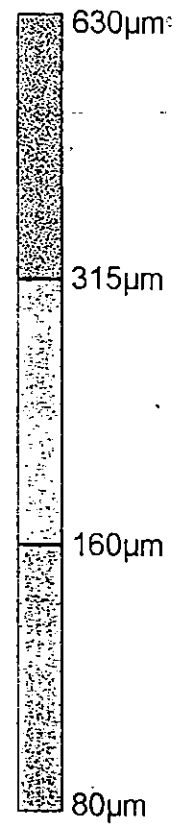


MER MEDITERRANEE



Carte n°19
Répartition du décile
inférieur (P10) dans
les échantillons marins

LEGENDE



Echelle: 1/40.000

36° 40'

36° 30'

Cap Tichy

315µm

160µm

Oued Djemâa

5° 10'

5° 20'

- Le décile supérieur (P90) : (carte n° 13).

Le maximum est observé à l'approche de la côte à l'Est du Cap Tichy ; cette valeur de P90 est supérieure à 1250 μ m. Ainsi, cette valeur diminue de la côte vers le large ou la valeur est inférieure à 1250 μ m.

1.2.5. Les indices granulométriques :

- Indice de classement (SO) : (fig. n° 15).

L'indice de classement varie entre 1.06 et 1.85 pour toutes les stations. Ces valeurs sont inférieures à 2.5 ; les sédiments sont donc très bien classés.

- Indice d'asymétrie (SK) : (fig. n° 16).

L'indice d'asymétrie des sédiments dans notre zone d'étude est compris entre 0.78 et 1.63. La plupart de ces valeurs est très proche de 1, sauf pour la station St32 ou SK = 1.63. Donc, les sédiments présentent un même classement aussi bien du côté fin que du côté grossier, donc une répartition symétrique correspondant à un bon classement du sédiment.

1.2.6. Répartition des modes granulométriques :

La carte de la répartition des modes, permet d'apporter des précisions quant à la sédimentologie régionale, elle montre le mélange de populations sédimentaires d'origine différente, et peut expliquer leur modalité de mise en place (Pauc, 1973).

Sur les stations étudiées, trois (03) classes modales sont relevées :

- Classe modale I : 80 μ m _ 125 μ m (sable fin)
- Classe modale II : 160 μ m _ 315 μ m (sable moyen).
- Classe modale III : 250 μ m _ 400 μ m (sable grossier).

- Classe modale I : (carte n° 14).

On distingue une diminution des pourcentages en allant vers l'ouest (inférieur à 90 %) et vers l'Est (inférieur à 75 %), avec un maximum de 90 % au milieu de notre zone de prélèvement.

- Classe modale II : (carte n° 15).

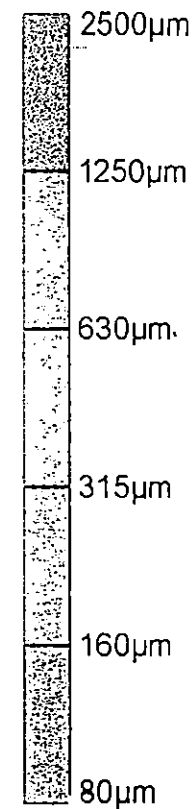
Cette classe est présente en pourcentages importants, et couvre toute la zone. Cependant, on note une légère croissance vers l'ouest avec un maximum de 80 % et à l'approche du Cap ; du côté Est.

MER MEDITERRANEE

IN

Carte n°13
Répartition du décile
(P₉₀) supérieur dans
les échantillons marins

LEGENDE



Echelle: 1/40.000

36° 40'

36° 30'

5° 10'

5° 20'

Cap Tichy

Oued Djemâa

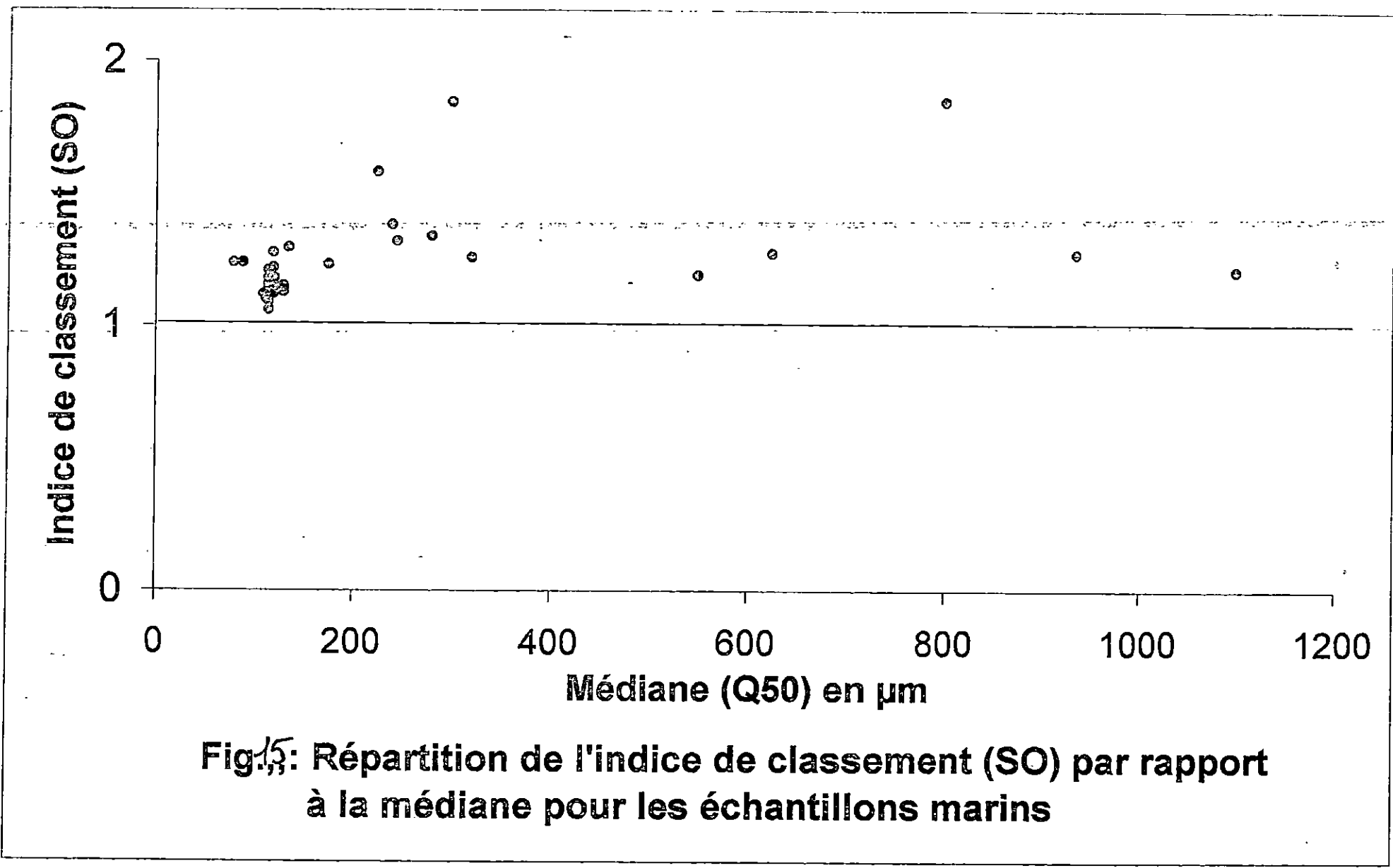
160µm

160µm

315µm

630µm

1250µm



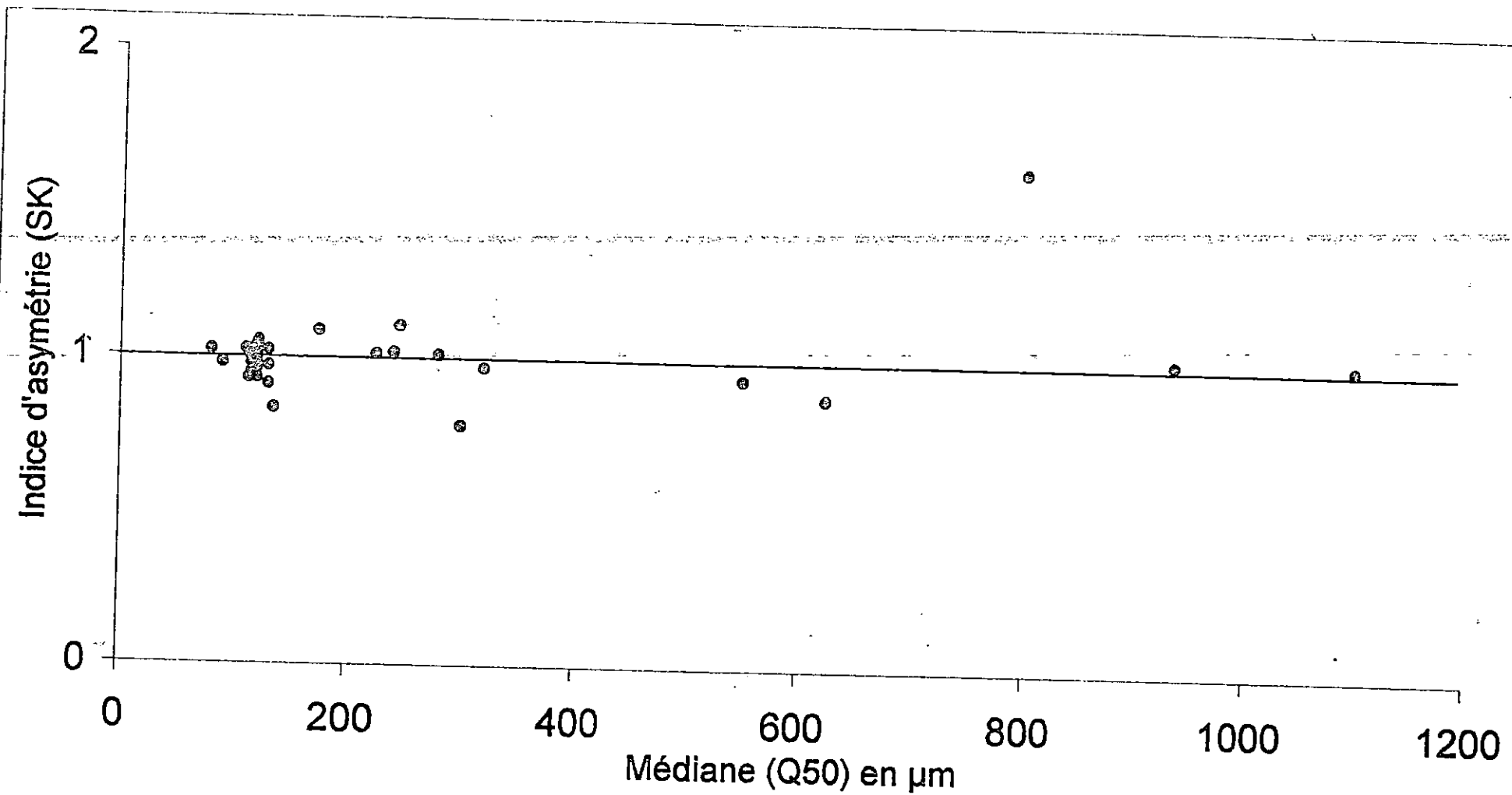
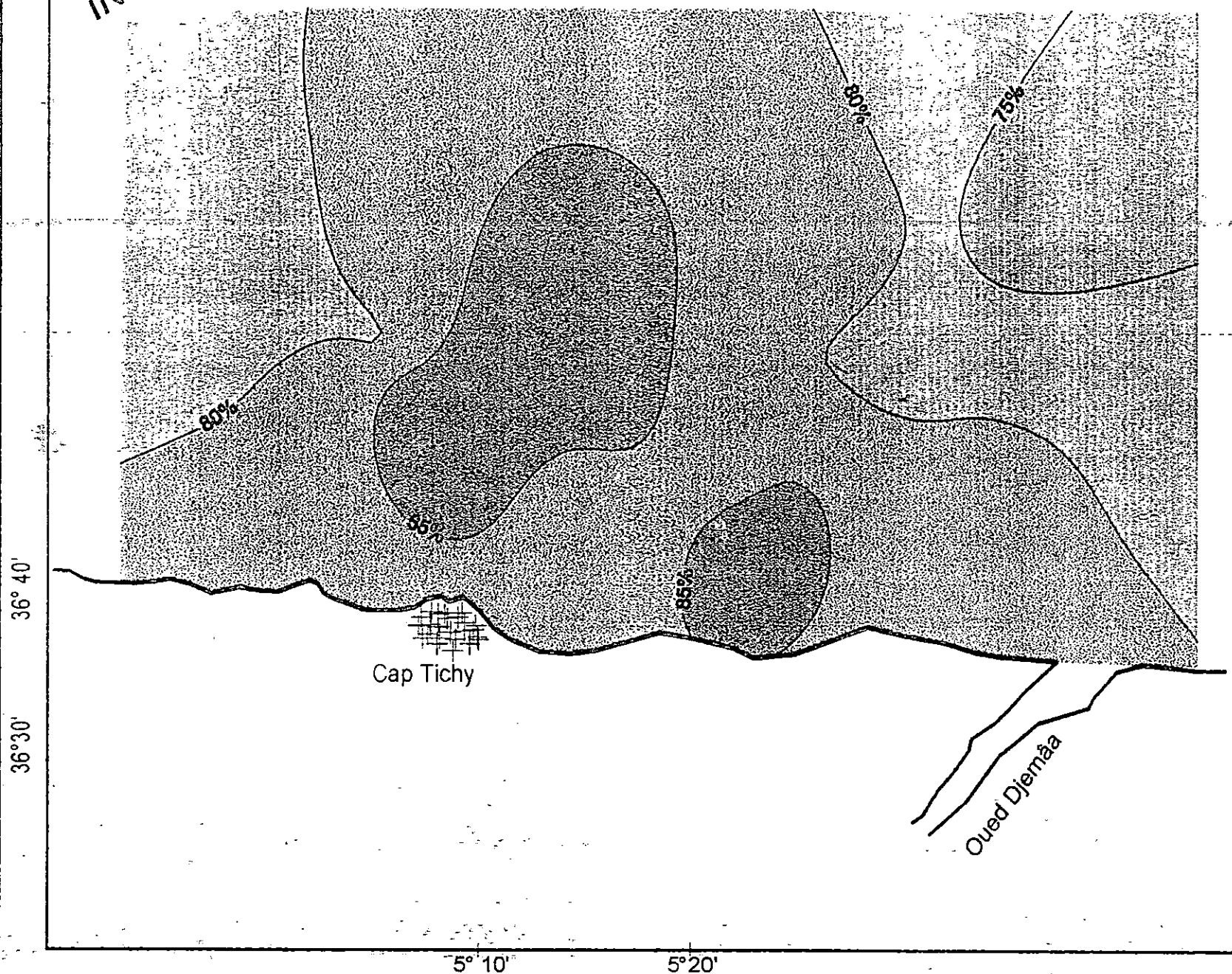


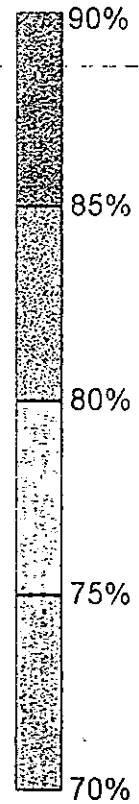
Fig16: Répartition de l'indice d'asymétrie (SK) par rapport à la médiane pour les échantillons marins

MER MEDITERRANEE



Carte n°14
Répartition de la
classe modale I
(80-125µm) des
échantillons marins

LEGENDE



Echelle: 1/40.000

MER MEDITERRANEE



75%

70%

75%

Cap Tichy

Oued Djemâa

36° 40'

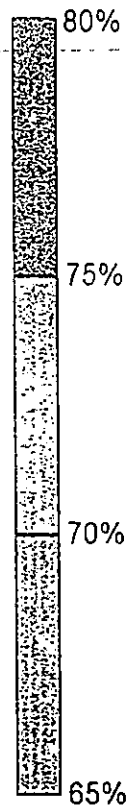
36° 30'

5° 10'

5° 20'

Carte n° 15
Répartition de la
classe modale II
(160-315µm)
des échantillons marins

LEGENDE



Echelle: 1/40.000

▪ Classe modale III : (carte N° 16)

Cette classe est homogène dans la quasi totalité de la zone .

1.2. LES CARBONATES : (carte N° 17)

La carte indique une certaine homogénéité dans la répartition des carbonates dans les sédiments.

Au large on distingue une légère croissance des pourcentages des teneurs en carbonate. Les valeurs de ces derniers sont comprises entre 30% et 80%, avec une moyenne de 54, 69%, un maximum de 78.26% à la station 31 (à la droite du Cap).

Conclusion :

L'analyse modale des deux parties, marines et de la plage aérienne, montre :

« Les éléments fins sont réunis en suspension et entraînés vers le large , les sables remaniés et acheminés dans le sens préférentiel du transport , et les galets peuvent être remontés en haut de l'estran » (Mignot C. ,1982).

Dans cette étude nous supposons l'existence de trois origines , un apport à partir de la côte due aux courants de retour, ceux ci étant générés par les houles du nord et à l'Oued Djemaa

Les deux autres apports seraient dus , à une dérive littorale orientée ouest Est durant le 1^{er} , 2^{ème} et 4^{ème} trimestre .Durant le 3^{ème} trimestre ce serait une dérive orientée Est ouest (voir les roses des houles).

La prédominance de transit Est Ouest, malgré sa durée limitée dans le temps ,est due au fait que les prélèvements des sédiments se sont fait lors du 3^{ème} trimestre .

II.2. Pour les échantillons de la plage aérienne :

1. La granulométrie :

Les résultats obtenus sont présentés dans l'annexe sous forme de tableau, d'histogramme de fréquences de courbes cumulatives individuelles à chaque station.

MER MEDITERRANEE

IN

36° 40'

36° 30'

Cap Tichy

5° 10'

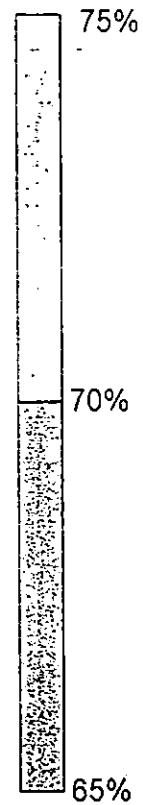
5° 20'

Oued Djemâa

70%

Carte n° 16
Répartition de la
classe modale III
(250-400µm)
échantillons marins

LEGENDE



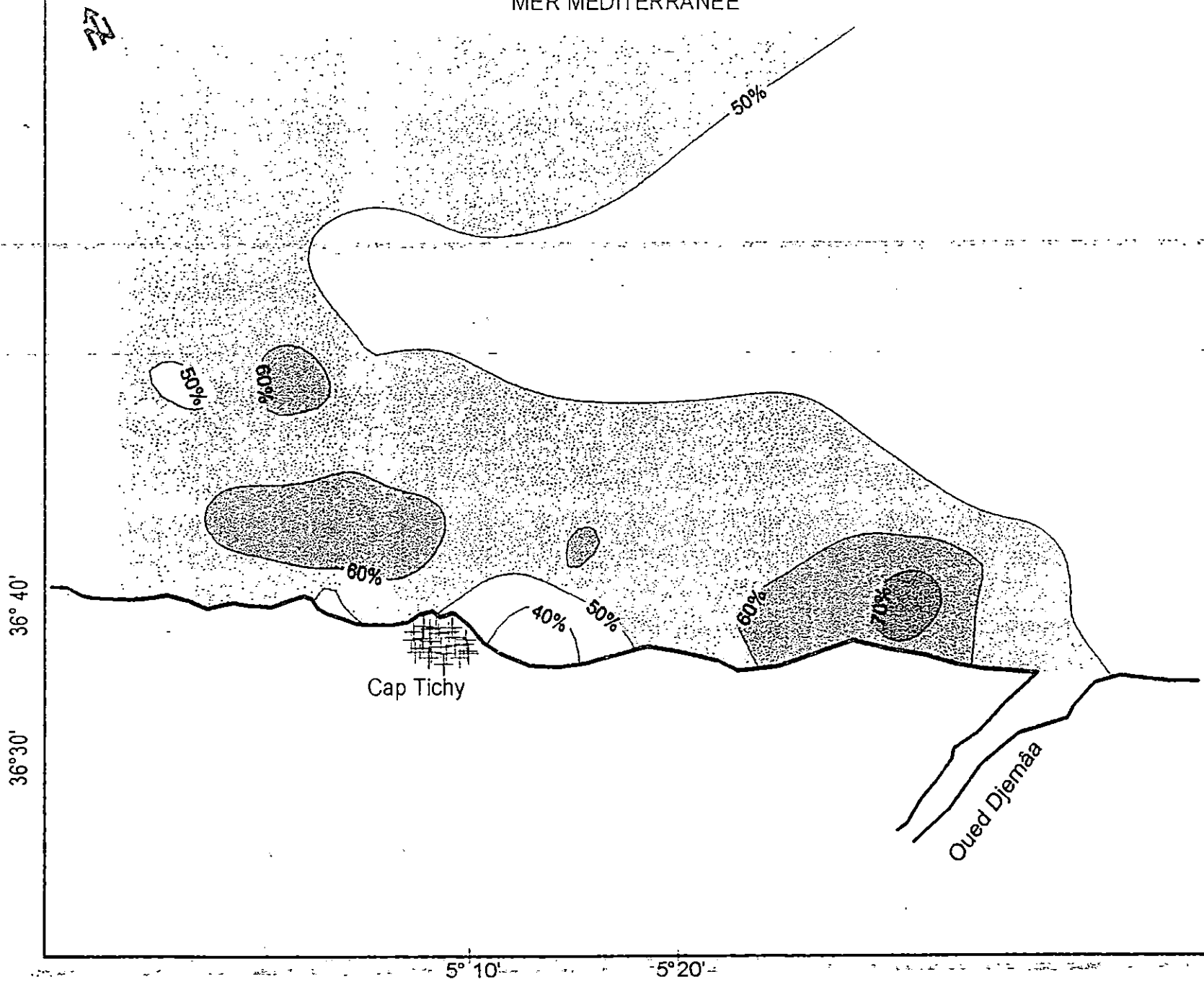
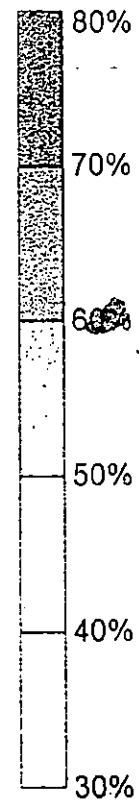
Echelle: 1/40.000

MER MEDITERRANEE

Carte n° 17
Répartition des
carbonates des
échantillons marins

Echelle: 1/40.000

LEGENDE



1.1. Les pélites : (carte N°18)

Le pourcentage des pélites le long de la plage aérienne varie entre 0.01 et 1.33%, ce qui indique une certaine homogénéité, avec un maximum de 1.33% à la station P4.

Ces pourcentages sont très faibles par rapport aux pourcentages des échantillons marins. Ceci explique la propriété des sédiments de la plage

1.2. Etude de la fraction grossière :

1.2.1. Les courbes cumulatives et les histogrammes :

Les courbes cumulatives qui représentent les sédiments sont de type unimodale, elles indiquent la présence d'un seul stock sédimentaire, sauf la station P5 qui est bimodale car elle se situe à côté de la zone rocheuse (Cap Tichy).

1.2.2. Carte des médianes :

Les valeurs des médianes obtenues au niveau de la plage aérienne, varient de 315 μm à 360 μm (sable grossier). La répartition des médianes représente une homogénéité tous le long de la côte.

1.2.3. les cartes des quartiles (Q25, Q75) :

▪ Le quartile inférieur (Q25) : (carte N°19)

La carte présente une répartition homogène de Q25 tous le long de la plage aérienne avec des valeurs comprises entre 315 μm à 630 μm , un maximum retenu au niveau de la station P6 (260 μm).

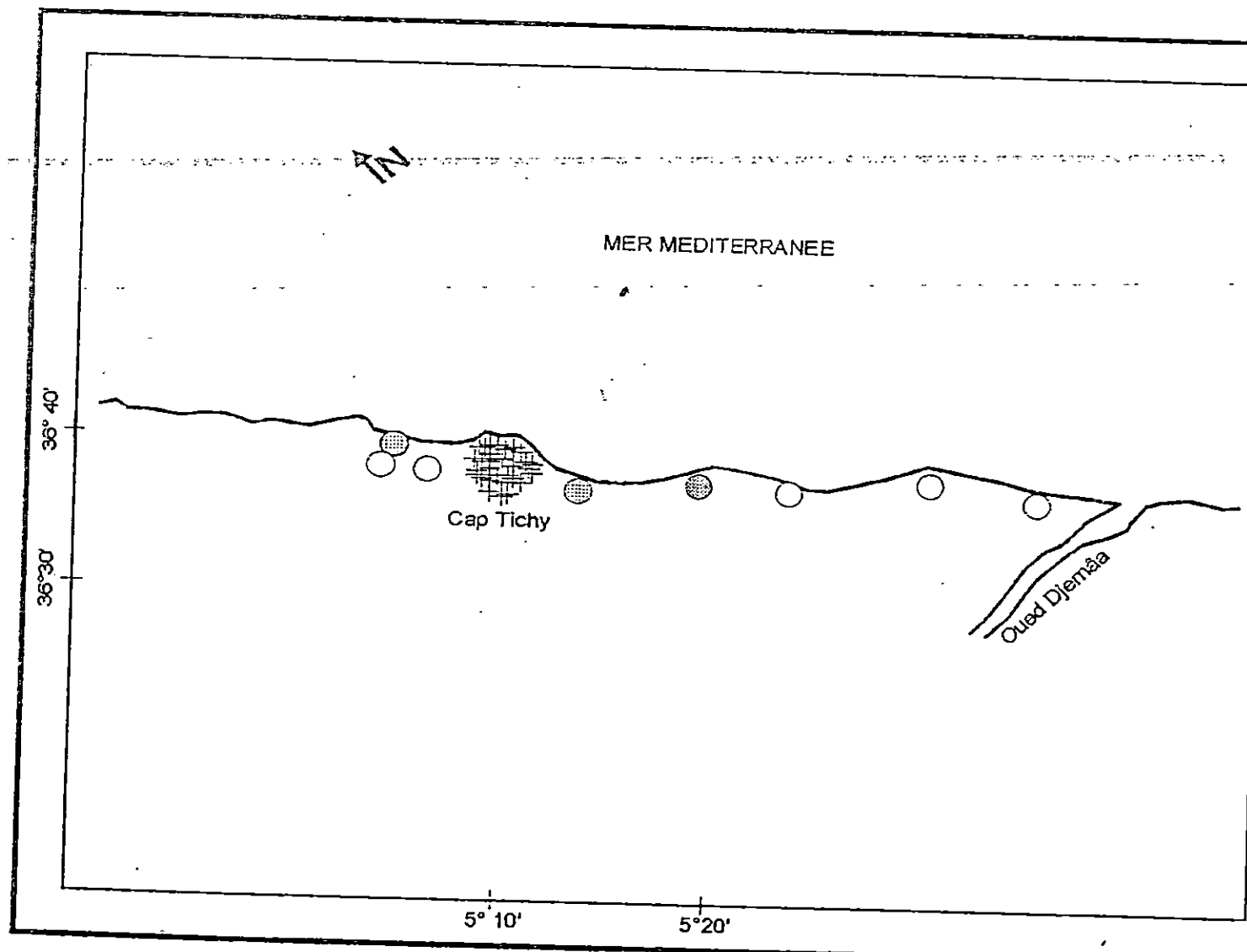
▪ Le quartile supérieur (Q75) : (carte N°20)

On constate que les valeurs de Q75 sont les même sur toute la plage (315 μm à 630 μm), avec un pic à la station P1 (635 μm).

1.2.4. Les déciles (P10, P90) :

▪ Le décile inférieur (P10) : (carte n° 21).

De la carte on distingue sur la plage aérienne, un P10 de 160 μm à 315 μm qui prédomine, avec deux pics, l'un à la station « P1 » et l'autre à la station « P7 » (365 μm et 345 μm).



Carte n°48
Répartition des pérites
sur la plage

Echelle: 1/40.000

LEGENDE

- 0 % à 0,5 %
- 0,5 % à 1 %
- 1 % à 1,5 %



MER MEDITERRANEE

36° 40'
36° 30'

Cap Tichy

Oued Djemâa



5° 10'

5° 20'

Carte n° 19
Répartition du quartile
inférieur (Q25)
sur la plage

Echelle: 1/40.000

LEGENDE

-  160 μm à 315 μm
-  315 μm à 630 μm

Carte n° 20
Répartition du quartile
supérieur (Q75)
sur la plage

Echelle: 1/40.000

LEGENDE

- 315 μm à 630 μm
- 630 μm à 1250 μm



MER MEDITERRANEE

36° 40'

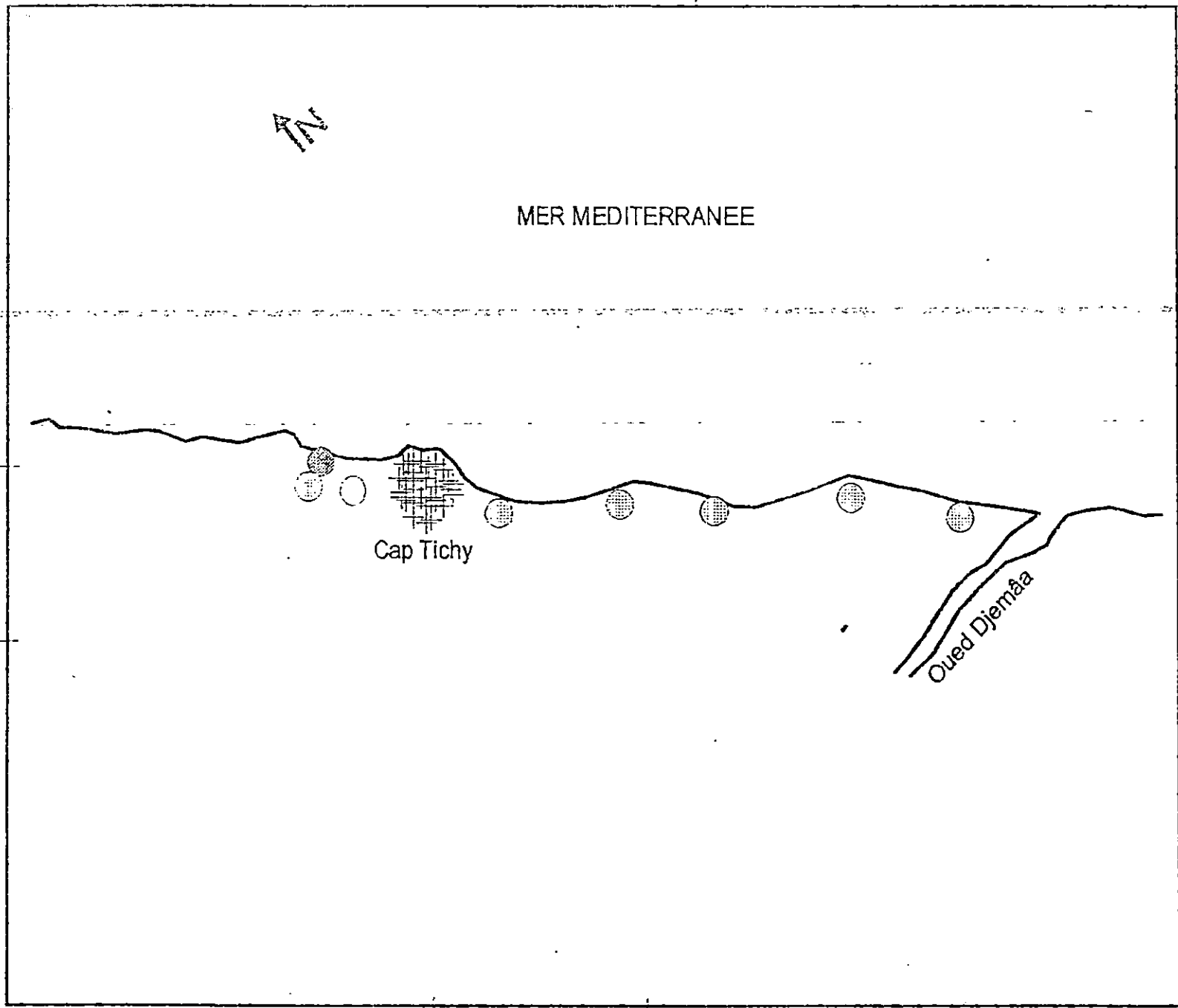
36° 30'

Cap Tichy

Oued Djemâa

5° 10'

5° 20'

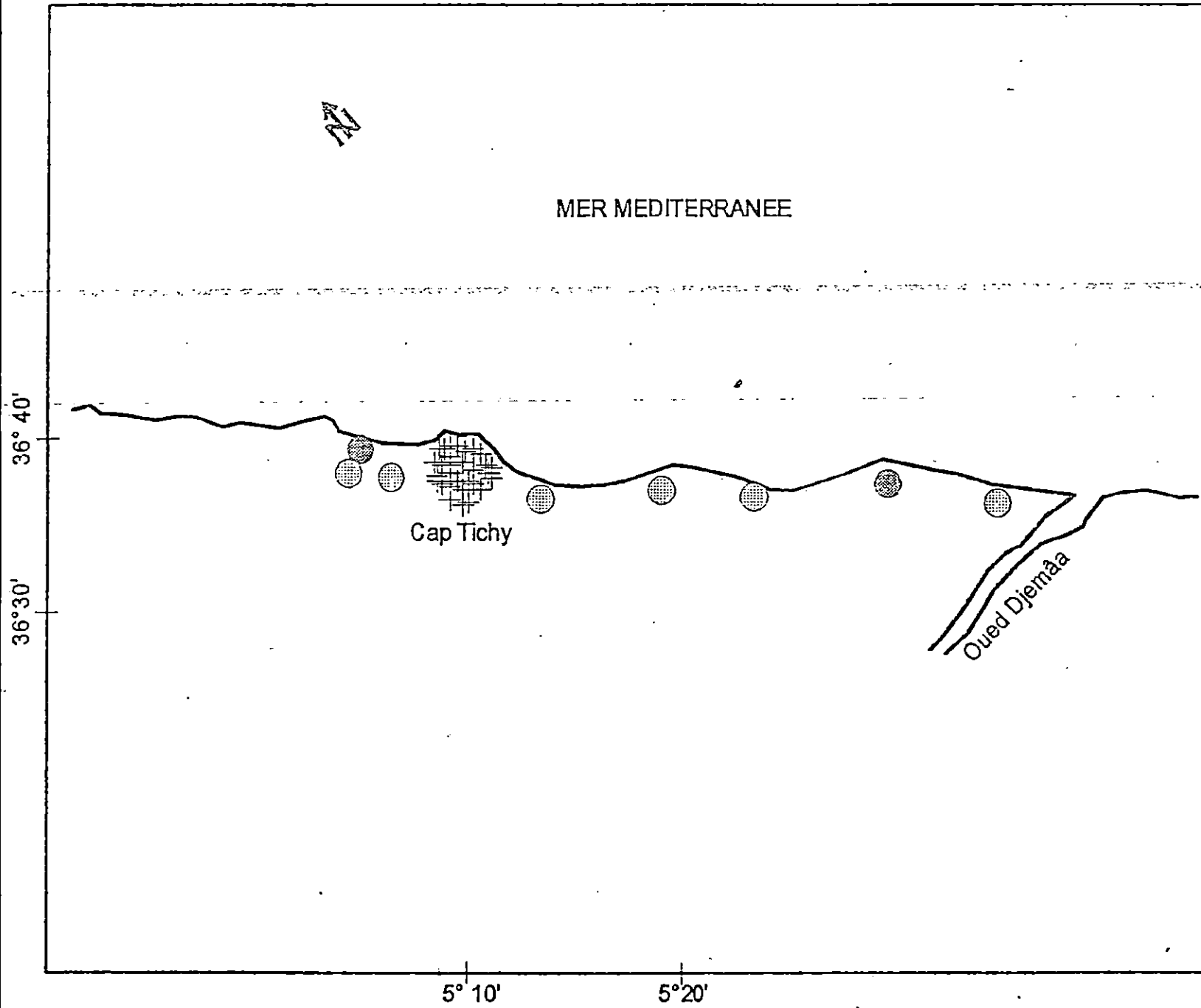


Carte n° 2A
Répartition du décile
inférieur (P10)
sur la plage

Echelle: 1/40.000

LEGENDE

- 160 μm à 315 μm
- 315 μm à 630 μm



- Le décile supérieur (P90) : (carte n°22).

Le maximum est observé à la station « P1 » et à la station « P4 », cette valeur est de 750 μ m à 700 μ m .Puis les valeurs de 315 μ m à 630 μ m dominent le long de la plage , avec un minimum de 265 μ m à la station « P3 ».

1.2.5. Les indices granulométriques :

- Indice de classement (So) : (fig. n° 17).

Cet indice varie entre 1.143 et 1.255 pour toutes les stations .Ces valeurs sont inférieures à 2.5 ; donc les sédiments sont très bien classés.

- Indice d'asymétrie (SK) : (fig. n° 18).

L'indice d'asymétrie des sédiments de la plage aérienne est compris entre 0.9 et 1.127.La plus part des valeurs sont très proche de 1 ; donc les sédiments présentent un même classement aussi bien du côté fin que du côté grossier, ce que veut dire une répartition symétrique correspondant à un bon classement du sédiment .

1.2.6. Répartition des modes granulométriques :

Sur les stations étudiées , trois classes modales sont relevées :

- Classe modale I : de 250 μ m à 400 μ m .
- Classe modale II : de 315 μ m à 500 μ m .
- Classe modale III : de 400 μ m à 630 μ m .

- Classe modale I : (carte n° 23).

Cette classe modale est représentée a l'ouest du Cap Tichy avec un pourcentage de 65 % à 70 %, avec un maximum de 75 % à 85 % à l'approche de l'Oued Djemaa.

- Classe modale II : (carte n° 24).

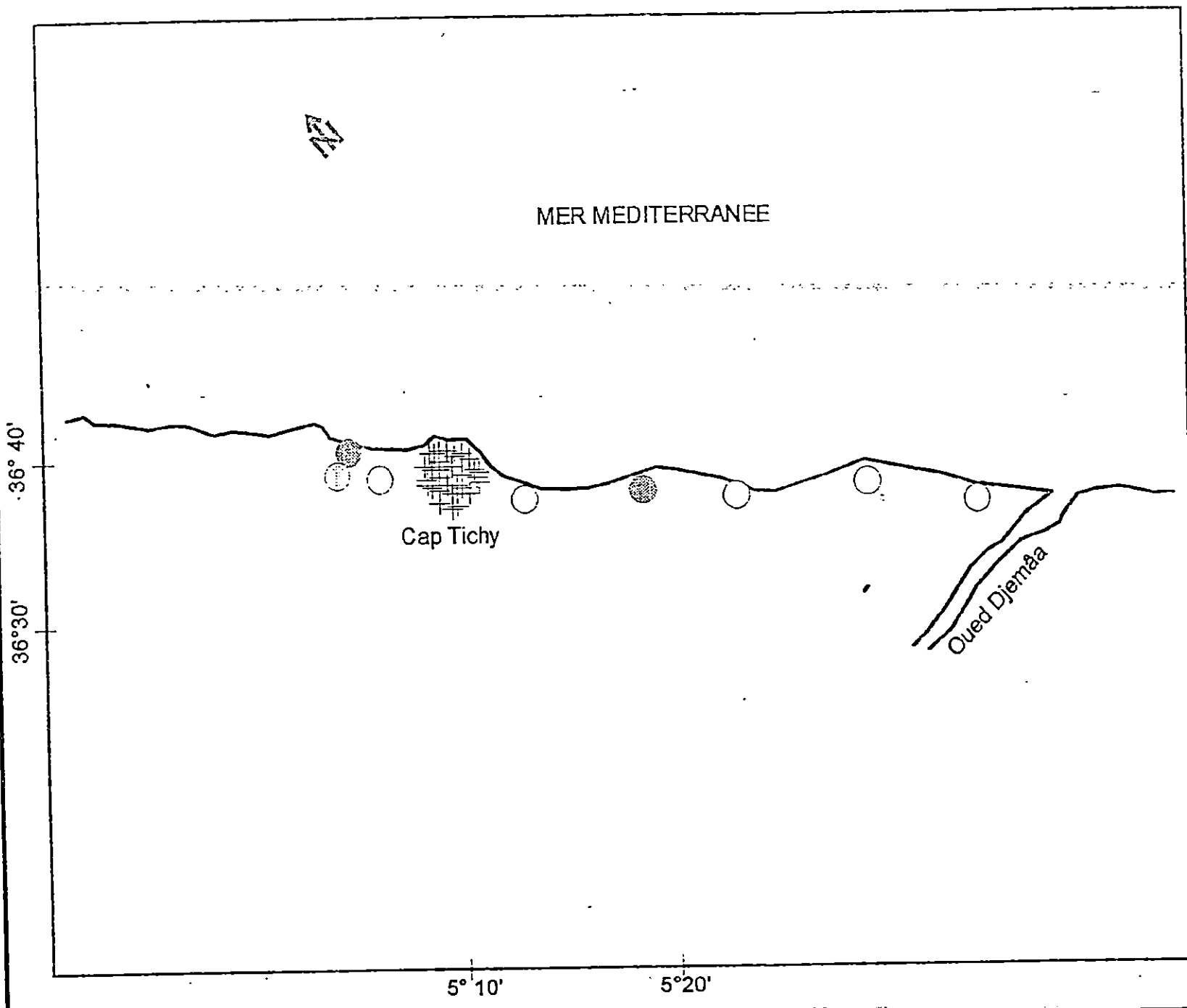
Cette classe est présente en pourcentage de 50 % à 90 % à l'Est et à l'Ouest près du Cap de Tichy avec un pourcentage de 30 % à 50 % au niveau de la station « P4 ».

Carte n° 22
Répartition du décile
supérieur (P90)
sur la plage

Echelle: 1/40.000

LEGENDE

- 160 μm à 315 μm
- 315 μm à 630 μm
- 630 μm à 1250 μm



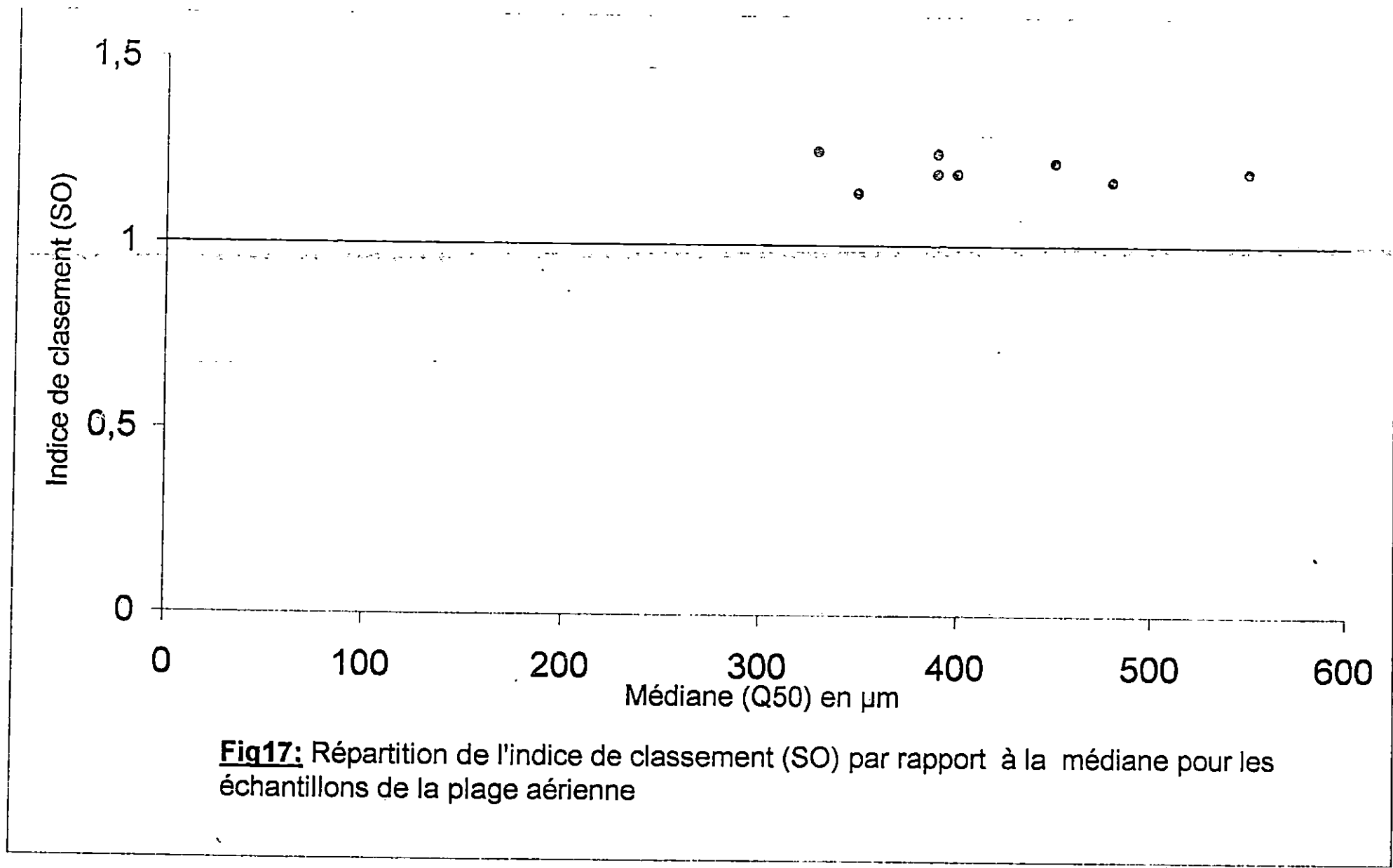


Fig17: Répartition de l'indice de classement (SO) par rapport à la médiane pour les échantillons de la plage aérienne

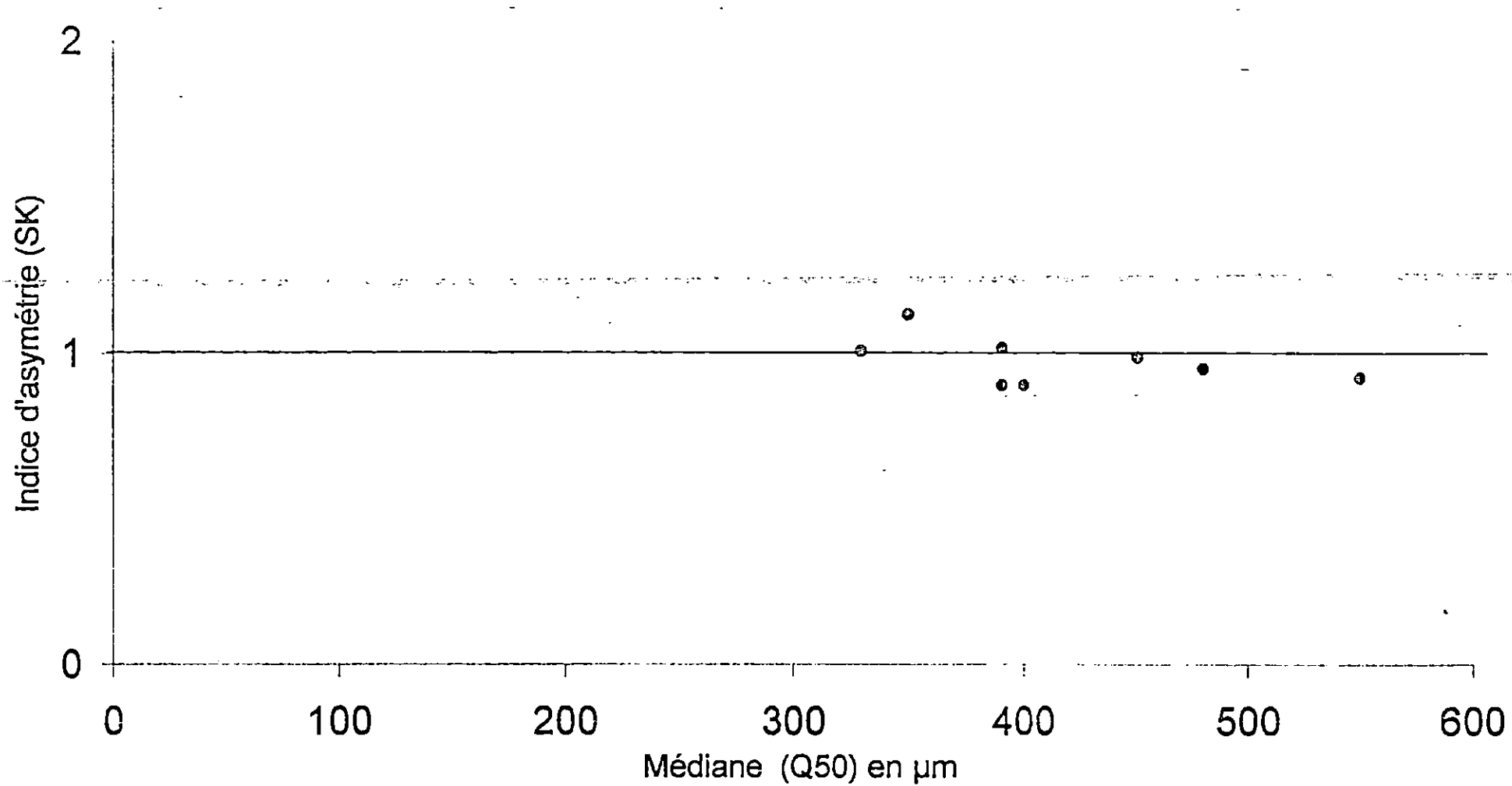


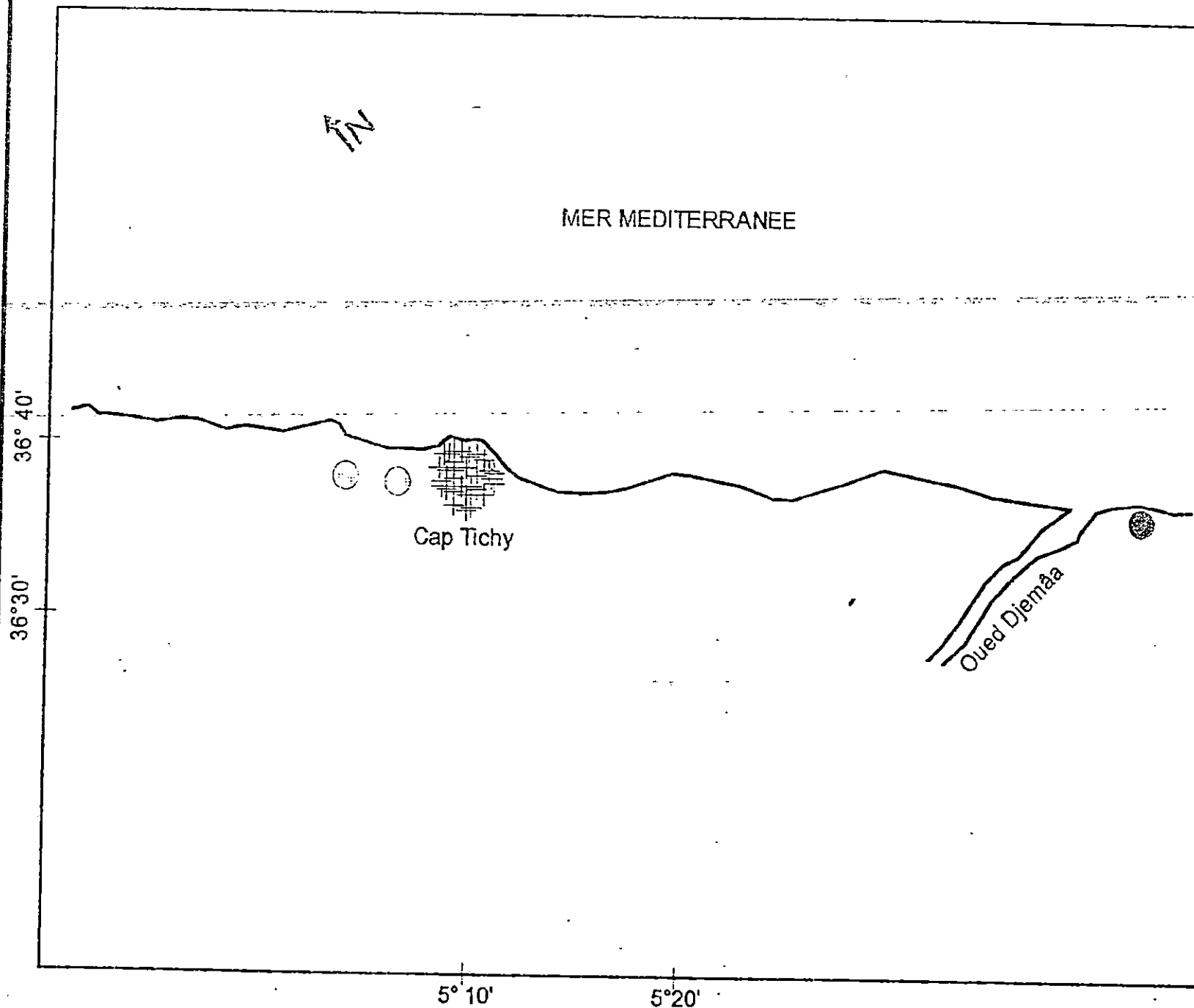
Fig18: Répartition de l'indice d'asymétrie (SK) par rapport à la médiane pour les échantillons de la plage aérienne

Carte n° 23
Répartition de la classe
modale I (250-400 μ m)
sur la plage

Echelle: 1/40.000

LEGENDE

- 65 % à 70 %
- ◐ 70 % à 75 %
- ◑ 75 % à 85 %

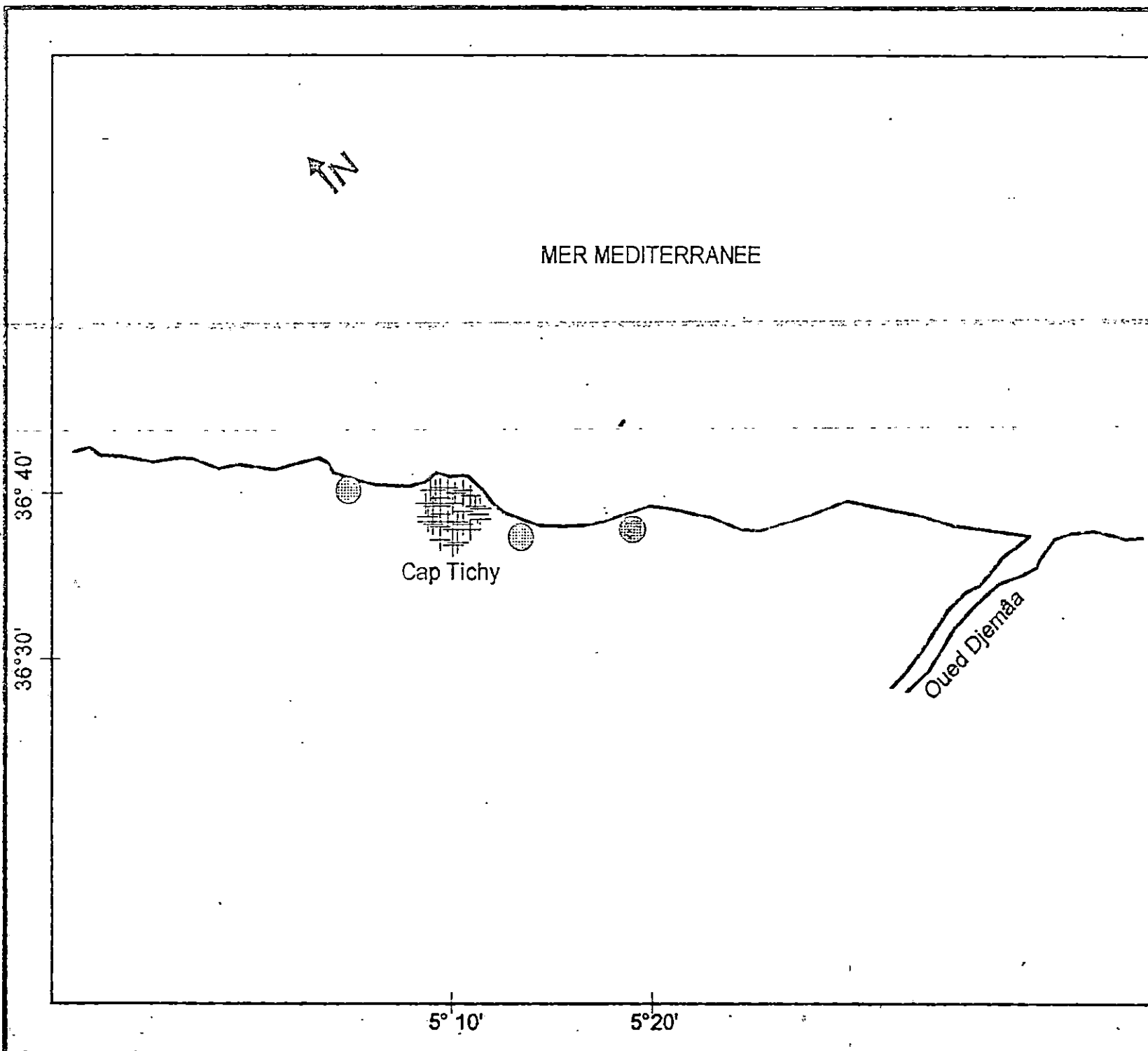


Carte n°24
Répartition de la classe
modale II (315-500µm)
sur la plage

Echelle: 1/40.000

LEGENDE

- ⊗ 30 % à 50 %
- ⊙ 50 % à 90 %



« Classe modale III : (carte n° 25).

Cette classe est peu représentée ; Un pourcentage de 60 % à 70 % à la station P7 et de 70 % à 80% à la station « P6 ».

2. Les carbonates : (Carte n° 26).

Les valeurs des carbonates sont comprises entre 48,50 % et 91,30 %. Elles ont une moyenne de 62,85 % et un pic de 91,30 % à la station « P8 ». Les sédiments de l'Ouest du Cap de Tichy ont un taux de carbonate supérieur à 60 % surtout au niveau des stations « P2 » et « P4 » où les concentrations sont de l'ordre 78.26 % et 77.54 %.

La teneur en carbonates est comprise entre 60 % à 75 % sur le reste de la plage. Le plus faible taux (48.5 %) est observé à la station « P4 ».

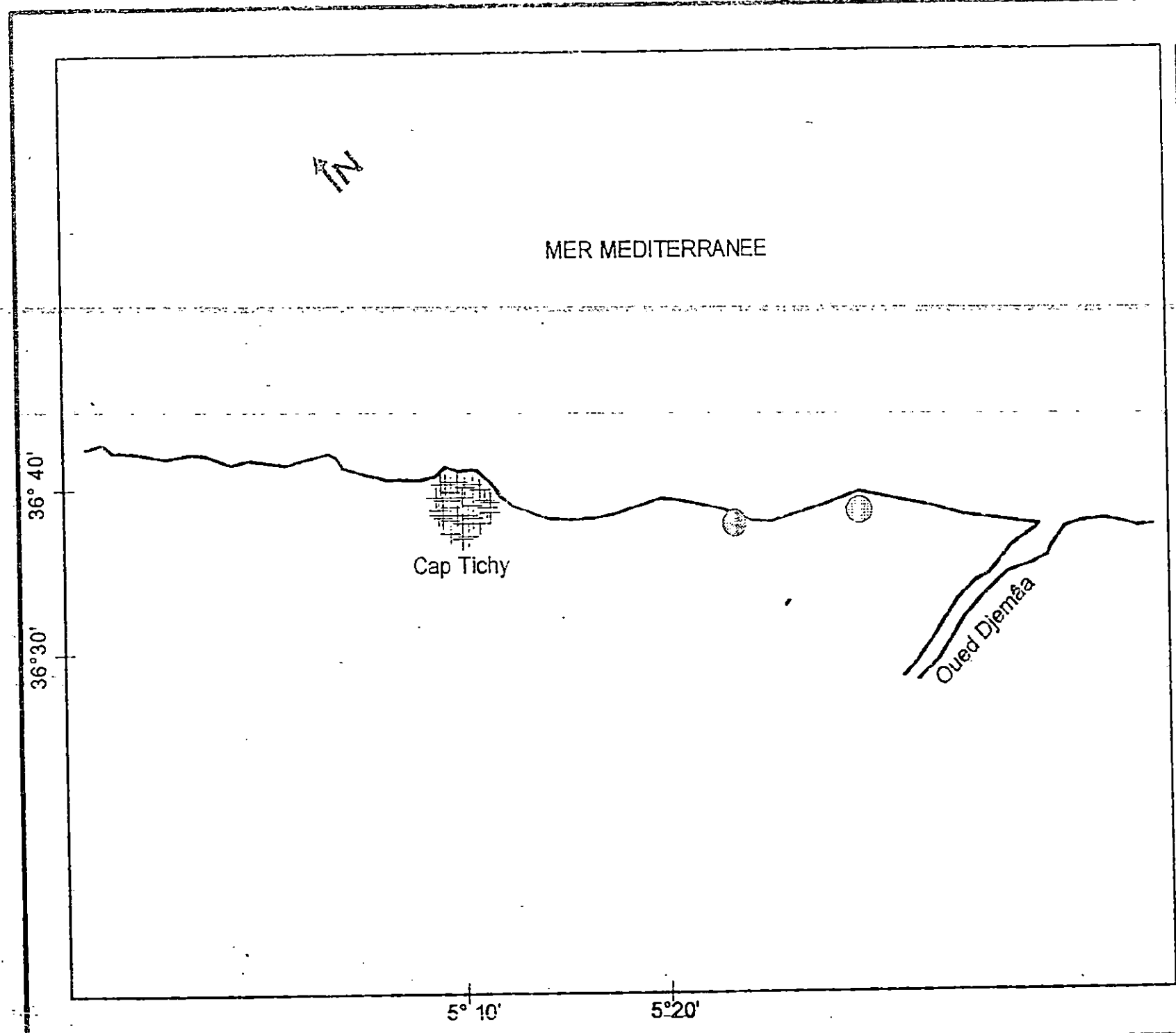
Ceci s'explique par la présence de coquilles et de débris d'organismes marins retrouvés dans nos échantillons à cet endroit.

Carte n° 25
Répartition de la classe
modale III (400-630µm)
sur la plage

Echelle: 1/40.000

LEGENDE

- 60 % à 70 %
- 70 % à 80 %

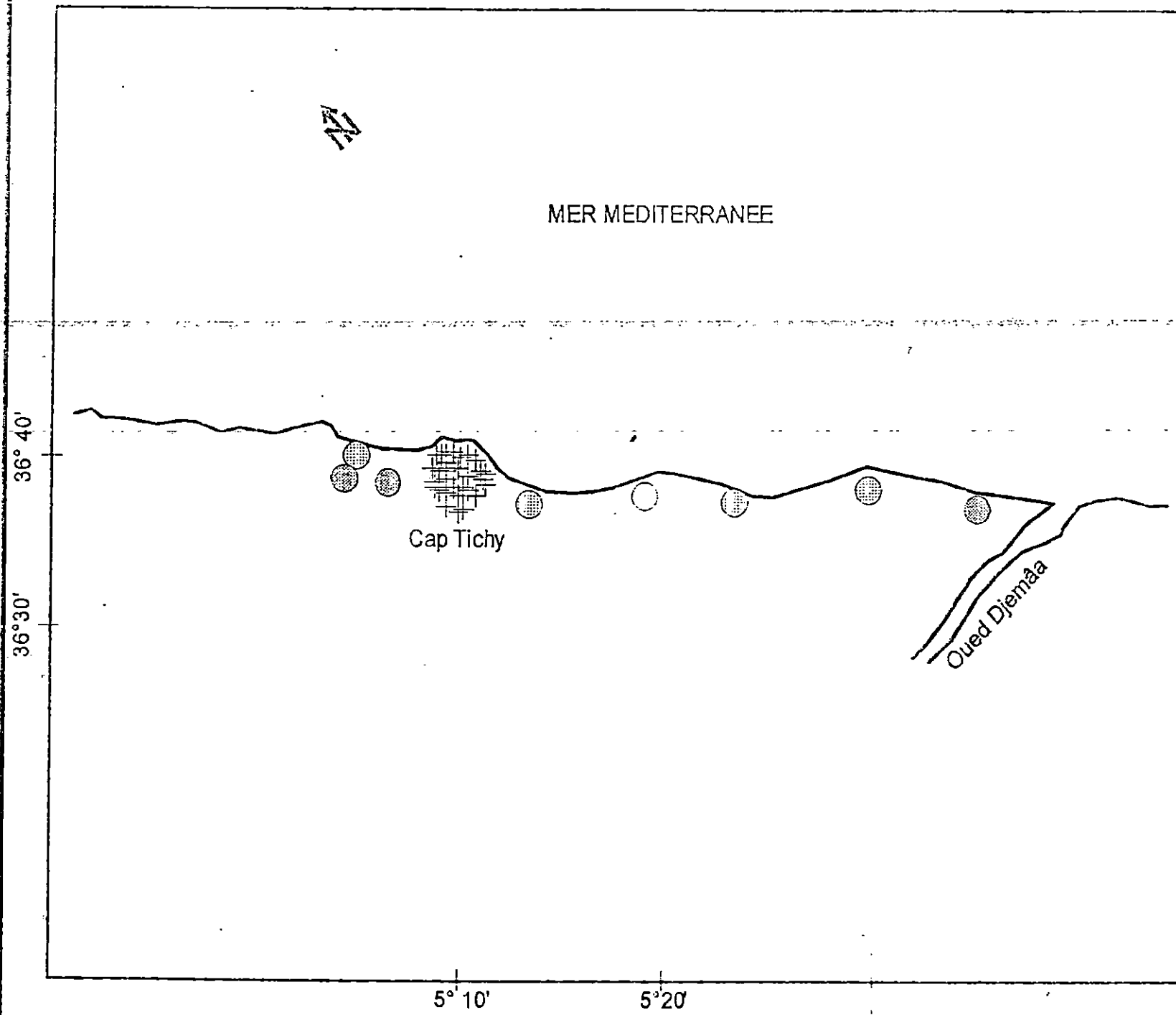


Carte n° 26
Répartition des
carbonates sur la
plage

Echelle: 1/40.000

LEGENDE

- 45 % à 60 %
- 60 % à 75 %
- 75 % à 95 %



CHAPITRE IV

Variantes d'aménagement .

I - Etude des variantes des schémas d'aménagement :

I.1 - Généralité :

Trois variantes des schémas sont présentées dans ce rapport. Les trois variantes répondent aux besoins des utilisateurs ; le tracé du plan masse tient compte des impératifs suivants :

- Pour la configuration générale :

- Orientation de la passe d'entrée en dehors de la zone des houles dominantes .
- Implantation de la passe d'entrée à des profondeurs suffisantes pour éviter les dragages / dérochage .

- Pour la configuration intérieure :

- Implantation des quais ou appontements de manière à assurer une bonne accessibilité à partir des terres et un déplacement rapides et efficace à l'intérieur du port.
- Implantation de mise à sec dans une zone calme et isolée .

- Pour les quais et appontements :

Les quais sont fondés à -4.00m et -2.50m respectivement pour les sardiniers , chalutiers et petits métiers de même que pour les appontements.

I.2 -Description des variantes des schémas d'aménagement :

I.2.1 - Description de la variante 1 :

Le plan d'eau est protégé par deux ouvrages :

- une jetée principale prenant racine à la côte et s'étendant sur une longueur de 690m , cette jetée est fondée à des profondeurs allant de 0m à -5m .

Cette jetée est munie d'un épi situé à proximité du musoir d'une longueur de 60m.

- Une jetée secondaire prend racine à la côte sur une longueur de 218m. Elle est fondée à des profondeurs allant de 0m à -5m.
- cinq (05) appontements :
 - Deux (02) pour les petits métiers fondés à -2.50m .
 - Un (01) pour les bateaux de plaisance fondé à -2.50m .
 - Deux (02) pour les chalutiers / sardiniers fondés à -4.00m .
- Un quai de débarquement .
- Un quai de réparation .
- Un quai de d'avitaillement .
- Une cale de halage .
- Une estacade de relèvement .
- Un terre plein de 50 200m² .
- Un plan d'eau de 63 000m² .

N.B. : le linéaire d'accostage total est d'environ 965m.

I.2.2 - Description de la variante 2 :

Le plan d'eau est protégé par deux (02) jetées :

- La jetée principale prend également racine à partir de la côte, elle s'étend sur une longueur de 650m, et elle est fondée à des profondeurs allant de 0m à -5m.
- Une jetée secondaire s'étend perpendiculairement à la côte sur une longueur de 270m, elle est fondée à des profondeurs allant de 0m à -5m.

cette variante comprend aussi :

- Cinq (05) appontements :
 - Deux (02) pour les petits métiers fondés à -2.50m .
 - Deux (02) pour les chalutiers / sardiniers fondés à -4.00m .
 - Un (01) appontement pour les bateaux de plaisance fondé à -2.50m.

- Un quai de débarquement .
- Un quai de réparation .
- Un quai de d'avitaillement .
- Une cale de halage .
- Une estacade de relèvement .
- Un terre plein de 48600m² .
- Une surface de plan d'eau de 74600m² .

N.B. : le linéaire d'accostage est de 995m.

I.2.3 - Description de la variante 3 :

Le plan d'eau est protégé par deux (02) jetées :

- La jetée principale de longueur de 707, elle prend racine à partir de la côte, elle est fondée à des profondeurs allant de 0m à -5m .
- Une jetée secondaire qui s'étend perpendiculairement à la côte sur une longueur de 222m, jusqu'à des profondeurs de -5m .

cette variante comprend aussi :

- Cinq (05) appontements :
 - Deux (02) pour les chalutiers / sardiniers fondés à des profondeurs de - 4.00m .
 - Deux (02) pour les petits métiers fondés à -2.50m de profondeur .
 - Un (01) pour les bateaux de plaisance fondé à -2.50m .
- Un quai de débarquement .
- Un quai de d'avitaillement .
- Un quai de réparation .
- Une cale de halage .
- Une estacade de relèvement .

- Un terre plein de 56 300m² .
- Un surface de plan d'eau de 84 800m² .

N.B. : le linéaire d'accostage total est d'environ 1018m.

I.2.4 - Principales Caractéristiques des 03 variantes :

Le tableau ci-dessous donne les principales caractéristiques des trois (03) variantes proposées :

Tableau n°20 : Caractéristiques des trois variantes proposées .

Désignation	Variantes		
	Variante 01	Variante 02	Variante 03
- Jetée principale	690ml	650ml	707ml
- Jetée secondaire	218ml	270ml	222ml
- Nombre d'embarcations	195	195	195
- Linéaire d'ouvrage d'accostage	965ml	995ml	1018ml
dont linéaire d'appontement	740ml	740ml	662ml
- Surface de terre plane	50 200m ²	48 600m ²	56 300m ²
- Surface du plan d'eau	63 000m ²	74 600m ²	84 300m ²

N.B. : En plus de la flotille de pêche prévue, les trois (03) variantes des schémas d'aménagement permettent d'accueillir une cinquantaine (50) d'embarcations pour la plaisance.

- Pour les (03) trois variantes :
 - Les ouvrages de protection sont implantés à des profondeurs allant de 0m à -5.00m .
 - La passe d'entrée est orientée vers l'Est.

II.2 - Côtes retenues pour les bassins, les quais et les appontements :

Les côtes d'altitudes seront réparées par rapport au zéro hydrographique (ZH).

I.2.1- Profondeurs d'eau des bassins :

Les différentes profondeurs nécessaires pour une bonne navigation des baleants dans les bassins tiennent compte :

- Du tirant d'eau de chacune des catégories des bateaux de pêche
- D'un « pied de pilote » un « clair sous quille » représente la marge de sécurité, entre le fond réel et le bateau, et tenant compte des irrégularités possibles, des objets tombés sur le fond, des modifications de la surface du fond par l'action des hélices , etc....

ce pied de pilote est habituellement de deux pieds, soit 0,6m .

- D'une sur profondeur pour en envasement du bassin et permettant d'effectuer des dragages d'entretien à des dates plus espacées.

Dans les zones d'accès soumises à une agitation notable, il faut ajouter à ce qui précède les éléments suivants :

- la demi amplitude de la houle, pour des périodes de houle à 6 secondes et des bateaux de longueur inférieure à 30m.

On peut estimer que le bateau bouchonne et suit le mouvement de la surface de l'eau. Au droit du creux de la vague, les bateaux s'enfoncent sensiblement de la demi amplitude si l'on tient compte de l'inerte du mouvement.

- Le balancement du bateau, là le passage du creux qui a tendance à faire talonner celui-ci au moment où l'avant se relève tous ces éléments additionnés donnent une profondeur qui est comptée à partir du niveau d'eau le plus bas soit ZH.
- Dans le cas du futur port du Tichy, les valeurs seront les suivantes :

Tableau n°21 : Profondeurs d'eau des bassins .

Désignation	Chalutier/Sardinier	Petits métiers
- Tirant d'eau maximum	2,8m	1,00m
- Pied de pilote	0,6m	0,6m
- Sur profondeur pour dépôts	0,3m	0,3m
- Houle résiduelle	0,3m	0,3m
- Balancement du bateau	néant	-
- totaux	4,00m	2,2m

Dans toutes les zones d'évolution, il serait nécessaire de prévoir les côtes minimales du fond suivantes :

- Pour les chalutiers / sardiniens (-4,00 m) .
- Pour les petits métiers (-2,50m) .

1.2.2- côte des quais et appontements :

Comme les quais sont communs à plusieurs types de bateaux, la côte des quais sera de (+1,75 m ZH) compte tenu d'une surélévation maximale du niveau de la mer de l'ordre d'un mètre (1m).

II - Infrastructure nécessaire pour la flotille de plaisance :

Additionnellement à la flotille de pêche, environ cinquante (50) embarcations pour la plaisance sont prévues pour s'y amarrer dans le futur port.

La longueur maximale de ces embarcations est de 10m, leur largeur maximale est de 3m.

On aura pour la plaisance:

Tableau n°22 : L'infrastructure nécessaire pour la flotille de plaisance .

Désignation	Unité	Minimum
- nombre de bateaux	U	50
- surface de plan d'eau	m ²	5 000
- surface de terre pleine	m ²	3 500
- longueur d'accostage	m	125

CHAPITRE V

Etude d'agitation et de stabilité .

I – Essai d'agitation :

L'agitation à l'intérieur du port doit rester inférieure à certaines limites , elle est issue de la houle au large laquelle est diffractée par les musoirs à l'entrée du port .

La disposition des ouvrages de protection doit être examinée pour que la combinaison de la houle diffractée avec celle réfléchiée par les ouvrages intérieurs n'aboutisse pas à un plan d'eau en agitation désordonnée, beaucoup plus incommode pour la navigation des petites unités qu'une houle régulière.

Nous avons rencontré un handicap financier et manque de moyens de notre institut pour l'étude sur modèle mathématique du plan d'eau à l'intérieur du port.

Devant ce blocage inattendu qui nous empêchait de poursuivre notre projet sur des bases scientifiques rigoureuses, nous avons alors appelé partiellement à notre aide, l'étude hydraulique sur modèle réduit physique du « L.E.M. » faite sur le port de pêche de Tichy en 1993 .

I.1 – Méthode de Calcul :

Le programme « Difra » du L.E.M. calcule la réduction de la hauteur de la houle sous forme d'un coefficient de diffraction « K » .

« K » est proportionnel à une hauteur de la houle H_s (houle résiduelle) par rapport à une houle incidente H_{si} (houle à l'entrée du port).

Le coefficient d'agitation $K = H_s / H_{si}$.

I.1.1 – Principe de calcul :

- La houle est supposée régulière (provenant d'une seule direction) .
- La période unique
- Les phénomènes sont linéaires (houles de stocks de 1^{ère} ordre) .

Ces houles se diffractent sur les deux jetées délimitant la passe d'entrée du port et se réfléchit sur les ouvrages intérieurs du port (notice d'utilisation du programme Difra 1987).

- Les essais d'agitation sont effectués pour les différentes variantes pour les directions susceptibles d'affecter la passe d'entrée.
- Les résultats sont présentés sous forme de tableau (tableau n°23) qui donne le rapport d'amplitude entre l'onde résultante et l'onde incidente (H_s / H_{si}).
- Les lignes d'iso agitation pour chaque variante sont dessinées sur les figures (n°19,20,21).

1.1.2 – Critère d'agitation :

Les critères d'agitation retenus et les pratiques pour les ports de pêche sont comme suit :

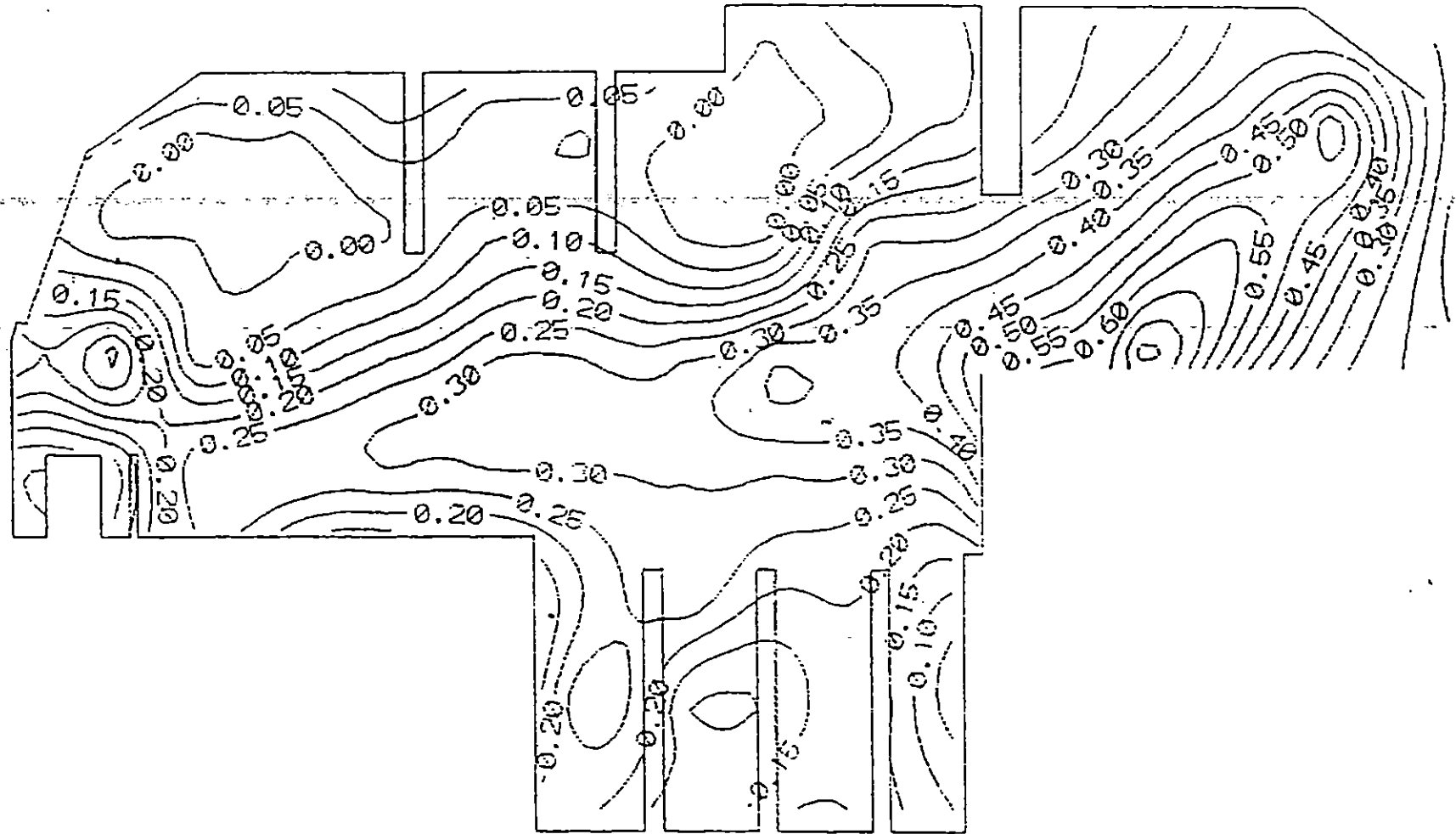
- Agitation résiduelle admissible à l'intérieur du port pour une houle annuelle : 30cm (I.C.S.P.N.,1979).
- Agitation résiduelle admissible à l'intérieur du port pour une houle décennale : 70 cm (rapport : L.E.M.,1987).

1.1.3 – Génération de la Houle :

Tous les essais sont effectués par une houle irrégulière, cette houle est générée grâce à la lecture d'une bande perforée contenant des trains de houle enregistrés.

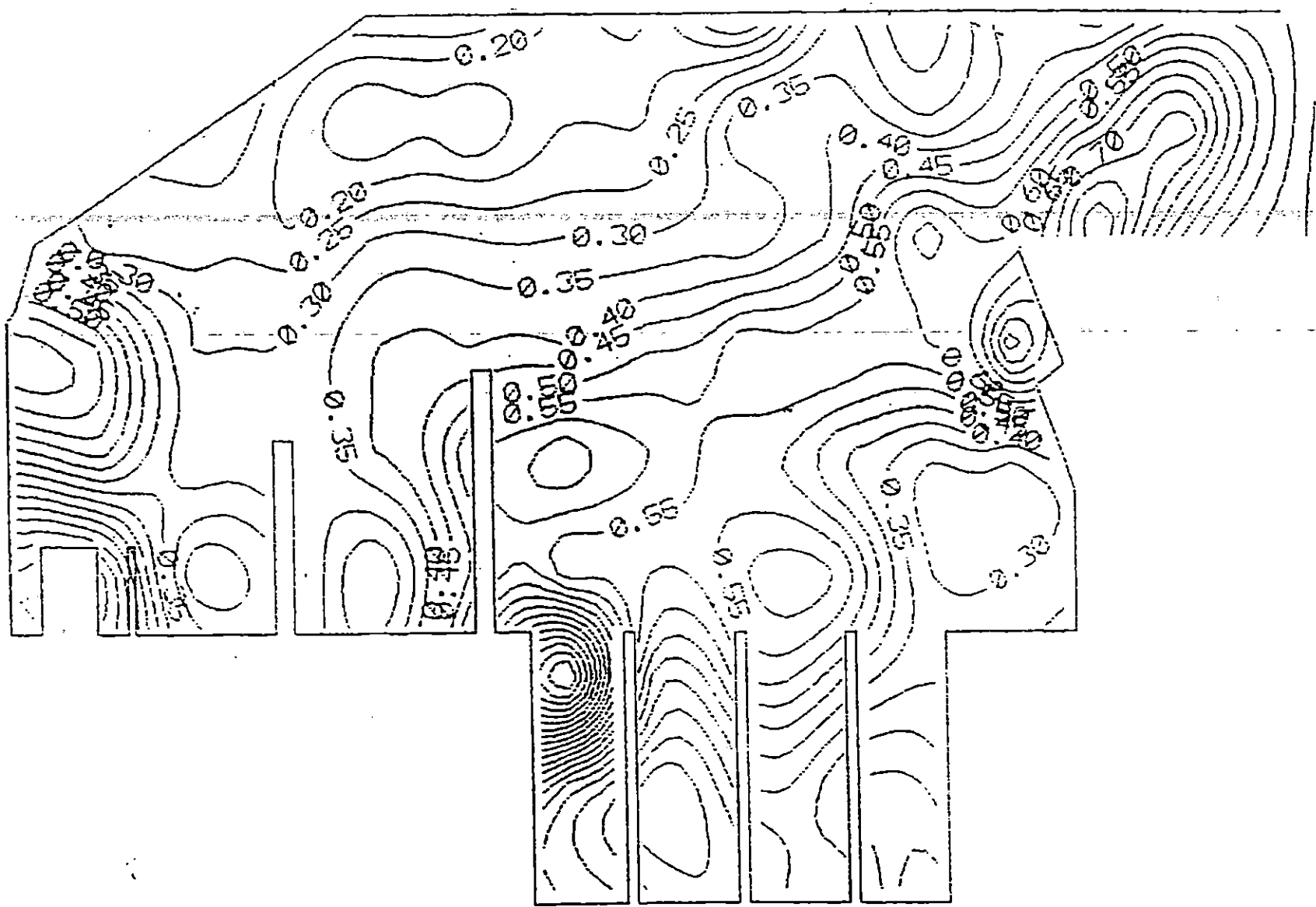
Le dispositif de lecture est relié à un générateur de signaux qui à son tour envoie un signal à une servo-valve, qui contrôle le va et vien d'un vérin hydraulique entraînant le batteur à houle pour les mesures de houles dans le modèle plusieurs sondes sont placées à l'intérieur et au niveau de la passe d'entrée (Fig.n°22).

FIG 19 PORT DE TICHY *VARIANTE I* DIREC N 65 degre * T=8s



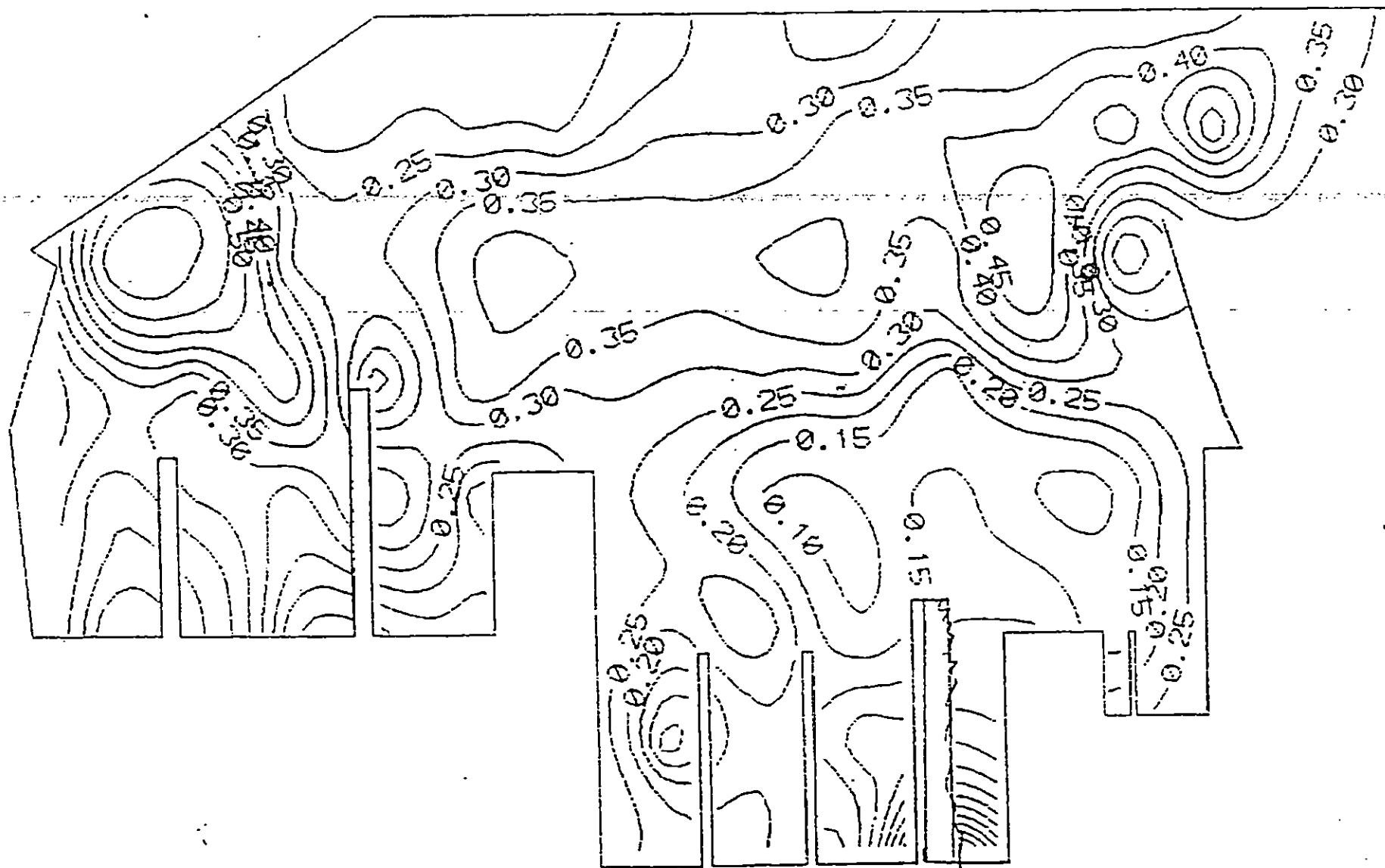
COURBES D'ISOAGITATION

FIG20 PORT DE TICHY *VARIANTE II * DIREC N 65 degre * T=8s



COURBES D'ISOAGITATION

FIG21 PORT DE TICHY *VARIANTE III * DIREC N 65 degre * T=8s



COURBES D'ISOAGITATION

LEGENDE : S = Sonde

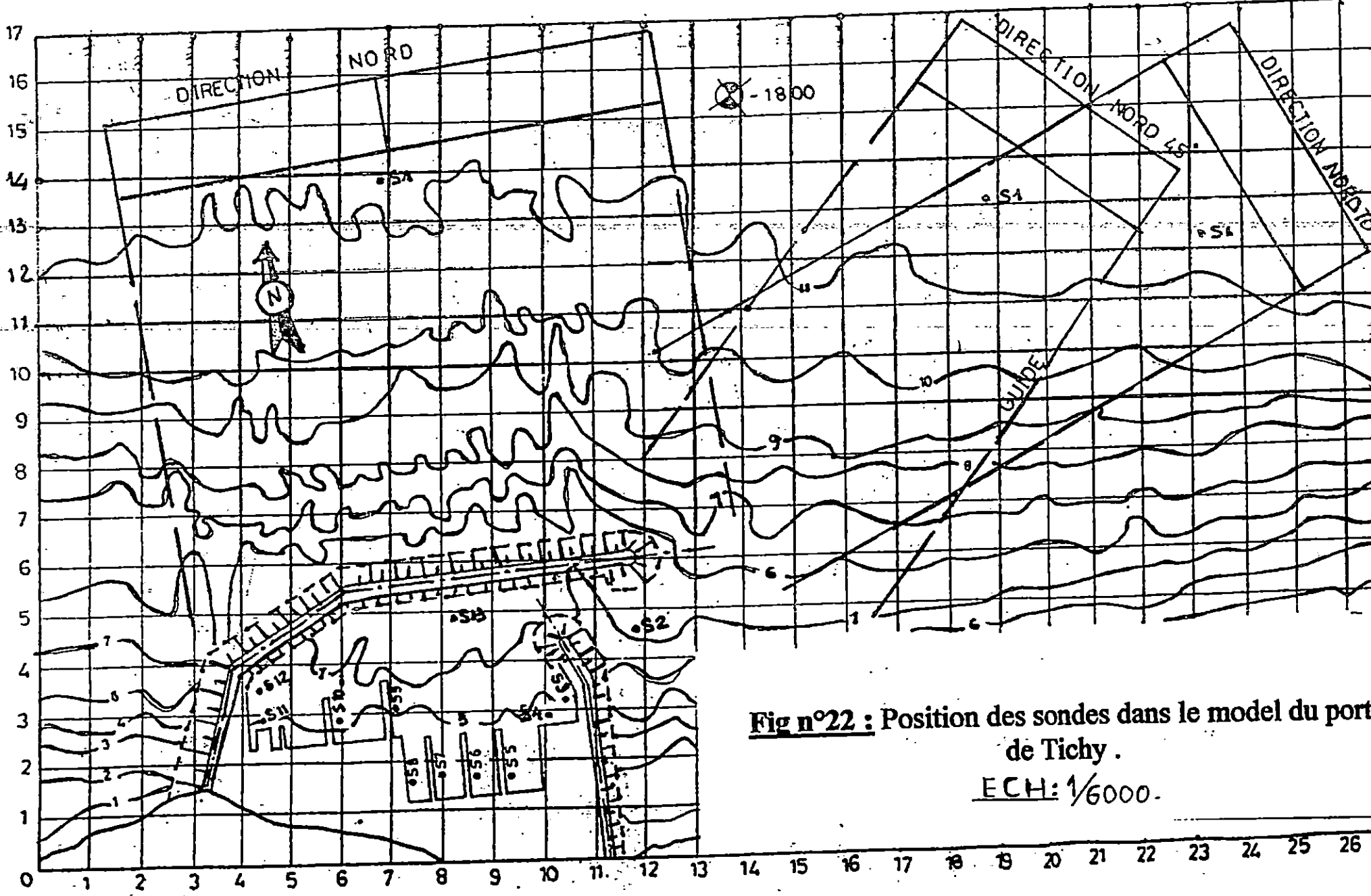


Fig n°22 : Position des sondes dans le model du port de Tichy .
ECH: 1/6000.

Le fonctionnement de ces rondes est basé sur le principe de la conductance entre deux électrodes qui recueillent les signaux au fur et à mesure du passage des vagues et les transmettent à une chaîne d'acquisition et de traitement .

1.1.4 – Données de houle utilisées :

Sur la base des plans de réfraction donnés dans le rapport de choix de site, les caractéristiques de la houle pour la simulation numérique sont :

- Direction Nord 65° (qui affecte la passe d'entrée) .
- Période 8 secondes .

1.2 – Résultats des essais d'agitation pour les trois variantes :

Les résultats des calculs sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau n° 23 : Résultats des calculs d'agitation .

	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Passe d'entrée	0.60	0.70	0.45
Quai d'avitaillement + quai de débarquement	0.40	0.35	0.25
Appontement bateau de plaisance + petits métiers	0.15	0.25	0.20
Appontement chalutiers + sardiniers	0.20	0.45	0.25
Quai de réparation	0.20	0.30	0.20
Milieu de bassins	0.15	0.25	0.30

1.2.1 – Analyse des résultats :

- Variante 1 : Le dessin donnant la répartition de l'agitation à l'intérieur du bassin fait apparaître une agitation acceptable .Les coefficients d'agitation sont de l'ordre de 0.2 dans la zone de réparation et de déparquement, et varient de 0.10 à 0.20 au niveau des zones d'amarrage, les coefficients les plus forts obtenus au niveau de la passe d'entrée (max = 0.60) :
- Variante 2 : Dans l'ensemble, l'agitation à l'intérieur du port est acceptable au niveau des zones d'amarrage et de réparation , les coefficients varient entre 0.2 et 0.35 .Les coefficients les plus élevés sont obtenus au niveau de la passe d'entrée (max = 0.70) .
- Variante 3 : Au niveau de la zone de réparation, les coefficients d'agitation varient entre 0.15 et 0.25 . Au niveau des postes d'amarrage, ils varient entre 0.10 et 0.25 . Le maximum est obtenu au niveau de la passe d'entrée (max = 0.45) .

1.3 – Conclusion :

Au terme de ces essais, et compte tenu des critères d'agitation on peut observer que toutes les variantes présentent des conditions plus ou moins valables de protection à l'intérieur des bassins , mais ce n'est pas le cas au niveau de la passe d'entrée . Il apparaît que l'aménagement d'un port de pêche à Tichy option variante n°02 sous réserve d'être optimisée on prolongeant la jetée principale de 30 m linéaire de sorte à créer un avant port où la houle se réduira avant d'atteindre la passe d'entrée et les bassins et un élargissement du coude de cette jetée .

Donc cette variante offre des conditions hydrauliques satisfaisantes et une bonne manœuvre et un excellent accostage dans le bassin .

II - ETUDE DE STABILITE :

II.2 - Généralités :

L'objet des essais de stabilité est l'optimisation d'une structure de digue qui devait répondre au critère de stabilité et être le plus économique.

Pour cela, plusieurs variantes ont été modifiées au fur et à mesure de l'analyse des résultats dont le souci est d'obtenir une variante des plus stable et des plus économique.

Seule à la conclusion de l'étude d'agitation, les caractéristiques géométrique de la jetée principale ont été modifiées.

II.2 - Résultats des essais de stabilité de la variante retenue de l'étude d'agitation (variante n°2) :

Cette variante comprend deux ouvrages :

- une jetée principale d'une longueur de 680m, fondée à des profondeurs allant de 0 à -5m.
- une jetée secondaire s'étendant perpendiculairement à la côte sur une longueur de 270m, fondée à des profondeurs allant de 0m à -5m.

II.2.1 - la jetée principale :

elle est constituée par :

a - une partie courante dont le profil est constitué comme suit :

- Un noyau en tout-venant (0-500kg)
- Une sous-couche en enrochement naturel (1-3t) du côté intérieur et extérieur, la pente de talus est de 3/2, l'épaisseur de cette sous-couche est de 2.10m.
- Une carapace en blocs cubiques rainurés de 14t, arasée à la côte + 6,80m, son épaisseur est de 3,70m sa pente extérieure est de 3/2.

b - Un musoir dont le profil en travers est constitué de :

- Un noyau en tout-venant (0-500kg) .
- Une sous-couche en enrochement naturel (1-3t) .
- Une carapace en blocs cubiques rainurés de 14t, arasée à la côte + 6,80m.

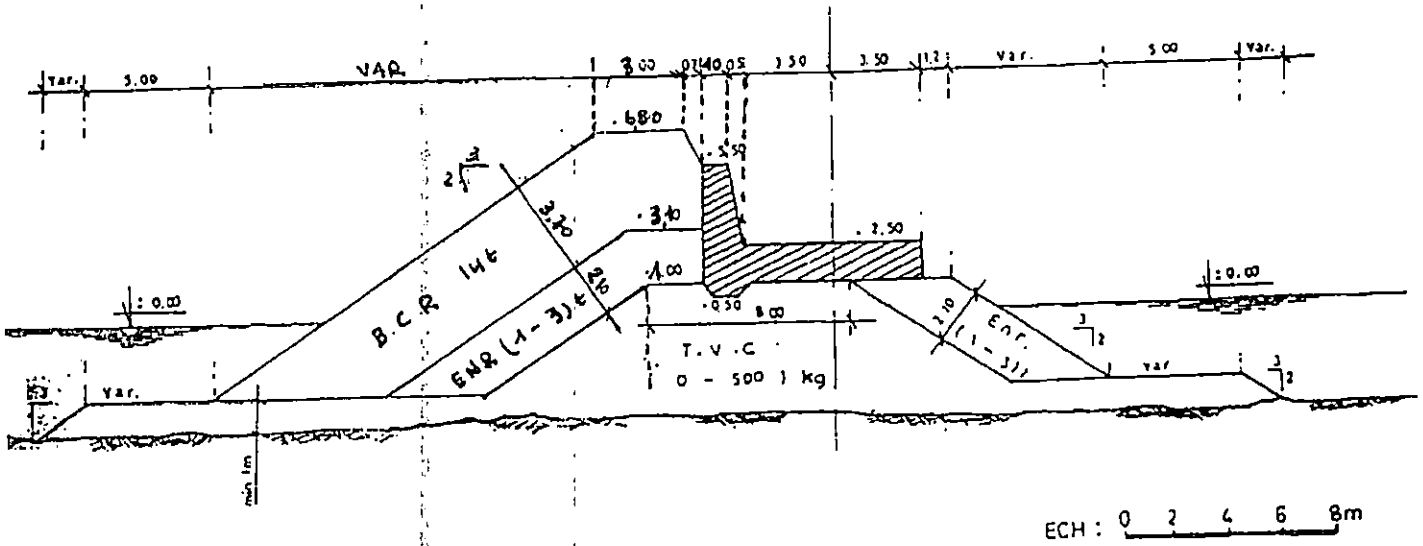
La superstructure est constituée d'un couronnement en béton armé, composé d'un mur de garde d'épaisseur 1,50m et d'une dalle de roulement de longueur 7,00m et d'épaisseur 1,50m.

Tableau n°24 : Récapitulatif des différentes dimensions de la jetée principale .

	Profil courant			Profil musoir		
	Poids du bloc (t)	Epaisseur (m)	Côte d'arase (m)	Poids du bloc (t)	Epaisseur (m)	Côte d'arase (m)
Carapace	14	3.70	6.80	14	3.70	6.80
Filtre	1-3	2.10	3.10	1-3	2.10	3.10
Noyau	0-0,5		1	0-0,5		1

**Fig n°23 : Profils en travers des ouvrages de protection (L.E.M. , 1993).
(Profil A.P.S.)**

**Jetée principale
Profil courant**



**Jetée principale
Profil musoir**

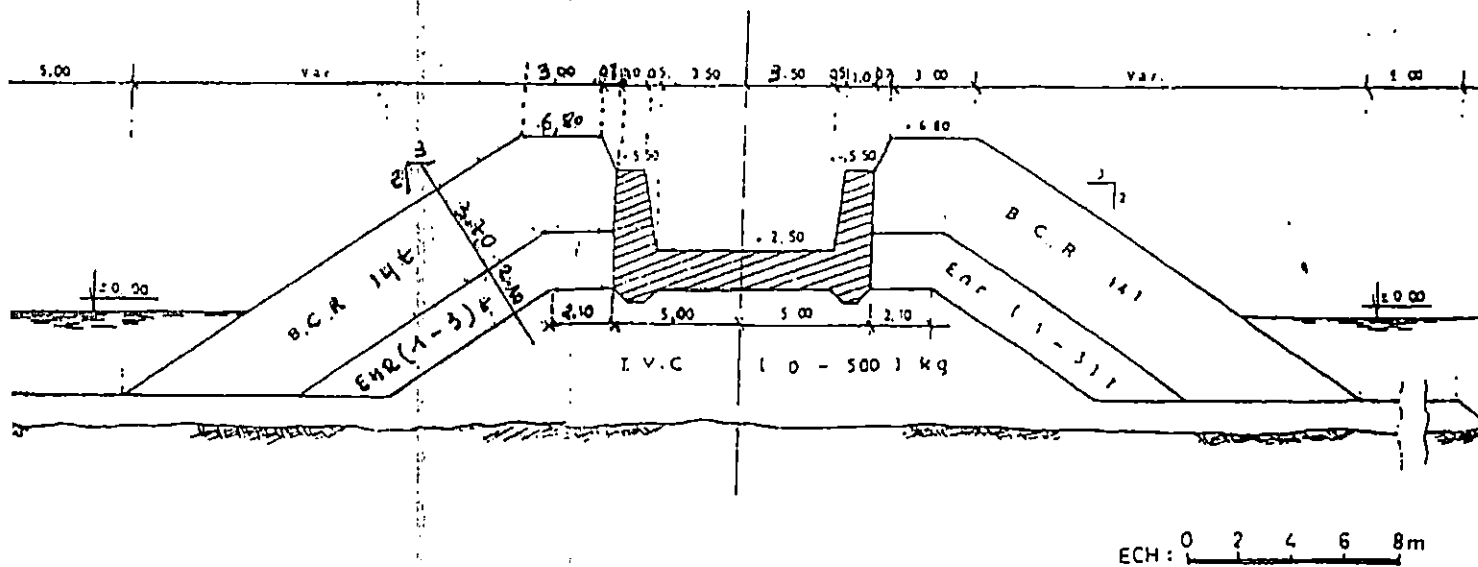
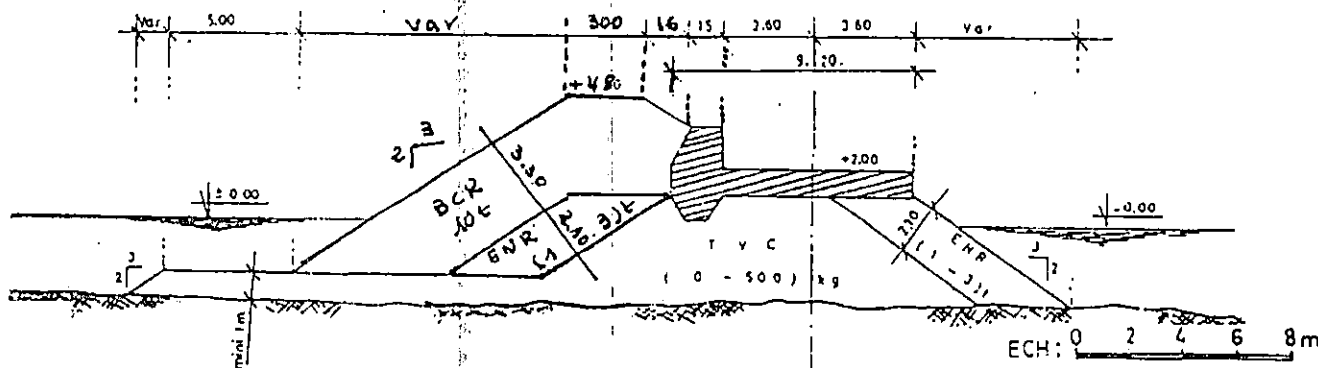
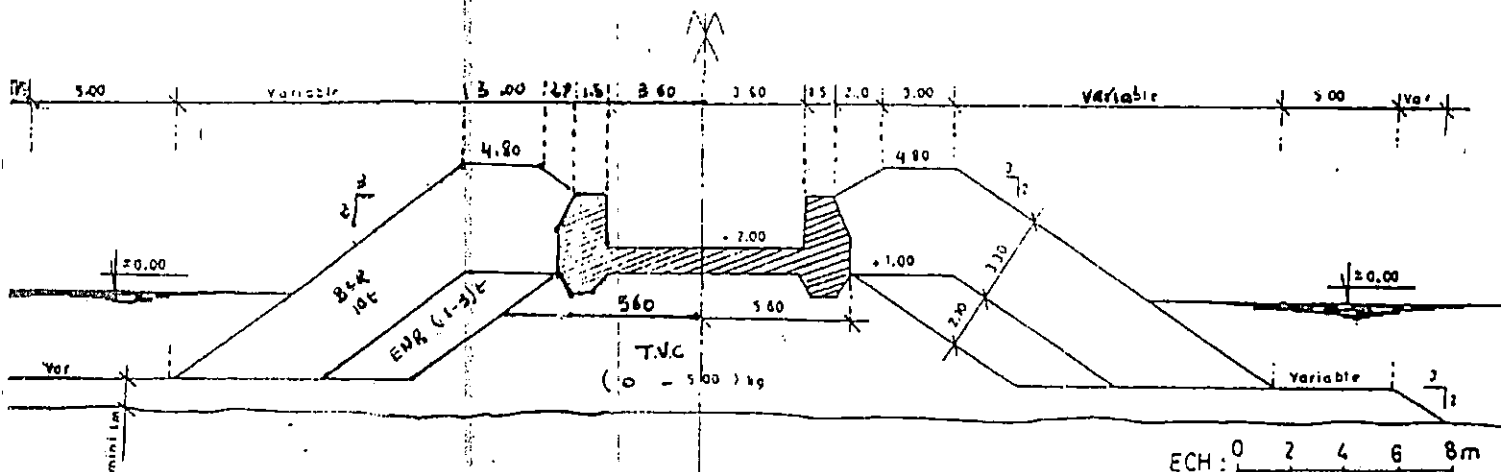


Fig n°24 : Profils en travers retenus de la jetée secondaire
 (L.E.M., 1993). (Profil A.P.S.).

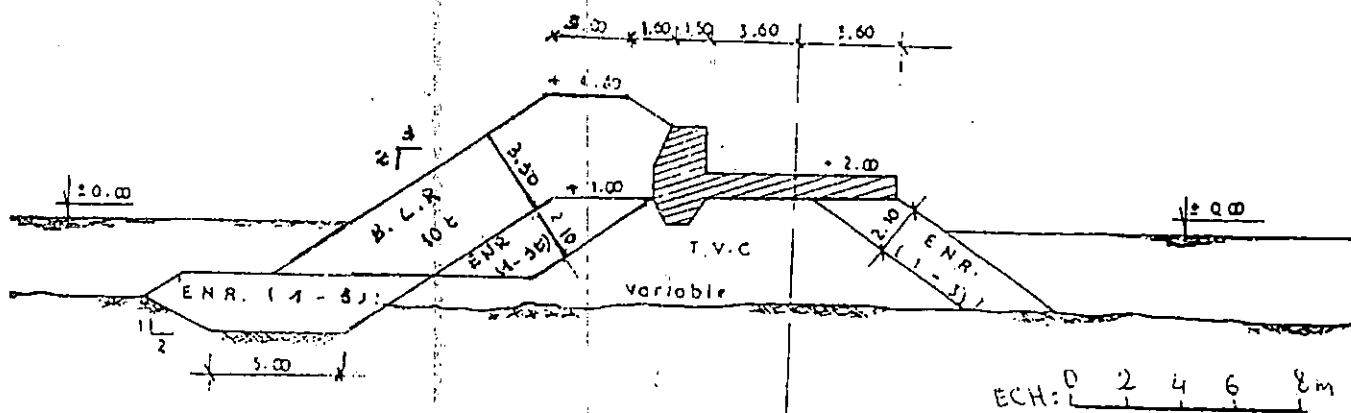
Jetée secondaire
Profil courant



Jetée secondaire
Profil musoir



Jetée secondaire
Section courante comprise entre les isobathes -5.00m et -2.00m.



II.2.2 - la jetée secondaire :

Elle est constituée par :

a - le profil courant est constitué :

- Un noyau en tout-venant (0-500kg) .
- Une sous-couche constituée d'enrochement de (1-3t) .
- Une carapace en enrochements naturels (3-6t) d'épaisseur de 3.30m arasée à la côte +4,80m, la pente de lu talus est de 3/2.

b - Le musoir est constitué :

- Un noyau en tout-venant (0-500kg) .
- Une sous-couche en enrochement naturel (1-3t) .
- Une carapace en enrochement naturel (3-6t) d'épaisseur de 3.30m arasée à la côte + 4,80m. la pente du talus est de 3/2..

La superstructure est constituée d'un couronnement en béton armé composé d'un mur de garde de 1,50m d'épaisseur et d'une dalle de roulement de 7.20 de longueur et 1.00m d'épaisseur.

Tableau n°25 : Récapitulatif des différentes dimensions de la jetée secondaire.

	Profil courant			Profil musoir		
	Poids du bloc (t)	Epaisseur (m)	Côte d'arase (m)	Poids du bloc (t)	Epaisseur (m)	Côte d'arase(m)
Carapace	3-6	3.30	4.80	3-6	3.30	4.80
Filtre	1-3	2.10	1	1-3	2.10	1
Noyau	0-0,500			0-0,500		

- Les profils en travers de ces ouvrages sont montrés sur les figures n°23 à 26.

II.3 - Résultats analytiques de la variante (V.2) :

Les différents paramètres présentés sont exprimés en grandeur nature.

A. Direction Nord 360° :

- Comportement de la jetée principale :

Nombre de bloc posés sur la digue principale :

- Partie courante : 4172 BCR 14t.
- Musoir : 606 BCR 14t.

Les essais de stabilité effectués pour une direction de houle N 360° ont démontré la bonne stabilité de la jetée principale dans sa partie courante et son musoir.

En effet à la fin de l'essai, il a été dénombré :

- 8 chutes de BCR 14t provenant d'une section de 450ml de la partie courante de la jetée principale (section frontale à la direction Nord 360°) ; soit 0,19% de dégâts.
- 4 chutes de BCR 14t au niveau du musoir, soit 0,66% de dégâts.

Les franchissements n'ont été observés qu'à partir d'une houle de 7m d'amplitude. Le talus arrière en enrochements (1-3)t n'a pas subi de dégradation notable. Par conséquent, le profil de la digue principale est très stable.

• Comportement de la jetée secondaire :

Cette jetée étant protégée des houles provenant de la direction Nord 360°, n'a subi aucun dommage.

B - Direction Nord 70° :

Cette direction permettra de tester la stabilité de la jetée secondaire qui est exposée directement à l'attaque oblique des houles provenant de cette direction .

Lors des essais effectués pour la direction de la houle N70°, d'importantes érosions se sont produites sur la partie courante de la digue secondaire. Des franchissements ont été observés pour des houles d'amplitude $H_s = 5$ m à -18 m de profondeur.

▪ Modifications du profil de la digue secondaire :

1. Remplacement des enrochements (1 – 3t) de la carapace des BCR (10t) on remarque une chute de 70 BCR (16.6% de dégâts).

2. Remplacement des BCR (10t) par des BCR (14t) sur une section de 90 m. Malgré le poids des BCR posés, le pourcentage des dégâts s'élève à 15%.
3. Une butée constituée de 3 rangées de BCR (14t) a été posée dans la section endommagée (90m environ). Une grande fragilité a été observée (le pourcentage des dégâts s'élève à 9%).
4. La digue secondaire comporte une souille réalisée sur une longueur de 90 m. Elle est draguée sur 01 m de profondeur dans le fond marin, sa forme est trapezoidale, la largeur de sa base est de 05m, sa pente extérieure de 2/1. Cette souille est comblée par les enrochements (1 - 3t).

La carapace de la jetée secondaire est constituée de BCR (10t) sur toute sa longueur.

Les essais de stabilité effectués sont très concluants pour l'ensemble de la jetée secondaire et notamment pour sa section qui avait montré des signes de fragilité.

II.4 - Conclusion :

Les essais de stabilité ont mis en évidence ce qui suit :

- Une jetée principale constituée d'un musoir , et d'une partie courante formée de BCR (14t). Le talus arrière prévu en enrochement (1-3t) est retenu.
- Une jetée secondaire constituée, d'un profil courant formé d'une carapace en BCR de 10t et une souille en enrochements (1-3t) draguée à 1m de profondeur sur toute la section, et d'un musoir avec une carapace de BCR (10t).

CHAPITRE VI

Etude d'impact .

I - Analyse des effets de l'aménagement du port de Tichy :

C'est à cette étape de l'étude d'impact qu'apparaît toute l'utilité de l'analyse de l'état initial du site et qu'on prend en considération l'importance des ouvrages et travaux projetés et leurs incidences prévisibles sur l'environnement (faune, flore, équilibre biologique) et dans le cas échéant sur la commodité du voisinage (bruits, vibrations, émissions lumineuses).

I.1 - Période de Chantier :

La perspective de réaliser un ouvrage, portuaire ne doit pas faire oublier que des impacts sérieux peuvent être occasionnés également pendant la période transitoire de chantier, les principaux problèmes sont :

- augmentation de la matière en suspension lors des opérations du dragage et de mise en place des matériaux pour édifier les structures du port :
- modification de la qualité des eaux du fait de l'augmentation de la turbidité et le relargage des polluants, notamment, lors du nettoyage des engins du chantier et leur vidange.
- Dégradation de la végétation par le stockage à terre des produits de dragages.
- Perturbation du cadre de vie dans le voisinage (bruits, poussières de détonateurs, circulation d'engins), surtout si les travaux sont programmés sans interruption .

Tableau n°26: Principaux Impacts pendant les travaux du chantier

			Dragage hydraulique	deroçtage	remblement	battage de pieux et de palplanches	mise en place d'enrochement	stockage à terre des produits dragués	Rejet en mer des produits dragués	nettoyage et vidange des engins du chantier	stockage de matériaux	installation provisoire du chantier
		△	Impact principal									
		△	Impact secondaire									
Milieu marin	Qualité des eaux et peuplement aquatiques	Augmentation de la turbidité	△		△	△	△	△				
		Pollution chimique	△		△			△				
		Pollution accidentelle								△		△
	Activités liées du milieu marin	Pêche et navigation	△		△		△		△			
		Tourisme:(plages)	△		△		△					
Milieu terrestre	Stérilisation des espaces naturels				△			△			△	△
	Pollution de la nappe phréatique				△			△		△		
	Paysage				△			△		△		
Cadre de vie	Qualité de l'air (poussières, gaz, d'échappement)		△		△	△	△	△				
	Bruits		△	△	△	△	△	△				
	Vibrations			△								
	Gêne Pour la circulation et le déplacement				△		△	△				

I.2 - Période de fonctionnement :

Une fois le port réalisé, quelques impacts peuvent être engendrés par son utilisation. Ces derniers sont plus importants car, ils s'inscrivent à long terme.

I.2.1 - Impact sur le milieu physique :

Les effets dûs aux modifications des conditions de houle, de courant et de régime sédimentaire se manifestent aux abords des ouvrages en mer (les jetées).

L'une des incidences majeurs que peut subir le milieu physique de Tichy, du fait de la construction des ouvrages portuaires, sera la perturbation des transferts sédimentaires, surtout à l'Ouest du site où le transit a été estimé à $32349,44\text{m}^3/\text{an}$, celui-ci pourra être interrompu partiellement par la jetée principale qui formera un écran.

Au niveau des profondeurs moyennes, le transport des sédiments peut ne pas s'effectuer vers le large, les barres vont s'exhausser et alimenter abondamment la passe d'entrée portuaire, qui va s'ensabler notamment en cas de fortes houles. Aussi on peut avoir un ensablement à partir des sédiments accumulés le long de la jetée secondaire à l'Est du site où le transit sédimentaire a été estimé à $1681,47\text{ m}^3/\text{an}$.

A - Estimation approximative de l'accumulation de sédiment le long des jetées :

En l'absence de références par rapport à un port voisin ou d'un essai sur modèle réduit physique, une estimation approximative de l'accumulation des sédiments le long des jetées de la variante retenue n°02, peut être évaluée à partir de cette méthode :

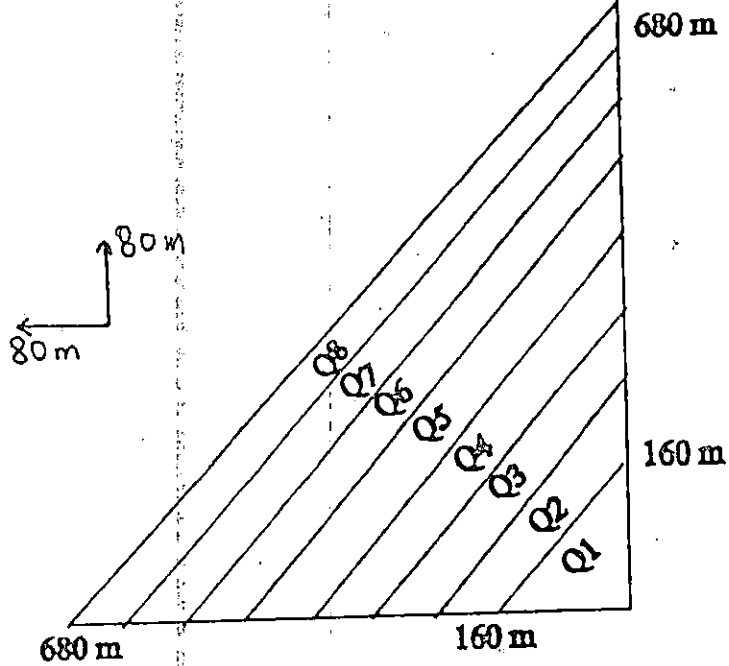


Fig. N°25 : Accumulation des sédiments le long de la jetée principale

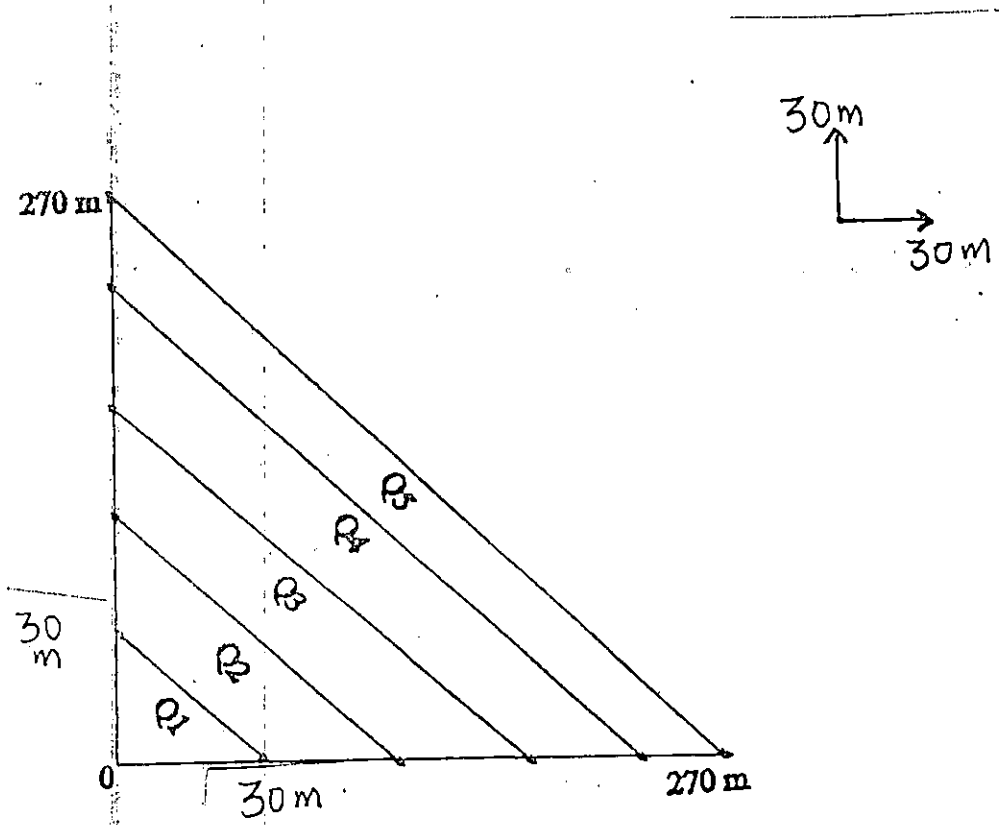


Fig.n°26 : Accumulation des sédiments le long de la jetée secondaire

- calcul de la quantité de sédiments qui se disposent sur une épaisseur variable selon la profondeur et s'étendent sur une distance du rivage et sur une autre distance de la jetée puis on calcul la durée de l'accumulation.
- Les calculs de ces quantités de sédiments accumulés se font par tâtonnements sur les figures n°25 et n°26 .
- Exemple de calcul
- pour Q_1 de la jetée principale
 - on calcul le volume de sédiments (v) venant de l'Ouest du site se disposeront sur une épaisseur qui augmente de 0m à partir du rivage jusqu'à 5m et s'étendent sur 160m du rivage.

Donc :

$$V_1 = \frac{160 \times 160}{2} \times \frac{5}{2} = 32\,000 \text{ m}^3$$

- Calcul le temps nécessaire :

On suppose au départ que le volume de $32\,350 \text{ m}^3/\text{an}$ de sédiments venant de l'Ouest du site.

Donc :

$$t_1 = \frac{V_1}{32\,350} = 0,989 \cong 1 \text{ an}$$

le tableau suivant résume tout les calculs réalisés.

Tableau n° 27 : Volume de sédiment V accumulé le long des jetées pour une période t.

	Section Q	Volume sédiment (m ³)	Temps (an)
Jetée principale	Q ₁	32 000	1
	Q ₂	68 800	2,17
	Q ₃	52 800	1,63
	Q ₄	86 400	2,7
	Q ₅	105 600	3,26
	Q ₆	124 800	3,85
	Q ₇	144 000	4,45
	Q ₈	79 200	2,44
Total		693 600	21,45
Jetée Secondaire	Q ₁	1 800	1,07
	Q ₂	9 000	5,35
	Q ₃	29 700	17,67
	Q ₄	45 900	27,32
	Q ₅	4 117	24,5
Total		127 575	76

B - Interprétation :

Les résultats montrent qu'un début d'ensablement par le contournement des sédiments s'accumulent le long de la jetée principale est possible vers la fin de la 21^{ème} année, si aucun dragage d'entretien n'a été effectuer. On déduit aussi que le début d'ensablement du port par contournement des sédiments accumulés sur la jetée secondaire, se fera vers la fin de la 76^{ème} année.

Cette estimation approximative permettra de nous donner une idée générale sur le phénomène de l'accumulation, d'autre part, une connaissance peu profonde de ce phénomène et des lois de transport sédimentaire des essais sur modèle réduit physique permettant de :

- examiner l'évolution du littoral sans le port
- prévoir les conséquences des ouvrages sur la dynamique littorale et les moyens d'y remédier.

1.2.2 - Impact sur le milieu naturel :

On ne possède aucune donnée sur les peuplements (animaux et végétaux) existants, sur le site d'implantation du port, par contre on peut citer certains impacts directs dus à l'emprise du port sur le milieu naturel :

- destruction des herbiers à posidonies s'ils existent .
- dégradation de certains biotopes par l'augmentation de la fréquentation humaine .
- perturbation de faciès sédimentaires et transformation des peuplements .
- la diffusion des eaux portuaires peut entraîner aussi une altération des espèces vivantes, surtout sur les colonies reproductrices limicoles en raison de la proximité des sites de nidification .
- les enrochements du port peuvent créer des récifs artificiels susceptible d'attirer de nouvelles espèces.

1.2.3 - Prévention de pollution dans la zone portuaire :

Trois types de pollutions potentiels peuvent être distingués :

- Pollution chimique du fait des activités nautiques (hydraulique et résidus issus des opérations de carénage, détergents employés lors des lavages des coques) .

- pollution par les macro-déchets flottants .
- pollution organique ou bactérienne, due aux rejets clandestins des bateaux ou rejets extérieurs (eaux pluviales).

Il est à noter aussi, que la pollution organique peut être également occasionnée pendant les opérations de manutention du poisson par les petits métiers (bateaux de pêche) et la fuite d'une partie de cette marchandise dans le bassin du port projeté, ce produit marin périssable en se dégradant dans l'eau pourra créer une gêne pour les pêcheurs aussi que pour les estivants en entraînant des odeurs de putrification .

I.3 - Période d'entretien du Port :

Les travaux d'entretiens qui consistent à extraire et évacuer les sédiments décontes dans le bassin portuaire, sont générateurs de nuisance importantes dus essentiellement aux facteurs suivants :

- la mauvaise qualité chimique de produit de sédimentation qui absorbe dans la plus part des cas des éléments polluants issus des activités portuaires ;
- les modalités techniques de dragages provoquant des courants de turbidité importants et donc perturbation des peuplements marins et une dégradation de la qualité de l'eau,
- des difficultés de réutilisation des sédiments extraits en raison de leur qualité géotechnique médiocre qui conduit souvent à les stockés à terre, aussi les jetés en mer.

II - Mesures proposer de suppression ou de réduction des effets dommageables du projet :

II.1 - Introduction :

Ces mesures visent à atténuer ou à supprimer les impacts négatifs du projet sur l'environnement. Cette étude intègre le critère fondamentale du milieu naturel environnant, il est important donc, pour tout aménagement de privilégier la mise en œuvre de mesure de suppression ou de réduction des impacts, les mesures compensatrices devront intervenir uniquement lorsque subsistent les impacts résiduels non réductibles.

II.2 - Période de Chantier :

Les incidences du chantier de construction du port mixte de Tichy, peuvent être limités dans une large mesure :

- En choisissant la période de réalisation des travaux où les composantes de l'environnement risquent d'être affectées .
- En évitant le dépôt des produits dragués dans la zone urbanisée, permettant ainsi, de diminuer les gênes pour les riverains (bruit, poussière, risques d'accidents) .

II.3 - Période de fonctionnement du Port :

Pour maintenir le bon fonctionnement du futur port, des dragages d'entretien réguliers et fréquents s'avèrent nécessaire, car, ce port sera implanter dans une zone de déferlement où s'effectue une partie de la sédimentation littorale. Deux solutions peuvent être proposés dans ce contexte.

- Utilisation des sables accumulés le long des jetés, pour les besoins de construction, en conséquence, les risques d'ensablement de la passe d'entrée portuaire s'amenuisent .
- Prévoir l'extension du bassin portuaire du fait de la contrainte de cohabitation entre l'activité de pêche et de plaisance.

En ce qui concerne les matériaux fins de l'Oued Agrion, des dragages d'entretiens peuvent être effectués régulièrement.

A/ Le milieu naturel :

On suggère de faire une étude biologique ayant pour objectif l'acquisition de connaissances sur les peuplements existants aux environs de la zone d'étude.

B/ Limitation de la pollution :

les faibles renouvellement des eaux portuaires et les rejets des différentes activités portuaires sont des sources de pollutions du milieu marin des mesures réductrices à la source, sous forme d'équipements normatifs ou d'interdiction des rejets peuvent réduire la pollution de la mer (voir tableau suivant)

Tableau n°28 : Mesures réductrices de pollution

Sources de Pollution	Mesures de réduction
- Eaux pluviales (parking)	- Interdiction du rejets directs dans le port, bac décanteur, déshuileur sur parking.
- Opérations de carénage	- Interdiction légale de certaines peintures anti-salissure.
- Rejets d'hydrocarbures, huiles usées	- Limitation de leur usage
- Déchets solides	- équipement en récipient de collecte
- Eaux usées domestiques	- raccordement des effluents des diverses activités, au réseau général d'assainissement.

III - Conclusion :

Le projet du port mixte de Tichy, peut avoir des influences sur le milieu physique, ce dernier se trouvera perturber et provoquera d'autre part la pollution du milieu, pour cela des mesures réductrices ou compensatrices ont été proposées :

- Dragages d'entretien réguliers .
- Utilisation des matériaux s'accumulant le long des ouvrages de protection pour des besoins de construction .
- Contrôle et suivi de la qualité des eaux du bassin portuaire.

Conclusion générale

L'établissement de schéma de mise en valeur de la mer, est l'une des étapes très importantes dans l'attribution des vocations aux différentes zones littorales et de définir les conditions de compatibilités aux différents usages de l'espace littoral.

La situation géographique du port projeté fait qu'il soit dans une zone à climat méditerranéen à deux périodes distinctes : une sèche et chaude dominée par les vents et les houles de secteur Nord -Est et Est ; une humide et froide dominée par les vents de secteur Sud-Ouest et Ouest et les houles de secteur Nord et Nord-Ouest .Un bilan énergétique annuel de $103.62 \times 10^6 \text{ (m}^2 \text{ s}^2\text{)}$ responsable d'un transit sédimentaire dominant vers l'Est de $30667.7 \text{ m}^3\text{/an}$.

La bathymétrie dans notre site comporte (02) deux zones morphologiques bien distinctes : une zone côtière avec des dépressions à (-6m) et une zone au large à plus de 6m de profondeur.

D'après ce qui précède, la sédimentologie de la zone étudiée se résume comme suit :Les sédiments sont très bien classés présentant un même classement aussi bien du côté fin que du côté grossier.

L'étude de l'agitation dans le port de Tichy montre que la deuxième variante apporte une meilleure atténuation de l'agitation à l'intérieur du port et qui consiste en une jetée principale de 650 m (+30m de longueur après modification) et d'une jetée secondaire de longueur 270 m.

La stabilité de l'ouvrage extérieur (jetée) est en principe vérifiée, mais pour une meilleure sécurité, une vérification de la stabilité des blocs (BCR) et du couronnement s'impose sur modèle réduit.

Pour ce qui est de l'ensablement : un début par le contournement des sédiments s'accumulent le long de la jetée principale est possible vers la fin de la 21^{ème} année. C'est pour cela, une campagne de dragage devrait être effectuée pour permettre l'accès et l'accostage des embarcations ainsi que pour la pose des fondations pour les quais et appontements.

La construction des ouvrages extérieurs d'un port perturbe l'écosystème côtier, il importe donc de savoir comment la nature va réagir à cette « intrusion ».

Avant d'entamer un projet aussi coûteux il est impératif de faire une étude d'impact plus poussée, dans laquelle seront évaluées ses conséquences directes sur le site, ainsi que ses retombées socio-économiques sur la région.

Pour développer une tradition de tourisme à Tichy , cette commune devra opter pour des établissements de catégorie moyenne offrant des tarifs abordables et pouvant encourager le tourisme de masse.

Un port de plaisance et de pêche implanté à Cap Tichy attirera certainement des touristes avides de découvrir les beautés naturelles de leurs pays, il n'est donc pas exagéré de dire que plus tard ce port constituera un enrichissement du patrimoine touristique de l'Algérie.

Bibliographie

- 1- AZZI O., et SERRADJ L., 1993. " Protection de route n°09 Cap Aokas – Bejaia. » Mémoire d'ingénieur en protection de l'environnement . I.S.M.A.L. . Alger.
- 2- BERTHOIS L., 1969. «Océanographie sédimentologique » C,D,U: 329p.
- 3- BERTHOIS L., 1975. « Etude sédimentologique des roches meubles, techniques et méthodes ».Edition Doin éditeurs(Paris) : p270 et p278.
- 4- CHAMELY H., 1987. « Sédimentologie ».Ed. Dunod, Paris : 175p.
- 5- CHAPON J., 1984. « Travaux maritimes ». Ed. Eyrolles. Tome I.: 365p.
- 6- DUPLAN L., 1962. « Monographies régionales : région de Bougie ».Pub. du XIX Con. Geol. Inst., 1ère série, Algérie n°17 : p5 et p6.
- 7- GRAILOT A., 1975. « Ouvrages de protection dans la zone de déferlement de la houle ».La houille blanche. N°718.
- 8- International Commission for Sport and Pleasure Navigation(I.C.S.P.N.), 1979. L.E.M. ,document interne.
- 9- LACOMBE H., 1971. « Les mouvements de la mer. Courants . Vagues et houles. Marées. » Ed. Doin: 98p.
- 10- LARRAS J., 1961. « Physique de la houle et des lames ». Ed. Eyrolles(Paris) : 282p.
- 11- LECLAIR L., 1972. « La sédimentologie holocène sur le versant méridional du bassin algéro-baléares ».Mémoire du museum national d'histoire naturelle. Tome XXIV : p18 et p179.
- 12- L.E.M., 1993. « Etude d'impact sur l'environnement du dragage du port de Bejaia ».
- 13- L.E.M., 1995. « Aménagement d'un port de pêche à Bejaia ». Rapport de choix de site.
- 14- L.E.M., 1987. « Notice d'utilisation de programme (DEFRECT) ».Document interne.
- 15- MIGNOT C., 1982. « Etude de la dynamique sédimentaire marine, fluviale et estuarienne ».Thèse de doctorat d'état.
- 16- MILLOT C., 1985. « Some features of the algerian currents ».Edition Masson (Paris): 259p.
- 17- MOULIN et CLAUSE , 1978. « Météo, vents, nuages, tempêtes ». ED. :Maritimes d'outre mer :150p.
- 18- RIVIERRE A., 1977. « Méthodes granulométriques, techniques d'interprétation ».ED. Masson : 170p.
- 19- S.S.M.O. « Summary of Synoptic Meteorological Observations ».U.S.Naval Weather Service Command. 1963 – 1970.
- 20- VATAN A., 1967. « Manuel de sédimentologie ». Edition Technip : 397p.

Liste des cartes :

Carte n°01 : Situation géographique de la zone d'étude.

Carte n°02 : Esquisse géologique du golfe de Bejaia. (Duplan, 1962).

Carte n°03 : Le plateau continental du golfe de Bejaia (Leclair, 1972).

Carte n°04 : Les courants généraux de surface en baie de Bougie (Leclair, 1972).

Carte n°05 : Positionnement de stations de prélèvements.

Et n°06.

Carte n°07 : Carte bathymétrique de la zone d'étude (Cap Tichy).

Carte n°08 : Répartition des pélites dans les échantillons marins.

Carte n°09 : Répartition de la taille moyenne (Q50) dans les échantillons marins.

Carte n°10 : Répartition du quartile inférieur (Q25) dans les échantillons marins.

Carte n°11 : Répartition du quartile supérieur (Q75) dans les échantillons marins.

Carte n°12 : Répartition du décile inférieur (P10) dans les échantillons marins.

Carte n°13 : Répartition du décile supérieur (P90) dans les échantillons marins.

Carte n°14 : Répartition de la classe modale I (80-125 μ m) des échantillons marins.

Carte n°15 : Répartition de la classe modale II (160-315 μ m) des échantillons marins.

Carte n°16 : Répartition de la classe modale III (250-400 μ m) des échantillons marins.

Carte n°17 : Répartition des carbonates des échantillons marins.

Carte n°18 : Répartition des pélites sur la plage.

Carte n°19 : Répartition du quartile inférieur (Q25) sur la plage.

Carte n°20 : Répartition du quartile supérieur (Q75) sur la plage.

Carte n°21 : Répartition du décile inférieur (P10) sur la plage.

Carte n°22 : Répartition du décile supérieur (P90) sur la plage.

Carte n°23 : Répartition de la classe modale I (250-400 μ m) sur la plage.

Carte n°24 : Répartition de la classe modale II (315-500 μ m) sur la plage.

Carte n°25 : Répartition de la classe modale III (400-630 μ m) sur la plage.

Carte n°26 : Répartition des carbonates sur la plage.



Liste des figures :

Fig n°01 : Rose des vents trimestriels de la région Est d'Algérie.

Fig n°02 : Rose des vents annuels de la région Est d'Algérie.

Fig n°03 et 04 : Rose des houles trimestrielles de la région Est d'Algérie.

Fig n°05 : Rose des houles annuelles de la région Est d'Algérie.

Fig n°06 à 09 : Courbes de régression linéaire de la houle au large.

Fig n°10 à 14 : Courbes de régression linéaire de la houle à la côte.

Fig n°15 : Répartition de l'indice de classement (S_o) par rapport à la médiane pour les échantillons marins.

Fig n°16 : Répartition de l'indice d'asymétrie (S_k) par rapport à la médiane pour les échantillons marins.

Fig n°17 : Répartition de (S_o) par rapport à la médiane pour les échantillons de la plage.

Fig n°18 : Répartition de (S_k) par rapport à la médiane pour les échantillons de la plage.

Fig n°19, 20 et 21 : Courbes d'isoagitation, port de Tichy, variantes I, II, III, direction $N65^\circ$
 $T = 8s$.

Fig n°22 : Position des sondes dans le modèle du port de Tichy.

Fig n°23 et 24 : Les profils en travers de la jetée principale et de la jetée secondaire.

Carte n°24 : Répartition de la classe modale II (315-500 μ m) sur la plage.

Carte n°25 : Répartition de la classe modale III (400-630 μ m) sur la plage.

Carte n°26 : Répartition des carbonates sur la plage.



Liste des figures :

Fig n°01 : Rose des vents trimestriels de la région Est d'Algérie.

Fig n°02 : Rose des vents annuels de la région Est d'Algérie.

Fig n°03 et 04 : Rose des houles trimestrielles de la région Est d'Algérie.

Fig n°05 : Rose des houles annuelles de la région Est d'Algérie.

Fig n°06 à 09 : Courbes de régression linéaire de la houle au large.

Fig n°10 à 14 : Courbes de régression linéaire de la houle à la côte.

Fig n°15 : Répartition de l'indice de classement (S_o) par rapport à la médiane pour les échantillons marins.

Fig n°16 : Répartition de l'indice d'asymétrie (S_k) par rapport à la médiane pour les échantillons marins.

Fig n°17 : Répartition de (S_o) par rapport à la médiane pour les échantillons de la plage.

Fig n°18 : Répartition de (S_k) par rapport à la médiane pour les échantillons de la plage.

Fig n°19, 20 et 21 : Courbes d'isoagitation, port de Tichy, variantes I, II, III, direction N65°
T = 8s.

Fig n°22 : Position des sondes dans le modèle du port de Tichy.

Fig n°23 et 24 : Les profils en travers de la jetée principale et de la jetée secondaire.

Fig n°25 et 26 : Accumulation des sédiments le long de la jetée principale et le long de la jetée secondaire.

Liste des tableaux :

Tab n°01 : Régime des vents en fonction de la saison hivernale et estivale au niveau de la zone d'étude (Ras Tichy).

Tab n°02 : fréquence d'observations mensuelles par direction au large (L.E.M., 1993).

Tab n°03 : Etat de la mer en relation avec les amplitudes de la houles (Moulin et al , 1978).

Tab n°04 : Fréquence par direction des différents états de la mer au large (L.E.M., 1993).

Tab n°05 : Relation amplitude-période de la houle au large (L.E.M., 1993).

Tab n°06 : Valeurs des hauteurs significatives déduites des droites de régression pour chaque direction retenue.

Tab n°07 : Réfraction avant déferlement (L.E.M., 1995).

Tab n°08 : Moyenne des fréquences d'apparition par période et par direction.

Tab n°09 : Résultats des constantes des courbes de régression.

Tab n°10 : Récapitulatif des résultats de Hs pour chaque période et chaque direction.

Tab n°11 : Récapitulatif des résultats des fréquences d'observations par période et par direction.

Tab n°12 : Récapitulatif de la durée d'action de la houle par période et par direction.

Tab n°13 : Le bilan d'énergie annuel : $H_s^2 T$.

Tab n°14 : Représentation des résultats de « x » et de f(x).

Tab n°15 : Bilan du transit sédimentaire dans la région d'étude.

Tab n°16 : Représentation des résultats de Hb, db min, db max et xp.

Tab n°17 : Classification des déferlements.

Tab n°18 : Détermination de la combrure de la houle en eau profonde ainsi que la nature de déferlement.

Tab n°19 : Récapitulatif des vitesses des courants.

Tab n°20 : Caractéristiques des trois variantes proposées.

Tab n°21 : Profondeurs d'eau des bassins.

Tab n°22 : L'infrastructure nécessaire pour la flotille de plaisance.

Tab n°23 : Résultats des calculs d'agitation.

Tab n°24 : Récapitulatif des différentes dimensions de la jetée principale.

Tab n°25 : Récapitulatif des différentes dimensions de la jetés secondaire.

Tab n°26 : Principaux impacts pendant les travaux de chantier.

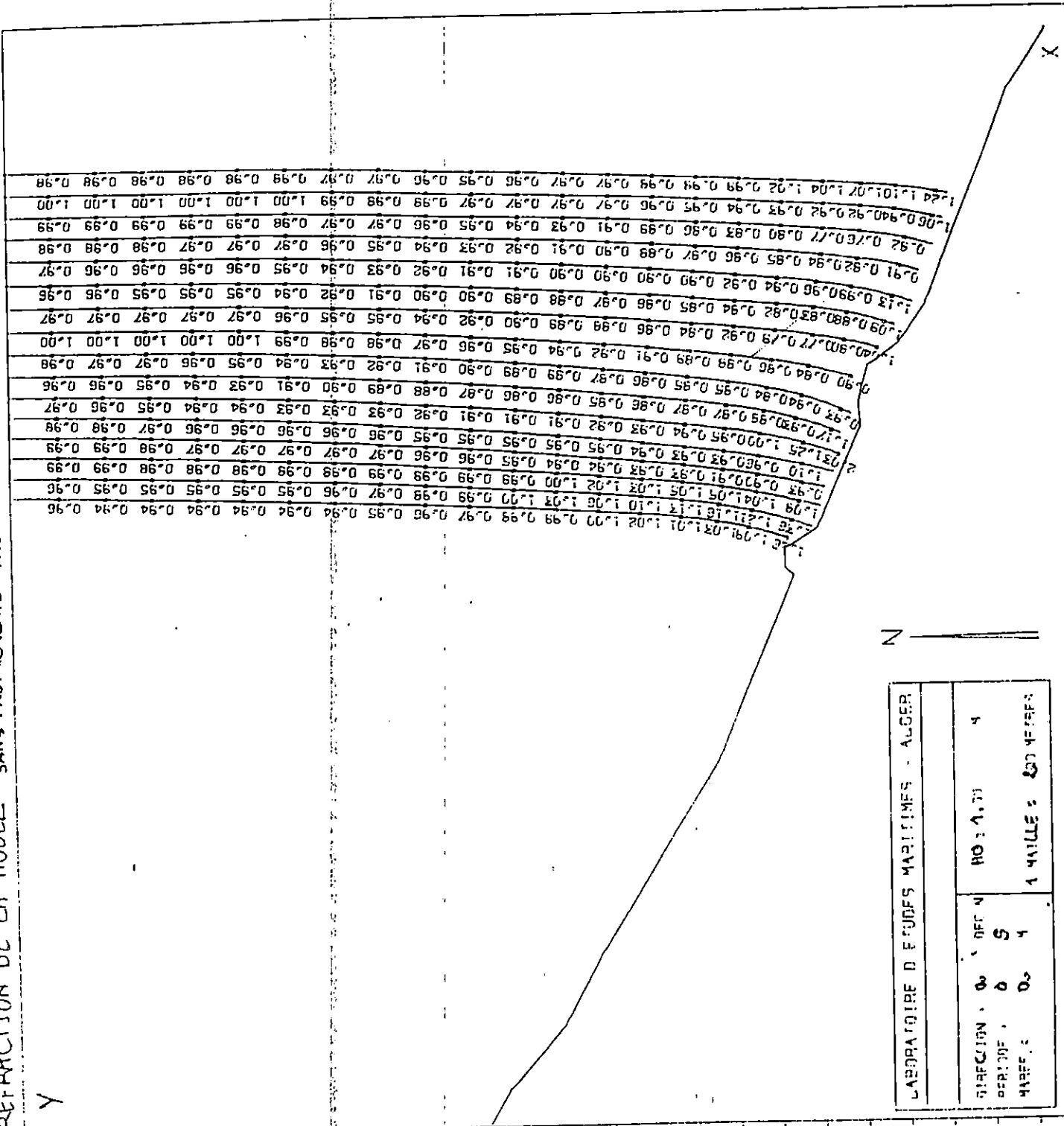
Tab n°27 : Volume de sédiments « V » accumulé le long des jetées pour une période « t ».

Tab n°28 : Mesures réductrices de pollution.

Annexe :

REFRACTION DE LA HOULE SANS FORTIFICATIONS HAUTEUR DE LA VAGUE EN M

Y



20

10

LABORATOIRE D'ÉTUDES MARITIMES - ALGER	
DIRECTION : 00	OFFICIN : 4
PERIODE : 0	S : 5
MARÉE : 00	1 MAILLE : 100 METRES

10
1900

20
3800

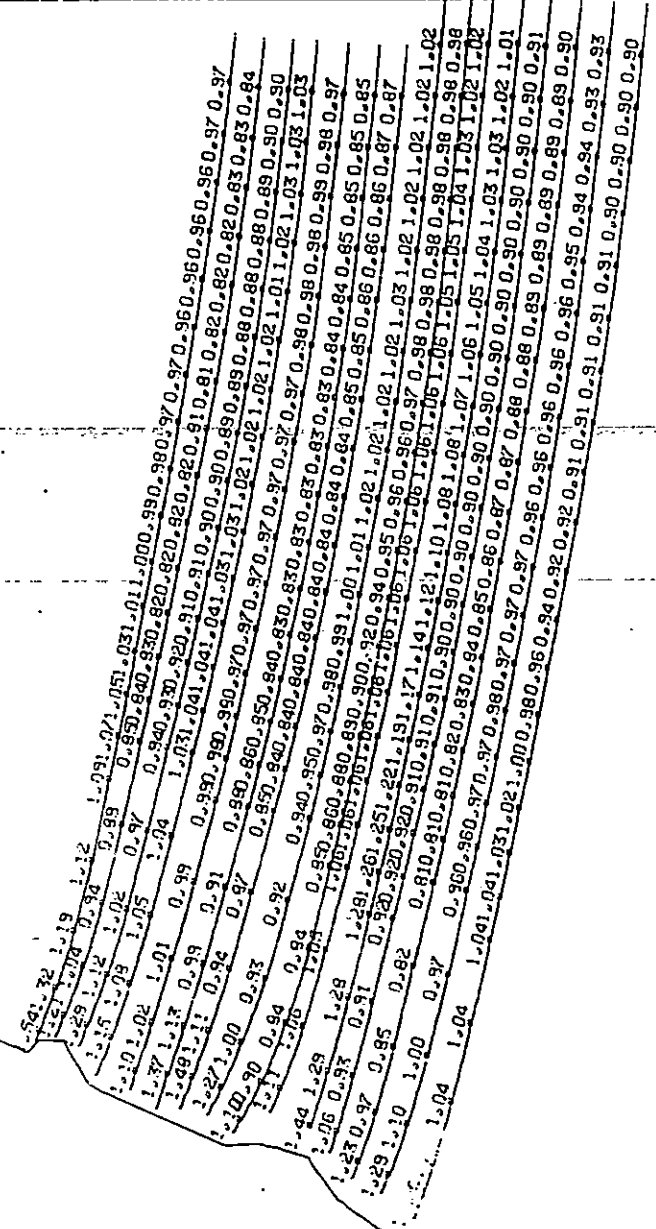
MAILLES
MÈTRES

REFRACTION DE LA MAREE - SANS PROTEGEMENTS - HAUTEUR DE LA VAGUE EN METRES

20

10

LABORATOIRE D'ETUDES MARITIMES - ALGER			
DIRECTION :	O.	DEC N	NO : 1.00 M
PERIODE :	8	S	
MAREE :	O.	M	1 MAILLE - 200 METRES



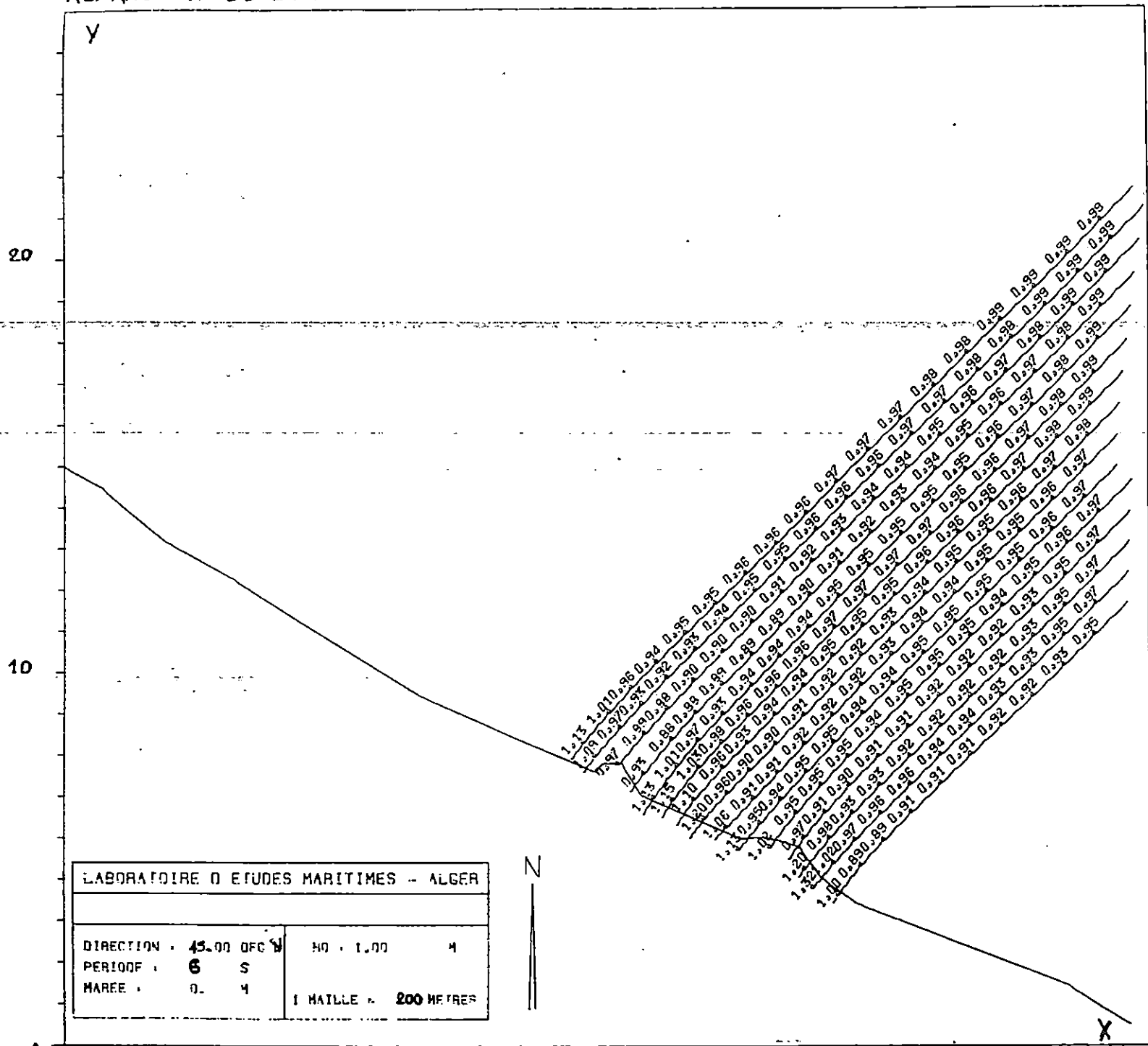
0

10
1800

20
1800

MAILLES
METRES

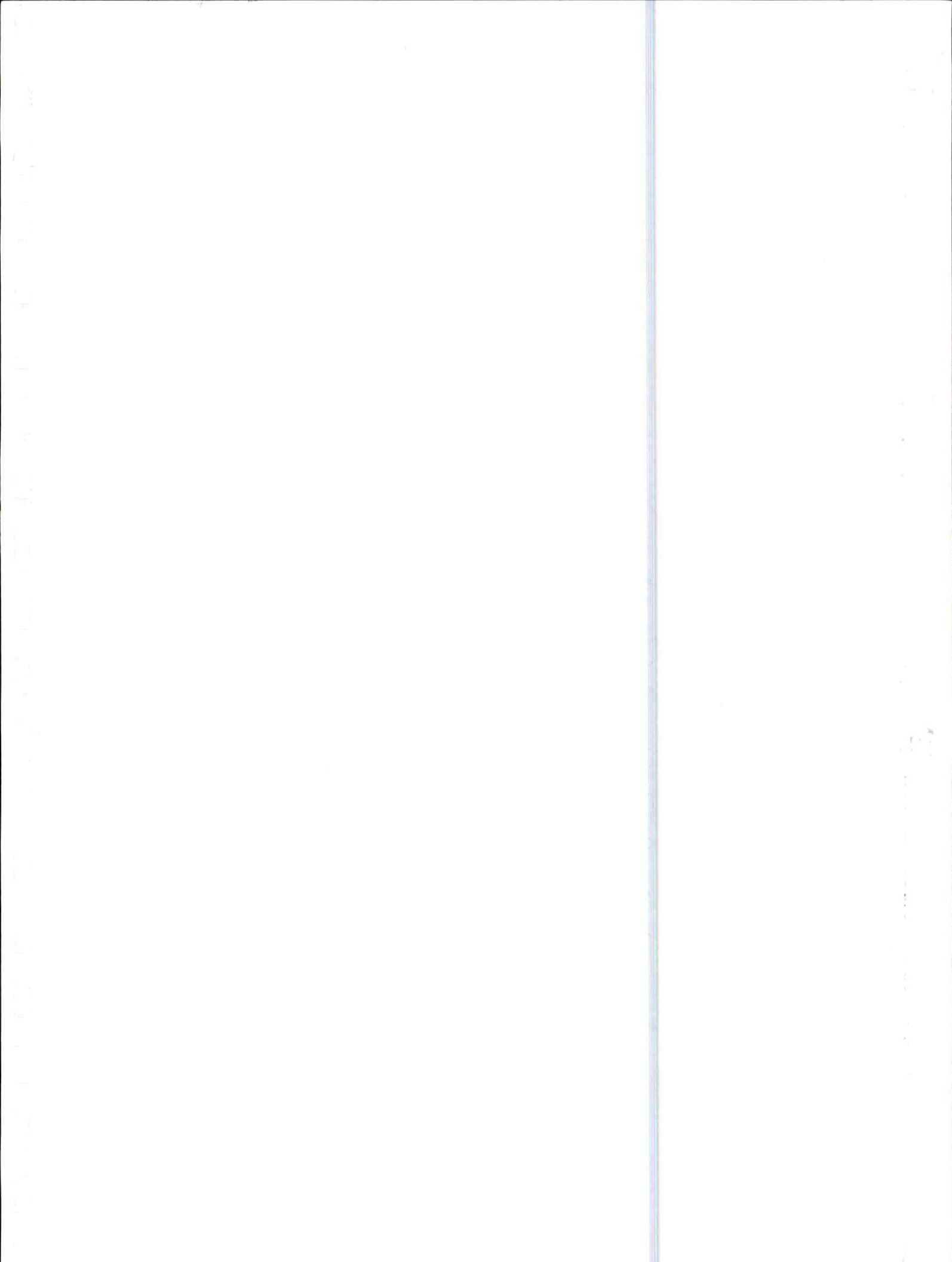
REFRACTION DE LA HOULE - SANS FROTTÉMENTS - HAUTEUR DE LA VAGUE EN MÈTRES

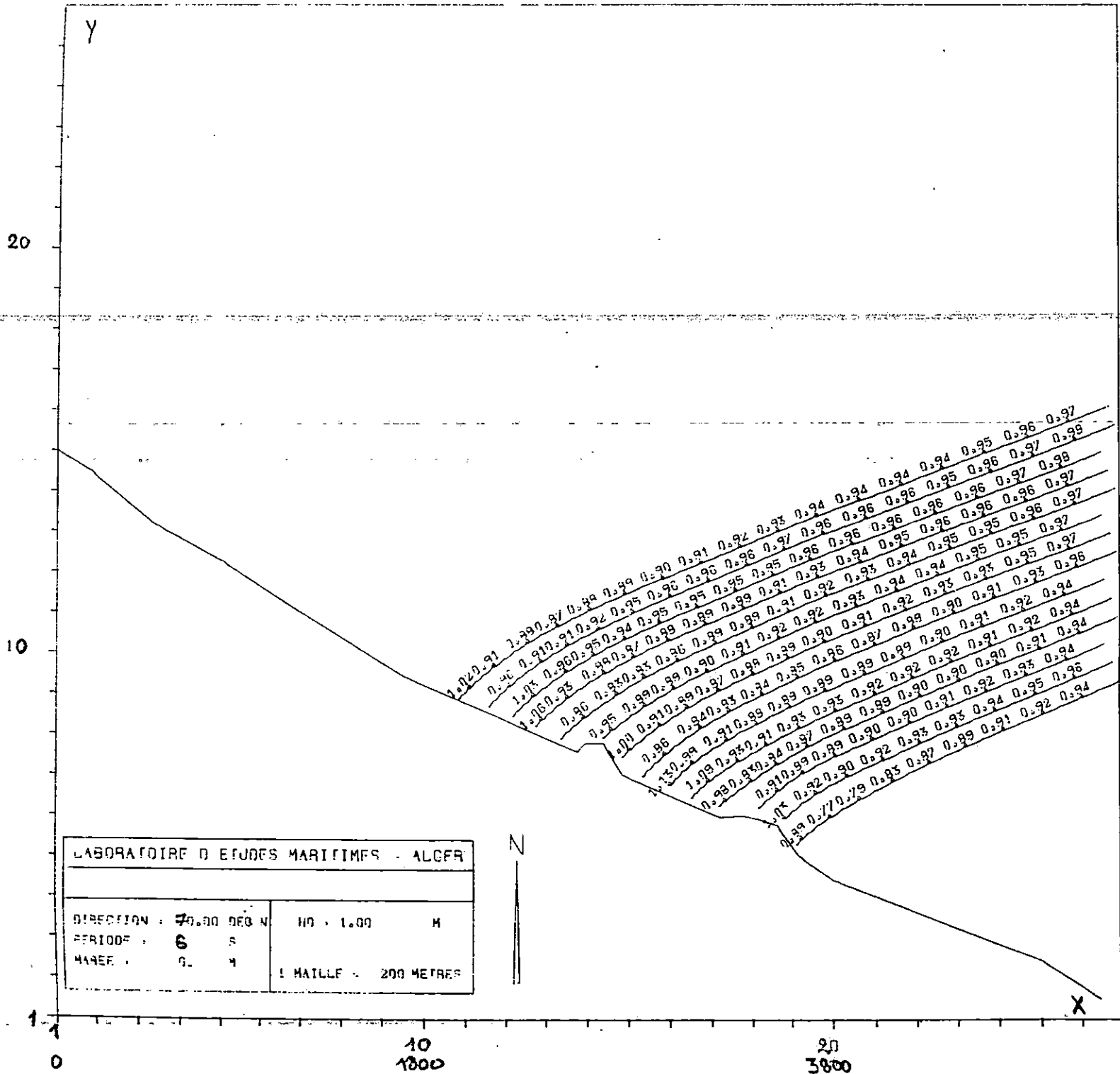


LABORATOIRE D'ÉTUDES MARITIMES - ALGER

DIRECTION : 45.00 DEG N	HO : 1.00	M
PERIODE : 6	S	
MAREE : 0.	M	
1 MAILLE = 200 METRES		

MAILLES
METRES



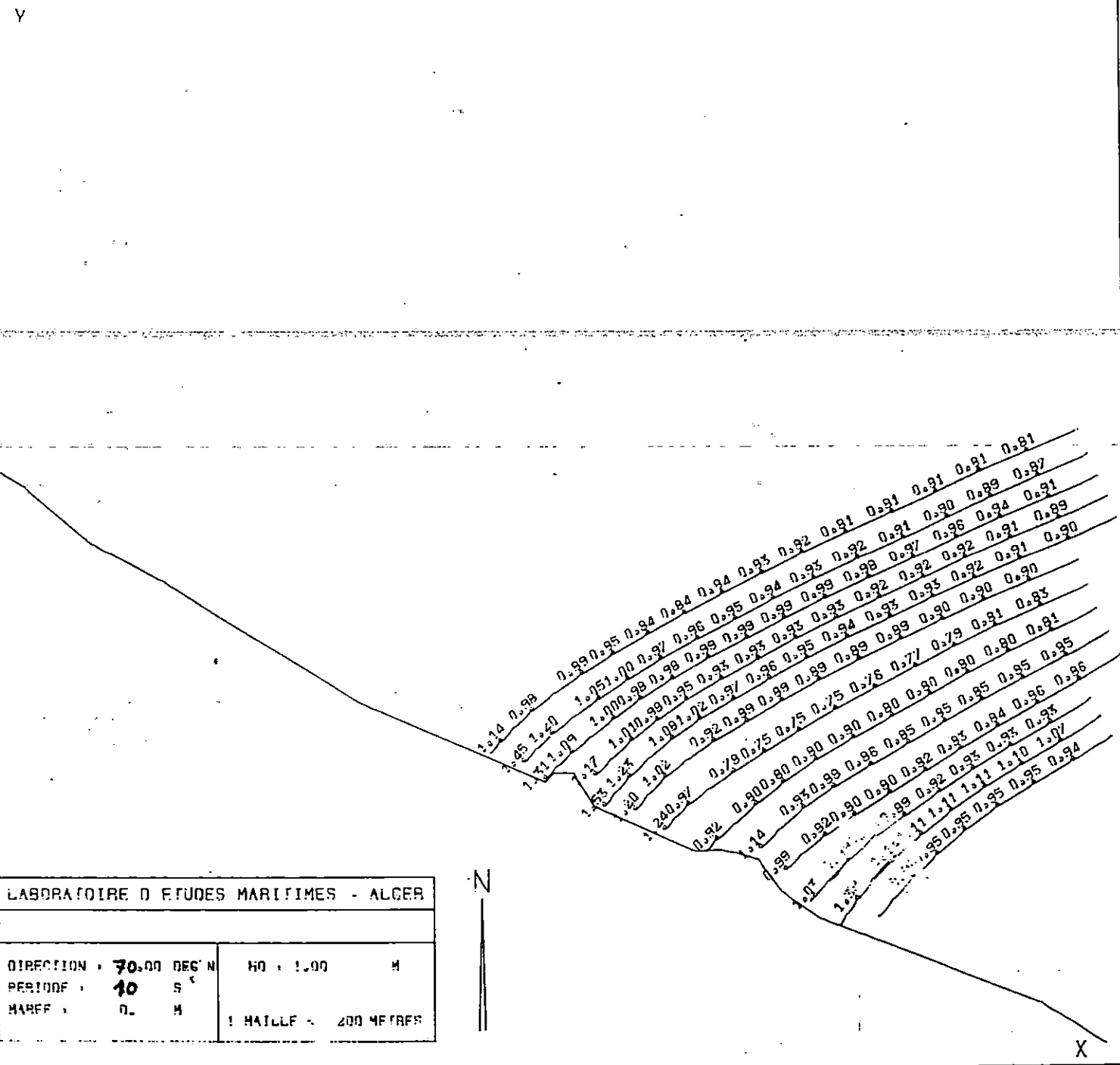


LABORATOIRE D ETUDES MARITIMES - ALGER			
DIRECTION : 70.00 DEG N		HO : 1.00 M	
PERIODE : 6 S			
MARÉE : Q. N		1 MAILLE : 200 METRES	

MAILLES METRES

20

10



LABORATOIRE D ETUDES MARITIMES - ALGER	
DIRECTION : 70.00 DEG N	HO : 1.00 M
PERIODE : 10 S	
MAREE : 0. M	1 MAILLE = 200 METRES



X

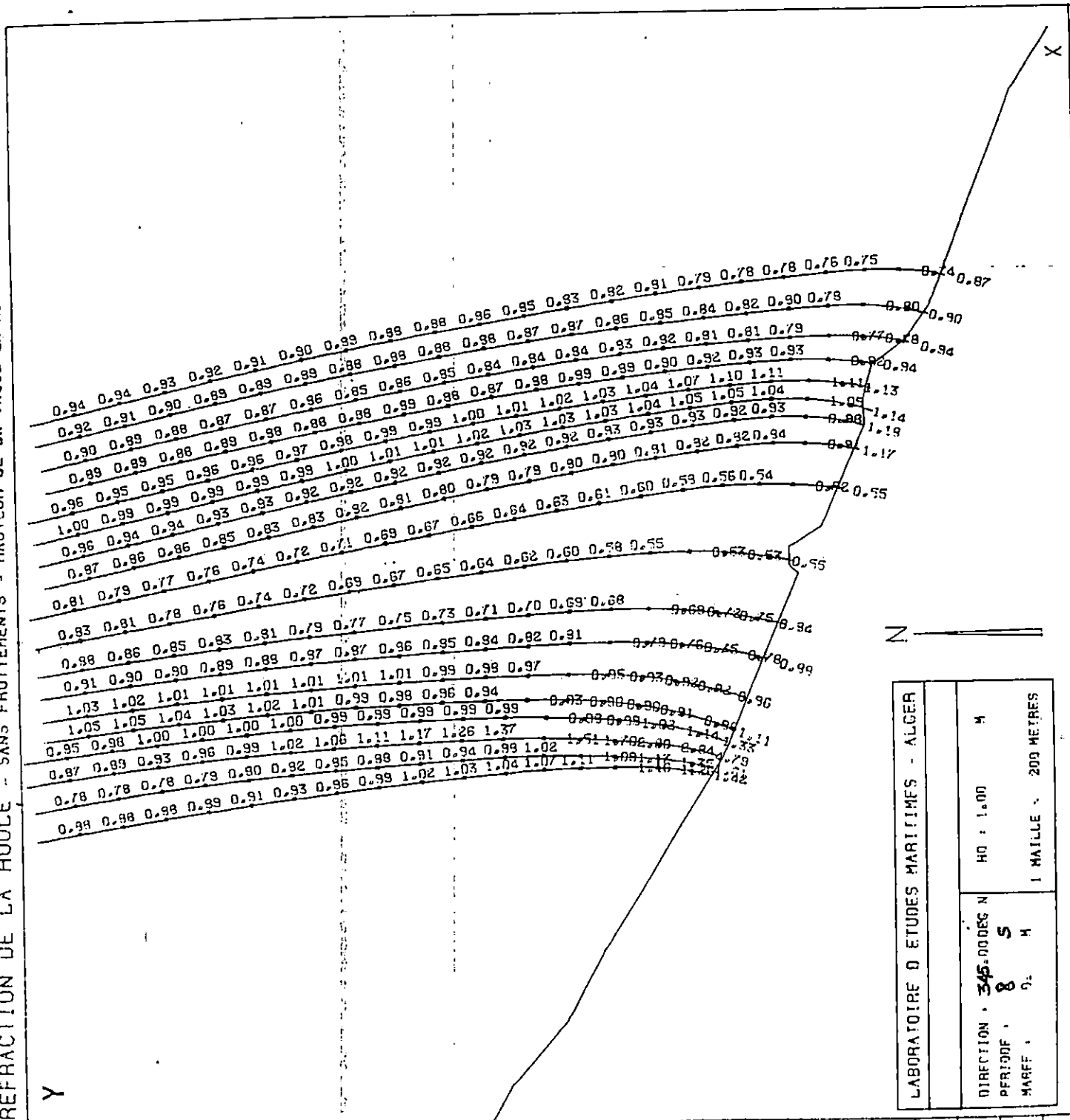
MAILLES METRES

1800

3800

0

RÉFRACTION DE LA HUILE SANS FRICTIONNEMENTS - MAISON DE LA VUE 300 MTR.



MAILLES
METRES

20
3000

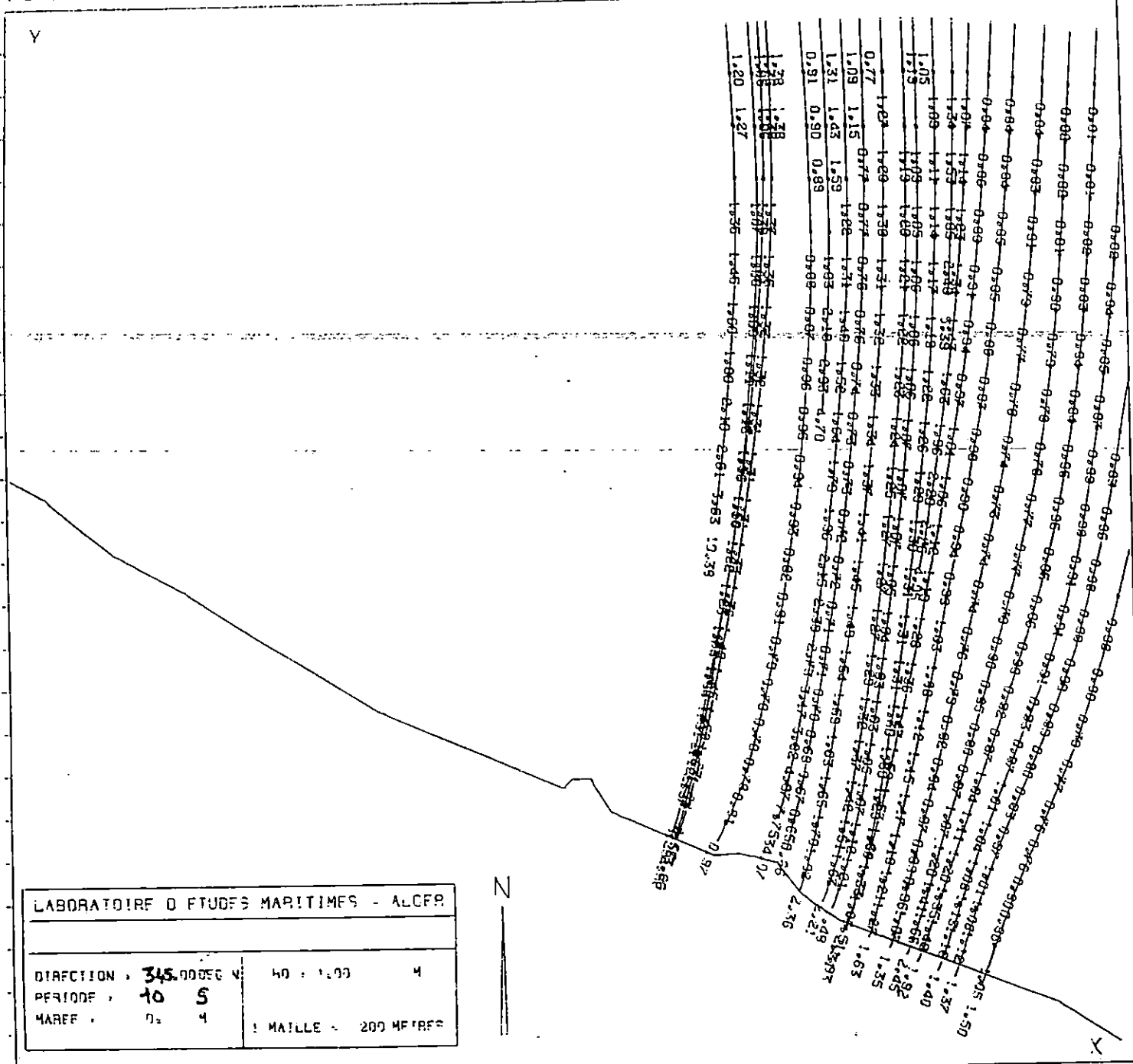
10
1800

LABORATOIRE D'ETUDES MARITIMES - ALGER	
DIRECTION : 345.00 DEG N	M
PERIODE : 8 S	H
MARÉE : 0.	1 MAILLE - 200 METRES

REFRACTION DE LA MARÉE - SANS FROTTEMENT - HALIÈRE DE 100 MÈTRES

20

10



LABORATOIRE D'ÉTUDES MARITIMES - ALGER	
DIRECTION : 345.00 DEG V	HO : 1.00 M
PÉRIODE : 10 S	
MARÉE : 0.4	MATTE : 200 M ² REFS

10
1800

20
3800

MAILLES
MÈTRES

TABLEAU n°a: Fréquences des Houles à la Côte .

DIRECTION NORD-EST (N65°) PROF= 15 M					TOTAL D'OBSERVATIONS		
PERIODE	Amplitude au Large	Nombre de Cas	K	Amplitude au Voisinage de la Côte	H Observé	Nombre d'Observations > à H	Frequencies
06 SECONDES	0	188	0,82	0	0	851	0,1
	0,5	335	0,82	0,41	0,25	663	$8,49 \times 10^{-2}$
	1	225	0,82	0,82	0,75	328	$4,2 \times 10^{-2}$
	1,5	60	0,82	1,23	1,25	43	$5,5 \times 10^{-3}$
	2	24	0,82	1,64	1,75	19	$2,43 \times 10^{-3}$
	2,5	10	0,78	1,95	2,25	09	$1,15 \times 10^{-3}$
	3	4	0,78	2,34	2,75	02	$2,56 \times 10^{-4}$
08 SECONDES	3,5	3	0,78	2,73	3,25	01	$1,28 \times 10^{-4}$
	4	1	0,78	3,12	3,75	/	
	5	1	0,66	3,30	4,25	/	
10 S							

TABLEAU b: Fréquences des Houles à la Côte .

DIRECTION NORD (N°)		PROF= 15 M			TOTAL D'OBSERVATIONS		
PERIODE	Amplitude au Large	Nombre de Cas	K	Amplitude au Voisinage de la Côte	H Observé	Nombre d'Observations > à H	Frequences
06 SECONDES	0	178	0,91	0	0	711	0,91
	0,5	219	0,91	0,45	0,25	533	$6,8 \times 10^{-2}$
	1	178	0,91	0,91	0,75	314	$4,02 \times 10^{-2}$
	1,5	80	0,91	1,36	1,25	136	$1,74 \times 10^{-2}$
	2	31	0,91	1,82	1,75	56	$7,16 \times 10^{-3}$
	2,5	16	0,90	2,25	2,25	25	$3,20 \times 10^{-3}$
	3	4	0,90	2,70	2,75	05	$6,40 \times 10^{-4}$
08 SECONDES	3,5	0	0,90	3,15	3,25	05	$6,40 \times 10^{-4}$
	4	3	0,90	3,6	3,75	02	$2,56 \times 10^{-4}$
	5	0	0,89	4,45	4,25	02	$2,56 \times 10^{-4}$
	6	1	0,89	5,34	4,75	02	$2,56 \times 10^{-4}$
10 SECONDES	7	0	0,89	6,23	5,25	02	$2,56 \times 10^{-4}$
	8	1	0,89	8,01	5,75	01	$1,28 \times 10^{-4}$
	9					01	$1,28 \times 10^{-4}$

TABLEAU c: Fréquences des Houles à la Côte .

DIRECTION NORD-OUEST (N345°) PROF= 15 M				TOTAL D'OBSERVATIONS			
PERIODE'	Amplitude au Large	Nombre de Cas	K	Amplitude au Voisinage de la Côte	H Observé	Nombre d'Observations > à H	Frequencies
06 SECONDES	0	149	0,85	0	0	1275	0,163
	0,5	329	0,85	0,42	0,25	1124	0,144
	1	298	0,85	0,85	0,75	795	1,00x10 ⁻²
	1,5	218	0,85	1,27	1,25	497	6,36x10 ⁻²
	2	114	0,85	1,70	1,75	165	2,11x10 ⁻²
	2,5	67	0,75	1,87	2,25	98	1,25x10 ⁻²
08 SECONDES	3	49	0,75	2,25	2,75	29	3,71x10 ⁻³
	3,5	20	0,75	2,62	3,25	12	1,53x10 ⁻³
	4	17	0,75	3,60	3,75	05	6,40x10 ⁻⁴
	5	07	0,67	3,00	4,25	04	5,12x10 ⁻⁴
10 SECONDES	6	01	0,67	4,02	/	/	/
	7	04	0,67	4,69	/	/	/

(Suite): Resultats de l'Analyse Granulométrique
 (Echantillons Marins)

STATIONS	Q25	Q75	Q50	P10	P90	S0	SK	PELITES(%)	CARBONATES
ST 18	95	160	135	51	190	1,297	0,834	5,51	53,62
ST 19	110	140	130	75	170	1,128	0,91	3,54	69,32
ST 20	105	135	120	85	150	1,133	0,984	2,24	59,42
ST 21	148	225	175	105	305	1,232	1,087	3,70	55,07
ST 22	175	335	240	140	415	1,383	1,017	1,33	69,57
ST 23	180	285	224	140	395	1,583	1,013	1,18	60,87
ST 24	108	138	120	79	180	1,277	1,035	3,02	57,97
ST 25	105	125	115	84	150	1,091	0,992	2,31	59,42
ST 26	105	132	120	78	150	1,121	0,962	1,50	59,07
ST 27	115	150	130	90	190	1,14	1,02	2,62	56,52
ST 28	195	360	300	150	475	1,846	0,78	2,04	50,72
ST 29	250	400	320	220	500	1,26	0,97	0,47	71,01
ST 30	750	900	1100	650	1400	1,21	1,01	0,40	49,28
ST 31	740	1200	935	595	1800	1,273	1,015	0,66	31,88
ST 32	550	1900	800	350	/	1,85	1,63	0,30	59,42
ST 33	445	640	550	375	765	1,199	0,941	0,86	78,26
ST 34	460	750	625	405	1160	1,276	0,883	0,46	71,01

Unités:

Q25, Q50, Q75, P10 & P90 -----> MicroM.

Pélite et Carbonates -----> %

Resultats de l'Analyse Granulométrique
(Echantillons Marins)

STATIONS	Q25	Q75	Q50	P10	P90	S0	SK	PELITES(%)	CARBONATES
ST 01	103	139	118	79	160	1,16	1,028	5,26	49,28
ST 02	95	141	120	81	160	1,22	0,93	3,86	43,48
ST 03	99	125	110	80	155	1,12	1,022	3,82	53,62
ST 04	100	130	115	85	150	1,14	0,98	4,35	59,42
ST 05	109	140	121	90	170	1,13	1,042	3,21	43,45
ST 06	112	147	130	100	160	1,15	0,97	0,58	42,03
ST 07	104	140	120	89	160	1,16	1,01	4,57	52,17
ST 08	105	147	121	84	170	1,18	1,05	4,40	42,03
ST 09	95	140	115	75	165	1,21	1,005	15,90	46,38
ST 10	71	109	89	58	120	1,24	0,98	30,86	46,35
ST 11	64	99	79	50	112	1,24	1,02	29,95	47,83
ST 12	99	120	113	80	165	1,10	0,93	2,65	44,93
ST 13	97	135	115	89	165	1,18	0,99	5,51	42,03
ST 14	100	135	115	80	159	1,16	1,02	2,86	59,42
ST 15	110	125	115	78	135	1,06	0,95	5,00	48,55
ST 16	195	340	245	160	425	1,32	1,104	1,90	62,32
ST 17	210	380	280	170	450	1,34	1,01	1,63	63,77

Unitès :

Q25, Q50, Q75, P10 & P90 -----> MicroM.

Pèlites et Carbonates -----> %

Resultats de l'Analyse Granulométrique
(Echantillons de la Plage Aérienne).

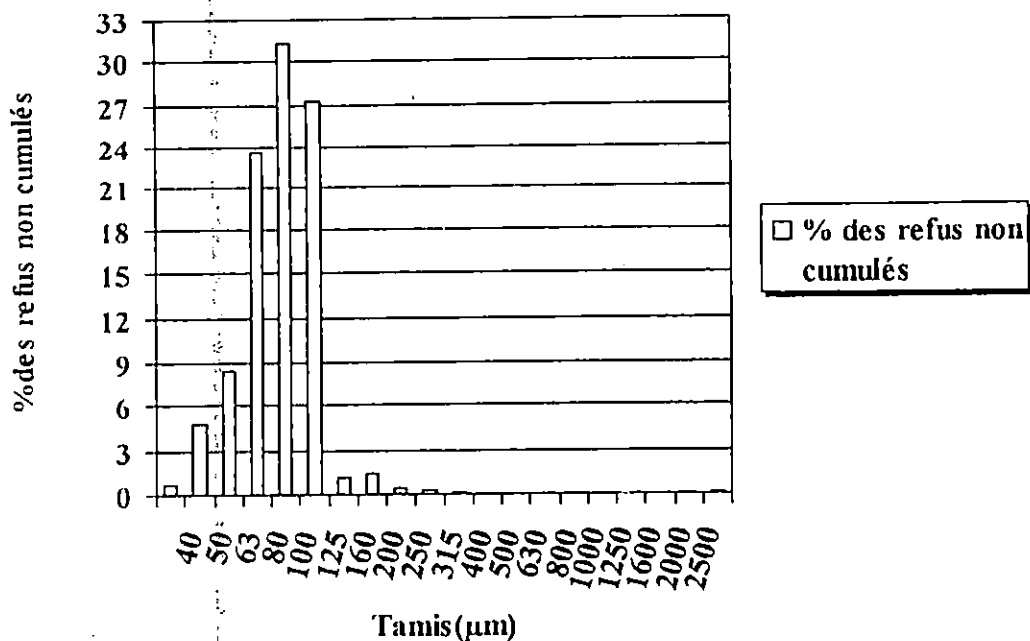
STATIONS	Q25	Q75	Q50	P10	P90	SO	SK	PELITES(%)	CARBONATES
P 01	440	635	550	365	750	1,201	0,923	0,53	60,87
P 02	325	465	390	165	550	1,196	1,019	0,40	78,26
P 03	325	465	400	245	265	1,196	0,899	0,43	77,54
P 04	365	550	450	300	700	1,227	0,991	1,33	48,50
P 05	290	460	390	235	600	1,250	0,899	0,66	73,91
P 06	260	410	330	210	495	1,255	1,009	0,43	73,91
P 07	390	540	480	345	600	1,176	0,953	0,01	72,46
P 08	325	425	350	275	490	1,143	1,127	0,33	91,30

Unités:

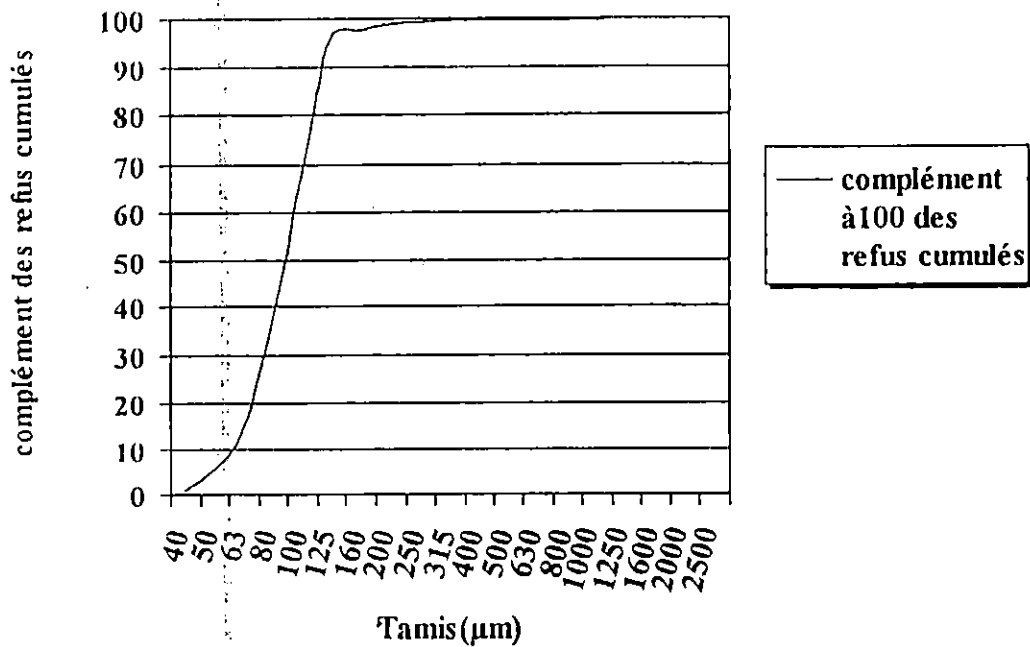
Q25, Q75, Q50, P10 & P90 -----> MicroM.

Pèlites et Carbonates -----> % .

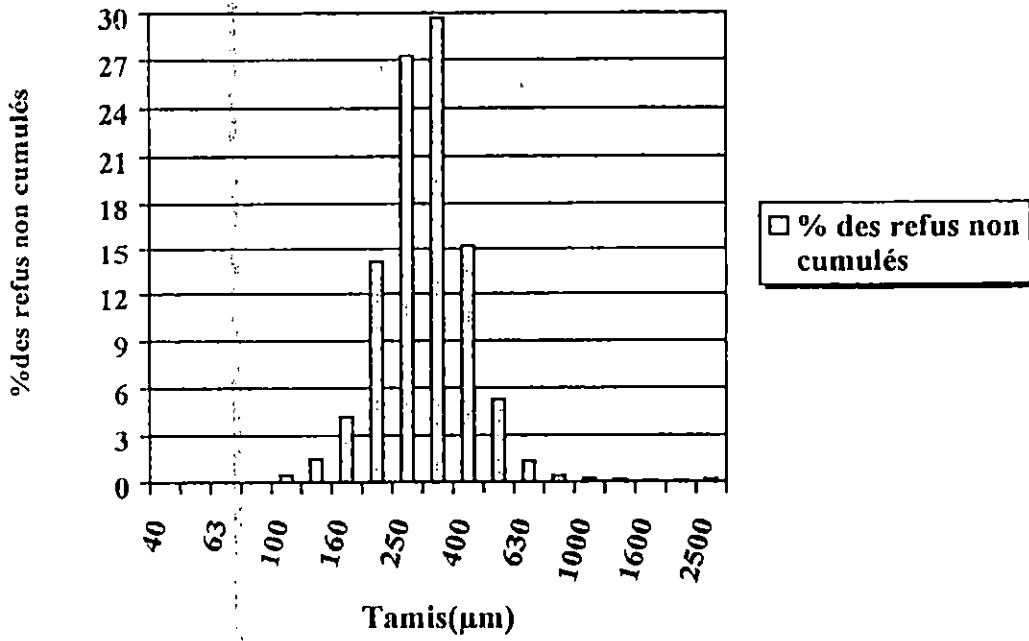
Histogramme des pourcentages des refus non cumulés



Courbe des compléments à 100 des refus cumulés



Histogramme des pourcentages des refus non cumulés



Courbe des compléments à 100 des refus cumulés

